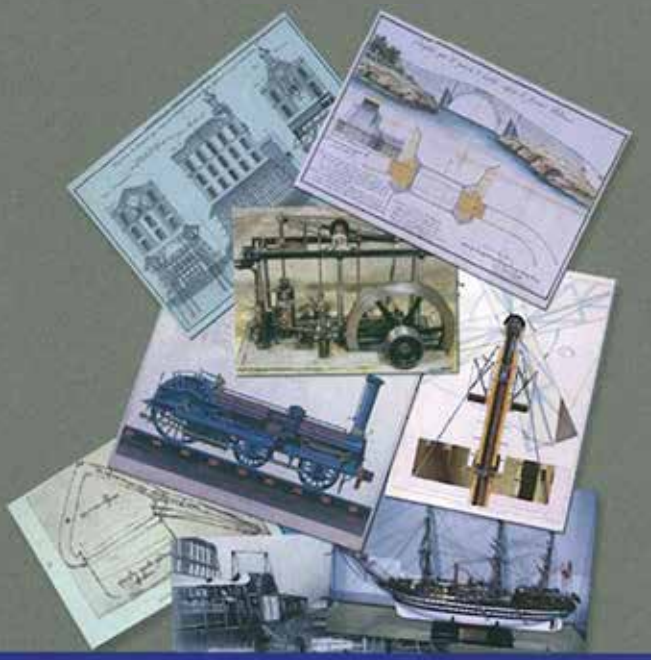
History of Engineering

International Conference on History of Engineering
Atti del VII Convegno di Storia dell'Ingegneria

Naples, 2018 April 23rd-24th

volume I



CUZZOLIN

a *Giuseppe Galasso*

History of Engineering
Storia dell'Ingegneria

Proceedings of the 3rd International Conference
Atti del 7° Convegno Nazionale

Naples, 2018 April 23rd - 24th

Volume I

Editors

Salvatore D'Agostino, Francesca Romana d'Ambrosio Alfano

CUZZOLIN

First edition: april 2018
Prima edizione: aprile 2018



© 2018 Cuzzolin S.r.l.
Traversa Pietravalle, 8 - 80131 Napoli
Telefono +39 081 5451143
Fax +39 081 7707340
cuzzolineditore@cuzzolin.it
www.cuzzolineditore.com

ISBN 978-88-86638-66-1

All rights reserved
No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, including recording or photocopying, without permission of the publisher

Tutti i diritti riservati
Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta o trasmessa in alcuna forma o con alcun mezzo, compresa la registrazione o le fotocopie, senza il permesso dell'editore

Editorial Office / Redazione:
Maurizio Cuzzolin

Printing / Stampa: Vulcanica Print - Torre del Greco (NA)

Scientific Committee / Comitato Scientifico

Salvatore D'Agostino (Presidente)
Università di Napoli Federico II
Michele Brigante
Ordine degli Ingegneri della provincia di Salerno
Alfredo Buccaro
Università di Napoli Federico II
Vito Cardone
Università di Salerno
Mario Como
Università di Roma Tor Vergata
Edoardo Cosenza
Università di Napoli Federico II
Francesca Romana d'Ambrosio Alfano
Università di Salerno
Giulio Fabricatore
Università di Napoli Federico II
Giuseppe Galasso
Università di Napoli Federico II
Vittorio Marchis
Politecnico di Torino
Luigi Nicolais
Università di Napoli Federico II
Giuseppe Riccio
Università di Napoli Federico II
Luciano Rosati
Università di Napoli Federico II
Piero Salatino
Università di Napoli Federico II
Bruno Siciliano
Università di Napoli Federico II
Andrea Silvestri
Politecnico di Milano
Luigi Vinci
Fondazione Ordine Ingegneri Napoli
Alan F. Winfield
University of the West of England
Armando Zambrano
Consiglio Nazionale degli Ingegneri

Organizing Committee / Comitato Organizzatore

Rossella Del Regno
Università di Salerno
Andrea Lizza
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli
Boris Igor Palella
Università di Napoli Federico II
Giovanni Pastore
Università di Napoli Federico II

Scientific and Organizing Secretariat / Segreteria Scientifica e Organizzativa

CIBeC
Centro Interdipartimentale di Ingegneria per i Beni Culturali
Università degli Studi di Napoli Federico II
e-mail: cibec@unina.it
Tel: +39 081 768 2101
Fax: +39 081 768 2106

c/o Facoltà di Ingegneria
Piazzale V. Tecchio, 80
80125 Napoli

Supporting Parties / Enti Sostenitori

CIBeC
Università degli Studi di Napoli Federico II
Consiglio Nazionale degli Ingegneri
Ordine degli Ingegneri - Napoli
Ordine degli Ingegneri - Salerno
Automobile Club Napoli

Graphic Organization and Layout / Organizzazione Grafica e Impaginazione

Giovanni Pastore

Special thanks to / Speciali ringraziamenti a
Giuseppe Miranda
for the valuable collaboration /
per la preziosa collaborazione

For the images published Publisher remains available to potential beneficiaries

Per le immagini pubblicate l'Editore resta a disposizione degli eventuali aventi diritto

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SALERNO

CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI

Ordine degli Ingegneri della provincia di Napoli

Il Consiglio Nazionale degli Ingegneri e i Consigli degli Ordini degli Ingegneri di Napoli e Salerno partecipano, fin dalla prima edizione, alla organizzazione di questo importante evento di grande interesse scientifico e culturale, giunto alla settima edizione e che anche quest'anno è "Convegno Internazionale".

Al Comitato Scientifico, al Comitato Organizzatore, ai Relatori, agli Ospiti stranieri e ai partecipanti ai lavori giungano i nostri saluti, anche a nome di tutti i Colleghi che abbiamo l'onore di rappresentare.

Il presidente del Consiglio Nazionale degli Ingegneri
ing. Armando Zambrano

Il presidente dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Napoli
prof. ing. Edoardo Cosenza

Il presidente dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Salerno
ing. Michele Brigante

Summary / Sommario

Volume 1

Preface/Prefazione
Salvatore D'Agostino — *XV*

La Storia e le Storie
Giuseppe Galasso — *XIX*

Invited lectures / Relazioni a invito

The Journey of Robotics
Bruno Siciliano — 3

The Ethical Roboticist: a Journey from Robot Ethics to Ethical Robots
Alan F. Winfield — 13

HISTORY AND SCIENCE OF ENGINEERING
STORIA E SCIENZA DELL'INGEGNERIA

Da recinto murario a struttura difensiva: le trasformazioni delle cinte fortificate e dell'arte della guerra
Giovanna Greco — 27

La gru degli Haterii: analisi della ruota
Matthias Bruno, Alessandra Carriero, Cinzia Conti, Giangiacomo Martines, Anna Maria Saccomanno, Fabio Sabbadini — 45

Primato romano delle volte: il Tempio di Diana a Baia
Anna Sinopoli, Graziano Mario Valenti, Matthias Bruno, Cinzia Conti, Jessica Romor, Giangiacomo Martines — 57

Viaggio ai confini dell'Impero: il Vallo di Adriano
Andrea Lizza — 73

Viaggio lungo il Vallo di Antonino
Andrea Lizza — 85

L'acquedotto augusteo del Serino a nord di Neapolis nell'area compresa tra la Sanità e i Ponti Rossi
Francesco Colussi, Carlo Leggieri — 93

La vulnerabilità del costruito archeologico ruderizzato. Osservazioni sull'acquedotto romano sito nel territorio campano di Cava de' Tirreni
Piero Andriola — 105

Elementi per ricostruire la macchina di sollevamento degli Haterii e le macchine per alberare navi
Pier Gabriele Molari 115

Il Colosseo: sulle ragioni del suo stato di danneggiamento
Mario Como 131

Una retrospettiva dei metodi di analisi strutturale di scale in muratura
Francesco Marmo, Daniele Masi, Luciano Rosati 153

Some remarks on historical sizing rules for arch-wall-piers systems
Danila Aita, Riccardo Barsotti, Stefano Bennati 165

Francesco di Giorgio: tecnologie costruttive per chiudere le spinte laterali delle volte - nei Trattati e nella consulenza per il duomo di Milano
Rosanna Di Battista, Pier Gabriele Molari 175

Influenze vinciane e martiniane sui modelli di fortificazioni urbane nel Mezzogiorno tra '400 e '500. Note dallo studio in corso
Alfredo Buccaro 189

Carolus Tettius Neapolitanus pingebat. La pianta di Napoli del 1560
Giuseppe Mollo 203

Tra utopia e realtà: visioni e pre-visioni nelle Machinae Novae di Fausto Veranzio. Parte prima: un "ingegnere" del Rinascimento
Massimo Corradi 215

Tra utopia e realtà: visioni e pre-visioni nelle Machinae Novae di Fausto Veranzio. Parte seconda: i ponti di Fausto Venanzio
Massimo Corradi 225

Geotechnical Engineering in Italy: a short history
Giovanni Calabresi, Renato Lancellotta, Carlo Viggiani 239

Duecento anni di chimica nella Scuola d'Ingegneria di Napoli. Parte prima: Dal decennio francese alla riforma Casati
Carmine Colella 257

Florence: the effects of earthquakes on the artistic heritage. Method and historical sources (15th-20th centuries)
Emanuela Guidoboni 267

Florence: a first concise dossier of seismic effects on artistic heritage (15th-20th centuries)
Emanuela Guidoboni 279

La conservazione del patrimonio costruito storico dal dal XVIII secolo al secondo conflitto mondiale
Salvatore D'Agostino 301

Il recupero della tradizione, la tradizione del recupero
Salvatore D'Agostino 315

Sulla conservazione del patrimonio archeologico, tra "minimo intervento" e "miglioramento": il restauro timido come manutenzione programmata
Salvatore D'Agostino 323

Alcuni lineamenti storici sul misuratore di livello sonoro
Carmine Ianniello 337

Dall'artificiale anatomico alla robotica: storia delle tecnologie per la disabilità
Luigi Traetta, Marco Ceccarelli 347

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL EVOLUTION
EVOLUZIONE SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

Rappresentare il progetto di architettura
Maria Letizia Conforto 359

La rivoluzione digitale e l'evoluzione del contatto sociale
Mario Calamia, Giorgio Franceschetti, Monica Gherardelli 369

I materiali vegetali nel linguaggio universale delle thòlos
Gigliola Ausiello 379

Breve storia della strumentazione meteorologica nella cultura occidentale
Fabrizio Benincasa, Matteo De Vincenzi, Gianni Fasano 393

L'ingegnere sopra e sotto il mare. La costruzione dei trabocchi, macchine per la pesca costiera
Luigi Marino, Paola Barone, Olivia Pignatelli 407

La storia del condizionamento in Italia attraverso la storia di una famiglia e di una Azienda
Alessandro Riello 421

La metrologia dei volumi: dagli aridi agli standard metri cubi, passando per moggi, pinte e galloni
Paolo Vigo, Agostino Viola 429

Il progetto del sistema antincendio della Basilica di San Paolo fuori le mura a Roma: un caso di sicurezza antincendio del XIX secolo
Monica Calzolari, Stefano Marsella 439

Dal sisma del 28-12-1908 al R.D. n.193/1909: i lavori della prima Sottocommissione
Stefano Cocco 449

Dal sisma del 28-12-1908 al R.D. n.193/1909: i lavori della seconda Sottocommissione
Stefano Cocco 461

Innovative technical ideas from the historical heritage
Carlo E. Rottenbacher, Edoardo Rovida 473

Città storiche e pavimentazioni stradali
Raffaele Amore 481

Urban standards in Italy. Successes, limits and new perspectives
Roberto Gerundo, Carlo Gerundo 493

L'ergonomia cognitiva nella progettazione di sistemi e interfacce uomo-macchina
Paola Cenni, Francesca R. d'Ambrosio Alfano 503

Le Olimpiadi di Roma: l'acciaio in gioco
Renato Morganti, Alessandra Tosone, Matteo Abita, Danilo Di Donato 511

Il tubo Innocenti e il "Sistema Nervi": la realizzazione artigianale delle grandi coperture in ferrocemento
Ilaria Giannetti 521

Le leghe ferrose per impiego strutturale dal XIX secolo ai nostri giorni: resistenze di progetto e proposta di una metodologia speditiva per la caratterizzazione meccanica
Gianmaria Di Lorenzo, Raffaele Landolfo, Angelo Avallone 529

Ingegneria meccanica e architettura: una sinergia verso nuove frontiere dell'abitare
Emilia Garda, Marika Mangosio, Mohamad Sadek Mortada 539

Chiusure verticali in acciaio e vetro: analisi di alcune singolari sperimentazioni italiane
Marcello Zordan, Franco Fragnoli 551

Virtual Tractor Project: SAME Autofalciatrice 851
Primo Ferrari, Carlo E. Rottenbacher, Edoardo Rovida 561

L'evoluzione storica delle macchine per la lotta agli incendi
Anna Natale, Ettore Nardi, Gabriella Valentino 571

L'evoluzione storica della prevenzione e gestione degli incendi: dalla Pompa di Ctesibio alla motopompa Tamini
Anna Natale 579

Evoluzione storica dell'industrializzazione nella val Pescara: antichi e nuovi processi produttivi
Claudio Mazzanti 585

La "prefabbricazione per l'emergenza": excursus storico dalla nascita alle moderne applicazioni
Santi Maria Cascone, Massimo Caporlingua, Giuseppe Russo, Nicoletta Tomasello 597

La fotografia per l'ingegneria, evoluzione, esperienze, prospettive
Lia Papa 607

Volume 2

ORIGINS AND TRAINING OF ENGINEERS
ORIGINI E FORMAZIONE DELL'INGEGNERE

Le competenze dell'ingegnere nel mondo islamico fra il X e il XVII secolo
Giuseppina Ferriello 619

Guido da Vigevano, from the Middle Ages a modern man
Carlo E. Rottenbacher, Edoardo Rovida, Giancarlo Genta, Serafino Bona, Giovanni Mimmi 631

Primi esami non accademici per unirsi al Corpo degli Ingegneri spagnolo nel XVIII secolo
Juan Miguel Muñoz Corbalán 643

La biblioteca dell'ingegnere. Studi di ingegneria, storia e architettura di Giovanni Angelo Reycend
Elena Gianasso 653

La nuova generazione di ingegneri-scrittori: Juan Rodolfo Wilcock
Vito Cardone 663

WORKS AND PROTAGONISTS BETWEEN ANCIENT AND MODERN
OPERE E PROTAGONISTI TRA ANTICO E MODERNO

Al servizio del re di Spagna: Francesco Prestino, ingegnere militare
Annalisa Dameri 675

L'attività di Tiberio Majeroni, ingegnere e cartografo della Serenissima nel XVIII secolo
Federico Bulfone Gransinigh 685

Un ingegnere del Genio borbonico tra Sette e Ottocento. Luigi Bardet di Villanova
Maria Gabriella Pezone 695

Carlo Afan De Rivera e il lavoro nell'anno della primavera dei popoli (1848)
Giuseppe Foscari 707

L'opera di Antonio Cipolla: i progetti per le Ferrovie Pontificie e per la sistemazione della città di Roma
Tatiana Loffa, Maria Luce Aroldo 717

L'attività dell'ingegnere Achille Viola in Sicilia tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento
Federica Scibilia 727

Giovanni Narici e l'esordio del Sistema Hennebique a Napoli
Rossella Melone 737

Ingegneria e Architettura lungo un secolo di storia. Lo studio degli ingegneri Inverardi dell'Aquila
Simonetta Ciranna, Marco Felli 749

Un archivio tra impresa, famiglia e impegno politico: il Fondo Noverino Faletti (1896-1991)
Stefano Morosini, Andrea Silvestri, Fabrizio Trisoglio 761

Un ingegnere da riscoprire: il contributo di Plinio Marconi in Campania
Simona Talenti 773

La figura di Pierluigi Nervi attraverso le opere torinesi. Palazzo di Torino Esposizioni e Palazzo del Lavoro
Maria Paola Marabotto 783

Le collezioni geo-mineralogiche del Politecnico di Torino
Margherita Bongiovanni, Carlo Clerici, Alessandro Delmastro, Lorenzo Mariano Gallo, Elisa Vanin 793

Il minareto Al-Hadba sopravvive nella memoria storica alla vandalica distruzione del giugno 2017
Ruggiero Jappelli, Valentina Jappelli 803

Pasquale Sasso: un ingegnere al servizio di una comunità
Alessio Mazza 815

IronBridge, the first metal bridge in the history of construction
Enzo Siviero, Viviana Martini 827

Il Thames Tunnel di Marc Isambard Brunel. Una storia disegnata a Firenze nel 1828
Elena Teresa Clotilde Marchis 835

I gasometri di Torino
Nadia Fabris 841

Viaggiare in tramway: linee e stazioni in Piemonte tra Ottocento e Novecento
Emilia Garda, Alberto Gerbino, Marika Mangosio 849

La valle dell'Aterno: dai tratturi alle strade ferrate
Francesca Geminiani 859

In tram da Roma ai Castelli. La linea dei Castelli Romani e lo sviluppo della Capitale e degli abitati circostanti nel Novecento
Patrizia Montuori 871

Aspetti inediti della partecipazione della Società G. A. Porcheddu all'Esposizione di Torino 1911. Percorsi critici tra documenti testuali e immagini
Giuseppa Novello, Federica Stella 881

Il Campo Littorio di Camillo Guerra a Salerno: le strutture in calcestruzzo armato tra innovazione e degrado
Federica Ribera 891

Dismissione, riuso, risorsa: il Palazzo di Giustizia di Salerno
Rossella Del Regno, Pasquale Cucco, Federica Ribera 897

Gli edifici scolastici dell'ingegnere Michele De Angelis a Salerno e provincia
Annarita Teodosio 905

La sede del comune di Lecco nel palazzo dell'ex Ospedale. Il progetto di adeguamento dell'ingegner Iosto Braccioni (1926-1928)
Serena Pesenti 917

Un inedito tipo edilizio: le colonie estive degli anni '30 in Abruzzo
Renato Morganti, Alessandra Bellicoso, Alessandra Tosone 927

Il ponte ferroviario S. Spirito lungo la linea Vairano-Isernia: il contesto storico-geografico e le tecniche costruttive
Damiano Santillo 939

L'opera di P.L. Nervi, esempio per una strategia di tutela
Ugo Carughi 951

Il Ponte Federico II di Svevia. Un unicum nella produzione di Riccardo Morandi
Elio Lo Giudice, Gian Luigi Di Marco, Roberta Mantione 967

Impossibile da calcolare! Il cantiere della buvette di Evian, fra intuizione creativa e rigore intellettuale (M. Novarina, S. Kétoff, J. Prouvé, 1955-57)
Giulia Marino 977

Ingegneria strutturale "made in Italy" in Sicilia: il ponte a tiranti sottesi sul fiume Cerami di Riccardo Morandi (1954-59)
Francesco Cammarata 987

Il Teatro Popolare Italiano (TPI) di Ezio De Felice, Elio Giangreco, Giuseppe Giordano e Vittorio Gassman: una sperimentazione di ingegneria, architettura e teatro
Alessandra Como, Luisa Smeragliuolo Perrotta, Simona Talenti, Annarita Teodosio 999

Le scuole in Abruzzo: un laboratorio per gli ingegneri del secondo novecento
Vincenzo Di Florio 1009

L'ippodromo di Tor di Valle a Roma e le sue Tribune
Margherita Eichberg, Michele Candela, Maria Luisa Mutschlechner, Alfredo Galasso 1023

Author Index / Indice degli Autori 1033

Salvatore D'Agostino

President of the Italian Association for the History of Engineering

Preface

The seventh Conference on the History of Engineering opens with the painful lament for the death of *Giuseppe Galasso*, a distinguished historian of international value, who has always sponsored the activity of the AISI (Italian Association for the History of Engineering).

His contribution entitled "La Storia e le Storie", published on the beginning of the Proceedings of the IV Conference of the History of Engineering was memorable and here we wanted to re-edit. His humanity and his scientific support have always encouraged and supported our path and His disappearance certainly makes us more fragile, despite we determine to pursue the path shared with him.

This year the invited lectures, held by two distinguished scholars whom I warmly thank, concern the development of robotics and the related implications on the society. It is a topic of great importance in which the whole Engineering is involved: from the robotization of work, to mobility, to the evolution of medical techniques, just to mention some aspects of considerable interest.

This year too, our most heartfelt thanks go to the Consiglio Nazionale degli Ingegneri (National Council of Engineers), the Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli and the Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno, who generously sponsor the Conference, sharing its importance. Unfortunately, this sharing does not result yet real application in continuous training that could enlighten the engineers on the complex relationship between Engineering and Society, and in which the History of the discipline plays a fundamental role.

However, an initiative is being pursued for the dissemination of the History of Engineering in all the Orders of Engineers of Italy, and this may contribute to the establishment of courses devoted to this topic.

For the spread in the Universities an initiative of both the CRUI and the CUN is hoped, although, unfortunately, the academic world of Engineering remains substantially deaf to historical knowledge, although scholars from many universities take part in the Conferences.

Time passes inexorably and the carrying out of this Conference was possible first of all for the strong contribution of young forces. I therefore thank *Francesca Romana d'Ambrosio Alfano*, for her precious and irreplaceable contribution to the life of the AISI.

Finally, I thank all the Authors, proud of the publication in the Conference Proceedings held over the years, of over eight thousand pages of History of Engineering, a number that I believe is not reflected in any other country in the world.

Salvatore D'Agostino

Prefazione

«Quando pensa, l'uomo fa sempre e soltanto storia,
in chimica e in fisica, scienze biologiche e scienze mediche,
come in filosofia e scienze sociali,
in matematica e geometria, come in diritto,
in economia e, naturalmente, in storiografia».

(Giuseppe Galasso, *Niente altro che storia*)

Il settimo Convegno di Storia dell'Ingegneria si apre con il doloroso compianto per la scomparsa di *Giuseppe Galasso*, insigne storico di valore internazionale, che ha sempre patrocinato l'attività dell'A.I.S.I.

Memorabile il Suo contributo "La Storia e le Storie", pubblicato *ad incipit* degli Atti del IV Convegno dell'Associazione, e che qui si è voluto rieditare. La Sua umanità e il Suo supporto scientifico hanno sempre incoraggiato e sorretto il nostro percorso e la Sua scomparsa ci rende certamente più fragili, anche se determinati nel proseguire il cammino con Lui condiviso.

Quest'anno le relazioni plenarie, tenute da due insigni studiosi che vivamente ringrazio, riguardano lo sviluppo della robotica e i riflessi da essa indotti sulla Società. È un tema di grande rilevanza nel quale l'Ingegneria tutta è coinvolta: dalla robotizzazione del lavoro, alla mobilità, all'evoluzione delle tecniche mediche, solo per citare qualche aspetto di rilevante interesse.

Anche quest'anno il nostro ringraziamento più vivo è rivolto al Consiglio Nazionale degli Ingegneri e agli Ordini degli Ingegneri di Napoli e di Salerno che, generosamente sponsorizzano il Convegno, condividendone l'importanza. Purtroppo questa condivisione non trova ancora una concreta applicazione in Corsi di formazione permanente che pure, potrebbero illuminare gli Ingegneri sul complesso rapporto tra Ingegneria e Società, nel quale la Storia della disciplina assume un ruolo fondamentale.

Tuttavia, si sta portando avanti un'iniziativa per la diffusione della Storia dell'Ingegneria presso tutti gli Ordini degli Ingegneri d'Italia, e ciò potrà contribuire alla istituzione di corsi dedicati al tema.

Per la diffusione nelle Università si auspica una iniziativa sia della CRUI sia del CUN, sebbene, purtroppo, il mondo accademico dell'Ingegneria resta sostanzialmente sordo alla conoscenza storica, nonostante ai Convegni partecipino studiosi provenienti da numerosi atenei.

Il tempo scorre inesorabile e lo svolgimento di questo Convegno è stato possibile innanzi tutto per il forte contributo di giovani forze. Ringrazio, pertanto, di cuore *Francesca Romana d'Ambrosio Alfano* per il suo prezioso e insostituibile contributo alle attività dell'A.I.S.I.

Ringrazio, infine, tutti gli Autori, orgoglioso della pubblicazione negli atti dei convegni dell'Associazione tenutisi nel corso degli anni, di oltre ottomila pagine di Storia della Ingegneria, numero che credo non trovi riscontro in nessun altro paese del mondo.

Giuseppe Galasso*

La Storia e le Storie

Prolusione di apertura del I Convegno di Storia dell'Ingegneria, Napoli, marzo 2006

Ho scelto il tema la Storia e le Storie, che svolgerò in maniera un po' particolare parlando pochissimo in senso propriamente rispondente all'enunciazione del tema e poi cercando di dire qualcos'altro.

Perché la Storia e le Storie? C'è sempre stato, e dura forte anche oggi, e penso che durerà sempre, il pregiudizio che esista una vera storia che esclude ogni altro tipo e rende strumentali le altre branche di storia rispetto a quella considerata tale per eccellenza.

Qual è la Storia per eccellenza? Alcuni pensano sia la storia religiosa o dell'umanità, o altre drammaturgie cosmico-religiose. C'è chi crede che la storia per eccellenza sia quella, come definiva Croce, etico-politica, alla quale ogni altra storia, del diritto, dell'economia, della tecnica, dell'organizzazione sociale, e di ogni altro aspetto della vita sociale e morale dell'uomo e dei gruppi umani, doveva servire da corollario o da materiale da utilizzare e da conformare. Ricordiamo tutti la tesi marxistica secondo cui la storia per eccellenza era quella dei rapporti di produzione, la struttura tecnico-economica della società, l'anatomia del corpo storico della società, costituito dai suoi ordinamenti produttivi, e, in sostanza, dalla proprietà dei mezzi di produzione. Gli storici della scuola francese della seconda metà del secolo XX, di cui si riconosce un grande capostipite in Marc Bloch, ritenevano invece che la vera storia fosse quella della lunga durata, la storia delle realtà profonde sottostanti alle apparenze superficiali degli avvenimenti, la storia della grande e nascosta massa delle acque sottostanti alle spume e alle onde del mare della storia, per cui quel che contava erano, in realtà, le maturazioni e le mutazioni delle realtà che a quel livello profondo si producono nella lunga durata.

Questa ricerca della Storia per eccellenza è altamente ingannevole da un punto di vista elementare: se la storia concerne la vita degli uomini, quale aspetto della vita dell'uomo non è storico? quale aspetto della vita dell'uomo si può escludere dal quadro complessivo della sua storia?

* *Come precisato nella Prefazione si è ritenuto di ripubblicare questo testo già edito negli Atti del IV Convegno di Storia dell'Ingegneria.*

Mi sono sforzato di approfondire nel mio volume *Nient'altro che Storia* (ed. Il Mulino) il concetto di "circolarità dell'orizzonte storiografico", sostenendo che l'orizzonte dello storico è un orizzonte circolare perché ne fanno parte tutti i punti, tutte le posizioni, tutti i rapporti, tutte le manifestazioni e gli aspetti, nessuno escluso, della vita dell'uomo. Sono storie quella economica, quella della tecnica, della scienza, quella politica, quella sociale, quella religiosa, quella delle idee, e via enumerando, senza nessuna esclusione.

Ciò non vuol dire, peraltro, che tutte le storie si equivalgono. Ma in che senso non si equivalgono? Ad esempio, la storia della pizza è la storia di un impegno tecnico e sociale, è l'avvento di un nuovo modo di nutrirsi, è un fenomeno che ingloba nel suo manifestarsi e divenire tutta una serie di altri processi e di altre relazioni storiche. Anche la storia della moda in qualsiasi periodo è storia per eccellenza. Quando (per fare un solo esempio tra gli innumerevoli esempi possibili) si nota che nella seconda metà del '600 alla moda spagnola, dominante fino alla metà di quel secolo, subentra, con grande rapidità, quella francese, è chiaro che non ci si può riferire soltanto ad un semplice cambiamento del tipo di abito generalmente adottato. L'avvento della moda francese (che poi è la moda di Parigi: e questa identità Parigi-Francia è anch'essa un altro problema storico) denota la decadenza della potenza spagnola, lo svilupparsi enorme di quella francese, con Luigi XIV, l'affermarsi di un nuovo modo di considerare la vita e le relazioni sociali. È per ciò che nei tanti severissimi quadri dal tardo '500 fino alla seconda metà del '600 vediamo tutti i soggetti maschili rappresentati quasi sempre in molto austeri abiti scuri, con collarini bianchi, e i soggetti femminili con abiti che non lasciano nulla di scoperto e appaiono austeri anch'essi perfino quando sono bianchi o di colori vivaci. Invece, giungiamo poi all'esibizione di generose scollature delle signore francesi della seconda metà del '700, agli abiti semplificati e multicolori del periodo rivoluzionario e napoleonico.

È un processo esteriore da sottovalutare? Certamente no, ma bisogna avere il senso delle proporzioni.

Tutte le storie si equivalgono. Però, il fatto che Scipione abbia vinto Annibale nella battaglia di Zama o il fatto che Napoleone abbia fallito in Russia e a Waterloo meritano più attenzione della storia della pizza o del gioco del calcio, non perché le storie del calcio e della pizza non abbiano la medesima realtà storica di altri eventi o processi del corso storico, ma perché, come nella nostra vita individuale e privata, vi sono esperienze più importanti e determinanti e altre meno influenti. Insomma, la maestria dello storico si manifesta nel dare veste e profondità storica a tutta l'esperienza umana, anche a quegli aspetti che ce ne possono sembrare all'apparenza o per pregiudizi consolidati o per qualsiasi altra ragione, minimi o addirittura ignobili, per poi cogliere nel quadro di queste esperienze il senso delle proporzioni, dei volumi e così via.

L'ingegneria è una dimostrazione eminente di questo criterio. Lo è già per la vicenda sociale degli ingegneri: una vicenda sociale veramente esemplare, che richia-

ma quella di tutta la società moderna. Prima del secolo XIX non c'è un'affermazione sociale dell'ingegneria. È gradualmente che, nel corso dell'800, questa professione si impone con un rilievo sociale eminente della società, per ricevere poi nel '900 il suo pieno riconoscimento a ogni livello della complessa società moderna. Si pensi al rapporto tra ingegneria ed economia: senza ingegneri non c'è sviluppo, e questa appare oggi una proposizione indiscutibile, e lo è, ma storicamente è alquanto recente. Può essere interessante, al riguardo, fare una scorribanda, in vari dizionari italiani di vario periodo, fra le definizioni che via via sono state date del termine *ingegneria*. La successione storica delle definizioni rende, infatti, appieno la storicità della professione, o, meglio, della sua collocazione sociale, a cui mi riferivo. Basta, intanto, richiamare il fatto che anticamente era ingegnere chiunque avesse a che fare con congegni, strumenti, macchine, e in particolare lo si era in tre settori: il settore della guerra, il settore idraulico e quello delle costruzioni. Solo dalla seconda metà del '700 la denominazione di *ingegnere* comincia ad essere associata alla idea di una preparazione scolastica. Ancora più tardi, verso la fine del '700 e l'inizio dell'800, non solo si ritiene necessaria una preparazione scolastica, ma si richiede una preparazione universitaria. Poi, tra l'800 e il '900, la preparazione generale dell'ingegnere viene a sfociare in una serie di specializzazioni, ormai innumerevoli, come si rileva dai piani di studio delle Facoltà di Ingegneria.

Di tutta questa evoluzione quel che si ritrova, innanzitutto, nei più antichi dizionari è lo stretto legame dell'ingegneria con le necessità della vita. Cito, per esempio, Antonio Maria Salvini, che nei suoi *Discorsi accademici*, pubblicati a Napoli nel 1786, dà questa definizione che credo possa non dispiacere agli ingegneri: *la povertà fu la maestra di tutte le arti, fu l'ingegnera e la dispensatrice di tutte le varie professioni all'umana vita gioconde utili e necessarie*. Molto più drastico è Bartolomeo Dotti, che in una delle sue *Satire*, pubblicate a Ginevra nel 1797, scrisse un verso memorabile: *grande ingegner al mondo è pur la fame*. Questa associazione dell'ingegneria con i bisogni della vita, a partire dai più elementari, appare estremamente significativa. Parallelamente, riscontriamo un rapporto con la pratica e l'esperienza vissuta, in vista della quale l'ingegnere deve operare. Nel suo trattato su *Le fortificazioni*, pubblicato a Venezia nel 1596, Buonaiuto Lorini lo esprime con grande efficacia: *chi vorrà essere buono ingegnere militare e perfetto soldato non gli farà bisogno andare a dottorarsi a Padova o a Bologna ma dove si fa la guerra e si difendono et espugnano le fortezze*. Questa connotazione della pratica come costituente essenziale della professione dell'ingegnere, concepita più come arte che come scienza, è un punto da non dimenticare.

Non c'è, però, soltanto la dimensione del soggetto umano operativo. C'è anche il significato dell'opera dell'ingegnere, il cui fondamento e modello è la natura. Che se ne abbia o non se ne abbia una concezione religiosa, la natura è sempre vista come sfondo e base delle opere di ingegneria. Aniello Bartoli, il grande predicatore gesuita

del ’600, parla della *sapienza ingegnera e fabbricatrice di questo così ben inteso lavorio dell’universo*; e il Salvini, in un altro suo scritto all’Accademia della Crusca, del 1735, parla dell’*originale libro dell’ingegnera e maestra natura*. Lorenzo Bellini, a sua volta, nei suoi *Discorsi di anatomia*, pubblicati a Firenze in tre volumi dal 1741 al 1744, parla delle *solide manifatture dell’ingegneria dell’altissimo che fanno trasecolare*; e Terenzio Mamiani (Pesaro 1799 – Roma 1885), cattolico liberale del Risorgimento, esalta le *finissime ingegnerie dalla natura ordinate*. E, del resto, la definizione massonica di Dio come “grande architetto dell’universo” è precisamente in quest’ordine di idee.

Nell’etimologia del termine *ingegnere* è evidente il suffisso *-iere*, che indica di solito un mestiere, un lavoro sulla base della parola *ingegno*, la quale in questo caso non è inteso come *intelletto*, ma come macchina, come arnese, come quel che traspare anche nella parola *marchingegno*. Chiunque, perciò, avesse a che fare con macchine, arnesi, marchingegni e altre simili cose era “ingegnere”. Il collegamento con l’ingegno, inteso come intelligenza, acutezza intellettuale e mentale – come si intende per “uomo ingegnoso”, “opera di ingegno”, “realizzazione ingegnosa”, ossia nel senso poi dato alla parola “ingegno” – è molto posteriore rispetto al significato fondato sul rapporto tra ingegnere, congegno e marchingegno.

È posteriore, però, solo nell’uso corrente, perché, in effetti, se ne ritrovano anche precedenti remoti. Bonaiuto Guicciani per esempio, un poeta italiano del ’300, afferma: *E sa più d’arte chi è più ingegnero, - e meno chi più sente dell’alchimia.* Cioè, è più esperto dell’arte chi è più ingegnoso che non chi si rifà ai trattati della materia. A sua volta, un Anonimo fiorentino, pure lui del ’300, scrive: *se ritrovavano ingegneri scritturati e sottili, si dicea l’anima di costui fu del cielo di Mercurio*, appartenente, cioè, alla sfera zodiacale denominata dal Dio simbolo dell’*homo faber*, del dio artefice ingegnoso. C’è, dunque, qui la duplicità del riferimento al dio dei congegni, che era anche un dio inventore, un dio di grande ingegno. E, infine, farà piacere sentire un verso di un poeta toscano modesto, ma arguto e simpatico dell’800, Antonio Guadagnoli, che dice: *Per l’ingegneria non siete buoni, non avete ingegno*.

Da questo carattere dell’ingegnosità nascono altri due elementi. Uno è, appunto, quello della creatività, della inventività, per cui Vincenzo Gioberti parla della *mano ingegnera dell’uomo*, per cui *l’Ente crea l’esistente e l’esistente ritorna all’Ente*: cioè, l’universale razionale si determina nella realtà esistenziale dell’uomo, il quale, a sua volta, con le sue opere, tende e sa tornare alla razionalità dell’idea. L’altro elemento è la storicità delle nuove sfide che l’ingegneria e gli ingegneri debbono di volta in volta affrontare.. Sorprenderà trovare in un poeta intenso come Giuseppe Ungaretti una frase che fa vedere il tempismo storico che si richiede all’ingegnere: *sono stati risolti ardui problemi di ingegneria che si presentavano per la prima volta*. Non voglio, però, lusingare troppo gli ingegneri. Chiudo, perciò, questa breve scorribanda, citando un altro poeta, Eugenio Montale, che manifesta una preoccupa-

zione opposta a quelle finora accennate. Il poeta attribuisce al termine "ingegneria" un significato per lui preoccupante, osservando che *in un mondo in cui possono nascere espressioni come Human Engineering la sorte dell'intellettuale appare segnata*. Credo che sia un grande compito storico degli ingegneri dimostrare che la preoccupazione di Montale era giustissima, ma che la risposta a quella preoccupazione non debba essere necessariamente quella da lui accennata, e che la *Human Engineering* è solo un'espressione tecnica più innocente di quanto il suo suono letterale e la sua apparenza semantica potrebbero – certo, e molto giustamente – far temere.

Giuseppe Galasso, professore emerito dell'Università di Napoli Federico II, Accademico dei Lincei, è autore di numerosi studi, dei quali ci limitiamo a ricordare: *La storia d'Europa*, *La storia del regno di Napoli*, *Potere e Istituzioni nella Storia d'Italia*, nonché il suo testo di metodologia storica: *Nient'altro che Storia* e *L'Italia come problema storiografico*.

Bruno Siciliano

The Journey of Robotics[1]

Abstract
Robots! Robots on Mars and in oceans, in hospitals and homes, in factories and schools; robots fighting fires, making goods and products, saving time and lives. Robots today are making a considerable impact on many aspects of modern life, from industrial manufacturing to healthcare, transportation, and exploration of the deep space and sea. Tomorrow, robots will be as pervasive and personal as today's personal computers. This article retraces the evolution of this fascinating field from the ancient to the modern times through a number of milestones: from the first automated mechanical artifact (1400 BC) through the establishment of the robot concept in the 1920s, the realization of the first industrial robots in the 1960s, the definition of robotics science and the birth of an active research community in the 1980s, and the expansion towards the challenges of the human world of the twenty-first century. Robotics in its long journey has inspired this handbook which is organized in three layers: the foundations of robotics science; the consolidated methodologies and technologies of robot design, sensing and perception, manipulation and interfaces, mobile and distributed robotics; the advanced applications of field and service robotics, as well as of human-centered and life-like robotics.

A brief history of robotics

The dream to create machines that are skilled and intelligent has been part of humanity from the beginning of time. This dream is now becoming part of our world's striking reality. Since the early civilizations, one of man's greatest ambitions has been to create artifacts in their image. The legend of the Titan Prometheus, who molded humankind from clay, or that of the giant Talus, the bronze slave forged by Hephaestus (3500 BC), testify to this quest in Greek mythology. The Egyptians' oracle statues hiding priests inside (2500 BC) were perhaps the precursor of our modern thinking machines. The clepsydra water clock introduced by the Babylonians (1400 BC) was one of the first automated mechanical artifacts. In the following centuries, human creativity has given rise to a host of devices such as the automaton theatre of Hero of Alexandria (100 AD), the hydro-powered water-raising and humanoid machines of Al-Jazari (1200), and Leonardo da Vinci's numerous ingenious designs (1500). The development of automata continued to flourish in the eighteen century

both in Europe and Asia, with creations such as Jacquet-Droz's family of androids (drawer, musician and writer) and the *karakuri-ningyo* mechanical dolls (tea server and archer).

The robot *concept* was clearly established by those many creative historical realizations. Nonetheless, the emergence of the *physica*l robot had to await the advent of its underlying technologies during the course of the twentieth century. In 1920, the term robot – derived from *robota* which means subordinate labour in Slav languages – was first introduced by the Czech playwright Karel Čapek in his play *Rossum's Universal Robots (R.U.R.).* In 1940, the ethics of the interaction between robots and humans was envisioned to be governed by the well-known three fundamental laws of Isaac Asimov, the Russian science-fiction writer in his novel *Runaround*.

The middle of the twentieth century brought the first explorations of the connection between human intelligence and machines, marking the beginning of an era of fertile research in the field of artificial intelligence (AI). Around that time, the first robots were realized. They benefited from advances in the different technologies of mechanics, controls, computers and electronics. As always, new designs motivate new research and discoveries, which, in turn, lead to enhanced solutions and thus to novel concepts. This virtuous circle over time produced that knowledge and understanding which gave birth to the field of robotics, properly referred to as: the science and technology of robots.

The early robots built in the 1960s stemmed from the confluence of two technologies: numerical control machines for precise manufacturing, and teleoperators for remote radioactive material handling. These master-slave arms were designed to duplicate one-to-one the mechanics of the human arm, and had rudimental control and little perception about the environment. Then, during the mid-to-late twentieth century, the development of integrated circuits, digital computers and miniaturized components enabled computer-controlled robots to be designed and programmed. These robots, termed industrial robots, became essential components in the automation of flexible manufacturing systems in the late 1970s. Further to their wide application in the automotive industry, industrial robots were successfully employed in general industry, such as the metal products, the chemical, the electronics and the food industries. More recently, robots have found new applications outside the factories, in areas such as cleaning, search and rescue, underwater, space, and medical applications.

In the 1980s robotics was defined as the science which studies the *intelligent connection between perception and action*. With reference to this definition, the action of a robotic system is entrusted to a *locomotion* apparatus to move in the environment (wheels, crawlers, legs, propellers) and/or to a *manipulation* apparatus to operate on objects present in the environment (arms, end effectors, artificial hands), where suitable *actuators* animate the mechanical components of the robot. The per-

ception is extracted from the *sensors* providing information on the state of the robot (position and speed) and its surrounding environment (force and tactile, range and vision). The intelligent connection is entrusted to a *programming, planning and control* architecture which relies on the perception and available *models* of the robot and environment and exploits learning and skill acquisition.

In the 1990s research was boosted by the need to resort to robots to address human safety in hazardous environments, *field robotics*, or to enhance the human operator ability and reduce his/her fatigue, *human augmentation,* or else by the desire to develop products with wide potential markets aimed at improving the quality of life, *service robotics*. A common denominator of such application scenarios was the need to operate in a scarcely structured environment which ultimately requires increased abilities and a higher degree of *autonomy*.

The video *Robots — A 50 Year Journey* by Oussama Khatib (2000) [1] shows the development of robotics through the first five decades.

By the dawn of the new millennium, robotics has undergone a major transformation in scope and dimensions. This expansion has been brought about by the maturity of the field and the advances in its related technologies. From a largely dominant industrial focus, robotics has been rapidly expanding into the challenges of the human world, *human-centered and life-like robotics*. The new generation of robots is expected to safely and dependably co-habitat with humans in homes, workplaces, and communities, providing support in services, entertainment, education, healthcare, manufacturing, and assistance.

Beyond its impact on physical robots, the body of knowledge robotics has produced is revealing a much wider range of applications reaching across diverse research areas and scientific disciplines, such as: biomechanics, haptics, neurosciences, virtual simulation, animation, surgery, and sensor networks among others. In return, the challenges of the new emerging areas are proving an abundant source of stimulation and insights for the field of robotics. It is indeed at the intersection of disciplines that the most striking advances are expected to happen.

The video *The Journey Continues* by Bruno Siciliano, Oussama Khatib and Torsten Kröger (2016) [2] shows the intensive and vibrating evolution of robotics through the last fifteen years.

The robotics community

The dissemination of research results and findings in archival publications and conference presentations has played an important role in the advancement of robotics in the past three decades. The extent of scientific activities in robotics has led to the establishment of professional societies and research networks devoted to the field, which have ultimately contributed to the building of an international robotics community.

In the early 1980s, robotics was entering a new era in its development following the earlier successes in industrial applications. With much energy and excitement, the pioneers of robotics launched a number of initiatives, which came to shape what became our field. The first robotics textbook *Robot Manipulators: Mathematics, Programming, and Control* appeared in 1981 (Paul, 1981). A year later, Mike Brady, Richard Paul, and their colleagues established the first journal entirely devoted to robotics, the *International Journal of Robotics Research* (IJRR), which was followed by the organization in 1983 of the first *International Symposium of Robotics Research* (ISRR). The intent was to foster the notion of robotics as a distinct scientific field and to create a broad community of robotics. It was in the pursuit of these aims that the International Foundation of Robotics Research (IFRR) was later formally founded in 1986 with the aim of promoting the development of robotics as a science, establishing the theoretical foundations and technology basis for its ever-expanding applications, with emphasis on its potential role to benefit humans.

The year 1984 brought a host of other major developments in robotics with the establishment of the *IEEE Robotics and Automation Council* (RAC), led by George Saridis, the organization of the first IEEE Conference on Robotics (John Jarvis and Richard Paul) —which became the *IEEE International Conference on Robotics and Automation* (ICRA) the year after, the launching of the *IEEE Journal of Robotics and Automation* (George Bekey), and *RAC Newsletter* (Wesley Snyder). The transformation of the council into the *IEEE Robotics and Automation Society* (RAS) was formally accomplished in 1989. With the birth of RAS, the IEEE Journal of Robotics and Automation became the *IEEE Transactions on Robotics and Automation* —which split into the *IEEE Transactions on Robotics* and the *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* later in 2004; then, the RAS Newsletter became the *IEEE Robotics and Automation Magazine* in 1994.

Over the following years, a number of other activities have been launched. New conferences such as *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (IROS 1983), *International Conference on Advanced Robotics* (ICAR 1983), *International Symposium on Experimental Robotics* (ISER 1989), *Robotics: Science and Systems* (RSS 2005), as well as new journals such as *Robotica* (1983), *Journal of Robotic Systems* (1984, subsequently *Journal of Field Robotics* (2006), *Robotics and Autonomous Systems* (1985), *Advanced Robotics* (1986), *Journal of Intelligent and Robotic Systems* (1988), *Autonomous Robots* (1994), have contributed to a further substantial growth of the robotics community.

The year 1991 marked an important novelty into the ICRA flagship conference series with the creation of video proceedings, introduced earlier by Oussama Khatib and Vincent Hayward in ISER 1989. Since then video proceedings attained an important role for dissemination of research work in our robotics community. This media has become an integral part of most archival publications in recent years.

On the other hand, the introduction of graduate programs in robotics in many academic institutions around the world in the last two decades is a clear illustration of the level of maturity reached by robotics as a scientific field. Further to Paul's seminal book, *other* textbooks were published between the middle 1980s and middle 1990s, such as *Introduction to Robotics: Mechanics and Control* (Craig, 1985), *Robot Analysis and Control* (Asada and Slotine, 1986), *Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence* (Fu and Lee, 1987), *Robot Dynamics and Control* (Spong and Vidyasagar, 1989), *Foundation of Robotics* (Yoshikawa, 1990), *A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation* (Murray, Li and Sastry, 1994), and *Modelling and Control of Robot Manipulators* (Sciavicco and Siciliano, 1995).

Engagement with students is essential for the future of the robotics field. Through a joint initiative between IEEE RAS and IFRR, the School of Robotics Science was founded in 2004. Summer schools have rapidly expanded in scope and frequency, covering a wide range of robotics research areas. Such programs are providing students and young researchers with an educational opportunity of the highest scientific level, enabling them to feed and grow their potential to become the top robotics scientists in our community.

Both IEEE RAS and IFRR have constantly promoted research, education, dissemination, and industrial realizations through their own forums and through collaborations with many other organizations in the robotics community world-wide, including *European Robotics Research Network* (EURON) ―which has recently merged into the *European Association of Robotics* (euRobotics), *International Federation of Robotics* (IFR), and *Robotics Society of Japan* (RSJ).

As our field continues to expand and embrace the challenges of operation in the human world, robotics is revealing a much wider range of applications and involving diverse scientific disciplines such as biomechanics, neuroscience, haptics, animation, surgery, and sensor networks among others. Today, new communities of researchers and developers are forming, with growing connections to the core of robotics research. A strategic goal for our community is one of outreach and scientific cooperation across all regions and organizations. Our common endeavor as roboticists to reach this goal certainly holds the promise of exciting advances toward new frontiers.

The handbook

The intensive stream of robotics research documented in the literature has culminated into a unique reference, which collects in one self-contained volume the most significant achievements of our international robotics community. The *Springer Handbook of Robotics* [3], whose cover is illustrated in Fig. 1, presents a full coverage of the field from its foundations, through the research areas, up to the new emerging applications of robotics. Accordingly, the material is organized in three logical layers reflecting the historical development of the field, as illustrated in Fig. 2.

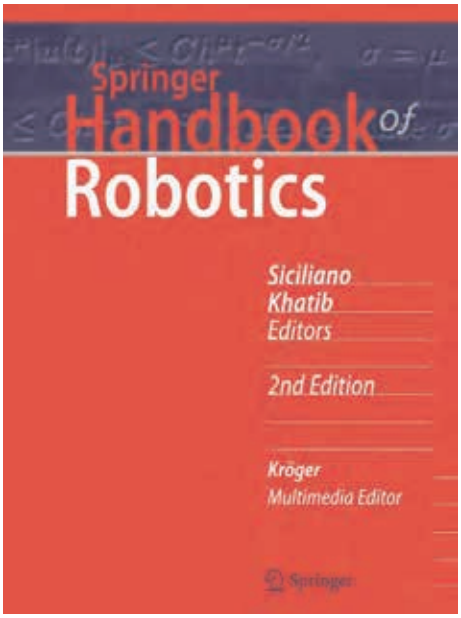


Fig. 1 – Cover of the Springer Handbook of Robotics.

The foundations of robotics science, laid down in the first layer (Part A with its 14 chapters), address the theory of robot mechanics, sensing, planning, and control. The consolidated methodologies and technologies of robot design (Part B with its 12 chapters), sensing and perception (Part C with its 8 chapters), manipulation and interfaces (Part D with its 9 chapters) and mobile and distributed robotics (Part E with its 9 chapters) are presented in the second layer. The third layer is devoted to advanced applications, such as in field and service robotics (Part F with its 13 chapters) and human-centered and life-like robotics (Part G with its 14 chapters).

Part A presents the fundamental principles and methods that are used to model, design, and control a robotic system. All of the foundational topics are included in this part: kinematics, dynamics, mechanisms and actuation, sensing and estimation, model identification, motion planning, motion control, force control, redundant robots, robots with flexible elements, robotic systems architectures and programming, behaviour-based systems, AI reasoning methods for robotics, robot learning. A chapter is devoted to each of these topics. The topics are expanded and applied to specific robotic structures and systems in subsequent parts.

Part B is concerned with the design of various robotic systems. Some of the obvious mechanical structures that come to mind are arms, legs, wheels and hands; to this list can be added robots in the air and subsea, as well as robot structures at the micro and nano scales. With a separate chapter devoted to design and evaluation performance, the chapters in this part successively examine limbed systems, parallel mechanisms, robot hands, snake-like and continuum robots, novel actuators for soft robotics, modular robots, biomimetic robots, wheeled robots, underwater robots, flying robots, and micro/nano robots.

Part C covers different sensory modalities and integration of sensor data across space and time to generate models of robots and the external environment. Robotics is the intelligent coupling of perception and action and as such Part C complements Part B to build systems. This part of the handbook covers sensing across contact, proprioception and exteroception. The main sensing modalities such as force and tactile sensing, inertial sensing, GPS and odometry, sonar sensing, range sensing, 3D

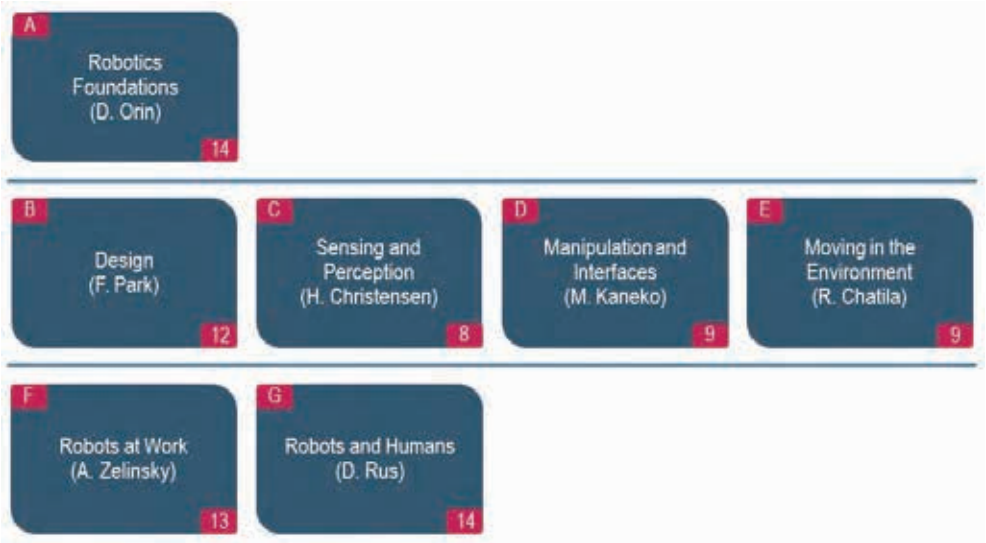


Fig. 2 – Organization of the handbook.

vision for navigation and grasping visual object class recognition, and visual servoing are presented. Both basic sensor models, sensor data processing and associated representations are covered. Finally, a chapter on multisensor data fusion introduces the mathematical tools needed for integration of sensor information across space and time.

Part D is concerned with interaction between robots and objects, or between humans and robots. Manipulation is supposed to handle an object through direct contact by arms or fingers or just a pusher, while interfaces are supposed to make either direct or indirect interaction between humans and robots. For enhancing dexterity in robot manipulation, motion for manipulation tasks, contact modelling and manipulation, grasping, cooperative manipulation, mobility and manipulation, active manipulation for perception are addressed in the first half of this part. For achieving a skillful manipulation or power increase in a human–robot system, haptics, tererobotics, and networked robots are discussed in the second half of Part D.

Part E covers a wide span of topics concerning the motion of robots in the environment. At first this part addresses world modelling, simultaneous localization and mapping, motion planning and obstacle avoidance. Then the modelling and control issues of legged robots, wheeled mobile robots, robots on rough terrain, underwater robots, and aerial robots are dealt with. This part completes Part A on foundations in the context of mobile robotics, and given the role of perception, is closely related to Part C on sensing. In addition, multiple mobile robot systems are discussed.

Part F covers topics related to creating field and service application-based robots that operate in all types of environments. This includes applications ranging from industrial robots to robotics competitions and challenges, through a diverse array of robotics applications: space, agriculture and forestry, construction, hazardous applications, mining, disaster scenarios, intelligent vehicles, medical and computer-integrated surgery, rehabilitation and health-care, domestic environments. This part of the handbook, which draws on Parts A, B, C, D and E, describes how robots can be put to work.

Part G covers topics related to creating robots that operate in human-centered environments. These include humanoids, human motion reconstruction, physical human-robot interaction, human robot augmentation, cognitive human-robot interaction, social robotics, socially assistive robotics, learning from humans, biologically-inspired robotics, evolutionary robotics, neurobotics, and perceptual robotics. The part concludes with the use of robotics for education, and the socio-ethical implications of robots.

Each part is accompanied by a video which illustrates the main concepts and the underlying challenges in common to the chapters in the part, while topical videos related to the specific contents of each chapter can be accessed through the web site of the multimedia contents associated with the handbook [4].

The handbook has been conceived to provide a valuable resource not only for robotics experts, but also for newcomers to this expanding field, e.g. engineers, medical doctors, computer scientists, and designers. In particular, it is important to underline the tutorial value of Part A to graduate students and post-docs, the research value of Parts B to E for a wider coverage of research in robotics, and the added value of Parts F and G to engineers and scientists interested in new applications.

The contents of the various chapters have been inspired by a classic cut, i.e. avoiding the inclusion of on-going or not well-established methods. An objective perspective has been taken, while covering multiple approaches, with the goal of ensuring a high archival value to the handbook. Each chapter is preceded by a short summary, and an introductory section providing the state of the art in the area. The core sections are developed at a tutorial level. Lengthy mathematical derivations have been avoided whenever possible, while the equations, tables, and algorithms are illustrated in ready-to-use form. The final section of the chapter provides conclusions and topics for further reading. From the foundations to the social and ethical implications of robotics, the eighty chapters of the handbook provide a comprehensive collection of five decades of progress in robotics. This sum is a testimony to the level of accomplishments in our field, and a premise of further advances towards new frontiers of robotics.

References

Asada H., Slotine J.J. 1986. *Robot Analysis and Control.* Hoboken: John Wiley & Sons.
Craig J. 1985. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. Cambridge: Pearson.

Fu K.S., Gonzalez R, Lee G. 1987. *Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence*. New York: McGraw Hill.
Murray R., Li Z., Sastry S. 1994. *A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation*. Boca Raton: CRC Press.
Paul R. 1981. *Robot Manipulators: Mathematics, Programming, and Control*. Cambridge: MIT Press
Sciavicco L. Siciliano B. 1995. *Modelling and Control of Robot Manipulators*. New York: McGraw Hill.
Spong M., Vidyasagar M. 1989. *Robot Dynamics and Control*. Hoboken: John Wiley & Sons.
Yoshikawa, T. 1990. *Foundation of Robotics*. Cambridge: MIT Press.

Webgraphy

[1] https://vimeo.com/137042620
[2] https://vimeo.com/173394878
[3] http://www.springer.com/us/book/9783319325507
[4] http://handbookofrobotics.org/

Notes

1. Adapted from Siciliano B., Khatib O., "Robotics and the Handbook", *Springer Handbook of Robotics*, 2nd Edition, Springer, Berlin, Heidelberg, 2016.

Alan F. Winfield

The Ethical Roboticist: a Journey from Robot Ethics to Ethical Robots

Abstract
This aim of this essay is to address the question what does an ethical roboticist do? by explaining the author's work in both robot ethics and ethical robots. Robot ethics is concerned with the human problem of the ethical design and application of robots and robotic systems, whereas ethical robots describes the technical problem of how to design robots that are capable of choosing actions on the basis of ethical considerations. Taking a somewhat autobiographical approach this essay outlines the author's journey from robot ethics to ethical robots.

Introduction

In the last 10 years machine ethics has changed from a niche concern of a small group of academics to a subject of intense societal, political and media interest, with multiple initiatives since 2016, notably from the US White House, EU and UK parliaments, and the Japanese Government. An informal survey reveals that at least 10 sets of ethical principles for robotics and artificial intelligence (AI) have been proposed to date, 7 of which were published in 2017 [1].

What has driven this explosion of interest in machine ethics? The recent high profile successes of Deep Learning have no doubt played a key role, exemplified by the dramatic success of DeepMind's *AlfaGo* AI in defeating the world's best Go player in 2016 (Silver *et al*, 2016).

Advances in AI alongside real-world trials of driverless cars – and a good deal of media hype – are driving significant investment in AI and robotics companies while also raising public and political concerns over the societal and economic implications of a *fourth industrial revolution* (Schwab, 2017).

This essay will be somewhat autobiographical; I will outline robot and AI ethics, and ethical robots from the perspective of someone who has been – and still is – deeply involved in a number of ethics initiatives, including new emerging ethical standards. I will describe my journey into robot ethics while outlining the various initiatives in which I have been (or am) involved. This essay does not therefore provide a comprehensive review of the field, but instead the personal perspective of an ethical roboticist.

Robot Ethics

Robot ethics has been defined as *a new field of robotics concerned with both the positive and negative implications of robots to society*, which also aims to inspire *the moral design, development and use of robots* (Tzafestas, 2016). Robot ethics is often described as concern for the ethical, legal and societal impact of robotics; more broadly, we should add economic and environmental impacts to these concerns. A useful way of framing ethical concerns is to think about the unintended harms that might arise from the use of robots. These include physical, psychological or socio/economic harms and the ethical roboticist is concerned with both articulating and raising awareness of these harms and recommending ways to minimise or mitigate them. Harms can come about at many levels, from the individual, to groups or populations (societal harms) or global (environmental harms).

In order to illustrate robot ethics let us consider a number of ethical problems in robotics. The first and undoubtedly the one that is the greatest concern to most people is the ethical problem of robots that displace jobs. This is of course not a new phenomenon; robots have been replacing humans on car assembly lines since the 1960s and the trend has continued into domains as diverse as warehouses and milking parlours. Near future fears revolve around driverless cars or trucks displacing taxi and truck drivers.

Many people share a second major ethical concern over the development of robot weapons and – more generally – the weaponisation of AI. So-called Lethal Autonomous Weapon Systems (LAWS) are the subject of international efforts to secure a treaty ban [2], while weaponised AI has now been recognised as a threat in the form of both cyber warfare and – in the political sphere – as a worrying means of influencing voter opinion in election campaigns.

I believe there are two very high level ethical concerns that reflect wider societal problems: the first is the significant under-representation of women in robotics and AI – in the UK for instance only 9% of professional engineers are women; and the second is widening wealth inequality. These two issues are of course not intrinsic to robotics and AI, but few would disagree that in order for robotics and AI to benefit all in society, they must be addressed.

Asimov's laws of robotics

Without doubt the first fully articulated principles of robotics are Isaac Asimov's now famous three laws of robotics, which first appeared in his short story *Runaround* (Asimov, 1942). Asimov's laws were remarkable prescient; implicit in the three laws is an assumption that robots are autonomous, self-aware and (although the term artificial intelligence didn't exist at the time), intelligent. Indeed, Asimov himself came to regard his laws as a basis for governing real robot behaviour, writing in 1981: *I have my answer ready whenever someone asks me if I think that my Three Laws of Robotics will actually be used to govern the behavior of robots, once they become*

versatile and flexible enough to able to choose among different courses of behavior. My answer is, "Yes, the Three Laws are the only way in which rational human beings can deal with robots – or with anything else" (Asimov, 1981 [3]).

It is perhaps a testament to the enduring influence of Asimov's laws of robotics that a number of scholars have felt the need to argue that they are unsuitable as a basis for governing real world robots (Clarke 1993, 1994 [4]; Anderson 2008; Murphy and Woods 2009), although others have argued that – in the absence of any agreed framework of computational ethics – they can at least serve as a starting point for researching ethical robots (Etzioni and Weld 1994 [5]; Vanderelst and Winfield 2017 [6]).

What is however incontrovertible is that Asimov's laws established the *principle* that robotics (and by extension intelligent systems) should be governed by principles.

The EPSRC Principles of Robotics

Although Asimov's laws of robotics are designed to govern the behaviour of robots, not roboticists, Clarke observed that while *many facets of Asimov's fiction are clearly inapplicable … the substantive content of the laws could be used as a set of guidelines to be applied during the conception, design, development, testing, implementation, use, and maintenance of robotic systems* (Clarke, 1994).

My own journey into robot ethics began with public engagement. Many years of public lectures, panel debates and dialogue events had sensitised me to public fears (as well as fascination) with robot futures – thus, when asked by the UK Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) to co-organise a workshop on robot ethics, I jumped at the chance.

First published online in 2011, the EPSRC principles of robotics were not just inspired by Asimov's laws of robotics, but decidedly revised to refocus those three laws from robots to roboticists. That revision resulted in not three but five general ethical principles for roboticists (Winfield, 2011; Boden *et al*, 2017 [7]). They are:

1. Robots are multi-use tools. Robots should not be designed solely or primarily to kill or harm humans, except in the interests of national security.
2. Humans, not robots, are responsible agents. Robots should be designed and operated as far as is practicable to comply with existing laws and fundamental rights & freedoms, including privacy.
3. Robots are products. They should be designed using processes, which assure their safety and security.
4. Robots are manufactured artefacts. They should not be designed in a deceptive way to exploit vulnerable users; instead their machine nature should be transparent.
5. The person with legal responsibility for a robot should be attributed.

Importantly, these principles downplay the specialness of robots, treating them as tools and products to be designed and operated within legal and technical standards.

Or, as Bryson writes … *robots are not responsible parties under the law, and that users should not be deceived about their capacities*. In the same essay Bryson argues that the principles are *de facto policy: the EPSRC principles are of value because they represent a policy ... their purpose is to provide consumer and citizen confidence in robotics as a trustworthy technology fit to become pervasive in our society* (Bryson, 2017).

From Principles to Standards

The diagram in Fig. 1 was developed as part of written evidence submitted to the 2016 UK Parliamentary Select Committee on Science and Technology inquiry on Robotics and Artificial Intelligence. The diagram attempts to answer the question *how do we trust our technology?* by showing that ethical principles lead to standards, which in turn lead to regulation. Of course not all ethical principles find expression as standards, but one which notably does is the principle that systems must be *safe*, and most standards are voluntary – only a subset of standards, often because they relate to safety-critical systems, are mandated by regulation.

When regulation is transparent – through effective public engagement – and regulatory bodies are seen to be effective, then trust is engendered. A good example is passenger airliners. We trust them because they have an outstanding safety record and – when rare accidents do happen – processes of accident investigation are swift, thorough and transparent.

As Fig. 1 also tries to show the key elements of ethics, standards and regulation are underpinned by the human processes of responsible research & innovation (RRI) and ethical governance, and the technical processes of benchmarking, verification & validation (Winfield 2016) [8].

Arguably the world's first published ethical standard in robotics is *BS 8611 Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems* (BSI, 2016). BS 8611 incorporates the EPSRC principles of robotics; it is not a code of practice, but instead a toolkit for designers to be able to undertake an *ethical risk assessment* of their robot or system, and mitigate any ethical risks so identified. In the working group that drafted BS 8611 we identified 20 distinct ethical hazards and drafted advice on their mitigation. The societal hazards include, for example, loss of trust, deception, privacy and confidentiality, addiction and employment.

New, so-called 'human', standards are in development within the IEEE Standards Association global ethics initiative [9]. Presently, 11 standards working groups are drafting candidate standards formalising one or more ethical principles. To give just one example, in IEEE P7001 *Transparency in Autonomous Systems* [10] we are defining a set of measurable, testable levels of transparency for each of several stakeholder groups including users, certification agencies and accident investigators (Bryson and Winfield, 2017).

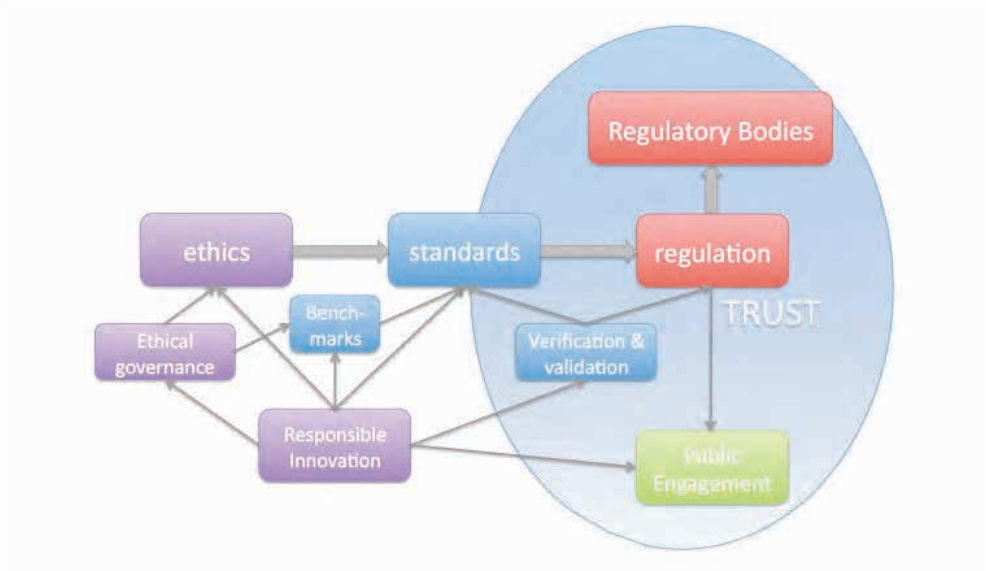


Fig. 1 – A Roadmap: from ethical principles to trust (from Winfield, 2016).

Ethical Robots

Is it possible to build an ethical robot: a robot capable of choosing or moderating its actions on the basis of ethical rules? Five years ago I thought the idea impossible and said as much in my *Introduction to Robotics* (Winfield, 2012). But since then I've changed my mind. In fact not only changed my mind but also developed an architecture and, with colleagues, implemented and experimentally tested an ethical robot. So, what brought about this u-turn? It was not an epiphany - more a case of several ideas slowly coming together.

First was the realisation that robots don't need to be sentient in order to act in a way we would judge to be ethical. In other words we don't need a major breakthrough in artificial intelligence to build an ethical robot. A relatively simple robot could behave ethically not because it chooses to, but because we have programmed it so. It would be an *ethical zombie* – capable of ethical actions, without understanding what it is doing, or why.

Second was thinking about very simple ethical behaviours. Consider a thought experiment: imagine you are out walking and you notice someone who is not looking where they are going. She's heading straight for a hole in the pavement – wearing headphones and peering at her smart-phone perhaps. You will probably try and intervene. How it that? Well it's not *just* because you're a good person – it's because

you also have the cognitive machinery to *predict* not only the consequences of her actions, but which action you should take to try and avert a calamity.

Now imagine it's not you, but a robot that has four possible next actions: turn toward the left, stand still, continue straight ahead, or turn toward the right. Fig, 2 shows this simple thought experiment. From the robot's perspective, it has two safe options: stand still, or turn to its left. Go straight ahead and it will fall into the hole. Turn right and it is likely to collide with the human.

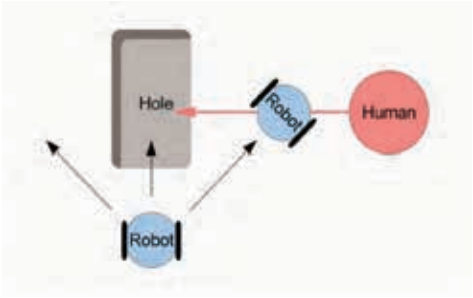


Fig. 2 – Ethical robot thought experiment.

But if the robot can *model* the consequences of both its own actions *and* the human's - another possibility opens up: the robot could *choose* to collide with the human to prevent her from falling into the hole. Here is a simple rule for this behaviour:

```
IF for all robot actions, the human is equally safe
THEN (* default safe actions *)
    output safe robot actions
ELSE (* ethical action *)
    output action(s) for least unsafe human outcome(s)
```

This rule appears to match remarkably well with Asimov's first law of robotics: *A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm*. The robot will avoid injuring (i.e. colliding with) a human (may not injure a human), but may also sometimes compromise that rule in order to prevent a human from coming to harm (...or, through inaction, allow a human to come to harm).

So emerged the idea is that we might be able to build a robot with *Asimovian* ethics. We need to equip the robot with the ability to predict the consequences of both its own, and other(s) actions, plus the hard wired ethical logic – the IF THEN ELSE code above.

Third came the realisation that the technology we need not only exists but is mature and commonplace in robotics research – it is the robot simulator. Robot simulators provide developers with a virtual environment for prototyping robot code before then running that code on the real robot. Now the idea of embedding a simulation of a robot inside that robot is not new – but it is technically challenging and only a few researchers have pulled it off. The robot would need to have, inside itself, a simulation of itself and its immediate surroundings, including other dynamic actors like humans or other robots in its vicinity.

I was fortunate to be able to present and debate these ideas with fellow researchers at several meetings in 2013, but they remained just ideas on paper. Then a stroke of luck: in 2014 Christian Blum, a brilliant PhD student from the cognitive robotics research group of the Humboldt University of Berlin joined my research group for six months. I suggested Christian implement these ideas on our e-puck robots and happily he was up for the challenge. Thus Christian, supported by my post-doc Research Fellow Dr Wenguo Liu, implemented what we call a *Consequence Engine*, running in real-time, on the e-puck robot.



Fig. 3 – The e-puck robot.

The e-puck robot, shown in Fig. 3, is a Swiss mobile robot designed primarily for education and research. We've been using these robots for several years for swarm robotics research, and extended our e-pucks by designing a Linux card – the circular green board shown here just above the red skirt (Liu and Winfield, 2011).

Running the open source 2D robot simulator *Stage* as its internal simulator our consequence engine runs at 2Hz, so every half a second it is able to simulate about 30 next possible actions and their consequences. The simulation budget allows us to simulate ahead around 70cm of e-puck motion for each of those next possible actions. In fact Stage is actually running on a laptop linked to the robot over our fast WiFi LAN. But logically it is inside the robot. What's important here is the proof of principle.

We tested the human-heading-for-a-hole scenario with two e-puck robots: one robot with consequence engine plus ethical rule (the *A-robot* – after Asimov), and another robot acting as a proxy human (the *H-robot*).

Fig. 4 shows the experimental arena. We don't have a real hole, but a virtual hole – the yellow shaded square on the right. We just *tell* the *A-robot* where the hole is. We also give the *A-robot* a goal position – at the top right – chosen so that the robot must actively avoid the hole. The *H-robot* on the left, acting as a proxy human, doesn't *see* the hole and just heads straight for it (Ignore the football pitch markings – we're re-using this handy robo-soccer pitch).

So, what happens? For comparison we ran two trials, with multiple runs in each trial. In the first trial is just the *A-robot*, moving toward its goal while avoiding fall-

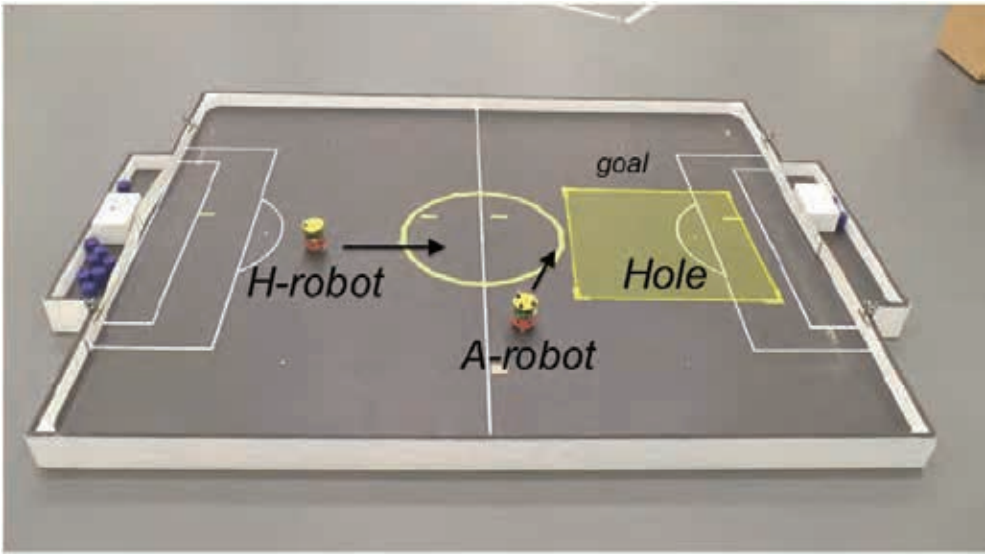


Fig. 4 – Experimental setup for ethical robot trials.

ing into the hole. In the second trial we introduce the *H-robot*. The graphs in Fig. 5 show the robot trajectories, captured by our robot tracking system, for each run in each of these two trials.

In trial 1, notice how the *A-robot* neatly clips the corner of the hole to reach its goal position. Then in trial 2, see how the *A-robot* initially moves toward its goal then, when it notices that the *H-robot* is in danger of falling into the hole, it diverts from its trajectory in order to head-off H. By provoking H's collision avoidance behaviour, A sends it off safely away from the hole, before then resuming its own progress toward its goal position. The *A-robot* is 100% successful in preventing H from falling into the hole.

At this point we started to write up our results, but we needed something more than 'we built it and it works just fine'. So we introduced a third robot – acting as a second proxy human. So now our ethical robot would face a dilemma – which *H-robot* should it rescue? Actually we thought hard about this question and decided not to program a rule, or heuristic, partly because ethicists, not engineers, should decide such a rule and partly because we wanted to test our ethical robot with a balanced ethical dilemma.

We set the experiment up carefully so that the *A-robot* would notice both *H-robots* at about the same time – noting that because these are real physical robots no two experimental runs will be exactly identical. The results were very interesting. Out of 33 runs, 16 times the *A-robot* managed to rescue one of the *H-robots*, but not the

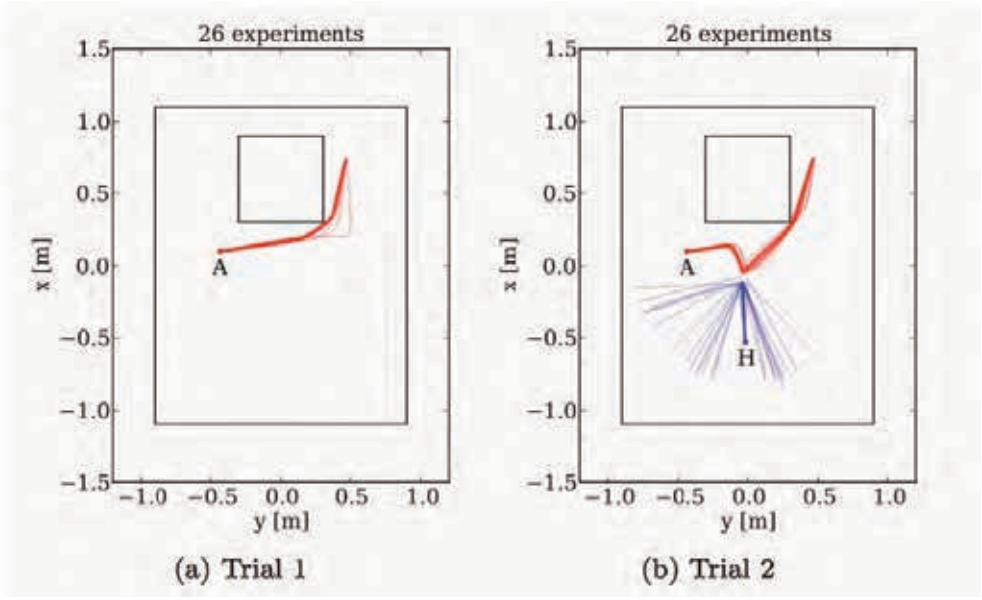


Fig. 5 – Experimental results for trials 1 and 2.

other, and amazingly, 3 times the *A-robot* rescued both. In those 3 cases, by chance the *A-robot* rescued the first *H-robot* very quickly and there was just enough time to get to the second before it reached the hole. Small differences in the trajectories of H and H2 helped here. But most interesting were the 14 times when the *A-robot* failed to rescue either. Why is this, when there is clearly time to always rescue one? When we studied the videos, we see the answer. The problem is that the *A-robot* sometimes dithers. It notices one *H-robot*, starts toward it but then almost immediately notices the other. It appears to *change its mind*. And the time lost dithering means the *A-robot* cannot prevent either robot from falling into the hole. We believe this is the first experimental test of a real robot facing an ethical dilemma.

In three years I went from sceptic to believer, and ended up building a minimally ethical robot. But, as we say in our paper (Winfield *et al*. 2014), we are not claiming that a robot which apparently implements part of Asimov's famous laws is ethical in any formal sense, i.e. that an ethicist might accept. But even minimally ethical robots could be useful. Our approach is a step in this direction.

Conclusions

This essay has I hope answered the question *what does an ethical roboticist do?* (or, more accurately *this* ethical roboticist), by outlining the development of ethical principles which, in turn, are leading to new ethical standards in robotics and AI. Parallel

efforts to advise policymakers will, it is hoped, lead to regulation and hence public trust – and trust is vital if these new disruptive technologies are to succeed and bring the societal benefits we believe they should.

Let me finish with a question about the ethics of ethical robots: *if we could build an ethical robot are we ethically compelled to do so?* Some argue that we have an ethical duty to try and build moral machines. But the counter argument is: are there ethical hazards? Might, for instance, an ethical robot be vulnerable to accidental or malicious hacking – transforming the robot from ethical to unethical, as we argue in Vanderelst and Winfield (2017)? While there is no question that we need ethical roboticists there are considerable doubts over ethical robots.

Acknowledgements
The work of this essay has been supported by EPSRC grants EP/G063052/1 and EP/L024861/1. I am very grateful to Dr Christian Blum (supported by Dr Wenguo Liu) who programmed the robots, set up the experiment and obtained the results outlined in section 3. I owe thanks also to collaborator Professor Michael Fisher for encouraging me to think deeply on the question of how to build ethical robots.

Bibliography

Anderson S. 2008. Asimov's "three laws of robotics" and machine metaethics. *AI and Society*, 22(4), 477-493.

Asimov I. 1942. Runaround. Astounding Science Fiction. Reprinted in *Io, Robot*, New York: Gnome Press (1950).

Asimov I. 1981. Guest commentary: The Three Laws. *Compute! Magazine*, 18(3), 18, November 1981.

Boden M., Bryson J., Caldwell D., Dautenhahn K., Edwards L., Kember S., Newman P., Parry V., Pegman G., Rodden T., Sorrell T., Wallis M., Whitby B., Winfield, A.F. 2017. Principles of robotics: regulating robots in the real world. *Connection Science*, 29(2), 124-129.

BSI. 2016. *Robots and robotic devices: guide to the ethical design and application of robots and robotic systems*. British Standard 8611. London: British Standards Institute.

Bryson J. 2017. The Meaning of the EPSRC Principles of Robotics, *Connection Science*, 29(2), 130-136.

Bryson J., Winfield A. 2017. Standardizing Ethical Design for Artificial Intelligence and Autonomous Systems. *IEEE Computer*, 50(5), 116-119.

Clarke R. 1993. Asimov's Laws of Robotics: Implications for Information Technology. *IEEE Computer*, 26(12), 53-61 and 27(1), 57-66.

Etzioni O., Weld D. 1994. The First Law of Robotics (a call to arms). AAAI Tech. Rep. SS-94-03, 17-23.

IEEE. 2016. *Ethically Aligned Design: A Vision for Prioritizing Human Wellbeing with Artificial Intelligence and Autonomous Systems*, version 1, IEEE Standards Association.

Liu W., Winfield A.F. 2011. Open-hardware e-puck Linux extension board for experimental swarm robotics research. *Microprocessors and Microsystems*, 35(1), 60-67.

Murphy R., Woods D. 2009. Beyond Asimov: The Three Laws of Responsible Robotics. *IEEE Intelligent Systems*, 24(4).

Schwab K. 2017. *The Fourth Industrial Revolution.* New York: Portfolio Penguin.

Silver D. et al. 2016. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529, 484-489.

Tzafestas S. 2016. *Roboethics: a navigating overview*. Cham: Springer International Publishing.

Vanderelst D., Winfield A. 2017. An architecture for ethical robots inspired by the simulation theory of cognition. *Cognitive Systems Research*, 48, 56-66.

Vanderelst D., Winfield A. 2018. The Dark Side of Ethical Robots. *Proceedings of AAAI Workshop on AI, Ethics and Society* (AIES 2018), New Orleans.

Winfield A.F. 2011. Roboethics for Humans. *New Scientist*, May, 32-33.

Winfield A.F. 2012. *Robotics: A Very Short Introduction.* Oxford: Oxford University Press.

Winfield A.F. 2016. *Written evidence submitted to the UK Parliamentary Select Committee on Science and Technology Inquiry on Robotics and Artificial Intelligence*, Discussion Paper, Science and Technology Committee (Commons).

Winfield A.F., Blum C, Liu W. 2014. Towards an Ethical Robot: Internal Models, Consequences and Ethical Action Selection. In: *Advances in Autonomous Robotics Systems,* Lecture Notes in Computer Science Volume 8717, (Mistry M, Leonardis A, Witkowski M., Melhuish C, eds), 85-96. Cham: Springer International Publishing.

Web sites

[1] http://alanwinfield.blogspot.co.uk/2017/12/a-round-up-of-robotics-and-ai-ethics.html
[2] https://www.icrac.net/
[3] https://archive.org/stream/1981-11-compute-magazine/Compute_Issue_018_1981_Nov
[4] http://www.rogerclarke.com/SOS/Asimov.html
[5] http://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/1994/SS-94-03/SS94-03-003.pdf
[6] http://doi.org/10.1016/j.cogsys.2017.04.002
[7] http://dx.doi.org/10.1080/09540091.2016.1271400
[8] http://eprints.uwe.ac.uk/29428/
[9] http://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/autonomous_systems.html
[10] http://sites.ieee.org/sagroups-7001/

Giovanna Greco

Da recinto murario a struttura difensiva: le trasformazioni delle cinte fortificate e dell'arte della guerra

Abstract
This paper is aimed to underline the development of the fortification walls in Greece, Southern Italy and Sicily between the Archaic age and the Hellenistic one. It intends to outline and define how the materials, the techniques, the structure and the architectural expedients change according the different topographic context, and the role, the symbolic meaning, the function of the fortification wall as, without neglecting the evolution and the importance of the military strategy over time.

La nascita della polis e le più antiche cinte murarie
Aristotele, in un noto passo della *Politica* (I, 1252 b), racconta della nascita della città, scaturita dal bisogno degli uomini di non vivere da soli, concetto già espresso da Platone; gli uomini inizialmente costituiscono la famiglia (*oikia*), poi si riuniscono in villaggi (*komai*) e dall'unione di più villaggi nasce la città (*polis*), intesa come comunità di cittadini che deve offrire sicurezza e felicità ai suoi abitanti. E i villaggi, sparsi nel territorio, sono senza mura, mentre la *polis* è cinta da un muro perché «è necessario pensare che le mura solidamente edificate sono le più eff*icaci in tempo di guerra e, ancora di più adesso che ci sono nuove invenzioni per aumentare l'efficacia dei proiettili e delle macchine d'assedio*» (VII, 11, 8-9).

Già Omero racconta della fondazione della città dei Feaci da parte del loro re: «*cinse la città con un muro, costruì le dimore e fece i templi agli dei e divise i campi*» (*Odissea*, VI, 7-10).

Le acropoli micenee di Micene o Tirinto erano circondate da mura realizzate con enormi blocchi, appena sbozzati, messi in opera a secco a sostegno di imponenti terrapieni che restituivano l'immagine di grandiosità e potenza della cittadella del re.

La costruzione di un muro di recinto sembra, dunque, un'operazione parallela alla fondazione di una città, definisce il limite tra *centro abitato e campagna* (*polis e chora*) e assurge a simbolo di prestigio della comunità; ciò è tanto più valido quando i Greci arrivano in un territorio *di altri* e fondano nuove colonie; e, non a caso, è nella Ionia d'Asia o in Italia meridionale e Sicilia, dove i Greci fondano nuovo colonie, che si trovano esempi di cinte murarie, già in età alto arcaica.

Le mura urbane assumono dunque una valenza simbolica e costituiscono uno dei *segni* indicativi della città. Ovviamente, i meccanismi non sono così lineari e tutto va analizzato nel proprio contesto storico e territoriale; e non sempre la presenza di un muro di fortificazione indica necessariamente una città: Sparta, per tutta l'età arcaica, non ha avuto le mura mentre anche piccole città della Ionia d'Asia avevano mura in terra cruda, risalenti già all'epoca tra l'VIII e il VII sec. a.C.

Se ne deduce che il sistema di delimitazione di un territorio assume, di volta in volta e da luogo a luogo, funzioni molteplici dove quella difensiva è strettamente connessa al possesso di un territorio e dunque all'esigenza di proteggere spazi coltivabili e risorse idriche, da cui le comunità riunite nella *polis* traggono la propria ricchezza. Da qui la necessità di costruire recinti murari di gran lunga più ampi ed estesi dello spazio occupato dall'abitato vero e proprio; i conflitti nascono quando si contende il possesso di uno stesso territorio, come effetti della convivenza e della concorrenza sui medesimi spazi (Braudel, 1968). La difesa del proprio territorio, nel mondo greco tardo arcaico, è affidato piuttosto a un sistema articolato di controllo di punti strategici, di vie di percorrenza, fiumi e fonti d'acqua dove costruire fortilizi, funzionali a evitare che il nemico attacchi la città; lo scontro avveniva in campo aperto fra eserciti oplitici. Sono le montagne dell'Attica a difendere Atene e non le mura; questo modo di difendere il territorio e fare la guerra si conserverà per tutta l'età arcaica e fino alla guerra del Peloponneso, quando si imporrà una nuova strategia militare e, in conseguenza, un diverso modo di difendere la città (Sconfienza, 2005).

La situazione è ben diversa nel mondo coloniale dell'Italia meridionale e della Sicilia, dove si registra, con ampiezza di documentazione, il processo evolutivo che dalla recinzione/limitazione di uno spazio vitale, comunque da difendere e proteggere, porta alla definizione di una cinta fortificata il cui ruolo di difesa e di deterrente verso il nemico diventa preponderante. E se le prime fasi di un nuovo insediamento si configurano con un'articolazione per villaggi (*kata komas*), è facilmente immaginabile come sia sorta, ben presto, la necessità di difendere un territorio già popolato dalle genti indigene con le quali si stabiliscono diverse modalità di convivenza, che vanno dall'acquisto di un pezzo del territorio (così a Elea/Velia) a una vera e propria conquista con l'occupazione violenta di un territorio altrui (a Siracusa, i coloni corinzi cacciano dall'isoletta di Ortygia, i Siculi); dunque, a maggior ragione, quello spazio vitale dovrà essere militarmente difeso. Le più antiche colonie greche, da Megara Iblea a Cuma, hanno restituito evidenze strutturali di cinte fortificate datate già nel corso del VII sec. a.C., certamente qualche decennio dopo l'arrivo dei Greci sulle coste dell'Italia antica; il tracciato difensivo è esteso, segue solitamente la morfologia del paesaggio e copre un territorio con risorse idriche e agricole che soddisfano il fabbisogno essenziale per la nuova comunità di uomini. Queste prime cinte fortificate, di cui rimangono pochi frustuli, sono già attrezzate con bastioni, che a Megara sono circolari (Scalisi, 2010) e con rudimentali fossati; le mura sono co-

struite, solitamente, con uno spesso zoccolo in pietra a secco la cui altezza varia e si adatta alla conformazione del terreno naturale e, molte volte, sfrutta, in fondazione, la roccia naturale. L'elevato è realizzato con materiali diversi tra i quali, per questa fase, predomina la terra cruda.

Un tracciato interamente in terra cruda è stato messo in luce a Siris, l'attuale Policoro, città fondata dai Greci di Colofone nella prima metà del VII sec. a.C., dunque, contemporaneamente all'arrivo del contingente di coloni. L'insediamento si concentra sulla parte più orientale della collina del Barone che si propende sul mare, naturalmente difesa da un forte strapiombo; i versanti che si affacciano sulla valle e dominano le vie di percorrenza erano, invece, circondati da un muro; su uno dei versanti lo spiccato in terra cruda poggia su una zoccolatura in ciottoli e pietre piatte mentre sull'altro versante il muro è interamente in terra cruda per una larghezza di 2,3-3 m; l'intero circuito racchiude un perimetro di circa 5 km (Adamesteanu, 1986).

Ancora in terra cruda su uno zoccolo in pietra è la prima cinta muraria in fig. 1, che racchiude un ampio spazio dove nasce la città di Gela, fondata da genti venute da Rodi nei decenni iniziali del VII sec. a.C. (Congiu, 2012).



Fig. 1 – Gela. Le mura di Capo Soprano.

Queste cinte fortificate, che sorgono già tra i decenni finali del VII e i primi decenni del VI sec. a.C., a Megara Hyblaea come a Siris, a Gela o a Cuma, sono piuttosto semplici nel sistema complessivo, ma hanno richiesto notevole dispendio di risorse e abilità tecniche non indifferenti; sembrano rispondere a una strategia di delimitazione di un territorio piuttosto che a un articolato sistema difensivo; svolgono un ruolo di definizione di una nuova realtà politica e sociale, in un territorio altrui e funzionano come deterrente verso l'altro, lo straniero e, in caso di pericolo, di raccolta e protezione degli abitanti sparsi nella campagna (la *chora*).

Parallelamente, l'attenzione va rivolta al mondo indigeno dell'Italia antica, dove i circuiti murari sono attestati sin dall'età del Bronzo, come nei siti di Thapsos o Pantalica; costruiti prevalentemente ad aggere, a sostegno e rinforzo di un costone collinare o di un terrapieno, ancora una volta appaiono piuttosto come recinzioni di un territorio di appartenenza, da delimitare e proteggere. D'altro canto sono le stesse fonti antiche a raccontare di come gli indigeni Enotri abitassero piccole città, sui monti, l'una dopo l'altra, senza cingersi di mura, anche se le stesse fonti illustrano bene l'organizzazione militare di queste genti dove la difesa del proprio territorio è uno dei caratteri costanti e identitari (Mele 2001).

Le imponenti cinte fortificate che caratterizzano il paesaggio calabro come quello lucano si collocano, coerentemente, in un momento successivo e rientrano in una nuova strategia di difesa che si andrà diffondendo solo nel corso del IV sec. a.C. e caratterizzerà tutta l'eta ellenistica (Cicala e Pacciarelli, 2017).

L'evoluzione delle tecniche costruttive e della poliorcetica

E' alla fine del VI sec. a.C. che a Cuma si registra un rafforzamento considerevole del circuito più antico costruito già agli inizi del secolo. Cuma è colonia di Greci provenienti dall'isola dell'Eubea che, stabilitisi dapprima a Ischia, nella prima metà dell'VIII sec. a.C., impiantano, dopo qualche decennio, a metà circa dell'VIII sec. a.C.); un abitato sulla costa (che occupa spazi differenti, disponendosi, in forma sparsa, sia sulla parte pianeggiante prospiciente il mare che sulla collina del Monte di Cuma e lungo le sue pendici (Greco, 2009).

È soltanto nei decenni iniziali del VI sec. a.C. che compare la prima cinta fortificata, costruita già con un complesso sistema che prevede una doppia cortina, formata da due paramenti in blocchi, rafforzati all'interno da scaglie di tufo e terra; questo riempimento è trattenuto, a intervalli regolari, da diatoni; la concezione costruttiva sembra rispondere piuttosto alla tipologia dell'aggere (*murus terrus*) ed è funzionale certamente alla delimitazione e alla protezione di un territorio piuttosto esteso. Nei decenni finali del VI sec. a.C., quando a Cuma governa il tiranno Aristodemo, questa struttura più antica viene potenziata e inglobata in una nuova costruzione che ne accresce lo spessore; la tecnica costruttiva rimane la stessa, a doppia cortina, ma è il possente riempimento all'interno che viene rinforzato fino a raggiun-

gere, in alcuni tratti, una larghezza di 5 m; i paramenti esterni sono trattati con più cura nel taglio dei blocchi e, all'interno, compaiono brevi briglie di collegamento tra le due cortine a intervalli regolari; l'elevato doveva essere ancora in materiale deperibile. Un ulteriore potenziamento della fortificazione, realizzata probabilmente dopo poco, nel primo quarto del V sec. a.C., porta la larghezza del circuito murario a uno spessore di circa 7 m; l'elevato, in questo momento, diventa interamente in ortostati, nella tecnica pseudo-isodoma, e termina con un camino di ronda di cui è stata messa in luce una scala. Le porte vengono modificate e rinforzate e la cinta muraria assume chiaramente una funzione prevalentemente militare. Verrà ulteriormente modificata, nei secoli successivi, adattandola alle nuove tecniche militari (*AA. VV., 2013*) (Fig. 2)



Fig. 2 – Cuma. Fortificazioni. Struttura a doppia cortina di blocchi.

Nei decenni finali del VI sec. a.C. si colloca la maggior parte delle fortificazioni note in Italia meridionale e in Sicilia; la loro costruzione è stata collegata dalla maggior parte degli studiosi all'attività dei primi tiranni che, attraverso la realizzazione di opere pubbliche, affermano il loro potere e rafforzano la loro immagine; il circuito di mura diventa così un monumento emblematico della città e assume significato e valenza di fortificazione urbana. In realtà, sono anche gli anni nei quali si verificano le prime trasformazioni dei modi di condurre la guerra ed entra in crisi il modello arcaico di una difesa diffusa nel territorio. La principale caratteristica delle cinte fortificate che definiscono le città tra la fine del VI e il V sec. a.C. è data dall'ampiezza del circuito, che racchiude un'estensione territoriale ampia, eccessiva rispetto all'entità della popolazione e che si adatta alla conformazione naturale del terreno, ne segue le curve di livello, ne racchiude le risorse idriche e i campi coltivati. La tecnica costruttiva è molto varia e i materiali sono generalmente quelli messi a disposizione dal territorio. Una costante è certamente la zoccolatura in pietra a secco su una profonda trincea di fondazione che raggiunge il livello solido naturale; Filone di Bisanzio, vissuto nel IV sec. a.C. e autore di un famoso trattato di poliorcetica, raccomanda di scavare le fondazioni fino alla roccia solida (Sconfienza, 2005, 12-14). Lo spiccato può presentare altezze differenti, adattandosi alla conformazione naturale e alle diverse curve di livello. Variano le tecniche di assemblaggio dei blocchi, con un diverso trattamento dei giunti: dal poligonale delle mura di Naxos, alla pietra rozzamente sbozzata (le cosiddette mura ciclopiche), a quella squadrata di Siracusa, Lentini, Cuma. L'elevato è, nella maggior parte dei casi, in terra cruda nella tecnica sia del pisé che del mattone crudo; piuttosto rari sono gli elevati interamente in pietra: Erodoto cita come caso eccezionale la fortificazione di Focea, interamente costruita in pietra già alla metà del VI sec. a.C. (I, 163-167).

A Cuma, l'elevato in pietra fa la sua comparsa nei primi decenni del V sec. a.C. (d'Agostino e Giglio 2012). Il circuito murario può svolgersi con cortina unica che si appoggia direttamente, tramite briglie, al pendio naturale; la cortina, solitamente, presenta un profilo a scarpa con un'inclinazione che, nel caso delle mura di Napoli, raggiunge l'8% e svolge quindi anche funzione di contenimento della scarpata naturale (d'Agostino e D'Onofrio, 1987). Nella maggior parte delle evidenze, il muro è munito di doppia cortina con un terrapieno interno trattenuto da diatoni. La cortina viene sezionata, nel circuito, così da adattarsi meglio al terreno e svolgere meglio la funzione di difesa. Fanno la loro comparsa le torri, che svolgono la doppia funzione di avvistamento e di controllo di tratti specifici del circuito; il loro numero si moltiplica nel tempo e la loro ubicazione, dapprima correlata alla morfologia del terreno, comincia a rispondere a un diverso dispositivo del circuito. Esempi di fortificazioni urbane costruite già nei decenni finali del VI sec. a.C. e conservate fino a tutto il V sono visibili a Caulonia, come a Crotone, a Cuma come a Velia, Napoli, Metaponto e Siracusa; tutte presentano caratteristiche tecniche e formali piuttosto simili, dove le

varianti sono date dall'adozione di diversi materiali o dalla maniera di assemblaggio dei blocchi; si conserva, per altro, l'elevato in terra cruda/mattoni crudi, a Locri, Crotone, Elea. L'uso della terra cruda per gli elevati è determinato da un lato dalla carenza di buona pietra da taglio e dall'altro dalla capacità di assorbimento della muratura in crudo, a fronte di un pericolo di assalto del tipo leggero, non ancora attrezzato con artiglieria e macchine da guerra. A Selinunte la cinta fortificata rifatta agli inizi del V sec. a.C. è a doppia cortina con un possente *emplekton* per uno spessore di circa 4,40 m; grosso modo, la stessa larghezza delle mura di Agrigento, dove il circuito si estende per 11,5 km ed è già attrezzato di torri di protezione e di una porta del tipo a tenaglia, come a Lentini e a Megara Hyblaea 8Scalisi, 2010). Agli inizi del V sec. a.C. ancora non si conoscevano le armi a distanza, come le catapulte e, dunque, l'allestimento delle mura è ancora modesto, piuttosto semplice nel suo tracciato e con un prevalere dell'impiego della terra cruda per gli elevati.

L'evoluzione della poliorcetica e delle tecniche costruttive

Le guerre del Peloponneso con il conflitto tra Sparta e Atene, le spedizioni persiane, il conflitto tra Siracusa e Atene nella seconda metà del V sec. a.C. portano a grandi rivolgimenti e novità nella tecnica poliorcetica e dunque a una completa rivisitazione delle strategie difensive delle città. Nel corso del IV sec. a.C., tutte le fortificazioni subiscono profonde trasformazioni, adeguandosi alle nuove strategie militari. Quando, nel 409 a.C., i Cartaginesi, alla conquista della Sicilia, utilizzano per la prima volta potenti torri d'assalto, inaugurando la stagione delle *macchine da guerra*, la debolezza delle fortificazioni urbane risalta con tutta la sua evidenza. Si avvia un lungo processo di ristrutturazione e rifacimento delle cinte fortificate, in cui si applicano dispositivi e sistemi difensivi meglio rispondenti a un nuovo modo di concepire la guerra e l'assalto/assedio alle città. Il trattato *Poliocertica* di Enea Tattico illustra perfettamente la nuova strategia di attacco e dunque di difesa di una città in cui la fortificazione assume un ruolo predominante e vitale; secondo i nuovi dettami, la città deve concentrare le sue difese sulla fortificazione che va attrezzata per respingere gli assalti delle macchine da guerra, intercettare i proiettili, neutralizzare le azioni e svolgere anche funzione offensiva con l'accrescimento del potenziale di fuoco delle macchine sistemate nelle torri. Innovazioni tecniche e morfologiche interessano, nel corso del IV sec. a.C., tutte le fortificazioni, in Grecia e nelle aree coloniali, e il modello si diffonderà presso i popoli italici dell'Italia antica e della Sicilia. Gli accorgimenti tecnici, i dispositivi, le tecniche costruttive sottendono un'ingegneria militare strutturata e avanzata che porterà a profondi rivolgimenti nell'arte della guerra che, con varianti e modifiche, rimarranno più o meno costanti dall'età ellenistica alla fine del Medioevo e agli albori del Rinascimento.

Nuovi dispositivi compaiono nei circuiti murari. Uno dei più diffusi è quello del tracciato a cremagliera, nel quale i tratti delle cortine si dispongono in maniera

sporgente di qualche metro tra di loro, a dente; il moltiplicarsi delle torri, a ogni saliente, consente una difesa capillare del circuito. Velia conserva un chiaro esempio di tracciato a cremagliera con segmenti successivi di cortina che seguono le curve di livello, creano rientranze lungo lo spessore della muratura e consentono visibilità e difesa in ogni tratto; la torre che si appoggia esternamente, reiterata quasi a ogni rientranza, ne enfatizza la scansione e restituisce l'immagine forte della *città murata* (Krinzinger, 1986).

Un altro dispositivo, molto diffuso e ben documentato, prevede una ripartizione della cinta con muri divisori costruiti all'interno del circuito; avevano la funzione di isolare e meglio difendere determinati settori nevralgici della città o del territorio e allo stesso tempo creare una successione di linee di difesa; sono i *diateichisma* ben riconoscibili a Velia, nel rifacimento della fortificazione del IV sec. a.C.; difendono alcuni quartieri strategici della città e la via di percorrenza tra territorio e centro urbano (Krinzinger, 2006) (Figg. 3-5).



Fig. 3 – Elea/Velia. Elea/Velia. Il circuito murario.

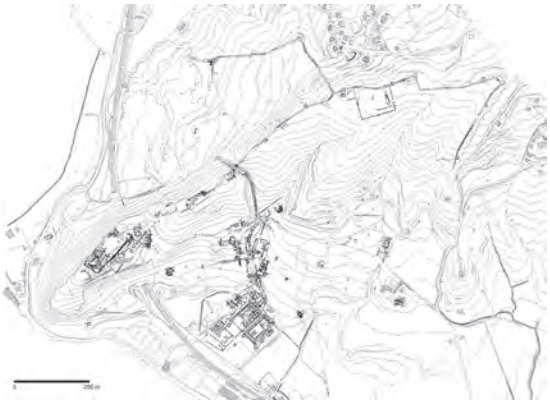


Fig. 4 – Elea/Velia. La struttura a cremagliera.

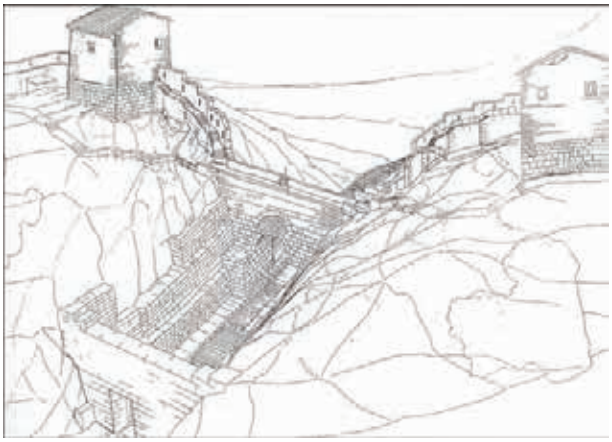


Fig. 5 – Elea/Velia. Ricostruzione del sistema difensivo in età ellenistica.

Anche la tecnica della doppia cortina conosce delle novità: i due paramenti di pietra, ben tagliata e squadrata, poggiano su solidissime fondazioni, rinforzate; il riempimento tra le due cortine è costruito attentamente con strati orizzontali di pietrame, il più delle volte rifinite in facciavista, e disposte con ordine all'interno delle due cortine e lo spessore si aggira tra i 2,50 e i 5 m, anche se vi sono esempi, come a Cuma, che raggiungono i 7 m circa. A intervalli regolari, briglie di collegamento attraversano l'intero spessore del muro e presentano, in molti esempi, due fronti (frontati). A Selinunte, nel fortilizio (phourion) che controlla tutta la linea difensiva, per aumentare la resistenza del muro, il riempimento tra le due cortine è stato realizzato con una costruzione massiccia in pietra a secco della larghezza di 5 m (muratura a cassone). Nelle mura di Napoli questa tecnica di riempimento è documentata in tutto il circuito ancora nella fase di V sec. a.C. (Fig. 6). Nella fortificazione di Paestum, datata nella seconda metà del IV sec. a.C., la doppia cortina, in opera isodoma è collegata da diatoni che racchiudono un riempimento in materiale eterogeneo che forma una possente struttura a cas-



Fig. 6 – Napoli. Il tracciato murario in Piazza Bellini a doppia cortina.

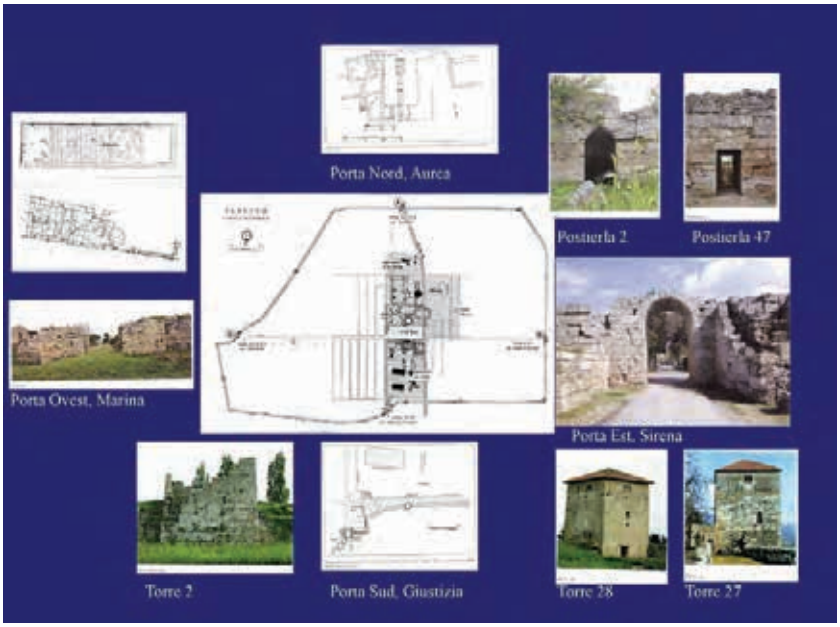


Fig. 7 – Paestum. Il circuito della fortificazione con indicazione delle torri.

soni (Fig. 7). Quando, con la fondazione della colonia latina nel 273 a.C. alcuni tratti della fortificazione vengono rinforzati, questo primo muro verrà inglobato e racchiuso tra altri due paramenti realizzati in blocchi di calcare, realizzando così un poderoso raddoppiamento (D'Ambrosio, 1990).

Un altro dispositivo, già presente nei circuiti arcaici, ma rinforzato e replicato secondo le raccomandazioni di Enea Tattico, sono i fossati che diventano sempre più larghi e profondi per impedire l'avvicinamento delle macchine d'assalto. Quando Dionisio, tiranno di Siracusa, nel 402 a.C. intraprese la costruzione di una possente muraglia a difesa della citta, otto volte più ampia ed estesa rispetto all'area della città vecchia, la prima operazione che portò a termine fu lo scavo di grandi fossati, a volte duplicati a breve distanza fra loro, scavati profondamente nella roccia; una rete di gallerie consentiva il passaggio dall'interno del fortilizio (Castello di Eurialo) ai fossati ed è stata messa in luce una galleria lunga oltre 200 m (Scalisi, 2010) (Fig. 8).

Si moltiplicano le torri quadrate o rettangolari, più raramente circolari, generalmente a due piani, coperte da tetti a doppio spiovente e con elevato interamente in pietra o in mattoni cotti; sono provviste di dispositivi interni adatti a sostenere le macchine da guerra - le catapulte - e magazzini per le munizioni; a Cuma se ne sono individuate due della larghezza di 4 m con un dispositivo interno a croce, addossate alla cortina esterna delle mura. A Velia, il circuito murario è caratterizzato proprio

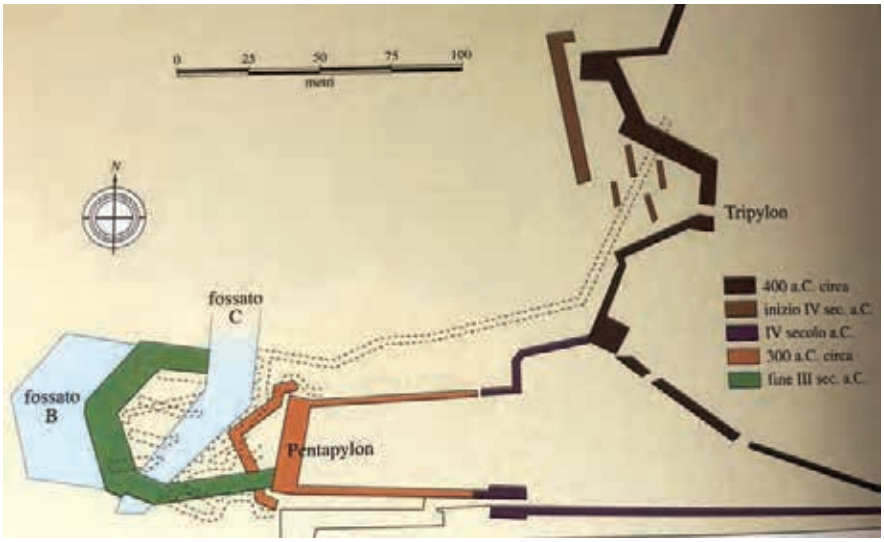


Fig. 8 – Siracusa. Il Castello Eurialo.

dalla presenza di numerosissime torri sia quadrate che rettangolari e una sola circolare, nella città bassa, sul fronte mare; sono costruite con alta zoccolatura in pietra su massicce fondazioni e l'elevato è solitamente in pietra; nel rifacimento di età ellenistica, tra la fine del IV e il III sec. a.C., alcune torri hanno lo spiccato nei tipici mattoni cotti velini; è anche l'epoca nella quale si introduce, a Velia, l'utilizzo di un nuovo tipo di materiale, il conglomerato, e di una nuova tecnica muraria, cosiddetta a scacchiera, dove grandi blocchi di arenaria o di conglomerato si alternano a riquadri costituiti da blocchetti di pietra naturale (il Flysch del Cilento) e mattoni cotti, che costituiscono il paramento esterno della muraglia. (Cicala, 2012, 625-644).

Le torri, nelle mura di Paestum, si presentano per lo più quadrate e sono costruite interamente in pietra; appartengono alla fase di costruzione delle mura della seconda metà del IV sec. a.C. e sono poste aggettanti rispetto alla cortina; sono a due piani e il vano in alto doveva, probabilmente, contenere le armi da getto, di non grandi dimensioni, proporzionate allo spessore modesto delle pareti stesse delle torri; dunque catapulte di piccolo calibro. Sulla fronte esterna, si conservano in alcuni casi (Torre 4) le feritoie a sezione rettangolare (D'Ambrosio, 1990).

La reiterazione delle torri a distanze ravvicinate e regolari è uno dei dispositivi difensivi che si mette in atto nel corso del IV sec. a.C. avanzato; risponde proprio ad assicurare una copertura difensiva del circuito in tutti i suoi versanti e funge, allo stesso tempo, da controllo e avvistamento; non va sottovalutata anche la funzione di deterrente verso l'assalitore, proprio per l'immagine che una cinta così fornita di torri e dunque di mezzi di artiglieria restituiva a chiunque si avvicinasse. La sua

funzione offensiva è proporzionata alla dimensione e portata delle macchine di artiglieria che diventano sempre più possenti nel corso del III sec. a.C. Al cammino di ronda si accede attraverso rampe di scale, poste generalmente vicino alle porte; i camminamenti sono protetti da parapetti, a volte merlati e solo alla fine del IV sec. a.C. compaiono alcuni esempi di camminamenti interamente coperti, a galleria.

A Cuma è stata messa in luce una scala, presso la Porta Mediana, che dava al camminamento di ronda (d'Agostino e Giglio, 2012); così alle mura di Paestum, le scale sono, per lo più, affiancate alle torri, anch'esse nei pressi delle porte (Cipriani e Pontrandolfo, 2010).

La difesa delle porte è un altro elemento essenziale nella ristrutturazione delle fortificazioni di età ellenistica; viene abbandonata la tipologia arcaica della "porta scea" che consisteva in un varco posto sfalsato rispetto alla cortina, tra due tratti di mura paralleli, che determinava un accesso tale da lasciare scoperto il fianco destro, quello non protetto dallo scudo; questo dispositivo rimane in auge fino al V sec. a.C. avanzato, quando compaiono altre tipologie di porte che meglio rispondono alle nuove strategie di difesa. Sono soprattutto le torri, ormai, a difendere le porte e le tipologie che maggiormente si sviluppano sono quella della porta a tenaglia e a corridoio, evoluzioni l'una dell'altra. Il dispositivo a tenaglia consiste nell'aprire il varco in un angolo rientrante della muraglia; la presenza della torre che dall'alto controlla il passaggio rende quanto mai efficace la difesa. La tipologia si sviluppa, con diversi dispositivi, in Sicilia; a Siracusa, al Castello Eurialo, è conservato uno degli esempi migliori, così come a Lentini.

L'angolo di apertura della tenaglia, allungandosi con due muri paralleli, crea una sorta di corte aperta con, in fondo, la porta; si sviluppa la tipologia "a corridoio" che troverà una sempre maggiore diffusione; il varco creato attraverso la cortina viene protetto da torri parallele che ne dominano il percorso. Uno dei dispositivi più interessanti è presente a Veli,a dove la famosa Porta Rosa è parte di un dispositivo complesso di difesa di uno degli accessi alla città. L'arco di Porta Rosa, uno degli esempi meglio conservati della volta a tutto sesto, non svolge alcuna funzione di porta, non separa un interno da un esterno quanto piuttosto collega due quartieri della città (settentrionale e meridionale) attraverso un passaggio, lungo circa 5,92 m, preceduto, su entrambi i lati, da una stretta gola (Fig. 9). Attraversato il passaggio voltato di Porta Rosa, verso il quartiere meridionale, si ac-



Fig. 9 – Elea/Velia. Porta Rosa.

cede a un lungo corridoio delimitato da possenti muri di contenimento, a gradoni, dei fianchi della collina, tagliati per creare questo passaggio. Il corridoio termina con una porta che chiude realmente il quartiere meridionale ed è protetto dall'alto da due possenti torri quadrangolari e da un camminamento che funge sia da via di percorrenza tra i quartieri della città, sia da camminamento di ronda; Porta Rosa è un elemento di un potente dispositivo difensivo che crea, tra il passaggio voltato e la porta, un corridoio chiuso e ben difeso dall'alto che impedisce qualsiasi accesso alla città (Greco, 2015).

E' anche piuttosto costante la presenza di postierle, porte strette, a un unico battente, perpendicolari alla muraglia e protette sempre da torri; sono funzionali a passaggi pedonali, a rapide incursioni, fuori dalle mura. Sono attestate nella fortificazione di Gela, già nel circuito tardo arcaico, ma si moltiplicano e si rinforzano con opere esterne di protezione quali gli antemurali, palizzate e piattaforme (*proteichìsmata*) funzionali a rallentare l'attacco e sistemare le pesanti macchine di artiglieria. L'innovazione tecnologica si deve a Filone di Bisanzio, vissuto nel III sec. a.C., studioso di meccanica; della sua opera rimangono soprattutto gli studi per realizzare le macchine da guerra; è il teorizzatore della tecnica del fiancheggiamento e della difesa avanzata rispetto alla linea di difesa delle mura che devono perciò attrezzarsi di installazioni all'esterno con funzioni non solo difensive ma offensive e respingenti (Sconfienza, 2005). Nella trasformazione delle mura di Paestum, nel corso del III sec. a.C., dopo la nascita della colonia latina, si assiste a un moltiplicarsi non solo delle torri, ma delle postierle, che meglio rispondono ai nuovi principi di difesa che si vanno diffondendo, basati, così come Filone stava teorizzando, sul fiancheggiamento e il tiro radente La presenza di un *protechìsmata*, davanti al fossato, individuato, con ogni probabilità, lungo il versante occidentale delle mura pestane, risponde alle nuove raccomandazioni dell'ingegneria militare.

A Cuma, nel corso della prima metà del III sec. a.C., alla cinta fortificata si realizza un altro più consistente intervento e vengono costruiti poderosi raddoppi; una nuova cortina esterna in blocchi di tufo giallo viene appoggiata alla cortina esterna del muro tardo arcaico, sostenuta da briglie (lunghezza 3,5 m circa), a intervalli regolari di 2 m, creando così una concamerazione riempita da terra e scaglie di tufo. Identica tipologia tecnica e formale si riscontra nelle fortificazioni di Napoli e a Pompei dove, agli inizi del III sec. a.C. si data un radicale intervento di risistemazione della vecchia cortina; il muro, in opera quadrata, a ortostati di calcare, con un fitto sistema di torri aggettanti, ridisegna completamente l'impianto urbanistico della città (De Caro, 1985; *AA.VV., 2013*).

Il raddoppio della cintura fortificata di Velia si colloca anch'esso tra i decenni finali del IV sec. a.C. e la prima metà del III, quando molti rifacimenti, l'aggiunta di numerosi torri e la costruzione del fortilizio di Castelluccio, definiscono la fisionomia della fortificazione ellenistica.

Le fortificazioni nel mondo italico e romano

Nel mondo italico e a Roma, tra la seconda metà del IV e la prima metà del III sec. a.C., il modello di fortificazione che si è andata elaborando in Grecia e nelle aree coloniali in funzione della nuova poliorcetica si diffonde con estrema rapidità presso le popolazioni italiche. Nel corso del IV sec. a.C. le comunità indigene si strutturano politicamente, modificando profondamente modi e forme del popolamento e dello sfruttamento del territorio; nel sistema organizzativo territoriale fanno la loro comparsa possenti recinti fortificati dislocati in punti strategici per il controllo della viabilità e delle fonti di approvvigionamento e per la protezione delle popolazione sparsa nel territorio. Il modello formale e tecnico di queste grandi cinte fortificate riflette le innovazioni tecnologiche della nuova arte della guerra e, pur con le tante varianti e specificità delle singole aree cantonali, si registrano delle costanti date dalla forma dell'insediamento di altura, posto sulla sommità delle colline (in Lucania la fascia altimetrica interessata da insediamenti si trova tra i 700 e i 1000 m s.l.m.); le cinte murarie racchiudono un territorio molto esteso che segue la conformità del rilievo altimetrico; l'insediamento, solitamente, si colloca sulla parte pianeggiante del rilievo collinare. A Serra di Vaglio il circuito murario racchiude un territorio di circa 20 ettari (Greco, 1988) (Fig. 10). Le mura sono costruite su fondazioni profonde, fino alla roccia, e a doppia cortina; il paramento è a blocchi irregolari (c.d. opera poligonale) o a blocchi tagliati, regolari (opera quadrata); il riempimento, che raggiunge uno spessore tra i 2,50 e i 5 m è trattenuto, a intervalli regolari, da briglie di contenimento; torri e porte a corridoio o a cortile interno riflettono tecniche e forme presenti nei circuiti murari contemporanei di Napoli o Cuma o Velia. La reiterazione di identici dispositivi tecnici e formali registrati, in modo particolare, per le fortificazione costruite dai Lucani tra il IV e il III sec. a.C. aveva acceso un dibattito tra gli studiosi; alcuni hanno visto, in queste opere, l'intervento di "ingegneri e tecnici" greci, provenienti dalle città coloniali (quali Velia, o Taranto o Metaponto) e altri, piuttosto, hanno visto l'azione propria dei Lucani, certamente a conoscenza delle innovazioni tecniche e formali realizzate nelle cinte fortificate delle città greche della costa (Greco, 2017). Il



Fig. 10 – Serra di Vaglio. Il pianoro circondato dal circuito murario.

dibattito ha investito anche il ruolo di Roma e il suo rapporto con le popolazioni indigene; l'arrivo dei coloni latini a Paestum, come si è visto, determina un completo rifacimento della fortificazione "lucana" e il modello di circuito esteso, a doppia cortina, riempimento, briglie, torri e porte a cortile si registra, nello stesso lasso di tempo, nelle altre colonie latine, quali Benevento (268 a.C.) o Cosa (273 a.C.).

Di recente è anche stata avanzata l'ipotesi che il modello di riferimento fosse da individuare piuttosto nelle grandi mura cosiddette serviane di Roma, costruite, in realtà, dopo il 378 a.C. (dopo il "sacco dei Galli"), dove si ritrovano tutti i dispostivi di difesa/offesa e le caratteristiche tecniche riscontrate, quasi omogeneamente, in area latina come in area italica (Fig. 11). Questa cinta fortificata, lunga 11 km, a doppia cortina, con briglie a cassoni, torri e porte a cortile/corridoio, difese da torri, costituirà la difesa della città per oltre 6 secoli. Sarà l'imperatore Aureliano (III sec. d.C.) a raddoppiare e rinforzare le mura che, con poche modifiche e rifacimenti difenderanno la città fino alla breccia di Porta Pia (1870), quando perderanno definitivamente la loro funzione (Fig. 12).

In realtà, come si è cercato di illustrare in questa breve carrellata, le disposizioni per una nuova tattica bellica compaiono, in ambito ellenico, già sul calare del V sec. a.C. in concomitanza con rivolgimenti storici e politici che spingono i tiranni dell'epoca a modificare profondamente i sistemi difensivi delle proprie città e dei propri territori. D'altra parte è anche l'epoca in cui compaiono i primi trattati di tecnica militare, da Democrito di Abdera a Enea Tattico e in tutto il mondo ellenistico si assiste al rifacimento delle cinte murarie in funzione di questa nuova poliorcetica. Le città greche della Sicilia e dell'Italia meridionale recepiranno ben presto questi nuovi dispositivi e il modello troverà, nel mondo latino e proprio nelle mura cosiddette serviane di Roma una delle prime formulazioni; quando Roma comincia a fondare le proprie colonie - da Paestum, a Cosa, a Benevento - impone quel modello che risponde, ormai, a una cultura condivisa, a una conoscenza tecnica e formale sempre più diffusa tra gli ingegneri militari del momento. Le ben organizzate legioni

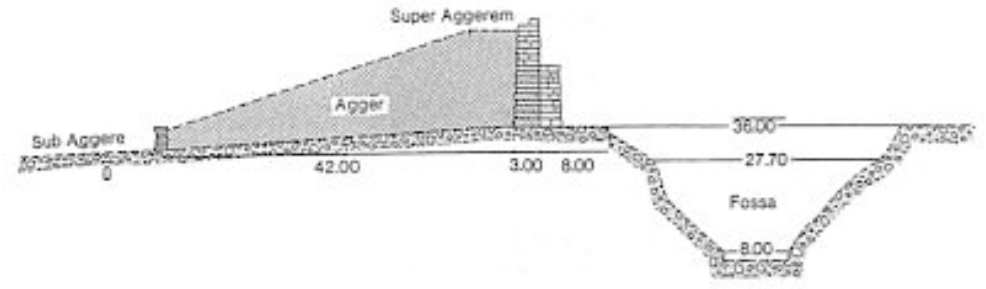


Fig. 11 – Roma. Le cd. Mura Serviane. Sezione ricostruttiva.



Fig. 12 – Roma. Le mura Aureliane.

romane affrontano con difficoltà le difese di una città murata e adottano gli stessi comportamenti e le identiche tecniche poliorcetiche teorizzate e messe in essere in età ellenistica.

I sistemi difensivi in epoca tardo antica e alto medievale

Le fonti antiche illustrano chiaramente l'adozione dei dispositivi di difesa e attacco da parte degli eserciti romani; così leggiamo Polibio (V, 99-100) che racconta come la disposizione delle macchine belliche debba essere perpendicolare e speculare al muro, come si dovessero collocare le torri o le testuggini (torri a più piani con gli arieti), come difendere porte e accessi. Polibio racconta anche della presa di Siracusa da parte dei Romani (VIII, 3-7) che riescono a battere le meravigliose macchine da guerra inventate da Archimede; la grande capacità di fuoco delle città doveva molto alle diverse macchine di artiglieria sistemate a diverse distanze da Archimede che avevano gittate differenti; nelle mura, lo scienziato aveva fatto aprire feritoie ad altezza d'uomo per i dispositivi di attacco. Quanto mai illuminante è la lettura del *De Bello gallico* di Cesare dove si ritrovano applicati tutti i dispositivi inventati e messi in opera nel mondo ellenistico; ed è interessante ritrovare la costruzione dell'aggere, un potente terrapieno (largo 98 m e alto 27 m) costruito in soli 25 giorni per l'assedio di Avericum nel 52 a.C., funzionale a far salire sulle mura le potenti macchine da guerra.

L'arte della guerra e i dispositivi di difesa rimangono, sostanzialmente, pressoché inalterati nel periodo romano e fino al Medio Evo; emblematica la realtà struttu-

rale restituita dai recenti scavi per la metropolitana di Napoli; il circuito murario rafforzato, raddoppiato e attrezzato dei dispositivi difensivi, costruito tra IV e III sec. a.C. rimane inalterato per lunghissimo tempo e si registrano solo ripristini di cortine danneggiate e qualche risistemazione alle porte urbiche. Sarà solo tra la fine del V e il VI sec. d.C. che si realizzeranno alcuni rifacimenti delle parti alte e un significativo ampliamento del circuito verso sud, durante l'impero di Valentiniano III (425-450); il circuito tardo antico si allaccia a quello più antico rafforzandone le cortine; in alcuni tratti (Sant'Aniello) la muratura esistente viene inglobata in una nuova cortina realizzata con conci di tufo legati da spessi strati di malta e uno spesso nucleo interno cementizio, funge da riempimento che risulta anch'esso dunque duplicato. Molti blocchi sono di reimpiego, tratti dalle cortine più antiche deteriorate e la presenza dei marchi di cava, propri della cortina di età ellenistica ne costituisce l'evidenza parlante.

Durante la guerra tra Goti e Bizantini (536-554) le mura di Napoli resistono all'attacco e la tradizione vuole che il generale bizantino Belisario sia entrato in città con uno stratagemma, attraverso l'acquedotto; sarà poi Totila, generale dei Goti, a distruggere le mura di Napoli e quando, nel 552, i Goti vengono definitivamente cacciati dalla città da Narsete, questi avvia un ampio programma di rifacimento della fortificazione e di ampliamento del circuito comprendendo la zona portuale (Piazza Bovio e Rua Catalana) (Giampaola *et al.*, 2005; Giampaola, 2010).

Tecnica costruttiva, forma del circuito, dispositivi difensivi e offensivi rimangono pressoché inalterati fino alla grande trasformazione degli apparati difensivi e delle tecniche di assalto; agli albori del Rinascimento la "polvere nera", già nota nel tardo Medio Evo e utilizzata per scopi ludici, sarà impiegata nell'arte della guerra, trasformando profondamente la difesa della *"città murata"* e l'ingegneria militare.

Bibliografia

AA.VV. 2013. *Fortificazioni a Pompei e nel Golfo di Napoli, tra età arcaica ed età romana*. Atti dell'incontro di studio Seminario Moenia e Urbs, Pompei 2013, in corso di stampa

Adamesteanu D. 1986. Quadro storico delle fortificazioni greche della Sicilia e della Magna Grecia. In: *La fortification dans l'histoire du monde grec.* Actes du Colloque International 'La fortification et sa place dans l'histoire politique, culturelle et sociale du monde grec. Valbonne 1982, 105-110. Paris: Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique.

Braudel F. 1968. *Memorie del Mediterraneo. Preistoria e antichità*. Milano: Bompiani.

Cicala L. 2012. Le tecniche costruttive di Elea-Velia: un quadro d'insieme. *Atti del 4° Convegno nazionale di Storia dell'Ingegneria*, 625-642. Napoli: Cuzzolin Editore.

Cicala L., Pacciarelli M. (a cura di). 2017. *Centri fortificati indigeni della Calabria dalla Protostoria all'età ellenistica*. Atti del Convegno Internazionale, Napoli 2014. Pozzuoli: Naus.

Cipriani M. e Pontrandolfo A. 2010. *Paestum, I. Le mura. Il tratto da Porta Sirena alla Postierla 47*. Paestum: Fondazione Paestum, Pandemos.

Congiu M. 2012. *Gela. Topografia e sviluppo urbano*. Caltanisetta-Roma: Sciascia.

d'Agostino B., D'Onofrio M. 1987. *Ricerche archeologiche a Napoli. Lo scavo in largo S. Aniello (1982-1983)*. Napoli: Arte.

d'Agostino B, Giglio M. 2012. *Cuma. Le fortificazioni. 3. Lo scavo 2004-2006*. Annali. Sezione di archeologia e storia antica. Quaderno n. 19. Napoli: Direzione regionale per i Beni culturali e paesaggistici della Campania

D'Ambrosio I. 1990. Le fortificazioni di Poseidonia-Paestum. Problemi e prospettiva di ricerca. AnnAStorAnt, 12, 71-101.

De Caro S. 1985. Nuove indagini sulle fortificazioni di Pompei. AnnAStorAnt, 7, 75-114.

Giampaola D., Carsana V., Febbraro S. e Roncella B. 2005. Napoli: trasformazioni edilizie e funzionali della fascia costiera. In: *Le città campane fra tarda antichità e alto medioevo* (a cura di Vitolo G.) Salerno: Laveglia, 219-234.

Giampaola D. (a cura di.). 2010. *Napoli 2010. La città e il mare Catalogo della mostra (Napoli, 21 maggio-20 settembre 2010)* . Napoli: Electa

Greco G. 1988. Bilan critique des fouilles de Serra di Vaglio. Lucania. RA, 263-290.

Greco G. 2009. Dalla città greca alla città sannitica: le evidenze dalla piazza del Foro. In: *Cuma*. Atti del XLVIII Convegno di Studi sulla Magna Grecia, Taranto 2008, 385-444. Taranto: Istituto per la storia e l'archeologia della Magna Grecia.

Greco G. 2015. Processi di trasformazione nel corso del III sec. a.C.: Cuma ed Elea. In *La Magna Grecia da Pirro ad Annibale*. Atti del LII Convegno di Studi sulla Magna Grecia, Taranto 2012. Taranto: Istituto per la storia e l'archeologia della Magna Grecia, 337-404.

Greco G. 2017, Circuiti fortificati nel mondo indigeno dell'Italia antica. In: *Centri fortificati indigeni della Calabria dalla Protostoria all'età ellenistica*. Atti del Convegno Internazionale, Napoli 2014 (a cura di Cicala L., Pacciarelli M.), 1-11. Pozzuoli: Naus.

Krinzinger F. 1986. Die Stadtmauern von Elea. In: *La fortification dans l'histoire du monde grec.* Actes du Colloque International 'La fortification et sa place dans l'histoire politique, culturelle et sociale du monde grec, 121-124, Valbonne 1982. Paris: Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique.

Krinzinger F. 2006. Architettura e urbanistica. In: *Velia*. Atti del XLV Convegno di Studi sulla Magna Grecia, Taranto 2005, 157-191. Taranto: Istituto per la storia e l'archeologia della Magna Grecia.

Mele A. 2001. Il mondo enotrio tra VI e V sec. a.C. In: *Il mondo enotrio tra VI e V sec. a.C.* Napoli: Loffredo.

Scalisi F. 2010. *Le strutture difensive delle colonie greche di Sicilia*. Palermo: Offset Studio.

Sconfienza R. 2005. *Fortificazioni tardo classiche ed ellenistiche in Magna Grecia. I casi esemplari nell'Italia del Sud*. Oxford: Hedges.

Matthias Bruno, Alessandra Carriero, Cinzia Conti,
Giangiacomo Martines, Anna Maria Saccomanno, Fabio Sabbadini [1]

La gru degli Haterii: analisi della ruota

Abstract
The *Haterii* crane is depicted in a high relief dating to the beginning of the 2nd century CE, and it is the most significant Roman finding in terms of the information it provides on lifting machines. In the *History of Engineering* 2016, we presented the beginning of our project, aimed at reconstructing the crane. On that occasion, we took a closer look at the hoist system, while the present contribution concerns the treadwheel, based on historic treadwheels that are still working. The treadwheel transforms human effort into mechanical work. The way it works can be explained by simple relationships of balance, leaving out inertial effects and friction. By examining these relationships in the light of modern biomechanics, we can gain useful criteria for the dimensioning of constructive elements, in relation to the required operational performance. A study of the capstan in the Frauenkirche in Munich and how it used to lift the biggest bell will provide the starting point for assessing the use of the treadwheel and its maximum load.

tribute to Dieter Mertens

.

Introduzione: tympanum
La gru degli *Haterii* è rappresentata in una lastra sepolcrale, in marmo, conservata nei Musei Vaticani, in fig. 1, che fu rinvenuta nella tomba dell'appaltatore del Colosseo e dell'Arco di Tito. La lastra è alta 107 cm, lavorata in altorilievo. In Molari *et al*. (2016) abbiamo presentato il primo passo del nostro studio concernente la ricostruzione del paranco attraverso i perni rappresentati sulla maschetta e il numero dei tratti di fune di sollevamento. Il nostro obiettivo è la ricostruzione al vero della gru, in materiali conformi alla tecnologia del I-II secolo d.C: sarà una carpenteria alta 24 m.

Per la ricostruzione della ruota non disponiamo di reperti archeologici da confrontare, ma solo di rari esemplari di ruote calcatorie ancora funzionanti, di epoche successive. In Molari *et al*. (2016) abbiamo pubblicato la ruota di Santarcangelo di Romagna, del 1636, montata per azionare un mangano e stirare tessuti di canapa e di lino prima della coloritura a mano. In questo contributo approfondiamo una ruota più antica, del 1480, conservata nel campanile Nord della Frauenkirche di Monaco di Baviera, che serve a sollevare le campane nella cella, posta a 70 m dal pavimento; la più pesante delle quali ha massa pari a 8 tonnellate, quanto i blocchi più grandi del



Fig. 1 – Musei Vaticani, Museo Gregoriano Profano: Tempietto funerario e gru degli Haterii, rilievo in marmo, 120 d.C. circa (© Musei Vaticani).



Fig. 2 – Bibliotheek der Rijksuniversiteit, Leiden, cod. Or. 51, anno 1445 (Erone di Alessandria, Le Meccaniche), p. 28: verricello (© Bibliotheek der Rijksuniversiteit, Leiden).

Colosseo. La macchina è contemporanea di Francesco di Giorgio Martini e il tipo era in uso nei cantieri e nei porti d'Europa.

Nella storia della Meccanica, il fondamento della ruota è nello Pseudo-Aristotele (Aristotle, 1980; Sinopoli, 2015):

(…) *il circolo è il fondamento di tutte le cose meravigliose. I congegni basati sul giogo della bilancia derivano dal cerchio, quelli basati sulla leva derivano dalla bilancia, tutti gli altri basati su movimenti meccanici derivano dalla leva* (Mechanica, 848a, 11-15).

Nell'età di Nerone, questi principi furono il fondamento della *Mechanica* di Erone di Alessandria, un manuale per ingegneri e architetti sul sollevamento dei pesi (Drachmann, 1963).

La macchina in esame è un argano, *tò túmpanon* di Erone (Hultsch, 1875-1878) in fig. 2[2] (Nix e Schmidt, 1900); Drachmann, 1963), ovvero il *tympanum* di Vitruvio (Fleury, 1993)[3], the windlass, das Wellrad, le treuil. Questa stessa macchina fu il principale componente delle diverse "meraviglie" fino all'epoca preindustriale (Martines, 1998-1999): norie, mulini a vento, mulini ad acqua, orologi meccanici.

Ruote calcatorie nei rilievi romani

L'arte minore di epoca romana ha rivolto una particolare attenzione alla riproduzione di attività lavorative, artigianali o di semplici bottegai, accompagnando frequentemente le scene rappresentate a una accurata e puntuale raffigurazione degli strumenti impiegati nelle diverse attività, che costituiscono sovente di per sé l'unico riferimento iconografico di accompagno all'iscrizione dedicatoria del manufatto (Zimmer, 1982). Questi rilievi hanno carattere differente, rappresentando talvolta semplici insegne di bottega, come ad esempio quelle ostiensi in terracotta e raffiguranti le attività svolte nelle attigue *tabernae*, mentre in altri casi possono essere commemorativi o funerari. Soprattutto in questi ultimi, la rappresentazione di suddette scene lavorative è funzionale a esaltare l'attività, i macchinari e gli strumenti di lavorazione che hanno determinato la ricchezza dei personaggi dedicanti (Zimmer, 1982).

In questo immenso *corpus* di rilievi romani solo due raffigurano una gru calcatoria. Il primo, databile tra l'età flavia e quella adrianea (Sinn e Freyberger, 1996; Zimmer, 1982), è stato rinvenuto nel sepolcro degli *Haterii*, situato lungo la Via Casilina/Labicana in località Centocelle, e ora conservato con altri elementi di arredo della tomba nel Museo Gregoriano Profano dei Musei Vaticani. L'altro, del pieno III secolo, fu scoperto durante gli scavi seicenteschi di Santa Maria Capua Vetere e si trova nel Museo Campano di Capua, in fig. 3: è di carattere commemorativo, ricordando il ripristino della scena del teatro dell'antica Capua a cura di *Lucceius Peculiaris*, che si qualifica come *redemptor proscaeni* (Centore, 2002; Zimmer, 1982) Anche l'esemplare della tomba degli *Haterii* deve essere posto in relazione a un *redemptor*, impresario dei lavori, *Quintus Haterius Tychicus*, membro della stessa famiglia e attivo nell'Urbe in età flavia in alcuni dei più importanti cantieri urbani, tra cui ricordiamo l'Arco di Tito in *Summa Sacra Via* e l'Anfiteatro Flavio, rappresentati insieme ad altri monumenti in un altro rilievo del sepolcro.



Fig. 3 – Capua, Museo Campano, rilievo con gru calcatoria del redemptor proscaeni Lucceius Peculiaris, III secolo d.C., da Santa Maria Capua Vetere (foto Matthias Bruno).

Nelle due raffigurazioni la ruota è posta in grande evidenza: accanto al tempietto funerario nel rilievo degli *Haterii* di fig. 1 e affiancata alle divinità che sembrano sovrintendere ai lavori e concedere la loro attenzione e benevolenza nell'esemplare campano in fig. 3; in quest'ultimo la macchina è in azione, impegnata nel posizionamento di un fusto di colonna del proscenio. La gru calcatoria è quindi esibita ed esaltata con orgoglio in quanto fondamentale strumento di lavoro, capace di realizzare opere architettoniche rilevanti e contribuire alla ricchezza dei personaggi menzionati nell'iscrizione di accompagno.

Un altro rilievo, purtroppo solo parzialmente conservato e pertinente a una lastra centrale di uno dei *vomitoria* dell'anfiteatro dell'antica Capua, doveva raffigurare una gru calcatoria in azione, come si evince dalle poche tracce riferibili al montante della macchina elevatoria impegnata nel sollevamento di un blocco attaccato a funi e pulegge nel cantiere di costruzione dell'anfiteatro (Pagano, 1988; Pesce, 1941).

Rilievo e analisi formale di due ruote calcatorie. La ruota di Santarcangelo di Romagna e la ruota della Frauenkirche di Monaco di Baviera

La ruota della stamperia Marchi di Santarcangelo di Romagna, del 1646, e la ruota posta nella torre campanaria della Frauenkirche di Monaco di Baviera, del 1480, nella fig. 4, sono state oggetto di una campagna di studio e analisi *in situ* che ha avuto fra gli altri esiti un rilievo diretto e una documentazione fotografica di dettaglio (Molari *et al.*, 2016). A Monaco di Baviera la campagna è stata condotta il 18 e 19 luglio 2017, da un gruppo di studio composto da Giangiacomo Martines, Cinzia Conti, Matthias Bruno, Alessandra Carriero e Fabio Sabbadini, con Vittoria Sabbadini, Anna Maria Saccomanno.

Dal punto di vista metrico non risultano rilevanti differenze: la ruota di Santarcangelo ha un diametro orizzontale di 5,21 m e un diametro verticale di 5,23 m, la ruota di Monaco di Baviera ha un diametro orizzontale di 4,90 m e un diametro verticale di 4,97 m; gli elementi lignei del telaio hanno nel primo caso una sezione di 16 cm x 8 cm, mentre nel secondo caso di 16 cm x 11 cm per la corona circolare e 15 cm x 11 cm per gli elementi dell'intelaiatura. In entrambe le ruote, la geometria del telaio è fondata su un impianto a croce integrato da elementi secondari di controventatura.

Una differenza sostanziale è costituita dalla struttura della gabbia. La ruota di Santarcangelo presenta un unico telaio posto al centro dello spessore della ruota, mentre nella ruota di Monaco di Baviera sono presenti due telai identici, posti sui lati dello spessore, che lasciano così completamente agibile la zona destinata ai calcatori che azionavano la ruota. Nella prima lo spazio utile è largo 100 cm, mentre nella seconda 164 cm. Queste differenze corrispondono in maniera evidente alla diversa funzione cui doveva corrispondere la forza motrice esercitata dalla ruota. Nel secondo caso si tratta di sollevamento di carichi di notevole entità cui contribuisce l'azione sinergica di più calcatori. Anche la tipologia e la lavorazione dei materiali

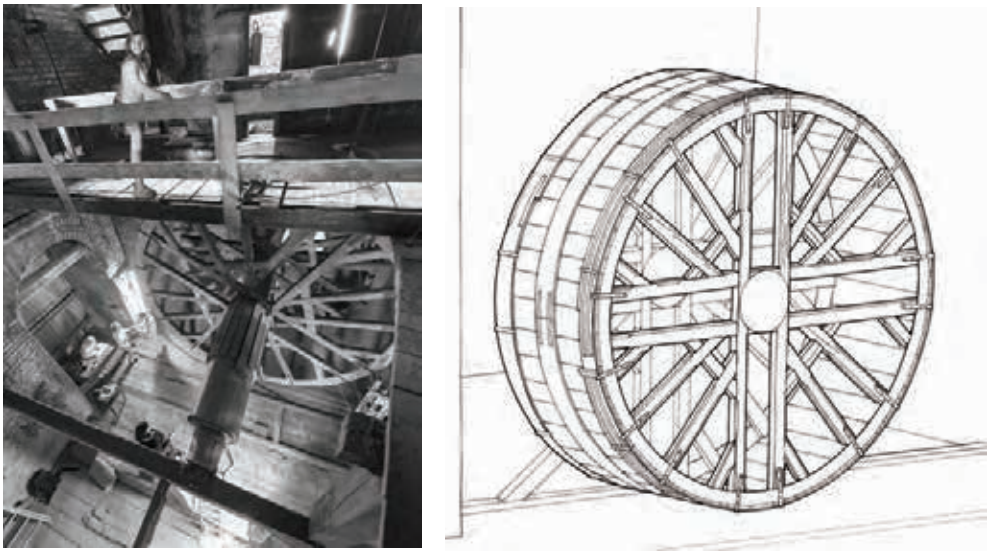


Fig. 4 – Monaco di Baviera, Frauenkirche, Torre Nord, ruota calcatoria per il sollevamento delle campane, 1480 (foto Zeno Colantoni, 2017); a destra assonometria scala 1:20 (rilievo e disegno di Anna Maria Saccomanno, 2017).

sono riferibili a diversi parametri, alle epoche di costruzione e alle tradizioni della carpenteria. L'involucro della gabbia presenta queste diversità: nella ruota di Santarcangelo travetti simili a gradini assicurano la continuità fra le due corone circolari esterne, mentre nella ruota di Monaco di Baviera l'involucro è un fasciame ligneo fissato con barre metalliche.

In generale, nella ruota di Monaco di Baviera sembra essere privilegiato l'obiettivo di funzionalità legato all'utilizzo del meccanismo, contraddistinto dalla presenza non mascherata di molti manufatti metallici di giunzione e rinforzo degli elementi lignei, barre, borchie, viti e chiodi. Diversamente, nel caso di Santarcangelo è presente una ricerca di qualità formale osservabile nella maggiore rifinitura dei dettagli e nella presenza di elementi meramente decorativi.

Macchina elevatoria: meccanica della Magna Rota

La ruota calcatoria, in latino *magna rota*, rappresenta l'applicazione di una macchina semplice della meccanica classica, basata sul principio della leva.

Nel funzionamento ideale, privo di attrito, il lavoro compiuto dalla forza motrice sulla ruota eguaglia il lavoro compiuto dalla fune traente sul tamburo dell'argano, cosicché, essendo ruota e tamburo solidali, la coppia alla ruota sarà pari alla coppia al tamburo:

$$2\,C_m = F_m\,D_r = f_t\,d_t \qquad (1)$$

In altre parole, il rapporto tra forza risultante (f_t) e forza applicata (F_m), detto vantaggio (h), è proporzionale al rapporto tra il diametro della ruota (D_r, circonferenza descritta dall'azione motrice) e quello del tamburo (d_t):

$$h = f_t / F_m = D_r / d_t \tag{2}$$

Nella pratica, alla coppia motrice (C_m) si oppongono, all'avvio e nel moto, oltre all'azione del carico (C_c), altre coppie resistenti (C_r) dovute agli attriti e all'inerzia delle parti in rotazione. Le coppie d'attrito (C_a) e inerziali (C_i) sono definite da relazioni matematiche in funzione delle caratteristiche costruttive, della velocità di rotazione e delle masse in movimento:

$$C_m \geq S\, C_r = C_c + C_i(t) + C_a(t) \tag{3}$$

Il funzionamento può, dunque, essere illustrato con semplici considerazioni di equilibrio:

1. Prima dell'avvio la ruota giace in condizione statica finché la coppia motrice non supera le coppie resistenti:

$$C_m \leq S\, C_r \tag{4}$$

2. La forza motrice è funzione del peso corporeo dell'operatore e discende dall'azione di contatto dei piedi sulla superficie di calpestio. Questa azione, in accordo con i moderni studi di biomeccanica, può essere rappresentata, in prima approssimazione, come sovrapposizione di due contributi: uno statico, con direzione verticale e modulo costante (B_W), pari al peso corporeo; l'altro dinamico, la cui forza, rappresentabile quale frazione del peso corporeo, è variabile nel moto, in modulo, direzione e verso, risultando condizionata, tra l'altro, dall'andatura, dalla natura e pendenza della superficie e dalla calzatura. La fig. 5 riporta, a titolo di esempio, alcuni diagrammi, ottenuti con piattaforma dinamometrica, che illustrano l'andamento del valore delle componenti dell'azione di contatto del piede con il suolo (*GRF*), nel ciclo del passo con andatura normale in piano (Riley *et al.*, 2007); le componenti, orizzontali e verticale, sono riferite a una terna cartesiana orientata nella direzione del moto e normalizzate quale percentuale del peso corporeo.
3. Nel funzionamento della macchina è lecito ricondurre alla componente verticale costante (B_W) l'equilibrio tra coppia motrice e coppia resistente, ove la coppia motrice assume valore crescente al "salire" dell'operaio lungo la ruota, come mostrato in fig. 6a:

$$C_m = B_W\, D_r\, sin\,(\theta) \tag{5}$$

alla componente dinamica sarà, invece, riconducibile la velocità istantanea di rotazione (ω) ed il controllo del moto.

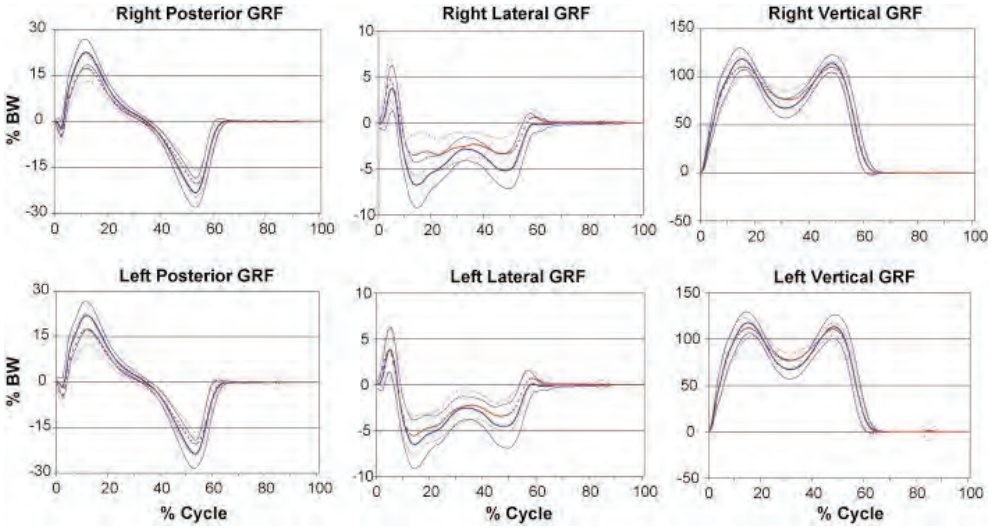
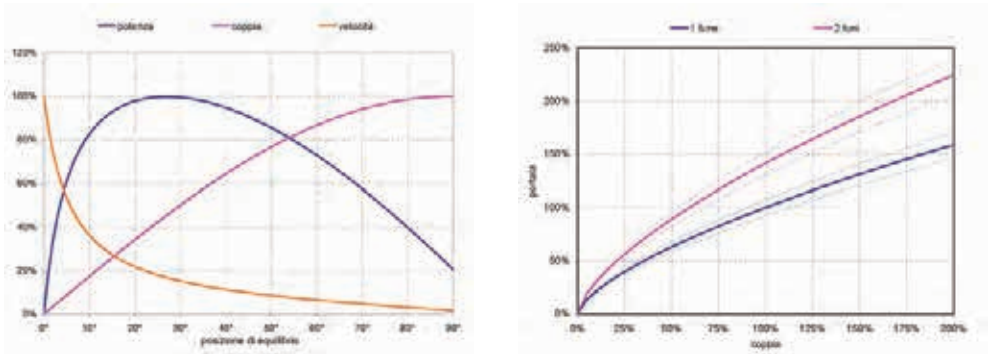


Fig. 5 – Diagramma esemplificativo delle forze di contatto del piede (GRF) durante il cammino con andatura normale su una superficie piana orizzontale.



a) *b)*

Fig. 6 – a) Andamento qualitativo delle curve di coppia, velocità e potenza in rapporto alla posizione dell'operatore (angolo rispetto alla verticale per l'asse); b) Diagramma adimensionale di correlazione tra la portata massima dell'argano e la coppia motrice nel caso si adottino una o due funi traenti.

4. Nella pratica l'avvio della ruota avverrà in modo graduale, con una prima fase di moto (1° transitorio) in cui si recupera il lasco delle funi e un 2° transitorio che inizia con il sollevamento del carico dal suolo e si conclude nella configurazione ideale di regime, nella quale si ha perfetto equilibrio dinamico tra coppia motrice e coppie resistenti, ruota e carico si muovono a velocità costante e l'operaio mantiene inalterata la sua posizione rispetto al centro di rotazione.

5. A regime, in condizione di moto uniforme, l'operaio determina la velocità del movimento, mentre l'inerzia della ruota agisce da volano e, opponendosi alle variazioni di moto, regolarizza le anomalie del motore umano.
6. L'operaio esperto potrà, infine, vincendo l'azione inerziale della ruota, rallentare il passo e arrestare gradualmente il moto, mantenendo la sua posizione; la ruota in virtù degli attriti statici maggiori dei corrispettivi dinamici, rimarrà stabile anche in posizione di arresto con carico sospeso.
7. Nel caso si dovesse verificare un incidente all'operatore, il sistema troverà una posizione stabile di arresto, purché l'operaio, anche immobile, rimanga solidale alla ruota; in questo caso l'azione contrastante delle coppie inerziali e del carico potrà innescare un moto oscillatorio attorno alla posizione di equilibrio, moto che, tuttavia, risulterà fortemente smorzato dagli attriti.
8. Nell'impiego della macchina, pertanto, freni o cricchetti saranno necessari a stabilizzare la ruota solo nel caso in cui gli operai debbano eseguire attività estranee alla mera funzione di contrappeso, quale rimpiazzi e/o interventi di manutenzione.

Ciò premesso vale condurre alcune riflessioni sul disegno della macchina.

– Il diametro minimo del tamburo (d_t) trova, in pratica, limite nella flessibilità della fune traente (maggiore è la rigidezza, maggiore sarà il lavoro parassita dell'operazione di avvolgimento); potendo in prima approssimazione legare detta rigidezza al diametro nominale della fune traente (d_f), oltre che alla natura del materiale e al tipo di cordatura, i manuali (Giordano, 1933) riportano quale diametro ottimale del tamburo nel caso di funi vegetali ritorte $d_t = 8 \div 10\ d_f$.
– Nell'ottimizzare le dimensioni degli elementi della macchina, è possibile stabilire una correlazione tra la portata massima ($f_{t,max}$) e le caratteristiche meccaniche della fune: in particolare, la sezione resistente, che può in prima approssimazione ritenersi proporzionale al quadrato del diametro della fune, e il carico di progetto, per cui i manuali (Giordano, 1933) indicano, nel caso di funi di canapa di buona qualità, il valore di sicurezza $s = 8 \div 10$ N/mm^2, e i corrispondenti valori medi a rottura $f_R = 80 \div 120$ N/mm^2. Nella pratica è diffusa la regola, empirica e cautelativa, per cui *il carico massimo (in quintali) applicabile a una fune di canapa di prima qualità è pari al quadrato del suo diametro (in centimetri)* (Mercuri, 2010). Il rapporto tra coppia motrice, portata massima e caratteristiche meccaniche della fune si esprime con la relazione, esemplificata dal diagramma adimensionale di fig. 6b:

$$(f_{t,MAX})^3 = k\ (n\ s)_f\ (F_m\ D_r)^2 = k\ (n\ s)_f\ (2\ C_m)^2 \qquad (6)$$

– In una macchina, il massimo valore di coppia esprime la sua attitudine a compiere un determinato lavoro; nel caso dell'argano, come visto, avrà correlazione diretta con la portata. Nell'uso della macchina, tuttavia, rileva anche il tempo impegnato a compiere il lavoro, ovvero la velocità operativa. Questa caratteristica si

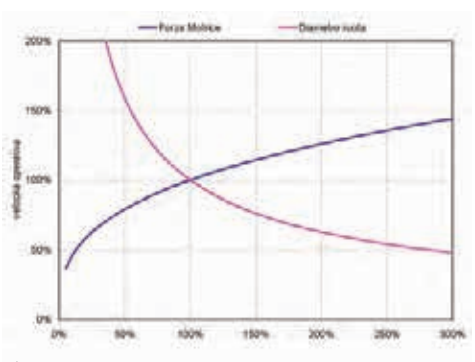
esprime, usualmente, con riferimento alla potenza (*W*), ovvero al lavoro eseguibile nell'unità di tempo. Nella ruota calcatoria, in condizione di moto uniforme, la potenza assume valore $W=C_m \omega$, dove il termine ω, che indica la velocità angolare della ruota, avrà valore proporzionale all'andatura dell'operaio, ovvero alla velocità tangenziale della forza motrice; per cui con semplici passaggi è possibile esprimere la potenza quale prodotto tra forza e velocità tangenziale:

$$2\, v_m = D_r\, \omega \rightarrow W_r = F_m\, v_m = f_t\, v_t \rightarrow v_t = v_m / \eta \qquad (7)$$

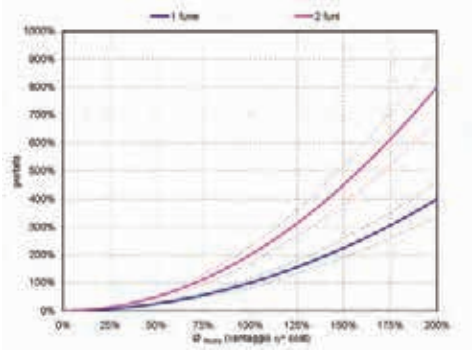
In conclusione, pur avendo trascurato in questa sede l'influenza di forze inerziali e attriti, la disamina meccanica condotta porta a osservare che:

– una ruota più grande aumenta la coppia in modo proporzionale e la portata in minor rapporto, non aumenta la potenza, riduce la velocità operativa, come mostrato in fig. 7a;
– un maggior numero di operai, ovvero un incremento della forza motrice, aumenta la coppia e la potenza in modo proporzionale, la portata in minor rapporto, aumenta la velocità operativa, come evidenziato in fig. 7a;
– un incremento della resistenza delle funi traenti (σ_f) o del loro numero *(n)* determina un aumento del rapporto tra portata massima e coppia e questo può rispecchiarsi in una maggiore portata dell'argano ovvero, anche, o solamente, in una riduzione del diametro della ruota, pur mantenendo pari velocità operativa, come si rileva dalla fig. 7b:

$$k\,(n\,\sigma_f) = (f_{t,MAX})^3 / (2\,C_m)^2 = f_{t,MAX}\,(h / D_r)^2 \qquad (8)$$



a)



b)

Fig. 7 – a) Variazione adimensionale della velocità operativa al variare della forza motrice o del diametro della ruota calcatoria; b) Diagramma adimensionale di correlazione tra la portata massima dello argano e il diametro della ruota nel caso si adottino una o due funi traenti.

Ne consegue che nell'ottimizzazione della macchina è preferibile prevedere, nei limiti della fattibilità, un maggior numero di operai e/o funi traenti, piuttosto che una ruota di maggiore diametro. Questo comporta un indubbio vantaggio sia per l'onere costruttivo sia per la manovrabilità e gli ingombri in cantiere, dove nei limiti imposti dall'uso e dalla sua collocazione, sarà preferibile avere una ruota agibile a più camminatori.

La ruota calcatoria della Frauenkirche

Le semplici considerazioni sopra esposte forniscono uno strumento atto a condurre una prima verifica di compatibilità tra la caratteristica operativa dell'argano a ruota, collocato nella torre Nord della Cattedrale, e il lavoro di sollevamento della campana maggiore dello stesso campanile, il cui peso si approssima a circa 8 t.

Sulla scorta delle osservazioni in sito e dei rilievi geometrici condotti, è possibile formulare le seguenti ipotesi e considerazioni di natura meccanica.

1. Il vantaggio geometrico, nella configurazione attuale, risulta $\eta_a = D_r / d_t \approx 6$. Qualora si immagini, considerata l'eccezionalità dell'operazione, di rimuovere i rivestimenti ora presenti sul tamburo, il vantaggio potrebbe circa raddoppiare assumendo valore $\eta_c \approx 12$.
2. In quest'ultima ipotesi la fune potrebbe avere diametro di circa 4cm e, pertanto, un carico ammissibile $f_{t,MAX} \approx 16kN$ da cui si ha: $C_t \approx 3{,}3kNm$.
3. Oggi l'argano appoggia su moderni supporti ritti di produzione industriale. Nel valutare quali fossero le coppie resistenti all'epoca del sollevamento della campana si può ipotizzare che la ruota, con particolari accorgimenti, dissipasse negli attriti volventi il 15% della coppia motrice. In questa ipotesi si assume il valore $C_m \approx 3{,}9\ kNm$ da cui: $F_m = P \sin(\theta) \approx 1{,}6\ kN$, ove assumendo per la posizione di equilibrio l'angolo $q = 30°$ si ha $P_{30°} = 3{,}2\ kN$, ovvero il peso di 4 operai, e per l'angolo $\theta = 45^\circ$ risulta $P_{45°} = 2{,}3\ kN$, pari al peso di 3 operai.
4. In conclusione il sollevamento della campana si pone al limite delle capacità operative della macchina, dovendo impiegare nella ruota 4 operai e rendendosi necessario l'uso di un paranco, con almeno 5 pulegge, configurazione limite oltre la quale gli attriti di fune e pulegge penalizzano eccessivamente il sistema, annullando di fatto il vantaggio teoricamente conseguibile con un maggior numero di rimandi.
5. In questa configurazione, appare ragionevole ritenere che l'operazione di sollevamento della campana, da terra al piano della macchina per un dislivello di circa 30 m, abbia richiesto non meno di due ore. Occorre infatti tenere conto delle difficoltà oggettive cui hanno dovuto far fronte gli operai, nel camminare con la giusta coordinazione su un *tapis roulant*, con pendenza prossima al 100% e superficie liscia. Appare, infatti, lecito supporre che allora, come oggi, non si avesse alcun risalto del tavolato atto a impedire gli scivolamenti.

A conclusione di queste note si potrebbe, invero, nutrire ancora qualche dubbio circa la congruità dell'operazione descritta. Tanto da poter formulare l'ipotesi, invero al momento priva di riscontri documentali, per cui, essendo la macchina posta in alto, il sollevamento sarebbe stato più agevole facendo ricorso a un contrappeso, com'è uso, per simile scopo, nei moderni impianti ascensore.

Ringraziamenti

Ringraziamo in particolar modo Katharina Schwinn, Direttore Amministrativo della Chiesa Metropolita e Parrocchiale della Frauenkirche; Peter Veth, Coordinatore dell'Opera del Duomo, il Sig. Schütz, Assistente dell'Opera del Duomo; l'amico Professor Rolf Schneider dell'Università di Monaco di Baviera, che ha facilitato l'organizzazione della nostra visita.

Bibliografia

Aristotle. 1980. *Minor Works* On Colours. On Things Heard. Physiognomics. On Plants. On Marvellous Things Heard. Mechanical Problems. On Indivisible Lines. The Situations and Names of Winds. On Melissus, Xenophanes, Gorgias (Trad. di Hett W.S.). Cambridge: Harvard University Press

Centore G. 2002. Rilievo di Lucceius Pecularis redemptor Proscaeni. In: *Marmi colorati della Roma imperiale* (a cura di De Nuccio M. e Ungaro L.), 515-517, cat, 267. Padova: Marsilio Editore.

Drachmann A. G. 1963. *The Mechanical Technology of Greek and Roman Antiquity*. Copenhagen: Munksgaard.

Fleury P. 1993. *La mécanique de Vitruve*. Caen: Presses Universitaires de Caen.

Giordano F. 1933. Organi delle macchine. In: *Manuale dell'Ingegnere civile ed industriale,* 683. Milano: Ulrico Hoepli.

Hultsch F.O. (ed.) 1875-1878. *Pappi Alexandrini Collectionis quae supersunt*. Berlin: Weidmann.

Martines G. 1998-1999. Macchine da cantiere per il sollevamento dei pesi, nell'antichità, nel Medioevo, nei secoli XV e XVI. Annali di architettura, Rivista del Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio. 10-11, 261-275.

Mercuri D., Canestri M. 2010. *Funi, nodi e accessori per il sollevamento,* 4. Roma: D.C.F.

Molari P.G., Bruno M., Conti C., Martines G. 2016. La gru degli Haterii: analisi dell'argano e dei paranchi. Proceedings of the 2nd International Conference Naples, 2016 April 22nd-23rd (D'Agostino S. ed.), I, 329-341. Napoli: Cuzzolin Editore.

Nix L., Schmidt W. 1900. *Herons von Alexandria. Mechanik und Katoptrik*. Leipzig: Teubner.

Pagano M. 1988. Un rilievo con scena di costruzione dell'anfiteatro campano. Rendiconti della Accademia di Archeologia e Belle Arti, NS LXI, 43-48.

Pesce G. 1941. *I rilievi dell'anfiteatro campano*. Roma: Governatorato di Roma.

Riley P.O., Paolini G., Della Croce U., Paylo K.W., Kerrigan D.C. 2007. A kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy subjects. Gait & Posture, 26.1, 17-24.

Sinn F., Freyberger K.S. 1996. Die Grabdenkmäler 2, Die Ausstattung des Hateriergrabes, Mainz am Rhein.

Sinopoli A. 2015. *Il problema dell'equilibrio da Aristotele a Varignon*. Milano: Franco Angeli.
Zimmer G. 1982. Römische Berufsdarstellungen. Archäologische Forschungen, Bd 12, Berlin.

Note

1. I capitoli sono stati scritti da: Conti e Martines (Introduzione: tympanum); Bruno (Ruote calcatorie nei rilievi romani); Saccomanno (Rilievo e analisi formale di due ruote calcatorie); Carriero e Sabbadini (Macchina elevatoria: meccanica della Magna Rota; La ruota calcatoria della Frauenkirche).
2. Erone, *Mechanica*, I, 34.
3. Vitruvio, *De Architectura*, X, 2. 5-7.

Anna Sinopoli, Graziano Mario Valenti, Matthias Bruno,
Cinzia Conti, Jessica Romor, Giangiacomo Martines

Primato romano delle volte: il Tempio di Diana a Baia

Abstract
We have chosen the Temple of Diana because of its unique ovoid shape. *Opus caementicium* allowed the Romans to build domes and vaults of great amplitude, thanks to an expert use of rubble, mortar, laying techniques and, above all, geometrical parameters, especially as regards the appropriate outline for the span and thickness to ensure stability. The intrados is contained in a hemisphere but it is not one itself. Finally, a set of measurements can be taken across the entire surface to tell us about the geometry and structural behaviour. Our program extends over three years: in the first, the intrados we are presenting; in the second, the extrados; in the third, the drum, using an approach starting from the dome. Activities to expand our knowledge of the building are based on accurate survey methodologies and data analysis, as well as documentary research. Surface measurements were taken in parallel, using two instrumental techniques: three-dimensional laser scanning and digital photogrammetry. The acquired data allowed us to identify 15 horizontal sections of the vault and 17 vertical radial sections at 10° intervals. The results of the survey were used to investigate the stability of the dome and compare it to other geometric profiles. Map cracking analysis allows us to identify possible damage or collapse mechanisms that explain its present state.

tribute to Jacques Heyman

.

Introduzione: una cupola con la gobba
L'edificio faceva parte di un complesso termale sito a Baia, nei Campi Flegrei. La cupola, ampia 100 piedi romani, è la più grande dopo il *Pantheon*, tra quelle conservate: è databile al principato di Alessandro Severo, 222-235 (De Angelis d'Ossat, 1977). La regione era famosa ancora nel Medioevo per le cure: *Salus per Aquam*. Prima del 1220, Pietro da Eboli compose il poema in distici elegiaci *De Balneis Puteolorum et Bajarum*, dedicato a Federico II (Kauffmann, 1959), che si curò a Baia nell'autunno 1227, la cui copia più antica è in un piccolo elegantissimo codice miniato, in fig. 1, conservato nella Biblioteca Angelica di Roma realizzato nell'Italia meridionale, intorno al 1260 (Maddalo, 1998): la miniatura del fol. 18r rappresenta il *Balneum Gimborosus*[2], il cui nome deriva da *gibba* 'gobba', *gibbus* 'convesso' e si riferisce al profilo della cupola: *Ritrovasi poi il Bagno di Gimboroso. Hà tratto*

questo nome dalla figura dell'edificio, quale è alzato à simiglianza del Gibbo. Scêdesi a quest'acque per alcuni gradini (Alberti, 1550).

Clauss Kauffmann ha individuato una importante differenza tra le miniature del Codice Angelico di Roma e quelle del successivo Codice Bodmer della seconda metà del Trecento[3], nel quale le architetture sono disegnate in modo realistico e soprattutto il *Sudatorium* è mostrato come la sezione aperta di una cupola-tipo, come ci appare il Tempio di Diana. Certamente il naturalismo dipende da Giotto, ma quale evento poteva aver ridotto a metà già allora il Tempio di Diana? Forse il terremoto di Ischia del 1275 (Guidoboni e Comastri, 2005), con intensità stimata tra VIII e IX grado. Casamicciola è a 16 km a SW di Baia. Forse la cupola era già rotta al momento dell'eruzione del 1538, tra il 29 settembre e il 16 ottobre, l'evento che produsse un nuovo cratere, il Monte Nuovo sul Lago Lucrino alto 120 m (De Vito *et al*., 1987) e che fu accompagnato da numerose scosse durante tutto l'anno (Guidoboni e Ciuccarelli, 2011). La questione di datare il crollo è irrisolta.



Fig. 1 – Biblioteca Angelica, Roma, Cod. 1474, seconda metà XIII sec. (Pietro da Eboli, De Balneis Puteolanis), fol. 18: Balneum Gimborosus (© Biblioteca Angelica).

Prima di un terremoto catastrofico che causò il crollo di mezza cupola, che non c'è più, l'imponente massa poteva già essere stata tagliata e lesionata per il cedimento di quella parte. A tal proposito, Martin Frederiksen ha individuato un bradisismo che avvenne tra VII e VIII secolo, in una fonte degli *Acta Apostolorum* Apocrypha: il viaggio di San Paolo a Pozzuoli (Frederiksen, 1977).

Questa cupola, minacciata dal bradisismo e squarciata dai terremoti, ha resistito per la qualità della costruzione e forse per il suo profilo a uovo (De Angelis d'Ossat, 1977). Ma quale poteva essere presso i costruttori del III secolo il prestigio di una cupola con la gobba? Sulla costruzione delle cupole, Erone aveva scritto il trattato *Tà Kamariká*, al tempo di Nerone, mentre a Roma si costruiva la *Domus Aurea*; di esso resta la memoria in un *Commentario* steso da Isidoro di Mileto e Antemio di Tralle, rispettivamente l'ingegnere e l'architetto di Santa Sofia a Costantinopoli. Anche quest'opera è perduta e ne resta solo una noterella coeva, sulla costruzione grafica della parabola (Martines, 2014): questa è la forma che pone la costruzione di una cupola al riparo dei danni che affliggono le cupole sferiche. E questa forma si riscontra nelle coeve cupole iraniane, in fig. 2.

Riflessi del centro e della periferia

Il santuario di Asklepio a Pergamo costituisce uno degli intriganti complessi monumentali dell'Asia Minore. Sviluppatosi poco distante dalle pendici dell'acropoli cittadina, acquistò durante la prima e media età imperiale una connotazione monumentale. Una *via tecta* colonnata conduceva verso la grande piazza del santuario, cinta da un portico monumentale su tre lati; quello orientale era caratterizzato non solo dal prospetto del propileo d'ingresso, ma soprattutto dalla grande facciata e mole del tempio di Zeus Asklepios Soter, dedicato dall'evergete locale *Lucius Rufinus* tra la tarda età adrianea e la prima età antonina (Strocka e Wörrle, 2012).



Fig. 2 – Bibliothèque Nationale de France, Paris, Cod. Persan 169, anno 1462 (Diocle, Sugli specchi ustori), p. 148: costruzione della parabola di Aboûl Wafâ (© Bibliothèque Nationale de France).

È proprio l'architettura di questo tempio a rappresentare una delle più sorprendenti realtà architettoniche delle province romane, in quanto simile per impostazione e articolazione al *Pantheon* adrianeo di Roma, di cui sembra rappresentare una realizzazione in scala ridotta al 50%. L'edificio si eleva su un alto podio con scalinata d'accesso, con facciata tetrapila e frontone marmoreo in proconnesio, che si replica, come nella Rotonda di Roma, sull'avancorpo sporgente. I pochi resti conservati dell'alzato, in blocchi di andesite locale, consentono di comprendere la pianta dell'edificio che doveva essere circolare con un diametro interno di circa 24 m, coperto da una cupola con *oculus* centrale, realizzata in cementizio, di cui rimangono purtroppo solo esigui resti nell'ambito dell'edificio stesso.

A cavallo del III secolo, tra le età di Adriano e dei Severi, si assiste a un intenso scambio di esperienze nel mondo dell'architettura e delle scienze, tra Mediterraneo e Oriente: il *Pantheon* divenne il modello per eccellenza dell'architettura, mentre dall'Iran arrivavano nuove forme di cupola (Pope, 1965). Il Tempio di Diana è attribuito al principato di Severo Alessandro (222-235), per le caratteristiche di tecnica edilizia (De Angelis d'Ossat, 1977). Elio Lampridio scrisse, in una circostanziata *Vita Severi Alexandri*:

Et in Baiano palatium cum stagno fecit, quod Mammeae nomine hodieque censetur. Fecit et alia in Baiano opera magnifica in honorem adfinium suorum et stagna stupenda admisso mari (24, 9-10).

"E nel territorio di Baia fece un palazzo con lago, che con il nome di Mammea [sua madre] anche oggi è annoverato. Fece anche altre grandiose opere nel territorio Baiano in onore dei suoi parenti e mirabili bacini artificiali lasciando entrare l'acqua del mare".

La nostra cupola è evidentemente una tra le *opera magnifica,* citate da Lampridio, che futuri scavi potranno rivelare essere stato l'*Heroon* dei Severi a Baia, in forma di *Îwân* (Enciclopedia dell'Arte Antica, IV, *s.v.*).

Dipendenza della stabilità dal profilo e quadro fessurativo

Il processo del rilievo non può ancora considerarsi concluso. Alla distribuzione sperimentale di punti che rappresenta l'inviluppo dei meridiani della cupola superstite sono state dapprima accostate due curve euristiche, una parabola e una catenaria, la cui altezza sperimentale è tuttavia inferiore ai 50 piedi corrispondenti a metà dell'ampiezza della cupola. Nel prossimo futuro è in programma una regressione statistica per individuare la curva analitica che disti meno in termini di scarti quadratici medi dai dati sperimentali.

Il profilo dei meridiani è infatti fondamentale per l'individuazione del regime statico di una cupola assialsimmetrica soggetta al peso proprio, e la ricerca della sua forma migliore rappresenta l'estensione nello spazio di quel *principio di funicolarità* per cui la curva funicolare di una distribuzione di pesi propone nel piano l'arco di spessore trascurabile e la fune come strutture capaci di assolvere al loro servizio statico in termini di pura compressione e trazione. In tal senso, la forma migliore per un arco sottile è quella di una catenaria rovesciata. Ma se il discostamento dalla funicolare dei carichi può generare nell'arco piano la nascita di momento flettente e la necessità di uno spessore minimo per evitare il collasso, l'organizzazione spaziale della cupola assialsimmetrica in meridiani e paralleli è sempre in grado di assolvere alle funzioni statiche in termini di compressione e trazione, richiedendo ai paralleli l'azione statica mancante e derivante dal discostamento del profilo meridiano dalla funicolare; e questo soltanto a prezzo di una variazione nell'entità del regime tensionale o di una inversione del loro segno, ma non nell'introduzione di momenti flettenti. Questa peculiarità permette a una cupola sottile, costruita con materiale resistente sia a trazione sia a compressione, di essere caratterizzata da un *regime statico membranale* e di configurarsi come *struttura sottile resistente per forma* (Pizzetti, 1980).

Per una cupola emisferica, un regime di compressione è garantito lungo i meridiani: esso cresce dal cervello alle imposte; lungo i paralleli. invece, lo stato tensionale è caratterizzato da una inversione del segno a una colatitudine di 51° 82': la compressione decresce dal cervello al parallelo critico, mentre in uno stato di trazione crescente si manifesta da esso fino alle imposte. Ma se la generatrice della cupola si alza a parità di apertura, assumendo gradualmente una forma ogivale, la colatitudine del parallelo critico tende ad avvicinarsi alle imposte: un regime tipo-calotta, compressione sia lungo i meridiani sia lungo i paralleli, agisce allora sulla maggior parte della cupola (Sinopoli, 2010). Che sia questo il motivo per cui la cupola di Diana, in fig. 3, è caratterizzata da un profilo ogivale, in fig. 4, ponendosi al riparo dalle tipiche lesioni delle cupole emisferiche? Non solo, ma è ancora questo il motivo per cui



Fig. 3 – Baia, Tempio di Diana (foto Zeno Colantoni, 2017).

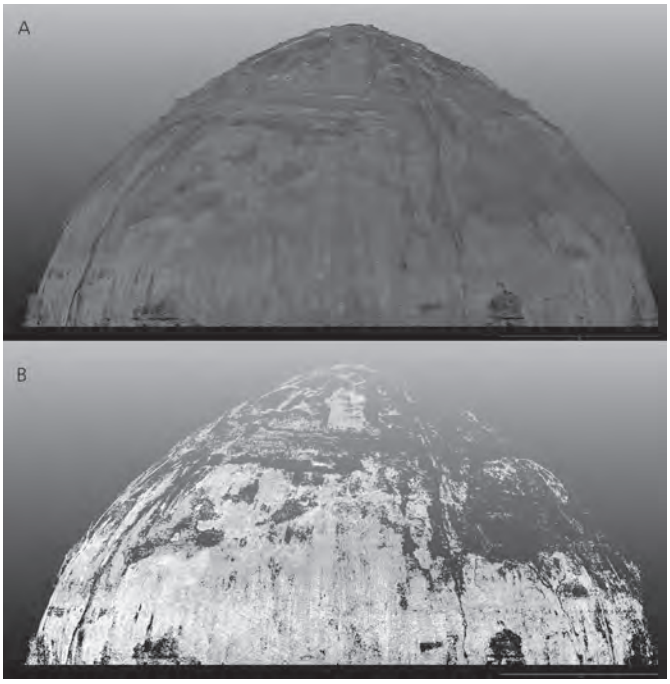


Fig. 4 – Graziano Mario Valenti e Jessica Romor, rilievo dell'intradosso del Tempio di Diana, 2017: confronto fra l'intera superficie di intradosso rilevata A e la selezione dei punti appartenenti all'intonaco B, utilizzati per l'analisi della forma.

l'altezza misurata sperimentalmente è inferiore ai 50 piedi, come se l'imposta reale della cupola fosse più in basso, immersa nel tamburo, garantendo un funzionamento a calotta per una estensione maggiore? A tale proposito De Angelis d'Ossat dice:

Come in altri monumenti, a cominciare dalle volte severiane del Palatino, la cupola sorge all'interno con lo stesso apparecchio murario impiegato al di sotto del piano di imposta che, nel nostro caso è l'opus testaceum. Il piano geometrico di imposta non viene cioè a marcare una diversità di tecniche struttive, così come non era più indicato da cornici o dalla differenza dei rivestimenti, ma segue l'esempio di antichissime volte orientali (De Angelis d'Ossat, 1977).

In architettura, *Epistéme* e *Téchne* sono aspetti complementari della stessa vicenda; ma non c'è dubbio che la storia della *Téchne* abbia avuto molta più influenza sulla storia della *Epistéme*, piuttosto che il contrario, dal momento che la tecnica con le sue leggi empiriche, praticate anche se non capite, ha spesso preceduto la teoria, configuratasi come una riflessione *a posteriori* sulle problematiche del cantiere e sulle soluzioni adottate. Forse la questione più intrigante è allora quella della relazione tra storia della meccanica e storia delle tecniche costruttive, una storia che è ancora prevalentemente tutta da scrivere (Sinopoli, 2010).

Ma cosa avviene se per un qualche motivo il regime membranale della cupola viene rotto com'è avvenuto per il Tempio di Diana? O più in particolare se la continuità del regime tensionale lungo i paralleli viene interrotta?

Poiché i meridiani restano comunque compressi per l'azione del peso, la cupola si comporta come se fosse costituita di materiale non resistente a trazione. In questo caso, il generico spicchio di cupola non può più trasferire al suo contiguo lo stato tensionale richiesto dal regime membranale: il parallelo critico si alza, garantendo il funzionamento a calotta soltanto nella parte superiore di cupola, mentre si manifestano lesioni meridiane che suddividono la cupola nella sua parte inferiore in spicchi, gli *orange slices* di Heyman (Heyman, 1966; 1999). La stabilità della cupola dipende allora soltanto dalla stabilità dei suoi spicchi e cioè dal profilo dei suoi meridiani che si comportano come archi.

In assenza di informazioni più precise riguardanti il reale profilo dei meridiani della cupola di Diana, analizziamo per il momento la stabilità relativa a un possibile profilo meridiano semiparabolico, messa a confronto con quella di un profilo meridiano semicircolare; l'apertura e l'altezza della cupola sono rispettivamente di 100 e 50 piedi romani.

Il metodo (Sinopoli *et al.*, 1997) rivisita ed estende alla luce della moderna teoria della plasticità il geniale ma sintetico criterio di Coulomb, riproposto da Heyman (Heyman, 1972), in base al quale è sufficiente individuare un'unica funicolare dei carichi interamente contenuta nello spessore dell'arco per garantirne la stabilità; è questo lo stesso criterio utilizzato da Poleni nel 1748 per garantire la stabilità della cupola di S. Pietro, allora affetta da numerose lesioni meridiane.

L'indagine ha dimostrato che, per il profilo semi parabolico, esistono infinito alla seconda curve delle pressioni completamente contenute nello spessore di 5 piedi romani e il cui punto di applicazione in chiave si estende dall'estradosso a un punto interno della chiave che dista 1,1 piedi dall'estradosso. Resta così definito lo spessore minimo pari a 3,9 piedi, il 7,8% del raggio di apertura, che non implica tuttavia la formazione di un meccanismo, dal momento che la corrispondente curva delle pressioni è caratterizzata da una doppia cerniera all'estradosso della chiave e una all'intradosso dell'imposta, e cioè a un arco a 3 cerniere. Il margine di sicurezza dello spessore reale rispetto a quello minimo è di circa 28,2%. Nel caso di profilo semicircolare, invece, lo spessore minimo è di 5,68 piedi romani, 11,4% del raggio di apertura; in tal caso, esiste un'unica curva delle pressioni che corrisponde però alla formazione del classico meccanismo con cerniere alternate all'estradosso della chiave e delle imposte, e all'intradosso delle reni.

Risulta evidente allora il vantaggio di adottare un profilo prossimo a quello parabolico, nettamente migliore in termini di stabilità rispetto a quello semicircolare.

La cupola di Diana anche se mutilata e lesionata, e costituita da spicchi contigui assemblati ad abside, sembra essere, grazie al profilo ogivale, intrinsecamente stabile; i meccanismi di collasso tipici delle cupole emisferiche lesionate sono per essa impossibili. Un tale risultato può suggerire le modalità di crollo della parte mancante. L'azione congiunta nel tempo di cedimenti differenziali del terreno e di terremoti può aver lesionato la cupola e determinato il crollo per rovesciamento di alcuni dei suoi spicchi, o addirittura della sua metà, resi instabili non per crisi locale della volta, ma per impossibilità di equilibrio dell'insieme.

In assenza di documenti storici che si configurino come prove testimoniali della successione di eventi, non resta, come insegnato dai grandi maestri del restauro, che una lettura sull'evidenza delle lesioni per individuare fenomeni a esse connessi.

Analizzando l'immagine in fig. 3, sembra che l'imposta della cupola sul profilo sinistro si trovi a una quota verticale inferiore rispetto all'imposta del profilo di destra; circostanza che induce a ipotizzare un cedimento differenziale verticale del terreno. Il fenomeno potrebbe dunque essere inquadrato in una deformazione plastica di lungo periodo, innescata dal bradisismo che caratterizza da secoli l'area dei Campi Flegrei alterandone la stratigrafia geotecnica. Si osservi inoltre che, nella sezione orizzontale alla quota d'imposta, il profilo circolare di intradosso e il profilo ottagonale di estradosso individuano nei pilastri di sostegno degli archi corrispondenti alla posizione dei vertici dell'ottagono, le strutture resistenti di tutta la cupola: sono i pilastri a ricevere non soltanto il flusso statico della quota parte di cupola che si trova al di sopra di essi, ma anche quello della quota parte di cupola che si trova al di sopra degli archi.

In tale contesto gli archi hanno assunto il ruolo di elementi deboli per la cupola consentendo l'articolazione di meccanismi, che nella parte di cupola superstite sono

stati attivati e bloccati per l'azione di sostegno delle parti contigue, restando meccanismi di rottura; essi sono riconoscibili dalle evidenti lesioni meridiane.

Le lesioni meridiane sull'intradosso, procedendo da sinistra verso destra della semi-cupola superstite, sono quattro e si manifestano sempre ai lati dei pilastri. La prima e la quarta sono lesioni da taglio, localizzate in corrispondenza delle chiavi degli archi che separano la semi-cupola superstite dai corrispondenti monconi a essa adiacenti. In corrispondenza di tali chiavi, soprattutto su quella della parte destra, si può notare che i due semi-archi hanno subito uno spostamento verticale relativo, che potrà essere giustificato in seguito analizzando il meccanismo proposto. Le lesioni meridiane consentono inoltre di suddividere la semi-cupola superstite in tre parti. La centrale sembra quella che è stata caratterizzata da un cedimento differenziale meno accentuato, cioè un cedimento pressoché uniforme dovuto a rotazione antioraria, dal momento che è rimasta abbastanza integra. La parte di destra, invece, non solo conferma la rotazione della parte centrale, ma consente la definizione di un possibile meccanismo responsabile delle lesioni che la delimitano.

Meccanismo di rottura associato al quadro fessurativo

Il meccanismo associato al quadro fessurativo di fig. 5 è illustrato in fig. 6; esso è sicuramente impreciso, non soltanto perché lo schema è piano invece che tri-dimensionale, ma anche perché è molto difficile individuare il centro assoluto di istantanea rotazione della parte centrale, indicato nella figura con il simbolo (3) e scelto in modo da fornire un campo di spostamenti congruenti. Come si può osservare in fig. 6, il pilastro ruota in senso antiorario intorno al centro (1), determinando l'innalza-

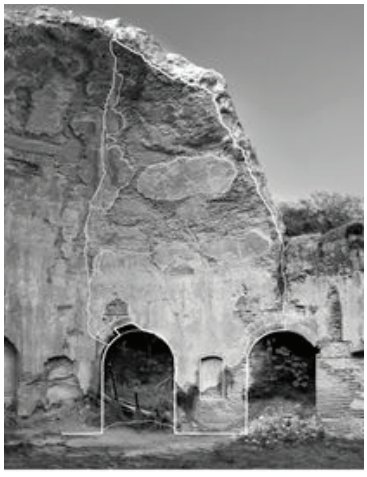


Fig. 5 – Quadro fessurativo utile all'individuazione del meccanismo.

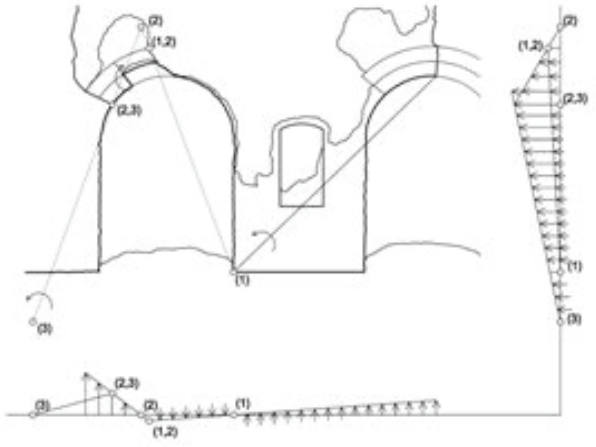


Fig. 6 – Meccanismo di rottura e campo di spostamenti, orizzontale e verticale.

mento del semiarco delimitato dal giunto di chiave e l'avvio della lesione meridiana destra; il concio dell'arco delimitato dai giunti con cerniere (2, 3) e (1, 2) ruota invece in senso orario intorno al centro (2) determinando l'apertura all'intradosso del giunto con cerniera (1, 2) all'estradosso, l'apertura all'estradosso del giunto con cerniera (2, 3) all'intradosso e l'avvio della lesione meridiana sinistra che parte proprio in corrispondenza dell'estradosso.

Il meccanismo individuato sembra indicare una possibile modalità di attivazione delle lesioni meridiane della cupola: l'azione combinata di cedimenti differenziali del terreno e terremoti di intensità e direzione privilegiata hanno probabilmente indotto il collasso di metà cupola, ma hanno consentito la sopravvivenza della semicupola superstite. Il profilo geometrico adottato per i meridiani sembra infatti essere intrinsecamente stabile dal punto di vista statico anche in presenza di lesioni. Le scelte adottate per la costruzione della cupola di Diana sembrano infine dimostrare che le pratiche costruttive adottate nel cantiere si sono basate non soltanto sull'*empiria*, ma anche su riflessioni di carattere teorico di natura sostanzialmente geometrica. La Meccanica infatti fin dai suoi primi albori nella cultura greca e fino al XVII secolo si è configurata come la scienza dei pesi governata dalla geometria (Sinopoli, 2012).

Rilevamento e prime interpretazioni dei dati del rilievo

Il rilievo del Tempio di Diana è stato progettato per fornire un contributo di ricerca al consolidamento della teoria scientifica del rilievo architettonico, fissando come obiettivi l'affidabilità, la condivisione e la ripetibilità sperimentale.

La ripetibilità, com'è noto, è una delle caratteristiche salienti dell'esperienza scientifica, la quale, per essere validata, deve essere ripetuta e confermata. Ma perché ciò avvenga è necessario che l'esperienza stessa sia accuratamente descritta e documentata in tutte le sue fasi (Migliari e Valenti, 2012).

Si può immaginare che la ripetibilità sia facile da conseguire nella fase di raccolta dei dati, mentre appare più difficile da perseguire nella fase di interpretazione. L'acquisizione dei dati sarà articolata in molteplici campagne di misura, alternate a fasi di analisi, studio e perfezionamento delle indagini. Le fasi di rilievo, distribuite in tre anni, sono finalizzate a obiettivi diversi: il primo, il rilievo della superficie di intradosso, è l'oggetto di questo contributo.

La misurazione della superficie di intradosso è stata condotta parallelamente per mezzo di due tecniche strumentali, la scansione laser tridimensionale e la fotogrammetria digitale (Paris, 2012; Paris, 2015). L'impiego di due tecniche utilizzate in parallelo è stato voluto sia per ottenere ridondanza e complementarietà dei dati, sia per collaudare i dati provenienti dalle più recenti tecniche di fotogrammetria digitale a confronto con quelli risultanti dalle procedure ormai consolidate della acquisizione laser tridimensionale. Le considerazioni qui esposte riguardano le prime analisi dei dati derivati dalla scansione laser.

L'acquisizione delle nuvole di punti è stata eseguita con un Focus 3D X130 (Faro)[4], regolato per misurare punti a metà della risoluzione massima possibile e con la qualità della misura impostata a un valore di 4X. Tali regolazioni hanno prodotto sulla superficie dell'intradosso l'individuazione di un punto circa ogni 5 mm. Una risoluzione certamente elevata rispetto agli obiettivi della ricerca e alla qualità materica e costruttiva del manufatto, che tuttavia è stata adottata, in via cautelativa, per lasciare spazio a eventuali futuri e diversi approfondimenti. In fase di analisi si è operato con un modello ridotto, rispetto a quello acquisito, estraendo dalla nuvola originaria un punto ogni centimetro. Prima di ogni acquisizione lo strumento è stato accuratamente messo in bolla ed è stata attivata la misurazione dei dati provenienti dall'inclinometro. Per la superficie dell'intradosso sono state eseguite tre acquisizioni, delle quali una collocata, in posizione stimata in via approssimativa, al centro della cupola. Le tre acquisizioni sono state poi riunite, orientate e normalizzate[5]. L'elaborazione ha fornito indicazioni sulla qualità della misura acquisita, cha ha presentato un'incertezza media di 5 mm e massima di 7,5 mm, che riguarda prevalentemente la distanza alla quale il raggio intercetta la superficie, piuttosto che la deviazione della direzione del raggio. È un dato più che soddisfacente a fronte della dimensione e della qualità materica della superficie rilevata, con una precisione sicuramene maggiore delle tecniche costruttive del tempo, e dunque utile ad analizzare forma e trasformazioni della superficie. Un ulteriore fattore qualitativo della precisione delle misure è derivato dall'individuazione, a mezzo dell'inclinometro elettronico, della direzione assoluta dell'asse verticale, asse che potremmo definire localmente gravitazionale; le incongruenze fra le diverse acquisizioni sono risultate contenute in 2 centesimi di grado. Per questa ragione, l'asse verticale è stato scelto come geometria fiduciale per dare origine a ogni successiva considerazione e, prima fra tutte, l'individuazione dell'asse centrale verticale della cupola. Individuando e misurando, sopra la parte della superficie d'intradosso più integra, punti che nel progetto ideale della volta dovrebbero trovarsi su piani orizzontali, con un po' di sorpresa sono state rilevate differenze di quota minime, contenute in 2-3 cm, che potrebbero anche annoverarsi a semplici imprecisioni di cantiere. A seguito di questa evidenza, in prima approssimazione, è stato ritenuto lecito considerare l'asse della volta in posizione verticale e procedere dunque alla sezione della nuvola dei punti rilevati, utilizzando piani orizzontali perpendicolari all'asse verticale risultante dallo strumento.

Prima di procedere alla sezione della nuvola dei punti rilevata, per mezzo di una procedura semiautomatica, sono stati selezionati solo i punti appartenenti alla superficie attualmente ancora intonacata, ritenendo che descrivessero più fedelmente la geometria della superficie di intradosso, in fig. 4. A partire dalla quota terminale della superficie cilindrica del tamburo, appena sopra la chiave degli archi ribassati (come osservato da Rakob nel 1988) sono stati estratti dai dati acquisiti 15 sezioni orizzontali della volta, distanziate di 1 metro. Di queste solo le 9 inferiori sono risul-

tate utili all'analisi, poiché quelle prossime alla chiave sono apparse troppo lacunose e irregolari. A ogni sezione è stato applicato un algoritmo di *Best-Fit*, per determinare il cerchio che meglio ne approssima la serie di punti costituente ed è stata così individuata una rosa di nove centri, di cui sette in posizione ravvicinata e solo due appena più distanti. Scartati i due risultati peggiori, è stato calcolato il baricentro dei valori rimanenti e individuato in esso il punto centrale per il quale far passare l'asse verticale della volta. Detto punto appare essere di pochi centimetri esterno alla superficie rimasta in opera, come mostrato in fig. 7. Il raggio calcolato della volta è risultato essere di 14,92 m con una deviazione massima di 13 cm fra i punti rilevati e il cerchio ideale. La chiave della volta è ribassata, rispetto alla configurazione a tutto sesto, di circa 80 cm. L'individuazione dell'asse verticale è operazione necessaria per tracciare correttamente le sezioni verticali, i meridiani, della volta, che possono fornire informazioni utili sulla sua geometria. La nuvola dei punti è pertanto stata ulteriormente sezionata con 15 piani verticali appartenenti all'asse e separati fra loro da un angolo di 10°, sempre in fig. 7. Le sezioni utili estratte sono state infine sottoposte a una prima fase di analisi, illustrata in fig. 8.

Non sappiamo se il profilo della cupola – graficamente mai rilevato – risponda ad una o più curve geometriche (catenarie, parabole, archi di cerchio), ma il caratteristico andamento che abbiamo definito ovoidale, si riscontra comunemente nelle volte di tutto l'Oriente (De Angelis d'Ossat, 1977).

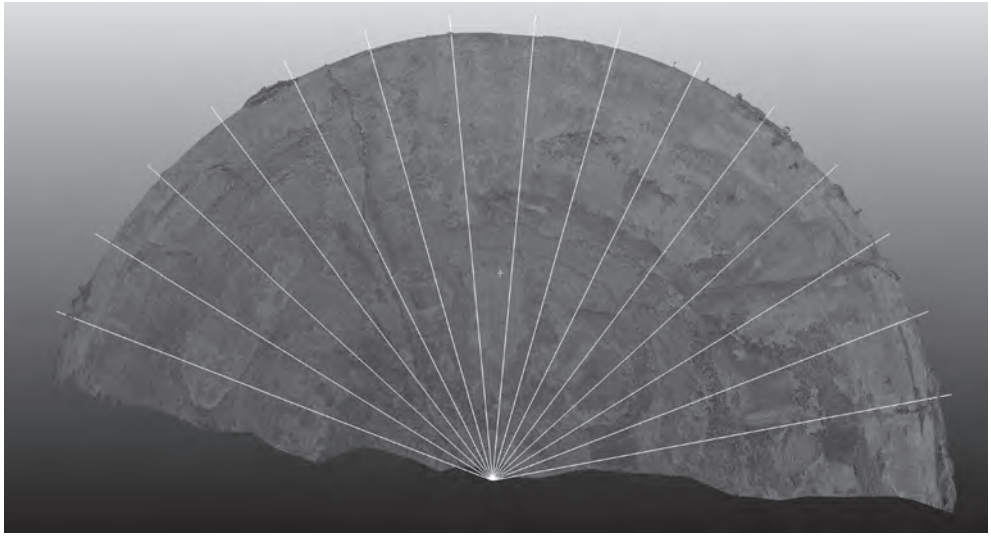


Fig. 7 – Posizione calcolata del centro della superficie voltata ancora in opera. Tracce delle sezioni verticali.



Fig. 8 – Analisi dati delle sezioni verticali. I: linea ipotetica di imposta; Z: asse verticale centrale; Sn: sezioni verticali ribaltate sul piano di proiezione; a1Sn*: circonferenze che meglio approssimano il primo tratto delle sezioni verticali; C1n: centri delle circonferenze a1Sn*; a2Sn*: circonferenze che meglio approssimano il secondo tratto delle sezioni verticali; C2n: centri delle circonferenze a2Sn*.*

È ancora prematuro dare una risposta univocamente ripetibile alla lacuna conoscitiva indicata da De Angelis d'Ossat. Pur possedendo un dato metrico significativo, che ha fornito diversi indizi per restringere il campo delle interpretazioni, sono ancora possibili diverse soluzioni.

Il rilievo di Rakob 1988, l'unico noto agli Autori che ha affrontato l'interpretazione del dato, individua la curva della volta in una policentrica, simmetrica sull'asse centrale verticale e costituita da due archi: uno minore all'imposta e uno maggiore in chiave. La curva di Rakob, se confrontata con i dati rilevati dagli Autori, è plausibile.

I dati di rilievo elaborati hanno fornito indicazioni evidenti sulla natura geometrica del primo arco della volta, quello inferiore, che senza dubbio appare essere un arco di circonferenza. Il centro di questo arco dovrebbe trovarsi sul piano di imposta, per consentire alla generatrice della superficie rotonda della volta di raccordarsi in continuità di tangenza con la generatrice della superficie cilindrica del tamburo. Non

si può definire con altrettanta probabilità il punto in cui esso termina, raccordandosi in continuità di tangenza con la curva superiore della generatrice. Diverse prove di *Best-Fit* sono state condotte sulla serie di punti disponibili, ma l'ambito spaziale in cui oscillano i valori minimi di scostamento dalla curva rilevata è ancora ampio per identificare con certezza detto punto finale. Gli archi di circonferenza che meglio approssimano il tratto inferiore della generatrice hanno il raggio compreso fra 8 e 9 m. La massima distanza tra la curva rilevata e la curva ideale è contenuta in 10 cm. In questo intervallo di valori, inoltre, i centri degli archi così calcolati, appaiono raggrupparsi e disporsi, come necessario per la continuità, sul piano di imposta.

Applicando l'algoritmo di *Best-Fit* per cercare configurazioni ottimali e idonee a rappresentare l'arco superiore, sono state ottenute deviazioni dai dati rilevati stranamente più consistenti, che si attestano su quantità dell'ordine di 30-40 cm. Gli archi che meglio si adattano ai dati rilevati hanno raggio compreso fra 18,5 e 19,5 m. I centri degli archi sono disposti fuori dall'asse verticale, imponendo in chiave, almeno in via teorica, una cuspide nel profilo della volta.

Le singolarità metriche e comportamentali rilevate per l'arco superiore della generatrice rendono lecito ipotizzare che questa parte della curva possa avere diversa natura dall'arco di circonferenza e, come questa ricerca suggerisce, sia stata pensata primariamente per assolvere al meglio alla funzione strutturale. In questo caso la curva inferiore avrebbe prevalentemente una funzione formale di raccordo fra la superficie superiore e quella cilindrica del tamburo su cui si imposta.

Ringraziamenti
Siamo grati al Direttore del Parco Archeologico dei Campi Flegrei, Dott.ssa Anna Imponente e al Responsabile degli Uffici di Baia e Cuma, Dr. Pierfrancesco Talamo; inoltre al Direttore del Dipartimento di Storia Disegno e Restauro dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Prof. Carlo Bianchini, per aver rispettivamente autorizzato e favorito il nostro rilievo.

Bibliografia
AA.VV. 1977. *I Campi Flegrei nell'archeologia e nella storia*. Atti del Convegno internazionale, Roma 4-7 maggio 1976, Atti dei Convegni Lincei, 33. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei.

Alberti L. 1550. *Descrittione di tutta Italia*. Bologna: Anselmo Giaccarelli.

De Angelis d'Ossat G. 1977. L'architettura delle «Terme» di Baia. Atti del Convegno internazionale I Campi Flegrei nell'archeologia e nella storia, 227-274. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei.

Di Vito M., Lirer L., Mastrolorenzo G. and Rolandi G. 1987. The 1538 Monte Nuovo eruption (Campi Flegrei, Italy). Bulletin of Volcanology, 49, 608-615.

Frederiksen M. 1977. *Una fonte trascurata sul bradisismo puteolano*, Atti del Convegno internazionale I Campi Flegrei nell'archeologia e nella storia, 117-129. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei.

Guidoboni E., Comastri A. 2005. *Catalogue of earthquakes and tsunamis in the Mediterranean area from the 11th to the 15th century*. Roma: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Guidoboni E., Ciuccarelli C. 2011. The Campi Flegrei caldera: historical revision and new data on seismic crises, bradyseisms, the Monte Nuovo eruption and ensuing earthquakes (twelfth century 1582 AD. Bulletin of Volcanology, 73, 655-677.

Hanly M. 1996. An Edition of Richart Eudes's French Translation of Pietro da Eboli's De balneis puteolanis. *Traditio*, 51, 225-255.

Heyman J. 1966. The stone skeleton. *Int. Journal of Solids and Structures*, 2(2), 249-279.

Heyman J. 1972. *Coulomb's memoir on statics. An essay on the history of civil engineering,* Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge.

Heyman J. 1999. *The Science of Structural Engineering*. London: Imperial College Press.

Kauffmann C. M. 1959. *The Baths of Pozzuoli. A Study of the Medieval Illuminations of Peter of Eboli's Poem*. Oxford: Bruno Cassirer.

Maddalo S. 1998. *Petrus de Ebulo, Nomina et Virtutes Balneorum seu De Balneis Puteolonorum et Baiarum. Codice Angelico 1474.* Introduzione di Silvia Maddalo. Roma: Istituto Poligrafico dello Stato.

Martines G. 2014. Isidore's Compass. A Scholium by Eutocius on Hero's Treatise 'On Vaulting'. Nuncius, 29, 279-311.

Migliari R., Valenti G.M. 2012. Il Colosseo e le ragioni di una teoria del rilievo architettonico. Quaderni dell'Istituto di Storia dell'Architettura, 55-56, 39-48.

Paris L. 2012. Fotogrammetria e/o fotomodellazione. In: *Geometria descrittiva e rappresentazione digitale. Memoria e innovazione* (a cura di Casale A.), II, 55-62. Roma: Kappa.

Paris L. 2015. Fotogrammetria 2.0. Disegnare con, 171-179.

Pizzetti G., Zorgno Triscuoglio A. M. 1980. *Principi statici e forme strutturali*. Torino: UTET.

Poleni G. 1748. *Memorie Istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano*. Padova: Stamperia del Seminario.

Pope A.U. 1965. *Persian Architecture*. London: Thames and Hudson.

Rakob F. 1988. Römische Kuppelbauten in Baiae. Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Römische Abteilung, 95, 257-301.

Sinopoli A., Corradi M., Foce F. 1997. A Modern Formulation for Pre-Elastic Theories on Masonry Arches. Journal of Engineering Mechanics, ASCE, March, 204-213.

Sinopoli A. 2010. Vaults and pseudo-vaults: Unilaterality and dry friction. In: *Mechanics and Architecture between Epistéme and Téchne: In Commemoration of Edoardo Benvenuto (1940-1988) on the Tenth Anniversary (Rome, December 5, 2008)* (acure di Sinopoli A.), 37-77. Roma: Edizioni di Storia e Letteratura.

Sinopoli A. 2012. Origine e sviluppi della Statica Grafica. In: *Complementi alle Lezioni di Meccanica Razionale di T. Levi Civita e U. Amaldi*, 161-185. Configni: Edizioni CompoMat.

Strocka V.M., Wörrle M. 2012. Bauphasen des kaiserzeitlichen Asklepieions von Pergamon. Istanbuler Mitteilungen, 199-287.

Zander G. 1968. *Travaux de restauration des monuments historiques en Iran*. Roma: Ismeo.

Sitografia

[1] Paris, 2015:
http://disegnarecon.univaq.it/ojs/index.php/disegnarecon/issue/view/08.14.2015

Note

1. I capitoli sono stati scritti da: Conti e Martines (Introduzione: una cupola con la gobba); Bruno (Riflessi del centro e della periferia); Sinopoli (Dipendenza della stabilità dal profilo e quadro fessurativo e Meccanismo di rottura associato al quadro fessurativo); Romor e Valenti (Rilevamento e prime interpretazioni dei dati del rilievo).
   l rilievo è stato eseguito nei giorni 24 maggio e 27-28 settembre 2017.
2. Il testo è interamente pubblicato in Iulius Caesaris Capacio, Balnearum quae Neapoli, Puteolis, Baiis, Pithecusis extant, virtutes. Neapoli, apud Constantinum Vitalem, 1604, pp. 69 sgg, particolarmente 79-80: De Balneo quod Gimborosus nuncupatur, testo omesso nel Cod. Angelico. Hanly (1996. p. 251).
3. Genève, Cologny, Fondation Martin Bodmer, Cod. Bodmer 135: foll. 25v-26, Balneum Gimborosus.
4. L'attrezzatura è stata fornita dal Laboratorio di Disegno dell'architettura e dell'ambiente, Dipartimento di Storia disegno e restauro dell'architettura, 'Sapienza' Università di Roma, la cui direzione scientifica è affidata al prof. Fabio Lanfranchi.
5. Queste attività sono state eseguite con il software Scene 7.0, sviluppato dallo stesso produttore della strumentazione.

Andrea Lizza

Viaggio ai confini dell'Impero: il Vallo di Adriano

Abstract
The memory intends to introduce the theme of the extraordinary achievements of Roman military engineering that still challenge time. During an interesting journey along the Hadrian's Wall, the story of this wonderful defense instrument has been re-examined, which has also represented an extraordinary element of exchange and cultural aggregation between peoples. The Hadrian Valley, declared Unesco World Heritage Site in 1987, represents not only an example of ancient vestiges but also a model to be followed for the enhancement and preservation of cultural heritage.

Premessa
La memoria vuole introdurre la tematica delle straordinarie realizzazioni dell'ingegneria militare romana che ancora oggi sfidano il tempo. Nel corso di un interessante viaggio lungo il Vallo di Adriano l'Autore ha ripercorso la storia di questo meraviglioso strumento di difesa che ha rappresentato anche uno straordinario elemento di scambio e di aggregazione culturale tra i popoli. Il Vallo di Adriano, dichiarato patrimonio dell'umanità dall'Unesco nel 1987, rappresenta non solo un esempio di antiche vestigia, ma anche un modello da seguire per la valorizzazione e la conservazione dei beni culturali.

Il gask ridge, la stanegate e Il limes britannico
La conquista della Britannia rappresenta una delle pagine più intense della storia romana. Giulio Cesare, nel 55 a.C., si spinse con una spedizione sino in Britannia, una terra che veniva descritta come un luogo difficile da raggiungere, popolato da terribili e temibili tribù barbare e forse per questo motivo ancora più avvincente da conquistare. La spedizione fu considerata una operazione militare in piccola scala che coinvolse appena due legioni, la VII e la X, e un contingente di cavalleria. Cesare iniziò a muoversi verso l'interno, nel Kent, fino ad arrivare a spingersi a nord del Tamigi. L'occupazione vera e propria avvenne solo nel 43 d.C, ad opera di Aulo Plauzio, cui l'Imperatore Claudio, che governò dal 41 al 54 d.C., aveva affidato il compito di conquistare l'isola, sulla quale i romani sbarcarono con quattro legioni, la II Augusta, la IX Hispana, la XIV Gemina e la XX Valeria Victrix (Pollard e Berry, 2012), e con i relativi contingenti di cavalleria. Nell'80 d.C. l'esercito romano, al comando di Gneo Giulio Agricola, raggiunse il Forth e il Clyde.

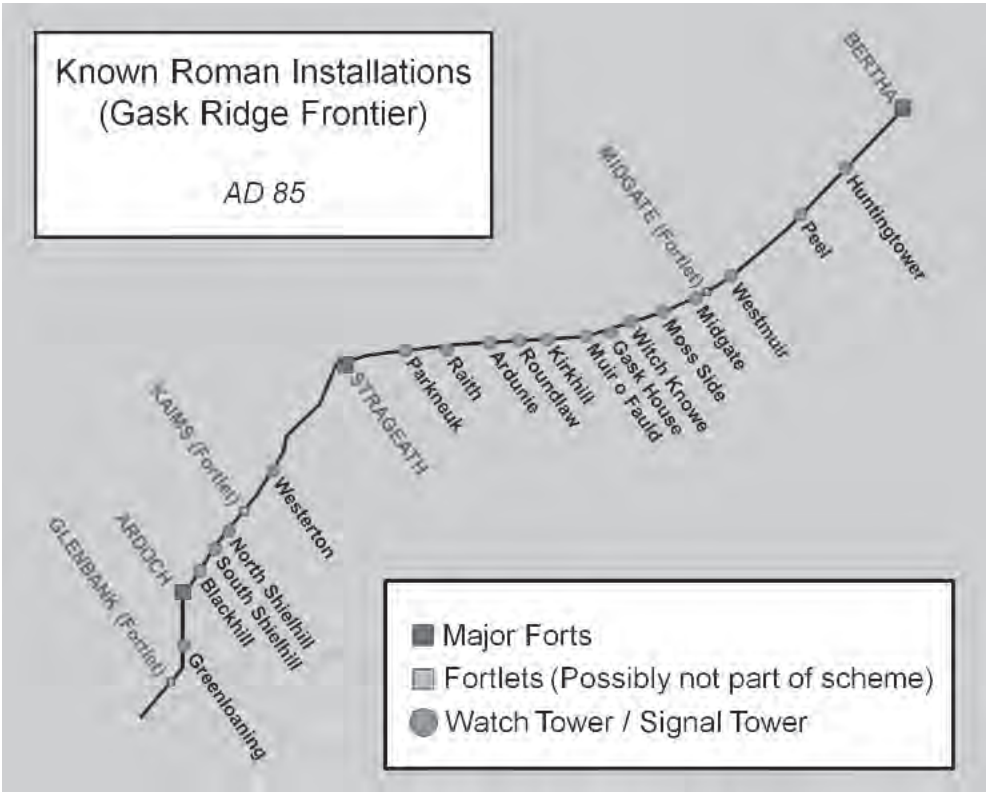


Fig. 1 – Il Gask Ridge (da [1]).

La serie di fortificazioni costruite dai romani a est delle Highlands e a nord del tratto compreso tra questi due fiumi, nota come *Gask Ridge*, in fig. 1, comprendeva una serie di forti e fortini con delle torri di segnalazione.

Intorno al 90 d.C., i forti di Inchtuthil e Strageath nella Scozia settentrionale furono smantellati e gli interessi romani si concentrarono nella Scozia meridionale, con la realizzazione di un forte a Newstead sufficientemente grande per ospitare una vessillazione legionaria e un'ala di cavalleria: la rete di strade e di forti presenti nella Scozia meridionale fa ipotizzare un discreto controllo dell'area, mentre la presenza di pochi forti e avamposti nella parte settentrionale della Scozia fa ipotizzare una presenza romana meno consolidata.

Nel Nord dell'Inghilterra c'era una massiccia presenza dell'esercito romano, con le basi fondamentali di Corbridge a est e di Carlisle a ovest, collegate tra di loro dalla strada militare detta *Stanegate*, la strada di pietra, in fig. 2, costruita tra il 60 e il 70 d.C., che univa tra di loro tutte le strutture difensive lungo la tratta da Carlisle a



Fig. 2 – La Stanegate (da [2]).

Corbridge e che, contrariamente ai canoni costruttivi romani che prevedevano strade dritte e ben livellate, era leggermente tortuosa e passava su alcune colline e avvallamenti per assecondare il corso delle vallate dei fiumi Tyne ed Irthing. La strada, realizzata con fini strategici, era larga 6,5 m e aveva dei canali di scolo delle acque coperti. Secondo talune fonti la Stanegate, inizialmente realizzata per collegare Luguvalium (Carlisle) con Corstopitum (Corbridge), in realtà continuava verso ovest fino a raggiungere l'estuario del Solway e verso est fino a raggiungere Newcastle. Molti forti erano disseminati lungo questa strada e in tutta l'Inghilterra settentrionale, con le due principali fortezze legionarie di York (Eboracum) e di Chester (Deva).

Sulla natura e sulla funzione dei forti lungo la Stanegate e nel Vallo di Adriano occorre precisare che i romani non avevano il concetto di territorialità dello stato che abbiamo noi. Quello che oggi si intende per confine, ossia un qualcosa che di preciso separa due entità politiche e geografiche, un confine di stato, per i romani era solo un limite; infatti il termine latino limes descrive un'area di influenza e di controllo, politico, militare ed economico. Le frontiere non erano barriere, linee chiuse, e nemmeno il Vallo, con tutta la sua imponenza e lunghezza, lo era. Per i romani le frontiere erano aree di contatto e spesso anche di frizione con una realtà con cui interagivano e commerciavano e all'interno della quale erano presenti militarmente ma anche e soprattutto politicamente, con una rete di alleanze che in qualche modo collegava i capi locali all'Impero.

Le opere di ingegneria militare romana

Le legioni romane hanno garantito con la loro meticolosa organizzazione sia le conquiste militari per l'espansione dell'impero che la civilizzazione dei territori, attraverso la realizzazione di grandi opere infrastrutturali. Ai tempi dell'imperatore Clau-

dio, un abilissimo e apprezzatissimo generale romano, Gneo Domizio Corbulone, amava ripetere che la vittoria si conquista con la dolabra, una sorta di piccone e di ascia combinati tra di loro che rientrava nella dotazione di ogni legionario. Oltre che essere utilizzata per scopi offensivi in battaglia, la dolabra era anche uno strumento di lavoro indispensabile, che consentiva la realizzazione delle più ardite e interessanti opere di ingegneria. E' celebre una scena della Colonna Traiana, che rappresenta un fotogramma di una conquista territoriale, in cui vengono rappresentati dei legionari intenti alla costruzione del campo utilizzando la dolabra, con al fianco la daga e nelle adiacenze l'immancabile scudo.

L'abilità costruttiva dei romani era tale da non avere rivali: erano infatti in condizioni di realizzare e costruire in poche ore un campo per l'acquartieramento della legione anche se erano sotto attacco dai nemici.

Nelle legioni vi erano le sezioni di genieri, ovvero di specialisti tra cui ingegneri-architetti e altre figure specializzate, poste sotto il comando di un Praefectus Fabrum, in grado di tracciare livelli, organizzare la costruzione di campi, fortezze, strade, ponti, acquedotti, fognature, argini, drenaggi dei terreni, porti, dighe, gallerie, terme, anfiteatri e di macchine da guerra quali catapulte, baliste. La presenza di queste figure era di rilevante importanza e il più delle volte le opere da loro realizzate hanno sfidato il tempo e dopo duemila anni sono ancora qui a insegnarci che con la regola dell'arte, l'esperienza e il buon senso si fanno grandi cose. I genieri, considerata la loro capacità tecnica, godevano del privilegio di essere esonerati dalle funzioni che spettavano a un normale legionario e venivano definiti immunes (Le Bohec, 2012); a loro volta, utilizzavano il lavoro manuale dei soldati semplici per costruire quanto da loro progettato. Nel corso del tempo, ovvero nelle epoche repubblicana e imperiale, la legione ha avuto un numero di militari in organico estremamente variabile; nel periodo in cui fu realizzato il Vallo di Adriano una legione presentava in genere un organico di 5000 effettivi a piedi e di 500 cavalieri organizzati in turme.

La vita del legionario non conosceva soste, si spaziava dalle esercitazioni militari alle realizzazioni infrastrutturali più svariate in tempo di inoperosità bellica. Durante i periodi di fermo delle attività militari, soprattutto nei periodi di pace, l'esercito veniva utilizzato nella costruzione di opere pubbliche. Il suo impiego era necessario per ovviare all'ingente costo che sarebbe derivato dal suo mancato utilizzo; inoltre questo coinvolgimento dei soldati era benefico sia per tenerli addestrati al duro lavoro fisico, sia per scongiurare eventuali ammutinamenti e rivolte nel caso fossero stati inattivi. Durante un periodo di fermo delle attività militari in Germania, il già citato Gneo Domizio Corbulone impegnò attivamente e operosamente i suoi uomini nella realizzazione di un canale artificiale navigabile di collegamento tra il fiume Mosa e il vecchio corso del Reno, detto fossa Corbulonis, lungo 34 km. Le opere di ingegneria militare romana sono innumerevoli: lo spettacolare ponte di Traiano sul Danubio, lungo ben 1135 metri, fu uno dei tanti esempi dell'abilità costruttiva dei

genieri romani. Le strade erano fenomenali per la loro bellezza e per la loro stabilità e la Stanegate ne fu un esempio; in un contesto di sentieri paludosi, la realizzazione delle strade costruite con pietre squadrate, che in alcuni tratti sono visibili e percorribili anche ai nostri giorni, incuteva rispetto per il mondo romano.

La costruzione del Vallo

Publio Elio Adriano, imperatore dal 117 al 138 d.C. viaggiò molto lungo l'Impero. In un viaggio in Britannia nel 122 d.C. decise di far realizzare una struttura difensiva che si estendesse dal Solway Firth, sul mare d'Irlanda fino alla foce del fiume Tyne, sul mare del Nord a Segedunum, per prevenire le invasioni da parte dei Caledoni e in particolare delle terribili e temibili tribù dei Picti. Il Muro tagliò in due parti la Britannia settentrionale, come mostrato in fig. 3. Il tracciato prescelto si trova poco distante, a nord della Stanegate che, come detto, costituiva una sorta di limite settentrionale del territorio controllato da Roma. Il Vallo di Adriano è lungo circa 80 miglia romane corrispondenti a circa 120 km. Il muro, che è completamente in territorio inglese ed è ubicato a sud del confine con la Scozia per 15 km sul lato occidentale e per 110 km a est, inizialmente fu costruito con una larghezza pari a 3 m, successivamente ridotta a 2,5 m e ha una altezza stimata intorno a 5 m.

Lungo il muro furono posizionati, o meglio incorporati nella struttura, 14 forti ausiliari, che successivamente divennero 17, e per ogni miglio romano furono previsti 80 fortini adiacenti alle porte, i milecastle. Nel tratto che separava ogni coppia di fortini erano poste due torrette che avevano funzione di punti di osservazione e di segnalazione. I forti ausiliari furono realizzati con l'intento di garantire una sorveglianza più immediata ed efficace mentre i fortini avevano lo scopo di costituire un piccolo presidio per interventi di piccola entità. La struttura difensiva del muro comprendeva, da nord a sud: un fossato, il muro, una strada militare, un secondo

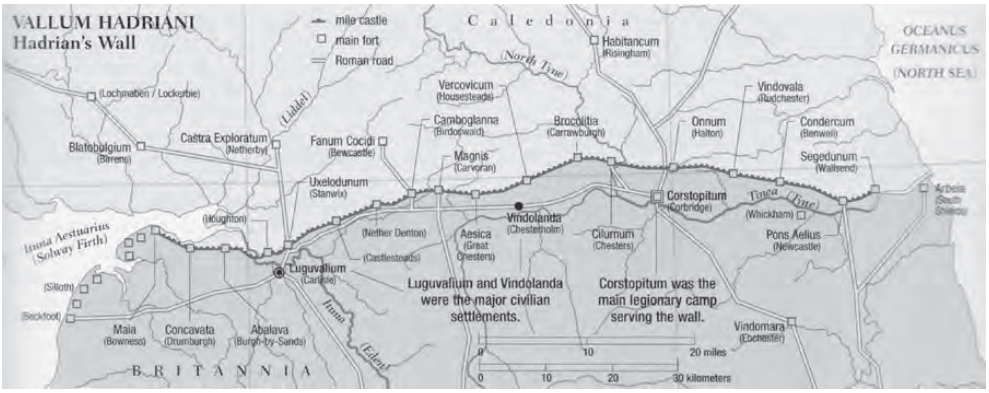


Fig. 3 – Il tracciato del Vallo di Adriano (da [3]).

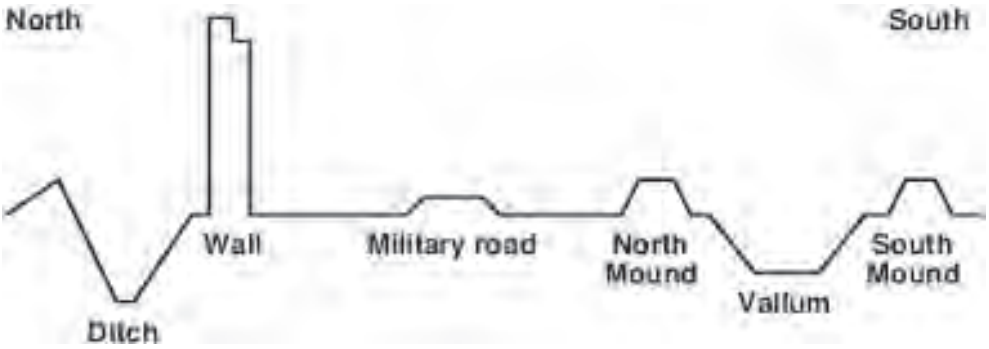


Fig. 4 – La struttura del muro (da [4]).

fossato detto vallum affiancato da alti argini, come mostrato in fig. 4. La costruzione, iniziata nel 122 d.C. a opera del governatore di Britannia, Aulo Platorio Nepote, fu completata in un decennio dalle legioni occupanti l'isola: la II Augusta, La VI Victrix e la XX Valeria Victrix , a ciascuna delle quali era stata affidata la costruzione di un tratto e che successivamente, nel 142, d.C., realizzarono anche il Vallo di Antonino (Lizza, 2018); ogni coorte aveva un ben preciso tratto da realizzare. Il tracciato seguiva il limes già difeso da molti forti principali e da forti ausiliari, tra cui quello di Vindolandia, i cui reperti ci hanno tramandato e descritto molti aspetti della vita quotidiana sul confine dell'impero. Il muro era sorvegliato da alcune vexillationes legionarie, i distaccamenti, e da unità ausiliarie dell'esercito romano, le coorti. Il numero di militari utilizzato fu estremamente variabile nel periodo dell'occupazione, probabilmente intorno a 9000 uomini, compresa fanteria e cavalleria. Si ritiene a giusta ragione che nel corso del tempo molti membri della guarnigione si siano integrati nella comunità locale. Con il declino dell'impero la guarnigione venne ritirata e il muro cadde in disuso; nel corso dei secoli gran parte delle pietre venne utilizzata per la costruzione di edifici del posto, fino al XX secolo, quando si iniziò a percepire e interpretare il muro come bene culturale da tutelare in quanto parte integrante e sostanziale del patrimonio storico, iniziandone così il recupero e la fruibilità.

L'utilizzo del Vallo e il ruolo delle truppe ausiliarie

Il Vallo fu presidiato da alcune vexillationes delle legioni di stanza in Britannia, ma soprattutto dalle coorti delle truppe ausiliarie, prevalentemente arruolate tra le popolazioni dei Tungri e dei Batavi, provenienti dalle attuali regioni del Belgio e della Germania. Queste truppe erano tra la più fedeli e affidabili di tutto l'impero romano ed erano costituite da soldati noti per il loro valore e coraggio; questi uomini erano ormai soldati romani, uno status del quale andavano particolarmente fieri: erano parte di una struttura temuta e rispettata, ma soprattutto facevano parte di un

gruppo unito che condivideva idee, ideali, costumi e modelli di vita. Gli ufficiali, i comandanti delle coorti e i loro centurioni, che erano responsabili del mantenimento dell'ordine sulla frontiera, dovevano ben conoscere la situazione delle varie tribù presenti nell'area sia a nord che a sud del confine, ma soprattutto quali erano i rapporti intercorrenti tra queste tribù e il potere romano, per essere in grado di valutare il grado di pericolo che potenzialmente e praticamente rappresentavano per la tranquillità del territorio la cui sorveglianza era loro affidata. Gli uomini delle guarnigioni dei forti non vivevano isolati rispetto alla popolazione celtica, poiché intorno al forte si sviluppava il *vicus*, ovvero insediamenti civili che spesso offrivano ai soldati una serie di servizi, favorendo gli scambi e il commercio. Le coorti nei forti della frontiera avevano l'importantissimo compito di controllo del territorio, che veniva semplificato dalla presenza del Vallo, dalle strade e dai forti che avevano la funzione di incanalare il movimento di persone e merci lungo direttrici che risultavano essere ben precise e soprattutto protette. I militari romani non assolvevano soltanto al limitato ruolo di polizia di frontiera, ma costituivano anche uno strumento della politica di romanizzazione dei territori e delle popolazioni che in quei territori vivevano; infatti, come già accennato, i soldati oltre a controllare le aree di competenza vivevano nei territori, uscivano dai forti per commerciare con i locali, diffondevano la lingua latina che era usata anche nelle coorti ausiliarie costituite da militari di provenienza non italica, costruivano i loro luoghi di culto e i templi. Talvolta gli uomini, atteso il divieto di prendere moglie per tutti coloro di grado inferiore a quello di centurione, si sposavano morganaticamente con donne locali, originando così una generazione di sangue misto che rappresentò uno dei principali serbatoi di reclutamento per rimpiazzare molte unità. La commistione tra soldati e civili con il passare del tempo determinò l'origine di una area romanizzata sempre più omogenea, molto differente dalle altre aree che erano presenti nei territori che si trovavano oltre il limes. Furono di certo i soldati in modo determinante a contribuire a far nascere l'idea condivisa di provincia e di romanità britannica.

Viaggio ai confini dell'Impero

Ripercorrere a piedi il Vallo di Adriano, in gran parte ancora esistente e con alcuni tratti ben conservati quasi duemila anni dopo la sua realizzazione, come mostrato in fig. 5, è molto emozionante. Il National Trail ha provveduto a renderlo fruibile mediante l'Hadrian's Wall Path, che dal 2003 è un percorso di trekking a lunga distanza, che si snoda tra Bowness on Solway fino a Segedunum, l'odierna Wallsend.

Il percorso dell'Hadrian's Wall Path, lungo 135 km, pari a 84 miglia, si sviluppa su una altezza massima di 345 metri, pari a 1132 piedi, e comprende gli attuali 16 forti, 79 milecastles e 160 torrette esistenti. Il percorso non presenta particolari difficoltà, salvo alcune tratte abbastanza tortuose e impervie; si può percorrere tutto l'anno, ma in genere i periodi più indicati sono maggio–giugno e settembre. Il clima



Fig. 5 – Un tratto del Vallo.

è atlantico, quindi estremamente capriccioso e imprevedibile: nel corso della stessa giornata si passa dalla pioggia al sole più volte ed è pertanto indispensabile vestirsi a strati ed essere ben equipaggiati per la pioggia e il vento. Non vi è una direzione particolare da cui iniziare il percorso: secondo alcuni è conveniente, per avere il vento alle spalle, partire da ovest, ossia da Bowness- on- Solway, mentre molti partono invece da Wallsend, facendo un viaggio *per sottrazione*: partono dalla periferia di una città industriale per dirigersi verso una zona selvaggia che è ancora allo stato brado. L'Autore ha iniziato il percorso da Bowness on Solway, nel punto di partenza/arrivo costituito da una struttura riportante il beneaugurante motto romano: *Fortuna Vobis Adsit* con l'indicazione che Wallsend è a 84 miglia di distanza. La strada è ben segnalata dal simbolo della ghianda, utilizzato come waymarket; nel primo tratto occorre prestare particolare attenzione alle maree del Solway Firth, perché la tratta compresa tra Bowness on Solway nei primi chilometri è soggetta a maree abbastanza importanti: in alcuni tratti arriva infatti fino a 9 m di altezza. A tal riguardo, la scelta della data di partenza è stata stabilita e determinata sulla base delle informazioni riportate in un volumetto delle Tide Table edito dall'Ufficio Idrografico governativo inglese, che contiene le tavole delle maree relative alla località di Silloth, a circa 10 km a sud di Bownss on Solway.

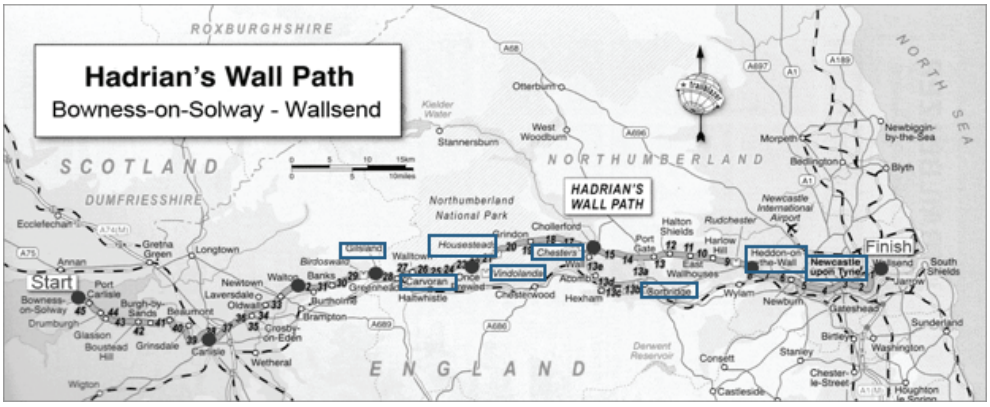


Fig. 6 – L'Hadrian's Wall Path (da [5]). In evidenza le città citate nel testo.

In fig. 6 è riportata una mappa del percorso. Arrivati a Luguvalium, l'odierna Carlisle, nella contea di Cumbria, si costeggia il fiume Eden e si può visitare l'interessante Tullie House Museum, che conserva reperti relativi del Vallo di Adriano. Il percorso, seguendo le ghiande indicatrici, conduce fino a Birdoswald, dove è possibile visitare un forte romano con annesso museo, quindi giunge a Gilsland e, successivamente, a Carvoran, dove si può visitare il Roman Army Museum. Da quel punto si entra nel vivo del Vallo: costeggiando il muro si possono ammirare paesaggi stupendi, iniziando con Walltown Crags; poi si passa per il forte romano di Aesica, quindi ci si immette negli spettacolari scenari di Cawfield Crags con i suoi milecastle. Giunti a Steel Ring, con un breve fuori percorso di qualche miglio è possibile visitare Vindolandia, oggi Chesterholm, con il museo e il sito archeologico. Quello di Vindolandia, che come il Roman Army Museum è gestito da una Charitable Trust, è un importante e interessante sito archeologico, in cui gli scavi sono ancora in corso (Birley, 2016), che ha riservato sorprese entusiasmanti; infatti, attraverso il ritrovamento delle cosiddette tavolette di Vindolandia, molte delle quali sono attualmente esposte nella sezione romana del British Museum a Londra, è stato possibile ricostruire la vita nel forte ausiliario di Vindolandia e le condizioni di vita dei militari ai confini dell'impero, dando così uno spaccato di vita quotidiana della realtà di chi viveva sull'estrema frontiera romana settentrionale. Riprendendo il percorso dell'Hadrian's Wall Path, in fig.7, si arriva all'importante sito di Vercovicium, nei pressi di Housesteads, con il museo e il forte romano. Proseguendo ancora lungo il percorso che si sviluppa in prossimità della strada B6318, si arriva a Carrawburgh, dove è possibile visitare il tempio di Mitra, una divinità adorata in particolare dai militari, si incontra quindi il sito di Brocolitia e poi a poche miglia di distanza, è possibile visitare il forte romano di Cilurnum, a Chesters, e l'annesso Clayton Museum; l'area archeologica è ben conservata e in par-

ticolare sono visitabili le terme in prossimità delle rive del fiume North Tyne. Il Clayton Museum raccoglie una serie di reperti strepitosi: vi sono lapidi con incisi i nomi delle coorti e delle legioni che hanno costruito il Vallo di Adriano, pietre miliari e altri interessanti reperti ritrovati nell'area del forte di Cilurnum. Proseguendo nel viaggio c'è un altro fuori percorso di poche miglia che conviene fare per avere la possibilità di visitare Corstopitum, l'attuale Corbridge, con il museo e l'annesso forte romano. Il sito archeologico è molto ben conservato e nel museo è possibile ammirare il leone di Corbridge, una bellissima scultura del II secolo d.C., e una serie straordinaria di reperti provenienti dall'area archeologica. Riprendendo il tracciato dell'Hadrian's Wall Path si giunge quindi a Heddon on the Wall, dove si abbandona la contea del Northhumberland per entrare nel territorio della contea del Tyne and Wear, per giungere infine a Pons Aelius, l'odierna Newcastle upon Tyne, in cui è possibile visitare il Great North Museum: Hancock in cui sono presenti molti reperti del Vallo di Adriano e una mostra multimediale interattiva sul Vallo e sulle persone che vivevano lungo la frontiera. Da Newcastle, attraversando la periferia della città, dopo poche miglia, si arriva fino a Segedunum, oggi Wallsend, dove il viaggio termina con la visita al museo, alle terme romane che sono nelle adiacenze del fiume Tyne, e al forte romano. La spettacolare torre che sovrasta il sito, uguale in tutto a una vera e propria torre di controllo, fa godere di una bellissima vista sui resti del forte.



Fig. 7 – Vercovicium.

Il Patrimonio e la tutela dell'UNESCO

Il Vallo di Adriano insieme e il limes retico germanico, nel 1987, e il Vallo di Antonino (Lizza, 2018), nel 2008, rappresentano le frontiere dell'impero romano che sono state dichiarate dall'Unesco Patrimonio dell'Umanità.

Il National Trust e le iniziative culturali

Il National Trust[1] si occupa di garantire la fruibilità del Vallo di Adriano attraverso azioni mirate che sono volte alla sua valorizzazione e alla sua conservazione. Numerose sono le iniziative per diffondere la storia di questa prestigiosa opera di



Fig. 8 – La parte centrale del Vallo.

ingegneria militare ancora oggi imponente, infatti una significativa porzione della parte centrale del Vallo è esistente ed in ottime condizioni, come mostrato in fig. 8. In particolare, nel corso del 2017, in occasione del trentennale della riconoscimento Unesco, in diversi punti del Vallo sono state tenute manifestazioni con esibizioni della Hadrian's Cavalry.

Conclusioni

Il Vallo di Adriano, oltre che essere stato da sempre un sistema difensivo, è stato soprattutto un meraviglioso strumento di integrazione e di interazione tra i popoli. Ripercorrerlo a piedi dopo circa duemila anni dà la possibilità non solo di ammirare una straordinaria opera di ingegneria militare romana ma anche di riflettere su come siano valorizzate e conservate con cura le vestigia del passato che rappresentano un esempio e un monito per le generazioni future.

Bibliografia

Birley E. 2016. *The Vindolandia Guide*. Vindolandia: Vindolandia Charitable Trust

Le Bohec Y. 1992. *L'esercito romano*. Roma: Carocci.

Lizza A. 2018. Viaggio lungo il Vallo di Antonino. Atti del 7° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria – 3rd International Conference, Napoli, aprile.

Pollard N., Berry J. 2012. *The complete roman legions*. Londra: Thames & Hudson.

Bibliografia generale di riferimento

AA.VV. 2017a. *Hadrian's Cavalry*. Newcastle:Hadrian's Wall Contry
AA.VV. 2017b. *Segedunum Roman Fort, Baths & Museum*. North Tyneside: North Tyneside Council
Carcopino J. 2014. *La vita quotidiana a Roma*. Bari: Laterza.
Cascarino G. 2008. *L'esercito romano.* vol.II. San Marino: Il cerchio.
Cascarino G. 2010. *Castra*. San Marino: Il cerchio.
Dolby D. 2017. *Silloth Tide Tables 2017*. Taunton: UK Hydrographic Office.
English Heritage Guidebook. 2016a. *Hadrian's Wall*
English Heritage Guidebook. 2016b. *Birdoswald Roman Fort*
English Heritage Guidebook. 2016c. *Housesteads Roman Fort*
English Heritage Guidebook. 2016d. *Chesters Roman Fort and Clayton Museum*
English Heritage Guidebook. 2016e. *Roman Corbridge*
Geraci G., Marcone A. 2016. *Storia romana*. Firenze: Le Monnier.
Giardina A. 2017. *L'uomo romano*. Bari: Laterza.
Luttwak E.N. 2016. *La grande strategia dell'Impero Romano*. Milano: BUR.
Malacrino C.G. 2013. *Ingegneria dei greci e dei romani*. Verona: Arsenale.
Matteoni S. 2016. *Sul confine dell'Impero*. Firenze: Giunti.
McNab C. 2011. *L'esercito di Roma*, Ed. Libreria Goriziana.
Paoli U.E. 2014. *Vita romana*. Milano: Mondadori.
Silcan L.A. 2013. *Il Vallo di Adriano*. Aosta: Keltia
Simm G., Megarry J. 2016. *Hadrian's Wall Path*. Edinburgh: Rucksack Reader.
Staccioli R.A. 2010. *Strade romane*. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Sitografia

[1] http://www.castlesfortsbattles.co.uk/perth_fife/gask_ridge_frontier.html
[2] http://irisonline.org.uk/index.php/features/347-the-stanegate-frontier-life-in-roman-britain-before-hadrian-s-wall
[3] https://www.google.it/search?q=vallo+di+adriano&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjI06zr2cbYAhUQJewKHYdxDB0Q_AUICigB&biw=1821&bih=849#imgrc=ruBt3hkYsnBpVM:
[4] https://www.romeacrosseurope.com/?p=6272#stash.34cmQrFy.dpbs
[5] https://followinghadrian.files.wordpress.com/2014/01/wall_path_map_lg.png

Note

1. Il National Trust è l'agenzia governativa che cura la conservazione e la manutenzione del Vallo, l'English Heritage è invece responsabile dei siti museali di Birdoswald, Housesteads, Chesters e Corbridge mentre la Vindolandia Charitable Trust è responsabile sia del Roman Army Museum a Carvoran che del sito museale e archeologico di Vindolandia. Il sito museale di Segedunum rientra invece nelle competenze del Tyne and Wear Museums del North Tyneside Council.

Andrea Lizza

Viaggio lungo il Vallo di Antonino

Abstract

The memory describes the current state of Antonine Wall in the light of a recent journey in search of what was the northern edge of the Roman Empire. The extraordinary finds kept in the museums existing in the vicinity of this military achievement still testify to what was the way to be and live the Romans. The Antonine Wall in 2008 was declared a World Heritage Site by UNESCO.

Premessa

La memoria descrive l'attuale stato del vallo di Antonino alla luce di un recente viaggio dell'Autore alla ricerca di quello che fu l'estremo confine settentrionale dell'impero romano. Gli straordinari reperti custoditi nei musei esistenti nelle adiacenze di questa realizzazione militare testimoniano ancora quello che fu il modo di essere e di vivere dei romani. Il Vallo di Antonino nel 2008 è stato dichiarato patrimonio dell'umanità dall'Unesco.

Le opere di ingegneria militare romana, le differenze con il Vallo di Adriano

Le opere di ingegneria militare romana sono estremamente importanti per la loro duplice funzione, da un lato quella legata alla conquista dei territori attraverso la costruzione dei castra, ovvero degli accampamenti, che venivano realizzati con estrema perizia e precisione in qualsiasi condizione operativa, e delle strade e dall'altro quella connessa alla civilizzazione dei territori conquistati. Quando nel 122 d.C. l'imperatore Adriano ordinò la costruzione del Vallo (Lizza, 2018) pensava al consolidamento dei confini dell'impero attraverso opere difensive che furono realizzate per delimitare il limes romano, cioè un'area di influenza e di controllo politico e militare, nonché economico.

Nel caso del Vallo di Adriano, realizzato immediatamente a nord della Stanegate che costituiva un asse portante della viabilità stradale di quei tempi, gli ingegneri romani costruirono una struttura formata, procedendo da nord a sud, da un fossato, un muro vero e proprio alto circa 5 m, una strada militare larga circa 6 m e infine un secondo fossato, il vallum. che presentava degli alti argini (Lizza, 2018). La struttura del Vallo data anche la presenza dei forti e dei fortini presenti a ogni miglio, i milecastle, costituiva una struttura rigida. L'imperatore Antonino Pio, successore

di Adriano, continuò la politica di difesa dell'impero e di consolidamento dei territori conquistati; durante il suo regno fu garantita la pace, vi fu una buona amministrazione delle province, si svilupparono i commerci e la civiltà grecolatina pervase tutte le terre conquistate, favorendo la romanizzazione dei territori e delle popolazioni. In quest'ottica Antonino Pio estese più a nord i confini della Britannia, realizzando nel giro di un paio di anni a partire dal 142 d.C. il Vallo che da lui prese il nome, in fig. 1, 160 km a nord di quello di Adriano.



Fig. 1 – Il Vallo di Antonino e quello di Adriano (da [1]).

La realizzazione del Vallo

La costruzione del Vallo iniziò nel 142 d.C. e terminò nel 144 d.C, a opera delle tre Legioni che erano a quel tempo presenti in Britannia, la II Augusta, la VI Victrix e la XX Valeria Victrix, cosi come testimoniato anche dai numerosi reperti archeologici conservati in sito e nei musei.



Fig. 2 – Una immagine del Vallo di Antonino.

Il Vallo, realizzato come ulteriore baluardo difensivo che si affiancava al Vallo di Adriano, rappresentava l'estremo confine settentrionale della Britannia, un confine mobile con le popolazioni Caledoni e le tribù dei Picti, che risiedevano nel tratto a monte e costituisce una sorta di intervento di ingegneria naturalistica, reversibile, che asseconda il paesaggio collinare tipico della Scozia meridionale, come ben visibile in fig. 2. La struttura si estende per 63 km, pari a 39 miglia, da Old Kilpatrick nel West Dunbartonshire fino a Bo'ness, sul Firth oh Forth, ed era costituita da due sole parti: a nord un ampio fossato e un terrapieno alto 4 m su cui era innalzata una palizzata di legno, a sud una strada militare che facilitava il movimento delle truppe e univa tra di loro i 19 forti principali, i fortini e le torri di avvistamento presenti lungo il percorso; la distanza tra due forti contigui era di circa 3,5 km, come mostrato in fig. 3.

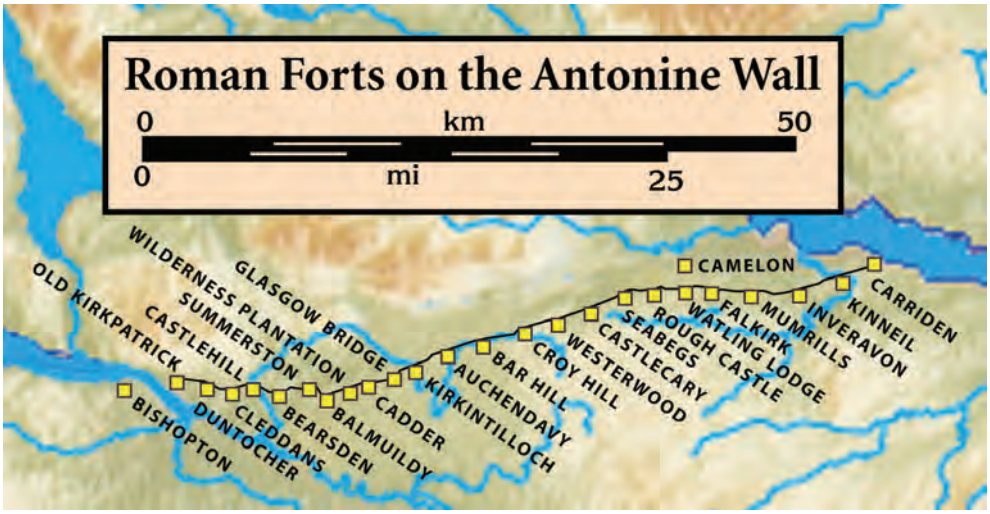


Fig. 3 – Forti e fortini del Vallo di Antonino (da [2]).

Il ruolo delle legioni

Il ruolo delle legioni appare di fondamentale importanza nella realizzazione delle grosse opere infrastrutturali nei territori dell'Impero. In particolare, in Britannia, agli inizi del II sec. d.C., erano presenti, come detto, tre legioni che ebbero un ruolo determinante nella costruzione dapprima del Vallo di Adriano e successivamente di quello di Antonino; si ipotizza comunque che probabilmente anche le truppe ausiliarie abbiano dato un contributo alla realizzazione di queste opere di ingegneria militare romana.

La Legione II Augusta fu creata da Ottaviano e dal Console Gaio Vibio Pansa Cetroniano; partecipò all'invasione della Britannia nel 43 d.C. e dimostrò di essere una delle migliori legioni durante la rivolta britannica guidata dalla regina Boadicea. La Legione occupò varie basi: nel 74 d.C. era di stanza a Glevum (Gloucester) e successivamente ad Isca Silurum (Caerleon), nel Galles del Sud. I suoi simboli erano il capricorno e Pegaso; il primo era il segno zodiacale di Augusto, mentre Pegaso, il cavallo alato, indicava la capacità della legione di colpire dietro le linee nemiche a causa della sua familiarità con gli attacchi anfibi.

La Legione VI Victrix fu creata da Ottaviano dopo un lungo periodo di servizio in Spagna; fu spostata nel 119 dall'imperatore Adriano nella Britannia Settentrionale, dove ebbe un ruolo chiave nelle operazioni militari legate alle rivolte anti romane e rimpiazzò la Legio IX Hispana che aveva subito molte perdite. La sede della Legione era nella fortezza di Eboracum (York). Il simbolo della legione era probabilmente il toro, l'appellativo Victrix invece risale al tempo dell'imperatore Nerone, quando la

legione si spostò a Castra Vetera (Xanten) nella Germania Inferiore, dove si distinse particolarmente per le vittorie conseguite.

La Legione XX Valeria Victrix, arruolata da Augusto, si era particolarmente distinta in Spagna, poi in Dalmazia e Pannonia e infine in Germania, prima di partecipare all'invasione della Britannia del 43 d.C. dove rimase e fu attiva fino almeno all'inizio del IV sec. d.C. Il simbolo della legione era il cinghiale. Il termine Valeria Victrix ha origini incerte: potrebbe da un lato derivare dal valore militare della Legione, valorosa e vincitrice, dall'altro rappresentare un legame con la gens Valeria, in particolare potrebbe essere legato alla vittoria del Console Valerio Messalla Messallino contro i Pannoni, che non solo gli meritò gli ornamenta triumphalia, ma permise che la Legione che comandava e che partecipò alle operazioni militari potesse fregiarsi appunto del titolo di Valeria Victrix (Pollard e Berry, 2012). La sede della legione era nella fortezza di Deva o Castra Devana nella attuale Chester, capoluogo della contea del Cheshire.

Occupazione e abbandono delle strutture difensive e ritorno al confine segnato dal Vallo di Adriano

Il Vallo, nella sua funzione di presidio militare della frontiera, fu occupato da truppe ausiliarie, generalmente reclutate nelle aree di influenza germanica dell'impero; fedelissime ed estremamente competenti nello svolgimento delle azioni militari, erano in tutto e per tutto soldati romani e ne andavano particolarmente fieri (Lizza, 208). Le condizioni di vita dei militari erano molto più complesse di quelle che si avevano nel Vallo di Adriano: nel Nord il clima era particolarmente freddo, con inverni molto rigidi, e le popolazioni erano più ostili e notevolmente feroci e agguerrite nei confronti dei romani.

Nelle immediate vicinanze del Vallo i militari avevano comunque scambi e commerci con le popolazioni locali e contribuirono non poco alla diffusione degli usi e dei costumi propri della civiltà romana in modo da favorire il processo di romanizzazione dei territori.

Il numero di militari posti a presidio della frontiera era di circa 9000 uomini, lo stesso del Vallo di Adriano (Lizza, 2018), così come per il contingente, composto da vessillazioni legionarie e dalle coorti ausiliarie utilizzato lungo la frontiera, anche se il Vallo di Antonino era meno esteso rispetto a quello di Adriano. Il Vallo di Antonino fu abbandonato venti anni dopo la sua costruzione, nel 164 d.C., quando le legioni si ritirarono a sud del Vallo di Adriano, che riprese così la sua funzione di frontiera. Solo nel 208 d.C., a opera dell'imperatore Settimio Severo, che volle riconsolidare la frontiera della Britannia, il Vallo riprese nuovamente la sua funzione di confine settentrionale, ne furono restaurate alcune parti ma la rioccupazione durò solo pochi anni; per questo motivo spesso il Vallo di Antonino è spesso chiamato anche Vallo Severiano.

Viaggio lungo il Vallo di Antonino

Il Vallo di Antonino, a differenza del Vallo di Adriano, non è oggi facilmente individuabile, anche perché la maggior parte di esso è oggi distrutta, come mostrato in fig. 2, forse per via delle sue caratteristiche costruttive.

Il viaggio si può iniziare percorrendo il Vallo a partire da ovest verso est, ossia dal Firth of Clyde fino al Firth of Forth, attraversando le seguenti località: il West Dunbartonshire, l'area della City di Glasgow, L'East Dunbartonshire, il North Lanarkshire e l'area della città di Falkirk. I forti e i fortini del Vallo che si incontrano lungo il percorso sono riportati in fig. 3. Lungo il percorso, alcune delle sezioni del Vallo di Antonino sono ancora ben visibili e perfettamente conservate a Bearsden, Kirkintilloch, Twechar, Croy, Falkirk e Polmont.

Il percorso di trekking, la fruibilità, la sostenibilità ambientale e le iniziative culturali

Il percorso di trekking si sviluppa attraverso le aree delle cinque località citate, i cui Enti territoriali ne assicurano la fruibilità e la conservazione.

Il Vallo di Antonino rientra sotto la tutela di Historic Scotland (Breeze, 2013), un'agenzia esecutiva del governo scozzese responsabile dei monumenti storici in Scozia, che risponde direttamente ai Ministri scozzesi per tutto quanto attiene la salvaguardia dell'eredità nazionale e per la promozione, lo studio e la fruibilità del patrimonio culturale. Il percorso interessa tutto il Vallo che, come detto, è lungo 63 km, da Old Kilpatrick a Bo'ness. Durante il percorso si toccano punti notevoli sia per l'interesse storico che per i meravigliosi scenari naturali delle colline scozzesi quali Castlehill, Bearsden, Kirkintilloch, Bar Hill, Croy Hill, Rough Castle, Falkirk Polmont, Carriden. I percorsi sono indicati da waymarket riportanti un cavaliere con lancia che rappresenta il logo del Vallo di Antonino, in fig.4.

Oltre ai siti archeologici incontrati lungo il percorso è possibile visitare quattro importanti musei in cui si possono ammirare preziosi reperti, quali oggetti personali, lapidi, altari e pietre miliari ritrovati lungo il Vallo di Antonino. Il primo museo che si incontra fuori il percorso è l'Hunterian Museum dell'University of Glasgow, che presenta una ricca collezione di reperti provenienti dal Vallo (Gaimster, 2012).

Lungo il tracciato si può invece visitare l'Auld Kirk Museum di Kirkintilloch, con i suoi reperti e le sue colonne miliari; immediatamente fuori dal museo alcuni gradini ricordano il punto esatto di passaggio del Vallo.

Proseguendo in direzione di Falkirk, si incontrano il Callendar Park, in fig. 5, che presenta un tratto ben conservato, e la Callendar House, con il suo museo con reperti provenienti dal Vallo, subito dopo Falkirk un altro tratto ben conservato e visibile del Vallo di Antonino è nella foresta di Polmont.

Infine, fuori percorso, a Edimburgo, è imperdibile una visita alla sezione romana del National Museum of Scotland, ricca di reperti che testimoniano la presenza



Fig. 4 – Il percorso di trekking.



Fig. 5 – Il Callendar Park.



Fig. 6 – Una lastra conservata nel National Museum of Scotland.

romana con informazioni sulla vita quotidiana dei romani e delle popolazioni che vivevano lungo la frontiera delimitata dal Vallo di Antonino, in fig. 6.

Il Patrimonio e la tutela dell'UNESCO

Nel 2008 l'UNESCO ha dichiarato il Vallo di Antonino Patrimonio dell'Umanità, insieme al Vallo di Adriano e al limes retico–germanico.

Conclusioni

Ripercorrere a piedi il Vallo di Antonino consente non solo di ammirare delle importanti vestigie storiche della civiltà romana, dal momento che questa grande opera di ingegneria militare romana testimonia il grande livello organizzativo e la grande competenza tecnica delle legioni che l'hanno realizzata, ma consente anche di fruire dei meravigliosi scenari delle colline scozzesi.

Bibliografia

Lizza A. 2018. Viaggio ai confini dell'Impero: il Vallo di Adriano. *Atti del 7° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria – 3rd International Conference*, Napoli, aprile.

Bibliografia generale di riferimento

Breeze D.J. 2013. *The Antonine Wall*. Birlinn: Historic Scotland.
Gaimster.2012.*The Hunterian,University of Glasgow*. Glasgow: Scala Publisher Ltd
Carcopino J. 2014. *La vita quotidiana a Roma*. Bari: Laterza.
Cascarino G. 2008. *L'esercito romano.* vol.II. San Marino: Il cerchio.
Cascarino G. 2010. *Castra*. San Marino: Il cerchio.
Geraci G., Marcone A. 2016. *Storia romana*. Firenze: Le Monnier.
Giardina A. 2017. *L'uomo romano*. Bari: Laterza.
Le Bohec Y. 1992. *L'esercito romano*. Roma: Carocci.
Luttwak E.N. 2016. *La grande strategia dell'Impero Romano*. Milano: BUR.

Malacrino C.G. 2013. *Ingegneria dei greci e dei romani*. Verona: Arsenale.
Matteoni S. 2016. *Sul confine dell'Impero*. Firenze: Giunti.
McNab C. 2011. *L'esercito di Roma*, Ed. Libreria Goriziana.
Paoli U.E. 2014. *Vita romana*. Milano: Mondadori.
Pollard N., Berry J. 2012. *The complete roman legions*. Londra: Thames & Hudson.
Staccioli R.A. 2010. *Strade romane*. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Sitografia

[1] https://it.wikipedia.org/wiki/Vallo_di_Adriano
[2] https://it.wikipedia.org/wiki/Vallo_Antonino

Francesco Colussi, Carlo Leggieri

L'acquedotto augusteo del Serino a nord di Neapolis nell'area compresa tra la Sanità e i Ponti Rossi

Abstract

The identification of two water channel bridges of the Serino aqueduct in the area limited by via Arena and vico Traetta has sparked an interesting research, which has led to a series of explorations along the line of the monumental water infrastructure.

An immense cistern, located along the line of the channels, next to the Hellenistic necropolis, is under investigation. Excavated into the tufa bedrock and covered with cocciopesto, it is characterized by a ceiling, which exploits the original vaults of two funerary chambers, whose floor was destroyed in order to enhance the volume; on the opposite side a massive empty pillar has the double function of support for the ceiling and well for water extraction. North-eastward, uphill from via Foria in the "Miracoli" neighborhood, a new piece of the ancient aqueduct has been identified. The channel runs underground for 220 m and presents seven aeration wells.

Introduzione

Il ritrovamento e l'identificazione dei ponti-canale dell'acquedotto augusteo del Serino alla Sanità (Colussi e Leggieri, 2016) hanno costituito i presupposti per condurre ulteriori indagini mirate a ricostruire il tracciato dell'acquedotto verso nord-est, dove esiste un altro tratto ben noto, quello dei cosiddetti Ponti Rossi. Lo studio, ancora in corso, ha permesso di raccogliere ulteriori interessanti dati che arricchiscono notevolmente la conoscenza dell'opera.

La ricerca è stata condotta avendo ben presente che lo sviluppo del tracciato ha condizionato il costruito delle strutture edilizie seicentesche, che all'acquedotto si sovrappongono, utilizzandolo spesso come fondazione; nel contempo ha recepito la mutata morfologia dei luoghi, risultato degli apporti alluvionali dalle colline circostanti. In fig. 1 è riportato un plausibile andamento del tracciato tra i punti che hanno finora restituito elementi significativi: palazzo Peschici-Maresca, palazzo Traetto e palazzo de' Mari, la cui planimetria è in fig. 2, e la zona Miracoli, a ridosso della Sanità, in fig. 3.

I tratti documentati non sono continui, ma forniscono informazioni utili per ricostruire parte del tracciato, oltre che per illustrare diverse tipologie di opere idrauliche: ponte-canale, speco in galleria con pozzi di aerazione, cisterna impermeabilizzata con cocciopesto e pozzo circolare per il prelievo dell'acqua.

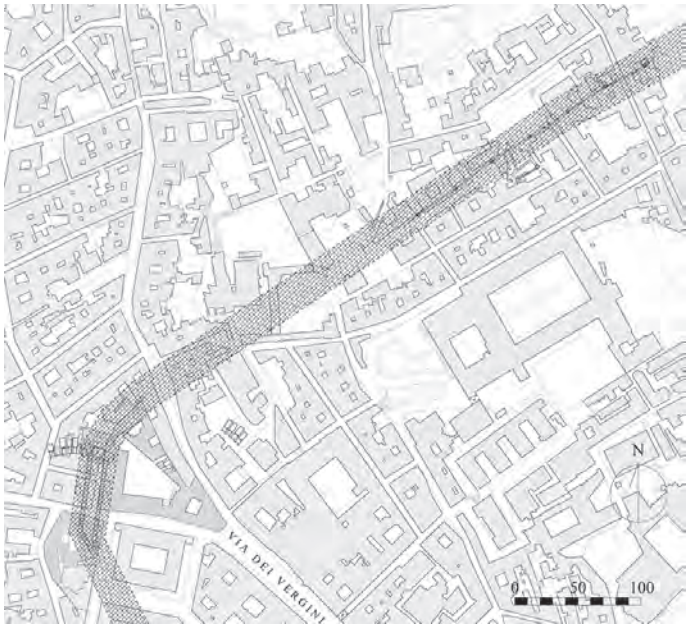


Fig. 1 – Planimetria della zona indagata. In evidenza l'area del tracciato dell'acquedotto augusteo del Serino: A: in zona Sanità; B in zona Miracoli.

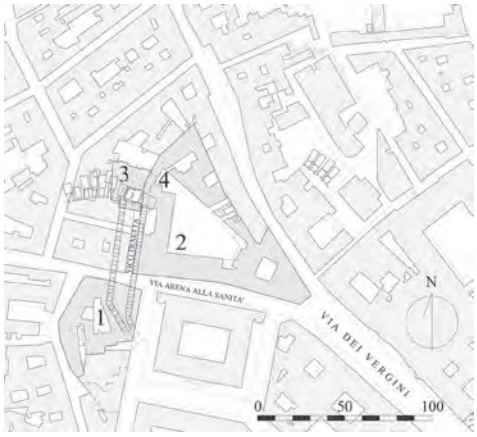


Fig. 2 – Planimetria area Vergini-Sanità (A in fig. 1): 1) palazzo Peschici-Maresca con ponti-canale, 2) palazzo Traetto, 3) palazzo de' Mari, 4) cisterna con pilastro-pozzo.



Fig. 3 – Planimetria della zona Miracoli (B in fig. 1): 5) speco in galleria tra salita Montagnola e vico Tavernola.



a) *b)*

Fig. 4 – Palazzo Traetto canale est: a) parete esterna; b) speco riutilizzato come laboratorio..

La datazione delle diverse opere va dal I secolo a.C., quando iniziò la costruzione dell'acquedotto augusteo, al periodo in cui l'acquedotto, ormai in disuso, fu in parte riutilizzato come cisterna.

Palazzo Traetto

L'ampio giardino del palazzo del principe di Traetto, costruito alla fine del XVI sec., era delimitato a ovest dalle strutture dell'acquedotto costruite parallelamente al ponte-canale augusteo, come evidenziato in fig. 2.

I resti della parete occidentale del canale, in opera laterizia, costituivano infatti il limite esterno del muro di cinta integrato da muratura in blocchi di tufo nella parte superiore, di cui è rimasta una evidenza, mostrata in fig. 4a.

In prossimità dell'ingresso su via Arena alla Sanità n. 21 i successivi ampliamenti del palazzo hanno inglobato un tratto dello speco oggi utilizzato come laboratorio, in fig. 4b. Il volume riutilizzato costituisce un esempio emblematico d'integrazione di un'evidenza antica nella trama del tessuto edilizio moderno e l'uso rispettoso del bene diventa opportunità di conservazione.

Palazzo de' Mari

Palazzo de' Mari, realizzato nel XVI secolo, inglobò diverse parti dell'acquedotto augusteo e della più antica necropoli ellenistica di cui due camere funerarie furono trasformate prima in cave per l'estrazione del tufo e successivamente in cisterne. In fig. 5 ne è riportata la planimetria.

Il canonico Carlo Celano (Celano, 1692) nella sua guida scrisse: "E nell'anno 1685, nella casa di Francesco de' Mari, non lontano dalla chiesa della Sanità, si trovò un luogo di cimitero con molte urne, che stimasi essere state di Epicurei..."

La necropoli di palazzo de' Mari fu approfonditamente studiata, alla fine del XIX secolo, dall'archeologo e architetto napoletano Michele Ruggiero il quale, per poter sviluppare la ricerca, acquistò l'intero palazzo (Ruggiero, 1888) del quale documentò accuratamente le opere ellenistiche e le successive strutture romane rinvenute nel sottosuolo, ma non riconobbe queste ultime come appartenenti all'acquedotto. In particolare, descrivendo la scala seicentesca che dal cortile conduce ai monumenti sepolcrali ellenistici, Ruggiero non rilevò che larga parte di questa tagliava i possenti pilastri del ponte-canale, nè identificò il pilastro che si appoggia al prospetto ellenistico a semicolonne in prossimità dell'ultimo rampante, in fig. 6.

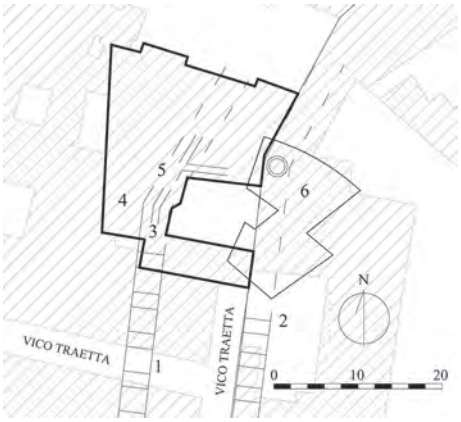


Fig. 5 – Palazzo de' Mari: 1) ponte-canale dell'acquedotto augusteo; 2) ponte canale est; 3) sezione dello speco augusteo; 4) piegatura della parete ovest del canale augusteo; 5) intersezione dello speco augusteo con quello trasversale; 6) cisterna con pilastro pozzo. La linea in grassetto indica i confini del palazzo, l'altra quelli della cisterna.



Fig. 6 – Palazzo de' Mari, acquedotto augusteo: intersezione di un pilastro del ponte-canale con il prospetto monumentale della necropoli ellenistica.



a) *b)*

Fig. 7 – Palazzo de' Mari, sezioni dello speco augusteo visibili sul pianerottolo a circa 1 m dal livello del cortile: a) particolare delle pareti interne; b) particolare del piano di scorrimento.

Il filare in opera reticolata in fig. 7a, ancora oggi visibile lungo il limite del pianerottolo della scala moderna del palazzo, anch'esso descritto ma non identificato da Ruggiero, risulta essere la parete interna lato ovest dello speco largo circa 0,80 m; la parete est, conservata per un'altezza di circa 1 m in fig. 7a, è leggibile in sezione sul lato ortogonale che delimita il pianerottolo. Il fondo del canale non è visibile in quanto coperto dalla pavimentazione ma, nel terraneo retrostante al pianerottolo, si legge in tutta evidenza la parte inferiore dello speco completa degli strati di allettamento in continuità con i pilastri sottostanti, in fig. 7b.

Nel terraneo, la parete ovest del ponte-canale, caratterizzata da paramento in laterizio, a una distanza di circa 1,5 m dalla sezione dello speco descritta, piega di circa 20° verso est, come evidenziato in pianta in fig. 5 e illustrato in fig. 8.



Fig. 8 – Palazzo de' Mari, canale augusteo: parete esterna in opera laterizia, particolare della piegatura

Poco oltre, l'intera sezione dello speco augusteo, completa di copertura, è occupata da un bagno realizzato nel secondo dopoguerra, in fig. 9a. Proseguendo in direzione nord, a seguito di



a) *b)*

Fig. 9 – Palazzo de' Mari, acquedotto augusteo: a) speco riutilizzato come bagno; b) intersezione con speco trasversale.

una serie di ulteriori tagli e rimaneggiamenti, lo speco è visibile parzialmente, e solo nella parte superiore, in quanto inglobato nella fabbrica moderna. A circa 7 m dalla piegatura del ponte-canale augusteo si rileva la presenza di un ramo trasversale, in fig. 9b, orientato verso il ponte-canale realizzato in epoca successiva, la cui funzione al momento è ancora da definire.

Cisterna con pilastro pozzo

La gigantesca cisterna con pianta a "S" interamente scavata nel banco tufaceo, riportata in fig. 5, è sottoposta al tracciato dell'acquedotto parallelo al ponte-canale augusteo e riveste particolare interesse. L'invaso è in parte costituito dal volume di due camere funerarie contigue, delle quali è stato sfondato il pavimento in un momento difficile da determinare. Particolarissima la soluzione adottata per la copertura, costituita da un lato dalle volte delle due camere funerarie e, dal lato opposto, da un tetto di tufo sostenuto da un poderoso pilastro cavo, con diametro di circa 2 m, che assolve anche alla funzione di pozzo per l'attingimento come evidenziato in fig. 10a.



a) *b)*

Fig. 10 – Palazzo de' Mari, cisterna con pilastro pozzo: a) pilastro pozzo; b) camere funerarie ellenistiche riutilizzate.

Le pareti rivestite senza soluzione di continuità di intonaco idraulico perfettamente conservato mostrano, ben leggibili, tracce orizzontali parallele lasciate dai diversi livelli di riempimento, come evidente in fig. 10b.

Lungo la parete est, coincidente con la parete orientale dell'ultima camera funeraria, all'attacco della volta sono presenti due finestre di aerazione chiuse da spesse lastre traforate di ardesia.

Lo stato di progressione dello studio non consente ancora la datazione dell'opera.

Zona Miracoli

L'identificazione nel 2015 di due ponti-canale dell'acquedotto augusteo del Serino nel piano cantinato di palazzo Peschici-Maresca (Colussi e Leggieri, 2016) e le testimonianze bibliografiche dal XVI al XIX sec. hanno permesso di ipotizzare e rappresentare su cartografia un plausibile andamento dei due chilometri di tracciato tra i Ponti Rossi e la Sanità.

Nell'ottobre del 2015, a valle della presentazione al pubblico dei ponti-canale, il presidente del Centro Speleologico Meridionale, ing. Clemente Esposito, descrisse agli Autori un canale lungo circa 220 m ubicato in zona Miracoli tra salita Monta-

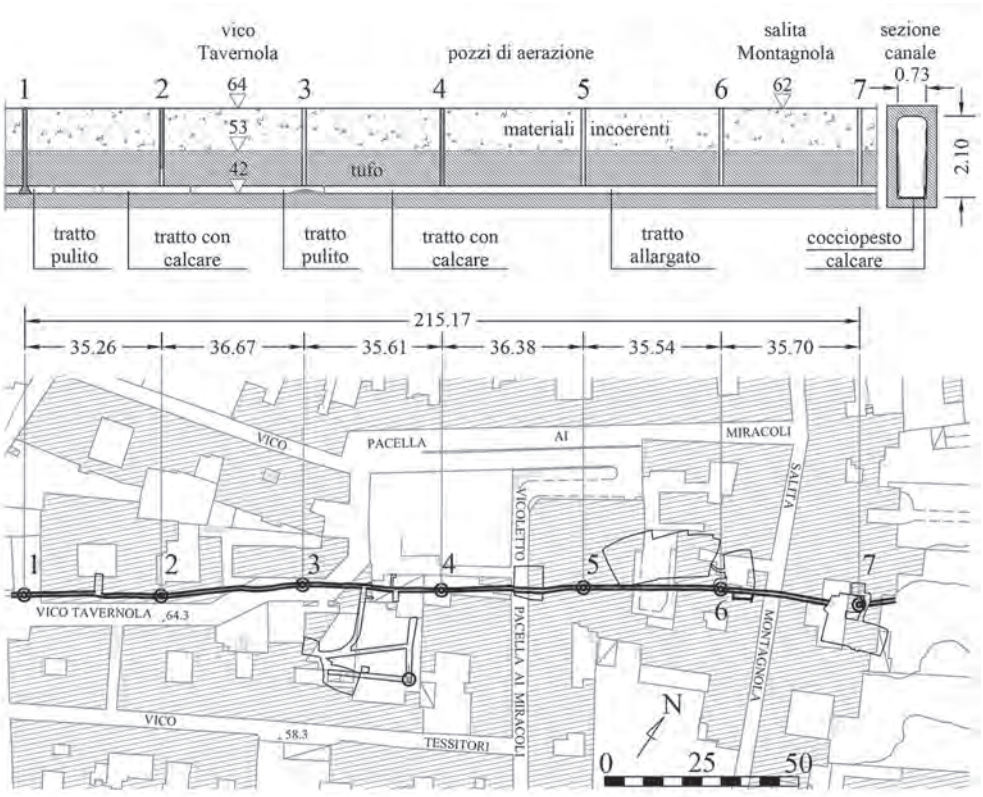


Fig. 11 – Zona Miracoli, acquedotto augusteo: tracciato e sezioni dello speco. La planimetria è stata elaborata sulla base della documentazione della cavità censita al n° 364 dall'Ufficio Difesa idrogeologica del Comune di Napoli.

gnola e vico Tavernola che, indagato agli inizi degli anni ottanta del XX sec., fu erroneamente interpretato come parte dell'acquedotto del Carmignano, realizzato tra il 1627 e il 1631. In realtà, l'acquedotto seicentesco raggiungeva la città di Napoli alla quota altimetrica di 25 m s.l.m. (Lapegna, 1987) mentre lo speco in oggetto presenta la platea a circa 42 m s.l.m., quota coerente con quelle dell'acquedotto augusteo del Serino; in fig. 11 sono riportati il tracciato e le sezioni dello speco.

Le quattro rampe di scale, tre in discesa e una in salita, che permettono di raggiungere il canale da un piccolo cortile di vico Tessitori, erano ostruite da notevoli quantità di rifiuti e materiali di risulta sversati dal secondo dopoguerra in poi. Dopo averne segnalato l'identificazione alla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per il comune di Napoli, è stata sgombrata la scala e il canale augusteo è stato reso accessibile grazie all'indispensabile supporto dell'Ufficio Difesa idrogeologica del



a) *b)*

Fig. 12 – Zona Miracoli, acquedotto augusteo: a) andamento dello speco; b) pozzo di aerazione.

territorio e sicurezza abitativa del Comune di Napoli, rappresentato da Mario Alamaro, e con il prezioso contributo dei volontari delle associazioni Celanapoli, coordinati da Carlo Leggieri, e Borbonica Sotterranea, coordinati da Gianluca Minin, il quale peraltro ne aveva già effettuato un'ispezione nel 2008 (Minin e De Luzio, 2008).

Lo speco dell'acquedotto augusteo scavato nel banco tufaceo presenta sezione rettangolare e volta a sesto ribassato. Mediamente il canale è largo 0,73 m e alto 2,10 m, ma mostra numerose variazioni sia in larghezza che in altezza: "piega a destra e a sinistra con linea spezzata e giammai curva …. per diminuire la velocità del fluido" (Lanciani, 1880).. Per ampi tratti le pareti sono ancora rivestite da cocciopesto fino all'altezza di 1,80 m e sono presenti i cordoli di raccordo tra la platea e le pareti. Il passaggio dell'acqua ha depositato uno strato di calcare che raggiunge il massimo spessore di 6÷7 cm a circa 0,60 m dalla platea, in fig.12a.

Nel tratto di canale indagato sono presenti sette pozzi di aerazione, alti circa 20 m, realizzati a sezione circolare con un diametro di circa 1 m nell'attraversamento del banco tufaceo e costruiti in muratura a sezione trasversale quadrangolare nell'attraversamento dei materiali incoerenti, in fig. 12b. La distanza tra gli assi dei pozzi è mediamente 35,5 m, ovvero 120 piedi romani pari a 1 actus.

Il dato archeologico è straordinariamente interessante in quanto risolve un dubbio interpretativo, relativo a un passo del De Architectura di Vitruvio, libro VIII 6-3, che si protrae da circa cinque secoli, quando Fra Giocondo, ritenendo troppo breve la distanza di 1 actus tra due pozzi riportata dall'architetto romano, della quale non si era mai riscontrata evidenza archeologica, e considerando che Plinio, nella Naturalis Historia, libro XXXI, 57 (Plinio, I sec.), parla di 2 actus, ipotizzò un errore di trascrizione e corresse il valore in Vitruvio (Fra Giocondo, 1511); la stessa correzio-

ne è presente anche nell'edizione del De Architectura curata dal massimo studioso odierno di Vitruvio, Pierre Gros (Gros, 1997). Il canale in esame, realizzato a pochi anni dal documento vitruviano, riflette invece fedelmente le indicazioni vitruviane, aprendo nuovi scenari.

L'acquedotto augusteo del Serino verosimilmente cessò di assolvere alla sua funzione nel VI secolo d.C., quando fu tagliato dai soldati dell'esercito bizantino al comando del generale Belisario per privare dell'approvvigionamento idrico la città di Napoli, nella quale erano asserragliati i Goti.

Dopo tale periodo, in un'epoca difficilmente determinabile, alcune parti del condotto nella zona ovest sono state riutilizzate come piccole cisterne autonome per la raccolta dell'acqua piovana. Questi tratti, ripuliti dal calcare, sono stati oggetto di interventi localizzati al fine di ripristinare il cocciopesto mancante e di costruire setti trasversali per realizzare le separazioni. In queste cisterne, dal volume pari a circa 45 m^3, le tracce dell'acqua raccolta si leggono fin quasi all'imposta della volta di copertura.

Altri tratti del condotto nella parte est sono stati tagliati dalla realizzazione di cave di tufo con sezione a campana funzionali alla costruzione degli edifici soprastanti. In particolare, in corrispondenza del pozzo indicato con il n. 7 in fig. 11, a est di salita Montagnola, una cava è stata riutilizzata come ricovero durante le Seconda Guerra mondiale; a tale scopo sotto il cortile dell'edificio è stata costruita un'ampia scala a pianta quadrata di sedici rampe che raggiunge il fondo della cavità a circa 20 m. A questo periodo sono riconducibili l'allargamento della parte orientale del canale, con la rimozione del rivestimento in cocciopesto i cui frammenti sono stati depositati in diversi anfratti e nel condotto a est del pozzo n. 7, e l'impianto elettrico a bassa tensione con i caratteristici isolatori in ceramica.

Nel dopoguerra i pozzi delle cisterne e i pozzi sfiatatoi furono utilizzati per sversare nel sottosuolo i materiali di risulta delle demolizioni edilizie motivo per il quale il condotto non è più percorribile a ovest del pozzo n. 1.

Anche gli altri pozzi sono ingombri, completamente o parzialmente, di materiali incoerenti poco consolidati; dal pozzo n. 3 tali materiali sono in parte precipitati formando un cumulo che rende difficoltoso il passaggio nello speco.

Conclusioni

I risultati raggiunti, pur costituendo una importante progressione negli studi del tracciato dell'acquedotto augusteo del Serino nell'attraversamento della città di Napoli, ci rendono consapevoli di quanto sia ancora lontano l'obiettivo di questo studio. Particolarmente problematica resta la cronologia e la funzione idraulica degli interventi costruttivi successivi all'acquedotto augusteo.

L'ostacolo maggiore è costituito dall'immensa mole dei materiali di risulta che, ingombrando gli spechi, rende problematici l'accesso e la sicurezza operativa pregiudicando la documentazione delle strutture.

Ringraziamenti
Gli autori ringraziano i professori Giuseppe Camodeca e Salvatore D'Agostino per l'affettuoso sostegno e il costante incoraggiamento; Mario Alamaro dell'Ufficio Difesa idrogeologica del territorio e sicurezza abitativa del Comune di Napoli, l'ing. Clemente Esposito del Centro Speleologico Meridionale e il dott. Gianluca Minin della Ingeo s.r.l. per il supporto tecnico gentilmente offerto; le associazioni culturali Celanapoli e Borbonica Sotterranea per l'impegno profuso; Angela Rita Vocciante per la traduzione dell'abstract; Antonio Liguori e Ilaria Novelli per le foto.

Bibliografia
AA.VV. 1967. Il sottosuolo *di Napoli. Atti VIII Convegno Nazionale di Geotecnica. Napoli: E.S.I.*
Abate F. 1849. Intorno all'Acquedotto Claudio, Annali Civili del Regno delle Due Sicilie, Napoli.
Abate F. 1883. Acquedotto di Napoli, Soc. Veneta per Imprese e Costruzioni pubbliche, Napoli.
Buccaro A. (a cura di). 1991. Il borgo dei Vergini. Storia e struttura di un ambito urbano. Napoli: CUEN Editrice.
Capasso B. 1978. *Napoli greco-romana esposta nella topografia e nella vita*. Napoli: Stabilimento Tipografico Pierro L. & Figlio, Napoli
Celano C. 1692. *Notizie del bello dell'antico e del curioso della città di Napoli*. Napoli: Stamperia di Paci G.
Colussi F., Leggieri C. 2016. L'acquedotto augusteo del Serino nell'area Vergini-Sanità a nord di Neapolis: identificazione e studio di due ponti-canale. *Atti del 6° Convegno nazionale – 2nd Internationl Conference di Storia dell'Ingegneria*, 589-598. Napoli: Cuzzolin editore.
Fra Giocondo (a cura di). 1511. M. Vitruvius per Iocundum solito castigatior factus cum figuris et tabula ut iam legi et intelligi possit. Venezia: Taccuino G.
Galli F. (a cura di). 2014. Frontino S.G. Gli acquedotti di Roma. Testo latino a fronte. Lecce: Argo.
Galante G.A. 1896. Il sepolcreto greco ritrovato in Napoli sotto il palazzo Di Donato in via Cristallini ai Vergini. *Atti dell'Accademia di Archeologia Lettere e belle Arti di Napoli*, XVII, 1893-1896.
Greco G., Pontrandolfo A.,Vecchio G. 1985. Napoli antica. In: Catalogo della mostra della Soprintendenza per i beni archeologici delle provincie di Napoli e Caserta. Napoli: Macchiaroli G. Editore
Gros P. (a cura di). 1997. Vitruvio De Architectura. Torino: Einaudi G. editore.
Johannowsky W. 1987. L'assetto del territorio. In: *Napoli Antica* (a cura di Pozzi E.), 338-339.
Lanciani R. A. 1880. *Topografia di Roma antica – I comentarii di Frontino intorno le acque e gli aquedotti. Silloge epigrafica aquaria*. Roma: Saluiucci.
Lapegna U. 1987. Una notizia inedita sull'acquedotto napoletano del Carmignano. Club Alpino Italiano, Sezione di Napoli, Notiziario Sezionale, 3, 41.
Lettieri P.A. 1560. Rapporto sugli acquedotti napoletani, in Giustiniani L. 1803. Dizionario geografico ragionato del Regno di Napoli, tomo VI. Napoli: Editori Vincenzo Manfredi

e Giovanni de Bonis.
Melisurgo G. 1889. Napoli sotterranea Ristampa 1997 (a cura di Melisurgo S.). Napoli: E.S.I..
Miccio B., Potenza U. 1994. Gli acquedotti di Napoli. AMAN: Napoli.
Minin G., De Luzio E. 2008. Verifica delle condizioni statico-conservative delle cavità censite sul territorio del Comune di Napoli – cavità C0364
Napoli M. 1959. Napoli greco romana. Napoli: Fiorentino.
Plinio. I sec. D.C. Naturalis historia, Libro XXI, 57
Procopio. 551. La guerra gotica, Libro primo, capitoli IX e X. Milano_ Garzanti.
Romanelli D. 1815. Napoli antica e moderna, Tipografia di A. Trani, Napoli.
Ruggiero M. 1888. Documenti degli scavi di antichità nelle provincie di Terraferma dell'antico regno di Napoli dal 1743 al 1876. Napoli : V. Morano.
Russo G. 1860. La città di Napoli dalle origini al 1860. Napoli: Ed. di pregio Arte Tip.
Sgobbo I. 1938. Serino. L'acquedotto romano della Campania: "Fontis Augustei Aquaeductus", Notizie degli Scavi, 75-97.

Piero Andriola

La vulnerabilità del costruito archeologico ruderizzato. Osservazioni sull'acquedotto romano sito nel territorio campano di Cava de' Tirreni

Abstract
The archaeological resources, represented by artifacts erected in ancient times, are documents (unique and unrepeatable) of history of human civilization. Generally, these finds, with the exception of specific cases well preserved, having suffered over the centuries, continuous and progressive degradation process (or disarrangement), are reduced to ruins. Therefore, they are frequently exposed to significant risk conditions, essentially determined by their vulnerability and the danger of area where they fall. In this work, examines an archeological artifact, of the roman period, located in the Campania region in Cava de' Tirreni, in order to highlight its vulnerability.

La vulnerabilità dei manufatti archeologici ruderizzati
In ambiti quali quello sismico, quello vulcanico e quello idrogeologico, il *rischio* rappresenta la possibilità di subire un danno in conseguenza di un fenomeno naturale, ad esempio un terremoto, un'eruzione vulcanica o un movimento franoso, ed è espresso in funzione della *pericolosità* (probabilità che un evento, di determinata intensità si verifichi in un certo intervallo di tempo ed in una data area), della *vulnerabilità* (propensione a subire danneggiamenti in conseguenza delle sollecitazioni indotte da un evento di una certa intensità) e del *valore esposto* (valore di ognuno degli elementi a rischio presenti in una data area). Nel caso dei ruderi archeologici, la vulnerabilità deve essere intesa come l'attitudine di un manufatto a essere ulteriormente danneggiato a causa di un evento indesiderato; pertanto, nella valutazione di vulnerabilità di un bene archeologico ridotto allo stato di rudere ed esposto a un determinato rischio, si presume sempre che tale manufatto sia già interessato da un processo di deperimento. La vulnerabilità dipende,sia dalle caratteristiche intrinseche del bene che dalla condizione di deperimento in cui viene a trovarsi a causa di determinati eventi; essa si manifesta, tangibilmente, nello stato di conservazione del reperto. *La stima accurata della Vulnerabilità di una struttura è necessaria per stabilire quanta incidenza avrebbe il verificarsi di un evento pericoloso sulla conservazione del bene stesso. Quanto peggiore è lo stato di conservazione di un elemento, tanto maggiore è la sua Vulnerabilità a parità di Pericolosità* (Lazzeri, 2011).

Il degrado e il dissesto nelle strutture archeologiche

I termini utilizzati per riscontrare il livello di danneggiamento subito da una costruzione archeologica sono quelli di *degrado* e di *dissesto*. Il degrado, definito come *modificazione di un materiale che comporta un peggioramento delle sue caratteristiche sotto il profilo conservativo* (UNI, 2006), rappresenta un evento atteso e, comunque, mai del tutto eliminabile. Se invece una costruzione o una sua parte risultano interessate da fenomeni quali crollo, cedimento, schiacciamento, ribaltamento, si parla, più propriamente, di *dissesto strutturale*. Nelle analisi delle architetture archeologiche, finalizzate a valutare l'entità del danno estetico, funzionale e, strutturale, riveste un ruolo fondamentale l'esame dei quadri fessurativi e la loro storicizzazione. *Alcune lesioni possono risalire al periodo di costruzione, altre, più spesso ma non sempre, alla vita successiva. Tutte però, hanno lasciato tracce significative impresse nelle strutture formando il quadro fessurativo, guida fondamentale per conoscere la storia materiale dell'organismo* (Giuliani Cairoli, 2016). Si osserva, inoltre, che, *i fenomeni di degrado e di dissesto che vengono frequentemente registrati nelle aree archeologiche, e in genere sul grande patrimonio dei beni culturali nazionale, sono con ogni evidenza dovuti alla mancanza di una manutenzione sistematica che è prioritaria garanzia di conservazione del patrimonio culturale* (Gasparoli, 2014).

Il percorso della conoscenza

Per valutare la vulnerabilità di una struttura archeologica ruderizzata occorre, necessariamente, conoscerne:

- la storia;
- la forma architettonica;
- la geometria;
- i materiali costitutivi;
- le tecniche di esecuzione;
- lo stato di conservazione;

che concorrono a formare la conoscenza materiale dell'opera e le pericolosità del sito.

In un contesto archeologico, la conoscenza materiale dell'opera deve essere messa a confronto con la conoscenza degli eventi storici che ne hanno determinato l'origine, la sopravvivenza o la parziale distruzione. Questa attenta analisi si rende necessaria al fine di non sopravvalutare il potere distruttivo degli eventi naturali e catastrofici, o di non sottovalutare la capacità stessa del manufatto di resistere al deperimento (D'Agostino *et al.*, 2009).

Il caso di studio esaminato: l'acquedotto romano sito in Cava de' Tirreni

Cava de' Tirreni è un comune in provincia di Salerno, abitato già in epoca romana, come testimoniato da alcuni resti trovati nel suo territorio.

Ubicazione del manufatto e descrizione del sito

Il manufatto archeologico, oggetto del presente studio, è rappresentato da un ponte canale, afferente a un acquedotto romano del I-II secolo d.C., sito nel territorio campano di Cava de' Tirreni, in località *Corpo di Cava*, a 363 m s.l.m., a valle della nota *Abbazia della SS. Trinità* fondata nell'anno 1011, nelle vicinanze della sorgente *Frestola*, il cui nome sembra derivare dal latino fistula, usato per indicare il tubo in cui scorreva l'acqua (Avigliano, 2011). Non lontano da tale sorgente è situata la *Grotta di San Cristoforo*, meta di itinerari escursionistici, che conserva tracce di antiche presenze.

La costruzione romana si innalza sul valloncello denominato *Giugnolo*; edificata, secondo alcuni studiosi, per portare l'acqua alla villa *Gens Metilia* a San Cesareo (frazione di Cava de' Tirreni) ed, è raggiungibile solo a piedi, in circa 25 minuti, partendo dal piazzale antistante all'*Abbazia*. L'area in cui ricade il manufatto si caratterizza per la presenza di fitta vegetazione che, tra l'altro, tende anche a ricoprire ampie superfici di facciata del reperto, in prossimità del quale si trovano i resti di una costruzione in muratura di pietrame calcareo, di incerta provenienza, apparentemente utilizzata un tempo come cisterna.

Le fonti storiche

Ne "La Storia di Cava" di G.A. Adinolfi, del 1846 (Avigliano, 2011) si legge: *Nel casale di San Cesareo ne' passati secoli molte fabbriche sotterranee, acquedotti, vivai e fonti si scovrirono ed ancor oggi sono esistenti nel vallone Bunea degli archi, i quali sin dal tempo di Gisulfo II erano chiamati archi antichi. « In quo vallone arcua antiqua fabricata sunt». Questi archi a tre ordini sono degni di ammirazione, non pertanto sono poco curati.*

E ancora, un'anonima turista inglese dell'Ottocento che soggiornò a Cava descrisse la nostra città nel Libro *La Cava ovvero i miei ricordi dei Napoletani* (Avigliano, 2011): *"procedendo avanti notammo un profondo e stretto burrone sul lato opposto, con un lungo crepaccio nella montagna, come se fosse stato tagliato in due da qualche violenta convulsione della natura. Esso era attraversato da due fila di archi innalzati l'uno sopra l'altro, in apparenza molto antichi. Questi sono i resti di un acquedotto".*

Leopoldo Marcello nel 1903 così scriveva: *Si scorgono tuttora alcuni archi antichissimi a tre ordini, cavalcanti il vallone in quel punto* (Avigliano, 2011).

Di grande rilievo il contributo fornito dall'archeologo Werner Johannowsky: *Il luogo dove sorge la badia della Trinità ha subito l'intervento dell'uomo già in età romana, quando le acque della copiosa sorgente, che è stata uno dei motivi determinanti per la sua localizzazione, vennero captate, per essere convogliate evidentemente verso la città di Nuceria, nel cui territorio doveva rientrare evidentemente anche la valle del Bonea, insieme con il centro, forse l'antica Marcina, che doveva sorgere nell'attuale Vietri. Ci pare infatti di troppa rilevanza economica per essere stato concepito soltanto in funzione della villa in località San Cesareo o Mitiglia-*

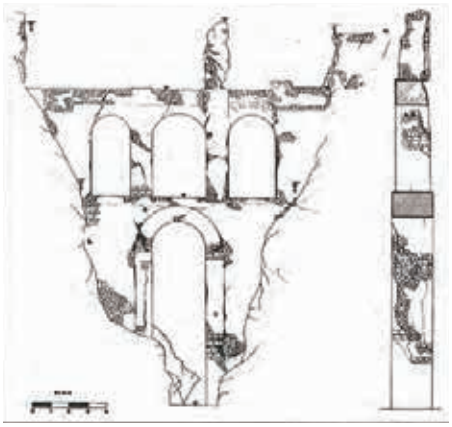


Fig. 1 – Corpo di Cava. Valloncello Giugnolo. Ponte-canale dell'acquedotto di Nuceria Alfaterna (da Johannowsky, 1990).

no il ponte-canale che attraversa la gola che scende da Corpo di Cava, che nel suo sviluppo in altezza è, tra le strutture del genere, una delle più importanti che sono attualmente conservate in Italia. È infatti costituito da tre ordini sovrapposti, con un arco in quello inferiore e tre in ognuno degli altri due, ed ha attualmente uno sviluppo verticale di ben 21m. Le strutture, con paramento in opera listata costituita da due corsi di mattoni alternati a blocchetti rettangolari di calcare e, nelle ghiere degli archi in mattoni sesquipedali, e nucleo in opera cementizia, permettono di datare il manufatto alla prima età imperiale e probabilmente in età augustea, quando la colonia di "Nuceria Costantia" fu dotata di splendidi edifici. Lo stato di conservazione, buono nell'arcata inferiore, è in parte pessimo negli ordini superiori, che hanno perso gran parte del paramento, e dove le arcate del terzo ordine sono crollate e lo speco che esse sostenevano è quasi distrutto. Lavori di consolidamento eseguiti nel 1985 sono valsi a scongiurare ulteriori danni. Al "caput aquae" dell'acquedotto appartiene un tratto di muro in opera cementizia incorporato, come molto probabilmente altre strutture attualmente coperte, nel nucleo originario della badia. La tecnica costruttiva, in calcestruzzo contenente frammenti di mattoni e scaglie di calcare regolarmente stratificati, è usata per cisterne ed impianti idrici dall'età tardo - repubblicana alla prima età imperiale e sembra diffusa più che altro nell'Italia centrale e nella Campania settentrionale, il che potrebbe essere un indizio per la provenienza delle maestranze (Johannowsky *et al.*, 1990). In fig.1 è riportata una immagine del ponte - canale.

La forma architettonica e la geometria

L'originaria architettura del ponte-canale era formata da sette arcate inserite in tre ordini sovrapposti; del terzo ordine, che sosteneva in sommità lo speco, resta un unico piedritto frammentato. Le difficili condizioni di accesso, alla parte alta del manufatto, non consentono di individuare la sezione dello speco che, probabilmente, risulta completamente sepolto. Nel primo ordine è inserito un unico arco a tutto sesto, poggiante sul fondo roccioso del corso d'acqua; nel secondo ordine, invece, sono inseriti tre archi di minore dimensione. L'elevato fuori terra, in fig. 2a, raggiunge la ragguardevole altezza di 21 m e assume spessori variabili e decrescenti man mano che ci si sposta verso il coronamento dell'opera: 2,00 m, 1,80 m e 1,50

m in corrispondenza, rispettivamente, del primo, del secondo, e del terzo ordine. L'arco inferiore, in fig. 2b presenta una luce di 3,00 m e un'altezza netta di 10,00 m ed è caratterizzato da piedritti di differente altezza: il piedritto in destra idraulica è alto circa 5,50 m, mentre, il piedritto in sinistra idraulica raggiunge l'altezza di 8,50 m; lo spessore minimo compreso tra l'intradosso dell'arco e l'estradosso del piano di posa del secondo ordine è stimato in 1,50 m. I tre archi del secondo ordine si elevano per un'altezza netta di circa 4,50 m; l'arco centrale assume una luce di 3,0o m, mentre i due archi laterali presentano, ciascuno, luce pari a circa 2,50 m. Lo spessore minimo, compreso tra l'intradosso di tali archi e l'estradosso del piano di posa del terzo ordine, è stimato in 1,50 m. I piedritti dell'arco centrale del secondo ordine hanno un'altezza di circa 3,50 m e una larghezza pari a circa 1,00 m. Infine, si osserva che, a fondo alveo, la larghezza della sezione trasversale posta in corrispondenza del manufatto risulta particolarmente esigua, uguale a soli 0,90 m. Tali misure sono state ottenute mediante rilievo dell'opera effettuato personalmente dall'autore.

I materiali costitutivi, la tecnica di esecuzione e lo stato di conservazione

Il manufatto archeologico è stato realizzato con tecnica costruttiva che prevedeva l'impiego di differenti materiali (Johannowsky *et al.*, 1990). In particolare, per le



a) *b)*

Fig. 2 – Il ponte-canale: a) struttura in elevato; b) particolare dell'arco inferiore.



Fig. 3 – Particolare della struttura di paramento.

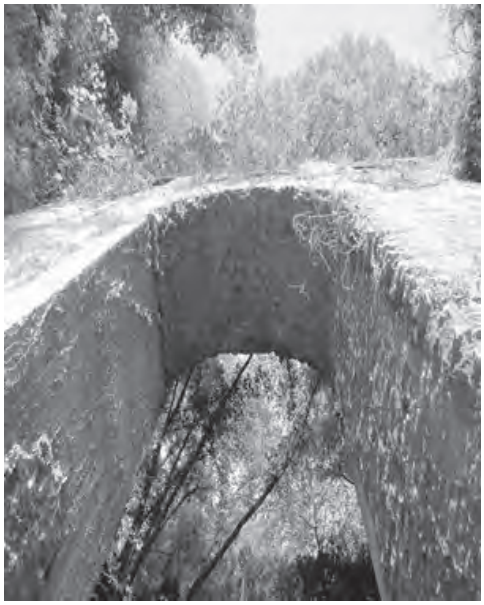


Fig. 4 – Nucleo in opera cementizia all'intradosso dell'arco.

strutture di paramento in opera listata, in fig. 3, sono stati utilizzati blocchi squadrati di calcare, mattoni in laterizio e malta idraulica, mentre per il nucleo in opera cementizia, in fig. 4, è stato adoperato calcestruzzo romano contenente, tra l'altro, frammenti di mattone in laterizio ed elementi di calcare ben stratificati. Per effetto del citato intervento di consolidamento del 1985, sono riscontrabili ampie superfici dell'opera in calcestruzzo cementizio lasciato a faccia vista, in fig. 5.

Per quanto attiene allo stato complessivo di conservazione, il reperto archeologico risulta interessato da diffuso e consistente processo di degrado superficiale con localizzate evidenze di dissesto, mostrate in fig. 6. Si riscontra, altresì, la perdita di materiale costitutivo distaccatosi dalle strutture di paramento. I processi di degrado in atto interessano, prevalentemente, la porzione di manufatto compresa tra la ghiera dell'arco principale, realizzata con mattoni in laterizio legati con malta, e la parte sovrastante. Meno evidenti, ma non trascurabili, sono i fenomeni di disgregamento superficiale riscontrati sulla facciata del manufatto rivolta verso monte. Per la parte di struttura posta a contatto con il suolo, si rileva che il piedritto in destra idraulica presenta uno spigolo che fuoriesce dall'appoggio su roccia affiorante, come visibile in fig. 7, mentre il piedritto in sinistra idraulica, consolidato anche a tergo, risulta alla base a diretto contatto con le acque di scorrimento superficiale inalveate, si veda la fig. 8.



Fig. 5 – Particolare calcestruzzo cementizio a faccia vista.



Fig. 6 – Fenomeni di degrado ed evidenze di dissesto.



Fig. 7 – Piedritto in destra idraulica.



Fig. 8 – Base del piedritto in sinistra idraulica.

Le pericolosità del sito

Un'attenta analisi dell'area in cui ricade il bene archeologico in oggetto, ha consentito di individuate le seguenti pericolosità:

- *pericolosità sismica:* il territorio comunale di Cava de' Tirreni è stato interessato, nel corso dei secoli, da diversi terremoti di significativa magnitudo; da (Guidoboni e Comastri, 2005) e da informazioni disponibili in rete è emerso che gli eventi sismici verificatisi il 4 febbraio 1169, il 19 agosto 1561, il 5 giugno 1688, l'8 settembre 1694 e il 23 novembre 1980 sono risultati particolarmente rovinosi per questo territorio, sia per gli effetti prodotti sulla popolazione che per i danni arrecati alle costruzioni pubbliche e private e ai monumenti (Guidoboni e Comastri, 2005). In particolare, il terremoto del 1980 ha causato danni rilevanti al manufatto oggetto di osservazione (Avigliano, 2011).
- *pericolosità idrogeologica*: nel XX secolo il territorio di Cava de' Tirreni è stato interessato da una serie di eventi franosi a partire dal 1773. Sono state registrate frane del tipo colata rapida di fango negli anni 1823, 1899, 1935, 1954, 1963, 1969, 1980, 1993 e 1997; per la zona del territorio comunale di Cava de' Tirreni, più prossima all'area considerata si riscontrano gli eventi del 1954, 1980 e del 1997 (Migale e Milone 1998). Tali frane, che interessano spesso gli impluvi, sono in grado di esercitare notevoli forze d'impatto sulle strutture che intercettano lungo il percorso, come ampiamente riscontrato, tra l'altro, in occasione dei catastrofici eventi franosi di Sarno e di altri comuni campani del maggio 1998. Di non trascurabile effetto risultano, inoltre, i fenomeni erosivi in alveo, prodotti dalle acque di scorrimento superficiale;
- *pericolosità climatica - ambientale*: il territorio cavese, in particolare quello in cui sorge il ponte - canale, è interessato dal continuo verificarsi di azioni prodotte sia dagli agenti atmosferici, soprattutto pioggia e vento, che da fattori ambientali, in particolare variazioni termiche, elevato grado di umidità dell'aria, vegetazione invadente, presenza di acque superficiali a contatto con l'opera;
- *pericolosità da incendi*: il sito è stato interessato da un incendio boschivo nell'agosto 2017;
- *pericolosità antropica*: data la particolare collocazione del ponte - canale, la pericolosità antropica è molto limitata, a meno di atti vandalici, nel caso specifico difficilmente controllabili.

Osservazioni sulla vulnerabilità del bene

Considerato lo stato complessivo di conservazione del bene, risulta che:

- in ambito sismico, la struttura archeologica è significativamente vulnerabile, per la rilevante altezza fuori terra, > 20 m, per la disomogeneità dei materiali costitutivi antichi e recenti, che può comportare differenti risposte alle sollecitazioni meccaniche esterne, per l'asimmetria geometrica di distribuzione dei carichi e di posizione

dei vincoli al suolo. Inoltre, la scarsa cura del manufatto, molto evidente e di cui si parla già nella Storia di Cava di G.A. Adinofi, del 1846 (Avigliano, 2011) ha contribuito, molto probabilmente, ad accentuare i danni dovuti agli eventi sismici;
- dal punto di vista idrogeologico, il manufatto è particolarmente vulnerabile, principalmente a causa della sua ubicazione topografica; infatti, in caso di evento franoso incanalato, il ponte-canale potrebbe essere investito da rilevanti forze d'impatto esercitate dal materiale mobilizzato. Inoltre, il piedritto in sinistra idraulica risulta esposto a possibile fenomeno di scalzamento al piede, dovuto all'azione erosiva esercitata dalle acque di scorrimento superficiale;
- in riferimento all'ambito climatico - ambientale, il rudere archeologico è molto vulnerabile, vista la mancanza di manutenzione sistematica dell'opera;
- rispetto agli incendi, il manufatto archeologico è significativamente vulnerabile, considerata la fitta vegetazione che caratterizza l'area d'interesse e che tende anche a ricoprire considerevoli porzioni della sua facciata.

Per quanto riportato al precedente paragrafo, non si intravede vulnerabilità antropica.

In sintesi, gli eventi sismici di particolare intensità, così come gli eventi franosi rilevanti, possono arrecare al manufatto danni di tipo prevalentemente strutturale, fino a provocare il collasso della costruzione, mentre le azioni indotte dai fattori ambientali e dagli agenti atmosferici, così come quelle derivanti da eventuali incendi, possono contribuire ad aggravare i fenomeni di degrado e di dissesto che sono già in atto, favorendo il deperimento progressivo del reperto.

Valorizzazione del sito e conservazione del bene

Al fine di valorizzare il sito archeologico occorre, innanzitutto, predisporre una adeguata segnalazione e la sistemazione dell'esistente percorso naturalistico che consente di raggiungere, dalla sorgente *Frestola*, il ponte-canale e altri siti d'interesse archeologico posti nelle vicinanze, come la citata *Grotta di San Cristoforo*. E' anche necessario provvedere alla sistemazione idraulica, a mezzo di tecniche di ingegneria naturalistica, del tratto d'impluvio posto in corrispondenza del manufatto, soprattutto a valle di quest'ultimo, dove i fenomeni erosivi, prodotti dalle acque superficiali, risultano particolarmente rilevanti. Va inoltre valutata l'opportunità di predisporre una campagna di scavi archeologici volta alla individuazione dello speco e al rinvenimento di altre strutture afferenti allo stesso bene, probabilmente sepolte; tale iniziativa potrebbe contribuire a identificare l'effettivo tracciato dell'acquedotto romano e le utenze a suo tempo servite.

Infine, per il ponte-canale, possono essere effettuati timidi e contenuti interventi di restauro conservativo e dovrebbe essere prevista una adeguata attività di controllo e di manutenzione sistematica dell'opera.

Bibliografia

Avigliano L. 2011. *Itinerari d'Ambiente. I Sentieri del Millennio*. Cava de' Tirreni: Grafica Metelliana.

D'Agostino S., Giuliani Cairoli F., Conforto M.L., Guidoboni E. (a cura di). 2009. *Raccomandazioni per la redazione di progetti e l'esecuzione di interventi per la conservazione del costruito archeologico.* Napoli: Cuzzolin.

Gasparoli P. 2014. Prevenzione e manutenzione nelle aree archeologiche. *LANX*, 19, 168-188.

Giuliani Cairoli F. 2016. Il quadro fessurativo nello studio dei monumenti antichi. *Quaderni di Archeologia e di Cultura Classica*, 4. Tivoli: Tiburis Artistica Editore.

Guidoboni E., Comastri A. 2005. *Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean Area from the 11th to the 15th Century.* Roma-Bologna: INGV–SGA.

Lazzeri E. 2011. Un modello multi-hazard per la valutazione del rischio dei beni archeologici. *Archeologia e Calcolatori*, 22, 365-389.

Johannowsky W., Collina R., Mariani A. 1990. Presenze di Antichità Classica. In: *La Badia di Cava* (a cura di Fiengo G., Strazzullo F.), II, 41. Cava de' Tirreni: Di Mauro Editore.

Migale L.S., Milone A. 1998. Colate di fango in terreni piroclastici della Campania: primi dati della ricerca Storica. *Rassegna Storica Salernitana*, 30, 235–271. Salerno: Laveglia Editore.

UNI. 2006. *Beni Culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Descrizione della forma di alterazione. Termini e definizioni*. Norma UNI 11182. Milano: Ente Italiano di Normazione.

Pier Gabriele Molari

Elementi per ricostruire la macchina di sollevamento degli Haterii e le macchine per alberare navi

Abstract

This paper is an extension of the paper presented in 2016 AISI International Conference (Molari *et al.*, 2016). The first part reviews briefly the studies on the crane sculptured in the roman Haterii tomb in Vatican Museum. The form of the sustained frame and its constraints, the head of the crane, the lifting mechanism together with the possibility to brake the wheel need to be explored more deeply. A fix point crane with a bearing in the top, two concentric shafts and an automatic or manual brake mechanism, inside the big wheel, give possible interpretations of this so fine and detailed relief, showing a very efficient machine.

A wood model to highlight these topics has been built. In a second part, a comparison with the masting machines of the first half of 1800 is presented. It is impressive to notice how the Haterii's machine and these types of *modern* machines are very similar, allowing the dimensioning of the old one.

A short list of the masting machines in wood is reported, emphatizing how this type of machines remained practically in use until the second half of 1800 when the generation of big Amstrong machines took place, showing how the roman technology was advanced.

Premesse

Questo lavoro, seguendo la successione temporale dello studio, riprende quanto riportato sia al Convegno AISI tenuto a Napoli nel 2016 (Molari *et al.*, 2016), sia quanto riferito in una conferenza tenuta al Museo del Patrimonio Industriale di Bologna il 16 ottobre 2016 e ne riporta gli sviluppi. In quelle sedi è stato descritto il modello in legno, costruito dall'Autore (Fig. 1) che viene qui riportato con maggiori dettagli, motivandone le scelte.

Fra una immagine scolpita di una macchina, e la sua ricostruzione funzionale esiste un *vallum* che va colmato, dato che non si hanno a disposizione né alcune sue parti, né una descrizione scritta del modo di operare. E' quindi necessaria una operazione di ricostruzione filologica seguendo, per così dire, il metodo che Valla applicò per l'analisi lessicale di un testo antico e ricordando Quintiliano[1] *cerchiamo le immagini di una verità testuale continuamente alterata dalla storia e inconfutabil-*

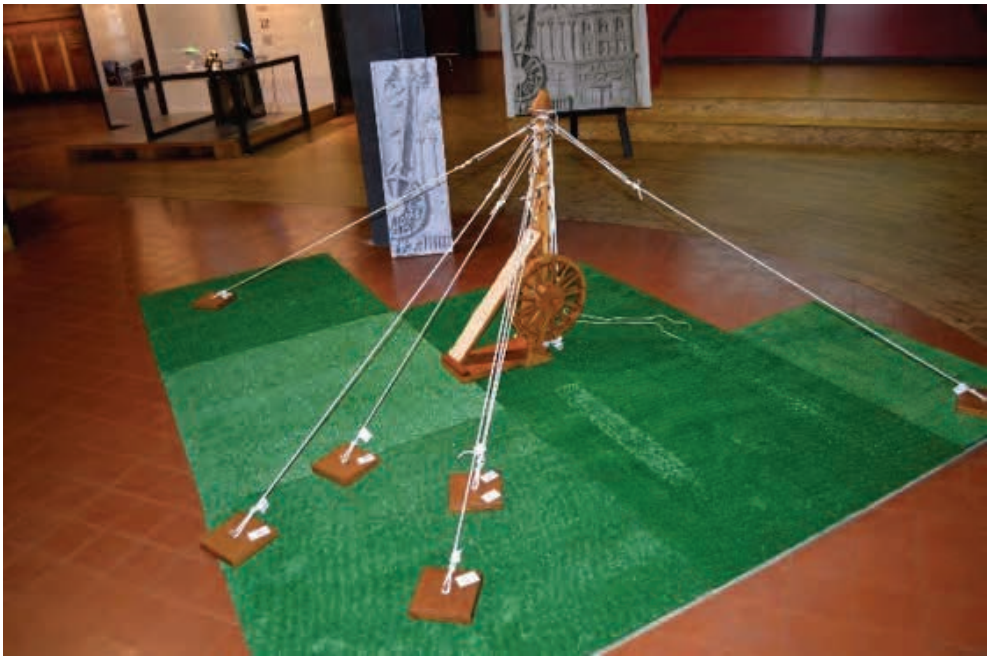


Fig. 1 – Il modello, alto circa un metro, completo di stralli su di una piattaforma di 3 x 2,5 m.

mente restituita tramite una capacità rappresentativa sempre solidamente sorretta dalla conoscenza e dalle armi della filologia, in questo caso, della logica meccanica. Sono poi affiorate particolari similitudini fra la gru degli Haterii e le gru per alberare le navi che hanno ulteriormente confermato le ipotesi poste.

Parte prima: La macchina di sollevamento degli Haterii

Il bassorilievo del Museo Vaticano profano, Sezione II, inv. n. 9998, è stato oggetto di numerosi studi (Fleury, 1993; Oleson, 2009) ed è sempre citato quando si parla di macchine per il sollevamento del periodo romano.

Il presupposto a questo lavoro consiste nel ritenere che il bassorilievo sia una fedelissima riproduzione della realtà; viene da pensare, oggi noi diremmo, a un *disegno esecutivo* della macchina da porre il loco in modo che i carpentieri la potessero realizzare. Per altro, nelle immagini dedicate da *Tychicus redemptor* alla madre deificata non può esserci improvvisazione ma solo orgoglio ed esaltazione del lavoro compiuto, con intelligenza, da questa famiglia, per la magnificenza di Roma nel periodo di attività del costruttore Q. Haterius Tychicus, documentato nel periodo di Titus Flavius Domitianus, che resse Roma dall'81 al 96.

La bibliografia e la ricostruzione funzionale

In questa ricostruzione si fa ampio riferimento al decimo libro del *De architectura,* datato fra il 27 ed il 23 (a.C.), di Marco Vitruvio Pollone (Marini, 1836), data la quasi contemporaneità fra Vitruvio e gli Haterii. In questo secolo si ha il periodo di maggior sviluppo edilizio di Roma e quindi potrebbero esserci stati sviluppi importanti nelle macchine da cantiere non documentati da Vitruvio, ma sicuramente influenzati da quanto precedentemente noto.

Le macchine per le grandi costruzioni, come dice Vitruvio, sono costruite ad hoc per sollevare un certo carico massimo a una certa altezza e non vengono riusate, per cui non si deve pensare al loro trasporto. L'osservazione della macchina degli Haterii porta a dire che non può essere uguale a quelle classificate da Vitruvio in base alla loro differente struttura:

- il *bigo*, formato da un paio di travi a V rovesciato, che fanno perno attorno all'asse individuato dalle estremità inferiori, che può essere inclinato agendo sugli stralli[2];
- un puntone, che può ruotare, agendo sugli stralli, attorno in una sorta di una cerniera sferica realizzata all'estremità inferiore.

Una delle più accurate interpretazioni sul funzionamento della macchina degli Haterii è sicuramente quella di Fleury (1993), che esamina il punto di vista di numerosi studiosi e conclude che le interpretazioni sono fra loro contrastanti. Chiarisce il tipo di struttura della torre costituita da due montanti collegati fra loro con numerosi calastrelli. Lascia aperta la questione della movimentazione della macchina, data la presenza non simmetrica degli stralli: 5 *retinacoli* e 2 *antarii*. Attribuisce, anche se in modo dubitativo, questa asimmetria alla presenza della ruota collocata all'esterno dei montanti. Pensa così che l'appendice, scolpita davanti alla ruota, riduca lo sbalzo dell'albero che sostiene la ruota stessa, ma trova difficoltà a pensarla come sede di cuscinetto. Afferma che la taglia principale sia dotata di cinque pulegge o almeno di quattro, dato il numero delle funi. Incontra pure difficoltà a giustificare la presenza dei due addetti in alto sulla cuspide, ma prende le distanze da interpretazioni molto fantasiose. Si pone poi la domanda di quale sia il ruolo dei due operai in basso che tirano le funi e fa sua l'interpretazione di altri, considerandoli addetti alla frenatura della ruota, pur sostenendo che per lui la macchina è in fase di sollevamento e non di fine lavoro e che quindi gli operai stiano adoperandosi per avviare la macchina.

Nel 2003, in occasione degli ottanta anni di vita della nota casa tedesca Bauer, costruttrice di gru, viene ricostruita in grande scala la macchina degli Haterii. La gru viene posta in un giardino pubblico di Bonn ed in seguito traslata in un parco di rievocazione del periodo romano, in fig. 2. La documentazione di questa macchina, (Meighörner-Schardt e Blumenthal, 1989; Dienel e Meighörner, 1995) consente di risalire alle ipotesi di base che ne hanno permesso la costruzione. Innanzi tutto la macchina è un *bigo* mosso tramite stralli, messi in tensione dagli addetti mentre vie-



Fig. 2 – Römischer Kran in Bonn.

ne sollevato il carico, forzando una spira della fune, tenuta normalmente lasca, sul tamburo dell'argano principale, realizzato direttamente sull'albero e sul quale viene avvolta la fune di sollevamento del carico, in fig. 2. L'appendice laterale viene messa sullo stesso piano dei montanti per permettere la rotazione e viene considerata un supporto dotato di cuscinetto. Il bozzello superiore viene direttamente collegato alla sommità dei montanti. Non viene presa in considerazione la cuspide.

La tipologia e la struttura della macchina

Malgrado quanto Vitruvio affermi, in questa macchina un ruolo fondamentale è giocato dalla struttura. Vitruvio nella sua analisi dei componenti di una macchina considera che la struttura (telaio) non sia molto importante, dato che viene assemblata con travi, piastre, chiodi, traversi e legature[3], ma in questo caso viene richiesto un notevole lavoro di progetto per la grande altezza che questa macchina doveva raggiungere.

La macchina è simile ad un *bigo*, ma non può ruotare attorno alla sua base essendovi una traversa di ancoraggio della struttura al basamento in fig. 3; inoltre, il frontone del tempio ne sarebbe di ostacolo. La macchina è cioè a punto fisso, non può essere spostata per deporre o per prelevare il carico, ma permette di deporre il carico sollevato con la sola rotazione della taglia ancorata a una piattaforma girevole, posizionata sulla sommità del telaio della macchina

Ci si chiede se i Romani fossero a conoscenza di questa tecnologia.Vitruvio dice che per caricare e scaricare le navi si possono impiegare macchine usate per il sollevamento in cantiere, come quelle che ha descritto, ponendole in piano o su piattaforme girevoli. Si può pensare che il progettista della macchina abbia pensato di utilizzare la tecnologia impiegata per le navi (Zmié *et al.*, 2007) ma, per superare la grande altezza dei monumenti abbia utilizzato la struttura delle macchine per alberare portando in alto la piattaforma per ruotare e deporre il carico, invertendo, per così dire, la sequen-



Fig. 3 – La traversa di ancoraggio indicata dalla freccia porta la macchina ad essere considerata speciale, a destra, in un bassorilievo coevo, un grande ponteggio con via orizzontale (Museo della Cancelleria, Roma).

za Vitruviana: dall'arsenale al cantiere e non viceversa. Dall'esame dei bassorilievi presenti nella tomba degli Haterii, si deduce che la macchina può essere stata impiegata nella costruzione dell'anfiteatro Flavio. Pensando alla costruzione del Colosseo, si ha così la possibilità di poter contare nei quattro cantieri che gli archeologi pensano siano stati impiegati, su di un flusso radiale di materiale che viene alzato e deposto ruotato di circa 90° per essere avviato lateralmente su vie orizzontali, per esempio utilizzando un'impalcatura simile a quella riportata in fig.3 a destra.

Si definisce così una macchina a struttura fissa ben controventata che porta alla sua sommità una piattaforma rotante alla quale viene saldamente ancorata la taglia di sollevamento. La ralla presenta una certa inclinazione rispetto all'orizzontale in modo da innescare una rotazione spontanea del carico, semplicemente sbloccando la parte mobile dalla posizione di sollevamento.

Per rispondere alle varie questioni poste e dare un senso meccanico alla macchina, viene qui considerata una struttura composta da due montanti leggermente divaricati, che nella parte bassa si allargano per alloggiare, perfettamente in linea sull'asse della antenna, l'albero dell'argano.

I due montanti sono fra loro distanziati da calastrelli in parte incastrati e fissati con chiodi. Come già detto, un controvento posteriore fisso permette di precaricare

la struttura tramite gli stralli messi in tensione, nella loro parte alta, da taglie. Le funi di queste taglie sono su tre rami, uno dei quali viene fissato al bozzello in basso e l'altro viene riportato nella zona di manovra e presumibilmente fissato ad una traversa della struttura tramite una *galloccia*, tanto per restare con la tecnologia navale. La macchina va poi pensata inclinata di lato per permettere il sollevamento del carico senza andare ad interferire con la struttura stessa.

Una conferma della struttura ipotizzata è la presenza di due manovratori contrapposti e traenti una fune connessa con la cuspide della gru. Un manovratore tiene in mano un cavicchio per fissare e successivamente permettere la rotazione della testa, quasi dicendo con Orazio *Torquet lapidem, nunc ingens machina tignum*[4]**.**

La cuffia nasconde una robusta struttura della parte rotante formata da due parti incastrate a croce, come si può vedere da un bozzo presente sulla superficie esterna; a una delle parti si collega la fune di sostegno del bozzello. Il centraggio fra la parte superiore e quella inferiore della ralla può essere realizzato con un perno centrale o come si può trarre dalle immagini rinascimentali delle gru[5]. Nella macchina disegnata dal Taccola fig. 4 (particolare a sinistra) (Mariano di Jacopo, 1381-1453) la piattaforma superiore presenta un'asola per diminuire lo sbraccio del carico, come nella macchina degli Haterii. Le macchine disegnate da Francesco di Giorgio in fig. 4 (Maltese, 1967; Molari e Molari, 2006) hanno la rotazione in alto e la freccia è inclinata verso il basso in modo da poter posizionare il carico, dopo averlo sollevato, facendolo scendere senza sforzo ruotando solamente una vite. Da notare come questa macchina venga inserita nelle formelle di Urbino scegliendola fra le invenzioni notevoli e meritevoli di essere ricordate, come *trionfo dell'ingegneria***.**



Fig. 4 – Gru con rotazione disegnate nel periodo Rinascimentale: Mariano di Jacopo (Taccola), Francesco di Giorgio.

Altre considerazioni

Per quanto riguarda la presenza del ritegno fisso che è posto a circa metà altezza della gru, si può pensare che in quella posizione si sdoppiasse la struttura: una parte bassa come ancoraggio di una parte superiore sporgente, controventata sì dagli stralli ma soggetta soprattutto a carico di punta, dovuto al carico, alla componente lungo la gru del tiro degli stralli. Lo sbandamento nel piano delle travi viene contrastato collegando le due travi fra loro con calastrelli, aumentando così il momento di inerzia della sezione, nell'altra direzione gli stalli contrastano la componente laterale del carico ed è significativa la loro distribuzione non simmetrica che conferma la posizione non simmetrica del carico e della struttura. Sulla antenna si arriva così a una lunghezza critica che non può superare, per le dimensioni delle travi e per il carico, i 12÷13 metri. Questa lunghezza critica viene confermata, come vedremo più avanti, anche dalle dimensioni delle gru per alberare costruite in legno fino alla metà del 1800.

Della taglia principale e di quelle per il tiro degli stralli è già stato detto nel precedente lavoro (Molari *et al.*, 2016). Si vuole qui solo mettere in evidenza come questa taglia, con due funi traenti, sembra essere un'evoluzione della taglia doppia descritta da Vitruvio[6] nella quale si evita la meticolosa e difficile messa in carico delle funi delle due taglie che agiscono in parallelo[7], introducendo nel bozzello mobile una puleggia di bilanciamento.

Altri elementi per una ricostruzione della macchina: il motore, il freno e l'accoppiamento albero-ruota-tamburo dell'argano

Come dice ancora una volta Vitruvio per la ruota calcatoria[8], questa viene montata lateralmente su albero trasversale con i cuscini sulla parte centrale inferiore dei montanti. L'argano centrale deve avere la possibilità di essere svincolato dall'albero, presumibilmente mediante arpionismi, per permettere il riarmo della macchina, per cui occorre pensare all'impiego di due alberi coassiali. Il riarmo della macchina avviene riportando in basso il bozzello mobile della taglia principale che tuttavia, per il basso rendimento di una taglia con tante pulegge, dovrà essere aiutato nella discesa dal tiro delle due funi a esso agganciate, funi che verosimilmente venivano impiegate anche per lo spostamento laterale del carico, come rappresentato anche nel famoso quadro di Bruegel sulla costruzione della grande torre di Babele.

La tipologia della ruota calcatoria differisce sostanzialmente dall'usuale per la presenza di un tamburo centrale che può essere pensato come necessario per alloggiare un sistema di frenatura o autofrenatura per arrestare la ruota in emergenza o per la discesa del bozzello mobile o di eventuali carichi.

Nel bassorilievo in fig. 5 è evidente sulla destra come il contrasto venga ottenuto tramite un braccio esterno dotato di una forcella d'estremità. Nelle *classiche* ruote calcatorie l'accoppiamento ruota-albero avviene normalmente su un mozzo quadro (Molari *et al.*, 2016); su questa geometria a croce corrono i bracci di sostegno della



Fig. 5 – Due viste del modello senza stralli e, al centro, il bassorilievo.

pedana di camminamento, che vengono poi opportunamente controventati. Si ottiene così un accoppiamento albero-ruota di notevole resistenza. Nella ruota degli Haterii non si ha un accoppiamento di questo tipo ma si ipotizza che venga data maggiore importanza all'inserimento di un tamburo centrale tale da permettere il disaccoppiamento albero-ruota e la conseguente frenatura su dischi affacciati. E' quindi necessario fare ricorso, come già detto, a due alberi coassiali dei quali quello interno regge la ruota e quello esterno, in metallo, realizza il tamburo dell'argano e porta calettata la ruota dell'arpionismo, in fig. 6.

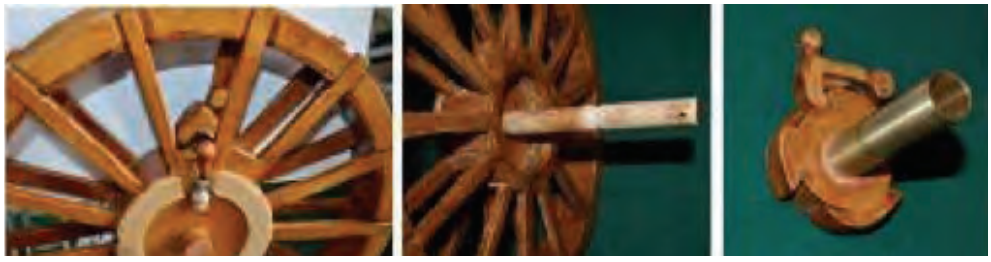


Fig. 6 – Il sistema frenante impiegato nel modello, con arpionismo e freno frontale a disco. Il freno viene automaticamente innestato quando, invertendosi il moto, si alza il nottolino; al centro, l'albero sul quale è calettata la ruota calcatoria e l'albero cavo, in metallo, sul quale si avvolgono le due funi traenti.

Per l'azionamento del freno si può pensare, in relazione a quanto rappresentato nel bassorilievo, a un disaccoppiamento manuale azionato da uno degli *calcanti* all'interno della ruota e a un intervento esterno per spingere la faccia di contrasto dei dischi sulla parte anteriore della ruota. L'addetto che è a cavallo fra il braccio esterno e la ruota potrebbe essere colui che porta le due facce del freno a contatto.

Sembra tuttavia lecito ipotizzare, in alternativa, un intervento automatico del freno una volta che avviene un moto relativo fra il tamburo dell'argano e la ruota motrice. Questo innesto automatico potrebbe essere costruito da un arpionismo che si sblocca automaticamente o da un sistema simile al freno a contropedale delle attuali biciclette dove una vite, girando in senso contrario, si impegna su una madrevite solidale ad un disco che viene così portato a traslare assialmente e quindi a premere sul controdisco[9].

Parte seconda: La macchina degli Haterii e le macchine per alberare le navi

In (Romme, 1778) viene riportata una definizione della macchina per alberare le navi: *A masting sheer, sheers, shears or masting crane is a specialised shipyard crane, intended for placing tall masts onto large sailing ships. "Sheers" is an old name for a fixed crane formed by one or two wooden beams, fixed at the base and supported by ropes.*

L'importanza di queste macchine viene fissata dal Barbaro nella sua nota traduzione/commento di Vitruvio (Barbaro, 1567) *Vitruvio c'insegna a drizzare le machine, e chi ha veduto come s'inalbora le navi, può intender quello, che egli dice.*

Il confronto con la macchina degli Haterii

La tomba degli Haterii, con il suo celebre bassorilievo, è affiorata casualmente da scavi condotti nel 1848 lungo l'antica via Labicana. La macchina *per alberare* (Fig. 7) è riportata e disegnata nel dizionario dei termini marinareschi (Lescallier, 1777) e disegnata poi in proiezioni ortogonali da Borgnis nel suo trattato di Meccanica applicata alle macchine, del 1818 (Borgnis, 1818).

Non può quindi esserci nessun vincolo diretto fra il bassorilievo e la macchina disegnata da Lescallier/Borgnis, eppure queste due macchine hanno impressionanti similitudini, quasi che una derivasse dall'altra! La macchina con la quale si pensa che la famiglia degli Haterii abbia costruito il Colosseo è del tutto simile, a parte alcuni particolari, alla macchina per alberare

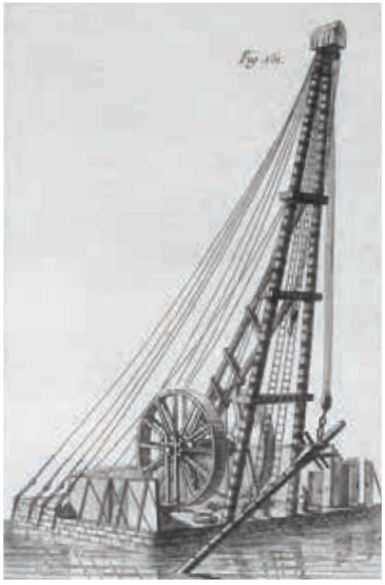


Fig. 7 – La macchina riportata da Lescallier 1777.

le navi riportata da Lescallier/Borgnis. La differenza consiste sostanzialmente, per quanto riguarda la gru romana in fig. 3, nella presenza di una rotazione in alto, per altro di modesta entità, e in una conseguente inclinazione laterale, dovuta al fatto che la posizione di carico è distinta da quella di scarico. Nella macchina di Lescallier/Borgnis due sono le ruote calcatorie che fungono da motore per il sollevamento dei grossi alberi dei vascelli di allora, mentre una sola è la ruota nella macchina romana.

È quindi spontaneo confrontare queste due macchine e cercare di capire se vi sia stata una certa continuità di progettazione fra loro o se la così marcata similitudine strutturale dipenda solo dalla funzione e dalla ottimizzazione della struttura e dei materiali impiegati.



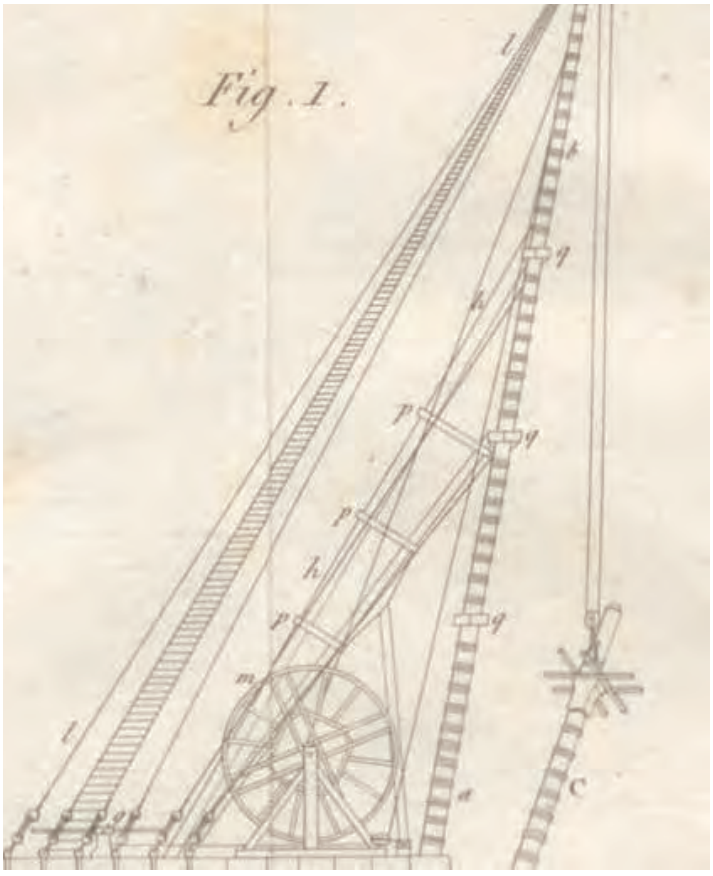


Fig. 8 – Confronto, a parità di diametro della ruota calcatoria, tra la macchina degli Haterii (I sec d.C.), a sinistra, e quella per alberare di Borgnis (Borgnis, 1818), alta 44 metri. Si può così considerare che la macchina degli Haterii fosse alta 24 metri. Da notare la stessa inclinazione.

Le corrispondenze e le differenze fra le due macchine

La struttura di riferimento è la stessa: un *bigo* (shears) con molti calastrelli. Stessa è pure l'inclinazione frontale di inclinazione del *bigo* di 10÷11° rispetto alla verticale, stessa posizione della controventatura fissa a circa metà lunghezza delle travi principali (nella macchina di Lescallier/Borgnis le controventature fisse sono sdoppiate e collegate fra loro). In entrambe le macchine vi è largo impiego di stralli.

La macchina romana, come già detto, sembra prevedere un freno contro l'inversione del moto, mentre la macchina del Lescallier presenta un paio di aste esterne che potrebbero essere impiegate come freno e la macchina del Borgnis ne sembra essere priva.

Nella macchina romana e in quella descritta da Borgnis due sono le funi traenti nel tamburo dell'argano principale. Confrontando le dimensioni delle due macchine si può trovare, a parità di diametro della ruota calcatoria, l'altezza della gru romana. Quella del Borgnis è di 44 metri con 8 metri di fuori asse del carico rispetto all'estremità della base. Ipotizzando che il diametro esterno della ruota fosse di 8 metri (27 pedes) e considerando le dimensioni del bassorilievo in scala, la macchina romana sarebbe stata alta 24 metri (80 pedes) con uno sbraccio di 4,6 metri (16 piedi) e quindi avrebbe potuto raggiungere la sommità del secondo ordine del Colosseo. Inoltre, per i blocchi squadrati presenti in basso sul bassorilievo, sembra verosimile pensare che la macchina potesse venire alzata ulteriormente, su di un basamento realizzato a secco, basculando sul telaio di base e agendo sugli stralli, degli altri 8 metri (27 pedes) che avrebbero consentito di sollevare massi fino al terzo ordine del Colosseo, cioè fino a 32 metri (107 pedes)[10].

Altre macchine per alberare le navi

L'operazione di posizionare gli alberi su di uno scafo è una operazione complessa, descritta, nel caso di impiego a bordo di un *bigo*, nei dettagli dai manuali di marina (Imperato, 1494). Per alberi di notevole taglia questa operazione a bordo non sempre è fattibile e comunque comporta un notevole dispendio di tempo e di energia; nei maggiori arsenali o nei maggiori porti viene costruita una macchina ad hoc: la gru per alberare, che diviene molte volte, per la sua mole, il simbolo del porto o dell'arsenale di riferimento. Alcune volte questa gru è realizzata in legno, molte volte in muratura con un aggetto alla sommità o con un *bigo* o una *freccia* in legno che sporge.

La *gru per alberare* di solito non viene impiegata per operazioni di imbarco e sbarco di merci, data la struttura fissa, vale a dire senza la possibilità di ruotare o di spostarsi su carrelli, che questa macchina richiede per la sua notevole altezza. Solo nella seconda metà del 1800, con le strutture realizzate in metallo e con l'avvento di imbarcazioni con stive molto larghe, si potrà pensare a gru girevoli, che possano compiere entrambe le funzioni (Imperato, 1949).

Borgnis riporta l'esistenza di almeno 5 *macchine per alberare*, delle quali due di legno nei porti di Brest e Tolone (quella di Brest sembra avere le dimensioni del

disegno riportato nel testo senza essere tuttavia dotata di controventi fissi, come disegnato da Lescallier/Borgnis, ma solo di stralli); due macchine a torre in muratura, delle quali una a Venezia (Chiodo, 1867, [1]) alta 37 metri, dotata di un bigo di 23 metri inclinabile, e l'altra a Copenaghen. Un'altra macchina *posta su di uno scafo* a Rochefort, in fig. 9 è dotata di tre alberi, è alta 37 metri con sbraccio di 6 metri. Borgnis poi accenna ad altre macchine su pontoni o su navi convertite, di stanza nei porti inglesi. A questo elenco si può aggiungere la macchina in Polonia a Danzig realizzata con la torre in muratura e legno, attiva fin dal 1367 [2].

Della macchina di Rochefort, con dettagli in Romme (1778), Borgnis fornisce altre misure: gli alberi esterni sono lunghi 37 metri e la sezione di piede ha il diametro di 60 cm, l'albero centrale è lungo 32 metri e la sezione di piede ha diametro di 70 cm, la distanza fra gli alberi laterali e quello centrale è di 4 metri. Come si vede nel disegno in fig. 9, le tre travi principali hanno due grossi controventi; queste antenne, una lunga 20 metri con diametro nella sezione maggiore di 50 cm, l'altra, più alta, lunga 27 metri con diametro nella sezione maggiore di 60 cm, sono collegate all'albero maestro della nave. Durante il caricamento della macchina il pontone si inclina e Romme fa notare il vantaggio, che si ha rispetto alle macchine fisse, per poter alberare vascelli di maggiore larghezza.

Il Dizionario delle arti e mestieri tradotto in italiano nel 1835 (Lenormand, 1835: Tomo X, *Pesi*-IV), *Dell'innalzamento verticale ed obliquo dei pesi*, riporta questo tipo di macchina sintetizzando dal Borgnis:

Di tutte le macchine di tal fatta, la più notabile è quella che si adopera per alberare e disalberare i vascelli. La si stabilisce sulla spiaggia per innalzare e trasportare gli alberi, porli al loro posto o levarli. Queste macchine consistono in grandi alberi o clavie, uniti ad angolo acuto alla cima, e legati fortemente insieme con traverse poste ad ogni tratto. Piantansi questi alberi sul muro della riva, dando loro, acciò la cima sia posta verticalmente al di sopra de' vascelli che vi si conducono. L'altezza è di circa 44 metri e la cima sporge di 8 metri. Queste clavie si afforzono con alberi obliqui uniti alle traverse puntellate con alberi più corti. Finalmente alcune sartie legano il tutto ad anelli di ferro impiombati nei punti vicini irremovibili; questi cordami sono passati in taglie, e dirigonsi in ogni verso ove occorre appoggiarsi. Alcune carrucole e ruote a tamburo, o verricelli, compiono l'apparato. Quando si può appoggiarsi alla sommità d'una torre posta sulla riva del mare, come a Venezia, a Copenaghen ed altrove, se ne fa una macchina semplicissima da inalberare, di una durata quasi infinita, e che non abbisogna quasi mai di veruno ristauro.

Solo dalla seconda metà del 1800 si costruiscono navi di grande stazza che richiedono grandi investimenti per la costruzione di gru sempre più potenti e di grande altezza[11].



Fig. 9 – La macchina imbarcata di Rochefort (da Rousselet, 1929).

Conclusioni

I dettagli del bassorilievo hanno consentito una analisi *filologica-meccanica* della macchina e quindi la costruzione di un modello che ha messo ulteriormente a fuoco le peculiarità di questa particolare macchina che non trova riscontro nelle classificazioni delle macchine di sollevamento dell'antichità. Il telaio fisso, la rotazione in alto, l'inclinazione laterale del carico, il tipo di taglia, la presenza per la ruota calcatoria di un freno dotato di un braccio esterno, sono importanti esempi di come la macchina fosse un gioiello di tecnologia e del perché il *Tychicus* costruttore si potesse inorgoglire dedicandola alla madre defunta ed esponendola all'ammirazione di tutti sulla via Labicana.

Il confronto fra la macchina romana e quelle costruite dopo molti secoli fornisce nuovi elementi di conferma delle ipotesi fatte nella ricostruzione della macchina, conferma il grande livello che aveva raggiunto l'arte romana nella marineria e l'importante contaminazione di questa tecnologia di élite nell'arte romana del costruire edifici di grande pregio.

È noto come le maestranze della flotta di stanza a Miseno, le sole addestrate ad impiegare con successo questa nuova tecnologia, rimanessero anche dopo la costruzione del maestoso edificio a Roma, in una caserma vicino al Colosseo, per gestire anche il grande e complesso sistema di copertura, dispiegando ed ammainando il gigantesco *velarium* (Montilla, 1969).

Non si può terminare il presente lavoro senza tributare un atto di devota ammirazione nei riguardi di *Q. Haterius Tychicus, redemptor*, proprio con la palma della vittoria e l'ulivo dell'intelligenza presenti sulla cuspide della sua macchina.

Bibliografia

Barbaro (a cura di). 1567. *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio, commento di Daniel Barbaro*. Venezia: Franceschi Senese.

Borgnis 1818. *Des Machines a mâter*. In: *Traitè complet de Mécanique Appliquée aux arts*, II, 277-282. Paris : Bachelier Ed.

Dienel H.L., Meighörner W. 1995. *Der Tretradkran*. Munchen: Deutsches Museum,

Mariano Di Jacopo (Taccola) 1381-1453, Parte terza del libro di Ingegneria, Ms.Palatino 766 c.20r (pag.27), Biblioteca Nazionale Centrale Firenze [3].

Fleury P. 1993. *La mécanique de Vitruve*. Caen: Université de Caen.

Fra Giocondo. 1511. *M. Vitruvius per Iocundum solito castigatior factus cum figuris et tabula ut iam legi et intelligi possit*. Venezia: Tacuino Ed.

Iacopo Chiodo. 1867. 10/3/1867. Archivio di Stato di Venezia

Imperato F.E. 1949. *Arte Navale Vol 1° Attrezzatura e Manovre* Milano: Hoepli ed.

Lenormand P. *et al.* 1835. *Nuovo dizionario universale tecnologico o di arti e mestieri, prima traduzione italiana*.Tomo X. Venezia: Ed. Giuseppe Antonelli.

Lescallier, Daniel. 1777. *Vocabulaire des termes de marine anglois et françois ….* I, 243-254. Paris: Imprimerie royale.

Maltese C. (a cura di). 1967. *Francesco di Giorgio Martini Trattati*, Milano:Il Polifilo.

Marini L. (a cura di). 1838. *Vitruvii De architectura libri decem*. Roma: Luigi Marini

Meighòrner-Schardt M., Blumenthal H. 1989. *Räderwerk Römerkran : zur Rekonstruktion eines römischen Baukrans.* Bonn: Bouvier.

Molari L, Molari P.G. 2006. *Il trionfo dell'ingegneria nel fregio del palazzo ducale di Urbino*. Pisa: ETS.

Molari P.G., Bruno M., Conti C., Martines G. 2016. *La gru degli Haterii: analisi dell'argano e dei paranchi*. Atti del 6° Convegno di Storia dell'Ingegneria, Napoli, 22-23 aprile, I, 329-341.

Montilla R.B. 1969. *The Awnings of Roman Theatres and Amphitheatres*, Theatre Survey, 10(1), 75-88.

Oleson J.P. (a cura di). 2009. *The Oxford Handbook of Engineering and Technology in the Classical World*. Oxford: Oxford University Press.

Romme M. 1778, *Art de la Mâture Ensemble des mâts et gréements d'un navire*. III, 51, tav VI e VII, Extrait des registres de l'Academie Royale des Sciences, Paris : G.F. Delatour.

Rousselet L. 1929. *Mechanique, électrité et Construction appliquée aux Appareils de leverage*. II, 319-354. Malakoff: Dunod Editeur.

Zmié N., Hoffmann K., Bosnjak S. 2007. *A note on the history of handling in ports: from ancient to medieval cranes*. Proceedings of 12th IFToMM Word Congress, Besancon, June 18-21.

Sitografia

[1] https://divisare.com/projects/140570-map-studio-magnani-pelzel-architetti-associati-francesco-magnani-alessandra-chemollo-progetto-di-recupero-della-torre-di-porta-nuova-all-arsenale-di-venezia

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_historical_harbour_cranes

[3] http://www.bncf.firenze.sbn.it/Bib_digitale/Manoscritti/Palat766/main.htm

Note

1. Quas fantasias Graeci vocant (nos sane visiones appellamus), per quas imagines rerum absentium ita repraesentatur animo, ut eas cernere oculis ac praesentes habere videamur, has quisquis bene conceperit, is erit adfectibus potentissimus (Institutio oratoria VI, 2 29-30).
2. Una curiosità: Fra Giocondo (Fra Giocondo, 1511), trovandosi in difficoltà nella descrizione di una gru per sollevare grandi carichi, corregge il testo di Vitruvio cambiando (X, 2,1) tigna duo con tigna tria. Il bigo controventato diventa così un cavalletto di sollevamento con tre piedi, questo sì sicuramente isostatico, ma con limitata possibilità di pratica applicazione, perché può sollevare solo in verticale sotto di sé.
3. Scansoria ratio non arte sed audacia gloriatur; ea catenationibus [et transversariis et plexis conligationibus] et erismatorum fulturis continentur. Vitruvio (X,2). Il termine latino Scansoria va qui tradotto come telaio superando le interpretazioni correnti che non sono coerenti con il testo che segue.
4. Orazio, Epistulae, 2, 73.
5. Non deve stupire che il movimento di rotazione avvenga con un modesto sbraccio, anche oggi nei piccoli cantieri per il sollevamento di carichi da balconi impiegano piccole gru a bandiera e poi tirano a sé il carico per poi deporlo nella posizione più opportuna.
6. Traiecti autem ab exteriore parte ferunt dextra sinistra tympamum in axe ibique, ut haereant, conligatur. Vitruvio (X,7),
7. Habent enim et imo et in summo duplices ordines orbiculorum. Vitruvio (X,6).
8. Sin autem colossicotera amplitudinibus et ponderibus onera in operibus fuerint, non erit suculae committendum, sed quemadmodum sucula chelonis retinetur, ita axis includatur habens in medium tympanum amplum, quod nonnulli rotam appellant ….. Vitruvio (X,5) …. Quodsi maius tympanum conlocatum aut in medio aut in una parte extrema fuerit, sine ergata calcantes homines expeditiores habere poterunt operis effectus. Vitruvio (X,7).
9. Per i vari tipi di freni automatici impiegati negli argani vi può vedere (Rousselet, 1929) Vol I pagg. 104-150.
10. L'altezza totale del Colosseo al tempo dei Flavi viene considerata essere con i primi tre ordini e con l'aggiunta del velarium di circa 36 metri (120 piedi, un actus).
11. Per esempio ci si può riferire all'arsenale di Spezia che, in concomitanza con l'esposizione di Milano del 1906, viene così descritto a pagina 27 del n. 84, 13 PA 1, dell'Extrait du Catalogue raisonné du Musée de Marine del 1909 (Éditions des Musées Nationaux): Lungo le banchine sono installate gru da 8, da 12 e da 30 t. Lungo la calata ovest della seconda darsena sono impiantate: una mancina a vapore fissa, da alberare, alta m 39 e della portata di 50 t; e una mancina idraulica girevole di 160 t, che può sollevare i pesi fino a 20 m di altezza sul mare con un braccio di 12 m.

Mario Como

Il Colosseo: sulle ragioni del suo stato di danneggiamento

Abstract
Analysis of grounds of the actual damagement of the Coliseum in Rome is the aim of the paper. Two conjectures are considered: the past dismantlement works, that already the Vth century begun to extract precious construction materials to produce lime, and the past earthquakes.

As far as the dismantling hypothesis is concerned, in the paper it will be shown that at least two piers have to be demolished to produce partial failures of the Monument. The other conjecture is based on numerous geophysical studies, *in free field*, to measure the seismic excitability of the Coliseum. Local geological conditions, due to the presence of sedimentary fillings in the soils underneath the Coliseum, can in fact strongly increase the intensity of earthquakes. According to these last results, strong seismic actions could have effectively struck the Monument and, probably, caused the detected damagement.

To discuss these last results, the paper evaluates, from one side, the lateral seismic strength of the Coliseum and, from the other side, the period of the horizontal oscillations of the *coupled system*, composed both by the Monument and the underlying soft alluvial deposits. Thus, in opposition to the free field results, the horizontal oscillation period of the Monument results much higher, due to the contribution of its large mass. Consequently, the seismic action that could have struck the Monument in the past becomes lower than its seismic strength.

Probably the past dismantling works, that started since from the Vth century, gradually weakened the Monument, that became more vulnerable to the subsequent seismic actions, particularly to those due to the strong earthquake that struck the city of Rome in the year 1349.

Introduzione
È nota la marcata differenza nella conservazione del Colosseo tra il lato Sud e quello Nord: l'intero anello esterno e quello intermedio sul lato Sud sono andati distrutti, mentre quello situato sul lato opposto è quasi intatto. Le cause di tale grave stato di danneggiamento subito dal Colosseo, così differenziato tra le sue parti, non sono state ancora definitivamente accertate Due sono le congetture che tentano di interpretare le cause di tale danneggiamento: il graduale smontaggio del monumento per

l'utilizzo del materiale raccolto (Conforto, 1986; Lancaster. 1998; Coarelli *et al.*, 1999; Rea, 2002) e i passati terremoti. (Croci, 1990; 1993; Bozzano *et al.*, 1995; Moczo *et al.*, 1995).

Entrambe le congetture pongono interrogativi di non facile risposta. Come potrebbero essere smontate parti così cospicue del monumento? Non è facile infatti smontare interi settori del Colosseo. Esistono d'altra parte testimonianze che attestano la presenza di lavori già nel VI secolo per il prelievo e l'uso dei materiali del monumento. (Rea, 1996; 2002). La congettura che siano stati i passati terremoti a produrre lo stato dissesto del monumento comporta una problematica più complessa ed è tra l'altro particolarmente rilevante, perché può chiamare in causa anche la sicurezza sismica attuale del monumento. La sismicità dell'area di Roma non è elevata, tuttavia è noto che l'azione dei sismi ha prodotto danni molto differenziati, a causa delle diverse condizioni geologiche locali dell'area comunale di Roma. Recenti campagne di indagini geofisiche e geotecniche sul sottosuolo dell'area archeologica di Roma (Pagliaroli *et al.*, 2014a; 2014b), accompagnate da estese indagini numeriche, hanno fornito nuovi e importanti elementi per una analisi di tale problematica. Da queste indagini risultano possibili elevati effetti amplificatori nella zona archeologica centrale di Roma e particolarmente nell'area centrale del Colosseo, dove si rinvengono sacche di terreni alluvionali che potrebbero andare in risonanza sotto l'azione sismica. I risultati di tali indagini mostrano che i terreni adiacenti o sottostanti al Colosseo, se investiti nel loro *bed rock* da input sismici rappresentativi di terremoti reali o artificiali, presenterebbero una forte amplificazione dello scuotimento sismico oscillando con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 s. Ricerche ulteriori (Pau e Vestroni, 2008) hanno mostrato che i periodi propri dei primi sei modi di vibrare della struttura in campo linearmente elastico sono compresi tra 0,57 s e 1 s. Si comprende quindi l'importanza della valutazione del periodo proprio del monumento in relazione alle caratteristiche di scuotibilità del sito.

Le indagini sulla scuotibilità dei terreni di fondazione o adiacenti al Colosseo sono state effettuate d'altra parte in *free fields*, cioè senza considerare la presenza della massa del monumento sulle formazioni sottostanti. Qui di seguito viene invece presentata una valutazione del periodo proprio di oscillazione del complesso monumento - terreni di fondazione, effettuata attraverso una modellazione semplice del problema. Sulla base delle nuove conoscenze acquisite sul sottosuolo dell'area, riprendendo e modificando un precedente approccio (Coccia *et al.* 2005, Como, 2010), viene qui affrontato il problema dell'interazione dinamica tra il monumento e il sottostante terreno di fondazione e confrontata la resistenza della struttura del monumento con l'entità dell'azione sismica che può averlo colpito nel passato.

Breve descrizione del monumento

L'anfiteatro, con i suoi ottanta ingressi, consentiva facile accesso a circa 50.000 spettatori. Aveva una pianta ellittica, con diametro esterno di 188 m e interno di 155 m

(Rea, 2002). All'interno è situata l'arena dove i vari eventi e spettacoli avevano luogo. Anche la pianta dell'arena ha forma ellittica e lungo i suoi assi misura 75 m · 44 m. Il *podium*, costruito in *opus latericium* e rivestito con lastre di marmo, limitava l'arena.

La parte principale della struttura esterna del Colosseo è costituita dalla *cavea* e da tre pareti anulari costituite da archi e 240 pilastri a ogni piano, connessi ai vari livelli da archi che sostengono le arcate di perimetro. La facciata, dell'altezza esterna di 48,5 m, è realizzata da una sequenza di arcate regolari con ordini colonnari sovrapposti: il Tuscanico, lo Ionico e il Corinzio; ha una cornice superiore, l'attico, sostenuta da robuste mensole e presenta quattro piani; i primi tre hanno archi a tutto sesto, mentre l'attico ha quaranta finestre rettangolari. Le volte degli ambulacri correvano lungo le pareti dell'anfiteatro e formavano larghi corridoi che collegavano i vari livelli della cavea (Coarelli *et al.* 1999; Conforto, 1986; Conforto, 1988; Cozzo, 1928; Cozzo, 1971, La Regina, 2001; Luciani, 1993).

La costruzione dell'anfiteatro è stata preceduta da una sistemazione idraulica dell'area per drenare le acque che si erano accumulate nella valle. Dopo il drenaggio del laghetto artificiale di Nerone venne costruito un grosso anello ellittico, come un ordinario muro, in *opus caementicium*, che dopo vari riempimenti divenne la fondazione del Colosseo: su di esso, infatti, venne poi costruita la struttura in elevazione dell'anfiteatro.

La pianta della fondazione, in *opus coementicium*, di tutta la struttura in elevazione del monumento è costituita da una fascia ellittica di larghezza 51,5 m e altezza 12,0 m. L'ellisse esterna del basamento ha l'asse maggiore di 187,2 m e l'asse minore di 157,5 m, mentre quella interna ha l'asse maggiore di 84,2 m e l'asse minore di 54,5 m, come mostrato in fig. 1.

Per costruire i pilastri, i blocchi di travertino erano lavorati sul posto con una preparazione. I pilastri e gli archi circumferenziali delle tre pareti al perimetro sono in blocchi di travertino mentre le volte hanno intradosso in piccoli blocchi di tufo o in mattoni, con funzione di cassero e struttura soprastante di regola in *opus coementicium*. I setti radiali sono costruiti parzialmente in muratura di tufo o in mattoni in cui sono inseriti pilatri in blocchi di travertino. Le volte tra i setti, a sostegno delle gradonate, sono in piccoli blocchi di tufo (Rea *et al.* 2002).

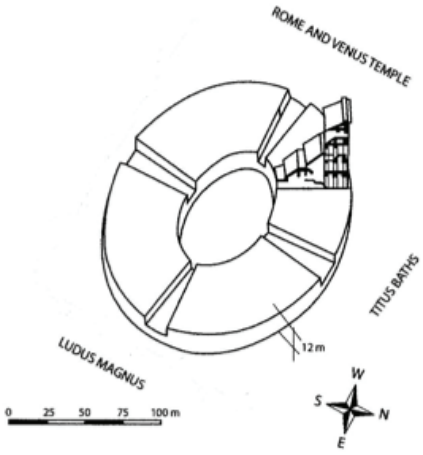


Fig. 1 – L'anello di fondazione del Colosseo (da Viggiani, 2017).

I danni e le conseguenti riparazioni

Lo stato di danneggiamento del monumento, rivelatosi nel diciottesimo secolo, prima dei lavori di riparazione e consolidamento che da quel tempo ebbero inizio, era conseguenza di 17 secoli di vita dell'edificio, intramezzati da eventi eccezionali quali incendi e terremoti. La fig. 2 mostra la pianta del primo livello dell'anfiteatro nel suo stato attuale (Cerone et al, 2000). Nell'intero lato sud del monumento, sia la parete esterna che quella intermedia sono mancanti. La fig. 3 riporta un famoso dipinto di G. V. Wittel che descrive lo stato di degrado del Colosseo rilevato nella metà del Settecento. Nessun lavoro di restauro venne eseguito fino ai tempi di papa Pio VII (1800–1823): successivamente, Leone XII (1823–1829), Gregorio XVI (1831–1846) e Pio IX (1846–1878) diedero inizio a un lungo processo di restauro che interessò l'intero anfiteatro. C'era timore per la stabilità della parete esterna, poiché solo 39 archi verso l'Esquilino erano in piedi e si era così interrotto il bilanciamento tra spinte e controspinte nella direzione circumferenziale.

Stern, Palazzi e Camporesi costruirono il contrafforte verso est, che venne completato nel 1807, mentre Valadier (1823–1826) costruì il contrafforte sul lato occidentale. Malgrado i lavori effettuati da Stern (1806–1807) e Valadier (1823-1826), si temeva che la parete esterna potesse continuare a ruotare all'esterno. Perciò più tardi, nel 1850, Canina installò un triplo ordine di catene in corrispondenza della tredicesima arcata centrale. Per ancorare le catene radiali alla parte superiore della parete esterna vennero ricostruiti 13 pilastri del terzo livello e un muro sopra la parete centrale. Una volta completato il muro di ancoraggio, le catene vennero posizionate in coppia allo stesso livello delle volte. Mentre i contrafforti costruiti da Stern e Vala-

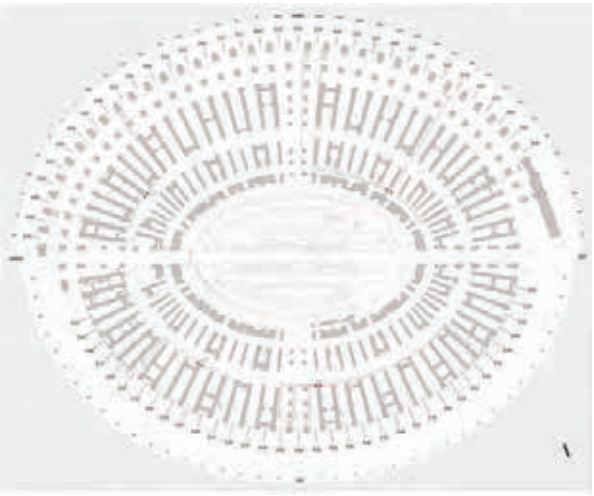


Fig. 2 – Pianta del primo livello del monumento nel suo stato attuale (da Wikipedia).



Fig. 3 – Disegno di Gaspar Van Wittel di metà del XVIII secolo.

dier recuperarono il bilanciamento delle spinte degli archi circumferenziali, le catene installate da Canina vincolarono la parete esterna in direzione radiale.

L'intera zona centrale del muro di Nord Est per la prima volta risultava stabilizzata. L'utilità di quest'ultimo lavoro di consolidamento può essere apprezzata ancora oggi, più di 150 anni dopo. Gli interventi strutturali più recenti risalgono al 1979, quando vennero consolidati con iniezioni di resina e, purtroppo, con cuciture armate alcuni pilastri del settore orientale (Bulian, 1980), già oggetto di intervento da parte di Valadier.

Analisi delle cause del dissesto

La congettura dello smontaggio

Documenti provano l'esistenza di lavori di smontaggio del monumento sin dal VI secolo (Rea *et al.* 2002). La documentata presenza di lavorazioni di calce all'interno del monumento, che comporta la necessità di bruciare in loco marmo e travertino, testimonia l'uso del fuoco nell'Anfiteatro. Ciò suggerisce l'idea che col fuoco si sia artatamente prodotto il collasso di alcuni pilastri per determinare crolli di parti del monumento al fine di poter poi disporre dei materiali caduti.

Le conseguenze statiche della demolizione di uno o due pilastri sono state simulate con il programma DIANA [1] (Como, 2010), applicando gradualmente il peso alla struttura privata dei pilastri demoliti. L'analisi ha dimostrato che la distruzione di un singolo pilastro non conduce al collasso: il monumento resterebbe ancora in piedi dopo questa singola demolizione in quanto attraverso il formarsi di nuovi sistemi ad arco, i pilastri adiacenti risultano infatti in grado di sostenere il carico assorbito dal pilastro distrutto; in fig. 4 è diagrammato il campo di sollecitazioni che si induce nel monumento

dopo la demolizione del singolo pilastro. La demolizione di due pilastri, al contrario, risulta in grado di determinare il collasso dell'intera sezione dell'anello esterno soprastante, come mostrato in fig. 5 in riferimento a due pilastri del primo livello.

La fig. 6 mostra invece il diagramma carico-cedimento verticale ottenuto aumentando gradualmente il peso del monumento, a partire da un valore minimo, quasi zero, fino al raggiungimento del suo valore effettivo.

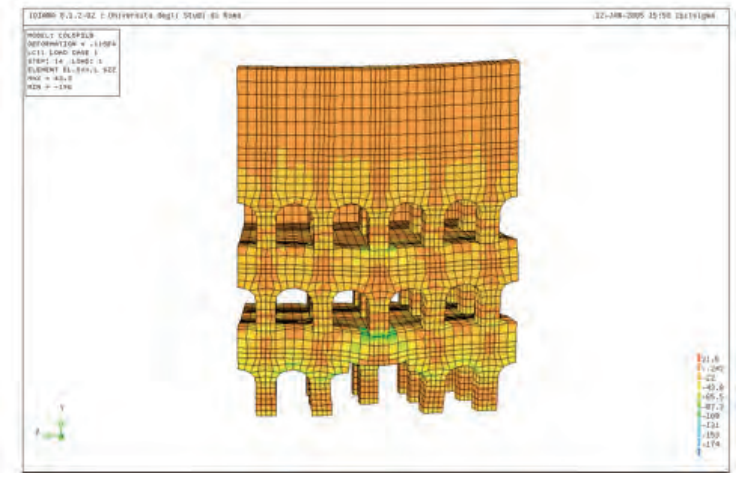


Fig. 4 – Configurazione di equilibrio della struttura del Colosseo dopo la demolizione di un singolo pilastro della parete esterna (da Como et al. 2006).



Fig. 5 – Collasso parziale della parete esterna causato dalla demolizione di due pilastri (da Como et al. 2006).

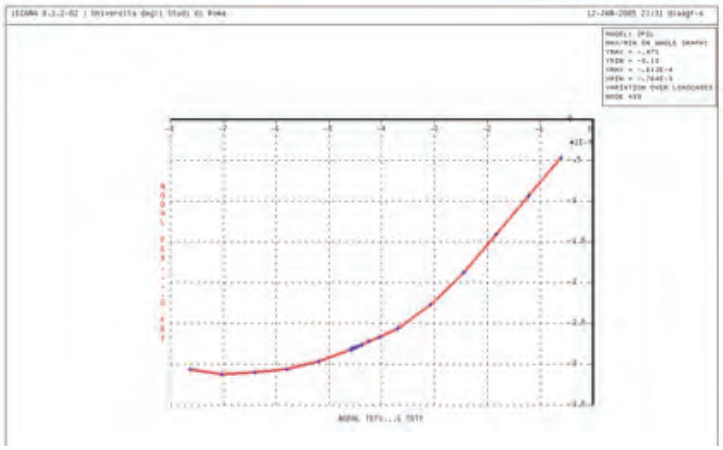


Fig. 6 – Relazione tra carico e cedimento verticale in sommità al crescere graduale del peso del monumento (da Como, 2010).

La congettura dei passati terremoti

La sismicità di Roma è abbastanza moderata. Nondimeno, in circa 2500 anni di storia, la città è stata colpita da un considerevole numero di eventi che hanno causato danni abbastanza gravi al suo patrimonio architettonico. (Sabetta, 2013). Secondo il catalogo sismico italiano, che registra i terremoti in Italia avvenuti in un arco di tempo di oltre duemila anni, a Roma i maggiori effetti, dovuti alla sismicità dell'Appennino, raggiunsero in alcuni casi gradi di intensità fino al VII–VIII grado della scala MCS (Molin e Guidoboni, 1989, Guidoboni *et al.*, 1994). La tab. 1 mostra la correlazione tra l'intensità della scala MCS e il valore di accelerazione massima del suolo misurata nel corso di un terremoto o attesa in un determinato sito, il Peak Ground Acceleration (PGA).

Le condizioni geologiche locali hanno avuto rilevante influenza nella distribuzione del danno: il danneggiamento è stato più severo per gli edifici e i monumenti fondati sui depositi sedimentari del Tevere. Come effettivamente osservato, durante un terremoto, il moto sismico superficiale in una valle con coperture sedimentarie superficiali può essere significativamente amplificato e prolungato (Funiciello *et al.*,

Tab. 1 – Correlazione tra i valori di intensità della scala MCS e quelli della PGA.

PGA [g]	0,05	0,07	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
I_{MCS}	V-VI	VI	VII	VIII	IX	IX-X	X	X-XI	XI

1995; Funiciello *et al.*, 2002; Moczo *et al.*, 1995). È necessario pertanto esaminare, sia pure molto sommariamente, anzitutto le caratteristiche geologiche dei terreni di fondazione del monumento.

Aspetti geologici e geofisici dei terreni di fondazione del monumento

La fig. 7 descrive i terreni limitrofi alla fondazione del Colosseo secondo una ricostruzione effettuata da Moscatelli *et al.* (2014) e da Pagliaroli *et al.* (2014a), sulla base di estese indagini geofisiche, geologiche e geotecniche.

I terreni posti subito al di sotto della struttura di fondazione del Colosseo sono di due tipologie differenti (Moccheggiani Carpano, 1977; Bozzano, 1995; Funiciello, 1995; Funiciello, 2002, Jappelli, 2000; Sciotti, 2004; Pagliaroli *et al.* 2014a; Pagliaroli *et al.* 2014b) e dettagliatamente descritti in fig. 7:

– sul lato Nord, un'alternanza di letti di sabbie limose e di sabbie vulcaniche, sovrastante a un'alternanza di ciottoli e argille limose fluviali, a loro volta sovrapposte a una formazione di argille marine sovra-consolidate e argille marnose.
– sul lato Sud depositi alluvionali disposti lungo l'antico alveo del Labicano e costituiti da argille limose associate a sabbie e ghiaie. Sul fondo dell'alveo si rinviene in piccolo spessore una formazione costituita prevalentemente da ciottoli. Lo spessore della formazione alluvionale è compreso tra 20,0 m e 25,0 m.

Sul lato Sud-Est, ma solo lateralmente alla fondazione, si rinviene una lente di tufi litoidi che si estende verso Est ma che non interessa la fondazione.

Al di sotto delle formazioni che circondano l'alveo, sovrastate ai bordi da rilievi collinari si rinviene un profondo banco di argille marine sovra consolidate e di argille marnose, indicato in fig. 7 come formazione MVA.

In tab. 2 sono riportati, per le varie formazioni, i valori dei parametri essenziali per caratterizzare le condizioni di vincolo del Colosseo ai terreni di base.

Scuotibilità sismica dei terreni di fondazione del Colosseo

Particolarmente interessanti sono i risultati di un'indagine in *free field* effettuata da Pagliaroli *et al.* (2014a) riguardanti la scuotibilità del sito dove è costruito il Colosseo, nella quale il bed rock, fissato alla profondità di 525 m dalla superficie, è caratterizzato da una velocità V_s = 550 m/s. Tra i vari spettri sismici considerati (UHS) l'input sismico scelto sul bed rock è l'INGV HS, di periodo di ritorno di 475 anni relativo a suolo roccioso, sostanzialmente simile a quello corrispondente alla NTC-2008 per il suolo A con accelerazione spettrale pari a 0,1g per T = 0, di cui al diagramma di fig. 8.

In fig. 7b è rappresentata l'accelerazione di picco PGA che si produce al tetto delle varie formazioni presenti in superficie, quota fondazione del monumento, quando il bed rock è soggetto all'input sismico prescelto. La forma a campana della

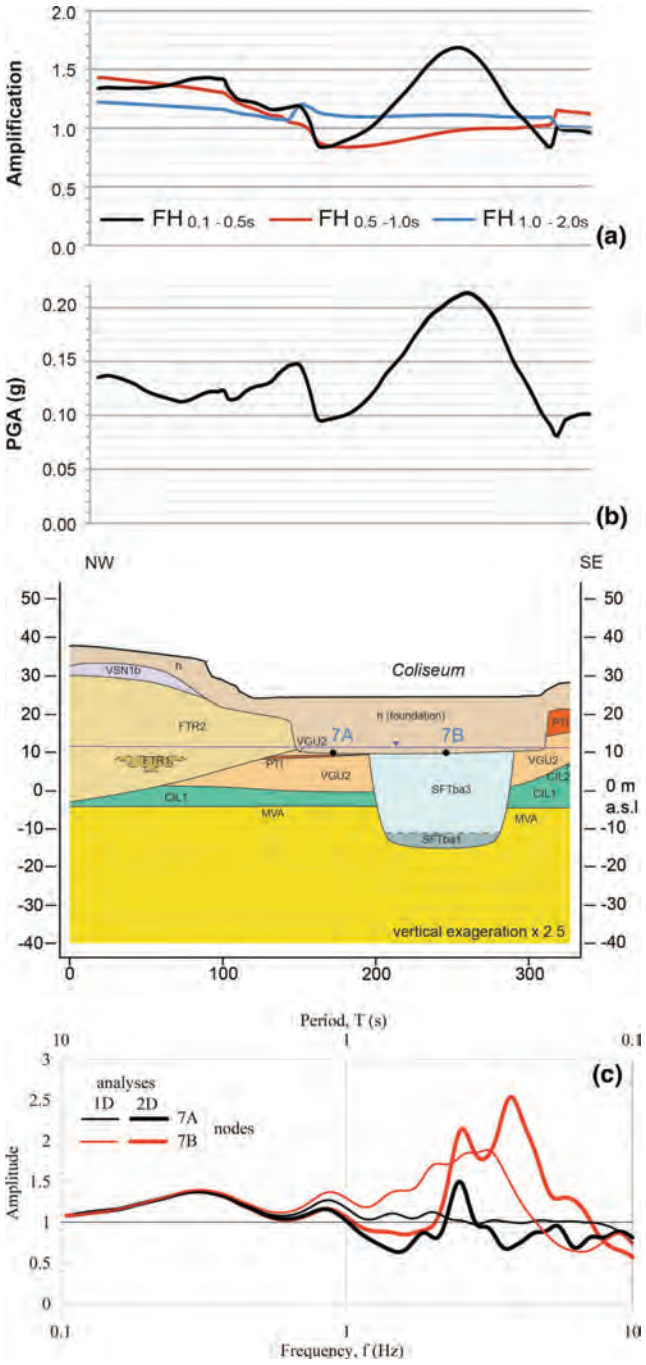


Fig. 7 – Geologia dei terreni adiacenti la fondazione del Colosseo (da Pagliaroli et al., 2014a).

Tab. 2 – Valori dei parametri per la caratterizzazione delle condizioni di vincolo del Colosseo ai terreni di base (di cui alla fig. 7, da Pagliaroli et al., 2014).

Litotipo	γ [kN·m^{-3}]	V_S [m·s^{-1}]	ν [-]
Bed rock sismico	22,0	800	0,46
CIL1	20,5	620	0,39
FTR1	20,5	680	0,45
FTR2,3-VGU2-VSN1b-CIL2	19,7	340	0,48
h	18,0	185	0,42
hm	19,0	530	0,40
MVA	20,5	550-650[2]	0,48
PT1-PPT	16,0	650	0,39
SFTba1	20,0	590	0,46
SFTba2,3	18,5	270	0,49
VGU1	20,0	390	0,42
VSN1a	16,0	600	0,40

γ: peso specifico; ν: coefficiente di contrazione laterale; V_S: velocità delle onde di taglio;
CL1: ciottoli; CL2: argille limose fluviali; MVA: argille marine sovra-consolidate e argille marnose;
PT1: tufi litoidi; SFTBA1: ciottoli; SFTba2: argille limose associate a sabbie e ghiaie.

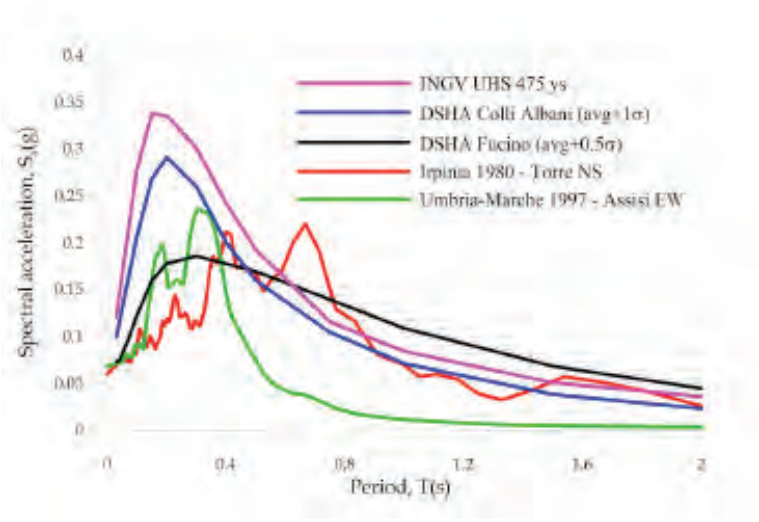


Fig. 8 – Gli spettri sismici considerati come input sismico sul bed rock (da Sabetta et al. 2013).

distribuzione delle accelerazioni con un massimo di 0,22 g, che si rinviene solo sulla sommità della formazione alluvionale, sta a indicare che nelle alluvioni, contenute nelle cavità dell'alveo del Labicano, si produce un fenomeno di risonanza. Sulle sabbie vulcaniche la massima PGA raggiunge 0,10 g.

I diagrammi riportati in fig. 7a forniscono i risultati numerici relativi all'amplificazione dell'accelerazione orizzontale delle formazioni superficiali investite da oscillazioni di periodi che cadono nella media dei tre intervalli 0,1s÷0,5 s; 0,5÷1,0 s; 1,0÷2,0 s rispetto alle oscillazioni di input imposte. Si notino la forte amplificazione che si produce nell'intervallo 0,1÷0,5 s e le risposte molto differenti tra loro, a seconda della frequenza delle oscillazioni con cui i terreni sono investiti. Indipendentemente dal fatto che trattasi di formazioni alluvionali o piroclastiche, non si amplificano oscillazioni con periodo compreso tra 0,5 s e 1,0 s, piccole amplificazioni, non superiori al 20%, si producono per oscillazioni con periodi di oscillazione compreso tra 1,0 s e 2 s, mentre per oscillazioni di periodo più piccolo, compreso tra 0,1 s e 0,5 s si hanno invece amplificazioni che interessano la superficie della formazione alluvionale posta nel letto dell'antico alveo del Labicano.

Tali valutazioni numeriche dell'amplificazione locale del moto sismico, in *free field*, non considerano l'effetto della presenza del grosso monumento sul tetto della formazione.

Il modello dinamico del sistema accoppiato formazione alluvionale-Colosseo

La fig. 9 descrive in un modello bidimensionale la formazione alluvionale di altezza H poggiante sulla formazione di argille sovra consolidate costituenti il bed rock, su cui poggia la fondazione del Colosseo vincolata elasticamente a essa nei riguardi di scorrimenti orizzontali.

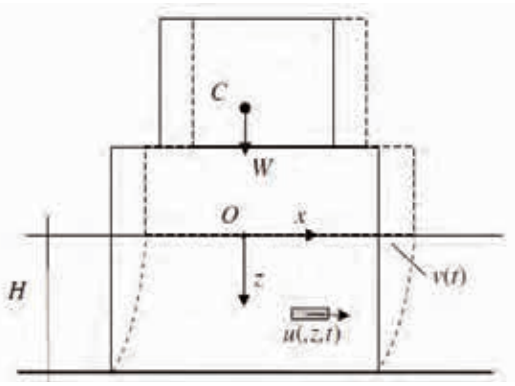


Fig. 9 – Il modello del sistema accoppiato formazione alluvionale-Colosseo.

La formazione subisce oscillazioni costituite da scorrimenti elastici orizzontali. Nella formulazione del modello si è ritenuto ragionevole trascurare le deformazioni che si producono nel monumento rispetto a quelle dei suoi terreni di fondazione. L'entità delle deformazioni che si produrranno nello strato deformabile è considerata comunque sufficientemente piccola in modo da prendere in conto solo le deformazioni elastiche. Un generico punto P(*x,z*) nello strato subisce quindi spostamenti orizzontali:

$$u(x,t) \tag{1}$$

Al generico tempo *t* la condizione di equilibrio dinamico di un piccolo elemento *dxdz* è dunque

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial \tau}{\partial z} \tag{2}$$

se $\tau(z,t)$ è la tensione tangenziale. La relazione di elasticità è:

$$\tau = G \frac{\partial u}{\partial z} \tag{3}$$

dove G è il modulo di elasticità tangenziale e $\partial u / \partial z$ è lo scorrimento tra le due facce distanti dz dell'elemento, uguale per tutti i punti della formazione alla stessa quota *z*.

La sostituzione della (3) nella (2) fornisce la nota equazione delle oscillazioni di scorrimento dello strato:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \tag{4}$$

Durante le oscillazioni orizzontali del monumento, la sua massa *M* è soggetta alla forza orizzontale:

$$M\ddot{u}(0,t) \tag{5}$$

che sarà in ogni istante *t* equilibrata dalla distribuzione delle tensioni tangenziali τ agenti alla base del monumento, fig. 8. La tensione tangenziale $\tau(0,t)$ agisce alla testa del deposito alluvionale e quindi risulta legata alla deformazione che si produce alla testa del deposito dalla relazione:

$$m\ddot{u}(0,t) = \tau(0,t) = G \frac{\partial u}{\partial z}(0,t) \tag{6}$$

se *m* è la massa del monumento per unità di superficie di appoggio.

La (6) costituisce la condizione di equilibrio tra la testa del deposito e la base del piccolo strato a deformabilità concentrata.

Lo spostamento orizzontale $u(z,t)$ che si produce all'interno della fondazione in oscillazione stazionaria viene espresso dalla relazione:

$$u(z,t) = \phi(z) \sin \omega t \tag{7}$$

dove la funzione $\phi(z)$ risolve l'equazione:

$$\frac{d^2\phi}{dz^2} + \frac{\rho\omega^2}{G}\phi = 0 \tag{8}$$

e quindi è rappresentata dall'integrale:

$$\phi(z) = A\sin\chi z + B\cos\chi z \tag{9}$$

dove si è posto:

$$\chi = \sqrt{\rho / G} \tag{10}$$

Incognita del problema è quindi la funzione:

$$u(z,t) = (A\sin\chi z + B\cos\chi z)\sin\omega t \tag{11}$$

La base della formazione è d'altra parte fissa sul bed rock. Deve essere quindi:

$$\phi(H) = (A\sin\chi H + B\cos\chi H) = 0 \tag{12}$$

Dalla (12) si ha:

$$Atg(\chi H) = -B \tag{13}$$

La sostituzione della (13) nella (12) fornisce:

$$tg(\chi H) = \frac{G\chi}{m\omega^2} \tag{14}$$

che, dopo alcuni sviluppi, si riduce a:

$$(\omega\theta)tg(\omega\theta) = \beta \tag{15}$$

ovvero:

$$x \cdot tgx = \beta \tag{16}$$

dove:

$$x = \omega\theta \qquad \theta = \sqrt{\rho H^2 / G} \qquad \beta = \frac{\rho H}{m} \tag{17}$$

con θ = tempo dello strato (in secondi) e β = rapporto di massa tra la formazione e il monumento (adimensionale).

La (16) rappresenta l'equazione delle frequenze del sistema accoppiato formazione-monumento nell'ipotesi di connessione orizzontale rigida tra la base del monumento e il tetto della formazione.

Ancora, dalla (15), se

$$m \to 0\,,\ tg(\omega\theta) \to \infty,\ \ \omega\theta \to \pi / 2$$

e la frequenza circolare ω ritrova la frequenza circolare dello strato in *free field*, cioè

la frequenza di quelle oscillazioni che non considerano presente, sul tetto dello strato, la massa del monumento:

$$\omega \to \omega_{f,f} = \frac{\pi V_S}{2H} \qquad T = \frac{2\pi}{\omega_{f,f}} = \frac{4H}{V_S} \tag{19}$$

dove $V_s = (G/\rho)^{0,5}$ = velocità delle onde di taglio nella formazione (Newmark-Rosenblueth, 1975; Como e Lanni, 1979).

Valutazioni numeriche
Le valutazione sono state fatte sulla base dei dati illustrati nella descrizione del monumento.

Pesi

Fondazione
– Area del basamento ellittico: $A = \pi/4(187,2 \cdot 156,5 - 84,2 \cdot 54,5) = 19.405,5\ m^2$
– Volume complessivo del basamento: $V = 19.405,5 \cdot 12,0 = 232.866,0\ m^3$
– Peso specifico $\gamma = 2\ t/m^3$
– Peso della fondazione: $W_f = 232.866,0 \cdot 2 = 465.732\ t$

Ipogei
La struttura sotterranea degli ipogei si sviluppa sotto l'arena e ha pianta ellittica pari all'ellisse interna dell'anello di fondazione su indicato e altezza pari a 8 m. Nel calcolo del peso è stato considerato un rapporto vuoto per pieno pari a 0,4 con $\gamma = 1,6\ t/m^3$.
– Area in pianta degli ipogei: $A = \pi/4 \cdot 84,2 \cdot 54,5 = 3.604,1\ m^2$
– Volume complessivo degli ipogei: $V = 3.604,1 \cdot 8,0 = 28.832\ m^3$
– Peso degli ipogei: $G_{ip} = 28.832 \cdot 0,4 \cdot 1,6 = 18.452,1\ t$

Fondazione degli ipogei
– Altezza: 4 m
– Volume fondazione ipogei: $V = 3.604,1 \cdot 4,0 = 14.416\ m^3$
– Peso fondazione ipogei: $G_{fip} = = 14.416 \cdot 2,0 = 28.483\ t$

Pareti radiali (setti)
– Peso di tutte le pareti radiali (setti): $W_s = 69.120,0\ t$

Pareti del podio
– Peso delle due pareti del podio: $W_{mp1} = 11,374.0\ t$; $W_{mp2} = 4664\ t$

Gradonate
– Peso delle gradonate: $W_g = 63.848,0\ t$

Volte circumferenziali e pareti

– Peso delle volte circumferenziali e pareti: Wp = 287.424 t

Peso totale del monumento

$$W_M = 946.401 \text{ t}$$

Massa totale del monumento:

$$m = 96.473 \text{ t}\cdot\text{s}^2/\text{m}$$

Pressione media sulla base dell'anello ellittico di fondazione

σ_m = (946.557 – 28.483 - 18.452,1)/19405,5 = 899.622,0/19405,5 = 46 t/m^2

Periodo proprio di oscillazione del complesso formazione alluvionale-monumento
La velocità delle onde di taglio nella formazione alluvionale è stata valutata pari a 270m/s. Il peso specifico della formazione è inoltre risultato essere γ = 1,85t/m^3. Il modulo di elasticità tangenziale della formazione è quindi:

$$G = 270^2 \cdot \frac{1,85}{9,81} = 13.748$$

Il fattore θ, il tempo dello strato, vale quindi, con la seconda delle (17), assumendo un'altezza della sacca alluvionale, H, pari a 25 m:

$$\theta = \sqrt{\frac{\rho H^2}{G}} = \sqrt{\frac{1,85 \cdot 25^2}{9,81 \cdot 13748}} = 0,093$$

La massa specifica m del monumento, cioè la massa totale del monumento rapportata all'area A della superficie della fondazione, viene calcolata come:

$$m = \frac{M}{A} = \frac{W}{Ag} = \frac{\sigma_m}{g} \tag{20}$$

se σ_m è la pressione media complessiva agente sulla fondazione, precedentemente valutata pari a 46 t/m^2.

Il rapporto di massa β tra la formazione e il monumento risulta quindi, rispettivamente per H = 25 m:

$$\beta = \frac{\rho H}{m} = \frac{1,85 \cdot 25}{46} = 1,00$$

La frequenza circolare ω delle oscillazioni del sistema accoppiato formazione alluvionale e monumento si ottiene come soluzione dell'equazione:

$$x \cdot tgx = 1,0$$

che ha soluzione, fornita dalla (17):

$$x = 0{,}862$$

da cui, poiché $x = \omega \times \theta$, con $\theta = 0{,}093\ s$ si ottiene:

$$\omega = \frac{0{,}862}{0{,}093} = 9{,}269$$

e il periodo proprio T di oscillazione risulta:

$$T = \frac{2\pi}{9{,}269} = 0{,}68\ \text{s}$$

Val la pena sottolineare che il periodo proprio di oscillazione della formazione calcolata in *free field* vale:

$$T_{ff} = \frac{4H}{V_s} = \frac{4 \cdot 25}{270} = 0{,}37\ \text{s}$$

Dai risultati ottenuti risulta evidente l'influenza che la massa del Colosseo esercita sul periodo di oscillazione del complesso formazione alluvionale-monumento, che comporta circa un raddoppio del periodo di oscillazione, da 0,37 s a 0,68 s. Il periodo di oscillazione della formazione, valutato in *free field,* con la (18), è in accordo con quello valutato da Pagliaroli *et al.* (2014) in quanto risulta compreso nella fascia di periodi 0,1÷0,5 s. nella quale secondo Pagliaroli *et al.* (2014) sono state calcolate le forti amplificazioni.

La piccola profondità della valle del Labicano dovrebbe inoltre far considerare molto improbabile il prodursi di forti amplificazioni locali, se si confronta questa dimensione con la lunghezza d'onda che, per un periodo di 0,68, risulta pari a:

$$\lambda = 270 \cdot ,68 = 183\ \text{m}$$

al posto di $\lambda = 270 \cdot 0{,}37 = 99$ m.

La valutazione effettuata del periodo di oscillazione del monumento non è inoltre confrontabile con quella svolta in campo linearmente elastico di Pau *et al.* (2008), che non ha considerato l'interazione terreno-struttura.

Resistenza delle strutture del Colosseo alle forze sismiche

Il livello della resistenza delle strutture del Colosseo sotto l'azione di spinte sismiche orizzontali può essere approssimativamente valutato a mezzo dell'analisi cosiddetta di *push–over*. La presenza di un dominante modo traslazionale, come vedremo più avanti, suggerisce che le accelerazioni orizzontali agenti sulle masse del monumento possano essere considerate costanti. Solo una metà del monumento allora può collassare per effetto del terremoto.

La condizione di *push–over* può allora essere rappresentata da una distribuzione di forze orizzontali costanti con l'altezza e proporzionali alle masse del monumento.

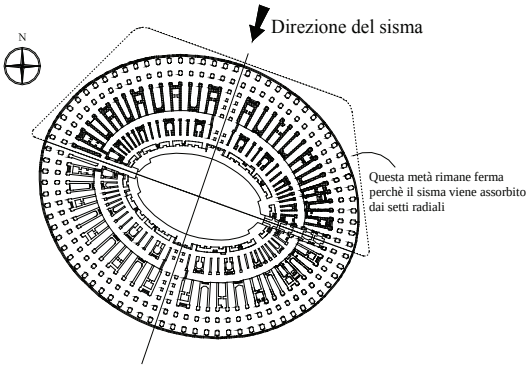


Fig. 10 – Pianta del Colosseo e direzione dell'azione sismica (da Como, 2010).

La fig. 10 mostra la pianta del monumento sotto l'azione di forze sismiche orizzontali, dirette da Nord Est a Sud Ovest, considerando la posizione geografica delle aree sismogenetiche dell'Appennino. La metà di Sud Ovest dell'intera volta anulare, che l'azione sismica strappa e forza a espandersi verso l'esterno, si stacca dall'altra metà che, al contrario, come una diga ad arco, è compressa dai carichi sismici spingenti. La valutazione della resistenza sismica alle azioni orizzontali del monumento ha richiesto pertanto l'uso di un codice di calcolo non lineare, il programma di analisi strutturale [agli elementi finiti DIANA [1], in grado di risolvere un'ampia classe di problemi non lineari in presenza di materiali con diversa resistenza a trazione e a compressione. Il calcolo che segue è stato tratto da (Marasca, 2005).

In definitiva al materiale è stata assegnato il legame non lineare σ–ε indicato in fig. 11; i parametri assunti sono stati i seguenti:

f_t = 0,3 N/cm^2;
G_t = 0.00045 Ncm/cm^2;
f_c = 2500 N/cm^2;
G_c = 400 Ncm/cm^2;
E_c = 2 x 10^6 N/cm^2;
v = 0.2,

dove

f_t è la resistenza a trazione
G_t è l'energia di frattura.

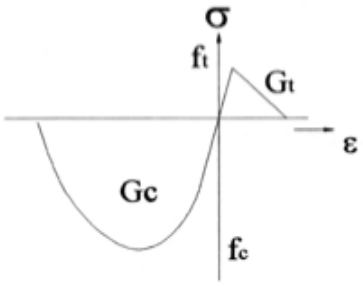


Fig. 11 – L'assunto diagramma σ–ε.

Dall'analisi svolta, risulta che il parametro di carico di collasso λ_o, cioè il rapporto tra la spinta orizzontale di collasso ed il peso del monumento, raggiunge il valore λ_o=0,122. Di conseguenza l'accelerazione media orizzontale di collasso è pari a circa 0,12 g.

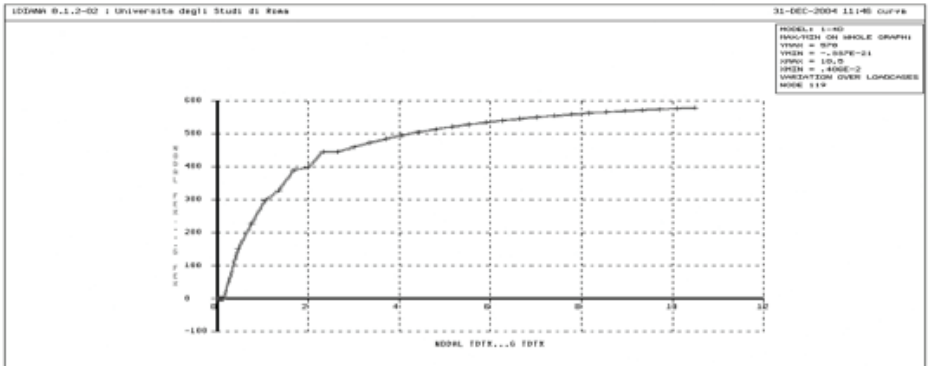


Fig. 12 – Il diagramma ottenuto spinta – spostamento orizzontale.

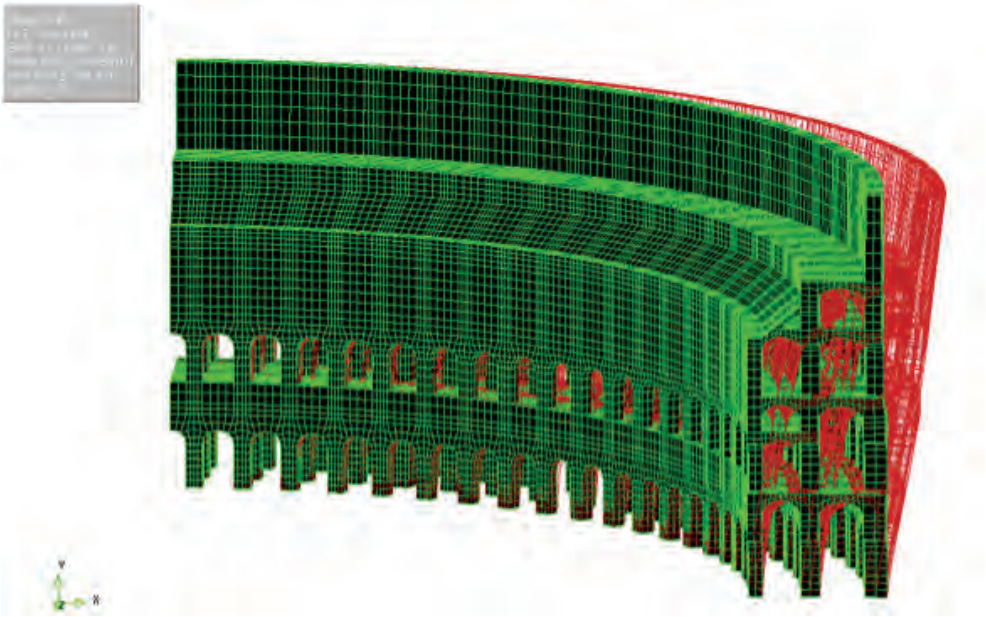


Fig. 13 – L'allargarsi della parete esterna al collasso.

La fig. 12 mostra Il diagramma ottenuto spinta – spostamento orizzontale.

La fig. 13 (Marasca, 2005) mostra una immagine della deformazione estensionale dei muri dell'anello che si stacca dall'altra metà e va in collasso.

L'accelerazione orizzontale, distribuita uniformemente sulle masse del monumento è quindi non elevata e pari a 0,12 g.

Di conseguenza la tensione tangenziale media alla base della formazione all'atto del raggiungimento del collasso del monumento raggiunge il valore

$$\tau_{o\,lim} = 0{,}12 \times 46 = 5{,}5\ t/mq$$

La tensione tangenziale resistente limite, assumendo un angolo di attrito $\phi = 15°$ risulta

$$\tau_{res} = 46 \times tg15° = 12{,}3\ t/mq > 5{,}85\ t/mq$$

Non si produce quindi scorrimento tra la testa della formazione alluvionale e la base del monumento all'atto del raggiungimento del collasso della struttura del monumento.

Conclusioni

Le analisi svolte hanno consentito di valutare, sia pure mediante un approccio sintetico, il periodo di oscillazione del complesso Colosseo-terreni di fondazione, considerando questi ultimi costituiti dal deposito alluvionale dell'alveo del Labicano, quindi non operando in regime di *free field.* Il periodo di oscillazione del complesso si porterebbe vicino ai 0,7 s. In questo caso, l'oscillazione del monumento sarebbe caratterizzata da un modo prevalentemente orizzontale. Tale risultato non consente di attribuire al monumento l'elevato grado di pericolosità che potrebbe essergli assegnato utilizzando le mappe di micro-zonazione sismica di Pagliaroli *et al.* (2014) relativamente al range dei periodi di oscillazione 0,1÷0,5 s. Il complesso monumento-terreno di fondazione cadrebbe quindi nel livello 3 della mappa di micro-zonazione per il range di periodi 0,5÷1,0 s, come mostrato in fig. 7 di Moscatelli *et al.* (2014) e la PGA cui sarebbe stato sottoposto il monumento per effetto dei passati terremoti sarebbe stata quindi pari a 0,08÷0,1 g.

La resistenza del monumento, valutata considerando una uniforme distribuzione di forze statiche orizzontali, coerente con il modello dinamico considerato, è risultata pari al 12% del suo peso, valore piuttosto basso che consentirebbe comunque di affermare che il monumento, sotto l'azione dei passati terremoti, non avrebbe mai raggiunto una condizione limite di collasso. Va ancora detto che per una struttura costituita da materiale non reagente a trazione, il raggiungere la condizione limite di collasso statico non implica il raggiungimento dell'effettivo collasso dinamico. Ciò è pienamente verificato, ad esempio, nell'analisi del collasso dinamico delle colonne (Housner, 1963; Como, 2016). Tali considerazioni potrebbero portare alla conclusione che l'azione dei passati terremoti non sia stata la causa principale del danno prodotto. Lo stato dell'adiacente Arco di Costantino, costruito nel IV secolo confermerebbe questa ipotesi.

La grande variabilità dei parametri in gioco e il fatto, non preso in conto, che il Colosseo, poggiando in parte sulla formazione alluvionale e in parte sulle unità vulcaniche, potrebbe essere stato sottoposto a scuotimenti sismici di più elevata intensità, non può consentire di escludere che il danno al monumento sia stato principalmente dovuto ai passati terremoti. Tuttavia, la congettura del progressivo smontaggio del monumento, confermata dalla presenza di lavorazioni della calce all'interno del monumento già a partire dal VI secolo, non risulta affatto irrealistica. Il severo danneggiamento del monumento potrebbe essere quindi dovuto anzitutto alle intenzionali demolizioni di zone delle sue strutture, protrattasi per molti secoli, demolizioni che avrebbero probabilmente determinato perdite di continuità strutturale. I terremoti successivi avrebbero poi prodotto dissesti più gravi.

Una conferma indiretta del danno prodotto dai terremoti ai monumenti di Roma viene dalla lettura di una lettera del Petrarca che si trovava a Roma quando la città fu colpita dal terremoto del 1349, al quale si attribuisce l'VIII grado della scala M.C.S., il più violento probabilmente tra tutti i terremoti che avrebbero colpito la città di Roma negli ultimi 2000 anni: *cecidit aedificiorum veterum neglecta civibus, stupenda peregrinis moles* (Petrarca, lib. X, epist. 2).

Bibliografia

Bozzano F. 1995. Il sottosuolo dell'area dell'Anfiteatro Flavio in Roma. *Geologia Applicata e Idrogeologia*, 30(1), 405-422.

Bulian G. 1980. Resine epossidiche per il consolidamento di sei pilastri dell'Anfiteatro Flavio. *L'Industria delle Costruzioni*, A.N.C.E., 99, 13-24.

Cerone M. *et al.* 2000. Analisi e documentazione dei dissesti strutturali e individuazione delle situazioni a rischio. *Quaderni del Colosseo,* 1. Roma: Soprintendenza Archeologica.

Coarelli F., Gregori G., Lombardi L., Orlandi S., Rea R., Vismara C. 1999. *Il Colosseo.* Milano: Electa.

Coccia S., Como M., Ianniruberto U. 2000. Analisi Limite delle strutture del Colosseo. *Quaderni del Colosseo*, 1. Roma: Soprintendenza Archeologica.

Coccia S., Como M., Ianniruberto U., Conforti M.L. 2005. On the reasons of the Colosseum structural damage. *Proceedings of International Seminar on Theory and Practice of construction: knowledge, means, models*, Ravenna 27–29 Oct.

Como M., Lanni G. 1979. *Elementi di Costruzioni Antisismiche*. Roma: Cremonese.

Como M., Coccia S., Conforto M.L., Ianniruberto U. 2006. Historical Static Analysis of the Colosseum. *Proceedings of The Second International Congress on Construction History*, Cambridge, 29 March–1 April. Cambridge: CSH Pub.

Como M. 2010. *Statica delle Costruzioni Storiche in Muratura* Roma: Aracne.

Como M. 2016. Sulla risposta sismica delle colonne. *Atti del VI° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria* -2nd International Conference, 22–23 aprile. Napoli: Cuzzolin.

Conforto M.L. 1986. L'Anfiteatro Flavio: costruzione ricostruzione e restauri. *Metamorfosi*, 3, 81-84.

Conforto M.L. 1988. Originalità del modello architettonico. In *Anfiteatro Flavio*, Roma.

Cozzo G. 1928. *Il Colosseo: L'Anfiteatro Flavio nella tecnica edilizia e nella storia*, Roma.

Cozzo G. 1971. *Il Colosseo. L'Anfiteatro Flavio nella tecnica, nella storia delle strutture, nel concetto esecutivo dei lavori*. Roma: Palombi.

Croci G. 1990. *Studi e ricerche sul Colosseo*. Roma: Sovrintendenza Archeologica.

Croci G., Viskovic A.1993. Causes of the failures of Colosseum over the centuries and evaluation of the safety levels. *Proceedings of the IASS–MSU International Symposium*, May 24-28, Istanbul.

Funiciello R. *et al.* 1995. Seismic Damage and Geological Heterogeneity in Rome's Colosseum Area: are they related? *Annali di Geofisica*, XXXVIII (5), 6.

Funiciello R., *et al.* 2002. La geologia della valle dell'Anfiteatro. In: *Rota Colisei* (a cura di Rea R.). Roma: Electa.

Guidoboni E., Comastri A, Traina G. 1994. *Catalog of ancient earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th century*. Roma: ING.

Housner G. W. 1963.The behaviour of inverted pendulum structures during earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 53(2), 403-417.

Jappelli R., *et al.* 2000. Restauro del Colosseo. *Quaderni del Colosseo*, 1. Roma: Soprintendenza Archeologica di Roma, Area Geotecnica

Lancaster L.C. 1998. Reconstruction and restorations of the Colosseum after the fire of *217. Journal of the Roman Archaeology, 11*.

La Regina A. 2001. *Sangue e Arena*. Milano: Electa.

Luciani R. 1993. *Il Colosseo*. Roma: Fenice.

Marasca M. 2005. *Problemi statici nelle strutture del Colosseo*. Tesi di laurea in Ingegneria Civile, supervisor M. Como, A.A. 2004 - 2005.

Moccheggiani Carpano C. 1977. Nuovi dati sulle fondazioni dell'Anfiteatro Flavio, *Antiqua*, 7.

Moczo P., Rovelli A., Labàk P., Malagnini L. 1995. Seismic response of the geologic structure underlying the roman Colosseum and a 2–D resonance of a sediment valley. *Annali di Geofisica*, XXXVIII(5-6).

Molin D., Guidoboni E. 1989. Effetto fonti, effetto monumenti a Roma: I terremoti dall'antichità a oggi. In: *Mediterranea. Storia–Archeologia–Sismologia* (a cura di Guidoboni E.). Bologna: SGA.

Moscatelli M., Pino S., Giocoli A., Zamuner A. 2014. Integrated geological and geophysical investigations to characterize the anthropic layer of the Palatine Hill and Roman forum. *Bull. of Earthquake Eng*., June, 22(3), 1319-1338.

Newmark, N.M., Rosenblueth E. 1975. *Fundamentals of earthquake Engineering*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Pagliaroli A., Quadrio B., Lanzo G., Sanò T. 2014a. Numerical modelling of site effects in the Palatine Hill, Roman Forum, and Coliseum Archeological Area. Bulletin of Earthquake Engineering, 12.

Pagliaroli A., Moscatelli M., Raspa G., Naso G. 2014b. Seismic microzonation of the Central Archeological Area of Rome, results and Uncertaintes. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 12.

Pau, A., Vestroni F. 2008. Vibration analysis and dynamic characterization of the Colosseum. *Structural Control Health Monitoring*, 15, 1105-1121.

Rea R. 1996. *Anfiteatro Flavio* Roma: Ed. Poligrafico dello Stato.

Rea R. *et al.* 2002. *Rota Colisei*. Roma: Electa.

Rea R., Beste H.J., Lancaster L.C. 2002. Il cantiere del Colosseo, *Bollettino dell'Istituto Archeologico Germanico*, Sez. Romana, 109. Mainz Am Rheim: Verlag P.Von Zabern.

Sabetta F. 2013. Seismic Hazard and design earthquakes for the Central Archaeological Area of Rome, *Bulletin of Earth Engineering*, Special Issue on "Seismic Microzonation of Palatine Hill, Roman Forum and Coliseum Archaelogical Area", 10.

Sciotti M. 2004. Ricostruzione schematica dei terreni di fondazione del Colosseo. *Springer Series in Solid and Structural Mechanics*, 1. Berlin-Heidelberg: Springer.

Viggiani C. 2017. Geotechnique et Patrimoine Culturel, 2nd Kerisel Lecture, Geotechnics and Heritage, Proc.XIX ICSMGE, Seul, 1, 119-140.

Sitografia

[1] https://dianafea.com/manuals/d944/Analys/Analys.html

Francesco Marmo, Daniele Masi, Luciano Rosati

Una retrospettiva dei metodi di analisi strutturale di scale in muratura

Abstract
Aim of this work is to present a critical retrospective of some of the countless approaches dedicated to the analysis of masonry helicoidal staircases. The earliest approach is the one contributed by Heyman and it is based on the equilibrium of a sequence of superimposed rigid blocks. Newest and more general methods are based on the no-tension membrane model or its discrete counterpart, represented by networks of funicular polygons in equilibrium with external loads. Finally, this method is further generalized and made automatic through the recent Thrust Network Analysis (TNA).
.

Introduzione
Probabilmente il primo esempio significativo di scala a chiocciola risale al 1307-1196 a.C. e si trova all'interno dell'antico villaggio Egizio di Deir el-Medina (Campbell e Tutton, 2013) anche se i gradini, essendo scavati in grandi fosse circolari al fine di raggiungere il fondo dei pozzi, non avevano una struttura voltata. Per questo motivo alcuni autori documentano il primo esempio di scala elicoidale nel Tempio Greco A di Selinunte (Sicilia), risalente al 480 a.C. (Beckmann, 2002)

Le scale più comuni nel mondo Greco vengono leggermente innovate in epoca Romana, ma è durante il Medioevo che il concetto di scala voltata elicoidale in muratura comincia a diffondersi nel mondo, lasciando abbondanti tracce sul territorio. Grande testimonianza dell'arte della stereotomia è la famosa Elica di Saint Gilles, in Francia, una scala divenuta sito di pellegrinaggio per mastri muratori e apprendisti del tempo (Fallacara, 2003).

Altri esempi di stupefacente bellezza fanno la loro comparsa nel periodo immediatamente successivo al Medioevo, così che il genio architettonico-ingegneristico si manifesti con particolare audacia durante il Gotico, il Rinascimento e, successivamente, durante il Barocco.

Come è noto, la statica delle strutture in muratura è legata principalmente alla loro geometria piuttosto che alla resistenza del materiale, coerentemente con le cosiddette *regole dell'arte* adottate in passato e tramandate da secoli negli ambienti dei mastri muratori (Aita *et al.*, 2017a; Aita *et al.*, 2017b; Como, 2016; Huerta, 2001; Sanjurjo Alvarez, 2016; Zerlenga, 2014). In particolare, l'analisi delle scale voltate

elicoidali risulta essere particolarmente impegnativa a causa della loro complicata geometria. Per questo motivo, diversi codici computazionali, basati sul metodo degli elementi finiti (FEM), includono modelli di materiali sofisticati applicabili a strutture in muratura (Alfano *et al.*, 2000; Cuomo e Ventura, 2000; Fraternali, 2001; Talli *et al.*, 2014), in particolare i metodi *a fibre* (De Felice, 2009) e *fiber-free* (Marmo e Rosati, 2012; Marmo e Rosati, 2013; Valoroso *et al.*, 2014) sono stati sviluppati per elementi strutturali 1D e 2D.

Solitamente, l'applicazione di soluzioni note basate sull'analisi elastica di travi elicoidali (Busool e Eisenberger, 2001) o gusci (Calladine, 2006) non è facilmente estendibile allo studio di scale elicoidali in muratura, a causa della forte dipendenza della soluzione dai parametri del materiale e dalle condizioni al contorno (Huerta, 2008). Di conseguenza, sono necessari strumenti adeguati inquadrabili all'interno dei principi dell'analisi limite, formulati da Heyman in (Heyman, 1966) per le strutture in muratura.

Questa è l'idea di fondo alla base della Thrust Network Analysis (TNA), una metodologia inizialmente proposta in (O'Dwyer, 1999) e ulteriormente sviluppata in (Block, 2009). Si tratta dello studio dell'equilibrio di strutture voltate basato sull'uso di un reticolo di spinte, cioè forze di compressione agenti all'interno della struttura, in equilibrio con i carichi applicati.

Soluzioni che prevedono azioni torcenti

Una soluzione iniziale fu data dallo stesso Heyman , che propose un modello basato sull'equilibrio di una serie di blocchi rigidi sovrapposti, in grado di trasmettersi solo forze verticali (Heyman, 1995). Tale soluzione può essere intesa come sovrapposizione di due distribuzioni equilibrate di forze verticali costituite dal peso proprio del singolo blocco o dal carico applicato P, in fig. 1a, e dalla forza di contatto F trasmessa dal blocco precedente, in fig. 1b. Combinando queste due condizioni di equilibrio, l'intera scala può essere studiata analizzando in sequenza tutti i gradini dall'alto verso il basso, in fig. 1c. Caratteristica di tale soluzione è l'insorgere di una coppia all'interno di ciascun gradino, che aumenta proporzionalmente con l'altezza della struttura.

Una soluzione utilizzabile per scale rettilinee, che riduce l'instaurarsi di effetti torsionali all'interno dei gradini, è stata proposta da Maunder, combinando una curva funicolare discontinua equilibrata da momenti torcenti applicati, per ogni gradino, dalle pareti laterali (Maunder, 2005). Di conseguenza, le azioni longitudinali soddisfano la condizione di completa compressione, mentre la coppia trasversale genera sollecitazioni di trazione di entità limitata in ciascun blocco.

Alcune proposte alternative vedono l'introduzione di una coppia longitudinale, come nel caso della soluzione impiegata da Baratta e Corbi in (Baratta e Corbi, 2012) per l'analisi di scale cosiddette *alla Romana* o in (Baratta e Corbi, 2013) dove

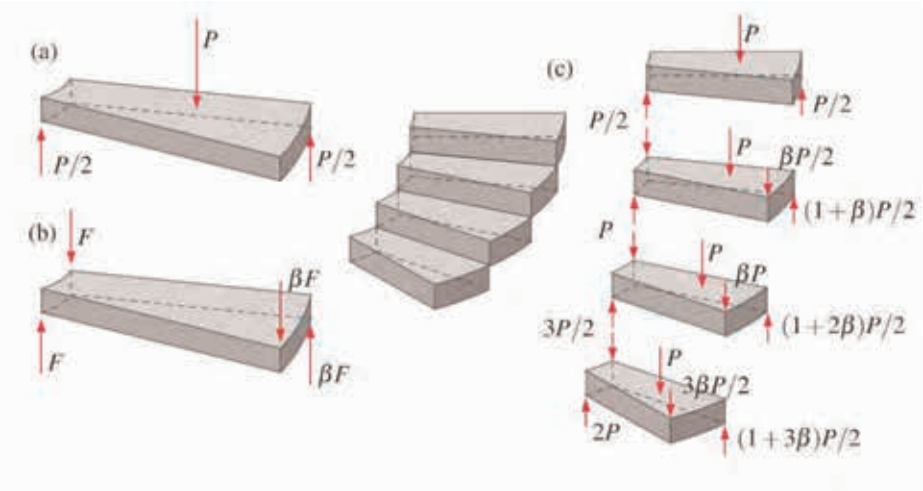


Fig. 1 – Soluzione tratta da Heyman (1995) per una scala elicoidale avente un rapporto tra raggio interno ed esterno pari a b=Ri /Re : a) gradino soggetto a peso proprio o carico applicato P e b) alla forza di contatto F trasmessa dal gradino sovrastante; c) equilibrio dei primi quattro gradini di una scala ottenuta adottando, in sequenza, i due equilibri di base di un singolo blocco.

le scale elicoidali sono modellate come un'elica vincolata all'interno di un cilindro indeformabile. La presenza di tensioni di trazione, generate da tale coppia longitudinale, risulta però difficile da motivare, in quanto violerebbe l'ipotesi di materiale non reagente a trazione; quindi, è giustificabile solo se a essa sono associati valori di trazione modesti. Viceversa, le tensioni di trazione dovute alla coppia torcente trasversale sono accettate con minore difficoltà poiché agiscono all'interno di ciascun blocco monolitico al quale è associata una maggiore resistenza a trazione. Questa considerazione ha motivato lo sviluppo di diverse soluzioni (Little *et al.*, 2009; O'Dwyer e Bashorun, 2010; Price e Rogers, 2005) per le *scale a sbalzo,* in cui l'azione torcente trasversale è accompagnata da forze di contatto compressive tra i gradini.

Considerazioni simili possono essere tratte dalla soluzione proposta da Angelillo per l'analisi di scale elicoidali composte da gradini monolitici interagenti solo attraverso la costolatura interna (Angelillo, 2016). Riconsiderando la soluzione di Heyman, originariamente formulata per strutture continue, e combinandola con una soluzione cosiddetta *ad anello,* Angelillo evita la crescita illimitata dell'effetto torsionale trasversale. In particolare, questa soluzione equivale a modellare la scala come una superficie elicoidale sostenuta dal muro esterno e dalla costolatura interna; quest'ultimo elemento è modellato come una curva elicoidale, come mostrato in fig. 2°.

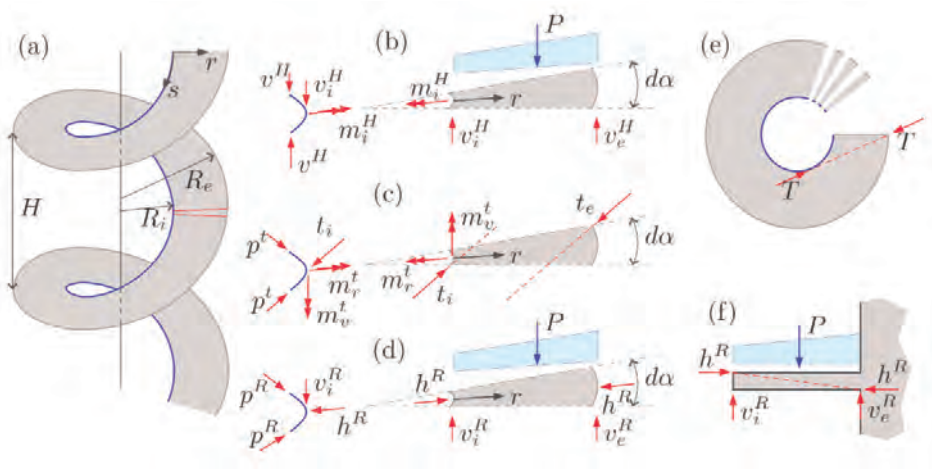


Fig. 2 – Soluzione tratta da (Angelillo, 2016) per una scala elicoidale costituita da gradini monolitici: a) superficie elicoidale e costolatura; b) azioni verticali e momento torcente trasmessi dalla superficie alla costolatura secondo il modello di Heyman; c) sistema di azioni che si sovrappone alla soluzione di Heyman per equilibrare il modello ad anello; d) soluzione ad anello con azioni verticali e orizzontali trasmesse dalla superficie alla costolatura; e) interpretazione globale del sistema di azioni illustrato in c); f) rappresentazione trasversale delle forze che agiscono sulla superficie secondo il modello ad anello.

Per la parte superiore della scala, la forza ν^H all'interno della costolatura, valutata secondo la soluzione di Heyman, risulta verticale, fig. 2b,, mentre per la parte inferiore si assume un modello *ad anello* in cui la forza assiale p^R all'interno della costolatura risulta tangente all'elica interna, fig. 2d. Tale forza viene valutata assumendo che tutte le azioni interne coinvolte nell'equilibrio trasversale della superficie siano allineate con gli angoli interno superiore ed esterno inferiore di ogni gradino, fig. 2f.

A causa della differenza tra le forze interne alla costolatura, le due soluzioni valide per la parte superiore e inferiore della scala sono unite tramite forze aggiuntive t_i e t_e, agenti sui bordi interni ed esterni della superficie elicoidale, in fig. 2c,, che si sovrappongono al modello di Heyman producendo un'azione tangente p^t nella costolatura. Tali forze possono essere interpretate come una spinta globale T tangente all'elica interna passante attraverso l'angolo superiore esterno della scala, mostrata in fig. 2e.

Nonostante la complessità di questa soluzione, i risultati riportati da De Serio, basati sul modello di Angelillo, confermano che il comportamento generale di questo tipo di scale è adeguatamente riprodotto, (De Serio, 2017), tanto che sia il modello di Angelillo che l'approccio a blocco rigido di De Serio sono stati applicati in (De Serio, 2017), per l'analisi della scala a tripla elica presente all'interno del Convento di Santo Domingo de Bonaval.

Membrane non reagenti a trazione

L'obiettivo di trovare soluzioni equilibrate valide per materiali non resistenti a trazione ha motivato lo sviluppo di modelli sempre più raffinati, basati sulla definizione di una membrana cosiddetta *no-tension* completamente contenuta all'interno dello spessore della struttura in muratura. Questo approccio è stato inizialmente sviluppato nel 2004 (Angelillo e Fortunato, 2004) per l'analisi delle volte in muratura e, in seguito, applicato con successo in (Angelillo, 2015; Gesualdo *et al.*, 2017) per l'analisi delle scale elicoidali.

Adottando la *teoria membranale dei gusci* (Ventsel e Krauthammer, 2001), la geometria della membrana è assegnata nella forma $z=f(x,y)$, assumendo un sistema di riferimento covariante non ortonormale per definire il tensore **T** delle tensioni superficiali. La sua proiezione **S** sul piano x–y, in fig. 3, è espressa dalla *funzione di Airy* $F(x,y)$ come $S_{xx}=F_{,yy}$, $S_{yy}=F_{,xx}$ e $S_{xy}=S_{yx}=-F_{,xy}$, dove la virgola rappresenta la derivata.

La funzione F si assume concava per garantire che il tensore **S** sia semi-definito negativo, mentre il requisito della differenziabilità garantisce la continuità del campo **S**; quindi F può presentare pieghe concave che possono essere interpretate come *tensioni singolari* (Angelillo *et al.*, 2013).

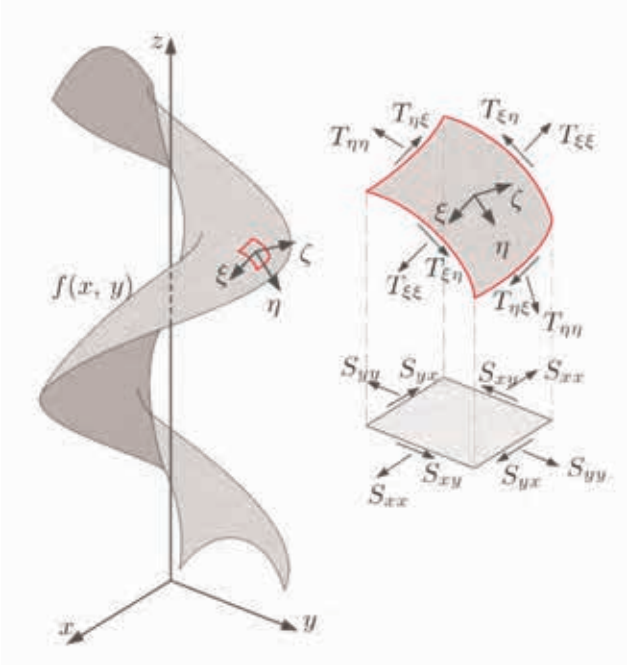


Fig. 3 – Geometria della membrana no-tension f(x,y), tensioni T della membrana e sforzi proiettati S.

Assumendo solo carichi verticali, l'equazione di equilibrio della membrana *no-tension* è scritta nella forma:

$$F_{,yy}f_{,xx} + F_{,xx}f_{,yy} - 2F_{,xy}f_{,xy} = p \tag{1}$$

dove p è il carico verticale applicato per unità di area proiettata. Questa è l'equazione fondamentale dell'intera formulazione ed è risolta definendo a priori la forma f della membrana.

Reticoli di poligoni funicolari e la Thrust Network Analysis

Un modo per semplificare l'analisi delle membrane no-tension è quello di considerare la membrana come una rete discreta di linee di spinta interagenti tra loro. Menzionando solo le applicazioni di questo metodo all'analisi di scale in muratura, ricordiamo la soluzione proposta da García Ares per scale elicoidali (Garcia Ares, 2007) e da Como (Como, 2016) per scale *alla Romana*. Tali autori considerano le linee di spinta longitudinali interagenti con le curve funicolari trasversali che convogliano i carichi verticali attraverso le pareti di supporto.

Interessante è anche la soluzione proposta in (Garcia Ares, 2011) per l'analisi di una scala elicoidale *alla Guastavino*. In questo caso la struttura viene tagliata da piani tangenti all'elica interna non supportata della membrana; la geometria di una linea di spinta che giace all'interno di queste sezioni è determinata assumendo che la parte superiore della curva supporti il peso della struttura, mentre la parte inferiore abbia il solo scopo di trasferire le spinte alla parete di supporto.

La determinazione della configurazione effettiva delle linee funicolari che compongono tale reticolo di spinte è stata automatizzata da O'Dwyer risolvendo soltanto due problemi di ottimizzazione lineare che rappresentano, rispettivamente, l'equilibrio orizzontale e quello verticale delle forze in gioco (O'Dwyer, 1999). Questo approccio, originariamente formulato per l'analisi delle volte in muratura, è stato ampiamente studiato, modificato e ulteriormente sviluppato da (Block, 2009) e dal suo gruppo di ricerca (Block e Lachauer, 2014; Block *et al.*, 2006), impiegandolo altresì nella progettazione di nuove strutture (Adriaenssens *et al.*, 2014; Liew *et al.*, 2017; Panozzo *et al.*, 2013). Attualmente viene comunemente denominato come *Thrust Network Analysis*, TNA, sebbene al giorno d'oggi siano disponibili diverse versioni (Fantin e Ciblac, 2016; Fraternali, 2010; Marmo e Rosati, 2017; Marmo *et al.*, 2017).

La principale caratteristica della TNA è che la forma della membrana no-tension, discretizzata in modo da formare un reticolo, non ha bisogno di essere assegnata in anticipo, poiché viene considerata tra le incognite della procedura risolutiva. Questo aspetto è fondamentale quando si applica la TNA all'interno del quadro di riferimento dell'analisi limite per le volte in muratura, poiché vengono ricercate due configurazioni equilibrate limite, generalmente definite come configurazioni di minima e massima spinta, contenute all'interno della volta.

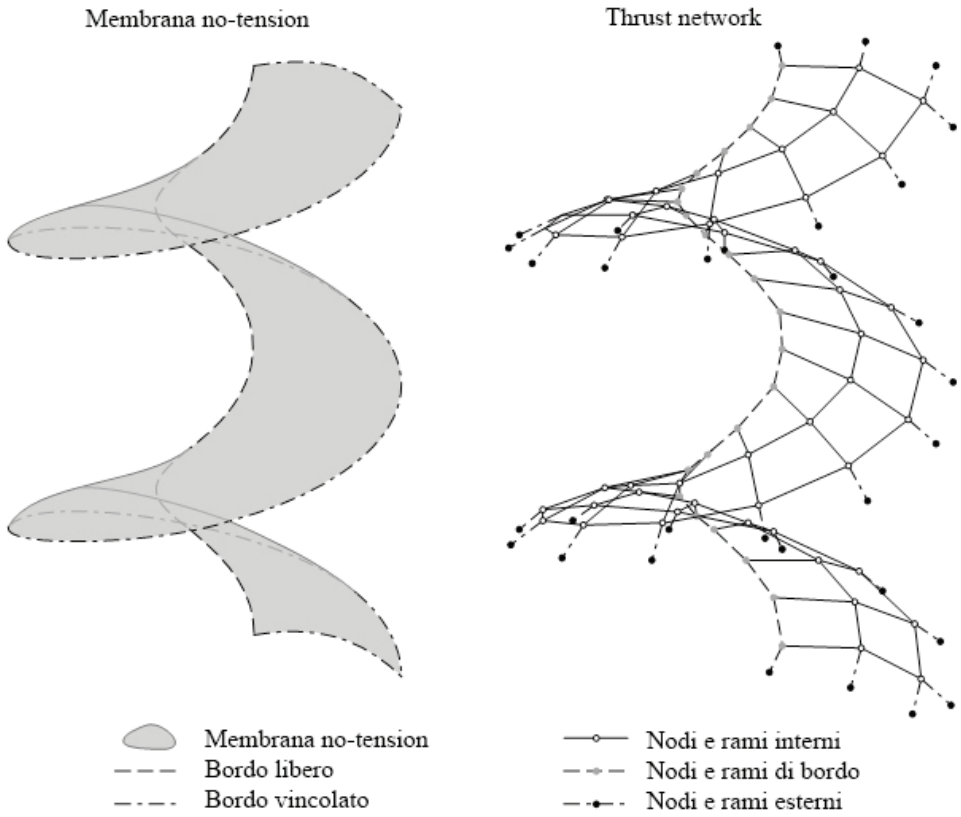


Fig. 4 – Visualizzazione del reticolo di nodi e rami con conseguente catalogazione in base alla posizione.

La geometria della rete di spinte è descritta mediante l'utilizzo di *N* nodi e *B* rami che collegano coppie di nodi. Analogamente alla membrana no-tension, la rete di spinte non viene utilizzata per modellare geometricamente il volume occupato dalla struttura, come accade nella modellazione a elementi finiti; piuttosto la rete è rappresentativa delle forze interne che equilibrano i carichi esterni. Di conseguenza, i suoi rami rappresentano la direzione delle spinte, in modo simile ai rami di un poligono funicolare.

I rami possono essere catalogati come *interni*, se rappresentano una spinta interna alla membrana, *di bordo* se rappresentano spinte che si trovano su un bordo libero o *esterni* se rappresentano le reazioni vincolari, come mostrato in fig. 4. Seguendo la stessa logica, l'insieme di nodi è suddiviso in *I* nodi *interni*, *E* nodi *di bordo* e *S* nodi *esterni* (di supporto), dove converge solo un ramo esterno. Quindi si ha $N=I+E+S$.

In un sistema di riferimento cartesiano tridimensionale avente l'asse *z* diretto verso l'alto e gli assi *x* e *y* diretti orizzontalmente, l'*n*-esimo nodo generico della rete è caratterizzato dalla sua posizione $\mathbf{p}^n=(p_x^n,p_y^n,p_z^n)$ e dal carico esterno $\mathbf{f}^n=(f_x^n,f_y^n,f_z^n)$, il cui valore dipende dalla regione di influenza del nodo. Inoltre, una spinta T^b, ritenuta positiva se di compressione, è associata al *b*-esimo ramo generico della rete.

Mentre la posizione orizzontale dei nodi interni ed esterni è assegnata, la loro posizione verticale è incognita ma limitata al fine di soddisfare due valori limite $p_z^{n\text{-}inf}$ e $p_z^{n\text{-}sup}$ definiti in funzione dello spessore della membrana. Poiché i rami di bordo devono necessariamente essere funicolari, lungo le direzioni orizzontale e verticale, delle spinte interne e dei carichi applicati che convergono nei nodi di bordo, le coordinate verticali e orizzontali di questi ultimi sono entrambe incognite.

La valutazione delle spinte nei rami, dell'altezza dei nodi interni ed esterni e delle coordinate dei nodi di bordo viene eseguita rispettando l'equilibrio nodale.

La scala a doppia elica nel Castello di Graz

Il castello di Graz fu costruito nel centro storico della città austriaca nel 1438, sotto la guida dell'Imperatore del Sacro Romano Impero Federico III e ampliato dal figlio Massimiliano I tra il 1494 e il 1500. All'interno del castello è possibile ammirare la Scala della Riconciliazione, in fig. 5, una meravigliosa scala a doppia elica che appare come un'illusione agli occhi degli spettatori. Questa peculiare struttura, composta da 52 gradini monolitici di altezza 0,17 m, aventi una sezione approssimativamente triangolare, costruita nel 1499 e di autore ignoto, si divide e si ricongiunge più volte seguendo lo sviluppo di due eliche aventi altezza totale di 8,9 m. La geometria delle due eliche è molto regolare: i due centri sono posti a una distanza di 1 m, hanno un raggio esterno di 1,2 m e un raggio interno di 0,15 m.

Questa incredibile struttura ha dimostrato di resistere al tempo e all'usura, tanto che il castello è l'attuale sede del Governatore della Stiria. Sebbene appartenga a una classe molto rara di costruzioni, non è l'unico esempio al mondo: una scala simile è stata costruita circa cinquant'anni prima nella cattedrale slovacca di Santa Elisabetta a Košice, anche se non raggiunge la grandezza e la raffinatezza della Scala della Riconciliazione.

Il modello della thrust network adottato per la modellazione della scala è costituito da due serie di rami elicoidali composti da 6 rami longitudinali ciascuno, indicati rispettivamente dalle lettere A-F e A'-F' in fig. 6. I due rami più interni, cioè F e F', corrispondono a bordi liberi del reticolo e rappresentano la spinta longitudinale all'interno delle costolature della scala, mentre i restanti rappresentano le spinte longitudinali trasmesse tra i gradini.

In corrispondenza dei 3 pianerottoli intermedi in cui si riuniscono le due eliche della scala, i 4 rami longitudinali esterni di ogni elica, cioè quelli rappresentati dalle lettere A-D, sull'elica che si sviluppa in senso orario, e A'-D' su quella a sviluppo antiorario, convergono nel ramo della costolatura.

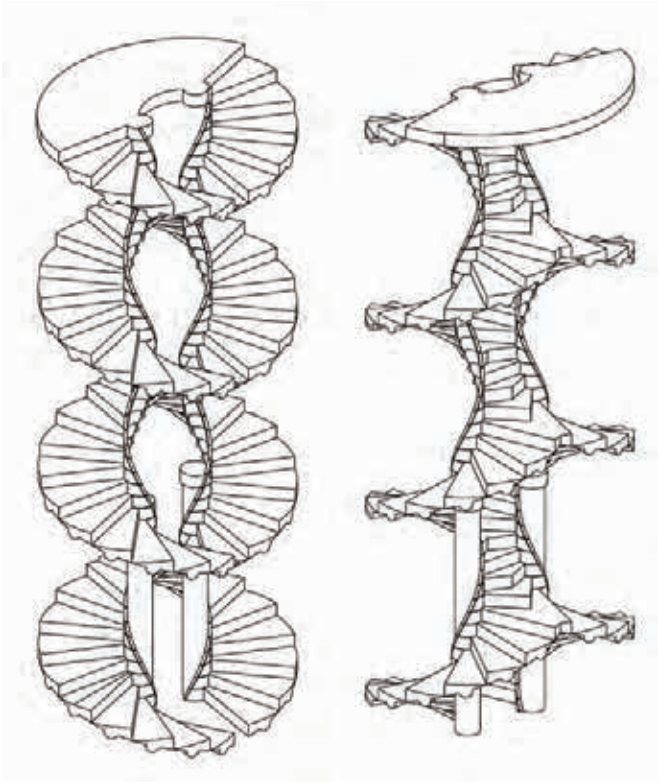


Fig. 5 – Scala a doppia elica nel castello di Graz: viste anteriore e posteriore.

I rami longitudinali sono collegati da rami trasversali diretti lungo la direzione radiale di ogni elica e rappresentano le spinte all'interno di ogni passo della rete. Lungo le due eliche, questi rami radiali terminano con un ramo esterno che rappresenta la reazione vincolare delle pareti. Lungo i piani intermedi comuni, i rami radiali terminano, su entrambi i lati, sulle eliche più interne F e F'.

La rete di spinta è caricata da forze nodali calcolate considerando il peso proprio della struttura, ottenuto assumendo un peso specifico della pietra pari a $23kN/m^3$.

Le soluzioni di minima e di massima spinta orizzontale mostrano comportamenti molto simili, che differiscono leggermente solo nei valori medi di compressione. In entrambe le soluzioni è visibile una marcata concentrazione di spinte all'interno delle due eliche F e F', che rappresentano le spinte all'interno della costolatura della scala. I rimanenti rami longitudinali sono sottoposti a spinte che rimangono approssimativamente costanti sia lungo la direzione trasversale che longitudinale delle eliche. In ogni caso, il regime tensionale di completa compressione che si instaura all'interno della struttura risulta essere ben al di sotto della sua capacità portante.

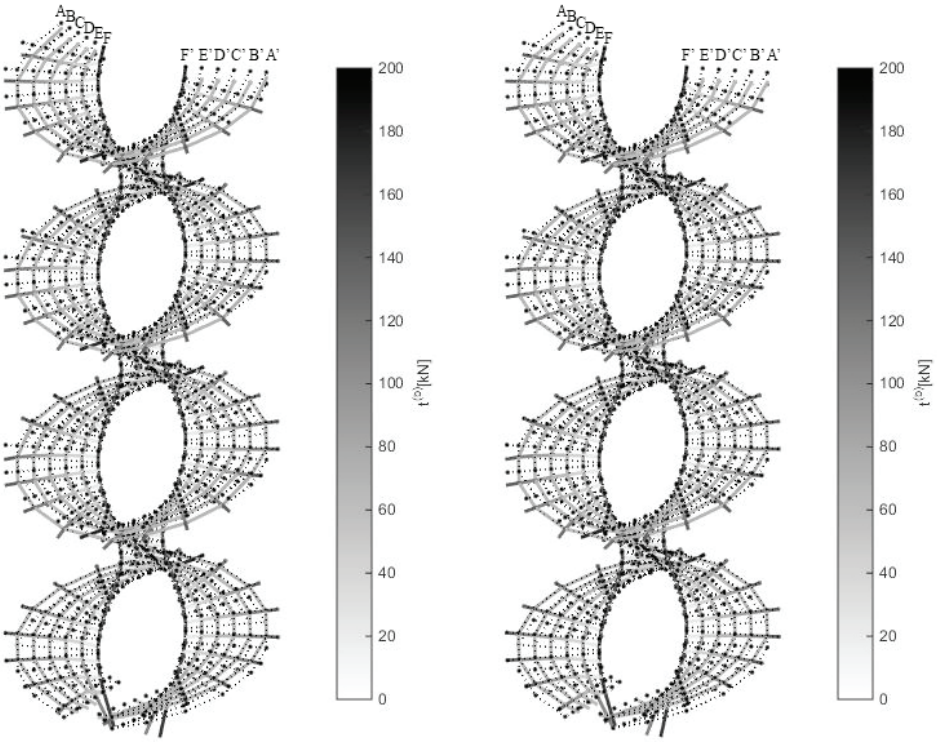


Fig. 6 – Scala a doppia elica all'interno del castello di Graz: soluzioni di minima e di massima spinta orizzontale.

Bibliografia

Adriaenssens S., Block P., Veenendaal D., Williams C. 2014. *Shell structures for architecture: form finding and optimization*. London: Routledge.

Aita D., Barsotti R., Bennati S. 2017a. Explicit solutions for depressed masonry arches loaded until collapse Part I: a one-dimensional nonlinear elastic model. *Meccanica*, 1-13.

Aita D., Barsotti R., Bennati S. 2017. Explicit solutions for depressed masonry arches loaded until collapse Part II: a solution method for statically indeterminate systems. *Meccanica*, 1-14.

Alfano G., Rosati L., Valoroso N. 2000. A numerical strategy for finite element analysis of no-tension materials. *International journal for numerical methods in engineering*, 48(3): 317-350.

Angelillo M. 2015. Static analysis of a Guastavino helical stair as a layered masonry shell. *Composite Structures*, 119, 298-304.

Angelillo M. 2016. The equilibrium of helical stairs made of monolithic steps. *International Journal of Architectural Heritage*, 10(6), 675-687.

Angelillo M., Fortunato A. 2004. Equilibrium of masonry vaults. *Novel approaches in civil engineering*, 105-111. Berlin: Springer.

Angelillo M., Babilio E., Fortunato A. 2013. Singular stress fields for masonry-like vaults. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 25, 1-19.

Baratta A., Corbi I. 2012. Masonry vaulted staircases: interpretation of equilibrium paths. *Proceedings of the Eleventh International Conference on Computational Structures Technology*, 1-11.

Baratta A., Corbi I. 2013. Equilibrium models for helicoidal laterally supported staircases. *Computers & Structures*, 124, 21-28.

Beckmann M. 2002. The "Columnae Coc(h)lides" of Trajan and Marcus Aurelius. *Phoenix*, 56, 348-357.

Block P. 2009. *Thrust network analysis: exploring three-dimensional equilibrium*. PhD thesis, Massachussets Institute of Technology.

Block P., Lachauer L. 2014. Three-dimensional (3d) equilibrium analysis of gothic masonry vaults. *International Journal of Architectural Heritage*, 8, 312-335.

Block P., Ciblac T., Ochsendorf J. 2006. Real-time limit analysis of vaulted masonry buildings. *Computers & Structures*, 84(29), 1841-1852.

Busool W., Eisenberger M. 2001. Exact static analysis of helicoidal structures of arbitrary shape and variable cross section. Journal of Structural Engineering, 127(11), 1266-1275.

Calladine C.R. 2006. *A preliminary structural analysis of a Guastavino spiral staircase shell*. History of Structures: Essays in the History of the Theory of Structures in Honour of Jacques Heyman. Instituto Juan de Herrera, Escuela Technica Superior de Arquitectura de Madrid.

Campbell J.W.P., Tutton M. 2013. *Staircases: history, repair and conservation*. London: Routledge.

Como M. 2016. *Statics of Historic Masonry Constructions*. 2nd edition. Springer, Berlin.

Cuomo M., Ventura G. 2000. A complementary energy formulation of no tension masonry-like solids. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 189, 313-339.

De Felice G. 2009. Assessment of the load-carrying capacity of multi-span masonry arch bridges using fibre beam elements. *Engineering Structures*, 31(8), 1634-1647.

De Serio F. 2017. *Masonry structures modelled as assemblages of rigid blocks*. PhD thesis, University of Naples, Federico II.

Fallacara G. 2003. *Il paradigma stereotomico nell'arte del costruire*. PhD thesis, Politecnico di Bari.

Fantin M., Ciblac T. 2016. Extension of thrust network analysis with joints consideration and new equilibrium states. *International Journal of Space Structures*, 31, 190-202.

Fraternali F. 2001. Complementary energy variational approach for plane elastic problems with singularities. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 35, 129-135.

Fraternali F. 2010. A thrust network approach to the equilibrium problem of unreinforced masonry vaults via polyhedral stress functions. *Mechanics Research Communications*, 37, 198-204.

García Ares. J.A. 2007. Un enfoque para el análisis limite de las escaleras de fábrica helicoidales. Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construccion (Arenillas M., Segura C., Bueno F., Huerta S ads.) Institute Juan de Herrera, SEdHC, CICCP, CEHOPU.

García Ares J.A. 2011. Una nueva solución de equilibrio para el análisis límite de helicoides de fábrica con óculo central como los construidos por Guastavino. *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 26, 29.

Gesualdo A., Cennamo C., Fortunato A., Frunzio G., Monaco M., Angelillo M. 2017. Equilibrium formulation of masonry helical stairs. *Meccanica*, 52(8), 1963–1974.

Heyman J. 1966. The stone skeleton. *International Journal of solids and structures*, 2(2), 249-279.
Heyman J. 1995. The mechanics of masonry stairs. *Transactions on The Built Environment*, 15, 259-265.
Huerta S. 2001. Mechanics of masonry vaults: the equilibrium approach. In: *Historical Constructions*, 47-69. Guimaraes: University of Minho.
Huerta S. 2008. The analysis of masonry architecture: A historical approach: To the memory of professor Henry J. Cowan. *Architectural Science Review*, 51(4), 297-328.
Liew A., Pagonakis D., Van Mele T., Block P. 2017. Load-path optimisation of funicular networks. *Meccanica*, 1-16.
Little P., Hough M., Mullarkey E. 2009. Stone cantilever stairs - inspection and analysis of cantilever stairs. *Structural Engineer*, 21(8), 26-33.
Marmo F., Rosati L. 2012. Analytical integration of elasto-plastic uniaxial constitutive laws over arbitrary sections. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 91(9), 90-1022.
Marmo F., Rosati L. 2013. The fiber-free approach in the evaluation of the tangent stiffness matrix for elastoplastic uniaxial constitutive laws. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 94(9), 868-894.
Marmo F., Rosati L. 2017. Reformulation and extension of the thrust network analysis. *Computers & Structures*, 182, 104-118.
Marmo F., Masi D., Zuccaro G., Rosati L. 2017. Thrust network analysis of FRP strengthened masonry vaults subjected to vertical and horizontal loads. *Composites: Part B*, (submitted).
Maunder E.A.W. 2005. Staircases as cantilevers or arches? – a question for limit analysis. *Structural Analysis of Historical Constructions*. London: Taylor & Francis.
O'Dwyer D. 1999. Funicular analysis of masonry vaults. *Computers and Structures*, 73, 187-197.
O'Dwyer D., Bashorun O. 2010. Structural assessment of cantilevered stone stairs. *Civil-Comp Proceedings*, 93.
Panozzo D., Block P., Sorkine-Hornung O. 2013. Designing unreinforced masonry models. *ACM Transactions on Graphics* (TOG), 32, 91.
Price S., Rogers H. 2005. Stone cantilevered staircases. *Structural Engineer*, 83(2), 29-36.
Sanjurjo Alvarez A. 2016. *La escalera de caracol en los tratados de canteria espanoles de la Edad Moderna y su presencia en el patrimonio costruido hispanico: estudio geometrico y costructivo*. PhD thesis, Universidad Politecnica de Madrid.
Tralli A., Alessandri C., Milani G. 2014. Computational methods for masonry vaults: a review of recent results. *Open J. Civ. Eng.*, 8(1), 272–287.
Valoroso N., Marmo F., Sessa S. 2014. Limit state analysis of reinforced shear walls. *Engineering Structures*, 61, 127-139.
Ventsel E., Krauthammer T. 2001. *Thin plates and shells: theory, analysis and applications*. New York: CRC press.
Zerlenga O. 2014. Staircases as a representative space of architecture. Le vie dei Mercanti, *XII Forum Internazionale di Studi*, 46, 1632–1642.

Danila Aita, Riccardo Barsotti, Stefano Bennati

Some remarks on historical sizing rules for arch-wall-piers systems

Abstract

As is well known, the master builders of the Middle Ages did not follow any scientific approach in the modern sense. Despite this fact, they possessed a body of knowledge that allowed them to design safe structures. In this context, the sizing of arch-piers systems is a subject of great interest, in particular the historical rules - codified starting in the 16th Century - aimed at determining the minimum thickness of piers so as to guarantee system's stability.

The main purpose of this paper is to compare the effectiveness of some of these rules from a mechanical point of view. To this aim, the historical sizing criteria have been applied to two different examples. The first is a theoretical arch-wall-piers system dimensioned in accordance with one of the rules proposed by Rodrigo Gil de Hontañon; the second one is the *magasin à poudre* actually built in 1732 in a *ville de la frontière* and collapsed before completing ribs removing, described by Frézier in his Treatise of stereotomy. This second case study is of particular interest, because Frézier not only documented a collapse condition but also gave a mechanical interpretation of it, by concluding that the collapse of the powder magazine occurred because of the weakness of its piers.

The historical rules, applied to these two examples, provide different results one from the other in terms of minimum pier thickness. In order to investigate this issue, the mechanical behaviour of the two arch-wall-piers systems under examination has been studied in the framework of limit analysis, by means of a modern reinterpretation of Durand-Claye's method. The limit thickness thus obtained has been compared to those provided by the ancient sizing criteria, with interesting implications about the safety degree provided by each of these rules as well as possible explanations for the collapse of the *magasin à poudre.*

Introduction

From a historical point of view, codification of the sizing rules of arch-wall-piers systems started in 16th century, when some geometrical criteria were defined so as to guarantee the system's stability. Some scholars have offered detailed historical analyses on some of these rules, by trying to collocate them within the context of the

building practice of the time. In this regard, without pretending to be complete, the contributions by Sanabria (1982), Huerta (2002), Becchi and Foce (2002), Sakarovitch (2002) should be cited.

In this paper two different examples of arch-wall-piers systems will be examined with the purpose to draw a comparison between some of the historical sizing rules from a mechanical point of view.

Historical sizing rules

The historical sizing rules for arch-wall-piers systems can be classified by distinguishing those focused on the dimensioning of the piers from those taking into account the overall system (in this latter case, also other parameters are considered, such as the effect of the filling or the influence of the arch thickness). The interested reader is referred to some previous contributions (Buti and Corradi 1981, Foce and Sinopoli 2002, Aita 2005, Aita *et al.* 2016), where some of these rules are described and reviewed.

For the purposes of the present study, only some rules have been selected. More precisely: the rule by Hernán Ruiz El Joven (1560), described in his *Libro de Arquitectura* (1560); the rule by Martinez de Aranda (ca 1590), which coincides with the well-known rule described by Derand in 1643; the mechanical interpretation of the collapse of an arch-piers system (Fig. 1, left) and its geometrical translation (Fig. 1, right), conceived by Philippe De La Hire in his *Traité de mécanique* (1731); finally, the rule proposed by Frézier in his *Treatise* (1737-1739).

It should be noted that Frézier concludes his Treatise with an appendix devoted to the *poussée des voutes*, in which he intends to correct the mistakes of his prede-

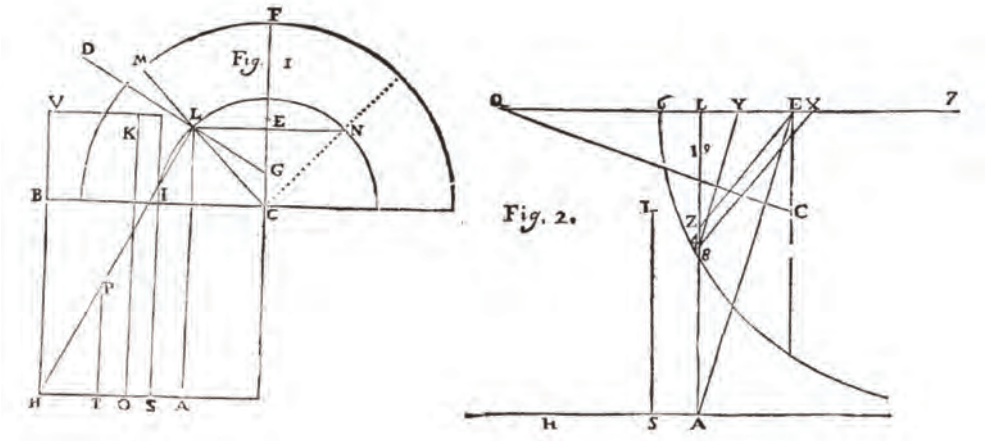


Fig. 1 – De La Hire's rule: mechanical interpretation (left) and geometrical construction (right).

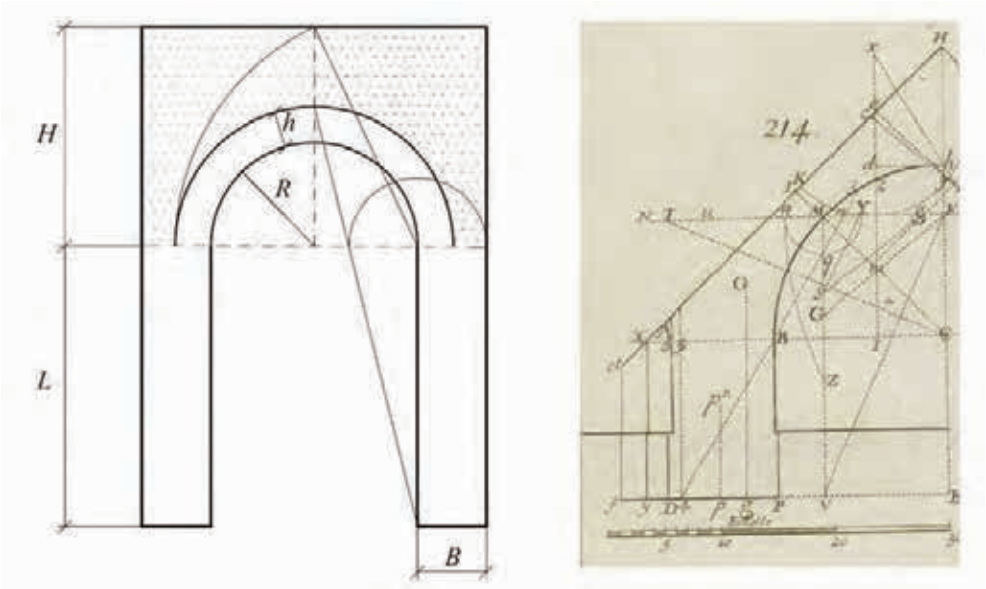


Fig. 2 – The arch-wall-piers system dimensioned according to the sizing rule n. 7 by Gil de Hontañon (left) and the 'magasin à poudre' described in Frézier's Treatise (right).

cessors and bring to knowledge new findings. Regarding in particular De La Hire's memoir, Frézier is convinced of the reasonableness of the hypothesis assumed to determine the limit pier's thickness. In fact, arch partition in three large *voussoirs* at collapse is considered conforming to the experience; friction equal to zero at the internal collapse joints is justified by safety reasons. Some interesting remarks on the mechanical approach proposed by De La Hire (Fig. 1, left) and its corresponding geometrical rule (Fig. 1, right) are given by Buti and Corradi (1981). According to Frézier, the *magasin à poudre* of Fig. 2, right, is an interesting explanatory example to illustrate the graphic constructions proposed by De La Hire, and an opportunity to demonstrate their validation. In Aita *et al.* 2017 the authors describe the complex geometrical construction of Fig. 2, right, and point out that the geometrical rule proposed by Frézier presents a slight difference with respect to that proposed by Philippe De La Hire (Fig. 1, right): the two constructions perfectly coincide, except for the determination of the center of the circumference drawn in the last steps of the geometrical procedure used to determine the pier thickness. The discrepancy between the two geometrical constructions is worth thorough examination. In the present work, however, they will be considered as two separate rules, since the values of the pier thickness obtained by applying each of them are quite different.

A comparison between four historical sizing rules

In order to compare the effectiveness of the historical sizing rules from a mechanical point of view, we consider two different examples. The first is a theoretical arch-wall-pier system dimensioned in accordance with one of the rules by Rodrigo Gil de Hontañon (Fig. 2, left); the second one is the magasin à poudre actually built in 1732 and collapsed before completing ribs removing, described by Frézier in his Treatise of stereotomy (Fig. 2, right). This second case study is of particular interest, because Frézier not only documented a collapse condition but also gave a mechanical interpretation of it, by concluding that the collapse of the powder magazine occurred because of the weakness of its piers.

The study attempts to clarify some issues on this subject. In particular, the relation between the geometric sizing rules and the mechanical modelling of arch-wall-piers systems is addressed, by determining a suitable safety factor for each rule.

As already stated above, only some rules have been selected. In particular, our study focuses on the following four geometric rules: De Aranda/Blondel/Derand, Ruiz, De La Hire (geom. rule), Frézier, by applying them to both arch-wall-piers systems of Fig. 2. Furthermore, the mechanical interpretation by De La Hire is described in the paragraph *The collapse mechanism à la De La Hire: the mechanical model revisited via Durand-Claye's method*.

A first interesting example: the sizing rule n. 7 by Rodrigo Gil de Hontañon

According to Huerta (2002), Rodrigo's aim was to codify a set of verified building procedures; for this reason, some of his rules could come from some trial-and-error experimental verifications. In his sizing rule n. 7 (redrawn by the authors in Fig. 2, left) Gil de Hontañon considers a full-centre arch-piers system surmounted by a wall having a horizontal extrados. In this system, the geometrical construction allows for determining the pier's thickness, B, equal to 1/3 of the span, the pier's height, L, and the height of the overlying load, H. According to Rodrigo, an arch dimensioned according to this rule would be safe.

In order to compare the degree of safety yielded by the selected historical sizing rules, we start by considering the arch-wall-piers system dimensioned according to the rule described above. We set R = 5 m while all the other dimensions are determined according to Rodrigo's rule, thus obtaining: pier thickness, B = 3.33 m; intrados radius, R = 5 m; arch's thickness, h = 1.67 m; pier height, H = 13.33 m; overlying load height, L = 10.54 m.

With reference to the arch-wall-piers system described above, we now allow the pier's thickness, B, to vary, and determine its value according to the four design rules under examination (all the other geometric parameters are kept fixed). Thus, the following four arch-wall-piers systems are obtained:

1. De Aranda/Blondel/Derand: $B_1 = 2.50$ m;

2. Ruiz: B_2 = 4.43 m;
3. De La Hire (geometric rule): B_3 = 5.93 m;
4. Frézier: B_4 = 6.69 m.

A second interesting case study: the magasin à poudre described by Frézier

The *magasin à poudre* built in 1732 in a *ville de la frontière* is an interesting example presented by Frézier in order to describe De La Hire's geometric sizing rule. It is plotted in Fig. 2, right (Fig. 214 of the original). According to Frézier, it collapsed before completing disarming because of the piers weakness.

As Frézier reports in his Treatise, the dimensions of the vault actually built were as follows: intrados diameter: 30 *pieds* (9.75 m); arch thickness: LM = 3 *pieds* (0.975 m); Hh = 10 *pieds* (3.25 m); pier's height: 13.5 *pieds* (4.39 m), pier's thickness, B = 9 *pieds* (2.92 m). Incidentally, the French *pied* is a unit of length corresponding to about 0.32 m, adopted at Frézier's time.

The rule proposed by Frézier is aimed at determining the limit thickness of the piers supporting an arch. Frézier describes a complex geometric construction that leads to its determination. With reference to Fig. 2, right, the pier limit thickness thus obtained, BX, equal to 11 pieds, is larger than that of the actual pier. For this reason, in the paragraph *Observations sur l'expérience*, Frézier explains that the collapse of the powder magazine is due to the poor thickness of its piers. He writes *Il est certain que, si ces piédroits avoient eu deux pieds d'épaisseur de plus, comme le demande l'opération fondée sur l'hypothese de M. de la Hire, l'accident ne serait point arrivé* […].

As already done for the first system (sizing rule n. 7 by Rodrigo), let now allow the pier's thickness, B, to vary and determine its value according to the four chosen design rules. The values of the pier thickness obtained by applying these geometrical criteria are:

1. De Aranda/Blondel/Derand: B_1 = 2.44 m;
2. Ruiz: B_2 = 3.40 m;
3. De La Hire (geometric rule): B_3 = 2.81 m;
4. Frézier: B_4 = 3.61 m.

A mechanical interpretation of historical sizing rule via limit analysis

In this section the mechanical behaviour of the two arch-wall-piers systems described above is investigated by using the tools of modern limit analysis. In particular, a modern reinterpretation of Durand-Claye's method (1867, 1868) is used in order to define the minimum pier's thickness. This method has been suitably reworked by the authors into a numerical method implemented in Mathematica. For the sake of brevity, the method is not described in full detail here, and the interested reader is addressed to some previous works by the authors (Aita *et al.* 2012, 2015). In short,

Durand Claye's method enables determining all the admissible pairs of values (P, e), where P is the crown thrust and e its eccentricity at the crown section. The masonry is assumed to have limited (or infinite) compressive strength, a limited (or nil) tensile strength and a finite friction coefficient along any joint. The locus of the extremes of P in the (P, e) plane compatible with equilibrium and strength, called the area of stability, is determined by checking respect for the limitations on the strength at any given joint along the arch. When such set reduces to a single point (or a segment in the case of pure sliding), the arch reaches an incipient collapse condition.

Search for rotational collapse mechanisms through Durand-Claye's method

In this section we assume that the arch, the piers and the superimposed wall have unit thickness in the transverse direction. The masonry has a unit weight $\gamma = 20$ kN/m^3, compressive strength, $\sigma_c = 20$ MPa, and a nil tensile strength; the friction coefficient is infinite. In this case, determining the pier thickness that reduces the area of stability to a single point yields the limit pier thickness. For both the examples, with reference to figures 3a and 3c, the three curves corresponding to the attainment of the limit bending moment at the crown section (positive, thick dashed line), joint β (negative, thick continuous line) and pier's base (positive, thick dashed line), respectively, intersect at the common green point.

The limit pier thickness that reduces the area of stability to a single point is $B_{\text{lim}} = 2.54$ m for the arch dimensioned according to the rule by Rodrigo, and $B_{\text{lim}} = 2.079$ m for the *magasin à poudre* (Fig. 3b and 3d). Consequently, according to Durand-Claye's method, both the case studies under examination can be considered safe, since their safety factor $\nu = B/B_{\text{lim}}$ is larger than unity (more precisely, 1.31 for the arch dimensioned according to Rodrigo's rule n. 7, and 1.41 for the *magazin à poudre* described by Frézier).

The collapse mechanism à la De La Hire: the mechanical model revisited via Durand-Claye's method

It is worth observing that Durand Claye's method can be effectively used also to provide a mechanical interpretation of the rule proposed by De La Hire. This issue has been deepened in (Aita *et al*., 2016). It should just be remembered that De La Hire himself stated that his geometric rule, plotted in fig. 3, right, corresponds to a precise mechanical scheme (Fig. 3, left). Indeed, the collapse mechanism à la De La Hire, considered by Frézier as well, consists in the lowering of the central *voussoir,* while the two lateral parts rotate around the hinges at the piers base. Furthermore, the friction coefficient is assumed to be nil at the two inclined joints, where both mutual rotation and sliding occur.

The two values obtained according to the mechanical interpretation of De La Hire's rule (respectively equal to $B_5 = 4.93$ m for the arch dimensioned according

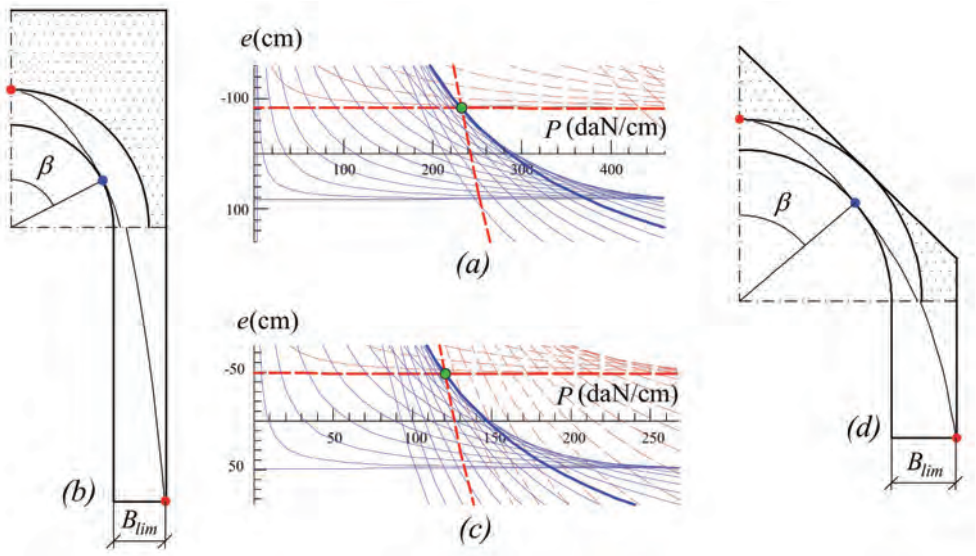


Fig. 3 – Search for the limit pier thickness via Durand-Claye's method: the stability areas (a) and (c) corresponding to the arch-wall-piers systems (b) and (d), respectively.

to Gil's design rule; B_5 = 2.585 m for the *magasin à poudre*) turn out to be lower than those determined by De La Hire's geometric rule itself, B_3. In other terms, it seems that De La Hire included a safety margin in his geometric rule. In Aita *et al*. (2016, 2017) some remarks are given on the mechanical model à la De La Hire - here only briefly described - and its revisitation via a modern version of Durand-Claye's method as well.

The degree of safety of the historical sizing rules

The historical sizing rules provide widely varying values of pier thickness, B. In order to assess their degree of safety, we define a geometric safety factor by taking into consideration the ratio $\nu_i = B_i/B_{\lim}$, where $B_{\lim}$ has been determined in the paragraph *Search for rotational collapse mechanisms through Durand-Claye's method*.

With reference to the first set of arch-wall-piers systems, *i.e.* those obtained starting from Rodrigo's system, it is interesting to observe that the geometric safety factors of the four rules, although very different, are all larger than unity, with the exception of De Aranda's (0.98). Thus, all the sizing rules seem to be able to provide safe values for the pier thickness. More precisely, the rules by Rodrigo and Ruiz yield safety factors of 1.31 and 1.74, respectively. It should be noted that the safety factors related to the De La Hire and Frézier rules (respectively 2.33 and 2.63) are considerably higher than the others. This fact can be explained by considering that

Tab. 1 – The sizing rules: limit pier's thickness and safety factor for the two case studies

		Case studies			
		Arch-wall-piers system (rule n. 7 by R. Gil de Hontañon)		Magasin à poudre described by Frézier	
Case study piers' thickness		B = 3.33 m		B = 2.92 m	
Limit piers' thickness (by Limit Analysis)		B_{lim} = 2.54 m		B_{lim} = 2.08 m	
Case study safety factor		$\nu = B/B_{lim} = 1.31$		$\nu = B/B_{lim} = 1.41$	
		B_i [m]	$\nu_i = B_i/B_{lim}$	B_i [m]	$\nu_i = B_i/B_{lim}$
Sizing rules	1. De Aranda	2.50	0.98	2.44	1.17
	2. Ruiz	4.43	1.74	3.40	1.63
	3. De La Hire (geom.)	5.93	2.33	2.81	1.35
	4. Frézier	6.69	2.63	3.61	1.73
	5. De La Hire (mech.)	4.93	1.94	2.59	1.24

these two authors based their sizing criteria on two peculiar hypotheses, namely: the arch is made up of three large rigid blocks and the contact between the central and two lateral blocks is frictionless.

The aforementioned sizing rules seem to be able to provide safe values for the pier thickness also when the *magasin à poudre* described by Frézier is taken into account. It is interesting to observe that the safety factor obtained by applying De La Hire's geometric rule, $\nu_3 = 1.35$, is significantly smaller than that obtained through the rule reported by Frézier, $\nu_4 = 1.73$. Furthermore, the rule by Ruiz provides a safety factor, ν_2, very close to ν_4, obtained by Frézier's rule. In this second example, the rules by De La Hire and Frézier provide values less conservative than in the first one. These results are summarised in tab. 1.

In addition, it could be worth observing that the actual piers thickness of the *magasin à poudre* is larger than the corresponding limit value determined by limit analysis. Nevertheless, the piers would have been considered thick enough according only to De Aranda and De La Hire. On the contrary, Ruiz and Frézier would have considered the system as unstable.

As already observed, Frézier's result seems to depend on his erroneous reading of De La Hire's memoir. However, it could be observed that also the thicknesses determined by the criteria proposed by De La Hire would correspond to low geometrical safety coefficients (2.92/2.81 = 1.04 and 2.92/2.59 = 1.13), whereas the analysis performed by means of Durand-Claye's method suggests that the actual thickness could be sufficient to ensure stability (2.92/2.08 = 1.41).

For these reasons, it is at least questionable to believe that the magazine actually collapsed because of the *faiblesse des piédroits*, as asserted by Frézier. To find a more likely explanation of the incident, let us consider the Durand-Claye method. By examining the stability area related to the arch, without taking into account the piers, it can be shown that the arch alone, subject to its own weight and the weight of the overloading wall, is close to collapse. In fact, the stability area reduces to a single point for an arch thickness, h_{lim}, of 0.909 m (2.8 *pieds*), very close to the actual value of 0.975 m (3 *pieds*). In this regard, the degree of safety of the system could be determined by considering a geometrical safety factor, defined as the ratio between the actual arch's thickness, h, and the limit one determined via Durand-Claye's method, $h/h_{lim} = 1.071$.

Concluding remarks

The study presented here is aimed at comparing the effectiveness of some of the historical sizing rules for arch-piers systems from a mechanical point of view. The rules considered provide very different results one from the other in terms of pier thickness. In order to investigate this issue, the degree of safety of such rules has been assessed by way of a theoretical study of the structural response of two arch-wall-piers systems. The study, which utilises a suitably modified version of the Durand Claye method, has revealed that all these sizing rules seem to be quite safe, with the exception of De Aranda's. Larger pier thicknesses seem to result from application of the comparatively more recent rules by De La Hire and Frézier.

Many aspects still need to be clarified. In particular, it would be interesting to widen the survey to include other historical sizing rules and case studies, by taking into consideration not only the geometrical aspects related to arch-wall-piers systems, but also the mechanical properties of the constituent materials, in order to better define the application field of each rule. Another challenging topic to be deepened is the transition from dimensioning based on geometric and empirical criteria to a conception of sizing based on mechanical considerations. These issues will be the objects of future research.

References

Aita D. 2005. Un'interpretazione meccanica di criteri geometrici per il dimensionamento dei piedritti di un arco. *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la construcción* (Huerta S. ed.), Cádiz, 27-29 de enero de 2005, I, 1-9. Madrid: Instituto Juan De Herrera

Aita, D., Barsotti, R., Bennati, S. 2012. Equilibrium of Pointed, Circular, and Elliptical Masonry Arches Bearing Vertical Walls. *Journal of Structural Engineering*, 138(7), 880-888.

Aita D., Barsotti R., Bennati S. 2015. Notes on Limit and Nonlinear Elastic Analyses of Masonry Arches. In: *Masonry Structures: Between Mechanics and Architecture* (Aita D., Pedemonte O., Williams K. eds.), 237-264. Basel: Birkhäuser.

Aita D., Barsotti R., Bennati S. 2016. Analysis of some historical sizing rules for arch-wall-piers systems. Biliszczuk J., Bién J., Hawryszków P., Kamiński T. eds. *8th International Conference on Arch Bridge*s. ARCH 2016. Arch Bridges in Culture, DWE, Wrocław (extended abstract 426-429).

Aita D., Barsotti R., Bennati S. 2017. The collapse of a magasin à poudre described by Frézier: an interesting case study from the past. *Proceedings of AIMETA 2017*, XXIII Conference of the Italian Association of Theoretical and Applied Mechanics, Salerno, Italy, 4-7 September 2017 (Ascione L., Berardi V., Feo L., Fraternali F. and Tralli A.M. eds).

Buti A., Corradi M. 1981. I contributi di un matematico del XVII secolo ad un problema di architettura: Philippe de La Hire e la statica degli archi. *Atti dell'Accademia ligure di scienze e lettere*, 38, 303-323.

Durand-Claye A. 1867. Note sur la vérification de la stabilité des voûtes en maçonnerie et sur l'emploi des courbes de pression. *Ann. des Ponts et Chaussées*, 13, 63-93.

Durand-Claye A. 1868. Note sur la vérification de la stabilité des arcs métalliques et sur l'emploi des courbes de pression. *Ann. des Ponts et Chaussées*, 15, 109-144.

Foce F., Aita D. 2003. The masonry arch between 'limit' and 'elastic' analysis. A critical re-examination of Durand-Claye's method. *Proceedings of the First International Congress on Construction History* (S. Huerta ed.), 20–24 January 2003, 2, 895-908. Madrid: Instituto Juan De Herrera.

Foce F., Sinopoli A. 2002. Per una teoria dell'analisi limite dell'arco murario come sistema di conci rigidi soggetti a vincoli unilaterali e attrito. In: Feletti I. (ed.), *Costruzioni voltate in muratura*. Cofinanziamento M.U.R.S.T. 1998-2000, 375-414. Firenze : Libreria Alfani Editrice.

Frézier A.F. 1737-1739. *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voûtes, et autres parties des bâtiments civils et militaires, ou traité de stéréotomie à l'usage de l'architecture [...] par Frézier,* vol. 1, J.-D. Doulsseker fils, Strasbourg/L.-H. Guérin aîné, Paris 1737; vol. 2, J.-D. Doulsseker fils, Strasbourg/C.-A. Jombert, Paris 1738; vol. 3, J.-D. Doulsseker fils, Strasbourg / C.-A. Jombert, Paris 1739.

Huerta S. 2002. The medieval 'scientia' of structures: the rules of Rodrigo Gil de Hontañón. In: *Towards a history of construction. Dedicated to Edoardo Benvenuto* (Becchi, A., Corradi M., Foce F., Pedemonte O. eds.) series Between mechanics and architecture, 567-585. Basel: Birkhäuser.

La Hire P. de 1731. Sur la construction des voûtes dans les édifices. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, année 1712, 69-77. Paris :

Sakarovitch J. 2002. Entre mécanique et géometrie: penser l'architecture clavée, l'exemple de Frézier. In: *Towards a history of construction. Dedicated to Edoardo Benvenuto* (Becchi, A., Corradi M., Foce F., Pedemonte O. eds.) series Between mechanics and architecture, 587-600. Basel: Birkhäuser.

Sanabria S.L. 1982. The mechanization of design in the 16th Century. The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón. *Journal of the Society of Architectural Historians*, 41, 281-293.

Rosanna Di Battista, Pier Gabriele Molari

Francesco di Giorgio: tecnologie costruttive per chiudere le spinte laterali delle volte - nei Trattati e nella consulenza per il duomo di Milano

Abstract

Francesco di Giorgio works a great deal in the construction technology of buildings with vaulted roofs and large light covers.

Starting from the wooden chains that lay in the vault of Urbino ducal Palace, it comes to the structural exposure of the iron chains, as the element of closure of the struts in the arches and the support of masonry. In this work, this evolution of thought is considered, on what is written in the Treaties and what is said in the counseling for the Milan Cathedral, emphasizing the simplification and cleanliness of this high engineer. It is then examined, on the documents collected, how much it was recommended for the tympanum of the Duomo in Milan and what it actually did in the light of the sequence of interventions that over the centuries have followed the support structure. It concludes by emphasizing how Francesco di Giorgio's proposals were innovative and resolutive.

Introduzione

Francesco di Giorgio, ad Urbino almeno dal 1476 (Fiore e Tafuri, 1994) si occupa del completamento della fabbrica del palazzo Ducale e viene a lui attribuita la costruzione delle coperture a maggiore luce, per esempio quella della sala del trono (Fiore e Tafuri, 1994; Polichetti, 1985). Opera in un ambiente per lui nuovo e particolarmente colto, ancora dominato dalle idee dell'Alberti. Sembra quindi utile introdurre quanto verrà esposto con alcune frasi dell'Alberti sulla copertura delle volte (Alberti, 2010) e confrontarlo poi con quanto Francesco di Giorgio realizzerà o scriverà nei suoi Trattati (Francesco di Giorgio, 1967):

Per raggiungere la maestà delle forme e la lunga durata, a mio parere la copertura del tempio dev'essere a volta (VII, XI).

... A mio parere occorre invece costruire insieme, filare per filare, gli archi e i muri cui si appoggiano, in modo che il lavoro possa essere provvisto di più legami, saldi quanto più si può.

… Insomma, in ogni parte della volta, di qualunque genere essa sia, si imiterà la natura, la quale, collegate le ossa, legò le carni con i nervi, intessendogli dappertut-

to con legamenti che corrono in lunghezza, in larghezza, in altezza e obliquamente. Tale accorgimento della natura dovrà essere imitato –a mio giudizio- nel congegnare assieme le pietre a formare la volta (III, XIV).

Le volte nel Palazzo ducale di Urbino e nelle prime stesure dei Trattati

Bernardino Baldi descrivendo il Palazzo Ducale di Urbino scrive (Baldi, 1590):

Le logge, le sale, le camere tutte sono in volte, di mattoni, e doppie, e fatte con artificio cosi mirabile, che non si vede in una fabrica così grande pure una chiave di legno, ò di ferro, né questo solamente nelle logge, e nelle stanze minori, mà nella sala grande medesima, laquale tutto che sia lunga intorno à cento piedi della misura di Urbino, e larga da quarantatre[1] *in quarantacinque: è nondimeno coperta da una volta doppia fatta à lunette, e non appar legata da legno, né da ferro. Di qui appare quanto fosse intendente l'Architetto, e magnifico il Principe, né solamente di qui, mà dall'haver egli havuto l'occhio all'eternità della fabbrica, e non sparagnato in cosa nessuna per conseguirla: per questo non si vedono in questo palazzo soffitati di legno, come quelli che presto s'affumano, si tarlano, e sono soggetti à mille pericoli di fuoco.*

In realtà, durante i restauri del palazzo ducale di Urbino nella copertura della sala del trono sono affiorati, a differenza di quanto raccontato dal Baldi, tiranti in legno, impiegati per contenere le spinte della volta (Alberti, 2010). Del resto questa tecnologia di costruzione delle volte che vede l'uso di catene in legno, annegate fra la volta ed il solaio sovrastante, è chiaramente descritta nella prima stesura dei Trattati (cod. Torinese Saluzziano 148) e con qualche variante nella seconda (cod. Laurentiano Ashburnhamiano 361) (Francesco di Giorgio, 1967).

Poi che de' modi e formazioni delle antiche volte dette aviamo, resta delle moderne e nuove composizioni. In prima delle volte a vela, di quelle a peducci ed anche a lunette. Quelle che a vela si fanno sono da costruire in luoghi dove altri fusse necessitato da piccolo diamitro o sfogo dall'uno pavimento all'altro. E intorno a la circunferenzia delle mura con i spessi archetti, e la curvatura sua tutta piano di mezza porzione di semicircolo. E le sue catene sopra essa volta, cioè infra grossezza d'essa volta e 'l pavimento, acciò che ascose e non apparenti sieno. E che i pali e l'uno e l'altro muro legato sia. Quelle che a peducci si fanno hanno la loro mezza circunferenzia, e alle alate mura dove appoggiata serà si muovino i peducci colle ricinte cornici, e sopra a' peducci è gli archetti, e sopra degli archetti la sopra posta volta di mezzo cerchio co' suoi spigoli ferma sia.

Faccinsi dette volte che in luogo delle lunette gli accannellati nicchi. Anco in nel mezzo di circulari nicchi a guisa di concovi piatto: di porzione di circulo la sua curvatura. Quelle che a lunetta si fanno, in prima nelle ale delle mura le gocciole ferme sieno. E sopra a esse le lunette dall'una e l'altra volta. E dalle angulari lunette che da man destra e man sinistra saranno la circulare volta fermerai. E sopra essa le collegate catene. E che le mura legate e ben serrate. E sopra esse volte, per

non darle molta gravezza, i solari colle travi da fare sono. E queste proprie travi catene dall'uno e l'altro muro leghe faranno, solo per fuggire la gravezza de' riempiti fianchi, acciò che alle mura tal gravedine e pondo tolto sia-

I pavimenti sopra travi le quali dall'uno e l'altro muro poste sieno, e sopra d'esse le compartite molli e diritti legni co' sopra posti mattoni e quadri con dupricati pianciti e solari triangolari e d'altre varie forme. Anco infra consolci e molli e mattoni le tavole mettar si possano, acciò non resti alcuna vacuità, siccome ne' soffitti di far s'usa. …. E simili modi è da fare, acciò che le vacuità non abbi cagione di generare moltitudine di topi (Francesco di Giorgio, 1967).

Nelle figg. 1 e 2 sono riportati i disegni che accompagnano il testo. Francesco di Giorgio si sofferma particolarmente sulle giunzioni fra le travi, particolari questi indispensabili per realizzare le catene impiegate nelle grandi luci (Francesco di Giorgio, 1967). Tracce evidenti di questi studi si possono trovare in (Michelini Tocci, 1989; Del Monte, 1999; Anonimo, s.d.)

Francesco di Giorgio ometterà queste descrizioni nelle stesure successive dei *Trattati*, forse per dare maggiore generalità alla materia tralasciando le questioni particolari, ma, forse, anche per non deludere la meraviglia che suscitavano le volte senza catena nel Palazzo ducale di Urbino. Nel codici Senese S.IV.4 e Magliabechiano II.I.141 le volte saranno trattate solo nel capitolo dedicato ai Templi e solo in modo molto rapido lasciando la descrizione dei dettagli ai disegni.

Da buon costruttore, Francesco di Giorgio si occupa anche di definire le proporzioni, come si può vedere nella fig. 2 in basso, dove divide la catena in dieci parti e tre sul monaco; introduce poi l'impiego del modulo per il dimensionamento delle volte a tutto sesto quando definisce lo spessore del muro pari al segmento intercetto fra la corda, lato del quadrato inscritto, e la circonferenza costruita sulla volta, segmento preso sul raggio normale alla corda stessa. La sala del trono di Urbino rappre-

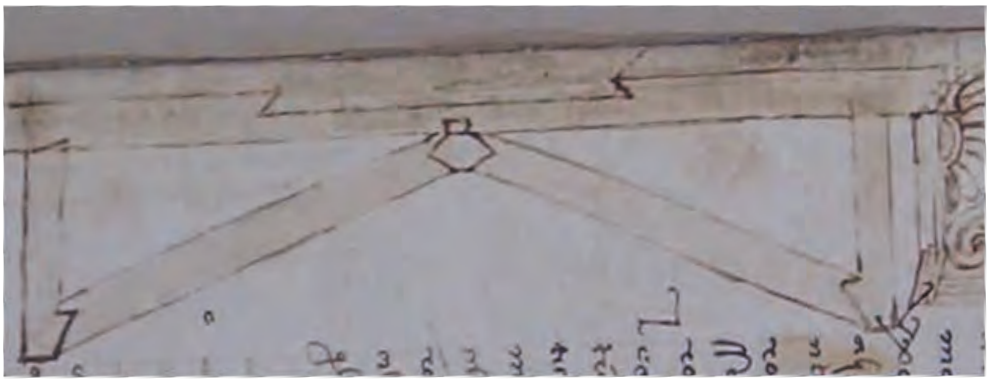


Fig. 1 – Sostegno extradorsale per la volta.

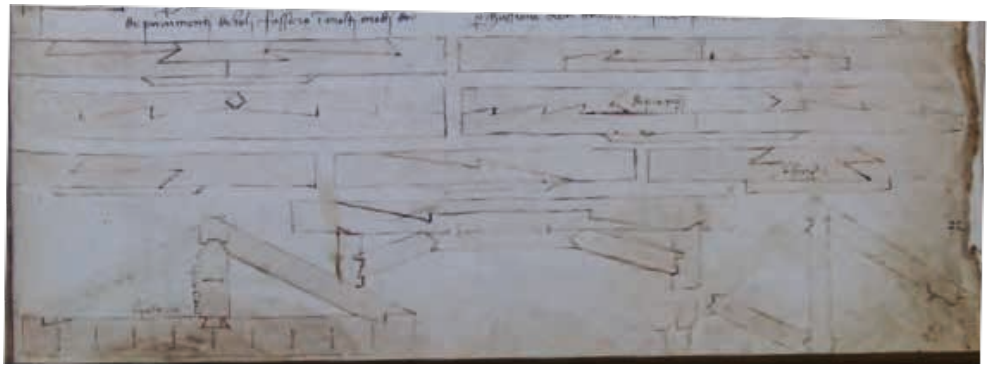


Fig. 2 – Capriate, sostegni e giunzioni di travi. Le quali non per scrittura ma figurate mostraremo loro commettiture e pezzi e in che modo da collegar sieno (Francesco di Giorgio, 1979). In basso, nella capriata viene definita una metrica.

senta un perfetto esempio dell'uso del modulo e di come l'impiego di queste travi annegate nella muratura ne facciano scoprire la loro determinante funzione statica.

La consulenza richiesta dal duca di Milano a Francesco di Giorgio per dimensionare la cupola

Con il passare del tempo le commissioni a Francesco di Giorgio per la costruzione di edifici aumentano in modo che si potrebbe dire esponenziale: da Urbino a tutto il regno Aragonese ha cantieri aperti, aumenta così anche la sua esperienza su come costruire le volte. La sua fama di costruttore supera i confini del ducato di Urbino e del regno Aragonese e viene chiamato per consulenze altrove. Documentati sono i suoi interventi a Mantova e a Milano.

La specifica preparazione dell'architetto senese nel settore costruttivo delle volte è innegabilmente attestata, nel 1490, dalla richiesta rivoltagli dalla *Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano* per affrontare la complessa edificazione del *tiburio* previsto sui quattro piloni centrali, all'incrocio fra il corpo della navata e il transetto. Vari sono i documenti (Della Valle G., 1786) nei quali viene definita la richiesta di consulenza: il primo è datato 19 aprile 1490 (richiesta del Duca di Milano alla Signoria di Siena per un lasciapassare a Francesco di Giorgio), il secondo è del 15 maggio 1490 (risposta della Signoria di Siena al Duca di Milano), il testo vero e proprio della consulenza, viene riportato in Appendice, ed è redatto in forma di verbale del 27 giugno 1490 (disposizioni per la costruzione del Tiburio a firma di Francesco di Giorgio), segue una lettera del 7 di luglio (ringraziamento del Duca di Milano alla Balìa di Siena per l'operato svolto dall'architetto senese); il Della Valle riporta anche una ulteriore lettera di ringraziamento del Duca di Milano al Duca di Urbino, dato che FdG era sì cittadino Senese, ma militava sotto il Ducato di Urbino.

Nonostante l'ampia documentazione (Arbasia e Promis, 1841; Della Valle, 1786; Franchetti, 1821; Milanesi, 1854), non appare che a Francesco di Giorgio sia stato riconosciuto il merito di aver risolto la situazione di stallo del cantiere, fermo da più di un decennio (Ferrari da Passano, 1967; 1988a; 1988b).

È indubbio che nel momento nel quale venne stilato il documento, il 27 giugno 1490, Gian Giacomo Dolcebuono e Amadeo risultavano essere i direttori dei lavori in carica (eletti il 13 aprile 1490), mentre nel precedente cantiere un ruolo decisivo lo aveva svolto Guiniforte Solari come direttore dei lavori a partire dal 1459, in sostituzione di Francesco da Canobbio, fino al 1481 (Ferrari da Passano, 1998b).

Occorre sottolineare come, in base a quanto affermato nel documento riportato in appendice, è a Francesco di Giorgio e non ai responsabili del cantiere che viene assegnato il compito di definire le strutture del Tiburio e dare loro un preciso dimensionamento, il che non esclude che soluzioni simili a quelle descritte nel documento del 27 giugno 1490 fossero già state in parte ideate e ci fossero stati dei tentativi per realizzarle, ma evidentemente non si era sicuri sulla reale loro efficacia e la decisione toccò a lui, che da solo firmò il verbale. Sempre in data 27 giugno 1490, una delibera del Consiglio affida a Dolcebuono-Amadeo e a Francesco di Giorgio il compito di definire un modello ligneo di sintesi. Obiettivo di questo contributo è mettere in luce come, proprio grazie ai consigli forniti da Francesco di Giorgio sulla tecnologia costruttiva e sull'uso di catene in ferro, sia stato possibile risolvere i problemi statici del Duomo di Milano. In appendice, come già detto, si riporta il testo della consulenza secondo la trascrizione (Arbasia e Promis, 1841)[2].

L'importanza della consulenza richiesta dalla *Veneranda Fabbrica del Duomo* all'architetto senese è stata rilevata sin dal Settecento, viene riportata in (Arbasia e Promis, 1841; Della Valle, 1786)[3], poi ripresa dal Milanesi (Milanesi, 1854). Promis, nell'analisi comparata da lui condotta sui Trattati di Francesco di Giorgio, aveva individuato nel Codice Magliabechiano il vocabolo *tiburio* come voce lombarda, dato significativo da consentirgli di datare quest'ultimo trattato come successivo al 1490.

Seguirono molti studi sul Duomo, ma elementi nuovi rispetto ai dati di archivio emersero solo dopo il 1961, quando si verificarono *problemi statici relativi alle principali strutture del Duomo, in particolare quelli inerenti agli archi, alle volte, ai piloni sia secondari sia principali* e Carlo Ferrari da Passano venne assunto dall'Amministrazione della Fabbrica del Duomo in qualità di *direttore tecnico* (Ferrari da Passano, 1988a). Dopo la conclusione dei lavori di consolidamento, avvenuta nel 1984, Ferrari cercò di far luce sulla sequenza degli interventi succedutisi nei secoli nella struttura del Tiburio del Duomo di Milano, tenendo presente le risultanze emerse dalle indagini precedenti al restauro conservativo; un suo rilievo è riportato in fig. 3, a sinistra. Per quanto riguarda la storia del monumento evidenziava che, già alla fine del Trecento *i piloni rappresentavano indubbiamente l'elemento strutturale più appariscente…, data la loro fondamentale importanza statica* (Ferrari da Passano, 1988a).

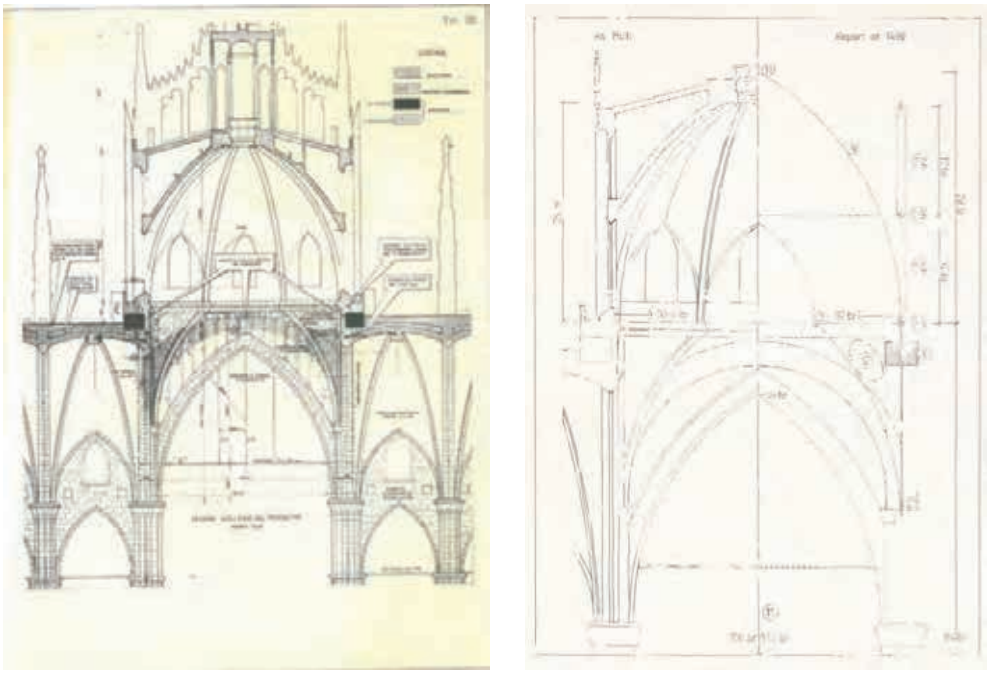


Fig. 3 – La sezione sull'asse del tiburio con evidenziato l'arco a tutto sesto che sovrasta quello a sesto acuto: a sinistra secondo Ferrari da Passano (1998b), a destra secondo Schofield (1993).

Relativamente alla costruzione del tiburio, molto più sinteticamente, sempre Carlo Ferrari da Passano annotava che un altro momento fondamentale per la costruzione del Duomo fu la realizzazione della grande cupola, problema intensamente dibattuto per circa ottanta anni dai maggiori architetti dell'epoca e la risoluzione della quale non appare definita nei documenti di archivio, ma solo evidenziata da una ricerca diretta sulle strutture effettuata nel 1962 (Ferrari da Passano, Brivio, 1967; Ferrari da Passano, 1988a).

Dopo numerosi studi tra i quali quelli di Brivio, all'epoca direttore del Museo del Duomo, nel 1989 Schofield ebbe modo di riportare l'attenzione sul documento redatto il 27 giugno 1490, riconoscendolo come atto decisionale per il dimensionamento della costruzione (Schofield, 1993). Lo studioso inglese, dopo averlo tradotto e averne esaminato in maniera molto accurata tutte le parti, riporta uno schema grafico di riscontro fra elementi descritti nel suddetto documento ed elementi realizzati nella struttura del Tiburio milanese, in fig. 3 a destra. Sempre nello stesso saggio, Schofield si chiede chi fosse l'ideatore dell'arco a tutto sesto e si oppone fermamente al parere espresso da Brivio che attribuiva a Solari la realizzazione della parte sul-

la quale poggia il tiburio fino all'imposta dell'ottagono, a causa della presenza delle quattro statue dei dottori della chiesa, stilisticamente riferibili a Solari. Schofield, pur evidenziando tutte le complesse problematiche dibattute, come sopra detto, per più di ottanta anni, nega anche a Francesco di Giorgio la paternità della soluzione costruttiva del tiburio, per una serie di differenze scultoree (dottori della chiesa non realizzati in rame, come Francesco di Giorgio aveva consigliato) e soprattutto per la mancanza delle gallerie chiaramente descritte nel documento riportato in appendice, e la attribuisce ad Amedeo-Dolcebuono in quanto i loro nomi sono riportati nei Registri della Fabbrica del Duomo quali esecutori dell'opera. Nelle direttive impartite da Francesco di Giorgio per l'esecuzione del tiburio, non è definita la posizione delle gallerie alla base della cupola. La mancanza nel Duomo di Milano di gallerie interne simili a quelle che si vedono in altre architetture lombarde, tipo la Certosa di Pavia, in fig. 4, ha indotto gli studiosi a ritenere che queste non fossero mai state realizzate.

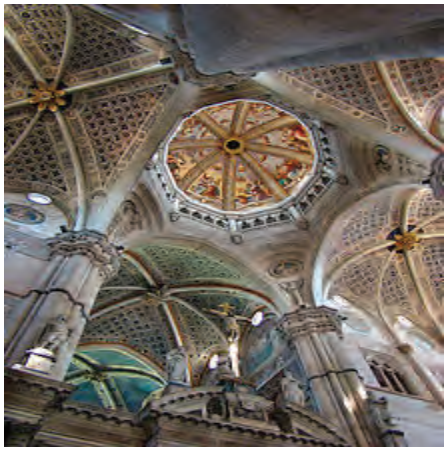


Fig. 4 – Certosa di Pavia, la galleria interna.

Una decina di anni dopo il saggio di Schofield, nel 1998, Ferrari pubblica un nuovo volume sul Duomo di Milano (Ferrari da Passano, 1998b), aggiornamento del precedente studio e, pur riconoscendo l'importanza del documento redatto il 27 giugno 1490 (da lui non considerato in precedenza), ritiene che la presenza di Francesco di Giorgio sia stata imposta da Ludovico il Moro *per ragioni politiche di prestigio e di opportunità* e che il vero merito della costruzione spetti alle maestranze lombarde e in particolare ad Amadeo (Ferrari da Passano, 1998b). Comunque Ferrari, avendo avuto la possibilità di rilevare direttamente la struttura, fa notare alcuni elementi importanti. Nel rilievo della campata centrale segnala un fuori-piombo dei pilastri e nota che lo stesso cedimento non si ripercuote nella struttura del Tiburio, deducendo così che al tempo in cui venne edificato il Tiburio il cedimento dei pilastri era già avvenuto e l'esecuzione della zona superiore servì a rimettere in asse la costruzione (Ferrari da Passano, 1998b). Ferrari rileva l'arco a tutto sesto in serizzo, ma non lo riconosce come doppio, pur notando che una metà *poggia in falso*, come mostrato in fig. 3; sostiene anche la costruzione in simultanea dei due archi e per questa ragione afferma che l'arco a tutto sesto e l'arco a sesto acuto in fig. 3 sono coevi e non riferibili all'operato di Francesco di Giorgio, che nella consulenza non parla di costruire archi a sesto acuto. Argomenta inoltre che, se fossero state già in essere le volte della navata e del transetto, non si sarebbe potuto costruire l'arco a

tutto sesto (Ferrari da Passano, Brivio, 1967). Per rispondere a questo argomento è sufficiente rileggere quanto scritto da Francesco di Giorgio nella sua consulenza.

Nell'impartire gli ordini per il dimensionamento delle strutture del tiburio milanese Francesco di Giorgio segue, a mente, la procedura costruttiva e, in precisa successione, individua gli elementi che dovranno essere costruiti, e che sono, facendo riferimento alla Appendice: a) il raccordo fra pilastri, arco rialzato e soprastante doppio arco a tutto sesto; b) la sopraelevazione dei muri dei pilastri fino all'imposta dell'ottagono di base della cupola; c) gli otto costoloni della volta dalla base dell'ottagono alla sommità superiore, con apertura dei finestroni; d) il raccordo fra la sommità degli otto costoloni e la lanterna.

Punto di partenza è rendere stabili i piloni, al fine di poggiarvi un carico adeguato e ben equilibrato. Una simile soluzione, come rilevato da Schofield, era ampiamente usata e probabilmente già stata ipotizzata precedentemente da Pietro di Gorgonzola, altro architetto che come tanti altri si era interessato alla vicenda, ma va ancora una volta sottolineato come Francesco di Giorgio proponga una soluzione basata, come si vedrà, su concetti statici completamente differenti: non un singolo arco a tutto sesto, ma due archi affiancati. La relazione di Francesco di Giorgio prevede di impostare sui quattro pilastri centrali del Duomo quattro archi a tutto sesto *doppi*, in modo tale da sovrastare i preesistenti quattro archi a sesto rialzato, le proiezioni dei quali in pianta coincidono con la campata centrale del Duomo, mentre quelle in elevazione coincidono con l'attacco delle volte del coro, della volta maggiore della navata e delle volte delle due ali del transetto.

Francesco di Giorgio progetta un arco a tutto sesto in due parti che sovrasta il sottostante arco a sesto rialzato: il primo arco, quello interno, va pensato per sostenere le murature del tiburio senza gravare sul sottostante arco a tutto sesto ritenuto non sufficientemente resistente, il secondo arco, di lato al precedente ma connesso ad esso, va pensato per reggere la galleria di camminamento alla base della cupola per aggiungere spessore e quindi contrastare le spinte laterali. La soluzione a doppio sostegno, su piani sfalsati, è impiegata da Francesco di Giorgio in altre sue realizzazioni come è evidente a Urbino nella copertura del transetto della chiesa di San Bernardino, in fig. 5. Qui l'anello della cupola è sostenuto da archi sporgenti rispetto al muro principale quasi come se Francesco di Giorgio pensasse ai famosi peducci da lui tanto usati nelle lunette per la copertura delle volte così descritti nei suoi Trattati.

Se nel documento del 27 giugno 1490, riportato in appendice, non è precisata la posizione della galleria di camminamento, è verosimile pensare che le indicazioni dettate da Francesco di Giorgio facessero direttamente riferimento a un modello ligneo tridimensionale messo a punto per l'occasione, indicazioni che di conseguenza erano ben chiare ai presenti e non richiedevano nel documento stesso ulteriori descrizioni. La *galleria* di cui si parla, perciò, invece che all'interno, va pensata all'esterno della volta.



Fig. 5 – Urbino - San Bernardino, il mausoleo di Federico da Montefeltro opera di Francesco di Giorgio (1480 circa), sono visibili i due archi sovrapposti e sfalsati e la cupola che si appoggia su quello interno.

Ancora oggi si vede la *passerella*, in fig. 6, che gira sull'esterno intorno alla base del tiburio; se si proietta l'ingombro del camminamento rispetto alla campata centrale che raccorda i quattro archi a sesto rialzato si nota che il camminamento non poggia interamente sui piloni ma anche su parte delle volte delle quattro campate laterali, di conseguenza è chiaro che per realizzare la base di appoggio del camminamento si doveva generare un piano alla stessa altezza del piano di imposta del tiburio, collegato al piano di imposta delle murature di sostegno della cupola.

Affiancare due archi serviva, appunto, a differenziarne la funzione in rapporto ai diversi carichi: peso delle murature della cupola e peso, molto minore, del corridoio perimetrale alla base della cupola, anche perché il camminamento veniva a sovra-



Fig. 6 – La passerella che si appoggia sulla sommità della parte esterna dell'arco a tutto sesto.

stare, in parte, l'innesto delle quattro volte a crociera sulla campata centrale, ma, soprattutto, ad aumentare alla base la sezione dell'arco resistente alle spinte laterali (Podestà e Scandolo, 2002; Tomasoni, 2008).

Nella relazione del 1490, riportata in appendice, Francesco di Giorgio parla di archi distinti anche se collegati da code di rondine con angoli smussati, con soluzioni già note, di cui in fig. 7 se ne riportano un paio: infatti ai primi quattro archi a tutto sesto, impostati sopra i rispettivi archi a sesto acuto, vengono affiancati, sulla parte esterna della campata, altri quattro archi di uguale spessore e dimensioni.



Fig. 7 – Per legare lateralmente i due archi si possono impiegare incastri a coda di rondine smussati come negli esempi precedenti o coevi (Istanbul, Gubbio).

La soluzione proposta per il tiburio del Duomo di Milano diventa, tra l'altro, elemento di riflessione per lo schema strutturale della cupola del Duomo di Pavia, dove non si doveva rimediare una soluzione già in essere ed è documentato il sopralluogo di Francesco di Giorgio.

La posizione della galleria di camminamento e di ponteggio in fase di costruzione del tiburio e il modo in cui essa è sostenuta diviene così un punto nodale per attribuire la soluzione costruttiva del tiburio del duomo di Milano a Francesco di Giorgio, sebbene, come appare dai rilievi (Ferrari da Passano, 1988a), il posizionamento e il dimensionamento delle catene per contenerne le spinte in fig. 3 non sia stato eseguito in corso d'opera secondo le sue indicazioni, che avrebbero forse evitato le fessurazioni che in seguito sono avvenute. In particolare di grande lucidità è il secondo punto della consulenza nel quale Francesco di Giorgio consiglia di utilizzare elementi di ferro che dalla zona delle catene cerchianti raggiungano i piloni in modo da aumentare la resistenza della sezione ai momenti circonferenziali.

Conclusioni

Dall'esame dei documenti risulta come Francesco di Giorgio fosse il maggiore ingegnere del suo tempo e come sia riuscito, con la sua autorità e con la sua dettagliata descrizione dei lavori da eseguire per la costruzione della cupola del Duomo di Milano, a sbloccare una situazione ferma da decenni e dopo vari tentativi andati a vuoto di altri noti costruttori anche di oltralpe. La grande esperienza che Francesco di Giorgio aveva maturato in costruzioni sempre più impegnative dal punto di vista

strutturale, lo aveva portato a passare dalla chiusura delle spinte statiche con travi di legno, celate nelle volte, a rendere evidente il modo nel quale chiudere le spinte utilizzando grosse catene di ferro in vista: l'elemento portante diviene elemento decorativo. La condizione dello sdoppiamento dell'arco, seguendo anche gli insegnamenti dell'Alberti, porta ad aumentare la sezione resistente dell'arco e quindi a poter chiudere le spinte più in alto di quanto si possa ottenere con catene poste a un ottavo o a un quarto dell'arco, per dire con Francesco di Giorgio *E queste hanno più fortezza, e manco detrimento alle sostenenti mura dànno* (Francesco di Giorgio, 1967). *Le mura* diventano così non solo utili per sostenere il carico dovuto al loro peso ma aiutano a sostenere anche le spinte laterali lavorando anche a flessione e a taglio. Inoltre il prolungamento dei ferri dalla cerchiatura fino ai pilastri porta a contrastare i momenti circonferenziali.

Appendice

Verbale della consulenza firmata il 27 giugno 1490 da Francesco di Giorgio per il duomo di Milano (Archivio della Fabbrica del Duomo, Ordinazioni capitolari 3, f. 154)

- [a)] *Primo voltare sopra larcho acuto uno archo tondo di marmoro, de tuto sesto, impostato neli pilastri dela medesima groseza che è l'acuto, la quale groseza è onze 12[4], uno altro archo acanto a questo et unito de la medesima circumferentia et groseza da la banda di fora coligato con il dicto et impostato neli dicti pilastri ad ciò se possa fare li corridori sopra il fermo et non in area.*
- *Item nele extremitade deli angoli sopra li pilastri dove vene il partimento de l'octavo debiano essere facti tuti de coligatione de prede de marmoro cioè a modo de chiave sotto et sopra, et da banda habiano pirastrature a mò de code de rondene che coligano luna el laltra con alquanta retondità, ad modo de arco, ad ciò il peso venga sopra li pilloni et non dia carico a li fianchi como melio parerà per il modello.*
- *Item che a più perfcetione delopera sopra la quadratura de quatro archi che vengono sopra li piloni, sopra li quali ha ad passare il tiburio debiano essere chiavate tutte quatro le face circularmente inchiuse sopra la groseza de li archi, et che sopra il mezo et dricto de li piloni se metano chiave che assendano per recta linea alalteza de le coligatione de le dicte chiave el se coligano cum quelle.*
- *Item se meta chiave transverse daluna extremitade de langolo all'altra pigliando le chiave che vano circulando dove fa il partimenlo de l'octavo, et da questo se metano due altre chiave per piano, et sopra la extremitade de langolo, vadeno a trovare quelle del dritto di piloni cum le quale se coligaranno.*
- *Item se metano per ciascheduno archo due chiave una da mano dextra el laltra da la sinistra le quale sieno ligate in mezo alle chiave tranverse che vengono a la summitate de l'arco, et venano inclinate et se ligano a la chiave del pilono dritto, passando per quella se colliga il primo pilono de le magiore nave el vadeno ad finire per li rinforti ad quelli pilloni delle seconde nave, el queste siano facte con loro perni el pampi sive ranelle et chiavelle secundo ricerca simile lavorerio, le quale tute chiave siano di ferro et di groseza de onze 1 1/2. in ogni lado, et quando se metano siano per forza con loro chignoli tirati.*

- *Item sopra a la circonferentia deli archi, dove è ditto la coligatione de le chiave, se debia metere il muro in piano el inchiudere ne la sua groseza le chiave si como gira il quadro et anche l'octavo et che il dicto muro venga alto insine dove serà il culmale del tecto de le magiore nave, ad ciò non habia a ocupare li recinti o altri ornamenti.*
- [b)] *Item sopra dicto muro et piano, recinti, o cornixe ossiano imbasamenti, sopra li quali se mova la imposta de la volta del dicto tiburio, cioè de la volta piramidale a la quale volta in apparientia dreto et sopra comenzando dal possamento de dicta, si agiunga dirictura de mura de altcza braza 12, nel quale aprirano le finestre, non impediendo però la volta, sopra la quale dirictura de muro vano le cornixe con loro altri ornamenti, et apparerà la volta impostarse, nel quale loco serà un'altra coligatione de cbiave che vegniaranno da luno torresino alaltro, che nascheno sopra li piloni li quali se fano per rinforti et ornamenti, neli quali toresini nascerano duy archi ornati andando da essi a le extremitade de li anguli, che parteno lontano ct passano per lo mezo de dicti archi et groseza de li muri; seranno coperti et di grande forteza. Nienledimeno la dicta volta serà impostata bassa et in suso il vivo, et questo si fa ad ciò che il caricho possa (sic) sopra il dricto de li piloni, et perchè habia resistere il pondo de se stesso et de tulle le superfitie di lanterne, fiorimenti et altri ornamenti.*
- [c)] *Item nela dicta volta se faziano li botazi cercbulari, li quali ascendano a la sumitate de tuta la volta, la quale serà perpendiculare braza 28 in suoi soriami (sic), senza alcuna apritudine overo vano in mezzo de essa.*
- [d)] *Item che ala sumitade de li dicti botazi se buttano archi tra luno botazo al altro, sopra li quali archi se harà a metere lo bassamento de la dicta lanterna.*
- *Item de fare li ornamenti, lanterna, el fiorimenti conformi alordine de lo hedifitio el resto de la chiesa.*
- *Item dal piano tereno a la sumitade de la volta del tiburio sia braza 112.*
- *Item che ne li anchuli del octavo dove andaveno missi li doctori de marmoro, non si metano per non disordinare le ligature et per non guastare le croste, ma si metarano essi doctori daramo dorato, quali non farano mancho bello videre, et in dicto loco se facia recinti o feste inlagliate de aramo a martello di poco relevo, et metesse perni et chiave de ferro dove se habiano atachare dicte figure.*

Bibliografia

Alberti L.A. 2010. *L'arte di costruire* (a cura di Valeria Giontella). Torino: Bollati Boringhieri.

Anonimo. s.d. *Codice "Santini"*. Dott. Santini Urbino, (citato in Scaglia, 1992).

Arbasia C., Promis C. 1841. *Trattato di architettura civile e militare di Francesco di Giorgio Martini : architetto senese del secolo XV, ora per la prima volta / pubblicato per cura del cavaliere Cesare Saluzzo, con dissertazioni e note per servire alla storia militare italiana*. Torino: Tip. Chiro e Mina, https://catalog.hathitrust.org/Record/100242592 .

Baldi B. 1590 *Descrittione del palazzo ducale d'Urbino. Cap III Del Palazzo in universale-(1587), in Versi e Prose, Venezia, Francesco de' Franceschi*.

Del Monte G. 1999. Organa mechanica. riproduzione anastatica del codice marciano lat. viii, 87 (= 3048), con commento al facsimile. Vittorio Veneto: Permasteelisa Group.

Della Valle G. 1786. *Lettere sanesi sopra le belle arti*. Tomo Ultimo. Roma: Stamperia Giovanni Zempel.

Ferrari da Passano C. 1988a. *Il Duomo rinato. Storia e tecnica del restauro statico dei piloni del tiburio del Duomo di Milano*. Milano: Veneranda Fabbrica del Duomo.

Ferrari da Passano C. 1998b. *Storia della Veneranda Fabbrica: il Duomo di Milano*. Milano: NED Ed.
Ferrari da Passano C., Brivio E. 1967. *Contributo allo studio del Duomo di Milano*. Milano: Arte Lombarda.
Fiore F.P., Tafuri M. 1994. *Francesco di Giorgio architetto*. Milano: Electa.
Francesco di Giorgio. 1967. *Trattati* (a cura di C. Maltese). Milano: Ed. Il Polifilo.
Francesco di Giorgio. 1979. *Il codice Ashburnham 361*. Laurenziana Firenze /Comunale di Reggio Emila, in facsimile. Firenze: Giunti Barbèra.
Franchetti G. 1821. *Storia e descrizione del duomo di Milano*. Milano: Tip. Giuseppe de Stefanis.
Michelini Tocci L. 1989. *Das Skizzenbuch des Francesco di Giorgio Martini*. Zurich: Belser Velag, https://catalog.hathitrust.org/Record/002630096.
Milanesi G. 1854. *Documenti per la storia dell'arte senese. Tomo II: Secoli XV e XVI.* Siena: Onorato Porri Ed.
Podestà S., Scandolo L. 2002. Le catene metalliche nell'edilizia storica: come valutarne il contributo strutturale. Ingenio, 6.
Polichetti M.L. 1985. *Il Palazzo di Federico da Montefeltro*. Urbino: Quattroventi Ed.
Scaglia G., 1992, *Francesco di Giorgio – Checklist and History of Manuscripts*. London: Associated Univ. Press.
Schofield R. 1993. Amadeo, Bramante and Leonardo and the Tiburio of Milan Cathedral. Achademia Leonardi Vinci, IV, 68-104. Firenze: Giunti.
Tomasoni E. 2008. *Le volte in muratura negli edifice storici – Tecniche costruttive e comportamento strutturale*. Tesi di Dottorato, Trento: Università degli studi di Trento.

Note

1. Un piede urbinate è pari a 0,335 m; 100 piedi = 33,5 m; 43-45 piedi = 14,5÷15 m. (Francesco di Giorgio, 1967).
2. Il Promis (Arbasia, Promis, 1841) scrive che il primo articolo sull'argomento fu dovuto a Franchetti, che riprende dal Della Valle il quale, a sua volta, dice di averlo trascritto dal Frigerio. Il Promis scrive tuttavia di non essere riuscito a trovare il riferimento nel Frigerio.
3. Non si possono qui non ricordare gli insegnamenti dell'Alberti, da sempre tenuti in grande considerazione nella corte Urbinate, come quelli riportati nel Libro decimo del *De re aedificatoria*: *Se la parete è più sottile del dovuto, allora in aderenza a questa se ne può costruire una nuova, in modo che siano una unica.…… in parecchi punti della vecchia parete si inseriscono delle robuste morse.* (Alberti L.A. trad. Giontella, 2010).
4. Si corregge qui "VII onze" in "12 onze", come da visura del testo originale.

Alfredo Buccaro

Influenze vinciane e martiniane sui modelli di fortificazioni urbane nel Mezzogiorno tra '400 e '500. Note dallo studio in corso

Abstract

Here we propose a short paper about what is emerging from our current studies on some new documentary and iconographic sources about spreading of Leonardo's urban fortifications models in the Kingdom of Naples during the Aragonese and Spanish reigns. Starting from Leonardo and Martini's idea about the fortified city, we will outline this influence on engineers' works in the Southern Italy between the end of 15th and the early 16th centuries. We'll move in the context of the evolution of the techniques of military architecture *alla moderna*, that occurred in Italy with the introduction of the bastion type and of other defense structures designed to counter the threat of new firearms. Particularly it will be proved the importance of Neapolitan activity of Antonio Marchesi da Settignano, as a result of his previous experience in contact with Leonardo and Francesco di Giorgio Martini in Milan, Rome and Naples.

Introduzione

Proponiamo una riflessione su quanto va emergendo dai nostri studi in corso, sulla base di nuove tracce documentarie e iconografiche, in merito alla diffusione della lezione vinciana all'interno dei modelli di fortificazioni urbane adottati nel Regno di Napoli in età aragonese e vicereale.

Partendo dalla matrice leonardesca e martiniana dell'idea di città fortificata, si farà cenno dell'opera svolta su tale scia dagli ingegneri nel Mezzogiorno tra il volgere del XV secolo e gli inizi del XVI; ciò nel quadro dell'evoluzione delle tecniche dell'architettura militare *alla moderna*, verificatasi in Italia a partire dalla fine del Quattrocento attraverso l'introduzione della tipologia del bastione e di altre strutture di difesa atte a contrastare la minaccia di armi da fuoco sempre più sofisticate. In particolare, si dimostrerà l'importanza dell'opera napoletana di Antonio Marchesi da Settignano come risultato delle esperienze maturate a contatto con Leonardo e Francesco di Giorgio Martini tra Milano, Roma e Napoli.

Il contributo precede da un lato un saggio, in corso di pubblicazione, che porterà all'attenzione degli studiosi vinciani un'inedita traccia documentaria presente nell'Archivio della Fondazione Pedretti, attestante l'esistenza di codici sconosciuti

di Leonardo a Roma nel primo Cinquecento (Buccaro, in corso di pubblicazione), dall'altro la ricerca, in esecuzione a cura del *Centro Interdipartimentale di Ricerca sull'Iconografia della Città Europea* dell'Università di Napoli Federico II (CIRICE), relativa alla catalogazione e all'analisi critica di un corpus di grafici cinquecenteschi conservati presso la Biblioteca Nazionale di Napoli[1], concernenti città fortificate di ambito europeo e mediterraneo.

L'influenza di Francesco di Giorgio Martini sull'opera di Antonio Marchesi da Settignano

Sulla base delle testimonianze documentarie di cui si diceva, potremo aggiungere un nuovo tassello alla ricostruzione dell'interessante vicenda relativa alla diffusione del metodo scientifico e artistico di Leonardo in Italia centro-meridionale, oltre che al complesso mosaico delle tendenze dell'ingegneria e dell'architettura militare diffusesi nel Regno di Napoli tra Quattro e Cinquecento, che abbiamo indagato in altre sedi (Buccaro, 2003; 2011). Si ha infatti notizia del soggiorno a Roma, presso Leone X, dell'architetto toscano Antonio Marchesi da Settignano[2] negli anni 1515-16, ossia durante il periodo in cui Leonardo è anch'egli ospite del papa (1513-16). Non potendosi escludere, per i motivi che diremo, la possibilità di un primo incontro del Fiorentino con il genio vinciano vent'anni prima a Milano insieme con Francesco di Giorgio Martini, di cui fu diretto allievo e collaboratore prima in Toscana, poi a Napoli, è possibile comprendere l'influenza del pensiero di Leonardo nel Mezzogiorno in materia di fortificazioni proprio a partire dalla lunga attività svolta da Marchesi, noto esperto in materia, per il governo aragonese e in seguito per quello vicereale.

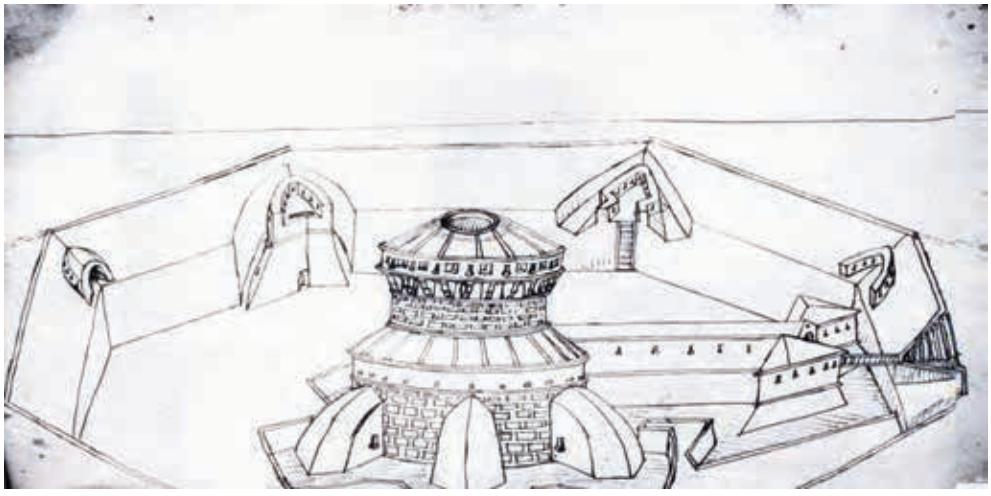


Fig. 1 – Francesco di Giorgio Martini, Trattato di architettura e macchine, 1489; disegno di fortificazioni urbane. Firenze, Biblioteca Medicea Laureanziana (da Fiore-Tafuri, 1994).

Si tratta di un momento cruciale per la diffusione della lezione vinciana, quello cioè in cui, tra la fine del 1513 e il 1516, oltre a Leonardo sono presenti a Roma personaggi di spicco dell’ambiente artistico, architettonico e scientifico italiano, ospiti del pontefice o comunque impegnati nelle tante opere che caratterizzano il fervore delle sue iniziative (Cermenati, 1919): tra essi, alcuni reduci dall’esperienza napoletana sotto il governo aragonese, come Frate Luca Pacioli, chiamato da Leone X a coprire la cattedra universitaria di aritmetica, Fra Giocondo, impegnato nella grande vicenda del nuovo San Pietro, e Antonio Marchesi. Nel 1515 quest’ingegnere-architetto è certamente membro del *team* di esperti chiamati a decidere sulla nuova cinta urbana di Civitavecchia: l’opera verrà poi affidata ad Antonio da Sangallo il Giovane e Marchesi tornerà a Napoli, forte di queste esperienze, per riprendere l’attività già intrapresa in Castel Nuovo per gli aragonesi, proseguendola sotto gli spagnoli per altri vent’anni.

Antonio «Merchissi» (1451-1522) è menzionato da Vasari con il nome di Antonio di Giorgio da Settignano, «*grandissimo ingegneri et architetto del re Ferrante*»[3] a Napoli, nonché in quella di Antonio da Sangallo il Giovane. Egli è detto quasi sempre «Antonio Fiorentino» nei carteggi relativi alle sue opere umbre e laziali[4], nonché nelle fonti riguardanti la lunga attività nel Regno di Napoli prima al fianco di Francesco di Giorgio, poi quale «*protoarchitetto*» delle opere aragonesi e vicereali.

Esiste la concreta possibilità che Leonardo e Marchesi si siano conosciuti a Milano sin dai primi anni ’90, al tempo della collaborazione tra Leonardo e Francesco di Giorgio in ambito lombardo. Come l’ingegnere senese risulta presente più volte a Napoli tra il 1491 e il ‘95, collaborando con il Fiorentino al servizio degli aragonesi, questi potrebbe a sua volta essersi recato a Milano intorno al 1494: è il tempo delle grandi manovre politiche di Ludovico Sforza con la Francia e col re di Napoli e appare plausibile che egli sia andato in missione alla corte sforzesca, forse segnalato dallo stesso Martini, così come poco dopo Leonardo avrebbe programmato un viaggio da Milano a Roma e a Napoli. Il «*maestro Antonio*» citato da Leonardo nel Codice Atlantico[5], che nessuno ha mai saputo identificare, è quindi facilmente riconoscibile in Marchesi, vista la sua nota perizia nei metodi più avanzati nel campo dell’artiglieria, della balistica e delle fortificazioni, che aveva già dimostrato a Napoli proprio in compagnia di Francesco di Giorgio. Nel corso del soggiorno di Leonardo a Milano e a Pavia la presenza del Martini e il noto interesse del maestro vinciano per le competenze ingegneristiche del senese inducono a pensare a un programma di studio e di lavoro comune, a cui Marchesi non dovette restare estraneo.

L’autorevolezza di coloro che, già al servizio degli aragonesi a Napoli, Leonardo incontra prima a Milano (Francesco di Giorgio, Frate Pacioli e Marchesi) poi a Roma (Fra Giocondo e di nuovo Frate Pacioli e Marchesi) è significativa dei proficui scambi che il Fiorentino, ‘comune denominatore’ di quegli incontri, può aver avuto. Il consulto sulle nuove fortificazioni di Civitavecchia si svolse agli inizi di ottobre del

1515, allorché furono convocati da Leone X, oltre a Marchesi, Antonio da Sangallo il Giovane e gli esperti militari Pietro Navarro, Giampaolo Baglioni e Vitello Vitelli[6]. Al di là della precisa disamina del Guglielmotti circa l'attribuzione del primato nell'uso della fortificazione «alla moderna» sperimentata in quell'occasione, su cui esiste un'ampia e recente letteratura[7], interessa qui sottolineare con quale grado di aggiornamento nel settore Marchesi potrà tornare, di lì a poco, a curare i propri incarichi nel viceregno: proprio partendo dall'alacre opera già svolta per gli aragonesi vent'anni prima e dalle esperienze milanese e romana, egli porrà le basi per la diffusione cinquecentesca, nell'ambito del Mezzogiorno, di un 'modo vinciano' nell'architettura militare.

Filangieri di Candida lamenta il fatto che il Fiorentino sia rimasto per troppo tempo nell'oblio, pur essendo tra gli architetti che seppero dare vita in Italia alla stagione della 'fortezza moderna'[8]; del resto anche Summonte lo definisce grande esperto «per cose belliche e machinamenti di fortezze»[9]. Giunto probabilmente a Napoli nel 1484, egli comincia a lavorare in Castel Nuovo e nel 1489 intraprende un viaggio con il duca Alfonso allo scopo di disporre il riassetto delle strutture difensive sulle coste calabresi, dal Tirreno allo Ionio: il lungo itinerario è riportato nelle *Effemeridi* di Joanpietro Leostello da Volterra, che a sua volta definisce «maestro Antonio fiorentino homo subtile circa de fare forteze et roche et assecto molte cose»[10]; nello stesso periodo gli verrà pure affidata la costruzione della rocca di Cittaducale, avamposto aragonese nel territorio di Rieti, e sarà il più stretto collaboratore di Francesco di Giorgio nell'opera da lui svolta, a più riprese, presso quella corte[11]: durante l'assedio di Castel Nuovo, diretto dal senese il 27 novembre 1495 contro gli occupatori



Fig. 2 – Reggio Calabria, castello aragonese, opera di Baccio Pontelli e Antonio Marchesi.

francesi di Carlo VIII, «maestro Antonio» farà scoppiare la prima mina dell’età moderna, progettata dal Martini, in una galleria scavata sotto la fortezza[12].

Milanesi riferisce che Marchesi, protoarchitetto del re Ferrante I a partire dal 1494, gode ormai di tanto credito presso il sovrano e suo figlio Alfonso «che non solo maneggiava tutte le fabbriche del Regno, ma ancora tutti i più importanti negozi dello stato»[13]. Nel 1497 re Federico d’Aragona affida al Fiorentino la direzione delle opere regie: si tratta della prestigiosa carica pubblica di *Ingegnere Maggiore e Primo Architetto del Regno*, che di fatto inaugura il ruolo di ingegnere di stato, prima di allora sconosciuto nel Mezzogiorno (Buccaro, 2003). Ma nella stessa epoca della nomina di Marchesi si registra anche l’esito negativo della richiesta di re Federico alla Balìa di Siena, ultima di una lunga sequenza di lettere spedite già dal padre Ferrante II per far tornare a Napoli Francesco di Giorgio: se il maestro senese non farà più ritorno nella capitale aragonese, trasferendosi poco dopo a Montepulciano, Marchesi trarrà fortuna proprio dalla grande esperienza tecnica acquisita al fianco del maestro, potendo dirigere negli anni successivi, non senza personali innovazioni, il progetto già concepito dal Martini per la nuova cinta bastionata di Castel Nuovo[14].

Ben presto Marchesi, nel corso dei lavori condotti per il recinto e per le torri di Castel Nuovo con la creazione di nuove casematte dotate di bombardiere[15] [19], si rende conto della necessità di un radicale adeguamento delle strutture alle nuove tecniche introdotte da Francesco di Giorgio nelle rocche di San Leo e del Sasso di Montefeltro e da Pontelli nella rocca di Ostia; così nel dicembre 1499 il Fiorentino, impegnato a quell’epoca anche nella direzione delle opere di potenziamento delle mura urbane napoletane già iniziate da Giuliano da Maiano[16], avvia ad esecuzione «lo designio de lo rivellino seu citadella intorno lo Castello novo»[17]. I lavori, sospesi per la fine del regno aragonese a seguito dell’invasione delle truppe di Luigi XII, allorché risulta compiuto solo il tratto settentrionale, nel 1501 proseguono sotto i francesi, ancora secondo il disegno di Marchesi[18]. Ciò non basterà, comunque, ad arginare l’ingresso di Consalvo di Cordova nel 1503, risultando la fabbrica del recinto ancora incompleta: il condottiero incontrerà sul suo cammino solo le mura della cittadella di Alfonso I, attaccandole, minandole sul lato meridionale e impossessandosi del castello[19]. Sicché all’inizio del viceregno la nuova opera di difesa appare ancora una volta improcrastinabile: Marchesi viene quindi confermato nel ruolo di architetto regio, continuando a dirigere i lavori per Castel Nuovo ancora sotto Ferdinando il Cattolico e poi sotto Carlo V[20].

Con riferimento all’opera condotta per il baluardo del Parco o di Santo Spirito, va notato come la struttura, intrapresa insieme con il Torrione della Marina agli inizi del 1515 ed eseguita entro il 1520, non venga realizzata in forma cilindrica come le altre. In effetti proprio in quegli anni Antonio da Sangallo il Giovane, a seguito del citato consulto di Civitavecchia e dopo le prime esperienze condotte da Francesco di Giorgio, Giuliano da Sangallo, Bramante e Antonio da Sangallo il Vecchio, va

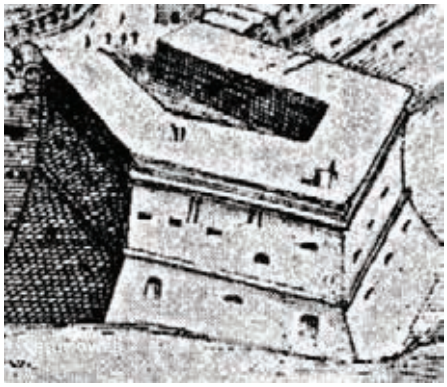


Fig. 3 – Francisco de Hollanda, Castello Novo de Napoles, 1540 ca.; particolare con il baluardo «del Parco» progettato da A. Marchesi.



Fig. 4 – A. Lafréry, É. Dupérac, veduta di Napoli a volo d'uccello, 1566; particolare con Castel Nuovo cinto dalle nuove mura della cittadella cinquecentesca.

perfezionando nelle mura di quella città la tecnica del bastione a due livelli, l'uno verticale, l'altro a scarpa, divisi da un toro continuo[21]. È chiaro, a questo punto, come Marchesi applichi immediatamente quanto appreso in occasione del consulto: anche quando, a partire dal 1536, don Pedro de Toledo avvierà il programma per le nuove fortificazioni nel territorio del viceregno, gli ingegneri preposti non potranno non tener conto della nuova tecnica.

Le opere di completamento delle mura, dei torrioni e dei baluardi di Castel Nuovo, attestate da documenti che arrivano fino al 1537 per gli ultimi tratti della cinta e per il baluardo del Parco, sono dunque da ritenersi all'avanguardia[22]: Marchesi vi applica il principio della muraglia bastionata e della controffesa a quota bassa mediante il tiro radente, realizzando una struttura di circa 250 metri per lato, con torrioni di 45 metri di diametro, per un'area totale di oltre sei ettari. Essa compare per la prima volta nella famosa veduta di Francisco de Hollanda conservata all'Escorial, che mostra tre torrioni rotondi – ultimati entro il 1518 secondo il tipo usato da Francesco di Giorgio nelle rocche montefeltrine e da Pontelli ad Ostia – e, a sud-est, il nuovo colossale baluardo[23].

La fortuna della lezione vinciana e martiniana nel Mezzogiorno

È noto come Fra Giocondo, presente presso la corte aragonese dal 1489, elabori nel 1492, insieme con il pittore Antonello da Capua, un corpus di disegni a corredo di un'opera di selezione e trascrizione apografa, a scopo divulgativo, dei trattati del Martini, oggi purtroppo scomparsa: dei due volumi, il primo trattava di architettura, l'altro affrontava, con ogni probabilità, la casistica bellica, come richiesto da re Ferrante, per il quale il frate veronese e Francesco di Giorgio si trovano a collaborare[24].

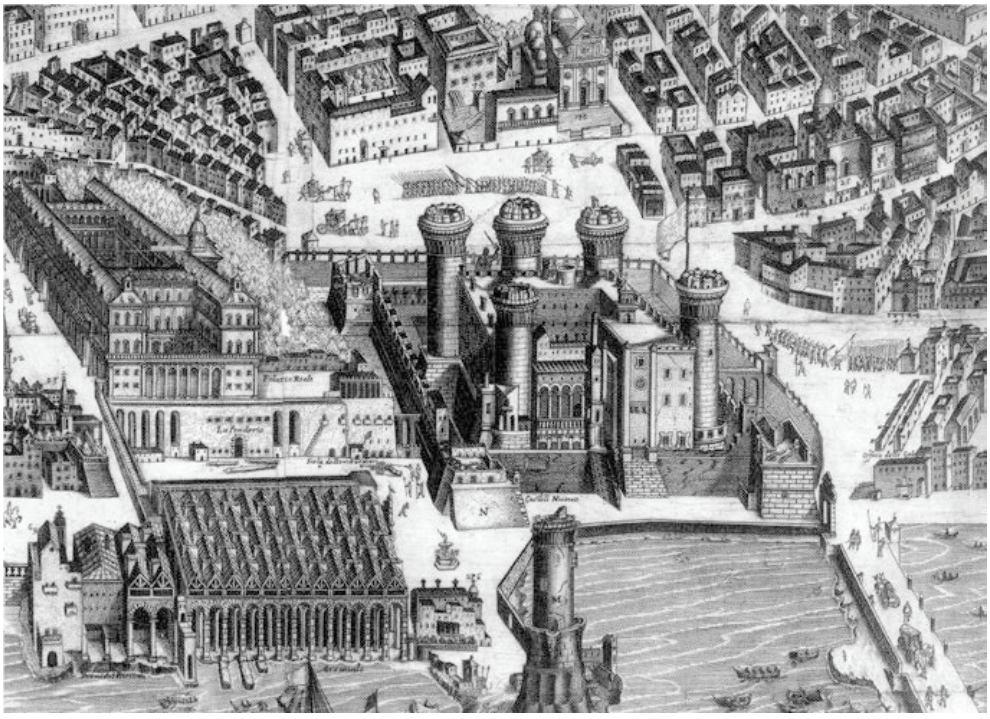


Fig. 5 – A. Baratta, veduta di Napoli a volo d’uccello, 1629; particolare con Castel Nuovo.

Si può ipotizzare[25] che i grafici riportati nella collazione fossero ripresi da quelli inseriti dal Martini nel Codice Magliabechiano e nella sua famosa *Raccolta* grafica – praticamente coeva della copia napoletana – che registra quanto di meglio il senese abbia sperimentato nel campo della tecnica militare in occasione della calata di Carlo VIII verso Napoli.

Si tratta di un passaggio chiave per intendere la diffusione della lezione vinciana nell’ambito dell’architettura militare nel Mezzogiorno. Il Martini, pur nel breve tempo delle sue trasferte nel regno aragonese, si afferma anche qui come importante «ingegnario», provvedendo tra l’altro alle principali fortificazioni disposte in Puglia e in Calabria contro la minaccia turca e francese: va sottolineata l’affinità tra queste architetture militari e quelle che egli realizza nel resto d’Italia. Nonostante la brevità e la discontinuità della sua esperienza napoletana, proprio al servizio degli aragonesi Francesco di Giorgio deve aver maturato l’originale idea del sistema ‘alla moderna’, poi proseguito da Sangallo in ambito romano e da Marchesi in quello napoletano con lo sviluppo della tecnica bastionata. Peraltro fino al 1496 egli si occuperà del programma urbanistico di Alfonso II, disegnando il tracciato delle nuove mura occi-

dentali – poi passate sotto la direzione di Giuliano da Maiano e del Fiorentino – che, se eseguite, avrebbero raggiunto la collina di San Martino ben prima dell'espansione toledana[26].

A differenza delle città 'ideali' proposte da Alberti o da Fra Giocondo sulla scorta di Vitruvio, Francesco di Giorgio sostiene nei propri codici l'idea di una città da ingegnere militare, che finirà per prevalere sugli astratti schemi neoplatonici. Sicché Leonardo, nel riferirsi proprio ai suoi studi nel codice II di Madrid, riproporrà la separazione tra vie militari e vie ordinarie[27].

In definitiva, l'attività napoletana di Francesco di Giorgio[28] è di importanza almeno pari a quella da lui svolta a Urbino: nella capitale aragonese le sue idee si confrontano con quelle di Fra Giocondo, in continuità con le esperienze di Giuliano da Maiano e di Giuliano da Sangallo, dopo essersi arricchite a Milano, intorno al 1490, di quelle di Leonardo: è possibile che lo scambio tra i due si sia attuato in termini di idee e di metodologie da parte del genio vinciano e di tecnica e di pratica della *machinatio* da parte del senese, potendo quindi le due personalità, a cui si unisce con ogni probabilità quella di Marchesi, incidere, direttamente o indirettamente, sull'ingegneria del Mezzogiorno.

Con riferimento alla tipologia di fortificazioni adottata da Francesco di Giorgio e destinata a evolversi a Napoli con il Fiorentino, va detto che, mentre a partire dalla fine del Quattrocento si va diffondendo per le mura un profilo geometrico ampio ma basso, immerso nel suolo, demandandosi ai fossati ogni ulteriore funzione difensiva, le mura realizzate dal Martini, essendo nel contempo elementi di difesa e di dominio, si ergono molto alte rispetto al piano esterno. A Napoli l'ingegnere-architetto applica quella che si chiama struttura di fiancheggiamento 'in alzato', cui Leonardo conferirà solo qualche anno più tardi una coerente geometria: rinunciando al fiancheggiamento 'orizzontale', da cui scaturirà la pianta stellare, il senese adotta per l'ultima volta alte strutture a sagoma circolare proprio nell'ambito del piano di difesa richiesto per Castel Nuovo dagli aragonesi[29].

Questo dunque il terreno di dibattito e di sperimentazione dell'architettura militare a Napoli nel momento in cui la città si accinge a divenire capitale del viceregno spagnolo nel 1503. Leonardo è ancora nel pieno delle sue speculazioni teoriche, ma è già noto nell'ambiente scientifico meridionale[30]: non è da escludere, peraltro, un'influenza su di lui da parte del vivace ambiente culturale della capitale aragonese. Infatti Frate Pacioli, prima di frequentare Leonardo a Milano e poi a Firenze, tra il 1488 e l'89 è presente a Napoli come insegnante di matematica e illustratore di testi antichi sull'arte della guerra: sebbene non vi sia traccia del viaggio progettato da Leonardo a sud di Roma, Pedretti[31] sostiene ragionevolmente l'ipotesi della sua conoscenza dell'ambiente dei matematici napoletani – si pensi a Luca Gaurico e alla sua opera sulla quadratura del cerchio (1503)[32] – proprio attraverso Pacioli, che egli incontrerà a Milano subito dopo la trasferta napoletana del frate[33].

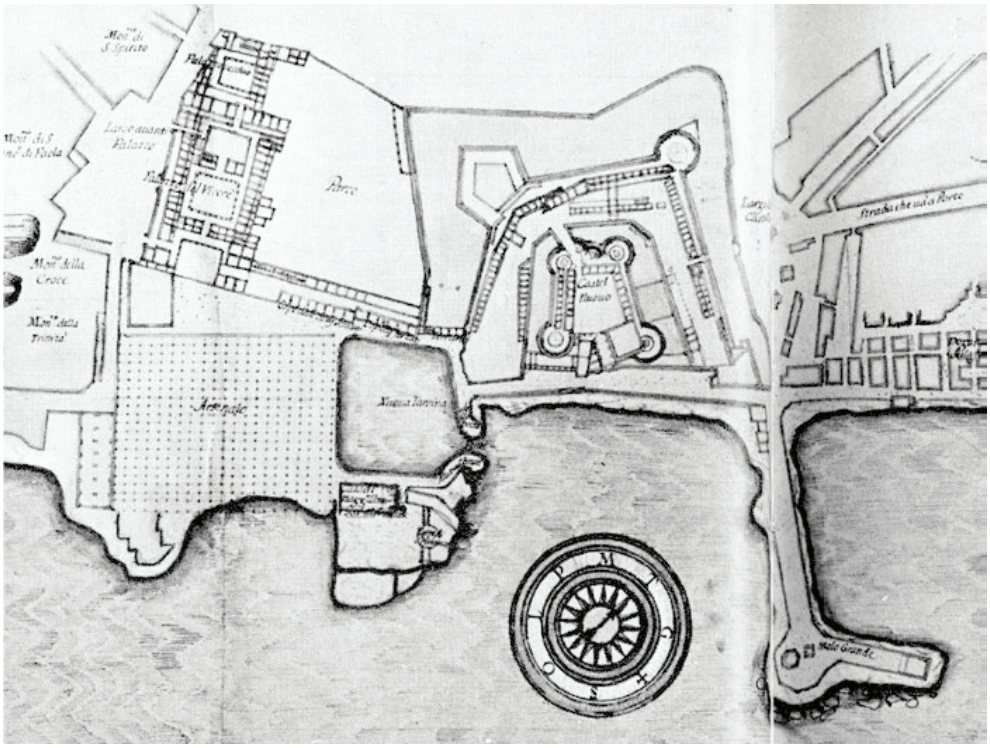


Fig. 6 – B. Presti, Pianta della città di Napoli verso il mare dal Torrione del Carmine fino al Castel dell’Ovo contenente la nuova Darsena, 1666; partic. con Castel Nuovo. Città del Vaticano, Biblioteca Vaticana (da Buccaro, 2017).

Sul tema della cinta bastionata, nella prima metà del secolo si assiste nel Mezzogiorno alla diffusione di importanti studi, come quelli di Giovan Battista Belluzzi[34] e di Niccolò Tartaglia[35], in cui però lo schema astratto della fortificazione finisce quasi sempre per imporsi sui luoghi. Una certa attenzione per i caratteri del territorio e del sito comparirà solo nei *Discorsi di fortificationi* (1569) del nolano Carlo Theti, frutto di decenni di ricerche sulle fortezze d’Italia e del Mediterraneo: secondo l’Autore, tali caratteri dovranno ispirare la forma delle mura e quindi della città. Influenzato anche dalle idee di Giovan Giacomo Leonardi, Theti mostra nel corso delle sue importanti esperienze, maturate tra le corti di Napoli, Vienna e di altri stati italiani, di fare ogni sforzo perché l’arte delle fortificazioni venga sottratta ai «pratici» militari e ispirata alle regole sostenute dagli «scienti»[36].

Nel denso ventennio del vicereame di don Pedro de Toledo, fino al volgere del secolo, non mancano altri professionisti di spicco, dalla cui produzione teorica si può trarre ulteriore conferma della diffusione del pensiero vinciano nel campo del-

le fortificazioni. Nelle scelte operate sotto il governo vicereale emerge, ancora una volta, la decisiva impronta metodologica lasciata a Napoli da Francesco di Giorgio e dai suoi seguaci: anche gli ingegneri di origine spagnola, giunti nel Mezzogiorno, non possono non cogliere il significato della tradizione dell'ingegneria italiana, già ispirata alla scienza leonardesca, finendo in più di un caso per mettere da parte i caratteri eminentemente tecnici della propria formazione a favore delle più solide istanze del professionismo locale. Va considerata, ad esempio, l'interessante attività dell'ingegnere valenciano Pedro Luis Escrivá (Cardone, 2003), al quale si deve, negli anni '30, il completamento di Castel Sant'Elmo e delle fortificazioni di Castel Nuovo dopo le opere di Marchesi, e fuori dalla capitale la nuova fortezza di L'Aquila, dal perimetro quadrato con bastioni angolari[37], e le mura di Capua e di Nola[38]. Ma la pianta pseudo-stellare da lui adottata per Castel Sant'Elmo potrebbe essere quella già tracciata dal Martini dopo la demolizione delle due torri preesistenti.

Tra le altre personalità emergenti nella prima età vicereale è certamente il primo «Ingegnere Maggiore», Ferdinando Manlio, autore con Giovan Battista Benincasa del palazzo vicereale di don Pedro, della villa dello stesso viceré a Pozzuoli e soprattutto del piano di ampliamento della capitale con le nuove mura, la strada Toledo e i 'quartieri spagnoli', intrapreso nel gennaio 1543[39]. A tale proposito va notato proprio il carattere di struttura 'alla moderna' della nuova cinta muraria concepita dagli ingegneri di don Pedro secondo la tecnica ormai consolidata, con un percorso segnato da possenti bastioni, un ampio e pressoché ininterrotto pomerio con vaste aree inibite (almeno in principio) all'edificazione e un asse stradale 'militare' con un moderno quartiere per le truppe. Il governo vicereale accarezzerà più volte l'idea di realizzare una 'cittadella' meno estesa ma meglio difendibile sia dall'interno, sia dall'esterno, che avrebbe unito Castel Sant'Elmo a Castel dell'Ovo e, in una seconda soluzione, anche a Castel Nuovo[40]: l'intervento avrebbe incluso la creazione del nuovo arsenale e la ristrutturazione del porto aragonese, dando vita a una città 'spagnola' in opposizione a quella dei napoletani. Sebbene di fatto mai compiuta, l'idea di una 'separazione esclusiva' resterà comunque nell'occupazione dell'area urbana più prestigiosa da parte dei dominatori.

Bibliografia generale

Amirante G., Pessolano M.R. (a cura di). 2008. *Territorio, fortificazioni, città difese del Regno di Napoli e della sua capitale in età borbonica*. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Barone N. 1890. Notizie storiche raccolte dai Registri Curiae della Cancelleria Aragonese. *Archivio Storico per le Province Napoletane*, X.

Bresciano G. 1927. Documenti inediti concernenti artisti napoletani del Quattro e Cinquecento. *Archivio Storico per le Province Napoletane*, XIII.

Buccaro A. 2003. Da "architetto vulgo ingeniero" a "scienziato artista": la formazione dell'ingegnere meridionale tra Sette e Ottocento. In: *Scienziati-artisti. Formazione e ruolo degli ingegneri nelle fonti dell'Archivio di Stato e della Facoltà di Ingegneria di Napoli* (a cura di Buccaro A., De Mattia F.), 17-43. Napoli: Electa.

Buccaro A. 2011. *Leonardo da Vinci. Il Codice Corazza nella Biblioteca Nazionale di Napoli*. Poggio a Caiano: CB Edizioni – Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.
Buccaro A. 2017. L’iconografia e la cartografia storica per lo studio del monumento. In: *Castel Nuovo in Napoli. Ricerche integrate e conoscenza critica per il progetto di restauro e di valorizzazione* (a cura di Aveta A.). Napoli: Paparo Edizioni.
Buccaro A. Leonardo e Antonio Marchesi da Settignano. Cenni su Codici vinciani perduti in un inedito documento della Fondazione Pedretti. *Raccolta Vinciana*, XXXVIII. (in corso di pubblicazione).
Capasso B. 1881. Appunti per la storia delle arti in Napoli. *Archivio Storico per le Province Napoletane*, VI.
Cardone V. 2003. *Pedro Luis Escrivá ingegnere militare del Regno di Napoli*. Salerno: CUES.
Ceci G. 1900. Nuovi documenti per la storia delle arti a Napoli durante il Rinascimento. In: *Napoli nobilissima*, IX.
Ceci G. 1904. Per la biografia degli artisti del XVI e XVII secolo. Nuovi documenti. I. Architetti. In: *Napoli nobilissima*, XIII.
Cermenati M. 1919. Leonardo a Roma. Nuova Antologia, 202, racc. 286, VI s., 308-331.
Colletta T. 1988. La riorganizzazione militare durante il viceregno: il recupero di un sistema difensivo. In: AA.VV. *Il recupero di una componente del sistema territorio. Torri, castelli, fortezze nel Mezzogiorno d’Italia*, 187-205. Napoli: Università di Napoli Federico II.
De’ Marchi F. 1599. *Della architettura militare*. Brescia: Comino Presegni per Gaspare dall’Oglio.
De Dominici B. 1742, *Vite de’ pittori, scultori, ed architetti napoletani*. Napoli: Francesco e Cristoforo Ricciardo.
Eberhardt J. 1973. Das Kastell von L’Aquila degli Abruzzi und sein architekt Pyrrhus Aloisius Scrivá. Römisches Jahrb. FürKunstgesch, Tübingen, 231-33.
Filangieri di Candida R. 1929. La cittadella aragonese e il recinto bastionato di Castel Nuovo. *Atti dell’Accademia Pontaniana*, 59, 49-73.
Filangieri di Candida R. 1931. A.M. da Settignano, architetto militare del Rinascimento. Rivista di artiglieria e genio, LXX, 473-479.
Filangieri di Candida R. 1938. Rassegna critica delle fonti per la storia di Castel Nuovo. *Archivio Storico per le Province Napoletane*, XVII, 273-291.
Filangieri di Satriano G. 1883-91. *Documenti per la storia, le arti e le industrie delle provincie napoletane*, V-VI. Napoli: Tip. R. Accad. Scienze.
Fiore F.P. 1978. *Città e macchine del ’400 nei disegni di Francesco di Giorgio Martini*. Firenze: Olschki.
Fiore F.P., Tafuri M. (a cura di). 1994. *Francesco di Giorgio architetto*. Milano: Electa.
Gaurico L. 1503. *Tetragonismus idest circuli quadratura per Capanu archimede Syracusanu atque boetium mathematicae perspicacissimos ad inuenta*. Venetiae: G.B. Sessa.
Ghisetti Giavarina A. 2008. Il Regno di Napoli. *Artigrama*, 23, 327-358.
Guglielmotti A. 1876. *La guerra dei pirati e la marina pontificia*, III, cap. IV. Firenze: Le Monnier.
Delicati P., Armellini M. (a cura di). 1884. *Il diario di Leone X di Paride de Grassi dai volumi manoscritti degli Archivi Vaticani della S. Sede.* Roma: Tipografia della Pace di F. Cuggiani.
Martorano F. 2003. L’architettura militare tra Quattrocento e Cinquecento. In: *Storia della Calabria. Il Rinascimento*, 355-408. Roma: Gangemi Editore.

Maselli Campagna M. 2007. Marchesi da Settignano Antonio. In: *Dizionario Biografico degli Italiani*, 69. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.
Maselli Campagna M. 2012. *L'attività di Antonio Marchesi da Settignano nell'Italia centro-settentrionale*. Palermo: Caracol.
Mazzoleni I. 1952. Fonti per la storia dell'epoca aragonese esistenti nell'Archivio di Stato di Napoli. *Archivio Storico per le Province Napoletane*, XXXIII.
Milanesi G. (a cura di). 1881. *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori ed architettori scritte da Giorgio Vasari pittore aretino con nuove annotazioni e commenti di G.M.* IV. Firenze: Sansoni.
Mollo G. 2008. I Discorsi delle fortificationi di Carlo Theti. L'edizione vicentina del 1617. In: *Territorio, fortificazioni, città difese del Regno di Napoli e della sua capitale in età borbonica* (a cura di Amirante G., Pessolano M.R.). Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.
Morisani O. 1958. *Letteratura artistica a Napoli tra il '400 e il '600*. Napoli: Ed. Fiorentino.
Müntz E. 1889-95. *Histoire de l'art pendant la Renaissance*, *II*. Paris: Librairie Hachette et Compagnie.
Nicolini F. 1925. *L'arte del Rinascimento a Napoli e la lettera di P. Summonte.* Napoli: R. Ricciardi.
Pane R. 1968. *Le Effemeridi di Joanpietro Leostello*. *Napoli nobilissima,* VII, 77-85.
Pane R. 1975. *Il Rinascimento nell'Italia meridionale*. I. Milano: Edizioni Comunità.
Pedretti C. 1983. Archimedeo ingegno notissimus. In: *Leonardo e il leonardismo a Napoli e a Roma* (a cura di Vezzosi A.). Firenze: Giunti-Barbera.
Pelliccia A.A. 1780-82. *Raccolta di varie croniche, diari, ed altri opuscoli cosi italiani, come latini appartenenti alla storia del Regno di Napoli di Pietro Giannone*. I. Napoli: B. Perger.
Percopo E. 1895. Nuovi documenti sugli scrittori e gli artisti dei tempi aragonesi. *Archivio Storico per le Province Napoletane*, XX, 298-312.
Percopo E. 1938. *Vita di Giovanni Pontano* (a cura di Manfredi M.). Napoli: ITEA Ind. Tipografiche.
Pessolano M.R. 2008. Napoli e il regno fra antiche fortezze e nuove proposte. In: *Territorio, fortificazioni, città difese del Regno di Napoli e della sua capitale in età borbonica* (a cura di Amirante G., Pessolano M.R.). Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.
Pirri P. 1921 (a cura di). *Annali di Ser Francesco Mugnoni da Trevi dall'anno 1416 al 1503*. Perugia: Unione Tipografica Cooperativa.
Rocchi E. 1900. Francesco di Giorgio Martini architetto civile e militare. *Rivista d'artiglieria e genio*, II.
Starace F. 2006. I regi ingegneri nel XVI secolo e le torri costiere del golfo di Salerno. *Napoli nobilissima*, VII.
Strazzullo F. 1969. *Architetti e ingegneri napoletani dal '500 al '700*. Roma: Benincasa.
Vasari G. 1550, *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori, et scultori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri*. II. Firenze: Lorenzo Torrentino.
Vezzosi A. (a cura di). 1983. *Leonardo e il leonardismo a Napoli e a Roma*. Firenze: Giunti-Barbera.
Vicino M. 2013. *Francesco di Giorgio Martini, Antonio Marchesi da Settignano, Frà Giocondo da Verona e il Castello aragonese di Castrovillari.* Corigliano Scalo: Aurora Editrice Libreria.
Viganò M. (a cura di). 2007. *L'architettura militare nell'età di Leonardo. «Guerre milanesi» e diffusione del bastione in Italia e in Europa*. 231-253. Bellinzona: Ed. Casagrande.

Note

1. Biblioteca Nazionale di Napoli, *Manoscritti e rari*, XII.D.1, XII.D.74.
2. Circa la figura di questo architetto-ingegnere, faremo riferimento agli studi: Filangieri di Candida, 1931; Filangieri di Satriano, 1883-91; Maselli Campagna, 2007; 2012.
3. Milanesi, 1881, IV, p. 476. «Antonio Marchisi Napoletano» è inoltre citato da Francesco de’ Marchi nel trattato *Della architettura militare* (vol. I, parte I, pag. 35) - pubblicato postumo nel 1599 - tra coloro che «si distinsero tra i Fortificatori Italiani in quel secolo»; a sua volta de Dominici (1742, II, p. 79) lo segnala come «famosissimo nelle fortificazioni».
4. Cfr. Pirri, 1921, pp. 86 sgg.
5. Leonardo sembra riferirsi proprio a lui in un noto memorandum databile intorno al 1494 (Cod. Atlantico, fol. 611), in cui si legge tra l’altro: «*Dimanda maestro Antonio come si pianta bombarde e bastioni di dì e di notte*».
6. Edizione torrentiniana delle *Vite* (Vasari, 1550) p. 870; Delicati e Armellini, 1884; Guglielmotti, 1876, III, cap. IV, p. 136. La diversa datazione della missione al 1517 è indicata dal solo Milanesi: sebbene, sulla scorta di questi, la stessa data sia stata riproposta dagli studiosi fino a tempi recenti, si tratta con tutta evidenza di un errore, essendo assai improbabile che si sia verificato un nuovo consulto dopo quello del 1515, nel corso del quale si stabilì di attribuire l’incarico a Sangallo.
7. Si veda, tra l’altro, Viganò, 2007, pp. 231-253.
8. Filangieri di Candida, 1931, p. 473.
9. Nicolini, 1925, p. 172.
10. Cfr. Morisani, 1958, p. 38; Pane, 1968, p. 84, nota 21. Negli anni ’90 Marchesi sostituirà Baccio Pontelli nella direzione dei lavori per i castelli di Reggio, Crotone, Belvedere Marittimo e Castrovillari: si vedano in particolare Martorano, 2003; Vicino, 2013, pass.
11. Filangieri di Satriano, 1883-91, p. 75; Mazzoleni, 1952, p. 140.
12. Percopo, 1895, pp. 298 sgg.; Rocchi, 1900); Filangieri di Candida, 1938, pp. 273 sgg.
13. Milanesi, 1881, IV, 476 sgg.
14. Ceci, 1900, p. 84. Nel 1498 re Federico riconosce a Marchesi il giusto merito per l’opera svolta sino a quel punto, concedendogli alcune terre e confermandogli, nel 1500, la provvigione di duecento ducati, che l’ingegnere manterrà anche sotto gli spagnoli, allorché inizierà la fase più intensa della sua attività napoletana. Cfr. Capasso, 1881, p. 535. Tra il 1501 e il 1514 Marchesi potrebbe essere stato presente anche nel cantiere del convento di Santa Caterina a Formiello, della cui chiesa, proseguita da Romolo Balsimelli, potrebbe essere il progettista, anche in considerazione del chiaro riferimento all’architettura della martiniana Madonna del Calcinaio a Cortona. Cfr. Ghisetti Giavarina, 2008, p. 347.
15. Filangieri di Candida, 1929, p. 51.
16. Filangieri di Satriano G., 1883-91, V-VI: Indice degli artefici delle arti maggiori e minori.
17. Cronaca di anonimo napoletano (1495-1519), riportata in Pelliccia, 1780-82, I, p. 251; Bresciano, 1927, p. 374; Filangieri di Candida, 1931, p. 476.
18. Filangieri di Candida, 1938, III, p. 237.
19. Filangieri di Candida, 1929, p. 56.
20. Possiamo supporre che il progetto esecutivo di Marchesi dati al 1506-8. Müntz, 1889-95, p. 252; Barone, 1890, p. 44; Ceci, 1904, pp. 60-61.
21. Rocchi, 1900, pp. 258 sgg.
22. Filangieri di Candida, 1931, p. 468.

23. Fiore e Tafuri, 1994, p. 313, scheda di Adams N.; Fiore, 1978, pp. 137-138; Buccaro, 2017, pp. 89, 375.
24. Si veda il documento del 30 giugno 1492 della Tesoreria aragonese, cit. in Percopo, 1938, p. 381, n. IV; Pane, 1975, I, p. 95, n. 40; Fiore, 1978, p. 108.
25. Fiore, 1978, p. 40.
26. *Ivi*, p. 42; Buccaro, 2011, p. 81.
27. Fiore, 1978, p. 43. Egli terrà conto di molti disegni di mine dedicati all'ambito dell'artiglieria nel *Trattato* martiniano e ritrovabili nei manoscritti di Francia, trascritti un secolo più tardi nel Codice Corazza. Cfr. Buccaro, 2011, p. 82.
28. Tra le opere di architettura militare del Martini, segnalate nella nota *Cronaca della Napoli aragonese* del Ferraiolo redatta tra il 1494 e il 1503, sono la ristrutturazione di Castel Sant'Elmo, intrapresa nella stessa epoca, e i lavori per il castello di Baia e per Castel Nuovo. Cfr. Fiore e Tafuri, 1994, p. 311, scheda di Adams N.
29. Fiore, 1978, p. 142. Nei disegni del Codice Magliabechiano è dunque da riconoscersi il riflesso dell'opera svolta per il recinto della cittadella fortificata napoletana sin dal 1494; esperienza questa che deve aver contato molto nella maturazione di quei principi generali che avvicinano sempre più il Martini al macchinismo vitruviano.
30. Buccaro, 2011, p. 84. Si veda inoltre Vezzosi, 1983, passim.
31. Pedretti, 1983, p. 118.
32. Si veda Gaurico, 1503, cit. in Buccaro, 2011, p. 85.
33. Proprio attraverso l'influenza di Frate Pacioli, il modello architettonico diffuso dagli studi di Giuliano da Sangallo per il nuovo palazzo reale di Ferrante I d'Aragona e da quelli di Giuliano e Benedetto da Majano per la Villa di Poggioreale sarà destinato a riflettersi nei progetti di Leonardo per la villa di Charles d'Amboise a Milano e per la residenza di Francesco I a Romorantin. Un altro importante passaggio riguardante la diffusione della dottrina vinciana in ambito napoletano è sicuramente segnato dalla visita a Leonardo ad Amboise, nell'ottobre 1517, del cardinale Luigi d'Aragona, raccontata nel diario del segretario Antonio de Beatis. Cfr. Buccaro, 2011, p. 85.
34. Giovan Battista Bellucci, o Belluzzi (1506-1556), detto il «Sanmarino» dalla città di origine, è autore di un *Diario autobiografico* 1533-1541, pubblicato a Napoli solo nel 1907, del trattato sulla *Nuova invenzione di fabricar fortesse* (Venezia, T. Baglioni, 1598), e de *Il trattato delle fortificazioni di terra* (ediz. a cura di D. Lamberini, F. Borsi, Firenze, s.n., 1980). Cfr. Buccaro, 2011, p. 86.
35. Come si legge nella *Nova Scientia* del 1537 e nei *Quesiti et invenzioni diverse* del 1546, Tartaglia (1499 ca.-1557) adopererà per primo lo strumento matematico-geometrico nella spiegazione dei fenomeni balistici, sottolineandone l'affinità con le tematiche della natura e del paesaggio e proponendone l'applicazione in molti campi della progettazione. Cfr. Buccaro, 2011, p. 86.
36. Cfr. Mollo, 2008, pp. 281-310.
37. Eberhardt, 1973, pp. 231-23; Amirante e Pessolano, 2008, p. 15.
38. Colletta, 1988, pp. 187-205; Starace, 2006, p. 21.
39. Tommaso di Catania, *Cronache antiquissime* (dall'anno 866 al 1552, scritte nel 1561), in Pelliccia, 1780-82, I, p. 44. Cfr. pure Strazzullo, 1969, p. 211.
40. Pessolano, 2008, pp. 31-33.

Giuseppe Mollo

Carolus Tettius Neapolitanus pingebat. La pianta di Napoli del 1560

Abstract
"Neapolis Urbs to Verissimam Effigiem" by Carlo Theti, is a first example of the cartographic production of the city of Naples, in the years between 1550 and 1560, the year of its edition. The main works had already been carried out and partly accomplished by the Viceroy Don Pedro de Toledo, who since 1537 had begun to work and complete the settlement not fully damaged despite the attacks of the French troops. This plant is the first representation of the city of Naples to be engraved on copper. It was placed onto the market six years before the most famous Antoine Lafréry's plant, which was engraved in Rome by Stéphan Du Pérac. Studies on this last-mentioned plant have determined that it is the result of a rigorous topographical survey. The accuracy, the precision and the elegance of this representation make it, therefore, an extraordinary document. The Theti plant, on the other hand, shows, at a first examination, the peculiarity of a thematic and not topographical survey of the city. The drawing is a scheme aimed at reading and interpreting in military terms the urban structure and its walls.

Introduzione
Neapolis Urbs ad Verissimam Effigiem … di Carlo Theti[1], in fig. 1, costituisce, per il suo interesse topografico, un esemplare di primaria importanza nella produzione cartografica contemporanea della città di Napoli (Marin, 1990; Bellucci e Valerio, 1998; Mollo, 2001;Verde, 2006).

La pianta di Napoli del Theti si riferisce a una realtà cittadina che può essere collocata negli anni che vanno tra il 1550, al rientro dalla missione in Tunisia, e il 1560, anno della sua edizione. Risultano già avviate e in parte eseguite le principali opere messe in atto dal viceré Don Pedro de Toledo, che già dal 1537 aveva dato inizio ai lavori di sistemazione e completamento della murazione, in parte anche danneggiata durante i passati attacchi delle truppe francesi, *per tema che si aveva dell'armata turchesca* (Santoro, 1984). Questa pianta, che è la prima rappresentazione della città di Napoli ad essere stata incisa su rame[2], è stata immessa sul mercato sei anni prima che Antoine Lafréry facesse incidere a Roma, da Stéphan Du Pérac, la pianta *Quale e di quanta Importanza e Bellezza sia la Nobile Cita di Napole in Italia…* (Bellucci



Fig. 1 – C. Theti, Neapolis Urbs verissimam effigiem… Roma 1560 (da BNF, s.d.).

e Valerio, 1998), in fig. 2. Gli studi condotti su quest'ultima pianta hanno stabilito che essa è il risultato di un rilievo topografico rigoroso. L'esattezza, la precisione e lo stile di questa rappresentazione ne fanno, dunque, un documento straordinario.

La pianta del Theti, invece, mostra, a un primo esame, la particolarità di un rilievo tematico e non topografico della città. Il disegno è uno schema finalizzato ad una lettura e una interpretazione in chiave militare della struttura urbana e della cinta muraria[3]. Il dato metrico e topografico è trascurato, e la prova di ciò è la mancanza di ogni riferimento a una scala delle lunghezze. Il disegno risulta, tuttavia, eseguito da una persona che aveva avuto una lunga frequentazione della città, e il Theti, molto verosimilmente, risiedette a Napoli tra il 1550 e il 1565 (Stroffolino, 2006).

L'abile sintesi con cui l'autore perviene si può comprendere solo dando per acquisita tale approfondita conoscenza. Carlo Theti potrebbe avere messo a punto le proprie cognizioni tecnico-militari negli anni di grande rinnovamento urbanistico della città di Napoli ed aver partecipato egli stesso alla realizzazione di alcune opere di fortificazione (Bellucci e Valerio, 1998). Anche se il disegno non ha la finezza e l'eleganza della pianta Du Pérac-Lafréry, esso presenta un interesse topografico



Fig. 2 – A. Lafréry, Quale e di quanta Importanza e Bellezza sia la Nobile Cita di Napole in Italia… Roma 1566 (da De Seta, 1969).

equivalente. La città è rappresentata da S. Maria di Piedigrotta, a ovest, sino alla villa di Poggioreale, a est, grazie a una contrazione del territorio urbano fuori dalle mura

A sua volta, all'interno delle mura, la città appare come stirata lungo l'asse est-ovest. Gli edifici sono disegnati di prospetto in maniera ancora rudimentale, tutti orientati nello stesso modo, ma alle imperfezioni di carattere grafico fanno eco i numerosi dettagli che testimoniano un'acuta osservazione del tessuto urbano. Più di 158 luoghi singolari ed edifici notevoli sono segnalati e riportati in legenda, in 12 colonne. Il numero di punti topografici è dunque notevolmente elevato per una pianta di quest'epoca: la Du Pérac-Lafréry ne conterrà in legenda appena 74.

In effetti, la carta moltiplica lo spazio mediante questa sorta di etichetta, che mette in evidenza le indicazioni monumentali e topografiche[4]. Il disegno della città non è più un semplice oggetto di contemplazione, ma diventa il tramite per una ricerca, esterna alla pianta medesima, rinviando agli usi pratici dello spazio urbano.

La divisione in contrade eseguita dal Theti testimonia, se non altro, di un modo di vivere la città, percorsa dalle cinque direttrici di traffico che l'attraversano, appunto, da est ad ovest. Una rapida descrizione di come appariva Napoli, dopo le innovazioni del Toledo, ce la offre Bernardo Tasso in una lettera databile tra il 1543-45 e inviata a Giambattista Peres: *Né meno che di sito e di cielo, è di corpo bellissima questa*

città; piena di palagi signorili, di tempj superbi, di piazze spaziose, di strade ampie e dirittissime, di porte reali e magnifiche, di mura forti e inespugnabili, di porto di tutte le marine tempeste difeso e sicuro…Torto certo non farei all'infinità virtù dell'Eccellentiss. Sig. Don Pietro di Toledo, al presente Vìceré di questo Regno, s'io non dicessi il molto studio e le continue spese fatte per renderla a la pari di tutte le altre bella e riguardevole….

Ancora più attenta, ma anche piena di giudizi e valutazioni, è la descrizione che ci offre il Tarcagnota nel 1566: egli immagina una conversazione tra D. Girolamo Pignatelli, D. Fabrizio suo fratello e D. Giovanni d'Avalos sopra una loggetta di Villa Pignatelli. Dice D. Girolamo: *Vedeste mai per vita vostra la più bella prospettiva di questa? Se si vedesse ritratta in uno di questi quadri di Fiandra, chi non direbbe che questa fosse la più delicata del mondo*?. Ma la conversazione diventa più interessante quando il discorso si sposta alla *mutazione grande* operata dal viceré D.Pedro di Toledo con il risanamento della città e l'ampliamento delle mura: *Ora per grazia ditemi* - aggiunge Girolamo Pignatelli - *chi mi saprà mostrare di qui a cento anni dove fosse porta Petruccia, porta Reale, porta di San Spirito, porta Donnorso, et così fatti luoghi della città …Sappiamo che volendo il viceré Don Pietro rinchiudere questo monte di santo Heremo nella città, ne ampliò la muraglia antica; et cassando porta Reale, che era in capo della strada di Nido presso Santa Chiara, la trasferì dove la veggiamo hora in capo della sua strada che egli chiamò di Toledo…Nel medesimo modo la porta, che chiamavamo del Borgo San Spirito, la quale era quasi in capo del fosso del Castel Nuovo verso detta chiesa, fu nel medesimo tempo, e per lo medesimo rispetto trasferita sin presso Cappella per abbracciare con la nuova muraglia il monte già detto et Echia, che hora con una nuova et più ampia cinta di muro per ordine del presente nostro viceré Don Perafan di Ribera si fortifica et pone dentro. Porta a Donn'Orso, che era al fianco di San Pietro a Maiella, non la veggiamo noi hora per la medesima cagione trasferita presso la chiesa di S. Maria di Costantinopoli ? (...) Chi dimandasse, di qui a cento anni, dove il tribunale della Vicaria, o della Sommaria, o del sacro Consiglio si fosse, come saprebbe huomo renderne conto, se da alcuno scrittore non se lascerà qualche memoria ai posteri? … Ma che perdo io tante parole in questo, poi che hoggi non è chi non sappia la gran mutatione che fè tutto il corpo et la facciata della città, quando il medesimo viceré per abbellirla et nobilitarla maggiormante fè ridrizzare, abbassare et allargare in molti luoghi le strade et gettare tanti portichi, palchi et scale, et talvolta le case istesse per terra. Chi veduta prima l'havesse, non l'havrebbe, ritornando poi a vederla, quasi riconosciuta; ma l'havrebbe ben senza alcun dubbio giudicata e più bella e più ordinata che prima* (Tarcagnota, 1566; Strazzullo, 1995). Sia nell'una che nell'altra descrizione appare una città ormai compiuta riguardo l'assetto urbanistico voluto dal Toledo. Il disegnatore Theti, che dobbiamo ritenere operante su di un rilievo eseguito su committenza delle autorità spagnole[5], realizza un ritratto di città

resa moderna dalle trasformazioni volute dal viceré, ma in grado di mostrare ancora memoria delle dimensioni più raccolte della città angioina e aragonese, la cui ariosità derivava dal limitato sviluppo demografico, dall'abbondanza degli spazi verdi e dalla non eccessiva altezza delle costruzioni civili. L'interesse di questa pianta è accresciuto dai molteplici particolari e indizi che ci mostrano negli alzati strutture non registrate neppure dal Lafréry oppure nel diradamento delle costruzioni in tutta l'area settentrionale e ancora nella connaturata regola di lasciare ampi spazi vuoti a ridosso delle nuove mura cinquecentesche[6], quanto bastò per essere documentato, perché molto presto i napoletani cominciarono a costruire fuori le mura. Le difese della città dovettero apparire però inadeguate già nei primi anni del XVI secolo se Ferdinando il Cattolico ordinò a Consalvo di Cordova, primo viceré, di completare l'ammodernamento delle mura e se già nel 1505 si diede inizio ai lavori per la creazione della cinta bastionata del Castel Nuovo che ci appare ormai completata in un disegno di Francisco de Hollanda (Di Mauro, 1990).

Nella *Verissimam Effigiem*, le opere di fortificazione così ben delineate sono soprattutto la testimonianza della potenza della città e delle attitudini del principe nel difenderla, ma anche l'affermazione dell'assolutismo a spese del baronaggio e delle municipalità[7]. Il dibattito sulle funzioni delle fortezze si estende, dunque, a quello sui doveri reciproci che presiedevano ai rapporti tra principi e sudditi, come si evince sia nella trattatistica militare che in quella politica. In queste polemiche emergono spesso le immagini del buon governo, la bontà dei sudditi, la potestà assoluta del principe, il dovere di consiglio, le costituzioni cittadine o le virtù del principe cristiano, facendo sì che la fortezza "alla moderna" e il bastione diventino immagini dell'esercizio della sovranità. Allo stesso tempo, le fortezze sono ancora l'espressione di una realtà sociale dominata dagli interessi e dai valori della nobiltà, di famiglia, di casato, che hanno nel regno di Napoli un ambito privilegiato per l'analisi storica. Al di là della retorica "laus urbis", con la sua fusione di elementi naturali e architettonici, la descrizione delle fortezze napoletane esprime la vita sociale, tecnica e politica condizionata dagli interessi delle famiglie, ma anche dalle necessità di difesa, del dominio della popolazione e del territorio nella più grande città e nel più importante possedimento italiano della monarchia spagnola. Nel momento in cui la carta si combina con i significati militari, dove la descrizione si mescola alla rappresentazione di un progetto, è l'ingegnere che si fa cartografo. L'ingegnere interviene nel *levare* la pianta delle mura, che coincide nella maggioranza dei casi con la forma della città. Esemplari in tale senso le rappresentazioni di Leonardo sulle difese della città di Imola volute da Cesare Borgia (Pedretti, 1988), o la realizzazione di una pianta commissionata al matematico Philippe Lebeau, nel 1607, per permettere la riparazione delle fortificazioni della città di Lione (Grisard, 1891). Data la sua specificità la pianta non ebbe fortuna editoriale, né un grosso circuito di mercato. Venne riproposta solo un trentennio più tardi, con piccoli ma significativi aggiornamenti



Fig. 3 – N. van Aelst, Napoli la gentile, Roma 1590 ca. (da De Seta, 1969).

nella *Napoli la gentile* dell'editore Nicola van Aelst, in fig. 3 (De Seta, 1969; Pane e Valerio, 1987).

Alcune considerazioni di ordine generale sulla cartografia urbana cinquecentesca vanno comunque rese esplicite. Questo periodo di intensa creatività carto-topografica ha suscitato delle analisi profondamente diverse. Alcuni, attraverso l'elaborazione di tipologie il più delle volte complesse, si sono sforzati di comprendere il processo di geometrizzazione dello spazio cartografico come unico indicatore di scientificità. Se la compiuta definizione geometrica si impone definitivamente nel XVII secolo appare, tuttavia evidente che un tale approccio non permette di valutare che in maniera approssimativa la cartografia della prima metà del Cinquecento, che vede il diffondersi della rappresentazione di piante di città a grande scala, à *vol d'oiseaux*.

Nel *corpus* numeroso di disegni della prima metà del Cinquecento, possiamo annoverare, ad esempio, la grande veduta a volo d'uccello di Amsterdam di Cornelis Antonizsoon (1544), la famosa planimetria totalmente geometrica di Vienna di Boniface Wohlmuet (1547) e poi di Augustin Hirschvogel (1552), la veduta di Strasburgo incisa su legno da un disegno di Conrad Morant (1548), la "Vera descrizione de la Gran Cita del Cairo", opera di Giovandomenico Zorzi pubblicata a Venezia da Matteo Pagan con un testo di Guillame Postel (1549), la veduta a volo d'uccello di Genova, incisa su rame da Anton van den Wyngaerde (1553), senza dimenticare le due piante di Parigi, edite negli anni 1552-1553: la pianta detta di Saint Victor, incisa su rame, e quella detta di Bâle, incisa su legno e pubblicata da Trouschet e Hoyau. Lo

Schultz ha brillantemente insistito sul termine "geografia morale" che sottintende la cartografia urbana del XVI secolo (Schultz, 1978). La novità risiede nel fatto che le virtù celebrative delle piante e delle vedute del XVI secolo poggiano ormai su una descrizione minuziosa del tessuto urbano, sui monumenti che rendono visibile il potere cittadino al fine di suggerire un'interpretazione fortemente simbolica della città, e non semplicemente sulla *forma urbis*. In questo periodo, non esisteva un canone unico e omogeneo per rappresentare una città.

Il ventaglio delle convenzioni possibili era straordinariamente aperto per chi avesse voluto commissionare la rappresentazione della sua città o che avesse intenzione di eseguirne una "immagine". E' sufficiente sfogliare i sei volumi della prima grande raccolta di piante e di vedute di città, la *Civitates Orbis Terrarum*, pubblicata a Colonia da Geog Braun, Simon Van der Novel e Franz Hogenberg dal 1572 al 1617. Questa impresa editoriale, che corona più di un secolo di lavoro sul terreno, non presenta alcuna uniformità delle immagini urbane. Una tale diversità ed eterogeneità di rappresentazione rinvia certamente alla varietà degli informatori e alle strategie politiche che sottintendevano questa produzione corografica, ma rispondeva anche alla molteplicità d'uso dell'immagine della città e al tipo di pubblicazione a cui era destinata. La concezione che la rappresentazione della città appartenesse più all'arte del pittore che a quella dell'ingegnere era fortemente testimoniata nella letteratura della prima metà del XVI secolo. Si parla più frequentemente di ritratto che di pianta di città. Così come nel cartiglio della Neapolis di Theti anche in quello della "plan de Bâle" di Parigi si parla di ritratto: *Icy est le vray pourtraiet naturel de la ville, cité, université & faubourgs de Paris* (Cousin, 1875). Quando Filippo II di Spagna vorrà riunire le principali vedute del suo regno, farà appello ad un pittore fiammingo, Anton van den Wyngaerde, che nel corso del 1560, dipingerà le vedute di più di cinquanta città della penisola iberica (Kagan, 1989; De Seta, 1996).

Bibliografia

Bellucci E., Valerio V. 1998. *Piante e vedute di Napoli dal 1486 al 1599. L'origine dell'iconografia urbana europea*. Napoli: Electa.

BNF. s.d. Bibliothèque nationale de France, Paris, donnèes numèrisèes Cde 2501832, Vb 116 fol.

Cousin J. 1875. Notice sur un plan de Paris du XVIe siècle nouvellement découvert à Bâle. In: *Mémoires de la Société de l'histoire de Paris et de l'Ile-de-France*, I, 44-57. Paris :

De Seta C. 1969. *Cartografia della città di Napoli*. Napoli: ESI.

De Seta C. 1996. L'iconografia urbana in Europa dal XV al XVIII secolo. In: *Città d'Europa Iconografia e vedutismo dal XV al XVII secolo* (a cura di De Seta C.). Napoli: Electa.

Di Mauro L. 1990. La "gran mutatione" di Napoli. Trasformazioni urbane e committenza pubblica 1465-1840. In: *All'ombra del Vesuvio. Napoli nella veduta europea dal Quattrocento all'Ottocento.* Napoli: Electa.

Fauser A. 1978. *Repertorium älterer Topographie: Druckgraphik von 1486 bis 1750*. Wiesbaden: Reichert.

Forlani P. 1567. *Il primo libro delle città, et fortezze principali del mondo*. Venezia.
Giannetti A. 1985. La strada dalla città al territorio: la riorganizzazione spaziale del Regno di Napoli nel Cinquecento. In: *Storia d'Italia, Annali 8, Insediamenti e territorio* (a cura di De Seta C.), 264-272. Torino: Einaudi.
Grisard J.J. 1891. *Notice sur le plans et vues de la ville de Lyon, de la fin du XVe au commencement du XVIIe siècle*. Lyon: Imprimérie Mougin-Rousard.
Kagan R.L. 1989. *Spanish cities of the Golden Age: the views of Anton van den Wingaerde*. Berkeley: University of California Press.
Leone A. 1514. *De Nola. Opusculum Distinctum Plenum Clarum, Doctum Pulcrum Verum Grave Varium et Utile*, I. Venezia: Rubri Vercelliani.
Manzi P. 1960. *Carlo Theti da Nola, ingegnere militare del sec. XV.* Roma: Istituto Storico e di Cultura dell'Arma del Genio.
Marin B. 1990. Le plan de Naples de Carlo Theti gravé par Sebastiano di Re en 1560, un nouveau document pour l'étude de la cartographie et de la topographie napolitaines. In *Mélanges de l'École Française de Rome. Italie et Méditerranée*, 102(1), 163-169, Rome: École Française de Rome.
Mollo G. 2001. Carlo Theti e la scienza della fortificazione nell'Europa del '500. In *Nola fuori di Nola. Itinerari italiani ed europei di alcuni nolani illustri* (a cura di Toscano T.R.), 57-90. Castellammare di Stabia: Ager Nolanus.
Mollo G. 2005. *Carlo Theti. I Discorsi di Fortificationi di un ingegnere militare del XVI secolo*. Tesi di Dottorato in Storia dell'architettura e della città, XVII Ciclo, Università degli Studi di Napoli Federico II.
Mollo G. 2008. Carlo Theti. I Discorsi delle fortificationi di un ingegnere militare del XVI secolo. In: *Storie e teorie dell'architettura dal Quattrocento al Novecento* (a cura di Buccaro A., Cantone G., Starace F.), 83-132. Pisa: Pacini Editore.
Mollo G. 2017. Strumenti di misura del Signor Carlo Theti "huomo di grandissima pratica circa l'operationi matematiche et di più esperienza in le fortificationi". *Proceedings of International Conference on Modern Age Fortification of the Mediterranean Coast, Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII centuries*, Universidad de Alicante 26-28 ottobre 20175, 151-157.
Pane G., Valerio V. *La città di Napoli tra vedutismo e cartografia. Piante e vedute dal XV al XIX secolo*, Napoli: Grimaldi & C.
Pedretti C. 1988. *Leonardo architetto*. Milano: Electa.
Pessolano M.R. 1988. Napoli nel Cinquecento. Le fortificazioni "alla moderna" e la città degli Spagnoli, in Restauro. Quaderni di restauro dei monumenti e dei centri antichi, XXVII, 146, 59-118.
Santoro L. 1980. Opere difensive nel viceregno. In: *Napoli nel '500 e la Toscana dei Medici*. Napoli: ESI.
Santoro L. 1984. *Le mura di Napoli*. Roma: Istituto Italiano dei Castelli.
Sartor M. 1989. *Anonimo Napoletano. Nuove inespugnabili forme diverse di fortificationi*. Padova: CLEUP.
Ruge W. 1911. Älteres kartographisches Material in deutschen Bibliotheken: Fünfter Bericht über die Jahre 1910-1913. Nachrichten von der Königl. Gesselschaft der Wissenschaften zu Göttingen Philologish-historische Klasse, 1-128.
Schulz J. 1978. Jacopo de' Barbari's view of venice. Map making, City views and Moralized cartography before the year 1500. *The Art Bulletin*, 60(3), 425-464.

Strazzullo F. 1995. *Edilizia e urbanistica a Napoli dal '500 al '700*. Napoli: Arte Tipografica.
Stroffolino D. 2006. Tecniche e metodi di rappresentazione della città dal XV al XVII secolo. In: *Iconografia delle città in Campania. Napoli e i centri della provincia* (a cura di De Seta C., Buccaro A.), 33-45. Napoli: Electa.
Tarcagnota G. 1566. Del sito et lodi della città di Napoli con una breve historia degli Re suoi e delle cose più degne altrove dei medesimi tempi avvenute. Napoli: Appresso Giovanni Maria Scotto.
Tommaso di Catania. 1780-1782. Cronache antiquissime. In: *Raccolta di croniche, diarji ed altri opuscoli così italiani, come latini appartenenti alla storia del Regno di Napoli* (a cura di A. Pelliccia), I, 44. Napoli: Bernardo Perger.
Verde P.C. 2006. I modelli 'unici' dell'iconografia di Napoli vicereale e la veduta di Alessandro Baratta del 1627. In: *Iconografia delle città in Campania. Napoli e i centri della provincia* (a cura di De Seta C., Buccaro A.), 47-69. Napoli: Electa.

Note

1. Negli ultimi anni la produzione scientifica relativa alla figura dell'ingegnere Carlo Theti si è notevolmente ampliata; segnalo qui i principali contributi cui fare riferimento anche in relazione alla bibliografia: Manzi, 1960; Mollo, 2001; Mollo 2005; Verde, 2006; Mollo, 2008; Mollo, 2017.
   Carlo Theti (Nola 1529 (?)-Padova 1589). Biografi e scrittori di cose militari si confondono sul cognome, poiché usano indifferentemente Teti, Theti, Tetti, Tethi indotti in ciò, forse, dall'ingegnere medesimo che, nell'edizione dei *Discorsi delle Fortificationi* edita a Venezia nel 1575 per i tipi di Bolognino Zaltiero, usa la forma Tetti come nella veduta napoletana. Il Manzi fra tante e discordi versioni fornisce quella secondo la quale il Nostro sarebbe nato nella cittadina campana di Nola; citando Ambrogio Leone riferisce della presenza nel quartiere Cortefellano di una famiglia che "numerantur Thetii" (Manzi, 1960; Leone, 1514). Nel testo dell'epigrafe, incisa sul monumento erettogli alla sua morte a Padova, è tuttavia denominato "patricio neapolitano"; così pure nei documenti dell'Archivio di Stato di Venezia, in una espressione usata dall'ambasciatore *L'imperatore mostra assai alla prima opinion, mosso dalle ragioni di Carlo Tetti napolitano, suo inzegniero".* Amico di Pompeo e Prospero Colonna si reca con quest'ultimo a Vienna, svolgendo l'attività di ingegnere militare fino al 1576. Tornato in Italia soggiorna a Padova presso il bibliofilo Gian Vincenzo Pinelli e offre i suoi servizi a Carlo Emanuele di Savoia, Alfonso d'Este e Francesco de' Medici.
2. La veduta è stata incisa su rame e misura 410 x 545 millimetri. Il titolo è posto in un cartiglio, in alto a sinistra "NEAPOLIS URBS AD VERISSIMAM EFFIGIEM", in cui è riportato anche il luogo e la data di edizione della pianta "*Romae. M.D.L.X.* ", il nome del disegnatore "*Carolus Tettius Neap. pingebat*" e il nome dell'incisore e dell'editore. Il calcografo è Sebastiano di Re "*Sebastianus a Regibus Clodiensis in aere incidebat",* che opera a Roma come incisore di carte tra il 1557 ed il 1563 quando incide, per Michele Tramezzino, la carta del Friuli di Pirro Ligorio. L'editore è Pietro di Alessandro "PETRI ALEXANDREI AENEIS FORMIS NUPER EXPRESSA", proprietario della lastra di rame; senza dubbio un editore minore, poiché non si conoscono altre incisioni immesse sul mercato con il suo nome. Il disegno è conservato presso il gabinetto delle stampe della biblioteca nazionale di Parigi, (Vb 116 fol., microfilm p.61072). Un altro esemplare della pianta del Theti é segnalato da W. Ruge nel suo inventario di carte antiche presso la Stu-

dienbibliotek di Dillingen, in un *Atlas Lafréry* contenente 131 piante edite tra il 1552 e il 1578 (Ruge, 1911; Fauser, 1978). Recentemente un altro esemplare della pianta di Napoli è stato reperito nella Biblioteca Nazionale di Madrid (Inv. M.21v.) (Pessolano, 1988).

3. Oltre alle mura, il tutto trova conforto nel formalizzarsi del progetto urbano toledano. Lo strumento di tutto questo "addrizzare", pavimentare, abbattere, ripulire, è la strada e in particolare quella rettilinea, l'unica in grado di incidere nel tessuto medievale, dentro e fuori le mura, modificandolo in base alle concrete esigenze di una società più complessa e articolata, quale quella cinquecentesca, ma anche simbolicamente segno di rottura. La Strada Reale (via Toledo), secondo la Giannetti (1985), è prova evidente dell'istaurarsi dell'assetto territoriale perseguito dal viceré: ampio e rettilineo l'intero tracciato è esterno alla città antica e ai suoi luoghi; la sua qualità pubblica chiara e distinta; la funzione di controllo evidente, dividendo il preesistente e unendo i luoghi della presenza vicereale, svincolandoli rispetto alla viabilità precedente. Se consideriamo i luoghi dello scontro fisico tra spagnoli e napoletani in occasione della ribellione per l'introduzione dell'Inquisizione il discorso è ancora più chiaro: le lotte sono concentrate sulla frontiera posta al margine occidentale del centro antico e la linea di costa. La nuova strada di via Toledo va inserirsi in tale linea di frontiera, passando tangente al nucleo compatto degli insediamenti orientali (Giannetti, 1985).
4. Tra le prime piante che ricorrono ad una legenda si segnala anche quella di Parigi del 1567, pubblicata a Venezia da Paolo Forlani. L'editore sottolinea la stranezza di questa pratica nel titolo: *Il vero disegno et ritrato della Città di Parigi sedia regale della Francia; Postovi li numeri di soto incontrati con li nomi de luoghi più importanti per maggiore inteligentia de studiosi* (Forlani, 1567).
5. Nulla vieta che il giovane Theti, per le sue particolari doti fosse occupato o collaborasse come disegnatore presso l'ufficio di un tavolario o di un valente "capitano d'arme". Una ipotesi che mi pare di potere avanzare se pensiamo alla descrizione della città fatta nel *Discorso dottissimo del magnifico Ms.Pierro Antonio de' Lechtiero cittadino , et Tabulario Napolitano circa l'antica pianta et ampliatone della Città di Nap. Et de l'itinerario del acqua* (relazione di Pietrantonio Lettieri ricavata dal manoscritto del Bolvito, *Volumen, Variarum Rerum*, conservato alla Biblioteca Nazionale di Napoli, Fondo S.Martino, n.442, vol.II, f.71). Nei primi decenni del XVI secolo si conferiva l'Ufficio di Tavolario solo ad uomini di legge e ai notai. Il loro compito era quello di descrivere e misurare fondi urbani o rustici, apprezzare beni burgensatici o feudali, prelevare la pianta di strade, palazzi e case e farne relazione. Al tempo del viceré Pietro di Toledo, in seguito all'espansione urbana, il collegio dei Tavolari fu elevato a cinque membri, tre titolari e due assistenti (Strazzullo, 1995).
6. à dì 10 gennaro se incomenzarono a fare lle mura nove de Nap(ole), quale incomenzano de la porta de S.gennaro et vanno a lo Castello de S. Ermano et scendeno in sino a la porta de Toledo. (Tommaso di Catania, 1780-1782). Le mura vicereali presentavano un susseguirsi di baluardi con le interposte cortine, adeguandosi al preesistente impianto planoaltimetrico della città. Ferrante Maglione (Ferdinando Manlio) e Giambattista Benincasa vengono indicati come collaboratori del Viceré nella realizzazione del programma di ampliamento e di fortificazione della città, ma non abbiamo alcun elemento che provi il loro diretto intervento sull'opera bastionata. Del primo sappiamo che a lui sono dovuti i lavori di trasformazione di Castelcapuano per ospitare uffici giudiziari, mentre per l'altro *era un capomastro muratore, un imprenditore di fabbriche più che un architetto; per quanto*

in quel tempo le due mansioni non erano sempre decisamente distinte. Alle volte la lunga pratica sostituiva la mancanza di studi speciali, e i buoni esemplari che si offrivano da ogni parte allo sguardo degli artefici formavano il loro gusto meglio che non possano fare i precetti scolastici. Molto probabilmente fu proprio nell'opera difensiva napoletana che si realizzò quella collaborazione che portò i "capitani d'arme" a operare a stretto contatto con i "maestri di muro", e tale fatto è provato da un documento che indica in Gian Giacomo dell'Acaja "disegnatore della fortificazione" napoletana (Santoro, 1980).

7. L'ammirazione per le grandi fabbriche militari come manifestazione del potere reale si estendeva all'intero regno, diventato un grande bastione contro i continui attacchi turchi e barbareschi, come sottolineava l'anonimo autore di un trattato di fortificazioni verso la metà degli anni cinquanta, all'inizio del regno di Filippo II: *Chi mai resisteria alle grosse armate di nimici di Cristo che quasi ogni anno invadeno la Italia, et precipue il bel Regno di Napoli se non fussero le gagliarde fortezze di quella, et precipue la gran previdenza del Cattolico Re di Spagna?* (Sartor, 1989).

Massimo Corradi

Tra utopia e realtà: visioni e pre-visioni nelle Machinae Novae di Fausto Veranzio. Parte prima: un "ingegnere" del Rinascimento

Abstract
Fausto Veranzio (Faust Vrančić, 1551–1617) humanist, philosopher and Dalmatian historian, known for its *Dictionarium Quinque Nobilissimarum Europae linguarum, Latinae, Italicae, Germanicae, Dalmaticae et Ungaricae* (Veranzio 1595) and *Logica Nova* (Veranzio, 1616) was, curiously, a forerunner of the Machine revolution, that will own the revolution of science and technical progress during the Industrial Revolution. Trained at the University of Padua also in mathematics, lover of science and the progress of mechanics and engineering, he publishes in 1616 a "visionary" treaty, where instead his visions will translate in actually built. His treatise on *Machinae Novae* (Veranzio, 1616) is anticipating scientific and technological advances that will find fertile ground in the eighteenth and nineteenth centuries.

Introduzione
Dopo la caduta dell'Impero romano d'Occidente, nel 476 d.C., l'Europa occidentale entra in un "sonno" scientifico interrompendo, di fatto, lo sviluppo delle scienze e delle tecniche. Viceversa, la nascita dell'Islam nel VII secolo d.C. apre la strada a un nuovo progredire delle scienze astronomiche, matematiche e meccaniche, tanto che il periodo storico che va dall'VIII al XIII sec. d.C. circa, è definito, a ragione, l'età d'oro delle scienze islamiche. In questi secoli gli studiosi mediorientali avviano un'opera di grande spessore culturale traducendo in lingua araba i testi scientifici e filosofici di studiosi greci come Archita di Taranto (428–360 a.C.), Eudosso di Cnido (408–355 a.C.), Aristotele (384-83–322 a.C.), Archimede (287–212 a.C.), Ctesibio (285–222 a.C.), Filone di Bisanzio (280–220 a.C.), Erone di Alessandria (I sec. d.C.) e molti altri ancora, riportando in auge testi spesso dimenticati o poco noti e avviando di fatto una ripresa e un rinnovamento delle conoscenze scientifiche.

In un arco di tempo relativamente breve le scienze teoriche e applicate si sviluppano grazie alla lungimiranza di Abū Jaʿfar ʿAbd Allāh al-Maʾmūn (786–833), califfo abbaside di Baghdad, che fonda uno tra i più importanti centri di studi che la storia umana abbia mai conosciuto, noto col nome di Bayt al-Ḥikma (ovvero "la Casa della Sapienza"). In questa casa della conoscenza operano studiosi come al-Khwārizmī (780–c. 850), al-Kindī (801–873), Ḥunayn b. Isḥāq (704–c. 761), Thābit

b. Qurrā (830–901), al-Rāzī (865–925) e, in particolare, i fratelli Banu Masu (IX sec. d.C.), inventori di centinaia di congegni meccanici. Assieme a meccanici e sperimentatori lavorano scienziati come Abū ʿAlī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haytham (c. 965–c. 1040), Abū al-Rayḥān Muḥammad ibn Aḥmad al-Bīrūnī (973–1048), Ibn al-Shāṭir (1305–1375) ma soprattutto Abū al-ʿIz Ibn Ismāʿīl ibn al-Razāz al-Jazarī (1136–1206), studioso che darà un grande impulso alla divulgazione delle conoscenze matematiche e delle arti meccaniche.

Questi studiosi sviluppano l'astronomia, la fisica (ottica), le matematiche (algbra e geometria), l'idraulica e soprattutto le macchine. Donald Routledge Hill (1922–1994) sottolinea, nel saggio di introduzione all'opera dello scienziato arabo al-Jazarī (al-Jazarī, 1974; Routledge Hill, 1991), che queste macchine potevano *funzionare per lunghi periodi – ore, giorni o anche di più - senza l'intervento umano*. Era, di fatto, una riscoperta della meccanica antica ma perfezionata con le nuove conoscenze soprattutto nel campo dell'idraulica, disciplina che nel frattempo gli scienziati arabi e persiani soprattutto (Ferriello, 2007) avevano sviluppato con grande successo. Le macchine che utilizzavano l'acqua per il loro funzionamento, di cui alcuni esempi sono in fig. 1, si servivano di automatismi utili per aprire e chiudere valvole di immissione dell'acqua o per variare la direzione del suo flusso e, come scrive Routledge Hill, utilizzavano anche sistemi per il controllo di questi meccanismi, ovvero di primordiali *dispositivi ausiliari di sicurezza.*

Nel IX secolo d.C. i fratelli Banū Mūsā, o *figli di Musa* (Abū Jaʿfar Muḥammad ibn Mūsā ibn Shākir, Aḥmad ibn Mūsā ibn Shākir e al-Ḥasan ibn Mūsā ibn Shākir) inventano fontane in grado di variare la direzione del flusso dell'acqua secondo intervalli di tempo predefiniti, orologi meccanici, contenitori che versano bevande e



a) *b)* *c)* *d)*

Fig. 1 – Alcuni meccanismi: a) orologio elefante di al-Jazarī; b): orologio candela di al-Jazarī; c): flauto perpetuo con motore idraulico di al-Jazarī; d): pompa di al-Jazarī. (da al-Jazarī, 1974).

si riempiono in modo automatico, utilizzando sistemi meccanici che utilizzano galleggianti, valvole e sifoni; inoltre, costruiscono (Routledge Hill, 1979), come scrive Jim al-Khalili automi a grandezza naturale, come ad esempio la cosidetta *ragazza del tè*, automa in grado di servire effettivamente il tè, e il suonatore di flauto, altro automa che a pieno titolo può essere considerato *verosimilmente il primo esempio di macchina programmabile* (al-Khalili, 2013). Nel 1206 al-Jazarī completa il suo trattato *Compendio sulla teoria e sulla pratica delle arti meccaniche*[1] (al-Hassan, 1979), dove illustra macchine e dispositivi per il sollevamento e la distribuzione dell'acqua, orologi ad acqua e a candela, automi musicali e una pompa idraulica in grado di convertire il moto rotatorio di una ruota idraulica nel movimento orizzontale di un pistone, e pompare così acqua in pressione, tre secoli prima rispetto a meccanismi simili comparsi in Occidente (Nadarajan, 2007).

La meccanica medievale e la rivoluzione delle macchine

Nel mondo occidentale si assiste invece a una profonda discrasia tra meccanica teorica e meccanica applicata, come peraltro era sempre avvenuto nel mondo greco dove *Questa arte tanto amata della meccanica* era considerata un'arte dove si impiegavano *oggetti che si addicevano solamente ai comuni e rozzi operai*[2].

L'applicazione delle macchine semplici come la leva, il piano inclinato, il cuneo e la vite da parte di importanti studiosi tra questi Giordano Nemorario (secolo XIII), o la genesi dell'occamismo scientifico da parte di Guglielmo di Occam (1300–1350), l'*impetus* di Buridano (ca. 1300–1358) e ancora lo sviluppo della geometria da parte di Alberto di Sassonia (1193–1280) e Nicola d'Oresme (secolo XIV), discepolo di Buridano, aprono la strada nei secoli XIII e XIV agli importanti contributi dati da Leonardo da Vinci (1451–1519) e dagli ingegneri del Rinascimento agli sviluppi della meccanica e delle macchine (Gille 1980; Galluzzi 1996).

Nondimeno, entrano nella tenzone scientifica anche architetti e trattatisti dell'architettura come ad esempio Leon Battista Alberti (1404–1472), Francesco di Giorgio Martini (1439–1501)[3], Sebastiano Serlio (1475–1554 c.), Jacopo Barozzi da Vignola (1507–1573) (Corradi e Filemio, 2005), e così via. Si assiste così, grazie anche a una lenta conquista e acquisizione dei principi della meccanica attraverso l'uso di semplici strumenti intuitivi come le macchine semplici (Duhem 1902; Duhem, 1903; Clagett, 1972) e lo sviluppo di oggetti meccanici che porteranno prima Simon Stevin (1548–1620) e successivamente Salomon de Caus (1576–1630), a introdurre i concetti di equilibrio e lavoro che saranno strumenti indispensabili per avviare il grande sviluppo della meccanica seicentesca di Marin Mersenne (1588–1648), Gilles Personne de Roberval (1602–1675), Pierre Varignon (1654–1722) e Christian Huygens (1629–1697) e ad avviare così la rivoluzione scientifica dei secoli XVII e XVIII che porterà all'introduzione dei nuovi strumenti matematici del calcolo integrale e differenziale nella meccanica moderna (Corradi 2002; 2003).

Gli ingegneri del Rinascimento

Il Rinascimento è dunque il momento di massimo splendore dell'*invenzione* delle macchine: marchingegni fantasiosi per la guerra, per sollevare l'acqua, per costruire mulini, per costruire ponti necessari per attraversare fiumi, per navigare sui mari e sotto il mare, anche se, come scrive Paolo Galluzzi, *il 'rinascimento delle macchine', [è] sovrastato e oscurato da quello delle lettere e delle arti* (Galluzzi, 2001). Verso la metà del Trecento compaiono, infatti, i primi testi manoscritti di carattere strettamente tecnico, la cui peculiarità è l'illustrazione. Guido da Vigevano (c. 1280–c. 1349) compila il suo *Texaurus regis Francie* in cui raffigura oggetti tecnologici e dispositivi ingegnosi che aprono uno spiraglio sulla meccanica medievale[4] (Ostuni, 1993) e Konrad Kyeser (1366–m. dopo il 1405) illustra nel *Bellifortis* (circa 1405) dispositivi bellici a uso dei potenti sovrani ai quali prestò la sua collaborazione (White, 1969).

Con un linguaggio e uno stile letterario di alto livello, con riferimenti e citazioni di autori classici e moderni, questi studiosi illustrano dispositivi meccanici, soprattutto bellici, ma presentano anche macchine utili per risolvere i problemi quotidiani della manifattura che servono per il benessere delle popolazioni in tempo di pace: mulini, argani, sistemi per sollevare l'acqua, e così via.

Nell'arco di poco più di due secoli Filippo Brunelleschi (1377–1446), Mariano di Iacopo detto il Taccola (1381–1453), Roberto Valturio (1405–1475), Francesco di Giorgio Martini, Agostino Ramelli (1531–1608), Giovanni Fontana (1540–1614), Fausto Veranzio (1551–1617), Vittorio Zonca (1568 –1602) e Giovanni Branca (1571 –1645), per citare i più noti, avviano una rivoluzione tecnico-scientifica che si tradurrà da un lato nello sviluppo della meccanica e in particolare della meccanica applicata alle macchine e alle costruzioni, e dall'altro, quasi in antitesi, nell'invenzione di macchine fantasiose archetipi di quella rivoluzione meccanica moderna, che è caratterizzata dall'uso generalizzato di macchine azionate dall'energia meccanica, grazie alla scoperta di nuove fonti energetiche come i combustibili fossili, figlia della Rivoluzione industriale dalla seconda metà del '700 (Ashton 1948). Si tratta di un insieme di anticipazioni di macchine e meccanismi, un secolo prima delle importanti proposte innovative di Leonardo da Vinci (1452–1519), che avviano una rivoluzione scientifica delle macchine che vedrà nello studioso vinciano e nei suoi manoscritti il massimo splendore, andando oltre la meccanica in senso stretto del termine e attraversando anche l'architettura e la scienza e la tecnica del costruire in senso lato. Ancora Galluzzi sottolinea come *Leonardo non appare più come un profeta visionario e inascoltato, ma viceversa come l'uomo che più eloquentemente ha saputo dar voce e visibilità grafica alle utopiche aspettative circa le possibilità delle tecniche entusiasticamente condivise da molti artisti-ingegneri del Quattrocento* (Galluzzi, 2001).

Brunelleschi, Taccola, Valturio, Francesco di Giorgio Martini, Ramelli, Fontana, Veranzio, Zonca, Branca sono artisti-architetti-ingegneri, uomini di scienze e di lettere nella vera accezione del termine rinascimentale, in grado di affrontare e disqui-

sire di temi artistici e scientifici allo stesso tempo (Fontana, 1984; Martini, 1475-78, 1841; Taccola, 1969, 1971, 1984a, 1984b). La torre da assedio e la nave da guerra di Valturio, in fig. 2., sono un esempio di *ingegneria artistica* dove la macchina si fonda nella rappresentazione iconografica di un sogno onirico che anticipa le macchine da guerra dei secoli a venire.

Leonardo è allo stesso tempo, allora, non solo un profeta visionario della rivoluzione tecnologica dei secoli successivi, ma lo snodo fondamentale tra una visione utopica delle possibilità tecniche già annunciate dagli artisti-architetti-ingegneri del Quattrocento; le sue invenzioni sono una trasmigrazione di idee fantasiose e rivoluzionarie nel campo della meccanica, dell'ingegneria e dell'architettura che vedrà in personaggi come Filarete (Antonio Averulino o Averlino; c. 1400–1469), Aristotele Fioravanti (1415–c. 1486), Francesco di Giorgio Martini, Fra' Giocondo (Giovanni Monsignori, o Ognibene, detto fra Giocondo; c. 1433–1515), Giuliano da Sangallo (1445–1516), Georgius o Gregorio Agricola (1494–1555), lo stesso Leonardo e tanti altri gli anticipatori-promotori di un Rinascimento delle macchine (Galluzzi, 1991), vera espressione della rivoluzione tecnico-scientifica dell'Illuminismo e dell'Ottocento. La loro progettualità spazia dall'architettura dei palazzi e delle fortezze alla costruzione di ponti, canali navigabili e dighe, all'invenzione di un nuovo modo di costruire fortificazioni e strumenti bellici, alla progettazione e costruzione di acquedotti e ancora di macchine e dispositivi per migliorare il lavoro e portare nuove tecnologie nei diversi campi delle manifatture, delle cave e delle miniere e di macchine per arricchire la suggestione e l'immaginazione di spettacoli teatrali e delle feste di corte mediante strumenti che producono effetti speciali che colpiscono l'attenzione degli spetta-

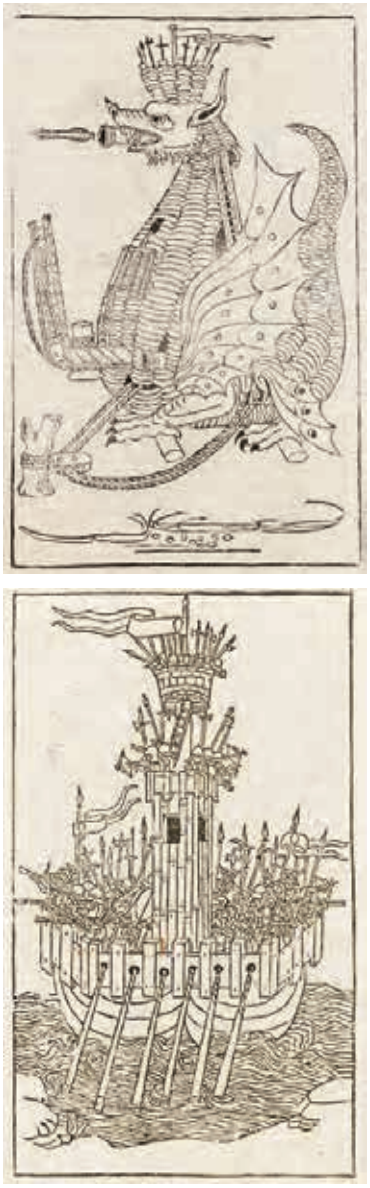


Fig. 2 – Invenzioni: a) machina secondo li populi de Arabia de combatter citade grade et piena de Homeni de ponti de scale de varii instrumenti bellici; b) nave da guerra (da Valturio, 1483).

tori. Si assiste così a una diffusione della cultura delle macchine che, attraverso gli scritti di questi studiosi a tutto tondo, si diffonde negli ambienti colti delle corti e dei *savants* attraverso i trattati di questi studiosi (la cui ampia diffusione è testimoniata dalle numerose copie manoscritte conservate nelle più prestigiose biblioteche del mondo) che, seppure molte volte incompleti nella forma e nei contenuti, raccolgono numerosi *Quesiti et inventioni diverse*, per citare Niccolò Tartaglia (1499 c.–1557). Tartaglia, matematico di fine ingegno, né *La Nova Scientia* (Tartaglia, 1558) e nei *Quesiti et inventioni diverse* (Tartaglia, 1546), sviluppa quelle scienze matematiche (aritmetica, geometria, algebra, statica, topografia, artiglieria, balistica, fortificazioni, ecc.) che sono alla base della rivoluzione delle macchine del Rinascimento.

La riproposizione delle macchine (*machinatio*) del *De architectura* di Marco Vitruvio Pollione (80 a.C. ca.–dopo il 15 a.C. ca.), nelle illustrazioni allegate alle prime edizioni Rinascimentali dell'opera, rappresenta altrimenti l'*incipit* alla edizione dei trattati degli artisti-architetti-ingegneri del Rinascimento; l'apparato di immagini straordinariamente ricco e suggestivo nelle forme espressive diventa allora corollario necessario e sufficiente per la descrizione delle nuove macchine. Non è più sufficiente la sola descrizione testuale dell'oggetto o dell'invenzione, ma diventa corollario indispensabile l'illustrazione (si vedano ad esempio le macchine proposte da Valturio di fig. 2) che declina l'idea progettuale fino nei minimi particolari, dove la descrizione scritta non riesce a raccontare e a rendere comprensibili i minuti dettagli, i particolari e le innovazioni delle quali non si ha ancora consapevolezza scientifica e tecnica.

Ecco allora che gli artisti-architetti-ingegneri sono così in grado di affrontare, raccontare, illustrare e spiegare con competenza e con adeguato discernimento e capacità espressiva i temi dell'architettura, dell'ingegneria e delle macchine. A questo proposito Francesco di Giorgio Martini sottolinea come coloro che scrivevano trattati di architettura e di macchine senza peraltro possedere i fondamenti del disegno sono poveri nei contenuti e come Leonardo da Vinci rivendichi con orgoglio la sua natura di *omo sanza lettere*. Infatti, questi artisti-architetti-ingegneri sono consapevoli dell'enorme potenzialità illustrativa, interpretativa e divulgativa del disegno, del quale fanno un uso maturo e consapevole con l'intento di integrare e arricchire il contenuto dei loro scritti. Il disegno diventa allora segno che annuncia, espone, racconta un'idea, un progetto, una visione che diventa pre-visione di un futuro prossimo che dal mondo dell'immaginifico trascende in un oggetto reale, palpabile, costruito.

Il disegno e la competenza geometrica diventano allora strumento che mostra la capacità di osservazione, la progettualità e la maestria meccanica in grado di interpretare i misteri della Natura e dell'ingegno umano. La filosofia della natura diventa allora scienza e tecnica allo stesso tempo e il disegno diventa lo strumento della sua declinazione nelle distinte e diverse forme dell'inventiva dell'uomo.

Fausto Veranzio: visioni e pre-visioni nelle Machinae Novae

Fausto Veranzio (Faust Vrančić, 1551–1617) umanista, filosofo e storico dalmata, si colloca, senza alcun dubbio, tra gli anticipatori di quella rivoluzione delle macchine, in senso strettamente meccanico-costruttivo seppure utopico e idealista, che sarà propria dei progressi della scienza e delle tecniche durante la grande epoca della Rivoluzione industriale. Formatosi all'Università di Padova anche nelle matematiche, amante delle scienze e dei progressi della meccanica e dell'ingegneria, pubblica nel 1616 un trattato visionario sulle *Machinae Novae* (Veranzio, 1595, 1617) che è anticipatore dei progressi scientifici e tecnologici che troveranno terreno fertile nel Settecento e nell'Ottocento[5]. Nonostante la straordinaria qualità di questo libro, l'Autore provvide a proprie spese alla stampa, senza l'aiuto di un editore, e a causa della mancanza di fondi dovette tuttavia interromperne la diffusione, ed è per questo che questo trattato si caratterizza per la sua rarità editoriale.

Il trattato sulle *Nuove Macchine* è stato quello che più ha contribuito alla popolarità di Veranzio come scienziato enciclopedico. Il trattato presenta numerose innovazioni tecnologiche (49 incisioni che descrivono 56 diverse macchine, dispositivi e progetti tecnologici), tra le quali si citano veicoli con sospensioni a balestra, diversi tipi di mulini a vento (un mulino a vento ha un rotore orizzontale con lame come quelle che si vedono oggi nelle turbine) e macchine agricole per la falciatura, la trebbiatura e la pulizia del grano, un archetipo di volano, molle elastiche piane a modo di sospensioni, mole e macchine per la stampa, meridiane e orologi, teleferiche. L'*Homo Volans* è il precursore del paracadute, anche se Leonardo da Vinci lo ha disegnato e descritto nel Codice Atlantico; Veranzio è stato il primo a pubblicare la sua invenzione, leggermente diversa da quella di Leonardo (Škoberne, 1957), e funzionante come testimoniato dall'esperimento effettuato nel 1617 saltando dal campanile di S. Marco a Venezia (Rathbone, 1943). E poi, ancora, varie tipologie di ponti sospesi, sistemi di dragaggio, macchine per la compensazione delle maree - egli ha anche affrontato il problema della alimentazione di Venezia per mezzo dei pozzi - e ha realizzato progetti per la regolazione dei fiumi, un'imbarcazione portatile in grado di navigare contro corrente, e così via. Il trattato è ricco di illustrazioni, completate da una descrizione addirittura in cinque lingue: italiano, latino, tedesco, spagnolo e francese (Da Pozzo 2006). Non si tratta di invenzioni e forse neanche di idee innovative, probabilmente sintesi delle sue conoscenze nelle arti meccaniche applicate e nelle costruzioni, ma il carattere peculiare che si vuole sottolineare è come



Fig. 3 – Fausto Veranzio (Faustus Verantius or Faust Vrančić) (1605) [Šibenik, Gradski muzej][6].

l'opera di Veranzio mostra che il disegno non è solo illustrazione immaginifica di una macchina o di un'opera di ingegneria, è invece un segno anticipatore di una tecnologia raffinata che sarà sviluppata nei secoli successivi. I ponti sospesi immaginati e disegnati da Veranzio sono, ad esempio, pre-cognitori di una ingegneria dei ponti che sarà declinata, con infinite sfaccettature di segno e disegno, con l'introduzione della ghisa, del ferro e dell'acciaio in Architettura, quasi due secoli dopo la pubblicazione del suo trattato. Si tratta allora di visioni e pre-visioni di un uomo del Rinascimento che anticipa, con le sue idee e i suoi progetti, il disegno di macchine e per quanto riguarda l'Architettura, il progetto dell'Architettura del ferro e in particolare dei ponti sospesi che vedrà la nascita, lo sviluppo e il suo massimo splendore a partire dalla Rivoluzione industriale del Settecento con l'impiego dei nuovi materiali dell'industria delle costruzioni.

Le nuove macchine di Veranzio fanno sicuramente riferimento alle *Machinae* progettate da architetti e ingegneri militari, come Andrea di Pietro Palladio (1508–1580), il già citato Agostino Ramelli, Domenico Fontana (1543–1607), Jacopo Strada (1507–1588), Giambattista della Porta (1535–1615), architetti-costruttori di opere di architettura e fortificazione, filosofi e umanisti volti anche alle scienze matematiche e alle discipline tecniche. La principale caratteristica che si nota nel testo di Veranzio è, tuttavia, la semplicità e la chiarezza delle sue idee e la presentazione delle soluzioni tecniche da lui proposte.

Nella Seconda parte di questa breve nota, tuttavia, non affronteremo l'intero corpus dell'opera di Veranzio ma accentreremo la nostra attenzione e ci soffermeremo su un aspetto singolare delle *Machinae Novae* quella riguardante i ponti, in quanto i suoi disegni sono archetipi della rivoluzione nella costruzione dei ponti che avverrà nel Settecento passando dai ponti in muratura ai ponti in ferro, dai ponti ad arco a quelli a travata, sospesi e strallati (Corradi, 2018).

Bibliografia

al-Hassan Ahmad Y. (a cura di). 1979. *A Compendium on the Theory and Practice of the Mechanical Arts*. Aleppo: Institute for the History of Arabic Science.

al-Jazarī. 1974. *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices: Kitáb fi ma'rifat al-hiyal al-handasiyya* (a cura di Routledge Hill D.). Dordrecht: D. Reidel.

al-Khalili J. 2013. *La casa della saggezza. L'epoca d'oro della scienza araba.* Torino: Bollati-Boringhieri.

Ashton T.S. 1948. *The Industrial Revolution (1760–1830)*. Oxford: Oxford University Press. (Traduzione italiana: *La rivoluzione industriale. 1760-1830*. Laterza: Bari, 1970).

Clagett M. 1972. *La scienza della meccanica nel medioevo*. Milano: Feltrinelli.

Corradi M. 2002. Meccanica e Ingegneria. In: *Storia della scienza* (a cura di Heilbron J.L., Hoskin M., Grattan-Guinness I., Duchesnau F.), vol. VI: L'età dei lumi, Parte IV: Matematica. Vol. VI, 479-495, Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

Corradi M. 2003. Tra "Philosophia naturalis" e "Resistentia solidorum". *Bollettino degli Ingegneri*, 10, 3-16.

Corradi M. 2018. *Le rapport entre Matière et Structures dans l’Architecture des XIXe et XXe siècles*. In corso di pubblicazione.

Corradi M., Filemio V. 2005. I fondamenti della Meccanica medievale e il «Trattato di Meccanica» nella Architettura di Jacopo Barozzi da Vignola. *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Cádiz, 27-29 enero 2005 (a cura di Huerta S.). Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz.

Da Pozzo G. 2006. *Storia letteraria d’Italia: il Cinquecento*. Padova: Piccin Nuova Libraria.

Duhem P.M.M. 1902. *L’évolution de la mécanique*. Paris: A. Joanin.

Duhem P.M.M. 1903. *Les origines de la statique*. Paris: A. Hermann.

Ferriello G. 2007. *L’estrazione delle acque nascoste trattato tecnico-scientifico di Karaji*. Torino: Kim Williams Books.

Fontana G. 1984. *Le macchine cifrate di Giovanni Fontana*. Con la riproduzione del Cod. Icon. 242 dalla Bayerische Staatsbibliothek di Monaco di Baviera e una sua descrizione e Cod. Lat. Nouv. Acq. 635 dalla Bibliothèque Nationale di Paris (a cura di Battisti E. e Saccaro Battisti G.). Milano: Arcadia.

Galluzzi P. (a cura di) 1991. *Prima di Leonardo. Cultura delle macchine a Siena nel Rinascimento*, catalogo della mostra, Siena 1991. Milano: Electa.

Galluzzi P. 1996. *Gli ingegneri del Rinascimento. Da Brunelleschi a Leonardo da Vinci.* Firenze: Giunti editore.

Galluzzi P. 2001. Il Rinascimento. Gli ingegneri del Rinascimento: dalla tecnica alla tecnologia. In: *Storia della scienza*, IV, III, XIX, 942-981. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

Gille B. 1980. *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*. Milano: Feltrinelli.

Martini F. ca. 1475-78. *Opusculum de architectura*. Disponibile a Londra, British Library (197.b.21).

Martini F. 1841. *Trattato di architettura civile e militare di Francesco di Giorgio Martini architetto senese del XV secolo*. Torino: Tipografia Chirio e Mina. Disponibile a Reggio Emilia, Biblioteca Panizzi (Mss. Regg. A 46/9 bis).

Nadarajan G. 2007. Islamic Automation: A Reading of al-Jazari’s. In: *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices.* Foundation for Science Technology and Civilisation, Publication ID: 803, 16.

Ostuni G. (a cura di). 1993. *Le macchine del re. Il Texaurus Regis Francie di Guido da Vigevano*. Vigevano: Diakronia Società Storica Vigevanese.

Ramelli A. 1588. *Le diverse et artificiose machine del capitano Agostino Ramelli ... : nelle quali si contengono varij et industriosi movimenti, degni di grandissima speculatione, per cavarne beneficio infinito in ogni sorte d’operatione: composte in lingua Italiana et Francese*. Parigi: Casa dell’autore.

Rathbone A.D. 1943. *He’s in the paratroops now*. New York: R.M. McBride & Company.

Routledge Hill D. 1979. *The book of ingenious devices. Kitāb al-ḥiyal by the Banū (sons of) Mūsā ibn Shākir* (traduzione e note di Routledge Hill D.). Dordrect: D. Reidel.

Routledge Hill D. 1991. History of Sciences in the Islamic World. *Scientific American*, maggio, 64-69.

Škoberne S. 1957. *Padobran kroz vjekove*. Zagreb: Tehnička knjiga.

Stevin S. 1586. *De Beghinselen Der Weeghconst*. Leyden: Christoffel Plantijn.

Taccola, Mariano di Iacopo detto il. 1969. *Liber tertius de ingeneis ac edifitiis non usitatis* (a cura di Beck J.H.). Milano: Il Polifilo.

Taccola, Mariano di Iacopo detto il. 1971. *De machinis. The engineering treatise of 1449* (a cura di Scaglia G., Wiesbaden U, Reichert L.). 2 vol. (v. I: testo; v. II: tavole).
Taccola, Mariano di Iacopo detto il. 1984a. *De ingeneis. Liber primus leonis, liber secundus draconis, ... and addenda (the notebook)* (a cura di Scaglia G., Prager F.D., Montag Wiesbaden U., Reichert L.). 2 vol. (I: text; II: facsimile).
Taccola Mariano di Iacopo detto il. 1984b. *De rebus militaribus (De machinis, 1449)*. Mit dem vollständigen Faksimile der Pariser Handschrift, hrsg. von Eberhard Knobloch. Baden-Baden: V. Koerner.
Tartaglia, Niccolo. 1546. *Quesiti et inventioni diverse*. Venezia: Boscarini.
Tartaglia N. 1558. *La nova scientia de Nicolo Tartaglia: con una gionta al terzo libro*. Venezia: Navò.
Valturio R. 1472. *De re militari*. Verona: Johannes Nicolai de Verona. Disponibile a Firenze, Biblioteca Medicea Laurenziana, Inc. 2.10.
Valturio R. 1483. *Opera de facti e praecepti militari*. Verona: Bonino de Boninis, 17 febbraio (prima traduzione in italiano a cura di Paolo Ramusio).
Valturio R. 1988. *Le macchine di Valturio nei documenti dell'archivio storico AMMA*, presentazione di Sergio Ricossa, contributi di Guido Amoretti et al. Torino: Allemandi.
Veranzio F. ca. 1595. *Machinae novae Favsti Verantii siceni. Cvm declaratione latina, italica, hispanica, gallica, et germanica*. Venetiis: Cvm privilegiis.
Veranzio F. 1616. *Machinae Novae Fausti Verantii siceni Cvm Declaratione Latina, Italica, Hispanica, Gallica Et Germanica.* Venetiis. Cum Privilegiis.
White L.Jr. 1969. Kyeser's "Bellifortis": The First Technological Treatise of the Fifteenth Century. Technology and Culture, 10, 436-441.

Note

1. Una copia manoscritta del trattato si trova nella Biblioteca Topkapi Sarayi di Istanbul, MS Ahmet III, 3472.
2. Cfr. Plutarco, *Vite parallele: Marcello*, 14 ,17,19.
3. *Trattato di architettura*, Manoscritto in *Codex Magliabechianus* M II.I.141, Bibl. Naz. Firenze, XVI sec.,
4. Bibliothèque nationale de France: cod. lat. 11015;
5. Il trattato *Machinae novae* pone alcuni problemi bibliografici, dal momento che non è datato e che le copie superstiti non sono identiche. L'opera si compone di un frontespizio, quarantanove tavole e cinque spiegazioni delle tavole nelle diverse lingue: latino, italiano, spagnolo, francese e tedesco. Ogni copia ha una diversa impaginazione e alcune copie non contengono le spiegazioni delle macchine in cinque lingue; si può supporre che il lavoro sia stato pubblicato solo una volta in quanto sembra che tutte le tavole discendono da un'unica matrice. Le date di pubblicazione del 1595, 1605, e del 1617 che compaiono in letteratura e in alcuni cataloghi delle biblioteche potrebbero essere errate perché la stampa del trattato è stata probabilmente completata nella prima metà del 1616 (o forse negli ultimi due mesi del 1615); infatti, nel mese di luglio 1616 diversi amici ringraziano Veranzio per l'invio del suo libro.
6. L'immagine è tratta da Faust Vrančić Machinae Novae Fausti Verantii siceni Cvm Declaratione Latina, Italica, Hispanica, Gallica et Germanica. Venetiis. Cum Privilegiis [1617]; copia digitale della Bayerische Staatsbibliothek, Digitale Bibliothek München; BSB-Katalog: 2 Math.a. 107.

Massimo Corradi

Tra utopia e realtà: visioni e pre-visioni nelle Machinae Novae di Fausto Veranzio. Parte seconda: i ponti di Fausto Veranzio

Abstract
The Veranzio design is not only imaginative illustration of a machine or a work of engineering, is rather precursor sign of a refined technology that will be developed in the following centuries. The suspension bridges imagined and designed by Veranzio are, for example, precognitori of an engineering that will be declined, with infinite facets of sign and design, with the introduction of cast iron, iron and steel in Architecture, almost two centuries after publication of his treatise. In this short note we will tell the traces, the visions and pre-visions of a Renaissance man who anticipates, with his ideas and his projects, the Iron architecture design and especially the suspension bridges.

Breve compendio storico sulla costruzione dei ponti sospesi
La costruzione dei ponti, associata allo studio della statica, ha affascinato Fausto Veranzio (1551 – 1617) tanto da consentirgli di anticipare il progetto dei moderni ponti a travata, sospesi e strallati, di ben oltre due secoli (Veranzio, 1595, 1617, 1968). Il manoscritto dello studioso dalmata mostra, indirettamente, l'approfondita conoscenza dell'opera di Simon Stevin (1548 – 1620) sulla statica (Stevin, 1586). Inoltre, Veranzio attraverso le illustrazioni del suo trattato mostra come sia stato in grado di compiere quel cammino che porterà lo sviluppo della costruzione dei ponti dalla tecnica dei ponti ad arco in muratura, a quelli a travata di legno e addirittura in bronzo, ai ponti lenticolari, fino alla costruzione di ponti sospesi e strallati in ferro, e in ultimo alla innovativa idea della teleferica mossa per mezzo di corde scorrevoli intorno a pulegge. Si tratta di anticipazioni di tecniche e di tecnologie costruttive moderne, figlie dei progressi della tecnica delle costruzioni, successivi alla prima Rivoluzione industriale (Ashton, 1948).

La costruzione dei ponti ha una storia antichissima che risale alle origini dell'architettura, ma quella dei ponti a travata, di quelli sospesi e dei ponti in ferro è invece molto più recente (Séjourné, 1913-1916, Mesqui, 1986, Marrey, 1995 Prade, 1986 e 1988). Infatti, i primi ponti a travata furono realizzati in legno, ad esempio il ponte

fatto costruire da Giulio Cesare (101 o 100 a.C. – 44 a.C.) sul Reno[1], e si svilupparono nel medioevo (Coppola, 1996), ma ebbero un grande successo nel Rinascimento grazie alle intuizioni di Andrea Palladio (1508 - 1580) e soprattutto nelle valli alpine grazie all'ingegno di due fratelli carpentieri svizzeri, Johannes (1707 - 1771) e Hans-Ulrich Grubenmann (1709 - 1783), che realizzarono arditi ponti di legno di notevole lunghezza[2]. Una bella raccolta di immagini dei ponti dei fratelli Grubenmann si trova nell'opera di John Soane (1753 - 1837) (Maggi e Navone, 2002).

Nell'antichità, invece, i ponti sospesi erano realizzati con strutture in cordami di fibre naturali, come corde di bamboo, salici intrecciati o pelli, e furono costruiti soprattutto in Estremo Oriente e in America latina. Il Chakzam Bridge fu uno dei primi ponti sospesi costruiti nel continente asiatico, a Yarlung Tsangpo, sul fiume Jagsamka, vicino Lhasa in Tibet. Questo ponte, costruito nel 1430 da Thangtong Gyalpo (1385 - 1464) e conosciuto anche come Chakzampa, detto anche *Iron Chain Maker*, con una lunghezza della campata centrale stimata intorno ai 137 metri, è, probabilmente, il primo ponte sospeso a catene di ferro costruito nel mondo. Non è però questa la sede per una trattazione dello sviluppo della storia dei ponti, e si rimanda alla letteratura specialistica per maggiori approfondimenti (Troyano, 2007).

In sintesi, lo sviluppo dei ponti, soprattutto di quelli sospesi, vede le prime applicazioni a partire dal XIX secolo negli Stati Uniti grazie, alle prime esperienze di James Finley (1756 – 1828), con la costruzione di un ponte sospeso con catene di sospensione che attraversa il fiume Jacobs in Pennsylvania, in fig. 1. In seguito, la costruzione dei ponti sospesi si sposta in Inghilterra (Sutherland, 1997) dove si costruisce l'Union Bridge (1819-20) sul fiume Tweed, in fig. 2, per opera di Samuel Brown (1776 – 1852), e poi il ponte sul fiume Menai (1819-26) su progetto di Thomas Telford (1757 – 1834), in fig. 3; e, ancora, in Francia per opera dei fratelli Camille (1793 - 1852), Jules (1796 - 1868), Paul (1797 - 1875), Charles (1798 - 1856) e Marc (1786 - 1875) Seguin, con l'introduzione di cavi di sospensione in sostituzione delle catene in ferro (Seguin, 1824), come ad esempio il ponte di Tournon (1825), in fig. 4. In Italia il ponte Ferdinandeo sul fiume Garigliano (1832), in fig. 5, progettato da Luigi Giura (1795 - 1864), è il primo ponte sospeso con catene forgiate (Lippi, 1817). L'importanza della costruzione dei ponti sospesi nella prima metà del XIX secolo è altresì testimoniata dalla ricerca commissionata a Claude Louis Marie Henri Navier (1785 – 1836) dal Governo francese per conoscere lo stato dell'arte della costruzione di ponti in Inghilterra (Navier, 1830).

Un importante innovatore fu John Augustus Roebling (1806 – 1869), che sviluppò sensibili miglioramenti per irrigidire l'impalcato dei ponti, sottoposti a forti azioni orizzontali a causa dell'azione del vento, e la realizzazione di cavi di sospensione in opera. Nel 1851 costruisce un ponte ferroviario sospeso sul fiume Niagara, ma il suo nome è legato alla costruzione del Ponte di Brooklyn (1883), sull'East River, che collega Manhattan a Brooklyn.



Fig. 1 – "View of the Chain Bridge invented by James Finley" anche noto come Chain Bridge at Falls of Schuylkill, Philadelphia, Pennsylvania (1808) (da Tanner, 1810). Il Jacob's Creek Bridge è stato il primo ponte sospeso a catene di ferro progettato e costruito da James Finley (lunghezza della campata 21 metri, larghezza dell'impalcato 3,81 metri).



Fig. 2 – The Union Bridge (1819-20) attraverso il fiume Tweed tra Horncliffe, Northumberland, England e Fishwick, Berwickshire, Scotland, costruito dal Capitano Samuel Brown. Questo ponte sospeso a catene di ferro ha una campata singola di 137 m di lunghezza (Drewry, 1832).

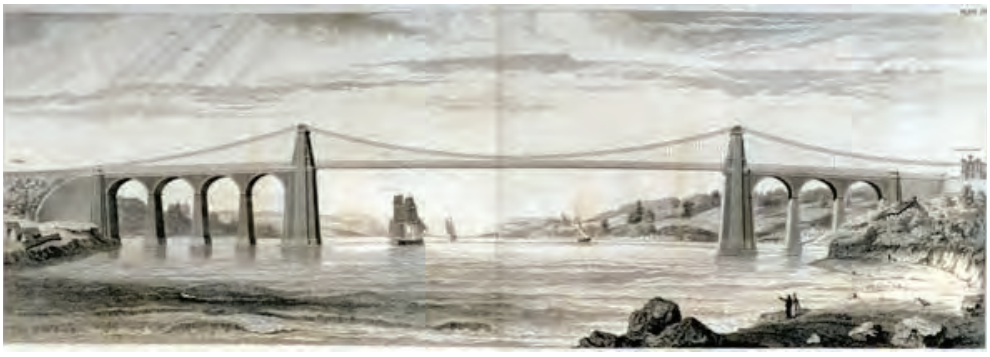


Fig. 3 – Menai Suspension Bridge, (da Telford, 1838). Il Menai Bridge fu il primo importante ponte sospeso costruito con una visione moderna della costruzione dei ponti con una campata libera di 176 metri di lunghezza. L'impalcato è sostenuto da sedici catene di ferro, ciascuna composta da 935 barre di ferro, per un peso complessivo di 2,000 tonnellate, e le catene di sospensione sono a loro volta sostenute da due torri in muratura alle estremità della campata sospesa.

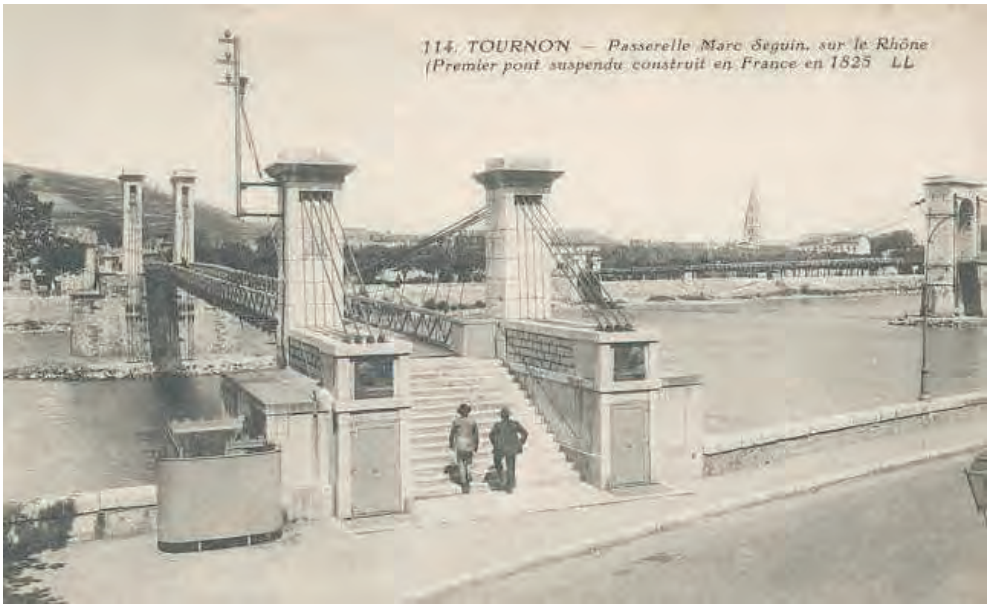


Fig. 4 – Questo ponte, sviluppato su due campate di 85 metri ciascuna, congiunge Tournon-sur-Rhône a Tain-l'Hermitage; è entrato in servizio il 25 agosto 1825 e all'epoca era il primo ponte sospeso costruito nell'Europa continentale. Il ponte, sostenuto da otto cavi di ferro, ha una lunghezza totale di 170 metri (Cotte, 1986).

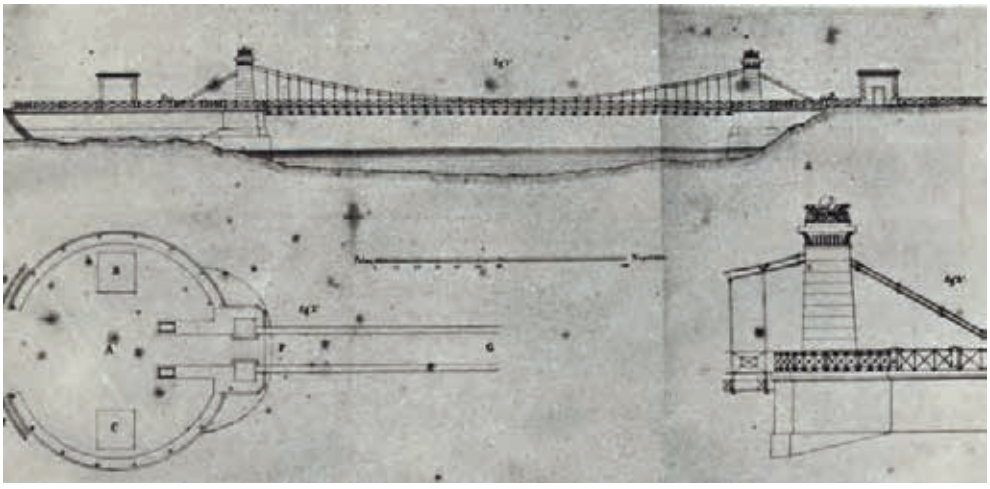


*Fig. 5 – Ponte sul fiume Garigliano (1832), progetto di Luigi Giura (1826); lunghezza della campata: 80,40 m; larghezza dell'impalcato: 5,50 m. (G.*** F.***. 1833).*

Tra utopia e realtà: i ponti di Fausto Veranzio

Alle origini del ponte sospeso, ma più in generale di una idea di ponte diversa dal tradizionale ponte ad arco in muratura, si possono attribuire i progetti visionari di Veranzio. L'inventore dalmata descrive e illustra i ponti nella sua pre-visione di un futuro prossimo della costruzione di queste nuove macchine per attraversare fiumi e torrenti. Infatti, i ponti tradizionali in legno e muratura risentono di questo aspetto visionario proprio della personalità e dell'invenzione di Veranzio che propone idee innovative in merito agli schemi statici e alle tecnologie costruttive (ponti in legno e in ferro) e all'uso delle catene di ferro nei ponti in muratura e nei ponti sospesi.

Anticipatore dei tempi moderni è il ponte in legno a travata, *Pons Duarum Trabium*; nell'immagine di Veranzio il ponte diventa un sistema strutturale composto e composito dove la travata è sostenuta da una capriata lignea, in fig. 6, o addirittura un ponte ad arco in pietra con tiranti in ferro, in fig. 7, a travata scatolare in bronzo, il *Pons Aereum*, in fig. 8, per arrivare a concepire un ponte a travata reticolare composita con corrente inferiore rettilineo e corrente superiore ad arco e diagonali di irrigidimento aventi funzione di tiranti e puntoni, il *Pons ligneus*, in fig. 9.

Nella illustrazione in fig. 7, Veranzio immagina anche il ponte lenticolare, previsione del Royal Albert Bridge sul fiume Tamar in Saltash, in fig. 10a, o ancora di più il Ouaquaga Lenticular Truss Bridge, in fig. 10b, costruito nel 1888 sul fiume Susquehanna a Windsor e Colesville (Broome County, New York) (Guise, 2007)

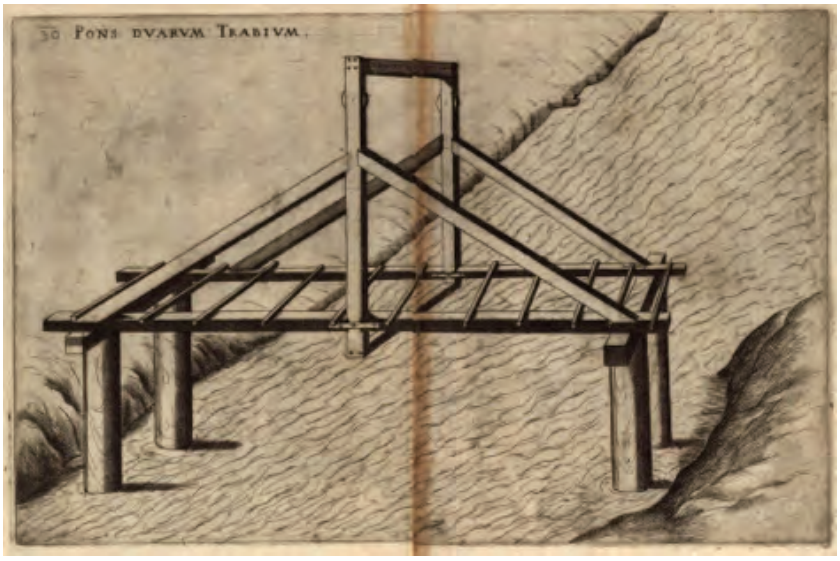


Fig. 6 – Pons Duarum Trabium (Veranzio, 1616).

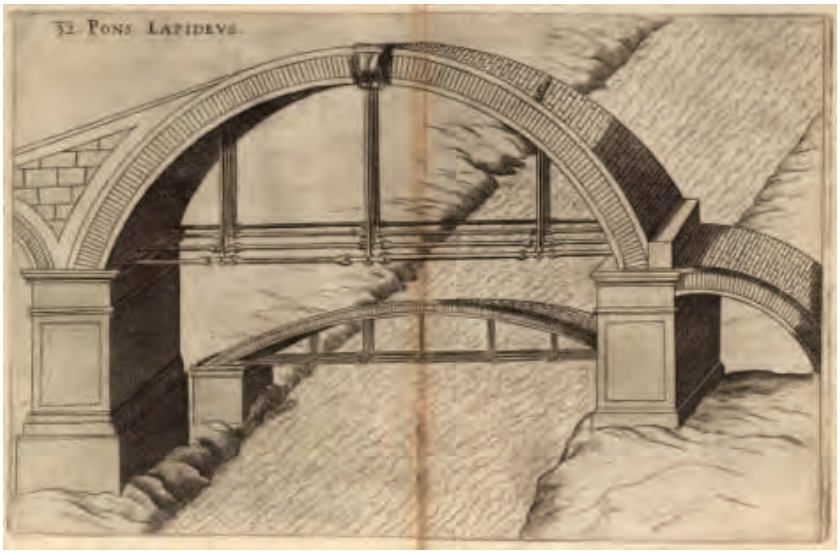


Fig. 7 – Pons Lapideus. Ponte di pietra con un sistema di catene di ferro per eliminare le spinte orizzontali. Le funi verticali sono un rinforzo per evitare la flessione delle catene orizzontali (Veranzio, 1616).

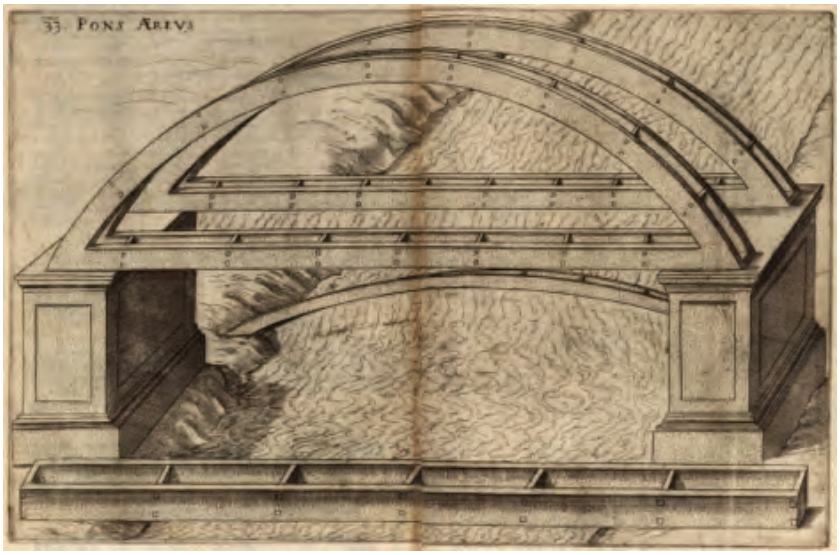


Fig. 8 – Pons Aereum. Ponte di ferro progettato con un sistema di costruzione a blocchi prefabbricati (Veranzio, 1616).

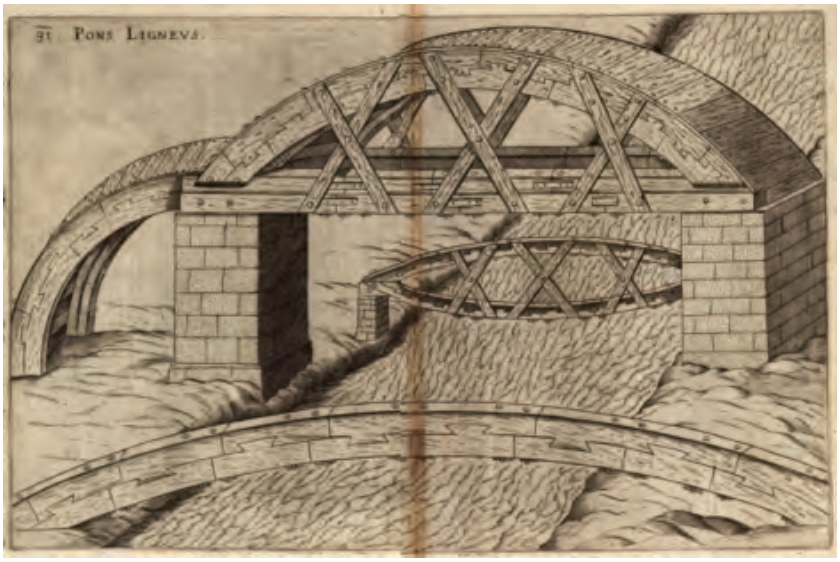
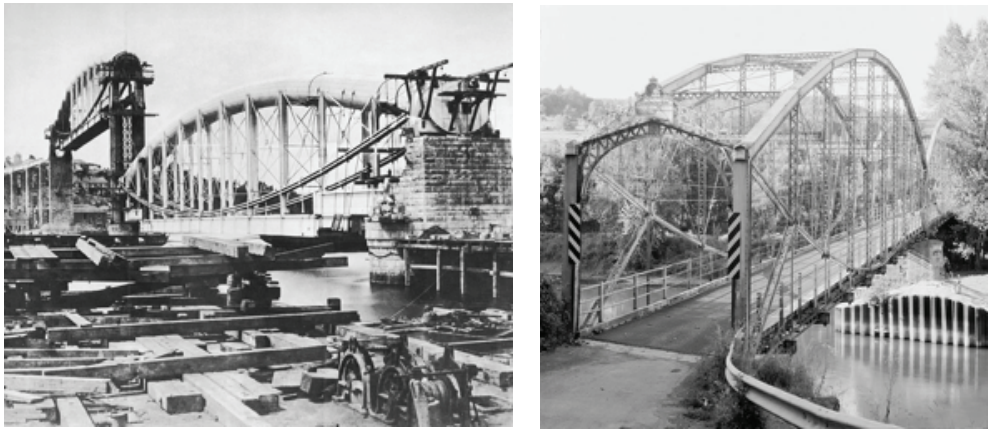
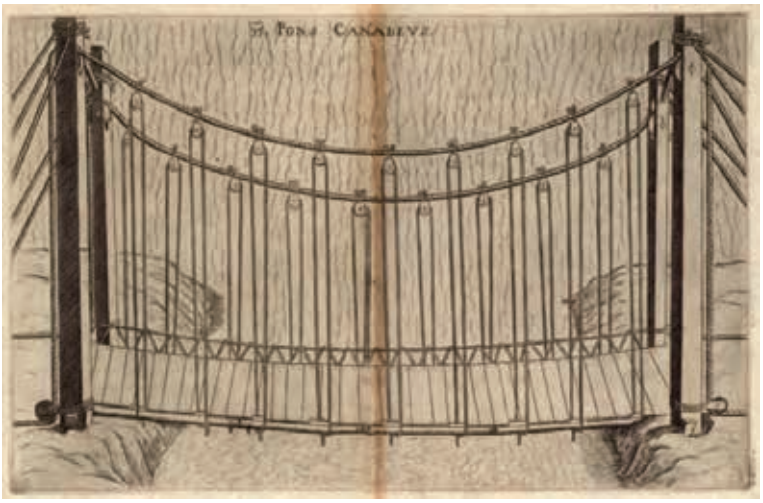


Fig. 9 – Pons Ligneus, ponte ad arco in legno (Veranzio, 1616). Questo ponte è l'archetipo dei ponti reticolari che saranno sviluppati nel XIX secolo a seguito degli studi sulla statica grafica da parte di Karl Culmann (1821 – 1881) e successivamente di Luigi Cremona (1830 – 1903). Il Pons Ligneus è simile anche al Bardwell's Ferry Bridge, costruito nel 1882 e al ponte lenticolare sul fiume Deerfield nella contea di Franklin, Massachusetts



a) *b)*

Fig. 10 – a) Costruzione del Royal Albert Bridge, 1858; b) Ouaquaga Lenticular Truss Bridge, 1888. Questo ponte è composto da due travate reticolari identiche con una lunghezza complessiva di 105 metri (Historic American Engineering Record; Library of Congress). Questi ponti idealmente si avvicinano alle pre-visioni di Veranzio.



a)



b)

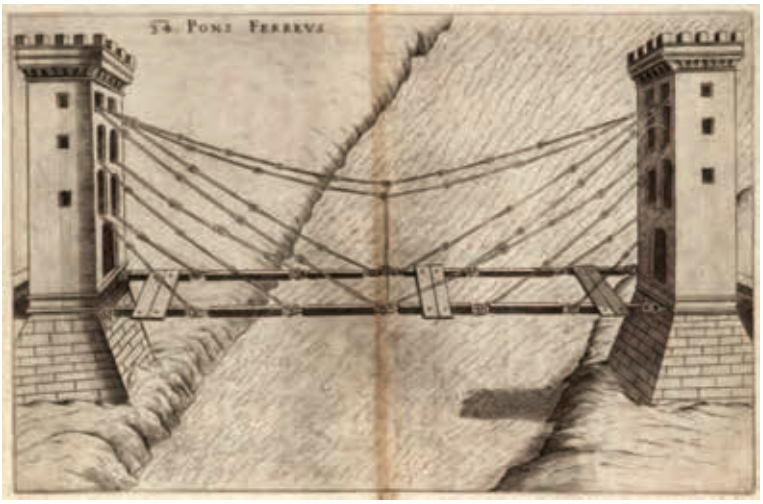


c)

Fig. 11 – a) Pons Canabeus (Veranzio, 1616). Ponte sospeso con due cavi di sospensione che sostengono l'impalcato per mezzo di una serie di tiranti verticali; b) il Conway Bridge 1822-26 (Carnarvonshire, North Wales) [National Library of Wales], ponte sospeso con una campata di 99,5 m; c) il Clifton Suspension Bridge del 1864 [National Museum of Wales], ponte sospeso con una campata di 214,5 m. Questi due ponti indirettamente riprendono le idee progettuali di Veranzio.

e il ponte ad arco doppio sovrapposto, archetipo delle strutture in legno lamellare. Lo stesso ponte in muratura, il Pons Lapideus, in fig. 7, non è privo di invenzione nell'opera di Veranzio, trattandosi di un ponte ad arco di circonferenza rinforzato da un sistema di catene in acciaio, necessarie per eliminare le spinte prodotte dall'arco stesso, a loro volta sostenute da tiranti verticali di irrigidimento.

Il *Pons Canabeus*, in fig. 11, diventa dunque il progetto visionario più innovativo perché anticipa di quasi duecento anni la costruzione dei ponti sospesi (Grattan Tyrrell, 1911: 202-256), mentre il *Pons Ferreus* in fig. 12 anticipa quella dei ponti



a)



b)



c)

Fig. 12 – a): Pons Ferreus (Veranzio, 1616). Ponte strallato con cavi di sospensione ancorati nelle torri verticali; b) l'Albert Bridge (1873), immagine tratta da Illustrated London News; c) il Bluff Dale Suspension Bridge (1891). Questi due ponti indirettamente riprendono le idee progettuali di Veranzio.

strallati in legno, in ferro e in cemento armato. Non solo, Veranzio arriva anche a concepire la moderna teleferica, il *Pons Unius Funis*, in fig. 13. L'originalità della visione di Veranzio sta proprio nel disegno di progetto. Il ponte sospeso è un ponte a due cavi di sospensione che sostengono l'impalcato attraverso una serie di tiranti che, a loro volta, sostengono le travate in legno, giuntate tra loro da corde; l'impalcato è anch'esso in legno. La presenza delle carrucole che sostengono i tiranti, come quelle che consentono il tiro dei cavi di sospensione, mostra il carattere veramente innovativo dell'idea di Veranzio; il ponte può essere registrato e messo in forza in corso d'opera grazie proprio all'uso delle carrucole che consentono il tiro delle funi.

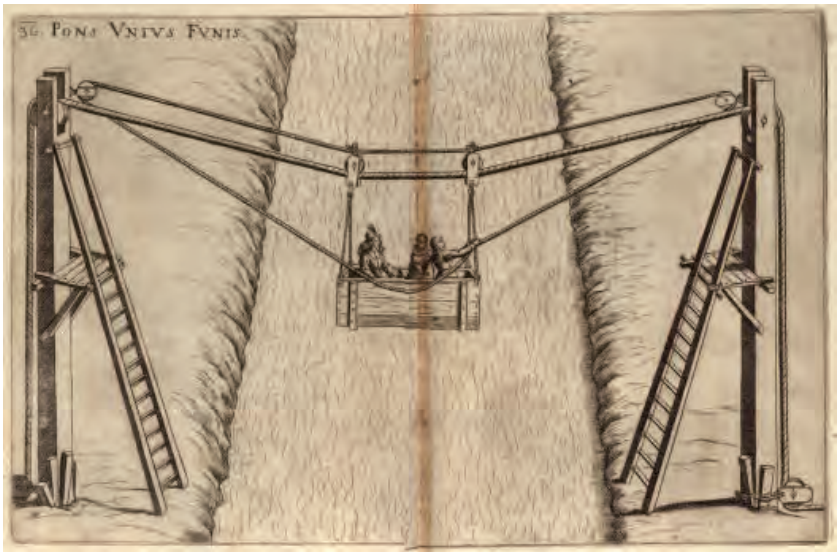


Fig. 13 – Pons Unius Funis (Veranzio, 1616). Adam Wybe o Wiebe (1584 -1653) è stato il primo costruttore, nel 1644, di una teleferica su una collina a Biskupia Gorka vicino a Gdansk.

Una tecnologia certamente moderna che pre-annuncia i sistemi di controllo e messa in forza dei cavi di sospensione.

Il ponte strallato è invece innovativo del tutto. I piloni in muratura di ancoraggio degli stralli che sostengono l'impalcato anticipano l'architettura delle torri di sostegno dei cavi di sospensione dei ponti sospesi, ad esempio quelli che saranno utilizzati nell'Ottocento da Telford per il Menai Bridge e il Conwy Suspension Bridge (1822-26), e ancora da William Henry Barlow (1812–1902) e John Hawkshaw (1811–1891),che si basarono su un progetto precedente di Isambard Kingdom Brunel (1806–1859), per il Clifton Suspension Bridge (1864) sull'Avon, o da John Augustus Roebling (1806–1869) per il Brooklyn Bridge (1883).

Il *Pons Ferreus* di Veranzio anticipa, nel senso della progettualità, il Victoria Bridge, costruito a Bath nel 1836 sul fiume Avon ed è una significativa anticipazione dell'Albert Bridge sul fiume Thames nel West London, progettato e costruito da Rowland Mason Ordish (1824 – 1886) nel 1873, e del Bluff Dale Suspension Bridge vicino Bluff Dale, Texas, costruito nel 1891 sul fiume Paluxy, con una campata lunga 69 metri.

A modo di conclusione

L'opera di Fausto Veranzio si colloca dunque a pieno titolo tra le anticipazioni rinascimentali delle scienze e delle tecniche, in particolare di quelle discipline che più vicine all'arte e alla scienza del costruire hanno segnato la storia dell'Architettura

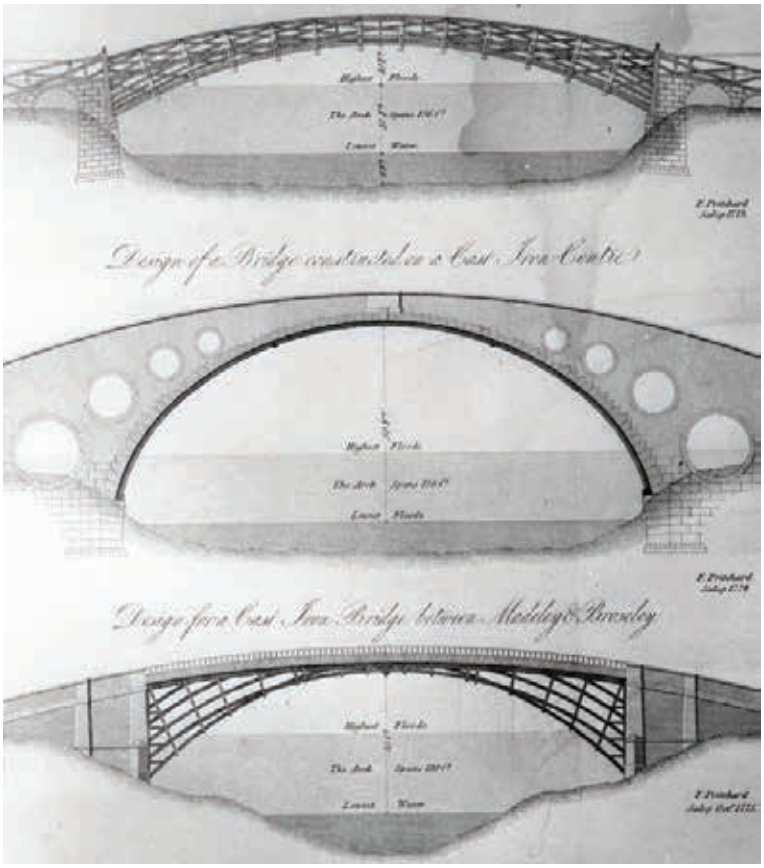


Fig. 14 – Tre progetti di ponti ad arco in ferro di F. Pritchard, 1773 - 1775 [Ironbridge Gorge Museums Trust].

e della costruzione. Sono progetti che descrivono solo a livello illustrativo e non fenomenologico l'idea dello studioso dalmata, questo probabilmente a causa della mancanza di conoscenze scientifico-tecniche necessarie per la loro costruzione. Si tratta, comunque, di visioni e pre-visioni di un nuovo modo di immaginare la costruzione delle macchine in senso lato, con uno sguardo oltre le conoscenze dell'epoca che anticipano scoperte nel campo dei materiali e delle tecnologie costruttive che invece saranno proprie della prima Rivoluzione industriale.

I ponti di Veranzio, in particolare, anticipano quella trasformazione nella costruzione dei ponti che avverrà soprattutto con la scoperta dei nuovi materiali: la ghisa, il ferro, l'acciaio e il cemento armato. Questa scoperta rivoluzionerà significativamente l'architettura dell'Ottocento e del Novecento, indicando nuovi sentieri di ricerca

formale e costruttiva. In particolare, la capacità di pre-visione di Veranzio anticipa il design dei ponti di legno, muratura e ferro e pre-annuncia gli studi condotti da Thomas Farnolls Pritchard (c. 1723–1777), in fig. 14, progettista del primo ponte in ferro della storia. La storia dei ponti vedrà, infatti, nell'arco di poco più di un secolo, un sovvertimento nelle tecniche costruttive tradizionali che farà si che lentamente il ponte ad arco lascerà il passo ai ponti a travata, ai ponti sospesi e ai ponti strallati con numerose e interessanti declinazioni di un nuovo modello formale e costruttivo, grazie proprio alle scoperte della scienza e della tecnica e all'ingresso dei nuovi materiali nella storia della costruzione (Masiero e Zannoner, 2013; Corradi, 2018).

Veranzio è stato dunque un uomo dai grandi orizzonti scientifici, impegnato anche nella lessicografia, nella filosofia, nella teologia e nella tecnologia. Il suo lavoro sulle *Machinae novae* rappresenta, pertanto, a pieno titolo, un'apertura alle innovazioni tecniche, ai progetti e alle costruzioni dei secoli successivi e mostra un'eccezionale creatività individuale nell'ingegneria e in particolare nella meccanica (Mistewicz, 2012).

Bibliografia

Ashton T.S. 1948. *The Industrial Revolution (1760 – 1830)*. Oxford: Oxford University Press. (Traduzione italiana: *La rivoluzione industriale. 1760-1830*. Laterza: Bari, 1970).

Coppola G. 1996. *Ponti medievali in legno*. Roma-Bari: Laterza.

Corradi M. 2018. *Le rapport entre Matière et Structures dans l'Architecture des XIXe et XXe siècles*. In corso di pubblicazione.

Cotte M. 1986. Le premier grand pont à suspension de fil de fer à Tournon-Tain par les frères Seguin. La Revue du Vivarais, T. XC, 4(688), 285-296.

Drewry S. 1832. *A Memoir of Suspension Bridges: Comprising the History of Their Origin and Progress, and of Their Application to Civil and Military Purposes, with Descriptions of Some of the Most Important Bridges; Viz. Menai, Berwick, Newhaven, Geneva, Etc. Also an Account of the Experiements of the Strength of Iron Wires and Iron Bars, and Rules and Tables for Facilitating Computations Relating to Suspension Bridges*. London: Longmans, Rees, Orme, Brown, Green & Longman (New edition, Cambridge: Cambridge University Press, 2014).

Grattan T.H. 1911. *History of bridge engineering*. Chicago: Published by the Author.

Guise D. 2007. Development of the Lenticular Truss Bridge in America. Journal of Bridge Engineering, 12(1), 120-129.

G.*** F.***. 1833. Di un nuovo ponte sospeso a catene di ferro sul Garigliano. Annali Civili del Regno delle Due Sicilie, 1, 41-51. Napoli: Dalla Tipografia del Real Ministero degli Affari Interni, 1833

Lippi C.A. 1817. *Ponte pensile pel Garigliano*. Napoli, 1817.

Maggi A., Navone N. (a cura di). 2002. *John Soane e i ponti in legno svizzeri. Architettura e cultura tecnica da Palladio ai Grubenmann*. Mendrisio: Mendrisio Academy Press.

Marrey B. 1995. *Les Ponts modernes - XXe siècle*. Paris: Picard.

Masiero R., Zannoner D. 2013. L'ingegneria dei ponti e le nuove sfide del costruire. In: *Enciclopedia italiana di scienze, lettere ed arti. 8.7 Ottava appendice: Il Contributo italiano alla storia del Pensiero: Tecnica*. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

Mesqui J. 1986. *Le Pont en France avant le temps des ingénieurs*. Paris: Picard.

Mistewicz M. 2012. Mosty w traktatach architektonicznych na początku epoki nowożytnej / Bridges in Architectural Treatise at the beginning of the Modern Period. In: *Kwartalnik Architektury i Urbanistyki*, T. 57, z. 2, p. 92-116, Komitet Architektury i Urbanistyki PAN.
Navier C.L.M.H. 1830. *Rapport à Monsieur Becquey et Mémoire sur les ponts suspendus. Notice sur le pont des Invalides*. Paris: chez Carillan Gœury.
Prade M. 1986. *Les Ponts, Monuments historiques*. Poitiers: Brissaud.
Prade M. 1988. *Ponts et Viaducs au XIX siècle*. Poitiers: Brissaud.
Seguin M. 1824. *Des Ponts en fil de fer*. Paris: Bachelier.
Séjourné P. 1913-1916. *Grandes voûtes*. Bourges: Impr. Vve Tardy.
Stevin S. 1586. *De Beghinselen Der Weeghconst*. Leyden: Christoffel Plantijn.
Sutherland, R.J.M. (a cura di). 1997. *Structural Iron, 1750-1850: Studies in the History of Civil Engineering.* Aldershot: Ashgate Publishing Limited.
Tanner B. 1810. View of the Chain Bridge invented by James Finley Esqr. The Port Folio, 3(6). Philadelphia: Bradford & Inskeep.
Telford T. *Atlas to the Life of Thomas Telford, civil engineer*. (Rickman J. ed.). London: Payne and Foss, 1838.
Troyano L.F. 2007. *Terra sull'acqua. Atlante storico universale dei ponti*. Palermo: Dario Flaccovio editore.
Veranzio F. c. 1595. *Machinae novae Favsti Verantii siceni. Cvm declaratione latina, italica, hispanica, gallica, et germanica*. Venetiis: Cvm privilegiis.
Veranzio F. 1616. *Machinae Novae Fausti Verantii siceni Cvm Declaratione Latina, Italica, Hispanica, Gallica Et Germanica.* Venetiis. Cum Privilegiis.
Veranzio F. 1968. *Machinae novae*. Facsimile of the printed edition: Venetiis, 1615-1616? Milano: Ferro.

Note

1. Gaio Giulio Cesare. *De bello Gallico*. Liber IV, 17-18.
2. Una sintesi interessante è riassunta nella Planche XV (Charpente, Ponts) della *Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et ses Métiers* di Denis Diderot (1713 –1784) e Jean-Baptiste Le Rond d'Alembert (1717 –1783). La fig. 117 è tratta dall'*Encyclopédie* e mostra alcune tipologie di ponti riscontrabili nell'opera di Veranzio, in particolare quelli esposti nella Tavola 30: *Pons Duarum Trabium*, delle *Machinae Novae*. Vedi anche la fig. 14 (Tome 7 , p. 252) dell'opera di Eugène Viollet-le-Duc (1814 – 1879): *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*. Paris: A. Morel, 1854-68.

Giovanni Calabresi, Renato Lancellotta, Carlo Viggiani

Geotechnical Engineering in Italy: a short history

Abstract
The history of the birth and developments of Geotechnical Engineering and its relations to the developments of Science, and specifically Soil Mechanics, are briefly outlined with particular reference to Italy

Introduction

Most branch of engineering, including civil, mechanical, mining, metallurgical and chemical engineering, stem from practical arts that go back to the beginning of civilized life. Others, such as electric, electronic and nuclear engineering, are an outgrowth of fairly recent discoveries. In any case, the growth of engineering has been concurrent with, and has exerted a profound influence on, the rise of modern civilisation.

Civil Engineering, which includes Geotechnical Engineering, is generally considered the oldest branch. As early as 30 centuries before Christ, 5000 years ago, an Egyptian master builder directed large constructions and huge irrigation projects. He was the recipient of an empirical knowledge, accumulated in the previous centuries and limited to specific contexts (*e.g.*, the water regime of the river Nile). He knew how to do things, but not why. In such conditions, any progress could only be by chance, or by trial and error, and it could be but very slow.

A new paradigm appeared in the Ellenistic world in the 3rd and 2nd centuries B.C., with the outgrowth of the scientific method (Russo, 1997) and achievements such as Euclid's Geometry, heliocentrism in astronomy by Aristarchus, determination of the Earth radius by Eratosthenes. At the same time, Hellenistic technology and engineering developed to an unprecedented level: Archimedean screw, cog, Antikythera mechanism, lighthouse of Alexandria, battleships of Syracuse.

This flourishing was interrupted by the Roman conquest: symbolically, the interactions between Rome and the Hellenistic world started in 212 B.C. with the killing of Archimedes during the Roman siege of Syracuse, went on with the Great Library of Alexandria set to fire in 48 B.C. just after the arrival of Caesar in Egypt, concluded in 415 A.D. when a multitude of fanatics lynched Ipatia, the only woman scientist and philosopher of the antiquity.

Romans were not interested in Science; the first translation into Latin of the 13 books of Euclid's Elements of Geometry is due to Abelard of Bath, an English monk

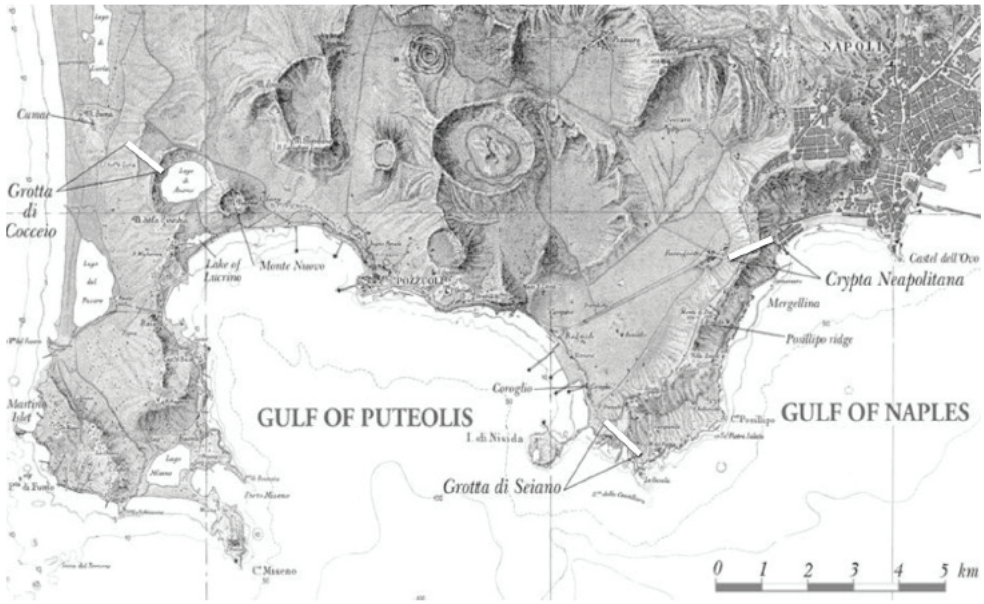


Fig. 1 – The three Roman tunnels in the Phlegrean Fields near Napoli.

translating from the Arabic in the 12th century. They have been outstanding engineers, however, as it is testified by the importance and variety of monuments and infrastructures they constructed.

Of course, the great Roman civil engineering works implied geotechnical problems. To compare the level of scientific understanding and that of constructional capacity of the Romans, let us quote Vitruvius, the greatest Roman engineer, about tunnelling. *If you cross tuff or rock, then you have only to excavate through them; if on the contrary you are in a sandy cohesionless soil, then you need walls and vault to excavate your tunnel*[1]. We are back to the prescientific engineering, totally empirically based; and nevertheless, important projects are accomplished, as for instance the Roman tunnels in the Phlegrean Fields, east of Napoli (fig. 1).

Strabo and other classical historians quote the Greek – Campanian architect Lucius Cocceius Aucto as the author of the three major tunnels dating back to the 1st century B.C. and still existing there: the Grotta di Cocceio, the Crypta Neapolitana and, probably, the Grotta di Seiano also (Amato *et al.*, 2001)[2]. The main characteristics of the three tunnels are listed in Table 1. All of them are excavated almost entirely through the Neapolitan Yellow Tuff, and are by far the longest and most impressive tunnels of the whole Roman civilization; they are indeed unprecedented and unequalled engineering masterpieces.

Table 1 – Characteristics of the Cocceio's tunnels

Name	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Ventilation shafts
Grotta di Cocceio	970	4.5	4.0÷6.0	6 vertical, 2 inclined, 1 lateral
Grotta di Seiano	780	4.0÷6.5	5.0÷8.0	3 lateral
Crypta Neapolitana	711	4.5	4.6÷5.2	2 inclined

In the realm of foundations, an outstanding example of Roman mastery is the Colosseum, or Flavian Amphitheatre, constructed in the 1st century under the emperors Vespasian, Titus and Domitian of the Flavian dynasty. It is the largest amphitheatre ever built and the iconic symbol of the imperial Rome; they say: *as long as the Colosseum stands, so shall Rome; when the Colosseum falls, Rome shall fall; when Rome falls, so falls the world*. At present, actually, the monument is partly ruined due to earthquakes and the continuous stone robbing during the Middle Ages (one could argue that earthquakes and robberies have partly ruined the world also, in agreement with the ancient prophecy!).

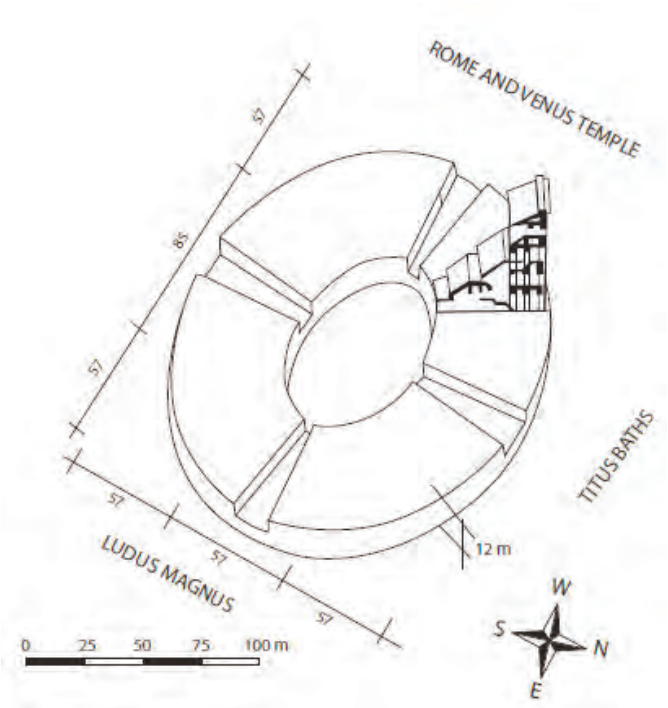


Fig. 2 – Sketch of the foundations of the Colosseum.

The structure is founded on a gigantic elliptical concrete ring beam with a width of over 50 m and an average thickness of 12 m (fig. 2); at the extremity of the principal axes, four tunnels cross the foundation to connect the hypogeum (an elaborated two-levels network of tunnels and cages where the gladiators and animals were held before context) to the exterior.

The subsoil has a complex geological setting, and the amphitheater is located above normally consolidated soils of the Labicano water stream, where the recent alluvial valley is carved into the middle Pleistocene volcanic units and the overconsolidated clays of the Monte Vaticano Formation.

As a consequence of this subsoil constitutions, substantial differential settlement has occurred during construction. Furthermore, it is believed (Zezza, 1995; Moscatelli *et al.*, 2014; Pagliaroli *et al.*, 2014) that local amplification effects due to 3D subsoil geometry and contrast of impedance (fig. 3) have been responsible for the southern part of the monuments suffering severe damages and partial collapses.

In general, Romans assumed the advanced Greek technologies but in a prescientific way, so that in a few centuries the understanding of science and the use of the scientific method disappeared. Time was ripe for the complete oblivion of science and technology at the fall of the Roman empire, after the barbarian invasions; the darkness of the Middle Ages prevails over more than a millennium.

The progress is again very slow; many centuries later Leon Battista Alberti (1485, quoted by Jappelli and Marconi, 1997) writes:

If the soil is surely hard, foundations are not required and the structure can be built right away; this means that foundations, namely excavation at depth, are needed when a stable and hard soil has to be found by digging; and more: *Advice should be sought from the local inhabitants who know about the matter and from the architects living in the region who, on the basis of the examples of old buildings and of their own experience, should know what the characteristics of the soils involved are*.

And Andrea Palladio (1570):

The safest place to lay foundations is rock, tuff or a kind of soil mixed with stones which is hard enough to act as foundation without excavating and even wet it can bear great loads".

We find again all the features of prescientific engineering: the experience of local people, the standards of ancient buildings, the search for the *hard* soil.

This practice has undoubtedly allowed outstanding achievements, but how if the hard soil is not found? What to do if our project exceeds the standard of ancient buildings? Kerisel (1975), for instance, reports the countless accidents and collapses occurring during the development of the Gothic architecture.

It is only in the XVII century that the scientific method is rediscovered by men as Galileo Galilei and Isaac Newton; soon after, technology and engineering undergo a new impressive development.

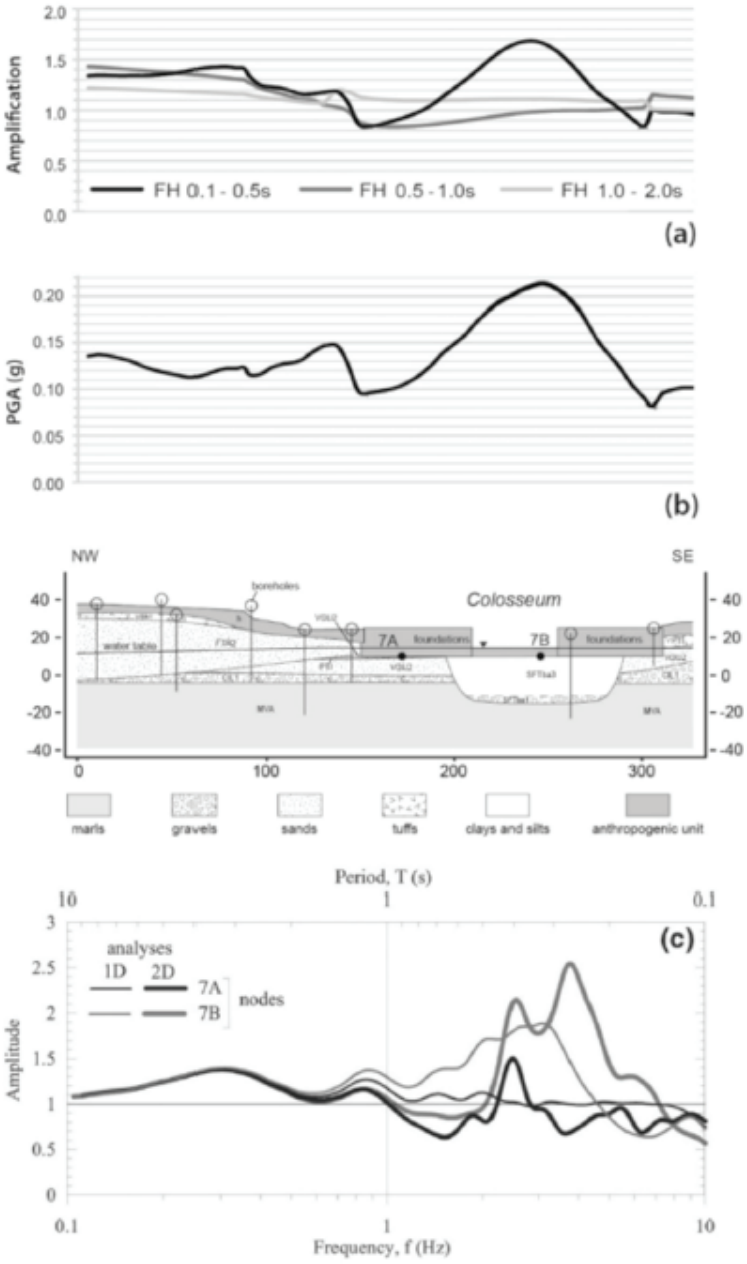


Fig. 3 – The subsoil of the Colosseum. (a) Housner intensity amplification factors FH, (b) peak ground acceleration PGA, (c) amplification functions in selected surface points (modified after Pagliaroli et al., 2014).

Scientific engineering

The power of a theory is well exemplified by the history of investigations on the stress-strain relations of building materials.

Since 1690 Leibniz stated that the relation between the tensile force applied to violin strings and their elongation, according to experiences performed by Jacques Bernoulli, is non linear. In the following centuries the non linearity of stress strain relation has been documented for wood (Dupin, 1815) and steel (Von Gerstner, 1831). Hodgkinson (1843) did the same for wood, cast iron, soft rocks; he observed the occurrence of delayed and non reversible deformations. At the mid of XIX century these experimental results were so universally accepted that an official Commission of the English State Railways recommended to engineers not to rely on the Hooke's law, but to adopt a hyperbolic one (Iron Commission, 1849).

But the well supported suggestion of the Railways Commission was completely ignored by the following generation of engineers, due to the development of a very powerful and robust theory: linear elasticity! It is still the dominant paradigm of engineering; only with the availability of powerful computing resources and with the following development of numerical methods, the non linearity and non reversibility of the stress strain relations have been rediscovered.

The development of civil engineering following the rediscovery of the scientific method may be epitomized by the bridge by Luigi Giura over the river Garigliano, between Napoli and Roma.

Luigi Giura was born in 1795; at the age of 16 he entered the Royal School of Bridges and Roads established in Napoli on the model of the *Ecole des Ponts et Chaussées* in Paris; in the following years he played a significant role in the teaching of geometry, mechanics and hydraulics in the School.

It was the time of a great scientific and technical debate in Europe on the nature of public works, the most suited techniques for their realisation and the politics of their management. In this framework Giura was sent by the Bourbon king of Napoli in a study tour through Europe to observe and study the development of the applied sciences in the field of public works. In France, Giura met Dupin, Mallet, De Prony and Navier, who escorted personally him to visit his suspension bridge just constructed across the Seine.

When Giura came back to Napoli, he designed and realized memorable structures.

The crossing of the river Garigliano, many centuries after a mythical and in any case soon disappeared Roman bridge, was an ancient challenge. At present, it is difficult even to conceive the difficulties of erecting a bridge in a situation of soft soils, sudden heavy floods, whimsical course of the river. The two banks of the river, on the very important road from Napoli to Roma, where connected by an uncertain ferry. Quite a number of projects and attempts of construction had been unsuccessful



Fig. 4 – The three bridges over the Garigliano River: in the background the Giura suspension bridge (1832), followed by the r.c. arch (1936) and the cable stayed bridge (1989).

until the end of the XVIII century, simply because the problem was out of the reach of the available empirical knowledge.

Luigi Giura conceived and designed the fine suspension bridge with cast iron chains that we still admire, and constructed it among diffidence and hostility just while the Navier's bridge over the Seine collapsed! The bridge across the Garigliano was opened by Ferdinand II Bourbon in 1832.

Today, in a reach of few hundred metres upstream the Giura Bridge (fig. 4) , there are two others more modern bridges: the first one, constructed one century after Giura's, is a reinforced concrete arch with a suspended deck; the other one, 50 years later, is a cable stay structure. Contrary to the Giura bridge, these two are at present fine but almost routine projects. Actually, the XX century has seen the flourishing of gigantic bridges: from the Brooklin (1883, span of 490 m) and the Golden Gate (1937, span of 1,300 m) to the Akashi in Japan (1998, 2 km). The present limit of this evolution could be the Messina straits bridge, with a design span of 3.3 km.

The effectiveness of the scientific engineering is evident!

The birth and development of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

Geotechnical Engineering did not share this impressive and rapid developments. Its theoretical bases apparently did follow the general trend, from the classic Coulomb's (1767) essay on earth pressure on retaining walls to the Boussinesq's (1885) paper on the state of stress and strain in an elastic half space loaded by a concentrated force normal to its limit plane. In that period a large number of significant contributions are registered. Collin (1846) analyses slope stability; Darwin (1883) and Boussinesq (1883) discuss earth pressure problems; Rankine (1862) publishes a treatise still largely in use in early XX century. D'Arcy (1856) measures the permeability of sand and formulates his famous law; Reynolds (1887) reports the coupling between shear stress and volume change in granular materials, the dilatancy. In the early XX century Atterberg (1911), Frontard (1914), Patterson (1916), Fellenius (1918), Olsson (1925) report important experimental and theoretical investigations.

But engineering applications did not follow: at the end of XIX century and in the first decades of XX, when the Brooklyn bridge and the Golden Gate were conceived and constructed, geotechnical engineering was still largely in a pre-scientific stage.

Terzaghi (1925) eventually formulated the principle of effective stress; a complete statement of the principle and a clear understanding of its implications had to wait the first International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering held in Cambridge, Mass., in 1936. At the same venue, the ISSMFE (International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering), now ISSMGE (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), was established.

The availability of a robust correspondence relation between theoretical mechanics and the behaviour of real soils gave impetus in this field also to rapid and spectacular developments: a rational conception and design of foundations, retaining structures, earth dams, deep excavation and tunnels, seismic resistant structures, offshore plants, nuclear plants, etc.; the analysis of natural phenomena such as landslides, subsidence, local amplification of seismic waves and related engineering interventions.

Important contributions were developing independently and almost simultaneously in many countries in Europe and in the United States.

During the industrial development of Sweden in early nineteenth century and with the task of improving transport connections, after the slide occurred on 14 June 1913 of the railway embankment along Lake Aspen, the Royal Board of Swedish State Railways appointed a commission to investigate the risk of further slides. The commission was named *The Geotechnical Commission of the Swedish State Railways:* the first use of the word *geotechnical* in the civil engineering literature. The Commission made important contributions in developing methods for making subsoil investigations, sampling and laboratory testing. Just to mention a few, John Olsson developed in 1915 the *cone apparatus* for the determination of the shear strength of clay and in 1919 a simple consolidation box to prove that even in fine grained soils

water escapes from the sample and compression takes place. Moreover, in 1917 Olsson was carrying out careful laboratory experiments on the reduction of strength of clays upon remoulding; this led to the need of *undisturbed samples* and introduced the idea of *sensitivity*. He was so aware of this concept that at that time he preferred to use hand-cut samples from test pits; but, later on, in 1923, he succeeded in developing the first *piston sampler* for clay, making available the prerequisites of the so called *"φ = 0" method of stability analysis*.

In contrast to engineers occupied in solving practical problems, comprehensive investigations of the physical properties of soils were made at the same time in Sweden by chemists and geologists. Albert Mauritz Atterberg, a chemist and agriculturist, the best known pioneer of these, seek a basis for classification of fine graded soils and found *plasticity* to be their most characteristic property.

In 1926 Arthur Casagrande arrived in USA and during his visit to MIT (for an interview with prof. Spofford about his previous experience in the hydraulic laboratory in Vienna), he met Karl Terzaghi, who offered him the opportunity to work as his assistant. At time of his early activity, Casagrande developed the *limit liquid* apparatus, the *hydrometer test*, the *consolidation test* and the *direct shear test* equipment.

In 1929 he went with Terzaghi in Vienna to equip the soil mechanics laboratory, and this was also the occasion to visit many laboratories in Europe. Back to USA, during 1930-32, Casagrande developed a *triaxial compression cell* and the *shear box apparatus* with which he studied, for the first time, the *volume changes during shearing*.

At this time, 1932, he made consolidation tests on undisturbed samples, which led to the idea of *preconsolidation pressure* (presented in 1936). At the same time, the behaviour of sands always challenged Casagrande: he first developed the concept of *critical void ratio* and in 1936 promoted the first International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, an event that led to accept the soil mechanics as a key discipline in civil engineering

In the same period a fertile and pioneering soil mechanics environment was merging in Western Europe. In 1933 a physics section was established at the Building Research Station (BRS) in England and Leonard Cooling was put in charge of it. He set up the first proper soil mechanics laboratory in Britain and when he moved to the Engineering Division, in 1935, its group was renamed as Soil Mechanics Section. In 1936 A.W. Skempton, moved from the concrete section to the staff of this new section.

The Chingford dam failure (July 1937) brought Terzaghi to England in August 1937; in 1939 he delivered at the Institution of Civil Engineers the James Forrest Lecture, entitled *Soil Mechanics: a new chapter in engineering science*, with a considerable impact and increase of interest in the subject. John Baker (later Lord Baker), involved in research at BRS for the steel construction industry, was so impressed by the soil mechanics group that, when he went back to Cambridge,

he advised Roscoe to engage in soil mechanics and to visit BRS. Roscoe met Cooling, discovered the seminal papers of Hvorslev and Rendulic, and set up translating these papers from German (Roscoe spent his war years in a war prisoner-camp in Germany).

When the war ended, in recognition of the well established role of soil mechanics, four lectures were offered in 1945 at Institution on *The principles and applications of soil mechanics*, by Cooling, Skempton, Glossop and Markwick. The first issue of *Géotechnique*, a journal with no predecessor, appeared on 5 June, 1948. Its cover is reproduced in fig. 5.



Fig. 5 – The cover of the first issue of "Géotechnique", the little engraving at the centre is from Coulomb's essay on earth pressure published in 1776.

The Geotechnical Engineering in Italy

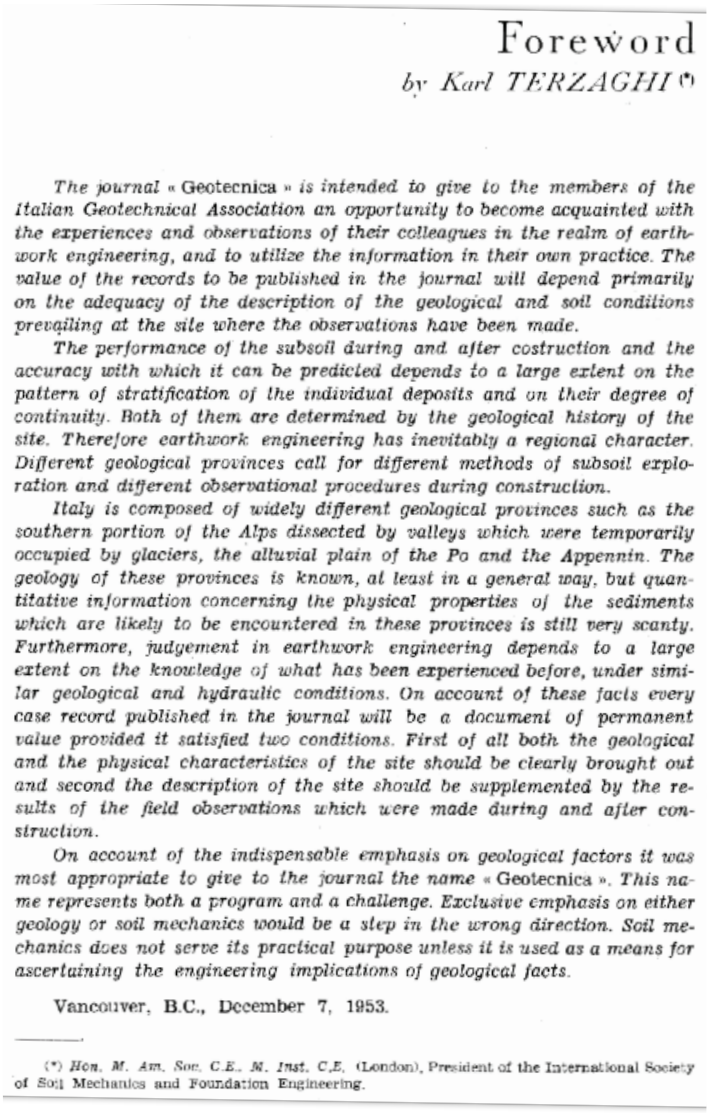
And what about Italy? It is worth to recall that early in the 1930's the Rodio Company (founded by Giovanni Rodio and Carlo Kieser in 1921) had already promoted an active and well equipped soil mechanics laboratory, certainly practice oriented but paying attention to merging developments (incidentally, in 1935 Rodio achieved a patent on soil freezing, a special technique used two years later to allow excavation in Rome to retrieve the *Ara Pacis*).

The 1938 marks the birth of the Centre for Geotechnical Studies, promoted by Girolamo Ippolito and headed by Arrigo Croce, at the University of Naples, as well as of the birth of the Soil Mechanics Laboratory at the University of Rome, in the cloister of S. Pietro in Vincoli. These were relevant events, that contributed to create a fertile environment pioneering soil mechanics also in Italy.

In December the 19th 1947 the Associazione Geotecnica Italiana (AGI) was established in Milan and Giovanni Rodio, already well known abroad for the advanced applications in the field of Geotechnics, was appointed first President of AGI.

In 1954 Arrigo Croce and Felice Ippolito initiated a new bimonthly journal, entitled *Geotecnica*, and the first issue (January-February), published in Milan by IPI, included a Foreward by Karl Terzaghi, that is reproduced in Fig. 6.

In 1967 Croce founded the *Rivista Italiana di Geotecnica*", the quarterly journal that half a century later is still the official publication of AGI.



Foreword

by Karl TERZAGHI (*)

The journal « Geotecnica » *is intended to give to the members of the Italian Geotechnical Association an opportunity to become acquainted with the experiences and observations of their colleagues in the realm of earthwork engineering, and to utilize the information in their own practice. The value of the records to be published in the journal will depend primarily on the adequacy of the description of the geological and soil conditions prevailing at the site where the observations have been made.*

The performance of the subsoil during and after costruction and the accuracy with which it can be predicted depends to a large extent on the pattern of stratification of the individual deposits and on their degree of continuity. Both of them are determined by the geological history of the site. Therefore earthwork engineering has inevitably a regional character. Different geological provinces call for different methods of subsoil exploration and different observational procedures during construction.

Italy is composed of widely different geological provinces such as the southern portion of the Alps dissected by valleys which were temporarily occupied by glaciers, the alluvial plain of the Po and the Appennin. The geology of these provinces is known, at least in a general way, but quantitative information concerning the physical properties of the sediments which are likely to be encountered in these provinces is still very scanty. Furthermore, judgement in earthwork engineering depends to a large extent on the knowledge of what has been experienced before, under similar geological and hydraulic conditions. On account of these facts every case record published in the journal will be a document of permanent value provided it satisfied two conditions. First of all both the geological and the physical characteristics of the site should be clearly brought out and second the description of the site should be supplemented by the results of the field observations which were made during and after construction.

On account of the indispensable emphasis on geological factors it was most appropriate to give to the journal the name « Geotecnica ». *This name represents both a program and a challenge. Exclusive emphasis on either geology or soil mechanics would be a step in the wrong direction. Soil mechanics does not serve its practical purpose unless it is used as a means for ascertaining the engineering implications of geological facts.*

Vancouver, B.C., December 7, 1953.

(*) *Hon. M. Am. Soc. C.E., M. Inst. C.E.* (London), President of the International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.

Fig. 6 – The foreward by Karl Terzaghi in the first issue of the journal "Geotecnica".

In commemoration of prof. Arrigo Croce, the Italian Geotechnical Society (AGI) arranged in recent years a lecture, held annually in Rome, in mid of December. Table 2 summarizes the Croce Lectures delivered by internationally standing personalities and regularly published in the issues of Rivista Italiana di Geotecnica.

Table 2 – The Croce Lectures

No.	Year	Lecturer	Title
I	2000	Carlo Viggiani	Analysis and design of piled foundations
II	2001	Michele Jamiolkowski	Experimental investigations on gravels: design problems of the bridge over Messina straits
III	2002	Ruggiero Jappelli	Geotechnical constructions for large dams in Italy
IV	2003	Giovanni Calabresi	Italian experiences on stiff clay soils
V	2004	Giovanni Barla	Developments in design analysis of underground constructions
VI	2005	BeniaminoD'Elia	Experiences on the behaviour of high mining slopes
VII	2006	Giuseppe Ricceri	Role of Geotechnics in the safeguard of Venice and its lagoon
III	2008	Luciano Picarelli	Knowledge to foresee
IX	2010	Alberto Burghignoli	Underground crossing of Rome historical centre
X	2011	Eduardo Alonso	Crystal growth in Geotechnics
XI	2012	Renato Lancellotta	Ghirlandina tower: a case history of soil – structure interaction
XII	2013	Kenichi Soga	Understanding real performances of geotechnical structures using innovative sensor technologies
XIII	2014	Leonardo Cascini	Geotechnics of large areas
XIV	2015	Sarah Springman	Lesson learnt for geotechnical engineering practice from case histories and centrifuge modelling
XV	2016	Claudio Scavia	Continuum and discontinuum approach in rock mechanics and rock engineering
XVI	2017	Kerry Rowe	Environmental Geotechnics: looking back, looking forward

Geotechnical Engineering in the Italian practice

In Italy, geotechnical engineering has long gone into diffusion of fundamental theoretical aspects and university courses, as has been the case in France and some other European countries, while technological applications have been more rapidly established. The only Italian among the participants at Harvard in 1936 at the First International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering (the founding act of the International Society) was G. Rodio: we already noted that he was the founder of the first specialized company in Italy and among the first in Europe. In 1938 C. Cestelli Guidi, a young assistant professor at the Institute for Building Science, Rome University, spent a period of study at Technische Universität of Berlin,

where the Deutsche Gesellschaftfür Boden Mechanik had its headquarter and was already conducting an intense experimental activity. When he returned to Rome he bought the first experimental equipments (oedometers and stress controlled shear boxes) in Germany to set up the first Italian lab, where they remained in operation until 1963. In 1942, his book *Meccanica del terreno e stabilità delle fondazioni* was the first popular Italian geotechnical text.

In the post-war period, the intense development of building activities led to the rising of various specialized companies. In the landscape of Italian reconstruction housing projects, the height increase of buildings, the systematic adoption of reinforced concrete structures, the heterogeneity of the foundation soil and the search for greater safety against possible negative effects on adjacent buildings resulted in the almost systematic choice of deep foundations, which, being the characteristics of the most widespread foundation soils rarely suited to driven piles, are almost exclusively small diameter (0.30-0.40 m) drilled piles. Due to their inexpensiveness the number of small to medium sized specialized companies increased enormously in a great competition. The bigger companies, which were engaged in public, especially hydraulic, works in Italy and abroad, in competitive relationships with international companies, have been urged to seek innovative geotechnical technologies. The empirical discovery of the boring support by a bentonitic suspension (bentonite clay was found in the island of Ponza) opened the way to drilling deep and large diameter piles and to cast in place concrete sheet piles and resulted in a significant growth of Italian specialized companies and of their international business. Among the new technologies proposed and experimented at that time with different names and patents, there are the small diameter drilled piles (micro-piles), made up of steel elements within an injected concrete cast. The micro-piles quickly became the most popular type of underpinning of old buildings. In the same period also the soil grouting consolidation techniques had a strong qualitative and quantitative increase by the Italian specialized companies, especially for their commitment to major hydraulic works in Africa and Asia, together with large groups of general contractors.

In the fifties and sixties this great development of geotechnical technology and of the specialized companies was not matched in Italy by a parallel, comparable increase of theoretical knowledge, study and research activities and university teaching.

Until the end of the fifties the only legally recognized laboratories for building materials control were those of the University Engineering Institutes, where simple experimental soil mechanics equipment was able to carry out standard tests of identification, strength and compressibility. Experimental research tests were rare, generally related to the mechanical characteristics of natural soils.

The first fundamental researches on soil mechanics started in the early sixties with the support the National Research Council (CNR), where the Soil and Structures Research Group was established. This group had the merit of gathering researchers in

Geotechnics, Structures and Theoretical and Applied Mechanics and fostered the getting over the misunderstandings and natural barriers that stemmed from the rigidity of the Italian university institutions. The later division into two distinct disciplinary groups favoured the development of activities and the management of research support funds, but by putting an end to the previous joint meetings, had unfortunately had also negative effects on inter-disciplinary relationships and cooperation.

In the universities, until the '60s, in several civil engineering, structural, hydraulic or road engineering courses, some lessons were devoted to the fundaments of soil mechanics, but the first Soil Mechanics organic and systematic university teaching began in Naples only in 1956 and in Rome in 1970. Their establishment had the effect of a substantial increase of students interested to geotechnical engineering and deepening their knowledge of soil mechanics, started theoretical and experimental studies, begun an academic career and formed the first geotechnical research groups.

With the reform of university studies in 1981, a three-year PhD program was set up in Italy, which could be activated by several consortium universities, which was open for competition. This reform has had a profound effect on the training of researchers and the teaching staff and has resulted in an extraordinary increase in research and of their scientific level and a stronger international collaboration in teaching and research.

The geotechnical engineering sectors have gradually multiplied over the years: the foundations, which initially formed the core of activities, gradually lost their importance to other topics, particularly those relating to the physical environment and its conservation, so that the International Society has recently changed its name.

In particular, the problems arising from the pollution of soils and aquifers for the diffusion of urban and industrial waste dumps, the balance of river banks, and the progressive, natural raising of the bed with respect to the surrounding land produced by the deposits, both for the increase of the maximum outflows and the decrease in the time of flux caused by the progressive waterproofing of the surfaces. In addition, landslide episodes and greater attention to the conservation of the land have strongly stimulated studies and research on the stability of the slopes. This research field has always been very active in Italy; the Finalized Soil Conservation Project of the National Research Council, active between 1968 and 1972, involved geotechnical engineers and geologists from universities and research centres, enabling them to compare cultural interests, scientific knowledge and different study methodologies.

Over the years, geotechnical research has continued to expand on the behaviour and stability of the slopes in the variety of geological and morphological situations and environmental conditions that characterize the Italian territory, and the analysis of the various types of phenomena. The field is today one of the most active and important geotechnical research groups in Italy, so that the Italian Committee is chair-

ing the Natural Slopes and Landslides Joint Technical Committee of the Federation of International Geo-Engineering Societies.

Geotechnics and Heritage is another field of study and research in which Italian geotechnics has always played a very significant role. The ISSMGE Technical Committee TC 301, Preservation of Monuments and Historic Sites, founded in 1981 by J. Kérisel and A. Croce, is supported by the Italian Geotechnical Association since 1989. International symposia on the subject were held in Naples in 1996 and 2012 (Viggiani, 1996; Bilotta *et al*., 2013a). Two interesting volumes collecting exemplar case histories have also been published (Bilotta *et al.,* 2013b; Lancellotta *et al*., 2018). The geotechnical consolidation of buildings and historic and monumental centres, first of all the Tower of Pisa, showed the fundamental importance of the progress of geotechnical engineering in safeguarding the built historic heritage.

Concluding remarks

The historical path in previous point traced the major events that led to accept the soil mechanics as a key discipline in civil engineering. Many examples have been included, that may certainly be source of inspiration. However, the intrinsic complexity of the mechanical behaviour of multiphase granular media and the structural characteristics of natural materials not easily defined in analytical terms, remain an objective hurdle to a deep understanding of the discipline: civil engineers are generally inclined to ignore it, in relegating it to the field of Geology, or relying on a formal application of building rules. Therefore, it happens that a full and rational utilization of the progress made by Geotechnics in almost a century can be found, and not always, only in important public works.

This situation is also influenced by economic factors: field and lab geotechnical investigations, and also analyses and measures needed to correctly approaching a building design, often require times and costs that appear disproportionate for the project value. But it is also noticed that engineers often lack the basis of geotechnical knowledge needed to recognize the existence of a problem, or to set the way to deal with it, or even to look for design alternatives to trivial structural solutions. This situation could be certainly improved by changing university courses in Engineering and Architecture in order to more radically include soil mechanics into basic training. Similar considerations apply, however, to many other areas of engineering.

On the one hand, the continuous and rapid development of technologies, the speed of information exchange, the generalization of numerical modelling systems, on the other hand, the progressive decline in construction activity produced by the saturation of usable surfaces in addition to the present and on-going global economic crisis, would require the formation of engineers with a solid, logical and scientific culture, usable in different fields and ready to follow technological evolutions, rather than a specialization in diversified sectors.

References

Alberti L.B. 1485. *De Re Aedificatoria*, Liber X, XVII.

Amato L. Evangelista A. Nicotera M.V., Viggiani C. 2001. The tunnels of Cocceius in Napoli: an example of roman engineering of the early imperial age. *Proceedings of AITES/ITA World Tunnel Congress*, Milano.

Atterberg A.M. 1911. Lelornas förallande till vatten, deras plasticitetgränser och plasticitetgrader. *Landtbruks Akademiens Handlingar och Tidskrift*, 50, 132-158.

Bilotta E., Flora A., Lirer S., Viggiani C. (Eds.) 2013a. Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites. *Proc. 2nd Int. Symp*. Napoli. London: CRC Press, 794 pp.

Bilotta E., Flora A., Lirer S., Viggiani C. (Eds.) 2013b. *Geotechnics and Heritage*. London: CRC Press, 260 pp.

Boussinesq J.V. 1883. Notes on Mr. Darwin paper "On the horizontal thrust of a mass of sand". *Proc. Inst. Civ. Min. Eng*., 262-371.

Boussinesq J.V. 1885. *Application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du movement des solides élastiques*. Paris: Gauthier Villars.

Collin A. 1846. *Recherches expérimentales sur les glissements spontanés des terrains argileux*. Paris: Carilian-Goeury et Dalmont.

Coulomb C.A. 1767. Essai sur une application des règles de Maximis et Minimis quelques problems de statique relatifs l'architecture. *Memoires de l'Academie Royale des Sciences*, I, 343-382.

D'Arcy H.P.G. 1856. *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*. Paris: Dalmont.

Darwin G.H. 1883. On the horizontal thrust of a mass of sand. *Proc. Inst. Civ. Min. Eng.*, 71, 350-378.

Dupin P.C.F. 1815. Expériences sur la flexibilité, la force et l'élasticité du bois. *Journal de l'Ecole Royale Polytechnique*, 10, 137-211.

Fellenius W.1918. Kaj-och jordraisen i Göteborg. *Teknisk Tidskrift*, 48, 17-19.

Frontard J. 1914. Notice sur l'accident de la digue de Charme. *Annales des Ponts et Chaussées*, 23, 1, 10-20.

Hodgkinson E. 1843. Experiments to prove that all bodies are in some degree inelastic, and a proposed law for estimating the deficiency. *14th Meeting British Ass. For the Advancement of Science, Cork,* 23-25.

Iron Commission 1849. *Report of a Commission appointed by the British Government to conduct a study on the use of iron and cast iron in the construction of railroads and bridges*. Whitehall.

Jappelli R., Marconi N. 1997. Recommendations and prejudices in the realm of foundation engineering in Italy: a historical review. In: *Geotechnical Engineering for the preservation of Monuments and Historic Sites* (Viggiani C. ed.), 191-214. Rotterdam: Brookfield.

Kerisel J. 1975. The XV Rankine Lecture. Old structures in relation to soil conditions. Géotechnique, 25(3), 431-484.

Lancellotta R., Flora A., Viggiani C. (eds.) 2018. *Geotechnics and Heritage: Historic Towers*. London: CRC Press, . 261 pp.

Leibniz 1690. *Matematisches Schriften*. Heidelsheim: Georg Holm Verlagbuchhandlung

Moscatelli M., Pagliaroli A. Cavinato G.P., Castenetto S., Naso G. 2014. Seismic microzonation of Palatine hill, Roman Forum and Coliseum archaeological area. *Bulletin of Eartquake Engineering*, 12, 1269-1275.

Olsson J. 1925. Kolvborr. Ny borrtyp för upptagning av lerprov. *Teknisk Tidskrift*, 55, 13-16.
Palladio A. 1570. *I Quattro libri dell'Architettura*. Libro I, VII, 10-11. Venezia
Pagliaroli A., Quadrio B. Lanzo G. Sanò T. 2014. Numerical modelling of site effects in the Palatine hill, Roman Forum and Coliseum archaeological area. *Bulletin of Eartquake Engineering*, 12, 1383-1403
Patterson K.E. 1916. Kajraset I Göteborg den 5 Mars 1913. *Teknisk Tidskrift*, 46, 281-291
Rankine W.J.M. 1862. *A Manual of Civil Engineering*. London: Griffin & Bohn.
Reynolds O. 1887. Experiments showing dilatancy, a property of granular materials, possibly connected with gravitation. *Proceedings of Royal Institute of Engineers*, n.11, 354-363.
Russo L. 1997. *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico Greco e la scienza moderna*. Milano: Feltrinelli.
Terzaghi K. 1925. Die Berechnung der Durchlässigkeitziffer des Tones aus dem Verlauf der hydrodinamischen Spannungserscheisnungen. Sitzungberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, *Math. Nat. Klasse*, 132, 125-138
Viggiani C. (ed.) 1996 - Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites. Proc. *1st Int. Symp*. Napoli. Rotterdam: Balkema, 880 pp.
Von Gerstner R.J. 1831. *Handbuch der Mechanik.* Leipzig: Herbig.
Zezza F. 1995. *Engineering geology and methods of geophysical prospecting in monumental areas*. CUM University School of Monumental Conservation, 3rd Course, The Conservation Project, Limone sul Garda, 109-123

Note

1. Et si tufus erit aut saxum, in suo sibi canalis excidatur; sin terrenum aut harenosum erit solum, et parietes cum camera in specu struantur et ita perducantur (De Architectura, VIII, 6.3).
2. Crypta is the Latin word and Grotta the medieval Italian word for any underground space, both natural or man-made.

Carmine Colella

Duecento anni di chimica nella Scuola d'Ingegneria di Napoli. Parte prima: Dal decennio francese alla riforma Casati

Abstract

This study aims at reporting the development of the teaching of the chemical sciences in the Engineering School of Naples during its two hundred years of life since its foundation in 1811. It examines the continuous adaptation of contents and programs of the subject to the needs of training more and more proficient professionals in civil and industrial engineering.

In the present first part of the study the analysis is focused on the first 50 years of life of the School, until the proclamation of the Italian Unification (1861), starting from the introduction of chemistry as a side subject (1811), through its disappearance (1815-1829), until its reintroduction as one of the main subjects (1839).

This review includes also some short biographical notes of the main teachers, contributing to the knowledge of little known or completely forgotten scientists, such as the physicist Giuseppe Conti and the chemist Filippo Cassola.

1. Introduzione

L'inclusione della chimica nel corso di studi per conseguire il titolo, ed esercitare la professione, di ingegnere nel Regno di Napoli – inizialmente come strutturista, in seguito anche come industriale – ha origini remote, perché risale all'istituzione della *Scuola di Applicazione de' Ponti e Strade*, avvenuta, nel cosiddetto *decennio francese*, per decreto di Gioacchino Napoleone (D. R. n° 923 del 4 marzo 1811). Il fatto, seppur meritevole di considerazione per il ruolo, quantunque non decisivo, che alla disciplina veniva riconosciuto nella formazione dell'ingegnere, ebbe peraltro a lungo un rilievo puramente formale, tanto che si può affermare che la chimica d'Ingegneria abbia avuto origine solo negli anni post-unitari, quando fu istituita la *Chimica docimastica*, una disciplina di rilevanza professionale, antesignana, attraverso una serie di passaggi, dell'attuale *Scienza e tecnologia dei materiali*.

Se all'introduzione della chimica docimastica nel corso di studi d'Ingegneria e alla sua evoluzione in Italia, in particolare a Napoli, è stata dedicata una qualche attenzione (Colella e D'Auria, 2016), la storia dei primi cinquant'anni di insegnamento della chimica di base è rimasta piuttosto oscura e quasi per nulla indagata.

È da considerare che la chimica, nata pochi decenni prima con la rivoluzione lavoisieriana, era all'inizio dell'Ottocento una materia ancora poco popolare in Italia, spes-

so ancella di altre discipline, in specie della fisica, di cui veniva talvolta considerata parte, e soprattutto della medicina, visto che i primi cultori della materia furono soprattutto i medici. È peraltro indubitabile che i napoleonidi, nell'ambito della riforma degli studi, specialmente tecnici, che avviarono nel Regno di Napoli nel loro breve periodo di governo, un ruolo alla chimica furono indotti a conferirlo, sia perché ispirati da precedenti esperienze d'oltralpe – la stessa creazione della Scuola era stata suggerita da un'analoga istituzione francese – sia per una forma di orgoglio nazionale, visto che la chimica era all'epoca considerata, non senza qualche ragione, una scienza francese.

La presente memoria mira ad analizzare, sulla scorta della documentazione disponibile[1], il ruolo, ancorché marginale, che la chimica ebbe nella formazione dei primi ingegneri del Regno di Napoli e a tracciare dei profili quanto più completi dei protagonisti dell'insegnamento della materia, personaggi frequentemente dimenticati o noti per motivi diversi da quelli di cui si occupa questa nota.

2. Il debutto della chimica d'Ingegneria e il suo primo docente

Nel Regolamento, connesso con l'istituzione della Scuola, di durata triennale, vengono indicati i criteri per l'ammissione degli allievi (in origine solo dodici), il programma, la durata e lo svolgimento dei corsi e norme varie di carattere organizzativo (D. R. n° 924 del 4 marzo 1811). È da sottolineare che, per essere ammessi alla Scuola era necessario superare prove di idoneità e di cultura, ma non era prevista la pre-acquisizione di specifici titoli scolastici, pur se venivano richieste conoscenze adeguate di matematica, di *statica applicata agli equilibri delle macchine le pi*ù semplici, delle lingue latina, italiana e francese e abilità nel disegno ornato[2].

I docenti previsti per la Scuola erano solo quattro, che però, operando su tre anni, in realtà insegnavano diverse materie e quindi erano – o erano ritenuti –competenti di ampie aree disciplinari. Per le scienze di base, esclusa la matematica, che si dava per già acquisita, era previsto dunque un solo docente, che conglobava i saperi di fisica sperimentale, chimica e mineralogia. All'art. 2 veniva precisato che *in questa lezione* [quella di mineralogia, *NdA*] *si avrà in veduta d'instruire gli alunni mezzamente nella professione di ingegnere delle miniere, per quanto lo richiede la natura del suolo di questo regno*, ovvero, per quel che si comprende, l'insegnamento della mineralogia non aveva tanto valenza di cultura generale, ma era piuttosto orientata a conferire solo specifiche competenze.

Nei voti del decreto i professori sarebbero dovuti essere scelti nel novero degli appartenenti al *Corpo degli Ingegneri di Ponti e Strade*, istituito qualche anno prima (D. R. n° 261 del 28 novembre 1808), ma non fu così, anzi per il docente di *Fisica, chimica e mineralogia*, si dovette addirittura cercare fuori del Regno, nominando l'abate Giuseppe Conti, emiliano.

Questi era infatti nato a Pellegrino Parmense il 17 gennaio 1779. Avviato agli studi ecclesiastici, studiò a Parma, nelle scuole dirette dai Gesuiti, sia discipline



Giuseppe Conti.

umanistiche, che tecniche (soprattutto fisica e matematica), per le quali aveva particolare predisposizione. Al termine degli studi, nel 1801, fu ordinato sacerdote. Avuto l'incarico di ripetitore di fisica sperimentale e matematica nel Collegio Lalatta di Parma, entrò nelle grazie di Catherine-Dominique de Pérignon (1754-1818), governatore napoleonico del Ducato di Parma, che, quando nel 1808 si trasferì a Napoli alla corte di Gioacchino Murat, lo portò con s**é** come istitutore dei propri figli. In considerazione delle buone prove fornite in qualità di docente a Parma, appena giunto a Napoli, nel 1809, Conti venne eletto socio corrispondente del Reale Istituto di Incoraggiamento alle Scienze Naturali. Due anni dopo, il 5 giugno 1811, fu nominato, come detto, professore di Fisica sperimentale, chimica e mineralogia nella neonata Scuola di Applicazione di Ponti e Strade, incarico che mantenne fino al rientro dei Borbone, a conclusione del decennio francese. Non risulta che abbia avuto altri incarichi d'insegnamento nel prosieguo. Dotato di grandi capacità tecniche, s'impegnò invece in un'instancabile attività di progettista, inventore e costruttore di macchine e di consulente per la risoluzione di problemi ingegneristici. Aveva attrezzato per questo un'officina meccanica in vico Croce S. Agostino alla Zecca, nell'area di Forcella, dove si diceva in grado di costruire, su ordinazione, decine di apparecchiature e strumenti diversi[3].

Fra le tante invenzioni di interesse pubblico, che mise a punto, sono da citare (Giucci, 1845): due torchi per la coniazione di monete, ordinatigli dalla zecca reale; un *fornello fumivoro* per l'essiccazione del legname da costruzione; un ponte sospeso in ferro, che si distingueva per leggerezza, eleganza e solidità, per il quale nel 1824 gli fu concessa dal sovrano una privativa, ovvero un brevetto. Un altro brevetto lo ottenne per un particolare tessuto in lamine di ferro per armare i tetti; un altro ancora nel 1832 per l'ideazione di una macchina a vapore, e nel 1837 un ultimo, della durata di dieci anni, per un sistema di mietitura e molitura dei cereali. Risolse inoltre brillantemente, a San Leucio, un problema di carattere idraulico, che impediva il corretto funzionamento della filanda, e ideò un sistema per incrementare il flusso di correnti d'acqua a bassa velocità. Ricevette per tutti questi ritrovati, e molti altri ancora, benemerenze e grande considerazione. Fu così che fu chiamato a far parte della *Commissione de' pesi e misure* per l'applicazione del sistema metrico e, nel 1845, durante il VII Congresso degli Scienziati, che si tenne a Napoli, fu eletto a far parte della *Commissione per le Irrigazioni* del Regno. In letteratura viene anche riportato che si dilettò nelle lettere e fu un abile verseggiatore. Morì a Napoli il 9 maggio 1855.

Nell'Archivio di Stato di Napoli[4] vi è una sufficiente documentazione per delineare il percorso didattico di Conti alla Scuola di Applicazione. Conti venne nominato

professore di Fisica sperimentale, Chimica e Mineralogia con D. R. del 5 giugno 1811 con un trattamento economico di 30 ducati al mese. Si diede subito da fare, richiedendo un laboratorio e le relative attrezzature. Chiese inoltre che gli venisse assegnato un *esperto tornitore ed eccellente meccanico* nella persona di tal Bonaventura Bandieri (1783-1858) di Parma, cosa che gli venne concessa, ma con circa un anno di ritardo rispetto alla richiesta. Prima di iniziare le lezioni, differite di un paio di mesi rispetto alla data ufficiale, presentò, secondo prassi, il programma, che descriveva in dettaglio gli argomenti relativi alle tre materie. Seppure non sempre si osserva una netta differenziazione negli argomenti tra le tre discipline, la chimica era impartita sostanzialmente al primo anno, mentre negli altri due veniva trattata soprattutto la fisica. La mineralogia, vien detto, veniva svolta *per quella parte che ha stretto legame colla chimica*. Gli argomenti chimici che vengono espressamente indicati sono l'affinità, le sostanze semplici, i gas, il carbonio e i suoi composti, gli acidi e le basi principali, le terre, i metalli. Particolarmente sviluppata è la parte sui gas, in evidente relazione con i progressi recentemente conseguiti nella chimica pneumatica. Come libro di testo venne adottato quello, in quattro volumi, di Giovanni Battista Moratelli[5], dal titolo *Lezioni di fisica moderna*.

L'esame del programma di chimica, soprattutto se confrontato con quello di fisica, appare scarno ed essenziale, limitato sostanzialmente alle nozioni elementari. A giudicare dai risultati conseguiti dagli studenti, nelle prove sia di fine anno che di fine corso, pure disponibili in Archivio, si deduce comunque che il corso complessivo, multidisciplinare, era particolarmente ostico, visto che gli allievi riportarono in assoluti i voti più bassi, rispetto a quelli di Meccanica, Costruzioni, Geometria descrittiva e Stereotomia e Disegno.

3. Gli anni dell'esclusione

Dopo la Restaurazione, nel 1815, Ferdinando di Borbone, ripreso possesso del Regno, provvide ad abrogare molte delle riforme introdotte dai francesi, salvo poi riconoscerne, seppure non esplicitamente, la validità e ripristinarle. Così avvenne per il Corpo degli Ingegneri di Ponti e Strade e per la sua Scuola di Applicazione, che una volta soppressi, vennero di fatto ricostituiti. Dopo l'istituzione di una *Direzione di Ponti e strade* dell'11 febbraio 1817, cui con D. R. 26 novembre 1821 fu aggiunto il ramo delle acque e foreste e della caccia, fu la volta della Scuola che tornò a vivere con D. R. n° 1374 del 10 novembre 1818. Inopinatamente, però, nel contesto delle modifiche rispetto al precedente assetto, venne abolito l'insegnamento di Fisica sperimentale, Chimica e Mineralogia, nella supposizione che le relative cognizioni fossero già state acquisite dagli allievi in precedenza. Un'altra rilevante innovazione fu la riduzione del corso degli studi da tre a due anni.

Fu però solo con la nomina a direttore di *Ponti e Strade* di Carlo Afan de Rivera (1779-1852), che governò questo importante settore della pubblica amministrazione

per 28 anni, che furono registrate le maggiori innovazioni nell'istituzione, sia in ambito strutturale che in quello organizzativo. Per quel che riguarda, in particolare, la Scuola, si provvide a potenziarla tramite l'incremento del numero dei docenti, che passarono da quattro a sei, e il raddoppio, da due a quattro anni, della durata degli studi. Vennero inoltre reintrodotte le discipline di *Chimica e Mineralogia*, ma non Fisica, *per ciò che riguarda le costruzioni*, ovvero con un taglio, almeno nelle intenzioni, applicativo (D. R. n° 591 del 25 febbraio 1826).

Di fatto questo progetto non fu pienamente attuato, se non in anni successivi. Al momento si preferì affidare la disciplina naturalistica a Matteo Tondi[6], mentre, almeno fino al 1829, la chimica non venne attivata. Si convenne presumibilmente che le nozioni di scienze della terra avessero maggior rilievo per la preparazione degli ingegneri, per quel che concerne sia la conoscenza dei suoli, che quella dei geomateriali, impiegati più o meno direttamente nelle costruzioni, ma non è escluso che questa scelta denunci anche qualche difficoltà nel reperire un docente che ricoprisse entrambe le competenze.

Nel 1829 venne finalmente nominato il docente di *Chimica* nella persona di Nicola Covelli[7], ma il giovane e valente studioso morì prematuramente, a soli 39 anni, dopo aver tenuto solo quattro lezioni!

4. La chimica va a un vero chimico: Filippo Cassola

L'anno successivo ancora una novità. La chimica venne recuperata, ma proposta in associazione con la fisica e l'agronomia, discipline impartite nel secondo biennio (Maiuri, 1836). L'inserimento dell'agronomia, contrariamente a quanto si può immaginare, era tutt'altro che inappropriato, non solo per il rilievo che il legno aveva nelle costruzioni, ma altresì per il fatto che i tecnici che si andavano a formare dovevano occuparsi anche di foreste. La nuova cattedra di *Fisica, Chimica e Agronomia* fu assegnata a un insigne agronomo, Luigi Granata[8], ma nel riconoscimento della rilevanza della chimica e nella consapevolezza che Granata non ne era esperto, come egli stesso ammetteva (Granata, 1830), si nominò un professore aggiunto nella persona di Filippo Cassola, un chimico di buona reputazione.

Ancora una modifica nell'anno scolastico 1839-40. Alla chimica venne finalmente riconosciuto il ruolo formativo che le è proprio nella preparazione di un ingegnere e si provvide pertanto a riproporre la cattedra di Chimica e Mineralogia, già prevista nella riforma del 1826. Si risolse così anche il problema della mineralogia, che aveva avuto difficoltà a trovare un degno titolare dopo la morte di Tondi[9]. Filippo Cassola, fino a quel momento *aggiunto*, diventò così professore ordinario dell'insegnamento bi-disciplinare, ma, data la sua formazione e le sue credenziali, l'impronta che dette al suo magistero fu di fatto a forte connotazione chimica. Concordemente con tali provvedimenti, la cattedra di Luigi Granata venne ridenominat *Scienza silvana e Agronomia*, rientrando così pienamente nelle competenze del docente.



Filippo Cassola.

Filippo Cassola[10] era nato a Ferrandina, nel materano, il 12 settembre 1792. Figlio di un giudice regio di Positano, temporaneamente distaccato in Lucania, fu indirizzato verso studi di carattere scientifico, quindi medico/farmaceutici, seppure non si dispone di documentazione che lo attesti. A 18 anni fu assunto come *capo giovine* nell'ospedale degli Incurabili di Napoli, dove nell'arco di alcuni anni, divenne operatore e collaboratore di Luigi Sementini[11]. È verosimile che proprio la frequentazione con l'illustre maestro lo abbia indirizzato verso la scienza chimica, che proprio in quegli anni riceveva la massima propulsione dopo la rivoluzione lavoisieriana. Negli anni successivi lo troviamo infatti costantemente impegnato in ambito chimico. Insegnò per qualche tempo come docente privato, poi, all'inizio degli anni '20, acquisì il titolo e la posizione di operatore presso la cattedra di *Chimica applicata alle Arti*, di recente istituita, che tenne per circa dieci anni. Nel 1830 divenne, come detto, professore aggiunto di *Chimica* presso la Scuola di Applicazione di Ponti e Strade, prima di ricoprire, dal 1839, la cattedra di Chimica e Mineralogia presso la stessa istituzione. Dal 1836, intanto, aveva anche ottenuto l'insegnamento di *Chimica e Fisica* presso il R. Collegio militare della Nunziatella, incarico dal quale fu rimosso nel 1848 per aver manifestato simpatie liberali. Nel 1851 gli fu tolta anche la cattedra, si dice, per colpa dei figli che avevano professato sentimenti antiborbonici. Gli ultimi anni di vita furono travagliati per le ristrettezze economiche (aveva un sussidio di soli 10 ducati al mese) e per il dispiacere di non aver visto riconosciute le sue aspettative di docente dall'amministrazione universitaria post-borbonica. Nell'ottobre del 1860, nell'ambito della riforma dell'Università di Napoli attuata da Francesco De Sanctis, fu nominato professore emerito, magra consolazione anche dal punto di vista economico, di cui frequentemente si lamentò. Fu socio di varie Accademie: ordinario della Pontaniana a partire dalla metà anni '30 e corrispondente del R. Istituto di Incoraggiamento di Napoli dal 1817, dell'Accademia delle Scienze di Torino dal 1835, dell'Accademia Gioenia di Catania dal 1827, e di altre ancora. Si spense a Napoli il 25 luglio 1869.

Cassola fu un prolifico e fortunato autore di apprezzati manuali. Si ricordano un *Corso elementare di chimica* in 4 volumi pubblicato a Napoli fra il 1823 e il 1825, quando era ancora un docente privato, successivamente ampliato, dopo una serie di viaggi di studio, nel *Trattato di chimica elementare teorico-pratica, applicata alla medicina, alla farmacia, all'agricoltura all'orittognosia ed alle arti* in 4 volumi (1830-34), e ulteriormente esteso e ripubblicato con titolo leggermente diverso in 5 volumi nel 1835-39; un *Dizionario di farmacia generale* nel 1836; e un *Trattato elementare di fisica applicata alle scienze naturali e alle arti* nel 1845-46. Svolse un gran numero di ricerche in diversi settori della chimica, eminentemente applicata[12].

Nell'ambito della chimica inorganica, si ricordano uno studio sui cloruri di mercurio del 1825 e su un cospicuo numero di alosali e ossisali di litio e di zirconio e su bromati e iodati di diversi metalli del 1832. In chimica organica sono di rilevo la separazione e lo studio della *cubebina* e della *lupinina*, due composti organici estratti, rispettivamente, dal pepe cubebe e dal lupino, nel 1834, l'estrazione dello iodio da un'alga marina nel 1822 e un processo per la preparazione del solfato di chinina nel 1828. Si ricorda, inoltre, una vasta indagine sulla sensibilità agli acidi e alle basi di oltre 200 tinture vegetali, con la scoperta, nel 1817, che il più efficace *indicatore cromatico* era una tintura alcoolica di *raphanus sativus*. Analizzò anche diverse acque termo-minerali e fu un abile inventore: fra le altre realizzazioni, sono da ricordare un inedito termometro ad aria per inversione nel 1826 e un meteoroscopo, per il quale gli fu concesso un *privilegio di privativa* di cinque anni nel 1825.

Non si hanno notizie dirette sul programma dei corsi svolti da Cassola sia da professore aggiunto che da titolare di cattedra. Si ha però ragione di ritenere che, almeno per quanto riguarda la chimica, l'impegno fu massimo e la materia fu affrontata in modo tutt'altro che superficiale, come suggerito dal testo adottato, il suo *Trattato*, di oltre 2000 pagine, in cui accanto alle nozioni di base, vengono proposti argomenti di chimica applicata alle arti, compresa l'ingegneria, che avrebbero costituito in seguito il fulcro di discipline *materialistiche* come la *Chimica docimastica* e la *Chimica Applicata*.

5. Arcangelo Scacchi, l'ultimo docente di chimica prima della riforma Casati

Conclusasi, seppure forzatamente, l'esperienza di docente di Cassola, con D. R. del 2 settembre 1852 l'insegnamento di *Chimica e Mineralogia* andò ad Arcangelo Scacchi, che dal 1844 ricopriva la cattedra di *Mineralogia* presso la Facoltà di Scienze (Mottana, 2010).

Scacchi, che era genero di Cassola, avendone sposata la figlia primogenita Giovannina, era nato a Gravina di Puglia, in provincia di Bari, il 9 febbraio 1810. Studiò Medicina a Napoli, laureandosi nel 1831, ma non fu mai medico. Interessato infatti alle scienze della natura, si impegnò nello studio della zoologia e della botanica, ma soprattutto della mineralogia, dove ebbe per maestro Matteo Tondi[6], che, notatene le grandi capacità, lo introdusse nell'ambiente universitario e ne favorì la carriera. Quando Tondi morì, si stentò a trovarne un successore, fino a quando fu proprio Scacchi che, nel 1844, ne ereditò la cattedra, mantenuta poi fino al 1891. Nel campo della ricerca, dopo un inizio come malacologo e paleontologo, orientò i suoi studi in campo geo-mineralogico, occupandosi soprattutto di mineralogia e geologia regionale (Vesuvio, Campi Flegrei), nei cui settori dette contributi fondamentali. Fu un im-



Arcangelo Scacchi.

portante studioso dei minerali vesuviani, di cui scoprì non meno di due decine di specie inedite. Mise insieme una cospicua collezione di minerali, che fu poi inglobata in quella del Real Museo di Mineralogia, che egli stesso aveva contribuito a costituire, acquisendo i campioni collezionati da Tondi e dall'altro grande mineralogista Teodoro Monticelli[7]. Fu anche un eminente cristallografo. Pubblicò oltre un centinaio di memorie, alcune delle quali diffuse e apprezzate anche all'estero. Fu preside della Facoltà di Scienze, per due volte rettore dell'Università, nel 1865-67 e nel 1875-77, e socio ordinario di diverse Accademie, fra le quali l'Accademia dei Lincei dal 1875, l'Accademia dei XL, di cui fu presidente per 18 anni, dal 1863, l'Accademia delle Scienze di Napoli, dal 1849 e riconfermato nel 1861, quando si costituì la Società Reale, il Reale Istituto di Incoraggiamento alle Scienze naturali di Napoli, di cui fu presidente dal 1880 alla scomparsa, e l'Accademia delle Scienze di Torino dal 1874. Nel 1861 fu nominato senatore. Morì a Napoli l'11 ottobre 1893 e fu sepolto nel recinto degli uomini illustri del locale cimitero monumentale.

Non si hanno specifiche notizie sul suo impegno didattico nella chimica quale docente della Scuola di Applicazione – peraltro non si dedicò, a differenza del Cassola, alla stesura di manuali – ma si può affermare con cognizione di causa che il suo insegnamento fu diretto soprattutto verso le Scienze della Terra, in particolare alla mineralogia, cui aggiunse la geologia, pur avendo un buon *background* di natura chimica, come dimostrano gli anni che spese a sperimentare sulla sintesi di cristalli artificiali, impiegati anche per studi cristallografici.

6. Conclusione

Nello scorcio di tempo intercorso fra l'istituzione della *Scuola di Ponti e Strade* e l'Unità d'Italia l'insegnamento della chimica per la formazione degli ingegneri ebbe a Napoli, ma anche altrove, momenti di attenzione, alternati a momenti di stasi o di esclusione. Da una parte ci fu il riconoscimento dell'importante ruolo della materia nella costruzione del sapere scientifico, dall'altro però non si intravide l'esigenza di istituire una disciplina che, al di là delle conoscenze di base, conferisse anche una preparazione più orientata verso la professione. I docenti che si alternarono nel cinquantennio nell'insegnamento della materia furono peraltro, con l'eccezione del solo Cassola, inidonei, perché di formazione non specifica o di cultura completamente diversa da quella che sarebbe stato necessario possedere.

Bibliografia

Colella C., D'Auria M. (2016), *La Chimica Docimastica di Francesco Mauro*, Potenza, EditricErmes, pp. 28-37.

Gaudiano A., Nicolaus R. A. (1995) Filippo e Carlo Cassola: due chimici fra i Borbone e i Savoia, in *Atti del VI Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica,* a cura di P. Amat di Sanfilippo, *Rend. Acc. Naz.le delle Scienze detta dei XL*, Serie V, Vol. XIX, parte II, p. 397-403.

Giucci G. (1845), *Degli scienziati italiani formanti parte del VII congresso in Napoli nell'autunno del MDCCCXLV. Notizie biografiche*, Napoli, Tipografia Parigina di A. Lebon, pp. 419-421.

Granata L. (1830), *Prolusione per l'apertura della nuova cattedra di Fisica, Chimica, ed Agronomia istituita nella R. Scuola di applicazione degli Ingegneri di acque e strade in Napoli*, Napoli, Nel Gabinetto Bibliogr. e Tipogr., p. 16.

Maiuri A. (1836), *Delle opere pubbliche nel Regno di Napoli e degl'ingegneri preposti a costruirle*, Napoli, Dalla Stamperia e Cartiera del Fibreno, 146 pp.

Mottana A. (2010), Arcangelo Scacchi nel bicentenario della nascita, *Rend. Acc. Naz.le delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze fisiche e naturali*, Serie V, Vol. XXXIV, parte II, p. 17-29.

Russo G. (1967), *La Scuola d'Ingegneria in Napoli 1811-1967*, Napoli, Istituto Editoriale del Mezzogiorno, 552 pp.

Note

1. Un riferimento costante quale fonte di informazione per la stesura della presente nota è stato il lavoro di ricerca storica sulla Scuola d'Ingegneria, effettuato in occasione del trasferimento della Facoltà dal centro storico a Piazzale Tecchio (Russo, 1967).
2. Per la verità una prelazione, almeno sulla carta, esisteva, ma a futura memoria, perché nell'art. 1 del decreto istitutivo della Reale Scuola Politecnica e Militare, pure voluta da Murat sul modello dell'École *Polytechnique* francese, veniva esplicitamente detto che *era destinata a propagar la Coltura delle scienze matematiche e chimica, dell'arte militare, delle arti grafiche, e delle belle lettere, per fornire gli ufficiali di Cavalleria e di Fanteria alla Nostra Armata; e per formare gli allievi delle scuole di applicazione dell'artiglieria di terra e di mare, del genio, degl'ingegneri geografici, degl'ingegneri di Costruzione marittima e di quelli di ponti e strade* (D. R. n° 111 del 13 agosto 1811).
3. È quanto si legge in annunci pubblicitari, apparsi su quotidiani dell'epoca, per esempio sul *Giornale del Regno delle Due Sicilie*, n° 110 di sabato 21 maggio 1812, p. 440, e ancora, quindici anni dopo, nella *Gazzetta di Parma*, n° 10 di sabato 3 febbraio 1827, alle pp. 37-40.
4. Archivio di Stato di Napoli, Fondo *Ponti e Strade*, Buste 136-145, relative all'avvio delle attività dell'istituzione (anni 1811-1815).
5. Giovanni Battista Moratelli (1722-1798), arciprete, fu professore di *Fisica* nel liceo nazionale di Ferrara.
6. Matteo Tondi (1762-1835), era un famoso naturalista, in possesso, altresì, di profonde conoscenze di chimica, essendo stato il primo in Italia, e uno dei primi in Europa, a diffondere il verbo della *nouvelle chimie* lavoisieriana. Dopo una lunga permanenza all'estero, dove si era fatto grandemente apprezzare per la sua preparazione e le sue capacità da eminenti scienziati europei con i quali aveva collaborato, ricoprì dal 1815 la cattedra di *Geognosia* in Facoltà di Scienze e disimpegnò, nel contempo, l'ufficio di Ispettore di Acque e Foreste presso la Direzione di Ponti e Strade.
7. Nicola Covelli (1790-1829), di Caiazzo nel casertano, intraprese studi di Medicina, che non completò, preso dall'amore per la chimica e per la botanica. Nel 1812 fu inviato dal governo a Parigi allo scopo di perfezionarsi nelle due discipline di interesse. Tornato in patria, notevolmente arricchito di conoscenze dalla frequentazione di illustri scienziati francesi, fu chiamato nel 1815 a ricoprire la cattedra di *Chimica e Botanica* presso la

Reale Scuola Veterinaria. Perse l'insegnamento a causa del coinvolgimento nei moti del 1820-21 e visse un periodo di grandi stenti, aiutato da amici, fra i quali l'abate Teodoro Monticelli (1759-1845). Solo nello scorcio finale della sua breve vita fu designato a ricoprire il ruolo di professore di *Chimica* nella Scuola di Ponti e Strade. La sua produzione scientifica fu in gran parte orientata in campo mineralogico, specie nello studio di minerali di origine vulcanica. Notevole il suo *Prodromo della mineralogia vesuviana* (1825), il primo catalogo di minerali del Vesuvio, scritto in collaborazione con Monticelli. Si occupò anche di idrologia, eseguendo, da solo o in collaborazione, molte analisi di acque del territorio campano. Fu socio di varie accademie, in particolare fu ordinario della Pontaniana, dell'Accademia delle Scienze (è nell'elenco del 1825) e dal 1819 del R. Istituto di Incoraggiamento alle Scienze Naturali.

8. Luigi Granata (1776-1841), lucano di Rionero in Vulture, di buona famiglia (il padre era medico e possidente), studiò Giurisprudenza a Napoli, e vi si addottorò. Ma la sua passione era l'agricoltura, così, tornato nei luoghi di origine, s'impegnò in studi naturalistici e nella conduzione delle proprietà agrarie della sua famiglia. Pubblicò nel 1824 le *Teorie elementari per gli agricoltori* in 3 volumi, un'opera di taglio divulgativo, che ebbe notevole seguito e apprezzamento. Il successo delle *Teorie* lo incoraggiò a impegnarsi nella creazione di un'azienda sperimentale che assolvesse alle finalità di sperimentazione avanzata. Costituì anche una società per l'acquisizione di un esteso fondo nella piana di Eboli, dove far partire l'iniziativa, ma il progetto non si realizzò. Nel 1830 pubblicò l'*Economia rustica per lo Regno di Napoli* in 2 volumi. Il suo riconosciuto impegno nel promuovere lo sviluppo dell'agricoltura nel Regno gli valse, nel 1830, la cattedra presso la Scuola di Applicazione di Ponti e Strade, che tenne fino alla scomparsa. Pubblicò anche, nel 1839, gli *Elementi della agronomia e della scienza selvaria ad uso della Scuola di Applicazione di Ponti e Strade* e parecchie altre opere, quasi sempre di carattere divulgativo. Fu socio ordinario dell'Accademia Pontaniana (è nell'elenco del 1832), di cui fu anche segretario aggiunto, e corrispondente del R. Istituto di Incoraggiamento alle Scienze Naturali, dal 1831, e della R. Società Agraria di Torino, dal 1836.
9. Lo si deduce dal fatto che nella lista dei professori della Scuola riportati nell'Almanacco Reale del Regno delle Due Sicilie (anni 1836 e 1839) il docente di Mineralogia non è indicato.
10. Parte delle notizie biografiche su Filippo Cassola è stata desunta da un articolo di Gaudiano e Nicolaus (1995).
11. Luigi Sementini (1777-1847) fu per 40 anni titolare della cattedra di Chimica filosofica nell'Università, ma anche autorevole clinico nel grande ospedale napoletano.
12. In un dettagliatissimo curriculum scientifico da lui stesso pubblicato in coda a un volume nel 1838, elenca: 16 memorie chimiche, 7 articoli di analisi chimiche, 6 memorie chimico-farmaceutiche e 4 memorie *appartenenti alla tecnologia in generale*.

Emanuela Guidoboni

Florence: the effects of earthquakes on the artistic heritage. Method and historical sources (15th-20th centuries)

Abstract

The urban and social life of Florence, a legendary city in the world of art, has been extraordinarily well documented for over eight hundred years. We known earthquakes since the 12th century (1148, 1293, 1325, 1345, 1399, 1414, 1426), but only since the middle of the 15th century the sources provide information on the seismic damage on the monuments.

In the 90's of the twentieth the seismicity in Florence have been the subject of study, they provided an overall picture of the seismic hazard, without specific insights into the effects on monumental heritage. The earthquakes that caused most damage were in 1453 and 1895, the latter being the best documented by historical sources. A *corpus* of direct historical sources is sizable and it makes Florence a case study of particular interest.

The different types of sources available (administrative documents, reliable chronicles, technical and scientific reports, etc.) enable us to paint a fairly complete picture of the effects of an earthquake on the monuments of the city. This note seeks to assess this knowledge and make available the information contained in the original sources, which have hitherto mostly been unpublished. The *Appendix* contains some relevant medieval sources.

1. Florence: a case study

The city of Florence, famed throughout the world for its history and art heritage, does not have a 'seismic' image of itself. Its long endurance and prestige, and the concentration of artworks here may seem very far-removed from any seismic damage. Yet Florence's long urban history is not extraneous to the effects of earthquakes. Some epicentres are located very close to the city, while others are in the Apennines, and over time have caused damage.

Florence represents a case, perhaps an extreme one, of how seismic effects that are not high as a whole, may still determine high risk levels, owing to the particular value of the building heritage exposed. This building heritage is in turn a container of other values (museums, galleries, historical libraries, etc.), so that even non-serious damage can be the cause of high losses or high costs for repairs and restoration work.

The seismicity in Florence have been the subject of study in the last few decades: Crespellani *et al*. (1992) presented the first elaboration of seismic hazard to Florence on the grounds of the data available in the Italian parametric catalogues; Guidoboni and Ferrari (1995) reviewed and summarized 131 earthquakes having potential interest for Florence on a historical basis and indicated the likely return time for some classes of events.

These early analyses have established a precise correlation between Florence and earthquakes, which can thus be listed:

i) Florence is a seismic city; this characteristic was well-known in the 19th century, although memory of this fact has been lost;
ii) the long documented history of Florence allows us to exclude the possibility of effects equal to or higher than grade VIII having 'escaped' the written sources;
iii) the seismicity of Florence is characterized by medium-low impact; the historically observed maximum intensity was grade VII MCS. The effects of earthquakes were caused by the activity of at least two seismic sources close to the city. Moreover, even very distant earthquakes in the central Apennines, can cause a certain damage to Florence.

From these early contributions, Cioppi (1991,1995) examined the 1895 earthquake, which hit Florence and its hinterland: that study reappraises the documentation kept in the ancient observatory "alle Querce" and thus does not provide a broad picture of the effects on the city. From the geological point of view, the seismic response of Florence has been examined by Boccaletti *et al*. (1998, 2001). The subject of these authors' analyses is the lesser civil buildings in Florence and solely in relation to the 1895 earthquake, on which some analyses were conducted. From among these analyses the authors used the documentation preserved at the Archivio Comunale of Florence, which is incomplete, but nonetheless very representative (as already stated in Guidoboni and Ferrari, 1995). Vannucci *et al*. (1999) assessed the city's seismic response from the location of housing damage, using municipal assessments.

The contribution by Molin and Paciello (1999) amounts to a new elaboration of the seismic hazard in Florence, calculated by different methods. The intensity data utilised are taken from various authors and catalogues and integrated, when missing, by attenuation laws.

A contribution to Florence's medieval seismicity is contained in Guidoboni and Comastri (2005). This goes deeply into the 1453 quake. In contemporary times the earthquake that most affected lesser civil buildings and monuments is that in 1895, as mentioned, on which Guidoboni *et al*. (2007) contains a description of the damage inside and around Florence and a classification of the effects, summarized for monument in Guidoboni (2018).

2. Goals and method

From the seismological literature we gain an overall picture of the seismic *hazard* assessment in Florence according to the geological and seismic data; regarding the latter, the various authors only refer to the numerical parameters in catalogues. However, such an approach affords no knowledge of the *kinds* of effect on artistic and historical buildings: churches and buildings of unique value, which constitute the great prestige of this city of art, were hit. Which churches, which buildings? what damage had past earthquakes caused them? The aim of this study is thus to make available the descriptive data, utilizing primary historical sources, made up of archival and memorial including many manuscripts not previously analyzed), and technical documents.

This paper also attempts to add some critical elements to the process of hazard assessment for metropolitan areas. Italy has a historically invaluable wealth of data on the seismic response by each building of artistic and historical value, although little use is made of such data. This kind of information, besides better assessing the local hazard, also helps to devise criteria for intervention in protection of the Italian art heritage. Recourse to the seismic history of the buildings is amongst other things already explicitly requested by *Information System Risk Map* the for interventions in seismic areas (Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro– Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, see Cacace, 2015). Just taking account of the overall effects inside town, assessed by degree of intensity, thus entails the loss of informative detail which this paper tries in part to remedy, well knowing that such data err on the low side.

3. Earthquakes and historical sources: an overview

Descriptions of the effects of earthquakes in Florence can be found in the city's precious libraries and historical archives belonging to the state, the municipality and religious institutions.

Numerous earthquakes from the 12th to the 14th century in Florence are recorded by contemporary sources. In all they caused effects ranging between degrees VI and VII of the MCS; they took place in 1148, 1293, 1325, 1345, 1399, 1414, 1426. These earthquakes are recorded in memorial sources written by direct witnesses, though such sources fail to give descriptions of the seismic effects to the city's monuments and are hence not examined here.

From the fifteenth century on, the situation changes. A significant *corpus* of sources on the seismic effects to monuments begins to be available with the earthquake on 29th September 1453 (Io VII-VIII , Mw 5.30), a complex sequence that lasted eight months, down to May 1454. Florence had MCS VII degree effects. One of the most interesting sources is the handwritten diary of a contemporary prior Chiari, preserved among the papers of the convent of Santa Maria Novella and today

at the National Library of Florence, which contains a long description of the effects in the urban area. Other authoritative contemporary sources for this earthquake are the "reminiscences" of Francesco di Tommaso di Giovanni, kept at the Florence Archivio di Stato (hereinafter ASFi), in which are noted day by day the number and the effects of the tremors. An anonymous *Nota*, specifically dedicated to this earthquake is preserved at Florence's Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze includes news of the damage for the area surrounding Florence. Other particulars regarding the city are reported by an anonymous prior (ASFi, Carte Strozziane, Series II, 103). Another anonymous prior also described the damage caused by the strong winds that followed the tremors (Biblioteca Riccardiana Moreniana di Firenze, ms *Moreniani*).

The 1453 earthquake is also remembered in contemporary narrative sources that further enrich the general picture of the effects. These are the chronicles of the humanist and scholar Sozomeno da Pistoia (1387-1458), Antonino Pierozzi (1389-1459) at that time archbishop of Florence and later saint, as well as the historian Domenico Buoninsegni (1348-1466) (see in Appendix).

Over the next century two seismic events affect Florence: indirect local effects from the strong quake in 1542 at Mugello (Tuscan Apennines) and the 1554 earthquake which was far closer to Florence.

On the first quake there is an account by an exceptional author, the Duke of Tuscany Cosimo I de Medici, who was very much struck by the destruction caused by this strong earthquake on 13 June 1542 (Io IX MCS, M_W 5.9). He wrote a letter addressed to Giavanni Bandini (ASFi, *Mediceo*, filza 42, 99) and tried to explain why what was a destructive earthquake for the Apennine villages actually caused relatively little damage in Florence. Following the Aristotelian theory, he attributed the cause to the fact that there were many wells and underground openings in Florence; his text is interesting because it also demonstrates the total absence of the concept of "attenuation" in relation to distance. Florence felt effects equivalent to VI-VII degrees MCS: a number of chimneys fell, walls cracked and suffered, but no important building was explicitly reported to be damaged. Absence of information does not rule out all damage, however.

The earthquake on 28th November 1554 (Io VI-VII, Mw 4.9), with an epicentre very near Florence, is attested by contemporary chroniclers and documents now held at the Archivio di Stato di Firenze (Manuscripts, no. 238), which, however, dates the event slightly wrong, as 29th November. Estimated as a whole at VI-VII MCS, this Florence earthquake brought many chimneys down and probably caused cracks and damage in monumental buildings as well, though there is no specific, direct information.

From the 17th century to the last decade of the 19th century earthquakes caused only slight damage to Florence, without producing a separate category of memorial administrative papers, except for some specific reports regarding the earthquake on 21 September 1695: an event unknown to the catalogues of Italian earthquakes. It

was felt in Florence with effects probably not above V-VI degrees MCS. A few years earlier, in 1691, an inspection of the church of Santa Maria del Fiore was requested by the Grand-duke, Cosimo III de' Medici, after which a report was drafted by Carlo Fontana (son of the better known architect Domenico) on the state of the building, especially Brunelleschi's dome. The report was delivered in 1696, well after the 1695 quake (see Guidoboni 2018, *Appendix*).

The earthquake on 18th May 1895 (Io VIII, Mw 5.4) which is one that caused more damage to Florence (VII MCS), well documented with technical and administrative reports. For this earthquake, post-unification of the Kingdom of Italy (1861), reports on the conditions of monuments were drafted by technicians, both hand-written documents housed at the *Archivio Centrale dello Stato* (ACS Rome) and published ones. On the same earthquake there are also various authoritative scientific studies carried out by seismologists of the day, some of whom were eye witnesses to the earthquake.

At the *Archivio Centrale dello Stato* (Rome) in the section dedicated to the Ministry of Public Education, *Direzione Generale Antichità e Belle Arti*, reports are kept on damage to the architectural and artistic heritage of Florence and surrounding territory, including an overall report drafted by the architect Del Moro (1895), director of the Regional Office for the Conservation of Tuscan monuments, containing valuable information on damage to the monumental patrimony of Florence and surrounding area.

At the Florence *Archivio di Stato* there are minutes concerning the expenses incurred for repair work on ecclesiastic and monumental public buildings of the city. One hundred and ten deeds are held at the *Archivio Storico Comunale* of Florence regarding the 1895 earthquake, consisting of technical inspections to houses, cost estimates and other documents attesting to the effects of the seismic event (Guidoboni and Ferrari 1995, Boccaletti *et al*. 1998, Vannucci *et al*. 1999**).**

Lastly, the Archives of the *Spedale degli Innocenti* holds a file on repairs to the damage suffered by this building. The effects of the earthquake on the Cathedral of Santa Maria del Fiore, the bell tower and the Baptistery were the subject of a specific report by the architect Del Moro (1895-1902), commissioned by the *Deputazione secolare di Santa Maria del Fiore*. For one effect to the Church of San Miniato al Monte the short report by French art historian Gerspach (1896) is precise.

Among the numerous coeval scientific studies on the 18 May 1895 earthquake the works by civil engineer Bassani (1895-1902), and seismologist Father Giovanni Giovannozzi (1895, 1897 and Giovannozzi *et al*. 1895), director of the *Ximeniano* Observatory of Florence, stand out for their importance and detailed information: however, such studies above all take the direction of the cracks and the falling of objects and chimneys in order to determine the epicentre of this earthquake (according to a method in use after the mid-19th century). In particular, the precious research materials collected by Giovannozzi (1895) have recently been published by Cioppi (1995).

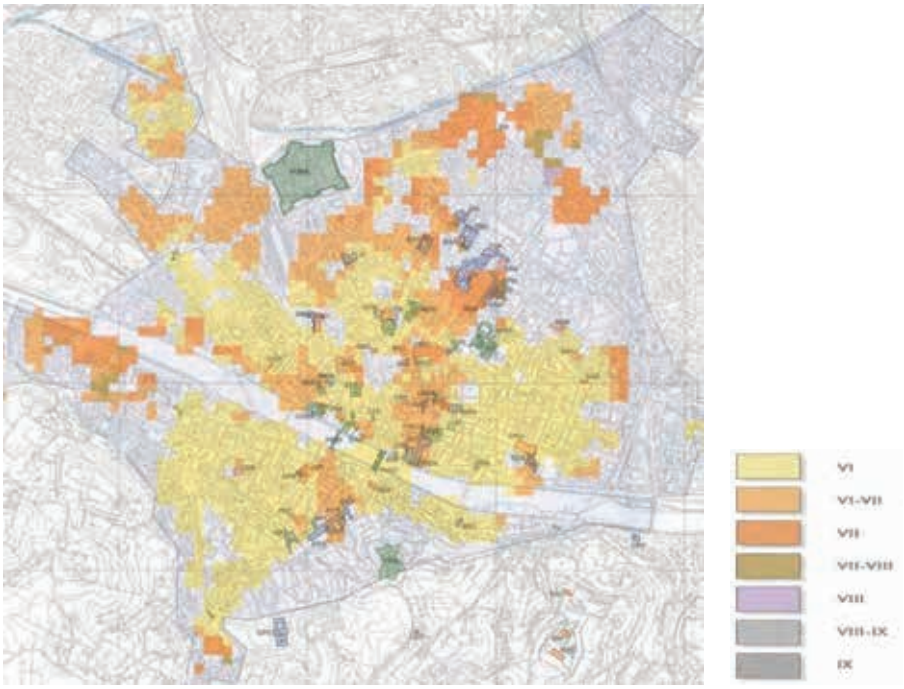


Fig. 1 – Map of Florence: areas with different effects caused by 1895 earthquake (Vannucci et al. 1999).

The reports on monumental building damage in Florence carried out by architect Del Moro are supported in their authoritativeness and detail of information by observations performed by engineer Carlo Bassani and seismologist Giovannozzi. The works of the two scholars converge upon several strands of research: examination of damage to buildings on the basis of the geological lie of the land, differentiation of the damage according to the condition of the buildings, determination of the exact time of the tremor, the search for the epicentres on the basis of building lesion orientation, the direction in which objects fell and the direction in which the tremor was felt by witnesses.

Florence also suffered from distant earthquakes: in March 1873 a quake localized in the Marche (Io VIII, Mw 5.95) caused VI MCS damage to Florence; the same effects again were caused by the Mugello quake (Tuscan Apennines) on 29 June 1919 (Io X, Mw 6.3). This violent event affected a wide area and is well documented (Guidoboni *et al*. 2007). Some not very serious damage to Florentine monuments was described in several newspapers of the day; also on 26th March 1998 (Gualdo Tadino, Perugia, Mw 5.2), Florence suffered a strong propagation along the Arno river.

For Florence's seismic history in summary, see table 1 and fig. 2.

Table 1 – Earthquakes that have caused effects in Florence (Data from CPTI, 2016, 2007)

y	*M*	*d*	*Io*	*Mw*	*IFlorence*	*Epicentral area*
1148 [(a)]	-	-	VII?	-	VII	nk
1293	03	-	VIII	5.7	nr	Pistoia
1325 [(a)]	05	21	nk	-	V-VI	nk
1345 [(a)]	09	9	nk	-	V-VI	nk
1399 [(a)]	07	20	VI	5.14	VI-VII	Modenese Apennines
1414 [(a)]	08	7	VI-VIII	5.6	VII	Metalliferous Hills
1426 [(a)]	-	-	-	-	V-VI	nk
1453	09	28	VII-VIII	5.3	VII	Area surrounding Florence
1542	06	13	IX	5.9	VI	Scarperia – Mugello
1554	11	28	VI-VII	4.9	VI	Florence
1695 [(b)]	09	21	nk	nk	V	nk
1873	03	12	VIII	5.95	VI	Polverina (Macerata)
1895	05	18	VIII	5.4	VII	Florentine area
1919	06	29	IX	6.3	VI	Mugello (Tuscany Apennines)
1998	05	26	VI	5.2	V?	Gualdo Tadino (Perugia)

Legenda y = year; m = month; d = day; Io = epicentral Intensity MCS (Mercalli Cancani Sieberg); Mw = magnitude in CFTI 4Med and CPTI 2016; IFlorence = Intensity Effects in Florence in MCS scale; nk = not known; (a) = general description only; (b) = earthquake non known in the Catalogues.

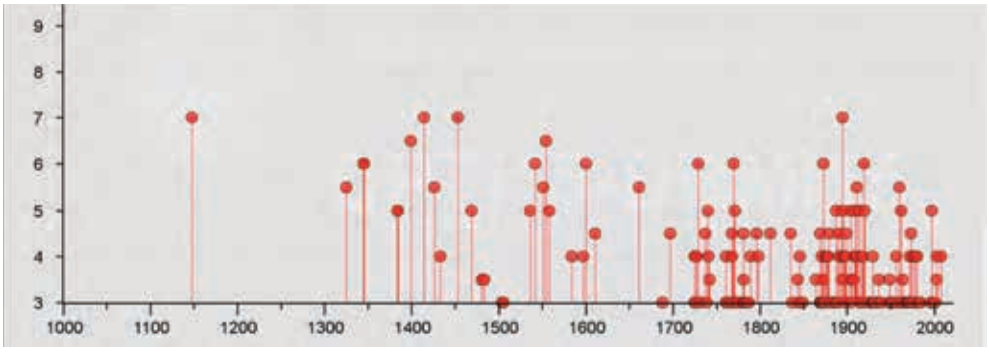


Fig. 2 – Synthesis of the seismic history of Florence (CPTI, 2016).

4. Conclusions

Summarising the data hitherto known to the literature (Guidoboni and Ferrari, 1995; Molin and Paciello 1999, Boccaletti *et al.* 2001) and going by the Catalogues containing sources and descriptions of effects (Guidoboni and Comastri 2005 and Guidoboni *et al*. 2007), it can be said that Florence sustained considerable damage. However, since Florence has a richly documented history from the eleventh century on, we can rule out the possibility of there having been local earthquakes stronger than Mw 5.5 in the last thousand years. As usual, of course, the effects depend on a number of factors, especially the distance from the epicentre and the vulnerability of the buildings.

The *Appendix* contains several medieval sources describing how the overall impact of the 1453 earthquake was perceived by contemporaries. The city was badly shaken, and this is likely to have causd severe and extensive damage to monumental buildings as well, though the authors of the sources had no interest in describing them. The point can only be cleared up by direct inspection of the buildings themselves.

The seismic effects at Florence are comparatively medium-low, having never gone above VII degree intensity, as we see from the wealth of historical sources preserved regarding the town. What focuses attention on seismic effects here is that damage which might be fairly modest in other places would have serious and expensive repercussions to Florence's tourist economy and art heritage.

References

Bassani C. 1895-1902. Prime ricerche sulla provenienza del terremoto di Firenze nella sera del 18 maggio 1895. *Bollettino Mensuale dell'Osservatorio Centrale del Real Collegio Carlo Alberto in Moncalieri*, s.II, voll.15,16,17,18,19,20,21. Torino.

Boccaletti M., Corti G., Gargini A., Gasperini P., Piccardi L., Pranzini G., Vannucci G., Moratti G. 1998. Geologia urbana di Firenze. *Geologia dell'ambiente*, 4, 9-20. SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale).

Boccaletti M., Corti G., Gasperini P., Piccardi L., Vannucci G. and Clemente S. 2001 Active tectonics and sesmic zonation of the urban area of Florence. *Pure Appl. Geophys*., 158(12), 2313-2332.

Cacace C. 2014. Carta del Rischio del Patrimonio Culturale. In: *La tutela alla prova dei terremoti. Il patrimonio storico artistico fra restauri, ricostruzioni e perdite* (Dalai M. e Guidoboni E. a cura di). Economia della cultura, 3-4, XXIV, 429-438.

CFTI = Guidoboni *et al*. 2007

Cioppi E. 1991. Il grande terremoto. *Firenze, ieri, oggi, domani*, 3(22), 50-53.

Cioppi E. 1995. *18 maggio 1895. Storia di un terremoto fiorentino*. Firenze: Osservatorio Ximeniano.

CPTI 2016 = Rovida *et al*. 2016

Crespellani T., Vannucchi G. and Zeng X. 1992. Seismic hazard analysis in the Florence area. *European Earthquake Engineering*, 3, 33-42.

Del Moro L. 1895. Relazione sui danni arrecati ai monumenti insigni dal terremoto del 18 maggio 1895. *Deputazione secolare di Santa Maria del Fiore*, 5-12, Firenze.

Giovannozzi G. 1895**.** Relazione sui danni arrecati ai monumenti insigni dal terremoto del 18 maggio 1895. *Deputazione Secolare di Santa Maria del Fiore*, 21-25, Firenze.

Giovanozzi G. 1897. Il periodo sismico fiorentino 18 maggio 1895- 20 giugno 1896. *Rivista Scientifica Industriale*, 29(1), Firenze.

Giovannozzi G., Vinassa de Regny E., Pimpinelli V. 1895. Nota preliminare sui terremoti fiorentini del 1895. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. Processi verbali*, 9, 268-279, Pisa.

Guidoboni E. 2018. Florence: a first concise dossier of seismic effects on the art heritage (15th-20th centuries). *VII Convegno di Storia dell'Ingegneria, 3rd International Conference Proceedings*, Napoli.

Guidoboni E. and Ferrari G. 1995. Historical cities and earthquakes: Florence during the last nine centuries and evaluations of seismic hazard. Earthquakes in the Past. Multidisciplinary approaches (Boschi E., Funiciello R., Guidoboni E., Rovelli A.), *Annali di Geofisica*, 38(5-6), 617-648.

Guidoboni E. and Comastri A. 2005. *Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean area: 11th –15th century*, Bologna: INGV-SGA.

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G. 2007. *CFTI-4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy from 461 BC. to 2000 and in the Mediterranean area, from 760 BC. to 1500, An Advanced Laboratory of Historical Seismology*, http://storing.ingv.it/cfti4med/.

Molin D. and Paciello A. 1999. Seismic hazard assessment in Florence city, Italy. *Journal of Earthquake Engineering*, 3, 475-494.

Paolucci, A. 1999, ed. *Florence, the history, the architecture, the art of the city. Itineraries along the historical religious heritage*, Florence.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (a cura di). 2016. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*, release 2015, INGV.
https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description_CPTI15.htm.

Vannucci G., Gasperini and Boccaletti M. 1999. Microzonation of the City of Florence by the analysis of the macroseismic data. *24ª Assemblea EGS - NH*, The Hague (L'Aja, The Netherlands), 19-23 April. Mapp in poster section, 1(IV). 841.

Appendix
Three relevant original texts in Latin or ancient Italian relating to the 1453 earthquake

1. Antonino Pierozzi, archbishop of Florence and then saint.
«Terremotus quoque acciderat Florentie, per annos tres antea, penultima Septembris, hora V noctis, vehementer commovens hedificia cuncta cum sonitu non parvo, quod eciam parietes aliquantulum aperiens, magnam debilitationem et comminationem ruine induxit, unde oportuit multa expendere ad fortificationem hedificiorum multorum; nullus ex eis mortuus est, nisi duo ex aliqua ruina; hedificium pene nullum cecidit in civitate vel extra, nisi alique extremitates in summo, ut emissoria fumi ex caminis et merli palatiorum aliqui. Extensus fuit terremotus ille circa XII miliaria circumcirca Florentiam. Aliis quoque diebus sequentibus in nocte vel diluculo vel infra diem acciderunt, sed modici et nullam lesionem operantes».

[Trans.] An earthquake also occurred at Florence three years earlier [in 1453], for on the last day but one of September at the fifth hour of the night it shook all the buildings and was accompanied by a considerable noise, and since it split open some walls, it produced the fear and threat of a disaster. It was therefore necessary to spend a great deal of money in order to reinforce some buildings. There were only two victims among the populace. The event did not cause any building in or outside the city to collapse, except for some upper parts, such as some chimneys and some of the battlements on palazzi. The earthquake extended for about 12 miles around Florence. During the following days, there were more shocks during the night, at dawn or during the day, but they were slight and did not cause damage.

2. Sozomeno da Pistoia (1387-1457) Chronicon universale (1411-1455. ed. G. Zaccagnini, in Rerum Italicarum Scriptores, 2a ed., tomo 16, parte 1, pp.1-74, Città di Castello 1907 – 1908.
«Terremotus magnus Florentie fuit die XXVIII septembris hora quinta noctis dicti anni, et multi camini elapsi et muri aperti fuerunt; qua de re tota civitas fiorentina submota fuit, et quasi omnis populus deinde in viis publicis pernoctabant, et supplicationes quattuor indicte sunt. Et aliqui etiam propter murorum lapsum mortui sunt in lecto dormientes extra ianuam Pinti, nam multos dies frequentarunt terremotus».

[Trans.] There was a great earthquake in Florence on 28 September at the fifth hour of the night in that year [1453], and many chimneys collapsed and walls split open. Consequently, the whole city of Florence was thrown into confusion and so nearly all the people spent the night in the street and four prayer sessions were ordered. And some people were killed when walls collapsed as they lay in bed outside the Pinti gate, for earth tremors continued for many days.

3) Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Conventi Soppressi, Santa Maria Novella, Chiari Priorista,C.4.895, fol.165r.
«Venerdì a dì 28 di settembre a hore cinque e mezzo di notte venne uno grandissimo tremuoto nella nostra città di Firenze et contado che nella detta città chaddono più di mille chammini et dimosse molti luoghi e molte mura et difici et fu sì terribile chelle case sabandonorono et andavono a dormire su pelle piazze et negli orti. Et fu per questo hordinato da monsignore arciveschovo di Firenze 4 dì sandasse a processione con grandissima quantità di donne et huomini et di battuti et durorono detti tremuoti insino a dì 29 doctobre che venivano molto ispesso. Et di poi durorono parecchi mesi che non venivano sì spesso et insino a dì 29 dottobre e signori non dormivano in palagio et se vi dormivano dormivano per le finestre. El primo tremuoto che venne sonorono tutte le champanelle picchole di palagio et molte case rovinorono del nostro contado per modo che gli era uno isbighottimento assentire. Et arestati e tremuoti per tre dì si misse si terribili venti per modo fecion tremare tutte le case che gli huomini antichi dicievano non avere veduto mai più si fatta cosa et per detta cagione e dieci della balya istantiorono lire mille e qua danari fecion dare per lamore di Dio et che preghassino Iddio ci donassi gratia di concederci buona pace et levarci questa influença da dosso».

[Trans.] On Friday 28 September [1453] half way through the fifth hour of the night there was a tremendous earthquake in our city of Florence and its contado. More than a thousand chimneys collapsed in our city, and it shook many places and many walls and buildings, and it was so terrifying that people abandoned their houses and slept in the squares and gardens. And so the archbishop of Florence ordered 4 days of processions, in which a great number of men and women and flagellants [took part], and these earthquakes lasted until 29 October, and occurred very frequently. And then for several months they were less frequent and until 29 October the signori did not sleep in the palazzo, or if they did, they slept at the windows. When the first earthquake came, all the bells in the palazzo rang out, and many houses collapsed in ruins in our contado; there was general consternation. And when the earthquakes stopped, such dreadful winds blew that they made all the houses shake; and old people said they had never seen such a thing, and for that reason the dieci di balia set aside one thousand lire, and they gave that money for the love of God and so that we should pray to God in His grace to grant us a peaceful existence and remove this affliction.

Emanuela Guidoboni

Florence: a first concise dossier of seismic effects on artistic heritage (15th-20th centuries)

Abstract

The high value of Florence's historic buildings points to a high seismic risk vis-à-vis a medium-low seismicity. This concise dossier present the description of the seismic effects regarding 51 buildings (churches, monastery complexes, historic palazzi and some walls / bridges). Different types of sources available (administrative documents, reliable chronicles, technical and scientific reports, etc.) are enable us to paint a fairly a picture of the seismic effects on the monuments of the city. The overall long-term picture of the seismic effects on Florence's artistic and monumental heritage is highlighted. The biggest impact came from the 1453 and 1895 earthquakes, the most documented for Florence. Other damages occurred on 1542, 1554, 1695. The type and location of the effects to an increase in the seismic response in the vicinity of the river Arno, which goes through the city. Indeed Florence suffered from distant earthquakes: so it happened in 1873 (epicentre in the Marche region), 1919 (Mugello, Tuscan Apennines) and 1998 (Perugia area). One notes vulnerability preceding the seismic effects, largely due to a lack of basic maintenance work already in the past.

Introduction

The present dossier describes the effects on monuments, sources for which were selected from the databank in the *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia* (Guidoboni *et al*. 2007) and from a certain amount of in-depth research (Guidoboni, 2018). We here intend to provide sources documenting the seismic damage incurred and the overall picture of events affecting outstanding historic buildings which the experts hardly ever know about.

On the basis of the study of the seismic events that caused damage in Florence some "seismic histories" have been constructed regarding 51 evidences, including 24 churches and monastery complexes, and 27 buildings of other types (*palazzi*, *loggiati* ecc.). These monumental buildings take their name from their original uses: hence, the numerous suppressed monasteries, both in Napoleonic times and in the early days of Italian unification (1861) and subsequently destined for other uses (schools, museums, offices), are presented together with church buildings.

A short reference to the year of building precedes the description of the seismic effects. Specific structural points are not developed – such as that perennial object of study and dispute among architects, Brunelleschi's dome.

As can be observed in the list that follows, in some cases these changes of use may have contributed to aggravating the damage caused by the earthquake: the load-bearing structures may indeed have been weakened by the internal building work required to adapt the building to its new purpose; one case in point is the ancient building of the *Capitano* alongside the *Guelfi*, in which in the second half of the 19th century several internal walls were knocked down in order to create larger rooms and turn it into a school. The vulnerability of buildings before an earthquake is as always a decisive factor for the effects.

Sources are indicated in brackets; the abbreviations used are in *References.*

Seismic damage (in alphabetical order)

1. Santissima Annunziata, church

The basilica-sanctuary of the Santissima Annunziata dates back to the mid-13th century; the present structure and shape of the church are a result of Renaissance extensions in the 15th century, the period when the dome was built - designed by Michelozzo (1396-1472) and constructed by Leon Battista Alberti (1404-1472) - and the sidewalls of the nave were raised.

The earthquake in 1895 accentuated the pre-existing lesions and caused some new ones to open in the church dome; several cracks were observed in the walls of the convent; the bad state of maintenance of the SS. Annunziata complex is stated in the report by architect Del Moro who observed some parts of the decorations in the archway fall, peel or detach owing to the freezing temperatures. Some initial restoration work had already been decided a month before the earthquake (ACS, b.108, fasc.1254, 27 June; Del Moro, 1895).

2. Santissima Annunziata ex-convent or the Murate and S. Caterina

This convent complex dates back originally to 1424, as the *cenobium* of a small enclosed nucleus of nuns (walled in); it was later destroyed by fire in 1471, and again in 1571, following flooding by the River Arno. In 1808, under the Napoleonic suppressions, the building was used as a gaol, enlarging and transforming its structure. At the present time the building complex is fitted out as a temporary exhibition centre.

The earthquake in 1895 caused deep lesions to open in the walls of the gaol and made some chimney stacks collapse; in the section of the building destined as a short-term detention centre the damage was only slight (Del Moro, 1895; Bassani, 1895-1902).

3. Santa Maria Assunta - Badia Fiorentina, church and monastery
The abbey complex was founded in 978 AD by Benedictine monks. Its church was completely renovated in the second half of the 13th century by Arnolfo di Cambio (c.1240 – 1310), an emerging figure in medieval Florentine architecture. The new extension and façade building work was carried out between the end of the 15th century and the start of the 17th century, the date when the complex acquired its current form, with a Greek cross and the church orientation rotated by 90 degrees according to the Arnolfian scheme.

The earthquake in 1895 damaged the celebrated Pandolfini chapel, the work of Benedetto da Rovezzano (1474 - post 1552) at the start of 16th century, rising on the ancient chapel of Santo Stefano: a place venerated in history, since it was here in 1373 that Giovanni Boccaccio gave the first public reading of the Divine Comedy. The 1895 earthquake caused some points of detachment in the vaults of the second floor and the walls supporting the Alighieri tower; the bell-tower was undamaged (ACS, b. 108, fasc. 1254, 27 June; Bassani, 1895; Giovannozzi, 1895; Cioppi, 1991).

4. San Carlo dei Lombardi, church
This church was built between the 14th and 15th centuries; the original late-Romanesque elements are seen from the sandstone façade and hut; the inside is a single nave with a trussed roof. In 1895 the earthquake caused a chimney stack on a nearby house to crash through the church roof (Giovannozzi, 1895; Cioppi 1991).

5. San Giusto alla Calza, church and monastery, bell tower
This church and convent, dating back to the 14th century, is situated in the zone of central Florence most damaged by the 1895 earthquake (Porta and via Romana): the small bell-tower of the church suffered such serious damage as to require demolition; reconstruction started as early as the month after the earthquake. Today the convent is used as an ecclesiastical college and dormitory (ASCFi, filza 1474, *Carte diverse, Prospetto delle case pericolanti*) **.**

The small bell-tower was damaged so badly that it had to be demolished. Work on rebuilding it began the very next month after the earthquake (ACS, b. 108, fasc. 1254, 27 June 1895).

6. Santa Maria del Carmine, church and monastery
This monastery complex, whose church of Santa Maria is above all famous for the frescoed cycle by Masaccio (1401-1428) and Masolino (1383-1440 or 1447) in the Brancacci Chapel, was founded in the 13th century. Over the centuries it underwent several alterations and renovations**.** During the seismic sequence of June-August 1729 several windows were cracked. A near total reconstruction of the church was carried out after the devastating blaze which spread in 1771. The complex was also

damaged by the earthquakes in March 1873 (epicentre in the Marche region) and 1895. The earthquake in 1873 damaged a wing of later construction annexed to the monastery and fitted out as a barracks of the *Corazzieri Reali* (Royal Armoured Guards): the 12 metre long brick vault covering the corridor above the stables collapsed. Following an inspection by the *Genio Militare* some parts that had become dangerous were ordered to be demolished (ASCFi, filza 486, doc. 11266).The earthquake in 1895 damaged both the monastery and the church. The architect Del Moro (1895) noted the collapse of the apse wall against which an organ had leant and a section of the brick vault connected to it; he also noted serious cracks to all the main walls, especially those of the first chapel on the right after the entrance and substantial damage to the former monastery building. Engineer Bassani (1895) observed that the façade of the church displayed a vertical crack and that other cracks had opened up on the sides near the edges of the façade. Inside the church the walls of the cross-vault were damaged. The frescoes of the Brancacci chapel were undamaged. In the large cloister, a square court with 9 inter-columns per side covered on three sides by cross-vaults and by a matt coating on the side alongside the church, nearly all vaulted, suffered horizontal cracks, despite previously being chained, and the matt coating cracked as well. A budget decision dating back to the beginning of 1895 for repairs to the roof of the sacristy may point to some parts of the church complex being precarious even prior to the earthquake (Bassani, 1895).

7. Santa Croce, church and monastery

This famous Franciscan basilica and its monastery forms one of the main works of art in Florence. Santa Croce church, begun in the 13th century under the supervision of Arnolfo di Cambio, was completed in 1385: the plan of the church is that of an Egyptian church with a roof of wooden trusses.

In 1895 the earthquake caused slight damage to the church and greater damage to the monastery complex. As regards the basilica, after surveying the damage, Bassani (1895) believed that the few lesions visible had occurred before the earthquake, while he observed that the bell-tower had suffered no damage at all. Bassani also believed that the slight amount of damage to the church was due to the fact that the arches and walls alone had to support the weight of the roof and were not connected by vaults. As regards the monastery, architect Del Moro (1895) noted widespread and substantial cracking of the walls (Bassani 1895; Del Moro 1895; Giovannozzi, 1895).

8. Santi Gervasio e Protasio, church

The church, situated beyond the Campo di Marte, the foundations of which date right back to c. 11th century, was restored in 1784 and completely rebuilt in 1952 (Oliveti 2008). Thus references to past damage do not regard the present building, but throw interesting light on the propagation of effects.

The 1895 quake caused the collapse of the central arch and the walls of the chapel and the parsonage; the church was closed to worshippers. This church is situated in a Florentine area to the north of the River Arno seriously damaged by the 1895 earthquake (ASC, b. 108, fasc. 1254, 18 May 1895).

9. Jesuits, monastery, today Ximenian Observatory
The Ximenian Observatory, founded in 1756 by Leonardo Ximenes in an ex-Jesuit house dating back to the 16th century, was damaged by the Mugello earthquake on 29th June 1919 (Tuscany Appennines) several pieces of plaster fell down (*La Nazione,* 29-30,1919, nn. 177, 181).

10. San Firenze complex, ex monastery of San Filippo Neri / site of the Courts of Law
The complex of San Firenze, in the square of the same name, is one of the most remarkable monuments of Florentine architecture between the 17th and 18th century. Today the monastery is the site of the Law Courts: it was damaged by the earthquake of 1895. One part of the façade decorations was slightly detached, the ground floor underwent minor damage, while the upper floors suffered more serious damage. On the first floor vertical cracks were observed in nearly all the walls as well as broken cross vaults in the corridor surrounding the inner courtyard. On the second floor serious lesions were observed to the walls and the ceilings. In general, in the building of the lawcourts cornices collapsed, walls were cracked, chimney stacks fell down and there was slight damage to several verandas. The fact that even at the beginning of 1895 some restoration works had been decided on may be indicative of the building's poor state of preservation (ASCFi, filza 5309, 10 giugno 1895; 1 ottobre 1895; ACS b. 108, fsc. 1254; Bassani, 1895).

11. San Giovannino degli Scolopi (or San Giovanni Evangelista), monastery
Building attached to the church, started in 1579 by Bartolomeo Ammannati. The earthquake in 1895 damaged a staircase of the monastery house (Giovannozzi, 1895; Cioppi 1995).

12. San Jacopo soprarno, monastery
In 1895 this vast monastery complex, built at different phases between the 10th and 13th centuries, suffered severe damage, consisting in serious lesions to the walls on the side towards the Lungarno. Detachments of walls and ceilings was recorded on the side towards the piazza de' Frescobaldi; also a 7 cm projection of a dividing brick wall on the first floor in a drawing room facing towards via San Jacopo. Lastly, major lesions occurred in the plaster-work of the drawing room and a corridor at the top floor of the building. The bell-tower suffered no damage, however (ASCFi, *filza 1473,* 16 June 1895).

13. San Leonardo in Arcetri, church and bell-tower
Church founded in the middle ages (perhaps 11th-12th centuries) as a rural chapel. It suffered serious damage in the 1895 earthquake; the bell-tower was demolished because it was threatening to collapse onto the building. The absidal zone, painted by Cosimo Ulivelli (1625-1704) was cracked (Del Moro, 1895). The church was renovated in 1899 and in 1929**.**

14. San Lorenzo, church / site of the Biblitoeca Medicea Laurenziana
The Laurentian complex, a paleo-Christian foundation (the first consecration of the cathedral took place in 393 AD), owes its present-day appearance to the total Renaissance restoration commissioned by the Medici and entrusted to Filippo Brunelleschi.

The damage caused by the 1895 earthquake was substantial: in the side naves of the basilica deep cracks opened up. In the monastery, three rooms in the vicinity of the cloisters became unstable and dangerous (*L'Opinione Nazionale,* 1895). In the Medicea-Laurentian Library some pre-existing lesions widened slightly and the plastering of a matt coating flaked away: falling debris in the manuscript exhibition hall broke two window panels without, however, any damage to the codices on display (ACS, Uff. Regionale, 18 May; ACS, b. 108, fasc. 1254; *La Nazione,* 21 e 22 maggio 1895; Cioppi, 1995).

1919 Mugello earthquake caused wide cracks to open in the walls of the monastery museum (*La Nazione*, 1919, nn. 177 e 181; *Il Nuovo Giornale* n, 160).

15. San Marco, monastery and Museum
For this monastic complex whose museum houses the famous painting cycle by Beato Angelico (1387/1400–1455), damage is reported from the earthquakes of 1453 and 1895.

In 1453 there was substantial damage to the walls and the vaults of the Library. This information is reported by the historian Richa (1758), who cites the chronicler of San Marco as his source ("*bibliotheca fere omnis disiecta est"* which is to say: the library fell down almost entirely) and specifies that it was restored in 1457 (Guidoboni and Comastri, 2005).

In 1895, in the large refectory large splits appeared in two stone arches supporting the vault. The stone carvings on the staircase ceiling fell away from the wall. Major cracks appeared in the wall close to a large window overlooking Via del Maglio. Cracks appeared in the brick vaulting and on the outer and inner walls of some cells. In the Savonarola oratory there were some slight cracks. Much damage was caused to the vaulting between arches in the Library. A piece of cornice on the veranda outside the Library crumbled. No damage was reported to the church (ACS, b. 108, fasc. 1254 ; *La Nazione* 21 maggio 1895).

16. Santa Maria alla Badiuzza di Fabror, church, bell-tower and Compagnia di Sant'Isidoro, in the suburban area.
The earthquake of 1895 caused very serious damage: the walls were cracked, the ceiling broken and the wattle ceiling threatened to collapse in part. The bell-tower was cracked and all bell-ringing was suspended (ACS, b. 108, fasc. 1254).

17. Santa Maria del Fiore, cathedral, bell-tower and Baptistery
The cathedral of Florence suffered slight damage from the earthquakes of 1453, 1685 and 1895. We can evaluate the effects partly from the stability of the great cracks due to settling and dilation of the materials under the weight of the lesser dome.

In 1453 the cathedral was still commonly known by its original name, Santa Reparata or Santa Liperata, the name of the 11th century Romanesque basilica, even though at the end of the 13th century it had been named after Santa Maria del Fiore, at which time building work on a new cathedral began on the site of the ancient basilica. The "fabric" of the cathedral was completed in 1436, when the dome was closed (84 m high and 42 m in diameter) as planned and supervised by Brunelleschi (1377-1446).

It was thus almost a new building when the earthquake of 28 September, 1453 struck**.** Some stones fell off the corners of the side nave towards the presbitery and lesions opened up in some vaults: "*caddero pietre da alto e apertesi certe volte"* (ASFi, carte Strozziane, Tommaso Giovanni di Francesco, c.17; e BNC, *Nota de terremoti*, 1453, II, IV, 128, f.104). The two cracks can be seen to this day and may point to some kind of "settling" of the structure shortly after it was built, and probably nothing to do with the earthquake.

On 22 September 1695, a quake caused alarm for the state of the dome, and the very visible large cracks brought visions of imminent collapse. Back in 1691 Grand Duke Cosimo III de' Medici ordered an accurate analysis of the dome and the building. No doubt made urgent by the 1695 earthquake, the analysis was performed on 18th June 1696 by Carlo Fontana (son of the better known architect Domenico) together with some masons and suppliers to the *Fabbrica del Duomo*, amongst whom was Giovan Battista Nelli. The original of this last document is preserved at the *Archivio della Fabbrica del Duomo* (*Suppliche, Rescritti ed ordini del Governo, 1687-1703, filza 18*). The report was published by Cesare Guasti in 1857 and referred to by architect Del Moro when asked for his opinion on the state of the dome following the 1895 quake.

From this it can be inferred that the major cracks in the dome were, as mentioned, pre-existent. The surveyors were not alarmed for the stability of the building or the dome in particular. They did observe that the 17th *tassello* - a kind of strain-gauge placed as a monitor of 'natural movements' in the dome – had opened on both its sides, by several tenths of a millimetre in width and the surveyors wrote that 'a sheet

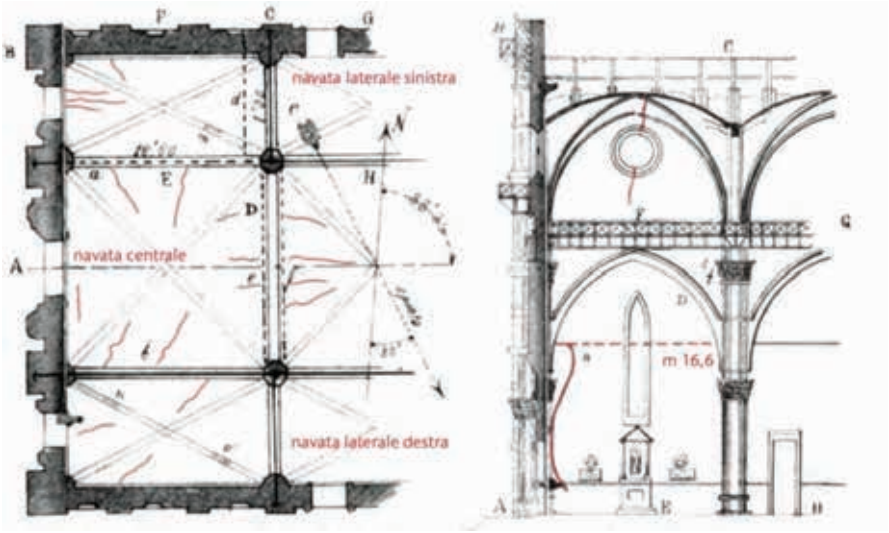


Fig. 1 – Survey by Engineer Bassani (1895) regarding the church of Santa Maria del Fiore after the earthquake on 1895: cracks and a broken tie-beam.

of paper' (17th century) could have been slipped into it. The quake of 18 May 1895 damaged the cathedral extensively. The chain in the first archway on the western side broke, separating the central nave from the northern one. The chain, situated above the window frame, was 16.6 m long, with a section of 70x50 mm and an overall weight of about 500 kg: it broke near where it was anchored into the first pillar of the archway and the broken section fell near the pillar against the internal wall of the façade (Raddi, 1895; Giovannozzi, 1895; De Stefani 1897).

The old cracks grew slightly larger and the marble 'strain-gauges' in the northern part broke as well as that in an ancient crack running through the circular holes in the dome, causing plaster and stucco-work to fall, and some roof tiles. The cross on the spire of the lantern of the dome bent over in a northward direction. On the outside, from the façade some pieces of the green marble *tarsia* fell; the cross placed at the top of the façade bent over, and cracks appeared in the window rosettes (Deputazione Secolare Santa Maria del Fiore 1895; De Stefani, 1897; Bassani, 1895).

The cathedral bell-tower designed and partly realised by Giotto (1267–1337) did not suffer structural damage, but in the marble gable of the last large southward facing window some cracks appeared and small pieces of *tarsia* fell off. In the Baptistery, on the external northward side, a "bozzetta" (a semi-polished stone) of the middle archway was damaged, and then removed as it was deemed to be unstable. Likewise some external marble finishing panels, which seemed likely to fall off,

were removed as a precautionary measure. On the inside cracks, perhaps caused by previous tremors, grew wider. When the 1895 earthquake occurred, some restoration work to the Baptistery dome was taking place (Deputazione Secolare di S.Maria del Fiore, *Relazione,* 18 May 1895; De Stefani, 1897).

18. Santa Maria del Suffragio / Gesù Pellegrino, church and monastery
This Baroque church was renovated in the first half of the 18th century; it suffered some unspecified damage as a result of the 1895 earthquake (ASCFi, filza 1473, 19 maggio 1895; 27 maggio 1895; 29 luglio 1895; 13 dicembre 1895).

19. Santa Maria Maddalena de' Pazzi, monastery
This monastery of Benedictine foundation (1257), but currently Augustinian, suffered some cursorily mentioned damage as a result of the 1895 earthquake (Bassani, 1895).

20. Santa Maria Novella, church, monastery and bell tower
This monastic complex dates back to 1221, when the Dominicans came into possession of a pre-existing Romanesque church of the 11th century. Building work on the complex went ahead from the second half of the 13th century until the turn of the 15th century. The present-day façade of the church is the result of a project of the second half of the 15th century by Leon Battista Alberti, which included pre-existing Gothic elements (second half of the 14th century) in a Renaissance design dominated by classical elements (central portal with ornate vegetables on the marble frames; high double-storey attics; a triangular gable connected to the lower level by two large volutes). The inside, with a Latin cross framework nearly 100 metres long and over 60 metres wide in the transept, is divided into three naves scanned by multi-style pillars supporting the arches and ogival transept vaults.

In 1895, partly because of inadequate building maintenance to the complex, there was extensive damage. In the church many irregular lesions were observed, some of which were pre-existent, particularly in the apsidal area where the lesions grew much wider. The side naves underwent appreciable damage, and their arches had to be reinforced with keystones, as did the first two arches facing the front; also noted were detachment of two arched lintels from the vault adjoining the central nave and collapse of the terminal pinnacle on an external pillar, which in falling damaged the church roof. In the large Spanish chapel widening of pre-existing cracks caused fragments of plastering to fall, though these were put back in place; above the chapel vault there was considerable detachment of some pillars supporting the roof (ACS, b. 108 fasc. 1254; Bassani 1895).

The upper part of the cross at the top of the bell-tower of Santa Maria Novella, which had been there only a few months, leant over significantly (Giovannozzi 1897; Bassani 1895).

It was necessary to restore the stone decorations of the sacristy overlooking the cloister. These had been in a bad state for some time and restoration of them had already been decided on before the quake, along with other parts of the whole complex.

In the monastery wing of Santa Maria Novella the damage caused by the quake affected various rooms. In the ones then occupied by the Society for the Repression of Begging cracks appeared in the walls and vaults of the staircase and the laboratory; from the ceiling a piece of matt coating fell down; the turret of a chimney pot collapsed and some flat arches of doors and windows were damaged. In the rooms occupied by the Didactic Museum for the Blind a veranda was damaged by collapsing chimney pots.

In the rooms of the famous Pharmaceutical Perfumery Workshop the quake caused lesions to the walls and ceilings, the stucco decorations became shaky, as did a beam in the roof. Some chimney pots also fell down.

The earthquake in 1919 – whose epicentre was about thirty kilometres away at Mugello in the Apennines, caused cracking and damage to plaster in the side naves of the church (*La Nazione della Sera* 1919; *La Nazione*, 1919, n. 181; *Il Nuovo Giornale*, 1919 30 giugno; *Il Giornale d'Italia*, 1919; *L'Unità Cattolica*, 1919 30 giugno, 1 e 2 luglio; *Il Tempo,* 1919).

21. San Michele a San Salvi, church, belltower and ex-convent / Museum of the Cenacolo by Andrea del Sarto

Dating from early medieval times, the church and monastery were handed over in 1534 to the Vallombrosian nuns of Faenza, who resided there until the beginning of the 19th century.

The former monastery (which in 1887 became a psychiatric hospital) today houses the Museum of the Cenacolo, which takes its name from the celebrated fresco painted on the refectory wall by Andrea del Sarto (1486-1530).

At the time of the 1895 earthquake this housed a collection of chalk statues by the 19th-century sculptors Bartolini and Pampaloni. On the upper floor there was a great warehouse of paintings preserved at the *Direzione delle Gallerie d'Arte*. The 1895 earthquake caused significant damage: as regards the objects kept there, causing two busts by Bartolini to fall and break; as regards the building, it sustained serious lesions to the upper floor. Iron tie-beams were then installed to reinforce the building. As far as the church is concerned, the earthquake caused slight disagreements on the walls. The bell tower, however, suffered more serious damage: injuries to the four arches of the bell tower, especially those of the north and south (ACS. b.103, fasc.1197, San Salvi; b. 108, fasc. 1254).

22. San Miniato al Monte, church

This church is one of the main Romanesque monuments in Florence. All we know is the effects of the 1895 earthquake. The facade detached itself from the sidewalls;

numerous splits appeared and other pre-existing ones grew wider The coat of arms with the eagle at the top of the façade, put there by the Arte di Calimala (the powerful guild of Merchants) in 1401, fell onto the roof of the church together with part of the pedestal it was attached to; the other part of the pedestal crashed through the roof and fell onto the floor of the basilica, without damaging any of the works decorating it. The cross placed on the façade also fell off (ACS, b. 108, fasc. 1254; Gerspach 1896).

23. San Miniato al Monte, ex-building of the Vescovi (Bishops)
The earthquake of 1895 damaged the fourteenth-century bishop's mansion of San Miniato al Monte, which was in a bad state of repair even before the quake. Four merlons fell from the façade wall; numerous points of disconnection were also observed on the inside (ACS, b. 108, fasc. 1254)

24.San Pietro a Monticelli, church
The 1895 bell-tower sustained cracks and crumbling of walls, although the building's stability was not compromised (ACS, b. 108, fasc. 1254).

25. San Salvatore al Monte, church, monastery and bell-tower
The church of San Salvatore al Monte was built between 1499 and 1504 by architect Simone del Pollaiolo (1457–1508), also known as *Il Cronaca*.
The complex was damaged by the 1895quake. Pre-existent lesions grew wider and some beams became detached from the roof; the bell–tower suffered horizontal lesions to the outside wall parallel to the church, which made it necessary to prohibit bell-ringing. The former monastic building underwent the most serious damage; it was necessary to intervene on walls and install iron tie-beams in order to consolidate and close the gaps which had opened up. Even the verandas and the conduits required urgent restoration work; strain-gauges were installed and replastering performed (ASCFi filza 1509, 5 marzo 1897).

26. Santo Spirito - church and monastery
This 15th-century Augustinian church was damaged in 1895. The inspection performed by architect Del Moro (1895) reported crumbling of the vaults of the two side naves and chapel ceilings; various detachments occurred in the monastery walls, especially next to the bell-tower, and, in general, old lesions gaped open.

The observations made by Bassani are largely compatible with these reports: though noting that all 38 internal vaults of the church were cracked, he also observed that most were old cracks that had re-opened as a result of the quake. The quake also made it necessary to extend the work on re-paving the side naves which had begun at the start of the year. As regards the bell-tower, Bassani observed that the square-sectioned cross, positioned at the apex, had slightly leant over (Bassani, 1895; 1896).

27. San Giuseppe, ex-convent of Augustinian nuns/nowadays Casa Famiglia "S. Lucia"
This building, situated in Piazzale Donatello, at the extreme north-east of the Santa Croce district, was originally a nuns' convent and a short time afterwards, the Educandato di S. Carlo Borromeo. In 1750 it became a Franciscan hospice, called Hospice of Sant'Antonio da Padova. During the 20th century it was handed over to the Sisters of the Stigmata, who still have their religious institute there.

In 1895 the building, at that time a Franciscan hospice, suffered substantial damage, consisting in a serious lesion to the wall facing Piazzale Donatello, leaning by two walls, marked lesions with detachment of walls from the first to the third floors, as well as the opening of arch keystones in the middle corridor of the building, especially on the third floor. Engineer Bassani observed that as the building structure was of good quality, it was possible to ensure the building's stability following some budgeted repairs, confined to installing 4 iron tie-beams on the 3 floors of the building, some horizontal tie-rods to hold wall cracks, and lastly partial closure of the arches in the middle corridor, whose weight load was to be borne by several girders (Bassani, 1896).

28. Santa Trinità, ex- monastery / today a Department of the Florence University
As a result of the 1895 earthquake, this former monastery complex sustained serious lesions to the corner between Lungarno Corsini and via Parioncino, as well as some damage to the vaults on the first floor (ACS, b.108, fssc. 1254).

29. Library Marucelliana
This famous Library was built between the end of the 17th century and the start of the 18th century to plans drawn by architect Alessandro Dori (d.1772), commissioned by the Florentine patrician Francesco Marucelli. From 1752 onward it became the first city library, and one of the first in Italy. Owing to the earthquake of 1895 it underwent loosening of the walls, especially in some rooms destined for the caretaker's lodgings; other rooms on the library also suffered some very minor lesions (ASC, b.108, fasc. 1254).

30. Palazzo della Dogana – National Library at Florence
The National Library of Florence was situated at the time of the 1895 quake in the Palazzo della Dogana, beside the Uffizi. The 1895 earthquake damaged the reading room, though not seriously (*Fieramosca*, 1895).

31. Palazzo Uffizi Gallery
The Uffizi building, comprising three buildings, was begun in 1560 by architect and painter Giorgio Vasari (1511-1574) and completed, posthumously, by architects Alfonso Parigi (d. 1590) and Bernardo Buontalenti (1536-1608). The Uffizi Gallery houses the most ancient museum of modern Europe, where because of the 1895 earthquake stucco decorations in the Niobe hall fell off (*La Nazione*, 1895).

32. Loggiato dei Serviti

This Loggia, built from 1516 to plans by Antonio da Sangallo il Vecchio (1453/55-1534) and Baccio d'Agnolo (1463-1543), was seriously damaged in one corner by the earthquake of 1895, calling for solid propping. Architect Del Moro (1895) observed that the seriousness of the damage was partly due to the state of the foundations, which had got much worse in the 25 years prior to the earthquake, since major municipal works to build the northern outgoing avenue had caused subsidence of the square. It was necessary to perform costly consolidation works consisting in reconstructing pillars and columns in the damaged corner, strengthening the foundations with buttress of blocks of stone and concrete placed at a depth of over 4.5 m below the previous level of the foundations and numerous accessory works (ACS,b.208, fasc. 1254, 27 June 1895).

33. Palazzo Altoviti

The 17th-century Palazzo Altoviti, said to be *dei Visacci* (the Ugly Faces) because of the peculiar herma-portraits of illustrious Florentines on the façade, incorporates three pre-existing buildings.

The building was seriously damaged by the earthquake of 1895, especially the top floor, whose walls were deeply cracked and detached (L'Opinione Nazionale, 1895).

34. Palazzo Barbolani di Montauto, ex-Gerini

The Montauto Palazzo, at Via de' Ginori 9, on the rear side of Palazzo Medici, is a building dating back to the 16th century. The 1895 earthquake caused several chimney stacks to fall off the building (L'Opinione Nazionale, 1895).

35. Palazzo dei Capitani di Parte Guelfa

This *palazzo* dates back to the 15th century. At the time of the 1895 earthquake it was destined by the Commune as a school and offices, and partly as a store-room for the fire brigade.

In 1895 it was widely damaged; deep lesions were observed especially in the part of the building above the depot; the damage was probably made worse by the recent demolition of some vaults in order to adapt the premises to new uses (ACS, b.108, fasc. 1254, 27 June 1895)

36. Palazzo del Capitano del Popolo, nowadays the National Museum of the Bargello

This *palazzo* whose original nucleus dates back to 1255-1261, underwent numerous subsequent extensions and internal renovation up until the second half of the 16th century. Since 1865 it has housed the National Museum of the Bargello, the main Renaissance collection of writings and art objects in the world. As a result of the 1895 earthquake a collection of ancient majolica was cracked and fell, and a painted ter-

racotta statue of San Domenico, a late Della Robbia (15th and 16th centuries), broke as well (Gerspach, 1896, *La Nazione,* 1895 20 May; *La Nazione,* 1895 21 May).

37. Palazzo Garzoni, previously Tolomei
The 16th century building of the Count Garzoni, in Via de' Ginori, was damaged by the 1895 earthquake, which seriously cracked the veranda of a terrace (*La Nazione,* 1895 20 May).

38. Palazzo dei Giudici, today's History of Science Museum
Next to the Uffizi Gallery, this *palazzo* was generically listed as "damaged" by the 1895 earthquake (*Fieramosca*, 1895).

39. Palazzo Larderel, formerly Tibalducci Giacomini
Situated in Via Tornabuoni, 19, this is a late Renaissance work by Giovanni Antonio Dosio (1533 – after 1609). In 1895 it suffered some damage, not better specified in the source (*Fieramosca*, 20 may 1895).

40. Palazzo Medici-Riccardi
The Renaissance Medici-Ricciardi *palazzo* was built between 1444 and 1462, with subsequent alterations made until 1543, to plans by the architect Michelozzo di Bartolomeo (1396-1472), as the noble abode of Cosimo il Vecchio de' Medici. This building is considered the prototype of all noble Florentine homes.

From 1871 on, the building housed first the Provincial Administration of Florence, and then the Prefecture. The 1895 earthquake badly damaged the chapel frescoed by Benozzo Gozzoli (1420–1497) (Cioppi, 1995).

On the morning of 29th June 1919, three strong shocks caused plaster to fall from the external walls on Via de' Ginori. No fresh damage was reported as a result of the main quake, which occurred in the afternoon (*La Nazione della Sera*, 1919; *La Nazione* 1919, n. 181; *Il Nuovo giornale* 30 giugno 1919).

41. Palazzo Pitti
This historic building, commissioned by the merchant and banker Luca Pitti, was built at various phases between the 15th (perhaps based on a plan by Luca Fancelli), and 19th centuries: it was the royal home of the Savoy family for several years (1865 -1871). The building is flanked by two 17th-century wings, each of which is completed by a *rondo* (18th-century the one on the right, 19th century the one on the left). The building is exceptionally large: with its 205-metre long façade and 36-meter height in the middle, it is the biggest of the Florentine buildings.

In 1895 it was slightly damaged by the earthquake: some slight detachment occurred to walls and a slight rotation of one of the turrets (De Stefani, 1897; Cioppi, 1995).

42. Palazzo Strozzi

This Renaissance *palazzo* was built from 1489 onwards, probably on a model by sculptor and architect Benedetto da Maiano (1442-1497), who based his project on that of Palazzo Medici-Riccardi. The top floor (1502) and the courtyard (1503) are the work of architect and sculptor Simone del Pollaiolo, also known as *il Cronaca* (1457-1508), after whose intervention the building started to be inhabited. Completion works continued until 1538, when they were definitively interrupted, leaving the southward facing façade and half of the cornice unfinished.

The earthquake of 1895 deeply impaired the building. Only in 1938 was it completely restored (De Stefani, 1897; Cioppi, 1995).

43. Palazzo Torrigiani (formerly Bini) Specola, Zoological Museum

The museum of the Specola was set up in 1775 in the rooms of the ancient Torrigiani commissioned by Grand Duke Pietro Leopoldo di Lorena, who founded the museum and an astronomical and meteorological museum there.

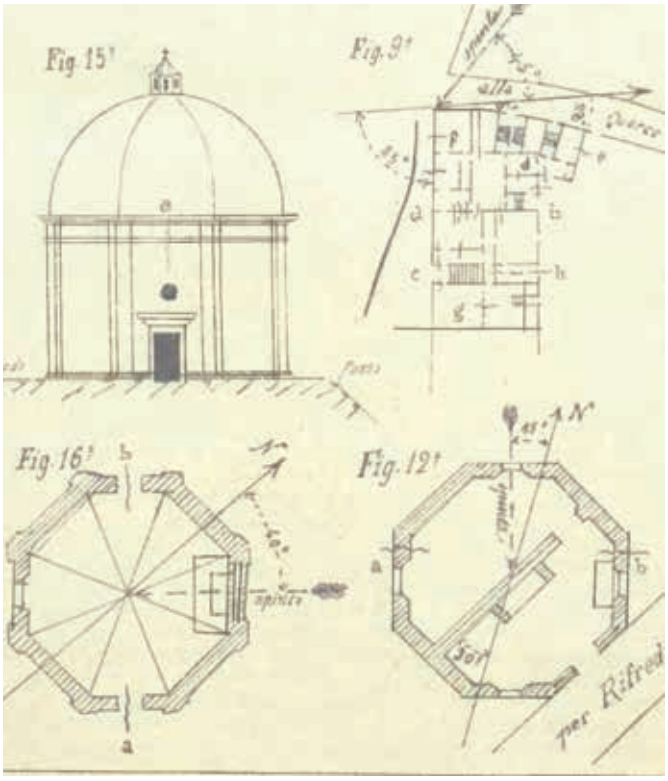


Fig. 2 – Specola cupole: lesions and direction of the quake according to Bassani (1895).

This building, situated between Via Romana and Via Meridiana – which was the part of Florence's historic centre most seriously damaged by the 1895 earthquake – suffered serious damage: deep lesions were observed in all inside walls, ceilings, load-bearing walls and external walls, with the exception of the façade (ACS, b. 108, fasc. 1254, 27 June 1895).

44. Palazzo Vecchio, Piazza della Signoria

The most ancient nucleus of this *palazzo*, site of the Florentine government between the 14th and 16th centuries, was started in 1299 to plans by architect and sculptor Arnolfo di Cambio, rising upon pre-existing constructions of Roman and early medieval origin.

The 1453 earthquake "fece gran danno" (caused great damage), though not better specified by the source. The erudite historiography divulge that "*i signori essersi dipartiti dal Palagio*" ('the noble inmates left the building'), possibly because, in its damaged state, it was unsafe (BUBo, ms 429; Ammirato, ms 16th c., ed. 1600 – 1641, vol. II, pp. 77-78).

Works to extend and modify the building continued in successive phases until its completion with the "*fabbrica nuova*", created by Bernardo Buontalenti between 1588 and 1596, which makes up the back of the building.

The 1895 earthquake in turn damaged Palazzo Vecchio in its less ancient part: the most serious damage consisted in the breaking of an arch and the tie-beam attached to it, which supported the vault of the Wedding Hall (Sala dei matrimoni) (ACS, filza 1473, *Danni,* 28 giugno, 5 e 9 agosto 1895).

It is also clear from a municipal Florentine resolution that the vaulting underpinning the Wedding Hall needed to be relieved of the load from the perimeter walls (ASCFi, filza 1473, 28 June 1895).

The breach in the wall supported by the arch caused a crack to open and run all the way to the top of the building. The arch was reinforced with several iron tie-beams. The overhanging tower of the building did not suffer any damage, nor did the nearby *Orgagna*, whose large supporting shelves had been fastened for centuries with thick iron tie-beams.

Other buildings in Piazza della Signoria suffered cracks and crumbling, generally in the dividing walls.

45. Spedale degli Innocenti

This historic building dates from 1419 to 1451 to plans by Filippo Brunelleschi, and comprises one of the chief works of civil Italian building of the day. This building suffered heavy damage in 1895: restoration work and consolidation work was necessary in numerous parts of the complex, including the church of Santa Maria, whose current appearance is due to modifications made at the end of the 18th century, the

sacristy, the gallery, some dormitories and the staff quarters (ASInnnocenti, *Perizia*, 18 August 1895).

46.Villa alla Querce, today's Collegio alle Querce
The 15th century Villa Medicea *alle Querce*, since the mid-19th century a Barnabite college, was damaged in 1895. All the transverse walls and three of the longitudinal external walls suffered vertical cracks, while on the piece of wall above the entrance backstage of the theatre there were major oblique cracks that stretched from the ground floor as far as the third floor; in another stretch of longitudinal wall a slight horizontal splitting appeared; lastly, a front wall ended up leaning slightly. It was necessary to apply thirty iron tie-beams in order to connect the most damaged walls (Giovannozzi, 1895).

47. Villa Belvedere
This Villa along the Viale dei Colli suffered serious damage in the earthquake of 1895, especially to the upper floors. On the outside wide splits opened up between the lateral and central portions of the villa. The inside of the upper floor became uninhabitable: the walls, detached, opened up; the coatings fell into the rooms, the rafters broke and on the south-western side a terrace almost completely detached itself from the body of the house (*La Nazione*, 1895 20 maggio; Basani 1985; Giovannozzi, 1895; Cioppi, 1995).

48. Villa Giramonte
Villa Giramonte, which stands on the Via dei Colli, in a stretch of Viale Galilei, was damaged by the earthquake of 1895, which caused vertical lesions in the external walls (*La Nazione* 1895 20 maggio; Basani, 1985; Giovannozzi, 1895).

49. Walls of the ring-road along the Florence – Livorno railway line
In the San Jacopino quarter, beyond the station, from the walls of the low, recently built ring road, parallel to a no longer existing stretch of the Livorno railway, 8 or 9 triangular merlons and blocks fell down as a result of the quake in 1895 (*La Nazione*, 1895 20 maggio).

50. Ponte alle Grazie
This bridge, dating back to 1237, but completely rebuilt in 1957, after being destroyed during the second world war, was slightly cracked during the Umbria-Marche seismic swarm in 1997-1998. The quake on 26th March 1998 (Io VI Mw 5.29), at Gualdo Tadino (Perugia) about 190 km away, **c**aused several porphyry tiles in the pavement over the bridge to rise up. As a precaution, the bridge was closed for several days, in order to examine this damage and the state of the joints and the arches of the bridge,

which even before the earthquake had required maintenance and consolidation work (*La Nazione*, 1998 27 March).

51. Archways of Piazza Cavour, nowadays Piazza della Libertà

The earthquake in 1895 caused horizontal cracks to open in the sail-shaped domes of the porticoes in Piazza Cavour, today's Piazza della Libertà. No domes fell in but on the eastern and western sides of the portico, where nearly all the transversal arches were damaged, some of them became dangerous, while on the northern and southern sides the lesions were slight. In just two buildings on the piazza the façades presented slight vertical cracking. By contrast, the insides of the buildings suffered major damage. The buildings on the *piazza* were all of solid recent construction, and the square itself, where the old San Gallo gate used to stand and the ring road converged upon it, was substantially altered and extended in the second half of the nineteenth century compared with the original set-up, as required by enlargement of the ring road avenues to plans by Giuseppe Poggi in 1865 (Bassani, 1895).

Conclusions

This concise dossier provides a seismic review of the monumental buildings of Florence regarding 51 cases **(**buildings and monument complexes), based on a sizable *corpus* of direct historical sources. The earthquakes that caused most damage were in 1453 and 1895, the latter being the best documented by historical sources. Other events (1542, 1695, 1873, 1919, 1998) had their epicentres a long way from the city, so that their impact on Florence was much lighter. The information gathered here is complementary to classifications of seismic effects in Florence as it provides descriptive matter that cannot be inferred from calculations or models. That is nearly always missing from assessments of seismic hazard in such a unique and irreplaceable centre of art history and building.

The historical approach applied here is wholly historical and empirical and this distinguishes the present study from others; it is also geared to an overall evaluation of Florence's seismic response, which is useful to anyone gauging the hazard to which the town's artistic heritage is currently exposed. The structural complexity, the stylistic variety and the different states of preservation of the various historical buildings considered highlight a plurality of seismic responses which are not otherwise evaluable.

For a medium-low seismicity, like that of Florence, confirmed by the seismological literature, it is fundamental to undertake routine maintenance and checks on the current state of the buildings. Many buildings and monasteries cited by historical sources as having been damaged, are today museums or galleries, that is, "containers" of unique and precious art heritage, a consideration that significantly increases the seismic hazard of Florence.

All in all, there emerges a need to take into account the city's seismic response and that of the buildings worst hit in past years, since we are dealing with data denoting effects that could recur in future. It is thus to be hoped that, after this first descriptive phase, there will be in-depth on-the-spot analysis of specific buildings, gauging the current vulnerability of monuments already bearing the marks of their past history, with a view to forestalling further damage.

Acknowledgements
I would like to thank Dr Laura Sandri who long ago liaised so competently and committedly with me in searching out the manuscript sources in Florentine libraries and archives, as part of studies for the *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia*; my thanks also to all the historian researchers who collaborated in that extraordinary work-group, from the 1995 to the 2007 edition.

References

Historical Sources
ACS - Archivio Centrale dello Stato (Roma)

Ministero della Pubblica Istruzione, Direzione generale antichità e belle arti:
– II versamento (1891-1897), II serie, b.108, fasc.1254, Firenze, *Danni cagionati ai monumenti* dal terremoto del 18 maggio 1895 (1895), 27 giugno 1895.
– II versamento (1891-1897), II serie, b.97, fasc.1100, Firenze, 27 giugno 1895.
– II versamento (1891-1897), II serie, b.97, *Chiesa ed ex convento della SS. Annunziata*, b.108, fasc.1254.
– II versamento (1891-1897), serie 2™, b.103, fasc.1197, San Salvi. Frammenti del sepolcro di S. Giovanni Gualberto scolpito da Benedetto da Rovezzano (1884), Estratto di relazione del direttore dell'Ufficio regionale per la conservazione dei monumenti della Toscana architetto Luigi Del Moro al ministro della Pubblica istruzione sui danni causati dal terremoto del 18 maggio 1895 alla chiesa di S. Michele a San Salvi, Firenze 27 giugno 1895.

ASFi - Archivio di Stato di Firenze:
– Prefecture, Routine business, b.111, fasc.195, b.112, fasc.289;
– Carte Strozziane, Series II, 16 bis, Tommaso Giovanni di Francesco, Memorie (1444-1458).
– Carte Strozziane, Series II, manuscript 103, Anonymous, Prior intermittently until 1488, with various memoirs.
– Carte Strozziane, Series II, manuscript 238, Recco Spinelli, Florentine prior to ser Recco Spinelli and ancient and modern diaries by various writers (1282-1575), 16th century.

ASCFi - Archivio Storico del Comune di Firenze:
– filza 486, Affari sfogati al tempo del sindaco Perruzzi, doc. 11266, Partecipazione per parte del Genio MIlitare dell'avvenuta rovina di una volterrana, per causa di terremoto nella Caserma (ex convent) del Carmine, Firenze 13 marzo 1873.

– filza 1474, Commissione speciale per i provvedimenti di urgenza al seguito del terremoto, allegato n∫ 2, Carte diverse, Prospetto delle case pericolanti nella sezione di S.Spirito per le quali è richiesta una visita d'ispezione, Firenze 19 maggio 1895.
– filza 1473, Affari sfogati al tempo del Sindaco marchese P.Torrigiani, Relazione dell'Ufficio tecnico comunale al sindaco sullo stato del campanile della chiesa di S.Jacopo soprarno, Firenze 16 giugno 1895.
– filza 1473, Relazione dell'Ufficio tecnico comunale al sindaco sui lavori di restauro necessari in alcune sale di Palazzo Vecchio danneggiate dal terremoto, Firenze, 28 giugno; 2, 5 e 9 agosto 1895.
– filza 5309, Chiese monumentali cedute al Comune, lavori di mantenimento, Estratto di deliberazione della Giunta comunale del 24 settembre 1895 relativa ai lavori di restauro della chiesa e dell'ex convento di San Firenze, Firenze: doc. del 10 giugno 1895; 1 ottobre 1895; 15 marzo 1897.

AFDuomo - Archivio della Fabbrica del Duomo, Firenze:
– Suppliche, Rescritti ed ordini del Governo, 1687-1703, filza 18.

ASInnocenti - Archivio dello Spedale degli Innocenti, Firenze
– Perizia: n.730, fasc.51, categoria I, Lavori di restauro occorrenti al fabbricato di questo Spedale in seguito ai Danni prodotti dal Terremoto del 18 Maggio 1895 ai locali del R. Spedale degli Innocenti di Firenze redatta dall' architetto Luigi Fusi, Firenze 14 agosto 1895.

BNCFi - Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze:
– Conventi Soppressi, *Santa Maria Novella*, c.4.895, Mattteo Chiari, Priorista, ms.secc. XIII-XVI.
– Nota de' tremoti suti nella città di Firenze l'anno 1453, ms II, IV, 128.

BRMFi - Biblioteca Riccardiana e Moreniana, Firenze:
– Manoscripts Moreniani, 277, Priorista storico di Florence, 15th century .
– Manoscripts Moreniani, 225, Historical news copied by the prior Rinuccini, 15th century, copy 18th

BUBo - Biblioteca Universitaria di Bologna:
– Manoscritti, n.429, Lorenzo Cattani, Croniche della città di Bologna dall'anno 423 al 1458, sec.XV.

Printed sources

Ammirato S. ms 16th c., ed. 1600-1641. *Delle istorie fiorentine, libri venti dal principio della città infino all'anno 1434*, parte seconda dal 1435 al 1573. Firenze.

Bassani C. 1895-1902. Prime ricerche sulla provenienza del terremoto di Firenze nella sera del 18 maggio 1895. *Bollettino Mensuale dell'Osservatorio Centrale del Real Collegio Carlo Alberto in Moncalieri*, s.II, voll.15,16,17,18,19,20,21. Torino.

De Stefani C. 1897. Osservazioni geologiche sul terremoto di Firenze del 18 maggio 1895. *Annali dell'Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano,* s.II, 17(1), 109-140.

Del Moro L. 1895. Relazione sui danni arrecati ai monumenti insigni dal terremoto del 18 maggio 1895. *Deputazione secolare di Santa Maria del Fiore*, 5-12, Firenze.

Deputazione secolare di Santa Maria del Fiore, *Relazione*, si veda Del Moro (1897) e Giovannozzi (1895).

Gerspach E. 1896. L'Aquila di Calimala a S.Miniato al Monte. *Archivio Storico Italiano*, 18, 119-120, Firenze.
Giovannozzi, G. 1895**.** Relazione sui danni arrecati ai monumenti insigni dal terremoto del 18 maggio 1895. *Deputazione Secolare di Santa Maria del Fiore*, 21-25, Firenze.
Giovanozzi G. 1897. Il periodo sismico fiorentino 18 maggio 1895- 20 giugno 1896. *Rivista Scientifica Industriale*, 29(1), Firenze.
Raddi A. 1895, Il terremoto di Firenze del 18 maggio 189. *Il Monitore Tecnico*, 13, Milano.

Newspapers
Fieramosca, 1895 maggio 20-21, a.15, nn.139-140, 141 e 142, Firenze 1895.
Il Giornale d'Italia, 1919 30 giugno, a.19, n.175, Roma 1919.
La Nazione, 1895 20 maggio, Firenze 1895.
La Nazione, 1895, 21 maggio 1895, Firenze 1895.
La Nazione, 1895 28 maggio, a.37, n.148, 1™ ed. del mattino, Firenze 1895.
La Nazione, 191930 giugno, a.61, n.181.Firenze 1919.
La Nazione della Sera, 1919 30 giugno, a.4, n.177, Firenze 1919.
Il Nuovo Giornale, 1919 30 giugno, a.14, n.160, Firenze 1919.
L'Opinione Nazionale, 1895 20 maggio, a.30, n.140, Firenze 1895.
Il Tempo, 1919 30 giugno, Roma 1919.

Catalogues and Studies
CFTI 4Med = Guidoboni *et al*. 2007.
Cioppi E. 1991, Il grande terremoto. *Firenze, ieri, oggi, domani*, 3, 22, 50-53.
Cioppi E. 1995. *18 maggio 1895. Storia di un terremoto fiorentino*. Firenze: Osservatorio Ximeniano.
Guasti C. 1857. *La cupola di Santa Maria del Fiore illustrata con i documenti dell'Archivio dell'Opera secolare*. Firenze: Barbera, Bianchi e comp.
Guidoboni E. 2018. Florence: the effects of earthquakes on the artistic heritage. Method and historical sources (15th-20th). *VII Convegno di Storia dell'Ingegneria, 3rd International Conference Proceedings*, Napoli.
Guidoboni E. and Comastri A. 2005. *Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean area: 11th –15th century*. Bologna: INGV-SGA.
Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G. 2007. CFTI-4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy from 461 BC. to 2000 and in the Mediterranean area, from 760 BC. to 1500, *An Advanced Laboratory of Historical Seismology*, http://storing.ingv.it/cfti4med/.
Oliveti G. 2008. *L'antica chiesa Fiorentina dei Santi Gervasio e Protasio e il suo territorio, breve profilo storico artistico con particolare riguardo alle opere d›arte antica e moderna in essa custodite*. Firenze: Messaggerie Toscane.
Richa G. 1758. *Notizie istoriche delle chiese fiorentine divise neí suoi quartieri.* VIII(3). Firenze: Viviani.

Salvatore D'Agostino

La conservazione del patrimonio costruito dal XVIII secolo al secondo conflitto mondiale

Abstract
The preservation of historical building sites is a relevant issue nowadays, which entails the very same image of Italy with regard to culture and economics. Indeed, it seems a conglomeration of interdisciplinary approaches ranging from humanities to science and technics. The frequent earthquakes that hit Italy in the last decades make often difficult to create a relationship between preservation and safety that often appear on opposite sides. After highlighting the uniqueness of the Italian built heritage within the wider context of the cultural heritage, this paper offers a historical excursus to show how, despite two centuries went by from the first definitions of restoration, the fundamental themes, as well as the contrapositions and discussions still persist over time.

Premessa
La conservazione del patrimonio costruito è un problema di grande attualità che investe l'immagine stessa del Paese nei suoi aspetti sia culturali sia economici. Esso impegna il MIBACT, il Ministero delle infrastrutture, il Ministero dell'Economia e Finanza, oltre alle Regioni e ai Comuni. Sul piano professionale coinvolge architetti e ingegneri, ma anche storici dell'arte e archeologi, nonché chimici, fisici, geologi e così via. Esso infatti si presenta come un complesso coacervo di cultura interdisciplinare, vuoi sul versante umanistico, vuoi su quello tecnico-scientifico. Le frequenti crisi sismiche che hanno colpito il Paese negli ultimi decenni rendono problematico il rapporto Conservazione-Sicurezza, che spesso si manifesta in posizioni contrapposte. Inoltre, lo sviluppo del turismo di massa, che si presenta come una grande opportunità, pone complessi problemi di fruizione e nel contempo di valorizzazione dei Beni Culturali. Tutto ciò richiede l'acquisizione di una cultura storica diffusa che tenda a omogeneizzare le diverse istanze, spesso contrapposte in maniera strumentale. Tutto ciò richiede un enorme impegno economico e culturale che, se da un lato promuove l'immagine del Paese nel contesto internazionale, dall'altro può essere affrontato solo con innovative riforme sia sul piano strettamente ministeriale, sia su quello del rapporto pubblico-privato, quest'ultimo specialmente per quanto concerne la sicurezza e la riqualificazione delle città e delle migliaia di borghi d'Italia, che caratterizzano cultura e paesaggio del nostro Paese.

Beni Culturali e Patrimonio Costruito

Il concetto di Bene Culturale si è fortemente dilatato negli ultimi secoli. Mentre nell'antichità riguardava l'opera d'arte e i reperti antiquari, nella cultura contemporanea riguarda ogni manufatto che abbia valenza culturale, compresi i beni antropologici, naturali e paesaggistici, concepiti come patrimonio dell'umanità e quindi come Beni Comuni. Esso è quindi portatore di memoria storica che recentemente si è arricchita delle molteplici valenze della storia materiale. Questo aspetto diventa sempre più pregnante nell'alternarsi delle valutazioni estetiche e nell'era della riproducibilità infinita dell'opera d'arte. Sono beni culturali il David di Donatello e il solco tracciato da un aratro preistorico, così come sono beni culturali il paesaggio alpino e la musica dei Rolling Stones. Ma pure in una visione così dilatata che guarda al Bene Culturale come prodotto della cultura umana, anche nel rapporto con la natura, i vari insiemi dei beni presentano problematiche diverse connesse alla loro intrinseca natura.

I Beni storico-artistici sono stati fin dall'antichità circondati da un alone di cultura e di storia, basti ricordare la venerazione dei romani per la statuaria dell'antica Grecia, e mentre la loro conservazione si presenta abbastanza facile, in quanto possono essere conservati in luoghi protetti e sicuri, la dispersione da sempre legata a complesse vicende storiche e alla cupidigia dell'uomo, è il vero pericolo. Il loro restauro ha una storia abbastanza semplice in quanto si è sempre cercato di salvaguardarne l'integrità , anticamente anche con sostanziali integrazioni: singolare è il caso della gamba dell'Ercole Farnese, scolpita dal Della Porta e successivamente sostituita con l'originale fortunatamente ritrovato. Più recentemente l'integrità è diventata una chiave fondamentale per la loro conservazione, che si va sviluppando con i metodi più aggiornati della scienza moderna; riferimento nazionale è l'Istituto Centrale per il Restauro e la Conservazione, fondato da Cesare Brandi.

I beni librari sono da sempre oggetti preziosi di culto, recentemente insidiati da una invadente digitalizzazione; anche per essi la conservazione è un fattore prioritario, che impegna la scienza moderna e che trova il suo referente nell'Istituto Centrale per il Restauro e la Conservazione del patrimonio archivistico e librario, anch'esso organo del MIBACT.

Purtroppo per il patrimonio costruito storico il problema della conservazione e del restauro è ben più complesso e articolato e a partire dalla metà del XVIII secolo ha dato luogo a teorie diverse e talora contrapposte, tutte fondate sulla sua valenza culturale, né mancano alcuni significativi esempi di drastiche affermazioni della necessità della conservazione della loro integrità fin dall'antichità romana. Sono ben noti l'editto del Senato romano che condannava a morte chi avesse danneggiato la Colonna Traiana , la lettera del Cardinale Bessarione al doge nell'atto della donazione alla Repubblica Veneta della sua preziosa biblioteca, e ancora la lettera di Raffaello che lamentava la distruzione dei monumenti antichi.

La particolarità del patrimonio costruito, tra cui risplendono gli infiniti monumenti che caratterizzano la storia dell'architettura, è dovuta a tre fattori che ne condizionano la conservazione: la deperibilità, la fruibilità, la funzionalità.

Certamente il patrimonio costruito è deperibile, a causa dell'invecchiamento dei materiali, dell'azione degli agenti naturali e dell'azione antropica, ma fortunatamente è stato realizzato con materiali tradizionali, i quali, essendo di natura lapidea, hanno di fatto una durabilità intrinseca plurimillenaria. Anche i leganti naturali realizzati con calce e sabbia hanno mostrato una grandissima durabilità, come dimostrano le malte romane ancora efficienti. Purtroppo ciò non può dirsi dei recenti materiali industriali, che presentano una durabilità molto limitata rispetto alla gloriosa storia dell'architettura.

Ciò che incide in maniera rilevante sulla deperibilità del patrimonio sono gli agenti naturali. L'azione delle acque meteoriche induce il costante deterioramento delle strutture di copertura, delle attintature e degli intonaci ed è spesso causa di umidità di risalita che induce gravi inconvenienti. Tutto ciò richiederebbe una manutenzione continua, quasi sempre carente, che può causare anche l'ammaloramento dei materiali costruttivi. Inoltre, le azioni naturali hanno eventi di picco che possono essere causa di rilevanti danni, quali frane e alluvioni.

Purtroppo lo stato di abbandono e l'uso sfrenato del territorio aggravano notevolmente l'azione di questi due fattori. Il ciclico incendio doloso di migliaia di ettari ogni anno, la trascuratezza endemica in cui vengono tenute le opere idrauliche, dai canali alle fognature, agli argini dei fiumi inducono ormai effetti devastanti e ciclici.

Infine, l'azione dei sismi che tormenta il territorio italiano. La fase sismica che l'Italia attraversa è caratterizzata da una notevole frequenza: nell'ultimo secolo i sismi sono stati registrati con una frequenza media di quattro, cinque anni. Attualmente, mentre sono ancora in corso le ricostruzioni dei territori dell'Aquila e provincia, e quelli delle Marche, dove lo sciame sismico continua, si è verificato il terremoto di Ischia. Il disagio è doloroso, frequente e duraturo. Purtroppo da molto tempo è stata dismessa vuoi da parte dello Stato, vuoi dagli Enti locali e dai privati, la salvifica pratica della manutenzione programmata, per cui sia il territorio che il tessuto abitativo vivono in uno stato di precario semiabbandono. Ovviamente tutto ciò è particolarmente dannoso per il patrimonio storico che, proprio per far fronte alle inevitabili ingiurie del tempo, necessiterebbe di una cura appropriata e assidua. Infine, negli ultimi decenni si è sviluppata una puntigliosa e talvolta impropria esigenza di sicurezza, con l'emanazione di prescrittive normative modellate sull'edilizia attuale e pertanto inadeguate alla conservazione del patrimonio costruito storico.

In ultimo, il tessuto costruttivo antico è soggetto a una continua fruizione o all'abbandono. Entrambi questi processi sono causa di degrado e ostacolano la conservazione, ma d'altro canto la fruizione rende vive e contemporanee le costruzioni antiche. Peraltro, l'evoluzione della civiltà e lo sviluppo tecnologico determinano sempre nuove esigenze, per prima quella di servizi igienici e di impianti fognari e di

smaltimento delle acque meteoriche, poi quella degli impianti elettrici e successivamente di quelli termotecnici; tutto ciò ha indotto frequentemente importanti manomissioni, producendo talvolta complessi problemi di compatibilità, ad esempio per i numerosi e prestigiosi edifici antichi sedi di importanti collezioni museali. Infine, negli ultimi anni si è sviluppato un invadente turismo di massa che privilegiando alcuni percorsi ne affatica la conservazione, mentre altri monumenti, meno soggetti alla moda del momento, sono afflitti da abbandono e precarietà finanziaria. Questa congerie di problemi ha quindi creato una specificità del restauro e della conservazione del patrimonio costruito rispetto a quanto accade per i beni storico-artistici e ha indotto, durante gli ultimi due secoli, la nascita di teorie del restauro, talvolta contrapposte e recentemente esaltate dal complesso dilemma Sicurezza-Conservazione.

Conservazione e restauro: La nuova Scienza del costruire

La memoria dell'antico ha sempre intrigato il pensiero dell'umanità; talvolta anche in maniera distruttiva, come dimostrano le vicende dell'antico Egitto, la distruzione della Domus Area e, ai nostri giorni, le cruenti distruzioni perpetrate dal cosiddetto Stato Islamico. Nel contempo, l'atteggiamento reverenziale e conservativo è stato anch'esso sempre presente nell'antichità, come dimostrano i preclari esempi già citati, la poderosa cultura antiquaria che ha caratterizzato i secoli passati e l'impegno di tanti illustri artisti che hanno restaurato, e spesso completato, statue antiche. Le leggi di tutela del patrimonio culturale e artistico decollano proprio tra la fine del '500 e l'inizio del '600; esemplare l'editto di Sisto V del 1587, che usa il termine conservazione per tutelare la pineta di Ravenna.

Essendo la storia maestra e luce della contemporaneità, è bene dare uno sguardo a volo d'uccello alle teorie del restauro che hanno animato il dibattito culturale fin dal XVIII secolo e che per alcuni aspetti sono ancora attuali.

Con riferimento alle vicende moderne, il primo caposaldo può essere individuato nella personalità di Pietro Edwards (1744-1821), pittore nato in Italia ma di origine inglese, che operò a Venezia con grande impegno. Fu propugnatore di una visione del restauro molto moderna, teorizzando il minimo intervento attuato con grande rispetto per l'opera d'arte, utilizzando l'uso di materiali e tecniche conformi all'originale. Accademico di San Luca e Direttore del restauro delle pubbliche pitture di Venezia, fondatore di quella collezione che darà origine alle attuali Gallerie dell'Accademia, redasse un documento nel quale venivano stabiliti gli obblighi dei restauratori che può essere considerato il precursore delle moderne *Carte del Restauro*. Ovviamente, questa moderna visione non riguardava il costruito storico, ma è certamente emblematica di una maturità culturale, particolarmente rispettosa della consistenza materiale dell'opera d'arte.

Ma prima di guardare alle diverse posizioni culturali che si sono succedute e hanno influenzato il restauro dell'architettura antica, è opportuna una precisazione. Nel secolo XVIII, con il maturare della grande lezione galileana, si sviluppò un ap-

proccio di tipo meccanico al costruito storico; ne sono preclari esempi l'opera di Varignon (Varignon, 1725), di Lamberti (Lamberti, 1781) e di tanti altri studiosi. Tale tendenza si arricchisce e matura nel secolo successivo dando luogo a un atteggiamento scientifico ricco di risultati, quali la nascita della Statica Grafica con Culmann (Culmann, 1875) e Cremona (Cremona, 1872). Nel contempo, il ferro diventava un potente materiale da costruzione e l'insieme tecnico scientifico della Statica grafica e delle costruzioni in ferro diede luogo a una grandiosa rivoluzione, emblematicamente rappresentata dalla nascita dei grandi ponti in ferro.

Si sviluppava intanto, in maniera quasi tumultuosa, l'avvento del calcestruzzo armato che già nei primi decenni del XIX secolo trovava importanti applicazioni (Iori, 2011). A questa rivoluzione tecnologica, si affiancò una rivoluzione scientifica con l'avvento di insegnamenti fondamentali nella formazione degli ingegneri, quali la Meccanica Razionale, la Meccanica applicata alle costruzioni, che ben presto si chiamerà *Scienza delle costruzioni*, e infine la Tecnica delle costruzioni in legno, ferro e cemento armato, che darà luogo alla moderna Tecnica delle costruzioni (Benvenuto,1981). Questo imperativo sviluppo scientifico-tecnologico non riguardò le costruzioni in muratura, che rapidamente si manifestarono come obsolete e prive di scientificità; si cominciò così a ignorare completamente la gloriosa Arte del costruire, basata sulle regole dell'arte che avevano consentito la realizzazione di una monumentalità diffusa in tutti i Paesi civili e che si era sviluppata con una prodigiosa ricchezza per alcuni millenni. (Di Pasquale, 1998). Con grande rapidità, l'intera cultura dell'antico costruire scomparve dalla ricerca e dall'insegnamento scientifico, mentre l'avvento dei nuovi materiali e di una nuova concezione diede luogo alla nascita dello *scheletro strutturale*, che caratterizza l'architettura razionale, la quale indurrà un nuovo modo di abitare, rispondendo così alle esigenze prima della borghesia e successivamente della classe operaia. Così, nel volgere di pochi decenni la progettazione, la costruzione e l'esecuzione del costruire e dell'abitare compirono una vera e propria rivoluzione che caratterizzerà il mondo moderno e costituirà la prima globalizzazione. Pertanto, sul piano costruttivo, tutto il patrimonio costruito diventò archeologico, nel senso di appartenere a una civiltà conclusa. Nella cultura della conservazione e del restauro, il Colosseo e la Reggia di Caserta non si differenziano più e pertanto nel seguito si parlerà di Teoria della Conservazione e Teoria del Restauro, indipendentemente dalla classica suddivisione tra archeologico e moderno.

La Teoria del Restauro tra XVIII e XX secolo.

Non si ha certo la pretesa di percorrere la complessa storia delle Teorie del Restauro lungo l'arco di tempo di circa due secoli, che è peraltro oggetto di studio in molti corsi universitari (Casiello, 1996; Casiello, 2000), ma è opportuno un breve excursus per evidenziare come, nonostante siano trascorsi oltre due secoli, le tematiche fondamentali, così come le contrapposizioni e le polemiche, perdurino ancora oggi.

In netta antitesi con la posizione di Edward può apparire l'operato di Raffaele Stern (1774-1820), che nel 1807 restaurò la parte orientale del Colosseo danneggiata dal terremoto. Egli *sentì il fascino degli archi dissestati e in equilibrio precario e li fissa con un poderoso sperone in mattoni nella loro posizione come bloccati al momento del crollo* (Marconi 1988), in fig. 1. L'intervento, emblematicamente da sempre al centro delle riflessioni sul restauro, è stato riguardato nel suo aspetto vuoi conservativo, vuoi innovativo. Infatti *l'intervento assume in modo paradigmatico l'assunto… del totale rispetto del monumento, esteso, con maturo distacco critico, tanto alla difesa della sua materiale consistenza quanto ai segni del tempo trascorso* (Carbonara, 1997); altri invece esaltano l'uso del mattone e dell'imponente contrafforte come segnale di tempi nuovi nei quali l'intervento costruttivo è inteso quasi come confronto con l'antico.

A Stern era stato affidato da Papa Pio VII anche il restauro dell'Arco di Tito al Palatino. L'Arco, testimonianza plurimillenaria della cacciata degli Ebrei dalla Palestina voluta da Tito nel 79 d. C., è stato sempre in maniera più o meno palese emblema di antisemitismo e se ne richiedeva l'abbellimento e il restauro. Alla morte di Stern l'opera era incompiuta, ma molto materiale era già stato predisposto. Il compito del completamento fu assunto da Giuseppe Valadier (1762-1839), che restau-



Fig. 1 – Colosseo: Intervento di Stern.

rò molti monumenti da ponte Milvio a Roma, al duomo di Urbino e completò l'opera di Stern all'Arco di Tito montando colonne, cornici e capitelli con sostanziali integrazioni che mostrano profonde differenze con i ruderi antichi. Fin da allora sorsero grandi discussioni, si ricordano l'architetto francese Guy de Gisors e l'abate Fea, e tale restauro è rimasto un emblematico riferimento da sempre, tanto da essere citato nella Carta del Restauro del 1972. Comunque, indipendentemente dal restauro dell'Arco, nel quale impronta e materiali di Stern sono evidenti, come visibile nelle figg. 2 e 3, Valadier, che condusse un intervento molto più cauto proprio al Colosseo con la ricomposizione di alcune arcate, nel suo insegnamento all'Accademia di S. Luca suggerisce di intervenire sui monumenti solo *risarcendoli*, in quanto il restauro deve servire unicamente a sostenere staticamente e a migliorare la comprensione del manufatto antico.



Fig. 2 – Arco di Tito.



Fig. 3 – L'Arco di Tito oggi.

Profondamente diversa la posizione di Viollet Le Duc (1874-1879), che ha segnato il restauro in Francia, e come vedremo anche in Italia, la cui posizione è sinteticamente definita dalla affermazione *Restaurer un* èdifice *c'est le retablir dans un* ètat *complet, qui peux n'avoir jamais existè* (Boito, 1886). Questa posizione ha influenzato la cultura di molti architetti fino a oggi: per essi, il monumento antico appare come una natura artificiale sulla quale intervenire per lasciare il proprio segno. Viollet Le Duc fu anche un poderoso teorico e pubblicò tra il 1854 e il 1868 il *Dizionario ragionato dell'architettura francese* in dieci volumi. Il restauro più importante, che gli procurò fama imperitura, fu quello di Notre Dame, dopo la rivoluzione in stato di totale abbandono e oggetto di atti vandalici. Egli ne ripristinò sia la costruzione sia tutto l'apparato scultoreo, con molti rifacimenti in stile; inoltre, progettò e realizzò la guglia in ghisa tra la navata principale e il transetto, alta 45 m, mentre non completò le due torri di facciata, come mostrato in fig. 4. Intervenne anche alla Sainte Chappelle, per la quale fece costruire in legno la guglia alta 33 m. Si

impegnò infine nel restauro dell'antica città di Carcassonne e in particolare del suo castello; il restauro, filologicamente arbitrario, ma molto suggestivo e molto criticato, ha trasformato la città in una scenografia medioevale per spettacoli e riprese cinematografiche, in fig. 5. In Italia molti furono seguaci di Viollet Le Duc: da Luca Beltrami, che restaurò il cinquecentesco Palazzo Marino a Milano, ad Alfonso Rubbiani, che restaurò il trecentesco Palazzo dei Notai a Bologna. In effetti, le teorie di Viollet Le Duc hanno sempre intrigato gli architetti per l'intrinseca libertà che consentono ai loro progetti di restauro.



Fig. 4 – Notre Dame de Paris.



Fig. 5 – Città di Carcassonne.

In completa opposizione alla teoria di Viollet Le Duc è la posizione di John Ruskin (1819-1900), scrittore e intellettuale inglese appassionato di pittura e di architettura, che professò l'idea della rovina romantica e decadente. Opere importanti per la conservazione e il restauro dell'architettura sono gli scritti *Le sette lampade dell'architettura* del 1848 e *Le pietre di Venezia* del 1851. La sua è una posizione di radicalismo estremo, infatti in lui è chiara la distinzione tra conservazione e restauro: mentre la prima deve essere limitata a interventi strutturalmente necessari a limitare il degrado, il secondo si presenta come una vera e propria contraffazione del monumento; sua è l'affermazione secondo la quale il restauro è la più totale distruzione che un edificio possa subire: una distruzione alla fine della quale non resta neppure la parte autentica da raccogliere.

In Italia il maggior seguace di Ruskin fu Giacomo Boni (1859-1925), che ebbe con lui un forte rapporto. Boni elaborò la sua teoria in un documento *sulla conservazione di ruderi ed oggetti di scavo*, presentato al I° Convegno Italiano degli Ispettori Onorari dei monumenti e scavi, svoltosi a Roma nel 1912, in cui sostenne che *l'au-*

tenticità non costituisce il pregio principale dei monumenti, ma è condizione necessaria di ogni pregio che essi possano avere. In effetti, le regole adottate e suggerite sono interventi conservativi che seguono la regola della differenziazione del nuovo dall'antico senza perciò dar luogo a inutili *stonature*.

Nel contesto italiano una figura particolare è rappresentata da Giuseppe Fiorelli (1823-1896). Anche se la sua opera si svolse in campo archeologico, alcune sue innovazioni e direttive hanno segnato la teoria della conservazione, Nominato nel 1860 direttore degli Scavi di Pompei, introdusse un metodo di scavo sistematico, mirato alla conservazione del tessuto edilizio antico, eliminando la caccia al tesoro di tipo antiquario. Operò per strati orizzontali procedendo dall'alto, inventando così lo *scavo stratigrafico* che solo nella seconda metà del secolo successivo sarà esteso alla ricognizione scientifica di tutti i monumenti. Introdusse il *Giornale degli Scavi* per descrivere puntualmente l'ubicazione dello scavo, nonché il numero e la qualità degli edifici e degli oggetti messi in luce. Pubblicò sistematicamente i risultati degli Scavi e introdusse la tecnica dei *calchi*. Per salvare affreschi e mosaici li fece *strappare* e conservare nel Museo Archeologico Nazionale di Napoli. Questo metodo, successivamente criticato per l'asportazione del reperto dal suo contesto, ha consentito nel contempo la realizzazione di una vera e propria pinacoteca di pittura pompeiana presso il Museo. Quando nel 1875 assunse la Direzione Generale dei Musei e degli Scavi, Fiorelli diffuse i suoi metodi a livello nazionale, contribuendo ante litteram alla nascita dell'archeologia scientifica. Egli, con grande modernità sostenne che *la conservazione dei monumenti e degli oggetti riuscirà completa quando sarà preceduta dall'opera di ricognizione piena di tutto ciò che forma il soggetto della scienza senza di che è assolutamente impossibile decidere di ciò che si debba conservare e del modo di effettuarlo*, (D'Angelo e Moretti, 2004.) criticando implicitamente il restauro stilistico e precorrendo la nascita della ricerca scientifica della storia materiale.

Particolarmente conservativa è la posizione di Alois Riegl (1858-1905) che introdusse il concetto di Kunstwollen, che può tradursi come *intenzione d'arte*, per cui il monumento assume un valore artistico relativo, oggi diremmo dovuto alla cultura storica dominante, mentre ne viene esaltato il valore storico. Da questa visione scaturisce la necessità di conservare il monumento come documento, riconoscendo a qualunque monumento valore documentario. Pertanto deve essere evitato ogni intervento arbitrario dovuto alla mano dell'uomo sulla consistenza raggiunta dal monumento, che non deve subire né addizioni né riduzioni, né il completamento di quanto si è degradato a opera della natura, né la sottrazione di quanto si è aggiunto deformandone la forma originaria conclusa. Una posizione dunque molto moderna sul piano storico, ma teoricamente radicale sul piano della conservazione.

La fine del secolo è segnata dalla figura di Camillo Boito (1836-1914), architetto, teorico del restauro e scrittore. Propugnatore del neogotico e inizialmente vicino

a Viollet Le Duc, come dimostra l'intervento su Porta Ticinese a Milano, in fig. 6, nei suoi scritti sul restauro sostenne la conservazione e il rispetto assoluto del monumento come testimonianza storica e la necessità di limitarsi ai soli interventi di carattere statico e, ove necessario, a riparazioni con materiale che ne suggeriscono la modernità. Ebbe una grande influenza culturale, ma, nei giudizi sui concorsi di architettura mostrò diverse ambiguità, sostenendo gli sventramenti di antichi quartieri. Fece anche innovative proposte al Congresso del 1883 che produsse la prima Carta del Restauro, la quale suggerisce che i monumenti devono piuttosto essere consolidati che riparati e piuttosto riparati che restaurati evitando aggiunte e innovazioni. Boito sostenne la differenziazione dei materiali, l'incisione della data del restauro in ogni pezzo inserito, la descrizione e la documentazione fotografica del lavoro eseguito con deposito presso l'edificio. Purtroppo, a tutt'oggi, quest'ultima raccomandazione è rimasta sostanzialmente inascoltata.



Fig. 6 – Milano: Porta Ticinese.

Con Gustavo Giovannoni (1873-1947) si entra in pieno nel nuovo secolo. Egli evidenzia la difficoltà del restauro: *e sappiamo quale equilibrio sia richiesto al restauratore e quanta fermezza per resistere al trascinante desiderio di compiere ciò che resta incompiuto….Nel restauro è più facile fare che astenersi dal fare: difficilissimo poi stabilire i limiti e i modi di quella che non può che essere una ragionevole ricostruzione*. E ancora *noi abbiamo inteso compiere opera onesta e sincera di rivoluzione storica e artistica, lontana così dalla fredda concezione dei conservatori ad oltranza, i quali non ammettono neppure il ripristino di qualche tratto di cornice distrutto o di paramento corroso, come da pericolosi tentativi degli estetizzanti, che, attraverso deduzioni ed analogie, vorrebbero vedere compiuti i monumenti in ogni loro parte* (D'Angelo e Moretti, 2004). Giovannoni definì cinque tipologie di restauro: consolidamento, ricomposizione, liberazione, completamento e innovazione. Il cosiddetto restauro di consolidamento tra gli anni '20 e i '40 guardò all'opera di Stern e Valadier per l'uso di materiali tradizionali e contrafforti, talvolta esteso all'uso di cemento. Così Canina ricostruì in mattoni le arcate del cerchio interno del Colosseo, Calza Bini e Fidenzoni realizzarono gli speroni del Teatro di Marcello, sempre a Roma, in fig. 7; ancora, Maiuri inserì nelle fortificazioni dell'Acropoli di Cuma un muro di appoggio in blocchi di pietra isodoma e Jole Marconi Bovio utilizzò mattoni e impasto di cemento per il muro posteriore della cavea del Teatro di Segesta, blocchi di pietra locale e blocchi originali per la cavea, e ancora cemento nell'anastilosi



Fig. 7 – Roma: Teatro di Marcello.



Fig. 8 – Brescia: Capitolium.

del Tempio di Selinunte. Questa relativa continuità della tradizione fu infranta con la Carta del Restauro di Atene del 1931; infatti, insieme al cemento armato furono considerate opportune *superati questi preconcetti e lasciati agli elementi costruttivi il carattere di "mezzo utile", le iniezioni di cemento, catene, travature e incastellature in acciaio*. Ciò fu dovuto senza dubbio a una scarsa conoscenza delle proprietà dei nuovi materiali, a un attenuarsi del valore di documento storico dei monumenti e infine a una scarsa sensibilità verso la storia materiale dell'antichità. Il cemento cominciò subito a diffondersi, come una panacea, in numerosi monumenti. L'articolo V della stessa carta consigliava altresì di *dissimulare gli interventi in cemento armato*; questo accorgimento si ritrova emblematicamente nella ricomposizione del Capitolium di Brescia, eseguito tra il '38 e il '43 da Laurenzi, che realizzò colonne e strutture in cemento armato rivestito di mattoni, in fig. 8.

Il cemento armato intanto si era diffuso anche in tutto il mediterraneo con gli interventi di Balanos al Partenone, di Luigi Pernier a Creta, mentre al tempio Pizio dell'Acropoli di Rodi Laurenzi imperniò le colonne, una deleteria pratica rapidamente diffusasi e che ha procurato grandi danni. Rapidamente l'uso del cemento armato si estese al restauro di tutti i monumenti, dalle Chiese ai Palazzi, diventando una tecnica di intervento che ha creato danni irreversibili al patrimonio storico mondiale.

Il *restauro di ricomposizione*, meglio definibile con il termine *anastilosi*, riguarda essenzialmente il restauro archeologico. Si tratta generalmente della ricomposizione di materiali di scavo, che di solito non può che essere parziale, dando luogo al problema della *lacuna* e della sua definizione in ogni specifico caso (D'Agostino e Martines, 1997). Il mattone laterizio, materiale a durabilità praticamente infinita e che ben si sposa con gli altri materiali lapidei, è stato di solito usato nel trattamento delle lacune e, come si è visto, come rivestimento di inserti in calcestruzzo.

Il *restauro di liberazione*, molto usato nella prima metà del '900 per isolare un monumento dalle successive superfetazioni, ha dato luogo ad ampie demolizioni



Fig. 9 – Milano: Colonnato di San Lorenzo.



Fig. 10 – Napoli: Porta Capuana.

come a Milano, per isolare il colonnato di San Lorenzo in fig. 9, e a Napoli, per isolare Porta Capuana in fig. 10, nonché a veri e propri sventramenti di quartieri, spesso medioevali, in molte città italiane.

Il *restauro di completamento* tende a dare forma compiuta a un monumento. Possono ritenersi tali le realizzazioni di alcune cattedrali quali S. Maria del Fiore a Firenze e il Duomo di Napoli, in fig. 11. Un restauro di completamento molto opportuno dal punto di vista della conservazione fu la ricostruzione delle coperture a Pompei, dove ad esempio Maiuri ricostruì le coperture dell'atrio della Casa dei Vetti e del suo Peristilio, in fig. 12.



Fig. 11 – Napoli: il Duomo.



Fig. 12 – Pompei: Casa dei Vetti.

Il *restauro di innovazione* si propone di aggiungere parti al monumento modellate *all'identique*, sia per ragioni di utilità, sia per ampliare il monumento, sia ancora per completarlo. Emblematica la vicenda dei campanili del Pantheon, costruiti nel '600 e demoliti nell'800, in fig. 13. Non si differenzia molto dal restauro di completamento e, come quello, è ovviamente causa di roventi polemiche perché inficia l'autenticità del monumento.

Sempre nella prima metà del secolo, a partire dagli anni '30, operò Piero Sanpaolesi (1904-1980), impegnato nell'amministrazione dei Beni Culturali come Soprintendente; successivamente fu professore prima a Pisa e poi a Firenze, dove nel 1960 fondò,



Fig. 13 – Roma: campanili del Pantheon.

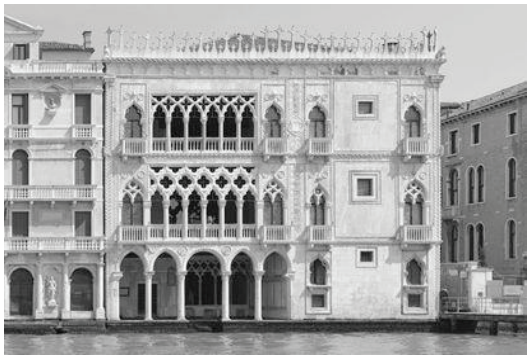


Fig. 14 – Venezia: Ca' d'Oro.



Fig. 15 – Napoli: Castel Nuovo, Arco di Trionfo.

presso l'Università, l'Istituto di Restauro dei monumenti, lasciando un'ampia schiera di allievi. Sanpaolesi promosse lo studio costruttivo dei monumenti e delle varie forme di degrado, sostenendo la necessità di una radicale conservazione. Nell'ansia di sperimentare nuovi materiali per il consolidamento, adottò i fluosilicati, che non sortirono gli esiti sperati, ma che purtroppo furono a lungo impiegati. Tra i suoi numerosi restauri si ricordano la Ca' d'Oro a Venezia, in fig. 14, l'Arco di Trionfo del Laurana al Castel Nuovo di Napoli, in fig. 15, la facciata di palazzo Rucellai a Firenze.

Si è entrati così pienamente nella temperie del XX secolo, funestato da guerre, terremoti e da un incontrollato consolidamento (Lizzi, 1982), ma anche arricchito da una nuova visione culturale che tende a evidenziare il valore di monumento-documento del Patrimonio costruito storico, propugnandone sia la conservazione in quanto archivio della storia materiale dell'umanità, sia la riappropriazione dell'antica arte del costruire.

Bibliografia

Benvenuto E. 1981. *La Scienza delle Costruzioni nel suo sviluppo storico*. Milano: Bompiani.
Carbonara G. 1997. *Avvicinamento al restauro: teoria, storia e momenti*. Napoli: Liguori.
Casiello S. 1996. *La cultura del restauro*. Venezia: Marsilio.
Casiello S. 2000. *Restauro dalla Teoria alla Prassi*. Napoli: Electa.
Cremona L. 1872. *Le figure reciproche della Statica grafica*. Milano: Tipografia di Giuseppe Bernardoni.
Culmann K. 1875. *Die Graphische Statik*. Zurigo: von Meyer & Zeller.
D'Agostino S. Martines R. 1997. Reintegrazioni architettoniche e reintegrazioni strutturali: dialogo sul tema della conservazione. *Atti del XIII Convegno Scienza e Beni Culturali*, Bressanone, 333-342.
D'Angelo D., Moretti S. (a cura di). 2004. *Storia del Restauro Archeologico*. Firenze: Alinea.
Di Pasquale S. 1998. *L'arte del costruire: tra conoscenza e scienza*. Venezia: Marsilio.
Iori T. 2011. *150 anni di storia del cemento in italia. Le opere, gli uomini, le imprese*. Roma: Gangemi.
Lamberti V. 1781. *Statica degli edifici*. Napoli: presso Giuseppe Campo.
Lizzi F. 1982. *Restauro statico dei monumenti*. Genova: Sagep.
Marconi P. 1988. *Dal piccolo al grande restauro: colore, struttura, architettura*. Venezia: Marsilio.
Varignon P. 1725. *Nouvelle Meccanique, ou Statique*. Parigi: Claude Jombert.

Salvatore D'Agostino

Il recupero della tradizione, la tradizione del recupero[1]

Abstract

After the Second World War, the reconstruction of building sites was dominated by the absolute predominance of reinforced concrete, which had already characterized the consolidation of the historical building sites at the beginning of the 20th century.

It was only in the 1980s, after the earthquakes in Friuli and in Irpinia that a new interdisciplinary culture that joined the humanistic and the technical-scientific cultures finally began.

In the last forty years, a new theory of preservation has been developing, which aims to resolve the conflict of preservation vs. safety, and at the same time respects the monument as document of the material history of western culture.

Il recupero della tradizione, la tradizione del recupero

Il costruire e il costruito hanno rappresentato sempre per l'umanità aspetti essenziali della propria esistenza e forse la manifestazione più pregnante della trasmissione al futuro. Essi sono stati fortemente condizionati dalla funzione e dall'economia, così, mentre si erigevano magnifici e imperituri templi, il popolo viveva in modesti villaggi di terra e di pietre.

La costruzione monumentale è concepita come emblema di civiltà e progettata per durare secoli in una visione imperitura del futuro. E' quindi progettata con accorgimenti costruttivi che la rendono robusta e durevole, elementi costruttivi sovradimensionati, rinforzi angolari, archi e volte, barbacani e rinforzi a scarpa.

La cultura moderna ha guardato a questi presidi come antisismici (Gullini, 1980; Giuliani, 2011), ma il sisma era avvertito come *castigo divino* e pertanto imperscrutabile, anche se atteso (Plinio il Vecchio, 77) e tale atteggiamento religioso è proseguito comunque fino a oggi, con processioni e messe di suffragio.

Il progetto del monumento si concretizzava, affinché non subisse le ingiurie del tempo, tra cui i terremoti, secondo i seguenti criteri:

– una notevole implementazione delle dimensioni dettate dalle regole dell'arte per il costruire comune;
– una accurata scelta dei materiali da mettere in opera;
– una esecuzione *a perfetta regola d'arte*, con accorgimenti particolari nel taglio delle pietre e nella dimensione dei giunti di malta.

Del resto tutte le volte che si riescono a individuare le regole dell'arte di un elemento costruttivo si riscontra, valutando il comportamento *a regime* un notevolissimo coefficiente di sicurezza, definito in termini moderni, e ancora un ottimo comportamento in fase sismica; ciò è avvenuto per il Colosseo considerato integro, per le sostruzioni romane, per le scale, per i muri liberi e in molti altri casi ed è peraltro documentato dalla storia e dalle dimensioni stesse di tanti monumenti, quali il muro di Pecile a Villa Adriana, i sei metri di spessore del muro ciconferenziale del Pantheon, i due-tre metri di spessore della Citroniera di Juvarra a Venaria Reale.

D'altro canto, è ben nota la profonda dicotomia tra la concezione costruttiva antica e quella moderna: la prima fondata sulle regole dell'arte, regole messe a punto e maturate attraverso esperienze secolari, la seconda fondata sulla meccanica razionale e la teoria matematica dell'elasticità, che ha dato luogo alla teoria tecnica della trave e ai moderni studi sugli archi e sulle volte.

La concezione antica si è sviluppata per millenni, passando dai grandi Templi greci al Colosseo e al Pantheon, percorrendo il lungo succedersi di stili dell'architettura religiosa dal romanico al gotico, dal barocco al neoclassico, e nella perdurante avventura del *Palazzo*, da Cnosso a palazzo Senatorio, da palazzo Strozzi ai grandi palazzi genovesi, fino alle grandi residenze monarchiche europee, da Versailles alla reggia di Caserta. La concezione moderna ha realizzato impensabili ponti e, con Ville Savoie, ha posto l'incipit per un innovativo modo di edificare e abitare che ha caratterizzato l'età contemporanea fino a elevare poderosi e svettanti grattacieli. Purtroppo, questa esaltante avventura sviluppatasi dalla fine del XVIII secolo a tutt'oggi ha indotto l'assoluta ignoranza dell'antico costruire, che pur aveva prodotto nel secolo XIX lo sviluppo di una feconda trattatistica, da Belidor, a Brejmann, a l'Art di Batir di Claudel e Laroque, solo per citare alcuni illustri esempi.

Così la conoscenza profonda dei materiali tradizionali e delle regole dell'arte diventarono obsolete. La loro conoscenza scompariva dalla formazione degli architetti e degli ingegneri, e durante la prima metà del '900, si offuscava anche nel mondo dell'edilizia, per scomparire di fatto all'indomani del secondo conflitto mondiale, quando i nuovi materiali industriali, in particolare il cemento armato, unitamente alle esigenze abitative diffusesi nella ricostruzione postbellica, produssero una nuova edilizia che si diffuse su tutto il territorio nazionale.

Si sviluppò così quell'improprio fenomeno, chiamato consolidamento, che introdusse nelle costruzioni antiche malte di cemento ed elementi costruttivi propri della nuova edilizia, quali travi, pilastri, cordoli e solai, alterando profondamente l'antico tessuto murario con improprie iniezioni di cemento e cuciture, fino a invadere gli antichi sedimi archeologici con pali e micropali. Per la verità la panacea del cemento aveva cominciato già da tempo ad affascinare i costruttori e perfino gli archeologi, si veda l'intervento di Maiuri negli anni '30 al tempio di Nettuno a Paestum, ma fu nei decenni successivi al secondo conflitto mondiale che tale fenomeno esplose con

virulenza, dismettendo di fatto quella manutenzione che per secoli aveva garantito la stabilità dell'architettura antica. Il trionfo del consolidamento si ebbe con il convegno "Restauro e Cemento", promosso dall'AITEC nei primissimi anni '80, le cui schede documentano la cementificazione di centinaia di insigni monumenti, e poi nelle ricostruzioni post sismiche, dal Friuli all'Irpinia.

Solo a valle del terremoto del 1980, l'allora Ministero dei Beni Culturali istituì il Comitato Nazionale per la prevenzione del Patrimonio Monumentale dal rischio sismico, che favorì un concreto e severo dibattito tra archeologi, storici dell'architettura, restauratori, architetti, ingegneri e geotecnici. Vennero discussi e riesaminati i diversi approcci culturali e, in breve tempo, vennero diffuse prima le *Raccomandazioni* (1985) e successivamente le *Direttive* (1989), che costituiscono, ancora oggi, un importante documento culturale che tende a riconoscere il valore della tradizionale manutenzione, la intrinseca durabilità del patrimonio monumentale e l'improprio uso del cemento e dei metodi del consolidamento, suggerendo, nel contempo, la validità dei materiali e delle tecniche tradizionali, le quali hanno consentito al patrimonio storico non solo di sopravvivere nei secoli, ma anche di conservare la propria possibile integrità materiale, presupposto essenziale per l'analisi e lo studio della storia materiale dell'architettura antica. È, in sostanza, la conoscenza storica che si riappropria dei suoi diritti e riporta la conservazione del patrimonio costruito nell'alveo di un corretto restauro e del rispetto della storia materiale.

Con la normativa sismica del 1986, d'intesa con il Ministero dei Lavori Pubblici, nacque il *Miglioramento*. Esso sancisce la profonda dicotomia tra il costruito storico e quello moderno e auspica il restauro del patrimonio storico secondo l'antica tradizione, utilizzando materiali e tecniche antiche, riconoscendone la secolare durabilità e sottraendo i monumenti all'imperativo della nuova normativa, ove essi conservino integra l'antica concezione. Il citato Comitato Nazionale si fece pure promotore di una serie di ricerche specifiche con varie Soprintendenze e di un ambizioso programma di ricerche sperimentali su materiali e leganti di tutte le regioni d'Italia attraverso la rete di ben nove laboratori di prove materiali di numerose Università che coprivano l'intero territorio nazionale. Queste ricerche hanno dato luogo a un corposo volume (MIBAC, 1997) e a numerosi contributi scientifici, ma la prematura morte del collega Romeo Ballardini, coordinatore della ricerca, impedì che tanto prezioso lavoro trovasse un compiuto ed esteso riconoscimento nazionale. Purtroppo non nacquero specifici corsi universitari, mentre l'industria individuò ben presto l'importanza del problema e cominciò la produzione delle malte cosiddette storiche, dalla Lafarge alla Volteco.

Da allora la difesa e lo sforzo di riappropriazione dell'antica concezione costruttiva sono continuate con vigore e portate avanti dalle Istituzioni e da numerosi studiosi: si citano i carissimi colleghi, purtroppo tutti prematuramente scomparsi: Edoardo Benvenuto, Antonino Giuffrè, Alfredo Cosanego, Salvatore Di Pasquale, Luigia

Binda, Romeo Ballardini e Paolo Marconi, nelle cui opere si ritrovano i caposaldi per una corretta conservazione del patrimonio storico. Va anche ricordato l'impegno dell'Associazione Italiana per il Recupero del Costruito (ARCo) che, con i suoi numerosi e ponderosi Convegni, ha realizzato una importante documentazione dei tanti interventi di recupero realizzati in Italia. Si è così sviluppato un corposo insieme di studi che vanno dalla Scienza delle costruzioni nel suo sviluppo storico, all'Arte del costruire tra conoscenza e scienza, ai diversi Codici di pratica, ai Manuali per il recupero di diverse regioni, e di studi che individuano la razionalità del progetto antico, come recentemente dimostrato da Dieter Mertens per i templi greci e magno greci (Mertens 2016), o da Giuliani per il Pantheon (Giuliani, 2015), fino a contributi puntuali sulla stabilità e sicurezza del costruito antico, quali il poderoso volume di Como sulle costruzioni in muratura (Como, 2013), gli studi sulle sostruzioni romane (Conforto e D'Agostino, 1995), sui ponti romani (Fulgione, 2006), sui ponti in legno di Palladio, fino ai recenti contributi di Rosati e della sua scuola (Toraldo *et al.*, 2016) sui muri in zona sismica e sulle scale elicoidali. Questi studi proseguiranno ancora e dimostreranno, anche alla luce delle moderne teorie scientifiche, la grande affidabilità del costruito antico, come del resto la storia dimostra.

Emblematico il caso del ponte romano di Porto Torres che, senza alcun restauro, ha sopportato per circa venti anni il grande traffico di servizio allo stabilimento petrolchimico e che anche sotto i carichi previsti dalla normativa vigente è soggetto a un modesto stato tensionale (Fulgione, 2006).

Parallelamente non mancano restauri esemplari; da quello dei grandi Templi di Paestum, che impegnò quindici anni di studi e ricerche, a quello della Villa dei Quintili sull'Appia Antica, a quello del complesso Citroniera – Scuderia a Venaria Reale, solo per citare qualche esempio. Restauri che lo storico Fulvio Irace avrebbe definito *timidi*, tutti interventi che *rifuggono dalla bulimia del restauro che considera l'esistente come una semplice base per la pavlovniana mania di lasciare il segno* (Irace, 2017).

Il concetto di miglioramento ha individuato proprio sul piano teorico e lessicale la vulnerabilità aggiunta dallo stato precario indotto dall'assenza di manutenzione programmata, mentre sul piano operativo lascia piena responsabilità al progetto di restauro e alla sua condivisione da parte dell'Ente di Tutela, tenuto a garantire una conservazione consapevole dei valori di storia materiale dell'architettura antica.

Purtroppo un complesso problema è stato posto dalla più recente normativa sismica che, pur sviluppando una visione innovativa in chiave probabilistica, impone una valutazione numerica del miglioramento attraverso schematici parametri. Ciò da un lato barrica la responsabilità del progettista dietro elaborazioni digitali e discutibili coefficienti, dall'altro, nell'impossibilità di raggiungere l'adeguamento così come inteso dalla normativa, in caso di sisma può offrire il fianco a pesanti e pericolose critiche sul piano giuridico, come del resto si sta verificando per i più recenti terremoti, come accaduto ad esempio per la scuola di Amatrice. Va inoltre conside-

rato che molto spesso gli interventi sono fortemente condizionati dalle disponibilità economiche. Il MIBACT e l'Associazione ARCO hanno tentato di integrare le nuove norme adeguandole alla teoria della conservazione, ma con scarso successo per strumentali opposizioni.

D'altro canto il mondo della cultura più avvertito sul piano storico continua la battaglia; nel 2009 sono stati pubblicati, di concerto con la Direzione Generale per l'Archeologia del MIBACT, specifiche Raccomandazioni (D'Agostino *et al.*, 2009) per il costruito archeologico, presenti sul sito del Ministero, nonché numerosi ulteriori contributi scientifici (D'Agostino e Tocco, 2003; D'Agostino 2014; D'Agostino, 2016; Brigante e D'Agostino, 2017).

Intanto, per una più consapevole preparazione di ingegneri e architetti, andrebbe riattivato nelle Università l'insegnamento dell'antico edificare, purtroppo brutalmente soppresso da decenni. La rilettura dei trattati ottocenteschi, fino agli inizi del secolo scorso, arricchiti dai più recenti contributi, renderebbe architetti e ingegneri culturalmente in grado di comprendere l'antica concezione costruttiva e la sua evoluzione storica, riappropriandosi delle antiche regole dell'arte e pertanto in grado di guardare all'organismo monumentale nel suo complesso, senza ricorrere a semplificazioni e parcellizzazioni come, ad esempio, previsto per le chiese dalla nuova normativa. Purtroppo gli attuali corsi sulle costruzioni in muratura ignorano completamente la ricchezza dell'antica arte del costruire e impongono una visione meccanicistica del suo comportamento che non aiuta la comprensione dell'antico edificare, ma lo reinterpreta attraverso programmi di calcolo, spesso oscuri.

Questo grave problema investe anche la Protezione Civile, la cui cultura dell'emergenza è spesso deleteria per gli interventi del costruito storico, nonché quelli stabiliti dai quadri stessi delle Soprintendenze che, talvolta senza una adeguata preparazione, sono chiamati a dare un giudizio giustamente ultimativo sul progetto di recupero.

Andrebbe pertanto impostato un grande progetto di formazione permanente che allo stato non sembra decollare, vuoi per la sordità delle Istituzioni, vuoi anche per la carenza di specialisti preparati nelle numerose branche dell'Ingegneria per i Beni Culturali.

Non mancano sporadiche iniziative come i Corsi di Perfezionamento in Ingegneria per i Beni Culturali e Ingegneria per l'Archeologia tenuti presso il Centro Interdipartimentale di Ingegneria per i Beni Culturali (CIBeC) dell'Università Federico II di Napoli, o le Summer School dell'Università di Roma, alle quali partecipano anche funzionari dello Stato e delle Soprintendenze, ma sono ben poca cosa nel panorama italiano.

Da tutto quanto precede è evidente che l'accuratezza dell'intervento dipende dalla consapevolezza culturale e tecnica vuoi della committenza, vuoi dei progettisti e degli esecutori, vuoi dei costruttori.

È un iter complesso, quasi sempre condizionato, come si è detto, da esigenze economiche e da procedure burocratiche. Anche l'impiego di materiali e tecniche tradizionali va riguardato con particolare attenzione e con uno sguardo all'importanza del

monumento. Si citano due esempi singolari: Philippe Villeneuve, architetto di Notre Dame, ha lanciato l'allarme per l'intervento di Viollet le Duc che non usò pietre simili a quelle originali che provenivano dal bacino di Parigi e oggi le pietre ottocentesche mettono il monumento a rischio di cedimenti. Pertanto il restauro sarà condotto *all'insegna della semplicità medioevale: nessun elemento chimico, ma sabbia e calce come fu fatto originariamente*. E, a proposito di calce, pur apprezzando l'uso di malte storiche nell'edilizia antica, si deve essere molto attenti nella loro utilizzazione quando il restauro si presenta particolarmente impegnativo per l'importanza del monumento, come dimostra la cura della Fabriceria di San Marco che sta eliminando sistematicamente gli inserti di cemento sostituendoli con una preziosa calce realizzata con ciottoli di calcare cotti a legna, invecchiata in buche almeno per venti anni, sempre coperta con un filo di acqua. D'altro canto l'impegno dei più grandi architetti nell'accorta scelta dei materiali è ben nota, da Michelangelo a Vanvitelli.

Questi esempi mostrano che dove c'è alta cultura la tradizione è vincente, dove invece prevalgono altri fattori, dall'ignoranza dei progettisti e controllori ai fattori economici o di imperizia imprenditoriale, vengono applicate ancora pratiche di consolidamento che dovrebbero essere definitivamente abbandonate, ad esempio l'uso di malte di cemento, le iniezioni armate, le sottofondazioni con pali, i cordoli, i solai in laterocemento e i tetti pesanti, tutto un armamentario che nel secolo scorso ha persino invaso i più prestigiosi siti archeologici e insigni monumenti.

Il problema resta sempre il progetto di restauro, la sua congruenza con la concezione costruttiva e la storia materiale dell'edilizia antica; esso va fondato ed elaborato alla luce di un'approfondita conoscenza storica, coordinato dalla *funzione architettura*, elaborato da una serie di contributi specialistici e sottoposto a un severo esame degli Organi di Tutela. Inoltre è essenziale, come è ovvio, la fase esecutiva e in questo senso si auspica una effettiva specializzazione delle imprese che allo stato attuale appare notevolmente carente.

Per il costruito storico minore, in particolare quello che caratterizza i mille borghi d'Italia e ne costituisce una peculiare ricchezza, l'intervento di recupero deve essere attento ai valori e ai materiali tradizionali propri delle diverse realtà, al fine di consentire, per quanto possibile, la conservazione dell'antico tessuto costruttivo, il quale sarà ben preservato se soggetto a quella manutenzione programmata, già così difficile da attuare per i mille monumenti italiani, e quasi impossibile per il comune tessuto abitativo che, una volta trascurato per anni, si degraderà lentamente e mostrerà danni rilevanti e gravi al prossimo inevitabile sisma. Non mancano certo studi e proposte che, tra l'altro, garantirebbero un elevato e costante flusso di lavoro all'industria edilizia, la quale cerca, al contrario, tutte le occasioni per continuare l'impropria cementificazione del paese. Ormai il degrado di tanti monumenti e siti archeologici, e ancor di più del patrimonio storico diffuso, è sotto gli occhi di tutti e oggetto di continue denunce da parte della società più culturalmente avvertita. Con-

tinuamente si constatano i danni indotti dal consolidamento, riportati nei manuali per il recupero e negli organi di stampa, allarmati ad ogni sisma; tra i più recenti la triste fasciatura dei rocchi della colonna del foro di Pompei, in avanzato stato di degrado indotto dall'improprio intervento di imperniamento con una barra metallica avvolta in un impasto di cemento eseguito negli anni '90, nonostante il Comitato sismico del Ministero dei Beni Culturali avesse già denunciato l'assurdità di tali interventi. Il confronto resta duro e ancora prevale talvolta una profonda ignoranza.

Recentemente è stata realizzata una sciagurata anastilosi di una porzione di colonnato del Tempio della Pace al Foro Romano. Intervento fortemente criticato dall'Associazione Bianchi Bandinelli (AA.VV., 2015); le antiche basi delle colonne sono state eliminate e sostituite con macchinose e invasive basi antisismiche, mentre le colonne, alte circa otto metri, sono state realizzate in cemento armato con inserti delle antiche colonne di granito; infine il cemento armato è stato poi ripreso con una specie di intonaco colorato che imita l'antico granito! Eppure recentemente è stato scientificamente dimostrato (Como, 2016) che le colonne a rocchi non vincolate alla base rispondono molto meglio al sisma di quanto facciano le colonne monolitiche incastrate alla base, come ben avevano intuito gli antichi e come si ritrova in tanti templi greci e magnogreci.

La vita è sempre confronto e lotta. Mi auguro che i decenni futuri siano caratterizzati da un imperativo ritorno alla storia e che le prossime generazioni siano in grado di conservare la storia materiale dell'architettura antica, patrimonio ormai archeologico, che merita un vigile studio e una dedizione esemplare.

Bibliografia

AA.VV. 1985. *Interventi sul Patrimonio Monumentale a Tipologia Specialistica in zone sismiche: Raccomandazioni.* Circolare del Ministero dei Beni Culturali e Ambientali n. 1032.

AA.VV. 1989. *Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di Miglioramento antisismico e Manutenzione nei complessi architettonici di valore storico-artistico in zona sismica*. Circolare del Comitato Nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Monumentale dal rischio sismico. MIBAC.

AA.VV. 2015. *Il cemento che cancella la storia*. Documento dell'Associazione Ranuccio Bianchi Bondinelli sull'intervento in corso al Tempio della Pace nell'area dei Fori in Roma, 10 luglio.

Ausiello G., D'Agostino S. 2016. Innovazione e conservazione: nuovi materiali e realtà virtuali. *Atti del Convegno Nazionale di Scienza e Beni Culturali "Eresia ed Ortodossia del Restauro"*. Venezia: Arcadia Ricerche.

Brigante M., D'Agostino S. 2017. Restauro e Conservazione diffusi: un'esigenza di civiltà, Atti del Convegno Nazionale di Scienza e Beni Culturali Le nuove frontiere del restauro. Venezia: Arcadia Ricerche.

Como M. 2013. *Statica delle costruzioni storiche in muratura*. Roma: Aracne.

Como M. 2016. Sulla risposta sismica delle colonne. *Atti del 6º Conv. Nazionale di Storia dell'Ingegneria*, Napoli, Cuzzolin Editore.

Conforto M.L., D'Agostino S. 1995. Sulla concezione strutturale dell'architettura antica, un caso emblematico: la Sostruzione romana. Atti del XII Congresso Nazionale AIMETA, 101-106. Napoli: Giannini Editore.

D'Agostino S., Cairoli Giuliani F., Conforto M.L., Guidoboni E. 2009 (a cura di). *Raccomandazioni per la redazione di progetti e l'esecuzione di interventi per la conservazione del costruito archeologico*. Napoli: Cuzzolin Editore.

D'Agostino S., Tocco G. 2013. Archaeological and Geotechnical Engineering. *Proceedings of Geotechnical Engineering for the Preservation of Monumental and Historic sites*, London: Taylor and Francis.

D'Agostino S. 2014. Pompei dal terremoto dell'Irpinia del 1980 ad oggi: costi e strategie. *Economia della Cultura*, XXIV, 3-4.

D'Agostino S. 2014. La sicurezza abitativa possibile. Il ruolo della cultura degli Ingegneri. In: *L'Italia dei Disastri. Dati e riflessioni sull'impatto degli eventi materiali, 1861-2013*. (a cura di Guidoboni E.). Bologna: Bononia University Press.

Fulgione M. 2006. Sulla resistenza strutturale degli antichi ponti. *Atti del 1° Convegno. Nazionale di Storia dell'Ingegneria*, 861-872. Napoli: Cuzzolin Editore.

Giuliani F.C. 2011. Provvedimenti antisismici nell'antichità. *Journal of Ancient Topography*, XXI.

Giuliani F.C. 2015. Problemi costruttivi del Pantheon e della cosiddetta Basilica Neptuni. *Atti del Seminario di Studio Campo Marzio*. Roma: Nuove Ricerche.

Gullini G. 1980. Le fondazioni e il supporto fisico del costruito nelle culture architettoniche dell'antichità. *Atti del XIV Convegno Nazionale di geotecnica*, Firenze.

Irace F. 2017. Il timido mestier del "Conciatetti". Il sole 24 ore, Domenicale 20 agosto.

MIBAC. 1997. *La Protezione del Patrimonio Culturale. La questione sismica*. Atti del II Seminario nazionale di Studio. Roma: Gangemi.

Plinio il Vecchio. 77 *Naturalis historia*.

Toraldo F., Chianese A., Rosati L. 2016. Abaco di progetto di pareti murarie a gravità nell'area Archeologica di Pompei. *Atti del 6° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria*, 181-192. Napoli: Cuzzolin Editore.

Note

1. Testo letto al Seminario di Studi LBA e HBA Project, presso il Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali di Ravello, ottobre 2017

Salvatore D'Agostino

Sulla conservazione del patrimonio archeologico, tra "minimo intervento" e "miglioramento": il restauro timido come manutenzione programmata

Abstract

Following closely the theory of preservation of historical built heritage, this paper highlights the concept of minimal intervention, which together with a programmed maintenance can in many instances exemplify the concept of "improvement".

Some interventions of archeological conservation are examined to show how it was possible to apply a restoration of buildings that was compatible with the theory of conservation.

Alle carissime amiche Giovanna Greco e Giuliana Tocco,
archeologhe esemplari, fautrici della timidezza.

L'Italia è un paese cosparso di siti archeologici che spaziano dalla preistoria al V secolo d.C. Al di là delle più famose emergenze quali, Roma, Pompei ed Ercolano, Paestum e i Templi magnogreci della Sicilia, i siti archeologici, cosiddetti minori valutando la presenza turistica, rappresentano un tessuto connettivo del Paese che ne illumina il tormentato e complesso percorso storico e rappresentano laboratori di ricerca essenziali vuoi per la ricostruzione della storia civile e materiale del Paese tutto, vuoi delle singole regioni. Essi sono spesso poco frequentati, pur rappresentando per cittadine e borghi l'emblematica evidenza della loro storia, e quindi, nella nuova civiltà dell'apparire, con ben scarse risorse economiche che mortificano gli Enti di tutela preposti alla loro conservazione; si presentano quindi fragili per una ben scarsa manutenzione e, talvolta, per un incipiente abbandono. Ciò peraltro si verifica anche in grandi città che spesso non valorizzano i preziosi ruderi sparsi sul proprio territorio[1].

Questi siti sono spessi connotati da modeste emergenze costruttive che pure evidenziano insule e templi, murazioni e sepolture. Purtroppo però, nonostante la loro modestia costruttiva e l'avanzato stato di ruderizzazione, neppure essi sono sfuggiti, così come tanti monumenti esemplari, a quell'impropria moda della cementificazione che ha invaso vuoi il patrimonio monumentale, vuoi quello archeologico, da Pompei a Pietra Abbondante.

Sulla base di queste considerazioni, e della valutazione del rischio sismico cui in Italia era soggetto il patrimonio archeologico, il Comitato Nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Monumentale dal rischio sismico, con le Direttive del 1989, prescriveva che il costruito archeologico fosse esente da verifiche sismiche analitiche, ma che alla loro conservazione fosse sufficiente una corretta manutenzione programmata (CNPPM, 1989), come del resto testimonia la sopravvivenza dei monumenti per millenni, tra abbandoni e violenze. Tutto ciò fu anche ripreso e ribadito all'interno del pianeta ingegneria; infatti, nel 1991, al V Convegno Nazionale di Ingegneria sismica, fu sottolineata la particolare vulnerabilità dei siti archeologici, (D'Agostino, 1991a) e fu presentata all'Assemblea Nazionale di Ingegneria Sismica una puntuale mozione, che fu però largamente bocciata, per la palese insufficienza culturale dell'Assemblea. Comunque si continuò a insistere, sia da parte del Comitato sia di suoi singoli componenti anche in ambito europeo (Corsanego e D'Agostino, 1990, 1992a, 1992b; D'Agostino, 1991b). Purtroppo la precoce scomparsa di Romeo Ballardini, Presidente del Comitato, ne sanzionò l'estinzione, ma la battaglia in difesa del patrimonio archeologico è continuata con fermezza: di concerto con la Direzione Generale per l'Archeologia furono infatti redatte le *Raccomandazioni per la redazione di progetti ed esecuzione di interventi per la conservazione del costruito archeologico* (D'Agostino *et al.*, 2009) pubblicate sul sito della Direzione Generale per l'Archeologia del MIBACT [1], nonché successivi studi (D'Agostino e Tocco, 2013; D'Agostino, 2014).

Purtroppo nel primo decennio del nuovo secolo il MIBACT subì una involuzione culturale e fu fortemente influenzato e condizionato dalla Protezione Civile, organo non certo molto sensibile alla cultura storica. Fu così elaborata una nuova normativa sismica che, pur avendo il pregio di una moderna impostazione probabilistica, impone, purtroppo, una valutazione analitica del miglioramento, attraverso schematici coefficienti. Ciò da un lato barrica la responsabilità del progettista dietro elaborazioni digitali e discutibili coefficienti, dall'altra nell'impossibilità di raggiungere l'adeguamento, così come inteso dalla Normativa, in caso di sisma può offrire il fianco a pesanti e pericolose critiche sul piano giuridico, come del resto si sta verificando per i più recenti terremoti, si pensi alla scuola di Amatrice. Purtroppo questa normativa, con varie circolari ministeriali centrali e periferiche, fu estesa ai Beni archeologici.

Il MIBAC fu solerte nel pubblicare diversi volumi, il primo dedicato a Pompei (Cecchi, 2011) che merita alcune considerazioni. Il volume ricorda che a fine '900 gli operai a Pompei erano circa un centinaio contro la sparuta decina che si aveva all'inizio del secolo; ricorda e riconosce l'assoluta importanza della manutenzione, citando il Regolamento del 1875, attuato per breve tempo in quanto i costi della manutenzione apparvero eccessivi, ma riconosce oggi la economicità della manutenzione, in quanto evita interventi massicci cosiddetti straordinari. Riporta poi la Mozione del Consiglio Superiore per i Beni Culturali e paesaggistici, in data 13/12/2010, che

Fig. 1 – Plan de la ville de Turin, 1906. Biblioteca civica centrale, Biblioteche civiche torinesi.

riconosce che la tutela si attua attraverso una continua e programmata attività di conoscenza, rilievo, prevenzione, manutenzione e restauro e che i crolli avvenuti in quegli anni a Roma e a Pompei sono per lo più riconducibili a scarsa e non controllata manutenzione. Pertanto il Consiglio auspica che le Soprintendenze si dotino di un piano di manutenzione preventiva e programmata. A tal fine si individuano i seguenti punti essenziali: definizione di tutti i dati conoscitivi del sito archeologico, tra i quali assume una rilevanza speciale il rilievo tridimensionale, individuazione delle procedure per l’esecuzione di visite, obbligo di redigere i piani di manutenzione preventiva e programmata specifici per ogni manufatto: nella Mozione è assente ogni riferimento al rischio sismico, pur avendo per titolo *Linee guida per la conservazione dei beni archeologici*. Ma c’è di più: il Volume prosegue con le *attività ispettive per la valutazione della vulnerabilità delle strutture archeologiche e per l’analisi delle condizioni di rischio*, applicate a quattro casi specifici: Casa di Trebbio Valente, Casa del Moralista, via Stabiana, Casa della Fontana Piccola. Anche questa analisi individua le cause che hanno provocato le emergenze nella sistematica mancanza di manutenzione e in interventi di restauro non congruenti, dovuti al consolidamento; inoltre, calcola la sicurezza sismica secondo le *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del Patrimonio Culturale* e individua, come era ovvio, valori molto alti della vulnerabilità per lo stato limite di salvaguardia della vita, mentre non risulta calcolabile lo stato limite di danno ai Beni Artistici. Infine, elenca i *Lavori e Raccomandazioni*, dopo aver ribadito che i risultati della valutazione *evidenziano un livello di sicurezza complessivo molto basso.* Ciò non pertanto, i lavori raccomandati per garantire fruibilità e sicurezza sono interventi sulle falde di copertura, sul convogliamento delle acque meteoriche, sulla sistemazione delle creste murarie e sulla protezione degli architravi di legno: tutte operazioni classiche di manutenzione ordinaria, mentre con riferimento al rischio sismico *si ritiene necessario un approfondimento attraverso l’esecuzione della valutazione della vulnerabilità sismica di dettaglio (LV2 e LV3) per la definizione di necessari interventi di miglioramento sismico finalizzati alla conservazione del Bene*. È ben evidente che se due *esperti* scelti dal MIBACT per una pubblicazione a titolo esemplificativo hanno *gettato la spugna*, ciò è dovuto alla certezza che l’analisi avrebbe individuato, ove possibile, vulnerabilità estremamente alte con la conseguente difficoltà di individuare massicci interventi di miglioramento del tutto incompatibili sia con la Teoria della conservazione, sia con le linee guida del Consiglio Superiore. Tutto ciò ha di fatto innescato un conflitto tra archeologi, gelosi della conservazione della storia materiale dei reperti, e ingegneri strutturisti, armati di normative e linee guida incompatibili con il processo storico, ma dettate da una presunta esigenza di sicurezza globale, di fatto irraggiungibile. Un Paese che accetta tacitamente l’ecatombe di oltre tremila vittime e centocinquantamila feriti per incidenti stradali ogni anno, e altrettante vittime sul lavoro, dovrebbe tener presente che a memoria d’uomo non si ricorda una sola vitti-

ma per eventi sismici o dissesti statici in un sito archeologico. In effetti si tratta di un duro confronto sul campo: tra le ragioni scientifiche dell'Ente di tutela e le presunte esigenze di sicurezza che i progettisti tentano di assicurare, nell'intrigo delle normative, che peraltro hanno valore cogente solo in Italia, a fronte di una legislazione ben più elastica diffusa in Europa attraverso gli Eurocodici, che costituiscono una efficace guida ma non hanno imperativo valore giuridico.

Gli esiti sono ancora incerti e mentre si riscontrano restauri esemplari, si assiste di tempo in tempo ad assurdi interventi come la incauta anastilosi di un breve tratto di colonnato al Tempio della Pace ai Fori Romani [2]. Eppure dagli anni '80 si sono realizzati molti restauri esemplari che hanno pienamente rispettato la storia materiale dei monumenti, dai Templi di Paestum a Villa dei Quintili sull'Appia antica, alla colonna di Capo Colonna, salvata da un incauto imperniamento i cui nefasti effetti si sono recentemente manifestati sulla colonna del Foro a Pompei, salvata da una ben triste cerchiatura. In effetti, la cultura più avvertita è ben cosciente delle violenze spesso inflitte ai monumenti, tanto da definire *timidi* i restauri rispettosi di una corretta conservazione (Ermentini, 2008); lo stesso Renzo Piano, così come Fulvio Irace (Irace, 2017), consiglia ai restauratori l'uso della *timidina*, ideale pozione che guida al rispetto del monumento, inteso come documento di storia materiale dell'umanità. D'altro canto la *timidina* è stata per molto tempo il motivo dell'atteggiamento che ha ispirato i restauratori e in particolare gli archeologi, i quali, una volta eseguita la ricomposizione dei ruderi, ove necessario, intervenivano con operazioni di ordinaria manutenzione la quale, di per sé stessa, è una efficace opera di miglioramento dello stato del rudere.

Di seguito si riportano alcuni esempi in cui la timidina ha trionfato con il solo intervento di miglioramento costituito dalla manutenzione ordinaria. Ma i tempi mutano e si vedono oggi invadere prestigiosi monumenti con sfilate di moda, concerti e matrimoni.

Il caso Paestum

Nell'ultimo decennio del secolo scorso e nei primi anni del nuovo, nell'area archeologica di Paestum si è eseguito un restauro esemplare dei tre Templi, che ha seguito puntualmente i dettami della Teoria della Conservazione. Ciò è stato innanzi tutto dovuto alla grande fermezza e competenza dell'allora Soprintendente Giuliana Tocco che, in prima battuta, chiamò in causa l'allora Istituto Centrale per il Restauro che, nella persona dell'archeologa Alessandra Melucco, prematuramente scomparsa, diresse una lunga campagna di analisi e ricerche sul Tempio di Atena, assunto poi quale riferimento campione. Questo insolito e complesso processo portò al Seminario di Studi (Cipriani, 1993) che definì le linee guida degli interventi. Anche la presenza assidua di attenti consulenti scelti dalla Soprintendenza contribuì non solo a sostenere le esigenze dell'Ente di tutela nei confronti del Concessionario esecutore



Fig. 1 – Tempio di Nettuno: intervento di Bonucci, primi anni del 1800.



Fig. 2 – Tempio di Athena; campioni di copertine impermeabili.

dei lavori, ma anche ad approfondire alcuni aspetti specialistici, in particolare quelli costruttivi. L’imperativo categorico che guidò il progetto fu il pieno rispetto della concezione costruttiva antica, la conservazione degli interventi di restauro storicizzati non invasivi, in fig. 1, l’esecuzione accurata di una puntuale quanto diffusa opera di miglioramento con l’ausilio dei tradizionali metodi di manutenzione, dal diserbo alla pulitura, dalle stuccature alla protezione delle acque meteoriche, in fig. 2, illustrato negli Atti del Convegno Internazionale che si tenne a conclusione dei lavori, il cui volume a stampa ha avuto purtroppo, per esigenze economiche, scarsa diffusione (Cipriani e Avagliano, 2007).

In questo contesto si vogliono ricordare due particolari aspetti: sicurezza e fruizione. Benché la normativa sismica non fosse stata ancora estesa ai beni archeologici, le pressioni del Concessionario erano notevoli, anche perché in linea con la sciagurata stagione della ricostruzione post sismica degli anni ’80. D’altro canto, era sotto gli occhi di tutti che i Templi, pur avendo affrontato ben due millenni con una lunga storia sismica in totale abbandono, non presentavano alcun dissesto strutturale significativo; era però necessario evidenziarne l’adeguatezza sismica sul piano strutturale, cosa che fu fatta dimostrando l’elevatissimo coefficiente di sicurezza dei Templi (D’Agostino e Frunzio, 1994) e presentando i risultati in sede europea. Si riuscì in tal modo ad arrestare ogni controversia. Purtroppo però la storia viene spesso ignorata e si ha notizie di un recente studio dell’Università di Salerno, ovviamente effettuato con tecniche e tecnologie all’avanguardia, per dimostrare una chiara evidenza storica.

Sempre per rispettare il monumento quale archivio di storia materiale, e pertanto oggetto di ricerca scientifica da conservare al meglio per le future generazioni, si ritenne opportuno perimetrare i Templi con una modesta recinzione lignea al fine di limitare l’accesso alle moltitudini di turisti, portatori di usura e talvolta di atti



Fig. 3 – Tempio di Nettuno: recinzione in legno.



Fig. 4 – Concerto nel tempio.

vandalici, in fig. 3: tutte scelte che indicano rispetto e *timidezza* nei confronti della sacralità dei monumenti. Purtroppo però la stampa ci mostra i Templi affollati da turisti, con l'esecuzione di concerti, in fig. 4, e perfino percorsi per disabili. Si resta convinti che anche una fruizione colta e meditata può non necessariamente dover accedere ai templi e che un concerto eseguito sui prati circostanti può suggerire forti emozioni (Cuomo, 2017), ma i tempi mutano e con loro il senso della storia e della ricerca scientifica.

La Villa dei Quintili

La Villa, situata sull'Appia Antica, a breve distanza dalle Terme di Caracalla, era patrimonio dei fratelli Quintili, mandati a morte dall'imperatore Commodo (161-192), che la trasformò in residenza imperiale. Rimase in uso fino al III sec. d. C e i suoi resti, ricchissimi di preziosi reperti, assunsero i nomi di Statuario o di Vecchia Roma. I primi scavi sistematici furono dovuti nel sec. XVIII ai Torlonia, proprietari della tenuta, mentre la zona è stata sempre caratterizzata da ruderi maestosi, in fig. 5. Tra il 1998 e il 2000 fu realizzato un grande progetto di scavo e restauro che ha reso la Villa uno dei complessi più suggestivi della pur ricca archeologia romana: quello costruttivo fu un esemplare restauro timido, sia per la parsimonia degli interventi di ricostruzione muraria, sia per il non intervento per la grande apertura del lato sud della grande sala del Frigidarium, in fig. 6. Inoltre la grande sala del Calidarium, con una struttura muraria che svetta per oltre 20 m, presenta una parete che ha un buon collegamento con la muratura ortogonale, mentre sull'altro lato è completamente libera, in fig. 7. La sua stabilità è assicurata in fase di regime, ma potrebbe collassare in caso di sisma. Invece di manomettere i ruderi con improprie superfetazioni, si è valutata la possibile gittata del crollo, delimitandone la zona, in modo da vietare l'accesso ai visitatori (D'Agostino e Bellomo, 1999).



Fig. 5 – Villa dei Quintili: Calidarium (Veduta del Labruzzi).

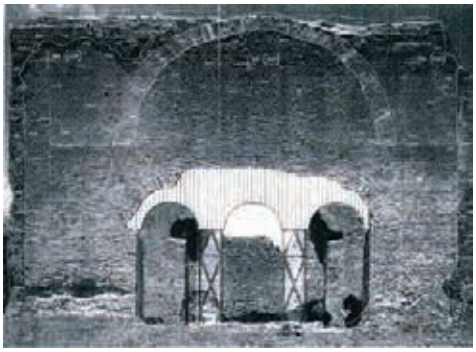
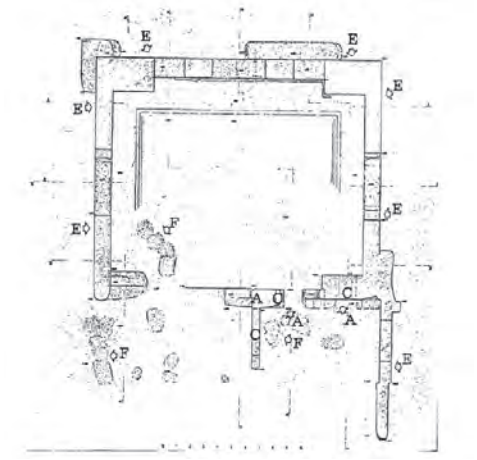


Fig. 6 – Villa dei Quintili: Frigidarium, proposta di consolidamento, non eseguita.



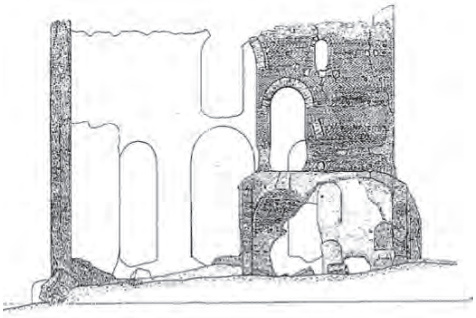


Fig. 7 – Villa dei Quintili: Calidarium, pianta, a sinistra, e sezione, in alto.

Capo Colonna

Ancor più timido il restauro della emblematica colonna di Capo Colonna, in fig. 8, da sempre oggetto di manifestazioni pubbliche di ossequio e di atti vandalici, testimoniati dalla presenza nei suoi rocchi di proiettili e monetine, in fig. 9. Nel recente restauro era stato proposto il nefasto imperniamento della colonna che l’avrebbe resa meno sicura e molto più degradabile. Si è riusciti a impedire questo vero scempio, dimostrando la stabilità della colonna, come del resto già sostenuto da Dieter Mertens e Antonino Giuffrè, e chiedendo che fosse opportunamente recintata, in modo da limitarne una impropria fruizione. Si è solo eseguita una corretta pulitura e le necessarie stuccature da parte dell’Istituto Centrale per la Conservazione e il Restauro (D’Agostino, 2009).



Fig. 8 – Capo Colonna: la colonna restaurata, a sinistra e il clinometro, a destra.



Fig. 9 – Colonna di Capo Colonna: proiettili, a sinistra, e monetine, a destra.

Il Teatro di Segesta

Teatro greco del III sec. a. C., ubicato in una meravigliosa cornice naturalistica sulla cima del monte Barbaro, in Sicilia, ha una cavea di diametro pari a 63 m ed è in grado di accogliere quattromila spettatori. È racchiuso in un muro perimetrale che ne segue l'andamento plano-altimetrico, attestandosi lungo la linea di divisione dell'orchestra della scena, che si dispone alla quota del verde pianoro circostante, in fig. 10.



Fig. 10 – Il teatro di Segesta.

Il manufatto si presenta come un’opera lapidea articolata in un grande muro di cinta, con le assise dei sedili e la tessitura di muri e platee, questi ultimi realizzati con pietrame a scaglie legato dalla terra marnosa. Il muro di cinta che si eleva direttamente dalla roccia affiorante nel pianoro, così come appare chiaramente in alcune zone, è realizzato in grandi blocchi che, quando si presentano irregolari sono tra loro ricuciti da una tessitura di piccole pietre. Il classico invaso della cavea è sagomato da circa venti gradonate realizzate con blocchi di pietra, in fig. 11, sovrapposti a muretti e platee disposti per accogliere la base dei sedili. Le due fasce estreme della cavea si presentano prive di sedili e mostrano un informe conglomerato di pietre e terra, in fig. 12.

Nel risvolto laterale dietro il muro di cinta è presente una porticina larga 0,65 m e alta 1,90 m, nella parte superiore configurata ad arco circolare scolpito nel blocco rettangolare di colmo che si appoggia ai blocchi del muro di cinta, in fig. 13. Questa porta, che risale alla costruzione del teatro, immette in un breve corridoio che a sua volta introduce in due cavità connesse con un cunicolo molto basso. La prima, di altezza limita-



Fig. 11 – Teatro di Segesta: particolare della cavea.



Fig. 12 – Teatro di Segesta: particolare della cavea dissestata.



Fig. 13 – Teatro di Segesta: porta di ingresso alle cavità.

ta, si presenta a forma irregolare e orientata verso l'orchestra, in fig. 14, la seconda ha una pianta quasi circolare e copertura a tetto irregolare, di forma pressoché conica con una tessitura a blocchi irregolari, in fig. 15. Infine dal centro dell'orchestra si accede a un cunicolo che presenta un lato rettilineo di circa 5 m, per poi deviare sulla sinistra per circa 4 m, orientandosi in direzione della prima cavità. Non è chiara la natura delle cavità ed è presumibile che esse preesistessero al teatro: una ipotesi le individuerebbe come una grotta naturale in cui sgorgava un'antica sorgente utilizzata nell'età del bronzo e successivamente inglobata nel teatro.

La Soprintendenza, all'atto del restauro, si chiese se il tetto della grotta sottostante la gradinata avesse la capacità di reggere il carico permanente nonché quello accidentale dovuti al traffico dei turisti e alla folla compatta degli spettatori. L'approfondito esame della cavità consentì di rilevare che lo spessore del materiale lapideo lungo la cavea al di sopra della cavità è al minimo di circa 3 m, mentre si riduce a pochi decimetri nella parte di cavea erosa.

Stante l'accurata osservazione dei luoghi, che consentì di constatare la compattezza e la robustezza del tessuto murario, nonché la sua millenaria stabilità, si ritenne che tutte le cavità osservate fossero notevolmente stabili per cui non esisteva alcun



Fig. 14 – Teatro di Segesta: cunicolo di una cavità.



Fig. 15 – Teatro di Segesta: particolare delle cavità.

pericolo di crollo e che pertanto fosse possibile la ripresa costruttiva di tutta la cavea, nonché il suo pieno utilizzo come teatro, con la sola avvertenza di una particolare cautela nella ricostruzione della zona di cavea degradata, per la quale era opportuno prevedere la messa in opera, durante i lavori di ripristino, di una *protezione a soffitto* realizzata con rete metallica a maglia stretta, vincolata alle pareti rocciose circostanti, al fine di evitare la caduta di scaglie lapidee nella cavità.

L’utilizzo del teatro per circa dieci anni dimostra l’indubbia stabilità del manufatto, non contaminato da alcun intervento costruttivo, e lascia agli studiosi la piena agibilità delle cavità, possibili oggetto di ulteriori ricerche. Anche in questo caso il restauro si è limitato a sole pratiche di manutenzione ordinaria messe in atto con assoluta *timidezza*, nel pieno rispetto del monumento antico.

Arco di Tito al Palatino

L’arco di Tito al Palatino è uno dei monumenti più emblematici dell’archeologia di Roma antica. Svetta sul colle in uno scenario di incomparabile suggestione e rappresenta il trionfo di Tito che sciaguratamente scacciò gli ebrei dalla Palestina nel 79 a. C., creando l’infelicità di un popolo per millenni, e determinando tormentate vicende che ancora oggi continuano. Esso, pur ridotto allo stato di rudere, in fig. 16, è stato per secoli oggetto di grande ammirazione, anche per i magnifici pannelli marmorei che celebrano il trionfo dell’imperatore.



Fig. 16 – Arco di Tito: stampa del XVIII sec.

Si conservano centinaia di stampe dei più diversi artisti che, ovviamente, lo riproducono integro con grande li-

bertà, in fig. 17, secondo un principio di ideale ricomposizione di un monumento emblematico. Nell'800 Clemente VII per esigenze politiche, ne affidò il restauro prima a Stern, prematuramente scomparso, e poi a Valadier. Questi riammodernò l'Arco con uno dei restauri più studiati e discussi (Marconi, 1978-79; Casiello, 2008), in quanto il monumento ha perduto il suo aspetto ruderizzato nei secoli ed è stato completamente riconfigurato, con una risagomatura in muratura e rivestimento in travertino, in fig. 18. Anche le colonne mancanti sono in blocchi di travertino con singolari capitelli che non riproducono quelli antichi.



Fig. 17 – Arco di Tito: stampa del XVII sec.



Fig. 18 – Arco di Tito, oggi.

All'inizio del nostro secolo la Soprintendenza riscontrò, in particolare su un fianco, numerose lesioni nelle lastre di travertino e in una colonna d'angolo. Si temette un cedimento in fondazione. I saggi di scavo eseguiti alla base dell'Arco evidenziarono che essa era, ovviamente, solidamente fondata su una poderosa stratificazione di antiche fondazioni. In particolare, un saggio eseguito rimuovendo una lastra di travertino evidenziò che le spesse lastre di pietra erano state collegate alla muratura ricomposta mediante robuste barre di ferro. Fu subito evidente che, dopo oltre un secolo, i giunti di malta tra le lastre si erano erosi, consentendo alle acque meteoriche di penetrare sotto le lastre e ossidare le basi di ferro che, a loro volta lesionavano le lastre. Non si trattava quindi di danni strutturali, ma solo di degrado dovuto alla mancanza di manutenzione e che, peraltro, procedeva con grande lentezza. La soluzione radicale sarebbe stata la rimozione di buona parte del travertino in opera, l'eliminazione delle barre metalliche, la ripresa della muratura e la messa in opera di nuove lastre senza l'ausilio dell'aggancio metallico: un'opera costosa e notevole che avrebbe indotto peraltro un cambio di colore tra vecchio e nuovo travertino. Si è preferito procedere con minime operazioni di semplice manutenzione. Il diserbo della vegetazione cresciuta negli interstizi delle lastre, l'accurata pulitura dei giunti e la loro ripresa con malta di ottima qualità.

L’intervento, specialmente se monitorato e, ove necessario, ripetuto, conserverà ancora a lungo l’integrità dell’Arco, lasciando alle future generazioni la responsabilità di eventuali interventi.

Conclusioni

Gli esempi illustrati mostrano come il rispetto del monumento, e la ferma volontà di salvaguardarne l’integrità, possano in molti casi suggerire interventi *timidi*, ai limiti della manutenzione ordinaria, e talvolta addirittura il non intervento.

Si è profondamente convinti che se l’Ingegneria per i Beni Culturali diffonderà tra i tecnici le ragioni della storia e della cultura materiale, la *timidina* evocata da Renzo Piano potrà diffondersi, progettando interventi durevoli e poco costosi, a tutto vantaggio di una corretta conservazione dell’architettura antica (D’Agostino, 2017).

Bibliografia

CNPPM. 1989. *Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di “Miglioramento” antisismico e “Manutenzione” nei complessi architettonici di valore storico-artistico in zona sismica*. Circolare del Comitato Nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Monumentale dal rischio sismico. Roma.

Casiello S. (a cura di). 2008. *Verso una storia del restauro, dall’arte classica al primo Ottocento*. Firenze: Alinea.

Cecchi R. (a cura di). 2011. *Pompei Archaeologia*. Milano: Electa.

Cipriani M. (a cura di). 1993. *L’Athenaion di Paestum. Tra studio e restauro*, mostra documentaria. Paestum: Museo Archeologico di Paestum.

Cipriani M., Avagliano G. 2007. *Il restauro dei Templi di Poseidonia: un intervento di conservazione*. Atti del Convegno Internazionale Paestum, giugno. Ravenna: Maioli.

Conforto M. L., D’Agostino S. 2003. Extraordinary Maintenance Work Carried out on the Arch of Titus in Rome. *Proceedings of 8th International Conference on Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture*, STREMAH 2003 (Brebbia C. ed.). Southampton: Wit Press.

Corsanego A., D’Agostino S. 1990. Vulnerability and conversation criteria of archaeological complexes. *Proceedings of IX European Conference on Earthquake Engineering*, Moscov, 10-B, 180-188.

Corsanego A., D’Agostino S. 1992a. Guidelines for decisions concerning monuments in Italy. *Proceedings of the 10th World Conference on Earthquake Engineering*, Madrid, 9, 5307-5310.

Corsanego A., D’Agostino S. 1992b. Italian Guidelines for intervention on ancient architectonic complexes of great value in seismic areas. *European Journal of Earthquake Engineering*, 3.

Cuomo A. 2017. Dilettanti a Paestum. *Le cronache del Salernitano*, 23, 5.

D’Agostino S. 1991a. Interventi di consolidamento e restauro. *Atti del V Convegno Nazionale sulla Ingegneria Sismica in Italia*, relazione generale, Palermo, II, 1177-1201.

D’Agostino S. 1991b. Vulnerabilità dei siti archeologici. Metodi e tecnologie di intervento: il caso Paestum. *PACT*, 32, 6.

D'Agostino S., Frunzio G. 1994. Structural Restoration of Archaeological Monuments in Seismic Areas. *Proceedings of 10th Europe Conference on Earthquake Engineering*, Vienna, Balkema, I, 89-100.

D'Agostino S., Bellomo M. 1999. Excavation, restauration and conservation of archaeological sites. The Villa dei Quintili on the Appia Antica in Rome. *Proceedings of 6th International Conference on Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture* STREMAH 99, 6, 451-460. Southampton: WIT Press.

D'Agostino S. 2009. Sicurezza strutturale della colonna del Santuario di Hera Licinia a Crotone. *Atti del VI Corso di Perfezionamento in Restauro Archeologico*, 29-35. Firenze: Alinea Editrice.

D'Agostino S., Cairoli Giuliani F., Conforto M.L., Guidoboni E. (a cura di). 2009. *Raccomandazioni per la redazione di progetti e l'esecuzione di interventi per la conservazione del costruito archeologico*. Napoli: Cuzzolin Editore.

D'Agostino S., Tocco G. 2013. Archaeological and Geotechnical Engineering. In: *Geotechnical Engineering for the Preservation of Monumental and Historic sites* (Bilotta E., Flora A., Lirer S., Viggiani C. eds.) Londra: Taylor & Francis.

D'Agostino S. 2014. Archeologia e rischio sismico. *Thiasos Rivista di archeologia e architettura antica*, 3.2, 21-30.

D'Agostino S. (a cura di). 2017. *Ingegneria e Beni Culturali*. Bologna: Il Mulino.

Ermentini M. 2008. *Restauro timido*. Firenze: Nardini.

Irace F. 2017. Il timido mestier del "Conciatetti". *Il sole 24 ore*, Domenicale 20 agosto.

Marconi P. 1978-79. Roma 1806-1829, un momento critico per la formazione della metodologia del restauro architettonico. *Ricerche di Storia dell'Arte*, 8, 63-72.

Sitografia

[1] http://www.archeologia.beniculturali.it/index.php?it/154/studi-e-pubblicazioni/5/raccomandazioni-per-la-redazione-di-progetti-e-lesecuzione-di-interventi-per-la-conservazione-del-costruito-archeologico.

[2] http://www.bianchibandinelli.it/2015/07/10/il-cemento-che-cancella-la-storia/

Note

1. Emblematico il caso napoletano i cui ruderi sono sparsi su tutto il territorio cittadino e che da soli costituirebbero un singolare percorso archeologico: dai resti dell'acquedotto di Augusto, agli ipogei ed alle mura greche, ai ruderi di Monte di Dio fino alle gallerie romane, alla collina di Posillipo e le terme di Fuorigrotta, attualmente in uno stato di abbandono, per cui un bel mosaico è in fase di totale perenzione.

Carmine Ianniello

Alcuni lineamenti storici sul misuratore di livello sonoro

Abstract
This note reports a very brief description of the dawn and initial developments of the sound level meter, a widespread instrument for acoustic measurements still named improperly phonometer.

Introduzione
Il misuratore di livello sonoro è lo strumento per misure acustiche più diffuso sia nell'ambito tecnico/professionale sia in quello scientifico. Per certi aspetti del suo sviluppo concettuale, questo strumento è denominato comunemente anche *fonometro*. Fu ideato nell'intento che un misuratore della grandezza fisica livello di pressione sonora, con qualche modifica, potesse dare un'indicazione legata alla percezione umana dell'intensità dei suoni. L'intensità percepita è un attributo soggettivo dell'esperienza uditiva molto importante. In termini semplici corrisponde al giudizio di una persona se un suono che sente è più o meno forte rispetto ad un altro. Lo sviluppo di questo strumento di misura ha coinvolto varie branche della scienza, specialmente: la psicofisica, l'ingegneria, la fisica e le telecomunicazioni. Probabilmente, lo stimolo iniziale più forte che ha determinato l'intensificazione degli studi per giungere alla definizione di un *fonometro* è stato l'incremento intollerabile del rumore ambientale nelle grandi città. Sebbene ordinanze e regolamenti contro il rumore risalgono ai Sibariti e poi ai Romani (Ianniello, 2013), il rumore ambientale è diventato comunque sempre più pervasivo. Tra l'ultimo quarto del diciannovesimo secolo ed il primo quarto del ventesimo secolo numerose leghe ed organizzazioni sociali contro il rumore, sia in Europa sia negli USA, stimolavano la coscienza pubblica sul problema. Le proteste e le lamentele indussero le autorità responsabili ad organizzare gruppi di lavoro per analizzare, per quantificare e ridurre l'entità del rumore (Bijsterveld, 2001). Dal punto di vista storico si può ritenere che la prima campagna importante contro il rumore urbano che ha implicato misure acustiche è stata condotta nella città di New York. Nel periodo dei cosiddetti anni ruggenti (circa 1920-1929) l'aumento notevole delle fonti di rumore in città di giorno e di notte provocò innumerevoli lamentele presentate al Dipartimento della Sanità di New York, il New York Department of Health (Wynne, 1930). Nel 1928 questo dipartimento nominò una Commissione per l'Abbattimento del Rumore (Noise Abatement Commission) che

a sua volta formò vari gruppi di lavoro, uno dei quali (Committee on Noise Measurement and Survey) fu incaricato di misurare il rumore nella "City" sulle 24 ore in diversi siti all'esterno ed all'interno di locali per la durata di un anno. Ciò comportò l'uso di un furgone allestito con apparecchiature dell'epoca che si spostava da sito a sito per le misure acustiche. La figura 1 ne è una rappresentazione classica (Hardy, 1955). La maggior parte delle misure fu affidata alla responsabilità di personale qualificato dei laboratori della società telefonica Bell (Bell Thelephone Company) derivante dal cambiamento di denominazione della società American Telephone and Telegraph (AT&T) e Western Electric dopo la morte di Alexander Graham Bell (1922) [1]. Il Dr. Harvey Fletcher, il Dr. John C. Steinberg, il Dr. Richard R. Galt ed altri contribuirono fortemente alla campagna di misure. Specialmente nella fase iniziale, le misure erano difficoltose in quanto non esisteva ancora un misuratore di livello di pressione sonora portatile. Pertanto, si faceva ricorso ad apparecchiature per l'audiometria, già diffuse ed innovate con l'avvento delle valvole termoioniche (triodo di Lee de Forest, 1906 [2]). Sostanzialmente, l'intensità di un rumore era valutata con un ricevitore telefonico speciale equilibrando a orecchio quella del rumore in osservazione con quella di un rumore artificiale regolabile e di intensità nota (*ear balance*).



Fig. 1 – Il furgone con la strumentazione acustica pubblicizzato con la scritta: Official Measuring Apparatus Noise Abatement Commission (Hardy, 1955).

Un altro metodo era basato sull'ascolto del rumore in osservazione e di rumori artificiali noti e regolabili fino a che il rumore in osservazione non spariva alla percezione (*deafening effect*). Il Dr. Galt - del gruppo di lavoro - utilizzava una sua apparecchiatura basata proprio sul *deafening effect*. Riproduceva rumori già caratterizzati come intensità percepita regolabili fino al mascheramento completo del rumore in osservazione. I dati rilevati consentivano una stima dell'intensità del rumore della fonte osservata (Galt, 1929). La figura 2a mostra gli ingegneri acustici impegnati in questa operazione nei pressi di Times Square a Manhattan nel 1929 [3]. Anche in Europa erano note le attività contro il rumore che affliggeva New York. L'Ente di ricerca del Regno Unito National Physical Laboratory NPL (Berry, 1998) utilizzava l'esperienza americana ed i lavori svolti a Dresda da Heinrich Barkhausen (Dietzel, 2008) per effettuare le misure con l'ascolto soggettivo (Fig. 2b).



Fig. 2 – (a) Ingegneri acustici impegnati nel rilievo soggettivo del rumore a New York [3]; (b) L'audimeter usato per misure di rumore soggettive da personale NPL nel 1929 (Berry, 1998).

Scala dei dB, scala dei Phon e sviluppo del fonometro

Scala dei dB

Storicamente è difficile individuare chi ha proposto per primo la scala dei decibel per la misura del livello di pressione sonora. Si ritrovano riferimenti nelle cosiddette Transmission Units nei rapporti tecnici dei laboratori della Bell Telephone (Martin, 1924, 1929). Dopo la II Guerra Mondiale la formulazione attuale fu accettata ampiamente.

La scala dei decibel è fondata sul rapporto di due potenze W/W_{rif} o di due grandezze proporzionali alla potenza. Il numero che risulta dal logaritmo in base dieci del rapporto, moltiplicato per 10, è il valore del livello della potenza W rispetto alla potenza di riferimento W_{rif} e si esprime in dB rif W_{rif}:

$$L_W = 10 \log_{10} \frac{W}{W_{rif}} \qquad \text{dB} \quad \text{rif} \quad W_{rif}$$

La locuzione livello è legata alla proprietà che il logaritmo del rapporto è uguale alla differenza del logaritmo del numeratore e quello del denominatore. Da tempo (Dickinson, 2006) nell'analisi dei segnali (di potenza) il valore medio quadratico del segnale è considerato una "misura della potenza media del segnale". La sua radice quadrata riporta l'unità di misura a quella del segnale originale ed è indicata come

valore RMS (Root Mean Square) o valore efficace. Con riferimento alla pressione sonora risulta che:

$$L_p = 10\log_{10}\frac{p_{RMS}^2}{p_{rif}^2} = 20\log_{10}\frac{p_{RMS}}{p_{rif}} \qquad \text{dB rif } p_{rif} = 20\ \mu\text{Pa}$$

Il valore di riferimento p_{rif} = 20 μPa per il livello di pressione sonora è prossimo al valore efficace della soglia uditiva di una persona normoudente alla frequenza di 1 kHz. La scala dei decibel ha una forte radice negli studi di psicofisica di Weber e Fechner (Forrest, 2010) sui legami generali tra l'intensità della sensazione e l'intensità dello stimolo fisico.

Il legame è basato sul presupposto che la variazione di sensazione minima percepibile sia proporzionale alla variazione relativa dell'intensità dello stimolo fisico:

$$\Delta S = k\ (\Delta I_{fis}/I_{fis})$$

dove ΔS è la soglia differenziale o differenza minima percepibile della sensazione S; k è una costante di proporzionalità; ΔI_{fis} è la variazione dell'intensità dello stimolo; I_{fis} è il valore dello stimolo che precede la sua variazione.

Ipotizzando che ΔS sia costante e che il legame $S(I_{fis})$ sia una funzione continua, l'integrazione della relazione precedente comporta che:

$$S = k \ln I_{fis} + S_0$$

cioè, la sensazione di intensità è proporzionale al logaritmo dell'intensità dello stimolo fisico. S_0 è un valore di sensazione di riferimento. Questa relazione sarebbe valida per tutte le stimolazioni sensoriali (peso, luce, tatto, etc.). Per lo stimolo acustico apparve logico utilizzare una scala logaritmica in cui sarebbe insita un'informazione sulla percezione dell' intensità dei suoni quale è, appunto, quella dei dB.

Un altro motivo, di natura tecnica, è legato alle linee telefoniche per collegamenti a distanza. Di fatto, lungo una linea si verificavano attenuazioni naturali del segnale vocale e immissioni di rumore elettromagnetico lungo tutta la linea. Per mantenere un rapporto adeguato tra la potenza del segnale utile e quello del rumore indesiderato, degli amplificatori venivano collocati in sequenza in punti opportuni della linea. La relazione tra l'uscita U_i e l'ingresso I_i di un generico amplificatore può essere scritta semplicemente come $U_i = A_i I_i$. È facile riconoscere che l'amplificazione totale corrisponde al prodotto delle amplificazioni degli amplificatori dall'inizio alla fine della linea. Se le amplificazioni in potenza A_i di ciascuno stadio sono espresse in dB, l'amplificazione totale diventa la somma delle amplificazioni in dB, calcolo più rapido e conveniente rispetto al prodotto.

Scala dei Phon

Come anticipato da diversi studiosi tra cui Knudsen (1923), nonché rimarcato da Fletcher (Fletcher, 1929), la legge di Weber e Fechner non è valida rigorosamente. La soglia differenziale della sensazione ΔS non è costante ma dipende dall'ampiezza e dalla frequenza della stimolazione sonora. Pur nella continuità dell'uso pratico della scala dei dB, furono sondate altre vie per tenere conto dell'intensità percepita negli strumenti di misura. La scala dei Phon fu studiata sia in Europa sia negli USA. Sembra che la prima proposta concreta sia dovuta a Heinrich Barkhausen che nel 1926 formulò una procedura per la misura del rumore che tiene conto di proprietà del sistema uditivo umano; questa fu poi brevettata nel 1927. Barkhausen utilizzò un metodo di paragone dell'intensità percepita dei suoni che alla fine sfociò nella scala dei Phon. Il metodo è basato sulla validità di una proprietà transitiva:

"Se un suono *A* desta la stessa sensazione di intensità di un suono *C* ed un altro suono *B* pure desta la stessa sensazione di intensità causata dal suono *C*, allora il paragone diretto di *A* con *B* evoca un giudizio di intensità percepita di *A* uguale a quello dell'intensità percepita per *B*". Con una certa approssimazione questa proprietà fu verificata sperimentalmente in diversi casi. Alla fine fu scelto *C* come suono campione costituito da un tono alla frequenza di 1 kHz. In sostanza, data una certa situazione con una sorgente di rumore in funzione, si misurava il livello di pressione sonora L_p in un punto dell'ambiente. Ascoltatori qualificati posti nel punto prescelto erano invitati a regolare il livello del campione a 1 kHz emesso da un altoparlante, che sostituiva la sorgente di rumore in esame, finché non appariva della stessa intensità percepita per il tono campione. Nulla mutato, fatta eccezione per l'assenza dell'ascoltatore, si misurava il livello di pressione sonora attinto dal tono campione a 1 kHz nella posizione occupata precedentemente dalla sua testa. Il livello di pressione sonora del tono a 1 kHz giudicato della stessa intensità percepita per la sorgente di rumore rappresentava l'informazione sulla sua intensità percepita. Per non confondere il livello di pressione sonora fisico causato dalla sorgente in osservazione L_p in dB rif 20 μPa con quello del campione a 1 kHz di pari intensità soggettiva, pur esso in dB rif 20 μPa, quest' ultimo venne denominato livello equivalente per l'intensità soggettiva in Phon, noto con il termine anglo-americano "Loudness Level". In sintesi: il numero di Phon corrispondente ad un certo suono/rumore è uguale numericamente al livello di pressione sonora di un tono alla frequenza di 1 kHz che desta la stessa sensazione di intensità.

Lo sviluppo del fonometro

Secondo la definizione del livello di pressione sonora L_p riportata sopra, un misuratore di L_p sarebbe costituito in essenza da un microfono che trasduce la pressione sonora in un segnale elettrico alquanto simile che viene elevato al quadrato, integrato e indicato da un ago su un arco del quadrante di lettura di uno strumento, ad es. a

bobina mobile, con divisioni in dB. Questo assetto esisteva da tempo nell'ambito delle misure telefoniche e fu potenziato dall'avvento e dall'avanzamento tecnico delle valvole termoioniche. Le operazioni di elevazione al quadrato e di integrazione erano effettuate con circuiti analogici che spesso approssimavano grossolanamente il valore medio quadratico (Snow, 1957). In realizzazioni più coerenti con la teoria, l'integrazione corrispondeva alla media corrente del quadrato del segnale di pressione sonora $p^2(\tau)$ secondo la relazione:

$$\bar{p}^2_{RMS}(t) = \frac{1}{RC}\int_{-\infty}^{t} p^2(\tau)\, e^{\frac{\tau - t}{RC}} d\tau$$

dove RC (in secondi) è la costante di tempo del circuito integratore. Per ogni istante t esiste un valore medio quadratico del segnale microfonico il cui valore "risente" tanto più della storia passata del segnale quanto maggiore è il valore di RC nella funzione peso esponenziale a fattore di $p^2(\tau)$; es. (Ford, 1987). Disponendo del misuratore del livello di pressione sonora e consci che l'orecchio umano ha un sensibilità per la percezione dell'intensità minore alle frequenze basse rispetto a quella alle frequenze medie, i primi ricercatori e costruttori inserivano tra il microfono e l'indicatore finale dei circuiti che attenuavano il segnale microfonico principalmente alle frequenze basse in vario modo. In tale ambito è d'obbligo fare riferimento a un lavoro classico di Fletcher e Munson (1933). Il risultato più noto, che ha stimolato ulteriori determinazioni e normative successive fino a tempi recenti (Suzuki, 2004), sono le relazioni tra il livello equivalente per l'intensità soggettiva, la frequenza ed il livello fisico per toni puri (sinusoidi). La Fig.3 ne mostra la rappresentazione grafica originale.

Di fatto, da curve isofoniche disponibili furono ricavate delle curve (pesi in frequenza) per "correggere" la lettura del misuratore di livello di pressione sonora in modo che l'indicazione dello strumento diventasse una indicazione in Phon. Pur se concepiti sugli stessi principi, i fonometri utilizzati fino a circa la metà degli anni trenta differivano tra loro per molti aspetti, non ultimi l'ingombro ed il peso. Ad esempio, un modello particolare era alloggiato in quattro casse di legno per un peso totale di quasi 50 kg. Buona parte del peso era dovuto alle valvole dell'epoca che richiedevano molta corrente e alle batterie di tipo automobilistico essenziali per la portabilità. Anche se non sempre altrettanto voluminosi e pesanti, i primi misuratori soffrivano della mancanza di omogeneità delle indicazioni a parità di sollecitazione acustica. Ad esempio, i microfoni montati su strumenti diversi erano di tipo, dimensioni e prestazioni varie. Le dimensioni e la collocazione del microfono sull'apparecchio provocavano effetti di direttività eccessivi e variabili con la frequenza. In teoria, la trasduzione corretta della pressione sonora richiede un comportamento non direttivo per quanto possibile. I filtri usati per "sagomare" lo spettro del segnale microfonico per tenere conto della sensibilità dell'orecchio alle varie frequenze erano

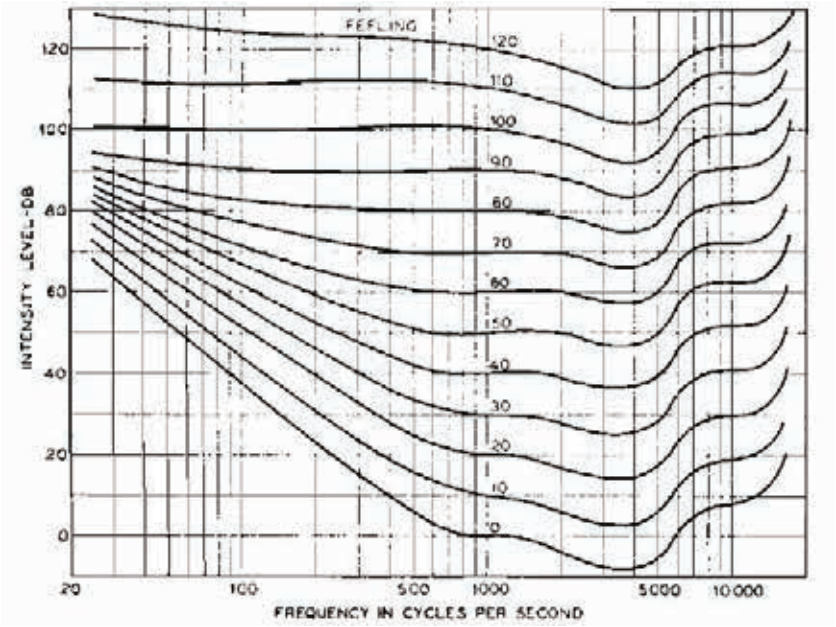


Fig. 3 – Curve a Phon costante (isofoniche) nel piano Livello/Frequenza tracciate con il passo di 10 Phon, dalla soglia uditiva (0 Phon) alla soglia del "FEELING" (120 Phon). A questi valori di livello pericolosi per l'orecchio si percepisce anche una sensazione di tipo tattile sulla membrana timpanica. Ogni coppia livello/ frequenza appartenente alla stessa curva isofonica desta la stessa sensazione di intensità percepita (Fletcher e Munson, 1933).

soggetti a scelte con un certo arbitrio. Anche le modalità della risposta dinamica degli strumenti indicatori finali erano molto eterogenee (Scott, 1957).

Questa situazione rendeva impossibile un paragone significativo tra i risultati delle misure effettuate con attrezzature diverse. Era evidente l'urgenza di una normativa di riferimento che mettesse ordine nello stato delle cose. Attività a riguardo iniziarono negli USA. Promossa da una quarantina di scienziati ed ingegneri acustici, nel 1929 fu fondata l'Associazione Americana di Acustica (Acoustical Society of America - ASA). Tra le altre attività formò anche una commissione per la normativa acustica. Nel 1930 l'ASA chiese all'American Standards Association ASA (Associazione Americana per le Norme) l'autorizzazione per costituire una commissione per la messa a punto di definizioni, norme e specifiche tecniche nell'ambito dell'acustica. La richiesta fu approvata e nacque la Commissione Z24 che ebbe V.O. Knudsen, uno dei proponenti dell'Associazione Americana di Acustica, come primo presidente. Questa commissione fu organizzata in quattro sottocommissioni, una delle quali era dedicata alla normativa sulla misura del rumore. Un suo gruppo di lavoro su

"Livelli Sonori e Misuratori di Livello Sonoro" tra il 1932 e il 1933 approntò una bozza di norma sui termini tecnici e sulle prestazioni dei misuratori di livello sonoro che fu sottoposta all'esame della Commissione Z24 in una riunione tenuta nel mese di maggio del 1934. Dopo la circolazione della bozza per commenti, critiche e modifiche la Commissione Z24 la approvò per la pubblicazione da parte dell'American Standard Association (ASA) che la pubblicò nel mese di febbraio del 1936. Questo documento ASA Z24.3-1936 fu la prima proposta di norma al mondo ed era intestata "American Tentative Standard for SOUND LEVEL METERS for Measurement of Noise and other Sounds". Molti aspetti furono chiariti e fissati, come il livello di riferimento comune corrispondente al valore odierno di 20 μPa, due pesi in frequenza (A e B), la risposta dinamica dell'indicatore su una scala in dB e non in Phon o altra unità come all'epoca usavano taluni Paesi, la raccomandazione di microfoni non direttivi ed altri dettagli che rassicuravano in un certo grado sia i fabbricanti sia gli utenti. Il peso in frequenza A, derivava dall'isofonica a 40 Phon ed era alquanto simile a quello utilizzato nella campagna di misure a New York nel 1929; doveva essere impiegato per la misura di livelli sonori da valori bassi a valori moderati. Il peso in frequenza B, ricavato dall'isofonica a 70 Phon, doveva essere impiegato per la misura di livelli sonori da valori moderati a valori relativamente alti. Per i valori più elevati era suggerita una risposta in frequenza globale piatta (il futuro peso C). I misuratori di livello sonoro erano usati spesso nell'industria.

L'uso intensivo dello strumento, sebbene conforme al documento ASA Z24.3-1936, fece emergere deficienze inaccettabili (Barstow, 1940; Huber P. and Whitmore, 1940; Tweeddale, 1941). Le carenze riguardavano tolleranze troppo permissive per stabilire specifiche di rumore verificabili con misure con altri strumenti pur essi rispettosi del documento ASA Z24.3-1936, la stabilità nel tempo, il rumore intrinseco dello strumento, il comportamento per suoni di durata breve e discrepanze tra le indicazioni strumentali in Phon e le risposte soggettive di una giuria di ascoltatori ottenute secondo la proposta di norma ASA Z24.2-1936 (American Tentative Standards for Noise Measurement Z24.2, American Standards Association, 1936) che riportava modalità di misura del rumore anche dal punto di vista soggettivo. Già a quei tempi furono evidenziate differenze inaccettabili tra la lettura strumentale e i Phon derivanti dall'equalizzazione con il tono a 1 kHz da parte di giurie, il che sconfessò la denominazione impropria del "fonometro". La Commissione Z24 continuò la sua attività sui misuratori di livello sonoro apportando modifiche e precisazioni ulteriori al documento di tentativo ASA Z24.3-1936. Solamente nel 1961 è apparso il primo documento internazionale sui misuratori di livello sonoro. Fu emesso dalla IEC (International Electrotechnical Commission) in termini di raccomandazione per misuratori di impiego generale (survey) con la sigla IEC 123 (IEC, 1961). Questo documento, fatta eccezione per una revisione dei pesi in frequenza A, B e C, ricalcava in un certo grado i contenuti dello standard USA Z24.3-1944.

Conclusione

A partire dalla seconda metà del novecento il prosieguo di questa breve storia ha visto passi da gigante nell'ambito degli sviluppi metrologici in molte aree dell'acustica. Ad esempio, oggi calcolatori portatili, "tablet" e "smartphone" possono essere attrezzati con idonei hardware e software che li rendono veri e propri strumenti di misura multifunzione leggeri e portatili.

Bibliografia

Barstow J.M. 1940. Sound Measurement Objectives and Sound Level Meter Performance. *J. Acoust. Soc. Am*., 12, 150-166.

Berry B.F. 1998. Standards for a Quieter World: Some Acoustical Reflections from the UK National Physical Laboratory. *Noise/News International*, 6(2), 74-83.

Bijsterveld K. 2001.The Diabolical Symphony of the Mechanical Age: Technology and Symbolism of Sound in European and North American Noise Abatement Campaigns, 1900-40. *Social Studies of Science*, 31(1), 37-70.

Dickinson P.J. 2006. Changes and challenges in environmental noise measurement. *Acoustics Australia*, 34(3), 125-129.

Dietzel R. 2008. Der Lautstarkemesser von Heinrich Barkhausen. *Proceedings of the 34th German Annual Conference on Acoustics DAGA*, March 10-13, Dresden, 701-702.

Fletcher H. 1929. *Speech and Hearing*, Ch. III. New York: D. van Nostrand Company, Inc.

Fletcher H., Munson W.A. 1933. Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. *J. Acoust. Soc. Am*., V, 82-108.

Ford R.D. 1987. Physical Assessment of Transportation Noise. In: *Transportation Noise Reference Book* (Nelson P.M. ed.), 2-4. London: Butterworth & Co. Publishers Ltd.

Forrest W.N. Jr. 2010. Weber-Fechner Law. In : *Encyclopedia of Research Design*, (Salkind N.J. ed.), Thousand Oaks: SAGE Publications.

Galt R.H. 1929. Methods and Apparatus for Measuring the Noise Audiogram. *J. Acoust. Soc. Am*., 1, 37.

Hardy H.C. 1955. Twenty-Five Years' Research in Outdoor Noise. *Noise Control*, 1, 20.

Huber P., Whitmore J.M. 1940. Sound Level Meters from the User's Viewpoint. *J. Acoust. Soc. Am*., 12, 167-172.

Ianniello C. 2013. Environmental noise in Italy: a historical perspective. *Proceedings of the International Conference on Acoustics AIA-DAGA*, 18-21 March, Merano (Italy), pp. 1005-1008.

IEC. 1961. Recommendations for sound level meters. IEC 123:1961. Geneve: IEC.

Knudsen V.O. 1923. The sensitivity of the Ear to Small Differences of Intensity and Frequency. *Physical Review*, XXI(1).

Martin, W.H. 1924. The transmission unit and telephone transmission reference systems. *Bell System Tech. J*., 3, 400-408.

Martin, W.H. 1929. Decibel - The name for the Transmission Unit. *Bell System Tech. J*., 8, 1-2.

Scott, H.H. 1957. Historical Development of the Sound Level Meter. *J. Acoust. Soc. Am*., 29, 12, 1331-1333.

Snow W.B. 1957. Rectification in the Sound Level Meter . *J. Acoust. Soc. Am*., 28, 1338.

Suzuki Y., Takeshima H. 2004. Equal-loudness-level contours for pure tones. *J. Acoust. Soc. Am*., 116, 918-933.

Tweeddale J. E. 1941. Sound Level Meter Performance. *J. Acoust. Soc. Am.*, 12, 421-426.
Wynne S.W. 1930. New York City's Noise Abatement Commission. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2, 12-17.

Sitografia

[1] https://it.wikipedia.org/wiki/Alexander_Graham_Bell
[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Lee_de_Forest, visitato il 20 Luglio 2017
[3] http://www.nytimes.com/2013/07/13/nyregion/many-pleas-for-quiet-but-city-still-thunders.html?pagewanted=all, visitato il 9 Luglio 2017.

Luigi Traetta, Marco Ceccarelli

Dall'artificiale anatomico alla robotica: storia delle tecnologie per la disabilità

Abstract
This paper presents an historical outline on technology application for helping disability through specific devices. Starting from the car designed by Giovanni Fontana the survey analyzes solutions up to modern current devises in terms of mechanisms and machines as to address attention to their importance in discussion on disability since the specific technological historiography usually does not consider them. The paper shows with an illustration approach how those devices received and can give contributions also to current Robotics research and specific Biomedical Robotics.

Introduzione
A partire dagli anni '80 del XX secolo, l'interesse di ricercatori e progettisti verso le applicazioni della tecnologia alla disabilità si è affermato in modo costante e sistematico, fino a giungere agli attuali dibattiti sulla progettazione di siti web sempre più accessibili, sugli ausili informatici per le disabilità sensoriali e motorie e sulla domotica. Ma l'incontro tra tecnologia e disabilità non costituisce di certo una novità del XX secolo: obiettivo del presente saggio, dunque, è la ricostruzione della storia delle applicazioni tecnologiche alla disabilità, a partire dal Rinascimento, il periodo del connubio tra scienza e tecnica, fino al mondo contemporaneo, dove alcuni modelli di robot cosiddetti "di servizio" hanno prodotto, tra l'altro, un cambiamento epocale nel modo di intendere la tecnologia e, di conseguenza, la formazione tecnica, da parte di ambiti tradizionalmente lontani dal sapere tecnologico.

Le origini
"Ho chiamato viaggiante questa cattedra, che ho inventato per amor tuo. È messa in moto con tanto impeto, da superare un cavallo in corsa" (Fontana, XV sec.). Così il medico italiano Giovanni Fontana descriveva, nella prima metà del XV secolo, uno dei primissimi modelli conosciuti di macchina in grado di far spostare un individuo privo della mobilità degli arti inferiori. Grazie a una serie di ingranaggi e a un sistema di corde da azionare con la sola forza delle braccia e delle mani, il veicolo in fig. 1, una sorta di moderna sedia a rotelle, si muoveva in modo "automatico" con un dispendio energetico molto basso.

Il connubio tra scienza e tecnica realizzatosi durante il Rinascimento e la conseguente rivalutazione della tecnica stessa, che tendeva inesorabilmente ad acquisire la dignità di "sapere", fece sì che la collaborazione tra lo scienziato e il meccanico divenisse una realtà così consolidata, che persino i chirurghi "entrarono a sempre più stretto contatto con artisti, medici e anatomisti" (Rossi, 2009). Se, d'altra parte, nell'opera di Leonardo si intravedono i primi tentativi di realizzare gli androidi, tra i cui aspetti degni di nota vanno ricordati, in questo contesto, i progetti di articolazioni con movimenti automatici, fu proprio un chirurgo, il francese Ambroise Paré, a mettere a punto i primi esempi di protesi meccaniche.



Fig. 1 – Veicolo di Fontana.

Nel suo trattato *Dix livres de la chirurgie*, Paré proclamava la sua fiducia incondizionata nella pratica chirurgica, in grado, oramai di "fornire i mezzi per imitare la natura e supplire alla mancanza dell'arto perduto" (Paré, 1564). I tre modelli di protesi messi a punto da Paré, una gamba, un braccio e una mano mostrati nelle Figg. 2, 3 e 4, rispondevano, peraltro, all'esigenza di favorire nel paziente il recupero "dei movimenti volontari, per quanto possibile" (Paré, 1564).



Fig. 2 – Gamba artificiale.



Fig. 3 – Braccio artificiale.



Fig. 4 – Mano artificiale.

Anche agli aspetti operativi dell'intervento chirurgico di amputazione e al successivo posizionamento della protesi trovavano ampio spazio nella trattazione. Va sottolineato come, pur essendo dedicate sostanzialmente ai militari feriti durante le battaglie, le pagine di Paré sugli arti artificiali appaiono estremamente attuali, anche dal punto vista tecnico, perché si intravede uno dei primi tentativi di riprodurre persino le articolazioni delle dita attraverso un meccanismo attuatore.

Il dualismo epistemologico tra la figura del medico e quella del chirurgo, dualismo che sarebbe in parte sopravvissuto anche nel tardo Cinquecento e che avrebbe continuato a sancire, di fatto, la superiorità del sapere medico teoretico su quello chirurgico, finì con l'oscurare lo studio di Paré sulle protesi a vantaggio delle sue scoperte sull'allacciatura dei vasi sanguigni al posto dell'antica pratica della cauterizzazione, che pure si collegavano direttamente alla realizzazione degli arti artificiali. Più di cento anni dopo, proseguendo sulla strada indicata da Paré e sulla scia dell'entusiasmo suscitato tra il XVII e il XVIII secolo dai progressi nelle tecniche di amputazione, il chirurgo olandese Pierre Adriaanz Verduyn (1697) mise a punto una protesi per gli arti inferiori, in fig. 5, così avanzata da consentire al disabile, per la prima volta nella storia della medicina, i movimenti del ginocchio.



Fig. 5 – Protesi di Verduyn.

Occorre, infatti, attendere il XVIII secolo, il periodo in cui "la fiducia nelle macchine supera paradossalmente quella nell'uomo" (Marchis, 2005), per assistere a un rinnovato interesse verso le applicazioni tecnologiche alla disabilità, come testimoniato dalla crescente attenzione dei meccanici nei confronti dell'ammalato, sulla scia di quell'entusiasmo provocato dalla "educazione sanitaria popolare" (Cosmacini, 2006) inaugurata nel 1761 dal medico svizzero Samuel A. Tissot. Non desta meraviglia, pertanto, scoprire nei sette volumi, pubblicati a partire dal 1735 e dedicati alle macchine approvate dall'Accademia parigina delle scienze, alcuni strumenti meccanici progettati per i disabili. Tra questi, va ricordato, anzitutto, il letto per infermi, in fig. 6, con la struttura a quattro colonne sulle quali poteva ruotare, per

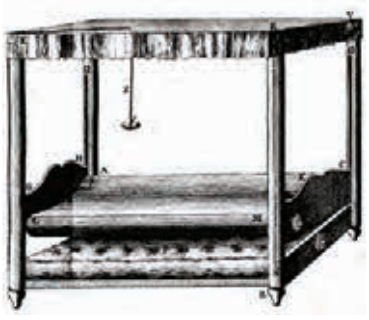


Fig. 6 – Letto per infermi.

mezzo di un sistema di manovelle, il piano di appoggio: questo, abbassandosi e alzandosi, facilitava la discesa e la risalita nel letto del paziente (Gallon, 1777). Da menzionare, ancora, un bendaggio particolare, costituito da una placca con cinghie, per il contenimento delle ernie, un letto militare, elaborazione di una tradizionale amaca, con l'aggiunta, però, di supporti, in modo da rendere superfluo l'utilizzo degli alberi, e di una tenda, in grado di proteggere dagli insetti e, infine, il ventilatore per rinnovare l'aria nelle stanze degli ammalati (Gallon, 1777).



Fig. 7 – Braccio artificiale.

Degno di nota era pure il braccio artificiale in fig. 7, presentato nel 1732 da Mathieu Kriegseissen, esperto nella costruzione di strumenti di precisione (Gallon, 1735). Composto da quattro elementi in rame e da tre giunti snodabili, per consentire il movimento delle dita, del polso e dell'avambraccio, tale protesi risultava preziosa nei casi di amputazione del braccio che non avessero superato, però, il gomito, giacché questo era essenziale per permettere il movimento attraverso un sistema di corde.

In un periodo in cui la scienza e la tecnologia entravano a far parte dell'immaginario collettivo anche attraverso i voli delle mongolfiere, le Bottiglie di Leida o i fluidi mesmerici, il tentativo di *imitare* i fenomeni del vivente in un arto artificiale diventava un esempio paradigmatico delle tendenze settecentesche che avrebbero condotto alla nascita degli androidi.

Il XIX secolo: l'artificiale anatomico

L'affermazione, nel XIX secolo, della fisiologia sperimentale fornì nuova linfa vitale al connubio tra medicina e tecnologia, soprattutto nel campo della strumentazione chirurgica dove, oltretutto, i rapidi progressi delle pur contestate metodologie vivisezionistiche richiedevano attrezzi sempre più precisi e adeguati. Superato definitivamente il *cliché* nel quale "il fabbro, l'argentiere e il coltellinaio erano i maestri artigiani che costruivano gli arnesi usati da barbieri-chirurghi, dentisti e farmacisti" (Davis, 2013), nell'Ottocento si moltiplicarono cataloghi e pubblicazioni scientifiche sulla tecnologia medica.

La Guerra di secessione americana, inoltre, produsse nella seconda parte dell'Ottocento una nuova emergenza nel campo delle protesi a causa dell'altissimo numero di combattenti che restarono mutilati: ne è testimonianza il notevole moltiplicarsi di brevetti che, a partire dal 1862 ed in pochissimi anni, apportarono una serie di novità nella costruzione di protesi.

Tra i brevetti, va menzionata senz'altro la "gamba anatomica" messa a punto dal medico e chirurgo Douglas Bly (1870), sulla strada indicata dal connazionale Benjamin Palmer nel 1846. La necessità di impiegare nella costruzione della protesi, come quelle in fig. 8, materiali costosi come l'avorio, pur consentendo un notevole incremento della mobilità rispetto ai modelli precedenti, non garantì a Bly un immediato successo in termini di finanziamenti governativi.

L'importanza dei materiali e la ricerca di strutture sempre più adeguate a garantire un movimento quanto più naturale possibile, non era, del resto, una novità nelle tecniche di innesto di arti artificiali: già nel 1855 Henry Heather Bigg, esperto nella progettazione di strumenti ortopedici, aveva osservato come l'elasticità delle giunture ottenuta tramite il processo di vulcanizzazione della gomma, al tempo diffusissimo, andava via via riducendosi con l'uso (Bigg, 1855).

Il salto di qualità nella progettazione di protesi si verificò poco tempo dopo, con l'affermazione del principio in base al quale non soltanto i mutilati potevano essere oggetto di attenzioni da parte della tecnologia medica, ma anche, si legge nella presentazione curata dal *Chicago Orthopedic Institute for the surgical and mechanical treatment of the deformities and deficiencies of the human body,* bambini e ragazzi affetti da "incipienti o consolidate deformità in diverse parti del corpo" (Chicago Orthopedic Institute, 1874). Problemi di colonna vertebrale, di legamenti e di malformazioni ossee trovavano finalmente una soluzione definitiva grazie ad un affinamento di protesi sempre più specifiche e realizzate "su misura", in fig. 9.

Sulla via che conduce alla progettazione novecentesca degli arti artificiali, si colloca anche il chirurgo Friedrich Trendelenburg che nel 1895 descrisse l'accorciamento della gamba in seguito a una frattura del femore o a una lussazione dell'an-



Fig. 8 – Gamba anatomica.



Fig. 9 – Protesi infantili.

ca. In caso di lussazione congenita dell'anca, osservava Trendelenburg, il paziente tendeva a inclinare le spalle dal lato lussato durante la deambulazione, mentre nella stazione eretta sul lato lussato, dunque, con l'arto sano sollevato, si osservava un abbassamento del bacino dal lato sano, mentre il tronco restava verticale e la linea delle spalle orizzontale (Trendelenburg, 1895). La ricerca del cosiddetto "segno di Trendelenburg", diventerà una costante negli esami della mobilità e della motilità nella clinica ortopedica contemporanea.

Verso le applicazioni contemporanee: disabilità o capacità residue?

Nel primo ventennio del Novecento, la Società A.A. Marks di New York pubblicò diverse edizioni del *Manual of Artificial Limbs*, nel quale, oltre che una serie di novità tipicamente mediche e meccaniche di progettazione e realizzazione di arti artificiali, è presente una vera e propria campagna pubblicitaria volta a individui disabili, spesso uomini in carriera o donne particolarmente attente all'eleganza, per mostrare loro la versatilità delle protesi, oramai non più appannaggio esclusivo di gravi disabilità, ma fondamentali nei gesti più comuni della vita quotidiana.



Fig. 10 – Lavoratori con protesi.

Grazie a tali protesi, la Società americana prometteva a uomini e donne di tornare a svolgere i lavori più disparati, di poter praticare il loro sport preferito o di frequentare nuovamente le serate di gala senza alcuna difficoltà (Figg. 10, 11 e 12).



Fig. 11 – Sportivi con protesi.

Il manuale, le cui diverse edizioni non presentavano grandi novità, se non aggiornamenti dovuti alle esigenze dei soldati reduci della Prima Guerra mondiale, appare particolarmente significativo perché testimonia sia la tendenza a considerare il concetto di disabilità in chiave sociale, riconducendolo a un più diffuso bisogno di benessere e qualità della vita, sia la svolta, avvenuta in ambito prettamente medico, riguardante la considerazione della menomazione in ottica di capacità fisiologiche residue.



Fig. 12 – Abiti eleganti e protesi.

Fu il fisiologo francese Jules Amar a farsi portavoce della nuova tendenza: all'interno di un programma di rieducazione professionale dei soggetti mutilati a causa della guerra, egli mise a pun-

to nel 1915 l'*arthrodynamomètre*, in fig. 13, uno strumento adatto a "misurare i valori degli spostamenti angolari degli arti e gli sforzi assoluti di un determinato gruppo muscolare per tutti i livelli di flessione possibili" (Amar, 1915).

La pervasività delle operazioni belliche lasciò il segno pure in un altro ambito che a più riprese interessò Amar, ossia la realizzazione di protesi, sostegni e stampelle ortopediche. Con il presupposto di voler realizzare una fisiologia che fosse stata anche *fisica*, costruita sull'idea di ripristinare l'equilibrio nel corpo del mutilato, la protesi diveniva sia il pretesto per studiare a fondo il problema della forza residua da massimizzare, sia uno strumento per restituire all'invalido una forza motrice non inficiata dal dispendio energetico legato alla protesi stessa (Tuffier e Amar, 1915).



Fig. 13 – L'arthrodynamomètre.

Opponendosi, d'altra parte, alle tecniche chirurgiche del tempo, basate sul principio di conservare quanto più possibile le fibre muscolari danneggiate per salvarne la lunghezza e, pertanto, la potenza, Amar affermò la necessità di considerare da un punto di vista diverso la proporzione tra lunghezza e potenza residue dell'arto amputato (Amar, 1916). La chirurgia, in questi casi, si sarebbe dovuta sottomettere alle esigenze della rieducazione professionale degli invalidi di guerra.

L'età contemporanea

In età contemporanea l'attenzione della tecnologia e della ricerca nel campo delle protesi si è concentrata principalmente su materiali, meccanismi e strumentazioni sensoriali e attuative, anche con attività indipendenti tra loro. Particolare è la ricerca di soluzioni ergonomiche e a costi accessibili in produzione e impiego.

Le nuove soluzioni sono state sviluppate secondo due differenti approcci, ovvero uno in semplicità ed economicità e l'altro in ricerca di soluzioni, anche sofisticate, di parziale e finanche completa riproduzione della struttura e funzionalità anatomici.

Nel primo approccio le soluzioni sviluppate si sono concentrate su protesi con materiali leggeri in strutture essenziali con poche o nessuna insocialità.

Esempi emblematici sono le protesi statiche per gli arti inferiori (Fig. 14) e le protesi a semplice uncino per le mani



Fig. 14 – Gamba con materiali differenziati.

(Fig. 15). In tale ambito la tecnologia contemporanea ha offerto la disponibilità di nuovi materiali più leggeri e resistenti e la creatività a forme più accettabili anche dal punto estetico, oltre a sviluppare connessioni più ergonomiche per maggiore soddisfazione e confort da parte degli utenti.



Fig. 15 – Braccia e mano con dita a uncino differenziati.

L'epoca contemporanea può distinguersi dal passato soprattutto per le soluzioni robotiche che sono state proposte negli ultimi decenni e che si stanno sviluppando con sempre più evolute soluzioni in tutti gli aspetti della bioingegneria delle protesi, anche tramite soluzioni che non sono pensate e costruite specificatamente per applicazioni protesiche. In effetti, le due tematiche della Robotica Umanoide e della Robotica Biomedicale contribuiscono in maniera differente, ma con soluzioni che possono essere considerate con notevoli similarità e in verità di inspirazione per l'una e l'altra area.

Nel caso della Robotica Umanoide gli arti artificiali sono concepiti, anche se in strutture antropomorfiche, con caratteristiche funzionali e sensoriali che possono differire da quelle umane. In tale settore non vi è alcuna considerazione sull'uso e sulla interazione dell'arto artificiale su un essere umano, come nel caso di applicazioni protesiche, ma le soluzioni sviluppate possono essere pensate per possibili adattamenti e sviluppi in adeguate protesi, come negli esempi riportati nella fig. 16.

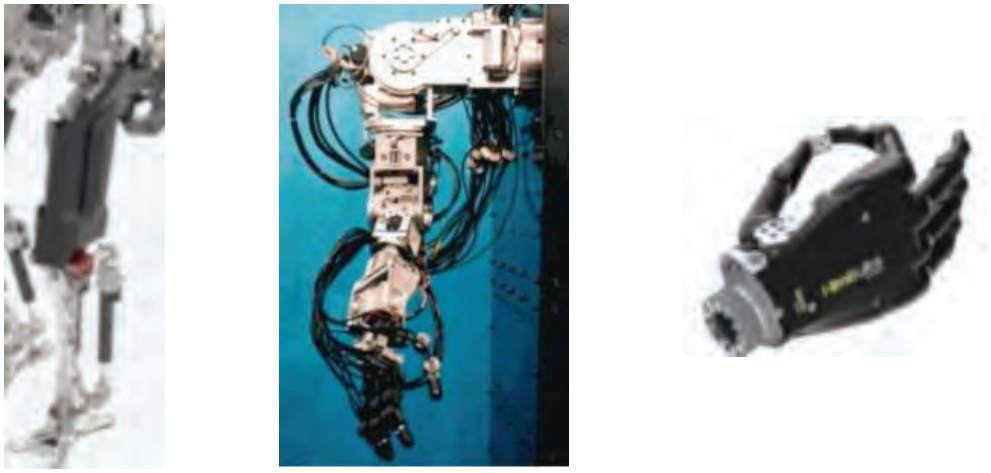


Fig. 16 – a) gamba artificiale, da [1]; b) braccio artificiale, da[2]; c) mano artificiale, da [3].



Fig. 17 – Esoscheletro di gamba, mano e braccio.

Nella Robotica Biomedicale attività specifiche sono focalizzate sullo sviluppo di protesi avanzate, sia utilizzando soluzione della Robotica Umanoide, che sviluppando originali soluzioni per le applicazioni specifiche protesiche. È da notare che, oltre allo sviluppo di protesi innovative, negli ultimi decenni vi è stato un grande interesse in soluzioni di esoscheletri di aiuto/supporto alle funzionalità degli arti umani in applicazioni sia riabilitative/esercizio che in impieghi di assistenza o incremento delle capacità motorie. Tali soluzioni possono essere considerate anche soluzioni protesiche. Nella fig. 17 sono riportati alcuni esempi di esoscheletri robotici.

Oltre ai materiali e alle strutture innovative, in età contemporanea si può riconoscere un notevole sviluppo di capacità sensoriali nelle protesi e soprattutto la possibilità di connessioni delle protesi al sistema nervoso dell'utente per la gestione diretta delle protesi.

Le sensorialità sviluppate per protesi a elevate prestazioni includono non solo sensorialità tipicamente antropomorfe, per esempio il tatto per rugosità, scivolamento, temperatura e pressione, ma anche capacità di soluzioni integrate per potere riconoscere materiali e forme degli oggetti al contatto o durante la presa.

Non si possono non citare le soluzioni bioniche, che in età contemporanea sono diventate una prossima realtà nel consistere in una replica bionica degli arti umani a elementi artificiali ma anche con componenti di tessuti umani.

Riferimenti bibliografici

Amar J. 1915. Sur la rééducation fonctionnelle. Un arthrodynamomètre. *Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, 160, 730-733.

Amar J. 1916. Valeur fonctionnelle des moignons, *Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, 162, 843-847.

Battisti E., Battisti Saccaro G. 1984. *Le macchine cifrate di Giovanni Fontana*. Milano: Arcadia Edizioni.

Bigg H.H. 1855. *Artificial limbs: their construction and application*. London: Palmer.

Bly D. 1870. *Remarkable inventions: an Anatomical Leg*. Rochester: Evening Express Printing House.

Chicago Orthopedic Institute. 1874. *Chicago Orthopedic Institute for the surgical and mechanical treatment of the deformities and deficiencies of the human body.* Chicago: Hiatt & Le Roy.

Cosmacini G. 2006. *L'arte lunga. Storia della medicina dall'antichità a oggi.* Roma-Bari: Laterza.
Davis A.R. 2013. Tecnologia medica. In: *Storia della tecnologia* (Singer C., Holmyard E.J., Hall A.R. and Williams T.I. eds.), 7(2) *Il Ventesimo secolo. Le comunicazioni e l'industria scientifica*, 633-672. Torino: Bollati Boringhieri.
Fontana G. XV sec.. *Bellicorum Instrumentorum Liber*, Cod. Icon. 242- Bayerische Staatsbibliothek, München.
Gallon J.-G. 1735. *Machines et inventions approuvées par l'Académie Royale des Sciences*. 6 (depuis 1732 jusqu'à 1734). Paris: Martin, Coignard et Guerin.
Gallon J.G. 1777. *Machines et inventions approuvées par l'Académie Royale des Sciences*. 7, (depuis 1734 jusqu'à 1754). Paris: Boudet.
Marchis V. 2005. *Storia delle macchine. Tre millenni di cultura tecnologica*. Roma-Bari: Laterza.
Paré A. 1564. *Dix livres de la chirurgie: avec le magasin des instrumens necessaires à icelle*. Paris: Jean le Royer.
Rossi P. 2009. *I filosofi e le macchine. 1400-1700*. Milano: Feltrinelli.
Trendelenburg F. 1895. Ueber den Gang bei angeborener Hüftgelenksluxation. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 21, 21-24.
Tuffier T.M., Amar, J. 1915. Cannes et béquilles en Orthopédie dynamique. Modèle scientifique d'une canne-soutien. *Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, 161, 302-304.
Verduyn P.A. 1697. *Nouvelle méthode pour amputer les membres*. Amsterdam: Jean Wolters.

Note

[1] DARPA, Thor Humanoid, DARPA, 2010
[2] Waseda Humanoid Lab, Wendy Humanoid, Tokyo, 2007
[3] Touch bionics, I-limb ultra technical sheet, http://www.touchbionics.com/products/active-prostheses/i-limb-ultra

Maria Letizia Conforto

Rappresentare il progetto di architettura

Abstract
Architectural projects of traditional construction or of modern modular systems have been usually represented through technical drawings in plan and section. The long history of architectural representation generated by the Euclidean geometry may be recognized in ancient painted or carved images concerning the conceptual abstraction of plan and prospect. However it is possible to hypothesize these images were supported by fully representative three-dimensional models, as well as with written rules for good construction. The design practice evolves in Renaissance studies on the human body, machines and architectural drawings with the abstraction of the vertical section that exhibits, as in the ancient ruins, the invisible part of the building. These same tools, however, are now ineffective in representing new modern architectures, in which structure, inner and outer envelopes are organized by unexpected superior geometries. As complex machines, these architectures are the result of analogical models, mathematical algorithms and, last but not least, may even be formed layer by layer by numerical control machines.

Identificazione della forma

La rappresentazione di una figura geometrica sul piano e nello spazio è un problema scientifico e filosofico che esplora la corrispondenza tra idea e realtà, tra concezione ed espressione, tra forma teorica e forma concreta. Si tratta dunque di un campo assai vasto che si è sempre avvalso di esperienze multidisciplinari. Per quanto lo studio della forma possa essere considerato un problema principalmente di pertinenza della geometria non può infatti essere trascurato il contributo di altre discipline e, in particolare, di quelle collegate al concetto di numero alle quali corrisponde l'esistenza dell'aritmetica e della matematica.

Lo strumento per lo studio delle proprietà invarianti che caratterizzano la forma geometrica di un corpo solido sono, nello spazio infinito a tre dimensioni, le operazioni di trasformazione che operano per similitudine nella geometria elementare o metrica, per proiezioni e sezioni nella geometria proiettiva, per relazioni logiche nella topologia.

Si basa invece sulla teoria dei numeri lo studio delle proprietà della forma condotto dai matematici pitagorici con due presupposti collegati. Le caratteristiche della figura devono essere descritte da un numero finito di punti che, espressi numerica-

mente, definiscono la forma stessa della figura che compongono. Questa deve, a sua volta, rendere contemporaneamente percepibili le più recondite proprietà dei numeri. Le variazioni di una forma definita da un insieme ordinato di elementi possono così essere studiate nella teoria dei numeri reali e in quella dei numeri complessi, dalle operazioni razionali e dallo sviluppo di sistemi, determinanti, matrici e serie, dal calcolo di funzioni, limiti, derivate e integrali.

La scoperta delle grandezze incommensurabili, risultato degli studi condotti dalla stessa scuola pitagorica come applicazione della teoria dei numeri, orienta i matematici del mondo antico verso una visione prevalentemente geometrica della scienza, mettendo in secondo piano l'aritmetica rispetto alla geometria, anche se molte scoperte matematiche risolte in antico in chiave geometrica verranno poi interpretate e trasmesse dai commentatori arabi in chiave algebrica, riaffermando così il primato logico del numero sul mondo geometrico.

Nelle esperienze di scienza, matematica, ricerca figurativa e sperimentazione di architettura, anche il concetto di infinito, formulato in termini sintetici con la rappresentazione grafica del punto di fuga, viene sviluppato in termini analitici.

Una vera e propria riduzione della geometria all'algebra viene portata a compimento sotto l'influenza del pensiero cartesiano, anche se, fino alla scoperta del principio di continuità che assicura la possibilità teorica di esistenza di grandezze geometriche indipendentemente dalla possibilità di costruzione, alcune espressioni algebriche continuano a essere rappresentate geometricamente.

L'uso della geometria descrittiva resta proprietà intellettuale dei procedimenti tecnici e di cantiere, della costruzione di macchine e nel tracciato dei disegni navali, finché procedimenti analitici e geometrici vengono unificati nell'opera di Monge al quale si deve l'uso sistematico della rappresentazione di figure spaziali mediante la proiezione simultanea da un punto all'infinito tra due piani tra loro ortogonali. I procedimenti analitici e geometrici che sono alla base delle convenzioni descritte da Monge sono da questo momento anche alla base del disegno geometrico in scala utilizzato nella progettazione di architettura, e, non ultimo, nello studio e restituzione di manufatti già in essere.



Fig. 1 – Miniatura del 1215, British Library. La riproduzione di prospetti di edifici importanti è in uso fin dall'antichità unitamente all'astrazione del disegno di architettura in pianta.



Fig. 2 – Giotto, Basilica superiore di Assisi. L'affresco rappresenta l'unità di intenti tra ricerca figurativa e ricerca di architettura, mettendo in luce lo stretto rapporto tra esterno e interno privata).

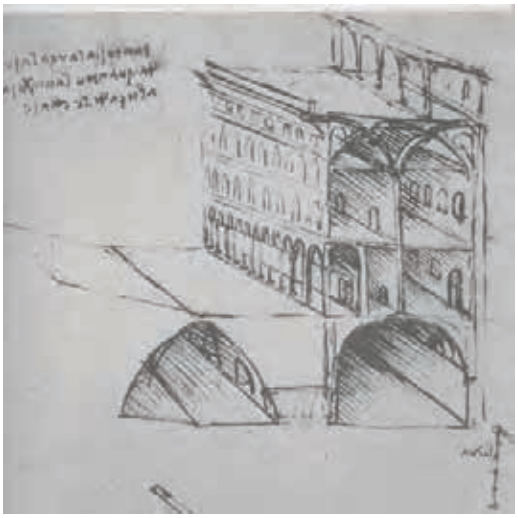


Fig. 3 – Leonardo da Vinci, Parigi Bibliotheque de l'Institut de France, studi per la nuova città. Leonardo, consulente a Milano, svolge un'attività più speculativa che pratica con ampi studi sulla struttura urbana.

La forma dell'architettura

Alle diverse ipotesi di controllo e rappresentazione della forma corrispondono fin dai tempi più antichi esperienze progettuali e costruttive diverse, espresse in pianta con geometrie e insiemi ordinati di elementi carichi di riferimenti simbolici che assumono complessità e significato nella dimensione dello spazio e nella valutazione del tempo mediante calcolati rapporti di misura, collocazione spaziale e orientamento astronomico. Anche le costruzioni più semplici, messe in opera con i materiali più diversi, possono così assumere significati molteplici qualora si osservi come l'altezza di piramidi erette su elementare base quadrata possa non risultare una misura arbitraria, come i templi ma anche i piani artificiali destinati ad accogliere riti sacri si basino su rapporti modulari, come le grandi costruzioni megalitiche definite su pianta circolare da gruppi di triliti conservino ancora un messaggio proiettato verso l'infinito.

Allineamenti e prospettive dello spazio costruito dall'uomo determinano così con il cosmo, la struttura territoriale, la continuità urbana, relazioni complesse, articolando con un proprio linguaggio materia, scienza, metafisica.

Risulta ancora oggi esemplare da questo punto di vista la costruzione del Pantheon, la realizzazione più rappresentativa della maturità raggiunta nell'arte del costruire nella Roma antica. Questo modello, al quale si sono ispirati artisti e architetti del Rinascimento, è infatti un chiaro riferimento alle ricerche di Archimede e alla con-

cezione del mondo propria della cultura alessandrina, che, attraverso la sfera e il cilindro ad essa circoscritto, evoca all'interno della architettura l'immagine del cosmo.

Un progetto di architettura passa ancora oggi attraverso almeno due fasi di presentazione. Una rivolta alla committenza della quale si richiede l'approvazione, l'altra indirizzata alle maestranze alle quali si affida la realizzazione. Per capire con quali strumenti queste fasi si svolgessero in antico si può ripercorrere la lunga storia della rappresentazione del progetto di architettura generata dalla geometria euclidea. Essa è ben riconoscibile nei prospetti di monumenti simbolicamente significativi e nell'astrazione concettuale delle piante. Dalle architetture raffigurate nelle incisioni, pitture e sculture è possibile ipotizzare che l'approvazione della committenza potesse avvenire anche attraverso modelli rappresentativi del futuro manufatto. Naturalmente lo stesso mezzo poteva essere usato per i progetti di navi, macchine, strumenti e opere d'arte che tutti potevano avvalersi di modelli in scala per controllarne la produzione. Modelli di edifici sono infatti ancora riprodotti nei documenti medievali e avranno una grande fortuna negli studi rinascimentali

E' tuttavia difficile immaginare il solo modello come strumento sufficiente a promuovere e controllare il processo di edificazione. Strumenti idonei a tracciare sul terreno la pianta di un progetto di architettura sono ben noti anche in tempi molto antichi. E' però anche nota la diffusione di documenti scritti relativi a regole definite sperimentalmente per garantire la buona riuscita della costruzione. Il rapporto tra il tracciato della pianta e la spazialità dell'alzato poteva dunque essere trasmesso attraverso regole e convenzioni, oggi non sempre riconoscibili ma, con ogni probabilità, del tutto diverse dal disegno in scala. La parte principale delle scelte progettuali poteva forse discendere per convenzione dall'organizzazione della pianta secondo forme identificate da consueti rapporti geometrici, da sistemi di elementi seriali calcolati in modo numerico la cui qualità e dimensione era invece trasmessa attraverso materiali esemplificativi e concordati scritti, desunti, come per la costruzione e la manutenzione delle strade e degli impianti idrici, da regole della buona edificazione basate sull'esperienza.

Non è allora forse un caso che antichi documenti relativi a questi argomenti siano per lo più privi di disegni esplicativi ma ricchi invece di disposizioni generali i cui riferimenti ci sfuggono perché letti al di fuori di un contesto che organizzava in altro modo i rapporti costruttivi tra muratura portante e superfici di completamento dello spazio, diametro e altezza delle colonne, sezione della colonna e architrave.

I disegni degli architetti rinascimentali che corredano le numerose edizioni di Vitruvio possono essere letti come pertinenti allo studio di progetti e realizzazioni contemporanee piuttosto che redatti per la comprensione dell›architettura antica. Così come le regole di Frontino per la costruzione degli acquedotti sono state utilizzate, consapevolmente o inconsapevolmente, fino all'introduzione di sistemi idrici progettati con moderne apparecchiature di pompaggio.

Gli antichi costruttori erano certamente in grado di trascrivere sul terreno la forma degli edifici e lo spessore dei muri a partire dal livello di fondazione, rimuovendo o riutilizzando le preesistenze con sapienza ed efficienza. Una prova della dimestichezza elaborata in antico con la rappresentazione dell'architettura in pianta può essere riconosciuta nella *Forma Urbis* severiana, nella quale l'intera struttura urbana della Roma del II secolo è riconosciuta e scolpita sulla pietra. Gli edifici più significativi sono riprodotti in pianta al livello terreno rispettandone le proporzioni. Le approssimazioni prodotte da sovrapposizioni o deformazioni del piano teorico di rappresentazione sono invece riportate su un tessuto connettivo simbolicamente di forma modulare che si sviluppa continuo tra un edificio e l'altro a riempire gli spazi intermedi. Piuttosto che di una rappresentazione topografica si tratta quindi di una rappresentazione topologica che verrà imitata per secoli fino alla definizione settecentesca di piante misurate.

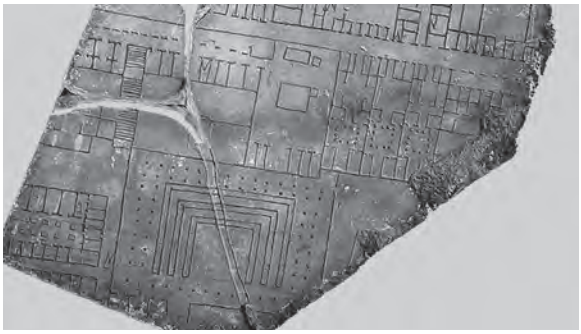


Fig. 4 – Roma, Forma Urbis severiana. Frammento marmoreo.



Fig. 5 – Matteo de' Pasti, recto della medaglia celebrativa di Sigismondo Malatesta. Tempio Malatesriano dopo l'intervento di Leon Battista Alberti.

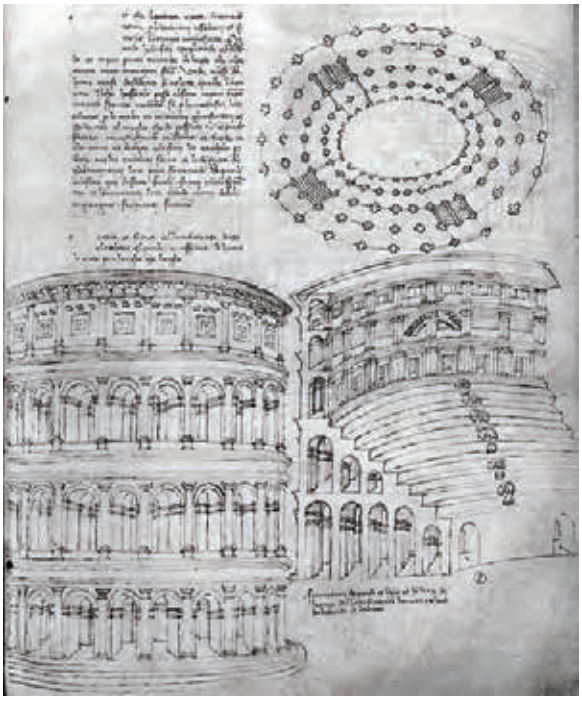


Fig. 6 – Francesco di Giorgio, Torino, Biblioteca reale, Codice Saluzziano. Il Colosseo.

Il disegno di architettura

Rappresentazione geometrica e rappresentazione analitica sono, fino dalla antichità, gli strumenti per lo studio e la identificazione sul piano di figure tridimensionali nello spazio. L'architettura, per definizione forma geometrica tridimensionale finita, si avvale, e si è avvalsa per secoli, di rappresentazioni basate anche sull'apparente oggettività del disegno. Dal punto di vista scientifico il problema del riconoscimento di una forma resta sostanzialmente identico a qualunque scala se ne proponga la restituzione, ma per comunicare il processo creativo o conoscitivo del disegno è anche necessario definire un codice che ne interpreti i termini di rappresentazione. Sia che si esprima mediante operazioni di geometria descrittiva basate sul principio di continuità tracciando sezioni non misurabili ricavate con proiezioni, sia che identifichi come caratteristica geometrica invariante di una forma di rivoluzione una curvatura costante, il disegno risulta sempre una astrazione intellettuale e soggettiva.

Anche in architettura le immagini sintetizzano e privilegiano alcune relazioni su altre, avvalendosi di convenzioni, strumenti e artifici propri che, definiti in termini teorici come trasformazioni, consentono di scegliere la scala di riduzione, il tracciamento dei piani di sezione, i punti di vista delle proiezioni. Dalla collocazione del punto di osservazione, dal trattamento sul piano di superfici curve, dalla approssimazione di queste a forme geometriche pure nasce, per comunicare le qualità del progetto, il linguaggio dell'architettura.

La pratica del disegno ha avuto grande sviluppo dal Rinascimento in poi con gli studi sul corpo umano, sulle macchine, sul controllo del territorio. Molti sono i progetti e le realizzazioni relative a opere di difesa e di architettura, ma non vanno trascurati gli studi e i disegni di antiche costruzioni da secoli abbandonate che mostravano nella propria rovina materiali e tecniche normalmente non visibili. Reinterpretando gli antichi metodi di progettazione e ristabilendo una nuova continuità con l'antico è così stato possibile realizzare autonomamente l'ulteriore astrazione concettuale che si è concretizzata nel disegno della sezione verticale.

Una stringente logica strutturale era emersa intorno al 1230 nei disegni del taccuino di Villard de Honnecourt dedicato ai cantieri delle cattedrali francesi nei quali i collegamenti tra coordinate orizzontali e verticali, alzati esterni e interni prefiguravano un nuovo atteggiamento dei progettisti a unificare ricerca tecnica e figurativa, come avverrà poi nell'attività di Giotto, Leonardo, Raffaello o Michelangelo.

Gli stessi trattatisti di architettura hanno privilegiato a volte il disegno, come Francesco di Giorgio, a volte l'esposizione teorica come Leon Battista Alberti con il *De re aedificatoria.* Sarà tuttavia l'architettura di Alberti a sperimentare nuove originali costruzioni e interventi sull'antico, riproponendo l'uso di modelli per posizionare la costruzione nell'area, valutare la conformazione dei muri e la solidità delle coperture. Il modello in scala diviene così nuovamente strumento di studio e comunicazione per realizzare opere particolarmente significative, dalla cupola di Brunel-

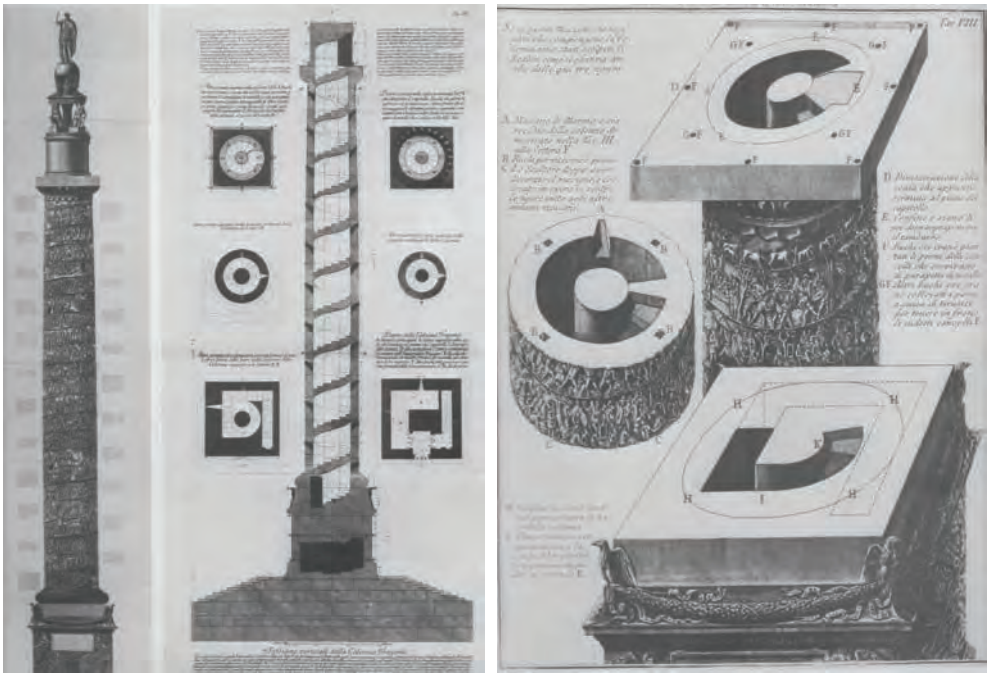


Fig. 7 – Giovanni Battista Piranesi, sezione verticale della colonna Traiana e sistema di connessione dei blocchi "TROFEO O SIA MAGNIFICA COLONNA COCLIDE DI MARMO COMPOSTA DI GROSSI MACIGNI OVE SI VEGGONO SCOLPITE LE DUE GUERRE FATTE DA TRAIANO".

leschi, alla nuova cattedrale di S. Pietro. Taccuini, trattati, manuali hanno contribuito a configurare le architetture che hanno segnato il paesaggio e la città rinascimentali. Ma, come dimostrano le ricerche dei Sangallo, di Palladio, Serlio, Peruzzi e molti altri, gli architetti hanno a lungo disegnato anche gli antichi monumenti destinati a essere riorganizzati nel nuovo contesto urbano o a essere demoliti per recuperarne i materiali. L'attenzione per il disegno dell'antico, che si è sviluppata in diverse accezione nei moderni stati europei, sarà nel XIX e nel XX secolo alla base dei parametri della nuova disciplina del restauro e dei nuovi metodi di indagine archeologica. Contributo fondamentale in questo campo è stato quello di Giovanni Battista Piranesi, attento osservatore dell'architettura, capace di trasformare in documenti inedite immagini disegnate.

La rappresentazione dell'architettura

Disegni redatti in pianta prospetto e sezione, hanno per secoli prodotto architetture che facevano anche riferimento a una tradizionale arte del costruire espressa in formulari, codici e manuali. I progetti di edifici di moderna concezione, assemblati mediante

sistemi modulari di strutture, impianti e rivestimenti prodotti fuori opera si sono serviti delle stesse convenzioni di rappresentazione adattando a tale scopo, gli stessi linguaggi informatizzati. Le innovazioni costruttive introdotte da nuovi materiali hanno modificato la concezione strutturale degli edifici sostituendo all'organismo murario continuo un'autonoma struttura portante concepita per nodi, in modo da formare una geometria reticolare. E' stato così possibile progettare aperture, chiusure, suddivisioni dello spazio interno al di fuori dei canoni, reinventare il rapporto dell'edificio col terreno e la copertura, articolare le superfici curve secondo geometrie complesse.

Il potenziamento degli strumenti di calcolo e della risposta strutturale dei materiali hanno via via consentito di superare i limiti di regole considerate sicure aumentando l'ampiezza delle luci libere e l'altezza dei fabbricati, scardinando i paradigmi dell'architettura secondo una ricerca figurativa già applicata per la produzione di oggetti di *design*.

Come macchine complesse, queste architetture non sono più concepite per piani e volumi di rivoluzione, ma in un'avvolgente tridimensionalità, in cui elementi portanti, involucro interno ed esterno si organizzano secondo impreviste geometrie di ordine superiore. La stessa composizione di forme architettoniche che nelle costruzioni tradizionali raggiungeva la complessità articolando geometrie elementari, viene ora organizzata con elementi tridimensionali generati da geometrie complesse. La verticalità dei piani è sostituita da simboliche allusioni fra volumi equivalenti, non necessariamente simmetrici attraversati da percorsi inclinati. Resta forse, come unico riferimento alle precedenti esperienze dello spazio costruito, la giacitura orizzontale di piani calpestabili, limite conclusivo di strutture geometricamente non riconoscibili, luogo di appoggi non sistematici. Rispetto a questi progetti, i tradizionali strumenti di rappresentazione risultano inefficaci sia nella fase di progettazione sia in quella esecutiva.

Una prima formalizzazione del progetto potrà ancora avvenire attraverso un modello tridimensionale analogico, ma questo dovrà essere trasformato da algoritmi opportunamente selezionati per formulare la serie di operazioni di logica algebrica necessarie a definire i programmi informatici che ne conseguono. Nascono così programmi e percorsi sempre più complessi pronti a sostituire paradigmi ormai desueti.

Il processo di progettazione si allontana dalle tradizionali rappresentazioni disegnate e la qualità dello spazio architettonico può essere sondata con sofisticati programmi di software. La stessa scelta del processo costruttivo e la selezione dei materiali è demandata a programmi già in uso nell'industria.

Questa prassi diventa vincolante anche nella fase esecutiva. La selezione dei materiali e la loro produzione può ora seguire lo stesso processo informatizzato, definendo e producendo, mediante macchine a controllo numerico, elementi o gruppi di elementi che potranno essere poi assemblati in cantiere. Un ulteriore passaggio potrà prevedere di stampare direttamente l'edificio. Questi processi progettuali e produttivi sono già a livello avanzato nel disegno di singoli oggetti, di macchine e

soprattutto nella ricerca aerospaziale. Le fantastiche prospettive che si aprono per l'architettura la rendono sempre più lontana da un manufatto ma ancora non ne prevedono il completo disancoraggio dal suolo. Anche gli edifici stampati da macchine a controllo numerico dovranno allora confrontarsi con la progettazione delle infrastrutture urbane e territoriali.



Fig. 8 – Frank O. Gahry, Museo di Bilbao. Foto dell'atrio interno e schizzo ad inchiostro su carta del Prospetto Nord.



Fig. 9 – Filippo Brunelleschi, Firenze, Museo dell'Opera del Duomo. Modello ligneo per la costruzione della cupola di Santa Maria del Fiore.



Fig. 10 – Domenico Cresti da Passignano, Vaticano, Fabbrica di San Pietro. Michelangelo presenta a Paolo IV il progetto per il completamento della cupola di San Pietro.

Mario Calamia, Giorgio Franceschetti, Monica Gherardelli

La rivoluzione digitale e l'evoluzione del contatto sociale

Abstract

Technology development has always strongly affected the human relationships and ways of interacting. Man invented language to communicate with his neighbors, and the language adapted itself to the needs of technology. From Egyptian hieroglyphics to medieval images, from handwritten text by monks to type documents and printed books, there have been a succession of incredible discoveries and adjustments.

The first example is the Morse alphabet introduction, which was created because the transmission protocol allowed the differentiation of only two signals, *dot and dash*, by light flashes or radio signals. Today the digital revolution allows for a return to symbolism, because it is quicker, and perhaps more expressive. But the digital revolution creates another problem that already glimpsed a few years ago, and has become dramatic today: the information we want to process and transfer is too large to be managed, because its dimension is too large.

This paper goes back to the fundamental stages of this evolution, which should proceed along two lines. First of all, all the technology supporting the information management needs substantial improvements, due to huge amount of its dimension, as already stated. On the other side, the way of communication and interaction among the human beings should develop along new lines, so that absorption and cultural management of wider information is allowed. This last point is a fundamental issue, and requires new learning procedures, to be implemented in the schools, starting from the elementary ones, so that also the digital language becomes familiar to the students, i.e., to all of us in the near future.

Introduzione

Nella preistoria, quando una particolare specie animale seguiva il suo percorso per diventare l'UOMO, essa cominciò ad associarsi con altre unità a lei simili, cominciando a dare un senso ai suoni che emetteva dalla bocca. Nasceva quindi il linguaggio, che permetteva una prima forma di interazione tra queste figure viventi, con la possibilità di presentare domande, fornire risposte, e così via. Ovviamente il linguaggio era diverso (*Torre di Babele*!) tra le varie associazioni e poteva unificarsi a valle di una completa integrazione tra un certo numero di queste comunità: il risultato finale è stato la nascita delle odierne Nazioni.

L'interazione dei membri della comunità richiedeva tuttavia la congiunta presenza fisica delle persone interagenti. Lo sviluppo successivo è stata la creazione di un codice, l'*alfabeto*, che permettesse l'associazione di ogni particolare suono, emesso durante il colloquio, a una lettera dell'alfabeto. In tal modo ogni parola poteva essere individuata mediante scrittura, a partire dai graffiti trovati nelle grotte preistoriche sino alle successive scritture su papiri e stampa su fogli di altro genere: il colloquio poteva così essere sostituito dalla lettura di un messaggio. Tuttavia, per poter interagire a distanza, era necessario trasferire fisicamente il documento scritto tra le sedi dei due interlocutori, lo scrittore e il lettore. Viene così a identificarsi un requisito fondamentale: l'interazione a distanza richiede lo sviluppo di un *codice*, nel caso precedente, il codice è l'*alfabeto*. E anche in questo caso questo codice non è lo stesso su tutto il nostro pianeta, dove sono presenti, e adoperati, alfabeti diversi in diversi continenti.

Tuttavia, l'interazione citata richiedeva tempi di trasferimento che potevano essere anche molto lunghi, in assenza di sistemi di rapido trasferimento fisico, quali auto, nave, aereo. A tal fine, furono sviluppati altri codici, per applicazioni specifiche, basati sulla possibilità della visione a distanza.

Il *fumo* è stato forse la prima forma per comunicare in tempo-reale a distanza: i segnali prodotti col fumo consentivano, in base a uno specifico codice (presenza, assenza, durata del getto fumoso), concordato tra le parti trasmittente e ricevente, di segnalare pericoli, o anche buone novelle.

I *segnali luminosi* sono stati un altro sistema per comunicare, principalmente per i naviganti. I porti erano muniti di *fari* citati anche come capolavori di architettura. Ricordiamo quello di Alessandria d'Egitto, importante anche dal punto di vista architettonico, che serviva a guidare i naviganti con la sua sequenza di lampi di luce: ogni faro aveva le sue caratteristiche e un concordato codice di lettura, riportati sui portolani del tempo.

Le navi, per comunicare tra loro e con la terraferma, usavano le *bandiere*: la loro opportuna (e concordata) combinazione di movimenti dava luogo a messaggi, che servivano a dare o ricevere ordini, secondo il ruolo ricoperto da ciascun vascello.

Quanto sopra presentato è certamente interessante, e ha permesso, a suo tempo, una rapida interazione a distanza: ma la reale soluzione al problema della interazione a distanza si è poi basata sulla trasmissione di segnali elettrici, con codici non specifici, come indicato, ma unificati.

L'avvento del segnale elettrico

Il primo esempio di trasmissione di segnali elettrici in codice è stato dato da Samuel Morse (1791-1872) che nel 1835 progettò un sistema primitivo, il *telegrafo elettromagnetico*, costituito da un interruttore che stabiliva un contatto elettrico quando veniva premuto; gli impulsi così generati venivano inviati su una rete elettrica di tra-

smissione, composta da una coppia di fili di rame. Morse, grazie alla collaborazione di Alfred Vail (1807-1859), mise a punto un codice per trasmettere lettere, numeri e segni di punteggiatura; questi venivano inviati singolarmente attraverso il telegrafo, usando una combinazione di punti, linee e pause. Questo sistema di codifica, conosciuto come *codice Morse* o *alfabeto Morse*, fu usato per trasmettere il primo messaggio telegrafico il 24 maggio 1844 attraverso una linea che collegava Baltimora con Washington (Huurdeman, 2003).

Il codice Morse, che rappresenta quindi una forma *ante litteram* di comunicazione digitale, fu subito considerato lo standard per la codifica delle informazioni, ed ebbe un così ampio e incontrastato successo che per lungo tempo nessun altro sistema alternativo riuscì a soppiantarlo; la sua importanza e la sua versatilità sono stati tali che venne abbandonato solo dopo il 1999.

In fig. 1 è rappresentato un radio-ricevitore, realizzato da padre Guido Alfani (1876-1940) nel 1923, che utilizzava appunto il codice Morse per le trasmissioni.

Questo primo evento diede inizio all'era della comunicazione tramite segnali elettrici, ottenuti per conversione in tensione o corrente di grandezze associate a fenomeni fisici di natura anche molto diversa, quali documenti, suoni, immagini.

Come abbiamo visto, un segnale elettrico può essere trasmesso a distanza mediante un *cavo*: il segnale che lo attraversa può essere interpretato come una opportuna forma d'onda, detta *portante*, *modificata in ampiezza o in frequenza* come specificato nel prossimo paragrafo, in modo da trasferire l'informazione fino alla



Fig. 1 – Ricevitore di tipo Morse realizzato da padre Alfani nel 1923. Basato sull'uso del coherer, comprende da destra nell'immagine: i morsetti, l'antenna, il coherer, le due batterie di alimentazione (in alto del coherer), due relè dei quali uno di soccorso e l'altro sounder, il martelletto e il telegrafo.

postazione dell'utente. Tale possibilità è stata ampiamente sperimentata e utilizzata per comunicazioni telefoniche (e video-telefoniche) tra utenti, anche se fisicamente separati da tratti marini, mediante uso di cavi sommersi.

La successiva conoscenza (Maxwell, 1865) e sperimentazione delle *onde elettromagnetiche*, a cura di Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894) nel 1886, e di Guglielmo Marconi (1874-1937) negli anni 1895-1930, ha permesso di estendere le citate connessioni, che vennero e sono ancora effettuate anche in modalità *wireless*: la fase di trasporto della informazione viene realizzata da coppie di antenne direttive, trasmittente-ricevente, con collegamento satellitare[1] per le grandi distanze e superamento dei tratti marini; la fase di distribuzione utilizza invece antenne con opportuno diagramma di radiazione, disegnato in base alla zona da servire, in particolare per assicurare il collegamento con e tra i cellulari. E' tuttavia d'obbligo citare il recente alternativo notevole sviluppo della *fibra ottica*, grazie alla sua larga banda, adoperata sia in ambito della fase di trasporto, sia in quella di distribuzione, fino alla postazione dell'utente (FTTH, Fiber To The Home).

La codifica del segnale e il suo sviluppo

Come indicato nel paragrafo precedente, l'informazione da trasmettere è codificata sotto forma di un segnale elettrico che, istante per istante e per tutto il tempo necessario, rappresenta fedelmente la citata informazione: detto segnale informativo viene affidato, come di seguito indicato, a una forma d'onda sinusoidale oscillante a una frequenza, detta *portante*, adatta al trasferimento attraverso il mezzo trasmissivo di interesse.

Negli anni '20 presero avvio i sistemi per la radiodiffusione analogica, utilizzante la *modulazione di ampiezza*: il segnale informativo, nel quale è stata codificata l'informazione da trasmettere, modifica istante per istante l'ampiezza della portante che viene trasmessa. Il segnale, che si presenta all'ingresso del ricevitore, viene quindi elaborato per estrarne la variazione di ampiezza.

Nel 1933 Edwing Armstrong (1890-1954) propose la *modulazione di frequenza*, una nuova tecnica di modulazione, nella quale il segnale informativo modifica, istante per istante, non l'ampiezza, ma la frequenza della portante: detta tecnica di modulazione offre, rispetto alla precedente, notevoli vantaggi in termini immunità nei confronti del rumore e delle interferenze.

A seguito dell'introduzione delle tecniche di modulazione, la scienza e la tecnologia offrirono la possibilità di impacchettare più comunicazioni singole e trasmetterle su una unica portante mediante *multiplazione*, cioè l'affiancamento degli spettri di diversi segnali. È questo un passo avanti notevole, perché consentì la ricetrasmissione *contemporanea* di più conversazioni. Basta ricordare il primo satellite per telecomunicazioni, il *Telstar*, e la possibilità di trasmettere un canale televisivo (5 MHz di banda) o l'equivalente in banda di circa 1000 canali telefonici.

Il teorema del campionamento, dovuto a Harry T. Nyquist (1889-1976) e riproposto da Claude E. Shannon (1916-2001), fu il primo passo verso la conversione dei segnali analogici in digitali. Il processo di campionamento di un segnale analogico, e la successiva trasformazione dei campioni prelevati in sequenze di simboli appartenenti a un codice binario, cioè in stringhe di bit, permisero la trasformazione dell'informazione in una forma simbolica elementare talmente efficace che, da quel momento, i sistemi di comunicazione analogici dovettero lasciare il passo ai sistemi di trasmissione numerica o digitale.

Questi sistemi hanno preso il sopravvento perché in grado di trasferire, sullo stesso mezzo e contemporaneamente, informazioni prodotte da sorgenti di natura diversa; l'informazione prodotta da tali sorgenti, compresi filmati e messaggi multimediali, una volta assoggettata al processo di digitalizzazione consente di progettare il sistema di trasmissione astraendosi dalla natura della sorgente. Inoltre, i bit che costituiscono i flussi in trasmissione sono anche le unità di informazione elementari che i calcolatori elettronici utilizzano per le loro elaborazioni: ne consegue che molte delle operazioni realizzate in una catena di trasmissione e ricezione di un sistema di trasmissione numerico possono essere effettuate ricorrendo a calcolatori elettronici, semplificando tutti i processi di elaborazione e memorizzazione dell'informazione. Infine, i sistemi di trasmissione numerica possono esser resi di gran lunga più affidabili dei sistemi di trasmissione analogici.

A questo punto, è opportuno introdurre le caratteristiche della *Rivoluzione Digitale*, che stiamo ancora vivendo e che ha impatto estremo sulle caratteristiche e sulla possibilità della nostra interazione cognitiva e culturale. Questa Rivoluzione è iniziata nei primi anni '80 con l'avvento, e la successiva diffusione di massa, del Personal Computer: essa è caratterizzata da un insieme di complessi processi scientifici e tecnologici, tra cui lo sviluppo di Internet e di protocolli di comunicazione dei dati. Oggi, navigando nella Rete, chiunque può avere accesso ai depositi cognitivi ovunque siano nel mondo, come anche divenirne accrescitore.

Una prevista istanza fondamentale della matura Rivoluzione Digitale è la realizzazione della nuova infrastruttura di Telecomunicazioni che va sotto il nome di NGN (Next Generation Network), composta da una rete di istradamento del traffico voce/dati, e da una rete distributiva NGA (Next Generation Access) che connette terminali in postazione fissa tra loro.

La NGN costituirà *l'Autostrada Digitale della Conoscenza*: essa utilizzerà la trasmissione/commutazione a pacchetti, cablate in fibra ottica interamente per la parte di trasporto, e quasi interamente per quella di distribuzione, fino alla postazione d'abbonato (FTTH, Fiber To The Home). E' previsto che la NGN sia in grado di fornire servizi di accesso a banda larga, con caratteristiche più avanzate (ad esempio, una maggiore capacità di trasmissione) rispetto a quelle fornite tramite le reti di accesso interamente in rame, utilizzanti il tradizionale ADSL (Asymmetric Digital

Subscriber Line), dispositivo che permette al doppino telefonico l'accesso digitale a Internet. Scopo finale di questa Rivoluzione Digitale è il procedere nell'arduo compito di accelerare la diffusione di ogni contenuto prodotto dalla mente umana: la NGN è quindi lo strumento tecnico per assicurare il completo *Accesso alla Conoscenza*, realizzando così una totale *Integrazione Sociale*, elementi costitutivi dei diritti fondamentali dell'uomo.

Le comunicazioni wireless

Le comunicazioni wireless costituiscono parte integrante della Rivoluzione Digitale sopra citata. Esse trovano il loro precursore in Guglielmo Marconi che, nel 1895, effettuò la prima trasmissione in codice Morse a una distanza di oltre 2 km senza l'ausilio di cavi, ma utilizzando le onde elettromagnetiche. Da quel momento, le trasmissioni wireless avrebbero assunto un'importanza sempre crescente, fino a diventare una componente fondamentale della società odierna.

Infatti, iniziando dall'avvento delle trasmissioni radio e televisive e delle telecomunicazioni, fino all'esplosione pervasiva della telefonia mobile, le comunicazioni wireless hanno trasformato completamente lo stile di vita della nostra società.

L'evoluzione delle comunicazioni wireless è mostrata in fig. 2, che schematizza il susseguirsi delle diverse generazioni di tecnologie wireless, da 1G a 4G, in funzione di vari parametri.

Nell'immagine le diverse tecnologie wireless sono descritte da figure geometriche con sfondo grigio scuro: cerchi per ciascuna generazione di telefonia mobile; ellissi rispettivamente per le tecnologie wireless *Bluetooth*, *WiFi* e *WiMAX*. Per ciascuna tecnologia sono indicate qualitativamente le seguenti grandezze: in ascisse il *data rate*, ovvero la velocità di trasmissione dei dati, mentre in ordinate il grado di mobilità e l'ampiezza della copertura. Il grado di mobilità è suddiviso in ambiti di applicazione: al chiuso (*indoor*) e all'aperto (*outdoor*). Le comunicazioni sia *indoor* sia *outdoor* sono poi classificate in base alla rapidità di movimento dei terminali utilizzati: fissi (*fixed*), con mobilità lenta (*pedestrian*) e rapida (*vehicular*). Nell'immagine è presente una terza coordinata che descrive l'incremento della efficienza spettrale, ovvero del rapporto fra *data rate* e banda occupata dalle trasmissioni, per ciascuna tecnologia.

Con l'avvento di tecnologie wireless sempre più spinte (da 1G a 4G) si ha, mediamente ogni 10 anni, un incremento della velocità di trasmissione dell'informazione, da un valore massimo di 2,4 kbit/s per la telefonia di prima generazione fino a valori di picco di 100 Mbit/s in *downlink* e 50 Mbit/s in *uplink*, per le comunicazioni di quarta generazione.

Corrispondentemente si ha un miglioramento sia nella capacità di comunicare tra terminali in movimento sia nell'ampiezza della copertura. Nel passaggio da una generazione a quella successiva, si hanno anche incrementi dell'efficienza spettrale

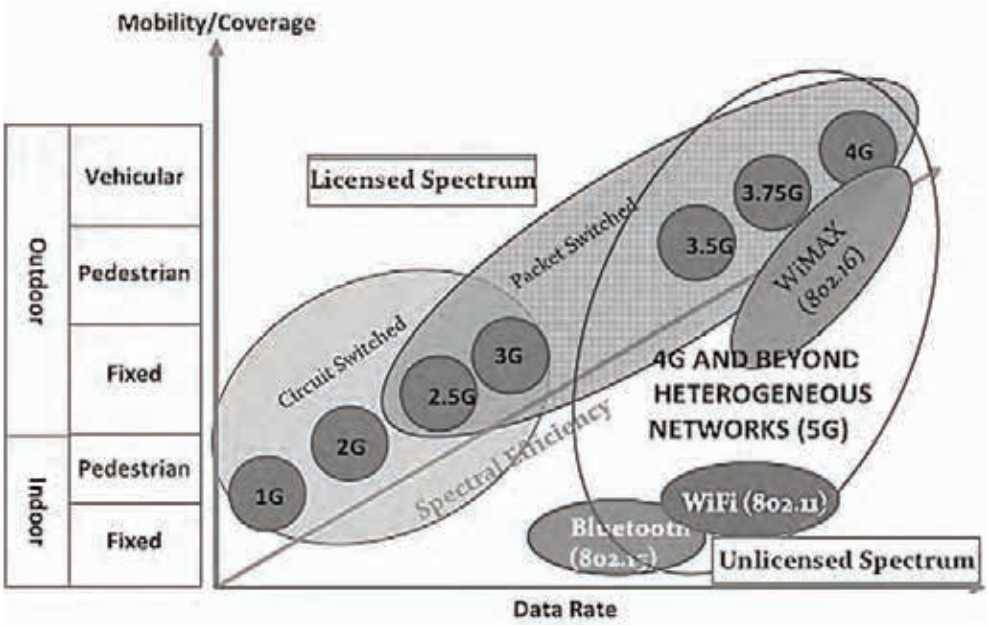


Fig. 2 – Evoluzione delle comunicazioni wireless (da Gupta, 2015).

della trasmissione: la tecnologia 4G presenta una efficienza spettrale fino a 2 o 3 volte superiore a quella della generazione precedente.

Le tecnologie delle generazioni 1G e 2G facevano ricorso a reti con commutazione di circuito, come indicato anche in figura mediante una ellisse di colore grigio chiaro a sinistra; la successiva generazione sfruttava reti ibride con commutazione di circuito e pacchetto; le ultime generazioni utilizzano esclusivamente reti a commutazione di pacchetto, rappresentate nell'immagine all'interno della ellisse più grande con sfondo a reticolo.

Un altro aspetto importante è l'allocazione delle diverse tecnologie in bande di frequenza autorizzate e non autorizzate: tutte le tecnologie per comunicazioni di telefonia mobile su larga scala occupano bande di frequenza autorizzate, a differenza di *WiFi* e *Bluetooth*, tecniche che consentono liberamente ai terminali degli utenti, sia mobili che fissi, di collegarsi tra loro attraverso una rete locale o direttamente attraverso l'uso di una frequenza radio, in modalità wireless.

La tecnologia 4G verrà presto sostituita dalla nuova tecnologia di quinta generazione, 5G, a seguito della crescita esponenziale del mercato dell'utenza, sempre più interessata a vedere soddisfatti importanti requisiti di servizio: incremento della capacità di trasmissione, più elevati *data rate*, riduzione della latenza, connettività

diffusa fra terminali di tipo diverso, riduzione dei costi e qualità del servizio costante. Le differenze sostanziali rispetto alle tecnologie precedenti saranno: la possibilità di allocare spettri molto più ampi grazie all'utilizzo delle bande nelle onde millimetriche, antenne altamente direzionali sia dal lato dell'utente mobile sia presso la stazione base, batterie con ciclo di vita maggiore, minore probabilità di interruzione del servizio, *data rate* molto più alti e differenziati per area di copertura, minori costi infrastrutturali e maggiore capacità di aggregare molti utenti simultaneamente (Rappaport, 2013).

E infine gli e–moji

Si tratta di un particolare tipo di codifica usata (ormai pervasivamente) per dare maggior significato al testo scritto, per esprimerne sfumature, o per dargli un tono scherzoso, come anche per presentare in modo appropriato i sentimenti in esso descritti, il tutto in modo rapido e semplice, senza addentrarsi in una complessa presentazione. Tale opportunità è particolarmente appropriata se il testo in questione viene scritto in lingua diversa da quella madre dell'autore e destinato a persone che non siano in grado di comprenderne l'esatto significato, a causa di eventuali carenze linguistiche o culturali.

Inventati da un giapponese alla fine degli anni '90, il nome giapponese di e-moji significa letteralmente: immagine, scrittura, carattere. Quindi si può dire che gli e-moji siano espressioni simboliche o immagini che sostituiscono la scrittura e danno un preciso carattere a ciò che si vuole esprimere. Gioia, affetto, allegria, tristezza, dolore, rabbia, malumore, dubbio, imbarazzo …. tutto ciò si può esprimere (anche) con uno o con più e-moji disposti in sequenza o alternati a parole.

Si ha notizia che la fabbrica USA di auto di lusso Cadillac ha costruito una sua "storia" utilizzando i soli e-moji. Altro esempio, in fig. 3, è la trasposizione del capolavoro di Herman Melville, *Moby Dick*, in pittogrammi e faccette già nel 2010 dal programmatore americano Fred Benenson (Melville, 2010).

A questo punto ci si può chiedere se gli e-moji siano davvero un nuovo linguaggio o almeno se gli e-moji possono evolvere in "linguaggio".

Lasciando ad altri la risposta, ci limitiamo a riportare quanto scrive Vyvyan Evans nel suo saggio "The Emoji Code": *Un linguaggio ha bisogno di una grammatica condivisa e gli e-moji che usiamo oggi ancora non ce l'hanno. Sono perfetti come complemento o contrappunto alle nostre frasi, funzionano come il linguaggio del corpo nelle conversazioni a voce.*

Tuttavia una riflessione si impone e riguarda le potenzialità di tale *linguaggio*: l'alfabeto colorato degli e-moji potrebbe essere oggi la lingua franca del pianeta se si considera che gli utenti di Internet sono oltre 3 miliardi, i tre quarti dei quali si collegano alla rete con smartphone nella cui memoria gli e-moji sono codificati. Al confronto l'inglese è utilizzato per comunicare da un miliardo e mezzo di persone.



Fig. 3 – Il testo "Emoji Dick, Or, The Whale", aperto all'inizio del Capitolo 64.

Conclusioni

Possiamo concludere con alcune riflessioni:

– la prima è relativa al percorso fatto dall'Umanità nel suo profondo desiderio di interagire tra i suoi componenti; si è partiti dalle immagini e siamo ritornati alle immagini. Nulla in comune tra gli splendidi affreschi medioevali che raccontavano, per immagini, le storie del vecchio e nuovo testamento, e i simboli e-moji: ma i tempi sono cambiati e i nuovi simboli devono essere letti da miliardi di persone;
– la seconda è che ci stiamo muovendo verso un mondo di completa partecipazione, reale o virtuale, a tutti gli accadimenti e programmi, e di interazione ad ampio livello su tutti i fronti: con paragone alle antiche cittadine greche, la vita sociale non si svolge più solo nella piccola αγορά (*agorà*) del borgo, ma in ambito di tutto il *nostro globo*. Bisogna purtroppo notare che il limite di questa rivoluzione è il fatto che, a oggi, *mancano approcci culturali* di analisi dei problemi, a tutti i livelli, sui quali essa dovrebbe essere attuata: globalizzazione e espansione incontrollata della finanza attraverso il web; considerazione degli attentati alla sicurezza informatica (*cybersecurity*) portati da hackers, terroristi, e simili personaggi, e approfondimento del *cyberspace*, un settore di natura virtuale risultante dall'interazione di persone, software e servizi su Internet;

– la terza è relativa al nostro modo di vivere, fattore di *estrema rilevanza*, perché la Rivoluzione abbia successo e si modifichi, nella giusta direzione: i nostri ragazzi, che quando iniziano le scuole sono addestrati a leggere e scrivere, oggi dovrebbero anche comprendere e imparare la *filosofia* del linguaggio digitale, e dovrebbero essere resi abili a *gestire* con disinvoltura la straordinaria *dimensione numerica* dei dati in gioco e in loro possesso.

Ringraziamenti
Si ringrazia la *Fondazione Osservatorio Ximeniano* di Firenze per la concessione dell'immagine del ricevitore realizzato da padre Alfani nel 1923.

Riferimenti bibliografici
Gupta A., Jha R.K. 2015. Survey of 5G Network Architecture and Emerging. *IEEE Access*, 3, 1206-1349.
Melville H. 2010. *Emoji Dick, Or, The Whale* (a cura di Benenson F.). Lulu.com.
Maxwell J.C. 1865. Dynamical Theory of the Electromagnetic Field. *Phil. Trans. R. Soc. Lond*., 155, 459-512.
Huurdeman, A.A. 2003. *The Worldwide History of Telecommunications*. Hoboken: John Wiley & Sons.
Rappaport T.S., Shu S., Mayzus R., Hang Z., Azar Y., Wang K., Wong G.N., Schulz J.K., Samimi M., Gutierrez F. 2013. Millimeter Wave Mobile Communications for 5G Cellular: It Will Work!. *IEEE Access*, 1, 335-349.

Note
1. In passato, la comunicazione era effettuata mediante riflessione ionosferica tra le due antenne.

Gigliola Ausiello

I materiali vegetali nel linguaggio universale delle thòlos

Abstract
The plant materials can be easily used as technological matrices rather versatile and they have been employed for the realization of very simple constructive solutions with a worth of notice level of performance. They are sustainable by definition and they are in continuity with the natural environment such as to be able to trigger universal languages. Wood, straw, reeds and plant materials in general, are reductively defined "poor", but they are deeply bind to the building tradition of any agricultural population, even culturally different in space and in time. Examples of plant materials use can be found starting from protohistoric populations up to the so-called "primitive", but also nomadic, semi-nomadic or sedentary populations.
The characterization of these materials is particularly emphasized in the cylinder-conical construction, that is widespread not only among the indigenous African, Australian and American populations, but it has also many similarities with the oldest Neolithic constructions of the Europeans. These constructions can be defined thòlos for the volumes' shape and today we tend to identify with this term, even more extensively, all the buildings with a circular plan, transcending the funerary use.

In addition, they are energy-balanced solutions with respect to the necessary requirements and benefits offered. This makes these building systems intrinsically sustainable, but also places them in the history of construction. In fact, they are prototypes that document the principles of building with respect to the man-nature relationship and they derive directly from ways of living in synergy with the agricultural landscape. It is a "timeless" construction model because it is widely shared by different cultures. Even if it is an easy technical-constructive execution, it has linguistic and architectural values that ratify belonging to the tradition and history of the built.

Tecnologia, tradizione e linguaggio

I materiali vegetali individuano matrici tecnologiche piuttosto versatili, che si concretizzano in soluzioni costruttive molto semplici, ma di un certo livello prestazionale, sostenibili per definizione, e, in tale continuità con l'ambiente naturale, da essere capaci di innescare linguaggi di portata universale.

Per poter abitare tra la terra e il cielo, l'uomo deve «comprendere» questi due elementi e la loro interazione. La parola «comprendere» non viene qui usata ad

indicare una conoscenza scientifica, ma un concetto esistenziale che presuppone l'esperienza di significati.[1]

La dinamica costruttiva nasce da un legame indissolubile e interattivo con il luogo, che sottolinea un modo di vivere in simbiosi con la natura, tipico di svariate civiltà del passato o di contesti poco industrializzati. E sono proprio i materiali del luogo a rendersi disponibili in termini di risorse e a ordinare gli impieghi prevalenti nel costruire. Legno, paglia, canne e materiali vegetali in generale, definiti riduttivamente *poveri*, si legano alla tradizione costruttiva di popolazioni accomunate dalla pratica dell'attività agricola, anche se diverse culturalmente nello spazio e nel tempo, a cominciare da quelle protostoriche a quelle cosiddette primitive, senza soluzione di continuità tra quelle nomadi seminomadi o stanziali.

Inoltre, i materiali vegetali si impiegano in sistemi costruttivi intrinsecamente sostenibili, che si collocano nella storia del costruire, come interessanti prototipi documentando quanto i principi stessi del costruire siano frutto del rapporto uomo-natura e come scaturiscano direttamente da modi di vivere e di abitare in sinergia con il paesaggio agrario. Nel contempo, si associano a costruzioni *senza tempo*[2], come direbbe Roberto Pane, e, pertanto, largamente condivise tra culture diverse. Nelle applicazioni, all'agevole esecuzione tecnico-costruttiva si aggiungono valenze linguistiche connesse intrinsecamente all'immagine esteriore, che, nell'essere ordinate e formalizzate, ratificano l'appartenenza alla tradizione (Zevi, 1960).

Dunque, la rispondenza tra esigenze del clima e disponibilità dei materiali, la mancanza di ogni sorta di spreco, l'originalità delle soluzioni formali, la ricchezza di valori rituali e mitici identificano un'architettura schietta, spontanea, per certi versi sincera e di ineluttabile forza, in cui si corrispondono tecnologia, tradizione e linguaggio (Zevi, 1996).

Oggi, la conoscenza e la conseguente disseminazione consentono di testimoniare l'abitare e il costruire, fino alle connotazioni linguistiche che definiscono paesaggi culturali diversi e che la tecnica è in grado di decifrare e di veicolare.

Le thòlos con materiali vegetali nel mondo

Il riparo portatile per eccellenza è la tenda. Essa ci riporta ad un altro ancora fra i molti tentativi dell'uomo di procurarsi un tetto.[3]

Se la tenda, riparo per antonomasia, rimanda in genere alla forma circolare, è altrettanto vero che con il termine thòlos si tende a identificare, in maniera ancor più estensiva, tutte le costruzioni a pianta circolare, trascendendo la destinazione funeraria. Diffusa in età arcaica e specialmente in area mediterranea, questa costruzione è formalmente caratterizzata da una copertura a calotta, alquanto pronunciata. Infatti, in greco antico, thòlos significa proprio cupola. E, al di là della materializzazione con la pietra e della soluzione costruttiva della pseudocupola, la caratterizzazione dei materiali vegetali è ancor più spinta formalmente in quanto si associa a una vera

e propria cupola molto prominente verso l'alto, realizzata con il cosiddetto *procedimento a cesto*. La forma chiusa e il fitto reticolo di assi lignei ortogonali tra loro rendono stabile la struttura della copertura, che, di per sé leggera, accoglie un manto di paglia egualmente leggero. Il legno e la paglia, protagonisti incontrastati, sono da leggersi piuttosto come risorse economiche, rinnovabili, eco-compatibili e di lunga durata. Inoltre, la paglia si ripropone in qualità di impermeabilizzante, anche se, in molte tipologie di coperture a falde, per le proprietà termoisolanti e di traspirabilità risulta rispondente a più funzioni. Sono utilizzati anche il bambù, i rami e le foglie di palma, le fibre di cocco e altri materiali vegetali più specifici di certi contesti, con caratterizzazioni tali da conciliare forme plastiche e principi strutturali.

Il punto di partenza fu l'albero, salvo che la derivazione è diretta, senza alcuna digressione nel simbolismo. È strano che fra alcuni popoli il termine per indicare l'albero e la casa sia il medesimo e, in una certa misura, lo stesso accada per gli oggetti che la parola rappresenta.[3]

Il principio del sostegno centrale, concretizzato da un albero, è presente in diverse culture costruttive, in quanto inizio di un crescendo strutturale.

Alcuni ritrovamenti di costruzioni del tardo Neolitico, risalenti all'Età del Bronzo, nelle regioni inglesi a sud di Londra, si fondano sul principio della capanna intorno ad un albero centrale. Gli scavi archeologici a Hayes Common, nelle regioni di Londra a sud del Tamigi, in un'area in cui la popolazione locale era dedita all'agricoltura e alla pastorizia, hanno portato alla luce cavità, pozzi e pali lignei da cui è stato possibile risalire a un insediamento e ricostruire uno schema di costruzione. Caratterizzata da una copertura in materiale vegetale, a sezione parabolica, realizzata con un intreccio di rami, alcuni dei quali appartenenti all'albero di sostegno centrale, il volume presenta sul perimetro uno zoccoletto di appoggio ricavato per sottrazione di terra all'interno e all'esterno del volume, che risulta parzialmente trincerata. Questa soluzione presenta molte affinità con il tucul, costruzione con copertura conica a pianta circolare, diffusa in particolar modo nell'Africa orientale, che, ancor oggi abitata, è abbastanza ben conservata. È l'abitazione dei Dinka, tribù del Sudan del Sud, in fig.1, che, durante la stagione delle piogge, tra maggio e giugno, si trasferisce nelle regioni dell'Alto Nilo, del Bahr, dell'Al Ghazal e del Cordofan del Sud. La struttura a ombrello, con un diametro di circa 12 m, è costituita da un tronco di albero centrale che, con i suoi rami, crea un ordito ligneo. Il muro perimetrale, privo di aperture, è



Fig. 1 – I tucul nel Sudan del Sud.

caratterizzato da uno zoccolo murario piuttosto basso, realizzato con una miscela di argilla e paglia su intelaiatura in legno, che va ad attestarsi in corrispondenza dei rami dell'albero e, intrecciandosi con essi, crea una struttura *a cesto*, su cui posare il manto di copertura in paglia. Il tetto, generalmente conico, in certi casi a sezione appena ogivale, è alquanto slanciato verso l'alto e sovrastato da un tipico coronamento in sommità (Rudofsky, 1964). La pendenza delle falde è circa di 45 ° per la soluzione di tetto perfettamente conico, mentre negli altri casi tende a essere di poco superiore e guadagna una certa concavità verso il basso. Nel primo caso, il rapporto tra altezza massima in sezione e diametro in pianta è di circa 1:1 mentre nel secondo caso, con sezione leggermente ogivale, i rapporti dimensionali si sbilanciano a favore dell'altezza, con incrementi di rigidezza per forma della cupola che vanno a vantaggio della stabilità. Le dimensioni in pianta di 10-12 m di diametro si strutturano in alzato con altezze variabili da un minimo di circa 2 m a un massimo di 10-12 m in chiave.

In un crescendo evolutivo primitivo, l'albero cede il posto a un sostegno centrale in legno, a sezione circolare, ma più regolare, frutto di un'azione intrinsecamente più costruttiva. I ritrovamenti dell'Urgeschichte Museum di archeologia preistorica e la ricostruzione delle abitazioni preistoriche nel Museo all'aperto di Asparn an der Zaya, in Bassa Austria, documentano questa evoluzione.

Le affinità formali tra modelli preistorici europei e costruzioni africane sono stupefacenti e le analogie costruttive delle coperture in legno e paglia con pilastro centrale altrettanto eccezionali, perché legano i modi di costruire ai luoghi naturali, in quanto paesaggio e coltivazione. Infatti, una delle innovazioni più importanti del neolitico è la scoperta dell'agricoltura, che insieme a quella dell'allevamento, si ripercuote sull'organizzazione familiare. I nuovi modi di abitare segnano il nascere di un nuovo costruire, che impiega materiali vegetali del luogo, compresi quelli di riciclo, scarti delle attività produttive. Gli impieghi nel costruire di questi materiali da parte delle popolazioni cosiddette primitive, nomadi seminomadi e stanziali, anche se diverse culturalmente, lega la tradizione costruttiva alla pratica dell'attività agricola.

Anche il territorio materano è molto ricco di siti neolitici, da Serra d'Alto a Tirlecchia, con villaggi e costruzioni che documentano l'abitare e il costruire in questo periodo della preistoria. L'immagine della ricostruzione del villaggio trincerato di Murgia Timone con i volumi cilindro-conici delle capanne preistoriche appare senza tempo, specie se posta a confronto con le distese del Sudan punteggiate di tucul. L'ordine degli strati di paglia, sempre più aggettanti verso l'alto, caratterizza ancor di più l'immagine della copertura del tucul, fino a divenire una decorazione semplice che scaturisce dalle modalità di posa in opera. Si inizia dalla linea di gronda dove, in corrispondenza di un cordolo ad anello in legno, che conclude la parete verticale, si attesta la struttura del tetto, con assi principali in legno disposti radialmente e un reticolo secondario suborizzontale di elementi più esili, intrecciati ai primi. A partire da questo punto, si posa una prima corona di assicelle, spesso ricavate da rami di al-

beri, in corrispondenza della quale si lega il primo filare di paglia, che sporge di circa venti centimetri. Si prosegue verso l'alto con la posa di un secondo giro di assito e di filare di paglia, con un rilevante margine di sovrapposizione, e si arriva fino alla cuspide, dove la paglia viene legata su se stessa creando un singolare pinnacolo prominente. Si vengono così a creare delle fasce embricate di insolite *tegole in paglia*, sovrapposte in maniera ordinata e scalettata nel verso del displuvio. I correnti orizzontali, serrati gli uni agli altri in modo da avere un intradosso continuo, accordano alla paglia la prevalente funzione di impermeabilizzazione. La legatura avviene utilizzando paglia inumidita in precedenza, per aumentarne l'elasticità, e aghi di legno con una cruna molto grossa. Per le connessioni più robuste si intrecciano alcuni filamenti di paglia tra loro in modo da ottenere una specie di cordicella più resistente e conferire al fissaggio maggiore durabilità. In alcuni esempi, il muro perimetrale presenta, un basamento realizzato con un solo filare di pietre a difesa dell'umidità proveniente dal terreno. In altri, invece, è ricavato per sottrazione di terra scavando all'interno e all'esterno, quasi a creare un piccolo gradino leggibile soltanto in corrispondenza della porta, come mostrato in fig. 2.

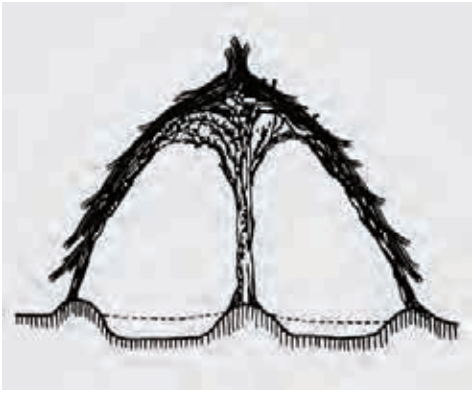


Fig. 2 – Capanna trincerata con struttura.

Anche nell'Africa nord-occidentale, specialmente lungo la fascia mediterranea e atlantica, tra Marocco, Libia, Algeria e Tunisia, è diffuso il modello di capanna cilindrica con cupola conica o parabolica, abitata dalle popolazioni agricole e pastorali, in particolare dai Berberi. Questa costruzione, il gurbi, in fig. 3, si caratterizza per la breve sezione muraria realizzata con pietre a secco oppure con tronchi di legno ravvicinati,



Fig. 3 – Gurbi: capanna con muro perimetrale in tronchi di legno ravvicinati.

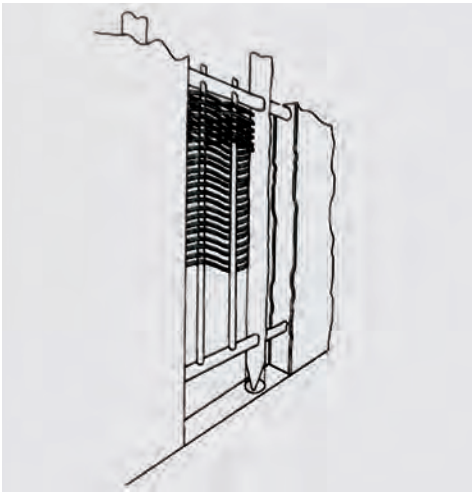


Fig. 4 – Tronchi e canne intrecciati con rivestimento in argilla e paglia.



Fig. 5 – Capanna con muro perimetrale in legno e conglomerato in terra cruda.

su cui spicca il tetto in paglia. Numerose sono le affinità anche con le capanne dei kurdi, in Asia centro-occidentale, dettate dalla corrispondenza tra questa tipologia di dimora e le popolazioni nomadi e seminomadi, dedite all'agricoltura e alla pastorizia, che le abitano in maniera più o meno stabile.

Simile al tucul è il mondull degli agricoltori somali, di diametro massimo 4-5 m, con sostegno centrale, che presenta una chiusura perimetrale in tronchi di legno accostati e intrecciati con rami, ricoperti da un conglomerato in terra cruda, come mostrato nelle figg. 4 e 5.

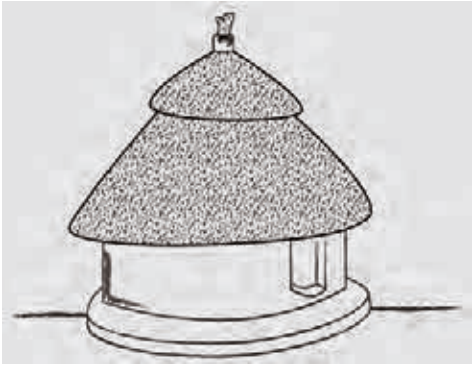
Anche la tradizionale capanna etiopica usata come abitazione dai Konso, molto affine al tucul, presenta un sostegno centrale che reinterpreta l'idea dell'albero, fino a strutturarlo in principio costruttivo con una struttura a ombrello. Come mostrato in fig. 6a, presenta una chiusura perimetrale cilindrica, piuttosto bassa, in legno e pietra a secco. Tronchi di alberi spogli e assi in legno orizzontali e verticali intrecciati creano un'intelaiatura, i cui campi sono riempiti con conci di pietra di forma irregolare, disposti a secco. L'elevata porosità della pietra del luogo e la conseguente leggerezza la rendono particolarmente adatta per realizzare il riempimento, in fig. 6b, tra le maglie della trama in legno, più o meno fitta. La modesta altezza di questa parete ha origine da ragioni difensive, come in tante costruzioni a thòlos del mondo antico. Più raramente si legge, nella parete, un'incannucciata con trama a intreccio a imitazione dei recinti dei villaggi che ratifica, nella località di Konso, abitata dal gruppo etnico omonimo, l'uso delle canne, materiale vegetale molto presente nell'Etiopia sud-occidentale. La cuspide del tetto presenta un elemento di colmo in terracotta, per



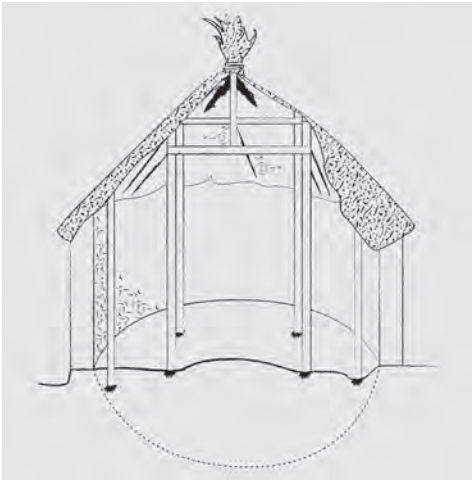
a)



b)



c)



d)

Fig. 6 – Capanna etiopica a) con muro perimetrale in tronchi di legno e terra cruda; b) con muro perimetrale in tronchi di legno e pietre; c) con copertura a doppio cono; d) con struttura interna a telai incrociati.

evitare che la pioggia possa infiltrarsi al di sotto, che spesso si arricchisce di valenze decorative, reinterpretando il motivo della lanterna delle cupole più auliche.

Ancor più dinamica formalmente appare la variante della copertura con doppio cono in paglia, l'uno sull'altro, in modo da creare una discontinuità che migliori la ventilazione naturale, in fig. 6c, valorizzato dal tipico terminale in terracotta. Negli altopiani dell'Etiopia sudoccidentale, oggi patrimonio dell'umanità, il gruppo etnico dei

Konso migrava per realizzare terrazzamenti e coltivare i campi, ancora oggi punteggiati da queste singolari capanne, memoria del costruire e dell'abitare. Nella soluzione del tetto conico, il rapporto di 1:1 tra dimensioni in pianta e in alzato si conserva e, nelle sue evoluzioni tipologiche, quando il diametro aumenta, in luogo dell'unico sostegno centrale se ne trovano quattro oppure otto in modo da costituire appoggio intermedio per gli elementi strutturali a raggiera. Questi supporti si chiudono a telaio incrociando assi orizzontali, lasciando libera la parte centrale del volume, come in fig. 6d. La pendenza del tetto conico non supera 45°, ma si incontrano, in vari contesti dell'Etiopia, esempi con sezione ogivale della cupola ben più slanciata verso l'alto.



Fig. 7 – Capanna absidata.

Questo modello tende a diventare un involucro globale allorché la copertura arriva fino alla quota del terreno e, nel sud dell'Etiopia, sul monte Guge, si carica di ulteriori evoluzioni formali nelle capanne tribali del gruppo etnico dei Dorze. La caratterizzazione evolve in maniera da deformare il volume dilatandolo sensibilmente verso l'ingresso in modo da creare, in corrispondenza del vano di apertura, un invito mediante un volume aggiunto, che è piuttosto una sorta di abside visibile in fig. 7. La struttura della cupola, con dimensioni variabili che non superano gli otto metri di diametro e di altezza, evolve verso la soluzione di giunchi e fibre vegetali fittamente intrecciate. La costruzione ha inizio infiggendo le canne nel terreno. L'effetto cesto della struttura dell'involucro globale agevola il fissaggio del manto di paglia, che, di conseguenza, assume una maggiore continuità nella definizione della superficie esterna. Nelle zone dove c'è maggiore disponibilità della risorsa legno, si realizzano degli archi lignei a sezione ogivale infissi nella terra rossa, disposti radialmente in punti singolari, per irrigidire la struttura specie in corrispondenza dei volumi absidati.

La tecnica di piegatura a caldo degli elementi portanti in legno, che, tra l'altro accomuna diverse culture costruttive, sottende il principio della prefabbricazione e della produzione seriale. Utilizzando un forno e un grosso palo con un incavo centrale, si eseguono le fasi di lavorazione per preformare gli elementi strutturali secondo una logica costruttiva che si avvale del concetto di modularità e dello strumento metrologico rapportato al corpo umano, *unità di misura, nelle sue dimensioni più importanti, dell'universo artificiale.*[4]

Non mancano esempi di strutture a intreccio di diametro minore, senza sostegno centrale, con volumi molto prossimi a una semisfera e con un manto di copertura in paglia che, senza soluzione di continuità, si attesta sul piano di campagna. Sono altri esempi di involucro globale con procedimento a cesto, materializzato con una minuta trama di giunchi e fibre vegetali, infissi nel terreno e intrecciati con correnti orizzontali dello stesso materiale. Su questa struttura si legano strati di paglia che impermeabilizzano l'intero involucro e formano in sommità una sorta di pinnacolo centrale in paglia che deriva dalla stessa legatura. Questo modello di piccola taglia è l'abitazione primitiva degli Akisho, gruppo etnico del nord della Somalia e dell'Etiopia. Denominata agal, questa costruzione, fissa o semitrasportabile, di diametro massimo di 3-4 m, presenta una duplice versione costruttiva. La prima, più ricorrente, si struttura con archi paralleli tra loro ed elementi circolari di collegamento posti in orizzontale, mentre la seconda propone archi meridiani. È tipica anche dell'altopiano del Burundi e del Kenya e, più in generale, della regione geografica dei Grandi Laghi dell'Africa orientale.

Semisferica è anche l'abitazione dei Mandan, tribù di nativi americani nel Nord Dakota, diffusa lungo le rive del fiume Missouri e dei suoi affluenti. Legate ad un'attività agraria stabile, queste costruzioni, ordinate in villaggi permanenti, si dispongono intorno a una piazza centrale e si caratterizzano per l'impiego dei materiali vegetali, come in fig. 8. La dimensione del diametro, di circa 12 metri, rende necessaria la presenza di elementi di sostegno verticale all'interno, che l'uso del legno materializza strutturalmente con due coppie di telai incrociati su quattro pilastri, in fig. 9 (Guidoni, 1968). Geometrie pure, in cui la circonferenza segna non soltanto la pianta ma anche l'alzato, rendono fisico quello che Rudofsky definisce *amore per la convessità*[5] con un'accezione alquanto poetica, che senza dubbio costituisce una



Fig. 8 – Villaggio Mandan in un dipinto di Vernon W. Erickson (da [1]).

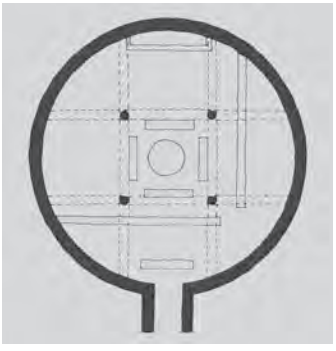


Fig. 9 – Pianta della capanna dei Mandan (Guidoni, 1968).



a) b)

Fig. 10 – Capanna protostorica ricostruita nel Museo all'aperto Alberto Manzi a Pitigliano (GR): a) la capanna; b) la struttura della copertura.

invariante formale di derivazione antropomorfa che appartiene a tutte le culture costruttive, anche a quella della pietra.

Il modello absidato dei Dorze, con la pianta che tende ad ovalizzarsi, ricorda la capanna protostorica del XII-X secolo a. C. ricostruita nel museo all'aperto Alberto Manzi a Pitigliano (GR), a seguito dei ritrovamenti archeologici risalenti all'Età del Bronzo. Sono stati messi in luce i fori del banco tufaceo in cui erano infissi i tronchi di legno costituenti la struttura perimetrale dell'abitazione e, dai resti di intonaco e di canne intrecciate, è stata possibile la ricostruzione volumetrica e tecnica. Il muro perimetrale presenta una intelaiatura di assi di legno e canne intrecciate su cui è posato un conglomerato in terra cruda e paglia, con intonaco di finitura anch'essa in argilla. Il tetto, con travi radiali in tronchi di legno, scarica sulla struttura d'ambito e su due sostegni centrali, come mostrato in fig. 10.

La superficie angusta della pianta, poco più che circolare, tende a lasciare disponibili alle coltivazioni e al pascolo la maggior parte possibile di territorio, in risposta alle stesse esigenze abitative e lavorative delle popolazioni.

L'elemento di sostegno centrale che si sdoppia, invece, individua un principio ricorrente che libera la parte centrale della pianta del volume, ottimizzando funzione e struttura. Oltre all'esempio della capanna etiopica, merita attenzione la churuata dei Panare e dei Piaroa, tipica abitazione collettiva dominante nei villaggi indigeni del Venezuela e della Colombia, che coniuga plasticità formale e articolazione strutturale, in una soluzione di involucro globale. Icona della cultura venezuelana e forte di una tradizione molto sentita, questa capanna presenta un'interessante struttura tralicciata, su quattro sostegni verticali, con aste lignee vincolate soltanto tramite legature. La struttura secondaria è definita da una prima serie di elementi radiali ed una



a) b) c)

Fig. 11 – Churuata dei Piaora, in Venezuela: a) schema costruttivo; b) dettaglio della copertura in rami e foglie di palma; c) legatura tra pilastri e travi lignei passanti con fibre di paglia.

seconda di cerchi concentrici, su cui sono posti rami e foglie di palma per realizzare lo strato impermeabile del tetto, riportate nelle figg. 11a, 11b e 11c. La pianta circolare, destinata a più famiglie, presenta un diametro di 15-20 m e un'altezza massima di 8-10 m (Ausiello, 1991) in una armonia di forme che si conclude con una tipica punta aguzza.

La churuata dei Yekuana, popolazione indigena del Brasile e del Venezuela, invece, con gli stessi materiali e gli stessi rapporti dimensionali ripropone il volume cilindro-conico, con elemento portante centrale e una corona di sostegni intermedi. I principi ricorrenti per le connessioni si basano sulla legatura e sull'intreccio. Rispetto al semplice appoggio a sella tra elementi lignei orizzontali e verticali, le legature, eseguite con filamenti di paglia e altre fibre vegetali, quali la palma e il cocco, consentono di realizzare vincoli di ordine superiore, anche tra elementi passanti, che, negli esempi più semplici, si manifesta in termini di misurata essenzialità e che, nei casi di maggior pregio, si ordina seguendo una trama molto regolare. La tecnica, piuttosto povera in termini di principio, sfrutta la resistenza a trazione della paglia in quanto fibra, ma riesce a coniugare anche inaspettate possibilità espressive, fino a mimetizzarsi tra gli elementi decorativi e arricchire lo spazio interno.

In verità, l'universalità della thòlos cilindro-conica con struttura in legno e tetto in fibre vegetali è dimostrata dalla diffusione anche in India e, in generale, in molte regioni dell'Asia. E soprattutto accresce ancor più l'interesse la diffusione in contesti culturali ancor più lontani, come la Nuova Caledonia o la Polinesia. Il legame con la natura che accomuna le popolazioni di questi luoghi sta nel condividere la coltivazione dei campi come attività lavorativa primaria, che si riflette tanto sul modello abitativo che su quello costruttivo.

La grande capanna conica della cultura Kanak, tradizionale casa melanesiana, infatti, si lega non solo alla prevalente attività agricola cui è dedita questa popolazione, ma anche all'ipotesi che questa etnia sia il frutto di fenomeni migratori di po-

poli eurasiatici ed africani verso l'Australia e poi l'Oceania. La grande casa cilindro-conica di proprietà degli uomini, il pilù, in fig. 12, è ricorrente nei villaggi che dominano la costa ovest da Noumea a La Foa fino a Koné. Ma anche sulla costa est e in tutte le isole, dove la cultura Kanak conserva ancora forte i valori della memoria, il legame con la casa della tradizione è ben superiore rispetto a quella contemporanea. La grande copertura in paglia con struttura di travi in legno disposte a raggiera, poggia su un basamento in pietra e su un sostegno ligneo centrale, detto rhea, che prosegue anche all'esterno divenendo un elemento scultoreo a volte di grande pregio. Questo totem ligneo, che caratterizza la copertura e l'intera casa, interagisce con altri elementi scultorei, sempre lignei, che, in alcuni esempi, ricorrono sul perimetro della chiusura verticale, caratterizzando cornici di porte a architravi. Le dimensioni di 10-12 m di diametro e l'altezza massima di 12-14 m ripropongono il rapporto di 1:1 già individuato. Gli embrici in paglia ordinati sono lo strato di impermeabilizzazione finale che sovrasta altri strati di graticci vegetali e fronde, legati con materiale vegetale resistente ed elastico. In alcune costruzioni di dimensioni maggiori le travi del tetto escono a sbalzo rispetto alla bassa parte esterna e si attestano su una corona di pali lignei che delimita un porticato intorno al volume. La copertura a cono guadagna pendenze anche molto rilevanti con rapporti tra diametro e altezza anche di 1:4 e diventa ancor più caratterizzante in risposta alle condizioni climatiche. Infatti rende agevole lo smaltimento delle acque meteoriche e garantisce condizioni confortevoli all'interno, sia nelle stagioni calde che in quelle fredde. Inoltre, la forma rotonda e il cono molto pronunciato rendono il volume rigido e resistente ai venti durante il periodo dei cicloni. La breve parete perimetrale è impermeabilizzata all'esterno attraverso un rivestimento di paglia intrecciata, ordinata in fasce, in continuità con la copertura. In alternativa, si impiega uno strato di niaouli, corteccia cartacea, simile al sughero, facilmente sfaldabile in fogli sottili di colore bianco, beige e grigio, ricavata dai tronchi di piante tipiche di questi luoghi.

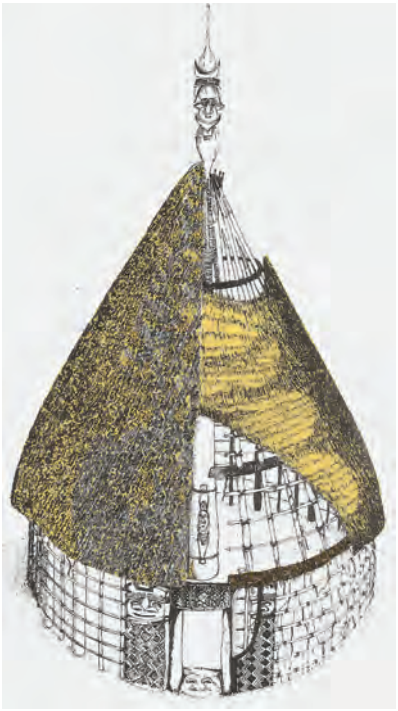


Fig. 12 – La grande casa cilindro-conica dei Kanak in Nuova Caledonia.

Numerose tipologie di costruzioni con materiale vegetale ricorrono anche nelle isole Samoa, dove la thòlos presenta un impianto cilindro-conico o con cupola leg-

germente ogivale. La casa tradizionale, denominata fale, presenta una struttura radiale che insiste su una corona di tronchi che punteggia il perimetro dell'abitazione, priva di elementi di chiusura fissi. In questo luogo, dove all'agricoltura si affianca la pesca come attività di sostentamento, si struttura un rapporto con il mare, oltre che con la terra. Il clima mite ha spinto l'uomo a conferire flessibilità allo spazio da abitare. Infatti, le chiusure perimetrali sono vere e proprie pareti mobili, realizzate con stuoie di foglie di palma e di canna da zucchero, che garantiscono la funzione di riparo durante la notte o in condizioni di tempo avverso. La massima funzionalità raggiunta è un traguardo cui si perviene anche con materiali poveri, o ritenuti tali soltanto perché appartenenti al luogo, ma che, di contro, materializzano l'abitare in forme che testimoniano un rapporto con il paesaggio naturale non solo di grande continuità, ma anche spirituale.

Conclusioni

Les temps primitifs sont lyriques, les temps antiques sont épiques e les temps modernes sont dramatiques.[6]

I tempi di oggi sono pervasi da una sete di conoscenza così smisurata che ci spinge a guardare alla storia con crescente attenzione, divisi tra consapevolezza e bisogno di comprendere la radici culturali delle civiltà. Ma è ancor più sorprendente scoprire dalle parole di Victor Hugo quanto la società di inizio Ottocento fosse sensibile al fascino sia delle culture primitive che di quelle antiche delle società cosiddette civilizzate. Questo atteggiamento di seduzione è un valore culturale ben presente, che anticipa la nascita del concetto scientifico di cultura. *Anzi, di tale concetto è perfino possibile – come raramente accade – stabilire la data di nascita: il 1871, anno di pubblicazione di Primitive Culture, di Edward Burnett Taylor.*[7]

La definizione tayloriana segna una svolta e resta un punto di riferimento rispetto alle ridefinizioni del concetto scientifico di cultura che si sono succedute negli anni.

Oggi il concetto di cultura ha valicato i limiti disciplinari dell'antropologia e delle stesse scienze sociali, per assumere una portata «filosofica» forse più ancora che scientifica. Esso ha costituito infatti lo strumento col quale il mondo moderno si è liberato dall'etnocentrismo ed è pervenuto a riconoscere – sulla strada aperta dall'Illuminismo – l'esistenza di altri ambiti culturali rispetto ai quali sarebbe illegittima, oltre che illusoria, ogni presunzione di superiorità.[86]

Bibliografia

Ausiello G. 1991. La cultura del legno nelle architetture primitive. In: *Risorsa legno: Tecnologia, Architettura, Arte, due esperienze a confronto*. 2. Trento: Centro Stampa Università di Trento.

Gregotti V. 2002. *Architettura, tecnica, finalità*. Bari-Roma: Laterza.

Guidoni E. 1968. *Etnologiche culture. In: Dizionario Enciclopedico di Architettura e Urbanistica. 1a edizione*. Roma: Ed. Romano.

Guidoni E. 1979. *Architettura primitiva*. Milano: Electa.
Hugo V. 1843. *Cromwell*. Paris, E. Michaud Éditeur.
Norberg-Schultz C. 1975. *Esistenza, Spazio, Architettura*. Roma: Officina.
Norberg-Schulz C. 2005. *Genius Loci. Paesaggio Ambiente Architettura*. Milano: Electa.
Pane R. 1936. *Architettura rurale campana.* Firenze: Rinascimento del libro.
Rossi P. 1970. (a cura di) *Il concetto di cultura. I fondamenti teorici della scienza antropologica*. Torino: Einaudi.
Rudofsky B. 1977. *Architettura senza architetti*. Napoli: Editoriale Scientifica.
Rudofsky B. 1979. *Le meraviglie dell'architettura spontanea*. Bari: Laterza.
Zevi B. 1960. *Architettura in nuce.* Venezia-Roma: Istituto per la collaborazione culturale.
Zevi B. 1996. *Dialetti architettonici*. Roma: Newton.

Sitografia

[1] https://patriziabarrera.wordpress.com

Note

1. Cfr. Norberg-Schulz, 2005, p. 23.
2. Cfr. Pane, 1930, p.7.
3. Cfr. Rudofsky, 1979, p. 128.
4. Cfr. Guidoni, 1979, p. 112.
5. Cfr. Rudofsky, 1979, p. 120.
6. Cfr. Hugo, 1843, p. 32.
7. Cfr. Rossi, 1970, p. VII.
8. Cfr. Rossi, 1970, p.XXIV.

Fabrizio Benincasa, Matteo De Vincenzi, Gianni Fasano

Breve storia della strumentazione meteorologica nella cultura occidentale

Abstract

From 4th century b. C. Aristotelian meteorology conditioned for about two thousand years the scientific interpretation of atmospheric phenomena, since Aristotle had assumed, in the sciences, an indisputable authority: *ipse dixit*.

A new scientific era begun in the 17th century, when the Galilean method affirmed the primacy of experimental measures on apodictic deductions, but it is with E. Torricelli that, with the experimental discovery of atmospheric pressure (1644), the basis of modern meteorology were set.

Until the second half of the 18th century, the meteorological instruments allowed only direct readings. Soon they went from indicator instruments to record instruments. These latter instruments permitted to detect uninterruptedly the temporal trend of the main atmospheric quantities. This allowed studies according to the modern meteorology and the beginning of climatology.

Since the 19th century, the study of meteorological instruments had an acceleration, thanks to the possibility to realize the electrical recording of the measured data. At the end of that century, the various Meteorological Observatories began to feel the need to use standardized detecting devices and standardized methodologies: for this purpose in 1879 the International Meteorological Organization, IMO, was founded.

In 1951 UN replaced the IMO with the WMO, World Meteorological Organization. WMO purposes were and are to promote a worldwide system of meteorological observations, to encourage the exchange of standard information, to support design and to carry out new instruments for measuring and monitoring meteorological parameters.

In the 70s of 20th century, there was a further drastic change in the structure of the instruments, which by electromechanical devices, with analogic recording of data, became electronic devices, with digital recording of data.

Today, thanks to the *electronic revolution*, in addition to the instruments for measuring the traditional meteorological quantities, for the new human-environment relationship, there are instruments for measuring and monitoring the atmosphere, the soil and the waters, in relation to human activities.

Premessa

Degli innumerevoli strumenti realizzati nel tempo, per contenere questo lavoro nei limiti imposti, abbiamo citato solamente quelli che, a nostro avviso, sono stati i più significativi e quelli che hanno stimolato ulteriori innovazioni.

Per lo stesso motivo non abbiamo spiegato nel dettaglio il funzionamento degli strumenti, confidando nel fatto che il nome loro attribuito possa suggerire il principio di base.

Le origini

Dal IV secolo a. C. la meteorologia aristotelica (Aristotele, 2003) ha condizionato per circa duemila anni l'interpretazione scientifica dei fenomeni atmosferici, avendo assunto Aristotele, nelle scienze, una autorità indiscutibile: *ipse dixit*. Nella cultura greca le misure quantitative, non geometriche, erano considerate *poco nobili*, non a caso il nume tutelare di queste era Ermes protettore, fra gli altri, di ladri e bugiardi (Benincasa, 2013). Le grandezze meteorologiche erano considerate in relazione o alla personificazione che di esse veniva fatta, ad esempio gli *Anemoi* nel caso dei venti, o alle divinità che *gestivano* queste grandezze, Eolo ancora per i venti. Per rimanere nell'ambito di questo parametro possiamo citare la Torre dei Venti di Atene (100 ÷ 50 a.C.) sulla quale una banderuola, o anescopio, indicava la direzione di provenienza del vento, fra le otte codificate (Vitruvio, 1790; Stuart e Revett, 1762), [1], e il relativo *Anemos*.

Il primo tentativo di *misurare* la velocità del vento, in termini di intensità e direzione, fu fatto da Leon Battista Alberti nel 1450; lo strumento fu poi rielaborato da Leonardo da Vinci (1452-1519); il disegno leonardesco originale è conservato nella Veneranda Biblioteca Ambrosiana di Milano. Si trattava di una *paletta* ruotabile intorno a un asse orizzontale, che il vento spostava più o meno dalla verticale in relazione alla sua forza. Sempre di Leonardo è un igroscopio che prendeva spunto dall'idea di N. Cusano che, nel 1430, propose di stimare l'umidità dell'aria[1] misurando le alterazioni delle dimensioni e del peso di sostanze igroscopiche quali lana, carta. E. Danti (1536-1586), matematico e astronomo, concepì un anemoscopio capace di azionare una lancetta posta su un quadrante verticale, su cui era disegnata la rosa dei venti [2].

Ma questi tentativi di quantificare le grandezze fisiche non sono ancora meteorologia; si deve giungere al XVII secolo per iniziare una nuova era scientifica, nella quale il metodo galileiano afferma il primato della sperimentazione sulle deduzioni apodittiche. Queste vengono smontate sistematicamente dalle evidenze sperimentali, una per tutte l'aristotelica negazione del vuoto *la cui esistenza impedirebbe il moto* (Aristotele, 2015). Questo assunto supera indenne il Medioevo, il Rinascimento e giunge fino a Galileo Galilei (1564-1642), che non lo confuta (Affronti, 1977), ma viene rigettato dal suo discepolo E. Torricelli (1608-1647), grande fisico e matematico che con la scoperta sperimentale della pressione atmosferica pone le basi della moderna meteorologia.

Le Accademie e i primi strumenti

A Firenze il Granduca Ferdinando II de' Medici (1610-1670), spinto dal suo interesse per la nascente scienza sperimentale, fa realizzare nel giro di pochi anni gli strumenti fondamentali per la meteorologia. Nel 1639 per opera di B. Castelli vede la luce il pluviometro. Si trattava di un semplice contenitore graduato con cui si misurava la quantità di acqua raccolta in un determinato intervallo di tempo, la cui sperimentazione fu oggetto di un intenso scambio di opinioni col Galilei. Nelle intenzioni del Castelli lo strumento poteva dare informazioni utili per studiare le oscillazioni del livello del lago Trasimeno (Favaro, 1890; Strangeways, 2010; Ubertini e Roda, 2009). Nel 1641 la messa a punto del termometro, con canna e bulbo chiusi, concluse alcuni decenni di esperienze con termoscopi a partire da quelli del Galilei del 1597 e di S. Santorio del 1611. È proprio al fine di coordinare tutti questi studi e tutte queste realizzazioni che nel 1642 Ferdinando II fondò a Firenze la *Sperimentale Accademia Medicea*.

Di poco successivo è il barometro di Torricelli col quale nel 1644 si chiarì che i fenomeni ascritti all'*horror vacui* della natura erano da attribuire al peso dell'aria, ovvero alla sua pressione.

Nel 1646 lo strumento per la misura della temperatura assunse la forma definitiva, dando luogo a un termometro cinquantigrado, riprodotto per almeno un secolo in numerosissimi esemplari che si diffusero nell'intera Europa col nome di termometri fiorentini, ad *acquarzente* (alcol di vino), come mostrato in fig. 1 (AA.VV., 1977).

Nel 1652 veniva fondata a Schweinfurt da J. Bausch e da altri studiosi, l'*Academia Naturae Curiosorum*, oggi *Deutsche Akademie der Wissenschaften* con sede ad Halle.

Nel 1657, a Firenze, Leopoldo de' Medici costituiva una nuova società scientifica col nome di *Accademia Fiorentina del Cimento* che col suo motto *provando e riprovando*, voleva sottolineare che il suo scopo primario era lo sviluppo e la diffusione

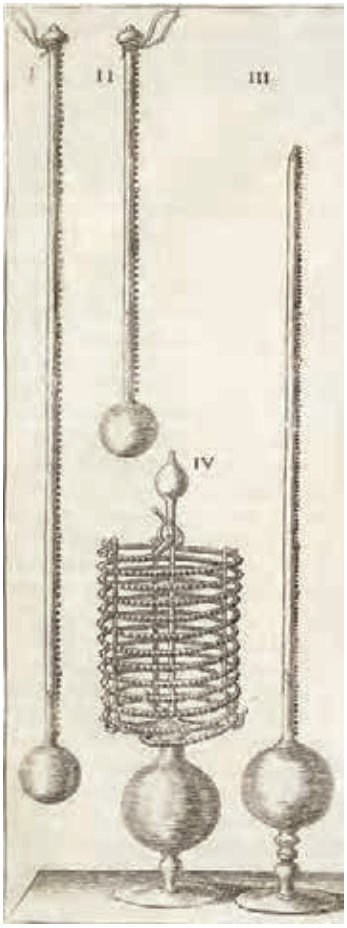


Fig. 1 – Termometri fiorentini ad alcol.
Il I e il II hanno, nell'ordine, 100 e 50 divisioni, il III ne ha trecento, per il IV non sono indicate. Nei termometri cinquantigradi si attribuivano 13,5 gradi alla neve fondente e 40 gradi all'aria dei giorni più caldi, corrispondenti a 0 °C e a 39,9 °C (da Accademia del Cimento, 1667).

della metodologia sperimentale galileiana (Affronti, 1977). Una delle maggiori opere prodotte dal Cimento fu il volume *Saggi di Naturali Esperienze*; oggetto di questa straordinaria attività di ricerca sperimentale fu l'aria atmosferica e gli strumenti maggiormente utilizzati, studiati e descritti, furono quelli meteorologici (Accademia del Cimento, 1667).

Nel 1663, su impulso di R. Boyle, veniva fondata in Inghilterra, a somiglianza del Cimento, *The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge.* In quell'anno C. Wren architetto, fisico e matematico inglese presentò alla *Royal Society* il suo *weather clock*, un orologio meteorologico meccanico multiparametrico, che fu perfezionato da R. Hooke che ne presentò una nuova versione nel 1679 (Multhauf, 1961). Per risolvere alcuni problemi dei termometri ad alcol, evidenziati dagli accademici, nel 1688 l'astronomo E. Halley utilizzò il mercurio come liquido termometrico (Poli, 1817).

Lunga e complessa è anche la storia degli strumenti misuratori della quantità di vapore acqueo presente nell'aria. Nel 1664 F. Folli propose uno strumento, basato sulle capacità igroscopiche della corda o della carta. Nel 1780 H. de Saussure costruì l'igrometro a capello che, in forme diverse, è ancora utilizzato. Della metà del Seicento è anche un igrometro a condensazione, ideato da Ferdinando II de' Medici, basato sulla relazione esistente fra umidità dell'aria e temperatura alla quale si forma la rugiada.

Nel 1666 J. B. Colbert fondava, a Parigi, l'*Académie des Sciences*, per sviluppare sia la ricerca teorica sia l'avanzamento delle arti e dei mestieri. A differenza della *Royal Society*; l'*Academie*, per i finanziamenti e per l'organizzazione, dipendeva dalla Corona; l'*Academie* è ancora attiva a Parigi (IMSS, 2001).

Gli esperimenti compiuti in tutta Europa permisero di stabilire che, nel barometro, il livello della colonna di mercurio variava in relazione alla quota ma anche, a quota costante, durante il giorno, sia pure in modo minore; fu inoltre evidenziato che i rapidi abbassamenti di pressione precedevano l'arrivo di *tempo brutto*. Ciò indusse a mettere a punto un metodo che, con l'uso del barometro e di altri strumenti, consentisse le previsioni meteorologiche. Il barometro subì, nel tempo, numerose correzioni che ne migliorarono la sensibilità, ne agevolarono la lettura, e lo resero facilmente trasportabile: il barometro di J. N. Fortin (1750-1831), in fig. 2.



Fig. 2 – Barometro di Torricelli nella versione rielaborata da J. N. Fortin (Foto G. Fasano).

Nel 1700, su progetto di G. W. Leibniz, nacque a Berlino la *Kurfürstlich-Brandenburgische Akadamie der Wissenschaften*, sostenuta dal principe elettore Federico III di Brandeburgo, dal 1701 re di Prussia con il nome di Federico I. Durante il regno di Federico II, nel 1746, l'Accademia prese il nome di *Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften*; oggi *Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften* (Benedetti, 2008; IMSS, 2001).

Gli strumenti registratori

Gli strumenti di misura progettati e realizzati fino alla seconda metà del '700 erano idonei per letture dirette e misure estemporanee. Ben presto però si fece strada l'idea di trasformare i dispositivi per misure meteorologiche da semplici strumenti indicatori in strumenti registratori, ovvero in apparati capaci di memorizzare almeno alcuni valori misurati. Fra i primi strumenti registratori ricordiamo i *termometri di massima e di minima* ideati e realizzati dal chimico e fisico H. Cavendish (1731-1810), (Cotte, 1788). Nel 1798 A. Keith realizzò un altro tipo di termometro, che in un primo momento era in grado di registrare soltanto i due valori estremi (AA.VV., 1816; AA.VV., 1828); solo in seguito si poté ottenere la registrazione, su una striscia di carta, di un tracciato ininterrotto il cui andamento temporale rappresentava in modo analogico quello della temperatura. Successivamente Keith ideò anche un barometro registratore dei valori di pressione *minima* e *massima*.

L'importanza di questi strumenti meteorologici registratori fu formidabile poiché, con il loro funzionamento meccanico a orologeria, permisero di rilevare ininterrottamente l'andamento giornaliero delle principali grandezze atmosferiche, consentendo così studi secondo la moderna meteorologia e dando inizio alla climatologia. Nel XVIII secolo furono realizzati diversi tipi di banderuole il cui movimento veniva registrato con metodi diversi, fra esse si ricorda quella proposta da C. Wren. Altri anemometri, ispirati ai mulini a vento, prevedevano una elica rotante; su questi lavorò R. Hooke intorno al 1670. Numerosissimi furono, a partire dal Settecento, gli apparecchi di questo tipo; fra i più notevoli si ricorda l'anemometro registratore ideato dal francese L. L. Pajot d'Ons en Bray nel 1734. Uno strumento, che è ancora in uso, fu proposto nel 1845 dall'astronomo irlandese T. Robinson: l'apparecchio era munito di un albero rotore con quattro bracci sui quali erano fissate delle coppette metalliche che, sotto l'azione del vento, lo facevano girare. La rotazione agiva su un contatore; dal numero di giri per unità di tempo si risaliva all'intensità della velocità del vento. Nel tempo, oltre gli anemometri utilizzanti l'energia cinetica del vento, sono stati realizzati anemometri che utilizzano: la pressione esercitata su un trasduttore stazionario, ad esempio il *tubo* realizzato da H. Pitot nel 1732 e quello di G. B. Venturi nel 1797, la modificazione degli scambi termici di un corpo caldo in relazione al movimento dell'aria, la variazione della velocità di un'onda sonica o ultrasonica in relazione al movimento dell'aria (AA.VV, 1970).

Nella sua attività di strumentista C. Wren si rivolse anche ad altre grandezze, ad esempio modificò drasticamente il pluviometro di B. Castelli, che aveva dominato la pluviometria fino ad allora. Nel pluviometro di Wren (Strangeways, 2010) l'acqua raccolta da un imbuto passava in una vaschetta che quando raggiungeva una prestabilita quantità si ribaltava svuotandosi; successivamente, un contrappeso la riportava nella posizione originaria. La registrazione dei valori di quantità di pioggia avveniva su un nastro di carta tramite un punzone che forava il nastro a ogni svuotamento. Una evoluzione del pluviometro di Wren fu proposta da Crossley nel 1829 (Strangeways, 2010), che sostituì il contrappeso con una seconda vaschetta che si riempiva di pioggia mentre la prima si svuotava. Il pluviometro a doppia vaschetta oscillante è ancora oggi ampiamente utilizzato, anche se negli anni è stato un proliferare di pluviometri con *soluzioni* tecnologiche diverse, per esempio a pesata, a sifone, ecc.

Alla fine del Settecento, dopo il già citato strumento multiparametrico meccanico di Wren-Hook, altri strumentisti si dedicarono a queste realizzazioni; quella di F. Fontana chimico e fisico (1730-1805) raggruppava: un piccolo barometro, due termometri, un igrometro e una *bussola dei venti* ad ago magnetico (Affronti, 1977). Nel 1790 P. Moscati (Moscati, 1790) realizzò un meteorografo che costituiva un vero osservatorio meteorologico in cui erano inseriti più strumenti di misura realizzati da altri studiosi: pluviometro, barometro, anemometro, igrometro, termometro, elettrografo per fulmini, anemoscopio ed evaporimetro; solo questi ultimi due strumenti erano stati progettati dal Moscati. La complessità meccanica dei sistemi di trasmissione e registrazione dei dati non consentirono un "futuro" a questo tipo di apparati.

Già dalla seconda metà del '700 la ricerca di metodologie e di strumenti per misurare le grandezze atmosferiche aveva assunto un ritmo febbrile, ma a causa della eterogeneità degli strumenti e dei metodi di osservazione una gran parte dei dati rilevati non poteva essere utilizzata per studi meteorologici. Ciò non tanto per inadeguatezze funzionali degli strumenti, quanto per la disomogeneità nelle procedure di rilevamento dei dati, nella loro raccolta e nella loro presentazione. Ottenere che in tutti gli Osservatori si usassero apparecchiature standardizzate e metodi uniformi fu una impresa lenta e difficile, che soltanto nella seconda metà dell'800 cominciò ad avere soluzioni, sia pure parziali, perché i *se* e i *distinguo* degli studiosi, chiamati a dipanare i dubbi sul tipo di strumenti e sul loro impiego, furono moltissimi. Ciò era dovuto al fatto che le complicazioni aumentavano rapidamente sia per l'aumentato numero di grandezze da misurare sia per la maggiore precisione che agli strumenti si richiedeva (Affronti, 1977).

Alle soglie dell'Ottocento fra le nuove grandezze da misurare c'era sicuramente la radiazione solare, che era stata, da sempre, oggetto di studio esclusivo dell'astronomia: è celebre l'attinometro dell'astronomo J. Herschel, realizzato nel 1825 (AAAS, 1884). Nel 1837, per poter misurare la costante solare, C. Pouillet, anch'egli astronomo, progettò e costruì il primo strumento specifico per la misura della

radiazione solare, basato su un calorimetro ad acqua, che chiamò *pireliometro*. A questo si aggiunsero altri pireliometri, per esempio quello di R. W. E. Bunsen (1811-1899), molto più accurato del precedente poiché utilizzava un calorimetro a ghiaccio invece che ad acqua (Fröhlich, 1991). Al pireliometro, che di fatto misurava solo la radiazione proveniente direttamente dal disco solare, furono associati, in rapida successione, altre tipologie di radiometri per la misura di grandezze quali radiazione globale, ovvero quella proveniente dal disco solare e dalla volta celeste e radiazione diffusa, proveniente dalla volta celeste.

Nei primi anni dell'Ottocento, con gli sviluppi della termodinamica e gli studi su gas e vapori, fu ripresa, con un sostegno teorico più corposo, la realizzazione degli igrometri. È del 1820 l'igrometro a condensazione di J. F. Daniell, in fig. 3, perfezionato da H. V. Régnault nel 1845. L'igrometro, formato da due bolle di vetro collegate con un tubo, contiene nella bolla con la fascia dorata etere per circa tre quarti del volume. Bagnando la mussolina che ricopre l'altra bolla con dell'etere, questa si raffredda per effetto dell'evaporazione. Per la differenza di temperatura, l'etere dalla bolla dorata evapora e condensa nell'altra, questo fa sì che la bolla dorata si raffreddi fino a formare la rugiada sulla doratura. Dai valori di temperatura indicati dai due termometri, quella dell'aria dal termometro centrale e quella della rugiada dal termometro dentro la bolla dorata, è possibile risalire al valore dell'umidità relativa dell'aria.

Nel 1818 E. F. August realizzò un igrometro utilizzando un termometro col *bulbo asciutto* e uno col bulbo costantemente inumidito da una garza bagnata; l'evaporazione dell'acqua provocava il raffreddamento del *bulbo umido* tanto più intensamente quanto minore era la quantità di vapore presente nell'aria, fenomeno ben noto fin dalla prima metà del Settecento. Allo strumento fu dato il nome di *psicrometro*, in fig. 3. La precisione con cui poteva essere valutata l'umidità relativa dell'aria era, sia per lo strumento in sé sia per la formula utilizzata nel calcolo, inadeguata.

Nel 1887 R. Assmann perfezionò lo strumento ventilando i due termometri per favorire l'evaporazione dell'acqua e accelerare la stabilizzazione delle temperature. Questa innovazione unita all'uso delle tavole psicrometriche di W. Ferrel, dell'anno precedente, consentirono misure di umidità relativa molto più precise.

Acquisizione e trasmissione dei dati

Tutti gli strumenti per la misura delle grandezze meteorologiche realizzati nel XVIII secolo erano notevolissimi sotto tutti gli aspetti, in particolare ampia diffusione avevano gli strumenti registratori, anche perché la registrazione analogica con lo stilo, *graffiante* o inchiostrato o con matita, direttamente collegato al sensore stesso, era di facile realizzazione. Molto più complessa era la trasmissione dei dati analogici dal luogo di rilevamento a un sito remoto senza l'intervento di un operatore che convertisse i dati registrati dalla forma grafica a quella numerica. Ma il passaggio dalla



Fig. 3 – Strumenti indicatori: a sinistra l'igrometro a punto di rugiada di Daniell (Museo Virtuale ITIS Montani di Fermo, libera riproduzione), a destra lo psicrometro di August (riproduzione su concessione del Museo Galileo di Firenze). Elaborazioni delle immagini di G. Fasano.

meteorologia teorica a quella previsionale, su vasta scala, non poteva attuarsi senza una capillare diffusione dei dati rilevati anche nelle stazioni più remote.

Nel 1837 C. Wheatstone, in Inghilterra, studiò la possibilità di applicare la trasmissione telegrafica ai sensori meteorologici. Nel 1843 realizzò un dispositivo che, tramite la linea telegrafica, trasmetteva i dati rilevati da sensori elettrici di pressione e di temperatura a una stazione ricevente distante alcuni chilometri.

Nel 1867 P. A. Secchi presentò alla Esposizione Universale di Parigi il suo meteorografo multiparametrico (Maffeo, 2001; Multhauf, 1961), che univa aspetti meccanici ed elettrici consentendo la registrazione a distanza di: direzione e intensità del vento, temperatura e umidità dell'aria, pressione e quantità di pioggia. Per questo *osservatorio meteorologico*, gli fu conferito da Napoleone III in persona, un premio e la nomina a Ufficiale della Legion d'Onore (Rigge, 1918). Nel 1868, in Belgio, il fisico F. van Rysselberghe sviluppò un meteorografo applicando i risultati di Wheatstone per convertire le misure di pressione, temperatura dell'aria e velocità del vento e tracciare il loro andamento su un tamburo rotante. Nel 1874 il fisico olandese, E. H. von Baumhauer, pubblicò il progetto di un telemeteorografo, simile a quello

di van Rysselberghe, scrivente contemporaneamente su un tamburo rotante *in situ* e su uno remoto. La trasmissione di tracciati analogici dal primo al secondo tamburo richiedeva una assoluta certezza di sincronizzazione e una velocità di rotazione dei due tamburi costante e identica (DuBois et al, 2002). Il costruttore di strumenti olandese H. Olland, di Utrecht, si dedicò a questo problema e realizzò, nel 1877, un complesso sistema usando come base il telemeteorografo di von Baumhauer e includendo in esso un pendolo di sincronismo, sul principio di quello realizzato dal fisico scozzese A. Bain nel 1842. Olland adottò questa versione del telemeteorografo per i numerosi meteorografi elettrici, in grado di registrare anche altre grandezze, da lui realizzati fra il 1875 e il 1895; strumenti che funzionando per anni acquistarono grande rinomanza (AA.VV., 1977).

La meteorologia moderna

Nel 1879 fu fondata l'Organizzazione Meteorologica Internazionale, OMI, che nel 1951 fu annessa all'ONU col nome di Organizzazione Meteorologica Mondiale con sede a Ginevra, l'OMM/WMO *World Meteorological Organization*. È con l'istituzione, al suo interno, della Commissione per gli Strumenti e per i Metodi di Osservazione che si cominciano a realizzare, su scala industriale, strumenti elettromeccanici, almeno nella parte preposta alla registrazione dei dati. In altre parole le *pile elettriche* cominciano a sostituire la *carica a molla* dei motori che azionavano i registratori, in fig. 4.



Fig. 4 – Strumenti registratori su carta, ancora in uso (foto ed elaborazione grafica di G. Fasano): (A) termoigrografo in cui il sensore termometrico è una lamina bimetallica mentre quello igrometrico è un fascio di capelli, (B) barografo in cui l'elemento sensibile è una pila di capsule aneroidi, (C) piranografo in cui l'elemento sensibile è costituito da tre lamine metalliche affiancate di cui quella al centro annerita e le altre bianche. Le deformazioni prodotte sui sensori dalle grandezze fisiche tramite un sistema di levismi muovono il pennino scrivente su un foglio di carta graduato che avvolge un tamburo rotante (con moto che può essere orario, giornaliero, settimanale o mensile); viene così tracciato sulla carta un andamento analogo all'andamento temporale della grandezza misurata.

Con questi strumenti vengono realizzate vere e proprie stazioni di misura standard secondo le indicazioni dell'OMM, in cui le tipologie degli strumenti e le loro caratteristiche metrologiche sono stabilite in relazione alle finalità delle misure, ad esempio per la meteorologia previsionale, sinottica, agraria, marina o alpina.

Per quanto riguarda invece la parte sensibile alle grandezze fisiche degli strumenti, non si hanno sostanziali cambiamenti fino agli anni '70 del Novecento, quando con i sensori tradizionali, quali i capelli per gli igrometri, l'alcol per i termometri e il mercurio per i barometri, si cominciano a vedere sensori di nuova generazione, ad esempio condensatori, resistori, celle piezoelettriche, ecc., rispettivamente negli igrometri, nei termometri, nei barometri ecc. (Fasano *et al.*, 1999). Da questo momento il passaggio dai sistemi elettromeccanici a quelli elettronici fu rapidissimo, già nei primi anni '80 fu proposto un *data logger*, utilizzabile in campo aperto, per l'acquisizione di dati meteorologici provenienti da sensori elettronici (Benincasa *et al.*, 1984a; Benincasa *et al.*, 1984b). Da quel primo esempio di registrazione elettronica, in forma digitale, la corsa alla *elettronificazione* dei sistemi di misura delle grandezze fisiche ambientali è stata così rapida e la proposta di nuovi sensori così ampia, che non ci è possibile, in questa sede, tracciare la storia che ci ha portato alla situazione attuale, nella quale sempre più si utilizzano stazioni meteorologiche multisensori, complete di sistemi di registrazione, elettricamente alimentate da pannelli fotovoltaici, come mostrato in fig. 5.

Oggi, grazie alla *rivoluzione elettronica*, sono disponibili gli strumenti per le misure non solo delle grandezze meteorologiche tradizionali, ma anche di quelle che, per il nuovo rapporto uomo-ambiente, devono essere misurate per monitorare la qualità dell'aria atmosferica in relazione alle attività antropiche. Si misurano pertanto: con l'intensità e la durata della pioggia anche la sua acidità e più in generale si misurano tutte le precipitazioni, quali ad esempio neve, grandine e polveri, il tasso di CO_2 e degli altri, cosiddetti, gas serra, la trasparenza dell'atmosfera alterata ad esempio da nebbia, fumi e caligine, il rumore, ad esempio negli aeroporti o sulle autostrade in prossimità dei centri abitati (Fasano *et al.*, 1999). A queste grandezze, più specificatamente meteorologiche, vanno associate e misurate altre che intervengono a determinare la meteorologia, quali grandezze marine e oceaniche, come ad esempio qualità fisiche e biologiche dell'acqua e correnti (Benincasa, 2003); mentre per misure meteorologiche su macroscala, correlabili a fenomeni di vasta portata come cambiamenti climatici, emissioni vulcaniche, inquinamenti atmosferici, sono sempre più necessari rilevamenti con sensori e strumenti montati su piattaforme aeree o satellitari.

Per quanto riguarda la trasmissione dei dati meteorologici, oramai rilevati anche nei siti più remoti, telegrafo e telefonia su cavo sono stati spodestati dalle trasmissioni VHF/UHF e queste dalla telefonia mobile, la quale recentemente ha ceduto il passo alla rete Web.

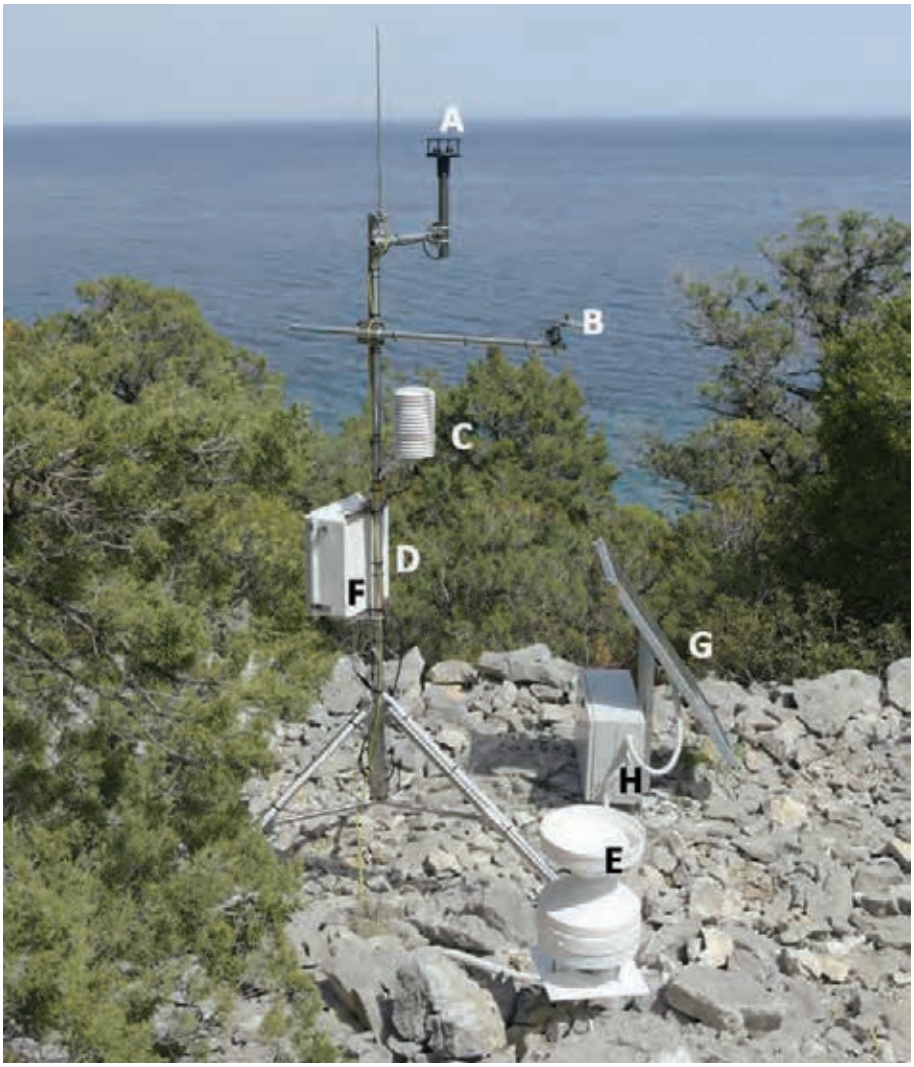


Fig. 5 – Una moderna stazione meteorologica installata dal CNR-IBIMET sulla falesia del Bue Marino (Dorgali-NU; foto di Gianni Fasano), dove si misurano: A) Intensità, direzione e verso del vento (anemometro a ultrasuoni); B) Radiazione solare globale (solarimetro a fotocella); C) Temperatura, umidità e tasso di CO2, dell'aria (nell'ordine termoresistenza, sensore capacitivo, NDIR - Non Dispersive InfraRed - con sensore al silicio); D) pressione atmosferica (sensore piezoelettrico all'interno di F); E) Intensità della pioggia (pluviometro a doppia vaschetta oscillante); F) Data Logger (sistema di acquisizione e memorizzazione dei dati su memoria interna e su memoria rimovibile – Compact Flash); G) Pannello fotovoltaico per l'alimentazione elettrica del sistema; H) Batterie di accumulatori in tampone, per l'alimentazione in assenza di radiazione solare.

Bibliografia

AA.VV. 1816. *Encyclopaedia Perthensis or Universal Dictionary of the Arts Sciences, Literature.* Vol. XXII. Edimburgh: John Brown.

AA.VV. 1828. *Thermometer & Pyrometer*. Society for the diffusion of useful Knowledge. London: Baldwin and Cradock.

AA.VV. 1970. *Techniques d'étude des facteurs physiques de la biosphère*. Parigi: INRA.

AA.VV. 1977. *Scienza e tecnica dalle origini al novecento*. I e II. Milano: Edizioni EST, Mondadori.

AAAS. 1884. Notes and News. Science, 3(64), 527.

Accademia del Cimento. 1667. *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento*. Giuseppe Cocchini per l'Insegna della Stella Firenze.

Affronti F. 1977. *Atmosfera e Meteorologia* Modena: STEM Mucchi.

Aristotele. 2003. *Meteorologia.* Milano: Bompiani.

Aristotele. 2015. *Fisica, libro IV*. Milano: Bompiani.

Benedetti B. 2008. *L'Accademia delle scienze di Berlino e la sua biblioteca*, Biblioteche oggi, 5, 41-47.

Benincasa F. (a cura di). 2003. *L'acqua sulla Terra.* Quaderno n. 13 Collana tecnico-scientifica IBIMET, Firenze.

Benincasa F. (a cura di). 2013. *L'Unificazione Metrologica, le vicende non concluse di un complesso percorso storico e geografico*. Firenze: CNR-IBIMET.

Benincasa F., Fasano G., Materassi A. 1984a. Un sistema automatico per il rilevamento dei parametri meteorologici. *Agronomia*, XVIII, 3-4, 220-224

Benincasa F., Fasano G., Materassi A. 1984b. *Brevetto CNR n.9555 A/84 del 30/11/1984*-

Cotte L. 1788), *Mémoires sur la météorologie.* Parigi: Imprimerie Royale.

Benincasa F., Maracchi G., Rossi P. 1991. *Agrometeorologia*. Bologna: Pàtron Editore.

DuBois J. L., Multhauf R. P., Ziegler C A. 2002., *The Invention and Development of the Radiosonde, with a Catalog of Upper-Atmospheric Telemetering Probes in the National Museum of American History, Smithsonian Institution*. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press.

Fasano G., Materassi A., Zara P. 1999. *Sensori e strumenti elettronici per la meteorologia.* Quaderno n. 8 Collana tecnico-scientifica INAPA, Firenze.

Favaro A. 1890. *Opere di Galileo Galilei*. XVIII. Firenze: Tipografia Barbera.

Fröhlich C. 1991. History of Solar Radiometry and the World Radiometric Reference, *Metrologia*, 28, 111-115.

IMSS (a cura di). 2001. *Scienziati a Corte. L'arte della sperimentazione nell'accademia galileiana del Cimento,* 1657-1667. Parigi: IMSS.

Maffeo S. 2001. Padre Angelo Secchi e la meteorologia. in *Presenze scientifiche illustri al Collegio Romano*, Celebrazione del 125° anno di istituzione dell'UCEA, Roma,

Moscati P. 1790. Descrizione dell'osservatorio meteorologico eretto al fine dell'anno 1780. In: *Memorie di Matematica e Fisica della Società Italiana*, V, 356-381. Verona: stampato per Dionigi Ramanzini.

Multhauf R. P. 1961. *The Introduction of Self-Registering Meteorological Instruments*, Contributions from The Museum of History and Technology, Washington DC: Paper 23, 96-116,

Poli G.S. 1817., *Elementi di fisica sperimentale.* IV. Venezia: Andrea Santini e figlio.

Rigge W.F. 1918. Father Angelo Secchi, *Popular Astronomy*, 26, 589.

Strangeways I. 2010. A history of rain gauges, *Weather*, 65(5), 133-138.
Stuart J., Revett N. 1762. *The Antiquities of Athens*. London: John Aberkorn.
Ubertini L., Roda C. 2009. Padre Benedetto Castelli, il pluviometro e il lago Trasimeno, *GeoItalia*, 27, 17-18.
Vitruvio Pollione M. 1790. *De Architettura,* trad. B. Galliani, Napoli: Tipografia Fratelli Terres.

Sitografia

[1] www.britannica.com/topic/Tower-of-the-Winds-building-Athens-Greece
[2] http://atena.beic.it Danti E. (1578), *Anemographia*, Bononiae, Giovanni Rossi.

Note

1. Si osservi che gli studiosi, dal Seicento alla fine del Settecento, parlavano *tout court* di *umidità dell'aria* o dell'atmosfera senza distinguere i termini in cui questa viene oggi espressa, ovvero: umidità relativa, assoluta, rapporto di mescolanza, temperatura di rugiada, ecc. (Benincasa *et al*., 1991). Tutti termini differenziabili solo in riferimento alle modalità di misura, ma riconducibili analiticamente l'uno all'altro. È solo dal XIX secolo che questa distinzione viene introdotta prima concettualmente e poi operativamente da Dalton (1808) e Regnault (1845).

Luigi Marino, Paola Barone, Olivia Pignatelli

L'ingegnere sopra e sotto il mare. La costruzione dei trabocchi, macchine per la pesca costiera

Abstract
In the Adriatic coast some *trabocchi* (wooden fishing platforms with nests) have survived. These singular forms of "utilitarian" architecture date back to the middle of the 19° century. They are devices exploiting empirical knowledge, tried and tested in practice, giving effective results both in terms of the use of materials and the structural conception. The construction sequence respects procedures and actions which cannot be improvised but must correspond to long-standing operational procedures, within which there may only be local adaptations to continuously changing conditions, to the extent that the possible "anomalies", observed in a few cases only, can be referred to local experimentation in order to improve the performance of individual elements.

.

Introduzione
Nello studio sull'architettura è frequente che si ricerchino autori e modelli cui far riferimento per inserire ogni edificio in una casella tipologica precisa. E soprattutto rassicurante. Le dipendenze da elementi ritenuti capostipiti e complessi processi di derivazione contribuiscono a definire reti di informazioni intorno alle quali si ritiene di poter articolare nuovi elementi di conoscenza. Questo metodo sembra basarsi soprattutto sull'analisi di fonti documentarie d'archivio, sullo spoglio della bibliografia disponibile e, solo in maniera molto subordinata, su campagne di rilievo e indagini dirette sui manufatti. Questa situazione peggiora in maniera sensibile quando ci si trova di fronte a manufatti che non hanno autori noti o riconoscibili, quando non sembrano seguire regole già note dell'architettura Si tratta nella maggior parte dei casi di quelle *storie locali* che, sottovalutate, non dovrebbero più essere considerate come derivazioni ma, al contrario, come elementi formativi e fondativi della Storia. La scarsità di fonti scritte può stimolare altre classi documentarie come, per esempio, quelle basate sulle testimonianze orali, che possono risultare indispensabili nel caso di manufatti più recenti e che risultano spesso essere i meno studiati.

Lo studio dei *reperti* materiali, delle tracce lasciate dagli utensili, le analisi sull'uso di materiali, soprattutto locali, e sulle evidenze di tecnologie costruttive, gli accertamenti sulle tracce di processi di naturale erosione e di procedure di manutenzione

possono definire nuove e più affidabili collezioni di informazioni sul terreno, gli *archivi del suolo*, capaci di integrare le informazioni scritte, gli *archivi di carta*, più limitate e rischiose. Un aspetto che meriterebbe maggiore attenzione è costituito da quello che si può definire *rituale del costruire*, la capacità di costruire in maniera seriale ma anche la capacità di riparare e di improvvisare.

Il concetto di catena operatoria, *chaîne opératoire* o *work chain*, parte dalla constatazione delle relazioni esistenti in una serie di sequenze ordinate di operazioni tecniche orientate verso un risultato. Inizialmente definito in ambiti etnologici si è sviluppato fino ad essere presente in vari settori di ricerca. Già Mauss aveva suggerito di studiare *i differenti momenti della produzione, dalla materia prima all'oggetto finito* (Mauss, 1947); pochi anni più tardi Maget insisterà sulla necessità di indagare sulle attività ai diversi stadi, svolgendole come nelle sequenze cinematografiche *nella sua azione normale, salvo incidenti, ininterrotta*, fino all'individuazione di un "*gesto elementare* o un *atomo di azione* (Maget, 1953). L'applicazione di questo concetto all'analisi tecnologica è stata realizzata da A. Leroi-Gourhan (1965) e ulteriormente sviluppata fino alle più recenti riflessioni.

In particolare vogliamo porre l'accento su quelle che si possono definire *architetture di utilità*, costruite per risolvere esigenze immediate e rimaste praticamente immutate nel tempo per quanto riguarda sia i componenti strutturali che le logiche di funzionamento. L'evenienza di *incidenti tecnici* in corso d'opera e i possibili correttivi proposti, scelti tra un campionario di soluzioni conosciute e adottate su vasta scala, la *routine*, oppure frutto di personali intuizioni, l'*istinto* possono aver contribuito a modificare alcune procedure tradizionali indicando nuove soluzioni che, altrimenti, sarebbe stato più difficile proporre. Queste, in tempi più o meno brevi, sono sottoposte a collaudo tecnico, consistente nell'osservazioni nel tempo dei risultati ottenuti, e al giudizio di altri operatori e potranno essere adottate su scala più ampia e in altri cantieri.

I trabocchi

Il trabocco è uno strumento da pesca caratteristico della media costa adriatica: un caso singolare di architettura costruita per risolvere problemi di immediata necessità e rimasta praticamente immutata nel tempo, salvo piccoli adattamenti e le locali migliorie che la tecnologia ha potuto consentire. Uno degli elementi che maggiormente caratterizza i trabocchi è il fatto che si tratta di manufatti originali che possono costituire una sorta di *fossile guida* per la comprensione di fenomeni che riguardano la storia della tecnologia senz'altro, ma anche aspetti antropologici relativi alle popolazioni rivierasche. Già troppi trabocchi hanno subìto interventi devastanti, quali utilizzo di materiali incongrui, variazione della logica strutturale e adeguamenti a funzioni che esigono ampliamenti e rinforzi esagerati, tanto da diventare in molti casi manufatti fondamentalmente diversi, anche se la forma generale ricorda quella degli edifici originali.

La storia

Nei cantieri navali tra cataste di legnami, macchine e attrezzature c'erano carrucole, argani, paranchi e leve che nei periodi di sosta delle attività navali possono essere state impiegate per la costruzione e la manutenzione dei trabocchi, manufatti di una ingegneria apparentemente semplice e soluzioni costruttive per niente ingenue (anzi, talvolta geniali). Sull'origine dei trabocchi molti dubbi permangono: comunque le documentazioni più antiche non sono precedenti la fine del 1800. Nel 1627 un maremoto tra Fortore e Pescara avrebbe causato la morte di 17.000 persone e avrebbe provocato una forte immigrazione di sefarditi dalla Francia. Tra questi c'erano i *puntuaroli*, artigiani specializzati nella gestione dei guadi dei fiumi e che potrebbero aver costruito i primi trabocchi.

La morfologia costiera

La sabbiosa linea di costa che arriva fino a Pescara diventa, nelle vicinanze di Ortona, rocciosa e scoscesa; cale e spiaggette sassose protette da barriere di scogli affioranti caratterizzano il paesaggio da Ortona fino a Vasto (Fig. 1a). La fascia litoranea molisana e pugliese che precede il Gargano è bassa e sabbiosa, con qualche formazione rocciosa solo nei pressi di Termoli. Diversa è la regione litoranea garganica, rocciosa con numerosi promontori. Sul Gargano i trabocchi sono aggrappati alle rocce asciutte (Fig. 1b); nelle altre zone vengono inoltrati verso il largo per mezzo di una passerella (Fig. 2). A seconda della collocazione, i trabocchi sono detti *di levante* (quando esposti a S-E) o *di maestro* (se orientati a N-W).

Materiali, elementi strutturali e tecniche costruttive

Le differenze tra i trabocchi abruzzesi, i molisani e quelli del Gargano sono legate soprattutto alle diverse collocazioni topografiche, a piccole differenze planimetriche e funzionali, al numero degli elementi costruttivi nodali e alla disponibilità di

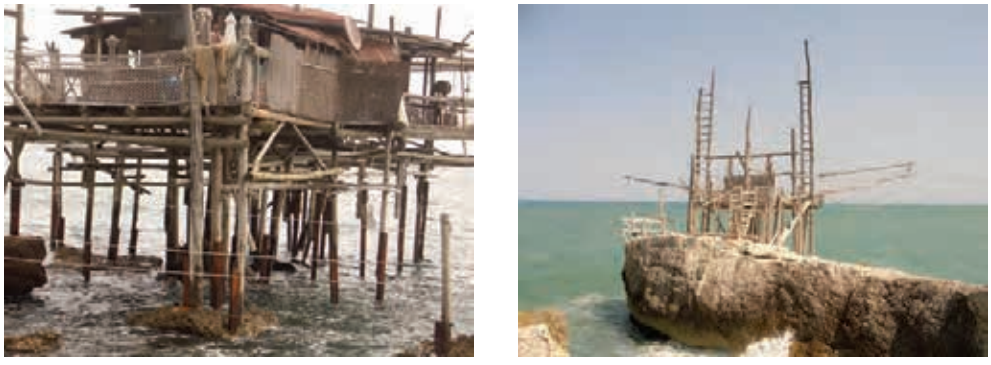


Fig. 1 – Trabocchi sulla costa abruzzese (a sinistra) e garganica (a destra).



Fig. 2 – Trabocco con passerella a Punta Aderci, Vasto.

risorse di materiali locali diversi. I materiali utilizzati nelle fasi più antiche, legnami locali e cordami, sono stati progressivamente sostituiti da materiali ritenuti migliori, grossa paleria di recupero da linee telefoniche e fili di ferro. I materiali utilizzati per i trabocchi più recenti sono solitamente riconoscibili perché caratterizzati da lavorazioni più accurate, con tracce ancora visibili. In strutture in legno il ferro ha trovato impiego soprattutto nelle parti a contatto con l'acqua (putrelle H e talvolta spezzoni di binari) e negli elementi filiformi che rendono il trabocco simile a una struttura strallata. Nei trabocchi più vecchi non è raro trovare tronchi ramificati e scortecciati impiegati nella costruzione, soprattutto nelle parti più alte.

I componenti e loro funzione. Strategie di intervento ed elementi nodali

La scelta della successione delle fasi di posa non è casuale e nessuna azione costruttiva è lasciata al caso. La definizione delle singole operazioni deve tener conto di una complessa sequenza che esige la massima attenzione per evitare che nel tempo si possano avere quei pericolosi cinematismi che la costruzione di una struttura *per punti*, in luoghi non facili e in condizioni di lavoro esasperate, può facilitare.

Prioritaria è la costruzione della piattaforma e la predisposizione di quanto serve perché l'argano possa funzionare e facilitare il sollevamento e il posizionamento degli elementi lunghi i cui sbilanciamenti potrebbero essere nocivi per la stabilità di tutto il manufatto. Ogni elemento del trabocco ha una o più specifiche funzioni.

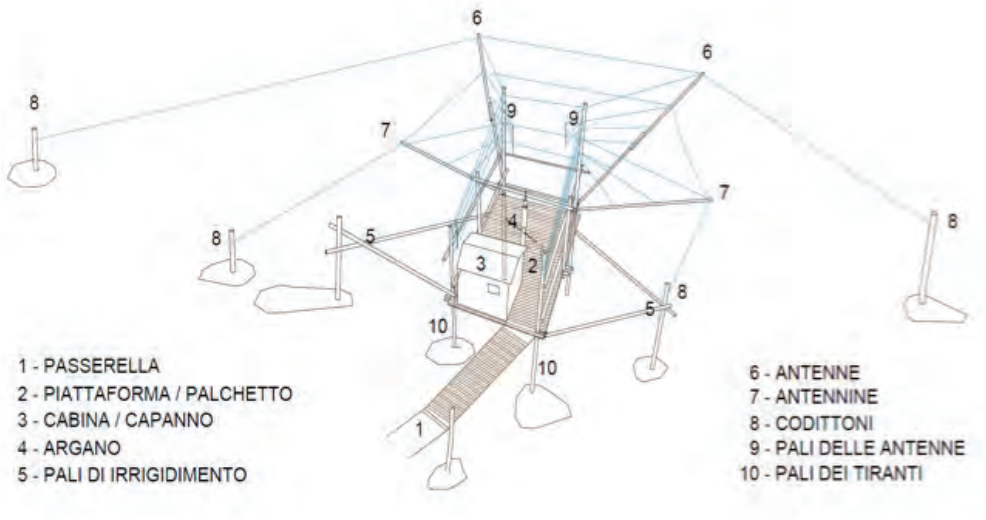


Fig. 3 – I componenti di un trabocco abruzzese.

Passerella

L'andamento del percorso e l'impianto planimetrico della passerella sono condizionati dalla presenza degli scogli che emergono dal mare. Alcuni pilastri (portali) presentano, al posto di pali verticali, elementi divergenti verso l'alto oppure a croce di sant'Andrea. Spezzoni di trave sono utilizzati agli incastri tra pilastri e travi, gli elementi di *avvicinamento*.

Piattaforma

Si individuano gli scogli sui quali effettuare, con mazzetta e palanchini, le forature di alloggiamento dei sostegni. I pilastri vengono assemblati sulla terra ferma e poi spinti in acqua per essere trasportati nel luogo della messa in opera. Le parti metalliche vengono bloccate con cunei provvisori e sigillati con un getto di calcestruzzo a presa rapida. In passato la malta veniva portata in immersione stretta fra le mani o in calze di nylon. L'operazione di collegamento si esegue affiancando la trave al pilastro già in opera fissandola provvisoriamente con una corda e impiegando, poi, chiodi o bulloni. Dopo aver collocato il primo elemento viene legato un palo finto, alla cui estremità si pone un bozzello in modo da facilitare la collocazione degli altri elementi della struttura.

L'estremità inferiore del palo finto viene bloccata nel movimento da due fili di ferro legati a forcella in due punti fissi; il sollevamento e l'alloggiamento del palo avvengono legando una corda alla sua punta.

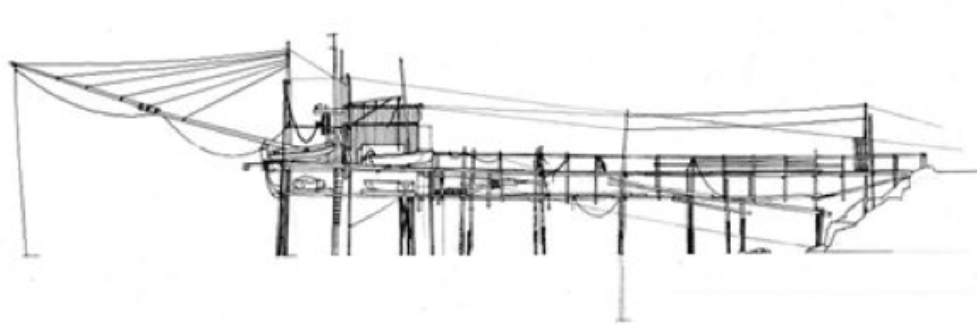


Fig. 4 – Il trabocco di scogliera a Termoli.

Alla realizzazione dei pali di sostegno della piattaforma, che possono arrivare anche a oltre venti, seguono i collegamenti attraverso pali orizzontali abbinati, incrociati e paralleli e la realizzazione dell'impalcato. Il numero e la dislocazione dei pilastri sono il risultato dell'applicazione di una logica di stabilità collaudata dalla lunga esperienza di chi li ha costruiti, li ha modificati nel tempo, anche in conseguenza delle esperienze fatte sui moti ondosi e le altre sollecitazioni ripetute nel tempo, e ne ha assicurato la manutenzione. La vulnerabilità di tutto il sistema risente anche della posizione degli scogli emergenti e di come questi possono variare, amplificare o smorzare l'azione delle onde. Le regole base della costruzione dei trabocchi sono codificate per garantire esigenze statiche, ma presentano una ampia libertà nei dettagli a seguito del variare dei luoghi e delle caratteristiche strutturali e dimensionali dei materiali localmente a disposizione.

Argano

La rotazione intorno a un asse verticale imperniato alla base e in sommità avviene attraverso un'asta collocata in posizione subtoracica che impegna due persone. Intorno al suo asse, ispessito tramite una serie di elementi di legno inchiodati al palo dell'asse per aumentarne il braccio e l'efficienza, vengono richiamate e avvolte le cime della rete di pesca. Il perno superiore deve fiancheggiare la trave orizzontale di sostegno dell'argano nella parte opposta alle sollecitazioni provenienti dalla rete, per evitare lo sfilamento della cravatta di vincolo.

Pali di irrigidimento

I pali verticali, orizzontali e obliqui sono apparecchiati a formare strutture reticolari a maglia triangolare, che forniscono maggiore stabilità al palchetto e alla passerella. Le scelte della geometria della rete strutturale che ne risulta sono condizionate da

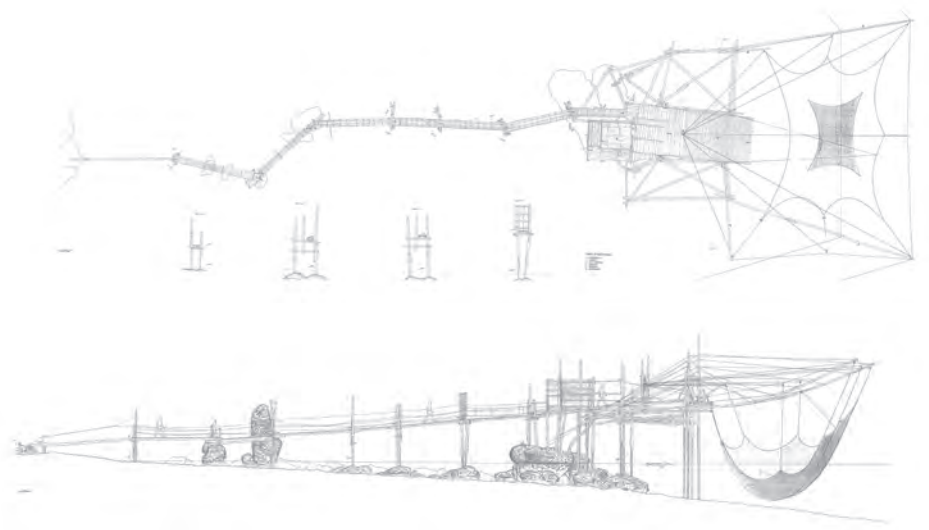


Fig. 5 – Il trabocco di Vignola a Vasto

ragioni statico-dimensionali e dalla possibilità di trovare efficaci e comodi incastri sulla roccia. Questi elementi sono posizionati in modo da facilitare la manutenzione futura. Tutto il sistema di elementi lignei di irrigidimento è talvolta collegato a un più ampio complesso di tirantature metalliche.

Antenne, pali delle antenne, pali dei tiranti, antennine codittoni

Nei trabocchi d’Abruzzo, Molise e Puglia le antenne sono due e partono dai montanti, allungandosi sul mare, quasi parallelamente alla superficie dell’acqua. Ogni antenna è costituita dall’unione di più pali, lunghi circa 7 metri, sovrapposti per circa 2 m tramite legature con filo di ferro. Si tratta nella maggior parte dei casi di pali di abete, che presenta un peso specifico minore di quello delle essenze utilizzate nelle altre parti del trabocco. All’estremità dell’antenna si trovano le grosse corde che sorreggono gli angoli della rete. Le antenne sono rette da montanti, i cosiddetti pali delle antenne, che hanno una funzione strutturale di cerniera insieme ai pali dei tiranti, o paletti nei quali vengono legati i tiranti di sostegno delle antenne. Le *antennine* vengono legate ai montanti con filo di ferro in prossimità del nodo antenna-montante e sostengono gli angoli inferiori della rete tramite una carrucola posta alle estremità.

Gli elementi strutturali complementari sono:

– i *tiranti* in ferro zincato, che tengono in posizione antenne e antennine a mezzo di legature. Passano attraverso ganci o morsetti, posti a differente altezza sui montanti, fino a confluire in punti-forza costituiti dai *codittoni.* Ogni antenna può avere fino a

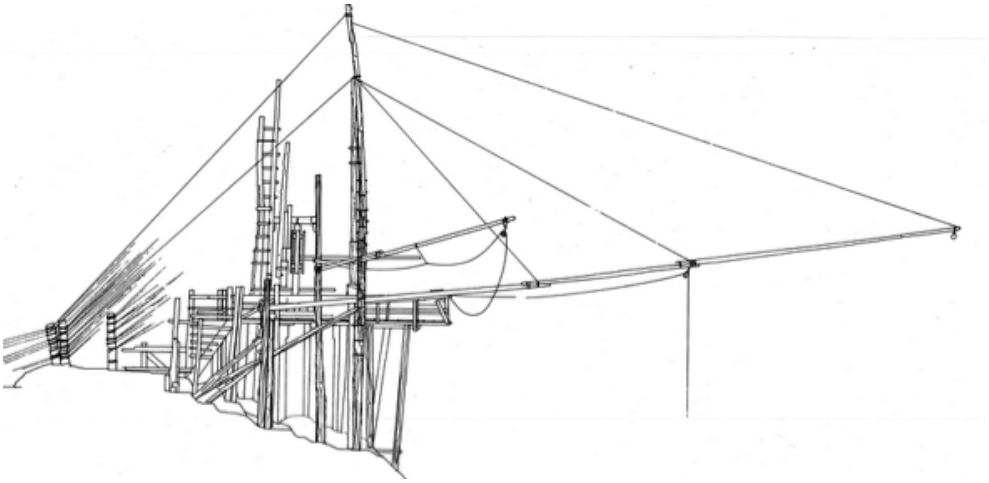


Fig. 6 – Trabocco sulla scogliera di Vieste

una decina di tiranti (mai comunque meno di due per ognuna delle travi che la compone), in relazione alla lunghezza e al peso, per una maggiore stabilità ma anche per facilitare la manutenzione. Altri tiranti assicurano il controllo delle oscillazioni orizzontali tra le antenne e le piccole antenne, scaricando le tensioni a terra.

– i *codittoni*, che sono fissati a terra a distanze variabili, in relazione alla morfologia della scogliera e alla forma del trabocco, in posizioni opposte alle antenne; costituiscono punti di forza per i tiranti, indispensabili sia durante la costruzione, soprattutto in fase di montaggio delle antenne, sia durante le operazioni di pesca, quando la rete bagnata può causare un rilevante sforzo di trazione sui tiranti.
– le antenne sono ancorate ai *pali dei tiranti* per mezzo di fili di ferro. Sono vincolate anche ai codittoni per impedire lo spostamento orizzontale.

Sequenze di montaggio

Prima del posizionamento in opera delle antenne, quando queste sono ancora a secco, occorre provvedere alla legatura degli stralli sulle antenne. L'antenna, spinta sull'acqua in prossimità del suo palo di sostegno, viene collegata nella punta a una corda e nell'altra estremità assicurata al palo di sostegno; un operatore solleva la punta fino a un metro dall'acqua in modo da consentire la legatura di una fune a circa 1/3 dalla punta dell'antenna.

Le operazioni di montaggio prevedono:

– il sollevamento del vertice del palo nel punto in cui è predisposta la connessione con l'antenna (esternamente rispetto alla piattaforma);
– la slegatura della fune, detta *fune di fermo*, in punta e la rilegatura in modo da

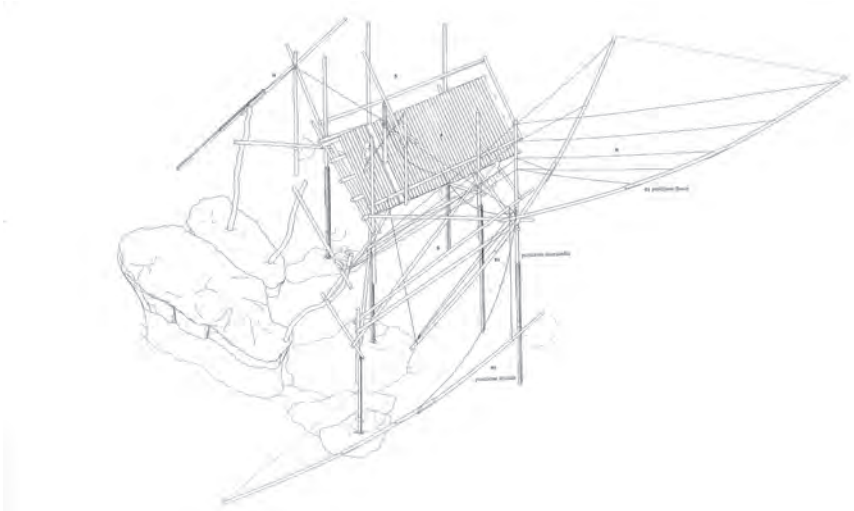


Fig. 7 – Schema della sequenza costruttiva (palchetto e antenne) di un trabocco.

assicurare nella giusta posizione l'antenna;
- la predisposizione sulla punta di uno *stringi antenna* all'interno del quale è stato fatto passare il filo di ferro che lo congiunge con l'estremità dell'altra antenna, nell'eventualità in cui questa sia stata già montata;
- la legatura del filo di ferro precedentemente collocato sul palo dell'antenna;
- la legatura di un altro filo di ferro la cui estremità opposta verrà successivamente vincolata al codittone;
- la legatura della carrucola di scorrimento della cima della rete in modo da evitare di doversi recare sulla punta dell'antenna a opera conclusa;
- l'attivazione del tiraggio del sistema fune-bozzello-argano precedentemente predisposto che consentirà la fuoriuscita di circa 1/3 dell'antenna grazie alla slegatura della fune di fermo;
- l'avanzamento dell'antenna determinerà l'avvicinamento del punto di legatura della fune al bozzello e quindi si procederà con lo spostamento del punto di legatura e la nuova attivazione del sistema fune-carrucola doppia-argano fino alla costituzione del nodo strutturale di congiunzione fra l'antenna e il suo palo di sostegno (elemento nodale). A questo punto, gli stralli precedentemente infilati nei ganci posti sul palo delle antenne vengono, durante l'uscita dell'antenna, legati e fissati su questa.

Al termine della sua corsa, l'antenna, sorretta dai tiranti e dal sistema fune-paranco-argano, viene ancorata al suo palo di sostegno attraverso un vincolo assimilabile a una cerniera realizzata con una legatura con filo di ferro disposto ad otto, che permette la trincatura per il lento e spontaneo arretramento dell'antenna. Si vincolano le

antenne in posizione simmetrica l'una rispetto all'altra, nella direzione orizzontale, eseguendo alternativamente il tiraggio dei fili di ferro, precedentemente legati in modo provvisorio ai codittoni, e quello del filo che dalla punta di una antenna passa attraverso lo *stringi antenna* posto sull'altra. L'operazione di tiratura di tutti i fili che convergono sul palo/paletti dei tiranti conclude la posa in opera.

Durante le operazioni di messa in opera sono necessarie particolari attenzioni:

– nel momento in cui l'antenna ha raggiunto oltre la metà del suo percorso occorre evitare che si verifichi una rotazione intorno al suo punto di appoggio nella direzione trasversale a quella di possibile uscita. Questo inconveniente può essere controllato regolando l'avanzamento leggermente sbilanciato verso l'interno della struttura e posizionando una fune nella parte opposta rispetto al fulcro, in modo da impedire la totale rotazione verso l'interno;
– è necessario che la punta dell'antenna non subisca un abbassamento eccessivo, tenuto conto che sarebbe impossibile risollevarla manualmente.

Il sollevamento della rete unitamente al vento e al moto ondoso mettono a dura prova la stabilità strutturale del trabocco. Per contrastare queste forze dinamiche, assumono notevole importanza i pali di irrigidimento e le scelte di localizzazione rispetto alla piattaforma e a tutta la macchina da pesca.

Le possibili instabilità e dissesti delle strutture

Le varie sollecitazioni cui è sottoposto un trabocco possono determinare deformazioni estese, più frequentemente localizzate, ma anche il crollo della struttura quando si raggiunge il limite di elasticità del materiale o si perde l'efficacia dei nodi o delle giunzioni. La presenza in un sistema così naturalmente complesso di un numero di cerniere variabili e la coesistenza di legni di specie e tempi di impiego differenti, a parità di tipo e di entità di sollecitazione, possono comportare diverse locali resistenze della struttura. I tipi di sollecitazione e i cinematismi da esse generati consentono una valutazione generale dei possibili fenomeni di instabilità che la struttura possiede sia in condizioni di calma sia sotto stress. Le rilevazioni forniscono informazioni sulle parti che bene hanno resistito e su quelle che, per una vulnerabilità congenita o acquisita nel tempo, hanno subìto deformazioni più o meno pesanti.

In presenza di sollecitazioni verticali, l'ancoraggio nella roccia garantisce la conservazione della quota di calpestio, diversamente da ciò che accade ai pali infissi sulla sabbia. Il tempo di durata del fenomeno di penetrazione è funzione dello spessore dello strato incoerente e dell'eventuale aumento dei carichi accidentali che, a loro volta, sono influenzati dai limiti di resistenza a compressione dei materiali e dalla forza di connessione dei punti di giunzione.

Le forze orizzontali dovute al moto ondoso stimolano la rotazione, nei punti di continuità e di discontinuità dei materiali impiegati e nei punti di ancoraggio

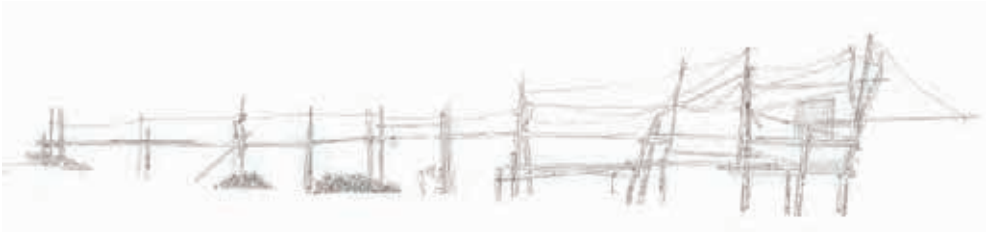


Fig. 8 – Il trabocco insabbiato a Termoli.

più o meno forti. Si hanno fenomeni di flessione la cui evidenza è più marcata nel legno, con azioni di ribaltamento nei materiali con maggiore rigidità causata dallo sfilamento dal punto di ancoraggio. Locali cedimenti hanno provocato interventi che hanno rinforzato il trabocco ma ne hanno modificato i caratteri peculiari di leggerezza ed elasticità.

Il costruttore prima di realizzare il piano di calpestio della piattaforma utilizza indicatori basati su accorte misurazioni ripetute nel tempo. Le due travi di collegamento fra i pilastri posteriori e quelli anteriori di sostegno della piattaforma consentono di valutare l'eventuale abbassamento causato dall'aggiunta di carichi temporanei sui pilastri, le zavorre. L'abbassamento e la rotazione in avanti del piano di calpestio rende inagibile il palchetto e agisce negativamente sulla stabilità in quanto, in presenza di vento e di elevato moto ondoso, le travi di collegamento dei pilastri agirebbero con una forza componente di trazione verso l'alto agevolando lo sfilamento dei pilastri e l'espulsione delle tavole dell'impalcato.

I componenti di maggior fragilità

Le parti della struttura che si deteriorano con maggiore facilità sono le antenne; vincolate dall'alto e lateralmente da tiranti di ferro, vengono sollecitate da forze dinamiche generate dalle onde e dal vento, con un forte effetto vela causato dalla vasta rete bagnata, che molto spesso ne compromettono la stabilità. La rottura di uno o due dei cinque stralli che reggono ciascuna antenna non mette immediatamente a rischio la stabilità, perché l'aggravio di peso sugli altri stralli è contenuto per un tempo necessario a provvedere alle opportune riparazioni. Se invece si spezza il cavo di collegamento al codittone e quello dell'antennina c'è il rischio di quasi immediato collasso della struttura. L'antenna e l'antennina verrebbero ad adagiarsi velocemente sulla parte opposta alla rottura coinvolgendo in una sorta di domino anche il codittone e provocando l'annullamento del sistema. Per limitare questo tipo di danno le antenne sono vincolate ai codittoni con un maggior numero di tiranti. Talvolta la compresenza di tiranti diversi con differenti sistemi di aggancio al codittone è la



Fig. 9 – La complessa trama degli elementi di apparecchio a S. Vito.

traccia di interventi avvenuti in tempi diversi per contenere l'azione di ripetute sollecitazioni nel tempo.

Attraverso la realizzazione di un maggior numero di vincoli trasversali, pari almeno al numero di quelli verticali, si aumentano la resistenza del sistema e la probabilità di durata. La forza di trazione al quale viene sottoposto ogni singolo strallo, costante, sembra più gravosa di quella necessaria per il tiraggio nei fili di collegamento orizzontale, episodica, ma si tratta di una singola forza che può avere grandi possibilità di spezzare la sezione dei fili di ferro. La rottura di una porzione di antenna o la rotazione orizzontale intorno al nodo di connessione con il palo che lo regge esige la rimozione del relitto e l'uso di una nuova antenna, a causa delle difficoltà che esige l'innalzamento dell'antenna attraverso i soli fili di ferro.

È facilmente verificabile il fatto che la naturale vulnerabilità di un trabocco, che pure può dare dimostrazioni di una incredibile resistenza, viene peggiorata dalla sempre più frequente mancanza di una accorta opera di manutenzione e da nuove forme di sollecitazioni cui sono sottoposti e che possono causare nuove e più pericolose vulnerabilità: basti ricordare per tutte gli aumenti di carichi per cattivo o incongruo uso, la rigidità di alcune parti in contrasto con le condizioni di elasticità delle altre, l'aumento di aree difficilmente controllabili, la presenza di impianti elettrici non sempre a norma.

La protezione e la valorizzazione

Le recenti leggi regionali e il parziale finanziamento degli interventi hanno generato un notevole interesse verso queste singolari architetture. E' in atto, però, una subdola trasformazione di alcuni componenti naturalmente fragili che nel tempo è stata tenuta sotto controllo tramite sapienti riparazioni. Oggi, al contrario, si tende a sostituire parti, che pure avevano dato dimostrazioni di efficienza, preferendo elementi nuovi, ritenuti, non sempre a ragione, maggiormente affidabili.

Bibliografia

Barone P., Marino L., Pignatelli, O. 1999. *I trabocchi: macchine da pesca della costa adriatica*. Verona: Cierre.

Forlani M.C. 2014. *Cultura materiale e progetto sostenibile. Guida al "mantenimento" dei trabocchi della costa teatina*. Monfalcone: Edicom.

Leroi-Gourhan A. (1965), Le geste et la parole. Technique et langage, Albin Michel, Paris

Maget M. 1953. *Etude de l'équipement materiel: la monographie d'objet*, citato in Julien M-P., Rosselin C. (2005), *La culture matérielle*, Paris: La découverte.

Mauss M. 1947. *Manuel d'ethnographie. Méthodes d'observation. Morphologie sociale. Technologie.* Paris: Payot.

Alessandro Riello

La storia del condizionamento in Italia attraverso la storia di una famiglia e di una Azienda

Abstract

During the evolution over the centuries, men and society, have focused their attention not only on the satisfaction of their primary needs but always more on the pursuit of their well-being, in parallel to the economic and scientific progress.

The beginning of the 20th Century gave birth to modern air conditioning systems that became successful in Italy and in Europe thanks to Giordano Riello, an entrepreneur, son and grandson of entrepreneurs.

He has founded Aermec, a company recognized worldwide for being one of the most innovative and active players in the market. The present and the future of Aermec is based on building a stable organization, on investing in research, development, human resources and on the connection with the local social fabric. This is the winning formula to face the upcoming new challenges like the quality of the air, the energy efficiency, the respect and the protection of the environment.

Introduzione

Nei secoli l'uomo e la società, nel corso della loro evoluzione, hanno posto sempre più attenzione non solo al soddisfacimento dei bisogni primari ma anche, forse soprattutto, alla ricerca del benessere rapportato al progredire della scienza e della tecnica in relazione alle epoche storiche e alle possibilità economiche.

La climatizzazione, come la intendiamo noi oggi, nasce ai primi del Novecento e si afferma in Italia e in Europa, nel Secondo Dopoguerra, grazie all'intuizione di Giordano Riello. Imprenditore, nipote e figlio di imprenditori, il fondatore di Aermec ha dato vita a una Azienda che da sempre si è distinta nel panorama del settore come una delle più dinamiche e innovative.

La continuità nel tempo rimane la caratteristica dell'Azienda, che fonda il suo futuro sulla ricerca, sugli investimenti ma soprattutto sugli uomini e sul radicamento territoriale. Sono questi gli elementi che consentono di vincere le sempre nuove e impegnative sfide sulla qualità dell'aria, l'efficienza energetica, il rispetto e la difesa dell'ambiente.

L'evoluzione dell'uomo e il conseguente progresso della civiltà possono essere misurati attraverso i vari bisogni che, nei secoli, le persone hanno cercato di sod-

disfare. Lo psicologo statunitense Abraham Maslow, a metà degli Anni Cinquanta, li ha sintetizzati in quella che è universalmente conosciuta come "la Piramide di Maslow", suddivisa in cinque livelli e in cui si parte dalle esigenze più elementari, legate alla sopravvivenza dell'individuo, per arrivare al desiderio di raggiungere la migliore posizione possibile all'interno di una gerarchia sociale.

La Piramide può essere interpretata da un punto di vista antropologico, considerando le diverse fasi storiche e il progresso della scienza come la ricerca di un "ben-essere" concepito come il miglior equilibrio possibile tra l'uomo, l'ambiente e la società. Da un primo stadio legato ai bisogni fisiologici degli abitanti delle caverne si passa al secondo, quello della sicurezza e della protezione e, successivamente, a un terzo in cui nei primi villaggi si raggruppavano le famiglie e i clan accomunati da interessi, affetti, identificazione di usi e costumi. È così che, nel divenire, l'abitazione assume sempre maggiore valore e importanza, da semplice riparo a elemento di distinzione, di rango e di status con l'obiettivo anche di aumentare la qualità della vita. È questo il quarto stadio della Piramide e corrisponde al bisogno di stima, di prestigio e di successo. Questa riflessione evidenzia come il concetto di benessere sia stato e sia in continua evoluzione, legato alle condizioni di vita che variano a seconda delle latitudini e a una domanda sempre più avanzata di confort abitativo alla quale, da sempre, architetti e ingegneri cercano di rispondere, anche attingendo alle conoscenze, alle tecnologie e alle scoperte delle varie epoche storiche. Difendersi dal caldo e dal freddo è sempre stata un'esigenza primaria dell'uomo. Al di là dei metodi più elementari, i sistemi di climatizzazione si sono sviluppati nelle varie epoche storiche e in modo diverso secondo la loro localizzazione. Già cinesi, egiziani, greci e romani studiarono, per le abitazioni delle famiglie più abbienti, metodi di riscaldamento e di ventilazione passiva, mentre le civiltà araba e persiana svilupparono sistemi anche più raffinati di climatizzazione, alcuni dei quali ispirati all'antico Egitto.

Il malqaf, in fig. 1, per citare un esempio, era una torre costruita sulla sommità delle abitazioni e funzionava asportando aria calda dall'interno dell'edificio durante il giorno e immettendo aria fresca dall'esterno durante la notte. L'uso di vasche d'acqua sotterranee contribuiva a umidificare e raffreddare ulteriormente l'aria; in particolare, si sfruttava l'energia del vento e del sole poiché il flusso dell'aria si muove a causa della differenza di pressione tra la zona della torre dove soffia il vento e la zona sottovento. In assenza di vento, la corrente viene provocata dall'aria calda che si trova a ridosso della parete sud della torre e che, scaldata

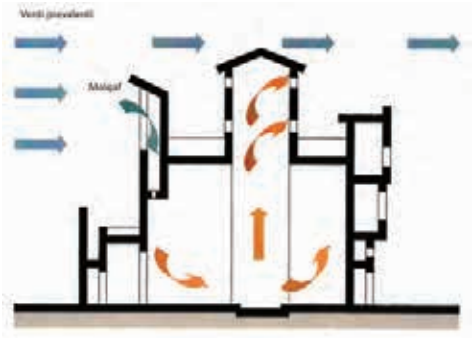


Fig. 1 – Il malqaf.

dal sole, tende a salire. Altre tecniche vedevano l'applicazione di una vela che ruotava attorno a un perno, manovrabile dall'interno, seguendo le diverse angolazioni del vento e ottimizzandone così la resa. In altre situazioni, per la ventilazione di grandi spazi, si usava il Bad-ghir, in fig. 2, una canna di muratura suddivisa in più settori nel senso dell'altezza per cui due di questi rimanevano sempre in ombra creando all'interno della canna un doppio flusso parallelo che da una parte estraeva l'aria calda e dall'altra immetteva l'aria fresca.

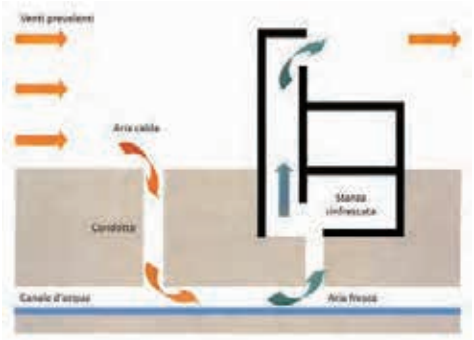


Fig. 2 – Il bad-ghir.

Altro sistema di raffrescamento, diffuso anche nei Paesi europei, era quello evaporativo, affidato alle fontane poste al centro dei giardini interni delle strutture (Fig. 3): in pratica, con il sistema che oggi definiamo adiabatico, l'evaporazione dell'acqua trasforma il calore dell'aria in vapore che raffresca gli ambienti.



Fig. 3 – La fontana del Chiostro dei Benedettini a Monreale.

Più raffinati e complessi erano i sistemi di climatizzazione romani basati sulla tecnica dell'ipocausto (Fig. 4), già noto nell'Antica Grecia e usato poi in tutto il bacino del Mediterraneo fino al Medioevo; nella fig. 5 è mostrato un esempio classico, quello della cosiddetta Casa di Menandro a Pompei. Tutto ciò fa comprendere come l'attenzione al confort termico non sia una prerogativa dell'uomo moder-

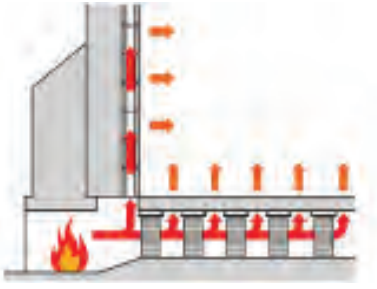


Fig. 4 – L'ipocausto.



Fig. 5 – La villa di Quinto Poppeo, conosciuta come "casa di Menandro", a Pompei.

no, anche se dobbiamo arrivare ai primi del novecento per giungere a quella che noi oggi definiamo "climatizzazione".

Fu infatti l'ingegnere statunitense Willis Carrier, ritratto in fig. 6, che, attorno al 1910, sfruttando l'espansione dei gas, riuscì a ottenere una differente condizione termica in un ambiente chiuso, abbassando o alzando la temperatura e inventando così quello che si può definire "il nonno dei nostri sistemi". Grazie all'intuizione di Carrier negli Stati Uniti si diffuse la cultura del condizionamento dell'aria (termine coniato da un altro americano, Stuart Cramer) e che noi abbiamo poi evoluto nel termine "climatizzazione".



Fig. 6 – Willis Carrier.

All'inizio condizionare significava il solo raffrescamento dell'aria nel periodo estivo, mentre oggi climatizzare significa disporre di sistemi capaci di creare un clima di benessere durante l'intero arco dell'anno, governando una complessa varietà di fattori: temperatura, umidità, ricambio dell'aria, attenzione alla silenziosità. In Europa il condizionamento, inteso come tale, arrivò dopo il secondo conflitto mondiale e nel vecchio Continente possiamo affermare che la prima persona a pensare a una climatizzazione concepita per i bisogni europei e prodotta in Europa, fu Giordano Riello, mio padre, che già dagli Anni Cinquanta lavorava all'interno della Riello Bruciatori, l'azienda di famiglia fondata da suo padre Raffaello con i fratelli Pilade e Giuseppe, nella foto in fig. 7. In un primo tempo, l'interesse per il condizionamento fu dettato da motivi commerciali legati alla stagionalità. La Riello Bruciatori, che al tempo produceva solo apparecchi per il riscaldamento, raggiungendo i picchi di vendita durante i mesi invernali, sentiva la necessità di supportare la propria rete distributiva anche nel corso del periodo estivo.



Fig. 7 – Da sinistra Pilade, Raffaello e Giuseppe Riello.

Fu mio padre che, durante un viaggio negli Stati Uniti, in fig. 8, "scoprì" l'esistenza delle macchine per il condizionamento e decise di farne un proprio business. Diede vita a una sua azienda, la Riello Condizionatori, e introdusse la climatizzazione in Italia con prodotti progettati e realizzati per soddisfare le esigenze dettate dalla cultura del nostro Paese prima e dell'Europa poi. All'inizio la produzione fu per conto terzi mentre la distribuzione era affidata alla Riello Bruciatori e ad altre aziende che operavano in particolare nel settore elettrodomestico.



Fig. 8 – Giordano Riello nel suo viaggio in America.

In fig. 9 è mostrato il modello trasferibile disegnato dall'architetto Richard Sapper. Nel giro di pochi anni, però, Giordano decise di passare a una distribuzione diretta creando il marchio Aermec e subito dopo, con una mossa vincente, allargò la propria attività aggiungendo al condizionamento domestico le apparecchiature legate all'impiantistica. Questa intuizione fu una sfida e un azzardo che diede presto i suoi frutti. Oggi la nostra azienda ha cambiato nome, assumendo quello che prima era il suo marchio ed è diventata una protagonista a livello internazionale con l'80% della sua attività dedicata alle macchine da impianto. In questi ultimi anni lo scenario competitivo nel nostro Paese, in cui si concentrava il maggior numero di imprese del condizionamento, è radicalmente mutato. Le società autonome e familiari sono rimaste una piccola minoranza, mentre la gran parte è passata di mano e ora appartiene a grandi realtà multinazionali. In questo contesto Aermec è oggi una delle ultime aziende "italiane e familiari" di un certo livello a confrontarsi e a "combattere" su uno scenario dominato da colossi. La realtà di Aermec non è però cambiata nel tempo e resta ancora quella di esprimere innovazione nei prodotti coniugando le esigenze degli utilizzatori. Partita con il vecchio condizionatore monoblocco, è stata la prima a introdurre in Europa gli apparecchi split, quelli a due sezioni, con la parte evaporante all'interno e la parte motocondensante all'esterno. Il mercato domestico si caratterizzava però per la sua semplicità tecnologica e quindi il fattore determinante era costituito dal prezzo, per cui fu colonizzato dalle aziende giapponesi prima, e da quelle cinesi poi, che potevano contare su produzioni di massa e basso costo del lavoro. Anche in questa situazione mio padre dimostrò il proprio intuito. Negli anni in cui molte imprese italiane ed europee decidevano di delocalizzare per superare le difficoltà lui, in controtendenza, riorientava la sua impresa progettando la conquista del mercato più evoluto, quello legato alle applicazioni impiantistiche, mantenendo il lavoro nel nostro Paese, nell'azienda in fig. 10. Ancora una volta fu una scelta vincente, una scelta mirata a soddisfare le esigenze più diverse, offrendo alla clientela prodotti studiati e realizzati su misura. Quest'ultima scelta produsse un grande



Fig. 9 – Il modello trasferibile disegnato dall'architetto Richard Sapper.



Fig. 10 – Aermec, la sede.

cambiamento nella fisionomia di Aermec, che, fino ad allora, era stata contraddistinta da due caratteristiche: una presenza nel settore impiantistico con una gamma di macchine di piccola e media potenza che all'epoca si fermavano ai 250 kQ e una forte vocazione nazionale, con l'85% dei volumi venduti nel nostro Paese.

Sul finire dello scorso millennio decidemmo di guardare oltre i nostri confini e i nostri sforzi furono dedicati a una estensione di gamma delle macchine dedicate all'impianto, studiando una serie di prodotti che oggi ci permettono di affrontare ovunque anche i progetti più prestigiosi. Ora i nostri prodotti superano i due Megawatt e siamo presenti nel 70% nei Paesi del mondo, con una quota esportazione pari al 50 per cento. uesto cambio di prospettiva, nel progetto come nella produzione, ha necessariamente comportato un grande sforzo anche sotto il profilo dell'organizzazione commerciale. Oggi sui mercati abbiamo distributori in tutti i Paesi del Globo oltre a una presenza di società commerciali direttamente controllate e governate da Aermec in Inghilterra, Francia, Germania, Polonia e Russia. Fino ad ora il trend è stato positivo e ha dato ragione alle nostre scelte ma non possiamo nasconderci che il mondo cambia sempre più rapidamente e con esso l'offerta di prodotti che diventano sempre più complessi.

Fino a pochi anni fa un refrigeratore era solo freddo o a pompa di calore mentre oggi le opzioni si sono allargate diventando sempre più variegate. È vero che una macchina fa caldo o freddo come una volta, ma può essere offerta con una serie di opzioni: standard, silenziata o supersilenziata; con recupero di calore parziale o totale; accompagnata dalla produzione di acqua calda sanitaria o meno; in versione free-cooling; equipaggiata con compressori on/off o dotata di controlli a inverter. Oggi i prodotti di Aermec sono tailor made e la caratteristica della nostra Azienda, che fa parte del DNA di mio padre, è di avere valorizzato il progetto e lo sviluppo di soluzioni innovative interpretando le esigenze di un mercato in continua evoluzione. Lo spirito che lo ha sempre animato e che ci ha trasmesso, è l'essere una lepre inseguita da tanti cani che però riesce a rimanere sempre un passo avanti.

Ci troviamo in presenza quindi di una grande quantità di soluzioni e noi abbiamo dovuto sviluppare la capacità di operare in un mercato in cui il cliente esprime le esigenze più diverse; un mercato sempre più raffinato e complicato in cui, soprattutto in Europa, si è sviluppata una forte sensibilità per il rispetto dell'ambiente. Questo ci porta ad affrontare nuove sfide e la prima, non certo facile, sulla quale stiamo investendo importanti risorse, riguarda il cambiamento dei gas frigorigeni: dai più vecchi gas, finiti sotto accusa quando emersero le prime preoccupazioni per il buco nell'ozono e l'effetto serra, siamo passati a gas molto diversi che impongono un grande lavoro poiché cambiare gas significa riprogettare i prodotti ex novo. È un percorso ancora molto lungo e non ben definito anche a causa, non possiamo nascondercelo, della forte speculazione che proprio in questi ultimi tempi si è innestata da parte dei produttori di gas. La seconda sfida di grande attualità riguarda l'aumento

dell'efficienza delle macchine, il cui obiettivo è ridurre consumi a parità di potenza erogata, e che si lega anche ai temi dell'acustica: in fig.11 è mostrata la nostra camera semi-anecoica.



Fig. 11 – Aermec, la camera semianecoica.

Ancora oggi possiamo dividere il mondo della climatizzazione in due grandi tipologie: l'espansione diretta basata sul gas che gira all'interno dell'intero impianto e il sistema idronico con macchine che producono acqua calda o fredda che viene inviata ai terminali. Pur avendo la conoscenza e la tecnologia per la produzione di entrambe le tipologie, la convinzione di Aermec è che la tecnologia idronica sia quella che garantisce maggiore flessibilità e che risponde meglio di tutte ai temi legati alla salvaguardia dell'ambiente. Mi piace ricordare che già negli Anni Ottanta Aermec presentò Idrosplit, un sistema innovativo che conquistò larghe fette di mercato anche nell'area domestica. Un'altra caratteristica che distingue la nostra Azienda è la propensione e l'impegno nell'investire non solo in ricerca e sviluppo dei prodotti ma anche nel processo industriale. Questo ci consente di rimanere competitivi anche nei confronti di quei concorrenti che producono al di fuori dell'Europa, con costi decisamente più vantaggiosi. Quello che mi sento di affermare è che la nostra famiglia, pur essendo arrivata alla quinta generazione, cerca di mantenere lo spirito imprenditoriale dei fondatori. Ciò che ci distingue è che ciascuno di noi, prima di entrare nella gestione delle aziende di famiglia già esistenti, ama misurarsi nella creazione di nuove imprese.



Fig. 12 – Giordano Riello e i figli Raffaella e Alessandro.

Se da una parte può sembrare facile essere figli d'arte, dall'altra questa situazione comporta delle difficoltà per la responsabilità morale che ci si sente dentro. Fu così per mio padre quando creò Aermec e Sierra, lo è stato per me quando ho creato RPM, per mia sorella con Fast e lo è ora per mio figlio che ha fondato NPlus.

È importante che un imprenditore incominci dalla gavetta ama ripetere mio padre, ma una sfida non deve essere imposta da altri, deve venire dal di dentro. Negli anni la nostra famiglia, in fig. 12, oltre ad Aermec ha dato vita ad altre attività industriali correlate, che vanno dagli scambiatori di calore ai motori elettrici, dal-

la regolazione e controlli elettronici alla ventilazione meccanica controllata. Alla fine però la vera sfida, che cerchiamo di portare avanti, e che ci sta più a cuore, è l'essere un'azienda italiana guidata da imprenditori italiani, un'azienda che produce in questo Paese per il resto del mondo.



Fig. 13 – Il mondo Aermec.

Siamo convinti che un'impresa non sia solo una realtà economica ma anche una realtà sociale, un nucleo forte di aggregazione, un "microcosmo civile" su cui costruire il futuro.

A noi imprenditori spetta l'obbligo di offrire possibilità di crescita e di arricchimento al territorio che ci ha dato all'inizio la possibilità di nascere e crescere. Verso i nostri collaboratori, di ieri e di oggi, nella foto in fig. 13, nutriamo un debito di riconoscenza perché è stato anche grazie a loro se abbiamo ottenuto questi risultati. Personalmente credo gli imprenditori che mettono in liquidazione o in vendita il loro sistema industriale siano "imprenditori miopi, cittadini di un Paese senza futuro".

Paolo Vigo, Agostino Viola

La metrologia dei volumi: dagli aridi agli standard metri cubi, passando per moggi, pinte e galloni

Abstract
This paper is a brief overview, also historical, of the volume measurement methodologies, their evolution and the current scenario in the measurement of gas and liquid volumes and the technical implications.

Introduzione
Quando ciascuno di noi, da semplice consumatore, cerca di risparmiare del denaro in un Mercato che esalta la concorrenza sui prezzi quale unico efficace calmiere, lo sconforto è grande nello scoprire che le poche decine di centesimi di Euro al litro risparmiate facendo il pieno alle cosiddette pompe bianche, non solo possono essere in parte vanificate dall'allungamento del percorso abituale e dai relativi tempi impiegati, ma possono essere negativamente influenzate da fattori quali la composizione chimica del carburante e la temperatura del rifornimento, ottime per il risparmio nelle ore fredde, che in altri Paesi anche europei vengono debitamente tenuti in conto direttamente nell'erogazione, rendendo trasparente l'effettivo costo.

Sensazioni di sconforto del tutto simili le proviamo anche quando, convinti dai media che il diffondersi delle tecnologie SMART per la fatturazione dei consumi energetici sia rivoluzione di assoluta efficacia per le garanzie dei singoli, nel leggere le nuove bollette generate dai contatori domestici SMART, cioè intelligenti, ci rendiamo conto che, se è pur vero che i dati disponibili per descrivere i nostri usi e consumi sono copiosi e dettagliati nei più svariati intervalli temporali, la fatturazione avviene utilizzando unità di misura a dir poco ostiche per i non addetti ai lavori. Unità che, giustamente coniugate con informazioni sulla qualità energetica del combustibile distribuito nella rete, garantita tramite costanti numeriche, rendono nei fatti incomprensibile il valore in energia fatturato, valore sul quale siamo responsabilmente invitati a intervenire per conseguire l'efficienza energetica, che è uno dei motivi per cui questi contatori sono stati introdotti (Dell'Isola *et al*., 2008; Arpino *et al*., 2011).

Queste all'apparenza banali considerazioni metriche hanno lo scopo di focalizzare l'attenzione sulla complessità e sulla conseguente non semplice intellegibilità che l'uso di tecniche di misura dei volumi genera nelle innumerevoli loro applicazioni. Intellegibilità che, nel caso di specie dei consumi di gas naturale distribuito dalle reti tecnologiche territoriali, si traduce in vere e proprie zone d'ombra sulle quantità

transatte dai singoli. Tutto ciò è in aperta contraddizione con gli sforzi che i metrologi hanno saputo effettuare con successo, specie negli ultimi decenni a seguito della Direttiva MID (Parlamento Europeo, 2014), introducendo semplici e uniformi criteri prestazionali metrici, vale a dire le fasce di incertezza ammesse, per i dieci più diffusi strumenti di uso quotidiano, proprio al fine di garantire in maniera uniforme il libero scambio e contemporaneamente tutelare la fede pubblica nei mercati della UE. Regole prestazionali metriche, quelle adottate nella MID per la caratterizzazione degli strumenti di misura, che possono e debbono essere estese, oltre al mercato, anche a tutte quelle applicazioni di interesse pubblico quali sanità, sicurezza, ordine, protezione dell'ambiente, imposizione di tasse e di diritti (Parlamento Italiano, 2016).

Tornando all'uso di quantificazioni a base volume, esse in molti casi restano retaggio storico e sociale tanto stratificatosi negli usi da non riuscire poi a essere sostituite, nonostante la tecnologia abbia immesso sul mercato strumenti, o meglio complessi di misura, in grado di compensare e correggere i dati volumetrici, di per sé affetti da incertezze strettamente correlate alla natura non invariante della grandezza volume per la quale, ad esempio, la temperatura e la pressione sono parametri di influenza da tenere sempre sotto debita attenzione.

Metrologia dei volumi

La metrologia dei volumi di solidi (in forma granulare), di liquidi o di gas, per la sua apparente semplicità applicativa di confronto diretto, attraverso il riempimento di volumi noti, tra misurando e campione-strumento, si è sviluppata nel corso dei secoli di pari passo con le capacità ingegneristiche e tecnologiche che le lavorazioni delle pietre dure, della argilla-ceramica, del vetro e in ultimo dei metalli, insieme alle conoscenze della geometria solida, mettevano a disposizione dei mercati con la realizzazione in opportune forme di volumi noti e inalterabili, sia con l'uso che rispetto alle azioni degli agenti climatici. Questi Volumi Campione consentono quel confronto diretto per la misura, con incertezze e errori tipici più che accettabili per gli usi, senza dover in alternativa utilizzare strumenti più complessi e critici quali, nel caso dei prodotti agricoli, le bilance.

La storia di ieri

Nelle misure di volume per *aridi*, tipicamente collegate alla quantificazione dei prodotti agricoli quali granaglie e legumi, definiti aridi in quanto la loro conservazione e commercializzazione richiede un basso contenuto in umidità, la forte radice storica trova testimonianza già *nei Libri*: *Non commettere ingiustizia nei tribunali, né con le misure di lunghezza, né con i pesi, né con le misure di capacità* (Levitico cap.19, 3536), *Guai a frodatori sul peso, i quali quando richiedono dagli altri la misura, la pretendono piena* (Corano, Sura 83), e nella presenza in ogni editto su Campioni e Unità di misura di uno specifico paragrafo loro dedicato.

La Loggia delle Misure, sul fianco della Basilica di San Benedetto in Norcia, ne simboleggia, purtroppo oggi ne simboleggiava, come mostrato nelle figg.1-2, una magnifica e monumentale materializzazione con nove contenitori di pietra dura, i Vasi Campione, rappresentativi proprio delle diverse *quantità in volume* necessarie per fornire la riferibilità metrologica al fiorente mercato locale dei legumi, prodotti tipici della zona (si pensi alle lenticchie di Castelluccio di Norcia, prodotto DOP, che ne sono oggi un esempio più che noto). Questo mercato veniva regolato con scambi di merce, confezionata e trasportata in sacchi, il cui contenuto veniva verificato e quantificato in un semplice e rapido contradittorio tra le parti, riempiendo *a raso* detti volumi o vasi, che oltre tutto erano forniti di spatole metalliche per poter, una volta riempiti, essere colmati fino all'orlo, *a raso*; il diffondersi delle bilance o addirittura delle selezionatrici ponderali a contenuto predeterminato dei giorni odierni era allora inimmaginabile. Solo per le noci, le nocciole e prodotti simili la quantificazione in volume avveniva invece *a colmo,* con lo spontaneo determinarsi nei vasi riempiti



Fig. 1 – Basilica di San Benedetto, Norcia (PG), prima e dopo il terremoto.



Fig. 2 – La Loggia delle Misure per gli aridi prima e dopo il terremoto.

di merce di una piramide o di un cono centrale, caratterizzato, merce per merce, da una altezza di equilibrio diversa in ragione della dimensione tipica, la granulometria, della frutta secca oggetto di misura, di per sé poco adatta alla realizzazione di una superficie uniformemente pari agli orli dei Vasi Campione, richiesta proprio dalla regola dello *a raso*. Regole queste ultime storicamente fonti di frequenti fraudolente applicazioni, specie da parte della Nobiltà nei confronti del contado ignaro. La colmatura era detta buona misura del padrone corrispondente all'interesse, esorbitante anzi traboccante, che mascherava il sopruso e l'usura del feudatario, tanto da far sì che nella maggioranza degli editti metrici tipici del XIX secolo veniva prescritto esplicito obbligo nel commercio degli aridi di misurare sempre a raso. Una tecnologia, questa basata sui volumi noti, talmente semplice e intuitiva da sopravvivere ancora oggi, spesso con unità di misura di respiro locale e dedicate alla merce tipica, in mercati rurali che, per scelta tecnica, economica o sociale, continuano a ignorare i vantaggi della invarianza della massa.

La storia di oggi

Nello specifico settore dei prodotti commerciati in volume, sia aridi che liquidi, numerose e diversificate sono le unità di misura con radice antropomorfa e territoriale ancora in uso. Queste Unità e questi Campioni Volume non solo resistono ai divieti espliciti previsti dall'adozione del Sistema Internazionale-SI, che impone per i volumi i metri cubi m^3 e loro multipli e sottomultipli, ma condizionano spesso l'intera catena distributiva in quanto risentono, nella loro adozione e definizione, sia delle *dosi tipiche*, diverse merce per merce, che della *trasportabilità*. Caratteristiche queste che per forza di cose nelle diverse epoche storiche, nei differenti luoghi di commercializzazione e per le differenti merci rispettano sempre la regola del *a misura d'uomo*, così come ad esempio si palesa nelle tipicità dimensionali dei volumi alla mescita per il vino, il calice, o per la birra, il boccale, oppure nelle dimensioni dei contenitori per il trasporto, quali le damigiane, commisurati alla capacità di sollevamento di un singolo operatore, come mostrato in tab. 1. Originale è in questo contesto la constatazione storica che, l'unità di volume *Quarterone*, corrispondente a 0,511560 litri, in uso nella Repubblica di Genova per la commercializzazione dell'olio di oliva, prodotto principe delle terre liguri la cui produzione nella Repubblica era addirittura tassata all'origine con prelievi destinati a mantenere accesa la famosa *Lanterna*, a differenza di tutte le altre unità dell'ordine di grandezza del litro in uso sulle sponde del Mediterraneo, era la più piccola, a conferma della parsimonia caratteriale dei genovesi (Russi e Vigo, 2006; Vigo *et al.*, 2012).

Non è facile per questo orientarsi, né trovare una regola di unitarietà nelle unità tipiche per i volumi di liquidi diverse dal metro cubo, in una congerie di valori e rapporti per le differenti unità e per i loro multipli e sottomultipli, spesso non scalati in via decimale ma con criteri che per i sottomultipli del ½ - ⅓ - ¼ sono tipici delle dosi

Tab. 1 – Tabella di conversione volumi per 1 litro

Metrico	
Metro cubo (m3)	0,001
Decimetro cubico (dm3)	1
Centimetro cubico (cm3)	1000
Millilitro (mL)	1000
Giapponese	
Koku	0,006
To	0,055
Sho	0,554
Go	5,544
Cucina (Unità Misura Americane)	
Tazza	4,227
Cucchiaio da tavola	67,628
Cucchiaino da tè	202,884
Misura di liquidi U.S.A.	
Barile	0,006
Piede cubo (ft^3)	0,035
Gallone (gal)	0,264
Quarto (qt)	1,057
Pinta (pt)	2,113
Gill	8,454
Oncia fluida (oz)	33,814
Pollice cubo (in^3)	61,024

Britannico Imperiale liquido/secco	
Barile (bbl)	0,006
Bushel (bu)	0,027
Peck (pk)	0,110
Gallone (gal)	0,220
Quarto (qt)	0,880
Pinta (pt)	1,760
Oncia fluida (oz)	35,190
Cucina (Sistema Metrico)	
Cucchiaio da tavola	66,667
Cucchiaino da tè	200
Misura secca/di aridi U.S.A	
Barile	0,009
Bushel (bu)	0,028
Peck (pk)	0,114
Gallone (gal)	0,227
Quarto (qt)	0,908
Pinta (pt)	1,816
Gill	7,265
Board foot (FBM)	0,424

e per i multipli sono ispirati invece alla logistica dei contenitori. Utili in tal senso sono le tabelle di conversione che riportano valori numerici, caratterizzati da molte cifre decimali, per consentire i raffronti e le conversioni tra le Unità o, come detto, tra i loro multipli e sottomultipli (Tab.1).

L'analisi storica (Vigo, 2003; Vigo, 2012; Vigo e Viola 2017) conforta la tesi che la complessità e la diversificazione delle Unità di volume in uso trova giustificazione nell'intento più che corretto di fornire per ciascuna tipologia e qualità di merce una informazione sia su quantità che su qualità della merce stessa, ruolo di garanzia della qualità oggi svolto nei liquidi per usi alimentari dai Marchi o dalle Denominazioni di Origine geografica e similari.

Sempre in tema di Unità di volume non è da trascurare, in una visione storico-sociale-culturale della metrologia, la discendenza dell'unità agrimensoria per superfici *Moggio* con *l'unità volumetrica Moggio*: il Moggio è l'estensione di terreno che coltivata a grano ne produce … un Moggio in volume. Il Moggio è una unità superficiale ancora oggi diffusa nelle comunità dei contadi perché ritenuta, proprio nella sua grande variabilità territoriale collegata alle tipicità delle rese dei terreni, più consona per le garanzie transattive rispetto alle are e agli ettari: uniche Unità legali in Italia, dapprima con il Sistema Metrico Decimale, SMD, del maggio 1861 (Vigo, 2012), e attualmente con il Sistema Internazionale SI (Presidente della Repubblica, 1982). Tornando ai volumi di liquidi, innumerevoli diventano le applicazioni e gli sviluppi con il diffondersi delle reti distributive territoriali quali acquedotti e oleodotti, che con la loro diffusione promuovono la produzione di contatori e contabilizzatori di volumi erogati, in genere realizzati secondo lo schema riempimento-svuotamento di volumi noti generati dal fluido stesso nel suo effluire all'interno di una cassa.

Questi contatori discretizzano i flussi poi sommandoli, ma non misurano il valore istantaneo della portata volumetrica , in m^3/s, richiesto per la formulazione dei bilanci di massa e di energia negli impianti di processo. La dicotomia tra contatori e misuratori di portata volumetrica, questi ultimi basati su misure di velocità media nelle sezioni delle tubazioni, è stata spesso causa di non corrette interpretazioni dei dati di bilancio, consumo ed erogazione che nelle applicazioni possono risultare non omogenei dal punto di vista metrico, vista la differente natura, legata ai principi fisici diversi, delle misurazioni da cui provengono. Ne è esempio eclatante il voler considerare quale strumento volumetrico il classico contatore domestico per usi acquedottistici (Fig. 3) , nato come semplice ripartitore dei consumi condominiali e basato su una tecnologia povera, indubbiamente riconducibile al principio della turbina assiale che ruota proporzionalmente al flusso, al quale si richiede di ricoprire il ruolo di contabilizzazione dei volumi noti, che solo rotori e casse (Fig. 4) di lavorazione e realizzazione da meccanica di precisione per evitare trafilamenti, sono in grado di garantire, con incertezze tipiche di questi contatori di volumi di gran lunga migliori di quelle che caratterizzano i misuratori a turbina-girante.

Le nuove regole prestazionali metriche imposte dalla MID ai contatori di acqua domestici, categoria MI 001 (Ficco e Vigo, 2005), unite alla limitazione temporale di durata della vita dei contatori a 10 anni, potranno dar luogo nel tempo all'affermarsi di tecnologie più adatte a rispettare quell'esigenza di maggiore precisione e affidabilità che scaturisce ai giorni di oggi dal maggior valore economico e ambientale che ha assunto e prevedibilmente sempre più assumerà il fluido acqua.

L'attributo *volumetrico* che spesso contraddistingue tecnologie quali le turbine, assiali o radiali, su cui sono basati i relativi misuratori[1], è stato fonte di interpretazioni metriche, nei fatti ricollegabili alla scarsa conoscenza della lingua inglese e nella sostanza fuorvianti, che hanno ammesso l'uso delle turbine quali contatori di volumi



Fig. 3 – Contatore dell'acqua a turbina per usi domestici in sezione.



Fig. 4 – Contatore volumetrico a lobi in sezione.

erogati, proprio perché verificabili per riempimento e confronto con campioni di volume. Tutte le altre tecniche di misura della portata volumetrica , quali a vortici, magnetici, ad ultrasuoni, non sono per anni state ammesse negli usi metrici, perché classificate non volumetriche, cioè non basate sulla contabilizzazione di volumi noti. Solo oggi, grazie alle nuove regole prestazionali metriche già richiamate introdotte dalla MID, vale a dire che quello che conta non è il principio fisico di misura, ma la capacità dello strumento di rispettare i limiti ammessi, dette tecniche di misura sono riconosciute e ammesse e hanno avuto il via libera nelle applicazioni della cosiddetta metrologia legale, che oggi sta giustamente migrando verso il termine metrologia regolatoria, a sottolineare che nelle reti tecnologiche, di per sé regolate negli usi metrici da normative internazionali, l'attenzione verso il ruolo della strumentazione quale garante del mercato è, negli intenti del legislatore, finalizzata alla incentivazione dei comportamenti virtuosi dei singoli, più che alla prevenzione delle frodi.

Sempre in tema di Unità in volume di fluidi, liquidi e gas, e di loro usi e conversioni metriche, la confusione diventa massima e ancora oggi impera quando, con lo sviluppo di mercati quali quelli petroliferi e del gas naturale, le quantità in gioco, misurate in volume, non solo si collocano tipicamente su valori e scale poco familiari ai non addetti, i barili nel caso del greggio, ma essendo tali valori in volume strettamente correlati allo stato termodinamico del combustibile, liquido o gas, spesso richiedono una loro definizione, cosiddetta standardizzata o normalizzata, cioè riportata a valori di riferimento[2].

Il mercato dei combustibili, liquidi o gassosi, è ovviamente finalizzato alla loro utilizzazione quali generatori di energia ed è quindi corretto che le transazioni commerciali avvengano non più in volumi o in volumi standardizzati, ma utilizzando o meglio misurando proprio l'energia a essi connessa (Celenza *et al.*, 2015). E allora gli

Sm^3 o Nm^3, ricavati dalle misurazioni e contabilizzazioni volumetriche che tramite la standardizzazione introducono in maniera surrettizia nelle quantificazioni la massa, vengono poi moltiplicati per i contenuti energetici tipici, i poteri calorifici, di ciascun combustibile, ricavando la sua capacità di fornire energia per unità di massa, che è la quantità oggetto della transazione commerciale (Arpino, 2013; Dell'Isola. 2014).

Altro che scienze dell'occulto per il consumatore ignorante, altro che regole *dello a colmo* o *dello a raso*: la misura della portata in volume di un fluido moltiplicata per il tempo di erogazione e corretta, cioè standardizzata, in temperatura e pressione, diventa la base della transazione commerciale, cioè delle bollette energetiche. Sempre che il gas erogato abbia un valore noto e costante del potere calorifico che viene per così dire misurato e garantito dal distributore o dal gestore della rete, che ha l'obbligo di garantirlo ed esplicitarlo nella fatturazione energetica. In questo modo, il valore del potere calorifico del gas naturale distribuito nelle reti diventa elemento transattivo critico nei protocolli e nei codici di gestione nonché nelle connesse fatturazioni, visto che il consolidarsi di un mercato mondiale del gas aperto fa convivere o meglio mette in competizione le differenti provenienze geografiche e le diversificate tecnologie produttive, quali il gas naturale fossile, e quello liquefatto, lo shale gas e il biometano.

Si aggiunga a tutto questo che il mercato aperto del gas naturale prevede anche la completa miscelabilità nelle reti distributive territoriali dei gas di dette provenienze o tecnologie. In particolare, è tipica di questi ultimi anni la diffusione, nel settore del gas naturale, di tecnologie quali la fermentazione e la successiva decarbonizzazione delle colture non alimentari per la produzione di biometano, combustibile praticamente carbon free, ovvero esente dalle contabilizzazioni della CO_2 immessa in atmosfera, imposte dagli accordi Internazionali sulla salvaguardia del Clima. Questo comporta immissioni locali del biometano nelle reti territoriali spesso favorite, dalle politiche energetiche e ambientali dei singoli territori o Stati, in nome proprio della sostenibilità climatica. Sostenibilità che poi nelle promozioni commerciali dei gestori delle reti verrà di sicuro sbandierata ed esaltata, senza che il consumatore abbia spiegazione o percezione dei complessi risvolti metrici e delle garanzie connesse. La conseguenza è che nel settore del gas naturale, che è in grande espansione viste le sempre più stringenti limitazioni alle emissioni imposte ai carburanti solidi e liquidi sia nei trasporti che nel riscaldamento, le informazioni e i dati di misura che generano i dati economici delle bollette dei singoli consumatori diventano dei veri e propri puzzle metrologici.

La storia di domani

Si auspica che con l'avvento e la diffusione delle tecnologie SMART negli strumenti di misura delle reti tecnologiche distributive, le complesse operazioni di misura sinteticamente descritte vengano rese almeno comprensibili dal singolo consumatore

inconsapevole che, invece di ricevere dati orari dettagliati e ridondanti dei propri consumi energetici termici, cosi come attualmente avviene per mode mutuate dalle specificità delle reti distributive elettriche, riceva dal proprio contatore intelligente anche dati macroscopici di tendenza-confronto, ad esempio rispetto ai suoi valori storici di consumo o a quelli da considerare come standard tipici di unità abitative similari. Questi dati potrebbero aiutarlo a perseguire *con intelligenza* quelle singole logiche e quei comportamenti virtuosi, che poi possono tradursi negli auspicati risparmi energetici nazionali e contemporaneamente nel responsabile contenimento delle emissioni da combustione, queste ultime letali in primis per i microclimi e poi, su scala globale, per i cambiamenti climatici. Obiettivi locali e globali da tutti condivisi che, se non accompagnati da una riferibilità spinta ma resa anche comprensibile, resteranno delle pure declaratorie o ancor peggio verranno nei fatti percepiti come insopportabili obblighi burocratici, volutamente espressi in linguaggi di gergo o per i soli addetti ai lavori.

Questo rappresenterebbe una completa sconfessione dell'anelito illuminista sulla universalità delle misure, non più antropomorfe ma antropocentriche, che ha tanto contribuito agli sviluppi della metrologia di questi ultimi due secoli.

Bibliografia

Arpino F., Celenza L., D'Alessio R., Dell'Isola M., Ficco G., Vigo P., Viola A. 2013. Unaccounted for gas in natural gas transport networks. *Proceedings of FLOMEKO 2013*, Paris, 355-362.

Arpino F., M., D'Alessio R., Ficco G., Vigo P. 2011. Misura e contabilizzazione dell'energia del gas naturale. *Atti del VII° Congresso Metrologia e Qualità*.

Celenza L., Dell'Isola M., Ficco G., Vigo P. 2015. Uncertainty analysis of energy measurements in natural gas transmission networks, *Flow measurement and instrumentation*, 42, 58-68.

Dell'Isola M., Frattolillo A., Vigo P. 2008. *La contabilizzazione dei volumi di liquidi diversi dall'acqua*. Collana ispettori metrici. Roma: Ed. Istituto Tagliacarne.

Dell'Isola M., Vigo P., Arpino F., Ficco G. 2014. Unaccounted gas in natural gas trasmission networks: Prediction model and analysis of the solutions. *Journal of natural gas science and engineering*, 17, 58-70.

Ficco G., Vigo P. 2005. The web information Service e-verific@tion for the application of the CE-MID Directive on Measuring Instruments. *Proceedings of 19th Metrology Symposium.* Croatia.

Parlamento Europeo. 2014. *Direttiva 2014/32/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato di strumenti di misura (rifusione)* (Testo rilevante ai fini del SEE). Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea n.96/149 del 29.03.2014.

Parlamento Italiano, 2016. *Attuazione della direttiva 2014/32/UE concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato di strumenti di misura, come modificata dalla direttiva (UE) 2015/13. DLgs. N. 84 del 19 maggio 2016*. Gazzetta Ufficiale n. 121 del 25.05.2016.

Russi A., Vigo P. 2006. Dall'Antropomorfo all'universale: l'evoluzione dei codici e delle misure nella storia italiana. *Atti del II Convegno Nazionale della Storia dell'Ingegneria*. Napoli: Cuzzolin Editore.

Vigo P, Viola A. 2017. L'aridità delle misure degli aridi. Tutto misure, 103-110.

Vigo P. 2003. Metrologia e Società civile un binomio in continua evoluzione anche nella nostra Italia. In: *L'arte della misura*, 129-134. Roma: ed. CieRe.

Vigo P. 2012. L'unificazione metrica in Italia, vista dal Regno delle due Sicilie. *Tutto misure* 75-79

Vigo P., Clemente E., A. Russi. 2012. Metrologia e Mercati: le misure e la tutela del consumatore nel commercio, fra passato e futuro. *Rivista di Storia Finanziaria*, 35-53.

Note

1. I rotori delle turbine assiali e radiali, grazie alle loro pale sottili, assumono velocità di rotazione direttamente proporzionali alla velocità media di efflusso e quindi alla portata volumetrica
2. I valori di quantità di sostanza espressi in volumi normalizzati o standard sono quelli che il liquido o il gas oggetto di quantificazione in volume assumerebbe nelle condizioni prefissate o di riferimento: con pressione p (ipotizzata pari a quella atmosferica al livello del mare e pari a 1013,25 hPa) e temperatura T (ipotizzata pari a 0 °C in riferimento alla dizione normalizzata N, e a 15 °C nella dizione standard S). E' chiaro che esiste una dicotomia tra Normal-Nm^3 e Standard-Sm^3, conseguenza del valore della temperatura di riferimento da utilizzare nella correzione dei volumi, che trova origine nei differenti punti di vista dei fisici o degli ingegneri (che progettano o gestiscono gli impianti con temperature tipiche dell'ambiente dell'ordine delle decine di gradi celsius) e che risulta assolutamente incomprensibile per i non addetti.

Monica Calzolari, Stefano Marsella

Il progetto del sistema antincendio della Basilica di San Paolo fuori le mura a Roma: un caso di sicurezza antincendio del XIX secolo

Abstract

Recent archive researches have revealed that, after the fire that destroyed in 1823 a large part of the papal Basilica of Saint Paul outside the walls, the Engineer and Architect Luigi Poletti was commissioned by Pope Leo XII to provide for its reconstruction.

During the accomplishment of the most important part of the work, carried out between 1833 and 1869, the Eng. Arch. Poletti asked the Pope Gregory XVI to be helped in the realization of fire protection of building. The Pope then instructed Jesuit father Angelo Secchi, astronomer and geodesist of the Collegio Romano, to provide for the protection of the building. With the help of Giacomo Luswerg, German and Italian naturalized optician and scientist, a complex of activities led to the creation in Rome of a fire-fighting service set up on the model adopted in the Napoleonic period in France. Of particular interest from the point of view of engineering innovation, however, is the design of a fire system that was to be built to protect the roof of the basilica. This system, in the project described by the documents of the Rome State Archives, was based on thermometers that, when exceeded at a certain temperature, activated the discharge of fire water contained in tanks under the roof of the building. Such a system can be considered the first fire detection system ever built.

Introduzione

La Basilica Papale di San Paolo fuori le mura è una delle quattro basiliche di Roma, insieme a San Giovanni in Laterano, San Pietro e Santa Maria Maggiore. La Basilica fu fondata dall'imperatore romano Costantino I sul luogo di sepoltura di San Paolo, dove si narra che, dopo l'esecuzione dell'Apostolo, i suoi seguaci eressero un memoriale consacrato da Papa Silvestro nel 324. Era molto probabilmente un piccolo edificio a tre navate che ospitava, vicino all'abside, la tomba di Paolo ornata da una croce dorata. La piccola chiesa di Costantino fu presto giudicata troppo piccola per contenere il flusso di pellegrini e fu presa la decisione di abbatterla. Nel 386 l'imperatore Teodosio I cominciò a erigere una basilica molto più grande, cambiando l'orientamento dell'abside da Est a Ovest. La chiesa fu consacrata nel 390.

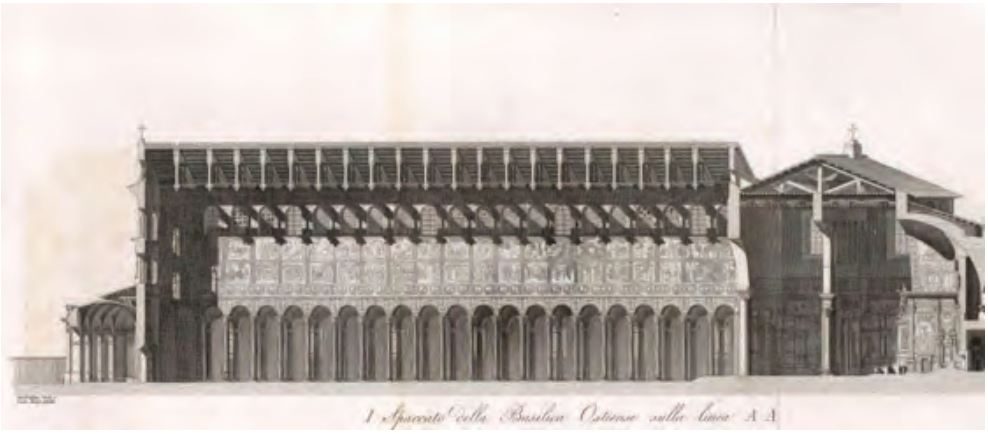


Fig. 1 – Sezione della Basilica prima dell'incendio (da Nicolai, 1815).

Nel corso dei secoli i Papi continuarono ad abbellire la Basilica con affreschi, mosaici, dipinti e cappelle. San Paolo fuori le mura nel V secolo era più grande della vecchia Basilica di San Pietro, nel XIII secolo fu arricchita con opere d'arte: Papa Onorio III commissionò il grande mosaico dell'abside e i lavori del chiostro, progettato dall›artista Vassallectus; nel 1285 fu aggiunto il magnifico ciborio di Arnolfo di Cambio e sempre a questo periodo risale il candelabro per il cero pasquale, una colonna alta sei metri decorata con bassorilievi in stile romanico, ispirati alle decorazioni sui sarcofagi che raccontano storie del Nuovo Testamento (Nicolai, 1815).

La Basilica conservò il suo carattere primitivo per 1435 anni, fino all'incendio che ne causò la distruzione quasi totale nel 1823. (Cerioni, 1988; Crielesi, 1999; Stefani, 2002; Sebastianelli, 2004; Cerocchi, 2004; Docci, 2006; Sermattei Fiumi, 2013), [1].

L'incendio e la ricostruzione

La notte del 15 luglio 1823 nella basilica si sviluppò un incendio che durò circa cinque ore, distruggendone gran parte. Secondo l'accurata ricostruzione condotta dal Prof. Wittman, la basilica e il monastero di San Paolo fuori le mura erano quasi deserti all'alba del 16 luglio 1823. I monaci che vivevano lì si erano trasferiti, come tradizione, nella loro casa estiva romana di San Callisto in Trastevere da maggio fino alla fine di novembre, per evitare la malaria che affliggeva il sito paludoso sulla riva del Tevere. Solo verso l'una del mattino le fiamme furono avvistate da un mandriano che diede l'allarme al capo giardiniere e al caposquadra che si trovavano nel Monastero. Il caposquadra corse al corpo di guardia presso la Porta San Paolo, distante dalla Basilica circa un miglio e un quarto a nord, lungo la via Ostiense, e da lì qualcuno fu inviato ad avvisare i vigili del fuoco acquartierati in Piazza di Sant'Ignazio, a un altro miglio e mezzo di distanza dalla Porta. Solo verso le 3 e 15 i primi vigili



Fig. 2 – L'interno della basilica in rovina vista dall'ingresso, 1823. Disegno e incisione di Luigi Rossini: Rovina della gran Basilica di San Paolo fuori le mura … (Istituto centrale per la grafica, Roma).

del fuoco arrivarono finalmente alla Basilica, quando ormai il tetto era crollato. Un forte vento che soffiava verso est aveva spinto le fiamme da una parte all'altra verso l'abside e tre arcate orientali della navata stavano ancora bruciando. Ben presto arrivarono altre squadre antincendio e distaccamenti di guardie pontificie insieme a squadre di carabinieri e poliziotti a cavallo. La notizia dell'incendio raggiunse i monaci a San Callisto verso le 4 e 45 del mattino, e nel giro di un'ora anche loro giunsero sul posto. Mentre le ultime sezioni del tetto della navata precipitavano, le antiche colonne della basilica iniziarono a esplodere per l'intenso calore. L'incendio fu domato solo a metà mattina del 16 luglio (Witmann, 2017).

Dopo l'incendio solo alcune strutture rimasero in piedi. Il transetto sostenne miracolosamente il crollo di parte delle navate e resistette alle altissime temperature del fuoco, conservando il ciborio di Arnolfo di Cambio e alcuni mosaici (Cerioni, 1988; Crielesi, 1999; Stefani, 2002; Sebastianelli, 2004; Cerocchi, 2004; Docci, 2006; Sermattei Fiumi, 2013, 2017), [1, 2, 3].

Anche l'abside, l'arco di trionfo, il chiostro e il candelabro furono salvati, ma la maggior parte dei muri dovette essere ricostruita. Per ricostruire la Basilica in modo identico, fu lanciato da Papa Leone XII un appello significativo al contributo di tutti i fedeli (Leone XII, 1825a).

La ricostruzione della Basilica durò fino al 1935; la sua riapertura avvenne nel 1840 e la riconsacrazione nel 1855, alla presenza di Papa Pio IX e cinquanta cardinali. Nel periodo tra l'incendio e la realizzazione della maggior parte delle opere considerate in questo documento, furono interessati sei pontificati: Leone XII, Pio VIII, Gregorio XVI, Pio IX e Leone XIII.

La Basilica venne ricostruita in modo identico, utilizzando tutti gli elementi che erano sopravvissuti all'incendio (Leone XII, 1825b). La ricostruzione e la decorazione, sotto la direzione dell'architetto Luigi Poletti a partire dal 1833, richiesero molto tempo e molti Paesi diedero il proprio contributo: dal viceré d'Egitto arrivarono colonne di alabastro, dall'imperatore di Russia la preziosa malachite e i lapislazzuli del tabernacolo. Il lavoro sulla facciata principale fu completato dal governo italiano.

Questioni di sicurezza antincendio della Basilica

Dai documenti presenti negli archivi[1] emerge un aspetto di interesse delle opere di ricostruzione che riguarda le caratteristiche di sicurezza antincendio richieste dal Papa Gregorio XVI, probabilmente preoccupato dalla possibilità che l'incendio potesse essere stato appiccato intenzionalmente piuttosto che da un incidente durante i lavori di manutenzione, come la versione ufficiale della Segreteria di Stato aveva dichiarato. Per questo motivo, il Papa chiese all'architetto Luigi Poletti di fornire un sistema antincendio alla Basilica che tenesse conto delle principali criticità legate al rischio di incendio, che nella notte del 15 luglio 1823 consentirono alle fiamme di crescere e svilupparsi senza che nessuno se ne accorgesse:

- l'enorme estensione del tetto, con travi in legno;
- il fatto che il legno che costituiva le travi era di abete e quindi di tipo resinoso;
- l'assenza di manutenzione: paglia e nidi di uccello depositati negli interstizi tra tegole e tetti e tra il compost e le travi, aumentava il rischio di incendio;
- l'assenza di sorveglianza: l'ubicazione della Basilica in un'area quasi deserta e malsana costringeva i sacerdoti a lasciare l'edificio tra giugno e settembre per sfuggire alla malaria.

Era per questi motivi che, secondo le valutazioni svolte, l'incendio si era propagato in modo così rapido.

Il progetto di sicurezza antincendio

L'architetto Luigi Poletti chiese allo scienziato e astronomo gesuita Angelo Secchi e al fisico Giacomo Luswergh di aiutarlo a creare un sistema antincendio.

Il progetto di protezione antincendio che doveva essere installato nella Basilica era basato sull'analisi delle principali criticità ricordate. Quindi, le questioni legate allo stato di abbandono nei periodi estivi, alla distanza delle caserme dei vigili del fuoco più vicine e alla struttura in legno del tetto furono prese in considerazione sia nel progetto di ricostruzione che nella riorganizzazione dei servizi antincendio della città di Roma.

Anche se non rimane alcuna evidenza fisica di questo sistema, che è stato rimosso negli anni successivi, importanti tracce sono rimaste nei documenti conservati nell'Archivio Centrale dello Stato, nell'Archivio di Stato di Roma, nell'Archivio della Pontificia Università Gregoriana, nella Biblioteca Luigi Poletti di Modena. Prima di tutto, tra il 1860 e il 1861 fu realizzato un sistema di cinque parafulmini. In particolare, il sistema proteggeva il campanile e le navate. Nel 1867 fu completata la riorganizzazione del servizio antincendio con l'istituzione di una caserma dei pompieri nei pressi della Basilica; questa decisione fu presa anche nell'ambito del miglioramento delle difese di Roma dalle campagne che Giuseppe Garibaldi aveva intrapreso per conquistare la città.

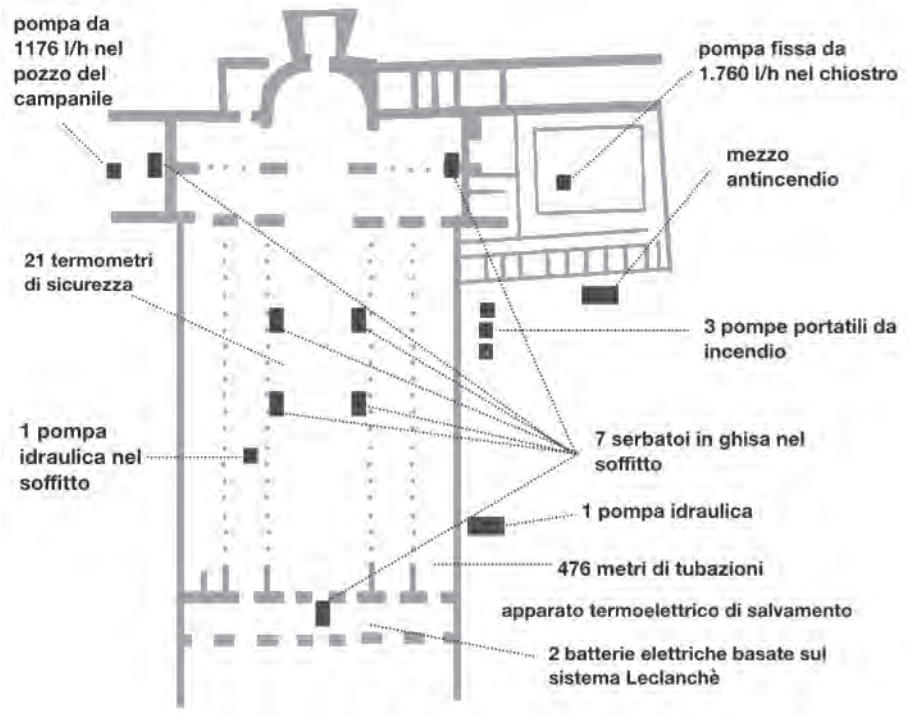


Fig. 3 – Posizione ipotetica dei sistemi di estinzione e del sistema di rivelazione incendio (da [1]).

Tra i mesi di ottobre 1867 e giugno 1870, infine, Poletti, Secchi e Luswergh progettarono, sotto la direzione di Secchi, un sistema chiamato *apparecchio di salvamento in caso di incendio*, costituito da un insieme completo di pompe con contenitori d'acqua posizionati in vari punti della fabbrica e di tutti gli accessori necessari.

Dal punto di vista storico la parte più interessante di questo sistema riguarda il progetto ideato da padre Secchi e da Luswergh e la realizzazione e l'installazione da parte di quest'ultimo fra il 1867 e il 1872 di un *Apparecchio termoelettrico avvisatore d'incendi*, che consisteva in:

– ventuno termometri di sicurezza;
– due batterie elettriche il cui funzionamento era basato sul sistema Leclanché;
– un telegrafo posto nella casa del guardiano della Basilica;
– una serratura speciale con solo tre chiavi, per lo sportello di accesso al soffitto.

Nel 1880, dopo la conquista di Roma da parte delle truppe sabaude e la soppressione della Commissione speciale per la riedificazione della Basilica di San Paolo, il cantiere fu affidato all'architetto Guglielmo Calderini, sotto la cui direzione il sistema fu completato con un collegamento telegrafico tra la Basilica e la sede dei Vigili del fuoco in Piazza Firenze.

Il 1° maggio del 1889 fu firmato un contratto di manutenzione triennale con la ditta Luswergh. Il 7 ottobre, però, un falso allarme che aveva inutilmente mobilitato i vigili del fuoco creò grande clamore a causa di un articolo di denuncia comparso sul quotidiano Il Messaggero. Fu pertanto avviata una indagine per stabilire le responsabilità dell'accaduto. Il Prof. Blaserna, direttore dell'Istituto di Fisica dell'Università di Roma, che già durante l'estate si era occupato dello studio del sistema, su incarico del Ministero e con l'aiuto del preparatore del laboratorio di fisica Giovanni Campbell, stilò un rapporto in cui, pur riconoscendo che il sistema era soddisfacente, osservava che non vi si poteva riporre troppa fiducia, in quanto esso permetteva di dare l'allarme solo quando l'incendio era già divampato. Nella stessa relazione, il Prof. Blaserna sottolineava, perciò, la priorità della prevenzione degli incendi, attraverso la prescrizione di norme di comportamento rigorose per le persone che vivevano all'interno o nelle immediate vicinanze dell'edificio.

Nel 1890 Calderini scrisse al Ministero per negare l'utilità del sistema progettato da Poletti, Secchi e Luswergh, in quanto:

– in un ambiente così vasto i termometri non erano in grado di percepire immediatamente l'azione del calore in qualsiasi punto;
– il telegrafo era *illusorio e inutile* poiché a San Paolo non c'era nessuno in grado di trasmettere un avviso;
– il sistema telegrafico poteva essere sostituito dal telefono per mettere la Basilica in comunicazione con la stazione centrale del Corpo dei Pompieri di Roma in Piazza Firenze;

– la riduzione dell'accesso al solaio al minimo numero di persone effettivamente necessarie, e la conseguente abolizione delle visite quindicinali effettuate dai manutentori del sistema, era la misura migliore per prevenire gli incendi.

Nel 1891 venne installata la linea telefonica tra la Basilica di San Paolo e il quartiere dei Vigili del fuoco e il sistema di avvisatori antincendio fu abbandonato.

L'innovazione del sistema di protezione antincendio adottato a San Paolo fuori le Mura

Il sistema di protezione antincendio installato a San Paolo fuori le Mura a Roma nel 1869 è molto importante nella storia della sicurezza antincendio. Il modo in cui le caratteristiche di protezione antincendio degli edifici si sono evolute nel corso dei secoli non è stato studiato in modo approfondito; infatti, mentre alcuni studi sono stati condotti sulla storia dei servizi antincendio, che iniziò con il primo Impero romano, lo studio dei sistemi di protezione è stato riconosciuto come una disciplina separata della conoscenza ingegneristica solo a partire dalla seconda metà del XIX secolo, negli Stati Uniti. Pertanto, solo pochi riferimenti possono essere reperiti sull›evoluzione delle tecnologie antincendio prima di tale periodo. Dalle informazioni raccolte su questo argomento dagli Autori si può affermare che:

– Henry S. Parmalee di New Haven, nel Connecticut, è considerato l'inventore del primo erogatore sprinkler ai fini antincendio. Nel 1874, installò il suo sistema antincendio nella sua fabbrica di pianoforti. Frederick Grinnell migliorò il design di Parmalee e nel 1881 brevettò il sistema che porta il suo nome; continuò a migliorare il dispositivo e nel 1890 inventò un sistema sostanzialmente uguale a quello oggi in uso [1-2];
– il 28 aprile 1852 è stato messo in servizio a Boston il primo impianto comunale di allarme antincendio elettrico, inventato da William Channing e Moses Farmer, utilizzando le cabine di chiamata con segnalazione automatica per indicare la posizione di un incendio [3].
– Nessuna informazione può essere trovata sui sistemi di rivelazione incendio prima del XX secolo.

Conclusioni

Dalle informazioni raccolte sullo sviluppo dei sistemi di rivelazione incendi, sembra che l'apparecchio antincendio installato nel 1869 nella Basilica di San Paolo fuori le mura possa essere considerato il primo tentativo documentato di realizzare un sistema di rivelazione di incendi. Vale la pena sottolineare che i sistemi di tipo sprinkler, le cui prime installazioni sono state documentate dal 1852, possono agire anche come sistemi di rilevazione degli incendi, ma fino al XX secolo la loro funzione non poteva essere separata dal rilascio di acqua antincendio.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il Prof. Richard Wittman della University of California, Santa Barbara, per le informazioni fornite sull'incendio della Basilica.

Bibliografia

Cerioni A.M. 1988. L'incendio del 1823. Problemi e polemiche per la ricostruzione e sua realizzazione. In: *San Paolo fuori le mura a Roma* (a cura di Pietrangeli C.), 67-84. Firenze: Nardini.

Cerocchi P. 2004. I Custodi della sicurezza della Città del vaticano. *Obiettivo sicurezza*, maggio, 21-24.

Crielesi, A. 1999. San Paolo fuori le mura, Quel faro delle Genti… *Itinerari Culturali*, VIII, 10.

Docci M. 2006. *San Paolo fuori le mura dalle origini alla basilica delle origini*. Roma: Gangemi.

Leone XII. 1825a. *Sanctissimi domini nostri Leonis Divina providentia papae XII. Epistola encyclica ad omnes patriarcas, primates, archiepiscopos, et episcopos*, Roma, ex Typographia Rev. Camerae Apostolicae.

Leone XII. 1825b. *Chirografo della Santità Di Nostro Signore papa Leone XII In data dei 18 settembre 1825 Sulla riedificazione della basilica di S. Paolo nella via Ostiense. Esibito per gli Atti del Farinetti notaro e cancelliere della R.C.A. il giorno 22. del mese ed anno suddetto*, Roma, presso Vincenzo Poggioli stampatore Camerale.

Morelli R., Sonnino E., Travaglini C.M. (a cura di). 2002 *I territori di Roma, storie, popolazioni, geografie*. 285-306. Roma, Università Roma Tre-Università di Roma Tor Vergata-Università di Roma La Sapienza.

Nicolai N.M. 1815. *Della Basilica di S. Paolo, opera di Niccola Maria Nicolai romano votante della segnatura di grazia con piante, e disegni incisi*. Roma: Stamperia De Romanis.

Sebastianelli F. 2004. L'incendio della basilica di S. Paolo fuori le mura. *Roma moderna e contemporanea*. XII(3), 539-566.

Sermattei Fiumi I. (a cura di). 2013. 1823. L'incendio della basilica di San Paolo Leone XII e l'avvio della ricostruzione. Genga, castello 24 luglio - 8 settembre 2013. *Quaderni del Consiglio regionale delle Marche*, XIII, 128.

Sermattei Fiumi I., Regoli R., Sette M.P. (a cura di). 2017. *Antico, conservazione e restauro a Roma nell' età di Leone XII*. Ancona: Consiglio Regionale delle Marche.

Stefani C. 2002. Monumenti e documenti. Un'indagine sulla zona Ostiense tra XVIII e XIX secolo. In: *I territori di Roma, storie, popolazioni, geografie* (a cura di Morelli R., Sonnino E., Travaglini C.M.), 285-306. Roma, Università Roma Tre-Università di Roma Tor Vergata-Università di Roma La Sapienza.

Sitografia

[1] http://www.fireriskheritage.net/tag/st-paul-outside-the-walls/).

[2] http://www.trianglesprinklersystems.co.uk/fss-history.php

[3] http://ethw.org/Milestones:

Note

1. Archivio Centrale dello Stato, Roma. *Ministero della Pubblica Istruzione, Direzione delle Antichità e Belle Arti, II versamento, II parte*, b. 415, fasc. 4615 "Commissione tele-

grafica", 1884-1897. Archivio di Stato di Roma. *Commissione per la riedificazione della basilica di San Paolo*, b. 4, fasc. 1 "Progetti e scandagli per il restauro della basilica": Antonio Can(oni)co Santelli, *Progetto per procurare i mezzi onde riedificare la famosa Basilica di S. Paolo alla via Ostiense*, s.d. [1825]; b. 55, fasc. "Luswergh Meccanico Costruzione delle macchine per gli incendi", 1860-1875; *Registrazioni dei mandati*, 1871, mandato n. 171. Archivio Storico della Pontificia Università Gregoriana, Roma. APUG 2rec, cc. 1-131 (XI), c. 1: Angelo Secchi, "Memoria per tutelare dagli incendi la nuova Basilica di San Paolo". APUG 5rec, cc. 1 -21 (VI), c. 1: "Istruzione intorno alla maniera di mettere i parafulmini", s.d. Biblioteca Luigi Poletti, Modena. *Fondo Poletti*, C/109 – LP. XII-6, doc. n. 107: progetto per l'installazione dei parafulmini [1860]. C/132 – LP. XXXVII.8 "Osservazioni fatte nell'anno 1833 sullo stato della Basilica Ostiense per il ristauro della medesima".

Stefano Cocco

Dal sisma del 28.12.1908 al R.D. n.193/1909: i lavori della prima Sottocommissione

Abstract
In the 20th century in Italy, with almost perfect periodicity, the occurrence of a seismic event has always given rise to regulations (R.D. 193/1909) designed to mitigate the destructive effects induced by the earthquake. In an attempt to investigate and rethink, through certain documentation, some events in the early twentieth century Italian technological culture - with the aim of expanding and systematizing the picture of knowledge in this particular field - it is of primary importance to re-read in particular preliminary studies in the drafting of specific technical regulations. Paradigmatic in this respect is the report of the commission that had received the task of studying and proposing building regulations for cities affected by the earthquake of December 28, 1908.

Introduzione
Lo studio proposto sviluppa il tema dell'evoluzione della normativa tecnica (AA. VV., 2002) volta alla riduzione degli effetti del terremoto sul costruito nella particolare cornice temporale di inizio Novecento. Come noto (Giuffrè, 1987), per buona parte del secolo breve si instaura tra gli eventi tellurici e le disposizioni legislative antisismiche un rapporto binomiale legato a un principio causa effetto che trova il suo fil rouge, come già accaduto nel Settecento e nell'Ottocento, nelle relazioni compiute dai tecnici incaricati di svolgere i sopralluoghi (Guidoboni e Valensise, 2011) nelle zone colpite dall'evento catastrofico; in fig. 1 è riportata la testata della relazione della Commissione Consultiva. Lo scopo della ricerca, quindi, è quello di indagare il percorso compiuto dai tecnici in queste fasi preliminari, che hanno preceduto la redazione dei futuri testi normativi ed è volto, pertanto, all'individuazione delle ragioni che hanno determinato le successive scelte. Al contempo la ricerca fornisce un approfondimento del quadro evolutivo delle tecniche di intervento sul costruito storico nonché uno strumento operativo teso ad ampliare e sistematizzare il quadro della conoscenza in questo specifico settore.

L'attività del gruppo di lavoro
La Commissione[1], nominata con D.R. del 15 gennaio 1909, a meno di un mese dall'evento sismico, *era incaricata di studiare e proporre norme obbligatorie per*

le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni da eseguirsi nelle regioni colpite dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri anteriori (Commissione, 1909)[2].

La prima riunione plenaria in cui furono inaugurati i lavori e illustrati i compiti della Commissione si tenne a Roma il 25 gennaio 1909. In quell'occasione, l'allora ministro dei Lavori Pubblici, On. Bertolini, raccomandò massima sollecitudine e individuò una priorità, di carattere temporale, in merito alla tematica delle riparazioni, che vennero considerate in maniera distinta rispetto a quelle di minor rilievo e di carattere semplicemente conservativo, che risultavano immediatamente eseguibili dai singoli proprietari senza l'intervento e l'aiuto del Governo. Nella medesima circostanza fu rimarcata l'importanza in merito al *compito sostanziale della Commissione* di non rivolgere l'attenzione esclusivamente al *tipo di costruzione* che offrisse una *relativa incolumità contro il terremoto* quanto piuttosto nel suggerire *tipi di costruzione che, pur soddisfacendo tali requisiti* tenessero in considerazione gli aspetti *finanziari della popolazione che deve costruire e ricostruire* (Commissione, 1909). Nella determinazione di tali tipi di costruzione si dovevano tenere anche presente altri fattori come quelli connessi all'aspetto della *varietà*, legata al particolare contesto urbano e rurale oltre che alla diversa destinazione degli edifici, raccomandando al contempo semplicità e chiarezza nelle norme da prescrivere. A conclusione della prima seduta, a seguito dell'intervento del ministro dei lavori pubblici e di quello del presidente della Commissione[3] venne votato all'unanimità l'ordine del giorno in cui *la commissione ritiene di doversi occupare delle riparazioni organiche, intese cioè a modificare e consolidare la struttura resistente degli edifizi o di qualche loro parte sostanziale, per modo che corrispondano, per quanto è praticamente possibile, alle prescrizioni che verranno imposte per le ricostruzioni o nuove costruzioni* (Commissione, 1909). Tale espressione, con lievi modifiche formali, sostanzierà l'approccio concettuale della normativa tecnica in merito alle riparazioni degli edifici danneggiati da eventi sismici per molti decenni[4]. Nella prima seduta venne inoltre ipotizzata[5], e successivamente confermata, la suddivisione in sottocommissioni. La prima Sottocommissione[6], in particolare, aveva il compito di visitare i luoghi colpiti dal terremoto, in fig. 2, e presentare deduzioni e suggerimenti[7].


RELAZIONE DELLA COMMISSIONE

NORME EDILIZIE OBBLIGATORIE

COMUNI COLPITI DAL TERREMOTO

ROMA

Fig. 1 – Testata della relazione della Commissione Consultiva. Archivio della Soprintendenza B.A.A.A.S. di L'Aquila.



Fig. 2 – Luoghi visitati: Nocera, Palmi, Castiglione, Vibo Valentia, Favelloni, S. Leo di Briatico, Gioia Tauro, S. Anna, Seminara, Melicucca, Messina, Reggio Calabria.

I sopralluoghi

Durante i sopralluoghi furono presi in esame i fabbricati recenti e non, tra cui le abitazioni realizzate dai Comitati di soccorso all'indomani del sisma del 1905. La relazione, corredata di materiale fotografico, esito di questi lavori, consta di una prima parte operata per punti e di una seconda contenente le considerazioni conclusive.

I fabbricati di antica costruzione

La parte iniziale, nello specifico, esaminava nei primi sette punti le soluzioni abitative meno recenti. In particolare, mediante un approccio oggettuale trasposto nella successiva normativa, venivano prese in considerazione le chiusure orizzontali, intermedie e di copertura, e le chiusure verticali in muratura, genericamente intesa. In maniera a sé stante, ma sempre per punti, furono esaminate le soluzioni costruttive delle *case baraccate antiche* e delle *case intelaiate*, le prime costituite da *ossature unite di legnami disposti in senso verticale, orizzontale e diagonale racchiusi, entro le murature di perimetro e trasversali*, le seconde in cui *l'ossatura è di legname a faccia vista, e le pareti, negli specchi formati dai correnti di legno, sono costituite del riempimento di muratura*[8] (Commissione, 1909), che in termini di sicurezza nei confronti degli effetti del sisma, rispetto a quanto emerso dai sopralluoghi, erano eguagliate dalle soluzioni abitative provviste di incatenature con chiavi o tiranti di ferro, orizzontali e verticali, in fig. 3. In particolare la Sottocommissione precisò che le catene di ferro utilizzate dopo i terremoti del 1894 e del 1905 erano risultate inefficaci perché *non facenti corpo colle murature, che erano deboli, o perché mal disposte nelle diverse parti dei fabbricati stessi* (Commissione, 1909).

Più in generale, a parere della Commissione, le case che risultarono di *migliore resistenza* furono quelle ad uno o due piani in muratura di mattoni con fondazioni *larghe, solide e profonde* site su roccia o su *terreno saldo* (Commissione, 1909). Infine furono prese in esame la parte ipogea delle *costruzioni speciali*[9] e le soprelevazioni. Queste ultime, nella generalità dei casi, durante l'evento sismico erano crollate e avevano danneggiato la porzione sottostante del fabbricato e le abitazioni vicine. Da quanto emerse dalla visita dei luoghi, le fondazioni risultarono generalmente assenti o non di un *buon tipo costruttivo*; le murature, inoltre, risultarono di pessima qualità in quanto costituite da inerti di forma irregolare e più generalmente da ciot-



Fig. 3 – Documentazione fotografica riportata nella Relazione elaborata dalla Commissione; da sinistra: edifici rimasti incolumi: Stazione ferroviaria a Spartivento (casa intelaiata); abitazione a Vibo Valentia (casa baraccata); abitazione a Melicucca (casa incatenata).



Fig. 4 – Documentazione fotografica riportata nella Relazione elaborata dalla Commissione; da sinistra: resti di abitazioni costruite con ciottoli e malte di bassa qualità a Reggio Calabria; rovine di case costruite con ciottoli e con solai e tetti non incatenati a Messina; crolli di abitazioni con murature di qualità scadente e solai non incatenati a Messina.

toli di fiume non spaccati e da malte di scarsa consistenza dovuta all'uso di sabbia e calce di bassa qualità. Rivolgendo poi l'attenzione ai sistemi strutturali orizzontali, la Sottocommissione rilevò che i solai non avevano una *buona presa nella muratura* e che le travi *impalettate* alle estremità o disposte in modo tale da fungere da catena o semplicemente appoggiate per tutto lo spessore murario erano pochissime, come mostrato in fig. 4.

Le chiusure orizzontali di copertura crollate, la maggioranza di quelle esistenti, mostravano una totale assenza di organi atti ad assorbire la spinta dei puntoni, mentre le poche provviste di sistemi di eliminazione delle spinte avevano in alcuni casi perfino impedito la caduta dei muri sui quali poggiavano, come è visibile in fig. 5.

In merito alle soluzioni costruttive che prevedevano il ricorso a murature provviste di irrigidimenti, la Sottocommissione rilevò che le abitazioni realizzate con le soluzioni costruttive riconducibili alle tipologie delle *case baraccate antiche* e delle *case intelaiate*, secondo quanto emerse dai sopralluoghi, non erano crollate completamente salvaguardando la vita umana ,nonostante presentassero delle lesioni e uno *scompaginamento delle masse murali* (Commissione, 1909), tanto maggiore quanto peggiore era la qualità di queste ultime, in fig. 6.

Tra le soluzioni adottate e riconducibili, almeno per taluni aspetti, alle due tipologie espressamente riportate in precedenza può essere annoverata quella individuata come casa costruita con intelaiatura di ferro e riportata al 13° punto della relazione, in quanto non visionata direttamente dalla Sottocommissione. Questa abitazione, sita in Villa S. Giovanni (frazione di Pizzo Superiore) e di proprietà del sig. Vincenzo Lofaro, fu trovata *quasi intatta*; era realizzata su due livelli, un piano cantinato e un piano terra, ed era costituita da un atrio e sei vani. La soluzione costruttiva prevedeva *poutrelles* metalliche verticali poste agli angoli del fabbricato collegate *rigidamen-*



Fig. 5 – Documentazione fotografica riportata nella Relazione elaborata dalla Commissione; Tetto "incatenato", non caduto (Duomo di Seminara).



Fig. 6 – Documentazione fotografica riportata nella Relazione elaborata dalla Commissione; Casa baraccata con muratura di scarsa qualità (Seminara).

te con intelaiature orizzontali formate di travi come le precedenti (Commissione, 1909) poste in corrispondenza dell'impalcato del piano terra e dei soffitti; gli *scomparti* di tale sistema erano realizzati con muratura in laterizio.

I fabbricati di costruzione moderna

Nei successivi otto punti della prima parte del rapporto della Sottocommissione incaricata di visitare i luoghi sono riportate le osservazioni fatte sulle *costruzioni moderne*, quelle cioè realizzate dopo il sisma del 1905 dai Comitati di soccorso presso Castiglione, Favelloni, S. Leo di Briatico, Melicucca e infine Messina, in fig. 7.

Le soluzioni abitative dei centri minori, tutte diverse per tipologia, ebbero risposte differenti all'evento tellurico del 1908. In particolare, la Sottocommissione, nella stesura della relazione, pose in evidenza che le soluzioni risultate indenni erano comunque realizzate al di fuori dell'area *mesosismica*, mentre quelle maggiormente danneggiate o completamente crollate, nonostante fossero site in aree comunque interessate dal moto sismico in maniera minore, erano state realizzate dai Comitati di soccorso, di cui si ammirava comunque lo sforzo, senza osservare le opportune regole dell'arte tanto da manifestare, ad esempio, già prima del sisma diverse problematiche riguardanti infiltrazioni d'acqua, presenza di umidità e un eccessivo discomfort termico nei mesi estivi[10]. A tal proposito risulta particolarmente significativa la carta sismologica del terremoto del dicembre 1908, in fig. 8, che costituisce l'allegato F alla relazione.

In merito alla città di Messina la Sottocommissione cita in relazione quattro manufatti edilizi riportati come *vere costruzioni in cemento armato* tutti *incolumi*[11] e

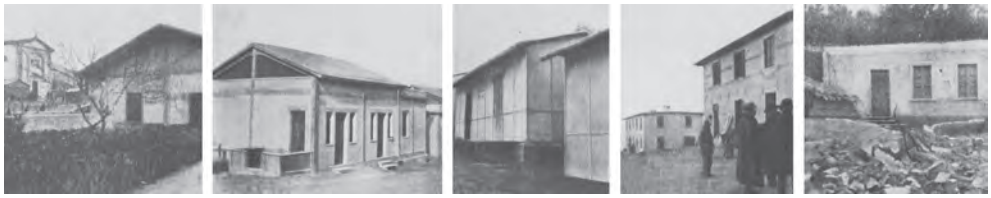


Fig. 7 – Documentazione fotografica riportata nella Relazione elaborata dalla Commissione; da sinistra: casa intelaiata a Castiglione; casa con ossatura in cemento armato a Favelloni Piemonte; casa in lamiera di ferro rivestita internamente di sughero e legno a Favelloni di Piemonte; case a struttura mista di cemento armato e muratura a S. Leo di Briatico; case crollate a Melicucca.



Fig. 8 – Documentazione riportata nella Relazione elaborata dalla Commissione; Carta sismologica del terremoto del dicembre 1908 – Allegato F.

due abitazioni indenni o poco lesionate: l'abitazione del dott. Cammereri, sita in via S. Martino, e il Casino o Villa Lanzara, presso piazza Vittoria. Il primo fabbricato era costituito da due piani, uno ipogeo e un altro fuori terra ed era caratterizzato da muri di fondazione continui in pietrame con malta di calce e pozzolana spessi 1,5 m per il primo tratto, di altezza 1,5 m, e una muratura di mattoni con la medesima malta

per il secondo tratto, di altezza 1,2 m. Il sistema murario dello stesso edificio nella porzione epigea era completamente in muratura di mattoni: il primo strato alto 1,2 m e spesso 1,3 m, il secondo spesso 0,7 m per la parte perimetrale e tra 0,4 m e 0,5 m per quella interna. La seconda abitazione, anch'essa provvista di un piano interrato e un piano terra, era stata realizzata prima del 1894 e, secondo quanto riportato in relazione, risultava esternamente di pregevole fattura tale da far presagire un'opera *egregiamente costruita* (Commissione, 1909); non fu possibile visionare l'interno.

Sempre riguardo la città di Messina e più nello specifico in merito ad alcuni manufatti edilizi a uso non abitativo, la Sottocommissione, tramite una sintetica descrizione, poneva in relazione il ridotto sviluppo verticale, la presenza di una platea di fondazione e l'uso del cemento armato con il ridotto livello di danneggiamento[12].

Riflessioni conclusive

A seguito di quanto emerso dai sopralluoghi la Sottocommissione arrivò a delineare delle conclusioni, la cui stesura per punti anticipa la maggior parte dei contenuti riportati nella successiva norma, suddividendo gli edifici tra quelli da riparare e quelli nuovi. I criteri da seguire per questi ultimi furono declinati secondo tre aspetti: *tipo*, *struttura* e *particolari*.

Il primo punto delle considerazioni conclusive riguardò la riparazione dei fabbricati danneggiati dal sisma. A tal proposito, in via prudenziale si propose l'intera demolizione per quei fabbricati in cui risultavano in modo manifesto una scarsa qualità costruttiva e un livello di danneggiamento rilevante, caratterizzato cioè da lesioni e disconnessioni diffuse delle principali parti strutturali (murature e chiusure orizzontali, Fu ammessa la conservazione per i pochi casi in cui le lesioni riguardavano esclusivamente le partizioni eseguite con *buona muratura*, assoggettandoli alle necessarie lavorazioni utili a conseguire la futura stabilità, tra cui una riduzione dell'altezza oltre alle misure operative che saranno prescritte nel futuro R.D. 193/1909. A tale proposta venne aggiunta quella dell'ing. Perilli, membro della Sottocommissione, che ritenne possibile la riparazione dei fabbricati che risultavano danneggiati anche in qualche *parte principale* qualora se ne fosse ravvisata l'opportunità secondo il criterio del *caso per caso* e a seguito di un progetto approvato dall'Autorità competente.

Nei punti successivi, in merito al *tipo* delle nuove costruzioni, furono individuati parametri numerici, tipici delle normative prescrittive di fine Ottocento e di inizio Novecento, circa l'altezza e il numero massimo dei piani, rispettivamente 10 m e due piani. Venne inoltre posta l'attenzione al tema degli edifici costituenti un unico *isolato* e posti in pendio, per i quali si propose una fondazione in piano per ciascun edificio e un livello di gronda unico. A tale soluzione i commissari Canevazzi e Perilli opinarono che per edifici industriali o a uso pubblico potesse essere ammessa un'altezza maggiore, purché non fossero aggregati ad altri edifici, fossero realizzati

in luoghi circondati da ampie strade e fossero realizzati secondo progetti accurati ed approvati *volta per volta* dall'Autorità competente. Per quanto concerne le strutture dei nuovi edifici furono ammesse, cioè consigliate, quelle in legno e quelle di tipo *baraccata* o *intelaiata*. Quest'ultima, in particolare, doveva essere realizzata con membrature uniche o rese tali con *sistemi indeformabili*, mentre il sistema murario doveva essere realizzato con l'uso di mattoni o con *pietre parallelepipede* disposte a corsi orizzontali come quelle realizzate nei pressi di Monteleone a seguito del sisma del 1905, in fig. 9. A tale proposta, il prof. Salemi Pace e l'ing. Camerana obiettarono l'uso nella *casa baraccata* di una muratura in pietra di qualsiasi genere, ammettendo il solo uso di pomici e mattoni vuoti mentre i commissari Ceradini, Canevazzi e Perilli ritennero possibile, per le abitazioni a un solo piano, il ricorso alla muratura di mattoni e di pietra *lavorata*, disposta a corsi orizzontali, provvista di *catene di cintura* e realizzata su fondazioni *buone e salde*. In merito ai *particolari*, la Sottocommissione - dopo aver indicato come premessa la necessità di proporzionare la sezione dei muri al fine di far risultare il *centro di gravità* del manufatto il più basso possibile - forniva secondo un approccio prescrittivo e oggettuale, lo stesso utilizzato dalla futura norma, alcune direttive in merito a: scale, *abolite* se in muratura, volte, *abolite*, aggetti, *permessi* purché di *limitata sporgenza*, solai, *bolzonati* e *imbragati* con legamenti esterni , tetti, provvisti di catene per eliminare le spinte e leggeri, tramezzi, collegati alle intelaiature principali e *ingabbiati*, e condotte impiantistiche, tutte, di ogni genere e specie, disposte in modo da non *intaccare* la sezione muraria.



Fig. 9 – Documentazione fotografica riportata nella Relazione elaborata dalla Commissione; casa baraccata in costruzione nei pressi di Monteleone (Vibo Valentia)

Nei punti residuali si palesava il divieto di costruire edifici realizzati a *cavaliere* su terreni caratterizzati da *natura geologica diversa*, la necessità di realizzare fondazioni a *zatterone in legname* o a platea di calcestruzzo armato e gravanti, per quanto sia possibile, su roccia o su un *banco sodo* o reso tale tramite i *mezzi dell'arte del costruttore*.

Conclusioni

La relazione della prima Sottocommissione, esito di studi condotti in un ristrettissimo lasso temporale, si configura non solo come lavoro preliminare al futuro disegno di legge ma piuttosto come la struttura fondante della stessa normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica. Tale procedura, che vede protagoniste le commissio-

ni e i relativi studi preliminari, se da un lato non è nuova nella tradizione italiana (Baratta, 1901) come risulta dai precedenti Settecenteschi e Ottocenteschi, dall'altro risulta essere il primo momento in cui la complessità, la qualità e l'organicità con cui è condotta risultano di tale rilievo da fornire la base conformativa anche per la normativa antisismica che sarà varata molti anni dopo, a meno di ridotte modifiche, primieramente rivolte a una variazione dimensionale sulle prescrizioni.

Il legame relazione-norma è tale da incarnare i tratti essenziali dei futuri dettati legislativi per diversi anni; ciò è particolarmente evidente nello specifico ambito delle riparazioni di costruzioni in muratura, che nei primi decenni del Novecento caratterizzano la stragrande maggioranza del tessuto antropizzato italiano. In tal senso va riletto, infatti, non solo l'approccio prescrittivo, in quanto delineato testualmente dalla stessa Commissione, ma soprattutto l'approccio oggettuale del R.D. 193/1909 e successivi, già presente nella stesura delle considerazioni conclusive della relazione. Un esempio di ciò è fornito dal lessico tecnico e in particolare dall'uso di espressioni dal carattere più argomentativo che matematico e caratterizzate da un approccio lasco, in netta opposizione al carattere prescrittivo su aspetti dimensionali, che per lungo tempo pervaderanno i testi normativi e che alla sapienza del tecnico lasciano la possibilità di operare e di scegliere con il principale monito di seguire la regola dell'arte. Paradigmatiche in tal senso sono le pragmatiche osservazioni, dal carattere emendativo, proposte da alcuni membri della Sottocommissione che costituiscono di fatto le deroghe, tacite o palesi, al rigore prescrittivo di una normativa giovane, a uno stato embrionale, che di fatto costituisce in primis il recepimento di una osservazione diretta condotta sui luoghi colpiti dall'evento sismico.

Ringraziamenti

L'autore ringrazia l'Archivio della Soprintendenza B.A.A.A.S. di L'Aquila per aver reso possibile questo lavoro, anche grazie alla concessione rilasciata in merito all'uso del materiale fotografico.

Bibliografia

AA.VV. 2002. *La classificazione e la normativa sismica italiana dal 1909 al 1984*. Servizio Sismico Nazionale, Ufficio sistemi di Gestione Territoriale. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Baratta M. 1901. *I terremoti d'Italia, saggio di storia geografia e bibliografia sismica italiana*. Torino: F.lli Bocca.

Commissione. 1909. *Relazione della Commissione incaricata di studiare e proporre norme edilizie obbligatorie per i comuni colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 e anteriori*. Roma: Stabilimento tipo-litografico del genio civile.

Giuffrè A. 1987. *Cento anni di norme sismiche*. Ingegneria Sismica, 2, 13-18.

Guidoboni E., Valensise G. 2011. *Il peso economico e sociale dei disastri sismici in Italia negli ultimi 150 anni*. Bologna: Bonomia University Press.

Note

1. Composizione della Commissione: Ing. Italo Maganzini (Presidente di Sezione del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici – Presidente), Ing. Giuseppe Agazio (Ispettore superiore del Genio Civile), Colonnello Mariano Borgatti (Genio militare, Roma), Ing. Enrico Camerana (Ingegnere capo nel R. Corpo delle Miniere, Bologna), Ing. Silvio Canevazzi (Prof. nella R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri di Bologna), Ing. Cesare Ceradini (Prof. nella R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri di Roma), Ing. Pietro Fenoglio (Torino), Ing. Cesare Nava (Deputato al parlamento, Milano), Ing. Modesto Panetti (Prof. nella R. Scuola navale superiore di Genova), Ing. Giovanni Salemi Pace (Prof. nella R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri di Palermo), Ing. Angelo Revcend (Prof. nel R. Politecnico di Torino – Relatore), Ing. Giuseppe Fornari (Ingegnere del Genio Civile – Segretario), Ing. Giuseppe Canonica (Ingegnere del Genio Civile – Segretario).
2. Laddove non specificato le citazioni in corsivo sono riprese dalla relazione della *Commissione incaricata di studiare e proporre norme obbligatorie per le riparazioni, rico-struzioni e nuove costruzioni da eseguirsi nelle regioni colpite dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri anteriori*.
3. Durante l'intervento del Presidente venne effettuata la consegna alla Commissione delle pubblicazioni e delle proposte pervenute al Ministero per le costruzioni da eseguire nelle zone sismiche e ancora delle relazioni ufficiali e dei provvedimenti governativi relativi ai terremoti della Liguria, dell'Isola d'Ischia e a quelli avvenuti nelle Calabrie nel 1894 e nel 1905.
4. La legge n.1684 del 25-11-1962, Capo III (Riparazioni), Art. 20 (Criteri generali - Divieti ed eccezioni), recita: *... omissis ... Le riparazioni organiche, intese a modificare o consolidare le strutture resistenti degli edifici o di loro parti essenziali, devono essere eseguite in conformità delle disposizioni della presente legge … omissis … .*
5. Secondo la prima ipotesi le Sottocommissioni dovevano essere due. La prima aveva l'incarico di recarsi sui luoghi colpiti dal sisma per constatarne i sistemi costruttivi prevalenti, la qualità dei materiali impiegati ed il comportamento avuto dagli organismi edilizi presenti sotto l'effetto del sisma ed il comportamento avuto dalle costruzioni realizzate dai Comitati di Soccorso a seguito del sisma del 1905. La seconda Sottocommissione aveva, invece, l'incarico di esaminare le pubblicazioni e le proposte comunicate alla Commissione.
6. Costituita da Camerana, Canevazzi, Ceradini, Perilli e Salemi Pace
7. I sopralluoghi si svolsero dall'1 al 10 febbraio 1909 e gli esiti, da cui sono derivate le conclusioni riportate nell'allegato A alla relazione medesima, furono trasmessi al Presidente della Commissione, già a partire dal 12 febbraio
8. La definizione delle tipologie *baraccata* e *intelaiata* nella relazione della Sottocommissione risulta particolarmente significativa in quanto una descrizione altrettanto puntuale non ha luogo nel dettato normativo del R.D. 193 del 1909.
9. Fondazioni di ponti ferroviari, gallerie ferroviarie e le vasche oleifere di Gioia Tauro.
10. Le osservazioni fatte dalla sottocommissione possono essere così sintetizzate:
    Castiglione – Comitato Napolitano – Tipo intelaiato – assenza di lesioni.
    Favelloni – Comitato Piemontese – Membrature principali in *cemento armato* disposte verticalmente agli angoli dei corpi di fabbrica ed orizzontalmente a *formare cintura sul piano di fondazione* e alla quota del *piano di gronda*. La soluzione costruttiva è caratterizzata da una chiusura orizzontale di base realizzata tramite una *soletta, munita di nerva-*

tura e chiusure verticali formate da murature in blocchetti vuoti di forma parallelepipeda in cemento e sabbia e giunti di malta. Il manto di copertura, infine, è realizzato con grandi lastre di eternit del tipo comunemente adottato per pareti e rivestimenti - distacchi delle chiusure verticali dai *pilastrini ed architravi in cemento armato* (generalmente indenni) per assenza di adeguate connessioni oltre ad infiltrazioni ed umidità preesistenti dettate dall'elevata dimensione delle lastre tale da favorire la reciproca sconnessione dei giunti a seguito di deformazioni legate alla variazione termica e blocchetti eccessivamente porosi per un errore del rapporto sabbia - cemento.

Favelloni – Comitato Piemontese – Case in lamiera di ferro rivestite internamente in legno o sughero – Discomfort termico nei mesi estivi.

S. Leo di Briatico – Comitato Lombardo – Soluzioni abitative a due piani provviste di pilastri di laterizio ed orditura di *architravi in cemento armato* allo spiccato dei muri, alla quota di gronda ed a metà altezza abbinati a muratura di pietrame listata con mattoni. Solai a travicelli lignei *inchiavardati* all'esterno, manto di copertura in tavolato ligneo finita con *holzeement* (quattro strati di cartone e pece con sovrapposto strato di sabbia e ghiaia sciolta) – assenza di lesioni, come nelle altre fabbriche costruite in loco, e presenza di infiltrazioni piovane dalla copertura.

Melicucca – Comitato livornese – Case monopiano costituite da pilastri ed *architravi orizzontali* al livello del terreno ed alla quota di gronda – Crollate nella generalità dei casi per la scarsa qualità del ferro impiegato e per l'assenza di collegamenti.

11. In particolare: un padiglione a un piano con chiusure orizzontali in solette armate realizzato in adiacenza alla stazione sussidiaria dei Ferry-boats; un deposito per gli accumulatori nella officina centrale per la luce elettrica costituito da un sistema orizzontale in travi di 10,7 m, disposte con interasse di 2 m, provviste di un impalcato realizzato con una *soletta* di 12 cm; un ampliamento di un fabbricato di due piani della ditta Perroni-Paladini, collegato al corpo di fabbrica preesistente e costituito da due muri di 25 cm disposti ad angolo retto (sistema Repeci) e orizzontamenti a ogni livello di *soletta in cemento armato*; un deposito di materiali per l'esecuzione di lavorazioni in cemento armato annesso al fabbricato della ditta Perroni-Paladini, costituito da un piano sotterraneo e un piano terra con sviluppo planimetrico 16 m x 16 m, in cui la chiusura orizzontale del piano terra, in travi doppio T di ferro e voltine, è sorretta da due travi in cemento armato appoggiate ai muri perimetrali e, al centro, su un pilastro anch'esso in cemento armato.
12. Tra le fabbriche a uso non abitativo menzionate: la copertura del torrente Portalegni in cemento armato, la stazione della tramvia Sicula, con alcuni edifici di altezza ridotta lungo la strada a sinistra della villa Cammareri, l'edificio dell'Ammministrazione della condotta d'acqua, caratterizzato da una ridotta altezza e parte fondato su platea, e il serbatoio Torre Vittoria, unico serbatoio cittadino costruito in cemento armato.

Stefano Cocco

Dal sisma del 28.12.1908 al R.D. n.193/1909: i lavori della seconda Sottocommissione

Abstract
Today, a century away from the earthquake of 1908 that struck Messina and Reggio Calabria, it is possible to consider the specific technical regulations issued, as R.D. 193/1909, a primary source of knowledge also in the technological field. However, the scenario directly deducible from this regulations is not sufficient to describe the real substratum of technological culture. Therefore it is of primary importance to re-read preliminary studies to these technical regulations. Paradigmatic, in this respect, is the role played by the commission that had the role of studying and proposing rules for the reconstruction of the buildings affected by the earthquake of 28th of December 1908. This is evident from the particular themes treated as the definition of the state of the art and the identification of calculation hypotheses for buildings subjected to seismic actions.

Introduzione
Il tema di indagine si riferisce a uno specifico episodio nell'ambito più ampio dell'evoluzione delle normative per le costruzioni antisismiche. A tal proposito, il meccanismo attuale di recepimento, all'interno del testo normativo della conoscenza ultima, era presente, in forma diversa, anche agli inizi del Novecento. In particolare le prime normative antisismiche, hanno recepito in termini prescrittivi, quasi trasponendo tout cour, il contenuto delle relazioni elaborate dalle commissioni consultive all'uopo nominate. Si vuole pertanto rileggere una singolare vicenda che dette luogo a quella che viene considerata in letteratura la prima vera normativa antisismica nazionale (AA. VV., 2002; Landolfo, 2005). Tale episodio risulta ancora più significativo proprio per lo studio posto in essere dalla seconda sottocommissione in merito alla definizione dello stato dell'arte, ponendo l'attenzione agli studi precedenti ufficiali e privati sia di matrice nazionale che estera, e alla formulazione di ipotesi di calcolo delle strutture nei confronti delle sollecitazioni sismiche corredate, tra l'altro, di esempi applicativi.

L'attività del gruppo di lavoro
La Commissione[1], nominata con D.R. del 15 gennaio 1909, si riunì per la prima assemblea plenaria a Roma il 25 gennaio 1909; in quell'occasione furono inaugurati

i lavori e fissati gli obiettivi e fu inoltre ipotizzata[2] la suddivisione in Sottocommissioni (Cocco, 2018), di cui la seconda[3] aveva il mandato di definire lo stato dell'arte esaminando le pubblicazioni nazionali ed estere sul tema, le relazioni, le proposte, i disegni pervenuti e tutto quanto altro attinente all'argomento. In particolare, il 7 febbraio gli ingegneri Fenoglio, Panetti e Reycend si riunirono a Torino per l'esame dei documenti e delle proposte formulate da scienziati, professionisti e costruttori italiani, mentre a Roma il colonnello Borgatti portava avanti l'esame delle pubblicazioni estere. Durante le due sedute del 13 Febbraio, tenute presso la Scuola navale superiore di Genova sotto la presidenza dell'ing. Maganzini, i membri della Sottocommissione, oltre a discutere i criteri da adottare nel fissare le norme per le nuove costruzioni, le ricostruzioni e le riparazioni delle abitazioni ricadenti nel cratere sismico, esaminarono uno studio preliminare realizzato con criteri scientifici dal prof. Panetti. L'analisi riguardava il *procedimento da seguirsi per istituire i calcoli di stabilità di un edificio soggetto all'azione delle scosse* (Commissione, 1909)[4] e decisero di costituire una quarta Sottocommissione[5], che aveva l'incarico di compilare un primo schema di norme da sottoporre successivamente all'intera Commissione. Durante tali riunioni plenarie, tenute a Roma tra Febbraio e Marzo[6], si dette corpo al regolamento che venne comunicato il 5 marzo al Ministro dei Lavori pubblici. A seguito delle osservazioni formulate nelle sedute del 23 e 24 marzo, svolte a Roma, fu licenziato lo schema definitivo che costituì l'allegato D della relazione. Le sole e *leggiere* modifiche apportate alle *norme di calcolo* proposte dal prof. Panetti, dalla Commissione, di concerto con il ministro dei Lavori pubblici, erano tese esclusivamente a renderle *più semplici e quindi di più facile e sicura applicazione*.

Definizione dello stato dell'arte

La Sottocommissione esaminò più di settanta documenti di eterogenea provenienza e valore scientifico e diede, nella stesura della relazione finale, maggior rilievo alle *proposte utili e praticamente consigliabili*. Pertanto fu posto in risalto solo quanto contenuto nelle *relazioni, nei regolamenti ufficiali e nelle memorie di ordine scientifico e critico*, senza trattare le proposte pervenute circa *speciali tipi costruttivi, progetti di edifici, particolari materiali edilizi* dovuti a iniziative private[7], che furono ritenute adottabili nelle zone terremotate sia dai privati che dagli enti pubblici, qualora fossero risultati rispondenti alle norme tecniche inserite nel regolamento. I documenti, puntualmente riportati nella relazione, furono quindi divisi in due gruppi: relazioni ufficiali e pubblicazioni di scienziati e ingegneri italiani ed esteri.

Le relazioni ufficiali

Tali documenti erano costituiti dai rapporti redatti dalle commissioni che avevano preceduto l'emanazione dei singoli disposti normativi, successivi agli eventi sismici verificatisi a partire dal 1783. La prima documentazione riportata, secondo un ordine

temporale, fu, infatti, quella relativa ai provvedimenti emanati il 20 marzo 1784 dal governo Borbonico[8]. A questa fanno seguito gli studi[9] da cui discese il Regolamento Edilizio di Pio IX per la città di Norcia del 28 aprile 1860, la relazione della Commissione composta dagli Ispettori Giordano e Comotto che precedette il Regolamento edilizio dell'isola d'Ischia (Polverino, 1998), la *Relazione scientifica sul terremoto del 16 novembre 1894 in Calabria e Sicilia*[10] e quella preliminare all'emanazione delle *Norme per la costruzione ed il restauro degli edifici danneggiati dal terremoto nelle provincie calabresi ed in quella di Messina*[11] del 1906. L'unica eccezione è costituita dalle *Norme per la costruzione ed il restauro degli edifici nei comuni liguri danneggiati dal terremoto del 22 febbraio 1887,* che non risultano, secondo quanto riportato, essere state anticipate da una relazione, non forniscono particolari indicazioni in merito ai restauri e *risultano condotte su quelle della relazione degli ing.ri Giordano e Comotto* oltre ad ammettere, unico caso nelle coeve normative antisismiche, la costruzione di abitazioni composte di *tre piani oltre il terreno*.

In merito agli aspetti tecnici le disposizioni Borboniche, le prime esaminate, non ammettevano la realizzazione di edifici residenziali costituiti da più di due piani, fatta eccezione per un ammezzato di altezza non superiore ai 2,65 m nelle abitazioni prospicienti piazze e vie molto ampie. In conseguenza di ciò, si imponeva la demolizione di tutte quelle porzioni di fabbricati in contrasto con tale prescrizione; ugualmente doveva essere fatto per le murature che manifestavano un fuori piombo anche lieve e per tutti gli aggetti che non risultassero sicuri. Le chiusure orizzontali di copertura dovevano essere provviste di un sistema di eliminazione delle spinte mentre per gli impalcati si prevedeva l'incatenamento delle travi ai muri. L'unico sistema costruttivo direttamente citato dalla sottocommissione in questo ambito è quello delle *case baraccate*, che avevano dato buona prova di sé. A tal proposito, in una fase successiva della relazione, viene citato lo studio condotto dal Giordano e dal Camotto sul comportamento avuto dalle abitazioni realizzate con tale sistema *nelle Calabrie, nel Beneventano, a Norcia, a Lisbona (dopo il terremoto del 1755), nel Cile, a Lima e che vennero anche adottate in Giappone* (Commissione, 1909).

Nella trattazione dei documenti successivi la Sottocommissione omise, per scopi di sintesi, molti aspetti da questi trattati, con la motivazione che gli esiti cui pervenivano ricalcavano quelli della stessa Sottocommissione che li stava esaminando. Emerge, infatti, al di là di alcune specificità, come lo studio riportato in una relazione temporalmente successivo non solo abbia di fatto preso il via da quello precedente - si noti a tal proposito come in alcuni casi le commissioni nominate a seguito di terremoti differenti a distanza di pochi anni abbiano alcuni membri in comune - ma ne abbia di fatto ricalcato gli esiti sia nella forma che nella sostanza. Di fatto, il risultato degli studi, trasposto prima in relazione e poi in disposto normativo, si estrinseca sempre in ambiti ricorrenti, come il numero di piani, l'altezza massima degli edifici, lo spessore minimo del sistema murario, l'eliminazione delle spinte della chiusura

orizzontale di copertura, il collegamento delle travi di piano al sistema murario, l'attenzione alla consistenza del suolo su cui erigere l'edificio e la predilezione per il sistema del tipo a *casa baraccata*. Il tutto doveva comunque essere correlato a una maggiore attenzione rispetto al tema della qualità costruttiva, che risultava generalmente deficitaria in quelle realtà in cui i danni riscontrati direttamente erano manifestamente maggiori. Questi aspetti incarnano l'essenza delle disposizioni tecniche antisismiche per molti decenni a partire dalla fine del Settecento. Ciò nonostante furono proprio le singolarità, solo apparentemente secondarie, che di volta in volta emersero, in particolar modo quelle derivate dalla costatazione dei danni dovuti all'evento sismico, a dar luogo a una lenta definizione dell'assetto normativo. In tal senso può essere riletta l'osservazione, riportata dagli ingegneri Giordano e Comotto[12], sugli effetti disastrosi avuti delle catene di ferro utilizzate per rafforzare numerosi edifici dopo il terremoto del 1881, probabilmente a causa degli ancoraggi che non distribuivano le sollecitazioni su una superficie muraria sufficientemente estesa. Ugualmente può dirsi per le osservazioni, esaminate dalla Sottocommissione, contenute nella *Relazione scientifica sul terremoto del 16 novembre 1894 in Calabria e Sicilia,* e condotte dal Camerana in merito al diverso comportamento avuto dalle abitazioni realizzate su gneiss compatto o sulle argille e sulle arenarie che consentirebbero un comportamento similare, nel primo caso, a quello di un edificio realizzato su una fondazione del tipo a platea dando luogo a movimenti sincronici. Lo stesso tecnico, nella medesima relazione, osservava poi, sulla base dell'esperienza fatta in quei luoghi colpiti più di una volta da eventi calamitosi, che la *delimitazione della zona così detta pericolosa* non sortisse, salvo casi particolari, un effetto significativo in quanto l'area interessata coinvolgeva in realtà tutto il territorio. L'ing. Camerana, inoltre, relegava a un ruolo minore il dibattuto tema dell'orientamento dell'edificato rispetto all'oscillazione prodotta dal sisma *sia perché è molto difficile determinare la direzione dell'oscillazione prodotta dal terremoto, sia perché questa direzione è diversa attorno al centro di scuotimento anche durante uno stesso terremoto* (Commissione, 1909). Tra le osservazioni più interessanti citate dalla Sottocommissione, trovano luogo quelle riportate nella relazione preliminare alla redazione della normativa del 1906[13], da cui si vince che la Commissione che fu incaricata della loro redazione si astenne dall'esaminare i sistemi costruttivi aventi come base *essenziale il ferro e l'acciaio, perché non risultano applicabili generalmente, per considerazioni di spesa, di clima, e di abitudini, nelle regioni meridionali*[14] come quelli di legno, o di legno e ferro, ritenuti *più utili per provvedimenti d'urgenza* nonostante un'abitazione, *se razionalmente formata*, con questi sistemi, *risponde allo scopo di salvaguardare sufficientemente l'incolumità degli abitanti*. La stessa Commissione, in merito alle due principali soluzioni per le fondazioni: *rigidamente collegate al suolo* o *rese indipendenti* osservò che le seconde *non solo sembrano mancanti delle sufficienti garanzie di regolare funzionamento, ma pare abbiano cagionato seri*

inconvenienti per causa del peso notevole della fabbrica e della rilevante resistenza sulle fondazioni e pertanto dichiarò *inammissibile il sistema di interporre tra la fondazione del fabbricato ed il suolo un sottile strato di sabbia, o di terreno soffice* ritenendo plausibile solo un collegamento rigido o, *solo per modestissimi fabbricati*, ammettendo la possibilità *di ricorrere a molle e sfere di acciaio*.

Le pubblicazioni di scienziati e ingegneri italiani ed esteri

Il lavoro di sintesi proposto dalla seconda Sottocommissione principiava con l'esame dei documenti di matrice estera per concludersi con quelli realizzati da autori italiani. La pubblicazione *più antica che meriti di essere ricordata*, secondo la Sottocommissione, è la *Memoria sopra i terremoti della Calabria nell'anno 1783* di Deodato De Dolomieu, in cui si riportava, tra l'altro, che il maggior danno agli oggetti edilizi era stato riscontrato nelle zone della *piana* contrariamente a quanto avvenuto a quelle fondate su *terreno sodo o sul dorso dei monti*. Lo studio proposto immediatamente in successione è quello realizzato dal sig. Ed. I. T. Manby, inserito nel volume LXXXV degli Atti dell'Istituto degli ingegneri civili di Londra, che si riferiva alla relazione elaborata dal Governo Spagnolo in merito alla necessità di distribuire le vie ad angolo retto e secondo una giacitura obliqua rispetto all'andamento degli strati geologici; inoltre veniva fornita un'indicazione in merito all'altezza massima consentita agli edifici.

Tra gli studi cui venne dato maggior spazio deve essere citato quello proposto dal Lescasse, dal titolo *Sulle costruzioni giapponesi e sulle costruzioni in genere riguardo ai terremoti*. A tal proposito la Sottocommissione, dopo aver indicato i caratteri fondamentali delle case giapponesi realizzate in legno, pose in risalto la riflessione proposta in merito a queste abitazioni dallo stesso Lescasse, secondo il quale i sistemi costruttivi con i quali erano realizzate non erano volti alla disconnessione della struttura dal suolo, dal momento che quest'ultima partecipava al moto sismico grazie all'adozione di particolari collegamenti tra le membrature, costituiti da giunzioni scorrevoli all'interno di appositi intagli. Nonostante l'accurata descrizione, l'autore risultava contrario all'adozione di questa soluzione costruttiva che di fatto *cadono abbastanza facilmente* provocando, però, poche vittime. Nella parte successiva venivano descritte brevemente altre due soluzioni costruttive giapponesi, una ascrivibile al tipo della *casa baraccata* e l'altra realizzata in muratura di mattoni; ciò nonostante, il sistema consigliato dal Lescasse, in quanto utilizzato in diverse abitazioni che non avevano subito danni a seguito di eventi sismici, era del tipo a muratura armata. In particolare il sistema proposto è costituito da telai metallici disposti in corrispondenza delle chiusure orizzontali e realizzati con piatti metallici, di dimensione 60 mm x 20 mm collegati tra loro mediante *occhi attraversati da chiavarde* ai quali venivano collegati montanti metallici a sezione circolare, con diametro pari a 40 mm per il piano terra e a 30-35 mm per il primo piano, che rimanevano annegati nella

muratura. Nel caso di un secondo piano, il telaio era comunque realizzato con *lame*, ma dalla sezione ridotta, pari a 50 mm x 18,5 mm.

Tra gli altri studi di matrice estera esaminati, la Sottocommissione riportò una sintesi di quelli seguiti a una inchiesta condotta dal Governo degli Stati Uniti successivamente all'incendio di S. Francisco del 18 aprile 1906 e di quelli condotti da Brunton in merito alla costruzione di numerosi fari a opera di tecnici inglesi tra cui D. Stevenson basati su indicazioni giapponesi. La soluzione inizialmente adottata che prevedeva un sistema di disconnessione fondazione-soprastruttura operata tramite l'interposizione di sfere di bronzo, si dimostrò inficiata da *gravi inconvenienti* in presenza di venti forti; ugualmente infruttuoso si dimostrò il rimedio proposto dallo stesso Stevenson, caratterizzato dall'uso di una robusta molla centrale provvista di una sfera, per cui la soluzione fu abbandonata.

Nel passare all'esame della documentazione di matrice italiana, la Sottocommissione principiò con le indicazioni fornite dall'ingegnere del Genio Civile Pesso in merito all'uso delle catene. In particolare, la Sottocommissione riportò la riflessione del tecnico che sconsigliava di porre in tensione le catene riscaldandole, a eccezione dei casi in cui fosse necessario correggere una perdita di verticalità del sistema murario o fosse necessario eliminare le lesioni presenti nelle costruzioni con sistemi voltati, similmente a quanto fatto da Poleni nella cupola vaticana e da Rondelet a S. Genoveffa a Parigi.

Nelle parti successive la relazione menzionava gli studi condotti dal sismologo Guido Alfani basati su quelli del Prof. Fusakichi Omori, Presidente della Commissione Giapponese sui terremoti, che prediligeva un sistema murario ad andamento parabolico. Sempre in merito agli studi di Alfani, la Sottocommissione evidenziò la comunione di pensiero con il sismologo Leopoldo Bertelli di cui si riportava un estratto per punti dedotto dalla conferenza sismologica tenuta a Firenze nel maggio del 1887. Gli elementi essenziali erano: consistenza del terreno di fondazione preferibilmente di roccia o comunque compatto, direzione obliqua del sistema murario rispetto alla direzione dell'onda sismica, ridotta altezza degli edifici, murature in conci squadrati o del tipo listato con file di mattoni, uso di catene per ottenere un comportamento sincrono dei fabbricati sotto l'azione del terremoto oltre ad una particolare attenzione per le scale preferibilmente a sbalzo con gli scalini infissi nel sistema murario.

L'ultimo documento di matrice italiana riportato dalla Sottocommissione era lo Studio sulle nuove costruzioni in Calabria dopo il disastroso terremoto dell'8 settembre 1905, del prof. Mario Baratta, in cui si sottolineava come le case *costrutte razionalmente e con buoni materiali* avessero resistito nella maggioranza dei casi al terremoto. Inoltre la Sottocommissione pose l'accento sulla peculiare rassegna svolta dallo stesso Baratta in merito alle recenti costruzioni realizzate ad esempio a Favelloni, Martirana, Jacursi, Ajello, Castrolibero e S.Leo, da cui però la stessa sottocommissione si discostò almeno in parte. A tal proposito venne evidenziato il

caso delle abitazioni realizzate a Melicucca, quasi totalmente crollate secondo la relazione della prima Sottocommissione (Cocco, 2018), definite *case baraccate* pur avendo elementi in cemento armato al posto del legno, di cui Baratta apprezzava il ricorso a *pezzi di riporto* dai quali si otteneva un notevole risparmio.

Calcoli di stabilità e di resistenza degli edifici ai moti sismici

La trattazione proposta dal prof. Modesto Panetti[15], riportata in allegato alla relazione della seconda Sottocommissione, principiava dalla considerazione che il calcolo relativo a un edificio che potesse resistere alle sollecitazioni sismiche avrebbe necessitato della conoscenza esatta dei movimenti cui lo stesso fosse sottoposto la cui conoscenza, di fatto ai tempi in cui fu svolto lo studio era però ancora molto imperfetta, come riporta lo stesso allegato. Ciò nonostante, come indicava l'estensore della relazione, l'uso dei calcoli, seppur basati su riferimenti numerici non certi e su ipotesi di prima approssimazione *dev'essere considerato come un notevole progresso*. In particolare, come riportato nel documento, questi calcoli sottoposti alla futura esperienza forniranno il mezzo per determinare criteri meno imperfetti e stabilire ipotesi fondamentali da cui farli discendere. In merito alle ipotesi di calcolo l'autore precisava che riguardavano le costruzioni intelaiate, nell'accezione più ampia, intendendo cioè tutti quei casi in cui la funzione resistente è concentrata su un ossatura che si articola *lungo le linee fondamentali dell'edificio*. Rispetto alla tematica degli effetti dei sismi sugli edifici veniva evidenziato che le forze orizzontali che inflettono e tendono a *rovesciare le strutture verticali portanti* fanno variare la pressione sugli appoggi, in aumento su alcuni e in diminuzione su altri, in modo alternato stante la natura oscillatoria del sisma. Proprio in virtù di questo aspetto connaturato al terremoto le sollecitazioni tendono a *disgregare* le parti, agendo con sollecitazioni ripetute e alterne secondo una specifica frequenza che può anche andare in risonanza con le oscillazioni proprie dell'edificio.

Prima di proporre degli esempi venivano infine delineate nella relazione le ipotesi fondamentali di calcolo con la premessa che sarebbe stato necessario operare un'analisi matematica che contemplasse il comportamento della struttura nella sua *complessità* basandosi su dei *tipi fondamentali* di edifici, supponendoli *perfettamente elastici* e *convenientemente collegati* nelle loro parti costitutive e al suolo, cosa che per le conoscenze del tempo non era possibile. Da un punto di vista operativo risultò pertanto opportuno sostituire le azioni dinamiche con azioni puramente statiche, da fissare in modo che producessero, per quanto possibile, i medesimi effetti. Si decise quindi, secondo i principi della meccanica, di rapportare tali azioni agenti sulle singole parti di un edificio con le masse corrispondenti, ponendo di fatto in relazione l'azione sismica con la massa dell'edificio. In tal senso le *azioni sismiche convenzionali* risultarono essere un coefficiente che rappresentava il rapporto tra l'accelerazione sismica e la gravità. Di particolare rilievo è la considerazione secondo cui, questo

parametro, indicato come *rapporto sismico*, sarebbe da fissare per ogni regione in base *agli elementi forniti dalla geodinamica*.

In base, poi, alla considerazione della variazione dell'ampiezza dell'oscillazione con l'aumentare della quota da terra e della necessità di mantenere il centro di gravità più basso possibile, quindi di strutture che si alleggeriscono con l'aumentare dell'altezza, il prof. Panetti propose, per il calcolo delle azioni agenti sui piani superiori, di aumentare il *rapporto sismico* del 50%. Inoltre, in merito alla direzione delle sollecitazioni in base alle quali effettuare le verifiche, l'autore propose di ripartire l'azione sulle due direzioni fondamentali dell'edificio in entrambi i sensi, valendo l'ipotesi di sovrapposizione degli effetti. La verifica nel secondo senso della medesima direzione, generalmente omessa in quanto duplicato della prima, doveva però essere effettuata quando ci fossero montanti disuguali, dissimetrie nelle sezioni delle parti strutturali e quando queste avessero comportamenti diversi rispetto a sollecitazioni di trazione e compressione. Risultava invece necessario effettuare la verifica nelle due direzioni fondamentali, a meno che in una l'edificio risultasse avere una resistenza maggiore tale da consentire la verifica solo per la direzione in cui il margine di sicurezza fosse minore.

Sulla base di quanto osservato in edifici non crollati a Seminara e a Reggio Calabria, del tipo a *casa baraccata* costruiti con membrature in legname di *dimensioni ordinarie* (circa 20 cm di lato) distribuite a distanze variabili da 2 a 3 m, il prof. Panetti stabilì che le forze convenzionali da utilizzare nei calcoli corrispondevano a una accelerazione di 700-800 mm al secondo, cioè a una *scossa fortissima e rovinosa* secondo la scala Mercalli. Ciò comunque non escludeva che la *sollecitazione sopportata da quelli edifici possa essere stata assai più grave* considerando che *il cimento unitario massimo dei materiali … vi ha superato di molto il carico di sicurezza*. Nonostante ciò, considerando l'eccezionalità di eventi sismici così disastrosi, il tecnico ritenne eccessivo pretendere per *edifici del tipo corrente* un *margine di stabilità* rispetto alle più violente scosse sismiche uguale a quello richiesto per le abituali sollecitazioni statiche. Per tanto, considerando un accelerazione uguale a circa 1/3 della gravità, superiore a parere dei sismologi dell'epoca *a quanto si è mai verificato fra noi*, il Panetti ritenne opportuno, dovendo *scegliere dei numeri concreti* per fornire esempi di calcolo, adottare forze orizzontali rappresentatrici degli effetti sismici uguali a 1/12 per il piano terra e a 1/8 per il piano primo e per tutta l'altezza degli edifici *eccezionali*[16].

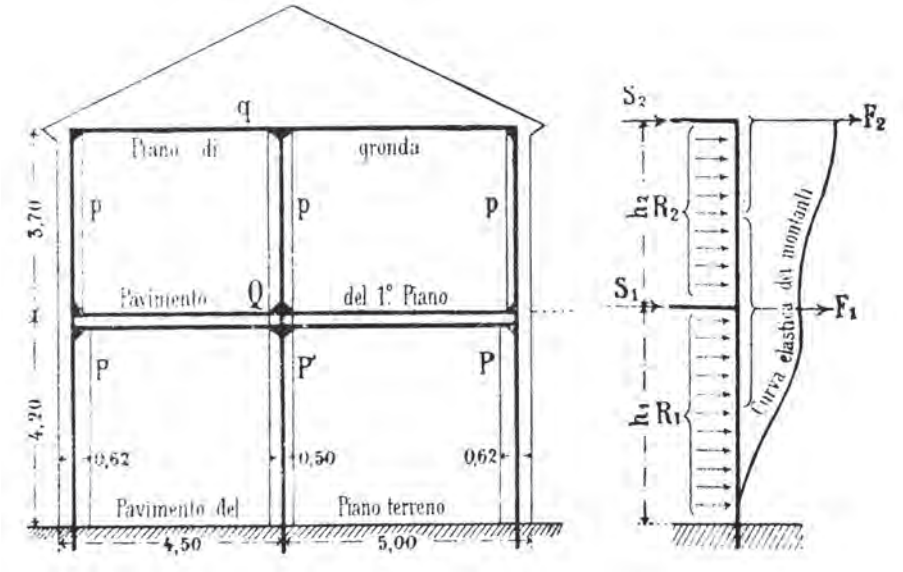
In via approssimativa si ritenne, inoltre, possibile concentrare le forze orizzontali in corrispondenza dei piani applicandole ai nodi della travatura in cui si localizzava la funzione resistente dell'edificio, attribuendo a ciascun livello una sollecitazione dovuta alla quota della metà del piano superiore più quella della metà del piano inferiore. Per la determinazione dei pesi delle murature, nel caso dell'esempio della *casa baraccata*, fu tenuto presente un alleggerimento dovuto alla presenza dei vani stimato nell'ordine di 1/5 del peso totale. Per il calcolo delle azioni orizzontali concentrate F_1 ed F_2 agenti in edifici composti da due livelli, così come mostrate in fig.1,

data l'azione collaborante delle murature interposte tra le membrature principali, si considerò una riduzione dovuta alla *stabilità propria del muro al piano terreno,* dato che il suo spessore era maggiore dell'altezza di 1/8, come previsto dalla norma proposta dalla commissione. Tale diminuzione, consistente in una riduzione della spinta a livello del solaio, equivaleva al *peso totale della parete, moltiplicata per il terzo del rapporto fra la sua grossezza al piano del pavimento e l'altezza del muro*.

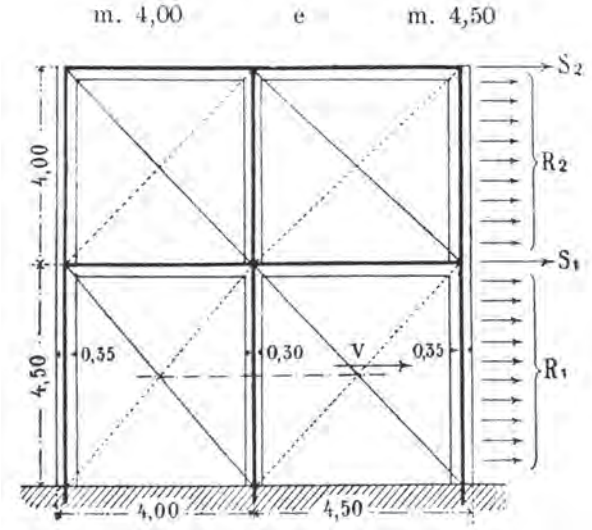
Da tali considerazioni, a meno di alcune specificità, discesero i calcoli posti in essere per tutti e tre gli esempi proposti analizzando le sollecitazioni gravanti in tutte le loro parti essenziali, in Fig. 1.

Conclusioni

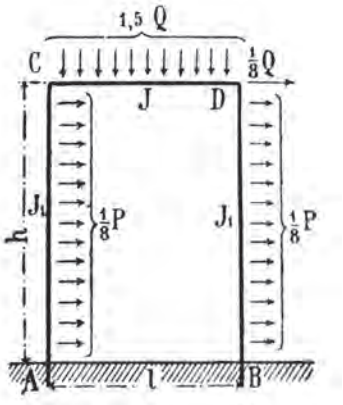
Gli studi proposti, pur seguendo due direzioni parallele, la prima legata a un'analisi di fonti dirette, costituite da documenti ufficiali e studi privati, e la seconda costituita da analisi di carattere prevalentemente matematico, sono connaturate da un unico principio dettato dall'osservazione di quanto è riscontrabile sul campo. Tale aspetto ha un ruolo di tale primario rilievo che diventa anche il criterio sulla base del quale arrivare alla quantificazione, dal carattere puramente matematico per sua stessa natura, di un parametro rappresentativo degli effetti sismici. Nonostante lo straordinario rilievo dell'azione condotta, quanto direttamente riportato nel R.D. 193 del 1909 sarà permeato da uno spirito eminentemente operativo, prudenziale, volto alla semplificazione al punto da presentarsi come una *guida esaustiva* (Guidoboni e Valensise, 2011) e prettamente legato a un approccio che trova le sue radici nelle precedenti esperienze normative. Il Decreto recepisce, di fatto, solo in via sommaria quanto specificatamente delineato, ad esempio, in tema di calcolo delle strutture. Le relazioni delle Sottocommissioni, in tal senso, assumono un ruolo cardine, anche se non esclusivo, visto l'approccio seguito in merito alle diverse proposte pervenute da privati in riferimento a *speciali tipi costruttivi, progetti di edifici, particolari materiali edilizi*, nella determinazione della cultura tecnica dell'epoca vista anche l'attenzione rivolta agli studi internazionali, anch'essi a onore del vero basati su un approccio legato all'osservazione. Escludendo gli studi preliminari, tra cui quelli realizzati durante i sopralluoghi, condotti anche in altre precedenti esperienze catastrofiche, ciò che risulta dalla lettura del Decreto è un atteggiamento volto primieramente all'aggiornamento piuttosto che a un totale ripensamento ex-novo. Ciò si estrinseca, in estrema sintesi, nell'adozione, che perdurerà per molti anni, a meno di alcune specificità, a macchia di leopardo di una normativa tecnica antisismica dal carattere prescrittivo e fortemente invasivo rispetto al tema dell'azione sul costruito storico danneggiato da un evento sismico. Ciò riflette con chiarezza l'assenza, per molti anni, di una libertà d'azione in termini d'innovazione in ambito normativo dettata, almeno in parte, dalla volontà di emanare un documento che risulti uno strumento realmente operativo di facile e sicura applicazione.



a)



b)



c)

Fig. 1 – Esempi: a) edificio a due piani con doppia fila di ambienti, costruito secondo il sistema baraccato, a ossatura di legno; b) edificio a due piani con doppia fila di ambienti, costruito in cemento armato con ossatura perfettamente irrigidita; c) edificio eccezionale a un solo piano.

Ringraziamenti
L'autore ringrazia l'Archivio della Soprintendenza B.A.A.A.S. di L'Aquila per aver reso possibile questo lavoro, anche grazie alla concessione rilasciata in merito all'uso del materiale fotografico.

Bibliografia
AA.VV. 2002. *La classificazione e la normativa sismica italiana dal 1909 al 1984*. Servizio Sismico Nazionale, Ufficio sistemi di Gestione Territoriale. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
Barrucci C. 1990. *La casa antisismica. Prototipi e brevetti: materiali per una storia delle tecniche e del cantiere*. Roma-Reggio Calabria: Gangemi.
Cocco S. 2018. *Dal sisma del 28.12.1908 al R.D. n.193/1909: i lavori della prima Sottocommissione*. Atti del 7° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria – 3rd innternational Conference, aprile, Napoli
Commissione. 1909. *Relazione della Commissione incaricata di studiare e proporre norme edilizie obbligatorie per i comuni colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 e anteriori.* Roma: Stabilimento tipo-litografico del genio civile.
Guidoboni E., Valensise G. 2011. *Il peso economico e sociale dei disastri sismici in Italia negli ultimi 150 anni*. Bologna: Bonomia University Press.
Landolfo R. 2005. L'evoluzione della normativa sismica. Costruzioni metalliche, 2, 55-64.
Morganti R., Tosone A., Cocco S., Di Donato D. 2015. *Acciaio e sisma 1908-1918: Brevetti per la residenza in Italia*. *Costruzioni metalliche*, 2, 51-60
Polverino F. 1998. *Ischia Architettura e terremoto*. Napoli: Clean edizioni.

Note
1. Composizione della Commissione: Ing. Italo Maganzini (Presidente di Sezione del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici – Presidente), Ing. Giuseppe Agazio (Ispettore superiore del Genio Civile), Colonnello Mariano Borgatti (Genio militare,Roma), Ing. Enrico Camerana (Ingegnere capo nel R. Corpo delle Miniere, Bologna), Ing. Silvio Canevazzi (Prof. nella R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri di Bologna), Ing. Cesare Ceradini (Prof. nella R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri di Roma), Ing. Pietro Fenoglio (Torino), Ing. Cesare Nava (Deputato al parlamento, Milano), Ing. Modesto Panetti (Prof. nella R. Scuola navale superiore di Genova), Ing. Giovanni Salemi Pace (Prof. nella R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri di Palermo), Ing. Angelo Revcend (Prof. nel R. Politecnico di Torino – Relatore), Ing. Giuseppe Fornari (Ingegnere del Genio Civile – Segretario), Ing. Giuseppe Canonica (Ingegnere del Genio Civile – Segretario).
2. Secondo la prima ipotesi le Sottocommissioni dovevano essere due. La prima aveva l'incarico di recarsi sui luoghi colpiti dal sisma per constatarne i sistemi costruttivi prevalenti, la qualità dei materiali impiegati ed il comportamento avuto dagli organismi edilizi presenti sotto l'effetto del sisma ed il comportamento avuto dalle costruzioni realizzate dai Comitati di Soccorso a seguito del sisma del 1905. La seconda Sottocommissione aveva, invece, l'incarico di esaminare le pubblicazioni e le proposte comunicate alla Commissione.
3. Costituita da Borgatti, Fenoglio, Nava, Panetti e Revcend.
4. Laddove non specificato le citazioni in corsivo sono riprese dalla relazione della *Commis-*

sione incaricata di studiare e proporre norme obbligatorie per le riparazioni, rico-struzioni e nuove costruzioni da eseguirsi nelle regioni colpite dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri anteriori

5. Costituita da Canevazzi, Ceradini, Panetti e Camerana.
6. Le riunioni plenarie si tennero il 27 e 28 Febbraio e nei giorni 1, 2, 3 e 4 Marzo.
7. Gli studi nati su iniziativa privata e non contemplati nella relazione della Commissione sono stati oggetto di approfondimento in alcuni contributi scentifici degli ultimi anni, come in Barrucci C. 1990. *La casa antisismica. Prototipi e brevetti: materiali per una storia delle tecniche e del cantiere*. Roma-Reggio Calabria: Gangemi e Morganti R., Tosone A., Cocco S., Di Donato D. 2015. *Acciaio e sisma 1908-1918: Brevetti per la residenza in Italia*. *Costruzioni metalliche*, 2, 51-60.
8. Le disposizioni cui si fa riferimento sono quelle note come Norme Pignatelli, dal nome del Vicario Generale delle Calabrie Francesco Pignatelli.
9. Gli studi furono condotti dall'ing. Caporioni, dal prof. Poletti e dal Gesuita Secchi.
10. Elaborata dalla Commissione composta dal prof. Ricco per la parte sismologica, dall'ing. capo Camerana per la parte tecnica, dal prof. Di Stefano per la parte geologica e dal prof. Baratta per la parte storica.
11. Elaborata dalla Commissione composta dagli ingegneri superiori e capi del Genio civile Ravà, Simonetti e Pullini.
12. L'osservazione menzionata fu formulata dai due membri della Commissione che svolse lo studio preliminare all'emanazione del Regolamento edilizio dell'isola d'Ischia del 1884.
13. Il documento, già citato in precedenza, è la relazione preliminare alle *Norme per la costruzione ed il restauro degli edifici danneggiati dal terremoto nelle provincie calabresi ed in quella di Messina* del 1906.
14. Stessa motivazione addotta, sempre in merito alle soluzioni costruttive che prevedevano il ricorso ai materiali metallici, nel concorso per Costruzioni edilizie nelle regioni italiane soggette a movimenti sismici, indetto dalla Società Cooperativa Lombarda sotto gli auspici del collegio degli Ingegneri e Architetti di Milano, a seguito del sisma del 1908 come risulta dall'articolo redazionale riportato in *Il Monitore tecnico*, 1909, 26, p. 503.
15. Allegato B – *COMMISSIONE REALE per le norme costruttive nei paesi danneggiati dal terremoto* e Allegato E – *ISTRUZIONI TECNICHE sulle costruzioni di edifici nei territori sottoposti a scosse sismiche, e sui calcoli di stabilità e resistenza* in Commissione. 1909. *Relazione della Commissione incaricata di studiare e proporre norme edilizie obbligatorie per i comuni colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 e anteriori*. Roma: Stabilimento tipo-litografico del genio civile.
16. Sulla base di quanto indicato dal prof. Panetti nel terzo esempio di calcolo riportato all'interno dell'Allegato E della relazione sono considerati *edifici eccezionali: chiese, teatri e simili*.

Carlo E. Rottenbacher, Edoardo Rovida

Innovative technical ideas from the historic heritage

Abstract

The historic heritage can be an interesting source of "innovative" ideas. For instance, some typical examples can be cited: the stern rudder was discovered by the Egyptians and "rediscovered" in the Thirteen Century; the first modern scientific-technical museum, the Conservatoire, was proposed in Seventeenth Century by Descartes, with the idea to present to the designers the evolutions of machines, in chronological order, to stimulate the creativity; or finally the sketches of independent front suspensions by Vincenzo Lancia (1920) that anticipate the double transverse wishbone introduced in the automotive constructions only about the 1935.

Starting from the above mentioned considerations and by developing the contents of a previous paper (Rosa *et al.*, 2014) examples of a data base, developed by the Authors and relative to historical evolutions of constructive solutions, are presented. The historical evolution is often constituted by technical drawings: such drawings are collections of constructive solutions and of criteria of drawing. Therefore, they are interesting from two points of view: such collections could be source of inspiration for constructive ideas and for proposals of drawing standards too.

Then in the paper, some criteria to develop innovative solutions and drawing standards from the historic heritage are proposed and some examples are presented.

Introduction

Today it is possible to see a great and increasing interest in history and historic heritage, particularly regarding the scientific-technical field. Such interest is motivated by cultural reasons, but not only. The opinion of the Authors is that there are also technical reasons for this interest and that they are very strong and powerful. Therefore, aim of the present paper is to investigate if and how the historic heritage could be interesting today from the technical point of view.

The Authors believe that the role of the historic technical heritage can be stimulating in many respects. Some examples could be proposed as follows:

1) Old ideas could be applied and re-invented today, e.g. with new materials and new technologies;
2) Many modern ideas were conceived in the past, then abandoned and again, after many years, re-invented;
3) In this respect, the historic heritage can be considered as an input to the creativity;

For instance, some typical examples may be proposed as follows:

- the stern rudder was discovered by the Egyptians and "rediscovered" in the 13th Century;
- the steam turbine was conceived by the Greek engineer Heron (probably lived in the 1st Century AD and then forgot and "reinvented" at the end of 18th Century);
- the "bicycle" of Leonardo da Vinci (the opinion of some scientists is that the drawing was made by a student of Leonardo) that anticipates the transmission with pedals and chain, "reinvented" only at the end of 19th Century;
- the metal movable-type printing press invented by Johannes Gutenberg around 1450, and that played a revolutionary role in Western Culture, in effect had been adopted in Korea nearly 70 years before (1377) with the *Jikji* book (an anthology of Buddhist teachings) which is the oldest known extant book printed with movable metal type;
- the first modern scientific-technical museum, the Conservatoire, was proposed in 17th Century by the French philosopher Descartes (in Latin Cartesius), with the idea to present to the designers the evolutions of machines, in chronological order, to stimulate their creativity;
- the sketches of independent front suspensions by Vincenzo Lancia (1920) that anticipated the double transverse wishbone introduced in the automotive constructions only about the 1935.

Starting from the above mentioned considerations, the objective of the Authors is to investigate which requirements are necessary to reach information convenient and useful today, coming from the historic heritage.

Aspects of the historic heritage

The constructive solutions could be defined as the industrial products able to perform given functions which are the aim of the design. The constructive solutions, in general, can be conceived in two steps: concepts and embodiments. Such steps are as follows:

- concept: physical, or, more generally, natural principle used to perform the function. The concept, in general, can be represented by a schema;
- embodiment: concretization of the concept with forms and materials, realized through technological processes. The embodiment is, in general, represented by an assembly drawing.

The total amount of constructive solutions (concepts and/or embodiments) realized, from the earliest times to the present, is an important part of the historic heritage.

Very significant are also the drawings as graphical representations of constructive solutions and, therefore, they can be considered as basis to the study of those solutions. But the historical drawings may offer another important concern: they

are examples of criteria of drawing. Therefore, the archives of historical drawings are collections of historical methods in drawing and design and, consequently, the careful consideration of historical technical drawings can be considered to be as a remarkable source of proposal for new drawing standards.

Logical schema of the design process: concepts and embodiments

In general, it is possible to consider that concepts and/or embodiments can be determined by following two steps: the known methods and the new methods. The first ones are corresponding to the state of the art and can be considered as constituted by: i) historic heritage; ii) state of the art; iii) traditional euristic methods.

The historic heritage is constituted by the total amount of realizations from the earliest times to the present, while the state of the art is corresponding to the current constructive practice that is possible to find in catalogues and in commercial repertories.

The traditional heuristic methods are corresponding to the proposal of "new" concepts/solutions, starting from known solutions by changing, e.g. forms, geometry, kinematics, and so on.

The fig. 1, for example, represents three concepts of a glyph mechanism, obtained by changing the reciprocal positions of fixed point and sliding point.

Furthermore, the most important methods devoted to the development of new products are as follows:

- TRIZ, well known method, based on specific tools (Altshuller, 1996; Michelewicz, Fogel, 2000; Orloff, 2002);
- biomimetics, based on the observation and "imitation" of natural solutions (Chakrabarti *et al.*, 2005; Vattam *et al.*, 2010; Rosa *et al.*, 2011);

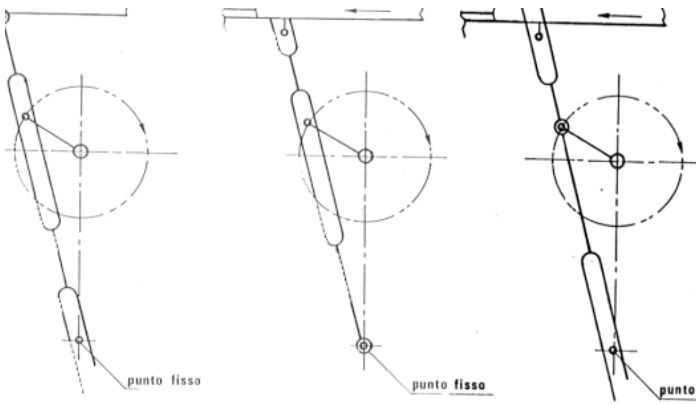


Fig. 1 – Example of three concepts of glyph mechanism, obtained by changing the reciprocal position of fixed and sliding points.

- critical analysis of the historic heritage, devoted to develop modern technical solutions by the observation of historical solutions and by their modification, e.g. with new components, new materials, new technologies and by considering the historical solutions as source of inspiration for new ideas.

Examples

Starting from the above mentioned considerations, the role of the historic heritage in the modern design of industrial products is highlighted.

The fig. 2 represents an example of historical solution that could be applied even today, without modifications. It represents the rear suspension of the car Jaguar MKX (1961) (Biggioggero *et al.*, 2003), where the significant constructive characteristic is the shaft that performs, also, the kinematic connection between wheel and body. This is an example of integration of functions.

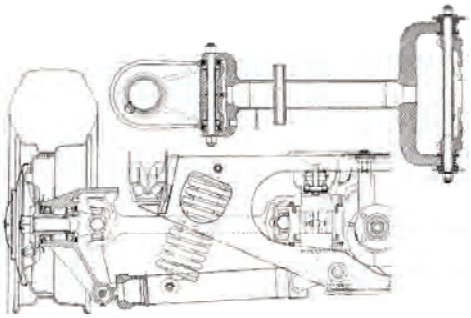


Fig. 2 – Rear suspension of the car Jaguar MKX (1961), where the shaft acts also as connection for the wheel-body: this solution could be applied even today.

The fig. 3 is relative to an example of historical solutions that can be source of inspiration for modern ideas. The example is referred to a German patent (1940) relative to a vehicle suspension with possibility of level adjustment only through mechanical devices.

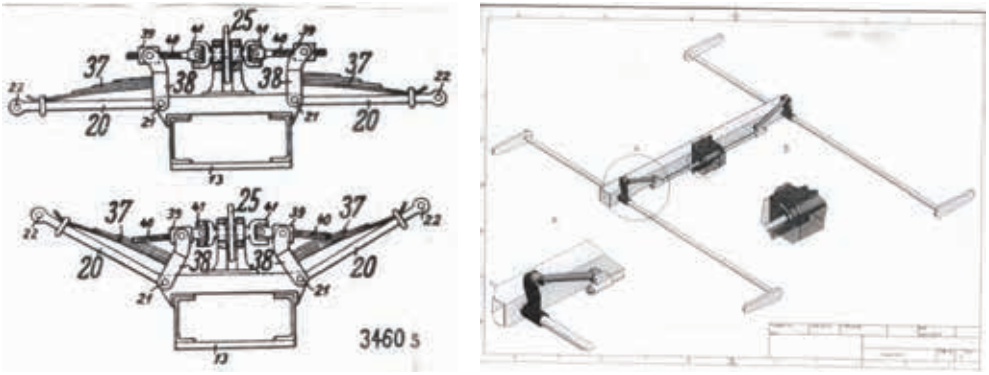


Fig. 3 – German patent (1940) relative to a suspension with possibility of level adjustment only through mechanical devices (left) and modern suspension system with torsion bars, inspired from the historical solution (right).

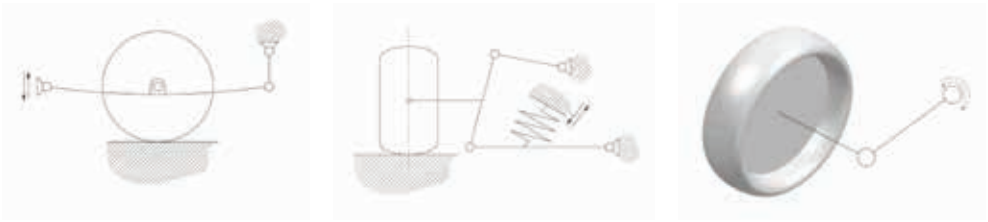


Fig. 4 – "Abstraction" of the concept of variation in the height of the connection point between spring and frame, applied to a leaf spring (left), to a helical spring (centre) and to a torsion bar (right).

The method to reach ideas from the historical solutions could be defined "abstraction". In this case, the principle of the historical solution is the displacement of the connection point between spring (in the historical one, a leaf spring) and the frame. Such abstraction of this principle in the fig. 4 is represented, as schema, applied to a leaf spring, to a helical spring and to a torsion bar. The third schema is concretized in the fig. 3 (right), in which a proposal for modern torsion bar suspension, with a mechanical possibility to adjust the height of the body, is represented.

Another criterion, to reach ideas from the historic heritage that can be useful even today, could be the "evaluation". In this method, in fig. 5, starting from a collection of historical solutions, each of them performing the same function, but, of course, with different characteristics, it is necessary to evaluate how each function behaves in the life cycle of the product (Asimov, 1962; Rovida, 1997). By assuming a "weight" of all the characteristics relative to each phase of the life cycle, it is possible to give a total evaluation to each historical solution and, consequently, to determine the "best in class", with the highest evaluation score.

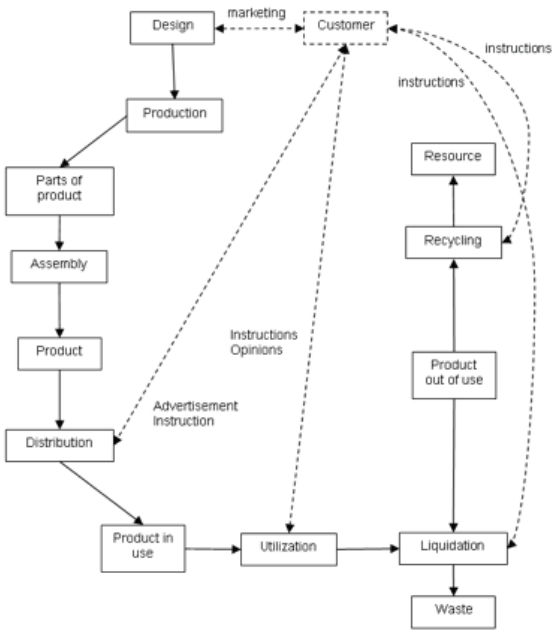


Fig. 5 – Life cycle of an industrial product.

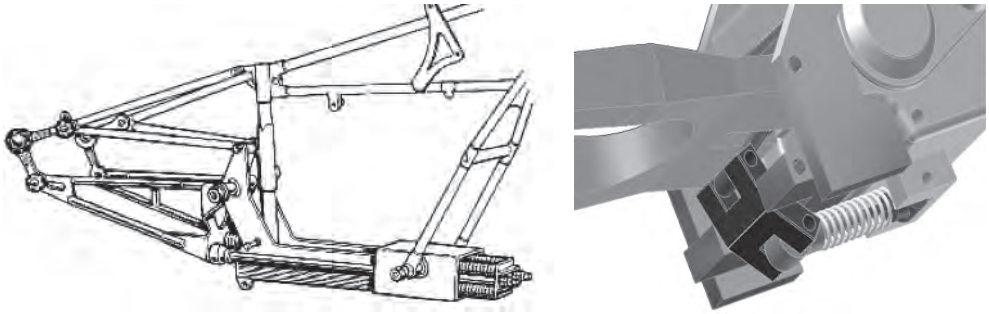


Fig. 6 – The "best in class" (left) among a collection of rear suspensions of historical motorcycles and the same solution proposed with a modern configuration (right).

As an example (Morcelli, 2005), the fig. 6, presents on the left the "best in class" among a collection of rear suspensions of historical motorcycles and, on the right, the same solution proposed with a modern configuration (e.g. forms, materials and technologies).

Remarkable also, as mentioned above, is the consideration of historical drawings as source for proposal of new drawing standards that, in some cases, could have been even anticipated. As an example, the fig. 7 represents a pneumatic machine by the Italian physicist Giuseppe Belli, professor at the University of Pavia (Belli, 1827). Such drawing is an example of schematic representation that could have been proposed among the first drawing standards.

Proposals

The important role of the historic technical heritage requires special arrangements in the cataloging card, utilized by the cultural Institutions.

The Authors believe that it would be useful to propose an upgrading of the fields in the above mentioned card.

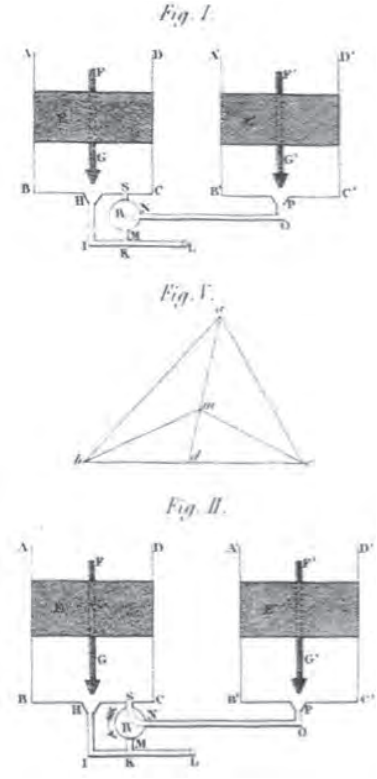


Fig. 7 – Pneumatic machine by the Italian physicist Giuseppe Belli, professor at the University of Pavia: example of a schematic representation.

In particular, the new proposed field may be as follows:

– for the constructive solutions:
  a.1) general function;
  a.2) component functions;
  a.3) relative constructive solutions performing the component functions;
– for the representation of constructive solutions:
  b.1) scale;
  b.2) application to projections, cuts and sections;
  b.3) dimensioning indication and application;
  b.4) application to dimensional tolerances;
  b.5) simplified/schematic representation of particular components.

Conclusions

The Authors believe that the above mentioned considerations could be of some interest and highlight the important role of the historic heritage for the modern design of industrial products and for the proposal of new drawing standards.

To reach this target, the development of a general catalog of images relative to industrial products, from the earliest times to the present, would be of great importance. Such images (e.g. technical drawings, or photos), linked to a data base, upgraded with the fields proposed in the previous paragraph, could give, to the modern designers, ideas and suggestions for new and innovative achievements. The consideration of the historic drawings, in addition, could give inputs for the modern drawing standards.

The Authors are ready to examine collaborative proposals with cultural Institution.

Bibliography

Altshuller G. 1996. *And suddenly the inventor appeared*. Worcester: Technical Innovation Center.

Asimov M. 1962. *Introduction to design*, Prentice Hall.

Belli G. 1827. Di un nuovo miglioramento alle macchine pneumatiche. *Giornale di Fisica, chimica e storia naturale*, XX 436-438.

Biggioggero G.F., Calabrò S., Menzio G., Rovida E. 2003. *Evoluzione storica di soluzioni costruttive. Il caso di sospensioni per autovettura*, Dipartimento di Meccanica, Politecnico di Milano.

Chakrabarti A., Sarkar P., Leelavathamma B., Nataraju B.S. 2005. A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas AI EDAM 19(2).

Michelewicz Z., Fogel D.B. 2000. *How to solve it. Modern heuristic*. Berlin: Springer.

Morcelli F. 2005. *Progettazione di una sospensione posteriore motociclistica sulla base dell'evoluzione storica*, Thesis at University of Pavia, academic year 2005-2006.

Orloff A. 2002. *Grundlagen der klassischen TRIZ*. Berlin: Springer.

Rosa F., Rovida E., Viganò R., Razzetti E. 2011. Proposal of a technical function grammar oriented to biomimetic. *Journal of Engineering Design*, 11.

Rosa F., Rovida E., Viganò R. 2014. Historical intangible technical culture. A method and a tool to develop future technology. *1st International Conference on History of Engineering*, May 19th-20th, Napoli: Cuzzolin Editore.

Rovida E. 1997. Customer involvement as a contribution to Design for Costs. International Conference on Engineering Design, ICED97, Tampere August 19th-21th.

Vattam S.S., Helms M.E., Goel A.K. 2010. Biologically inspired design: a macrocognitive account. *Proceedings of the ASME 2010*.

Raffaele Amore

Città storiche e pavimentazioni stradali

Abstract
In recent months, officials and technicians of the 'Municipality of Napoli, of the *Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Napoli* and of the *Regione Campania* have been discussing the issue of replacing the pavement of some important streets of the historic center: the *Riviera di Chiaia* and *Corso Vittorio Emanuele*.

These events - which ended with the decision to create the new finishing layer of the two roads in bituminous conglomerate in place of the existing porphyry cubes - propose to the public debate an unsolved technical and cultural question: that is, which materials and which technologies, traditional or modern, use for the paving of historic streets. The present paper analyzes the materials and typologies historically used for the paving of the Neapolitan roads, deals with some critical and methodological aspects related to the role that the historical paving has in the context of safeguarding the historical-urban landscape and, finally, proposes a series of critical reflections.

Introduzione
In questi ultimi mesi funzionari e tecnici del Comune di Napoli, della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Napoli e della Regione Campania si sono confrontati sul tema della sostituzione della pavimentazione di alcune importanti strade del centro storico: la Riviera di Chiaia e corso Vittorio Emanuele.

Tali vicende, che si si sono concluse con la scelta di realizzare il nuovo strato di finitura delle due strade in conglomerato bituminoso al posto degli esistenti cubetti di porfido, propongono al dibattito cittadino, e non solo, una questione tecnica e culturale non risolta: ovvero, quali materiali e quali tecnologie, tradizionali o moderne, utilizzare per il ripristino delle pavimentazioni cittadine di assi viari storici.

Il presente contributo intende analizzare i materiali e le tipologie storicamente impiegate per la lastricatura delle strade partenopee, affrontare alcuni aspetti critici e metodologici legati al ruolo che le pavimentazioni storiche hanno nell'ambito della salvaguardia del Paesaggio storico-urbano e, infine, proporre una serie di riflessioni sui nodi critici della questione.

Le pavimentazioni stradali storiche in area napoletana

Le condizioni di uso e di conservazione delle strade di Napoli negli ultimi decenni sono andate sempre peggiorando. Per tale ragione, ogni qual volta l'Amministrazione comunale programma interventi di sistemazione del manto superficiale di importanti strade cittadine, si innesca subito un vivace dibattito tra istituzioni, organi di informazione e associazioni di cittadini sui materiali e le tecniche da impiegare.

La questione non è secondaria e va inquadrata da diversi e non sempre coincidenti punti di vista. Innanzitutto, va precisata storicamente. Don Pedro de Toledo, insediatosi come viceré a Napoli nel 1533, dovette immediatamente affrontare una serie di problemi di igiene e salubrità che caratterizzavano la città agli inizi del Cinquecento. La mancanza di una benché minima normativa edilizia e l'assenza di un programma di manutenzione delle strade e delle fogne avevano ridotto gli spazi pubblici della città in condizioni di estremo degrado: banchi, pennate e *gaisi* – balconi o vani postici sporgenti rispetto all'allineamento delle facciate – occupavano le sedi stradali prive di pavimentazione e di adeguati recapiti fognari. In occasione della visita di Carlo V in città, nel 1535, furono realizzate alcune opere volte a conferire alla capitale un aspetto più decoroso: nel giro di pochi giorni si procedette alla demolizione di tutte le costruzioni che insistevano sulle strade pubbliche e, poi, reperiti i fondi (De Seta, 1981), iniziarono importanti lavori di pavimentazione stradale della città a partire da *la casa del Prencipe de Salerno, et la strata del castiello de Capuana* (Di Catania, 1561; Strazzullo, 1967; De Seta, 1981).

Dunque, si deve a don Pedro di Toledo l'inizio di una serie di interventi di ripavimentazione delle strade cittadine in epoca moderna. Riprendendo una tipologia costruttiva già utilizzata nel periodo greco-romano, in fig. 1, dalla fine del Cinquecento, quindi, la gran parte degli slarghi, delle strade, dei cortili e delle piazze cittadine di Napoli furono lastricati con basoli di pietra vulcanica, un materiale che nel tempo ha assunto un importante valore connotativo nella definizione dell'identità degli spazi pubblici della città.

Il Ragucci nel suo *Principj di pratica di Architettura* (Ragucci, 1859) riporta interessanti indicazioni sulle tecniche e sui materiali usati per la pavimentazione degli spazi pubblici. Nello specifico, il Ragucci definisce alcuni termini tecnici come *basolo, basolato* e *selciato*. Nel capitolo intitolato *Lavori di piperno, e di pietrarsa*, fissa le modalità esecutive di un basolato, e ne sviluppa la relativa analisi del prezzo. In particolare, definisce il basolo come una *Lastra di pietrarsa a foggia di parallelepipedo* che presenta *un rettangolo nella faccia apparente, che d'ordinario si suol lavorare a puntillo perché soggetta a logorarsi, e perché possano meglio afferrarvisi i ferri dei cavalli* mentre le *facce laterali si finiscono con la squadra, e con lo scarpello, perché abbiano a combaciare perfettamente con quelle de' circostanti*. Inoltre, propone una differenziazione dei basoli in relazione alla loro grandezza ed al loro spessore.



Fig. 1 – Antico basolato della città archeologica di Pompei. Si notino i segni lasciati dalle ruote dei carri. I basoli usati per lastricare le strade di Pompei provenivano da effusi del Somma e avevano caratteristiche di resistenza inferiori a quelle dei basoli utilizzati per lastricare la città di Napoli del XVII secolo che, in genere, provenivano da cave di materiale vulcanico più giovane, formatosi con l'eruzione del 1631 lungo la costa vesuviana.

Descrizioni analoghe sono fornite negli stessi anni dal De Cesare, che afferma che *la bontà di una strada [...] dipende: 1. dal profilo trasversale; 2 dalla scelta delle pietre selci; 3. dalla loro grandezza e figura; 4. dal metodo di costruzione; 5. dal mantenimento; 6. e dagli accessori* (De Cesare, 1856). A proposito della scelta delle pietre egli precisa che *le migliori a tale uso sono quelle che reggono al gelo, ed alla pressione delle ruote, logorandosi il meno possibile, senza però ridursi a superficie molto levigata. La pietra arenaria dura è perciò la migliore […] ottime le lave* (De Cesare, 1855) come quelle cavate fra il Granatello e Torre del Greco (De Cesare, 1856). Per quanto riguarda le modalità realizzative, lo stesso Autore segnala che *Gli attuali nostri lastricati di basoli poggiano ordinariamente sopra terra battuta, o arena spianata a seconda del predisposto profilo: questa prima operazione dicesi forma della strada; su di essa si mettono in malta i basoli. Se la terra che ne costituisce l'arma è stata precedentemente compressa, perché sottoposta al passaggio delle vetture, riesce solida la strada, specialmente se uniforme è la grossezza de' 'basoli, ed alquanto spianata la loro superficie sottoposta. Spesso si distende un letto di grossa malta sulla forma, affinché restandone cosi riempite le sottoposte scabrosità*

dei basoli, si sostituisca così questa alla spianatura. Ove la forma di terra non è consolidata, ed in quei tratti in dove evvi bisogno di riempimento, la strada in breve tempo si deforma, e perde la sua configurazione; quindi ribassi, infossature, e slogature di basoli (De Cesare, 1856). E, ancora, afferma che *è condizione essenziale dei lastricati il disporre i basoli in modo, che le tracce delle ruote formino cogli assetti dei medesimi angoli acuti, e meglio se siano eguali, cioè di 45°, poiché in tal modo si ha minor consumo, e maggior eleganza* (De Cesare, 1856).

A testimonianza di tale consolidata prassi operativa vanno citate anche le prescrizioni tecniche della *Tariffa prezzi* approvata dal Consiglio Comunale di Napoli a metà Ottocento, già citata dal Di Stefano nella quale, tra l'altro, si legge: *Fra i basoli nuovi di lava del Vesuvio […] dovranno essere scelti soli che sono perfettamente compatti, i quali in arte diconsi di pietra saniccia […] Ogni basolo sarà messo in opera sopra abbondante letto di buona malta, la quale salirà, a ribocco, riempiendo tutto il sottosquadro e gli assetti. […] La malta […] sarà di ottima calce, di buona pozzolana e di arena netta di torrente, nelle proporzioni di un quarto almeno di calce spenta, e 3/4 tra arena e pozzolana, e per ogni canna superficiale di palmi 100* (Di Stefano, 1967).

Dunque, a metà del XIX secolo, la tipologia del lastricato in pietra vesuviana rappresentava una modalità costruttiva specifica di tutta l'area napoletana per la pavimentazione di strade e luoghi pubblici. La naturale propensione della pietra vesuviana a usurarsi sotto l'azione delle ruote lignee cerchiate in metallo dei carri, però, già da metà Ottocento indusse i tecnici napoletani a cercare soluzioni alternative. In particolare, nel 1846 *Fu commesso all'Edile Orazio Angelini che dovea per pochi di condursi in Roma, studiar quel modo di costruire i pavimenti alla romana, per farne saggio nelle vie erte di Napoli affin di renderle meno malagevoli a' cavalli. L'Angelini tornando ha recato non solo i pezzi delle pietre, ma i ragguagli più esatti circa il modo di adoperarle, e pare che nell'anno prossimo alcune delle salite di Napoli saranno così ricostruite*[1]. (). L'attenzione della cultura tecnica napoletana nei confronti di tecnologie realizzative alternative e innovative è confermata dagli stessi Ragucci e De Cesare, i quali dedicano una serie di considerazioni anche a tecniche esecutive di manti stradali che si stavano sperimentando in quegli anni in Europa. Ragucci, ad esempio, cita i *selciati ad asfalto* (Ragucci, 1859) che definisce alla *Mac-Adam* (Ferrari, 2010), mentre il De Cesare espone i quattro modi secondo i quali fino a quel momento si era utilizzato il bitume per la costruzione di strade ed evidenzia che anche a Napoli era stato realizzato un tratto di strada con bitume a caldo (De Cesare, 1856. In particolare, riferisce di un intervento eseguito in via Toledo, che *adempì mediocremente all'uso per vari mesi: ma lesionato poi in diverse parti, per la cedevolezza della forma, diè luogo alla infiltrazione dell'acqua, che scomponendo la sottoposta configurazione, restò maggiormente maltrattato lo strato bituminoso: ciò malgrado fe conoscere che eseguito con maggior cura sarebbe risultato di quella fiducia, che vi attribuisce l'ingegnere De Coulaine* (De Cesare, 1856; De Coulaine, 1850).

Comunque, è a partire dall'inizio del Novecento che nuovi materiali e nuove tipologie costruttive cominciarono a essere utilizzati con grande frequenza anche a Napoli, mentre si moltiplicavano gli studi teorici e pratici in Italia e all'estero (Radford, 1929; Le Gavrian, 1922; Gola 1930).

Intanto con il R.D. n. 1636 del 15 agosto 1925 fu istituito a Napoli l'Alto Commissariato, al quale fu affidato il compito di avviare iniziative volte a migliorare le condizioni economiche e sociali della città e della provincia. Tra le molteplici iniziative portate avanti dall'Alto Commissariato vanno sicuramente ricordate quelle relative all'apertura di nuove arterie e di ripavimentazione delle esistenti strade (Craveri, De Martini, 2006; Amore, 2011; Veronese, 2012). Nei primi cinque anni di attività furono eseguiti molteplici interventi volti a *eliminare le gravi deficienze della pavimentazione stradale, specie nelle vie principali* (Craveri, De Martini, 2006). Deficienze da attribuirsi *alla trascurata manutenzione nel periodo bellico e post-bellico, alla poca rispondenza al traffico intenso del lastricato di pietra vesuviana, alla mancanza di un qualsiasi sottofondo e, infine alla mancanza assoluta di cunicoli per i servizi sottostradali* (Craveri e De Martini, 2006). In particolare, i tecnici dell'Alto Commissariato ritenevano che il lastricato in pietra vesuviana «*si è sempre più dimostrato inadatto al traffico pesante, intenso e veloce. Esso, specie sotto il passaggio di pesanti autocarri, offre scarsa resistenza all'attrito volvente, si logora in modo non uniforme, presenta ben presto solchi, talora assai profondi e pericolosi nei giunti tra una lastra e lastra, e dà luogo alla produzione di polvere, che nei giorni piovosi, ed anche con il semplice innaffiamento stradale, diventa fango ed è causa di slittamenti pericolosi per i veicoli e di disagio per i pedoni. Un'accurata lavorazione dei giunti, a perfetto squadro con la faccia superiore delle lastre, può ritardare appena di poco il manifestarsi di alcuni degli inconvenienti suaccennati, la cui causa prima va ricercata nella insufficiente resistenza del materiale e del conseguente rapido logorio superficiale*» (Craveri e De Martini, 2006). E dunque, individuarono la causa del degrado delle pavimentazioni cittadine nei limiti prestazionali della pietra vesuviana, nonostante fosse anche a loro stessi ben chiaro che *l'assenza … di una qualsiasi sottostruttura rigida, omogenea e resistente, per il sostegno della pavimentazione* e le continue manomissioni *per la posa e la riparazione di condotte sottostradali* (Craveri De Martini, 2006) che i basolati della città subivano concorressero in maniera determinante al loro deterioramento, generando deformazioni e avvallamenti del piano stradale.

A fronte di ciò, gli interventi patrocinati dalla nuova istituzione commissariale consistettero in buona parte nella pavimentazione di nuove e vecchie strade con materiali e tecniche moderne in grado di assecondare l'*intensità del traffico* e le *esigenze di ordine estetico ed igienico* (Craveri e De Martini, 2006). Via S. Lucia, via Cesario Console, piazza Plebiscito, via Verdi, via Nolana furono pavimentate con mattonelle in asfalto compresse; via Caracciolo, viale Elena, le vie del nuovo

quartiere di S. Lucia, piazza Vittoria e piazza Sannazzaro furono pavimentate in bitulite; le strade del Vasto in asfalto sintetico; l'attuale corso Secondigliano in *topeka*[2]; i rioni S. Eframo, Ottocalli ed Arenaccia e la zona dei Granili furono pavimentati in legante cementizio, tipo *soliditit*[3]; via Manzoni, via Coroglio, le vie del rione Bagnoli, via Leopardi e salita del Campo, furono bitumate; via del Parco Margherita, via Salvator Rosa, Conte della Cerra, via Trinità delle Monache, via Sanità, via Vergini, S. Anna dei Lombardi, via Cesario Console e Nazario Sauro e alcune strade del rione Arenella furono pavimentate con selci alla romana; via Tasso, via Aniello Falcone, il rione Mirelli, piazza Vanvitelli, parte delle vie Scarlatti e Morghen, via Duomo, via Posillipo, le strade del rione Materdei, la salita Piedigrotta, la via d'accesso al Museo S. Martino con cubetti di porfido; la strada che dalla Cesarea porta al Vomero e la salita di Capodichino in cubetti di leucite laziale; la Riviera di Chiaia e la galleria della Vittoria in cubetti di legno, per attutire il rumore; per le vie a traffico molto intenso e pesante, invece, come il corso Umberto I e piazza Nicola Amore, furono utilizzati basoli in porfiroide importati dalla provincia di Varese (Penta, 1933), mentre piazza Garibaldi, via Marina, via Chiatamone, via Arcoleo, via e piazza Morelli, via Marinella e Borgo Loreto furono lastricati in granito dell'isola della Maddalena; solo via Litoranea, via Diaz, via Traccia di San Giovanni e piazza del Carmine furono ripavimentate con basoli di pietrarsa.

Nel giro del quinquennio 1925-1930, dunque, le strade di Napoli furono in buona parte ripavimentate con materiali moderni e elementi lapidei provenienti da altre regioni.

Tale atteggiamento di sostanziale ostracismo nei confronti della pietra vesuviana fu parzialmente modificato negli anni immediatamente successivi grazie ad un cambio di indirizzo determinatosi con la nomina del nuovo Commissario, Pietro Baratono, e ai pronunciamenti di Giuseppe Cenzato, allora Presidente dell'Unione industriale di Napoli, a favore dell'impiego della pietrarsa, quale *risorsa locale*.

Parallelamente, Francesco Penta, docente di Geologia applicata presso la Scuola di Ingegneria di Napoli, pubblicò una serie di studi sulle caratteristiche chimiche e fisico-meccaniche delle lave prodotte dal Vesuvio, dimostrando che esse non erano affatto inferiori ai porfidi e alle selci importati da altre regioni, in termini sia di resistenza che di indice di usura, come riportato in fig. 2. L'eventuale pretesa superiorità di tali materiali non campani, dunque, andava ricercata nelle modalità esecutive dei manti stradali *perché, mentre porfidi e selci lavorano in elementi piccoli, la pietrarsa nelle nostre strade è disposta a basolato e non può che rivelare i difetti di un tale sistema, aggravato dagli usi locali…* (Penta, 1933), ovvero, dall'eterogeneità dei basoli impiegati, dalla mancanza di idonei sottofondi e, in generale, da errori di posa in opera. Lo studioso, pur evidenziando le buone caratteristiche della pietra vesuviana, fa propria la convinzione già espressa da altri ricercatori del tempo che le pavimentazioni a mosaico eseguite con blocchi di pietra più piccoli rispetto ai basoli rappresentassero la soluzione ideale per ottenere manti stradali omogeni e resisten-



Risultati delle prove di resistenza eseguite sui materiali di pavimentazione stradale della città di Napoli.

ROCCE	INDICE DI USURA			Carico di rottura a compressione (Kg/cm²)		
	Media	Minima	Massima	Media	Massima	Minima
TESUVITE. Lava resistente detta pure «pietrarsa»	Su 45 prove in cui compreso quelle su materiale di scarto			Su 120 prove comprese le più antiche		
	1.56	0.61	3.67	787	1430	119
	Su 31 prove eseguite su materiale silicio			Su 30 prove eseguite dal 1920 in poi		
	1.10	0.81	1.70	1273	1930	726
LEUCITITE. Lava del Vulcano Laziale, detta pure «lava romana»	Su 10 prove			mancano risultati		
	1.26	0.73	1.70			
PORFIDO QUARZ. D'Alto Adige (adoperato in cubetti)	Su 14 prove			Su 10 prove		
	1.89	0.70	4.01	1580	2840	346
ALCALIGRANITO del Varesotto detto pure «porfiroide» (Serizzo, Ballillo)	Su 6 prove			Su 18 prove		
	0.55	0.34	0.45	903	1580	731
GRANITO della Maddalena (Gambo Marina, via di Poggioreale, Ferrandina, Chiaramonte)	Su 2 prove			Su 48 prove		
	0.53	0.26	0.61	1757	2615	1020

Fig. 2 – Quadro di raffronto dei risultati delle prove di resistenza eseguite sui materiali di pavimentazione stradale della città di Napoli (Penta, 1933).

ti, ideali per il traffico veicolare. In particolare, Penta scrive: *se non sia il caso di dimenticare per un po' il lastricato in mastodontici basoloni, e immaginare invece un elegante intreccio di cubetti di lava vesuviana disposti ad archi contrastanti con giunti riccamente bitumati, tipo le note e ormai qui diffuse pavimentazioni in porfido del Trentino* (Penta, 1933).

Nel secondo dopoguerra, purtroppo, non si è registrata in città una particolare attenzione al tema delle pavimentazioni stradali: quelle dei nuovi quartieri sono state realizzate in asfalto e con cubetti di porfido, mentre quelle esistenti in basoli sono state ripristinate con sempre meno capacità operativa o, peggio ancora, sono state sostituite con quelle in cubetti di porfido. La mancanza di manutenzione, i continui danneggiamenti dovuti a interventi di ripristino o installazione di sottoservizi, l'aumento esponenziale del numero e della tipologia dei veicoli circolanti hanno ulteriormente peggiorato le condizioni di conservazione e di utilizzo delle strade napoletane e dei relativi marciapiedi.

Solo a partire dagli anni Novanta del Novecento, con la sistemazione di piazzale Tecchio, prima, e, poi, con i lavori di ripavimentazione e pedonalizzazione di piazza del Plebiscito e di via Toledo, il tema delle pavimentazioni stradali è stato oggetto di un rinnovato interesse. Se l'intervento di sistemazione di piazza del Plebiscito ha segnato un ritorno all'antico, riproponendo l'utilizzo del basolato lavico, i lavori di ridisegno e parziale riconfigurazione di via Toledo si sono caratterizzati, invece, per l'impiego di pietre vulcaniche non campane per la sistemazione dei marciapiedi.

Le pavimentazioni storiche nella definizione del paesaggio storico urbano: alcune considerazioni di metodo

La stratificazione storica dei caratteri culturali, costruttivi e naturali delle città rappresenta un patrimonio in continuo mutamento la cui conservazione non può prescindere da un armonioso sviluppo sociale ed economico. I concetti di *Conservazione integrata* e, più recentemente di *Paesaggio storico urbano*, nell'evidenziare il carattere evolutivo dell'ambiente urbano, inteso come il frutto di processi naturali e di trasformazioni umane, ma anche di percezioni e relazioni visive, di valori culturali, sociali, tangibili e intangibili caratterizzanti le diversità e l'identità dei luoghi, mirano a integrare gli obiettivi della conservazione equilibrata del patrimonio urbano con l'uso produttivo e sostenibile degli spazi urbani.

Nell'ambito della continua dialettica tra conservazione e innovazione per la salvaguardia dell'identità delle città storiche, il tema delle pavimentazioni stradali riveste un ruolo di rilevante importanza che va inquadrato, però, in un processo più ampio e articolato che travalica i soli aspetti tecnici.

Una corretta politica di conservazione delle pavimentazioni di un ambiente urbano storico deve essere integrata nell'ambito di scelte che riguardino aspetti più generali dello sviluppo delle dinamiche sociali, economiche e culturali di una città. La questione deve, cioè, essere affrontata in una visione sistemica e di prospettiva di medio-lungo periodo, altrimenti si rischia di banalizzare la discussione, schierandosi a favore o meno di questa o di quell'altra tipologia realizzativa. Discutere della tipologia di pavimentazione della singola strada è insufficiente: nel migliore dei casi si potranno risolvere solo inconvenienti e problemi localizzati.

Una corretta strategia di intervento e salvaguardia delle pavimentazione storiche dei luoghi pubblici per una città così articolata e complessa come Napoli, viceversa, deve completare un piano generale della mobilità che preveda efficaci soluzioni alternative all'uso delle automobili, potenziando i sistemi di trasporto collettivi in sede propria, nonché forme nuove di mobilità, ad esempio car-sharing e bike-sharing, liberando l'ambiente urbano dall'eccessivo traffico veicolare e abbassando il livello di inquinamento dell'aria. Purtroppo, tali tematiche non sembrano essere oggi al centro del dibattito culturale e politico-amministrativo della città: in attesa della conclusione dei lavori della nuova metropolitana, tutto il sistema del trasporto pubblico

è, infatti, al tracollo funzionale e gestionale e non si registrano significative iniziative migliorative in atto.

Viceversa, per individuare idonei interventi di conservazione e parziale ridisegno delle pavimentazioni stradali storiche, occorrerebbe mettere a punto prima una efficace politica di riorganizzazione del sistema della mobilità a livello metropolitano e, poi, un adeguato piano di viabilità urbana. Tale processo di pianificazione, consentirebbe di affrontare l'intera questione in un quadro complessivo coerente e integrato, in grado di fornire risposte sia alle istanze tecnico-funzionali che a quelle storiche-conservative. È evidente che per strade anche storiche interessate da flussi consistenti di traffico risulta anacronistico riproporre pavimentazioni in pietra che non sono in grado, se non con costi manutentivi molto alti, di sopportare le sollecitazioni che automobili e mezzi di trasporto contemporaneo trasferiscono al suolo. D'altro canto, una corretta politica della mobilità cittadina potrebbe consentire di ridurre consistentemente i volumi di traffico giornalieri e di individuare molte più aree della città in cui limitare la circolazione veicolare e conservare le pavimentazioni tradizionali.

Ciò detto, non v'è dubbio che dal punto di vista storico è il lastricato di basoli vesuviani la tipologia di pavimentazione che ha caratterizzato e caratterizza la città di Napoli e che, dunque, va conservata e integrata. Per raggiungere tale obiettivo, oltre che le citate scelte strategiche di mobilità precedentemente esposte, occorre anche predisporre una capillare mappatura dei materiali e delle tipologie di pavimentazione oggi esistenti, nonché delle relative forme di degrado, in fig. 3, strada per strada. Contemporaneamente, si rende necessario elaborare un data-base grafico delle diverse reti di sottoservizi, la cui realizzazione e manutenzione è spesso la causa dell'ammaloramento delle pavimentazioni stradali. Tali strumenti consentiranno di individuare priorità e strategie di intervento, oltre che rappresentare un dispositivo di controllo per un efficace piano di manutenzione post-intervento, in una logica di intervento integrata.

Per le strade del centro antico e per molte altre del centro storico a traffico limitato occorrerà nello specifico manutenere correttamente i basolati esistenti e reintegrare quelli erroneamente rimossi. Per alcune strade come via Foria, via S. Teresa degli Scalzi, Corso Garibaldi, corso A. Lucci e relative traverse, invece, si tratterà di valutare la possibilità di sostituire le pavimentazioni in pietra esistenti, cubetti di porfido posti in opera negli ultimi cinquant'anni, con nuove finiture in conglomerato bituminoso, rimodellando i marciapiedi. I basoli e i cubetti rimossi, rilavorati, potrebbero essere riutilizzati per integrare le pavimentazioni in altre aree della città[4].

Vanno, poi, evidenziate due ulteriori importanti questioni, una di natura tecnica, l'altra con evidenti risvolti culturali e progettuali. Prima di programmare interventi di ripavimentazione di strade e marciapiedi occorre procedere preventivamente a una verifica e, se necessario, a un adeguamento e a una razionalizzazione dei sottoservizi e delle reti impiantistiche esistenti, coinvolgendo e responsabilizzando preventiva-



a) *b)* *c)* *d)*

Fig. 3 – Alcune delle tipologie più ricorrenti di degrado delle pavimentazioni lapidee delle strade napoletane: a) e c) mancanza di sigillatura dei giunti e avvallamenti, in parte causati anche dalla presenza di chiusini metallici; b) fenomeni di dentellamento del basolato e mancanza di sigillatura; d) interventi di ripristino eseguito grossolanamente.

mente gli Enti gestori delle stesse. Ancora, dovrà essere posta molta attenzione a migliorare l'accessibilità e la fruibilità degli spazi urbani, ideando soluzioni che, nel rispetto delle caratteristiche estetiche e storiche delle pavimentazioni, consentano a tutti e, dunque, anche a persone con ridotta mobilità temporanea o permanente, di muoversi ed orientarsi il più agevolmente possibile[5]. In tal senso vanno segnalati i lavori in corso di esecuzione di Riqualificazione spazi urbani promossi dal Comune di Napoli nell'ambito del Grande progetto Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del sito UNESCO', poiché grazie alle convenzioni stipulate con il Dipartimento di

Architettura dell'Università di Napoli Federico II e con il Centro di Ricerca Operativa sull'Accessibilità degli Spazi Pubblici, il tema del miglioramento dell'accessibilità degli spazi pubblici è stato considerato uno degli obiettivi del progetto, così come il parziale riordino della rete fognaria. A fronte di tali importanti elementi di qualità dell'iniziativa, va, però, segnalato che non tutte le soluzioni tecniche individuate sono condivisibili. Serie perplessità, infatti, desta la scelta di riproporre la pavimentazione a cubetti di porfido per le sedi stradali di via S. Giovanni a Carbonara e di via del Duomo, nonché quella di utilizzare una generica pietra vulcanica non campana per pavimentare alcuni dei marciapiedi oggetto di sistemazione.

Bibliografia

Amore R. 2011. *Gino Chierici, tra teorie e prassi del restauro*. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Craveri P., De Martini A. (a cura di). 2006. *Napoli. Le grandi opere 1925-1930*. Napoli: Grimaldi e C.

Di Catania T. 1561. *Cronache antiquissime*, citato in Strazzullo F. 1967. *Edilizia e urbanistica a Napoli dal '500 al '700*. Napoli: Berisio.

De Cesare F. 1855-1856. *La scienza dell'architettura, applicata alla costruzione, alla distribuzione, alla decorazione degli edifici civili*. Seconda edizione. Napoli: Dai tipi di Giovanni Pellizzone.

De Seta C. 1981. *Le città nella storia d'Italia, Napoli*. Roma-Bari: Laterza.

De Coulaine M. 1850. Intorno all' uso delle sostanze bituminose nella costruzione delle strade, alla natura, la composizione, le proprietà di queste sostanze ed alle loro diverse applicazioni. In: *Annali delle Opere Pubbliche e dell'Architettura* (a cura di Rossi G. e De Rosa N.), 5-28. Napoli: Gaetano Rusconi.

Di Stefano R. 1967. *Edilizia. Elementi costruttivi e norme tecniche*. Napoli: L'arte tipografica.

Ferrari P. 2010. La rivoluzione stradale di John Loudon McAdam. *Atti del III Convegno di Storia dell'Ingegneria* (a cura di D'Agostino S.), II, 901-911. Napoli: Cuzzolin Editore.

Gola E. 1930. *La strada moderna*. Milano: Hoepli.

Le Gavrian P. 1922. *Les Chaussées modernes*. Paris: Baillière.

Penta F. 1933. *Lave vesuviane e pavimentazione stradale*, Conferenza tenuta il 17.06.1933 al Sindacato degli Ingegnerei di Napoli, Trani, Napoli.

Radford T. 1929. *The construction of roads and pavements*. Quarta edizione. New York: McGraw-Hill.

Ragucci L. 1859. *Principj di pratica di Architettura nei quali si espongono un'idea di descrizione dei febbricati*. Seconda edizione. Napoli: Stamperia del Cattolico di Francesco e Gennaro de Angelis.

Veronese L. 2012. *Il restauro a Napoli negli anni dell'Alto Commissariato (1925-1936)*. Napoli: Fridericiana editrice universitaria.

Note

1. *Annali civili del Regno delle due Sicilie*, 1846, p.157
2. Malta bituminosa per pavimentazioni stradali contenente una percentuale di graniglia.
3. Pavimentazione stradale a base di conglomerato cementizio.

4. Spesso i basoli rimossi sono stati portati a discarica o, peggio ancora, venduti a terzi, piuttosto che essere conservati per futuri interventi di integrazione. In questi ultimi mesi si è accesa una vivace polemica sugli organi di stampa circa i basoli rimossi in occasione dei lavori delle stazioni della Metropolitana. Vedasi al riguardo l'articolo apparso sul Corriere del Mezzogiorno,
5. Vedasi al riguardo il D.M. del MiBAC del 28 marzo 2008, *Linee guida per il superamento delle barriere architettoniche nei luoghi di interesse culturale*.

Roberto Gerundo, Carlo Gerundo

Urban standards in Italy. Successes, limits and new perspectives

Abstract
In 2018 it will be the 50th anniversary of the implementation of Italian Inter-ministerial Decrees 1404 and 1444, respectively enacted on April 1st and 2nd 1968, introducing regulations regarding buffer zone from road network and the so-called *urban standards*. A strong scientific and technical, as well as cultural, mobilization, occurred during the two previous decades, supported by the Istituto Nazionale di Urbanistica, had laid the foundation for a remarkably important result from a regulatory point of view.

The paper reconstructs the political and cultural context that led to that result and the relevant impact it had on land use plan production, highlighting the contribution provided by Schools of Engineering to the implementation of quantities, parameters and indicators that will have been used to express the contents of the above-mentioned regulations.

Introduction
In 1968 in Italy two important Inter-ministerial Decrees (DI) concerning urban planning in Italy were enacted: DI 1404/1968 introducing buffer zones from road networks and DI 1444/1968 regarding the so-called *urban standards*, per capita provision of neighborhood public services, spaces and infrastructures, as well as the classification used to divide into *territorial homogeneous zones* a municipal territory in a Land Use Plan.

This important regulatory result was achieved due to a cultural, scientific and technical mobilization, strongly supported by the Istituto Nazionale di Urbanistica (INU), occurred in the two previous decades at least.

In this paper a reconstruction of the political and cultural context that led to that result is proposed and the effects it had in Italy on land use plan drafting are analyzed.

The theoretical framework wherein this research stands is the contribution provided by Schools of Engineering to the foundation of Urban Planning as a scientific organic discipline, mainly adopting an analytical approach, used to develop quantities, parameters and indicators that will have express the contents of the above-mentioned regulations. These will have been diffusely used in Italy and allowed to achieve a relevant effect on cities' structures although this effect have been gradually

run out due to the lacking of *regulatory maintenance* by the Government, just barely softened by the deal of initiative of Regional Authorities that legislated on this matter, even if in a fragmented and non-homogeneous way.

Nowadays, this historical vicissitude needs to be updated through a new approach to Urban Planning Techniques, aimed at overcoming the purely quantitative dimension and assert an even qualitative position, as already tested in some regional experiences.

Finally, even the issues related to urban equalization, which gained ground starting from the '80s, need to be reinterpreted in order to limit the soil sealing, by making really effective the power of land use municipal plan to conform land to specific functions of public interest.

Theoretical and legislative genesis of urban standards in Italy

In Italy Urban Planning Technique was born, as a technically structured discipline, between XIX and XX centuries. At the beginning, the elaboration of techniques to manage urban expansion and transformation was characterized by a health-oriented approach and shaped around the need to interpret cities layout by measuring and assessing geometrical dimensions and proportions, as well as functional issues.

The methods and techniques, commonly privileged in that period, were based on numerical relations and quantities, expressed by math functions and land use and protection rules in order to respectively homogenize and codify urban planning practices and procedures.

The transition from a starting concept of urban planning technique as a jumble of sectorial contributions linked to various engineering specializations, to a vision of the discipline as autonomous field of research and technical skills, was driven, at the turn of the 20th century, by the technical and scientific production of some authors, engineers and architects, who had the merit, albeit starting from different approaches and positions, to define a shared core of the discipline.

It is essential to notice that the first European authors of urban planning handbooks, at the end of XIX century, already highlighted the need to define in Land Use Plan a system of open spaces and building of public interest. In particular, the Austrian architect and urban theorist Camillo Sitte (1843-1903) in his work *Der Stadtebau nach seinm Kunstlerischen Grundsatzen* (City Planning According to Artistic Principles) published in 1889, although criticizing the rigidity, technical anguish of Land Use Plan of that time, excessively subordinated to technical problems (especially traffic), claimed that, in order to properly project new expansion areas, it was necessary to introduce in new Land Use Plan some mandatory analysis aimed at assessing population growth, presumptive traffic volume and future economic activities in the next fifty years. On the basis of these analysis, Land Use Plans should had to identify the presumptive number and dimension of churches, administrative buildings, covered markets and public gardens (Sitte, 1989).

On this issue, more detailed was the contribution of Hermann Josef Stübben (1845-1936), German architect and urban planner having a doctorate in civil engineering, which was one of the most important theorists and practitioners in Germany at the end of the 19th century. In its best-known volume *Handbuch der Architektur - Der Stadtebau* (Architecture Handbook - Urban Planning), he stated, for instance, that a great care of hygienic furniture should have been taken in working-class neighborhoods, such as playground and parks, while quiet residential area should have had gardens and squares. Moreover, Stübben claimed that Municipalities are in charge to build public services (pipelines, street lighting, road networks), public gardens and important buildings through private land expropriation. With regard to green spaces, Stübben introduced a first hypothesis of per-capita provision stating that cities having a population of 20.000 should have had at least a public garden while major cities should have needed more parks in order to ensure a better accessibility for people: an average proportion would be one park of 10 hectares in size for every 50,000 inhabitants which is equal to a ratio between green areas and built areas of 1/20. In Stübben opinion, these spaces should have been generally accessible to the urban population, since they offered opportunity for exercise in the open air, the enjoyment of nature recreation and companionship (Stübben, 1890). However, these evaluations occupy a very limited part of Stübben work much more focused on the construction of streets and public squares and their relation to edifices.

As a matter of fact between XIX and XX centuries and till the ‘40s, urban planners used to mainly focus their attention on traffic and road network aspects. This is witnessed by the work of Cesare Chiodi (1885-1969), Italian engineer who had the first Chair in Urban Planning Technique in Milan starting from 1929. In his volume *La Città Moderna* (The Modern City), published in 1935, Chiodi, in the description of modern city main elements, offered a remarkable dissertation concerning urban green areas system, to be arranged in terms of not only quantity and quality, but also of proper distribution. Moreover, Chiodi set a minimum amount of green areas, parks and sports fields, equal to 15% of the total urbanized area or to 6 m^2 per-capita (Chiodi, 1935). He also introduced a difference between major cities, where the need of gardens and public parks is more intense, and minor cities where built surface is limited and more intimate is the relationship with countryside that, therefore, is to be more severely preserved from building initiatives.

Gustavo Giovannoni (1873-1947), civil engineer, was one of the principal promoter of the first Faculty of Architecture in Italy, at University of Rome, and is acknowledged to be one of the founding father of Urban Planning in Italy. In his volume *Vecchie città ed edilizia nuova* (Old cities and new buildings), published in 1931, he suggested a set of solution to new cities expansion, to urban traffic and, in particular, to old and modern city contrast with regard to new socio-economic demands. According to Giovannoni, since the system of modern city elements – such

as road networks, built areas, public spaces – had been complexifying increasingly, it had to perform three main tasks: to be a *social*, *cinematic* and *aesthetic* organism. As a *social* organism, the modern city should have guaranteed better and healthier dwellings, a rational distribution of functions and facilities, balanced building densities and a provision of open spaces at least equal to 40 m^2 per-capita. Giovannoni stated that the Land Use Plan should have dealt with all these aspects – distribution of building, public spaces, gardens, roads – in a coherent and homogeneous program preceded by analysis made using data and statistics. Giovannoni introduced another relevant theoretical innovation since he considered urban planning as a hierarchical process: Land Use Plans should have been contextualized within a wider (regional) framework, where main roads, urban development areas, regional parks are planned in order to harmoniously coordinate city and its surrounding villages' growth (Giovannoni, 1931).

Another important contribution to the theorization of parameters and indicators to express neighborhood public spaces per-capita provision can be found in Renato Fabbrichesi volume *Urbanistica ed Edilizia Italiane* (Urban Planning and Construction in Italy), published in 1935. Fabbrichesi (1887-19582), engineer and professor of Urban Planning Techniques and Technical Architecture at Engineering School in Padua, dealing with hygiene targets in Land Use Plans, acknowledged how green areas proportion was one of the most debated issues in urban planning at that time. He stated that the discussion was if green surfaces should be benchmarked to population (from 300 to 4000 m^2 every 100 inhabitants) or to total urban surface (from 1/100 to 1/10). Moreover, Fabbrichesi introduced a first public services provision benchmarking based on the maximum time to reach them, even expressed as maximum distance: 20 minutes (2.000 meters) for schools, 10 minutes (1.000 meters) for churches, 20 minutes (2.000 meters) for playgrounds, 5 minutes (500 meters) for emergency rooms, 10 minutes (1.000 meters) for gardens (Fabbrichesi, 1935).

Despite the most important scholars at that time theorized how modern city could not work without an appropriate system of public services and open and green spaces, to be explicitly quantified through precise parameters, those aspects were not taken into account into the debate on a new urban planning law, occurred since the beginning of the '30s.

In October 1940 the INU presented to the Minister of Public Works, engineer Giuseppe Gorla, a study entitled *Criteri fondamentali di una legge urbanistica* (Fundamental criteria of an urban planning law), developed by a committee chaired by its president, Alberto Calza Bini. The Minister decided to install an ad hoc interministerial committee[1], which quickly elaborated a draft law that was approved in August 1942, during the Second World War, and, although partially modified, is still in force today (law 1150/1942 - urban planning Italian regulation). As a matter of fact, despite the law 1150/1942 stated that the Land Use Plan – the new regulation

decreed that it was not mandatory for every Municipality, but for major cities – should have identified areas to create spaces for public use and to build the city hall, schools churches and works and structures having a public character, no analytical quantification method was indicated[2].

Anyway, after the end of the conflict, an enhancement of technical and scientific knowledge production was achieved in urban planning, albeit a more organic approach was adopted. Actually, the role of analyses become even more important and a more sophisticated formalization of indexes and parameter to investigate urban morphology and to fix per-capita public spaces quantities to be created.

These trends are evident in the handbook *Elementi di Urbanistica* (Elements of Urban Planning, published in 1946 by engineer Luigi Dodi, one of Chiodi's disciples: urban planner should have knowledges and tools too coordinates the multiple parts of urban organism. In this book, Dodi proposed a set of per-capita minimum surface to be created within urban expansions, such as streets and squares (8 m^2), public buildings (6 m^2) and green spaces (6 m^2) (Dodi, 1946).

Similarly, Luigi Piccinato considered cities as living organisms that need to be planned as an organic whole through the zoning, an essential tool to structurally and organically arrange the territory. In his volume *Urbanistica*, Piccinato identified an upper limit for building density in new extensive residential areas equal to 250 inhabitants per hectare, where a minimum provision of urban structure essential components should be ensured, expressed in percentage of total area: 65% for buildings; 21% for roads, 7% for sport fields, 0.5% for playgrounds; 5.5% for parking areas, 1,25% for walking routes. In terms of quantity, he proposed 30 m^2 per capita made available for green spaces, organized in 4 m^2 per capita for playground; 15 for parks, grasslands, woods, parade grounds; 4 for graveyards; 1 for walking paths (Piccinato, 1947).

In the *Architects' Handbook* (1962), edited by the Italian Research Council, Cesare Valle identified minimum thresholds for per-capita public spaces provision: 20 m^2 for *neighborhood services* (10 for green spaces and 10 for other facilities like schools, markets, libraries and district roads with parking areas), 15 m^2 for *parks*, 10 m^2 for general infrastructures (hospitals, cemeteries, highways) (Valle, 1962).

In 1964, the Research Centre of the Workers' Housing Management Italian Agency (GESCAL), coordinated by Federico Gorio, published a research on urban standards edited by Edoardo Salzano. In this study, urban standards were defined as the qualitative and quantitative formalization of the relations between those physical elements, which are essential to satisfy, within a given historical period, some people needs, that can be organized using urban planning methods and tools. It is useful to observe that, according to the research, the above-mentioned formalization had to be achieved through the formulation of optimum parameters. This research started with a theoretical clarification concerning the distinction between *public service* and *community facility*: while the former represents the organized activity, the latter is

the building or urban envelope where this activity takes place. Therefore, service and facility should be intended as two complementary and mutually connected aspects of the same attempt to satisfy an urban need, and their public and community character is not linked with their property or management but with their use that could not be individualistic. Moreover, according to the research, urban standards should be defined with regards to social life needs and could not be identified in a general and abstract way. On the contrary, social needs materialize in a certain historical situation, so it is essential to identify them in an open and dynamic way, with regards not to present demands but to the future ones. To do that the research choose the quantitative approach as the most appropriate one. They classified community facilities and public services in functional categories: 9 for the first group and 3 for the second one.

Community facilities were categorized as *educational and childhood institutes*, *sports and recreational facilities*, *cultural and spiritual life*, *facilities to exercise democratic rights*, *healthcare facilities*, *performing arts centers*, *commercial facilities*, *touristic facilities*, and *household facilities*.

In order to quantify a minimum threshold of per-capita space to provide in new Social Housing Plans, the researchers compared data found in handbooks, regulations and projects and then elaborated them analytically considering other variables, such as area of influence and population served.

For educational and childhood institutes, the research identified a minimum threshold of 3.057 m^2 per inhabitant (0.18 for daycares, 0.7 for kindergartens, 1.22 for elementary schools, 0.444 for secondary schools and 0.513 for high schools).

Moreover, the study subdivided the category of sports and recreational facilities into 7 typologies of green and sport areas, identifying for each of them a minimum per-capita threshold: *elementary green unit*, 3 m^2; *playgrounds for kids* (3-6 years old), 0.4 m^2; *playgrounds for kids* (6-11 years old), 0,6 m^2; *sports and playgrounds for kids* (11-14 years old), 1 m^2; *sports and playgrounds for adults*, 5 m^2; *neighborhood parks*, 3 m^2; *urban parks*, 12 m^2. The main bibliographic source used to identify the minimum per-capita thresholds was the handbook *Verde per la città* (Green areas for cities) by engineer Mario Ghio, professor of Urban Planning at University of Florence, and his wife architect Vittoria Calzolari, published in 1961 (Ghio M. *et al.*, 1961).

Regarding cultural and spiritual life facilities, the research fixed a minimum per-capita threshold equal to 0.70 m^2 for churches,0.25 m^2 for public libraries, and 0.75 m^2 for community centres, while concerning facilities to exercise democratic rights the threshold was fixed equal to 0.2 m^2 per inhabitant.

On the other hand, public services were categorized as *services having their sits in a building*, *having their sits in a building on a surface* and *networks*. Among the second category were included all the green areas (parks, gardens, vegetable gardens, tree rows) able to satisfy needs related to health and hygiene: *urban public green areas*; *neighborhood green areas*; *private green areas*.

The total amount of per-capita provision of public services and community facilities above-mentioned was equal to 35.5 m^2.

On the basis of the results of Gescal Research Centre study, the Ministry of Public Works issued a Circulaire (n. 425, 29th January 1967) to ensure a minimum provision of public spaces and facilities in new social housing settlements. The creation of these spaces should have been assessed with regards to families and people feature, like age or gender. Moreover, as regard spaces localization, they should have been positioned, not only respecting maximum radius of influence, but also considering users' characteristics. For instance, *elementary green unit* and *playground for kids* should have been deployed adjacent to dwellings and focusing mainly on sunshine and protection from dominant winds, while sports and recreational facilities in such a way as to create a green continuum.

However, while scholars and urban planners were involved in ever more thorough discussion concerning how properly calculate the provision of spaces and functions in the cities, population growth in Italy was spiraling and the law 1150/1952 was proving to be unable to ensure a harmonious development for urban areas. Cities tended to expand out of all proportion without Land Use Plans and peripheries grew lacking any buildings and spaces of public use, also because Municipalities were hardly able to build them due to high cost to expropriate private proprieties.

In 1962 the Minister of Public Works of that time, Fiorentino Sullo, was the promoter of a project of reform of Law 1150/1942[3], inspired by the proposal that emerged during the 8th INU Congress, held in 1960 in Rome, which foundered due to resistance within the party the Minister himself belonged to.

Nevertheless, in 1967, after the dramatic landslide happened in Agrigento in 1966, an emergency regulation was enacted, the so-called *legge ponte* (Law 765/1967), that introduced the obligation to respect, in new municipal Land Use Plans and Detailed Plans, maximum ratios between areas for residential and production settlements and public spaces for community facilities, green and parking areas. Those ratios, technically called *urban standards*, were quantitatively defined by DI 1444/1968, with regards to six *homogeneous zones* introduced by the Decree itself, and were set equal to 18 m^2 for each inhabitants in residential settlements (4.5 m^2 for compulsory education institutes, 2.5 m^2 for parking areas, 2 m^2 for community facilities and 9 m^2 for green areas with sport fields and playgrounds)[4]. In addition, the Decree fixed the obligation to provide at least 15 m^2 per-capita for urban parks, 1.5 m^2 for high schools, and 1 m^2 for health facilities, to be created in a designated homogeneous zone[5].

Regional attempts to reform urban standards

The DI 1444/1968 were no more modified and is still in force, even though regional laws have innovated over time urban standard identification and quantification.

Many of these initiatives aimed at increasing the total amount of per-capita provision, as in the case of Piemonte Region Law 56/1977 (25 m^2 per inhabitants) or Campania Region Law 14/1982 (20 m^2 per inhabitants for cities showing particular conditions), or at defining qualitative standards for community facilities and spaces, as in the case of Emilia Romagna Region Law 20/2000 and Calabria Region Law 19/2002 that transfer to Land Use Plan the duty to identify their functional requirements concerning social accessibility, availability, safety, distribution, etc.

Other regional regulations introduced a greater openness to private investors involvement into the creation of spaces and facilities of public use subjected to an agreement with the Municipality. This is the case of Piemonte Region Law 70/1991, Lombardia Region Law 9/1999, the already mentioned Emilia Romagna Region Law 20/2000 and Veneto Region Law 11/2004.

Probably, the bravest attempt to reform this issue was made by Lombardia Region that enacted the last urban planning regional regulation in 2005 (Regional Law 12/2005). This law disapplies the Decree 1444/1968 since it no longer subdivides the territory into homogeneous zones and empowers Municipalities to identify minimum thresholds for public services or community facilities through the *Plan of Services*[6]. This plan should ensure the provision and functional distribution, among others, of green spaces, wildlife corridors, green connection between rural and built areas and between road networks and urbanized areas, considering quality, usability and accessibility criteria, as well as the costs to realize and maintain them.

Learning from the past to define new approaches to urban standards

DI 1444/1968 has definitely allowed Municipalities to increase the provision of public spaces and community facilities within cities even if it have not always translated into an enhancement of life quality of urban areas, revealing all the limits of the urban standards quantitative approach.

Moreover, the actual feasibility of urban standards, as quantified and provided by Land Use Plans, has been encountering resistances since the approval of DI 1444/1968 due to high cost to expropriate private proprieties, as explained before.

Even though it was not explicitly laid down both in Law 1150/1942 and in DI 1444/1968, the creation of community spaces and facilities has been always considered an essential prerogative of Municipality through compulsory purchase of private proprieties and subsequent implementation of urban standards. A verdict of Italian Council of State stated that the main purpose of the rules contained in DI 1444/1968 is to provide the minimum amount of space to be reserved for public use[7]. It proves how the event of a community facilities system completely built on public properties with public funding and managed by public officials had been a cultural interpretation of the legislation, which introduced extraneous ideological factors into, although it has to be said that, at that time, urban economy should had not ap-

preciated an involvement of private operators. The need to overcome an approach of urban transformation exclusively based on expropriation and the opportunity to stimulate private investors to develop a positive relation with urban processes have encouraged, since the end of the '80s, the research of some mechanisms alternative to compulsory purchase (Campos Venuti, 1995).

The tool that seemed to be suitable to build those mechanisms was *urban equalization*, as theorized and described by Stefano Pompei in a chapter of *Manuale di progettazione edilizia Hoepli* (Building project handbook), published in 1995, where he described the theoretical principles of this method and the application to some Land Use Plan he drafted (Pompei, 1995).

Urban planning Italian rules should had been updated to achieve urban equalization among private properties involved in expansion areas in order to transfer to private stakeholders the creation of urban standards without resorting to expropriation, safeguarding in that way public interest.

INU goes back strongly to support the need for an overall reform of Law 1150/1942 during its 21st National Congress in 1995, elaborating a proposal explicitly dealing with some fundamental issues of the disciplinary debate. With regard to municipal land use planning, it aims at a substantial innovation of the contents and methods of Land Use Plan drafting, management and implementation. The reformed Land Use Plan should have consisted of two innovative elements: the Structural Plan and the Operational Plan. The former should have been binding only with regards to landscape and environmental restrictions, the latter with regard to public and private intervention to be realized during the period a town council elected in in charge.

Anyway, the above-mentioned proposals had not gone through and recent disciplinary trends have shown *urban equalization* limits since its application implies that the creation of community spaces and facilities is proportionally linked to building volumes to be built and it clashes with the need to limit soil sealing.

Project financing, as introduced by Law 415/1998, was an innovative alternative way to avoid compulsory purchase to realize urban standards but it proved to be a product innovation and not a process one since it still lead to the creation of public assets. New strategies of interventions need to be implemented, directly involving private stakeholders into the creation of spaces and facilities of public use. Fifty years after DI 1444/1968 came into force, urban standards issue should be radically inspected, going down the same path traced by some regional experiences, mainly allowing private owners to become promoters and managers of spaces and facilities of public use upon agreement with the Municipality.

Urban standards are a social and cultural conquest that need to be safeguarded and improved, adapting them to a new perspective and considering more performing approaches able to take into account the multiple benefits they can generate within cities, ensuring the public interest.

References

Campos Venuti G. 1995. Il quadro attuale delle condizioni operative dell'urbanistica che determinano la proposta dell'INU. Urbanistica Quaderni, n. 6. *(In Italian).*

Chiodi C. 1935. *La città moderna. Tecnica urbanistica*. Milano: Hoepli. *(In Italian).*

Dodi L. 1946. *Elementi di urbanistica*. Milano: Libreria Editrice Politecnica Cesare Tamburini. *(In Italian).*

Fabbrichesi R. 1935. *Urbanistica ed Edilizia Italiane*. Padova: Zannoni Editore. *(In Italian).*

Ghio M., Calzolari V. 1961. *Verde per la città*, Roma: De Luca. *(In Italian).*

Giovannoni G. 1931. *Vecchie città ed edilizia nuova*, Torino: Utet. *(In Italian).*

Pompei S. 1995. Gli strumenti urbanistici. In: *Manuale di progettazione edilizia*, volume 6 *Procedure e aspetti professionali* (a cura di Trippa G.), 63-242 . Milano: Hoepli. *(In Italian).*

Piccinato L. 1947. *Urbanistica*. Roma: Sandron. *(In Italian).*

Sitte C. 1889. *L'arte di costruire le città*. Milano: Jaca Book. *(In Italian).*

Stubben J. 1890. *Handbuch der Architektur - Der Stadtebau*. Darmstadt: Bergstrasser. *(In Deutsch).*

Valle C. 1962. Tecnica urbanistica. In: *Manuale dell'architetto*, (a cura del CNR), 470-502, Roma: CNR. *(In Italian).*

Notes

1. Among the committee members there were urban planning scholars and experts of the highest repute at that time, as Alberto Calza Bini (in the role of INU President), Giuseppe Pagano (in the role of National Education Ministry inspector), Luigi Piccinato (in the role of Architects Fascists Union member) and Cesare Chiodi, Gustavo Giovannoni, Marcello Piacentini, and Cesare Valle (in the role of experts).
2. Law 1150/1942, art. 7.
3. On 28th March 1962 a National Committee was installed to draft a new urban planning law. Among the committee members there were Giovanni Astengo, Luigi Piccinato e Giuseppe Samonà.
4. Inter-ministerial Decree 1444/1968, art. 3.
5. Inter-ministerial Decree 1444/1968, art. 4.
6. The Plan of Service must anyway ensure a minimum per-capita provision of public services and community facilities equal to 18 m^2.
7. Italian Council of State, Section. IV, sentence n. 268, 15th April 1986.

Paola Cenni, Francesca R. d'Ambrosio Alfano

L'ergonomia cognitiva nella progettazione di sistemi e interfacce uomo-macchina

Abstract

Cognitive ergonomics, through the important studies conducted by Donald Norman (US engineer and psychologist), affirms the indisputable centrality of the man within a system of work: *"Every instrument, even the most technologically evolved and refined, must be designed to remain to his service, helping him to make his thoughts more creative"*. Therefore, designing the usability of a system means paying attention to the good quality of the interfaces that mediate the relationship with machines (typically of any nature), without neglecting that the most notorious sense refers to computer technology with software, displays and devices to be used in the interactions. The aim to be pursued is to make the interface *compatible* with neural and cognitive alignment of humans, in order to initiate a virtuous process that starting with information adequately presented and perceived appropriately, helps their mental processing, the recourse to memory (as a knowledge database/skills already acquired), the judgment on the most appropriate decisions, up to the most effective and safe gestures and behaviors (for error prevention). The resulting satisfaction of use will motivate the user with positive effects also on productivity. A multi and interdisciplinary project team will be able to express design, engineering, psychology and cognitive skills, while the necessary computer applications will have to take into account the different contexts of use, objectives to be pursued and new use-centered communication technologies.

The expected outcome is facilitated by the use of the well-known 10 heuristics (usability guidelines) developed by Jakob Nielsen (Danish computer expert). The indicators evoked and the specific issues to improve the quality of the interface also allow subjective evaluations on some aspects considered fundamental in the user experience. Lastly, it is important to remember that the ergonomic technical standard (ISO CD 9241-11:2014) deals with this problem providing design guidance for usability and to the evaluation of usability by different methods.

Introduzione

Al di là degli aspetti fisici e strutturali presenti sul lavoro, gestiti dalla competenza ingegneristica, va considerata l'importanza dell'ergonomia cognitiva dal momento che l'impegno mentale viene chiamato in causa quando si progettano mansioni e,

soprattutto, quando si stabiliscono rapporti con macchine e strumenti tecnologici. In particolare, i processi cognitivi si attivano di fronte alle interfacce che mediano tali interazioni a partire da input sensoriali visivi, uditivi o tattili. A partire da queste diverse modalità percettive, l'uomo elabora le informazioni, le memorizza nel breve termine per capire il contesto in cui opera attraverso il recupero di informazioni già depositate nella memoria a lungo termine, intesa come banca dati costituita e alimentata dal ricordo di esperienze pregresse simili e dalla formazione già acquisita. In seguito, potrà valutare il da farsi e decidere su comportamenti e azioni da compiere in sicurezza. Il percorso indicato racconta quanto sia utile coinvolgere un ergonomo nella progettazione di un display o interfaccia, a partire da input chiari e *friendly*, in grado di favorirne la compatibilità a livello di assetto neuronale/mentale dell'uomo. Inoltre, la loro accettazione *amichevole* favorisce la motivazione e la concentrazione necessarie alla prevenzione degli errori.

Per una tecnologia centrata sulla persona

A partire dai primi anni '60, inizia a diffondersi l'esigenza di un modello di interfaccia che tenga conto dell'introduzione di nuovi e numerosi elementi *hardware*

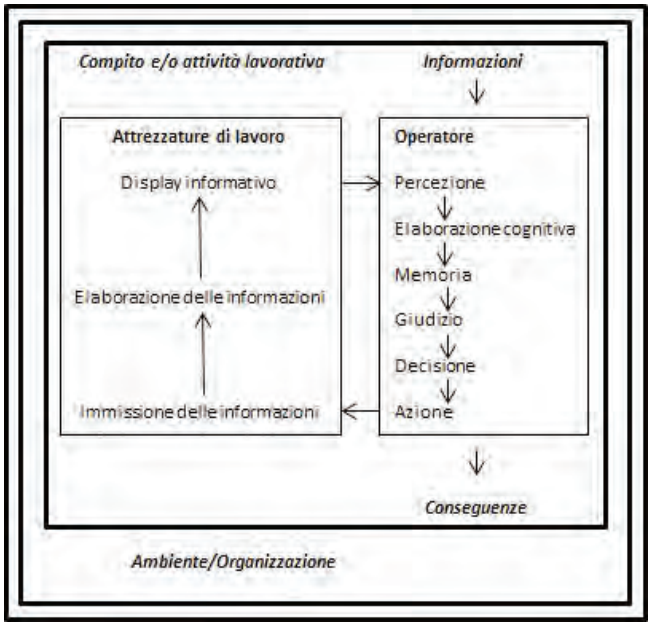


Fig. 1 – La normativa tecnica ergonomica illustra l'impegno cognitivo da ricondurre alle interazioni fra operatore e attrezzature all'interno di un sistema di lavoro: relazione tra carico mentale e differenti livelli di impegno cognitivo secondo la norma (UNI, 2002).

destinati all’utente, non più considerato come facente parte della macchina ma come persona con caratteristiche psicofisiche specifiche e competenze in grado di favorire un’attiva partecipazione al processo produttivo. Peraltro, tale cambiamento era già iniziato negli anni ’50, quando l’uomo, sgravato progressivamente dalla fatica fisica e impegnato sempre più a livello mentale, iniziava a rapportarsi con le strumentazioni tecnologiche che trasmettono informazioni sul processo da svolgere (Borsci e Federici, 2008). A livello ergonomico, l’impegno dell’utente si è spostato così dal carico muscolare al carico percettivo. Ad esempio, di fronte ad attrezzature dotate di display informativo quali monitor, schermi radar o quadri di comando, l’operatore percepisce le informazioni, le elabora, ricorre alla memoria alimentata, come detto, da formazione e apprendimento pregresso, per capire il contesto, giudicare e decidere l’azione da mettere in atto. In fig. 1 vengono considerate le conseguenze dei comportamenti adottati che dipendono sia dall’usabilità del sistema costituito da variabili come ambiente, organizzazione, attività lavorativa, sia dalla qualità tecnica delle interfacce che mediano la relazione con le attrezzature di lavoro (UNI, 2002).

La fig. 2 evidenzia il rapporto utente-interfaccia d’uso indicando, per le diverse modalità sensoriali, gli specifici e adeguati dispositivi di output da progettare per prevenire o ridurre conseguenze negative, in particolare carico mentale e rischio di errori (P. Bottoni, 2010).

L’approccio ergonomico di ispirazione cognitivista

La *cognition* si può considerare come l’equivalente del pensiero umano e partecipa a tutti i processi mentali che consentono all’uomo di trasformare, elaborare, memorizzare, recuperare e utilizzare ogni input sensoriale. Riguarda la nostra capacità di percepire e comprendere il mondo, o il contesto, che ci circonda, di capire e ricordare le nostre esperienze, di comunicare con le persone e di controllare i nostri comportamenti. Nella complessa interazione fra pensiero e nuove tecnologie occorre sottolineare nuovamente quanto sia importante che le informazioni siano accurate e che l’evoluzione della scienza e dell’ingegneria, un tempo destinate a provvedere soprattutto alle necessità fisiche dell’uomo, siano oggi culturalmente pronte a soddisfare anche quelle della sua mente. In particolare, un progettista dovrebbe far sì che le rappresentazioni suggerite a livello cognitivo dagli input presenti su di una interfaccia ergonomica accrescano le capacità e le abilità operative dell’uomo.

Il contributo di Donald A. Norman

Questo studioso statunitense, ingegnere e psicologo cognitivo, sostiene un importante principio di *design*: quello della *naturalezza*, nel senso che la *cognition* esperienziale viene facilitata quando le proprietà della rappresentazione mentale sono simili a quelle della cosa rappresentata. Ciò ipotizza una sorta di isomorfismo fra struttura neuronale e input percepito, che può rendere le rappresentazione molto utile per

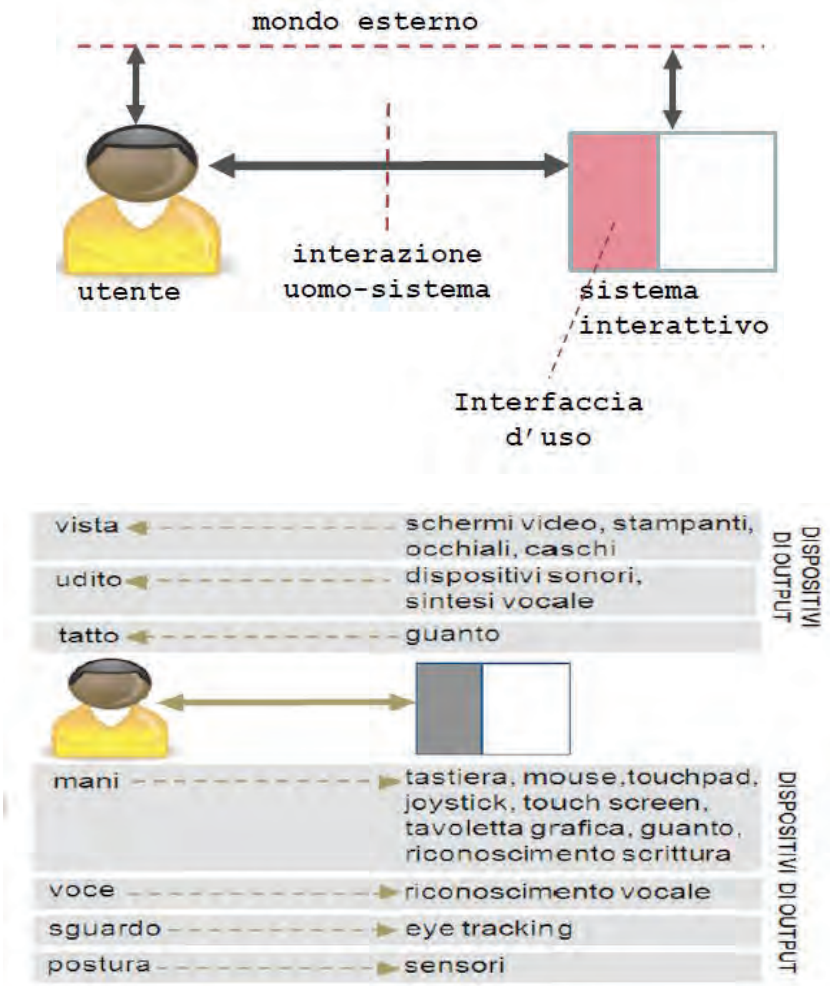


Fig. 2 – L'interfaccia d'uso nel dialogo uomo-sistema: modalità sensoriali e dispositivi di output (da Bottoni, 2010).

semplificare la comprensione di sistemi, artefatti e compiti da svolgere, rendendoci più *intelligenti* (Norman, 1993; 1995). Pertanto, il tema dei modelli concettuali è fondamentale nella progettazione di modelli mentali, quelli che le persone hanno di sé, degli altri, dell'ambiente e delle cose con le quali interagiscono. Il modello mentale di un dispositivo, ad esempio una interfaccia, si forma soprattutto interpretandone sia le azioni che consente di mettere in atto (così come sono percepite), sia la struttura visibile. Norman definisce la parte visibile del dispositivo *immagine del*

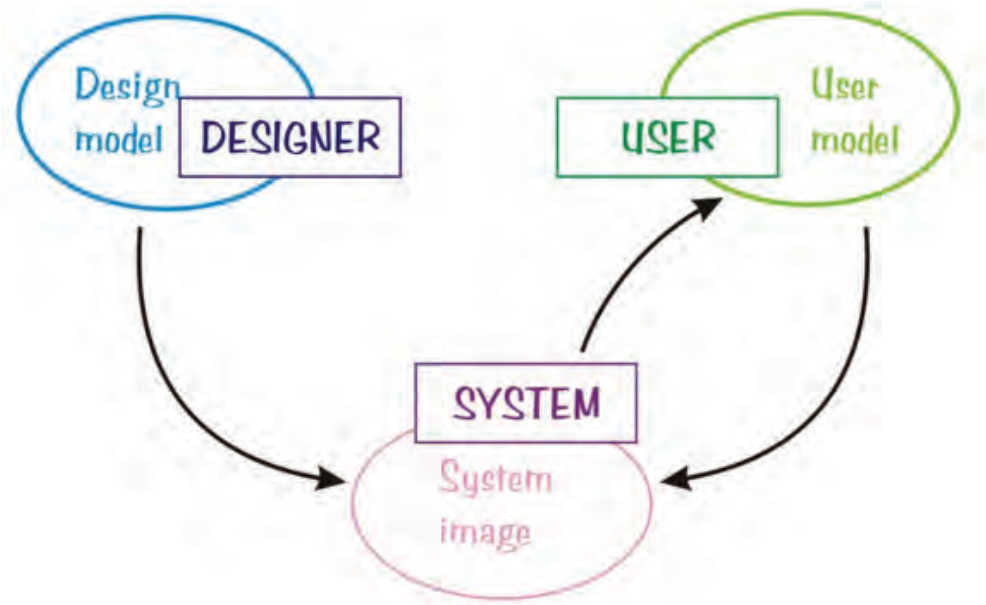


Fig. 3 – Il modello progettuale è il modello concettuale del progettista. Il modello dell'utente è il modello mentale, sviluppato attraverso l'interazione con il sistema. L'immagine del sistema risulta dalla struttura fisica che è stata costruita (comprese documentazione, istruzioni, etichette). Il progettista si aspetta che il modello dell'utente sia identico al modello progettuale. Ma il progettista non parla direttamente con l'utente; tutta la comunicazione avviene attraverso l'immagine del sistema. Se l'immagine del sistema non rende chiaro e coerente il modello progettuale, l'utente finirà per formarsi un modello mentale sbagliato (da Norman, 1990).

sistema, si veda la fig.3, sottolineando che se tale immagine è incoerente o inadeguata, l'utente non trarrà utilità dall'uso del dispositivo che, al contrario, per incompletezza o contraddittorietà, rappresenterà piuttosto un rischio a livello di sicurezza e performance produttiva.

3.2 L'usabilità di un prodotto o di un sito web. Le euristiche di Jakob Nielsen

La definizione di usabilità viene data dalla normativa tecnica ergonomica (ISO, 2014) per esprimere, in modo semplice e chiaro, il gradimento degli utenti quando utilizzano un sito che risponde ai loro bisogni. Secondo tale norma l'obiettivo di coloro che progettano e valutano sistemi, prodotti e servizi, allo scopo di renderli *usabili*, è quello di favorire efficacia, efficienza e soddisfazione tenendo ben presente lo specifico contesto d'uso. Gli utenti potenzialmente interessati a questa norma sono in genere degli esperti, quali professionisti dell'usabilità, ergonomi/professionisti in *human factors* e professionisti in salute e sicurezza.

Nel 1995 Jakob Nielsen, informatico danese considerato insieme a Donald Norman il guru dell'usabilità, definì quest'ultima come *la misura della qualità dell'esperienza dell'utente in interazione con qualcosa, sia esso un sito web o un'applicazione software tradizionale o qualsiasi altro strumento con il quale l'utente può operare. Un prodotto è usabile quando è facile da apprendere, consente un'efficienza di utilizzo, è facile da ricordare, permette pochi errori di interazione e di bassa gravità, è piacevole da usare.* Al riguardo, Nielsen ha individuato10 principi generali che ha preferito chiamare *heuristics* (preliminari, verificabili e mutuati dall'ergonomia) piuttosto che *aspecifiche* linee di usabilità per progettare/valutare l'interfaccia utente (Nielsen e Mack, 1995). Attraverso l'analisi fattoriale di 249 errori, emersi da test con utenti, Nielsen ha costruito e sottoposto a validazione questo decalogo operativo:

1. *Rendere visibile lo stato del sistema*
   - il sistema dovrebbe sempre informare l'utente circa il suo stato corrente e i processi in atto;
   - dovrebbe esserci un *feedback* per ogni azione dell'utente.
2. *Legare il sistema al mondo reale*
   - il sistema dovrebbe parlare in termini comprensibili per l'utente preferendo termini e concetti di uso comune.
3. *Controllo e libertà dell'utente*
   - il sistema dovrebbe offrire aiuto nel riconoscere e interpretare i messaggi per facilitare il recupero di eventuali errori;
   - a fronte di errori commessi gli utenti dovrebbero disporre di una chiara uscita di emergenza per ritornare al punto di partenza.
4. *Coerenza e standardizzazione/uniformità*
   - agli utenti dovrebbe *essere chiaro se parole o azioni diverse hanno lo stesso significato o producono lo stesso effetto.*
5. *Prevenzione degli errori*
   - per sottolineare che un buon design è più utile di un buon messaggio di errore.
6. *"Recognition rather than recall"*
   - istruzioni e opzioni devono essere *riconoscibili* (con l'aiuto di adeguati parametri di riferimento) piuttosto che appesantire il carico mentale *richiamando* direttamente informazioni dalla memoria di lavoro, mentre si passa da una parte all'altra del sistema.
7. *Flessibilità ed efficienza d'uso*
   - il sistema dovrebbe fornire *shortcuts* (scorciatoie per accelerare l'interazione) accessibili anche a utenti meno esperti.
8. *Estetica e design minimalista*
   - l'interazione non dovrebbe prevedere informazioni non pertinenti o utilizzate raramente;
   - ogni informazione aggiuntiva può distrarre da quelle rilevanti, diminuendone la valenza percettiva.

9. *Aiuto all'utente nel riconoscimento, diagnosi e recupero errori*
   - i messaggi di errore vanno espressi con linguaggio semplice (senza utilizzo di codici), per indicare con precisione il problema e suggerire una soluzione.
10. *Aiuto e documentazione*
   - sarebbe opportuno utilizzare il sistema senza l'ausilio di un manuale, ma se questo è necessario le informazioni dovrebbero essere facili da cercare ed utilizzare.

Conclusioni

Riguardo alla progressiva evoluzione delle nuove tecnologie digitali, all'interno dei sistemi di lavoro, è stata sottolineata soprattutto l'importanza delle problematiche di interazione e degli aspetti normativi, finalizzati al miglioramento di salute psicofisica, sicurezza, prevenzione degli errori e qualità della performance. Tuttavia occorre ricordare anche i notevoli vantaggi economico-produttivi previsti nel piano nazionale Industria 4.0 in cui, tra le tecnologie incluse nel novero di quelle ammesse al beneficio dell'iperammortamento figurano i *dispositivi per l'interazione uomo-macchina e per il miglioramento dell'ergonomia e della sicurezza del posto di lavoro in logica 4.0*. Pertanto, è auspicabile che una formazione ergonomica adeguata e moderna, destinata a ingegneri, *designers* e psicologi cognitivi, sia in grado di integrare una cultura aziendale ancora diffusa che, nonostante valuti opportuno e naturale assolvere gli adempimenti legislativi, nutre ancora dubbi e chiede giustificazioni per applicare i principi dell'ergonomia temendo che rappresentino più costi aggiuntivi che occasioni di dialogo proficuo fra differenti aree disciplinari. Più che una storia del passato, una storia del futuro, si spera prossimo.

Bibliografia

Borsci S., Federici S. 2008. Dall'interazione utente-tecnologia alla valutazione dell'usabilità: una rassegna sullo stato dell'arte dei metodi e delle normative, *Giornale di Psicologia*, 2(3).

Bottoni P. 2010. *Corso d'Interazione Uomo-Macchina*, Dipartimento di Informatica della Sapienza (Roma)

ISO. 2014. *Ergonomics of human-system interaction - Part 11: Usability. Definition and concepts. ISO/CD 9241-11*, (2014), Geneva: International Standardization Organization.

Nielsen J., Mack R. 1995. *Usability inspection methods*. New York: Wiley.

Norman D. A. 1990. *La caffettiera del masochista. Psicopatologia degli oggetti quotidiani*. Firenze: Giunti.

Norman D. A. 1995. *Le cose che ci fanno intelligenti*.Milano: Feltrinelli.

Norman D.A. 1986. Cognitive engineering, in user centered system design. In: *New perspectives on human-computer interaction* (Norman D.A. and S.W. Draper eds). Hillsdale: Erlbaum Associates.

Norman D.A. 1993. Cognition in the head and in the world: Introduction to a debate on situated action. *Cognitive Science* 17, 1-6.

UNI. 2002. *Ergonomic principles related to mental workload. Part 2: Design principles. Norma UNI EN ISO10075-2*. Milano: Ente Italiano di Normazione.

Renato Morganti, Alessandra Tosone,
Matteo Abita, Danilo Di Donato

Le Olimpiadi di Roma: l'acciaio in gioco

Abstract
At the end of the Fifties the Italian Capital is lively involved in the preparation of XVII Olympic Games and despite the preference for reinforced concrete in the building of great stadiums and athletes accommodations, metal construction is largely used: it fits economic, building and functional requirements established by the technical committee named C.O.R. Steel structures are built both in the urban context and outside of it, for the realisation of sport facilities characterised by low management costs and innovative configurations.

The contribution tries to reconstruct the episodes which have as main character steel, elective material for these forgotten architectures, that is able to translate in appealing and winsome shapes the agonistic crossing of the line, recalled by the Olympic motto "Citius!, Altius!, Fortius!".

Il "Piano delle Olimpiadi" e il comitato "Costruzoni Olimpiche Roma"
Dopo il tentativo sfumato per ben due volte nella prima metà del secolo, Roma viene proclamata nel 1955 sede delle celebrazioni della XVII Olimpiade. Al momento dell'assegnazione dei Giochi, la città può offrire piena funzionalità solo di pochi impianti sportivi ed è necessario predisporre un programma di interventi per la realizzazione di attrezzature che possano soddisfare al contempo le esigenze delle celebrazioni e delle future necessità (Mazzarini, 2011).

Il programma coinvolge tre attori principali: il Comitato Olimpico Nazionale Italiano, il Ministero dei Lavori Pubblici e il Comune di Roma. Il Ministero mette a disposizione cospicue risorse finanziarie e collabora attivamente con il COR, il comitato tecnico delle "Costruzioni Olimpiche Roma", struttura operativa speciale istituita nel '54 per il controllo della progettazione e dell'esecuzione degli impianti. Il collettivo di tecnici, che coinvolge alcuni tra i migliori professionisti italiani, organizza il lavoro secondo indirizzi operativi relativi agli impianti di gara, a quelli sussidiari e ai villaggi olimpici. Per tutti gli interventi che spaziano dall'adattamento di strutture esistenti fino alla nuova edificazione, è imposto il rispetto scrupoloso di specifiche direttive. Il carattere pubblico delle opere richiede un adeguato controllo della spesa, la realizzazione di impianti moderni e funzionali e il ricorso all'uso di terreni demaniali o comunali, per ridurre i tempi di acquisizione delle aree. Le norme stabiliscono

inoltre il riuso di strutture esistenti, scelte per capienza e ubicazione nel rispetto delle previsioni di piano. Ciascun intervento è poi validato sulla base di un preventivo di spesa esaminato congiuntamente dagli enti ministeriali e comunali (COG, 1960).

La strategia del piano delle Olimpiadi adotta un modello improntato alla valorizzazione di contesti consolidati della capitale, sia antichi che nuovi, con l'obiettivo di costituirsi come premessa di un ben più ampio processo di riorganizzazione della città affidato alle previsioni del nuovo PRG (Insolera, 2011). Il modello si traduce nella scelta di architetture antiche e di siti di pregio della città storica per la localizzazione di impianti di dimensioni contenute, degli impianti sportivi dei due Centri Olimpici, in quanto molto capienti, e, laddove necessario, di contesti di gara esterni alla Capitale.

Acciaio e città storica

I giochi, in un collegamento ideale da Olimpia a Roma trovano ospitalità in alcuni tra i più famosi edifici della romanità.

La Soprintendenza alle Antichità richiede di realizzare volumetrie minime che valorizzino la preesistenza, limitando l'impatto delle nuove strutture con soluzioni facilmente smontabili che non lascino segni sulle antiche vestigia. La costruzione metallica pare soddisfi tutte queste esigenze, oltre che consentire la riduzione dei tempi di messa in opera, il contenimento degli ingombri strutturali e la completa rimovibilità. Per tali ragioni negli interventi si ricorre all›impiego dei tubi che già nel Secondo Dopoguerra si erano affermati nella prassi cantieristica quali fondamentali dispositivi di costruzione (Giannetti, 2017), e che nel corso degli anni Cinquanta avevano evidenziato notevoli potenzialità anche in ambito architettonico, venendo esposti con disinvoltura in contesti di valore come nell'allestimento di Franco Albini e Franca Helg al Salone d'Onore della Triennale di Milano nel 1954 (Cavallari Murat, 1962).

Le aree destinate ad ospitare le gare, quali l'ovale di Piazza Siena a Villa Borghese, le Terme di Caracalla, la Basilica di Massenzio e altre rovine del Foro Romano sono collegate da nuove gallerie stradali posizionate sul lungotevere e a ridosso delle Mura Aureliane, in modo da garantire una mobilità mirata.

La palestra alle Terme di Caracalla

Alle terme di Caracalla, situate sul colle Aventino, è risolutivo l'impiego diffuso di sistemi tubolari smontabili. Lo svolgimento delle gare di ginnastica è previsto nell'ala occidentale del complesso, in un'area rettangolare cinta da alte mura corrispondente all'antica palestra, connessa agli spazi delle vasche con una partizione a esedra. La realizzazione dell'impianto è affidata negli ultimi mesi del 1959 all'impresa Dalmine-Innocenti, un riferimento in Italia nella produzione di tubi in acciaio, mentre la progettazione è mediata dai tecnici della società con quelli del COR, tra i quali l'architetto Maurizio Clerici e l'ingegnere Pasquale Androsoni.

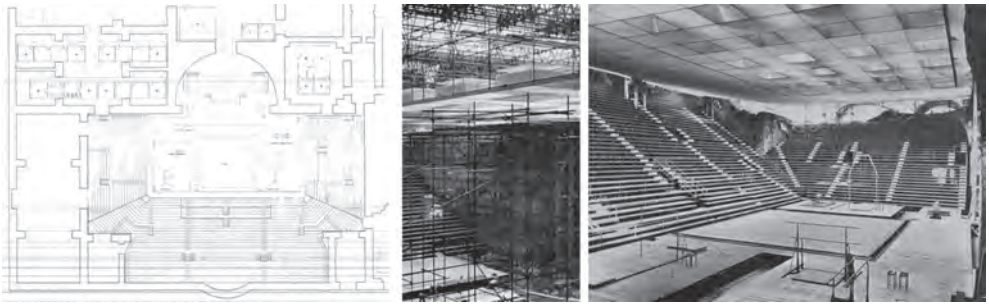


Fig. 1 – A sinistra la planimetria dell'intervento alle Terme di Caracalla (COR, 1960); al centro foto del cantiere con a destra la palestra ultimata (Colombo, 1960)..

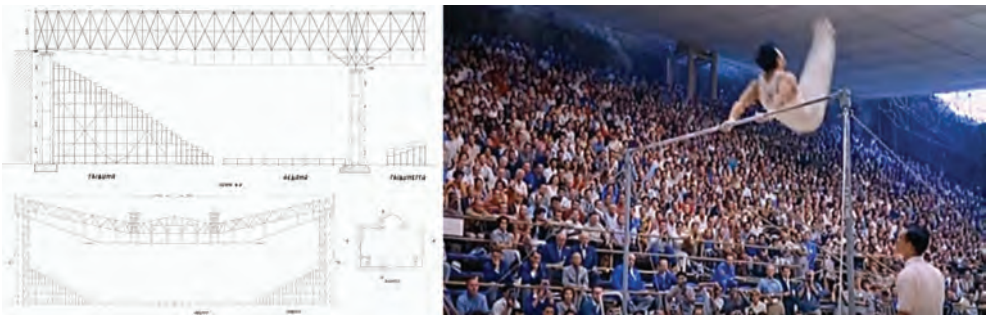


Fig. 2 – A sinistra le sezioni della struttura in acciaio del velario (COR, 1960); a destra un atleta in gara (INL, 1960).

Il progetto, che prevede l'inserimento delle pedane di gara al centro dell'area rettangolare, le tribune per gli spettatori disposte lungo i tre lati e una piccola tribuna per gli arbitri, in fig. 1, collocata in corrispondenza del lobo semicircolare, si risolve nella definizione di un grande elemento di copertura, di circa 2.700 m^2, configurato in modo da risultare non visibile all'esterno e riproporre, all'interno, l'antico tema del *velarium*. Sui lati corti dello spazio rettangolare sono realizzate in opera pareti tubolari che restano parzialmente celate dalle tribune e che si prolungano fino alla quota d'imposta della copertura. Sui lati lunghi invece, vengono montate, su fondazioni isolate in calcestruzzo armato, quattro colonne in acciaio che, con altezze diverse, assecondano la irregolarità dei resti archeologici. Per esse è scelta una carpenteria tubolare saldata esposta, che impiega quattro tubi in acciaio ad alta resistenza, collegati mediante manicotti interni anch'essi saldati in modo da non interrompere la linearità degli elementi verticali. Due imponenti travi reticolari di 5 m di altezza collegano trasversalmente le colonne su una luce di 41 m e proseguono a sbalzo fino a coprire l'ampiezza dell'esedra, sostenendo gli elementi resistenti longitudinali, posti ad interasse di 2,5 m, come mostrato in fig. 2. Questi ultimi sono realizzati con travi

reticolari vincolate alle estremità sulle pareti reticolari, il cui disegno favorisce l'ingresso di aria e luce e risolve il deflusso delle acque meteoriche (Colombo, 1960).

I 37.000 tubi e i 27.000 nodi di cui si compone la copertura sono protetti dalle lamiere di alluminio dell'impalcato e da un controsoffitto in pannelli di vetroplast alternati ad apparecchi di illuminazione, sospesi a sottili elementi metallici.

L'impianto per le gare di lotta alla Basilica di Massenzio

L'inedito accostamento tra le superfici murarie antiche e i tubi in acciaio è apprezzabile, in diversa scala, anche nella rovina della Basilica di Massenzio, che domina sul colle della Velia il complesso del Foro Romano.

In questo caso le tre arcate superstiti del grande edificio pubblico diventano la quinta ideale per le gare di lotta, mentre la riconfigurazione di un antico *ludus magnus* viene semplicemente completata dalle pedane di gara, da una lunga tribuna e da una serie di volumi ad un piano per gli spogliatoi e i servizi ad uso degli atleti (Colini, 1960). Tutte le componenti accessorie dell'impianto sono affidate ad una struttura composta da tubi di acciaio, collegati da semplici giunti ortogonali lasciati a vista, rivestita con pannelli di legno in corrispondenza delle tribune e con lamiere ondulate nei volumi dei servizi, come visibile in fig. 3. L'impresa Venturi di Bologna, ditta specializzata in ponteggi, si occupa dell'esecuzione delle opere nella basilica e si interessa anche del montaggio degli apparecchi di illuminazione sospesi a sottili cavi in acciaio al di sopra delle pedane (Impresa Venturi, 1960).

Acciaio e città moderna

La Via Olimpica, nuova infrastruttura veicolare a scorrimento veloce, collega i due centri olimpici e intercetta a nord il tracciato di Corso Francia, deputato alla connessione rapida tra le vie Cassia e Flaminia, completato dalla realizzazione di un viadotto.

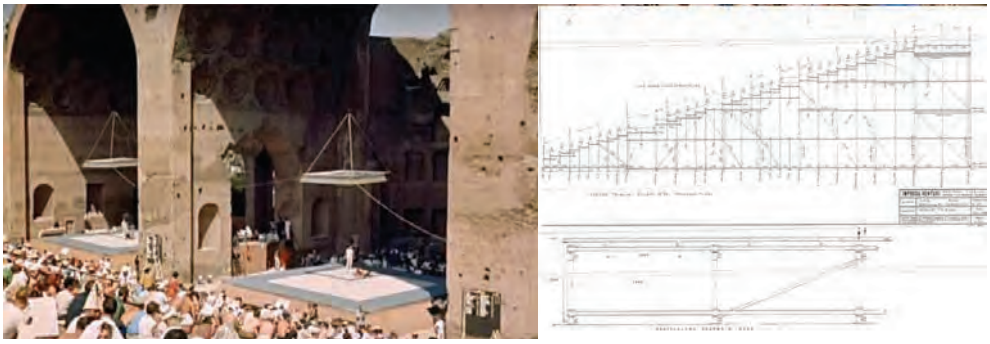


Fig. 3 – L'impianto di lotta alla Basilica di Massenzio con i relativi dettagli costruttivi (COR, 1960).

Nel Centro Olimpico Nord, coincidente con le aree che lambiscono l'ansa settentrionale del Tevere, in corrispondenza del Foro Italico, del Flaminio e dell'Acqua Acetosa, agli impianti sportivi costruiti in epoca fascista e allo Stadio Olimpico ultimato nel '53, sono aggiunti lo Stadio del Nuoto, lo Stadio Flaminio e il Palazzetto dello Sport; nello stesso polo è inserito anche il Villaggio Olimpico, un vasto insediamento residenziale destinato ad ospitare gli atleti.

Nel Centro Olimpico Sud, corrispondente al quartiere Eur, oltre alla possibilità di sfruttare il Palazzo dei Congressi e il complesso dei campi di gioco nell'area Tre Fontane, è prevista la realizzazione di tre nuovi impianti: il Palazzo dello Sport, la Piscina delle Rose e il Velodromo.

Il Velodromo Olimpico all'EUR

Il CONI bandisce nel 1954 un concorso per la realizzazione di un velodromo all'EUR, area funzionale per l'arrivo delle corse ciclistiche su strada, vinto dall'architetto Cesare Ligini insieme all'ingegnere Dagoberto Ortensi e all'architetto Silvano Ricci. Il progetto risolve il complesso tema funzionale della pista e della sua visibilità nei punti di massima pendenza con l'adozione della forma del doppio crescent e un accorto andamento delle gradinate, la cui disposizione varia in senso sia trasversale che longitudinale.

Il grande invaso della pista e delle tribune, realizzate in calcestruzzo armato per la sola parte coperta, appare come un elemento naturale che si adagia sul terreno mediante scarpate di terra stabilizzata, in fig. 4. Alla volumetria curvilinea del catino è contrapposta quella rettilinea del volume d'ingresso su pilotis. Elemento di mediazione e raccordo, la leggera pensilina in acciaio con andamento spezzato piega, si innalza e si prolunga sulla zona del fronte, in corrispondenza delle tribune speciali, fino ad assumere una geometria trapezoidale che copre una superficie di circa 1400 m^2 con uno sbalzo di 20 m (Luccichenti, 1960).



Fig. 4 – Il Velodromo Olimpico in costruzione nel 1959 (COR, 1960) e a lavori ultimati nell'anno successivo (Luccichenti, 1960).

Coerentemente alla ricerca di una condizione di minimo contatto, la pensilina poggia sulle tribune speciali con dispositivi puntuali in calcestruzzo armato. Questi, estroflessi dalla trave di raccordo tra le sottostanti cavalle, accolgono le 14 forcelle metalliche a sostegno della vela, e mettono in evidenza il cambio di registro tecnico. Le aste inclinate delle forcelle a profilo fusiforme sono composte da un tubolare centrale e da quattro elementi a T radiali, a costituire una sezione aperta, e diversamente risolte ai nodi: l'estremità inferiore è inserita e saldata alla cuffie che integrano la cerniera d'appoggio in cui le due aste convergono, mentre, l'estremità superiore termina con una piastra flangiata per consentire il collegamento con le due travi composte e a parete piena che definiscono il profilo a spezzata della vela, come mostrato in fig. 5. La prima trave, rettilinea, fissa l'inclinazione delle aste e segna lo sbalzo sulle tribune, la seconda, con andamento spezzato, si collega alla struttura sottostante e determina lo sbalzo sul volume d'ingresso. Il sistema delle forcelle e delle travi superiori è trasversalmente collegato da graticci reticolari piani, lasciati a vista, posti ad intervalli regolari, e da una orditura secondaria che costituisce anche il sistema di ancoraggio e di appoggio dei pannelli metallici. Tutto il sistema resistente, realizzato dall'impresa Di Donato di Napoli, è contenuto all'interno di un rivestimento in alluminio fornito e messo in opera dalla Feal (Bonavita *et al*., 2014).

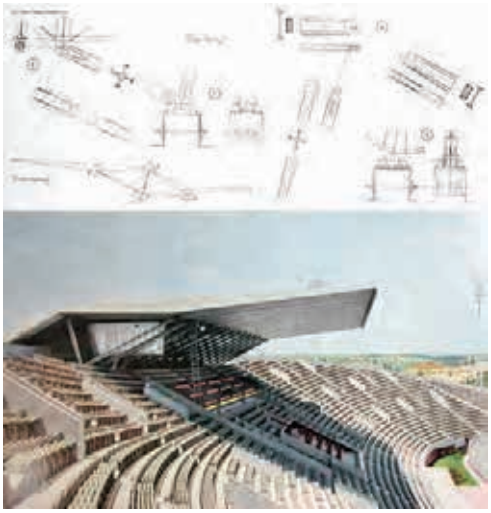


Fig. 5 – La pensilina del Velodromo Olimpico: in alto particolari costruttivi della struttura in acciaio; in basso la copertura ultimata (Luccichenti, 1960).

La palestra e il rettifilo coperto nell'impianto di Tre Fontane

L'architetto Maurizio Clerici, allievo nello studio di Annibale Vitellozzi, è incaricato insieme agli ingegneri Pagani e Lombardi di coordinare la progettazione di alcune strutture temporanee dell'area Tre Fontane, un vasto complesso di impianti sportivi posizionato all'ingresso del quartiere EUR e tagliato in due dalla Via Cristoforo Colombo. L'architetto, cui si deve anche la copertura temporanea per il Poligono di Tiro di Viale Lazio, progettato insieme all'ingegnere Giulio Palmonella, decide di sfruttare la porzione orientale dell'impianto, per inserire un rettifilo di sei corsie e una palestra per la pallavolo, entrambi coperti con l'ausilio di una struttura metallica di indubbia qualità espressiva.

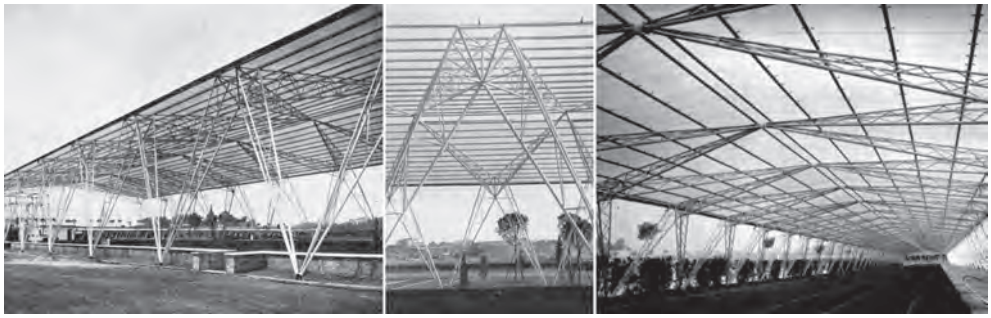


Fig. 6 – A sinistra la palestra e a destra il rettifilo nell'impianto di Tre Fontane; al centro il macro-modulo strutturale della palestra (Vannacci, 1960).

Sia nella palestra che nel rettifilo, *L'elegante struttura spaziale* (Vannacci, 1960), progettata in collaborazione con il Centro Carpenteria Dalmine, utilizza tubi in acciaio e consiste di una serie di telai spaziali a tre cerniere, composti ognuno da quattro elementi, tra loro saldati in opera, che nell'insieme configurano macro-moduli strutturali a forma di X. Questi ultimi risultano dall'assemblaggio di due montanti reticolari rastremati e convergenti a sezione triangolare e due traversi, con le stesse caratteristiche, ad essi solidali. La sezione di tutti gli elementi resistenti si riduce progressivamente verso l'unico vincolo a cerniera interno, posto in corrispondenza della mezzeria del macro-modulo, e dei quattro esterni, al piede dei singoli montanti, in fig. 6. Nel caso della palestra, ognuno dei quattro elementi del macro-modulo è realizzato in officina con tubi, mentre nel rettifilo le aste di parete sono realizzate con barre piegate e saldate. La pavimentazione di gioco della palestra è posta ad una quota più bassa rispetto alle cerniere di base e lo spazio racchiuso al di sotto della copertura può raggiungere l'altezza di circa 9 m; più contenuta invece l'altezza del rettifilo coperto, che si estende per ben 130 m. In entrambi gli impianti, l'inclinazione degli elementi resistenti a sostegno della copertura consente la conformazione di un tetto a doppio spiovente, chiuso all'estradosso con pannelli in laminato plastico traslucido fissati a correnti equidistanti. La configurazione complessiva della trama spaziale conferisce ad entrambi gli impianti la giusta leggerezza, accentuata dagli effetti chiaroscurali che il passaggio della luce determina. Al termine dei giochi le attrezzature sportive sono rimosse dall'impianto di Tre Fontane e solo la copertura del rettifilo verrà rimontata tal quale presso la Scuola Nazionale di atletica leggera a Formia (Brandizzi, 1983).

Acciaio fuori città

Alcuni impianti olimpici sono previsti al di fuori del limite urbano, in particolare quelli per gli sport remieri e velistici, discipline che richiedono campi di gara di

grande estensione, non facilmente realizzabili nei bacini idrografici naturali e artificiali presenti in città.

Per questa ragione le gare di vela sono fin da subito assegnate alla città di Napoli, mentre più travagliata è la decisione per le gare di canoa, per le quali sono avanzate diverse proposte: la costruzione di un lago artificiale nell'area della Magliana, l'impiego della laguna di Sabaudia nel parco del Circeo e l'utilizzo del Lago Albano nell'area dei Castelli Romani. La battaglia dei laghi si conclude nel 1959 a favore del Lago Albano, grazie alla presenza di alcune strutture già attrezzate per le gare di canoa, alla breve distanza da Roma e non meno allo splendido paesaggio del cratere vulcanico dominato dal Palazzo e dalle Ville Pontificie (Clerici, 1983). Nel nuovo impianto una torre con struttura in acciaio, destinata al controllo dei servizi di gara, è realizzata sulla riva occidentale del lago.

La Torre di Segnalazione e Controllo al Lago Albano

Tra i tecnici del COR, l'architetto Maurizio Clerici è incaricato di coordinare la progettazione del nuovo impianto sul Lago Albano. Il progettista configura un impianto strutturato in tre aree a riva, poste agli estremi e al centro del campo di gara; un rettangolo lungo 2000 m e largo 81 m, le cui corsie sono segnalate da un reticolo di cavi in acciaio posti in tensione sul pelo dell'acqua grazie ad argani sistemati sul fondale. Le tre aree sono suddivise in: zona di partenza, riservata alla cabina di allineamento, zona vogatori, destinata al rimessaggio delle imbarcazioni e alla ricettività degli atleti e zona di arrivo, deputata ai servizi della giuria, della stampa e del pubblico. Qui Clerici dispone su un lungo rettilineo parallelo alla riva le tribune fisse per 2000 spettatori e inserisce come testata il porticciolo, provvisto di pontile per le premiazioni, e l'edificio dei servizi, articolato in due corpi di fabbrica: un basso parallelepipedo alto due piani realizzato con una ossatura in calcestruzzo armato e una torre di segnalazione e controllo, sostenuta da una struttura in acciaio.

La torre, con una pianta di dimensioni 9 m x 4,5 m, si eleva per cinque piani ognuno dei quali si caratterizza per il solo ingombro delle quattro colonne a sezione circolare e del cavedio per gli impianti, collocato in posizione pressoché baricentrica, e per una parte del corpo scala situato sul fronte occidentale. Le colonne in acciaio, esposte come *pilotis* nell'attacco a terra, si interrompono al solaio del quarto piano, liberando da ingombri strutturali lo spazio compreso fino al livello della copertura, in fig. 7.

I solai interpiano sono realizzati con un ordito di profili a doppio T collegati alle colonne, da lamiere grecate e dal getto in calcestruzzo; il sistema è chiuso lungo il perimetro da una trave di bordo metallica alla quale sono connessi profili a doppio T verticali, disposti sul filo esterno e dotati di peducci saldati alle anime, che consentono l'inserimento degli infissi e dei pannelli opachi in Eternit. La prevalente trasparenza dell'involucro permette una completa visibilità del campo di gara per i professionisti della stampa, della giuria e delle televisioni, che possono contare an-

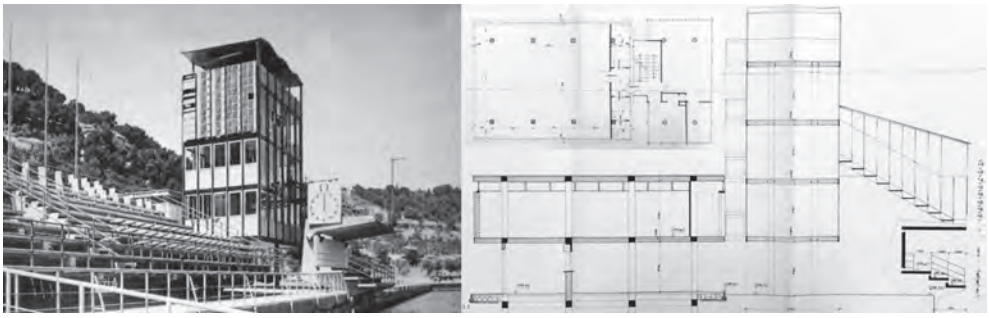


Fig. 7 – A sinistra la torre dell'impianto remiero del Lago Albano; a destra pianta e sezione tipo dell'edificio per i servizi della giuria e della stampa (COR, 1959).

che su altri due spazi dalla visuale privilegiata: la tribuna sul lato orientale, un piano inclinato risolto con una struttura reticolare appoggiata tra il solaio del terzo piano e la copertura degli spalti antistanti la linea di arrivo e la loggia dell'ultimo piano, scandita dai bordi ondulati del tetto metallico a falde triangolari, sostenuto da alcuni montanti dell'involucro (C.O.R., 1959).

Dopo i lavori condotti nell'estate del 1959 sotto la direzione dell'Ing. Giuseppe Zanon, la torre diventa l'elemento dominante dell'impianto di canottaggio del Lago Albano, considerato *sino a tutti gli anni Sessanta, il migliore mai realizzato per lo sport remiero nel mondo* (Comitato Org., 1960).

Conclusioni

Le Olimpiadi di Roma rappresentano un'importante occasione per mostrare ad un pubblico internazionale l'efficienza di un Paese che vive un'intensa fase di sviluppo economico. Pur non svolgendo un ruolo di primo piano nella configurazione delle architetture olimpiche più note, l'acciaio è utilizzato in numerosi impianti ed è declinato con diversi registri tecnico-costruttivi e differenti condizioni di visibilità, riuscendo ad integrarsi con adeguatezza ai diversi contesti di inserimento, in città e fuori.

Nelle realizzazioni, se da una parte si evidenzia la convinta disponibilità di alcuni progettisti ad accogliere tecnologie e componenti propri della produzione industriale, con il ricorso a carpenterie tubolari saldate e a sistemi tubolari smontabili, nella città antica, come in quella moderna, dall'altra emerge una dichiarata volontà di sperimentare le potenzialità delle strutture metalliche in una dimensione artigianale di progetto che, come nel caso eccezionale del Velodromo, passa attraverso la messa a disegno del dettaglio costruttivo e il recupero di un sapere fabbrile.

Ringraziamenti

La nostra riconoscenza al personale della Direzione Gestione Patrimonio e Consulenze Impianti Sportivi del CONI, per il materiale d'archivio fornito sugli impianti

sportivi alle Terme di Caracalla e alla Basilica di Massenzio. Un particolare ringraziamento alla Federazione Italiana Canoa e Kayak (FICK) per il materiale d'archivio relativo alla Torre dell'impianto di regata al Lago Albano. Altrettanto grati siamo alla Fondazione Dalmine, per l'ausilio offerto nella ricerca di materiale documentario relativo alle realizzazioni olimpiche dell'impresa bergamasca.

Bibliografia

Bonavita A., Remiddi G. 2014. Il Velodromo di Roma. In: *Cesare Ligini: architetto* (a cura di Lupo V.), 243-273. Roma: Prospettive.

Brandizzi G. 1983. I centri di preparazione Olimpica. *Spaziosport*, 4, 48-53.

Cavallari Murat A. 1962. I tubolari come segni stilistici. *Costruzioni Metalliche*, 2, 49-60.

Clerici M. 1983. Centro Nazionale Addestramento al Canottaggio. *Spaziosport*, 4, 62-63.

Colini A.M. 1960. Edifici Sportivi di Roma Antica. *Capitolium*, Numero speciale XVII Olimpiade, 26-36.

Colombo G. 1960. Palestra Ginnastica alle Terme di Caracalla. *Rassegna Tecnica Dalmine*, 20-21, 2-3.

COG. 1960. Giochi della 17° Olimpiade: Roma 1960 - Rapporto Ufficiale del Comitato Organizzatore. Roma: Comitato Organizzatore dei Giochi della 17° Olimpiade.

COR. 1959. Tavole di progetto del Campo Olimpico di Regata. Costruzioni Olimpiche Roma. Archivio della Federazione Italiana di Canoa e Kayak, Centro Tecnico di Castel Gandolfo.

COR. 1960. Tavole di progetto della Palestra di Ginnastica alle Terme di Caracalla - Progetti n° 306-310. Costruzioni Olimpiche Roma. Direzione Gestione Patrimonio e Consulenze Impianti Sportivi del CONI, Roma.

D'Ambrosio Alfano F.R., Iannace G., Ianniello C., Ianniello E. 2015. "Velaria" in ancient roman theatres: can they have an acoustic role?. *Energy and Buildings*, 95, 98-105.

Giannetti I. 2017. *Il tubo Innocenti : protagonista invisibile della Scuola italiana di ingegneria*. Roma: Gangemi.

Impresa Venturi. 1960. Tavole del progetto esecutivo dell'impianto sportivo alla Basilica di Massenzio - Progetti n° 306-310. Direzione Gestione Patrimonio e Consulenze Impianti Sportivi del CONI, Roma.

Insolera I. 2011. L'E42/EUR e il "piano delle Olimpiadi". In: Insolera I., *Roma moderna – Da Napoleone I al XXI secolo*. Roma: Einaudi.

INL. 1960. *La Grande Olimpiade*. Roma: Istituto Nazionale Luce.

Luccichenti U. 1960. Il Velodromo Olimpico a Roma. L'Architettura Cronache e Storia, 58, 242-251.

Maraniss D. 2010. *Roma 1960 - Le Olimpiadi che cambiarono il mondo*. Milano: Rizzoli.

Mazzarini F. 2011. Per Roma Sessanta. Il Sogno e la volontà di Roma olimpica. In AA. VV. *Le Olimpiadi del Miracolo Italiano. Cinquant'anni dopo: L'Annale Irsifar*. Milano: Franco Angeli.

Quilici V. 2015. *Le Olimpiadi del 1960*. In: Quilici V. *EUR – Una moderna città di fondazione*, 101-112. Roma: De Luca Editori d'Arte.

Vannacci G. 1960. Strutture a traliccio tubolare per palestra. *Costruzioni Metalliche*, 2, 84 .

Ilaria Giannetti

Il tubo Innocenti e il "Sistema Nervi": la realizzazione artigianale delle grandi coperture in ferrocemento

Abstract

On Febraury 1934 Ferdinando Innocenti patented an original "device for uniting tubes of metallic structures", a steel coupler producing the friction to clamp two perpendicular steel tubes, forming versatile scaffolding and scaffolding.

The efficiency was so evident that, in those years, even Pier Luigi Nervi decided to combine his ideas with the Innocenti tube and coupler. In the Air Force Angar of Orvieto and Orbetello, the Innocenti scaffolding became part of the invention of structural prefabrication. The scaffolding easy to assemble/disassemble and reusable support, in terms of cost and time, the idea of the construction of large roof, by combining, small on-site prefabricated pieces.

In the aftermath of WWII, the Innocenti scaffolding support the first application of the Nervi System for the spectacular roofing of Salone B in Turin. A huge movable scaffold, supported the set up of the 144 light waves in "ferroconcrete" composing the vault: each arch is made up of 13 wave segments that, only 3,8 cm thick, can be easily mounted on a spectacular movable Innocenti castle. The combination of the two systems allows the conclusion of the time in just 80 days. In 1956, for the construction of the "Palazzetto dello Sport", the tube-coupler" was included in the overall price of the dome as an essential component of the "Sistema Nervi" and in 1958, in the monumental building site of the "Palazzo dello Sport", it was used, alongside the traditional timber framing, for the set up of the prefabricated pieces in "ferroconcrete".

So the two Olympic domes were composed on exoskeletons of metallic tubes: their image, widely diffused by the international press, establishing itself as an icon of the Italian artisanal construction site[1].

L'invenzione di Ferdinando

Tutto inizia con la fabbricazione di un piccolo giunto. Il 6 febbraio 1934, l'impresa F.lli Innocenti registra a suo nome il brevetto per un *dispositivo di unione per tubi costituenti parti di costruzioni metalliche*. La privativa legittima una invenzione del titolare, Ferdinando, e, sul modello dei *clamp* inglesi e americani sperimentati dai primi anni del secolo nel settore delle impalcature di tubi metallici, protegge un inedito morsetto.

Composto di due falangi snodabili e caratterizzato dal disegno di due *bulloni-cerniera a T* per l'apertura e per il serraggio, il giunto di Ferdinando permette di bloccare per attrito due tubi ortogonali senza dover mai separare, durante l'alloggiamento dei tubi, i due cappelli del morsetto: così, durante il montaggio, si evitano disallineamenti e si velocizza l'allestimento e, in fase di produzione, sono tagliati i costi della cerniera. Il dispositivo, notevolmente più economico e intuitivo rispetto a quelli in uso all'epoca, si afferma subito sul mercato edilizio, divenendo protagonista nel 1935 di due occasioni realizzative uniche: il montaggio degli impianti antincendio della Cappella Sistina, con ponteggi versatili in grado di non rovinare i preziosi affreschi, e, nell'estate dello stesso anno, l'ampliamento degli stadi, promesso da Mussolini per le partite dei mondiali di calcio, con tribune provvisorie in traliccio tubolare.

L'incontro con Pier Luigi Nervi

Nasce forse dai contatti con le alte cariche del Regime una delle più interessanti applicazioni del tubo-giunto nella storia dell'ingegneria italiana: il cantiere di Pier Luigi Nervi per la costruzione, tra il 1936 e il 1940, della prima e della seconda serie delle Aviorimesse della Regia Aeronautica a Orvieto, Orbetello e Torre del Lago (Iori e Poretti, 2015a). Per il tubo-giunto applicato alle grandi strutture è un episodio chiave. Innocenti si guadagna la fiducia del più autorevole progettista di strutture del Novecento, che non esita a combinare le sue idee innovative con la versatilità del ponteggio inventato da Ferdinando.

Nel 1936, in seguito a una gara bandita in deroga alle restrizioni autarchiche, Nervi realizza una prima coppia di aviorimesse a Orvieto: lo schema degli hangar prevede la costruzione di gigantesche volte nervate a padiglione, costituite da un intreccio di archi diagonali, poggianti su una fitta serie di piloni perimetrali inclinati. Nervi prevede di gettare il cemento armato tutto in opera, compresi gli archi incrociati che compongono le volte. Per arrivare alla giusta quota e garantire la necessaria complessità geometrica, cosa c'è di meglio di un versatile ponteggio Innocenti? In cantiere si allestisce, così, una selva di tubi su cui è montata, poi, una articolata cassaforma di legno che, costosissima, vanifica perfino il risparmio di materiale dovuto all'efficienza statica della sofisticata struttura della volta.

Così, quando, nel 1940, l'Aeronautica gli affida la realizzazione di sei nuovi hangar (a Orvieto, Orbetello e Torre del Lago), Nervi decide di cambiare strategia: e se sul ponteggio di tubi e giunti (versatile, recuperabile, smontabile e montabile in tempi brevissimi) le volte si costruissero, come un mosaico, attraverso l'accostamento di pezzi prefabbricati a terra? Nasce, così, con la complicità del tubo-giunto, la *prefabbricazione strutturale*, l'invenzione che renderà Nervi celebre in tutto il mondo. Dopo alcuni accorgimenti geometrici (la struttura della volta è divenuta simmetrica e i piloni perimetrali sono ridotti a sei), gli archi incrociati che compongono le volte

sono scomposti in pezzi reticolari da realizzare a piè d’opera e da assemblare, poi, in copertura attraverso un nodo gettato in opera.

Abbandonate le casseforme, le operazioni della costruzione si sovrappongono e i tempi del cantiere si dimezzano: mentre si gettano le fondazioni e i pilastri, i frammenti dell’arco si confezionano a terra, con un getto in forme realizzate con semplici tavole, e poi, grazie a un solo leggero ponteggio Innocenti, smontabile e riutilizzabile nell’hangar successivo, raggiungono velocemente la propria posizione in copertura, in attesa dei getti locali di completamento.

L’incontro di Nervi e Innocenti sul cantiere delle Aviorimesse arriva in anni difficili. Se l’elegante trama della volta, *smembrata* a terra e ricomposta in aria dai pezzi in bilico sui tubi, virtualmente testimoniato da nitide fotografie scattate dallo studio Vasari, testimonia il fortunato incontro tra il tubo-giunto e il progetto strutturale del cemento armato[2], l’autarchia e la guerra, ne congelano gli esiti fino agli anni della Ricostruzione.

Il castello del Salone B

Nel fervente clima della Ricostruzione stradale, mentre il tubo-giunto si allestisce in strutture sempre più impegnative per supportare la costruzione dei 2800 ponti distrutti, Pier Luigi Nervi, ne fa nuovamente il protagonista delle sue più attuali sperimentazioni. Con un cantiere spettacolare: il Salone B di Torino Esposizioni, nel quale per la prima volta Nervi svela i trucchi del suo Sistema, elaborato durante l’autarchia e negli anni della guerra. La volta di 90 metri di luce, destinata a ospitare il Salone dell’Automobile, è infatti realizzata combinando insieme la prefabbricazione strutturale, nata con le aviorimesse, e il ferrocemento, inventato nel 1943 e messo a punto nel 1945 dopo la liberazione di Roma.

A Torino, Nervi scompone gli archi paralleli di copertura in 13 conci d’onda, ciascuno lungo circa 4 metri, che realizza a terra in ferrocemento: i conci, spessi solo 3,8 centimetri sono leggeri, 1500 chili, facilmente spostabili e resistenti per forma, vista la grande inerzia della sezione a onda, alta circa 1 metro e larga 2,5 metri. Per montarli uno di seguito all’altro, a formare l’arco, Nervi impiega una versione ingigantita del ponteggio di tubi e giunti che ha così ben funzionato a Orvieto. Ma, questa volta, gli archi sono paralleli e quindi non serve montare il ponteggio su tutta la lunghezza. Infatti basta predisporre un modulo capace di sostenere 3 sinusoidi, quelle che poi convergono nei ventagli che scaricano sul pilastro: una volta completati i getti nel colmo e sulla cresta delle onde, e attesi i tempi di posa, il ponteggio si può spostare sulle ruote grazie a un carrello e un piccolo binario (Comba, 2010). Il castello di tubi porta, in alto, una ulteriore rotaia di scorrimento per il paranco a carrello, utilizzato per sollevare da terra il concio che poi scorre, su una guida lungo le generatrici, fino alla posizione definitiva.

Il ponteggio è montato in due parti, ognuna pari a un quarto della volta: posizionato al centro della pianta scorre sdoppiato simmetricamente verso le estremità. I

conci sono posizionati con un ritmo di 30 al giorno, pari alla copertura di 300 metri quadrati. Così, per montare e disarmare un quarto della volta, ci vogliono appena 20 giorni. Durante il disarmo, eseguito attraverso lo *slentamento* di cunei di legno sui quali poggiano le basette del ponteggio, si controllano, con un centinaio di flessimetri, anche le deformazioni della volta, che, con valori massimi di circa 1 centimetro e mezzo, soddisfano pienamente le aspettative di calcolo (Nervi, 1948).

Quando il 15 settembre 1948 è inaugurato il Salone, dopo pochi mesi di lavori, le riviste tecniche straniere esaltano l'opera come una meraviglia. Complice irrinunciabile di Nervi in questo successo è, però, quel versatile, leggero, recuperabile ponteggio tubo-giunto che si avvia a diventare il *ghost writer* dell'ingegneria strutturale italiana degli anni del miracolo.

Le Olimpiadi del tubo-giunto

Dal 1956 Roma è costellata di cantieri. Il tubo-giunto è presente ovunque. Dall'edilizia alle grandi opere, supporta la maestosa scenografia di cemento progettata per le Olimpiadi di Roma '60.

La più bella avventura della Ponteggi a Roma è quella con Pier Luigi Nervi. Indiscusso protagonista dell'ingegneria olimpica, è qui che realizzerà le opere che lo renderanno celebre, con il suo Sistema Nervi, in tutto il mondo (Iori e Poretti, 2015b).

Al centro della scena, il progetto e la realizzazione di due nuovi Palasport, al Flaminio e all'Eur: due imponenti impianti, caratterizzati strutturalmente dal progetto di coperture di grande luce. Nervi, che nella economica realizzazione di strutture di questo tipo si è già distinto con la sua impresa durante la ricostruzione, si aggiudica, per vie diverse, entrambe le commesse (Iori e Poletti, 2010).

Quando, nel 1956, al Flaminio si inaugura il cantiere del primo Palazzetto dello Sport, Nervi non ha dubbi sulle opere provvisionali da adottare per la realizzazione della calotta. Il nuovo cantiere è un saggio di economia costruttiva, *un'applicazione esemplare del Sistema Nervi* (Iori e Poretti, 2016a): la cupola si compone di 1620 pezzi prefabbricati a terra (tavelloni) e successivamente posti in opera, come un gigantesco puzzle tridimensionale, a comporne l'intera estensione (Iori, 2009) . L'efficienza costruttiva del sistema si fonda, anche, sulla giusta centina. Il tempo risparmiato prefabbricando i pezzi, infatti, si vanificherebbe a fronte dell'allestimento di una laboriosa carpenteria lignea per la loro posa in opera. Per non parlare dei costi, che lieviterebbero disastrosamente con la realizzazione di una centina di legno dimensionata per una cupola di 60 metri di diametro. La centina di tubi, invece, risponde perfettamente ai criteri di rapidità ed economicità che informano il progetto: realizzabile in tempi brevissimi, smontabile e rimontabile, semplicemente affittata e, comunque, notevolmente più economica rispetto al legno, si conferma la compagna ideale per il *Sistema Nervi* (Iori, 2017). Tanto che, sin dai primi elaborati di progetto, il computo prevede per la cupola il costo di 12 mila lire al metro quadro, compreso

il ponteggio, che viene incluso nella dettagliata voce di capitolato che descrive l’originale modo di costruire. Nervi, dunque, riconosce al ponteggio Innocenti un ruolo chiave nella sua invenzione, insostituibile e pertanto già computato nell’analisi del prezzo[3]. A dicembre, una volta completato il giro dei cavalletti, si chiariscono le misure precise del ponteggio. Le piantane sono posizionate in funzione della trama romboidale della cupola per consentire la collocazione, sulla loro sommità, di un profilo a doppio T, praticamente una traversina ferroviaria, a formare la sequenza dei paralleli su cui poggiare, in sicurezza, i tavelloni. Per ridurre l’altezza dei tubi verticali, il ponteggio spicca direttamente dal terreno, ancora non scavato, e quindi non supera mai i 17 metri (Fig. 1). Nervi affitta il ponteggio per i mesi di gennaio e febbraio del 1957: meno di 15 giorni per la messa in opera, 30 giorni per posizionare i pezzi dell’intera cupola e procedere al getto di completamento, 15 giorni per il disarmo e lo smontaggio. Tempi record, in cui la sorprendente copertura si monta sotto gli occhi di tutti come un mosaico di ferrocemento. A marzo del 1957, i tubi e giunti rientrano nel magazzino della Ponteggi per l’ordinaria manutenzione. Nel frattempo, al Flaminio, sotto alla cupola, continuano i lavori per costruire le gradinate e il campo da gioco.

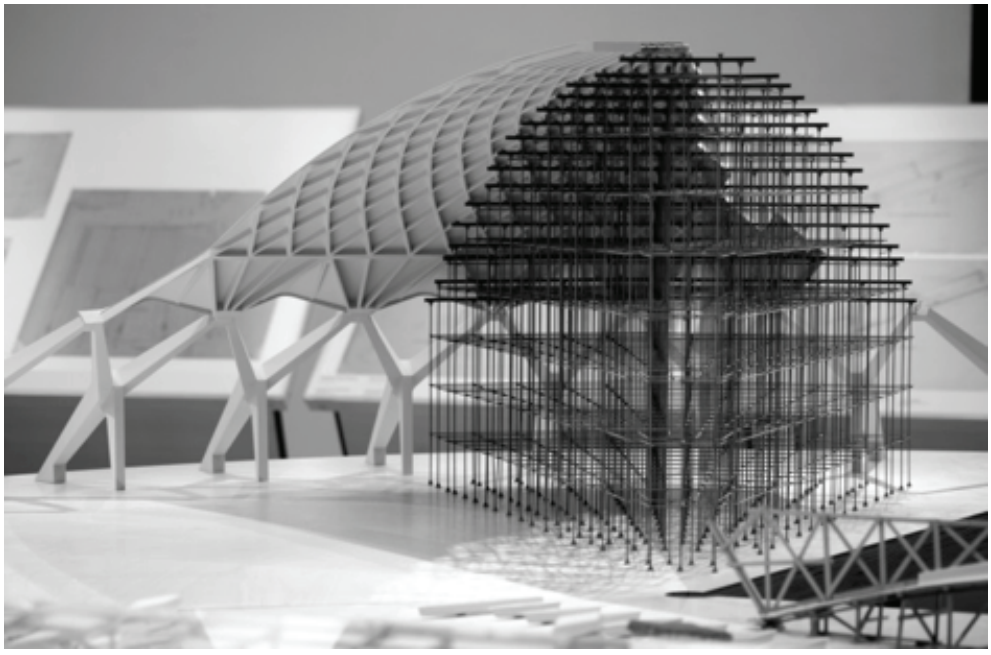


Fig. 1 – “Palagioco”, SIXXI, modello costruttivo del Palazzetto dello Sport, MAXXI 2010, foto S. Poretti.

A dicembre dello stesso anno, mentre il Palazzetto, già collaudato, aspetta solo l'inizio dei Giochi, si inaugura anche il cantiere del Palazzo dello Sport all'EUR. E' l'impianto più capiente realizzato per le Olimpiadi, la cui gigantesca cupola, di 100 metri di luce, si compone di 144 onde di ferrocemento che, scomposte ciascuna in 6 conci, poggiano, 3 alla volta, su 48 pilastri perimetrali tramite ventagli. I lavori cominciano, analogamente al Palazzetto, con due cantieri paralleli: da una parte i getti in opera e, tutto intorno, le piccole *officine* che producono i pezzi del Sistema Nervi, che qui sono tutti presenti. I ponteggi per la realizzazione dell'anello perimetrale del Palazzo sono tutti di legno, complice il fatto che occorre comunque confezionare in legno le casseforme dei pilastri, dei solai e delle intelaiature. Ma, ogni volta che il cantiere prevede il montaggio di pezzi prefabbricati, Nervi sceglie il ponteggio Innocenti: per montare i tavelloni all'intradosso delle gradinate, per gettare i campi identici dei solai a nervature isostatiche (qui il ponteggio si muove su ruote e binari circolari da un campo a quello contiguo) e naturalmente per la cupola. Il confezionamento dei pezzi procede velocemente, così come i primi getti e, in pochi mesi, ci si avvicina al montaggio della cupola: l'operazione è delicata e, per la buona riuscita, è meglio darne fuori scena un primo saggio. Così Nervi commissiona alla Ponteggi un modulo di "*struttura tubolare smontabile per la prova di montaggio degli elementi della cupola*: il 21 aprile 1958 l'impresa redige un elaborato per la realizzazione di uno spicchio di ponteggio, costituito da 7 pilastri di tubi che, uniti da due catene, sosterranno direttamente la posa di tre serie complete di conci d'onda, a formare un settore. È l'occasione per verificare anche la resistenza del ponteggio, dimensionato in sicurezza, circa 500 chili al metro quadro, per sostenere il peso dei conci e dei pezzi di completamento, dei getti di saldatura, della trave anulare e del carico degli operai al lavoro[4]. Consegnati tubi e giunti in cantiere, i conci d'onda sono allestiti fuori opera, al centro dell'arena, a formare il modello al vero di uno spicchio pari a 1/48 di cupola. Vi resteranno 2 mesi. Concluse con successo le prove, il 20 ottobre inizia il montaggio del vero ponteggio per sostenere l'assemblaggio in posizione dei conci d'onda. A differenza del ponteggio del Palazzetto, allestito prima di eseguire lo scavo del campo da gioco, questo insiste lungo il perimetro sulle strutture già realizzate di diversi ordini di gradinate, raggiungendo sul terreno 35 metri di altezza. Inoltre, il cantiere ha viaggiato, dall'inizio, in modo circolare, cioè procedendo sempre con le lavorazioni lungo la circonferenza. Anche il ponteggio si adegua. Così, si montano tre dei sei anelli che lo comporranno, in particolare quelli esterni a sostegno delle prime tre file di conci. Il direttore dei lavori, Gustavo Baracchi, lamenta che la Ponteggi procede troppo lentamente. L'1 dicembre, i tre anelli non sono, infatti, ancora stati "saldati" e si è raggiunta l'altezza utile alla posa degli elementi solo in 12 settori su 48, sui quali intanto si provvede a montare i conci. Alla fine tutto si risolverà con il giusto passo: se ad aprile 1959 si effettuano già le prime prove di carico sulla cupola. Il ponteggio, compreso il montaggio, il nolo, lo smontaggio e

il trasporto, è costato 31 milioni di lire. La cupola, escluso il ponteggio e i ventagli, costa 20 mila e 500 lire al metro quadro e quindi, avendo una superficie pari a circa 4810 metri quadri, ha impegnato 98 milioni di lire[5]. Grazie a Innocenti, nonostante la dimensione gigantesca, il ponteggio incide assai poco sul costo di costruzione della magnifica cupola, che farà da sfondo a memorabili medaglie olimpiche.

L’elegante trama delle cupole, ricomposte in aria da pezzi in bilico sui tubi è un’immagine emblematica che, con le cupole olimpiche, entra a far parte dell’immaginario collettivo dell’Italia del boom, icona del fortunato sodalizio che, stretto tra il tubo-giunto e il progetto strutturale del cemento armato, determinerà, in Italia, la longeva sopravvivenza della grande struttura *artigianalmente* gettata in opera, ben oltre i limiti temporali imposti dall’industrializzazione (Poretti, Iori, Giannetti, 2017).

Bibliografia

Comba M. 2010. Palazzo di Torino Esposizioni. In: *Pier Luigi Nervi. Architettura come sfida* (a cura di Olmo C., Chiorino C.), 152-155. Milano: Silvana Editoriale.

Giannetti I. 2017. *Il tubo Innocenti. Protagonista invisibile della Scuola Italiana di Ingegneria*. Roma: Gangemi.

Iori T. 2009. Pier Luigi Nervi, Annibale Vitellozzi. Palazzetto dello sport a Roma, un prototipo ripetibile e a buon mercato. Casabella, 782, 50-65.

Iori T. 2017. L’apoteosi del Sistema Nervi. Il Palazzetto dello sport. In: *SIXXI 4. Storia dell’ingegneria strutturale in Italia* (a cura di Iori T., Poretti S.), 66-75. Roma: Gangemi.

Iori T., Poretti S. (a cura di) 2010. *Pier Luigi Nervi. Architettura come Sfida*. Roma. Ingegno e costruzione. Milano: Electa.

Iori T., Poretti S. 2015a. Fotoromanzo SIXXI. 3. La sperimentazione autarchica. In: *SIXXI 2. Storia dell’ingegneria strutturale in Italia* (a cura di Iori T., Poretti S.), 110-156. Roma: Gangemi.

Iori T., Poretti D. 2015b. Fotoromanzo SIXXI. 6. Le Olimpiadi di Roma ‘60 e Italia ‘61. In: *SIXXI 2. Storia dell’ingegneria strutturale in Italia* (a cura di Iori T., Poretti S.), 108-155. Roma: Gangemi.

Iori T., Poretti S. 2016a. Storia dell’ingegneria strutturale italiana. La Scuola italiana di Ingegneria. *Rassegna di architettura e urbanistica*, 148, numero monografico (a cura di Iori T. e Poretti S.), 8-52.

Nervi P.L. 1948. Le strutture portanti del Palazzo delle Esposizioni al Valentino. *Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino*, 7, 118-122.

Poretti S., Iori T., Giannetti I. 2017. Il Sistema Nervi e il Palagioco. In: *Pier Luigi Nervi. Il modello come strumento di progetto e costruzione*, 81-100. Macerata: Quodlibet Studio.

Acronimi

ASConi: Archivio Storico Coni, Roma
CSAC: Centro Studi Archivio della Comunicazione, Parma
MAXXI: Museo nazionale delle arti del XXI secolo, Roma
SIXXI: XX Century Structural Engineering: the italian contribution

Note

1. Il contributo è l'esito di uno studio condotto nell'ambito del progetto di ricerca "SIXXI – XX Century Strucural Engineering: the Italian contribution", grazie al finanziamento di un ERC Advanced Grant, P.I. Sergio Poretti, Tullia Iori
2. CSAC Parma, Fondo Vasari, reportage sulla costruzione delle Aviorimesse per la Regia Aeronautica, 1936
3. ASConi, Palazzetto dello Sport, capitolato speciale d'appalto.
4. Cfr. ASConi, Ponteggi Tubolari Dalmine Innocenti, struttura tubolare smontabile per la prova di montaggio degli elementi della cupola, progetto di massima, 21 aprile 1958.
5. ASConi, Palazzo dello Sport all'Eur, analisi del ponteggio tubolare.

Gianmaria Di Lorenzo, Raffaele Landolfo, Angelo Avallone

Le leghe ferrose per impiego strutturale dal XIX secolo ai nostri giorni: resistenze di progetto e proposta di una metodologia speditiva per la caratterizzazione meccanica

Abstract

Mechanical properties of materials, as provided by current design rules are the prerequisite, for the proper identification and structural assessment of existing buildings and civil engineering works. In case of *Limited Knowledge* (KL1 or LC1), in the absence of direct information, it is possible to refer to the usual values in accordance with the standards of related time. This paper focuses chronologically, from nineteenth century until our days, the process of evolution o ferrous alloys for structural applications: cast iron, wrought iron and steel. After description and classification of aforementioned materials, it has been briefly analyzed the evolution of design stress for bending and compression elements determined by the mechanical properties outlined in a previous paper. Sources used are product specifications and design, integrated with data from structural handbook as needed. Therefore, once it is known the age of building, it is possible to make realistic assumptions about materials used for a period of over 100 years by using proper database. Proposed approach can be used effectively not only for historical steelworks, but also and especially for the mechanical characterization of structural subsystems (e.g. slabs, lintels, tie rods) in common existing buildings also made with other materials (mixed structures).

Introduzione

La piena conoscenza delle attuali leghe ferrose per applicazioni strutturali non può prescindere da un'accurata analisi storica del loro processo evolutivo, dal XIX secolo ai nostri giorni, segnato dai progressi della tecnologia e della scienza dei materiali (Bates 1984; Herbert 1953). Lo studio dei materiali del passato non solo fornisce ai progettisti una maggiore consapevolezza sulla scelta tecnologica, primo step della concezione strutturale, ma costituisce il presupposto indispensabile per la corretta identificazione e valutazione della sicurezza delle costruzioni esistenti. In accordo alle vigenti norme tecniche, nel caso di conoscenza limitata (LC1 o KL1), le proprietà dei materiali possono essere ricavate affiancando a limitate prove in-situ, i valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca (vedi §C8A.1.B.3, Circ. 2 febbraio 2009 n. 617 - *Istruzioni per l'applicazione delle NTC08*) o alle norme del tempo

della costruzione (vedi §3.3.1, UNI EN 1993-8 *Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici*). Accanto ai valori nominali delle proprietà meccaniche, molto utili sono anche le resistenze di progetto che potrebbero essere utilizzate sempre nel caso di LC1, per identificare indirettamente i dettagli costruttivi attraverso il cosiddetto progetto simulato. Nel presente lavoro, limitando l'attenzione ai soli materiali utilizzati per i prodotti lunghi (profilati) laminati a caldo, si è cercato di ricostruire l'evoluzione delle resistenze di progetto delle leghe ferrose per impiego strutturale dal XIX secolo ai nostri giorni. Tale studio nasce a valle di precedenti lavori (Di Lorenzo *et al*., 2015; 2016; 2017a; 2017b) in cui si è proceduto a classificare i materiali, consultando direttamente i capitolati e le norme di prodotto vigenti in ciascun periodo, raccogliendo e ordinando cronologicamente in opportune tabelle le principali proprietà meccaniche dei materiali utilizzati in ambito nazionale ed europeo. Le informazioni complessivamente raccolte in termini di proprietà meccaniche e resistenze di progetto costituiscono il data-base di una metodologia di identificazione speditiva utilizzabile per caratterizzare i materiali di opere in carpenteria metallica di interesse storico-artistico (ponti, coperture di gallerie urbane, mercati coperti, stazioni ferroviarie etc.) o di manufatti appartenenti all'archeologia industriale per i quali, a seguito dei vincoli imposti da parte della soprintendenza, non è possibile eseguire estese ed esaustive prove in situ.

Resistenze di progetto

Elementi tesi o inflessi

Le tensioni di calcolo sono descritte nelle norme di progetto in base al tipo di materiale e di regime di sollecitazione. Per gli elementi tesi ed inflessi agli inizi del'900 esse erano ottenute applicando opportuni coefficienti di sicurezza direttamente alla tensione di rottura, parametro di facile determinazione sperimentale e per questo utilizzato in passato per la designazione degli acciai. In seguito, con il progresso tecnologico (metrologia) e scientifico (criteri di resistenza) la tensione di progetto per i materiali duttili è stata, più correttamente, correlata alla tensione di snervamento, ancora oggi utilizzata per valutare, a meno di fenomeni locali, la capacità portante delle membrature in campo elastico e plastico. Come si evince dal D.M. 06/05/1916 *Norme tecniche riguardanti le opere metalliche che interessano le ferrovie pubbliche*, in tab.1, e in perfetto accordo a quanto prescritto in ambito internazionale, i *coefficienti di sicurezza* (oggi indicati con γ_M) prescritti per le ghise erano prossimi a 5, valore che si riduceva a 4 per il ferro agglomerato ed omogeneo. Con l'avvento delle succitate innovazioni scientifiche (calcolo) e tecnologiche, che hanno interessato anche i processi di produzione e controllo della qualità in stabilimento, i coefficienti di sicurezza si sono rapidamente ridotti nel tempo.

Tab. 1 – Resistenze di progetto utilizzate in Italia per gli acciai dal 1916 a oggi. (Metodo: metodo di misura della sicurezza strutturale; f_d: tensione normale di progetto; t_d: tensione tangenziale di progetto)

Anno	Norma di progetto	Designazione	Metodo	fd [MPa]	td=kid×fd [MPa]
1916	D.M. 06/05/1916 Norme tecniche riguardanti le opere metalliche che interessano le ferrovie pubbliche	Ferro omogeneo (colato)	TA	86	60
1946	CNR-ACAI Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione delle costruzioni metalliche	A 00	TA	-	-
		A 37		137	96
		Aq 34		-	-
		Aq 42		157	110
		Aq 50		176	123
		Aq 60		-	-
1967	CNR UNI 10011-67 Costruzioni di acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione	Fe 00	TA	-	-
		Fe 33		-	-
		Fe 34		-	-
		Fe 37 (Tipo 1)		157	91
		Fe 42 (Tipo 1)		157	91
		Fe 52 (Tipo 2)		235	136
		Fe 50		-	-
		Fe 60		-	-
		Fe 70		-	-
1988	CNR UNI 10011-88 Costruzioni di acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione	Fe 360	TA	160	92
		Fe 430		180	104
		Fe 510		240	139
2005	EN 1993-1-1:2005/A1:2014 D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni (NTC08)	S 185	SLU	-	-
		S 235		224	129
		S 275		262	151
		S 355		338	195
		S 450		429	247

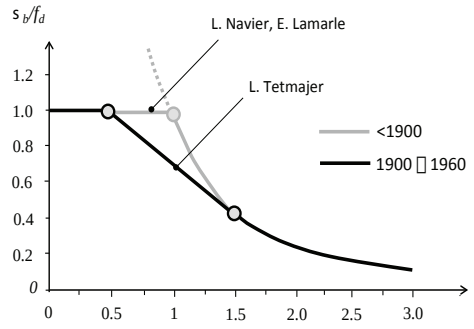
Già a partire dal 1946 (Norme CNR-ACAI *Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione delle costruzioni metalliche*) le tensioni di progetto erano desunte da quelle di snervamento dividendole per 1.5, valore utilizzato per tutta la durata del metodo alle tensioni ammissibili (CNR UNI 10011-67÷88 *Costruzioni di acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione*), a meno di alcune piccole modifiche introdotte con il metodo dei coefficienti di sicurezza differenziati che suddivideva le condizioni di carico in tipo 1 e 2. Infine, e siamo ai nostri giorni, con l'introduzione del metodo semiprobabilistico agli stati limite, le tensioni di progetto

sono divenute molto prossime a quelle di snervamento, adottando, per valutare la capacità portante delle membrature, coefficienti di sicurezza parziali dei materiali pari a 1.00 (UNI EN 1993-1-1 *Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici*) e a 1.05 (NTC08 *Norme tecniche per le costruzioni*). Le tensioni tangenziali di progetto (τ_d) possono essere ricavate da quelle normali moltiplicate per un coefficiente teorico-sperimentale (k_{id}) definito in funzione del criterio di resistenza adottato. Per il ferro agglomerato ed omogeneo il coefficiente di correlazione tra tensioni tangenziali e normali era pari a 0.70, valore che si riduceva a 0.63 per le ghise e a 0.58 per gli acciai ai quali è ancora applicato il criterio di resistenza di von Mises per le verifiche eseguite in termini tensionali (teoria lineare).

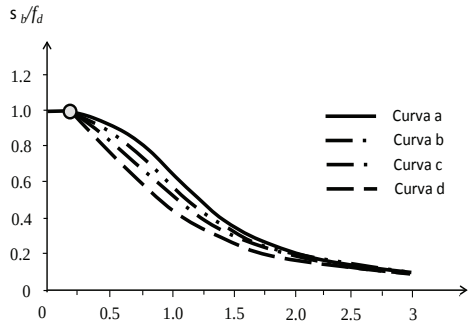
Elementi compressi

Le resistenze di progetto degli elementi compressi vanno opportunamente ridotte per tenere conto di possibili fenomeni legati alla stabilità dell'equilibrio. Il coefficiente di riduzione è oggi graficamente rappresentato attraverso le curve di stabilità espresse in forma normalizzata al variare della snellezza delle membrature. Prima del 1900 le tensioni di progetto erano ridotte attraverso modelli analitici fondati sulla teoria della instabilità elastica dell'asta caricata di punta (Eulero,1744), o su formulazioni empiriche opportunamente calibrate sulla base di dati sperimentali (Rankine,1862). La trattazione Euleriana fu corretta per le aste tozze da Claude-Louis Navier ed Ernest Lamarle (Lamarle,1846), che introdussero il *concetto di snellezza limite*, in fig. 1a.

Tra le numerose modifiche apportate nel tempo alla curva di Eulero merita in particolare di essere citata la formulazione empirica di Ludwig von Tetmajer (Tetmajer, 1893), che costituì l'approccio normativo utilizzato da molti paesi, tra cui l'Italia (D.M. 1916 e CNR-ACAI 1946), sino alla metà del 1950. La curva di Eulero era in partico-



a) Curve di instabilità usate tra fine '800 e metà 900



b) Curve di instabilità usate attualmente in Europa

Fig. 1 – Confronto tra le curve di instabilità.

lare raccordata al plateau con una retta che segna il passaggio dalle aste effettivamente tozze a quelle snelle, fig. 1a. Le attuali curve d'instabilità usate in Europa sono basate sul concetto di asta industriale, fig. 1b, e ricavate calibrando il modello di Ayrton-Perry (Maquoi, Rondal,1978) o dell'imperfezione geometrica equivalente attraverso dati ottenuti mediante metodi di simulazione numerica ed indagini sperimentali, nell'ambito di un vasto programma di ricerca condotto a partire dal 1970 dalla commissione tecnica TC8 della Convenzione Europea per la Costruzione Metallica (ECCS). Il confronto diretto tra le differenti curve in fig.1 evidenzia come il modello di Tetmajer sia molto prossimo all'attuale curva d'instabilità (a) rappresentativa unicamente dei profili tubolari laminati a caldo e dei profili a doppio T ad ali strette per instabilità intorno all'asse forte. Negli altri casi tale modello risultava a svantaggio di sicurezza, sovrastimando significativamente le tensioni di progetto soprattutto per le membrature composte per saldatura e/o formate a freddo caratterizzate da forti imperfezioni.

Metodologia proposta e sua implementazione

I dati raccolti consultando le norme di prodotto e di progettazione-costruzione che si sono susseguite cronologicamente nel tempo, dal XIX secolo ai nostri giorni, se opportunamente gestiti, possono essere di grande aiuto nella identificazione delle strutture esistenti in carpenteria metallica, soprattutto nel caso di livello di conoscenza limitato LC1. A tale scopo si propone una specifica metodologia, in fig. 2, che richiede unicamente come dati di input la destinazione funzionale e l'esposizione o importanza dell'opera (classe d'uso per le NTC08), nonché l'anno di progettazione e costruzione del manufatto. Note tali informazioni, reperibili anche attraverso un'attenta analisi storico-critica eseguita preliminarmente al processo di identificazione, occorre effettuare alcune ipotesi o scelte il cui numero dipende proprio dall'età di progettazione o costruzione del manufatto.

Le alternative possibili per ciascuna scelta dipendono anch'esse dall'età dell'opera. Per le strutture realizzate sino agli inizi del '900 occorre sostanzialmente effettuare solo la scelta di Liv. I *tipo di lega*. Il *grado* (Liv. II) diviene un parametro da investigare solo per i manufatti realizzati negli anni '40. Infine per opere dagli anni '60 in poi occorre inoltre identificare il *sub-grado* (Liv. III) o resilienza del materiale, a cui si aggiungono proprietà addizionali (Liv. IV) per i prodotti di acciaio sottoposti a particolari impieghi. La scelta tra le alternative potrà essere fatta basandosi sull'esperienza ovvero conoscendo le specificità di ogni prodotto e le sue attitudini ad un particolare impiego.

Occorre precisare che le proprietà ipotizzabili con tale procedura riferendosi a valori minimi, come prescritto dalle norme di prodotto, potrebbero risultare differenti, anche sensibilmente, da quelle rilevabili sperimentalmente. Tale discordanza si riduce con l'età del manufatto, a seguito dei progressi tecnologici di processo e sul controllo di qualità che hanno interessato l'industria siderurgica. Qualora fossero

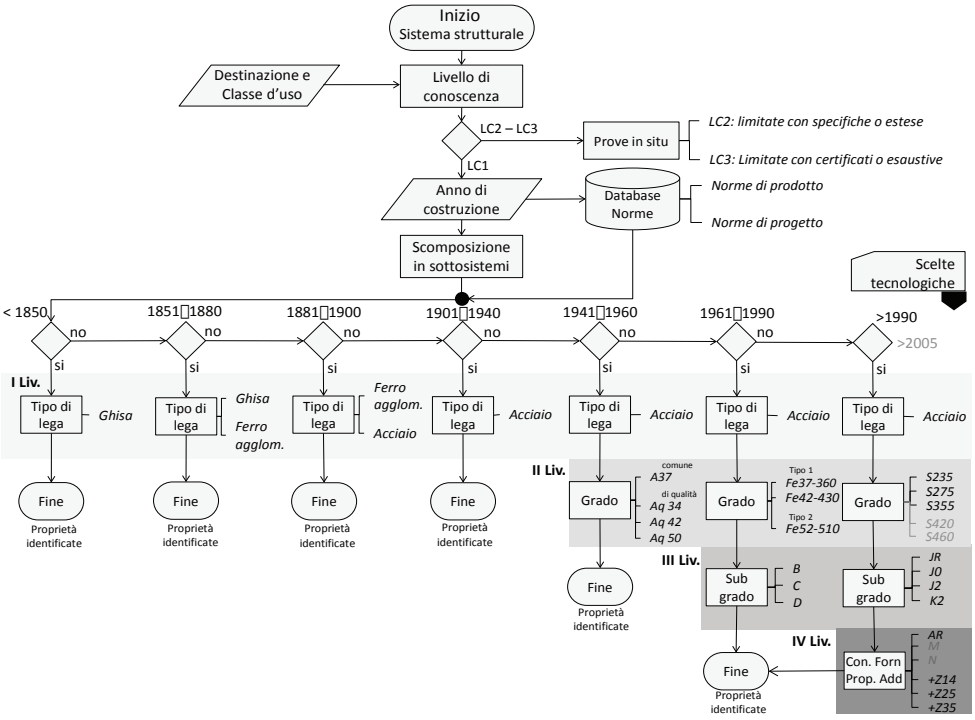


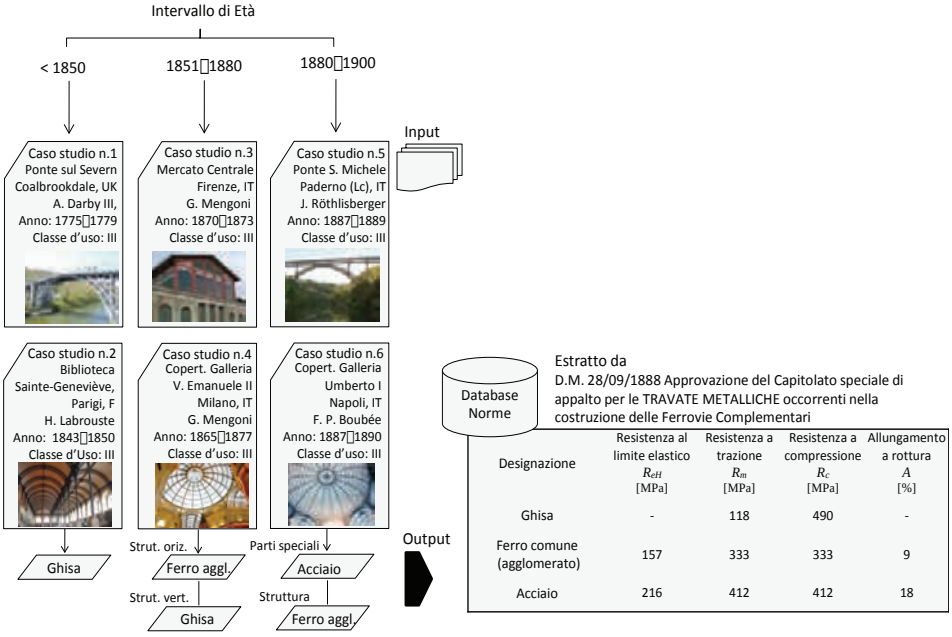
Fig. 2 – Diagramma di flusso della procedura di identificazione proposta.

disponibili informazioni quantitative sul tipo di acciaio impiegato in ciascuna epoca per categoria d'impiego, unitamente ad estese prove di caratterizzazione meccanica effettuate durante i processi di qualificazione, si potrebbe applicare tale procedura su base probabilistica.

La metodologia proposta è nel seguito esemplificata attraverso la sua applicazione a casi studio emblematici selezionati accuratamente per ciascun periodo storico e realizzati nel XIX secolo. Il criterio di scelta è stato quello di costruzioni realizzate, ove possibile, in Italia e delle quali fossero disponibili anche indagini sperimentali volte a validare le ipotesi effettuate.

I casi studio investigati sono:

– precedenti al 1850: Ponte sul Severn a Coalbrookdale, UK, Biblioteca Sa_inte-Geneviève di Parigi;
– tra il 1851 e il 1880: Mercato Centrale di Firenze, Copertura della Galleria Vittorio Emanuele II di Milano;
– tra il 1881 e il 1900: Ponte San Michele a Paderno d'Adda, Copertura della Galleria Umberto I di Napoli.



Designazione	Resistenza al limite elastico R_{eH} [MPa]	Resistenza a trazione R_m [MPa]	Resistenza a compressione R_c [MPa]	Allungamento a rottura A [%]
Ghisa	-	118	490	-
Ferro comune (agglomerato)	157	333	333	9
Acciaio	216	412	412	18

Fig. 3 – Applicazione della metodologia a casi studio emblematici del XIX sec.

Le informazioni di input per ciascun caso e le risultanze scaturite dal processo di identificazione ovvero il tipo di materiale e le principali proprietà meccaniche, sono riportate nella fig. 3.

Per le prime due opere il materiale identificato è la ghisa per l'intero organismo strutturale. Per i manufatti realizzati tra il 1850 e il 1880 il tipo di materiale dipende dal sottosistema strutturale che si sta analizzando: la ghisa per le strutture verticali e il ferro agglomerato per quelle orizzontali. L'assorbimento delle azioni orizzontali era in questi casi delegato alla scatola muraria perimetrale che, oltre a rappresentare l'involucro edilizio, svolgeva anche una funzione di controventamento verticale. Più difficoltosa è l'identificazione delle opere in carpenteria metallica di fine '800 che ha visto in Italia in quel periodo ancora la coesistenza del ferro agglomerato e dell'acciaio. Nonostante il grosso dibattito che c'era nella comunità internazionale sulla convenienza all'utilizzo dell'acciaio, che già in quel periodo veniva ritenuto economicamente più conveniente per opere con luci superiori a 50 m, la definitiva migrazione al nuovo materiale avviene solo dopo il 1905. Ad avvalorare l'ipotesi ferro agglomerato sono gli esami macro e micrografici e le analisi chimiche eseguite su molti campioni estratti dal Ponte di Paderno e da strutture simili realizzate in Italia in quel periodo. Gli esami metallografici, prima ancora delle prove meccani-

che, hanno infatti consentito di evidenziare la struttura fibrosa e disomogenea tipica del ferro agglomerato che, qualora sia stato non correttamente saldato a pacchetto, poteva anche presentare superfici di distacco e discontinuità tra i differenti fogli di materiale sovrapposto. Di contro la presenza delle impurezze, ed in particolare del fosforo, se da un lato ne riduceva la duttilità e la tenacità, ne conferiva di contro una maggiore durabilità nei riguardi della corrosione, requisito che giustifica, anche in assenza di un rigoroso programma di manutenzione, la longevità di questi capolavori dell'architettura e dell'ingegneria civile (Di Lorenzo *et al*., 2017c; Landolfo *et al*., 2007).

Conclusioni

Nel presente lavoro è stato affrontato il tema della caratterizzazione meccanica finalizzata alla valutazione della sicurezza delle opere in carpenteria metallica. Le attuali norme nazionali ed internazionali consentono, nel caso di *conoscenza limitata* (KL1 o LC1), di riferirsi ai valori usuali in conformità alle norme del tempo unitamente alla esecuzione di limitate prove-in situ. Pochi sono gli studi eseguiti in ambito nazionale ed internazionale volti ad investigare l'andamento delle proprietà meccaniche nel tempo, soprattutto per un ampio intervallo temporale.

Definiti e classificati i materiali, attraverso un'accurata ed un'approfondita ricerca bibliografica, si è proceduto alla consultazione diretta delle principali norme di prodotto e di progettazione-costruzione vigenti in Italia ed in Europa dalla fine dell'800 ai nostri giorni.

I dati raccolti, in alcuni casi integrati con la manualistica del tempo, sono stati successivamente analizzati ed ordinati cronologicamente in apposite tabelle per ciascuna delle tre famiglie di leghe ferrose per applicazioni strutturali: la ghisa, il ferro agglomerato e l'acciaio.

L'analisi delle principali proprietà meccaniche ha consentito di valutare le differenze dei materiali del passato rispetto a quelli utilizzati attualmente. Infine l'analisi delle norme di progetto ha consentito di ricavare per i differenti materiali, in relazione al regime di sollecitazione, le tensioni di calcolo da utilizzare per l'analisi di eventuali carenze progettuali e/o l'esecuzione in alcuni casi del progetto simulato utilizzato per ricostruire i dettagli costruttivi non direttamente rilevabili. Le informazioni raccolte costituiscono inoltre il nucleo di una procedura utilizzabile per l'identificazione dei materiali che richiede poche informazioni come dati di input, quali la destinazione funzionale, la classe d'uso e l'anno di progettazione-costruzione del manufatto.

L'approccio proposto può essere utilizzato con efficacia non soltanto per le grandi opere in carpenteria metallica ma anche e soprattutto per la caratterizzazione meccanica dei sottosistemi strutturali (ad es. solai, piattabande, tiranti) presenti in edifici esistenti, realizzati con altre tecnologie costruttive.

Bibliografia

Bates W. 1984. *Historical structural steel work handbook*. London: British Constructional Steelwork Association.

Di Lorenzo G., Landolfo R., Avallone A. 2015. Le leghe ferrose per impiego strutturale dalle origini ai nostri giorni: evoluzione dei processi e delle proprietà meccaniche. *Atti del XXV Congresso C.T.A.*, Salerno.

Di Lorenzo G., Landolfo R., Avallone A. 2016. Le leghe ferrose per impiego strutturale dal XIX secolo ai nostri giorni: evoluzione dei processi, delle proprietà meccaniche e delle resistenze di progetto. *Costruzioni Metalliche*, 4.

Di Lorenzo G., Landolfo R., Formisano A., Avallone A. 2017a. Iron alloys and structural steel from nineteenth century until today: evolution of processes and mechanical properties. *Proceedings of 3rd International Conference on Protection of Historical Constructions*, PROHITECH 2017, Lisbon.

Di Lorenzo G., Landolfo R., Avallone A. 2017b. Le leghe ferrose per impiego strutturale dalle origini ai nostri giorni: resistenze di progetto e proposta di una metodologia speditiva per la caratterizzazione meccanica. *Atti del XXVI Congresso C.T.A.*, Venezia.

Di Lorenzo G., Formisano A. and Landolfo R. 2017c. On the origin of I beams and quick analysis on the structural efficiency of hot-rolled steel members. *The Open Civil Engineering Journal*, 11, Suppl. 1, M3, 332-344.

Eulero L. 1744. *De curvis elasticis: Additamentum I to his Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes*. Lausanne and Geneva.

Herbert W.F. 1953. *Iron and Steel Beams 1873 to 1952*. New York: American Institute of Steel Construction.

Lamarle E. 1846. Mémoire sur la flexion du bois. *Annales des Travaux publics de Belgique*, IV, 1-36.

Landolfo R., Di Lorenzo G., Guerrieri M.R., Mammana O. and Portioli F. 2007. The Umberto I Gallery in Naples: the influence of corrosion damage on the seismic performance of the iron roofing structure. *Key Engineering Materials*, 347.

Maquoi R., Rondal J. 1978. Mise en equation des nouvelles courbes Européennes de flambement. *Costruction Métallique*, 1, 17-30.

Rankine W. J. M. 1862. *A manual of civil engineering*. London: Griffin.

Tetmajer L. 1893. *Méthode d'essais et résultats de recherches sur les propriétés de résistance du fer et d'autres métaux*. Zurich : F. Lohbauer.

Emilia Garda, Marika Mangosio, Mohamad Sadek Mortada

Ingegneria meccanica e architettura: una sinergia verso nuove frontiere dell'abitare

Abstract

Applied mechanics and machines is one of the oldest and broadest sectors in the whole of engineering. If from a disciplinary point of view this discipline had been always considered very far from architecture and civil engineering, from an applicative point of view it has a key role in construction, infrastructures and maintenance.

This paper aims to analyze the role of applied mechanics and machines in civil and building project planning, by underlining its contribution in different project elaboration phases through the analysis of significant objects, as for instance moveable bridges, petrol platforms, and some reflections about the newest and advanced buildings plant equipment. Particularly interesting is the relation between mechanics and architecture, whose synergy has brought in the last years new guidelines in living, which has determined more flexible, dynamic and sustainable scenarios.

The critical analysis dwells particularly on mechanics components in big high-tech buildings, within the so-called "Dynamic Architecture", like the "Rotating Tower", designed by David Fisher, which is one of the main examples: the shape of this ultramodern skyscraper is ever changing thanks to the steady and differential motion of its stories, and the building is self-powered thanks the motion itself.

Introduzione

La meccanica applicata rappresenta uno dei settori più antichi e più vasti dell'attività ingegneristica. Nonostante l'apparente distanza disciplinare, essa svolge ormai un ruolo chiave nei settori della costruzione, delle infrastrutture e della manutenzione, in particolar modo nelle diverse fasi di elaborazione del progetto architettonico (Dugas, 1988).

Il contributo intende indagare il significativo apporto della meccanica applicata alle macchine nella progettazione civile ed edile, attraverso l'analisi di tipologie di costruzione specifiche, quali ponti mobili, funivie, ascensori e scale mobili.

Particolare attenzione viene dedicata inoltre alla componente meccanica degli edifici high-tech di grandi dimensioni, nell'ambito della cosiddetta "Architettura Dinamica", di cui la *Rotating Tower*, progettata dall'architetto David Fisher, rappresenta uno degli esempi più significativi del trend che la sinergia tra ingegneria meccanica e architettura può imprimere sui modi futuri dell'abitare.

Ponti

Il ponte è una struttura utilizzata per superare un ostacolo, naturale o artificiale, che si antepone alla continuità di una via di comunicazione. Gli ostacoli possono essere rappresentati da un corso d'acqua o da una vallata: in questo secondo caso si parla più precisamente di viadotti. Si parla invece di cavalcavia se l'ostacolo è rappresentato da un'altra via di comunicazione dello stesso tipo di quella attraversante.

Il modo in cui sono progettati i ponti dipende dalla funzione che essi stessi svolgono, dalla natura del terreno circostante, dal materiale usato per costruirlo e infine dalla disponibilità economica del progetto.

La maggior parte dei collegamenti è data dai ponti fissi, che non hanno parti movibili, a meno che non collassino o che vengano demoliti. Ci sono casi di ponti temporanei, come i ponti Bailey, che sono pensati per essere assemblati, poi smontati a fine utilizzo, trasportati in un differente luogo e riassemblati. I ponti Bailey ono utilizzati in ambito militare, ma sono anche impiegati, quando è in atto una ristrutturazione di un antico ponte, per la deviazione del traffico e per non bloccare la mobilità.

Infine, l'ultima categoria di strutture è quella dei ponti mobili, che sono progettati per permettere il traffico navale al di sotto di strutture che, se i ponti non fossero mobili, bloccherebbero il passaggio, eliminando di fatto una via di comunicazione.

Ponti mobili

Il ponte mobile è, come accennato, una struttura che permette il passaggio di imbarcazioni e navi. Il vantaggio del ponte mobile è innanzitutto il costo inferiore rispetto a quello di un ponte tradizionale, data l'assenza di alte pile di imposta e lunghe campate. Il principale svantaggio è che il traffico che passa lungo il ponte deve essere interrotto al momento del sollevamento per il passaggio. In particolari casi, come quello di ponti ferroviari che oltrepassano canali molto trafficati, se la linea ferroviaria viene usata più raramente, il ponte può essere lasciato aperto e poi chiuso solo in concomitanza del passaggio del treno (Schneider, 1907).

Per piccoli ponti, il sollevamento della campata può essere abilitato anche senza la necessità di un motore. I ponti possono essere sollevati da diversi operatori: in particolare alcuni possono essere mobilitati direttamente da chi lo utilizza, altri da un tecnico che si occupa dell'utilizzo dei macchinari, alcuni sono controllati per via remota mediante videocamere e altoparlanti. Generalmente, i ponti sono alimentati da motori elettrici che muovono sia argani, sia pistoni meccanici o idraulici.

I ponti mobili possono essere anche molto estesi, ma la parte da movimentare deve essere limitata a poche decine di metri di lunghezza, sia per problemi strettamente ingegneristici sia per gli ingenti costi di esecuzione e gestione.

Tipologie di ponti mobili:

– ponte basculante (o ribaltabile) a una o due campate: si basa sul principio del ponte levatoio, con un contrappeso che permette il sollevamento della campata

incernierata su un lato del ponte stradale. Permette il passaggio sotto il ponte di alte imbarcazioni e si può realizzare anche con il contemporaneo sollevamento di due campate;
- ponte levatoio: è imperniato a un'estremità soltanto e si solleva o si abbassa e ruota lateralmente per mezzo di un contrappeso;
- ponte girevole a una campata con perno centrale: può essere a una campata o costituito da due semi-ponti che girano lateralmente. Se ha una sola campata girevole, il perno verticale di rotazione può essere al centro oppure all'estremità della campata;
- ponte sollevabile: due torri fornite di cavi, contrappesi e motori sollevano e abbassano il piano del ponte. Questo ponte funziona in modo molto simile a un ascensore, come mostrato in fig. 1.
- ponte su chiatte: galleggia sull'acqua. Le imbarcazioni, o pontoni, che sostengono il piano del ponte, possono essere ancorate, se la costruzione è permanente. Le unità militari generalmente si servono di ponti su chiatte in via temporanea. Un esempio di ponte di questo tipo si trova sul fiume Ticino, nel comune di Bereguardo.



Fig. 1 – Bordeaux, Ponte Jacques-Chaban-Delmas. Michel Virlogeux in collaborazione con Egis, 2013 (da [1]).

Piattaforme petrolifere

Una piattaforma petrolifera è un'enorme struttura utilizzata per l'esplorazione di aree marine in cui sono locati potenziali giacimenti di idrocarburi. Sono utilizzate anche nel caso in cui sia stata verificata la presenza di questi giacimenti per la perforazione di pozzi petroliferi, come nell'esempio mostrato in fig. 2. Una volta completato il pozzo, la piattaforma può essere usata per estrarre idrocarburi in situ, oppure può venire trasportata in un'altra potenziale località per l'esecuzione di una nuova perforazione.

Le piattaforme petrolifere sono un esempio magnifico di come l'ingegneria strutturale sia entrata in simbiosi con quella meccanica per estrarre idrocarburi, nonostante la complessità dell'ambiente possa determinare problemi strutturali nei manufatti in cemento armato: poiché l'acqua di mare è ricca di cloruri, solfati, carbonati alcalini, magnesio, ecc., potrebbe ad esempio innescare fenomeni di degrado delle armature annegate all'interno del calcestruzzo.

Perforatrici

Le perforatrici per petrolio e gas naturali non sono utilizzate solo per identificare riserve geologiche, ma anche per creare fori che permettano l'estrazione di petrolio



Fig. 2 – Brasile, Campos Basin, Piattaforma petrolifera P-51 (Aker, 2001).

e gas naturali da quelle riserve. Questi macchinari svolgono un ruolo fondamentale all'interno della piattaforma, per cui grazie a questi strumenti è possibile portare in superficie risorse che sarebbero state altrimenti inutilizzabili.

Ascensori

L'ascensore è un impianto in grado di sollevare persone da un piano all'altro di un edificio o spostarle tra livelli diversi di una costruzione o di una struttura (Strakosch, 1983). Un ascensore è solitamente costituito da una cabina che contiene i passeggeri e che viene sollevata da un motore elettrico, che agisce su funi alle quali la cabina è agganciata. È possibile trovare alcuni ascensori azionati da pistoni telescopici che sollevano e fanno discendere l'abitacolo.

Ascensori a direttrice di spostamento verticale: la Tour Eiffel

Gli ascensori, in fig. 3, sono nati contestualmente alla struttura e il loro assetto è stato cambiato più volte durante la storia della torre (Frémy, 1989; Loyrette, 1985).

Data l'elasticità dei cavi e il tempo impiegato per allineare le cabine con la discesa, ogni salita, nel normale servizio, impiega mediamente 8 minuti e 50 secondi per fare un giro intero e circa 1 minuto e 15 secondi a piano. Il tempo medio di salita tra un livello e un altro è di 1 minuto.



Fig. 3 – Parigi, Tour Eiffel. Gustave Eiffel, 1889 (da [2]).

Il sistema idraulico originale è esposto pubblicamente in un piccolo museo ai piedi della torre: dal momento che il meccanismo richiede una frequente lubrificazione e manutenzione, l'accesso al pubblico è spesso impedito. Il meccanismo della fune è visibile quando i visitatori escono dall'ascensore.

Ascensori a direttrice di spostamento circolare: la Ruota di Falkirk

La Ruota di Falkirk, la *Falkirk Wheel*, in fig. 4, così chiamata per la prossimità alla città di Falkirk nella Scozia centrale, è un ascensore idraulico rotante per imbarcazioni, che collega il canale Forth and Clyde all'Union Canal. Il dislivello tra i due bacini nel punto in cui è stata realizzata la ruota è di 24 metri, all'incirca equivalente all'altezza di un edificio di otto piani.

I cassoni devono girare insieme alla ruota per rimanere in piano. Mentre il peso dei cassoni sui cuscinetti è generalmente sufficiente per ruotarli, un meccanismo utilizza tre ingranaggi di grandi dimensioni identici, collegati da due più piccoli, assicura che ruotino esattamente alla velocità corretta e rimangano correttamente bilanciati. Ogni estremità di ciascun cassone è supportata su ruote di piccole dimensioni, che scorrono su binari sulla faccia interna dei fori di 8 m di diametro alle estremità dei bracci.

La rotazione è controllata da un treno di ingranaggi: uno schema alternato di tre ruote dentate con diametro di 8 m e due ingranaggi folli più piccoli, tutti con denti esterni. Il grande ingranaggio centrale è montato liberamente sull'asse nella estremità della sala macchine e fissato in posizione in modo da impedire che ruoti. I due ingranaggi più piccoli sono fissati a ciascuno dei bracci della ruota all'estremità della



Fig. 4 – Scozia, Falkirk, Ruota di Falkirk. Tony Kettle, 2002 (da [3]).

sua sala macchine. Quando l'asse centrale ruota, i bracci oscillano e le piccole marce si innestano sull'ingranaggio centrale, provocando la rotazione di ingranaggi più piccoli a una velocità maggiore rispetto a quella della ruota, ma nella stessa direzione. Le marce più piccole agganciano le grandi ruote dentate all'estremità dei cassoni, guidandole alla stessa velocità della ruota ma nella direzione opposta. Questo annulla la rotazione dovuta ai bracci e mantiene i cassoni stabili e perfettamente livellati.

Trasporto a fune (o funivia)

La funivia è un tipo di ascensore aereo che è sostenuto e/o movimentato da cavi in acciaio, che circolano lungo una guida circolare appesa lungo due stazioni, a volte attraverso delle torri di supporto intermedie (Marocchi, 1974). Il cavo è guidato da una puleggia in una delle due stazioni e tipicamente è connessa a un motore elettrico o a combustibile. Spesso viene considerata come sistema continuo, dato che questo comprende una fune che si muove continuativamente e circola tra le due stazioni.

L'impianto di trasporto a fune nasce dall'esigenza di trasportare persone e/o cose fra una stazione di partenza e una di arrivo con forte dislivello. Tra le funivie più avveniristiche troviamo l'impianto della SkyWay del Monte Bianco, in fig. 5.



Fig. 5 – Courmayeur (Monte Bianco), Funivia SkyWay. Dimensione Ingenierie Srl, 2015 (da [4]).

Scala mobile

La scala mobile è un tipo di trasporto verticale, che trasporta persone tra un piano e un altro di un edificio. È costituito da una scala i cui gradini mobili sono trascinati meccanicamente, rimanendo tuttavia orizzontali. Questo apparecchio è spesso munito di una rampa mobile che avanza alla stessa velocità dei gradini. Per facilitare la salita e la discesa dalla scala, le estremità sono allineate col terreno: questo comporta la caratteristica forma a S stirata. Le scale mobili vengono usate in caso di elevati dislivelli e di lunghi sviluppi della rampa. I principali luoghi di impiego sono centri commerciali, aeroporti, hotel, arene, teatri, stadi ed edifici pubblici, caratterizzati da un elevato numero di fruitori.

Scale mobili in scena: il Teatro Regio di Torino

Il Teatro Regio di Torino è uno dei più grandi e importanti teatri lirici d'Italia euno dei più rilevanti nel panorama europeo ed internazionale. Costruito nel 1740, è stato distrutto da un incendio nel 1936 ed è stato integralmente ricostruito nel 1973. Della costruzione originale rimane la facciata, attualmente parte del sito UNESCO Residenze Sabaude che è iscritto alla Lista del Patrimonio dell'Umanità dal 1997.

Dal punto di vista della distribuzione interna la soluzione adottata è caratterizzata da percorsi mediati da ponti o passerelle e da scale e scale mobili, situate in maniera simmetrica rispetto all'asse longitudinale, che smistano il pubblico ai vari ingressi collocati ai diversi livelli della sala, del foyer e dei servizi. Questa soluzione funzionale, che lo stesso Mollino definisce *a strade aeree*, è percepibile totalmente dalla galleria d'ingresso e dalle vie esterne adiacenti, creando uno spazio architettonico interno-esterno molto coinvolgente, in fig. 6.



Fig. 6 – Torino, Teatro Regio. Carlo Mollino, 1973. Scale mobili sul fronte principale come elemento architettonico e di servizio (Bardelli et al., 2010).

La Dynamic Architecture

La *Dynamic Architecture* o Architettura Dinamica rappresenta per l'architettura una nuova frontiera. Essa si caratterizza per il movimento continuo, anche se si tratta di un dinamismo di non immediata percezione, in quanto è estremamente lento, ma tale da consentire un distacco dalla tipica concezione monolitica e statica delle strutture finora realizzate. L'Architettura Dinamica può essere considerata un primo passo verso la concezione di strutture in grado di evolvere con l'uomo, con la sua psicologia e con la percezione che di volta in volta ha dell'ambiente che lo circonda, offrendo la possibilità di cambiare scenario nel tempo. Il tempo diventa infatti la quarta dimensione dell'edificio.

Suite Vollard, Curitiba

La *Suite Vollard*, situata nel quartiere Ecoville di Curitiba in Brasile, è la prima e unica struttura rotante realizzata al mondo, grazie alla futuristica visione di Bruno de Franco. Realizzata nel 2001, si configura come una torre cilindrica di 11 piani, i cui appartamenti ruotano intorno ad un nucleo centrale, costituito da ambienti di servizio. Essa è una dei principali riferimenti per l'Architettura Dinamica.

Rotating Tower, Dubai

Nell'ambito dell'Architettura Dinamica si distingue il progetto di David Fisher per la *Rotating Tower* di Dubai, costruzione innovativa dal punto di vista tecnologico, strutturale e compositivo [5]. L'edificio è concepito in continuo movimento, con un moto di rivoluzione di 360° ogni 90 minuti che interessa ogni piano in maniera individuale, garantendo affacci privilegiati ad ogni appartamento, come mostrato in fig. 7.

La costruzione è dotata di un impianto di generazione elettrica a turbine eoliche montate sulla sua sommità, che provvede alla fornitura di energia per il movimento e per l'uso domestico. Di particolare importanza è il metodo di costruzione, basato sulla prefabbricazione: infatti, questo sarà il primo edificio completamente costruito in stabilimento, determinando perciò un nuovo approccio industriale alla costruzione.

La torre, all'infuori del nucleo in cemento armato, è costituita da unità prefabbricate che arriveranno nel cantiere completamente finite, incluse le finiture, l'impianto idraulico e quello di condizionamento dell'aria. Queste unità, costituite da acciaio, alluminio, fibra di carbonio e altri moderni materiali di alta qualità, saranno assemblate "meccanicamente" in loco, offrendo tempi di realizzazione molto brevi, un minor impiego di manodopera, determinando così un rischio minore nella fase operativa e un notevole risparmio nei costi di costruzione.

La *Rotating Tower*, composta da singoli piani, è strutturalmente resistente ed elastica allo stesso tempo, fattore che le conferisce un'alta resistenza sismica. Rimangono ancora da risolvere alcuni problemi legati all'impiego delle turbine eoliche nel contesto urbano, quali l'elevata rumorosità, l'impatto sui volatili e l'interferenza con i percorsi del vento in un paesaggio urbano in continua evoluzione come quello di Dubai.

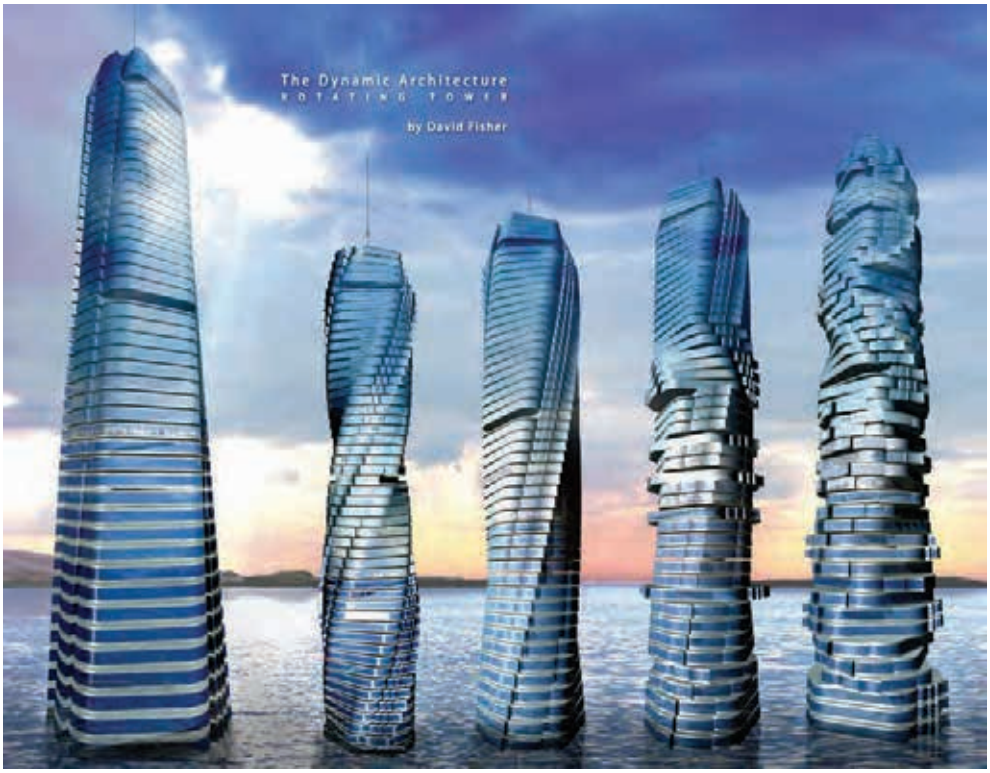


Fig. 7 – Dubai, Rotating Tower. David Fisher, 2006 (da [5]).

Conclusioni

La sinergia tra meccanica e architettura caratterizza sempre di più il progetto architettonico. Se in un primo tempo l'ingegneria meccanica contribuisce solo da un punto di vista funzionale alla costruzione, si delineano ormai scenari futuri in cui essa contribuisce in modo significativo sia alla forma che all'autosufficienza energetica dell'edificio che alla qualità dell'ambiente interno, individuando nuove modalità abitative più sostenibili e più adatte a un mondo in continua evoluzione.

Bibliografia

Bardelli P. G., Garda E., Mangosio M., Mele C., Ostorero C. 2010. *Il Teatro Regio di Torino da Carlo Mollino ad oggi. Consistenza materica ed esito architettonico*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.

Dugas R. 1988. *A History of Mechanics*. New York: Dover Publications.

Frémy D. 1989. *Quid de la tour Eiffel.* Paris: Robert Laffont.

Loyrette H. 1985. *Eiffel, un Ingenieur et Son Œuvre*. New York: Rizzoli.

Marocchi D. 1974. *Funicolari aeree e sciovie*. Torino: Levrotto e Bella.
Schneider C.C. 1907. *Movable Bridges, Proceeding of the American Society of Civil Engineers.* 33(1). New York: American Society of Civil Engineers.
Strakosch G.R. 1983. *Vertical Transportation, Elevators and Escalators*. New York: John Wiley & Sons.

Sitografia

[1] www.egis-group.com
[2] it.depositphotos.com/16985095
[3] www.fairfields.co.uk
[4] www.cordeemontblanc.eu
[5] www.dynamicarchitecture.net

Marcello Zordan, Franco Fragnoli

Chiusure verticali in acciaio e vetro: analisi di alcune singolari sperimentazioni italiane

Abstract

Beginning from Sixties in the last century, in Italy, one of trends of applied research which most experimentations of steel combine with glass, gather on, concerns the study and the development of transparent covering.

In this period for Italian designers the curtain wall becomes a technology with specific characteristics and consequently a well delineated linguistical ambit. This system is applie especially in office-buildings.

Particularly in Rome, besides to the Directional Centre ENI (1960 – 1962) by Baciagalupo and Ugo Ratti, which represents perhaps the most emblematical realization, a series of exemplary projects have been built, like the seat of ESSO by Luigi Moretti in the EUR (1961 – 1965) where the covering is marked by projecting elements which design a thick frame and several examples, less important but expressive in the same time, such as the RAI directional center (1961 – 1965), the INA black (1961) and other ones. Near these buildings, where both the main structure and the front one are of steel, there are other ones, such as the office-block in Via Torino by Adalberto Libera (1956 – 1958) and the Pirelli sky-scraper in Milan by Gio Ponti (1955 – 1960), where the load-bearing skeleton of the building is of reinforce cement and the fronts are projected out with curtain wall of metal and glass.

The paper inquires how in some cases of study, coverings base on a building process which combines steel and glass, have characterize significates experimentations in the wide outline of modern Architecture.

Introduzione

La sperimentazione con l'acciaio, nell'architettura e nella costruzione italiana, ha avuto, come è noto, una partenza molto sofferta soprattutto nel settore edilizio. Fino agli anni Cinquanta del secolo scorso, infatti, l'ossatura portante in acciaio compare soltanto in alcune opere realizzate quasi a carattere di prototipo, significative per il loro apporto sperimentale ma, comunque, non sufficienti a innescare un settore competitivo rispetto a quello tradizionale delle costruzioni in cemento armato e muratura.

Negli anni della ricostruzione, in particolare, allo sviluppo dell'industria in tutti i settori fa riscontro nell'edilizia la persistenza del cemento armato, il quale prosegue

quel processo di diffusione nel campo delle costruzioni già affermato agli inizi del secolo (Poretti, 2004). Ben figurano in quest'ambito gli studi di personalità del calibro di Nervi, Morandi, Musmeci e altri con le loro realizzazioni di grandi strutture in cemento armato, in cui la tecnica è integrata con soluzioni architettoniche innovative. Il cemento armato è, dunque, il protagonista nella maggior parte delle grandi opere ma anche nell'edilizia residenziale, nei programmi nazionali che si realizzano in questo periodo diffusamente in tutto il territorio.

Durante questa fase, pertanto, sono ancora le tecniche costruttive artigianali della tradizione moderna italiana a prevalere; struttura portante a scheletro in cemento armato, vista come versione evoluta dell'opera muraria, e un cantiere condotto dalla piccola impresa con attrezzature semplici e largo impiego di mano d'opera anche non qualificata.

Parallelamente però l'utilizzo dell'acciaio, che aveva caratterizzato alcune importanti costruzioni del periodo prebellico, mantiene certamente il suo carattere episodico, anche se la sperimentazione avviata negli anni della modernizzazione, e interrotta solo durante il periodo più pressante della guerra, prosegue anche in questo periodo (Zordan, 2004). Nasce la Comunità Europea Carbone Acciaio (CECA), che promuove una serie di studi e ricerche favorendo lo sviluppo sperimentale e continua anche l'opera di divulgazione delle riviste tecniche specializzate che pubblicano numerosi articoli in cui si fanno conoscere le più importanti opere in acciaio realizzate prima della guerra, stimolando i progettisti alla ricerca di soluzioni innovative sia dal punto di vista tecnico che estetico. I vantaggi che vengono sottolineati sono, già in questo periodo, in primo luogo la possibilità di prefabbricazione e poi l'elevata resistenza del materiale a flessione, che consente l'impiego di pilastri e travi più sottili (con evidenti vantaggi funzionali e soprattutto architettonici), la rapidità di esecuzione, l'attrezzabilità degli impianti e così via.

In questo contesto, così dinamico e propositivo, tra la fine degli anni Cinquanta e l'inizio del decennio successivo, grazie anche al potenziamento del settore industriale siderurgico, si rileva un notevole rilancio della costruzione in acciaio e si sviluppa una maggiore coscienza delle qualità tecniche di questo materiale anche nei confronti del suo rapporto con il linguaggio architettonico.

In Italia, uno dei filoni di ricerca applicata su cui si concentrano le maggiori sperimentazioni dell'acciaio, combinato con il vetro, riguarda lo studio e lo sviluppo dell'involucro trasparente. In questi anni il curtain wall diventa per i progettisti italiani una tecnologia con caratteri specifici e conseguentemente un ambito linguistico ben delineato. L'applicazione di questo sistema trova spazio, in special modo, nell'edilizia per uffici. A Roma, in particolare, oltre al Centro Direzionale ENI (1960-1962) di Marco Bacigalupo e Ugo Ratti, che rappresenta forse l'intervento più emblematico, sorge una serie di opere esemplari come la sede ESSO all'EUR, di Luigi Moretti (1961-1965), dove l'involucro è segnato da elementi sporgenti che di-

segnano una fitta trama, e numerosi esempi di minor rilievo, ma significativi al tempo stesso, tra cui il centro direzionale Rai (1961-1965) e il complesso INA (1961). In area lombarda è il Centro Direzionale Eni di San Donato Milanese a distinguersi come paradigmatico esempio dell'applicazione di tale ricerca progettuale.

A questi edifici, dove sono in acciaio sia la struttura principale che quella di facciata, se ne affiancano altri, come il palazzo per uffici in via Torino di Adalberto Libera (1956-1958) e il grattacielo Pirelli a Milano di Gio Ponti (1955-1960), in cui l'ossatura portante dell'edificio è in cemento armato e le facciate sono risolte con curtain wall di metallo e vetro.

Il Centro Direzionale ENI a San Donato Milanese

Viene costruito tra il 1956 e il 1957 nell'ambito della realizzazione della frazione milanese di Metanopoli.

Il progetto architettonico è predisposto dagli architetti Marcello Nizzoli e Mario Olivieri, mentre della parte strutturale si occupano Leo Finzi e Giorgio Magenta. Il complesso è costituito da due corpi di fabbrica, come mostrato in Fig. 1: il blocco servizi di tre piani e l'edificio principale, una grande torre di 15 piani alta 55 m, adibita a uffici, con al piano terreno negozi, spazi espositivi e un ufficio postale. L'esagono, in particolare un modulo di lato 12,5 m, costituisce la forma di base dalla cui ripetizione e accostamento derivano le piante dei corpi di fabbrica.

La struttura portante è risolta mediante un'ossatura in acciaio, impostata come un telaio a nodi rigidi le cui membrature sono collegate per mezzo di saldature in opera. Le fondazioni sono costituite da plinti isolati su pali profondi tra 12 e 14 m. I pilastri posti ai lati degli esagoni sono collegati per mezzo di travi principali IPE mentre travi IPN formano il sistema delle travi secondarie. Il problema della protezione dal fuoco viene risolto rivestendo le travi in calcestruzzo e i pilastri con un intonaco su rete. I solai sono in laterizio e calcestruzzo gettato in opera.



Fig. 1 – Il Centro Direzionale ENI a San Donato Milanese. M. Olivieri, L. Finzi, G. Magenta. 1956-57. Vista d'insieme.

Il sistema di facciata è costituito da montanti verticali a sezione tubolare ai quali sono fissati traversi giuntati in

modo tale da consentire lo scorrimento orizzontale. I montanti, che sono collegati alla retrostante struttura in acciaio per mezzo di mensole di attacco che permettono di assorbire le eventuali imprecisioni della struttura principale, vengono interrotti a ogni piano (quindi ogni 3÷4 metri) ma sono collegati reciprocamente in modo da mantenere la continuità verticale e, allo stesso tempo, avere la possibilità di movimento per assorbire eventuali deformazioni.

L'esigenza di conciliare le operazioni di saldatura dei nodi, di montaggio delle chiusure verticali e di getto delle parti cementizie comporta lo studio attento delle fasi esecutive (Finzi e Magenta, 1961).

L'edificio per uffici di via Torino a Roma

La costruzione occupa un quadrangolo irregolare di circa 50 m x 50 m, circondato su tre lati da strade e sul quarto lato confinante con una un'altra proprietà. La progettazione architettonica, terminata nel 1956, viene svolta da Adalberto Libera in collaborazione con Leo Calini e Eugenio Montuori, mentre Antonio Martinelli si occupa della progettazione strutturale. I progettisti decidono di usare tutto il volume edificabile concesso dalle norme edilizie e di concentrarlo in un unico blocco edilizio a ridosso dei fronti stradali.

La conformazione altimetrica del lotto porta l'edificio a svilupparsi in altezza per sette piani lungo via Torino e via Balbo mentre il fronte di via Urbana si innalza per 8 piani, in Fig. 2. Nell'edificio oltre agli uffici sono previsti spazi per garage e negozi. In particolare, alle attività commerciali viene riservato l'intero piano a livello di via Torino. L'accesso e il primo piano dei garage, che occupano anche tutta la parte interrata, sono posti su via Verbania. Gli uffici ai piani superiori sono disposti lungo le facciate dell'edificio; in questo modo la parte centrale del blocco edilizio può essere riservata agli archivi, ai disimpegni degli uffici e agli elementi di comunicazione verticale. Il carattere monolitico della costruzione viene negato forando il blocco edilizio con una chiostrina esagonale, a illuminare il corpo scala principale, e tre pozzi di aereazione di forma romboidale.



Fig. 2 – L'edificio per uffici di via Torino a Roma. A. Libera, L. Calini, E. Montuori, A. Martinelli. 1956-58. Vista esterna.

La particolare conformazione del lotto porta i progettisti ad adottare un originale schema strutturale a maglia triangolare impostato su un angolo acuto da 60° suggerito dagli allineamenti

dei fronti stradali. La superfice dell'edificio quindi risulta ripartita in 31 triangoli equilateri di lato 6,75 m e una serie di triangoli più piccoli che, lungo il fronte interno, riassorbono l'irregolarità planimetrica residua data dalla forma trapezoidale della pianta. La struttura portante è in cemento armato con pilastri circolari, ideali per risolvere il particolare andamento della maglia strutturale, a sostegno di travi a spessore e solai a nervature incrociate entrambi dello spessore di 26 cm. I pilastri risultano arretrati di 2,5 m rispetto ai prospetti in modo da lasciare le facciate libere dai vincoli della struttura in modo da realizzare una finestratura continua.



Fig. 3 – L'edificio per uffici di via Torino a Roma. A. Libera, L. Calini, E. Montuori, A. Martinelli. 1956-58. Dettagli costruttivi del sistema di facciata.

La ricerca dell'ottimizzazione prestazionale del sistema di oscuramento, determina una attenta sperimentazione progettuale che, realizzata in collaborazione con la ditta FEAL, porta a una soluzione oggetto di brevetto a titolo di Libera e Calini (Zordan e Fragnoli, 2015). Il sistema introdotto prevede delle tapparelle esterne costituite da lamelle ellittiche larghe 9 cm, realizzate in alluminio, orientabili e raccoglibili in una apposita sede attraverso un sistema motorizzato in modo tale da poter avere tutte le possibili regolazioni della luce esterna. Le lamelle scorrono e ruotano dentro delle guide poste sul montante esterno in alluminio ancorato all'ossatura portante in ferro della facciata. La sede di riposo delle lamelle è situata dietro una veletta in lamierino di acciaio inox verniciate a smalto di color rosa grigio (Fig. 3). I retrostanti infissi in alluminio sono del tipo a saliscendi, con parapetti interni realizzati con pannelli isolanti rifiniti con rivestimento plastico. Le facciate sono scandite e segnato dal modulo di misura 1,69 m corrispondente al passo delle finestre. Immediatamente dopo alla messa in funzione dell'edificio il sistema di oscuramento inizia a presentare problemi con il comando elettrico delle lamelle tanto che alla fine degli anni novanta del Novecento i brise-soleil vengono smantellati e sostituiti con veneziane interne (Iori, 2009).

La sede ESSO all'EUR a Roma

All'inizio degli anni Sessanta del secolo scorso, la Società ESSO Standard Italiana affida agli architetti Luigi Moretti e Vittorio Ballio Morpurgo la progettazione architettonica di una nuova sede centrale da realizzare a Roma nel quartiere EUR.

Il complesso realizzato è formato da due palazzi simmetrici rispetto a via Cristoforo Colombo, a costituire un vero e proprio varco di ingresso al quartiere. Gli edifici sono organizzati secondo una pianta a T: alla testa di un corpo principale longitudinale (141 m x 21 m) di 7 piani fuori terra si innesta un corpo trasversale (49 m x 23 m) alto 4 piani.

Al di sotto del piano di campagna sono presenti tre piani interrati, che coprono una estensione planimetrica tripla rispetto a quella dei piani in elevazione, e ospitano i garage, i locali tecnici e la mensa aziendale.

La pianta è organizzata secondo un reticolo modulare di 1,5 m x 1,5 m nella impostazione distributiva degli ambienti interni e nel passo strutturale in una maglia 9 m x 9 m. Tutti gli elementi di comunicazione verticale sono concentrati in due zone rettangolari centrali.

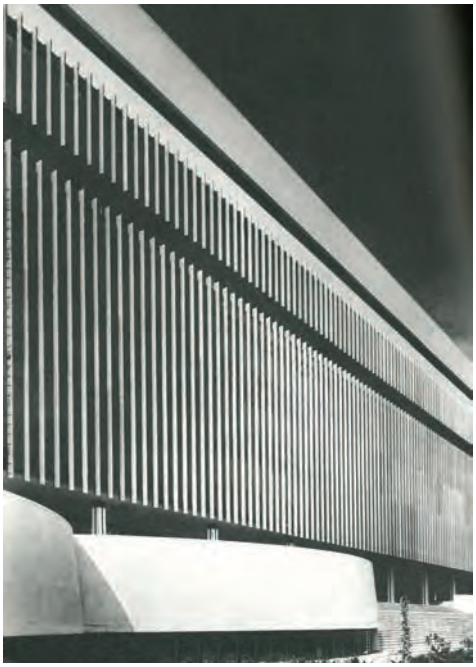


Fig. 4 – La sede ESSO all'EUR Roma. L. Moretti, V. Morpurgo. 1961-65. L. Moretti, V. Morpurgo. 1961-65. Vista esterna.

La struttura in acciaio viene risolta con travi principali da 9 m, con profili HE alti 50 cm, e travi secondarie trasversali che coprono due luci da 9 m e sbalzano di 2 m e 1,5 m sulle facciate principali, mentre sulle testate gli sbalzi sono di 3 m (Bolocan, 1966). Le travi secondarie, la cui altezza massima è di 21 cm, sono distanziate secondo un passo di 2,25 m e sostengono solaiai realizzati in lamiera grecata, calcestruzzo e rete elettrosaldata per una altezza totale di 35 cm. I pilastri sono risolti con profili HE di ingombro massimo di 36 cm x 34 cm, interrotte tra un piano e l'altro. L'attacco degli elementi strutturali è realizzato mediante bullonatura, mentre la saldatura in cantiere è stata riservata al solo fissaggio delle lamiere grecate alle travi secondarie e dei pannelli di rete elettrosaldata alle lamiere.

Non manca l'uso del calcestruzzo armato, benché circoscritto ai piani interrati e alle torri degli ascensori. In particolare, la costruzione in cemento di queste ultime viene decisa durante la fase realizzativa per motivi economici e per ottimizzare le fasi di cantiere. A questi nuclei in cemento armato è demandato l'assorbimento delle azioni orizzontali agenti sull'edificio in fase di esercizio, con la conseguente semplificazione del nodo tra travi principali e pilastri, che può essere impostato come una semplice cerniera.

Le lame frangisole in alluminio rivestito da uno speciale strato protettivo sono sicuramente l'elemento caratterizzante dei curtain-walls delle facciate, in Fig. 4: lame di tre differenti misure (0,75 m x 2,5 m, 0,75 m x1,40 m e 0,75 m x 0,90 m) sono disposte in verticale a protezione di pannelli di vetro color bronzo.

Il Centro Direzionale ENI all'EUR a Roma

Il Centro Direzionale ENI, realizzato all'interno del vasto programma di trasformazione dell'EUR, rappresenta un intervento emblematico in quanto in esso trovano ampio spazio soluzioni di progetto singolari incentrate intorno allo studio tecnico-formale della facciata in curtain wall. Questo edificio, inoltre, è il maggiore costruito in Italia facendo ricorso a un'ossatura in acciaio.

Progettato da Marco Bacigalupo e Ugo Ratti per l'architettonico e da Leo Finzi, Edoardo Nova e Carlo Cestelli Guidi per le strutture, il fabbricato ha caratteristiche volumetriche assai semplici: è pensato, infatti, come una grande quinta scenica posta all'estremità del laghetto dell'Eur.

La pianta rettangolare (86,7 m x 15,84 m) vede raccolti alle due estremità i corpi scala e al centro i gruppi di ascensori.

In alzato l'edificio, in fig. 5, si sviluppa per 21 piani fuori terra, oltre a due interrati, per un'altezza, dalle basi dei pilastri alla sommità, di circa 80 m. Più in alto trovano posto i volumi tecnici che, su due piani, si sviluppano per ulteriori 5,70 m di altezza.

L'edificio è destinato a accogliere al piano terra gli atri, una banca, il centro meccanografico e una sala polivalente; dal primo al diciottesimo piano uffici per gli impiegati e agli ultimi due livelli la dirigenza.

I piani tipo sono costituiti da due grandi saloni completamente liberi da partizioni, nei quali trovano posto gli impiegati divisi funzionalmente da semplici file di armadi o classificatori. Solo i dirigenti sono racchiusi in piccoli box completamente vetrati. Nella zona centrale del palazzo, oltre al gruppo degli ascensori sono collocati i cavedi per



Fig. 5 – Il Centro Direzionale ENI all'EUR di Roma. M. Bagicalupo, U. Ratti. 1960-62. Vista d'insieme.

l'impianto di condizionamento e gli impianti elettrici, i servizi igienici e gli spogliatoi, oltre ai salottini per ricevere il pubblico.

L'edificio ha una struttura portante interamente realizzata in acciaio costituita da una serie di telai, posti con interasse di 7,20 m e formati dai pilastri di facciata e dalle travi trasversali, che reggono un ordito di elementi secondari posti con interasse di 2,40 m, sui quali è gettata una soletta in calcestruzzo armato dello spessore di 10 cm (Finzi e Nova, 1962).

Nei telai, tra le travi principali e i pilastri, è realizzato un incastro che garantisce agli elementi un elevato grado di rigidezza. Le azioni orizzontali, dovute al vento, sono invece smistate a due setti posti a lato dei corpi scala, che sono in sostanza due grandi mensole ciascuna delle quali convoglia al piede un momento rovesciante e una spinta corrispondenti all'azione del vento, agente su metà dell'intero edificio.

Le gabbie scale e ascensori sono interamente sorrette da travi e pilastri incorporati nello spessore delle pareti, in calcestruzzo leggermente amato dello spessore di 25 cm.

Anche il complesso strutturale centrale, formato dal gruppo ascensori, funziona da controvento, in quanto ha il compito di assorbire le azioni sulle due facciate principali, che sono realizzate in curtain wall con serramenti in alluminio e vetri di colore verdeazzurro, mentre le testate sono cieche e rivestite in travertino; l'unica eccezione è rappresentata da un'asola di vetro che corre per tutta l'altezza dell'edificio.

La funzione portante delle facciate è assolta interamente da montanti di accoppiamento in estruso di alluminio, collegati ai solai con attacchi del tipo bauer, registrabili secondo gli assi principali, che consentono alle pareti di non risentire dei movimenti dell'ossatura portante. Inoltre, la previsione di giunti di dilatazione nei montanti e l'utilizzazione di particolari tasselli in gomma di deformabilità prestabilita, nell'istallazione dei vetri, integrano la funzione dell'attacco bauer nell'assorbire i movimenti delle pareti e le loro deformazioni differenziali rispetto all'ossatura portante dell'edificio.

A questa complessità del sistema tecnologico si contrappone l'estrema linearità della partitura geometrica di facciata, disegnata da una trama di montanti metallici che, opportunamente disposti, configurano una serie di rettangoli e quadrati all'interno dei quali sono alloggiati i vetri, elementi questi che caratterizzano le due facciate principali.

Come si evince dai disegni di dettaglio, in questo edificio il curtain wall a luci fisse consente una notevole riduzione del numero e delle dimensioni dei profilati impiegati. Ciò nonostante, avvenendo il montaggio prevalentemente in cantiere, si riducono alcuni dei vantaggi derivanti dalla produzione industrializzata.

Il palazzo della direzione generale della RAI di viale Mazzini

L'edificio occupa un lotto del quartiere residenziale romano delle Vittorie. La localizzazione, insolita per un edificio a prevalente destinazione direzionale, venne scelta in quanto offriva all'azienda una serie di vantaggi: l'area era già di proprietà sotto

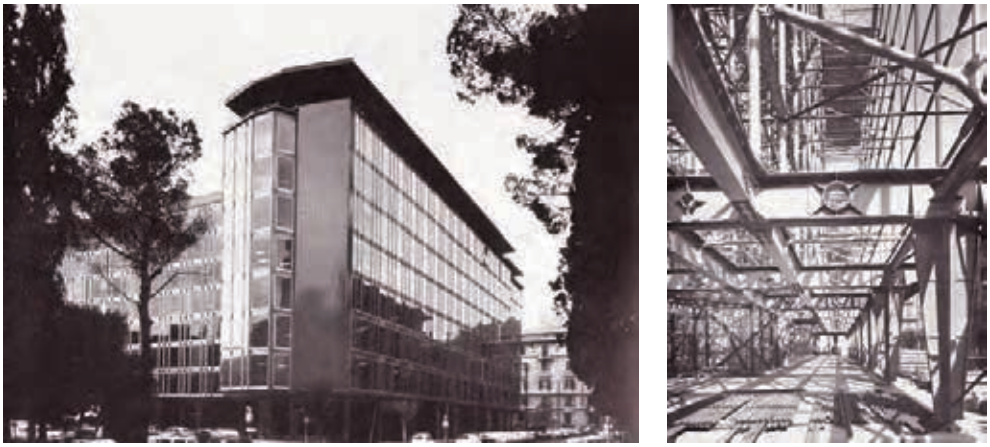


Fig. 6 – Il palazzo della direzione generale della RAI di viale Mazzini a Roma. F. Berar ducci, A. Fioroni. 1961-65. Vista d'insieme e Immagine di cantiere.

forma di concessione demaniale dello stato e risultava vicina ai due importanti centri di produzione di via Teulada e di via Asiago. Tale premessa, tuttavia, poneva per i progettisti, Francesco Berarducci e Alessandro Fioroni, la difficoltà aggiuntiva di progettare un edificio dalla destinazione funzionale sotto il vincolo di una normativa pensata per una zona residenziale (Pedio, 1968).

Gli autori propongono una articolazione planimetrica in quattro corpi di fabbrica da sette e otto piani, disposti secondo direzioni ortogonali e tra loro comunicanti per mezzo di passaggi stretti e chiusi da vetrate. I quattro blocchi del complesso al piano terreno condividono una grande piastra rettangolare nella quale trovano posto, disposti intorno a una corte centrale, gli spazi di rappresentanza, gli spazi al pubblico e una biblioteca. Ai piani superiori viene ripetuto un piano tipo molto flessibile e adattabile dal punto di vista distributivo: lo spazio può essere usato come grandi sale o, attraverso partizioni rimovibili, ripartito in uffici singoli. Tale carattere deriva dalla genericità del programma edilizio della committenza privo di indicazioni puntuali e specifiche.

All'ottavo e ultimo piano, presente in solo tre dei quattro blocchi edilizi, si trovano una sala conferenza e un ristorante, in fig. 6.

La struttura portante è in acciaio e si caratterizza per avere luci maggiori al piano terreno e all'ultimo piano mentre ai piani intermedi presenta campate con luci più brevi (Fig. 6). Il curtain wall è costituito da infissi in alluminio anodizzato color bronzo scuro. Ogni infisso ha una parte centrale di larghezza doppia rispetto alle due parti laterali: i tre elementi, ripetendosi, determinano il modulo dimensionale base della facciata. Le parti cieche delle pareti sono rivestite da pannelli in acciaio

di colore rosso scuro e i tetti con lamiere di rame. L'uso di materiali metallici di diverso colore per i rivestimenti di facciata crea un effetto di contrasto cromatico che, insieme alla modularità degli elementi di chiusura verticale, contribuisce alla caratterizzazione figurativa delle facciate.

Conclusioni

Le sperimentazioni con l'acciaio della seconda metà del secolo scorso in Italia, con particolare riferimento all'impiego del curtain wall, configurano un periodo assolutamente singolare e ricco di spunti interessanti. Queste opere, senza alcun dubbio rappresentative, da un lato mettono in evidenza un'interessante specificità progettuale, dall'altro consentono di inquadrare un percorso storico tutto italiano (ma con marcati richiami al contesto internazionale), con particolare riferimento all'impiego dell'acciaio negli anni del boom economico. Un periodo che, seppur relativamente breve, è ricco di sperimentazioni spesso a firma di autorevoli figure di progettisti come appunto Marco Bagicalupo, Luigi Moretti, Adalberto Libera e Leo Finzi per le strutture in acciaio.

Bibliografia

Bolocan A.G. 1966. Le strutture in acciaio del fabbricato uffici per la Esso Standard Italiana a Roma. *Acciaio*, 3, 119-129.

D'Orazio M. 2000. Note sull'impiego della struttura intelaiata in acciaio negli anni '30. *Costruzioni metalliche*, 3.

Finzi L., Magenta G. 1961. Il palazzo per uffici dell'E.N.I. a San Donato Milanese. *Acciaio*, 7-8, 411-415.

Finzi L., Nova E. 1962. Il Centro Direzionale all'EUR di Roma, *Acciaio*, 2, 5-12.

Iori T. 2009. La reinvenzione della parete: la facciata continua dell'edificio di via Torino a Roma (A. Libera, L. Calini, E, Montuori, 1955-1960). In: AA.VV., *La costruzione dell'architettura. Temi e opere del dopoguerra italiano.* Roma: Gangemi.

Pedio R. 1968. La nuova Direzione Generale della R.A.I. in Roma. *L'architettura*, 142, 222.

Poretti S. 2004. Modernismi e autarchia. In: *Storia dell'architettura italiana. Il primo Novecento* (a cura di Ciucci G. e Muratore G.), 442-476. Milano: Electa.

Zordan M. 2006. *L'architettura dell'acciaio*. Roma: Gangemi.

Zordan M., Fragnoli F. 2015. The curtain wall experimentation in italian building office: the sixties, in *Studies in the History of Construction. Construction History Society*, 287-296.

Primo Ferrari, Carlo E. Rottenbacher, Edoardo Rovida

Virtual tractor project: SAME Autofalciatrice 851

Abstract
This paper introduces and describes the "Virtual Tractor Project" an innovative collaboration between the University of Pavia and SAME, Treviglio (BG). The aims of the project are a) to study the original technical drawings, conserved at the Archivio Storico SAME, of the most important machines made by the Company in the first decades of its activity and b) to realize virtual prototypes with CAE software. A fundamental role of the Archivio Storico is to care for its collection of technical drawings and to preserve it for future generations and as an asset for the Company. The drawings are particularly vulnerable because they are on paper and the oldest of them were realized in the 30's of the last century. The conservator must find the balance between maintaining physical integrity of the drawing while preserving the appearance and the readability of lines and texts. Moreover, an electronic scanning program, used to create digital copies of the physical documents, is carried on to back up, store and organize all the archival materials. In a context of preservation and valorization of the Company's heritage a special project was designed with the University of Pavia. A team of students of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering was involved in the study and interpretation of the original drawings of the first agricultural machine with the SAME brand, the "Autofalciatrice 851", dated 1946-1948. Three are the main goals of the project: a) to enhance the educational impact of dealing with technical drawings conceived with an old standardization b) to analyze the constructive solutions in historical perspective and c) to realize, starting from the existing original drawings, a CAD 3D model of the machine. This "virtual tractor" is intended to be the first to be exposed next to the original tractor shown at the SAME Museum.

Introduction

The origin of the present paper lies in some contacts between the University of Pavia and the tractors industry SAME and, specifically, the SAME Archives and Museum. Starting from these contacts, the idea to explore the SAME Archives was born and the 'Virtual Tractor Project' was established. Aims of the research is a) to study the original technical drawings, conserved at the Archivio Storico SAME, of the most important machines made by the Company in the first decades of its activity and b) to realize virtual prototypes with CAE software. A team of students from the Bachelor

Degree in Mechanical Engineering of the University of Pavia was involved in the research and the first machine with SAME brand, the Autofalciatrice 851, presented in 1946, was selected to start the program.

The historical Heritage of Same

History of factory

The SAME is deeply concerned about the conservation of its technical and cultural heritage. The history of the above mentioned industry started in 1942, by Francesco Cassani (1906-1973) and Eugenio Cassani (1909 – 1959). But the very first origins of this Italian factory date back to the 1920s, when Francesco and Eugenio developed the first diesel engine installed on a tractor (1927).

The fundamental steps of the history of the industry are corresponding to the most innovative realizations in the agricultural mechanics (Di Nola, 1987; Boccardi at al., 2016). Among then, the most important can be outlined as follows:

– first tractor with four driving wheels (1952)
– introduction of the Centauro tractor: notable for high technical and mechanical solutions (1966)
– introduction of the Buffalo tractor: high-powered multi-purpose tractor (1974)
– introduction of the Explorer tractor: 70.000 tractors produced since 1983 until today
– introduction of the model Frutteto II: specialist model specifically designed for the application in orchards and vineyards (1991)
– introduction of the electrohydraulics controls, electronic control units on the engine and Powershift transmission (2000)
– delivery of the 1.000.000th tractor (2011)
– production of the Active Drive system (2015)

Archive

The Archive was founded in December 2004 and it is devoted to the collection, conservation and promotion of historical documents of the factory (Archivio Storico SDF, 2014). The archive is very broad: over fourteen thousand documents are conserved. Such documents represent the following categories:

– photos
– press review
– library, newspaper and periodical house organ
– video library
– advertising literature
– technical publications
– prizes, diplomas, awards

– balance sheets
– technical drawings
– scale models
– document archive
– advertising material

In the figg. 1 and 2 a general view of the SAME Historical Archive is presented, while the figg. 3, 4 and 5 represent examples of the documents from the Archive.



Fig. 1 – SAME Historical Archive.



Fig. 2 – SAME Historical Archive.



Fig. 3 – SAME 240 tractor in a rice-field (1963).



Fig. 4 – Advertising catalogue (1968).

Museum

The Museum was inaugurated in 2008: at the entrance a sculpture of Francesco Cassani (one of the founders) by Francesco Messina welcomes the visitors.

The Museum conserves and presents a wide and complete collection of the most important realizations which testify the history of SAME and of the other industries of the brand: Deutz-Fahr, Hurlimann and Lamborghini (Dozza and Oldani, 2014).

The fig. 6 is relative to an example of historical tractor exposed in the Museum and the fig. 7 represents two open-fields crawler tractors.

The cooperation with the University of Pavia: the Virtual Tractor Project

As mentioned in the Introduction, the innovative cooperation between the University of Pavia and SAME was focused on the "Virtual Tractor Project". Main goal of the project is the realization of the complete digital model of the most important agricultural machines



Fig. 5 – Advertising page "It's the talk of the town SAME 240 the intelligent tractor".



Fig. 6 – SAME Historical Museum: Cassani 40 HP Tractor (1927).



Fig. 7 – SAME Historical Museum: Lamborghini 1C (1961) and DL 30 (1957) Tractors.

from the SAME history. To achieve the target, the study of the original technical drawings, conserved at the Archivio Storico SAME, of the most important machines made by the Company in the first decades of its activity, will be performed. The analysis and the deep study on the original drawings will enable to realize virtual prototypes with CAE software.

Three are the main educational and scientific goals of the project:

i) to enhance the educational impact of dealing with technical drawings conceived with an old standardization;
ii) to analyze the constructive solutions in historical perspective;
iii) to realize, starting from the existing original drawings, a CAD 3D model of the machine.

This "virtual tractor" is intended to be the first to be exposed next to the original real one shown at the SAME Museum. We intend, with this action, to contribute to the cultural and industrial enhancement of an important Italian tradition.

A team of students enrolled in the Bachelor Degree in Mechanical Engineering (Cassi, 2015, Benedetto, 2017) was involved in the study and interpretation of the original drawings of the first agricultural machine with the SAME brand, the "Autofalciatrice 851", dated 1946-1948.

The 851 model was a three-wheeler self-propelled motor reaper powered by a small air-cooled internal combustion engine (the MIB 851 engine was a single cylinder unit delivering 3 HP/2,2 KW at 2500 rpm and designed to run on petrol or kerosene as well as natural gas).

Along with the historical interest, the availability of all the most important original drawings founded in the Archive was strategic for the purpose. Working in units of two or three, the students dealt with technical drawings of mechanical parts, components and assemblies.

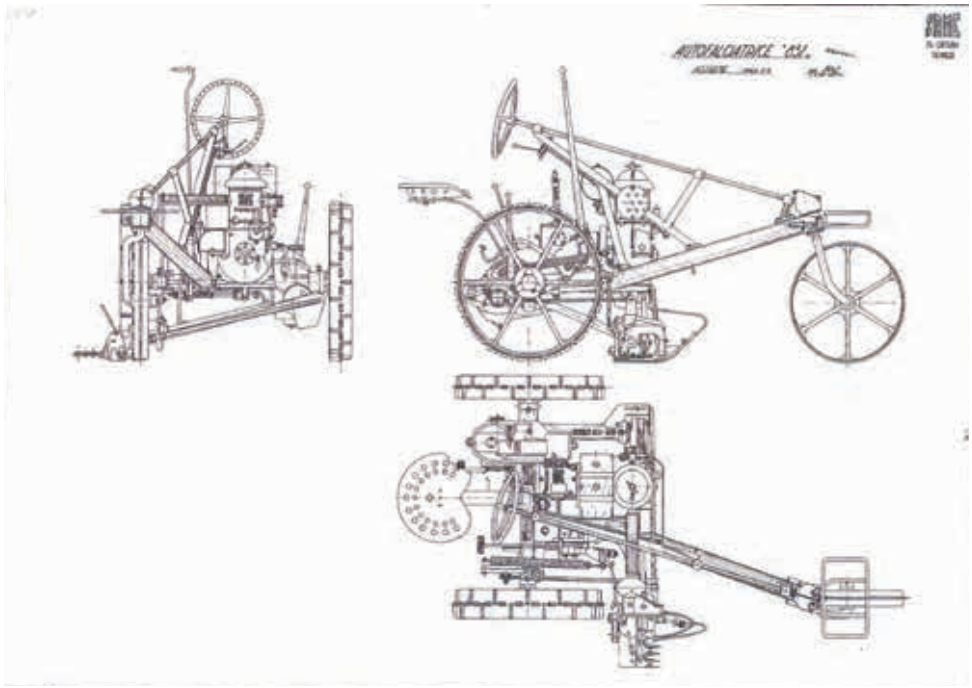


Fig. 8 – Three orthographic projections of the Autofalciatrice (drawing n° 1401).

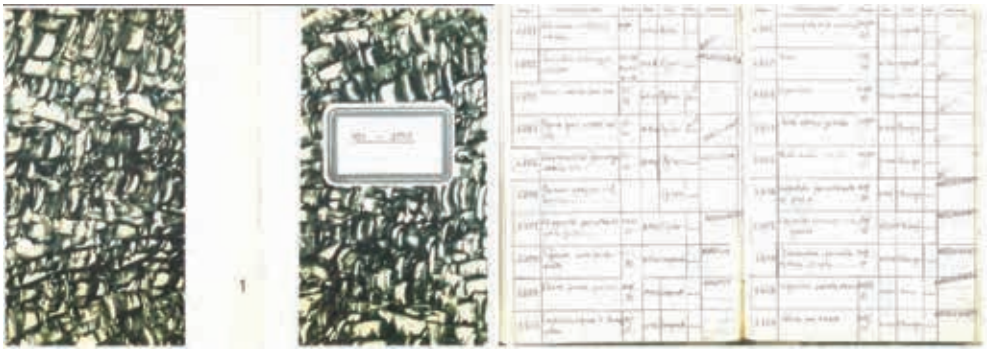


Fig. 9 – Register of the technical drawings.

The fig. 8 represents the three orthographic projections of the reaper as reported in the drawing n°1401 of the SAME register of technical drawings 1/101-2150, founded in the Archive (see fig. 9).

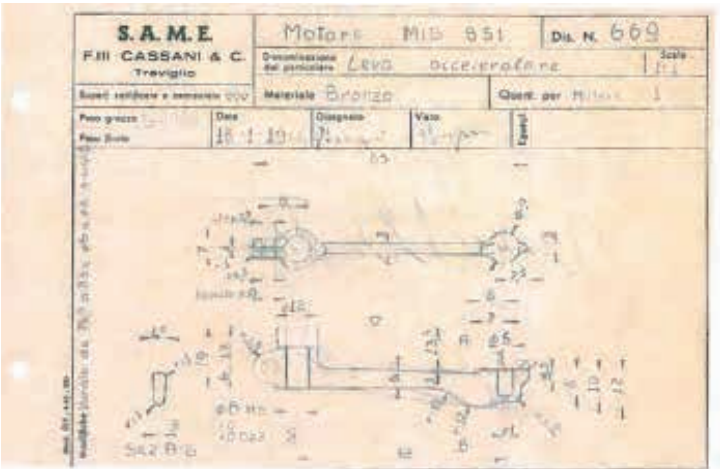


Fig. 10 – Example of historical drawing (drawing n° 669).

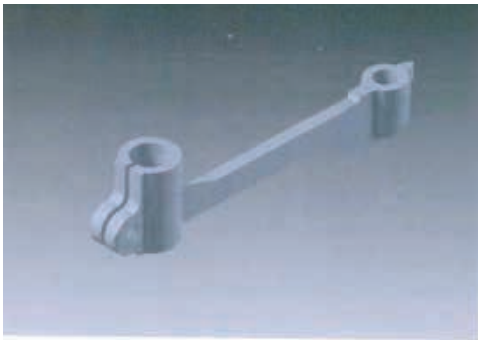


Fig. 11 – Example of 3D model of a mechanical part (relating to the drawing n° 669).

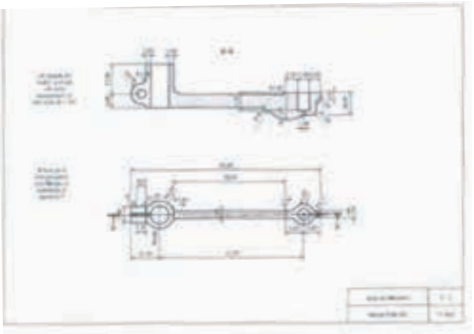


Fig. 12 – Example of setting up of the mechanical part represented in the fig. 10.

The students performed the educational and design activities according to the following steps:

– collection and check of all the drawings representing the machine (fig. 10);
– digitalization of each drawing;
– after the digitalization, the study and interpretation of the component or system was performed and the 3D model was realized (fig. 11);
– setting up of the 3D model (fig. 12)
– through a synthesis of the 3D model of each part of the machine, the virtual model of the whole machine was realized (fig. 13 and fig. 14).

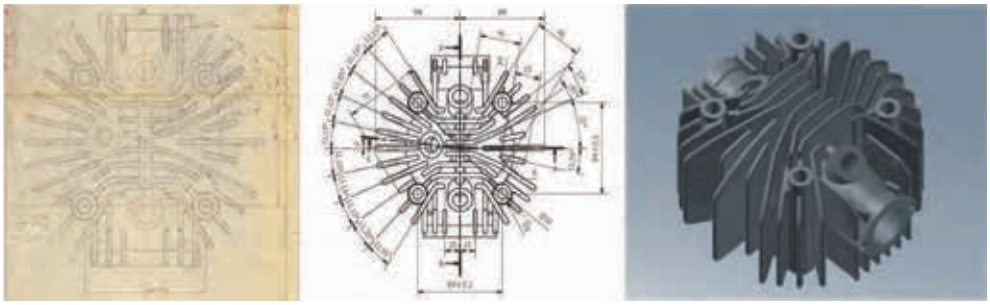


Fig. 13 – Example of the work-flow of the "virtual tractor project" applied to the head of the engine MIB851 (original drawing, left; 'reconstruction', centre; 3D model, right).



Fig. 14 – 3D model of the chassis and the transmission system of the reaper (three orthographic projections, left; general view, centre; braking system, right).

Conclusions

The "Virtual Tractor Project" is an innovative collaboration between the University of Pavia and SAME, Treviglio (BG). The aim of the project is to study the original technical drawings, conserved at the Archivio Storico SAME, of the most important machines, made by the Company in the first decades of its activity, and to realize virtual prototypes with CAE software. In a context of preservation and valorization of the Company's heritage a special project was designed with the University of Pavia. A team of students of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering was involved in the study and interpretation of the original drawings of the first agricultural machine with the SAME brand, the "Autofalciatrice 851", dated 1946-1948. Three are the main goals of the project: a) to enhance the educational impact of dealing with technical drawings conceived with an old standardization b) to analyze the constructive solutions in historical perspective and c) to realize a CAD 3D model of the machine, starting from the existing original drawings. The students performed the educational and design activities according to a precise outline of work. The outcome received considerable recognition by the management of the Company. This "virtual tractor Autofalciatrice 851" is intended to be the first of a series of virtual machines

to be exposed next to the original ones shown at the SAME Museum. Having regard to the positive results of this initiative, the program will be carried on with the study of other important technical drawings.

The program could be also remarkable as far as the communication is concerned and from a museological point of view in terms of quality, education and installation: the simultaneous and contextual observation of the real machine and its virtual reconstruction allows a deeper experience by enhancing the potential of representation typical of each solution. This observation can have an important role to promote understanding and enjoyment of the topic and to achieve a greater user-friendliness in explaining the functioning and the configuration of the different machines, and also may have an important role in the knowledge and dissemination of the history of Engineering.

Aknowledgment

The Authors would like to express their appreciation to Claudio Boccardi, Margherita Pollini and Francesco Viganò of the Archivio SDF for their support and readiness to cooperate in the innovative educational program and in the valorization of the Company tradition.

The Authors thanks all the students of the Degree in Industrial Engineering of the University of Pavia who participated with enthusiastic approach to the "Virtual Tractor Project".

Bibliography

Archivio Storico SDF. 2014. *Historical Archives and SAME Museum.*

Benedetto L. 2017. *Same Autofalciatrice 851: modellazione 3D dai disegni originali. Ruote e organi di trasmissione*, Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia

Boccardi C., Ferrari P., Pollini M., Rovida E. 2016. The evolution of agricultural mechanization from historical documents. The SAME DEUTZ-FAHR case study. Proceedings of 2nd International Conference on History of Engineering, Naples, Italy

Cassi T. 2015. *Autofalciatrice 851: dai progetti cartacei alla modellazione 3D. Basamento ed organi di avviamento*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia

Cilli A. 2015. *Autofalciatrice 851: camera di combustione ed elementi rotanti. Modellazione e studio*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia

Di Nola M. 1987. *Quattro ruote che lavorano*. Milano: Edizione de Il Sole 24 Ore

Di Nola M. 2014. *L'ingegno al servizio dell'agricoltura* (a cura di Same Deutz-Fahr).

Dozza W., Oldani F. 2014. *Trattori SAME dalle origini ad oggi*. Manerbio: Editoriale Orsa Maggiore

Ferrari R. 2017. *Progetto "Same Autofalciatrice 851": apparato falciante. Ricerca e modellazione 3D*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia

Leone L., Varriale J. 2015. *Progetto SAME Autofalciatrice 851: osservazioni sull'evoluzione del disegno tecnico. Modellazione e studio del freno a nastro.* Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia

Luna J. 2017. *Progetto Same Autofalciatrice 851: percorso nella storia dell'agricoltura italiana, elaborazione in 3D del sistema di sterzatura*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia

Marchisotti D. 2015. *Il Progetto SAME "Autofalciatrice 851": una ricostruzione virtuale della testata e delle valvole del trattore storico*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia

Ranzini A. 2015. *Progetto Same Autofalciatrice 851: percorso nella storia dell'agricoltura italiana. Elaborazione del terminale di scarico in 3D*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia

Rossin A. 2015. *Progetto "SAME Autofalciatrice 851": organi di trasmissione. Ricerca e modellazione CAD*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia

Anna Natale, Ettore Nardi, Gabriella Valentino

L'evoluzione storica delle macchine per la lotta agli incendi

Abstract

After the fall of the Roman Empire, the attention of the institutions about fire prevention and protection decreases and the lack of a central technical organization appears even more evident between the years 1100 and 1200, during which occurred disastrous fires in Florence, Turin and Genoa.

So the need to predispose territorial fire-fighting services returns. The first cities to establish them are: Prato in 1270, Ferrara in 1288, Venice in 1325, Turin in 1333 and Florence in 1344, where a brigade called Fire Guards emerged. The Fire Guards were based in four artisan shops, day and night open to allow quick interventions and they were provided with adequate equipment, such as ladders, leather buckets, carts.

In fact, during these years first push or towing equipment appear; these are used not just to put out fires faster and better but also to save people.

Turntable ladders with multiple telescopic extensions installed on four-wheel structures, carts for firefighters transporting with the central suction-pressing pump, pressing hand pumps installed on two-wheel structures for hand-towing, are just some examples of the most advanced fire-fighting equipment of the era.

The real innovation in this sector comes with the advent of the first cars. The internal combustion engine, that replaces human or animal traction, allows the reduction of intervention time in the areas affected by fires and increases the ability to move heavier and cumbersome equipment.

Premessa

L'istituzione delle prime milizie organizzate per lo spegnimento degli incendi risale al 289 a.C., così come riportato da Tacito negli *Annalis*, mentre è l'imperatore Ottaviano Augusto a istituire un vero e proprio corpo preposto alla vigilanza notturna e all'estinzione degli incendi, denominato *Militia Vigilum*.

Con la caduta dell'Impero romano scema l'attenzione delle istituzioni al tema della prevenzione e protezione dai roghi e la carenza di un'organizzazione tecnica centrale appare ancora più evidente tra il 1100 e il 1200, quando si susseguono disastrosi incendi a Firenze, Torino e Genova (Colangelo, 1991).

Ritorna quindi l'esigenza di prevedere servizi antincendio territoriali e le prime città ad istituirli sono Prato nel 1270, Ferrara nel 1288, Venezia nel 1325, Torino nel

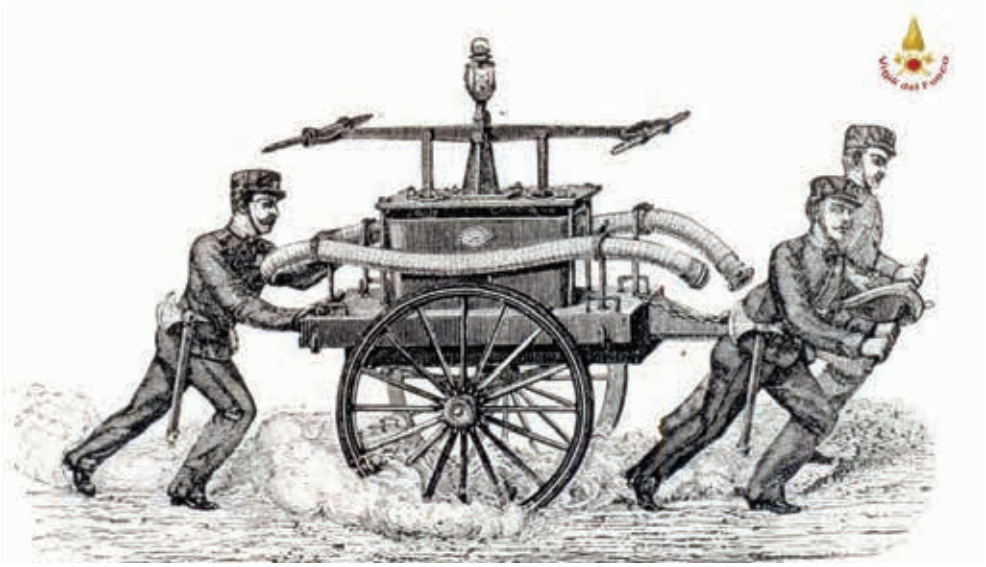


Fig. 1 – Pompa trainata da uomini.

1333 e Firenze che, nel 1344, dà vita al corpo delle *Guardie da foco* con sede in quattro botteghe artigiane aperte giorno e notte per consentire interventi celeri e con attrezzature adeguate, quali scale sovrapponibili, secchi di cuoio e carri (Sforza, 1992).

In questi anni, infatti, si sviluppano le prime attrezzature a spinta o a traino, che vengono adoperate non solo per spegnere gli incendi in modo più veloce ed efficace, ma anche per portare in salvo le persone (Capponi e Mengozzi, 1993).

Scale aeree a più sfili telescopici montate su strutture a quattro ruote, carri per il trasporto dei pompieri con al centro la pompa aspirante-premente, pompe a mano prementi installate su strutture a due ruote per il traino, sono solo alcuni degli esempi delle più evolute dotazioni dell'epoca per la lotta agli incendi, in fig. 1.

È però solo con l'avvento delle prime autovetture che si ha la vera innovazione anche in questo settore, dove grazie all'invenzione del motore a scoppio, in sostituzione della trazione umana o animale, si riducono i tempi di intervento nelle zone colpite dai roghi e si aumenta la capacità di spostare equipaggiamenti più pesanti e ingombranti.

L'organizzazione della lotta agli incendi prima dell'avvento del motore a scoppio

Il primo corpo deputato alla prevenzione e alla lotta degli incendi è senz'altro la citata *Militia Vigilum*, la cui struttura organizzata in caserme, le *stationes*, e posti di guardia o distaccamenti, gli *excubitoria*, anticipa per certi versi l'organizzazione attuale.

I *vigiles*, per contrastare le fiamme, si avvalgono di secchi (*vigiles aquarii*) e di pompe idrauliche (*vigiles siphonarii*) e come mezzi di trasporto utilizzano carri trai-

nati da cavalli. È, infatti, necessario garantire la movimentazione di secchi, pompe e attrezzature per consentire il raggiungimento di tutte le zone della città. In particolare, nelle *insulae* delle zone plebee, generalmente servite da acqua al solo piano terra per l'assenza di colonne montanti, risulta indispensabile l'impiego delle pompe per l'estinzione degli incendi che interessano i piani superiori (Capponi e Mengozzi, 1993).

Con la caduta dell'Impero romano e l'avvento del Medio Evo, non rimane traccia della Militia Vigilum e si perde qualsiasi tipo di organizzazione deputata alla prevenzione e alla lotta agli incendi. Nascono le *Gilde*, aggregazioni di artigiani e mercanti il cui compito è quello di difendere il territorio dagli incendi e dalle calamità.

La città medievale ha strade strette, tortuose, sterrate e ingombre di sporcizia. Le case, senza servizi, sono per lo più addossate tra loro, malsane, costruite con legno e materiali facilmente incendiabili. L'incendio, fino al secolo XV, rappresenta quindi una costante e grave minaccia che incombe sull'incolumità dei cittadini. Pertanto, già nella seconda metà del 1200, alcune città del Centro e Nord Italia inserirono negli statuti comunali le compagnie territoriali, dando vita ai primi servizi antincendio stabili.

Nascono così nel 1300 i *Custodi del vento* a Moncalieri, nel 1325 il *Corpo a la represion del fogo* a Venezia e nel 1344 le *Guardie da foco* a Firenze; nel 1502 gli Statuti Milanesi conferiscono l'obbligo di estinguere gli incendi ai *Brentatores*, facchini brentatori, le cui sedi sono collocate in corrispondenza delle porte di Milano.

Nonostante un'organizzazione cittadina ben definita, la tecnica e le attrezzature, adoperate a spinta o a traino, non si discostano molto da quelle dell'Impero romano. Scale aeree a più fili e pompe a mano premente vengono montate su carri ippotrainati o spinti dagli stessi operatori. In seguito agli studi di idraulica effettuati da Leonardo Da Vinci e i suoi progetti sulle turbine e sulle macchine da sollevamento d'acqua, nel corso del Rinascimento prendono avvio nuovi studi che danno vita a nuove invenzioni particolarmente adoperate nel campo delle macchine antincendio (Contessa, 2000).

Verso la fine del 1500 il matematico Jacques Besson nel suo *Théâtre des instruments mathématiques et méchaniques* presenta il progetto di una pompa da incendio montata su di un carro funzionante con un sistema di compressione dell'acqua con pistone comandato da una vite senza fine [2]. Altre macchine simili vengono studiate in tutta Europa: ad esempio in Francia, per i numerosi incendi occorsi tra il 1618 e il 1667, all'ufficio del Luogotenente vengono destinati fondi per l'acquisto di nuovi mezzi da impiegare nella lotta agli incendi. Tali fondi rappresentano un'azione prodromica alla costituzione nel 1811 del Reggimento dei Sapeurs-Pompiers di Parigi.

A partire dal 1800 inizia a essere adoperato come forza motrice il vapore, il cui primo utilizzo risale, però, già alla seconda metà del 1600, come evidenziato in un libro di invenzioni del 1655, nel quale si fa riferimento a un'attrezzatura con motore a vapore, denominata *fire engine*, dotata di pompa capace di alzare una colonna d'acqua di 12 metri (Condolo, 2005).

L'azienda Merryweather introduce, in quegli anni, in Inghilterra, le *macchine da incendio*, nate per facilitare gli spostamenti e ridurre lo sforzo fisico dei vigili del fuoco. Il meccanismo è azionato dal vapore tramite una pompa manovrata dal suo conduttore e dal fuochista. La prima autopompa semovente viene costruita a New York nel 1841, mentre in Europa le pompe azionate da macchine a vapore iniziano a essere adoperate nel 1870, in Francia, dove già cinque anni prima erano state posate nel sottosuolo le reti idriche antincendio.

In Italia, il comando di Milano si dota nel 1905 di una autopompa a vapore Magirus che può raggiungere i 40 km/h e che ha una gittata di 65 m.

Ciononostante, gli stessi operatori sono poco inclini all'uso di tali macchine a causa dell'elevato peso, dell'eccessivo ingombro, dei lunghi tempi per l'entrata in esercizio dei mezzi a vapore e per la pressurizzazione del circuito di locomozione. Pertanto, in pochi anni si decide di abbandonare questo tipo di autopompe.

All'inizio del Novecento, viene brevettata e costruita dal Cavaliere Paolo Porta la scala aerea a sfilo, in fig. 2, montata su carro a quattro ruote, che può raggiungere altezze fino ai 45 metri, mentre disposta orizzontalmente può essere adoperata come ponte o passerella per attraversare canali e fossati.

Per la facilità di utilizzo diviene in pochi anni una delle principali attrezzature adoperate dai corpi dei Vigili del Fuoco; il comando di Torino è il primo a dotarsene in Italia, nel 1863 [1].

Fino all'avvento del motore a scoppio le principali innovazioni riguardano esclusivamente le attrezzature per l'estinzione degli incendi, in particolare le pompe, in fig. 3.



Fig. 2 – Scala a sfilo.



Fig. 3 – Pompa ippotrainata.

L'organizzazione della lotta agli incendi dopo l'avvento del motore a scoppio

Nel XIX secolo l'invenzione del motore a scoppio e l'introduzione delle vetture come mezzo di trasporto rendono il servizio antincendio più efficiente, in quanto si riducono drasticamente i tempi di intervento e i pompieri giungono sul luogo del sinistro non più affaticati, ma in grado di operare velocemente e con la giusta determinazione, grazie anche alle pompe mosse dai motori delle vetture e non più azionate con la forza fisica o con il vapore (Comando Provinciale VV.F. di Mantova. 2000).

Nel 1908 nasce a Milano la Società Anonima Bergomi che dà avvio alla produzione di automezzi, in particolare, come si legge in documenti pubblicitari dell'epoca, di *autopompe con pompe a stantuffi o centrifughe - montate su chassis FIAT - le uniche adatte per servizio pompieristico. Aspirazione immediata e sicura fino a 9 metri di profondità. Semplicità e robustezza insuperabili. Getto regolare e potente*. (Società Anonima Bergomi, 1924) In quegli anni, infatti, la neonata industria automobilistica FIAT lancia sul mercato l'autocarro 2F, che viene adoperato per motorizzare, oltre l'Esercito, anche i Pompieri (Condolo, 2005).

Nei primi anni del 1900, il Corpo de Vigili del Fuoco di Torino viene dotato di quattro vetture con motore a benzina per il traino delle pesanti pompe e il trasporto del personale e nel 1911, in occasione dell'esposizione universale di Torino, vengono acquistate le prime due autopompe su telaio FIAT 28/40 HP, in fig. 4.

Le autovetture, inizialmente, vengono adoperate quasi esclusivamente per il trasporto delle squadre, mentre le attrezzature sono alloggiate sui rimorchi. Successivamente, si cerca di ottimizzare il trasporto delle attrezzature e delle squadre adattando automezzi, in molti casi vetture di gamma alta già esistenti, per impieghi e carichi gravosi; le modifiche prevedono l'irrobustimento del telaio e della trasmissione e la sostituzione delle ruote a gomma piena con gli pneumatici. L'allestimento dei mezzi viene, inizialmente, effettuato da case specializzate che modificano i telai per installare le apparecchiature dei produttori delle attrezzature antincendio. Tra le principali carrozzerie specializzate in queste modifiche ci sono Cederna, Bergomi, Diatto & Garavini, Macchi (Condolo, 2005).

Un esempio è legato sempre alla ditta del Cav. Paolo Porta, che, negli anni Venti del Novecento, inventa la scala aerea a sfilo e realizza l'autoscala su carro automobile, in fig. 5, in cui *i differenti movimenti si eseguono da un solo uomo servendosi della forza motrice del carro automobile* (Cav. Porta, 1921).



Fig. 4 – Veicolo in dotazione ai Pompieri Civici di Torino.



Fig. 5 – Autoscala su carro automobile della ditta Cav. Porta.

A partire dal 1910, le principali case costruttrici di veicoli industriali avviano la produzione di specifici mezzi a uso antincendio. La FIAT introduce sul mercato il 15 bis e ter, 17A, 18BL e il 18P, l’Italia il 25/35 HP e il 35/45HP e l’Isotta Fraschini il 45HP, che diviene la base delle pompe della casa De Manresa, nelle figg. 6 e 7 (Condolo, 2005).



Fig. 6 – Autopompa su telaio “45HP” Isotta Fraschini.



Fig. 7 – Autopompa Drouville montata su Spa “25C10”

Nel 1905, i pompieri di Torino affiancano ai veicoli con motore a scoppio un veicolo elettrico, il cui impiego dura, però, poco a causa dell'elevato peso dei mezzi e della ridotta autonomia delle batterie al piombo.

Con l'istituzione del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco dello Stato, nel 1939, si ha anche l'unificazione di mezzi e automezzi. L'articolo 19 del Regio Decreto Legge 27.2.1939 n. 333 dispone che *l'immatricolazione degli automezzi o motomezzi dei corpi dei vigili del fuoco è fatta a cura del Ministero dell'Interno.* Ciò comportava l'applicazione di una targa di tipo militare con sigla VF in rosso, fondo bianco e scritta alfanumerica in nero (Condolo, 2005).

L'evoluzione tecnologica e la specializzazione delle principali case automobilistiche determina, a partire dal dopoguerra, la produzione di specifici automezzi adibiti esclusivamente alla lotta antincendio comprensivi di accorgimenti tecnologici per la gestione più rapida e funzionale delle emergenze. Gli automezzi vengono dotati di cabina completamente chiusa con sistemazione interna di un'intera squadra, cassone con il serbatoio dell'acqua, alloggiamento per le scale, gruppo motopompa. Ai due lati del serbatoio vengono previsti una serie di vani destinati a ospitare gli attrezzi manuali.

Attualmente, i moderni automezzi sono dotati di sofisticati componenti elettronici che permettono di gestire in modo completamente automatico il funzionamento di apparecchiature complesse come gruppo pompa, esplosimetri, termocamere e computer di bordo, nonché la rilevazione satellitare della posizione (GPS) (Condolo, 2005).

Bibliografia

Comando Provinciale VV.F. di Mantova 2000. *Galleria storica del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco di Mantova*. Mantova: Tre Lune.
Capponi S., Mengozzi B. 1993. *I vigiles dei Cesari*. Roma: Pieraldo Editore.
Cav. Porta. 1921. *Catalogo Scale Aeree*. Milano.
Colangelo N. 1991. *Oltre il fuoco*. Mantova: Publi Paolini Editore.
Condolo M. 2005. *Automezzi Italiani per i Vigili del Fuoco*. Brescia: Fondazione Negri.
Contessa M.P. 2000. *L'Ufficio del fuoco nella Firenze del Trecento*. Firenze: Le Lettere.
Sforza M. 1992. *L'emozionante storia dei pompieri*. Torino: Umberto Allemandi & C.
Società Anonima Bergomi. 1924. *Catalogo listino.*

Sitografia

[1] https://medium.com/@crpiemonte/dai-pompieri-ai-vigili-del-fuoco-le-origini-e-losviluppo-di-unantica-istituzione-edaf223c55dc
[2] http://www.vigilfuoco.it/aspx/page.aspx?IdPage=2893

Anna Natale

L'evoluzione storica della prevenzione e della gestione degli incendi: dalla Pompa di Ctesibio alla motopompa Tamini

Abstract

The first logistics organization for fire-fighting, called Militia Vigilum Regime, was established in the ancient Rome by Emperor Augustus with two reforms: in the 26 BC and in the 6 BC. It was born with the purpose of fire-fighting and prevention and to punish and refer to the Prefect of the City anyone who made possible or caused fires for negligence.

The corps was organized in seven cohorts of vigiles and fourty-nine centuries equipped with axes, ladders, ropes, centones (wet pieces of wide-woven fabrics to extinguish fire), siphons (first examples of pumps with two cylinders and leather tubes), buckets for transporting water.

Later, after the fire of Rome in the 64 AC, Emperor Nero gave life to public deposits for fire-fighting equipment and established the periodic check and maintenance of the citizen adduction points.

The present work examines the historical evolution of the main fire-fighting equipment, starting from those used by the ancient Greeks and Romans, up to the moderns. This work is an excursus from the two-cylinder pump for water lifting invented by Ctesibio, a Greek engineer lived in the middle of 3th century BC, to the main innovations in the fire-fighting field, such as the steam pump at the end of the 19th century, the Magirus self-propelled pump at the beginning of the 20th century and the Tamini motor pump of 1926.

Le pompe a mano

L'utilizzo delle pompe a mano per la lotta agli incendi, che per un lungo periodo hanno rappresentato l'elemento essenziale per le operazioni di spegnimento, risale a tempi antichissimi. Le tipologie più comuni erano quelle a stantuffo di tipo aspirante e premente; esistevano tuttavia anche pompe a mano solo aspiranti o solo prementi, alimentate versando manualmente l'acqua mediante secchi, brente o altri sistemi nell'apposito recipiente metallico di cui erano provviste. Il numero degli operatori necessario al funzionamento di una pompa a mano variava in funzione della potenza e delle caratteristiche, ma generalmente occorrevano, oltre alla necessaria riserva, da due a otto uomini.

Una delle prime pompe utilizzate nella lotta agli incendi, in fig. 1, è quella descritta da Vitruvio nel Libro VII del *De architectura*, la cui paternità viene attribuita a Ctesibio, ingegnere e inventore greco vissuto ad Alessandria nel III secolo a.C. che fu attivo soprattutto nel campo delle macchine idrauliche e pneumatiche.

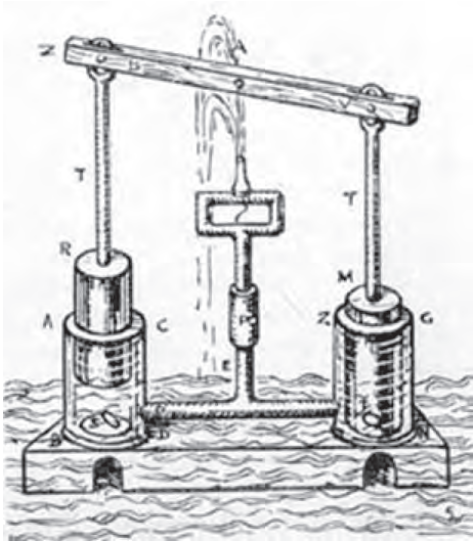


Fig. 1 – Pompa di Ctesibio.

Tale pompa, del tipo aspirante e premente era basata sull'introduzione di un elemento che si rileverà fondamentale nell'ambito tecnologico: la valvola. La pompa era costituita da due cilindri di bronzo, collegati tramite un tubo verticale, nei quali, mediante un'asta girevole, venivano alternativamente alzati e abbassati due pistoni a tenuta. Azionando la pompa nell'acqua, i cilindri si riempivano quando i pistoni si alzavano, mentre quando i pistoni si abbassavano, grazie alla chiusura di opportune valvole che le impedivano di rifluire nell'altro cilindro, l'acqua era costretta a risalire nel tubo.

Le principali innovazioni rappresentate da questa pompa erano la presenza della coppia cilindro-pistone e della valvola, due elementi tecnologicamente molto avanzati per l'epoca e senza precedenti documentati.

Nei primi decenni dell'Ottocento esistevano vari modelli di pompe a mano. Le prime tipologie erano dotate di vasche e venivano spostate a mano, come delle barelle, inserendo dei manici in legno negli alloggiamenti ai lati della vasca. In seguito, per un più agevole utilizzo, le pompe, montate all'interno di vasche poste su pianali in legno rinforzato, venivano dotate di due ruote per permetterne il traino a mano. Anche questo tipo di pompa si autoalimentava tramite l'acqua che si trovava nella vasca, che doveva essere continuamente riempita con secchi e brenta. Esistevano poi le pompe prive di vasca che potevano essere adoperate esclusivamente in prossimità di un canale artificiale o di una cisterna in cui immergere il tubo di aspirazione.

La tipologia di pompa più efficace, e per questo più diffusa, era quella a doppia alimentazione, caratterizzata dalla possibilità di selezionare l'aspirazione dalla tubazione in presenza di un approvvigionamento idrico nelle immediate vicinanze dell'incendio o di selezionare l'aspirazione dalla vasca, che quindi doveva essere mantenuta sempre a livello.

Nella seconda metà dell'ottocento furono realizzate le prime pompe a mano ippotrainate, fornite alle Guardie a Fuoco di Torino [1].

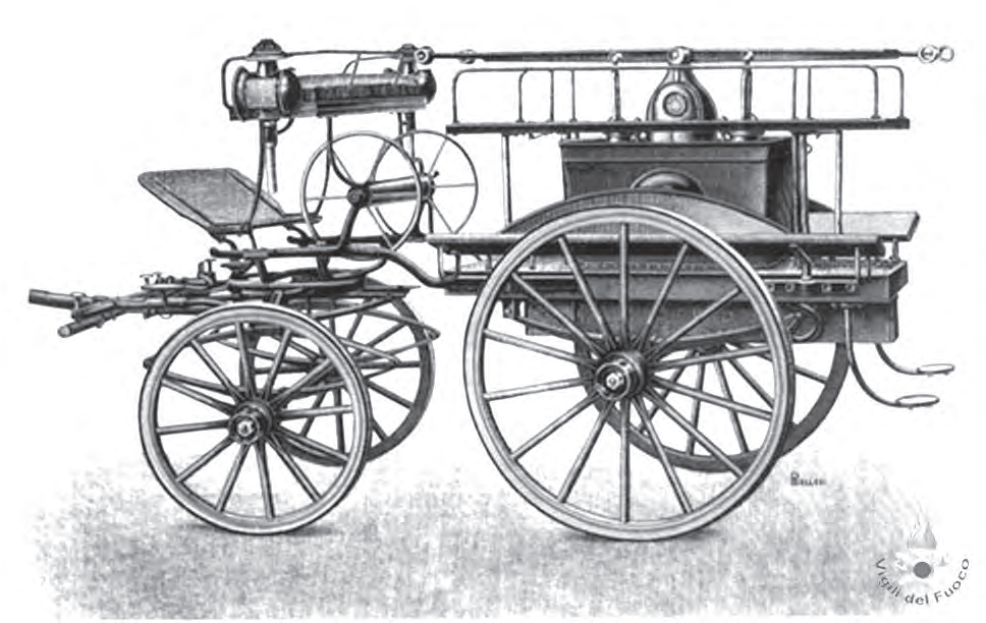


Fig. 2 – Pompa a mano ippotrainata "Pietro Berzia".

Tali pompe, in fig. 2, venivano utilizzate per gli incendi fuori dalla cinta daziaria di Torino, in quanto, considerata la distanza, il loro impiego risultava più agevole rispetto a quello delle pompe trainate a mano (Condolo, 2005).

Le pompe a vapore

Nella prima metà dell'800 fece la sua comparsa la pompa a vapore, che rappresenterà per lungo tempo un ausilio indispensabile alla lotta agli incendi.

Usualmente era montata su carrelli a quattro ruote, trainati da cavalli ed era dotata di una caldaia, montata verticalmente al centro dell'asse posteriore e posizionata in modo da poter essere alimentata e messa in pressione anche durante il tragitto verso l'incendio. La disposizione delle attrezzature consentiva, inoltre, all'operatore di alimentare il bollitore e di lubrificare e manipolare l'aspirazione e la mandata rimanendo fermo nella sua posizione, in prossimità della macchina sul retro della caldaia.

Tra la fine dell'ottocento e i primi decenni del novecento quasi tutti i corpi dei Vigili del Fuoco avevano in dotazione questo tipo di macchina antincendi. In fig. 3 è riportata in particolare la pompa a vapore "Greenwich Gem".

Tale preminenza fu però di breve durata, a causa delle motopompe e delle autopompe che in breve tempo affermarono la loro superiorità indiscussa nei confronti delle pompe a vapore (Sforza, 1992).



Fig. 3 – Pompa da incendio a vapore "Greenwich Gem".

Autopompe e motopompe

Dall'inizio del Novecento in poi l'autopompa costituì la dotazione base per tutti i reparti che operavano contro il fuoco. I primi esemplari furono realizzati con veicoli a motore a scoppio o a trazione elettrica, questi ultimi poco utilizzati a causa della scarsa autonomia che garantiva una percorrenza media di soli cinquanta chilometri.

Molteplici furono le ragioni che portarono l'autopompa ad assumere un ruolo preponderante nei servizi di estinzione, lasciando alla motopompa un ruolo di riserva soprattutto quando le difficoltà del terreno non consentivano l'impiego dell'autopompa.

Le autopompe permettevano, infatti, di ridurre drasticamente i tempi di intervento consentendo ai pompieri di giungere sul luogo del sinistro non più affaticati ma in grado di operare immediatamente. L'acqua, inoltre, non veniva più spinta con la forza fisica o con il vapore, ma con potenti pompe mosse dai motori delle vetture (Thellung, 2007),



Fig. 4 – Motopompa con motore FIAT 15ter prodotta dalla ditta Tamini.



Fig. 5 – Motopompa con motore FIAT 103 prodotta dalla ditta Tamini.

Alcune delle motopompe più diffuse sono state quelle prodotte dalla ditta Tamini di Milano tra il 1922 e il 1924, in particolare quella con motore FIAT 15ter di 300 cc, con 24 cavalli di potenza e con meccanismo di adescamento a mezzo di pompa a vuoto bicilindrica brevettata Tamini, utilizzata dalla ditta Saffa di Magenta come primo intervento antincendio, in fig. 4, e quella montata su carrello in ferro a biga con ruote a raggi in ferro e pneumatici in gomma piena con motore FIAT 103, 4 cilindri in linea, cilindrata 1460 cc e potenza 27 HP accoppiato a una pompa centrifuga a 2 giranti SIMT tipo 180/12 RS da 800 l/min a 12 atm, con pompa a vuoto a doppio pistone, in fig. 5 [2].

Nel secondo dopoguerra il Corpo dei Vigili del Fuoco si dotò di diverse autopompe montate su carrozzeria Fiat 640/642 e OM Tigrotto/Leoncino. Fu però con l'allestimento dell'autopompa su base meccanica OM 150, in fig. 6, che ebbe inizio una nuova era per i pompieri. Il mezzo ottenne enorme successo, dovuto alla sua praticità e alla sua potenza e ben presto si confermò un ottimo automezzo per il soccorso d'urgenza e l'estinzione degli incendi, grazie anche a un capiente serbatoio di acqua antincendio da 3000 litri. Questa autopompa, con motore diesel a 6 cilindri da 8905 cm^3, potenza pari a 176 CV e velocità massima 80 km/h, era dotata di pompa antincendio modello Rosenbauer con portata uguale a 1800 l/min a una pressione di 8 atm per la media pressione e a 350 l/min a una pressione di 40 atm per l'alta pressione. Era, inoltre, dotata di ampi vani per le attrezzature necessarie per una rapida ed efficace manovra di attacco all'incendio, che erano distribuite tra i vani in modo da assicurare la migliore stabilità del mezzo durante la marcia. La dotazione dell'autopompa comprendeva manichette di vario diametro, tubi aspiranti, lance idriche e per schiuma, raccordi speciali, cordami e funi di varia lunghezza e sezione ed altre attrezzature per imbracature di salvataggio e di sostegno, autorespiratori, motosega, mototroncatrice, attrezzi da muratore e da fabbro, guanti e cesoie dielettrici, una



Fig. 6 – Autopompa OM 150.

scala a ganci ed una italiana, taniche con liquido schiumogeno, una motopompa da incendio modello Condor-Guidetti, un rampone fisso e uno del tipo estensibile, pale, picconi, asce, tridenti e così via [3].

Bibliografia

Condolo M. 2005. *Automezzi Italiani per i Vigili del Fuoco*. Brescia: Fondazione Negri.
Sforza M. 1992. *L'emozionante storia dei pompieri*. Umberto Allemandi & C.
Thellung G. 2007. *Veicoli dei Vigili del Fuoco in Italia*. Giunti Giorgio Nada Editore.

Sitografia

[1] http://www.vvf.torino.it
[2] http://www.vvfcarate.it
[3] https://gruppovvfcremalodi.com

Claudio Mazzanti

Evoluzione storica dell'industrializzazione nella val Pescara: antichi e nuovi processi produttivi

Abstract

The valley of the Pescara River, perpendicular to the Adriatic coastline of the Abruzzi Region, links the sea with the Apennine mountainous area; the geographical featuresof this valley is historically confirmed by the existence of important infrastructures already in the Italic phase, prior to the Roman era; subsequently the road system was further improved: in the imperial age, at the end of the Aterno valley (*ad Confiientes Aternum et Tirinum*) the Via Claudia Valeria was connected with the Via Claudia Nova.

In the nineteenth century, along the Pescara River was restorated the ancient Roman road, that actually is the *Strada Statale Tiburtina*; in 1873, parallel to these street, the Sulmona-Pescara railway was built, and moreover recently the highway too: the infrastructure axis so defined, with S.S. Tiburtina, Roma-Pescara railway and A25 motorway, has determined the alignment and overlap in the valley of new construction sites and large industrial areas. It is interesting to compare the outcomes of this process of industrialization with the ancient river culture, analyzing the structures until recently located along the river banks, such as provisional scaffolds, mills or rural buildings that no longer exists today.

Introduzione

Nel campo industriale, l'Abruzzo all'indomani dell'Unità d'Italia ha sperimentato una vera e propria *rivoluzione*, che si basava sulla possibilità di disporre di materie prime e di fonti di energia. Questo fenomeno, in particolare, segnò la vocazione e la profonda trasformazione territoriale della sua area centrale, attorno al Pescara, fiume principale della regione, futuro asse portante dello sviluppo economico e delle relazioni interregionali (Felice, 2008). Si determinò, quindi, il definitivo spostamento degli interessi economici e delle attività della produzione verso questa valle fluviale con caratteristiche tali, nel contesto geografico e culturale abruzzese, che la rendevano ideale per dare origine ad un ampio processo di industrializzazione (Benegiamo, 2004). Tutto ciò ebbe poi una particolare valenza nei pressi della costa nel corso del XX secolo, quindi parallelamente al considerevole sviluppo urbano di Pescara, diventata capoluogo di una nuova Provincia nel 1927; periodo in cui il paesaggio circostante aveva già da tempo perso i connotati originari, mentre la nuova città stava

assumendo la fisionomia tipica di molte altre della costa adriatica (Fiadino, 2016). Risulta interessante comparare gli esiti di questo processo di industrializzazione confrontandoli con l'antica cultura produttiva dei luoghi prossimi al fiume, studiando l'insieme delle strutture e dei manufatti proto-industriali che fino a epoche recenti ancora esistevano lungo le sponde: ponti stabili o ponteggi provvisori, mulini, magazzini o edifici rurali, oggi in gran parte scomparsi, la cui conoscenza è possibile soltanto attraverso la ricerca archivistica, o persino esclusivamente attraverso reminiscenze toponomastiche. In fig. 1 sono individuati i principali manufatti di tipo ingegneristico lungo la vallata del Pescara fino al XIX secolo

Morfologia della valle, infrastrutture della mobilità e risorsa idrica

Ortogonale alla fascia costiera adriatica, la valle del Pescara rappresenta un particolare contesto sia ambientale, sia sociale; il fiume che vi scorre fa parte del principale sistema fluviale della regione, l'Aterno-Pescara (Almagià, 1935), costituito da due corsi distinti: la parte iniziale, l'Aterno, ha origine presso la conca di Montereale, quindi prosegue in quella aquilana, dove viene accresciuto da vari affluenti; cambia bruscamente direzione nel bacino sulmonese, per giungere infine in prossimità di Popoli, dove è ulteriormente implementato dalla sua più abbondante sorgente, nota come Capo Pescara. Da tale luogo si suole individuare l'inizio della seconda parte del percorso del fiume, che in epoca medioevale cominciò a essere chiamato *Piscarius*, da cui in seguito si giunse all'attuale denominazione.

Dopo un breve tratto, procedendo il suo tragitto il Pescara viene accresciuto dalle acque del Tirino, suo primo affluente, nel luogo anticamente noto come *ad ConfiientesAternum et Tirinum*. Si incanala, poi, nelle impervie gole di Popoli vicine all'omonimo centro abitato, in località Tre Monti: scavato tra i massicci calcarei della Maiella-Morrone e del Gran Sasso, questo canalone, in passato, era considerato la 'porta' della regione (Faraglia, 1900), o ugualmente la 'chiave dei Tre Abruzzi' (Ghisetti, 2017); quindi un punto strategico, in quanto chi lo dominava poteva controllare le uniche arterie viarie che permettevano la comunicazione tra il territorio costiero-collinare e la zona montuosa appenninica; più in generale, tra l'Adriatico e il Tirreno.

Il carattere di asse di *collegamento primario* della valle del Pescara viene comprovato storicamente dall'esistenza di importanti infrastrutture già nella fase italica, precedente l'epoca romana; sono rinvenibili tracce di arcaici percorsi di vario tipo, compreso il sistema tratturale, che hanno valore rilevante come testimonianza, nel volgere del tempo, dell'attraversamento trasversale della penisola, con intensi scambi culturali, artistici ed economici. Dopo l'assoggettamento a Roma, il sistema viario esistente fu ulteriormente perfezionato: superato il tratto terminale dell'Aterno, in prossimità del passaggio obbligato delle gole di Popoli, la via Claudia Valeria si raccordava con la Claudia Nova; da qui, la Claudia Valeria proseguiva con un tragitto parallelo a quello dell'ultimo tratto del fiume verso il mare.

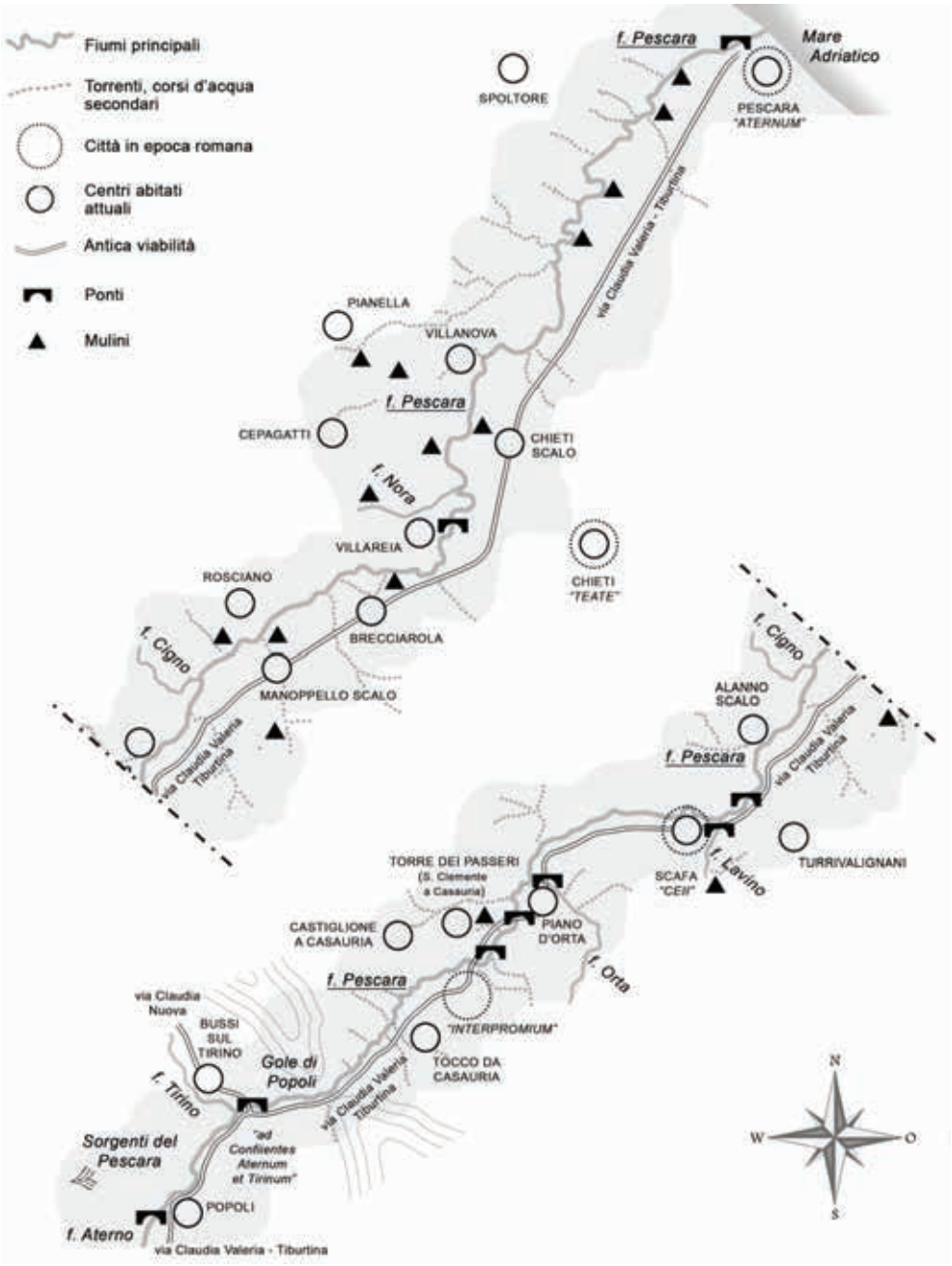


Fig. 1 – Principali manufatti di tipo ingegneristico lungo la vallata del Pescara, nel XIX secolo; in alto: verso la foce; in basso: verso le sorgenti (elaborato dell'autore).

Nel suo defluire, il Pescara attraversa un'ampia valle perpendicolare alla fascia litoranea, secondo una conformazione definita a pettine, caratteristica del Medio Adriatico. Rispetto a quella dell'Aterno, la vallata del Pescara appare completamente diversa, perché scavata in formazioni terziarie prevalentemente argillose; assume, perciò, una conformazione regolare, con andamento pressoché rettilineo e allo stesso tempo si abbassa l'altezza dei crinali laterali (Ricci, 1996).

Il letto del corso d'acqua, con una pendenza lieve e pochi repentini salti di quota, diventa molto più ampio, anche perché in esso confluiscono ulteriori tributari: da sinistra il Cigno e la Nora, mentre da destra l'Orta e il Lavino, questi ultimi con una portata più consistente. La morfologia del territorio contiguo è caratterizzata da un'asimmetria dei versanti, con il fianco settentrionale, a sinistra del fiume, formato da tenui rilievi collinari, senza un orientamento predominante; il territorio sul lato opposto, invece, assume una fisionomia articolata, con versanti a più forte declivio. Lungo tutto lo sviluppo del Pescara, solo in alcuni punti si possono riconoscere talune discontinuità orografiche con il locale restringimento della sezione valliva, per esempio in prossimità dell'abbazia di S. Clemente a Casauria. Caratteristiche naturali, queste, che hanno permesso, nel passato come in epoca non troppo lontana, di utilizzare l'acqua quale principale risorsa e fonte di energia per movimentare macchinari per la produzione; allo stesso tempo, però, l'uomo ha dovuto anche escogitare metodi per oltrepassare l'impervio limite naturale.

Geograficamente, ma anche storicamente, il punto dove ha inizio il fiume Pescara, come già anticipato, viene individuato nei pressi di Popoli: abitato di origine medievale, affacciato sulla piana della conca sulmonese e sorto in un territorio che per secoli era stato paludoso. Questo luogo era al limite tra i confini Peligni, Marrucini e Vestini, prossimo alla confluenza del fiume principale con il Tirino; qui doveva esserci anticamente un ponte, almeno già dal periodo repubblicano della storia di Roma, in quanto tale struttura viene citata da Strabone e da Cesare (Ludovico, 1964). Leggermente più vicino all'inizio della val Pescara, un altro ponte più recente, che permetteva di raggiungere la sponda sinistra del fiume in località Fratta, esisteva ancora nella prima metà del XX secolo (Zenodocchio, 2008); proprio qui, come ricordato precedentemente, la via Claudia Valeria si raccordava con la via Claudia Nova. La manutenzione dell'ultimo tratto della Claudia Valeria, secondo un documento epigrafico, con una iscrizione tardo-antica rinvenuta nel letto del Pescara presso la stazione di Alanno, era a carico del municipio di *Teate*, capitale dei Marrucini ed odierna Chieti. Presumibilmente, quindi, la valle del Pescara era assoggettata a questa popolazione (Van Wontergheim, 1984); anche in seguito, con la prima divisione ecclesiastica dell'Italia, il Monte Morrone costituì il confine fra la diocesi peligna e quella teatina.

Punti nodali dell'assetto del territorio provinciale in età imperiale, lungo l'importante tracciato della Claudia-Valeria erano, fra gli altri, l'insediamento di *Ceii*,di cuialcune tracce sono ancora riconoscibili all'interno dell'attuale centro urbano di Scafa, e

soprattutto l'abitato di *Interpromium,* che sorgeva presso la località S. Maria degli Angeli di Tocco Casauria. Sopravvissuto sino al XII secolo con il nome di*CastrumInsulae* (Staffa, 2004), era originariamente ubicato lungo la viabilità ordinaria del fondovalle Pescara, poi potenziata nel 48-49 d.C. e inclusa nel prolungamento della via Claudia Valeria, parallela al fiume; *Interpromium*fu di sicuro il più importante insediamento nell'alta valle (Antinori, 1971).In età imperiale l'abitato doveva essere ancora formato da una serie di nuclei sparsi, presenti soprattutto lungo il tracciato della via principale. Qui il fiume Pescara veniva oltrepassato da un imponente ponte, che nei documenti, è definito *marmoreo*, forse riferendosi ai resti del rivestimento (Staffa, 2003). Menzionata tra le prime volte in un documento casauriense del 978, relativo proprio al tracciato della via romana che attraversava il fiume in questo punto, tale costruzione rimase integra e continuò a essere utilizzata per moltissimo tempo, finché crollò nel 1777 (Staffa, 2004). Ancor oggi sono rinvenibili i resti dell'ardita struttura ingegneristica: due altissimi piloni in calcestruzzo, con cortina in opera quadrata.

Presso il vicino Ponte ferroviario moderno, nel territorio comunale di Torre dei Passeri, sono state scoperte le tracce di un altro ponte di epoca romana; anch'esso sorgeva lungo il tracciato della strada Consolare e la sua realizzazione era evidentemente connessa alla volontà di far ritornare il tragitto dalla riva sinistra a quella destra del fiume. Agli inizi del XX secolo il Calore scriveva: *accostandosi in quel punto la via Claudia alla sponda destra del Pescara sembra che l'abbia varcata, poiché ricompare sulla sponda sinistra sul terreno Volpe* (De Petra e Calore, 1901). Tra i due ponti, nella zona erroneamente indicata come *l'isola* fu successivamente fondata l'abbazia di S. Clemente, ciò a conferma dell'importanza simbolica e strategica di questo luogo, che probabilmente per tutto il medioevo doveva essere un nodo stradale rilevante. La Claudia Valeria, ancora utilizzata, incrociava qui un altro percorso che, proveniente dal Samnium e dopo aver attraversato le zone montane, in particolare Campo di Giove, si dirigeva verso i luoghi trasmontani dei Vestini; passava per questo punto del territorio casauriense, dove era possibile valicare il Pescara (Carderi, 1968). Inoltre, come indicato ancora nelle vecchie edizioni della mappa territoriale dell'Istituto Geografico Militare, sempre per mezzo del medesimo ponte nei pressi di S. Clemente veniva superato il fiume anche da parte di coloro che percorrevano una deviazione del tratturo L'Aquila-Foggia.

Superato il torrente Orta, la via Claudia ricalcava il tracciato dell'attuale Strada Statale, proseguendo verso*Ceii*e, quindi, in direzione di *Teate*, città arroccata su un colle: quantunque di grande importanza, essa non veniva percorsa dalla Consolare che, invece, procedeva a valle, così come riportato sull'ottocentesca mappa Rizzi-Zannoni, come *via Salara* parallela al fiume (Zenodocchio, 2008).

Quest'ultimo non veniva più scavalcato, fino ad *Ostia Aterni*, l'attuale Pescara, dove c'era almeno una robusta costruzione lignea in prossimità del mare,alla fine del percorso;per le sue caratteristiche morfologiche, l'ultimo tratto del Pescara era diffi-

cilmente superabile con ponti permanenti, a causa della sua portata e per le ricorrenti piene. Oltre che in prossimità della foce, in passato dovette esistere in località Villareia, prossima a Chieti, un'ulteriore struttura anch'essa non in muratura, nota come *ponte delle fascine*, che viene descritto come *vacillante e stretto* (Ercole 1804): altro possibile punto d'attraversamento del corso d'acqua, storicamente usato dai pastori transumanti con le loro greggi, diretti a sud.

Tuttavia il collegamento tra le opposte rive poteva avvenire anche tramite l'uso di particolari natanti, detti *scafe* (De Luca *et al.*, 1998); a ciò si deve il nome della già citata località di Scafa, in origine appartenente al territorio comunale di San Valentino: era un piccolo nucleo abitato che sorgeva proprio in uno dei punti da cui poteva essere più agevole imbarcarsi per superare il fiume, pagando un pedaggio. Quando nel 1870-1871 iniziò la costruzione della ferrovia tra Pescara e Sulmona, che attraversa il Pescara proprio nel luogo dove si trovava la cosiddetta scafa di San Valentino, l'impresa costruttrice realizzò un ponte di legno provvisorio per agevolare il trasporto dei materiali; tale struttura però, a lavori ultimati, non venne abbattuta e fu usata in sostituzione degli attraversamenti tramite le barche.

Data la sua ricchezza di bacini e corsi d'acqua, rispetto a quella di Marche, Umbria e Lazio, il territorio abruzzese aveva probabilmente una dotazione maggiore di strutture dotate di meccanismi alimentati dall'energia idraulica, a basso costo. I fiumi, i torrenti e i canali dell'area vestina e marrucina dell'attuale provincia di Pescara sono stati storicamente oggetto di interventi al fine di ottimizzare la risorsa idrica, da trasformare in energia meccanica (Morelli, 2016). Dall'alto medioevo, fino al XIX secolo si continuò a costruire mulini lungo la valle del Pescara, come in tutto l'Abruzzo; le macine in pietra, per la zona del Pescara provenivano prevalentemente da Caramanico e da S. Valentino, località non lontane dalla vallata e dove la lavorazione del materiale lapideo rappresentava un'antica tradizione.

Durante alcuni periodi dell'anno, però, il Pescara era soggetto a piene e alluvioni che rendevano problematica la produzione, per quanto riguardava l'azionamento dei macchinari e le fasi di trasformazione delle materie prime; perciò si scelse di localizzare i mulini preferibilmente in prossimità di corsi d'acqua secondari che confluivano nel fiume maggiore; oppure, una parte di quest'ultimo, per mezzo di canali più o meno lunghi, veniva deviata e convogliata in un invaso artificiale chiuso da una saracinesca di legno, con la cui apertura il volume idrico perveniva in un fossato più stretto e con una portata regolare in qualsiasi stagione. Dopo aver azionato le pale del mulino, l'acqua veniva fatta defluire attraverso un altro canale di scarico, per quindi tornare nel fiume. Questi manufatti, lungo il Pescara, attualmente non esistono più; le uniche testimonianze è possibile averle soltanto tramite alcune rare mappe antiche, come nell'esempio di Torre dei Passeri in fig. 2.

Più in generale, lungo tutto il percorso del fiume Pescara funzionavano diversi mulini, quasi tutti ormai scomparsi da tempo. Nell'agro di Pianella, località in diretta

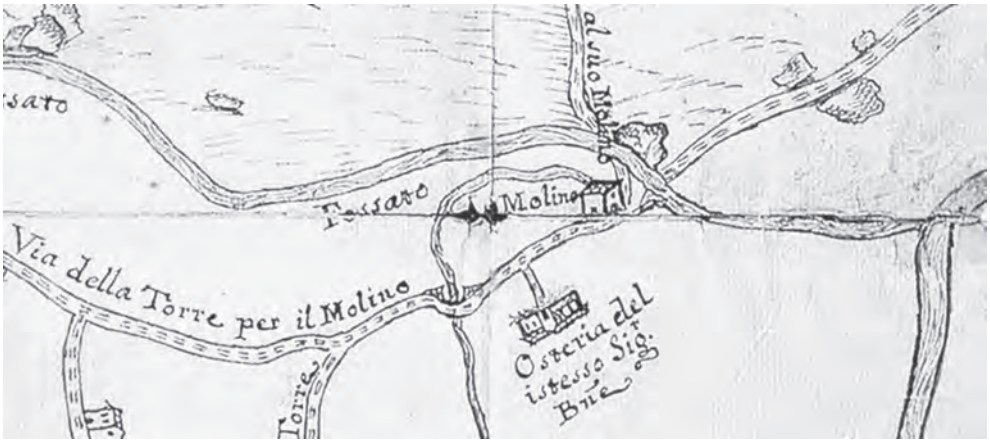


Fig. 2 – Mappa del circondario dell'abbazia di S. Clemente a Casauria, 1743; dettaglio: il mulino alimentato da un canale secondario del fiume (da AA.VV., 1990).

relazione con la vallata, è storicamente dimostrata l'esistenza di molteplici strutture a energia idrica; alcuni documenti, tra cui i più antichi risalgono all'anno Mille, oppure sono inclusi nel *Chronicon* del XII-XIII secolo, o ancora sono riferibili al XV e XVI secolo, trattano della concessione in affitto di mulini ad acqua da parte di principi o re longobardi, di monasteri, del Fisco Reale o della Camera Farnesiana a favore del Comune; quest'ultimo a sua volta affidava la gestione delle strutture a mulinari, baroni o possidenti terrieri, esigendo il pagamento di un canone (Morelli, 2016). I mulini potevano essere di proprietà pubblica: il più noto è quello appartenuto alla Città di Chieti, denominato Succeto, situato nella zona omonima sulla sponda destra del Pescara, tra le località di Brecciarola e quella, già citata, di Villareia. Si tratta di territori anticamente appartenuti al monastero di Montecassino, poi alla famiglia dei Valignani, che nella seconda metà del XVIII vennero definitivamente acquisiti dal Comune di Chieti. Dalla consultazione delle mappe catastalidel 1941, custodite presso l'Archivio Storico del Catasto di Chieti, si evince che il borgo di Brecciarola risultava essere ormai parte integrante del territorio comunale del Capoluogo; l'informazione più interessante è che, in tale data, dall'analisi dei documenti l'impianto del mulino pubblico appariva ancora integro.

Per quanto concerne, invece, i numerosi opifici privati, sulla sponda destra del fiume esistevano i mulini delle famiglie De Lellis e Giammaria, nonché quello presso la località Villa del Fuoco, attigua alla città di Pescara proprio come il mulino Giampietro, ancora funzionante nei primi decenni del XX secolo. Tra Chieti e Sambuceto era singolare il Mulino Celdit, così denominamato in quanto utilizzava le acque d'uscita della Cartiera con lo stesso nome. Inoltre, sulla sponda sinistra del fiume c'erano, nel

territorio di Rosciano, il mulino Materazza; verso Cepagatti, il mulino De Risis, ed altri. Nella parte alta della vallata, tra Piano d'Orta e Tocco da Casauria, dovevano esserci ulteriori mulini, posizionati direttamente sulle sponde del Pescara, oppure su corsi minori, come quello in località Arabona, che utilizzava le acque dell'omonimo torrente. Si può inoltre citare anche il mulino D'Aurelio, presso Manoppello Scalo, luogo noto anche come Ripacorbaria, nel territorio del Comune di Manoppello.

Uno dei pochi mulini ancora conservati, anche se non più utilizzato, è quello sul fiume Lavino, non distante da Scafa: ha un impianto a ruota orizzontale che azionava tre coppie di macine. I meccanismi, ad energia idrica, sono posti nel seminterrato coperto a volta dell'interno del mulino, occupandone tutto lo spazio; è possibile individuare due aperture, per l'entrata e l'uscita dell'acqua, che era convogliata alle ruote da condotte di legno. Questo mulino apparteneva allo Stato Farnesiano, come confermato da un atto stilato dal notaio De Cremonese nel 1772, conservato nell'Archivio di Stato di Chieti, nel quale si fa riferimento alla *fabricadella molinella* nella vicina località di Lettomanoppello, ultimata nel 1764 e sino ad allora ostacolata *dall'istanza dei Ministri Farnesiani che avevano la cura per il Molino Regio* sul Lavino, i quali probabilmente si opponevano alla costruzione del nuovo mulino per evitare che ci fosse, nelle immediate vicinanze, un'altra struttura produttiva analoga a quella di loro pertinenza (De Luca *et al.*, 1998). Sono noti, oppure tutt'ora in fase di censimento, numerosi altri manufatti analoghi; gli impianti più originali dei quali si abbia notizia possono essere i mulini *galleggianti*, attrezzati sopra barche ed alimentati dalle correnti dei fiumi (Morelli, 2016): l'introduzione di tali strutture fu permessa in tutto il Regno Borbonico, a seguito di un Decreto del 25 aprile del 1826 (De Luca *et al.*, 1998); tuttavia, in Abruzzo ci sono pochi casi documentati: ad esempio, tra Castellammare Adriatico e l'allora piccolo nucleo urbano di Pescara, negli anni seguenti l'ordinanza, furono sperimentati dei mulini a barca o galleggianti sul fiume, ma comunque con scarsi risultati (Morelli, 2016).

I cambiamenti nell'assetto della valle dal XIX secolo

L'antica viabilità di epoca romana in Abruzzo continuò a essere utilizzata per tutto il medioevo e oltre, però senza concreti interventi di manutenzione; per questo motivo la qualità delle strade per gli spostamenti, ancora all'inizio del XIX secolo, era pessima. In questo secolo, tuttavia, la regione conobbe alcune decisive trasformazioni sociali e culturali che modificarono profondamente la realtà di quella che era l'antica frontiera settentrionale del regno di Napoli. L'Abruzzo, infatti, ribaltò il proprio ruolo all'interno dello stato-nazione di appartenenza.

Si trattò di una vera e propria rivoluzione delle vie di comunicazione, collocabile nei primi decenni che seguono l'Unità d'Italia. Da sempre i governanti napoletani, intenzionalmente e strategicamente, avevano penalizzato l'Abruzzo per quanto riguardava i ponti, le strade e i porti. I Borboni non fecero eccezione: le tre province

più settentrionali (Ulteriore I e II, Citeriore) costituivano, ancora in questo periodo, un baluardo fatto di montagne inospitali che rendeva difficoltoso il cammino di ipotetici eserciti invasori; il degrado delle strade, inoltre, complicava il trasporto di merci straniere via terra, a favore del mercato interno del regno. Di colpo, con l'Unità, la situazione cambiò e l'Abruzzo venne considerato un nuovo enorme spazio di transito; gli ostacoli naturali dovevano essere superati: si cercò di migliorare l'insieme delle strutture dei trasporti, bonificando i territori sulla fascia litoranea, in passato paludosa e poco abitata, che iniziò a popolarsi e a svilupparsi attorno alla costruzione della linee ferroviaria adriatica. Altrettanta importanza venne riservata al collegamento con Roma (Dante, 2004).

Cominciò a riaffermarsi il ruolo di asse di *collegamento primario* della valle del Pescara, con la riproposizione dell'antico tracciato viario d'epoca romana, che in massima parte coincideva con quello dell'odierna Strada Statale Tiburtina; fu prevista peraltro una significativa serie di modifiche e miglioramenti della viabilità all'epoca ancora esistente (Pessolano, 1996). Ferdinand Gregorovius, in occasione del suo viaggio in Abruzzo nel 1873, fu un testimone diretto di questa fase di cambiamento, come si evince dal suo testo: *Questa regione abruzzese non ha ancora ferrovie. Si comincia ora a tracciarne, essendo esse necessarie, anche per ragioni strategiche. Si sta costruendo una linea sul Pescara fino al mare adriatico, dove si riallaccia alla linea di Ancona, ed è qui il punto centrale di scalo dei prodotti degli Abruzzi* (Gregorovius, 2012). L'Abruzzo, pertanto, dotandosi di una buona rete ferroviaria, proprio alla fine del XIX secolo vide la nascita, nella valle del fiume Pescara, di un nucleo industriale riguardevole. Intorno al 1875 una società tedesca, la *Reh& C.*, e una inglese, la *Neuchatelasphalte company,* avevano aperto, nel territorio dei comuni di Scafa, San Valentino e Manoppello, i primi stabilimenti industriali moderni della regione. Ciò fu possibile grazie alla convergenza di due fattori: l'inaugurazione, nel 1873, della ferrovia Pescara-Sulmona e la presenza, nel versante occidentale del massiccio della Maiella, di abbondanti giacimenti asfaltiferi e minerari. Lo sviluppo dell'area industriale della Val Pescara andò di pari passo con quello della rete ferroviaria; infatti, venne aggiunta la tratta Sulmona-Roma, inaugurata nel 1888. Il territorio veniva così a essere collegato con i centri industriali della capitale e poi, tramite ulteriori tratti ferroviari, anche del napoletano (Melchiorre, 2004).

Dai primi anni del '900, alle attività industriali lungo il fiume iniziò ad interessarsi anche la ricca borghesia teatina e pescarese, che puntava soprattutto al controllo della produzione dei laterizi, un'attività che si diffuse in tutta l'area Chieti-Pescara e in particolare a Manoppello. Un altro settore che conobbe una fase di notevole sviluppo fu quello dell'industria elettrochimica che poté sfruttare l'energia ricavata dal fiume Pescara e dal suo affluente Tirino: nel 1902 venne costruita una centrale elettrica sul Tirino dalla *Società franco-svizzera di elettricità* di Ginevra, mentre nel 1907 e nel 1912 entrarono in funzione due impianti sul Pescara, su altrettanti salti

di quota, cui successivamente si aggiunsero un altro ancora, sempre sul Pescara, più una struttura analoga sul Sagittario. Fornivano energia sia a stabilimenti locali, sia a Roma e Napoli, per illuminazione e trazione (Almagià, 1935). Sempre nei primi anni del '900, la *Società italiana di elettrochimica* realizzò a Bussi, destinata a diventare la *città operaia d'Abruzzo*, uno stabilimento per la produzione di soda caustica, cloro, idrogeno, acido cloridico e cloruro di calcio; a Piano d'Orta, nel territorio di Bolognano, un altro impianto produceva fertilizzanti chimici per l'agricoltura. Sempre a Bussi, nel 1902, la *Società italiana per la fabbricazione dell'alluminio* aprì un impianto industriale, mentre nel 1904, la *Società Italiana dei prodotti azotati* rilevò lo stabilimento di Piano d'Orta inserendo un reparto per la produzione di acido solforico (Melchiorre, 2004): tale fabbrica, costruita nei pressi del fiume Orta, si configura in numerosi capannoni, edificati con materiali diversi: a capriate lignee, semplici o composte, con pilastri di ghisa e capitelli in stile; oppure, a capriate metalliche e strutture in cemento armato. Tramite binari, l'impianto era collegato alla vicina stazione ferroviaria (AA.VV., 1985).

Conclusioni

Tutti i borghi localizzati sulle colline prospicienti il fiume Pescara conservavano, ancora sul finire del XIX secolo, una consistenza demografica considerevole, indice della capacità di valorizzare le risorse locali e di una sapiente cultura dell'utilizzo delle stesse, che solo agli inizi del secolo successivo sarebbe stata alterata; ad esempio, in funzione dello sfruttamento massiccio delle acque del Pescara e dei suoi più consistenti affluenti a scopi idroelettrici, nonché con la creazione di molteplici stabilimenti industriali di fondo valle. Conseguentemente, però, l'originaria conformazione della valle del Pescara, ancora immutata fino alle prime decadi del XX secolo, risulta oggi profondamente alterata, a causa di politiche di bonifica e di localizzazioni industriali non sempre lungimiranti. Più recentemente, è stato realizzato il tracciato autostradale (Benegiamo, 2004): l'asta infrastrutturale così definita, con l'attuale via Tiburtina, la ferrovia Roma-Pescara e l'Autostrada A25 (Felice, 2008), ha favorito l'allineamento e la sovrapposizione nella vallata di nuovi insediamenti edilizi e di vaste aree industriali, come mostrato in fig. 3.

Bibliografia

AA. VV. 1985. *Archeologia industriale in Abruzzo* (a cura di F. Feliciani, G. La Spada, W. A. Pellegrini. L'Aquila: Stabilimento litografico Gran Sasso.

AA. VV. 1990. *Centri storici della val Pescara*. Pescara: Carsa.

Almagià R. 1935. Pescara (voce). In: *Enciclopedia Italiana Treccani*, vol. XXVI.

Antinori L. 1971. *Corografia storica degli Abruzzi e dei luoghi circonvicini*. mss. Bibl. Provinciale "S. Tommasi" di L'Aquila, v. II, stampa anast. Bologna: Forni editore.

Benegiamo M. 2004. La struttura industriale. In:*L'Abruzzo nel Novecento* (a cura di U. Russo, E. Tiboni), 155-186. Pescara: Ediars.

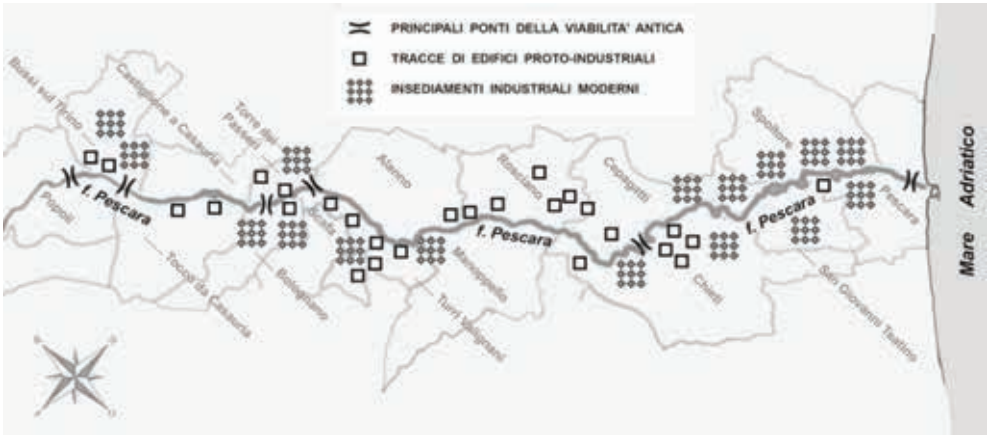


Fig. 3 – Mappa della Val Pescara: ponti storici, edifici proto-industriali da fonti bibliografiche e d'archivo, rilievo diretto, e nuovi insediamenti industriali (elaborato dell'autore).

Dante U. 2004. Dalla fine dell'Ottocento alle vicende del ventesimo secolo. In:*L'Abruzzo nel Novecento* (a cura di U. Russo, E. Tiboni), 28-78. Pescara: Ediars

De Luca G., Di Giandomenico G., Martino N. 1998. *Scafa 50 anni, storia e tradizioni*. Scafa: Ceio.

De Petra G., Calore P.L. 1901. Interpromium e Ceei. Atti della Regia Accademia di Napoli, XXI, 159-188.

Ercole L. 1804. *Dizionario topografico alfabetico portatile, in cui sono descritte tutte le città, terre, e ville regie, e baronali, giurisdizioni, e diocesi della provincia di Teramo*.Teramo: stamp. Berardo Carlucci.

Faraglia N.F. 1900. *La casa dei conti Cantelmo in Popoli*, in *Rassegna Abruzzese di Storia ed Arte*. Casalbordino:Stab. Tip. Nicola de Arcangelis.

Felice C. 2008. *Il Mezzogiorno operoso. Storia dell'industria in Abruzzo*. Saggi di Storia e scienze sociali. Roma: Donzelli.

Fiadino A. 2016. Pescara tra Ottocento e Novecento: da paesaggio agrario a paesaggio antropizzato. In:*Delli Aspetti de Paesi, vecchi e nuovi Media per l'Immagine del Paesaggio*. Napoli: CIRICE.

Ghisetti A. 2017. Un paesaggio fluviale tra storia e natura. In: *L'Aterno-Pescara, mistero di un fium*e (a cura di Ghisetti A.). L'Aquila: Textus.

Gregorovius F. 2012. *Viaggio in Abruzzo nella Pentecoste del 1871.* Cerchio: Polla. Testo originale: *Wanderiahre in Italien*, 1873.

Ludovico D. 1964. Il cammino di Cesare dal Piceno a Corfinio. *Abruzzo*, II, 251-258.

Melchiorre R. 2004. *Abruzzo, una storia da raccontare*, Chieti: D'Incecco.

Morelli V. 2016. *Il fiume ed il lavoro: antichi opifici idraulici tra il Pescara ed il Tavo*. Pescara: Ires.

Pessolano M.R. 1996. L'Abruzzo marittimo: note di storia urbana. *Opus. Quaderno di storia architettura restauro*, 5, 152.

Petrelli A. 2004. Le vie di comunicazione. In: *L'Abruzzo nel Novecento* (a cura di U. Russo, E. Tiboni), 209-228. Pescara: Ediars.
Ricci M. (a cura di). 1996. *Abruzzo verso una nuova immagine*. Quaderni del Dipartimento di Architettura di Pescara. Roma: Fratelli Palombi.
Staffa A.R. 2003. Territorio della provincia di Pescara fra IV e II secolo a.C. In: AA. VV., *Dalla valle del Fino alla valle del medio e dell'alto Pescara*. *Documenti dell'Abruzzo Teramano*, VI,163-232. Pescara: Carsa.
Staffa A.R. 2004. *Carta archeologica della provincia di Pescara. Elaborato tecnico ufficiale del Piano territoriale provinciale*. Mosciano: Media.
Van Wontergheim F. 1984. *SuperaequumCorfiniumSulmo*, Forma Italiae, Regio IV, s. I, 32. Firenze: Leo S. Olschki.
Zenodocchio S. 2008. *Antica viabilità in Abruzzo*. L'Aquila: Rea.

Santi Maria Cascone, Massimo Caporlingua,
Giuseppe Russo, Nicoletta Tomasello

La "prefabbricazione per l'emergenza": excursus storico dalla nascita alle moderne applicazioni

Abstract
The temporary houses have historically been the best choice to face the need for accommodation due to catastrophic events or housing emergencies. During the last century, the evolution of this type of houses has been followed by the development of prefabrication techniques. The typical approach to this building process, based on the use of elements made before their application, permitted to obtain fundamental features in the field of "emergency prefabrication". These features were, for example, the quickness of the building timing, the possibility to restore some components – usually assembled "dry", allowing to use them again – and the ease of assembly. Moreover, the typical modularity of the prefabricated systems allowed to change the design according to the consumers' needs or to expand the temporary house along with the different changing conditions and compositions.

This research is based on the historical analysis starting from the birth of the prefabrication concept and, showing the main examples of constructions addressed to solve the emergency temporary house problem, leading to the recent application in the field in object.

For this purpose, the present work has the aim to give an excursus about the most important experimentations of temporary housing featured using prefabrication process which, with the intrinsic functional characteristics, could solve, in short time and with low costs, the housing emergency problematic.

La prefabbricazione e le prime esperienze del Novecento

Con il termine *alloggio prefabbricato* si fa concettualmente riferimento a un'abitazione che, pre-realizzata in fabbrica, viene successivamente trasportata nel sito di destinazione e assemblata per la sua permanenza (Huang *et al*., 2016). In tale ottica appare cruciale la fase progettuale, durante la quale è indispensabile programmare razionalmente ogni singola fase del procedimento di creazione e assemblaggio dei componenti.

Con la rivoluzione industriale, quello che fino ad allora era un procedimento basato esclusivamente sull'utilizzo di componenti pre-realizzati divenne un processo che includeva l'utilizzo di elementi pre-fabbricati industrialmente. La prefabbrica-

zione industriale applicata al settore edilizio vide nella realizzazione della *Crystal House* di J. Paxton il primo illustre esempio. Costruito nel 1851 a Londra per la *Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations*, l'edificio racchiudeva in sé alcuni dei concetti cardine dell'architettura moderna e contemporanea. La sua realizzazione rappresentava un cambio di paradigma rispetto al passato, sia dal punto di vista dei materiali adottati, quali ferro e vetro, sia dal punto di vista costruttivo. Lo schema scelto, infatti, era basato sul ripetersi di elementi costruttivi prefabbricati in serie, che ne consentivano lo smontaggio e la successiva ricostruzione in un sito differente dall'originale. L'edificazione della Crystal House rappresentò il punto di partenza per le prime realizzazioni basate sulla prefabbricazione industriale. Nei primi anni del Novecento, infatti, alcuni tra i protagonisti dell'architettura moderna condussero innumerevoli studi che avevano, come protagonista indiscussa, un'abitazione pensata come prodotto industriale, realizzata con elementi prefabbricati, che poteva essere facilmente assemblata anche in condizioni di emergenza.

W. Gropius, durante gli anni in cui fu alla direzione del Bauhaus, studiò l'influenza dell'industrializzazione sul processo edilizio e condusse ricerche inerenti la realizzazione di tali abitazioni, arrivando a ideare nel 1929, le *Copper Houses*, in fig. 1. Basandosi sul brevetto di pareti metalliche prefabbricate coibentate e trasportabili acquisito dalla ditta Aron Hirsch & Son, Gropius realizzò alcuni prototipi abitativi basati su tali elementi, rispetto ai quali presentavano delle migliorie principalmente dal punto di vista del rivestimento esterno, realizzato con lastre di rame corrugate, e sotto il profilo delle connessioni, grazie all'introduzione di un giunto semplice posto agli angoli. La peculiarità di tale abitazione risiedeva nella possibilità di poterne aumentare le dimensioni con l'aggiunta di elementi modulari, secondo le necessità del nucleo familiare.

A seguito della crisi economica del 1929, F. L. Wright avanzava il progetto della casa usoniana, di cui la Jacobs House fu il primo esempio. Tali costruzioni impiegavano pannelli di legno prefabbricati, che includevano anche la modanatura interna.

Seguendo i principi chiave della razionalizzazione industriale, B. Fuller ideò nella seconda metà degli anni venti la *Dymaxion House*. Il progetto, che impiegava una tensostruttura ottagonale collegata a un pilastro centrale, era improntato sulla possibilità di essere realizzato in serie come un'auto. Tale idea si concretizzerà solo nel 1944 con la *Wichita House*.

Alcuni degli elementi alla base degli esempi illustrati hanno contribuito, in parallelo e negli anni immediatamente successivi, all'ideazione di prototipi abitativi prefabbricati industrialmente e indirizzati



Fig. 1 – W. Gropius, Copper House (1929).

a coloro i quali furono costretti ad affrontare, dopo lo scoppio della seconda guerra mondiale, la cosiddetta *emergenza bellica*.

La prefabbricazione destinata all’emergenza bellica e post-bellica

La prefabbricazione industriale destinata all’emergenza venne applicata per la prima volta per fronteggiare la crisi abitativa legata ai conflitti mondiali e, in particolar modo, alla seconda guerra mondiale. Gli alloggi cui si fa riferimento non erano soltanto interamente prefabbricati, ma anche realizzati con componenti resi standardizzati e modulari con processi propri della prefabbricazione.

Nel nostro paese, durante il conflitto, il CNR istituì un concorso destinato alla individuazione di una soluzione di unità abitativa militare che comprendesse l’idea di prefabbricazione, nell’ambito del quale si delineò la proposta della Legnami Pasotti, che presentò la propria *baracca smontabile someggiabile*, in grado di adattarsi a differenti morfologie del terreno. La conformazione delle travi lignee di cui era composta l’unità consentiva l’alloggiamento delle tamponature, costituite da doppi pannelli modulari dotati di camera d’aria interposta. Per agevolare il montaggio dei componenti, in particolare, questi venivano preventivamente identificati mediante codici che consentivano l’individuazione di quelli analoghi e delle unità di destinazione.

Negli Stati Uniti, l’emergenza bellica fu affrontata con le cosiddette *Huts*. Le versioni più avanzate, costituite dalle *T-Rib Quonset-Hut*, in fig. 2, erano dotate di una struttura ad arco poggiante su pareti verticali, la cui aggiunta consentiva una migliore vivibilità degli spazi interni.



Fig. 2 – Quonset-Huts.

La struttura delle huts era interamente costituita da elementi prefabbricati, disponibili in casse e pronti per essere montati in sito.

La seconda guerra mondiale causò ingenti danni al patrimonio edilizio a seguito dei violenti bombardamenti che, uniti all'arresto della produzione edilizia e all'incremento delle nascite, comportarono una carenza abitativa. In questo periodo furono portati avanti diversi programmi sociali a favore della produzione di case prefabbricate[1], che spesso non ebbero la fortuna auspicata a causa del ricordo lasciato dalle precarie unità adottate durante la guerra.

Il principale riferimento di questo periodo storico, gli anni '40 del Novecento, fu Le Corbusier, che condusse le sue prime indagini relative alla prefabbricazione sin dall'inizio del secolo scorso[2]. Del 1940 è il progetto per gli alloggi di emergenza denominato *Le Murondins*, in fig. 3, dalle parole *murs* e *rodins*, significanti rispettivamente muri e rami, per intervenire sia a scala urbana sia a scala dell'edificio. Gli insediamenti, infatti, erano collocati in prossimità della zona distrutta, cui gli abitanti dovevano adattarsi per riappropriarsene gradualmente. La prefabbricazione dell'alloggio era accompagnata dalla propensione all'uso di materiali naturali, appartenenti al contesto di ubicazione, e dalla scelta di soluzioni destinate alla semplificazione della sua realizzazione, quali razionalizzazione delle dimensioni delle aperture e massimizzazione dello spazio interno mediante la scelta di arredo poco ingombrante.



Fig. 3 – Le Corbusier, Le Murondins (1940).

Lo stesso Le Courbusier, nel 1944, progettò i *Logis Provisoires* in cui la disposizione degli alloggi favoriva la vita comunitaria, con vantaggi sia dal punto di vista sociale che da quello organizzativo, in quanto era possibile localizzare in aree collettive alcuni dei servizi necessari, ad esempio, il rifornimento idrico. Tale principio era presente anche nel progetto delle *Constructions denommees transitoires*, dello stesso anno, in cui l’utilizzo della prefabbricazione industriale si tradusse nell’adoperare elementi indipendenti e scambiabili tra loro.

Le sperimentazioni moderne

A partire dagli anni ’40 si registrò un notevole avanzamento della prefabbricazione, che venne associata al principio di trasportabilità e destinata a un mercato di massa per far fronte all’emergenza abitativa. Con il passare degli anni, l’alloggio prefabbricato diveniva mobile, in quanto dotato di ruote o spostabile per mezzo di camion, e poteva così essere installato in differenti contesti per periodi di tempo più o meno lunghi. Alla prima casistica, ad esempio, afferiva la *Mechanical wing* di B. Fuller, realizzata nel 1940, in fig. 4. Destinata alle famiglie operaie dell’industria bellica,

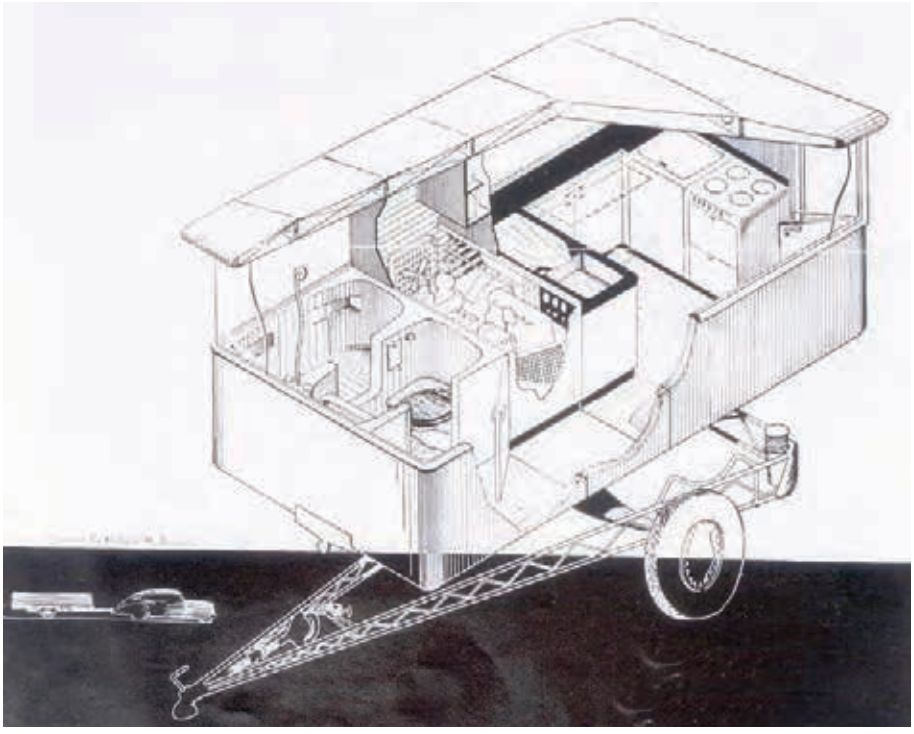


Fig. 4 – B. Fuller, Mechanical wing (1940).

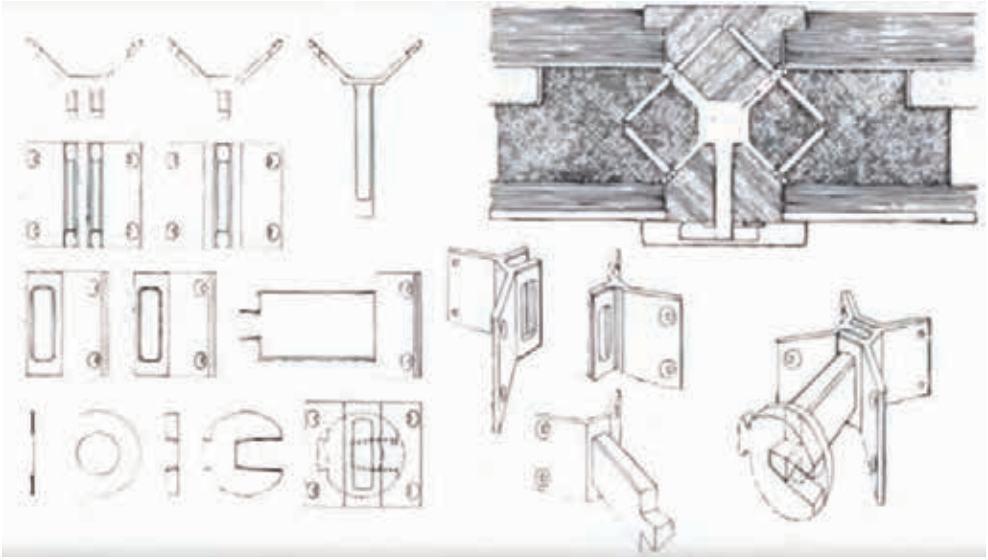


Fig. 5 – W. Gropius e K. Wachmann, Connettori metallici.

tale unità era dotata di bagno e cucina ed era trainabile per mezzo di autoveicoli o trasportabile da treni e aerei. Alla seconda casistica, invece, apparteneva la casa pieghevole *Acorn* di K. Koch che, realizzata completamente in officina, era ripiegabile e trasportabile in quanto misurava 2,4Í6,9×2,7 m^3. Arrivata in loco, la casa poteva essere dispiegata grazie alle apposite cerniere razionalmente posizionate.

Fondamentale in quegli anni fu sicuramente l'ideazione del *Packaged House System*, dove l'innovativa soluzione di aggancio, ottenuta utilizzando un elemento connettore metallico a Y, permetteva il collegamento a secco di quattro pannelli prefabbricati in legno. Il collegamento standard, sviluppato da W. Gropius e K. Wachmann nel 1942 e mostrato in fig. 5, consentiva l'assemblaggio di un numero illimitato di unità abitative.

Emblematica fu sicuramente l'opera del *Pavillon 6Í6* di J. Prouvè, del 1944. Scaturito da una richiesta da parte del Ministero della Ricostruzione francese per far fronte alla necessità di 450 alloggi, tale modulo abitativo possedeva una struttura composta da due mezzi portali collegati per mezzo di una trave reticolare a colmo di una copertura a doppia falda poggiante su puntoni in lamiera grecata. Il pavimento risultava rialzato rispetto al terreno grazie a una struttura intelaiata metallica, mentre le tamponature verticali, realizzate in legno e alluminio, erano modulari. Le peculiarità del progetto erano sicuramente l'utilizzo di una struttura leggera, che ne consentiva un agevole spostamento, la possibilità di montarla in tempi brevi e l'opportunità di reimpiegarla successivamente.



Fig. 6 – K. Kurokawa, Tilted Box (1970).

A partire dagli anni ’70, l’utilizzo dei container consentì l’adozione di soluzioni flessibili, scomponibili e integrabili. Il container, interamente prefabbricato e recuperabile dopo il suo utilizzo, rappresentava la soluzione ideale per rispondere celermente alle necessità dell’utenza. Innumerevoli sperimentazioni nel panorama internazionale rivolsero l’attenzione alla possibilità di riuso del container a fini abitativi; tra queste, la *Tilted Box* di K. Kurokawa, in fig. 6, rappresenta sicuramente uno dei più significativi esempi. L’idea alla base di tale studio, risalente al 1970, era l’utilizzo del container come un modulo standard ampliabile in funzione delle esigenze dei destinatari. La configurazione base immaginata da Kurokawa prevedeva che il modulo venisse disposto, grazie al sollevamento ottenuto mediante opportuni macchinari, a 45° rispetto all’orizzontale.

Le sperimentazioni contemporanee

Negli ultimi anni, in seguito alla maggiore visibilità mediatica degli effetti dell’emergenza e all’avanzamento delle tecniche costruttive, sono state sviluppate diverse soluzioni abitative attente sia alle tematiche ambientali che alle difficoltà intrinseche alla gestione dell’emergenza.

In tale ottica, nel 1995 S. Ban progettò la *Paper Log House*, in fig. 7, realizzata con materiali riciclati o a basso costo, tra cui tubi di cartone di 106 mm di diametro e 4 mm di spessore prodotti in serie e accostati tra loro, in modo da realizzare le pareti dell’unità abitativa. I tubi venivano preventivamente spalmati con poliuretano liquido, che ne garantiva l’impermeabilizzazione, e successivamente incollati a pressione e collegati per mezzo di un tondino di acciaio. Il montaggio, di semplice attuazione e realizzabile in circa sei ore, era eseguibile anche da personale non specializzato, caratteristica che ne favorì la diffusione. Il modello scaturito dallo studio condotto dall’architetto giapponese, adoperato per la prima volta per rispondere ai danni causati dal terremoto di Kobe, fu utilizzato anche in seguito come soluzione a differenti



Fig. 7 – S. Ban, Paper Log House (1995).

situazioni d'emergenza, come quella relativa al terremoto in Turchia del 1999, per il quale vennero utilizzati tubi di cartone riempiti di carta riciclata allo scopo di migliorarne le prestazioni termoisolanti.

In questi anni, le sperimentazioni vedono l'applicazione di metodi di fabbricazione digitale associata alla realizzazione di elementi destinati a comporre parti di unità abitative per l'emergenza. Un esempio recente è costituito dalla *Shotgun house*, in fig. 8, realizzata nel 2008 grazie al lavoro del prof. L. Sass del MIT. Destinato all'area di New Orleans, che fu colpita dal violento uragano Katrina nel 2005, l'alloggio è costituito da 5000 elementi in compensato incastrati tra loro senza l'utilizzo di agganci o collanti. Anche gli infissi e gli elementi ornamentali tipici delle shotgun house[3] sono collegati tra loro mediante incastri.

Conclusioni

Come testimoniato dagli esempi riportati, che costituiscono solo una limitata parte delle casistiche presenti nel panorama internazionale di abitazioni prefabbricate destinate all'emergenza, o di esempi che hanno condotto alla loro realizzazione, la ricerca di soluzioni adoperabili in tale ottica rappresenta una tematica in continuo sviluppo, che segue le dinamiche e asseconda i cambiamenti propri dell'architettura contemporanea, da cui trae spunto al fine di adattarsi ai bisogni della società odierna e ai suoi mutevoli cambiamenti.





Fig. 8 – L. Sass, Shotgun house (2008).

Bibliografia generale di riferimento

AA.VV. 2002. *La reversibilità del costruire. L’abitazione transitoria in una prospettiva sostenibile*. Rimini: Maggioli Editore.

AA.VV. 2005. *Emergenza del progetto, progetto dell’emergenza. Architetture con-temporaneità*. Milano: Motta Editore.

Anzalone M. 2008. *L’urbanistica dell’emergenza: progettare la flessibilità degli spazi urbani*. Firenze: Alinea editrice.

Botti M. 2009. *Case di emergenza*. Ariccia: Aracne Editrice.

Cecere T., Guida E., Mango R. 1984. *L’abitabilità transitoria. La ricerca architettonica per nuove strategie abitative*. Napoli: Fratelli Fiorentino Editore.

Firrone T. 2010. *Sistemi abitativi di permanenza temporanea*. Ariccia: Aracne Editrice.

Huang J., Krawczyk R., Schipporeit G. 2016. Mass customizing prefabricated modular housing by internet-aided design. *Proceedings of the 11th Conference on CAADRIA*, 203-208

Latina C. 1988. *Sistemi abitativi per insediamenti provvisori*. Milano: BeMa Editore.

Masotti C. 2010. *Manuale di architettura di emergenza e temporanea*. Napoli: Gruppo Editoriale Esselibri Simone.

Pasquali A. 1936. Il “Celbes”. Casabella, 100, 36-37.

Pera L. 1936. *Problemi di edilizia popolare*. Pisa: Nistri-Lischi Editore.

Tamini L. 2011. *Il progetto di centralità. La regolazione urbanistica degli aggregati commerciali*. Milano: Alinea editrice.

Note

1. W. Wyatt, nel 1946, propose il Veterans’ Emergency Housing Act con agevolazioni destinate ai fornitori di case prefabbricate.
2. Il sistema costruttivo della Maison Dom-ino, ideata da Le Corbusier nel 1914, era interamente prefabbricato in calcestruzzo.
3. La “shotgun house” era il principale modello abitativo diffuso nell’area di New Orleans ed era realizzata tipicamente in legno. Le stanze erano generalmente allineate e composte da soggiorno, camera da letto e cucina. Internamente erano solitamente presenti decorazioni come modanature e medaglioni del soffitto, mentre all’esterno frontoni e persiane decorative ne caratterizzavano i prospetti.

Lia M. Papa

La fotografia per l'ingegneria, evoluzione, esperienze, prospettive

Abstract
We want to briefly go over some stages of the evolution of photography from its origins, and to dwell on some figures that, with their work, have helped to highlight the close link between photography and engineering, where photography has proved to be not only an instrument useful for documentation, storage of information related to built heritage, but also a valuable means for its understanding and dissemination.

In recent times, with the advent of digital photography and with the emergence of technologies aimed at indirect sensing, these possibilities have significantly increased, allowing better knowledge of contexts compromised by time, by degradation or by critical events, to ensure the best conditions for use and use of information

Origini ed evoluzione della fotografia

La fotografia accompagna sempre più le attività in ambito tecnico, in particolare nell'analisi del patrimonio edilizio e dei beni culturali. Essa si è evoluta nel tempo contestualmente al progredire delle conoscenze.

Tuttavia non è ancora pienamente apprezzato il ruolo della documentazione fotografica a fini tecnici e il suo potenziale informativo.

La parola fotografia deriva dal greco antico ed è composta dai due termini phôs, luce, e graphè, disegno, ovvero disegno eseguito con la luce.

La sua origine è legata alle riflessioni scientifiche e alle sperimentazioni condotte da alcune figure, tra cui Aristotele, il quale, nel IV secolo a.C., allo scopo di osservare un'eclissi di sole, formulò quelli che sarebbero stati i principi della camera oscura[1]. Il termine indicava un ambiente buio, dalle dimensioni variabili, nel quale, su una parete, era praticato un foro *stenopeico*, dal greco stenòs, stretto, e opé, foro.

Attraverso il foro i raggi luminosi provenienti da oggetti esterni si incrociavano proiettando sulla parete opposta un'immagine capovolta degli stessi oggetti.

Anche Euclide, nel suo trattato di Ottica, affrontò il problema proiettivo legato alla percezione visiva, magistralmente descritta nel Cinquecento da Leonardo da Vinci.

L'*oculus artificialis*, di cui Leonardo scrive nel Codice Atlantico, venne utilizzato per studiare l'eclissi solare del 24 gennaio 1544 e fu schematicamente illustrato dal matematico e cartografo olandese Rainer Gemma Frisio, noto anche come Jemme Reinerszoon Frisius (Frisius, 1558), in fig. 1.

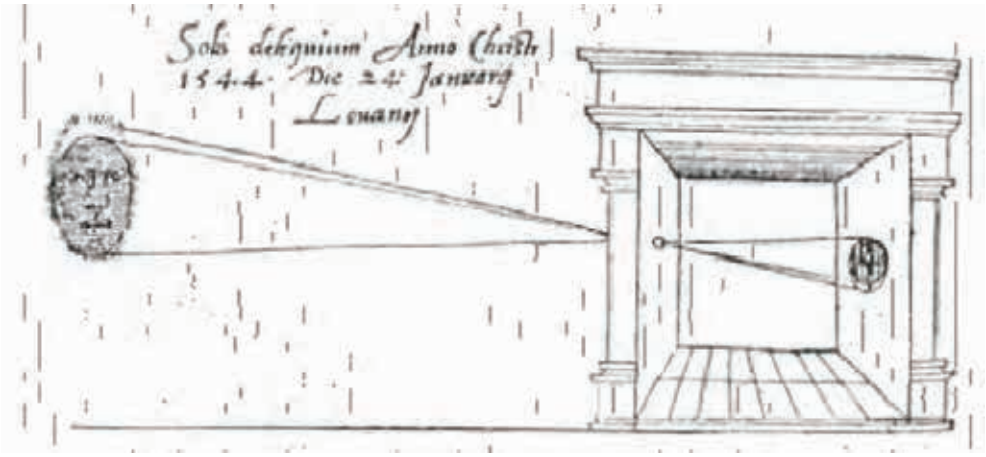


Fig. 1 – Il principio della camera oscura (da Frisius, 1558).

L'intuizione di Leonardo fu successivamente perfezionata dal veneziano Daniele Matteo Alvise Barbaro (1513-1570) il quale, nel suo trattato *La pratica della prospettiva*, pubblicato nel 1568, descrisse una camera oscura dotata di lente, grazie alla quale l'immagine veniva riprodotta con maggiore definizione. Si precorreva così quella che sarebbe stata la macchina fotografica; tuttavia, pur ottenendo la visione dell'immagine, di questa non si poteva ancora conservarne alcuna memoria.

Tre anni dopo, il fisico napoletano Giambattista Della Porta descrisse un apparecchio con lente e con specchio riflettente che consentiva il raddrizzamento dell'immagine sul piano orizzontale superiore, costituito da un vetro smerigliato (Della Porta, 1591).

Nel 1620 Giovanni Keplero usò per i suoi rilievi topografici una sorta di tenda da campo sulla cui sommità erano poste una lente e uno specchio che rinviavano l'immagine su un piano all'interno.

Gli artisti del Cinquecento e del Seicento fecero largo uso della camera oscura, in fig. 2, per disegnare sia ritratti, sia paesaggi. Una camera oscura di notevoli dimensioni fu costruita ad esempio nel 1646 dall'olandese Athanasius Kircher, il quale aveva intuito che il fenomeno di proiezione poteva avvenire anche al contrario, tant'è che ideò la cosiddetta lanterna magica, un proiettore di disegni che fu l'antenato dei moderni proiettori cinematografici.

Ma dobbiamo arrivare alla prima metà dell'Ottocento per avere le prime fotografie realizzate secondo concezioni moderne, grazie al francese Nicéphore Niépce (1765-1833) il quale, unitamente a Louis Jacques Mandé Daguerre (1787-1858) riuscì a fissare le immagini su una lastra di vetro ricoperta di ioduro d'argento**.** Nella camera oscura, al posto del vetro smerigliato, vi era una lastra di peltro sulla quale era stata stesa una emulsione a base di bitume. Daguerre aveva già fatto alcuni

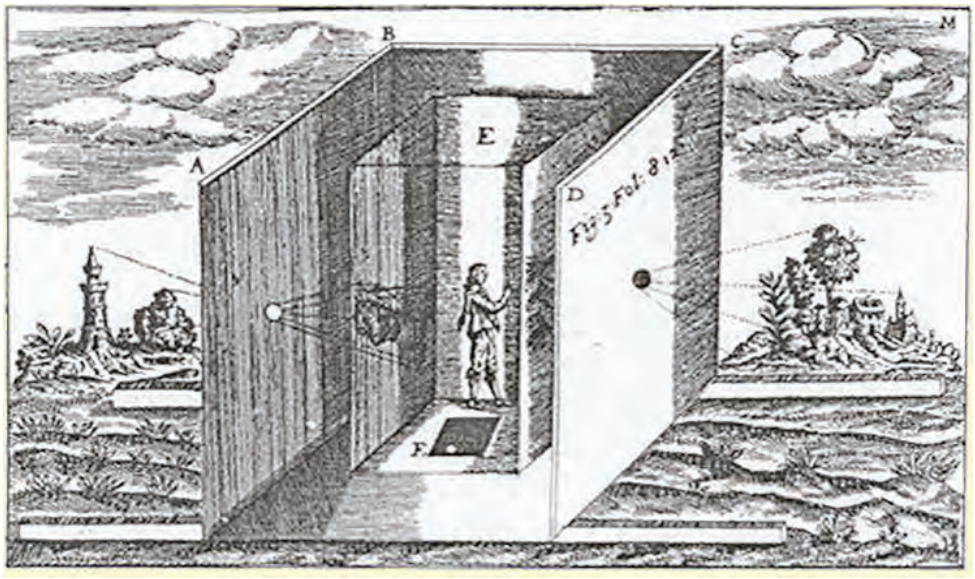


Fig. 2 – Un cubicolo-camera oscura comprende due camere che ricevono immagini da direzioni opposte. In entrambi i casi l'artista vede l'immagine sul retro di uno schermo trasparente, capovolta, ma non invertita (da Ars Magna Lucis et Umbrae, 1646).

esperimenti che pervenivano a una copia positiva, non riproducibile, su supporto in argento o rame argentato, sensibilizzato in camera oscura mediante esposizione a vapori di sodio. Il risultato finale, dalla nitidezza lievemente sfumata, venne chiamato dagherrotipo. Nel 1839 questo procedimento fu presentato all'Accademia delle Scienze di Parigi e divenne di pubblico dominio. Tuttavia ogni fotografia era di fatto un originale e non era possibile realizzarne delle copie.

Una tappa successiva fu segnata da William Henry Fox-Talbot (1800-1877) il quale, nel 1833, senza avvalersi della camera oscura, creò un primo processo di stampa che venne chiamato *calotipia*, dal greco kalós, bello, e typos, impronta.

La fotogrammetria. Principi e applicazioni

Nell'evoluzione storica della scienza della rappresentazione, la fotogrammetria affonda le sue radici scientifiche nel Rinascimento, allorquando viene codificata la *prospettiva artificiale*. Infatti l'aspetto fondante che è alla base della fotogrammetria deriva direttamente dalla prospettiva, laddove si instaura una corrispondenza biunivoca di tipo proiettivo tra la realtà, per sua natura tridimensionale, e una sua rappresentazione su un piano a due dimensioni.

La possibilità di raffigurare su un quadro una realtà tridimensionale come se questa fosse percepita dall'occhio umano trova grandi consensi in tutti gli ambienti

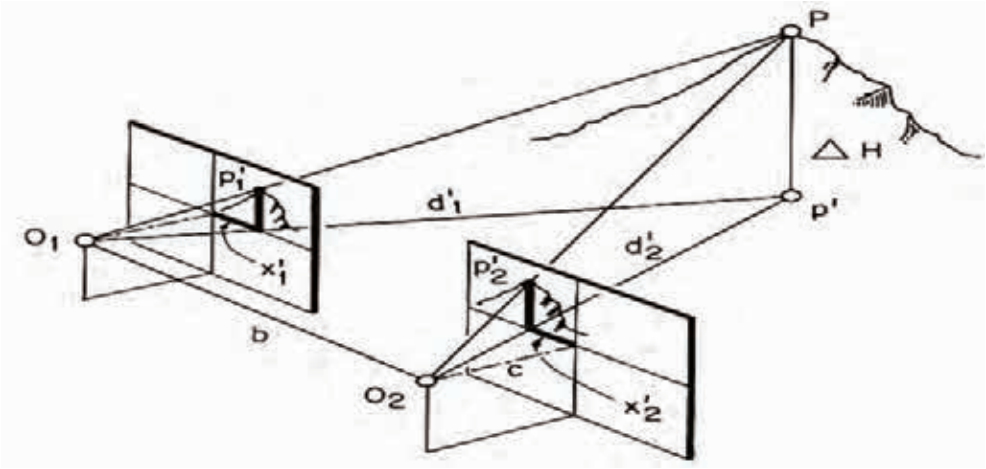


Fig. 3 – Schematizzazione del procedimento fotogrammeticco secondo Cappeler.

scientifici, mentre la possibilità di ricavare informazioni oggettive da un disegno, secondo quelli che sono i passaggi fondamentali alla base della fotogrammetria, segue un più lento percorso di approfondimento e sperimentazione (Cundari, 1983).

La fotogrammetria nasce quindi come applicazione del procedimento inverso della prospettiva e diviene strumento importantissimo di indagine, una volta verificata la validità metrica della relazione biunivoca che si instaura tra immagine e realtà, non solo nei suoi aspetti quantitativi, ma anche e soprattutto nei suoi valori qualitativi.

Significative sono le applicazioni della fotogrammetria alla topografia, per il rilievo di zone impervie, e al rilievo architettonico di manufatti non direttamente accessibili, che si sviluppano dalla metà dell' Ottocento, grazie anche al fisico Francois Jean Dominique Arago[2].

La fotogrammetria è anche uno strumento per indagare e conoscere la realtà nei suoi aspetti più complessi di interrelazione tra le parti, cioè uno strumento di lettura critica della realtà stessa. Le prime esperienze si ebbero attorno al 1700, con Moritz Anton Cappeler (1685-1769), ingegnere e medico di Lucerna, che la adottò per scopi topografici. Pur non essendo compiutamente noti i dettagli del processo utilizzato per disegnare una mappa, che da Cappeler prese il nome, se ne possono dedurre i principi, fondati sulla definizione spaziale di un punto per intersezione in avanti, secondo lo schema in fig. 3. Attraverso la conoscenza della posizione del centro di proiezione rispetto al quadro e della posizione relativa tra le due immagini di uno stesso oggetto, era possibile ricostruire i raggi proiettanti e le intersezioni tra quelli omologhi, determinandone univocamente i punti di interesse.

Nel 1858, l'architetto tedesco Albrecht Meydenbauer ebbe l'idea di realizzare una serie di costruzioni grafiche ottenute con misure rilevate da più fotografie. Quasi contemporaneamente, in Francia, Aimé Laussedat dimostrava di poter rilevare un monumento con l'ausilio di una coppia di fotografie e alcune misure dirette, secondo un metodo da lui chiamato *metrofotografia*.

Le prime riprese fotografiche aeree diedero ulteriore impulso alla fotogrammetria tanto che essa sostituì quasi completamente il rilevamento tradizionale, in particolare per rilievi su grandi estensioni e su terreni con punti inaccessibili.

La fotografia in ambito tecnico. Uomini e luoghi

Con la sua diffusione, la fotografia ha trovato largo impiego in ambito tecnico, oltre che artistico. Particolarmente significativo è il repertorio fotografico che viene realizzato, a partire dall'Ottocento, per documentare i cantieri delle grandi opere infrastrutturali o la costruzione di importanti architetture.

Basti pensare alle immagini realizzate da Edouard Durandelle, incaricato da Gustave Eiffel di documentare le fasi esecutive della Torre, in fig. 4, o a quelle dello studio fotografico Vasari, che accompagnano le realizzazioni di Pier Luigi Nervi[3].

Ciò determinò la nascita di numerosi atelier fotografici i quali rappresentano, soprattutto in Italia, molto più di semplici stabilimenti artigianali per la realizzazione di materiale fotografico: sono infatti veri e propri luoghi di conservazione della memoria costruttiva e delle trasformazioni urbane, soprattutto in grandi città come Napoli, Roma e Milano.

Alcuni di tali fotografi sono essi stessi ingegneri o architetti, come Josef Koudelka, ingegnere aeronautico, che si dedicò a illustrare paesaggi industriali.

Numerosi furono gli atelier fotografici attivi a Napoli e nel territorio meridionale. Solo in tempi relativamente recenti la loro opera ha iniziato a essere valorizzata, riconoscendo il prezioso apporto documentario della fotografia, soprattutto in alcuni contesti compromessi dal degrado o da eventi sismici.

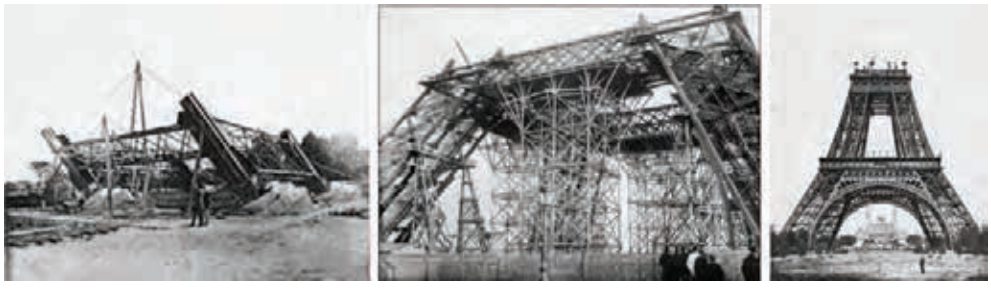


Fig. 4 – Edouard Durandelle: alcune fasi realizzative della torre Eiffel.



Fig. 5 – Robert Rive: Ercolano Pompei, porta e strada.

Tra i maggiori fotografi che operano tra la fine del XIX secolo e il XX nell'area napoletana troviamo Giorgio Sommer, Robert Rive, in fig. 5, Alphonse Bernoud ed i fratelli Enrico e Michele Amodio. Questi ultimi fondano intorno al 1860 la ditta *Frères Amodio*, con atelier di ripresa, di stampa e di vendita in via Santa Caterina a Chiaia, inizialmente, e successivamente al Largo Vittoria, dove avevano sede anche gli studi di Sommer e di Eduardo Fratacci.

Voglio un po' di più soffermarmi su Alphonse Bernoud, il cui vero nome era Jean Baptiste. Nato in Francia, a Meximieux, nel 1820, si formò nello studio di Louis Jacques Mandè Daguerre. A partire dal 1850, grazie al successo che riscuotevano i suoi scatti, aprì studi a Firenze e a Livorno e, dal 1856, anche a Napoli, in via del Boschetto di Villa Reale e in via Toledo, a palazzo Berio (Mallet, 1862; De Carolis, 2011).

Molto attento all'evoluzione della tecnica, abbandonò ben presto il dagherrotipo per passare alla colotipia, il nuovo procedimento negativo-positivo brevettato da William Henry Fox Talbot, e successivamente all'uso delle lastre al collodio umido e secco che erano in grado di fornire immagini di livello elevato mediante stampe su carta albuminata. In seguito al successo ottenuto in città dalla sua attività venne nominato fotografo ufficiale della Corte borbonica e lavorò proficuamente nei siti pompeiani, in fig. 6.

Di particolare interesse è l'attività svolta come fotografo nella campagna condotta nel 1857-1858 in Basilicata e nel salernitano, nelle aree colpite dal terremoto. L'ultima campagna fotografica italiana di Bernoud, prima di trasferirsi a Lione, dove morì nel 1889, fu dedicata alla documentazione dell'eruzione del Vesuvio, nell'aprile del 1872.



Fig. 6 – Alphonse Bernoud: Pompei, quadriportico dei teatri (da De Carolis, 2011).

La fotogrammetria per il rilievo, da analogica a digitale

Negli ultimi dieci anni la tecnologia digitale ha cambiato radicalmente il modo di produrre e utilizzare le immagini fotografiche in ambito tecnico, con impiego prevalente nel rilievo indiretto e con proficui risultati nel campo dei beni culturali (Docci e Maestri, 2009).

Mentre la fotogrammetria analogica utilizza per l'acquisizione delle immagini una camera in cui il supporto per la memorizzazione dei dati è costituito da una pellicola fotografica, che peraltro viene ritenuta sempre più obsoleta, la fotogrammetria digitale impiega, per l'acquisizione delle immagini, una camera in cui il supporto per la memorizzazione dei dati è costituito da un sensore fotochimico, il cosiddetto CCD (*Charge-Coupled Device)*.

Attualmente le immagini digitali hanno raggiunto un livello di accuratezza e di manipolazione inimmaginabile fino a pochi anni or sono. Pensiamo ad esempio all'uso delle *gigafoto* o ai *panomami sferici*, che non hanno praticamente limiti se non quelli di calcolo nella loro elaborazione (Remondino e Fraser, 2001). Le possibilità operative offerte sono numerose ed estremamente flessibili, sia per quanto riguarda l'acquisizione del dato che per le procedure di elaborazione e i prodotti finali ottenibili; ed è proprio la flessibilità applicativa delle immagini digitali a favorirne l'impiego nel campo del rilivo, che può essere complesso proprio per l'enorme varietà di casi e problematiche (Papa *et al.*, 2014).

A tutto ciò peraltro si accompagna la preoccupazione della non piena consapevolezza o del non sufficiente controllo del processo di acquisizione o postprocessamento dei dati, sicché spesso, quando si devono gestire immagini digitali per scopi

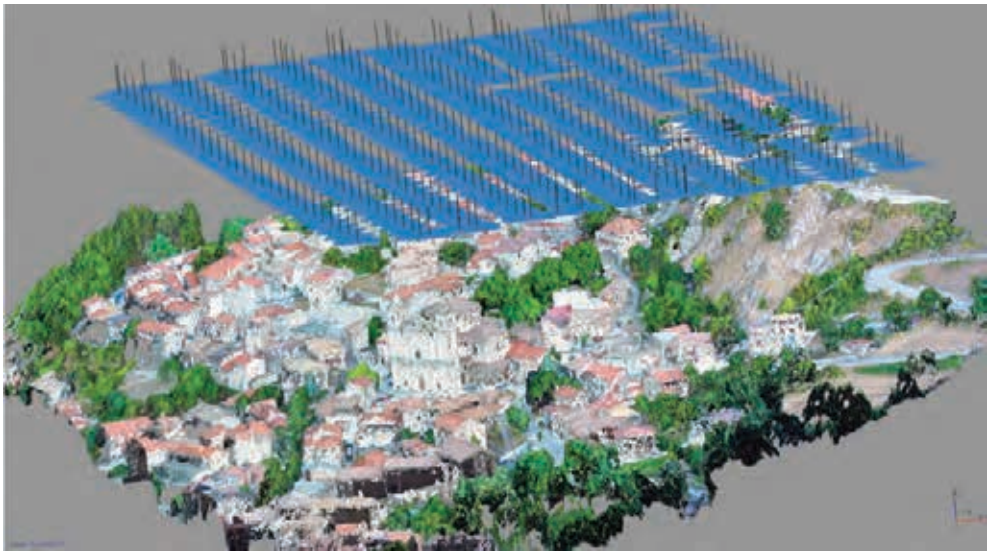


Fig. 7 – Il modello a nuvola di punti in fase di pre-elaborazione con indicazione delle prese aeree nadirali.

metrici e di ricostruzione della forma, si ha la sensazione di un appannamento dei principi teorici della fotogrammetria, rimasti invece fondanti. A titolo di esempio, nelle Figg. 7 e 8 sono riportate le immagini relative a due campagne di rilievo effettuate, rispettivamente, con drone e con rilievo terrestre.

Nel primo caso - il rilievo di una porzione di borgo antico - le caratteristiche tecniche della fotocamera e dell'aeromobile a pilotaggio remoto impiegate per il rilevamento hanno dato luogo a due voli a velocità di 2 m/s e da 10 strisciate ciascuno, con lunghezza focale reale dell'obiettivo della camera di 5 mm e risoluzione delle prese a 14 megapixel. Tale attività è stata corroborata da una campagna di rilevamento con GPS per avere un maggior controllo formale e dimensionale durante le fasi di allineamento degli scatti e di post-processamento della nuvola di punti di cui sono state acquisite le coordinate spaziali.

Il modello finale, georiferito, morfologicamente e dimensionalmente affidabile e cromaticamente corrispondente ai valori RGB acquisiti dalla camera fotografica, conta oltre cento milioni di punti e risulta rappresentativo di una estensione territoriale di oltre 8 ettari. La disponibilità di uno strumento infografico così ricco di informazioni consente, tra le altre cose, di produrre elaborati di lettura altimetrica, come DEM (Digital Elevation Model) e DTM (Digital Terrain Model), ortoimmagini ad altissima risoluzione e profili territoriali a qualsiasi quota e posizione, oltre che virtual tour, realtà aumentate e immersive, grazie alla possibilità di esportare la



Fig. 8 – Modelli testurizzati da nuvole di punti del sito archeologico di studio (terme di via Terracina a Napoli).

nuvola di punti nella quasi totalità dei software di analisi ed editing per mezzo di file universali di interscambio o di file di testo.

Si afferma così la riconquista della componente percettiva che i disegni tecnici o i documenti testuali evocano in base a regole e convenzioni geometrico-descrittive consolidate (Adami *et al*., 2006).

Nel secondo caso - un sito archeologico - l'approccio metodologico e operativo è stato distinto in due momenti fondamentali: l'acquisizione dei dati metrici e fotografici sul campo e l'elaborazione e l'integrazione dei dati acquisiti. Il risultato è stato la definizione di quell'unico modello georeferenziato, interrogabile, in cui al dato metrico si aggiunge la carica espressiva racchiusa nell'immagine fotografica e che diventa strumento di supporto all'analisi geometrica e all'interpretazione critica dell'oggetto rilevato.

Conclusioni

Le tecniche e le sperimentazioni che negli ultimi anni accompagnano il processo fotogrammetrico sono numerosissime e difficili da catalogare ed elencare; le scelte che il tecnico si trova ad affrontare talvolta non sono semplici e dipendono fortemente dalle specifiche caratteristiche dell'oggetto da rilevare, dalla tipologia e dalla precisione dei prodotti finali attesi, dalle risorse a disposizione, dai vincoli organizzativi e logistici del rilievo stesso. Ciò richiede sensibilità critica e competenza tecnica, soprattutto nel campo dei beni culturali, laddove la fotografia supporta una conoscenza approfondita, sia quantitativa che qualitativa, e nuove possibilità di valorizzazione.

Si è aperta dunque una nuova stagione per la fotografia, che induce peraltro a guardare con rinnovato interesse alle figure e alle tecniche che hanno accompagnato la sua evoluzione.

Riferimenti bibliografici

Adami A., Baletti C., Guerra F. (2006). *Il Rilievo fotogrammetrico*. Quaderni IUAV 12.2000, Venezia, 5:25-27, 5:266-272. Venezia: IUAV.

Cundari C. 1983. *Fotogrammetria architettonica*. Roma: Edizioni Kappa.

De Carolis E. 2011. Alphonse Bernoud, fotografo a Pompei. Rivista di Studi Pompeiani, XXII. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Della Porta G.B. 1591. *Magiae naturalis libri viginti.* Francoforte: Iohann Aubry & *Claude* de Marne.

Docci M., Maestri D. 2009. *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Roma: Laterza.

Frisius R.G. (1558). *De Radio astronomico et geometrico liber*. Lutatiae: Apus Gulielmum Cavellat.

Mallet R. 1862. *Great Neapolitan earthquake of 1857. The first principles of observational seismology*, Londra: Chapman and Hall.

Papa L. M., Pascariello M. I., D'Agostino P. 2014). Le prospettive architettoniche: paradigmi di un percorso di ricerca in Campania. In: *Prospettive architettoniche. Conservazione digitale, divulgazione e studio* (a cura di Valenti G.M.), I, 817-828. Roma: Sapienza Università Editrice.

Remondino F., Fraser C. (2001). Digital Camera Calibration Methods: Considerations and Comparisons. Proceedings of the International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and the Spatial Sciences, 36(5), 266-272.

Note

1. Nel *Problemata Physica* Aristotele osservò l'eclissi solare da una stanza buia con un foro su di una parete dal quale filtravano i raggi del sole, appurando che al distanziarsi del foro dalla superficie di osservazione, il diametro dell'immagine qui sopra disegnata dai raggi del sole tendeva ad aumentare.
2. Il fisico francese Francois Jean Dominique Arago, Direttore dell' Osservatorio di Parigi, inventò diversi strumenti ottici. Era Segretario dell' Accademia di Scienze, e anche un influente esponente politico. Prima della fine del 1809 fu scelto dal consiglio della Scuola Politecnica per succedere a Gaspard Monge nell'insegnamento di Geometria Analitica. Fu lui, grazie alle sue disponibilità economiche, a pubblicizzare e finanziare Daguerre in molti suoi esperimenti.
3. Lo studio Vasari è conosciuto per la sua specializzazione in fotografie architettoniche, soprattutto del ventennioe del dopoguerra. Collezioni di immagini sono custodite presso l'International Museum of Photography and Film at George Eastman House di Rochester. presso l'Istituto Nazionale per la Grafica di Roma, e il Centro studi e archivio della comunicazione (CSAC) dell'Università degli Studi di Parma.

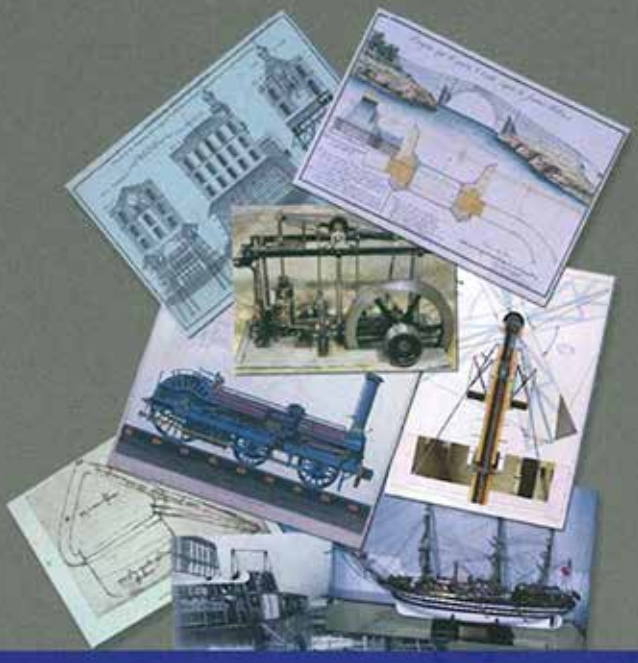
ISBN 978-88-86638-66-1

History of Engineering

International Conference on History of Engineering
Atti del VII Convegno di Storia dell'Ingegneria

Naples, 2018 April 23rd-24th

volume II



CUZZOLIN

a *Giuseppe Galasso*

History of Engineering
Storia dell'Ingegneria

Proceedings of the 3rd International Conference
Atti del 7° Convegno Nazionale

Naples, 2018 April 23rd - 24th

Volume 2

Editors

Salvatore D'Agostino, Francesca Romana d'Ambrosio Alfano

CUZZOLIN

First edition: april 2018
Prima edizione: aprile 2018



© 2018 Cuzzolin S.r.l.
Traversa Pietravalle, 8 - 80131 Napoli
Telefono +39 081 5451143
Fax +39 081 7707340
cuzzolineditore@cuzzolin.it
www.cuzzolineditore.com

ISBN 978-88-86638-66-1

All rights reserved
No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, including recording or photocopying, without permission of the publisher

Tutti i diritti riservati
Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta o trasmessa in alcuna forma o con alcun mezzo, compresa la registrazione o le fotocopie, senza il permesso dell'editore

Editorial Office / Redazione:
Maurizio Cuzzolin

Printing / Stampa: Vulcanica Print - Torre del Greco (NA)

Scientific Committee / Comitato Scientifico

Salvatore D'Agostino (Presidente)
Università di Napoli Federico II
Michele Brigante
Ordine degli Ingegneri della provincia di Salerno
Alfredo Buccaro
Università di Napoli Federico II
Vito Cardone
Università di Salerno
Mario Como
Università di Roma Tor Vergata
Edoardo Cosenza
Università di Napoli Federico II
Francesca Romana d'Ambrosio Alfano
Università di Salerno
Giulio Fabricatore
Università di Napoli Federico II
Giuseppe Galasso
Università di Napoli Federico II
Vittorio Marchis
Politecnico di Torino
Luigi Nicolais
Università di Napoli Federico II
Giuseppe Riccio
Università di Napoli Federico II
Luciano Rosati
Università di Napoli Federico II
Piero Salatino
Università di Napoli Federico II
Bruno Siciliano
Università di Napoli Federico II
Andrea Silvestri
Politecnico di Milano
Luigi Vinci
Fondazione Ordine Ingegneri Napoli
Alan F. Winfield
University of the West of England
Armando Zambrano
Consiglio Nazionale degli Ingegneri

Organizing Committee / Comitato Organizzatore

Rossella Del Regno
Università di Salerno
Andrea Lizza
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli
Boris Igor Palella
Università di Napoli Federico II
Giovanni Pastore
Università di Napoli Federico II

Scientific and Organizing Secretariat / Segreteria Scientifica e Organizzativa

CIBeC
Centro Interdipartimentale di Ingegneria per i Beni Culturali
Università degli Studi di Napoli Federico II
e-mail: cibec@unina.it
Tel: +39 081 768 2101
Fax: +39 081 768 2106

c/o Facoltà di Ingegneria
Piazzale V. Tecchio, 80
80125 Napoli

Supporting Parties / Enti Sostenitori

CIBeC
Università degli Studi di Napoli Federico II
Consiglio Nazionale degli Ingegneri
Ordine degli Ingegneri - Napoli
Ordine degli Ingegneri - Salerno
Automobile Club Napoli

Graphic Organization and Layout / Organizzazione Grafica e Impaginazione

Giovanni Pastore

Special thanks to / Speciali ringraziamenti a
Giuseppe Miranda
for the valuable collaboration /
per la preziosa collaborazione

For the images published Publisher remains available to potential beneficiaries

Per le immagini pubblicate l'Editore resta a disposizione degli eventuali aventi diritto

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SALERNO

CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI

Ordine degli Ingegneri della provincia di Napoli

Il Consiglio Nazionale degli Ingegneri e i Consigli degli Ordini degli Ingegneri di Napoli e Salerno partecipano, fin dalla prima edizione, alla organizzazione di questo importante evento di grande interesse scientifico e culturale, giunto alla settima edizione e che anche quest'anno è "Convegno Internazionale".

Al Comitato Scientifico, al Comitato Organizzatore, ai Relatori, agli Ospiti stranieri e ai partecipanti ai lavori giungano i nostri saluti, anche a nome di tutti i Colleghi che abbiamo l'onore di rappresentare.

Il presidente del Consiglio Nazionale degli Ingegneri
ing. Armando Zambrano

Il presidente dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Napoli
prof. ing. Edoardo Cosenza

Il presidente dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Salerno
ing. Michele Brigante

Summary / Sommario

Volume 1

Preface/Prefazione
Salvatore D'Agostino *XV*

La Storia e le Storie
Giuseppe Galasso *XIX*

Invited lectures / Relazioni a invito

The Journey of Robotics
Bruno Siciliano 3

The Ethical Roboticist: a Journey from Robot Ethics to Ethical Robots
Alan F. Winfield 13

HISTORY AND SCIENCE OF ENGINEERING
STORIA E SCIENZA DELL'INGEGNERIA

Da recinto murario a struttura difensiva: le trasformazioni delle cinte fortificate e dell'arte della guerra
Giovanna Greco 27

La gru degli Haterii: analisi della ruota
Matthias Bruno, Alessandra Carriero, Cinzia Conti, Giangiacomo Martines, Anna Maria Saccomanno, Fabio Sabbadini 45

Primato romano delle volte: il Tempio di Diana a Baia
Anna Sinopoli, Graziano Mario Valenti, Matthias Bruno, Cinzia Conti, Jessica Romor, Giangiacomo Martines 57

Viaggio ai confini dell'Impero: il Vallo di Adriano
Andrea Lizza 73

Viaggio lungo il Vallo di Antonino
Andrea Lizza 85

L'acquedotto augusteo del Serino a nord di Neapolis nell'area compresa tra la Sanità e i Ponti Rossi
Francesco Colussi, Carlo Leggieri 93

La vulnerabilità del costruito archeologico ruderizzato. Osservazioni sull'acquedotto romano sito nel territorio campano di Cava de' Tirreni
Piero Andriola 105

Elementi per ricostruire la macchina di sollevamento degli Haterii e le macchine per alberare navi
Pier Gabriele Molari 115

Il Colosseo: sulle ragioni del suo stato di danneggiamento
Mario Como 131

Una retrospettiva dei metodi di analisi strutturale di scale in muratura
Francesco Marmo, Daniele Masi, Luciano Rosati 153

Some remarks on historical sizing rules for arch-wall-piers systems
Danila Aita, Riccardo Barsotti, Stefano Bennati 165

Francesco di Giorgio: tecnologie costruttive per chiudere le spinte laterali delle volte - nei Trattati e nella consulenza per il duomo di Milano
Rosanna Di Battista, Pier Gabriele Molari 175

Influenze vinciane e martiniane sui modelli di fortificazioni urbane nel Mezzogiorno tra '400 e '500. Note dallo studio in corso
Alfredo Buccaro 189

Carolus Tettius Neapolitanus pingebat. La pianta di Napoli del 1560
Giuseppe Mollo 203

Tra utopia e realtà: visioni e pre-visioni nelle Machinae Novae di Fausto Veranzio. Parte prima: un "ingegnere" del Rinascimento
Massimo Corradi 215

Tra utopia e realtà: visioni e pre-visioni nelle Machinae Novae di Fausto Veranzio. Parte seconda: i ponti di Fausto Venanzio
Massimo Corradi 225

Geotechnical Engineering in Italy: a short history
Giovanni Calabresi, Renato Lancellotta, Carlo Viggiani 239

Duecento anni di chimica nella Scuola d'Ingegneria di Napoli. Parte prima: Dal decennio francese alla riforma Casati
Carmine Colella 257

Florence: the effects of earthquakes on the artistic heritage. Method and historical sources (15th-20th centuries)
Emanuela Guidoboni 267

Florence: a first concise dossier of seismic effects on artistic heritage (15th-20th centuries)
Emanuela Guidoboni 279

La conservazione del patrimonio costruito storico dal dal XVIII secolo al secondo conflitto mondiale
Salvatore D'Agostino 301

Il recupero della tradizione, la tradizione del recupero
Salvatore D'Agostino 315

Sulla conservazione del patrimonio archeologico, tra "minimo intervento" e "miglioramento": il restauro timido come manutenzione programmata
Salvatore D'Agostino 323

Alcuni lineamenti storici sul misuratore di livello sonoro
Carmine Ianniello 337

Dall'artificiale anatomico alla robotica: storia delle tecnologie per la disabilità
Luigi Traetta, Marco Ceccarelli 347

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL EVOLUTION
EVOLUZIONE SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

Rappresentare il progetto di architettura
Maria Letizia Conforto 359

La rivoluzione digitale e l'evoluzione del contatto sociale
Mario Calamia, Giorgio Franceschetti, Monica Gherardelli 369

I materiali vegetali nel linguaggio universale delle thòlos
Gigliola Ausiello 379

Breve storia della strumentazione meteorologica nella cultura occidentale
Fabrizio Benincasa, Matteo De Vincenzi, Gianni Fasano 393

L'ingegnere sopra e sotto il mare. La costruzione dei trabocchi, macchine per la pesca costiera
Luigi Marino, Paola Barone, Olivia Pignatelli 407

La storia del condizionamento in Italia attraverso la storia di una famiglia e di una Azienda
Alessandro Riello 421

La metrologia dei volumi: dagli aridi agli standard metri cubi, passando per moggi, pinte e galloni
Paolo Vigo, Agostino Viola 429

Il progetto del sistema antincendio della Basilica di San Paolo fuori le mura a Roma: un caso di sicurezza antincendio del XIX secolo
Monica Calzolari, Stefano Marsella 439

Dal sisma del 28-12-1908 al R.D. n.193/1909: i lavori della prima Sottocommissione
Stefano Cocco 449

Dal sisma del 28-12-1908 al R.D. n.193/1909: i lavori della seconda Sottocommissione
Stefano Cocco 461

Innovative technical ideas from the historical heritage
Carlo E. Rottenbacher, Edoardo Rovida 473

Città storiche e pavimentazioni stradali
Raffaele Amore 481

Urban standards in Italy. Successes, limits and new perspectives
Roberto Gerundo, Carlo Gerundo 493

L'ergonomia cognitiva nella progettazione di sistemi e interfacce uomo-macchina
Paola Cenni, Francesca R. d'Ambrosio Alfano 503

Le Olimpiadi di Roma: l'acciaio in gioco
Renato Morganti, Alessandra Tosone, Matteo Abita, Danilo Di Donato 511

Il tubo Innocenti e il "Sistema Nervi": la realizzazione artigianale delle grandi coperture in ferrocemento
Ilaria Giannetti 521

Le leghe ferrose per impiego strutturale dal XIX secolo ai nostri giorni: resistenze di progetto e proposta di una metodologia speditiva per la caratterizzazione meccanica
Gianmaria Di Lorenzo, Raffaele Landolfo, Angelo Avallone 529

Ingegneria meccanica e architettura: una sinergia verso nuove frontiere dell'abitare
Emilia Garda, Marika Mangosio, Mohamad Sadek Mortada 539

Chiusure verticali in acciaio e vetro: analisi di alcune singolari sperimentazioni italiane
Marcello Zordan, Franco Fragnoli 551

Virtual Tractor Project: SAME Autofalciatrice 851
Primo Ferrari, Carlo E. Rottenbacher, Edoardo Rovida 561

L'evoluzione storica delle macchine per la lotta agli incendi
Anna Natale, Ettore Nardi, Gabriella Valentino 571

L'evoluzione storica della prevenzione e gestione degli incendi: dalla Pompa di Ctesibio alla motopompa Tamini
Anna Natale 579

Evoluzione storica dell'industrializzazione nella val Pescara: antichi e nuovi processi produttivi
Claudio Mazzanti 585

La "prefabbricazione per l'emergenza": excursus storico dalla nascita alle moderne applicazioni
Santi Maria Cascone, Massimo Caporlingua, Giuseppe Russo, Nicoletta Tomasello 597

La fotografia per l'ingegneria, evoluzione, esperienze, prospettive
Lia Papa 607

Volume 2

ORIGINS AND TRAINING OF ENGINEERS
ORIGINI E FORMAZIONE DELL'INGEGNERE

Le competenze dell'ingegnere nel mondo islamico fra il X e il XVII secolo
Giuseppina Ferriello 619

Guido da Vigevano, from the Middle Ages a modern man
Carlo E. Rottenbacher, Edoardo Rovida, Giancarlo Genta, Serafino Bona, Giovanni Mimmi 631

Primi esami non accademici per unirsi al Corpo degli Ingegneri spagnolo nel XVIII secolo
Juan Miguel Muñoz Corbalán 643

La biblioteca dell'ingegnere. Studi di ingegneria, storia e architettura di Giovanni Angelo Reycend
Elena Gianasso 653

La nuova generazione di ingegneri-scrittori: Juan Rodolfo Wilcock
Vito Cardone 663

WORKS AND PROTAGONISTS BETWEEN ANCIENT AND MODERN
OPERE E PROTAGONISTI TRA ANTICO E MODERNO

Al servizio del re di Spagna: Francesco Prestino, ingegnere militare
Annalisa Dameri 675

L'attività di Tiberio Majeroni, ingegnere e cartografo della Serenissima nel XVIII secolo
Federico Bulfone Gransinigh 685

Un ingegnere del Genio borbonico tra Sette e Ottocento. Luigi Bardet di Villanova
Maria Gabriella Pezone 695

Carlo Afan De Rivera e il lavoro nell'anno della primavera dei popoli (1848)
Giuseppe Foscari 707

L'opera di Antonio Cipolla: i progetti per le Ferrovie Pontificie e per la sistemazione della città di Roma
Tatiana Loffa, Maria Luce Aroldo 717

L'attività dell'ingegnere Achille Viola in Sicilia tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento
Federica Scibilia 727

Giovanni Narici e l'esordio del Sistema Hennebique a Napoli
Rossella Melone 737

Ingegneria e Architettura lungo un secolo di storia. Lo studio degli ingegneri Inverardi dell'Aquila
Simonetta Ciranna, Marco Felli 749

Un archivio tra impresa, famiglia e impegno politico: il Fondo Noverino Faletti (1896-1991)
Stefano Morosini, Andrea Silvestri, Fabrizio Trisoglio 761

Un ingegnere da riscoprire: il contributo di Plinio Marconi in Campania
Simona Talenti 773

La figura di Pierluigi Nervi attraverso le opere torinesi. Palazzo di Torino Esposizioni e Palazzo del Lavoro
Maria Paola Marabotto 783

Le collezioni geo-mineralogiche del Politecnico di Torino
Margherita Bongiovanni, Carlo Clerici, Alessandro Delmastro, Lorenzo Mariano Gallo, Elisa Vanin 793

Il minareto Al-Hadba sopravvive nella memoria storica alla vandalica distruzione del giugno 2017
Ruggiero Jappelli, Valentina Jappelli 803

Pasquale Sasso: un ingegnere al servizio di una comunità
Alessio Mazza 815

IronBridge, the first metal bridge in the history of construction
Enzo Siviero, Viviana Martini 827

Il Thames Tunnel di Marc Isambard Brunel. Una storia disegnata a Firenze nel 1828
Elena Teresa Clotilde Marchis 835

I gasometri di Torino
Nadia Fabris 841

Viaggiare in tramway: linee e stazioni in Piemonte tra Ottocento e Novecento
Emilia Garda, Alberto Gerbino, Marika Mangosio 849

La valle dell'Aterno: dai tratturi alle strade ferrate
Francesca Geminiani 859

In tram da Roma ai Castelli. La linea dei Castelli Romani e lo sviluppo della Capitale e degli abitati circostanti nel Novecento
Patrizia Montuori 871

Aspetti inediti della partecipazione della Società G. A. Porcheddu all'Esposizione di Torino 1911. Percorsi critici tra documenti testuali e immagini
Giuseppa Novello, Federica Stella 881

Il Campo Littorio di Camillo Guerra a Salerno: le strutture in calcestruzzo armato tra innovazione e degrado
Federica Ribera 891

Dismissione, riuso, risorsa: il Palazzo di Giustizia di Salerno
Rossella Del Regno, Pasquale Cucco, Federica Ribera 897

Gli edifici scolastici dell'ingegnere Michele De Angelis a Salerno e provincia
Annarita Teodosio 905

La sede del comune di Lecco nel palazzo dell'ex Ospedale. Il progetto di adeguamento dell'ingegner Iosto Braccioni (1926-1928)
Serena Pesenti 917

Un inedito tipo edilizio: le colonie estive degli anni '30 in Abruzzo
Renato Morganti, Alessandra Bellicoso, Alessandra Tosone 927

Il ponte ferroviario S. Spirito lungo la linea Vairano-Isernia: il contesto storico-geografico e le tecniche costruttive
Damiano Santillo 939

L'opera di P.L. Nervi, esempio per una strategia di tutela
Ugo Carughi 951

Il Ponte Federico II di Svevia. Un unicum nella produzione di Riccardo Morandi
Elio Lo Giudice, Gian Luigi Di Marco, Roberta Mantione 967

Impossibile da calcolare! Il cantiere della buvette di Evian, fra intuizione creativa e rigore intellettuale (M. Novarina, S. Kétoff, J. Prouvé, 1955-57)
Giulia Marino 977

Ingegneria strutturale "made in Italy" in Sicilia: il ponte a tiranti sottesi sul fiume Cerami di Riccardo Morandi (1954-59)
Francesco Cammarata 987

Il Teatro Popolare Italiano (TPI) di Ezio De Felice, Elio Giangreco, Giuseppe Giordano e Vittorio Gassman: una sperimentazione di ingegneria, architettura e teatro
Alessandra Como, Luisa Smeragliuolo Perrotta, Simona Talenti, Annarita Teodosio 999

Le scuole in Abruzzo: un laboratorio per gli ingegneri del secondo novecento
Vincenzo Di Florio 1009

L'ippodromo di Tor di Valle a Roma e le sue Tribune
Margherita Eichberg, Michele Candela, Maria Luisa Mutschlechner, Alfredo Galasso 1023

Author Index / Indice degli Autori 1033

Giuseppina Ferriello

Le competenze dell'ingegnere nel mondo islamico fra il X e il XVII secolo

Abstract
A text designed to indoctrination performs differentiated and diachronic functions: it informs to train the practitioners of his time, it is also a source for knowledge of technical-scientific content and text structure, which over time can repeat patterns predetermined or varied. Still today, circulates the prejudice that the use of treaties and technical manuals is circumscribed only in the West-World; usually we consider only the contribution of the Greeks, Romans and Renaissance authors and are neglected texts elaborated by scholars of different ethnic, linguistic and cultural. The shortage of sources translated into European languages and prejudices of various kinds have led scholars to remain bound to their geographical and historical-linguistic area, overlooking a remarkable heritage of texts that - still today in a manuscript and unpublished form or published in non-European languages - allow to identify paths with passages. This study is based on direct translations of texts mainly from the Persian language; it addresses the problem of Islamic engineer skills by examining manuscripts and technical treaties.

Introduzione
Gli studiosi proto islamici - contrariamente a quanto si potrebbe immaginare - si interessarono alla cultura greco ellenistica e romana attingendo ampiamente alle fonti scritte: L'*ḥakīm* (il saggio) alla maniera greca vantava esperienza nel campo della filosofia, dell'astronomia, della matematica e della medicina, spesso era anche poeta e scrittore di belle lettere; la sua formazione si attuava attraverso le Arti del Quadrivio (astronomia, matematica, geometria e musica) e del Trivio (grammatica, retorica, dialettica) come è avvenuto in Occidente; il sapere del settore delle costruzioni comprendeva l'*honar* (arte), la *'elm* (scienza) o qualsiasi disciplina a carattere teoretico, la *ṣan'at* (artigianato) od insegnamento dall'accentuato carattere pratico e l'*'amal* (lavoro),attività che, in genere, non richiedeva partecipazione creativa ma abilità esecutiva; le matematiche comprendevano il calcolo elementare, la geometria piana, la geometria sferica e trigonometria, la *'elm al-aṭqāl* (scienza dei pesi) - che si riferiva allo studio dell'equilibrio dei corpi ed alla costruzione delle bilance - e la *'elm al-ḥiyal* (scienza dei congegni), che riguardava la costruzione delle macchine.

La lingua della rivelazioneera obbligatoria per la preghiera e veniva utilizzata quale lingua internazionale, da qui la ricorrente identificazione fra mondo islamico e mondo arabo, nonostante permanesse l'impiego delle parlate nazionali. Nel IX secolo, l'uso del disegno era ricorrente; basti pensare ai disegni di Moḥammad, Aḥmad e Ḥasan Bānu Mūsā, che si ispiravano ai congegni di Erone e di Filone, oppure ai disegni del *Compendio di Teoria e Pratica delle Arti Meccaniche* di al-Jāziri del XII secolo e dei tanti manoscritti di meccanica, che oggi mettono in luce un patrimonio di testimonianze significative integrate ai testi scritti.

Le tradizioni costruttive tipiche di popoli sedentari caratterizzarono, fin dall'antichità, il mondo iranico, nonquello arabo-beduino, come argutamente sottolinea nel XIV secolo Ibn Khaldūn nelle *Muqaddimah* (Le Premesse) alla Storia. Nel vasto territorio accumunato dalla nuova religione, per realizzare costruzioni tipiche iraniane come ghiacciaie e depositi per l'acqua, *qanāt* (acquedotti sotterranei) o ponti-diga tipici del posto – spesso venivano impiegate tecniche costruttive occidentali. Le tracce più evidenti e numerose sono nelle regioni dove furono stanziati genieri militari dopo la sconfitta di Valeriano a Epuda per mano del sovrano sasanide Shāpur I nel 259/60 d.C.. Maestranze e loro provenienza sono citate, comunque, già nelle iscrizioni celebrative delle attività costruttive di Dario I (559 - 529 a. C.) per il palazzo di Susa a proposito della provenienza degli operatori e dei procedimenti costruttivi: «*/.../ Quando lo scavo fu fatto, allora fu riversato il pietrame, in parte alto quaranta cubiti, in parte alto venti cubiti /.../e il pietrame fu accumulato e i mattoni furono battuti* [sopra] - *il popolo di Babilonia fece questo. Il legno di cedro, questo - c'è una montagna di nome Libano - da lì fu portato. Il popolo assiro lo portò a Babilonia /.../ gli scalpellini che lavorarono la pietra, questi erano Ioni e Sardiani /.../ gli uomini che lavorarono i mattoni, questi erano Babilonesi /.../*» (Pagliaro-Bausani, 1968). La sconfitta di Valeriano offrì l'occasione di impiegare prigionieri nella costruzione di dighe e di canali; la residenza dei legionari, per motivi di ordine logistico, venne stabilita in tre accampamenti dove vigeva libertà religiosa. Il campo principale era nei pressi dell'antica residenza reale di Susa, a nord di Shushtar e sulla strada di Dezfūl, in un'area dove i Romani contribuirono alla costruzione delle opere di irrigazione come il ponte-diga e le canalizzazioni[1] e dove venne istituita la scuola medica, che prese nome dal sito: Gundishāpur.

Nonostante i resti di imponenti costruzioni, gli studi sulle tecniche costruttive utilizzate in quelle aree non si sono sviluppati fra studiosi occidentali; in proposito D. H. Gye, in un lavoro del 1988, lamenta: *Little hasbeenwrittenaboutstructuralbehaviour of masonry buildings in a way whichisaccessible to architecturalhistorians, and stilllesswhichrefersspecifically to IranianIslamic buildings /.../* (Gye, 1988). Ma, più che di scarso interesse, la ricerca è stata condizionata da scarse competenze linguistiche[2] e da preclusioni di carattere culturale, che hanno affidato all'Occidente un ruolo significativo in settori come la filosofia, la scienza, la tecnica e la letteratura

tecnico-scientifica trascurando, invece, i contributi offerti di altri Popoli condizionando fortemente l'individuazione di interferenze reciproche.

Le competenze del tecnico del settore delle costruzioni

Intorno alla metà degli anni Cinquanta del Novecento, L. A. Mayer, volendo studiare le competenze di artisti ed architetti del vicino Oriente, in *IslamicArchitects and their works,* (Mayer, 1956) riprese alcuni lavori di fine Ottocento avvertendo l'esigenza di tratteggiare la figura professionale dell'architetto musulmano, cui non doveva essere stata estranea un'alta competenza tecnica e scientifica, tenuto conto del grado di perfezione nella costruzione di complessi sistemi voltati. Lo studioso lamentava l'assenza di lavori sull'argomento, eccetto poche biografie su maestri bizantini o leggende sorte attorno a personaggi come No'mān, l'architetto impegnato nella costruzione del castello di Khavarnāq, di cui tratta Nezamī di Ganje (1141-1204) nel poema *LeSette Principesse*[3]. Mayer ricorse all'epigrafia monumentale, che forniva molti spunti; egli ipotizzò che il termine *alāyadāy* (per mano di) indicasse non tanto l'architetto, quanto il supervisore degli edifici; che la scritta *kātaba*(egli scrisse) non si riferisse al compilatore dell'epigrafe, ma sostituisse l'espressione *opera di, lavoro di*; che la funzione dell'architetto venisse sottolineata con la posposizione del lemma *mu'allim* oppure *ostād* (maestro). Integrando il lavoro di Mayer (Mayer 1933) con quello più recente del persiano Kiānī[4],reperibile purtroppo solo in persiano, si ricavano oltre seicento nomi di operatori vissuti fra il VII ed il XIX secolo, che si possono suddividere in maestri, capimastri, lapicidi, decoratori, architetti, ingegneri, artigiani e operai. Dall'analisi onomastica affiorano differenti mansioni tra l'ingegnere e l'architetto, rapporti di formazione professionale tra appartenenti a uno stesso nucleo familiare e cooperazioni fra operatori stanziali o itineranti; le *nisbe* indicano la provenienza cittadina, geografica o familiare - permettono di identificare aree dove si sono concentrate presenze di carpentieri, ceramisti, decoratori, oppure *Mu'allemin*/*Ostādān* (maestri); le*kunye* specificano il mestiere del padre e, in alcuni casi, del nonno; anche la provenienza cittadina o geografica è presente, di solito corrisponde all'ultimo termine della sequenza e permette di individuare aree dove sorsero probabili scuole dedite a studi specifici e applicativi, come Ḥarran in Mesopotamia, dove era sviluppato lo studio dell'Astronomia, e il Khorāsān, regione estremo-orientale della Persia, odierno Afghanistān, dove dovette esistere una scuola di meccanica stando alla concentrazione di traduttori di testi di meccanica e di costruttori di strumenti e di macchine distribuiti in un arco cronologico attestato che va dal IX ad almeno il XII secolo.

In assenza di studi specifici sul mestiere dell'ingegnere/architetto nel mondo islamico, abbiamo ricercato informazioni in vari scritti; notizie sull'operatore, per esempio, sono in testi di filosofia, come la celebre *Enciclopedia degli Ikhwān al-Ṣafā'* (Fratelli della Purità) studiosi neopitagorici e neoplatonici operanti fra il IX e il X

secolo,redatta in lingua araba e in forma di Epistole. I Sufi - così detti dal saio di lana (*ṣuf*) - redassero la raccolta in forma di Epistole, erano traduttori di testi di filosofia e di matematica; loro fonti principali erano Euclide, Nicomaco di Gerasa, Pseudo-Aristotele, Archimede, Tolomeo, Porfirio, Ermete Trismegisto, Giamblico, Boezio, Democrito e Pitagora. L'Enciclopedia comprende indicazioni sull'operatore definito il *sanī* (l'artefice), che fa uscire la forma che è nel suo pensiero e la traspone nella materia; specifica che perpassare dall'ideazione alla concretizzazione il costruttore ha bisogno di tempo, spazio, materia, apparato, strumento, movimento ed anima; che il vero esecutore non è il corpo, ma l'anima e l'intelletto immortali. I confratelli elaborarono per le Arti e le Scienze una gerarchia che teneva conto dell'utilità generale del loro fine e nella quale Arti primarie sono l'agricoltura, l'arte tessile e l'edilizia. Gli Ikhwān attribuivano agli influssi astrali la disuguale attitudine delle persone ad apprendere le arti (Bausani, 1978) e spiegavano l'apprendistato diretto fra membri di una stessa famiglia: È sempre bene che i figli seguano le arti dei padri e dei nonni. In questo senso *Ardashir figlio di Bābak istituì l'obbligo per ogni casta di artigiani di non darsi arti estranee alla tradizione paterna e questo, per gli Zoroastriani, era considerato una legge religiosa. Ciò si faceva per proteggere il Regno, onde chi nonera Re non si azzardasse a desiderarlo /.../* (Bausani, 1978). Per motivare la relazione discepolo-maestro essi ricorrevano a tesi neoplatoniche: *L'apprendimento di un'arte è un passaggio da una conoscenza in potenza a una conoscenza in atto per mezzo di uno, il maestro, che ha già la conoscenza in atto. Ogni apprendista ha bisogno di un maestro, il quale a sua volta non apprese da sé ma ebbe un maestro. Al capo di questa serie c'è il maestro primo che non ha appreso arti da un altro uomo /.../* (Bausani, 1978); nella IX epistola sull'etica analizzano la gerarchia delle anime, che inseriva nella terza classe gli architetti/costruttori, subito dopo i mercanti e prima di re e politici[5] (Bausani, 1978).

Perfino i testi di matematica contengono indicazioni sulle mansioni dei tecnici. Interessante, in proposito, l'introduzione dell'a*l-Jabrwa-'l-muqābala* (l'Algebra) di Moḥammad b. Mūsā al-Khwārizmī (780-850c): *Oggetto di questo libro è il calcolo in caso di eredità e di possedimenti, di suddivisioni in caso di partecipazioni ereditarie, di prescrizioni governative ed anche nel caso di qualsiasi altra questione relativa a contrattazioni come, per esempio, la suddivisione dei terreni, le misurazioni* [delle portate] *fluviali, nella topografia e nelle altre trattazioni di scienze matematiche /.../* (Khadivjām, 1343H/1985[6]. Il matematico propone esempi di partecipazioni ereditarie, casi di malattie menomanti la volontà dell'individuo, si occupa del computo di portate fluviali e di superfici, mansioni che trovano riscontro anche in trattati tecnici di agrimensura, genere letterario che comprende i testi indirizzati al *māsiḥā* (agrimensore), i quali dimostrano che l' *Agere de arte* e l' *Agere per artem* hanno interessato il *Demonstrator*e l'*Exercitator* del mondo orientale al pari degli omologhi occidentali, ai quali molti testi pervennero grazie alle traduzioni. Esempla-

ri sono i *Ketābhā-ye usūle mesāḥat* (Testi sulla consuetudine in agrimensura) della *Majmu'a* (Raccolta) *n° 169 Ancien Fonts*, della sezione *Manuscrits orientaux* della Bibliothéque Nationale de France a Parigi. I codici includono immagini, tabelle riassuntive, descrizioni di strumenti topografici ritrovati pure in un trattato di ingegneria idraulica dell'anno Mille; danno informazioni sulla metrologia, sulle differenti unità dimensionali utilizzate nei differenti settori. Vari testi contengono descrizioni di livelle ed informazioni sulla misurazione delle volte in muratura; interessanti sono le analogie coi lavori latini dei *Gromatici Veteres*[7], coi quali esistono corrispondenze nei contenuti e nella successione degli argomenti, comprese immagini che corredano i postulati, i teoremi e la descrizione delle fasi operative nelle quali erano impegnati gli agrimensori. La fonte principale è identificabile nei lavori di Euclide, autore che annovera circa quaranta traduttori arabo grafi entro il XIV secolo.

Intorno al Mille, gli studiosi musulmani avevano acquisito i testi antichi che traducevano, rielaboravano ed integravano con nuovi argomenti. Essi inserivano nei propri lavori citazioni e riferimenti alle 'opere degli antichi' e, nello stesso tempo, riformavano i testi tecnici inserendo dimostrazioni matematiche. Un buon ingegnere era esperto nella preparazione e nel dosaggio dei materiali da costruzione; ideava livelle per traguardare e misurare distanze ed altezze di luoghi distanti dal topografo; sapeva individuare la presenza di acque nel sottosuolo; era conoscitore di astronomia ed esperto in diritto. Attuale la descrizione del consigliere - figura simile al direttore dei lavori - nel trattato *L'estrazione delle acque nascoste* del matematico-ingegnere Abū Bakr ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥuseyn al-ḥaseb al-Karajī. Al consigliere era affidata la stesura della perizia estimativa dei lavori da eseguire dopo essere stato sul posto e averli concordati con il muratore, valutandoli per unità dimensionale ed includendo nel costo le tasse statali; l'ispettore aveva l'obbligo di sorvegliare la costruzione per evitare che il proprietario sprovveduto potesse essere raggirato dal furbo impresario.

Nativo del Jābal iraniano (morto entro il 1037), Karajī da giovane, si trasferì a Baghdād, dove fu ingegnere di strade, canali e ponti e direttore della *Bayt al-Ḥikmāh* (Casa della Scienza/Sapienza) importante centro di studi e di traduzioni. Nella nuova capitale, intorno al 404 E./c.1011 d.C., egli compose varie opere, fra le quali *al-Fakhri* sulle equazioni differenziali e del quale il successivo *al-Badi'*, *al-Kāfī fi-l-Hisāb* (Ciò che è sufficiente per il calcolo) dedicato al funzionamento della Pubblica Amministrazione: un compendio di Aritmetica, Algebra, Geometria e Catasto. Lavori oggi dispersi sono il *Kitāb fi-Hisāb al-Hind* (sul sistema di numerazione indiano), *Risālah fi-l-Istiqrā* (Trattatello sull'analisi determinata), *Kitāb Nawadir al-Ashkāl* - su problemi risolvibili algebricamente - *Kitāb 'Uqud al-Abniyyah* (trattato sulla Costruzione). Karajī merita un posto di rilievo fra i trattatisti; egli opera a cavallo del millennio, un'epoca in cui in Occidente non si compilavano più trattati e il *De Architectura* era celato negli *scriptoria* monastici; numerosi sono le condivisioni tematiche con autori greci e latini, che ritroveremo in Leonardo Pisano/Fibonacci

nel XIII secolo.

L'estrazione delle acque nascoste si compone di 7 sezioni ripartite in 25 capitoli; riguarda la costruzione dei *qanāt* (acquedotti sotterranei) e si segnala per le numerose informazioni sulle competenze del tecnico, per le precise indicazioni di carattere tecnico e scientifico, per lo stile ed i frequenti richiami a più antichi testi convalidando l'ipotesi della preesistenza di Trattati, ai quali non abbiamo avuto finora accesso[8], ma la cui esistenza non si può escludere considerato anche il grado di perfezione raggiunto dal testo di Karajī. Molte sono le analogie col *De Achitectura* di Vitruvio. L'autore - persiano ma arabografo in linea con la consuetudine dell'epoca - inserisce nel trattato dimostrazioni geometriche, sulle quali basa la costruzione delle sue livelle, che distingue rispetto a quelle viste utilizzare da altri per le quali si limita a fornire la descrizione, che pure è molto dettagliata. Lo studioso persiano affronta sotto vari aspetti il problema dell'approvvigionamento idrico e della ripartizione dell'acqua; informa sull'attrezzatura di cantiere e perfino sulla dieta alimentare che deve osservare l'operaio che lavora sotto terra; suggerisce come impermeabilizzare canali e condotte usando malte idrauliche oppure sagome di legno prefabbricate, a seconda della geologia e della morfologia dei luoghi; aggiunge informazioni sui materiali naturali, su mattoni e malte e dà consigli perché il proprietario dell'acquedotto non sia raggirato e perché siano pagate le giuste tasse.

In linea con la cultura enciclopedica del tempo, il trattato considera l'aspetto scientifico-filosofico e naturalistico dell'elemento acqua, le relazioni con la geologia, la botanica e l'astronomia; contiene riferimenti a sentenze della *Shari'ā* su questioni che possono sorgere a seguito di interventi di prossimità di acquedotti. Karajī analizza dapprima questioni geofisiche; descrive le montagne ricche di acqua analizzando i relativi segni naturali; analizza il moto terrestre e le stagioni dell'anno solare per poi ritornare ad argomentazioni di natura fisica: i vari tipi di terreni, caratteristiche organolettiche delle acque, potabilizzazione. Dal XVIII capitolo in poi, affronta problemi pratici relativi alla costruzione degli acquedotti ed all'uso degli strumenti topografici, per l'utilizzo dei quali fornisce giustificazioni su basi geometrico-matematiche supportate da teoremi. Il trattato si conclude affermando: *Pur conoscendo tali contenuti, so, tuttavia, che il tema non sarà esaurito né sintetizzando l'intero discorso, né ampliandolo. Sono debitore ad Allāh della copiosa grazia e degli sconfinati favori che la sorte mi ha concesso* /…/ (Ferriello, 2007).

L'estrazione delle acque nascoste fu ultimato entro il 1017, probabile data della morte di Karajī, un epoca in cui l'Occidente non componeva più trattati tecnici ed erano trascorsi circa dieci secoli da quando Vitruvio aveva scritto i dieci libri sull'*Ars edificatoria* relegati negli *scriptoria* monastici fino al XIV secolo. Nell'ultima parte del testo, l'autore affronta diversi argomenti di natura legale, i problemi dello scavo dei *qanāt,* dell'aerazione e del superamento di ostacoli imprevisti per terminare con '*ciò che i committenti devono esigere dagli esecutori'*, un vero e proprio manuale

per un moderno direttore dei lavori. Egli precisa: */…/ va, inoltre, stimata la spesa da sostenere per il dragaggio dell'acquedotto; prima dell'inizio del lavoro; pertanto, si entri all'interno del qanāt, in modo da effettuare un'ispezione e calcolare col moqanni* (l'operaio costruttore di acquedotti sotterranei) *la spesa valutando se il dragaggio di ogni galleria del qanāt comporti l'estrazione di melma dura o morbida. Occorre stimare con precisione la spesa, riferita unitariamente a cubito e comprensiva già di* shah-ū-samār (tassa governativa). *Dopo che il moqanni ha completato il dragaggio, un esperto ispezioni da cima a fondo il lavoro eseguito e lo stimi. Se il lavoro è conforme al contratto, è corretto ed esatto lo si può pagare; se invece non lo è, l'entità della faciloneria e della trascuratezza del moqanni comporterà una certa riduzione, che è in relazione a quanto stabilito in precedenza. Si può anche valutare in perdita quanto quel tale ha estratto dal qanāt. Infatti il moqanni mescola una certa quantità di melma e vi versa sopra uno o due secchi di acqua e pretende che il padrone o l'ispettore glielo paghi. In altri casi poi, il moqanni non effettua il dragaggio delle parti più distanti dal qanāt, dal momento che estrae soltanto la melma del fondo del pozzo più prossimo, mentre non effettua affatto la pulizia delle altre porzioni. Per qualunque moqanni che si astenga dal seguire la decisione dell'ispettore consigliere la prosecuzione del lavoro sarà senza alcun profitto e l'esecuzione imprecisa /.../. Il datore del lavoro che non va sul fondo del pozzo a controllare se il moqanni ha eseguito il suo lavoro soltanto nella zona più prossima è da considerare ingannato, incauto e facilone /…/*(Ferriello, 2007).

Anche le classificazioni delle scienze, genere letterario diffuso nel mondo islamico, o testi di Storia possono contenere indiretti riferimenti al settore delle costruzioni, come le *Muqaddimāh* (Premesse [alla Storia]) di Ibn Khaldūn (1332 - 1406) o il repertorio delle Nazioni, *Kitāb kashf al-zunūn al-'ansāmi al-kutub wa-'l-funūn* (Libro su persone e scrittori di vari Paesi) di HajjiKhalifah tradotto in latino nel XVII secolo. Le arti e le scienze per lo storico tunisino derivano dall'attitudine umana a produrre e sono l'elemento principale che distingue l'uomo dall'animale; esse si rapportano all'evoluzione raggiunto dai singoli gruppi; il grado di perfezione nell'architettura dipende dal livello di stanzialità della comunità che le esprime e che si caratterizza con la costruzione di edifici in muratura; le tecniche costruttive variano in rapporto al clima, all'area geografica, ai materiali disponibili; i diversi materiali vengono utilizzati in base alla loro resistenza nelle diverse parti degli edifici.

Il campo dell'architettura si estende alla pianificazione urbana ed alla costruzione dei monumenti, mentre gli operatori sono differenti l'uno dall'altro: alcuni intelligenti e abili, altri inferiori (Ibn Khaldūn). Le autorità ricorrono al consiglio degli architetti per realizzare le costruzioni, nelle quali essi sono più versati in quanto competenti delle leggi, in grado di fabbricare acquedotti sotterranei e sanno suddividere le proprietà. La preparazione dell'architetto differisce a seconda del proprio gruppo etnico e dei relativi vari gradi di perfezione nelle arti e nell'artigianato. Per

esempio, nei Paesi del Mediterraneo la vita stanziale ha fatto sì che si raggiungesse un notevole livello di perfezione sia nelle arti principali, sia nelle secondarie; laddove gli Arabi hanno importato le tecniche da altri Paesi (Cina, India, Turchia, Nazioni cristiane). Riguardo alla formazione professionale, l'architetto/l'ingegnere conosce la geometria, che sfrutta pure per costruire congegni meccanici idraulici, maneggia funi e pulegge per il trasporto di grossi blocchi di pietra e grazie all'applicazione pratica di regole di geometria egli ha potuto costruire edifici monumentali non dovuti a dei giganti, bensì agli uomini capaci di utilizzare congegni (IbnKhaldūn, 1958). Le tecniche costruttive variano in rapporto al clima, alla geografia, ai materiali disponibili. L'architettura è un'arte necessaria, segue l'agricoltura ma precede la carpenteria e l'arte tessile (IbnKhaldūn)[9]. Lo storico lamenta la scarsa attenzione degli Arabi beduini verso la pianificazione urbana ed attribuisce alla loro mancata dimestichezza con le arti i ricorrenti crolli di edifici; ritiene che l'assenza di una civiltà stanziale - l'unica in grado di produrre monumenti - comporti l'impiego di materiali deperibili, mentre la scarsa produzione o insufficiente importazione di materiali più idonei - come pietra e marmo - provocano lo smembramento degli edifici esistenti per recuperare e riutilizzare il materiale.

Nel XVII secolo Ca'fer Efendi compone il *Risāle-i Mi'māriyye* (Trattato di Architettura) (Crane, 1987) in cui delinea la figura dell'architetto, la sua formazione, i suoi interessi, il suo campo d'azione. Lo studioso riporta glossari tecnici dei materiali da costruzione, delle varie tipologie edilizie, degli attrezzi ecc. indicando per ciascun lemma la provenienza geografica. Il trattatoè in forma di *Tazkere* e alterna brani di prosa a poesia rimata; inizia con la biografia di Mehmet Aga, discepolo di Koca Sinān architetto di S. Sofia di Costantinopoli, del quale e fino al sesto capitolo elenca le opere; nel settimo capitolo descrive le differenti unità di misura: cubito in uso presso gli architetti e cubito quale comune unità di misura delle lunghezze, altre unità utilizzate in Turchia, in Persia e nel mondo arabo; nell'XI capitolo esamina il lessico delle tipologie architettoniche (Madrasa, Caravanserraglio, Moschea, Minareto, Kuba, Minbar, ecc.); nel successivo considera i materiali da costruzione e gli operatori del settore; di seguito dà notizie sulla carpenteria. Il capitolo conclusivo,il XV, contiene l'invocazione della benedizione di Allāh su Meḥmet Agā e la data che è 1023 H/1614 d.C. Dal testo si ricavano ulteriori utili informazioni: l'amministrazione statale includeva cinque *emīn*(commissari) inquadrati nel Servizio esterno: lo *sheir emīni* (commissario della città) - cui competevano la supervisione degli edifici imperiali e il controllo delle risorse idriche - assistito da funzionari subalterni, fra i quali il *mi'mār bāshī* (Architetto capo) ed il *su nāziri* (Ispettore delle acque); il commissario della città controllava le costruzioni nella capitale e curava l'approvvigionamento dei materiali da costruzione; il *mi'mār bāshī* possedeva specifica e riconosciuta competenza tecnico-scientifica ed artistica, l'amministrazione esercitava il controllo in modo che nessun edificio potesse essere restaurato o costruito *ex novo*

senza la sua autorizzazione; alle dipendenze egli aveva due architetti assieme ed un certo numero di Ispettori e di Sovrintendenti. La demarcazione fra le competenze dello *sheir emīni* (ispettore della città) e dell'Architetto capo non era netta: all'uno o all'altro talvolta facevano capo il *ta'mirāt mudīri* (Direttore del restauro), il k*arecci bāshi*(Capo calcinaio) e l'*enbār emīni* (Direttore dei magazzini) (Gibb e Bowen, 1950); il progettista era persona diversa dal costruttore; la trasmissione del mestiere non avveniva più tra i componenti di uno stesso nucleo familiare, parallelamente a quanto accadeva in Occidente. Fondamentali negli scambi culturali sono risultati i contatti diretti fra le maestranze, ma non meno importanti furono la conservazione e la trasmissione di antichi testi. Un ruolo basilare nella trasmissione del sapere in Occidente attraverso le traduzioni volte dall'arabo in latino e greco lo avranno Gerberto di Aurillac (poi papa Silvestro II), Gerardo da Cremona, Domenico Gundisalvi, Platone da Tivoli, Johannes Hispalensis, Magistro Dragone, Roberto di Chester, Egidio de Tebaldis ed altri accanto ai traduttori toledani ed italo-siciliani del XII secolo versati nella divulgazione di opere di filosofia e di scienza greche ed arabe. Diretta conseguenza della trasmissione del sapere saranno le innovazioni nei programmi degli insegnamenti nelle prime Università, per esempio Parigi (Weber, 1984) dove emergeva evidente l'influsso del persiano arabografo Avicenna nelle versioni latine delle sue principali opere disponibili intorno alla metà del XII secolo prima che fosse tradotto Aristotele.

Bibliografia

Bausani A. 1978. L'Enciclopedia dei Fratelli della Purità. *Atti del Seminario di Studi Asiatici*, Istituto Universitario Orientale, 70-71. Napoli

Çelebi K. 1835. *Lexicon Bibliographicum et encyclopædiarum a Mustafa Ben Abdallah/ Katib Jelebi dicto et nomine Haji Khalifa introduxit Gustavus Flugel*. 7 voll. , Leipzig and London: Flugel.

Crane H. 1987. *Risāle Mi'māriyye* (Trattato di Architettura), *an early-seventeenth-century ottoman treatise on architecture, facsimile with translation and notes.* Leiden-New York-København-Köln: Brill Academic Pub.

Ferriello G. 1993. *Le tecniche costruttive nel Medio Evo Islamico attraverso le fonti persiane*, Tesi di Laurea in Lingue e Letterature orientali, I. U. O. Napoli.

Ferriello G. 1995. Problemi di Storia della Scienza nel trattato medievale di idraulica del persiano Karajī. Oriente Moderno, Nuova serie, XIV (LXXV), 7-12, 267-285.

Ferriello G. 1999. I"costruttori" ed "Il costruire", nel Kitâb (Libro) del mondo islamico fra il VII ed il XVII secolo. Accademia Pontaniana, Atti/2004, .

Ferriello G. 2007. *L'estrazione delle acque nascoste, Trattato tecnico-scientifico di Karaji, matematico-ingegnere persiano* Torino: Kim Williams books.

Ferriello G. 2009. Il Ketāb-e Uṣul-e mesahāt persiano (il trattato persiano di agrimensura), contributo alla storia della scienza in Irān. In: Atti Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Modena, *Memorie Scientifiche, Giuridiche, Letterarie* Ser. VIII, XII(I), 359-373.

Ferriello G. 2010. Fondamenti teorici dell'agrimensura persiana nella Majmu'a n° 169 della Bibliothèque Nationale de France di Parigi. In: Atti Accademia Nazionale Scienze Lettere e Arti di Modena, *Memorie Scientifiche, Giuridiche, Letterarie*, Ser. VIII, XIII(I), 1-6.

Gibb H. A. R. , Bowen H. 1950. *Islamic Society and the West, a study of the impact of Western civilization on Moslem Culture in the Near West*, I, 84-85. London-New York-Toronto: Oxford University Press.

Gye. D. H. 1988. Arches and domes in Iranian Islamic Buildings: an Engineer's Perspective. In: *Iran, vol. XXVI*/1988, 129-144. London: The British Institute of Persian Studies.

Ibn Khaldun. 1958. *The Muqaddimah* (Le Premesse), *an introduction to History*, trad. di Franz, 3 voll. London: Ed. Rosenthal.

Khadivjam H. 1967. *Estekhraje Ābhā-ye Penhanī* (L'estrazione delle acque nascoste). Tehrān: Boniād-e Farhang-e Irān (Fondazione culturale iraniana).

Khadivjam H. , 1985. *Moḥammad Musā Khwārazmī, Jabr wa muqābalah* (Algebra). Tehrān: Anshārāt-e Āṭlāiāt

Kiāni M. Y. c. 1987. Ostādkārān, Me'mārān-e dowre-ye eslāmī (Maestri e Architetti di epoca islamica). In: *Me'mari-ye doure-ye Eslāmi* (Architettura di epoca islamica), 415-424. Tehrān: Ministry of Islamic Guidance Press.

Kuros Gh. c. 1972. *Āb va fann-e ābyārī dar Irān-e bāstān* (Acqua e Tecnica idraulica nell'antico Iran). Tehrān: Vezarāt-e Nirū.

Mayer L. A. 1933. *Saracenic Heraldry*, Oxford: University Press.

Mayer L. A. 1956. *Islamic Architects and their works*. Genéve:Albert Kundig Press.

Nezāmi di Ganje. 1982. *Le Sette Principesse*, trad. A. Bausani, 78-79. Milano: BUR Rizzoli.

Pagliaro A. , Bausani A. 1968. *La Letteratura persiana*. Milano: Rizzoli.

Sotude M. 1989. Ḥonarmandān-e dowre-ye eslāmī (Artisti di epoca islamica). In: *Me'mari-ye doure-ye Eslāmi*(Architetti di epoca islamica) (Kiāni M. Y. ed.), 425-466, Tehrān: Ministry of Islamic Guidance Press, 1366.

Toneatto L. 1994. Codices Artis Mensoriae, *I manoscritti degli antichi opuscoli latini d'Agrimensura (V - XIX sec.)*, 3 voll. Spoleto: Centro Italiano di studi sull'Alto Medioevo.

Weber E. 1984. La classification des Sciences selon Avicenne a Paris vers 1250. In: AA. VV., *Etudes sur Avicenne*, 77-101. Belle Lettres, Paris

Bibliografia di riferimento generale

AA. VV. 1994. *Science et vie intellectuelle a Alexandrie (Ier - IIIe Siècle)*, Paris Publications de l'Université de Saint-Étienne.

Badawi A. 1987. La Transmission de la Philosophie Grecque au Monde Arabe. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin.

Baffioni C. 1995. Valutazione, utilizzazione e sviluppi delle scienze nei primi secoli dell'Islām. *Atti del Simposio Internazionale La civiltà islamica e le scienze* (a cura di Sarnelli Cerqua C. , Pelfer P. G. e Marra O.), Firenze, 23 novembre 1991, Napoli: CUEN

Carra De Vaux, B. C. 1893. Les Mécanique ou l'élévateur de Héron d'Alexandrie, publiées pour la premièr fois sur la version arabe de Qusṭā ibn Lūqā, et traduit in français par M. Le Baron Carra De Vaux. *Journal Asiatique*, IX(1), 387-472, X(2).

Ferriello G. 1998. *Il sapere tecnico-scientifico fra Iran e Occidente una ricerca nelle fonti, Tesi di Dottorato di ricerca in Studi Iranici.* Napoli: Istituto Universitario Orientale.

Ferriello. G. 2005. The lifter of Heavy Bodies of Heron of Alexandria in the Iranian World. In: *Nuncius*, 327-345. Firenze: Leo S. Olschki.

Ferriello G. 2016. La diffusione della Meccanica di Erone in ambito iranico. In: *AA. VV. Scienze e Rappresentazioni*, *Atti Convegno* di Vinci in memoria di Pierre Soffren, settembre 2012, 69-87. Firenze: Leo Olschki.

Ferriello G. , Gatto M. , Gatto R. 2016. *The Baroulkos and the Mechanics of Heron*, Leo Firenze: Leo Olschki.

Gatto R. 2002. *Galileo Galilei, Le Mecaniche, Edizione critica e saggio introduttivo di Romano Gatto*. Firenze: Leo Olschki.

Ivor, T. 1939. *Selections illustrating the History of Greek Mathematics*, II. London, Cambridge: Loeb Classical Library, Harvard University.

Jaouiche, Kh. 1971. La Statique chez les Arabes. Atti Accademia Nazionale dei Lincei, *Convegno internazionale Oriente e Occidente nel Medio Evo: filosofia e scienze*, 9-15 aprile 1969, 731-740. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei.

Jaouiche Kh. 1976. , *Le Livre du Qarasṭūn de Ṭābit ibn Qurra, étude sur l'origine de la notion de travail et du calcul du moment statique d'une barre homogène*. Leiden: E. J. Brill.

Nategh M. J. 2015-2016. An Investigation on the Originality of the Persian Manuscripts on Lifting Heavy Weights. *Tarikh-e 'elm* (Rivista di Storia della Scienza), 12 (1/3), 101-119.

Nategh M. J. 2017. *Moḥandis-e mekānikī dar tamadan-e Eslamī* (Ingegneria meccanica in epoca islamica). Tehrān: Markaz-e Nashir dāneshgāmī (Centro Stampa dell'Università).

Roshdi R. 1997. *Histoire des sciences arabes: mathématiques et Physiques*, t. 2 Paris: Seuil.

Schiøler T. 1973. *Roman and Islamic Water-Lifting Wheels*. København:Odense Universitetsforlag. Vesel Ž. 1986. *Les Encyclopédies persanes, essai de typologie et de classification des sciences.* IFRI Mémoire n. 57. Paris

Victor, S. K. 1979. *Practical Geometry in the high Middle Age Artis cuiuslibet consummatio and the Pratike de Geometrie*. Philadelphia: The American Philosophical Society.

Vitrac, B. 1992. A propos de la chronologie des oevres d'Archimède. In: AA. VV. , *Mathématiques dans l'Antiquité, Université de Saint Étienne*. Paris

Woepcke F. 1855. L'Histoire des Sciences Mathématiques chez les Orientaux, d'après des Traités inédits Arabes et Persans. *Journal Asiatique*, Cinquiéme Série, Tome V, 218-256.

Woepcke F. 1860. Recherches sur l'Histoire des Sciences Mathématiques chez les Orientaux. *Journal Asiatique*, cinquième série, Tome XV, 281-320.

Sitografia

[1] https://www.kimwilliamsbooks.com/open-access/87-l-estrazione-delle-acque-nascoste-trattato-tecnico-scientifico-di-Karajī.html

[2] http://www.muslimheritage.com/article/muhammad-al- Karajī

Note

Le traduzioni, se non differentemente specificato, sono dell'autrice del lavoro.

1. Una dettagliata descrizione delle opere di irrigazione e di contenimento delle acque nel distretto è in (Kuros, 1972c) .
2. Questo contributo è basato su fonti scritte e ha radici in (Ferriello, 1993) e in Ferriello (1998).
3. /.../*Un artigiano degno di te* /.../ *esiste ed è un famoso architetto del paese di Rūm, così abile che maneggia la pietra come cera, destro, agile, dal delicato lavoro, un discendente di Sām che si chiama Semnār* /.../ *Sebbene egli sia noto come architetto, è anche maestro*

di mille pittori, inoltre è osservatore attento degli astri e conoscitore delle altezze celesti, e il suo sguardo, dalla coda del ragno dell'astrolabio, ha intessuto mucillaginose tele nei cieli. Acuto come Apollonio il Greco, sa nel contempo fissare tavole d'astri e sciogliere talismani; è a conoscenza degli esseri velati del firmamento, degli assalti notturni della luna, delle vendette del sole /.../». E In un altro passo: «/.../*Quando Bahrām della corona di Kei-Qobād ebbe alzato fino alla luna il diadema di Kei-Kosrov, creò un Bisotun dal cuore del calamo, tale che il Bisotun di Fahrād ne fuggì umiliato*/.../ (Nezāmi di Ganje, 1982).

4. Cfr.Kiāni, 1989 e Sotude, 1989.
5. La classificazione è: I, operai e artigiani; II, mercanti; III,architetti e costruttori; IV, re, militari, politici; V, servi e viventi alla giornata; VI, malati cronici e disoccupati; VII, dotti e religiosi. Ogni categoria aveva sottoclassi. Sugli Ikhwān al-Ṣafâ esiste una specifica bibliografia alla quale si rinvia. Per le citazioni abbiamo utilizzato (Bausani, 1978).
6. L'Algebra è disponibile in una versione latina – *Liber algebrae at almuchabala* – priva dell'introduzione - probabilmente per motivi di ordine religioso in quanto includeva la *basmala*, invocazione ad Allāh perché desse la sua assistenza durante la compilazione di un'opera -, in una versione araba e in una persiana di HuseynKhadivjam, c. 1985.
7. Fra gli studi recenti: (Toneatto, 1994); per i manoscritti destinati al *Masiha*(agrimensore).
8. Cfr. Ferriello, 2007; il lavoro include confronti con testi greci e latini; sulla trasmissione del sapere del periodo classico ed ellenistico e il mondo proto islamico.
9. Varie informazioni sono nel genere letterario degli Adāb (Consigli) e in repertori biografici come quello di Haji Khalifa - KatibÇelebi - che, sotto forma di enciclopedia bibliografica in arabo, riporta oltre 14.500 voci. Sulla classificazioni delle matematiche applicate specifica : /.../ *Geometriaesubjectaesunt: Architectura (latissimosensu) - optice - doctrinaspeculorumcausticorum - doctrina centra onerumportandorumcognoscendi - ars mechanica - geodesia - doctrinaaquas in terra occultas (ad irrigandosagros) eliciendi - doctrinamachinasbellicasstruendi - ars missiliajacendi - doctrinaaequationistemporis - ars horologica - doctrina rerum nauticarum - ars natandi - statica et cognitiolibrarum - doctrinainstrumentorumpneumaticorum, quorum constructio ex lege necessaria pendet*/.../ / (Çelebi, 1835).

Carlo E. Rottenbacher, Edoardo Rovida,
Giancarlo Genta, Serafino Bona, Giovanni Mimmi

Guido da Vigevano, from the Middle Ages a modern man

Abstract
Aim of the proposed paper is to report an experiment realized at the University of Pavia, following an idea from the DucaliA Association, in Vigevano, a small town in Lombardy. Such experiment is a deep research about the life and the activity of Guido da Vigevano (about 1280 - about 1349) born in Vigevano. Guido was Physician and Engineer. As Physician, he was active at the French court. As engineer, he conceived a vehicle actuated by wind. The remarkable aspect of such vehicle is the idea of the positioning of a windmill, with a revolving cap, on a two-axle wagon: the rotation of the sails sets in rotation, through a driveline, the wheels, to allow the movement of the vehicle.

In the proposed paper, the research to investigate the deepest aspects of the idea of Guido is described. In particular, a working group of students of the Bachelor Degree in Engineering of the University of Pavia was involved in the research: the result moved from different academic thesis (each of them dedicated to a specific aspect of the car: e.g. the wheels, the frame, the transmission system, the steering system and so on) to the realization of a philological model of the wagon.

In the paper, some of the most important acquisitions from the research are presented and described with examples. In particular, the methods followed to reach the objectives are highlighted.

Introduction
Guido da Vigevano was a remarkable figure as medieval Physician and Engineer. Born in Vigevano in 1280, he studied Medicine in Bologna with Mondino de' Liuzzi (1270-1326) and became personal doctor of the Queen of France Jane of Burgundy, wife of the King Philippe VI Valois (1293-1350). In the last part of his life in fact, due to political reasons, Guido moved from Lombardia, in the north of Italy, to France where he lived at the royal court. The study of the works of Guido, those relating with Medicine and Anatomy, *Liber Notabilium and Texaurus Regis Francie-Liber conservacionis sanitatis senis*, and the one on war machines, *Texaurus Regis Francie-Modus acquisitionis*, reveals an interesting originality that lies on curiosity and, in some cases, on personal experimentation. Moreover, and this is of the utmost importance for the present research, Guido seems to develop in his writings a meth-

od of description based on the alternation of text and figures (Fig. 1). This method, used to make it easier for the reader the understanding of the text, can be considered as an anticipation of the conception *figurare e descrivere* introduced by Leonardo da Vinci: *e tu che vogli con parole dimostrare la figura dell'omo con tutti li aspetti della sua membrificazione, removi da te tale openione, perchè quanto più minutamente descriverai, tanto più confonderai la mente del lettore e più lo removerai dalla cognizione della cosa descritta. Adunque è necessario figurare e descrivere*[1] [And you who think to reveal the figure of man in words, with his limbs arranged in all their different attitudes, banish the idea from you, for the more minute your description the more you will confuse the mind of the reader and the more you will lead him away from the knowledge of the thing described. It is necessary therefore for you to represent and describe]. Leonardo in fact, in his anatomical studies and sketches (Salvi, 2013), is generally considered as the first Author to adopt this method. Nevertheless, in a wider context, the method used by Guido can be considered as an anticipation of the general method of description and representation that we usually ascribe to the modern era.

Guido can be considered as an innovator, but in many respects, he was certainly a man of his time (Settia, 2016) and the study of his works could contribute to a deeper understanding about the knowledge of the technical culture at the end of the Middle Ages.

Our research, led in collaboration with the DucaliA association, started with the study of the technical solutions proposed by Guido da Vigevano in the manuscript *Texaurus Regis Francie* (around 1335) dedicated to the King Philippe VI Valois. The Texaurus is one of the most interesting technological manuscripts of the Middle Ages. In particular, the text, written in Medieval Latin (Ostuni, 1993), describes, among the other war machines, two remarkable war wagons. The first one is a battle wagon, *carrum inbataliatum*, propelled via muscular force by the crew, and the second one is a self-propelled wind wagon, *carrum quod ducetur cum vento*.

The Texaurus Regis Francie Manuscript and the Wind Wagon

The Texaurus, whose complete title is *Texaurus regis francie acquisicionis terre sancte de ultra mare nec non sanitatis corporis eius et vite ipsius prolongacionis ac etiam cum custodia propter venenum* (The Treasury of the King of France on the acquisition of the Holy Land Overseas, on how to preserve the health of the body, prolong his life and also protect himself from the poisons) was composed around 1335 and dedicated to the King of France who was involved at the time in organizing a Crusade against the Saracens.

Two extant copies of the manuscript relating to the second part on the war machines, *artificia acquisitionis*, titled *Modus acquisicionis Terre Sancte Christi nomine invocato Regi Francie intitulato* (Way of conquer the Holy Land, in the name of Christ,

dedicated to the King of France) are conserved at the Bibliothèque Nationale in Paris[2] and at the Yale University[3] respectively (Ostuni, 1993). For our purposes, these two manuscripts, for the sake of brevity in the following denoted as P, Paris, and Y, Yale, have minor differences from each other although the latter was transcribed in Cyprus by Martin of Aachen in 1375.



Fig. 1 – Texaurus, Chapter XI: the battle wagon, carrum inbataliatum, Ms.Y.

Among the war machines and devices described by Guido in the thirteen chapters of the Texaurus, two are of particular interest for our research. In the Chapter XI, a sort of what in a modern term we could look at as a battle tank, the *carrum inbataliatum* is presented (Fig. 1), which is moved without any draught animal to scare the enemy lines and which is designed to be carried in pieces on horseback (as it is clearly stated by Guido in the title of the Chapter *De modo faciendi carrum inbataliatum quod ducetur sine bestijs pro confundendo magnas gentes /et poterit in pecijs super equo aportari* (On the way of making a fighting-wagon, which may be propelled without draught-animals in order to disorder large forces, and it can be carried in pieces on horseback).

The second vehicle, described in the Chapter XII, and which is the main subject of our study, is a wagon propelled by the wind *aliud carrum quod ducetur cum vento* (Fig. 2). The two wagons present many constructive resemblances and the latter is designed with many direct references to the first one, i.e. the wheels and the rear axle with a compound crank handle system, *manegia ferri*.



Fig. 2 – Texaurus, Chapter XII: the wind wagon, "carrum quod ducetur cum vento", Ms.Y.

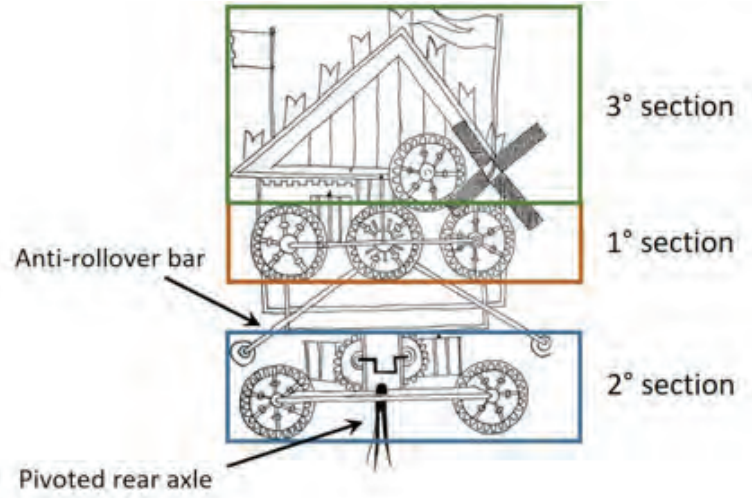


Fig. 3 – Conceptual scheme of the wind wagon, Ms.Y: 1° section: front axle, 2° section: rear axle with compound crank handle system, 3° section: "domus" and revolving cap with wind rotor.

We can ideally describe the wind wagon as made of three main parts or sections to which are added the shaft and the anti-rollover system (Fig. 3).

The principal elements of the wind wagon, which are clearly described in the text and reported in the figure of the manuscript, as planned by Guido, *et post capitulum semper manifestum dabo exemplum* (and, at the end of each Chapter, I will always give a clear example), are:

1) the wind rotor,
2) the house, *domus*,
3) the revolving cap,
4) the transmission system (driveline),
5) the chassis,
6) the front wheels,
7) the rear wheels,
8) the rear driveline with the compound crank handle system, *manegia ferri*,
9) the steering axle with vertical pivot
10) the shaft,
11) the anti-rollover system.

Study on the mechanical solutions and units of measurement

The study of the manuscript reveals, from a technical point of view, many remarkable points. Some of them will be highlighted in the following. First of all, the title of the Chapter XII: *de modo faciendi*, in the way of making, points out an operational

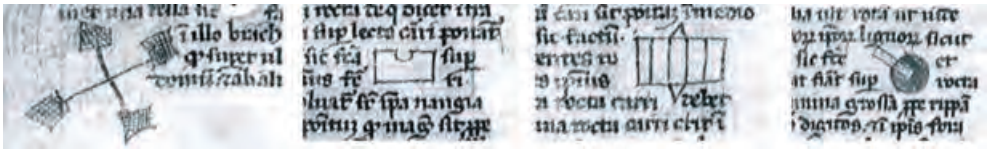


Fig. 4 – Pictures included in the text of the Chapter XII; from the left: wind rotor, "narigia" (bearing), little pinion and "parva ruella" small wheel fitted at the end of the anti-rollover bar. Ms Y (black-and-white for enhanced image sharpness).

approach and not just a description of the machine. This is a common attitude developed by Guido all throughout the Texaurus.

In the intention of the Author, the vehicle proposed is explicitly self-propelled by the force of the wind, without any muscular effort by animals. Guido suggests the use of what we can consider as the 'cutting edge' technology of the 13th Century: the revolving cap windmill. In this way, the vehicle conceived is a windmill mounted on a two-axle wagon in a sort of approach that nowadays could be referred as technology transfer.

Unlike other similar works of the Middle Ages (or those dated back to the Antiquity and even many of them belonging to a recent time such as the well-known machines by Mariano di Jacopo, called Taccola, and by Roberto Valturio, in the 15th Century) (Bona *et al.,* 2016), the description of the wagon contains many details and indications about the dimensioning of the parts: the reference to the brachium as a unit of measurement appears frequently in the text (Zupko, 1981). On the other hand, the project lacks of the description of some critical parts, in particular of the transmission ratio between the rotor and the wheels, the exact sizes of the sails and their angle set. These technical details, which are expected today for our scientific design, are left, explicitly, by Guido to the specialized craftsman of his time. In fact, he explains that Que omnia pertinent ad magistrum molendinorum et maxime de vento/quia hoc edificium accepi ad similitudinem molendinorum de vento (All these matters are the concern of the master millwright and especially the master windmill-wright, for I have based this structure on a likeness to windmills). Guido seems to refer to a well-established technological background in which the master millwright would have decided these critical parameters at the moment of the actual construction of the wagon, possibly via expertise and by a trial and error method.

Despite not moving to the technical details of the transmission system, to which the master actually was competent, Guido shows the understanding of the main features of the kinematic chain, from the wind-rotor to the wheels, when he reports *Et hec completa cum flaverit ventus ducetur arbor cum rota sua/et rota ducet cuginonem longuum cum ferro longuo/et ipsum ferrum ducet rotam iacentem/et ipsa rota ducet ab una parte rotam carri /et ab alia parte ducet aliam rotam indentatam mediante illo parvo cuginone* (And when all is done and the wind blows, the windshaft



Fig. 5 – Assembly of the rear axle and the compound crank handle system (particular of the figures included in the text of the Chapter XI), Ms Y (black-and-white for enhanced image sharpness).

is driven round with its [great] wheel, and that wheel drives the long pinion and the long iron [arbor] which in turn revolves the horizontal wheel and that [horizontal] wheel drives a wagon-wheel [directly] on one side, and on the other side drives the other, toothed wheel of the wagon through that little pinion [indirectly].)

In the Texaurus, Guido alternates a fairly complete description for many details to a general remark about the maker judgement (*ut videbitur operanti*, *ad voluntatem operantis* etc) which seems to refer to a well-known and established technology, i.e. the master millwright expertise, for which no further description is necessary (Settia, 2016; Ostuni, 1993). This reference to the judgement of the actual maker may be regarded not only as a failure in technical competence, Guido definitely wasn't a master millwright, but also as the ability to imagine the actual needs that can be unravelled strictly on the ground.

Moreover Guido describes for the first time a tower windmill (Hall, 1976), the rear axle with a compound crank handle system (Fig. 5) and considers the problem of steering a wagon via a pivoted rear axle. It seems reasonable that at his time many of those devices he describes were already familiar and presumably he did not invented them. But it remains that, in many respects, Guido's manuscript represents the first evidence of them and we can consider that his great originality lies, without doubt, in putting them together for new uses (Hall, 1961).

The work of Guido is fully part of the renewal of the Medieval technical thought which was fostered by the technological development at the beginning of the 2nd millennium (Ostuni, 1993; Gille, 1978).

As the Ancient and Medieval complex machines and war structures (Settia, 2016; Stark, 2001; Stark, 2014), the wind wagon, as well as the *carrum inbataliatum*, is conceived to be assembled through many pieces carried on horseback and then built on the battlefield in a single day or night: *que omnia poterunt in pecijs super equo aportari et in una die vel nocte ipsa edificare*. Some components, such as the wheels, are conceived to be assembled with many similar pieces *gavilia*, as it is shown in a virtual 3D reconstruction in fig. 6. In that respect, the competences for the production of a batch or a small series of components seems to be within the medieval craftsman's scope.

The 3D model reconstruction and the Philological scale model

The wind wagon, conceived in Guido da Vigevano's manuscript, was never built in the author's time. The main objectives of the project *Guido da Vigevano - The*



Fig. 6 – Two types of wheels made out of several pieces (to be carried easily on horseback) and particular of the felloes (3D virtual reconstruction).

first car are: a critical study of the text from a technical point of view, the scientific and technical feasibility of the wind wagon considering the medieval technical knowledge, a 3D virtual reconstruction of the wagon, the design and realization of a philological scale model, the presentation and dissemination of the results within a conference held in Vigevano: Guido da Vigevano. The first car – La prima automobile, May 2016, the publishing of a book. Presenting papers at conferences or seminars, producing posters, and publishing in scientific journals are aims of the research too. Thirteen students from the Bachelor Degree in Mechanical Engineering of the University of Pavia and three students from the Master of Science Degree in Automotive Engineering of the Polytechnic University of Turin participated in the research. The first approach was committed to a general overview of the manuscript, to the historical background and to the state of the art of the scientific literature about Guido da Vigevano (Lovaglio and Tamburini, 2014; Anfossi and Bottino, 2014). Then, an analysis of the text, from a technical point of view and in correlation with the pictures included in the manuscript, was performed and the specific aspects of the car were finally deepened, e.g. the wheels, the chassis, the transmission system, the steering system and so on (Cosentino and Mascherpa, 2014; Mercandelli and Barbieri, 2014; Ravizza, 2014). Finally, a CAD 3D model of the different parts and then a full scale reconstruction of the general assembly of the wind wagon were performed (Corona and Montagna, 2015).

The methodology adopted for the virtual modelling and reconstruction of the wind wagon started from the identification of the elements and components described in the manuscript. When the element is clearly described, then an analysis of the technical solutions available at the time was performed. When instead Guido's



Fig. 7 – Virtual reconstruction of the chassis with the anti-rollover bars and the pivoted rear axle (left); the compound crank handle system mounted on the pivoted rear axle (right).

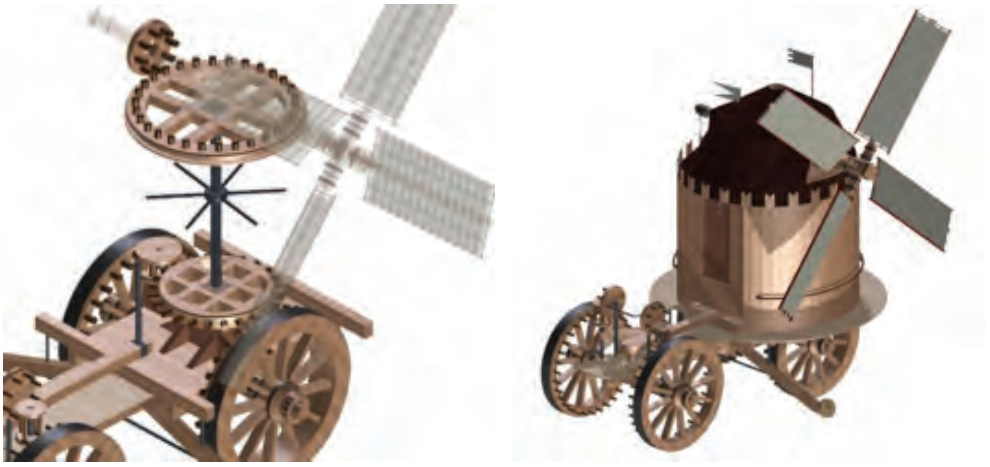


Fig. 8 – Virtual reconstruction of the main transmission system at the front axle (left); rendering of the full model of the wind wagon (right).

description of the component lacks of details (Cristiani, 2015; Francesconi and Valvo, 2017) and the element or system is left to the specialized craftsman, then a study on possible similar or feasible solutions was conducted, i.e. study on the technology of the Dutch mills, visit to the windmill in Infersa, near Trapani, in Sicily (Corona and Montagna, 2015).

The research led to the rendering of a huge vehicle made of 116 different elements for a total number of 880 components whose total height, including the sails is H = 8.9 m; overall length: L = 7,6 m; total width, including the sails: W = 6,9 m). An overall mass around 5 tons or less can be assumed considering the different types of timber to be used for the various elements.

Philological 1:8 scale model

Finally, a philological 1:8 scale model of the wagon made of wood and iron was realized by a master craftsman. More than 850 hours of work were requested for the design, manufacturing and assembly of the model (preceded by two preparatory small sized models) made of four different types of timber: beech, poplar, walnut and larch.

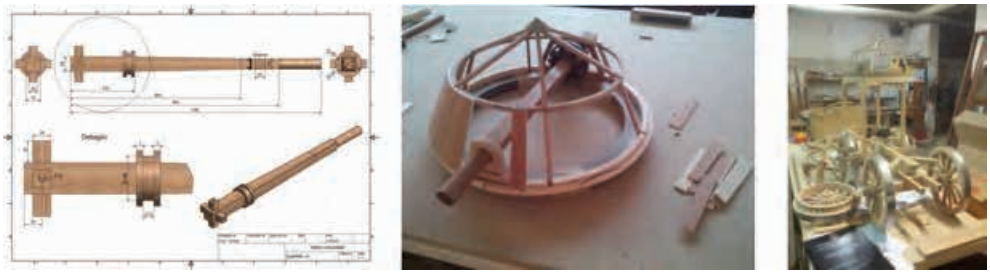


Fig. 9 – Different steps for the realization of the 1:8 scale model of the wind wagon.



Fig. 10 – The 1:8 scale model of the wind wagon (presented at "Guido da Vigevano. The first car – la prima automobile" Conference, Vigevano, Auditorium S. Dionigi, May 21st, 2016).

Conclusions

The research to investigate the mechanical and technological aspects of the wind wagon proposed by Guido da Vigevano in the manuscript Texaurus Regis Francie, dated 1335, was presented in this paper. The study led to the 3D virtual reconstruction of the first self-propelled car and to the realization of its first philological 1:8 scale model. Guido da Vigevano was a remarkable figure as medieval Physician and Engineer. His works reveal an interesting originality that lies on curiosity and, in some cases, on personal experimentation. Moreover, Guido seems to develop in his writings a method of description based on the alternation of text and figures. Guido can be considered as an innovator, but in many respects, he was certainly a man of his time and the study of his works could contribute to a deeper understanding about the knowledge of the technical culture at the end of the Middle Ages.

Aknowledgment

The authors thanks all the students of the Degree in Industrial Engineering of the University of Pavia and of the Master of Science Degree in Automotive Engineering of the Polytechnic University of Turin who participated with enthusiastic approach to the Guido da Vigevano. The First Car - La Prima Automobile Project and, in particular, our special thanks go to Alessandro Montagna e Sebastiano Corona for their collaboration in the design of the scale model.

The authors would like to express their appreciation to DucaliA-onlus association and to Massimiliano Genna who realized the 1:8 scale model.

Bibliography

Anfossi I., Bottino L. 2014. *Il sistema di sterzo dei veicoli. Interpretazione del carro di Guido da Vigevano e proposte di soluzioni costruttive.* Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia.

Bona S.G., Genta G., Mimmi G., Rottenbacher C.E., Rovida E. 2016. *The ancestors of the motor car. First steps in terrestrial locomotion.* Proceedings of the 2nd International Conference on History of Engineering, Naples, 343-356.

Corona S., Montagna A. G. 2015 *'The first car-Guido da Vigevano': studio e modellazione del carro mosso dal vento*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia.

Cosentino A., Mascherpa F. 2014. *Propulsione eolica di veicoli terrestri. Tecniche, modelli e soluzioni dalla prima "automobile" di Guido da Vigevano all'era contemporanea*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia.

Cristiani D. 2015. *Studio introduttivo sulle principali tecnologie di produzione additiva*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia.

Francesconi M., Valvo C. 2017. *Studio per la stampa additiva di un modello di carro medievale*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia.

Gille B. 1978. *Les Ingénieurs de la Renaissance*. Paris: Seuil.
Hall H.R. 1961. More on Medieval Pivotal Axles. *Technology and Culture*, 2(1), 17-22.
Hall H.R. 1976. Guido's "Texaurus" 1335. In: *On Pre-Modern Technology and Science. Studies in Honor of Lynn White* (Hall B.S. and West D.C. eds.). Malibu: Undena Publications.
Lovaglio S., Tamburini A. 2014. *Guido da Vigevano e la prima "automobile" della storia: analisi tecnico-storica e dimensionamento di massima*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia.
Mercandelli F., Barbieri R. 2014. *La prima "automobile" di Guido da Vigevano e le trasmissioni meccaniche: interpretazione del "Texaurus"*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia.
Ostuni G. 1993. *Le macchine del re. Il Texaurus Regis Francie di Guido da Vigevano*. Vigevano: Diakronia Edizioni.
Ravizza G. M. 2014. *I cuscinetti nella storia. Studio ed interpretazione dei particolari per la riduzione dell'attrito del modello della "prima automobile" di Guido da Vigevano*. Thesis for the fulfilment of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering at the University of Pavia.
Salvi P. 2013. *L'anatomia di Leonardo: "figurare e descrivere"*. Prato: CB Edizioni.
Settia A. A. 2016. *Passato e futuro nell'"orizzonte tecnico" di Guido da Vigevano. Future Wars.* Quaderno 2016 a cura di V. Ilari. Società italiana di Storia Militare. Milano: Acies edizioni.
Stark R. 2001. *One True God: Historical Consequences of Monotheism*. Princeton: Princeton University Press.
Stark R. 2014. *How the West Won*. Wilmington: ISI Books.
Zupko R.E. 1981. *Italian weights and measures from the middle ages to the nineteenth century*. Philadelphia: Amer Philosophical Society.

Notes

1. Studi anatomici Windsor Castle, RL 19013 v [K/P 144 v]).
2. Ms. Lat. 11015.
3. Yale Center for British Art, Paul Mellon Collection, Mil. Mss. (4°).

Juan Miguel Muñoz Corbalán

Primi esami non accademici per unirsi al Corpo degli Ingegneri spagnolo nel XVIII secolo

Abstract

Since King Philip V created the Spanish Corps of Engineers in 1711 it was necessary to organize not only its corporate structure, but also the way its members should demonstrate their proficiency to enter such a qualified team.

During the first years new military engineers were chosen among the troops, depending on their aptitudes, until the Royal Academy of Mathematics was opened in Barcelona for teaching and training competent professionals. The examination process for the admission was conceived in order to reveal how these applicants were suitable in theoretical knowledge (mathematics, geometry, poliorcetics…), in designing fortification projects, in managing constructing works and in using graphic capabilities.

At the beginning their works were judged by the General Engineer or some of the most experienced engineers. Further on, the examination process was led at the Academy by an expert tribunal. However, some years later, after a decision from the Ministry of War, the main role in controlling the engineers' works and formation behooved the *Real Junta de Fortificaciones*, created by Duke of Montemar and whose authority became as relevant as the General Engineer's. Its members decided who was capable to join the Corps. This evaluation procedure helped the institution to control the collective adequacy and excellence, and also get a significant level of professional solidity that contributed to improve the Spanish Corps of Engineers' image along the 18th century.

Da una generazione all'altra…

Quando Sebastián Fernández de Medrano svolgeva il suo lavoro didattico come direttore dell'Accademia Reale e Militare di Matematica a Bruxelles, dal 1675 fino alla sua morte, nel 1705, probabilmente non immaginava che i suoi metodi sarebbero stati usati nella formazione di ingegneri militari e professionisti di artiglieria, non solo nei Paesi Bassi spagnoli, ma anche nella penisola iberica e in tutti i possedimenti ispanici in tutto il mondo nel corso del XVIII secolo.

L'istruzione impartita nell'istituzione promossa dal duca di Villahermosa, governatore dei territori spagnoli nelle Fiandre, nonostante la presunta modestia del suo piano di insegnamento, mirava a facilitare l'apprendimento teorico tra una serie di cadetti e uffi-

ciali che prestavano servizio nell'esercito spagnolo. La formazione di base si occupava di geografia, geometria, poliorcetica, fortificazione e artiglieria; gli studenti che conseguivano i migliori risultati avevano accesso a corsi più avanzati sui temi delle fortificazioni e della navigazione, con particolare attenzione al disegno e alla geometria speculativa.

Questa organizzazione accademica portò, tra gli altri, a due risultati molto importanti: la creazione di un Corpo dell'esercito specializzato in una serie di attività tecniche e la possibilità di disporre di tecnici in grado di sviluppare e implementare procedure scientifiche applicate alle funzioni militari, sia in tempo di guerra che in pace, in costante alternanza. Quando, a seguito della Guerra di Successione, la Spagna perse i possedimenti nelle Fiandre, la maggior parte degli ingegneri addestrati nell'Accademia fiamminga si spostò in Spagna. Tra loro, c'erano personaggi come Pedro Borraz, Juan Díaz Pimienta, e Jorge Próspero Verboom, il migliore e il più preparato allievo di Medrano, che rivestì un importante ruolo nel Corpo Spagnolo degli Ingegneri, da lui stesso progettato, costituito nel 1711.

Ciò che vedi è ciò che ottieni ...

La guerra di Successione spagnola combattuta nei primi anni del XVIII secolo tra l'Arciduca Carlo d'Austria, Carlo III, della casa d'Austria, e il duca d'Angiò, Filippo V di Borbone, favorì su richiesta delle autorità borboniche la nascita di un Corpo specializzato in questioni di azioni di campagna, poliorcetica e fortificazione; il numero di esperti coinvolgibili in questi settori era molto piccolo e il risultato degli eventi bellici dipendeva in larga misura dalle capacità di questi professionisti. Il ruolo decisivo svolto dagli ingegneri militari di Filippo V e dei suoi alleati francesi nella vittoria sugli austriaci nell'assedio di Barcellona nel 1713-1714 (che significò, con la resa di Cardona e di Palma di Maiorca, la fine della Guerra di Successione al trono di Spagna) servì da base per strutturare un Corpo tecnico in grado di rispondere alle esigenze che erano emerse in quel periodo. Il compito di organizzare la struttura e il sistema di gestione del nuovo corpo fu affidato a Jorge Próspero Verboom, Ingegnere Generale dall'inizio del 1710, che progettò lo schema organizzativo e il sistema operativo gerarchico del nuovo gruppo. Fu così che mentre ferveva il lavoro per il consolidamento di uno stato centralista, ispirato al modello francese, e per la costruzione amministrativa del nuovo *Regno dei Regni*, il lavoro degli ingegneri militari si concentrò sulla realizzazione di strutture e infrastrutture che avrebbero permesso il controllo in sicurezza del territorio e il rafforzamento dei confini marittimi e terrestri.

Parallelamente alla costruzione e alla ristrutturazione delle fortificazioni, ai miglioramenti nei recinti murati, alla edificazione di caserme e fortezze strategiche, alla difesa delle frontiere, alla realizzazione degli arsenali e al rafforzamento dei porti e del sistema di comunicazione, le autorità promossero la creazione di un centro per la formazione di professionisti in grado di assumersi la responsabilità della realizzazione di opere della portata di quelle progettate.

Colpire il bersaglio ... o guardare sotto le rocce ...

In un primo momento, i militari scelti per entrare a far parte del Corpo furono reclutati tra le truppe, selezionando coloro che mostravano particolare attitudine per il disegno e che erano in grado di comprendere il significato del materiale grafico utilizzato nell'esecuzione dei progetti. Costoro erano soggetti a prove teoriche e pratiche in cui dovevano dimostrare la loro predisposizione ed erano soggetti a giudizi molto severi. Durante i primi anni di vita del Corpo degli Ingegneri, questa responsabilità fu affidata a Jorge Próspero Verboom, che unì questa attività a quella professionale sul campo; quando Verboom era troppo impegnato e non poteva farlo, il compito di esaminare gli aspiranti membri del Corpo veniva affidato ad alcuni Ingegneri Direttori, o Ingegneri Capo.

Due anni dopo la fine della Guerra di Successione spagnola, alla richiesta di Pedro Bonifay di unirsi al Corpo d'armata come ingegnere ordinario, il Segretario di Guerra gli rispose che avrebbe dovuto incontrare l'ingegnere capo Alberto Mienson, che era a Cadice, *per esaminare la teoria e la pratica della fortificazione e di altre parti della Mathematica relative alla Guerra, non importa se riguardanti la terra o il mare*, ricordandogli che *nessuno è ammesso alla professione di Ingegnere senza aver superato l'esame riguardante le proprie capacità di coloro che lo richiedono*[1].

La possibilità di superare l'esame dipendeva spesso dalle conoscenze personali e professionali tra gli ingegneri più esperti e i candidati, anche se tali conoscenze non sempre erano determinanti. Ad esempio, Juan de Medrano fu raccomandato dall'ingegnere capo di Malaga, Bartolomé Thuru, con la motivazione della sua *applicazione e cura* nelle *opere di fortificazione realizzate in quella fortezza*, rafforzata dal suo essere *nel nipote di don Sebastiano Fernandez de Medrano, direttore generale dell'Accademia delle Fiandre*[2]. Nonostante ciò, il Segretario di Guerra decise che, poiché il candidato non aveva raggiunto il livello necessario per entrare nel Corpo, *avrebbe dovuto continuare a migliorare la teoria e la pratica su questo argomento*, aggiungendo che la sua richiesta sarebbe stata considerata di nuovo in futuro, *per la sua esecuzione pratica e per la memoria di suo zio*[3].

La generazione di ingegneri che era stata addestrata in territorio fiammingo, che aveva come quadro di riferimento la propria attività militare e gli insegnamenti all'Accademia di Matematica di Bruxelles, cercava di far entrare i propri figli nel Corpo cui apparteneva. Lo stesso Jorge Próspero Verboom promosse le carriere dei suoi due figli militari, Isidro Próspero e Juan Baltasar e anche altri suoi ex colleghi delle Fiandre, come Juan Díaz Pimienta, approfittarono dei propri meriti curriculari per favorire l'ingresso dei figli nel Corpo degli Ingegneri. L'ingegnere capo colonnello Díaz Pimienta, sostenendo che *abbiamo qui una grande mancanza di ingegneri per risolvere tutti i bisogni attuali e tutti quelli che verranno*, richiese un posto per suo figlio Juan Francisco[4], che aveva aiutato suo padre a Ceuta come delineatore da quando aveva quindici anni, il che era un punto a favore dell'accesso al lavoro richiesto come ingegnere ordinario. Dopo l'applicazione della nuova Ordinanza degli

Ingegneri, pubblicata nel 1718, e la conseguente scomparsa della figura dell'ingegnere disegnatore, Juan Francisco perse il lavoro e lo stipendio all'età di diciannove anni, nonostante fosse attivamente impegnato nella costruzione della Cittadella di Barcellona. Juan, forte dell'esperienza di trentacinque anni di servizio, provò non solo a collocare Juan Francisco, ma sostenne anche che *incoraggiati da questo lavoro, anche gli altri suoi figli potrebbero applicarsi, imparando a fondo quest'arte come fanno*. Per evitare la possibile sensazione di opportunismo, Díaz Pimienta accettò di raggiungere lo scopo richiesto *sostenendo l'esame previsto*[5].

Poiché l'Ingegnere Generale era assente a causa della campagna siciliana, il suo braccio destro, Alejandro De Rez, fu incaricato di preparare un breve *esame* dell'aspirante Juan Francisco. De Rez, vecchio compagno di Juan nelle Fiandre, inviò il suo rapporto al Capitano Generale della Catalogna. Le parole dell'ingegnere parigino Alejandro erano basate su una buona conoscenza del giovane, poiché *da quando è venuto in questo posto* [a Barcellona] *da Zeuta* [... ha] *lavorato sempre a casa mia, come gli era richiesto, con applicazione e affetto*. La valutazione fu basata su criteri tecnici; il giudizio di De Rez fu: *il suo disegno è molto buono, e ha una mano molto adatta; con una disposizione così entusiasta da apprendere tutte le altre capacità necessarie, di cui ha ottime basi, il cui padre migliorerà, dal momento che ha un livello avanzato in teoria, ed è molto attivo, vigile, docile, rispettoso e perspicace, molto sano di mente e applicato; e attualmente sta lavorando nella Cittadella e sa bene come comportarsi riguardo alle costruzioni. Non ho dubbi che con tutte queste caratteristiche diventerà un buon ingegnere e servirà Sua Maestà in quella occupazione come ingegnere di primo grado, e sicuramente migliorerà molto*[6].

La mancanza di personale locale costrinse a prendere in considerazione le richieste di stranieri, che nella maggior parte dei casi già lavoravano in quel settore. Durante i primi anni di vita delle Accademie di Matematica, i centri accreditati per la formazione del personale professionale, alcuni militari fecero richiesta di ammissione al Corpo degli Ingegneri spagnolo. In tutti i casi, il Segretario di Guerra era obbligato a seguire il protocollo stabilito, che prevedeva che il candidato venisse esaminato su questioni sia teoriche che pratiche, con un'enfasi particolare su *se sarebbe in grado di disegnare*[7]. L'esaminatore doveva aver ottenuto il grado di Ingegnere Direttore , il che ne comprovava le competenze professionali.

Francisco Mauleón, ex direttore della fallita Accademia di Matematica di Barcellona, fondata nel 1694 secondo il modello di Bruxelles e chiusa nel 1697 quando Barcellona fu conquistata dall'esercito francese, fu incaricato di giudicare a Pamplona alcuni di questi candidati, come lo scozzese Juan Bautista Mac Evan e l'italiano Rainiero Arrigo da Vernaci (Bernache)[8]. Nonostante alcuni di essi fossero in grado di dimostrare una notevole esperienza, la procedura di valutazione era indispensabile.

Carlos Desnaux, un cittadino svizzero che aveva servito la Repubblica di Venezia come luogotenente e la corona svedese come ingegnere, decise di entrare a

servizio di Felipe V e per questo chiese la sua ammissione nel gruppo di ingegneri spagnoli. Ancora una volta la responsabilità della valutazione fu assunta da Alejandro De Rez. All'inizio del 1719 Desnaux rimase a casa dell'ingegnere parigino per quindici giorni, svolgendo compiti di disegno, dimostrando che *li capiva parecchio* e manifestando la sua capacità di *disegnare piani e profili*. Tenuto conto della sua abilità e in assenza di personale specializzato, De Rez decise di mandarlo a Hostalric come supervisore agli ordini dell'ingegnere Juan Bernardo de Frosne per aiutare nelle opere del castello, che Desnaux eseguì per quattro mesi con piena soddisfazione del suo capo. Valutate le esigenze impellenti di personale nelle opere di Tortosa e considerate le buone referenze di Desnaux, De Rez decise, dopo aver consultato il sovrintendente della Catalogna Rodrigo Cavallero, di inviare lo svizzero come sorvegliante nella città catalana. L'ingegnere creò alcuni incidenti, non legati alla sua attività professionale di ingegnere volontario, ma piuttosto ad alcuni atti illeciti che aveva scoperto. De Rez si riservò prudentemente di analizzare attentamente tutte le circostanze, ma lui sottolineava come Desnaux avesse scoperto alcune pratiche indesiderabili riguardanti i fondi destinati all'esecuzione di opere civili. De Rez sottolineò che *i notai catalani non sono troppo scrupolosi per rilasciare certificazioni, in particolare quando queste sono richieste dai comandanti e da altre autorità*, puntando così direttamente sull'appropriazione indebita di fondi o, usando le sue parole, *sulla cattiva gestione del denaro* da parte di governanti e comandanti di guerra e implorando l'integrità e l'onestà di Desnaux a fronte di questi trucchi indegni[9].

L'episodio di Desnaux testimonia che nella valutazione dei candidati e degli ingegneri non venivano prese in considerazione le sole abilità tecniche, i talenti pratici e le conoscenze teoriche offerte da questi individui, ma anche i valori personali e la lealtà verso l'istituzione che questi erano chiamati a servire, nonostante in alcuni casi non fosse semplice capire quanto questi attributi, professionali e personali, fossero veri. L'ingegnere olandese Jacob Van Daalen è stato un chiaro esempio in questo senso. Raccomandato dall'ambasciata spagnola ad Amsterdam[10], fu chiamato dalle autorità di Cadice per lavorare nel porto e ai lavori di fortificazione della città, e in seguito destinato anche a Malaga per svolgere compiti simili, il tutto senza alcun apparente filtro che ne avesse valutata l'abilità professionale. In occasione di alcuni fondati sospetti sulla sua abilità tecnica e professionale, gli esperti Alberto Mienson, Pedro Borraz, Bartolomé Joaquín de Mendiola, Francisco Bachelieu e Alejandro De Rez espressero le proprie opinioni in merito al suo operato, che furono esaminato dall'Ingegnere e dal Genio Generale. Verboom convocò l'olandese perché dimostrasse le proprie capacità e difendesse le proprie opinioni, dimostrando la validità delle attività svolte in Spagna. Il risultato del confronto tra Jorhe Próspero Verboom e Van Daalen, durante il quale furono analizzati tre progetti di quest'ultimo, fu che *quest'uomo forse può sapere, e può aver eseguito nei Paesi Bassi tutto ciò che ha riferito, ma non è stato in grado di dare alcuna spiegazione a nessuna delle propo-*

sizioni che gli ho chiesto, né a quelle che aveva esposto nel suo studio. Quindi, a causa della sua ignoranza, del non sapere o capire un'altra lingua che la sua, o per un'altra ragione, e anche perché ha delle debolezze personali che non vanno d'accordo con un lavoro come il nostro, considero definitivamente che non può essere di alcun utilità in questi regni [11]. Van Daalen fu licenziato tre anni dopo il suo arrivo nel territorio spagnolo e tornò immediatamente nel suo paese natale.

Un'accademia nel calore della periferia ...

L'idea di uno stato centralista era evidente, dal momento che Madrid rimase la capitale del Regno e che i suoi corrispondenti Segretari di Stato erano stabiliti dalla Corte. Tuttavia, la Corona, chiarendo quale era la propria strategia in tema di rafforzamento del territorio nazionale, creò tre nuovi Centri accademici, scegliendo come sede delle nuove Accademie della Matematica le città di Barcellona, Oran e Ceuta. In particolare, la capitale catalana era stata il più potente centro di resistenza per il riconoscimento del monarca borbonico durante la Guerra di Successione ed aveva quindi un gran peso nel consolidamento del potere della Corona, data la grandezza e il gran numero di imprese costruttive attive nel proprio territorio, per cui l'Accademia di Matematica di Barcellona fu il Centro accademico principale, mentre quelle di Oran e Ceuta divennero due scuole eccezionali per l'apprendimento degli ingegneri e anche due punti strategici della frontiera spagnola, di fronte alla minaccia permanente dei sultanati marocchini e al desiderio espansionista del mondo algerino.

L'avvio del centro di formazione di Barcellona nel 1720, sotto la direzione di Mateo Calabro e del suo successore Pedro Lucuze, iniziò e consolidò un processo sistematico di preparazione specializzata per quei soldati, ma anche per alcuni pochi civili, che vollero unirsi al Corpo degli Ingegneri . Gli studi in Accademia erano organizzati in un triennio comprendente quattro corsi, ciascuno della durata di nove mesi, sul modello dell'Accademia di Bruxelles. I corsi coprivano varie discipline, teoriche e pratiche, quali aritmetica, geometria, algebra, trigonometria, fisica, meccanica, idraulica, ottica, geografia, astronomia e navigazione, con particolare enfasi su materie come la poliorcetica, l'architettura civile e militare, l'artiglieria e il disegno. A valle di questi tre anni di formazione, gli studenti che riuscivano a superare gli esami finali venivano nominati ufficiali e potevano svolgere i compiti di ingegneria militare e artiglieria. Ciascuna Accademia stabiliva il protocollo di esame sulla base delle esigenze strategiche delle destinazioni cui gli ingegneri erano destinati.

Ci vogliono tutti i tipi per creare un mondo ...

Con la creazione nel 1737 della Real Junta delle Fortificazioni, le funzioni dell'Ingegnere Generale sul reclutamento di nuovi membri nel Corpo furono ridotte. Alla Junta, formata da quattro ingegneri selezionati dal Ministero della Guerra guidato dal Duca di Montemar, furono affidati il controllo degli esami finali a Madrid e la responsabilità

della decisione finale sull'idoneità di ciascuno dei candidati, che venivano precedentemente valutati da altri ingegneri di chiara fama. Non sempre i due giudizi collimavano.

Due anni prima, si era verificato un episodio molto insolito. François (Francisco) Carlier, architetto direttore delle opere del palazzo del Buen Retiro a Madrid e figlio di René Carlier, progettista del palazzo di La Granja de San Ildefonso, presentò la sua richiesta per entrare a far parte del Corpo d'armata come ingegnere ordinario, argomentando che *sarebbe molto utile per l'architettura civile, che non si oppone ai militari*. L'intenzione del francese era di ottenere *gli stessi preminenze e privilegi e stipendio* degli altri ingegneri, pur mantenendo *l'impiego di Architetto del Real Palace del Buen Retiro, con lo stesso stipendio, come fino a qui*[12]. Un paio di anni dopo, l'ingegnere Diego Bordick, membro della Real Junta delle Fortificazioni, incaricata di riferire su questa richiesta, con grande prudenza elogiò le capacità di Carlier, riconoscendo che *questo ragazzo ha raggiunto, attraverso la munificenza reale del Re, un tale punto di delicatezza nella teoria e nella pratica del disegno riguardo all'architettura civile e un tale livello di elevazione nella sua intelligenza e disposizione, che lo rende così meritevole, sia per sue queste capacità che per la regolarità delle sue abitudini, di raggiungere la vera dignità di unirsi al Corpo, e di cercare di migliorare la sua pratica attraverso il Servizio Reale in esso* [...] *perché ha le competenze matematiche e fisiche che possono raggiungere lo scopo*. Bordick non consigliò però il suo possibile accesso al grado di ingegnere straordinario, sottolineando la necessità di dare priorità al semplice ingresso del candidato nel collettivo militare, nonostante il fatto che *alcuni individui dello stesso talento del supplicante sono richiesti nel Corpo di ingegneri, principalmente per l'esecuzione del disegno e la disposizione esecutiva di alcune opere civili in corso, e soprattutto ora è il momento di occuparsi del progetto della Reale Fabbrica di Tabacco di Siviglia, in cui questa persona potrebbe essere di qualche utilità e sarà in grado esercitare la pratica che desidera*[13]. Finalmente, due anni dopo, la decisione del Segretario della Guerra, il Duca di Montemar, concluse che *per quanto riguarda il fatto che questo partito non accetti di ridurre la sua dedizione al suo attuale impiego come architetto, non è necessario fare qualsiasi altra cosa*, e chiuse la pratica rifiutando di consentire a Carlier di unirsi al Corpo degli Ingegneri[14].

Al contrario, nello stesso anno Jaime Sicre, in qualità di giudice, valutò positivamente la candidatura di Silvestre Abarca, *dopo un rigoroso esame che richiese quasi quattro mesi,* guidicandolo un *soggetto molto buono di una grande applicazione*[15]. Abarca si unì al Corpo e diversi anni dopo raggiunse il Comando Generale degli Ingegneri e, nel 1778, il grado di Quartiermastro Generale dell'Esercito.

Conclusioni

Nonostante la fortissima esigenza della Corona Spagnola di avere personale specializzato nel Corpo degli Ingegneri durante i primi anni della sua esistenza, le richieste

formulate dai candidati erano scrupolosamente esaminate. I responsabili degli esami di ammissione al Corpo, sia l'Ingegnere Generale che i vari ingegneri direttori e ingegneri capo, mostrarono grande rigore, ammettendo solo coloro che riuscivano a dimostrare notevoli conoscenze teoriche e pratiche e grande talento nella rappresentazione grafica. L'istituzionalizzazione delle procedure di valutazione attraverso le Accademie della Matematica Reale e Militare e il Consiglio Reale delle Fortificazioni contribuì a normalizzare i criteri e i meccanismi di ammissione nel Corpo degli Ingegneri per tutto il XVIII secolo.

Ringraziamenti

Questo contributo è stato sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca e sviluppo " El dibujante ingeniero al servicio de la monarquía española.Siglos XVI-XVIII. Ciudad e ingeniería en el Mediterráneo "(DIMHCIM), rif. HAR2016-78098-P (AEI / FEDER, UE), finanziato dall'Agencia Española de Investigación (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, Gobierno de España) e dal Fondo europeo di sviluppo regionale (FESR). È una piccola parte di uno studio più ampio dal titolo "Teoría, representación y proyecto. Exámenes académicos para el ingreso en los cuerpos de Ingenieros y Artillería españoles en siglo XVIII ", che è anche integrato in una linea di ricerca personale all'interno dello stesso progetto DIMHCIM dal titolo"Iconografía, cartografía, bibliografía científico-estratégica y mecanismos institucionales en la España de la época moderna. Productions and difusón para la seguridad del reino durante los siglos XVI, XVII y XVIII», che l'Autore ha iniziato durante il suo soggiorno come visiting scholar all'Office for History of Science and Technology dell'University of California, Berkeley, nell'anno accademico 1992-1993.

Bibliografia generale di riferimento

Cámara Muñoz, A. (a cura di). (2005). *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*, Madrid, Ministerio de Defensa / Centro de Estudios Europa Hispánica.

Cámara Muñoz, A. (a cura di). (2016). *El dibujante ingeniero al servicio de la monarquía hispánica. Siglos XVI-XVIII,* Madrid, Fundación Juanelo Turriano.

Capel Sáez *et al.*, H. (1983). *Los ingenieros militares en España. Siglo XVIII. Repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial,* Barcelona, Universitat de Barcelona.

Capel Sáez H., Sánchez J.-E., Moncada O. (1988). *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Barcelona, El Serbal / Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Galland Seguela, M. (2008). *Les ingénieurs militaires espagnols de 1710 à 1803. Étude prosopographique et sociale d'un corps d'élite*, Madrid, Casa de Velázquez.

Instruccion, y Ordenanza De 4 de Julio de 1718. Para los Ingenieros, y otras personas, dividida en dos partes…, Nessun posto, nessun editore, nessuna data.

Lizaur y de Utrilla, A. de (coord.) (2010). *La Ilustración en Cataluña. La obra de los ingenieros militares*, Madrid, Ministerio de Defensa.

Muñoz Corbalán, J. M. (1993). *Los ingenieros militares de Flandes a España (1691–1718)*, 2 vol., Madrid, Ministerio de Defensa.

Muñoz Corbalán, J. M. (1992). 'La Real Junta de Fortificaciones de Barcelona'. *Espacio, Tiempo y Forma. Serie VII, Historia del Arte*, 5: 351-373.

Muñoz Corbalán, J. M. (coord.) (2004). *La Academia de Matemáticas de Barcelona. El legado de los ingenieros militares,* Madrid / Barcelona, Ministerio de Defensa / Novatesa.

Muñoz Corbalán, J. M. (2011). 'Cartografía militar y representación espacial de Barcelona en el siglo XVIII', Montaner, C.; Nadal, F. (ed.) (2011). *Aproximacions a la història de la cartografia de Barcelona,* Barcelona, Institut Cartogràfic de Catalunya / Arxiu Històric de la Ciutat de Barcelona, 31-45.

Muñoz Corbalán, J. M. (2012). '*Universitas bellica*. Les Académies de Mathématiques de la couronne espagnole au XVIII[e] siècle ou *Non nisi grandia canto*'. Warmoes, I.; D'Orgeix, É. (ed.) (2012). *Les savoirs de l'ingénieur militaire. Manuels, cours et cahiers d'exercices. 1751-1914. 5*[ème] *Journée d'étude organisée par Émilie d'Orgeix (INHA-Bordeaux 3), Isabelle Warmoes (Musée des Plans-Reliefs, Paris) et le Centre d'Histoire des Techniques et de l'Environnement. París, Institut National d'Histoire de l'Art, 22 octubre 2010*, Paris, INHA, 113-126.

Muñoz Corbalán, J. M. (2015a). *Jorge Próspero Verboom. Ingeniero militar flamenco de la monarquía hispánica*, Madrid, Fundación Juanelo Turriano.

Muñoz Corbalán, J. M. (2015b) 'El dibujante ingeniero hacia la universalidad de la dualidad arte/técnica en la cartografía militar del siglo XVIII', *Quintana*, 14, 59-79.

Muñoz Corbalán, J. M. (2016a). 'Jacob Van Daalen's failure. Short and unsuccessful activity of a Dutch military engineer in Spain at the beginning of the 18th Century'. Verdiani, G. (ed.) (2016b). *Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII Centuries,* vol. III, Firenze, Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Architettura (DIDA), 161-168.

Segovia Barrientos, F.; Nóvoa Rodríguez, M. (coord.) (2013). *El arte abaluartado en Cataluña. Estrategia de defensa en el siglo XVIII*, Madrid, Ministerio de Defensa.

Note

1. Minuta dell'ufficio di presidenza. Madrid, 18 gennaio 1717. AGS.SGU.3006, 1, 1, 0003-0004.
2. Bartolomé Thuru a Miguel Fernández Durán. Malaga, 27 settembre 1718. AGS. SGU.3006, 1, 2, 0006.
3. Miguel Fernández Durán a Bartolomé Thuru. Balsain, 4 ottobre 1718. AGS.SGU.3006, 1, 2, 0007-0008.
4. Marchese di Castelrodrigo a Miguel Fernández Durán. Barcellona, 22 gennaio 1719. AGS.SGU.3006, 1, 3, 0003-0004.
5. Relazione di Juan Díaz Pimienta. Nessun posto, nessuna data. AGS.SGU.3006, 1, 3, 0012-0014.
6. Alejandro De Rez al Marchese di Castelrodrigo. Barcellona, 21 gennaio 1719. AGS. SGU.3006, 1, 3, 0007-0009.
7. Minuto dell'ufficio di presidenza a Francisco Mauleón. Tudela, 6 giugno 1719. AGS. SGU.3006, 1, 3, 0015.

8. Francisco Mauleón a Miguel Fernández Durán. Pamplona, 4 novembre 1719. AGS. SGU.3006, 1, 3, 0027-0030.
9. Alejandro De Rez. San Lorenzo el Real, 25 ottobre 1719. AGS.SGU.3006, 1, 3, 0023-0026.
10. José Manuel de Acosta a Miguel Fernández Durán. Amsterdam, 31 agosto 1719. AGS. SGU.3006, 1, 3, 0017-0022.
11. Jorge Próspero Verboom al Marchese di Castelar. Malaga, 28 maggio 1722. AGS SGU.3236.
12. Francisco Carlier a Felipe V. Nessun posto [Madrid], nessuna data [ca. autunno del 1735]. AGS SGU.3006, 1, 16, 0017-0018.
13. Diego Bordick a José Patiño. San Ildefonso, 6 ottobre 1735. AGS.SGU.3006, 1, 16, 0013-0015.
14. Relazione del Duca di Montemar. Madrid, 27 marzo 1737. AGS.SGU.3006, 1, 16, 0005-0006.
15. Jaime Sicre a Casimiro de Ustáriz. Pamplona, 12 giugno 1737. AGS.SGU.3006, 1, 16, 0009-0010.

Elena Gianasso

La biblioteca dell'ingegnere. Studi di ingegneria, storia e architettura di Giovanni Angelo Reycend

Abstract

Extraordinary collection of books, periodicals, brochures and manuscripts, the library of Giovanni Angelo Reycend (1843-1825) is an essential proof of the engineering studies, of history and of architecture ones, opened in the second half of the nineteenth and the early of twentieth century.

In the rich book heritage, more than 540 examples presented here for the first time, there are lot of editions, even precious, characterized by an approach to encyclopedic and polytechnic knowledge based on mathematics, geometry, physics, static, mechanical, hydraulic and, above all, architecture.

The main books concern the history of architecture, in the period in which the discipline takes its own identity; other publications are about the knowledge needed for the building site or for teaching and another ones regard the contemporary hygiene theories. As a whole show a synthesis of the many skills required to engineer in the years of Eclecticism.

La biblioteca di un ingegnere

Entrare nella biblioteca di un ingegnere vissuto tra Ottocento e Novecento è cercare di comprendere gli interessi e gli studi di un professionista che, nel lavoro, è capace di coniugare le nozioni proprie dell'ingegneria a tante altre discipline. Si scoprono pagine di architettura, nell'allora difficile e sottile distinzione tra l'ingegnere civile e l'architetto, di aritmetica e geometria, di topografia, di scienze e, anche, di arte e di storia. Emerge una cultura ampia e completa, specializzata prevalentemente nelle direzioni dettate dalla continua pratica professionale, esito di una formazione acquisita nei corsi di studio, nelle scuole dedicate e poi costantemente integrata e aggiornata. Compare la volontà di confrontarsi in un panorama non solo locale, ma nazionale e internazionale, dimostrando un'eccezionale apertura al dibattito scientifico.

Strumento raro, spesso disperso, la raccolta di libri, articoli e saggi appartenuti a un professionista permette allo storico dell'architettura di indagare a fondo il profilo biografico di una figura emergente che, tra XIX e XX secolo, interpreta e promuove progetti e iniziative fondandosi su un innovativo approccio al sapere, espressione

del progressivo diffondersi dell'Eclettismo[1]. Se, come è già stato scritto, il ricorso alla biografia è un utile espediente narrativo che permette di «supporre un'unità e consente al tempo stesso di rilevare la dissoluzione dell'identità coerente di un uomo in rapporto alla sua appartenenza a un gruppo, o al suo essere rappresentativo di un ambiente o di alcune pratiche sociali (e culturali)» (Calabi, 1997), è possibile considerare la biblioteca di un tecnico un mezzo per conoscere, oltre alla sua figura, i grandi temi e le discussioni caratterizzanti il periodo.

A Torino ne è esempio la biblioteca di Giovanni Angelo Reycend (Gianasso, 1998; 2000; 2002a; 2002b), una raccolta privata, qui pubblicata per la prima volta, a mano dei successori delle persone cui la famiglia ha consegnato libri, riviste e opuscoli prevalentemente di carattere tecnico. È giusto ricordare subito che al primo nucleo di testi di proprietà di Reycend, in parte riconoscibili dalla data di edizione o dalla presenza del nome nella prima pagina o nella seconda di copertina, ne sono stati aggiunti altri, forse già di famiglia o appartenuti al nipote dell'ingegnere che, alla sua morte, ne ha rilevato lo studio professionale. Dallo spoglio sistematico dei volumi si nota la quasi completa mancanza di testi letterari o di viaggio che potrebbero restituire la stretta quotidianità di un uomo che, non solo a Torino, ha assunto a lungo un ruolo da protagonista.

Discendente da una famiglia di mercanti e stampatori d'arte, i Fratelli Reycend presenti in città fin dal Settecento, Giovanni Angelo Reycend nasce il 27 gennaio 1843 a Torino e vi si spegne il 26 novembre 1925. Eredita la passione per l'architettura dal padre Ferdinando, architetto e docente in scuole tecniche municipali e private, noto per una riedizione della *Regola* di Jacopo Barozzi da Vignola, che compare nella biblioteca del figlio in un'edizione del 1865, palesemente molto consultata, pubblicata dal libraio Giacomo Reycend (Reycend, 1865). Da questi, suo padrino, il giovane apprende la dedizione alle opere a stampa che studia ed esamina con l'attenzione di chi conosce a fondo la realtà dell'imprenditoria editoriale. Il suo patrimonio librario restituisce un elenco di titoli che possono essere organizzati per soggetto, costruendo un regesto con lo stesso approccio adottato dai Reycend, fin dagli anni della prima Restaurazione, per la pubblicazione di guide e opuscoli utili a conoscere Torino e il Piemonte[2].

Giovanni Angelo Reycend si forma in prestigiosi istituti cittadini, allievo del Real Collegio Carlo Alberto per gli studenti delle Province, si iscrive al biennio universitario di scienze matematiche presso la Regia Università degli Studi di Torino e quindi, seguendo l'*iter* formativo richiesto per conseguire il titolo di ingegnere, alla Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri. Agli anni di istruzione appartengono, forse, le tante pagine di aritmetica, di geometria, di fisica, di meccanica e, almeno in parte, di architettura presenti nella sue librerie. Emergono le guide e le lezioni di matematica, manoscritte e a stampa, espressione della ricercata diffusione dell'uso del sistema metrico decimale, adottato in Piemonte nel secondo Ottocento, ma già sostenuto da una legge promulgata da Carlo Alberto che fissava la data del 1 gennaio

1850 per l'introduzione formale del sistema di misurazione nel Regno di Sardegna. Tra i volumi, si leggono *Quattro lezioni sul sistema metrico decimale dette da G. I. Giulio nella Scuola di Meccanica applicata alle Arti* uscite in seconda edizione nel 1846, la *Guida pratica del sistema metrico decimale* proposta da Matteo Dho nel 1847 e la *Nuova etichetta dei calcoli fatti sul sistema decimale per i cereali* datata 1850. Testimonianza di studi aperti in quegli anni, probabilmente sostenuti dall'ingegnere anche nel corso della sua professione, sono parte della ricca collezione di più di cinquanta libri che trattano di matematica con diverse accezioni. Interessanti, per indagini sulla didattica impartita nei decenni centrali del XIX secolo, sono due manoscritti nel 1857, redatti quando l'ingegnere aveva quattordici anni, intitolati *Lavori fatti nel primo anno di Retorica concernenti l'aritmetica* e *Lavori fatti nel primo anno di Retorica concernenti l'algebra*.

Non pochi sono i quaderni di appunti scritti dalla mano dello «studente G. A. Reycend», come da lui stesso precisato in apertura, che trattano di meccanica razionale o di calcolo differenziale e calcolo integrale. Si tratta, ad esempio, della sintesi dei corsi di matematica di Giuseppe Bruno, docente presso la Regia Università degli Studi di Torino ricordato per la chiarezza delle sue lezioni, *per l'entusiasmo con cui soleva spiegare, valendosi di una voce robusta e di una mimica larga, grandiosa, con le quali dava all'insegnamento orale una vivacità singolare* (Segre, 1963). La trigonometria è studiata avvalendosi di uno dei più antichi libri della raccolta, allo stato attuale delle ricerche purtroppo non ancora individuato ma solo citato in un inventario, dal titolo *Nouveaux traites de trigonometrie rectiligne et spherique* di Deparcieux, consegnato alle stampe da Guerin nel 1741.

Collezione preziosa, comprende molti volumi di geometria tra cui la sesta edizione della nota *Geometrie descriptive* di Gaspard Monge (1746-1818), uscita nel 1834 con, a corredo, alcune nozioni di teoria delle ombre e di prospettiva scelte dall'allievo Barnabé Brisson. Gli studi italiani, invece, sono documentati, tra gli altri, da una traduzione in francese di *La geometria del compasso* di Lorenzo Mascheroni (1750-1800), opera conosciuta del matematico che, appoggiandosi alle teorie di Monge, sostiene che tutti i problemi risolubili con riga e compasso possono essere risolti con il solo compasso. Molte sono le edizioni italiane di volumi di fisica e di idraulica, spesso accostanti manoscritti che, ancora, restituiscono le lezioni impartite alla Regia Università degli Studi di Torino e alla Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri.

La formazione e la professione dell'ingegnere si appoggiano anche a studi di meccanica che, nella biblioteca, sono documentati da copie di saggi probabilmente donati a Reycend negli anni di lavoro. Ne è esempio *Elementi di meccanica ad uso degli istituti tecnici ed industriali del prof. Ph Huber*, pubblicata a Milano da Vallardi nel 1866 con revisione di Ronaldo Ferrini o, uscita nel capoluogo lombardo da Giacomo Gnocchi, *La fisica e la meccanica applicate all'industria* dell'ingegnere

Pietro Baraldi (ed. 1864). La scuola romana è presente negli scaffali di Reycend con *Meccanica elementare. Introduzione alla fisica teorica*, opera del tedesco Wolder Voigt, discussa da Sella con una prefazione del matematico Eugenio Beltrami. La didattica torinese, invece, è nelle *Lezioni di meccanica applicata* tenute alla scuola di ingegneria da Prospero Richelmy, manoscritto rilegato che si apre con un'*Introduzione* detta «Lez[ione] l[prim]a. 18/11/1863»[3].

Non è qui possibile commentare criticamente l'intera raccolta dei più di cinquecentoquaranta esemplari che compongono la biblioteca reycendiana. Tuttavia è fondamentale evidenziare che, scorrendo i volumi, si leggono ancora libri che documentano studi di ingegneria strutturale che Reycend affronta come studente e poi, conseguito il titolo di «ingegnere laureato» alla Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri in Torino nel 1865, come progettista. *Elementi di statica architettonica del dott. G. A. Borgnis* (Milano 1842), *La misura delle volte rette di Vincenzo Lamberti ristretto di Giovanni Astolfi* (Milano 1840), *Origine de' volti, genesi di quelli più in uso e metodi per misurarli* del genovese Celestino Foppiani (Torino 1845)[4] trovano un confronto con il tema affrontato nella dissertazione di laurea, *Influenza dell'arco sullo stile architettonico* in fig. 1, (ed. Tipografia Baglione), in cui il giovane studente completa l'analisi statica dell'arco con una lunga trattazione storica.

È la storia dell'architettura, disciplina che alla metà dell'Ottocento stava ancora distinguendosi dalla storia dell'arte, la materia prevalente nella libreria di Reycend. L'interesse per l'argomento è confermato dal ruolo che assume come corrispondente della rivista fiorentina *Arte e storia* che, nella raccolta libraria, è presente con un importante numero di fascicoli. Le ricerche reycendiane si aprono nel periodo in cui frequenta la scuola di ingegneria, nelle aule del Castello del Valentino. Nella sua tesi, e poi nell'inventario delle opere a stampa, sono citati il *De architectura* di Vitruvio e il *De re aedificatoria* di Leon Battista Alberti, che dimostrano studi aperti sulla cultura classica e sul classicismo, come definito dalla critica contemporanea, nel Quattrocento italiano. Esemplari non presenti nella biblioteca, almeno a fronte

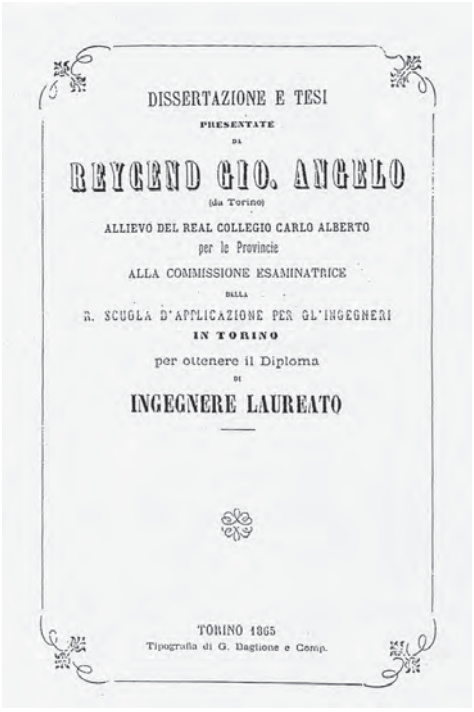

DISSERTAZIONE E TESI
PRESENTATE
DA
REYCEND GIO. ANGELO
(da Torino)
ALLIEVO DEL REAL COLLEGIO CARLO ALBERTO
per le Provincie
ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE
DELLA
R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GL'INGEGNERI
IN TORINO
per ottenere il Diploma
DI
INGEGNERE LAUREATO
TORINO 1865
Tipografia di G. Baglione e Comp.

Fig. 1 – Dissertazione di laurea di Giovanni Angelo Reycend (collezione privata).

dell'attuale disamina dei libri, i due testi sono noti a Reycend nelle edizioni, rispettivamente, del 1832 e del 1784. Il trattato vitruviano è menzionato nella pubblicazione *Dell'architettura libri dieci Tradotti e commentati dal marchese Berardo Galiani napolitano* uscita per i tipi di Alessandro Dozio a Milano e *I dieci libri di architettura* di Alberti compaiono nella celebre traduzione commentata da Cosimo Bartoli, edita a Roma da Giovanni Zempel. Se è ammissibile che i due scritti siano stati indagati da Ferdinando Reycend per il suo commento alla *Regola* di Vignola, è certo che sono stati strumento di lavoro del figlio Giovanni Angelo che, spesso, propone ai suoi studenti temi di architettura rinascimentale. Dal 1877 al 1919, per più di quarant'anni, l'ingegnere è docente di Architettura tecnica e Composizione architettonica presso la Regia Scuola di applicazione per gli ingegneri in Torino, istituto di cui assume la direzione negli anni subito precedenti la costituzione del Regio Politecnico di Torino, fondato nel 1906 dall'unione della stessa Scuola con il Regio Museo Industriale[5].

Lo studio dell'architettura antica e della sua reinterpretazione quattrocentesca e cinquecentesca, che affonda le basi in un neoclassicismo ancora diffuso nei decenni centrali dell'Ottocento, si appoggiano alla lettura delle *Opere di Giorgio Vasari pittore e architetto aretino* (Firenze 1833) e degli *Studi artistici* di Camillo Boito sulle figure di Leonardo, Michelangelo e Palladio (Milano 1883). Completano il repertorio di libri, le monografie dedicate a Donatello, a Palladio e a Michelangelo, tra cui la traduzione italiana di Augusto di Cossilla dell'opera di Hermann Grimm, figlio di uno dei noti autori di fiabe. L'attenzione al neoclassico, invece, è documentata da *Della vita di Antonio Canova* di Melchior Missirini (Milano 1825). L'interesse e il gusto per le composizioni neorinascimentali si nota, oltre che in ambito didattico, anche nei progetti d'architettura reycendiani; ne è testimonianza la sede per l'Istituto Nazionale per le Figlie dei Militari, grande complesso innalzato tra la collina di Torino e il Po tra il 1884 e il 1888. Convitto e luogo di formazione, consta di quattro corpi di fabbrica disposti a delimitare una corte quadrangolare disegnata in adesione ai principi di modularità e proporzionalità che avevano qualificato l'architettura del Cinquecento nel centro della penisola italiana (Gianasso, 2002b).

Una successiva categoria di libri riunisce testi di storia dell'architettura medievale, con una netta prevalenza di pubblicazioni inerenti la Lombardia, Milano, il suo duomo e Venezia. *Ricerche sull'architettura lombarda* di Celeste Clericetti (Milano 1869), già considerato un libro che consolida gli studi sul medioevo lombardo (Della Torre, 2003), è affiancato da *Description Cathédrale de Milan* (Milano 1830), da volumi che restituiscono la storia architettonica e artistica della città e da altre pubblicazioni con argomento il costruito di Venezia. Tra questi emerge *Settantadue giorni ai lavori al campanile di San Marco*, scritto da Luca Beltrami nel 1903, nel periodo tra il crollo del campanile nel 1902 e l'avvio dei lavori di restauro quando, peraltro, Reycend riflette sull'evento tracciando, sul retro di un suo progetto piemontese, i profili della veneziana piazza San Marco.

Il dibattito sul restauro, concluso con la scelta di ripristinare il campanile in adesione alla nota espressione *dov'era e com'era*, è sostenuto da approfondimenti di storia dell'architettura e di storia dell'arte che, in Italia, trovano un fondamentale riferimento nella già diffusa *Storia pittorica dell'Italia dal Risorgimento delle Belle Arti fin presso al fine del XVIII secolo* (ed. Silvestri, Milano 1823), grandiosa opera editoriale del gesuita Luigi Lanzi, uscita in prima edizione tra il 1795 e il 1796, che inaugura lo studio della storia dell'arte per scuole pittoriche regionali, rivalutando i Primitivi come momento iniziale di una narrazione proseguita fino al Rinascimento e poi estesa ancora al tardo Settecento. Alla stessa collana dell'editore Silvestri appartiene la *Raccolta di lettere sulla pittura, scultura e architettura. Scritti da più personaggi nei secoli*, consegnata alle stampe da Giovanni Bottari e poi ripresa da Stefano Ticozzi fino agli anni Venti dell'Ottocento. A questi si aggiungono gli studi di letteratura e arte di Tullio Massarani (Firenze 1873) e quelli di storia dell'arte di Pompeo Molmenti (Torino Roma 1892). Completano il repertorio bibliografico esaminato da Reycend, la *Storia estetico-critica delle arti del disegno* di Pietro Selvatico, che dal 1852 veicola in Italia le arti figurative prospettando l'esame delle correlazioni e degli svolgimenti storici, estetici e tecnici dell'architettura, della pittura e della scultura e la traduzione italiana di Antonio Mainardi del *Dictionnaire historique d'architecture* di Quatremère de Quincy (ed. 1842).

I testi di storia, perlopiù, interrompono la narrazione con l'inizio del Seicento e il diffondersi della cultura barocca che, soprattutto in alcune regioni, mantiene a lungo una connotazione fortemente negativa. Reycend, però, intende discuterne il significato a Torino. Ne sono prova i suoi articoli con tema il Castello del Valentino, il Palazzo Reale e la juvarriana Scala delle forbici e il palazzo Saluzzo Paesana, in parte editi nelle pagine della rivista *L'edilizia moderna*, uno dei periodici presenti nella sua libreria. Le sue ricerche, inoltre, trovano un supporto nell'*Architettura civile* di Guarino Guarini, pubblicata da Bernardo Antonio Vittone nel 1760 e ora menzionata in un inventario del patrimonio librario.

Alla storia si lega lo studio del disegno che, inteso in senso stretto come disegno lineare, è spiegato in un manoscritto, non datato, di Ferdinando Reycend e in una raccolta di lezioni pubblicata da Antonicari nel 1849. L'esercizio grafico, tuttavia, si apprende dal frequente confronto con la cosiddetta manualistica sull'arte di edificare. Seguendo l'ordine cronologico, la biblioteca conserva le *Istituzioni di architettura, statica e idraulica* di Nicola Cavalieri San Bertolo (Mantova 1826), testo dettagliato di architettura pratica, il *Manuale dell'architetto, dell'ingegnere e del capo mastro* di Antonio Ascona (Milano 1830), considerato insufficiente perché privo di tavole (ma utile per le questioni giuridiche e normative sulla professione di ingegnere), il *Nuovo corso completo di pubbliche costruzioni* di Giuseppe Sganzin (Venezia 1847) e le *Istituzioni pratiche elementari sull'arte di costruire le fabbriche civili di Antonio Cantalupi* (Milano 1866). A Torino escono, ancora, *L'arte di fabbricare* del

docente della scuola di ingegneria Giovanni Curioni (Torino 1877), *Particolari di costruzioni murali e finimenti di fabbricati* di Giuseppe Musso e Giuseppe Copperi (Torino 1912) e il *Manuale dell'architetto* di Daniele Donghi, presente nella collezione reycendiana in una pubblicazione del 1923.

Il lungo regesto è quasi certamente consultato da Reycend anche per organizzare i suoi corsi nelle scuole tecniche e professionali, un'attività che intraprende subito dopo la laurea e che lo accompagna per tutta la vita, inducendolo a fondare, nel 1912, una scuola per assistenti edili, rivolta alle maestranze di cantiere. In questo contesto, forse, sono posati sugli scaffali i piccoli libretti, usciti in un formato di agevole e veloce consultazione, che illustrano la professione del marmista, dello scalpellino, del minusiere e dell'ebanista[6] e, con uno specifico riferimento al cantiere, anche l'*Album di articoli diversi in ghisa greggia e smaltata per costruzioni* (Torino 1888) e, di impiantistica, *Costruzione del termosifone ovvero calorifero ad acqua* di Michele Saint Martin (Torino 1839). Completano l'elenco i volumi di *L'arte moderna del fabbricare*, esito di un lavoro a più voci in cui Gustavo Giovannoni si occupa di *Costruzioni civili* (Zucconi, 1997; Bruschi, 2009).

È noto come Gustavo Giovannoni, promotore della figura dell'*architetto integrale*, abbia avuto un ruolo non marginale nell'acquisizione dell'autonomia della disciplina della storia dell'architettura rispetto alle altre materie storiche e alla storia dell'arte. Il suo metodo si basa sull'esame critico diretto dell'opera d'arte e *deve poggiarsi non su un unico ordine di determinazioni, ma su tutte; deve interrogare l'archivio e le epigrafi, la struttura costruttiva e le sagome, i segni dei lapicidi e le forme decorative* […][7]. Nei primi anni del Novecento Giovannoni si iscrive all'Associazione artistica tra i cultori di architettura di Roma, fondata nel 1890 con l'obiettivo di «promuovere lo studio e innalzare il prestigio dell'architettura» (*Statuto*, 1891, art. 2). La sua relazione con Reycend, che è iscritto all'Associazione fin dai primi anni e ne è «socio corrispondente», è ancora da approfondire, ma la comunione di intenti è già provata dal ruolo del torinese che cura la diffusione dei principi sostenuti dal sodalizio romano nel territorio piemontese. La didattica reycendiana, peraltro, suggerisce un approccio all'architettura del passato che richiede una conoscenza diretta dell'opera esito, nei corsi, di puntuali sopralluoghi[8]. Emerge, da un primo spoglio delle carte, la volontà di descrivere il costruito e suddividerlo per tipi edilizi elaborando, forse, il metodo di J.L.N. Durand di cui la biblioteca conserva una copia dei *Précis des leçons d'architecture* (Liége 1841). All'analisi, l'ingegnere aggiunge l'indicazione dei riferimenti cronologici e la denominazione dello «stile», nel progressivo definirsi di una periodizzazione interna della disciplina.

Obiettivo dei Cultori di architettura è, anche, la valutazione delle sistemazioni urbanistiche che, nella città piemontese, sono discusse in sedi non solo pubbliche. Il ricco patrimonio a stampa comprende, infatti, pagine sull'argomento, lette dall'ingegnere alla Società per gli Ingegneri e gli Architetti in Torino, prestigiosa società

tecnica cittadina di cui è socio e presidente. Non sono poche, poi, le pubblicazioni che restituiscono un quadro articolato dell'impegno di Reycend a Palazzo di Città. Consigliere comunale per quasi diciotto anni, dal 1888 al 1905, e Assessore all'Istruzione, ai Lavori pubblici, al Catasto e imposte e alla Polizia dal 1891 al 1897, partecipa attivamente al dibattito consiliare occupandosi dei successivi ingrandimenti della città, di architettura e di istruzione[9], nella complessa fase della storia urbana torinese che trova una sintesi nel *Piano regolatore e di ampliamento* del 1906-1908.

Emerge la riconosciuta competenza dell'ingegnere in ambito urbanistico approfondita, in adesione alle teorie allora all'avanguardia, con le letture in materia di igiene (Nonnis Vigilante, 2001). Nel patrimonio librario compaiono molti titoli, anche di medicina, che restituiscono l'attenzione a una politica appoggiata e diffusa da Giacinto Pacchiotti, professore di Clinica chirurgica e di Patologia all'Università di Torino, e dal funzionario Candido Ramello, figura cardine per l'affermazione dei precetti igienisti tra i cittadini. La biblioteca, oltre a *Precis d'Hygiène appliquée* di Eugène Richard (Parigi 1891), conserva l'*Ultima fase della discussione sulla fognatura nel Consiglio Comunale* di Pacchiotti (Torino 1893) e, di Ramello, *Il ghiaccio di Torino in rapporto alla vigilanza sanitaria* (Torino 1896).

Testi scientifici, non solo di ingegneria, completano il lungo regesto di pubblicazioni reycendiane e chiariscono le competenze che, tra Ottocento e Novecento, si attribuiscono alla figura dell'ingegnere. Titolo tradizionalmente derivato da *ingenium*, nel latino volgare macchina, e da *ingeniarus*, colui che muove le macchine, diventa espressione di un professionista *integrale*, uomo di profonda e ampia cultura, grande lettore e studioso, esperto di architettura, matematica, idraulica, meccanica, fisica e scienza, capace di trasmettere e concretizzare il sapere enciclopedico, e politecnico, che caratterizza il lungo Eclettismo.

Bibliografia

In considerazione dell'argomento trattato, l'autrice elenca qui solo i testi indicati in nota, demandando al saggio per i riferimenti editoriali ai volumi conservati nella biblioteca di Giovanni Angelo Reycend.

Bruschi A. 2009. *Introduzione alla storia dell'architettura. Considerazione sul metodo e sulla storia degli studi*. Roma: Mondadori Università.

Calabi D. 1997. *Parigi anni Venti. Marcel Poëte e le origini della storia urbana*. Venezia: Marsilio.

Della Torre S. 2003. Riflessioni sull'isola comacina. *Atti del convegno "L'eredità di Monneret de Villard a Milano"*, Milano, novembre 2002 (a cura di Sandri M.G.), 85-88. Firenze: Insegna del Giglio.

Gianasso E. 1998. *Giovanni Angelo Reycend (1843-1925). Ingegnere*. tesi di laurea, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, relatore Roggero C. correlatore Defabiani V., A.A. 1997-1998.

Gianasso E. 2000. Per una biografia di Giovanni Angelo Reycend. *Studi Piemontesi*, XXIX, 2, 583-595.
Gianasso E. 2002a. *1888-1905. Giovanni Angelo Reycend Amministratore comunale*. Torino: Archivio Storico della Città.
Gianasso E. 2002b. Un edificio per l'istruzione nella città dell'Ottocento. In: *De venustate et firmitate. Scritti per Mario Dalla Costa*, 450-457. Torino: Celid.
Giovannoni G. 1912. Costruzioni civili. In: *L'arte moderna di fabbricare* (a cura di Albertini C., Boldi M.A, Giovannoni G., Galassi F., Misuraca G, Vanghetti U.). Milano: Vallardi.
Zucconi G. 1997. *Dal capitello alla città. Con un regesto di opere di Giuseppe Bonaccorso*. Milano: Jaka Book.
Mozzoni L., Santini S. (a cura di). 2013. *Architettura dell'Eclettismo. I grandi protagonisti*. Napoli: Liguori.
Mozzoni L., Santini S. (a cura di). 2014. *Architettura dell'Eclettismo. Ornamento e decorazione nell'architettura*. Napoli: Liguori.
Nonnis Vigilante S. 2001. Igiene pubblica e sanità municipale. In: *Storia di Torino. VII. Da capitale politica a capitale industriale (1864-1915)* (a cura di Levra U.), 365-402. Torino: Einaudi.
Patetta L. 1991. *L'architettura dell'Eclettismo. Fonti, teorie, modelli 1750-1900*. Milano: Città Studi.
Reycend F. 1865. *Gli ordini di architettura civile di Jacopo Barozzi da Vignola, coll'aggiunta di più tavole contenenti i loro precipui ornati*. Torino: Giacomo Reycend.
Sanguineti C. 2002. I corsi per architetti e ingegneri presso la Regia Università di Genova (1816-59). Direttive sabaude, programmi e testi in uso. In: *La cultura architettonica nell'età della Restaurazione* (a cura di Ricci G., D'Amia G.), 211-234. Milano: Mimesis.
Segre C. 1963. 1893-1893. Giuseppe Bruno, In: *Corrado Segre. Opere* (a cura dell'Unione Matematica Italiana), IV, 428-437. Roma: Cremonese.

Note

1. Sull'Eclettismo, si veda Patetta, 1991 e, per un aggiornamento, gli atti dei convegni di Jesi tra cui si citano qui solo i recenti: Mozzoni e Santini, 2013; Mozzoni e Santini 2014.
2. Si citano *L'indicatore torinese ovvero Pianta della città di Torino* (1815) e di Modesto Paroletti, *Turin et ses curiosités* (1819) e *Descrizione dei Santuari in Piemonte* (1825).
3. Sono appunti di Reycend, iscritto alla Scuola il 10 novembre 1863 (Gianasso, 1998).
4. A Celestino Foppiani si deve la considerazione secondo cui, nella meccanica, la determinazione dei punti di rottura di una volta a botte è ridotta a una ricerca di massimi e di minimi. Sulla didattica impartita a Genova si ricorda (Sanguineti, 2002).
5. Negli anni in cui Reycend insegna alla Scuola pubblica *Sulla sede della Scuola di applicazione per gli ingegneri in Torino* (1888) e *Disegno dei fabbricati componenti la nuova sede del R. Politecnico di Torino* (1910).
6. Alcuni testi sono premiati alle Esposizioni, eventi di grande calibro promossi da Reycend e, in parte, documentati nella sua biblioteca. Ne è esempio il *Trattato analitico dei prezzi per l'arte dello scalpellino* di Cesare Pizzicaria (Roma 1889), vincitore all'Esposizione italiana di architettura del 1890, donato a Reycend dall'autore.
7. La citazione appartiene allo scritto di Giovannoni *Un metodo per la storia dell'architettura* pubblicato nel 1939 sulla rivista *Palladio* (Zucconi, 1997).

8. La documentazione relativa all'insegnamento impartito da Reycend alla Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri e poi al Regio Politecnico, oltre che in un fondo privato, è disponibile presso l'archivio del Politecnico di Torino e le biblioteche di ateneo.
9. Il patrimonio librario comprende, in proposito, i testi in cui il Consigliere discute l'ordinamento didattico delle scuole tecniche municipali e anche, redatto dal Patronato per le scuole elementari municipali di Torino, *Cenni storici e amministrativi* (Torino 1866). Un confronto con l'architettura è, invece, in *Sulla costruzione di fabbricati per le scuole elementari* (Roma 1887).

Vito Cardone

La nuova generazione di ingegneri-scrittori: Juan Rodolfo Wilcock

Abstract

For about fifteen years, some engineering professors have begun to analyze the figure and the work of engineers-artists, particularly those who have established themselves as writers: from Fëdor Dostoevskij to Robert Musil, from Carlo Emilio Gadda to Leonardo Sinisgalli, from Evgenij Ivanovic Zamjatin to Andrej Platonovič Platonov, from Boris Vian to Juan Benet Goitia, from Paolo Barbaro to Frank Westerman, to name the major and best known.

The first results were illustrated in an important study day that was held in October 2006 at the Faculty of Engineering of the Salerno University and then in a book that was inspired by it. Interventions on this theme were also carried out in the Engineering History Conferences of 2010, 2012 and 2014.

The paper deals with the eccentric Argentinian civil engineer Juan Rodolfo Wilcock (1919-1978), whose 40th anniversary of his death occurs in 2018. He moved to Italy after the war and became a friend of the greatest Italian writers of the middle of the last century. After his death he's become a naturalized Italian and almost a cult author for many lovers of literature.

.

Introduzione

La nuova generazione di ingegneri-scrittori annovera vari significativi esponenti, non ancora studiati da coloro che si sono dedicati al tema (Martinelli, 2012).

Tra essi si segnalano, in particolare, l'ingegnere civile cileno di origine italiana Pablo Simonetti (1955), con master in ingegneria economica a Stanford, che ha riscosso un grande successo di pubblico e di critica con i suoi romanzi e con le opere teatrali e per la televisione. L'ingegnere chimico peruviano trasferitosi in Australia Sergio Bambarén (1960), affermatosi una ventina d'anni fa, a livello mondiale, come autore di best sellers sulle avventure di surfing e sui delfini. L'ingegnere chimico francese Franck Thilliez (1973), fortunato autore di romanzi thriller che hanno venduto molte copie.

Avevo iniziato a interessarmi alla loro opera, quando sono stato folgorato dall'incontro con un esponente di qualche generazione precedente, finora di fatto passato inosservato, ma che senza dubbio è di gran lunga il più importante tra tutti gli inge-

gneri-scrittori non ancora studiati. Si tratta di Juan Rodolfo Wilcock, nato a Buenos Aires nel 1919 e morto nel 1978 a Lubriano, in provincia di Viterbo, dove si era ritirato quasi in esilio da alcuni anni. L'anno successivo ottenne, *post mortem*, la cittadinanza italiana.

Con padre inglese e madre argentina di origine svizzero-italiana, Wilcock familiarizzò subito con tre lingue diverse e imparò poi anche il francese e il tedesco. Conseguì il titolo di ingegnere civile alla Universidad de Buenos Aires e, come vari altri ingegneri-scrittori (da Fëdor Dostoevskij a Robert Musil, da Evgenij Ivanovic Zamjatin ad Andrej Platonovič Platonov, da Carlo Emilio Gadda a Boris Vian, da Juan Benet Goitia a Paolo Barbaro), iniziò subito a lavorare come ingegnere.

Come tutti i suoi predecessori, durante gli studi da ingegnere coltivò pure la passione per le lettere; il suo primo libro di poesie, *Libro de poemas y canciones*, del 1940, ottenne importanti riconoscimenti. Più di tutti loro, però, spaziò in quasi tutti i campi della scrittura. Fu infatti poeta, romanziere, autore di testi teatrali, critico (letterario, teatrale, musicale e artistico) attento e feroce.

Nel paese natale Wilcock frequentò importanti scrittori connazionali, con alcuni dei quali, Silvina Ocampo, Adolfo Bioy Casares, ad esempio, e lo stesso Jorge Luis Borges, stabilì forti amicizie. Fu giornalista, direttore di riviste letterarie, traduttore da e in varie lingue; sue, tra l'altro, le traduzioni del *Finnegans Wake* di James Joyce, in italiano, e di *Nelle vene dell'America* di Williams Carlos Williams, per il quale aveva una vera e propria passione.

Nel 1956, pure per sfiducia nel futuro del suo paese che tanto amava e insofferente al peronismo, decise di stabilirsi in Italia, visitata per la prima volta cinque anni prima, nel corso di un viaggio in Europa che lo vide anche fermarsi per un anno in Inghilterra con alcuni dei suoi amici argentini. Da quel momento l'italiano divenne la sua lingua di elezione e l'adopererà con una padronanza, un'abilità e un'inventiva tali da fare invidia al miglior Gadda. Chissà se i due si stimavano; se si conobbero è probabile che si evitarono con cura: l'argentino omosessuale convinto, dichiarato e disinibito, e l'ingegnere milanese, nevrotico per sua stessa, ripetuta ammissione, e, come pensavano non pochi tra i suoi amici, forse omosessuale represso, incapace di vivere le propri emozioni.

In Italia Wilcock collaborò, con scritti e recensioni critiche, con giornali – dall'organo del Vaticano, *L'osservatore Romano*, a L*a Voce Repubblicana*; da *Il Messaggero* e *Il Tempo* di Roma a *La Nazione* di Firene, e con riviste prestigiosissime, come *Il Mondo* di Mario Pannunzio e *L'Espresso*. Testate, come si vede, progressiste e moderate o conservatrici, laiche e cattoliche: a testimoniare la sua strafottenza e il suo distacco.

Fu amico di scrittori italiani, da Nicola Chiaromonte a Roberto Calasso, che volle pubblicarlo per la Adelphi, da Ennio Flaiano a Elsa Morante, ad Alberto Moravia e al suo gruppo, incluso Pier Paolo Pasolini, che gli affidò la parte di Caifa ne *Il Vangelo*

secondo Matteo. Tuttavia, come ha ricordato lo scorso anno Elio Pecora, che gli fu a lungo amico e fu tra i pochi ad accorrere alla sua morte, *Nella pettegola e suscettibile società letteraria romana, verso quell'argentino provvisto di tanti saperi, anche scientifici, e a suo agio almeno in quattro lingue e in altrettante letterature, si passa negli anni – anche a causa dei suoi giudizi taglienti e trasversali – dall'ammirazione alla diffidenza, fino al fastidio e al rancore* (Pecora, 2011).

Per Eduardo Camurri, ciò è dovuto al fatto che *Wilcock ha il privilegio della solitudine, un privilegio intollerabile in ogni forma di società, figuriamoci in quella letteraria, che infatti, non riuscendo a inserirlo in nessuna scuderia, ha preferito dimenticarsene e passare ad altri scrittori più docilmente storicizzabili*» (Camurri, 2009). Eppure, secondo Pecora, *se torno ai suoi comportamenti deduco che chiedeva compagnia, anche quando sminuiva e deprecava il mondo intero* (Pecora, 2011). Tra i pochi che gli furono sempre amici mi piace ricordare l'altro ingegnere-scrittore Roberto Vacca, che lo andava a trovare nella sua disastrata casa isolata e oggi lo ricorda come *uno straordinario irregolare […] letterato originalissimo* (Gnoli, 2018).

Con il tempo, Wilcock è diventato quasi un autore di culto, per quanto di nicchia. Gli è stato dedicato un sito web (www.wilcock.it), in rete sono disponibili sue interviste e brevi interventi e negli ultimi anni Adeplhi ha ripreso a ripubblicare alcune delle sue opere più significative.

In lui mi sono imbattuto quasi per caso ed è stata occasione per riprendere con nuovo fervore gli studi sugli ingegneri scrittori. Il lavoro di ricerca è iniziato una quindicina d'anni fa; i primi risultati non sono stati comunicati con pubblicazioni, bensì in un Convegno tenuto a ottobre 2006 presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Salerno e in alcune conferenze, in Italia e all'estero: pertanto, non vi sono riferimenti bibliografici.

È un lavoro tuttora in pieno svolgimento perché, senza contare le traduzioni, Wilcock è autore di un'enorme produzione critica e letteraria, in spagnolo e in italiano. Tuttavia già è possibile tentare una contestualizzazione, nell'ambito di quel folto gruppo di ingegneri-scrittori, soprattutto novecenteschi, con alcuni dei quali – come Gadda, Vian, Platonov – la sua opera ha vari tratti in comune: a confermare che non è esagerato parlare di ingegneri-scrittori come di una categoria specifica (Cardone, 2012b).

Coltissimo, intelligente, geniale, brillante; irriverente, sarcastico, grottesco, visionario e surreale come Gadda e Vian; gelido, cinico, perfido, razionale, imprevedibile, sfrontato come loro; dotato di una fantasia fervidissima, mischia realtà e invenzione, cose vere e false, fino a scrivere e fare pubblicare con grande naturalezza (e attitudine gaddiana, appunto) recensioni di spettacoli e cronache di avvenimenti inesistenti.

I due allegri indiani, suo primo romanzo in italiano definito dai critici *non romanzo*, *antiromanzo* o *pseudo-romanzo*, con due sgambettanti e allegri transessuali in copertina, fu presentato da Roberto Calasso, il patron della Adelphi, come un libro *demenziale* (Wilcock, 1973).

Il lavoro da ingegnere

Come quasi tutti coloro che dopo la laurea lavorarono effettivamente da ingegnere, all'inizio Wilcock si mostra entusiasta della sua professione, nell'esercizio della quale, nella società ferroviaria argentina, coltiva anche la passione per la scrittura. Ben preso, però, il lavoro di ingegnere gli viene a noia, se ne disinnamora e spera di abbandonarlo quanto prima; lo farà con naturalezza, senza i tormenti che caratterizzarono Gadda.

Questa fase è raccontata nel breve romanzo epistolare autobiografico *El ingeniero*, pubblicato a Buejos Aires nel 1965 e in Italia per la prima volta da Rizzoli dieci anni dopo, del quale ho potuto finora conseguire solo un'edizione in spagnolo (Buenos Aires, Losada, 1997) che è traduzione dell'edizione della Rizzoli, evidentemente rivista rispetto a quella originaria (Wilcock, 1965).

Il libro è una raccolta di brevi lettere scritte alla nonna, nell'arco di dieci mesi, da luglio 1943 a maggio 1944, di un giovane ingegnere appena laureato alla prese con il primo lavoro, lontanissimo da casa: nella costruzione della *Red Ferroviaria Transandina*, a 2236 m di altitudine, in un angolo *perdido de la Cordillera de los Ande*», dove scorre il río Mendoza. La città più vicina è proprio Mendoza, dove si può recare una volta ogni 45 giorni; quando vi arriva la prima volta la città gli sembra *orribile*; cinque mesi dopo scrive che la adora, *ha qualcosa di trionfalmente oscuro e, allo stesso tempo, visibile a tutti.*

Ricorda le situazioni di vita e di lavoro, in alta montagna, dove non c'è possibilità di procurarsi niente. L'altitudine non gli giova (dimagrisce molto) e il cibo che mangia non l'avrebbero dato nemmeno a un cane. Gli spostamenti durano ore e ore. La poca gente con cui vive, un paio di centinaia di persone, non gli piace; vi sono, pure tra i colleghi di lavoro, alcuni tedeschi nazisti: ma lì sono così lontano *che si dimentica tutta questa storia, e non parliamo mai della guerra*.

Il giovane stabilisce ugualmente qualche relazione; dà lezioni di francese a un ragazzo e poi di aritmetica a un altro. All'Università di Mendoza gli chiedono una conferenza su Paul Valery e la matematica.

Le situazioni spesso sono estreme, di caldo e freddo, neve e solleone, con un vento fortissimo, escursioni termiche giornaliere enormi, dai 36 °C di un giorno ai 4 C°, alle 11 del mattino, di quello successivo. Nel secondo posto che occupa, sempre da quelle parti, a Sud di Mendoza, dove si sposterà sei mesi dopo per lavorare a una nuova linea che si sta costruendo, d'inverno nevica molto e la temperatura può scendere a 25 °C sotto zero. Gli inconvenienti logistici sono all'ordine del giorno: ad esempio, si rompe il generatore di energia elettrica e restano al buio per giorni interi; si rompono sovente i mezzi di trasporto (camion e auto) e restano bloccati, pure lui che è un privilegiato: ha una prima casa prefabbricata, con due tavoli da disegno e un assistente-disegnatore, che gli fa un po' di tutto, e poi una più grande, prefabbricata di legno, con auto e due autisti tutti per lui.

È giovanissimo, l'ingegnere più giovane di tutto il Ferrocarrill; lo chiamano *ingeniero niño* o *muchacito*, ma anche *ingeniero refinado* e dicono che è agile come un cervo. I suoi piaceri sono ascoltare musica (anche di notte), scrivere, leggere (si fa inviare pure libri da casa) e scalare le montagne. Fa lunghe passeggiate; all'inizio sembra quasi una vacanza; anche in seguito osserva che in quei luoghi vi è una *splendida solitudine*, ma ha trascorso da solo pure la notte di Natale, cucinandosi cibi natalizi.

All'inizio il suo lavoro consiste nel fare piccoli rilevamenti o livellazioni, senza importanza, con livello o teodolite; poi fa sopralluoghi per controllare l'andamento dei lavori (costruzione di opere d'arte,…), semplici schizzi, dai quali i disegnatori elaboreranno gli esecutivi, su carta lucida, ed esegue la contabilità dei lavori per gli stati di avanzamento per le imprese esecutrici. Gli piace, lo trova semplice, ma anche stupido; lo capisce sempre meglio e fa le cose con disinvoltura e piacere.

Dopo tre mesi però già pensa di cercare, senza fretta, un nuovo lavoro che gli consenta di stare vicino alla famiglia e agli amici. Dopo sei mesi, forse anche perché lo spostano in un luogo ancora più desolato, pensa di lasciare le ferrovie, dove si spende troppo e non si risparmia nulla per cui è più ragionevole abbandonare quel lavoro nel frattempo divenuto orribile. La compagnia ferroviaria è la *disgustosa Compagnia di scimmie*; l'ambiente di lavoro è *un mondo di vipere*.

A volte deve lavorare anche di domenica; altre si annoia tremendamente. Scrive molte lettere e desidera riceverne tante. Scrive pure racconti e attende la pubblicazione delle sue prime opere.

Per certi versi il racconto di quest'iniziazione alla professione di ingegnere richiama i successivi ricordi di Paolo Barbaro, in *L'ingegnere, una vita*, nei cantieri delle grandi opere di ingegneria civile, lontano dai centri abitati. Qui è la ferrovia, nel libro dell'ingegnere-scrittore patavino è invece la costruzione delle dighe (Barbaro, 2011).

Non mancano gli incidenti sul lavoro, con la morte degli operai: uno caduto nel fondo di un precipizio *alto come un edificio di otto piani*, un altro decapitato da una gru che si rovesciò, un altro che per il crollo di un ponte cadde nel fiume e, trasportato dall'acqua a regime torrentizio, si sfracellò sulle rocce e non fu più trovato.

In definitiva il racconto di Wilcock si sviluppa tra piacere iniziale per il suo lavoro, speranze, rabbia e disincanto, voglia di abbandonare. Pur se riceve i complimenti dei superiori che apprezzano alcune sue iniziative, ritenute utili e ingegnose, e gli promettono di spostarlo in un settore più importante, alla fine lascia convinto e senza rimpianti: come, eccezione fatta per Benet che continuò sempre a fare l'ingegnere, fecero tutti gli altri ingegneri-scrittori che all'inizio si cimentarono con la professione per la quale si erano formati.

L'opera letteraria

Nei romanzi di fantasia e nelle raccolte di racconti Wilcock immagina invece situazioni paradossali, incredibili, inverosimili, come quelle che caratterizzano le opere

di Vian, di Platonov o di Gadda. In particolare i suoi tecnici e i suoi inventori sono paragonabili a quelli di questi altri tre grandi ingegneri-scrittori (Cardone, 2012a).

Il romanzo *I due allegri indiani*, articolato in 30 episodi divertentissimi corrispondenti ad altrettanti numeri della presunta rivista settimanale di ippica *Il Maneggio*, scritti dal giornalista salernitano Fanalino di Coda, che però cambia nome continuamente, senza alcuna trama e nessuna successione logica, parodiando i vari generi letterari, fa una feroce satira sugli italiani (gli indiani), ricorrendo alle situazioni più strambe e imprevedibili: da una gatta violinista alla torre di Pisa, arrivata al limite delle sue capacità di erezione. Parla pure di strani ed eccentrici inventori; a tal proposito però, pure per cercare collegamenti con gli altri ingegneri-scrittori, forse più significative sono le due precedenti raccolte di racconti.

Gran parte dei protagonisti dei brevi racconti de *La sinagoga degli iconoclasti*, in particolare, sono dilettanti, senza preparazione specifica; elaborano teorie e leggi assurde (Wilkcock, 1972a).

Come quella di Franz Piet Vredjuik, becchino a Udenhout nei Paesi Bassi, che nel breve trattato *Il Peccato Universale, ovvero Discorso sull'identità tra suono e luce* (1776, Utrecht) tentò di *dimostrare – o più esattamente asserire, senza altra dimostrazione che una serie di precisi appelli all'intuizione – che il suono è luce, luce degenerata. […] e che la causa efficiente e universale del ricorrente scadimento della luce a suono fosse il peccato originale*.

Quella di Alfred Attendu che *ribalta il secolare pregiudizio e afferma che l'idiota altro non è che il prototipo umano primitivo, di cui siamo soltanto la versione corrotta, e perciò soggetta a disturbi, a passioni e a smanie contro natura, che al vero cretino, al puro, sono felicemente risparmiati*. Il protagonista, *in un angolo del Giura vicino alla frontiera svizzera […] dirigeva il suo panoramico Sanatorio di Rieducazione ossia ospizio di cretini [ove tra 1940 e 1944] compì indisturbato gli studi, esperimenti e osservazioni che poi raccolse nel suo testo, rimasto un classico sull'argomento, Il fastidio dell'intelligenza (L'embêtement de l'intelligence, Bésançon, 1945*).

La teoria dell'ingegnere viennese Hans Hörbiger, per il quale *Prima che la luna che oggi vediamo in cielo, la terra ne ebbe almeno sei altre successive, causa efficiente dei cataclismi massimi della sua storia, tra cui il Diluvio Universale. [Fu esposta nel libro] Glazial-Kosmogonie che [egli] scrisse nel 1913 con l'aiuto di un astronomo dilettante [e che] abbonda in pagine, fotografie, grafici e dimostrazioni, e diede in seguito origine a una sorta di culto astronomico che annoverò milioni di fedeli*.

Quella del *self made man* Alfred William Lawson, secondo la quale «*L'energia non esiste. L'universo è costituito di sostanze di maggiore o minore densità [e] l'intero mondo è regolato dal Risucchio e la Pressione. […] Anche il sesso, negli uomini come nelle bestie, è regolato dal risucchio e la pressione; il risucchio è la femmina, la pressione la fa il maschio. La forza magnetica non è che una forma degradata di attrazione sessuale*.

Molti personaggi di Wilcock, pur se non sono ingegneri, che non mancano, o scienziati, fanno scoperte sensazionali; promuovono ricerche impossibili, come *scoprire una sostanza capace di isolare e annullare la forza di gravità*, o folli.

Come Henrik Lorgion, medico di Emmen, Olanda, il quale sosteneva *che ogni cosa perfetta, armoniosa e simmetrica nella natura deriva la sua perfezione, la sua armonia e simmetria da una sostanza circolante, da lui chiamata eumorfina, che si dilegua quando la vita muore; il che fa sì che sopra tutto ciò che è morto – uomo, bestia o vegetale – scenda il disordine e la disarmonia* e per *per lunghi anni cercò nella linfa degli uomini e delle piante, nel fuoco e nella luce, nei pesci alati giunti dalle colonie e in tutto ciò che è mutevole la sostanza della bellezza*.

Scrivono libri con le loro proposte. Inventano nuove scienze, come la piramidologia, a valle della quale nascono, nel 1879 a Boston, un *Istituto Internazionale per la Conservazione e il Perfezionamento dei Pesi e delle Misure: l'istituto intendeva modificare il sistema mondiale di pesi e di misure per adeguarlo nuovamente ai parametri sacri della Grande Piramide; il che implicava l'abolizione del sistema metrico decimale francese, accusato di ateismo*; e l'anno dopo la rivista *Lo standard internazionale,* anch'essa destinata a caldeggiare il ritorno alle misure egizie.

Inventano, progettano o costruiscono congegni inutili, impossibili, banali o inutilmente sofisticati. Come una rete di treni sottomarini, ideata da certo Antoine Amédée Bélouin alla fine dell'Ottocento, per la grandezza della Francia. O il Filosofo Universale, costruito da Absalon Amet, *orologiaio alla Rocehelle, […] Uomo del Settecento, uomo di ingegno*.

O ancora la pentacicletta o pentaciclo, *ossia la bicicletta a cinque ruote […] col sedile nel centro e una ruota a ogni vertice* inventata da André Lebran: *studioso autodidatta di mineralogia, aveva un'anima pitagorica e si dilettava particolarmente di poligoni e poliedri perfetti*. Benché *sarebbe arduo immaginare un congegno più inutile, ingombrante e vanitoso* il pentaciclo conseguì la medaglia d'argento in occasione della grande Esposizione Universale parigina del 1889; in uno dei cui padiglioni, di fronte al *Palais des machines*, *venne esposto per la prima volta all'ammirazione scettica dei francesi, con l'inventore in sella, munito di robusti occhiali antipolvere*. Lebran inventò pure *un ventilatore consistente di un grosso triangolo verticale di cartone leggero che si appende al soffitto e viene azionato dal letto con uno spago*.

O come la pompa a cani o *dog-pump*, congegno che *sfruttava il fatto scientificamente dimostrato che un cane bene educato, se lo si chiama, viene*.

D'altra parte Wilcock scrive che L'inventore di professione è un uomo – molto di rado è donna – dedito alla progettazione e messa a punto di apparecchi che colpiscono per la loro inutilità. Gli Uffici di Brevetti ne serbano esempi memorabili. Così i suoi personaggi intraprendono iniziative assurde o senza alcuna possibilità di riuscita.

Come la produzione di *romanzi in scala veramente industriale* che Yves De Lalande mise su nello *stabilimento o fabbrica di romanzi* e gli permise *di pubblicare, tra il 1927 e il 1942, 672 romanzi, di cui 84 trasposti con svariato successo sullo schermo*.

Alcuni loro progetti realizzati falliscono. Un aereo per passeggeri costruito da Alfred William Lawson precipita al suolo.

In tutta questa fiera di assurdità Wilcock si prende gioco di ricerche e studi di addetti ai lavori, come le analisi archeologiche e architettoniche.

I personaggi dei brevissimi racconti de *La sinagoga degli iconoclasti*, quasi tutti intitolati con nome e cognome di una persona, uomini di ogni dove (americani, argentini, belgi, francesi, italiani, messicani, rumeni, spagnoli, tedeschi…) sono al limite dell'assurdo. Alcuni inventori o alcune invenzioni ricordano, come detto, quelli di Paltonov o di Vian, sui quali mi sono già soffermato in precedenza o alcuni ingegneri di Gadda (Cardone, 2012a).

Il libro è di un'ilarità irresistibile, con passaggi davvero esilaranti; si legge tutto d'un fiato.

Sulla stessa lunghezza d'onda, con espressioni talvolta altrettanto fulminanti, le inverosimili situazioni del coevo *Lo stereoscopio dei solitari*, raccolta di brevissimi racconti, in genere di 2-3 pagine (Wilkcock, 1972b).

Si parla dei progressi dell'industria nel campo delle tecniche nel ramo della fosforescenza, *così che ormai è possibile arredare un intero appartamento di oggetti fosforescenti, a prezzi peraltro accessibili, e svolgere una vita normale nel buio totale*.

Di un ospedale *rinomato per i suoi disguidi da quando un rotocalco mestatore ha reso pubblica la fotografia clandestina dello scambio dei neonati, in cui si vedeva una giovane ricoverata che allattava due cagnolini e nella corsia attigua una cagna che allattava due bambini*.

Dell'avventura di Mör, *spedito dalla terra verso un altro pianeta, per farci un giro intorno e poi tornare e raccontare quello che ha veduto*, con orbita parabolica e provviste per quarant'anni, per cui si rese conto che *non sarebbe mai più tornato e che verso i settantacinque anni sarebbe morto di fame, per non parlare del pidocchio spaziale che si attacca ai cubetti di aria solida*.

Di Samisa, un'attrice che *non vuole recitare per più di una persona alla volta. I posti sono sempre tutti prenotati, con mesi di anticipo. I suoi spettatori immancabilmente si innamorano di lei: per un'attrice questa è la massima e forse unica gloria. La sua dedizione all'arte è così totale, che se le capita uno spettatore cieco, lei si spoglia e si lascia guardare con le mani, prima della rappresentazione e anche dopo*.

Di un padre che è più giovane dei due figli. Di un individuo *invaso da un virus pietrificante per cui a trent'anni tutti gliene danno settantacinque e ancora non ha smesso di indurirsi*» Di vestiti che decisero di sostituire gli uomini, *ma non riuscivano a concludere da soli le stesse cose che avevano visto fare agli uomini*.

Della distruzione seguita a un numero eccessivo di esplosioni, con la vita che non scomparve del tutto ma *assunse forme molto ardue da descrivere […] Non ci furono più i tre regni di prima ma solo uno che partecipava della natura dei tre precedenti, esseri che assorbivano le sostanze dal suolo e praticavano la fotosintesi ma quando si stancavano di stare in un posto se ne andavano in un altro più nutriente o semplicemente più divertente, esseri di tre o quattro sessi diversi il che da una parte complicava la riproduzione e dall'altra l'agevolava, esseri che diventavano sempre più grossi man mano che passavano i milioni d'anni*.

Di due amanti che decisero di non alzarsi più dal letto; *si amano follemente, e non possono allontanarsi l'uno dall'altro per più di sessanta, settanta centimetri. Tanto vale allora rimanere a letto, lontano dai richiami del mondo. […] La prima settimana si sono alimentati di biscotti […] ora si mangiano a vicenda. Anestetizzati dal desiderio, si strappano grossi pezzi di carne con i denti, tra due baci si divorano il naso o il dito mignolo, si bevono l'un l'altro il sangue; poi, sazi, fanno di nuovo l'amore, come possono, e si addormentano per ricominciare quando si svegliano*.

Di un ragno che si annoia, *ma non sa di annoiarsi. Ha già percorso diverse volte la sua tela e ha rammendato gli squarci; poi, per fare qualcosa, ci ha aggiunto qua e là delle piccole migliorie, piuttosto inutili poiché nessuno arriva. È stato uno sbaglio tessere una ragnatela in quel posto così solitario*.

Wilcock parla spesso di ragni e ragnatele; nelle poesie si paragona a un ragno (Wilkcock, 1980).

Pure nella raccolta dei versi è possibile trovare alcuni riferimenti alla scienza e alla tecnologia, che confermano la sfiducia che si riscontra nei loro confronti e nei confronti del progresso scientifico e tecnologico e la convinzione dei loro limiti per affrontare le vicende umane, che abbiamo riscontrato nella pressoché totalità degli altri ingegneri-scrittori (Cardone, 2010).

Particolarmente significativa una quartina della poesia n. 6 della raccolta *Luoghi comuni*. *Nonostante i trionfi della scienza applicata/gli strumenti migliori per osservare l'universo/sono ancora la penetrante lampada del verso,/la musica, la voce di una gola privilegiata* scrive. Un'affermazione che lo avvicina al nostro ingegnere-scrittore Leonardo Sinisgalli, il quale in un'intervista a Ferdinando Camon affermò che *il nostro compito non può fermarsi al visibile. E le leggi che noi conosciamo meglio (geometria, chimica, ottica) riguardano il campo delle masse, delle forze, degli scambi, non riguardano i fantasmi, le immagini i crucci. […] Tutto ciò che la scienza non registra […] dovrebbe registrarlo la poesia* (Camon, 1965).

Non meraviglia, pertanto, che nella poesia *Avendo già imparato tutte le scienze…*, la 28.ma della splendida raccolta *Italianisches Liedrbuch. 34 poesie d'amore,* Wilcock affermi di avere studiato le scienze e di averle *trovate alquanto smorte*.

Nelle poesie si trova pure un interessante riferimento allo spazio; altro tema importante nelle opere degli ingegneri-scrittori (Cardone, 2014).

L'idea che ci facciamo dello spazio non differisce/dall'idea che se ne fa la maggioranza della gente,/ma è puramente mentale e con la mente sparisce/per esempio sotto l'azione delle eccitazioni violente, scrive Wilcock nella poesia n. 8 di *Luoghi comuni*.

Pertanto lo spazio si trasforma; ma se in Boris Vian vi è trasformazione dello spazio fisico tridimensionale, che talvolta sembra quasi perdere la sua dimensione euclidea (Vian, 1979), in Wilcock, come si desume anche da alcune citazioni dai brevi racconti, vi è soprattutto trasformazione delle forme viventi – umane, animali, vegetali – che animano questo spazio, le une nelle altre e viceversa. E ciò comporta anche la trasformazione dello spazio, che non è mai quello geometrico bensì sempre quello percepito da coloro che lo abitano.

Conclusioni

Il lavoro di analisi si prospetta lungo, perché la produzione letteraria e critica di Wilcock è davvero immensa e non è stata ancora analizzata adeguatamente, meno che mai nell'ambito di quella degli ingegneri-scrittori tra i quali, come provano queste prime considerazioni, si colloca come uno dei maggiori, in assoluto.

Bibliografia di riferimento

Barbaro P. 2011. *L'ingegnere, una vita*. Venezia: Marsilio.

Camon F. 1965. *Il mestiere di poeta*. Milano: Garzanti.

Camurri E. 2009. Necessità della sprezzatura, in J.R. Wilcock 2009, pp. 77-88.

Cardone V. 2010. Scienza, tecnologia, progresso nella visione degli ingegneri scrittori. *Atti del 3° Convegno Nazionale di Storia dell'ingegneria,* Napoli, 19, 20 e 21 aprile 2010 (a cura di D'Agostino S.), I, 91-106.. Napoli: Cuzzolin Editore.

Cardone V. 2012a. Gli ingegneri visti dagli ingegneri scrittori. *Atti del 4° Convegno Nazionale di Storia dell'ingegneria*, Napoli, 16, 17 e 18 aprile 2012 (a cura di D'Agostino S.), I, 373-388. Napoli: Cuzzolin Editore.

Cardone V. 2012b. Postfazione, in Martinelli, 2012, pp. 145-164.

Cardone V. 2014. La matematica nelle opere degli ingegneri-scrittori. *Atti del 5° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria*, Napoli, 19-20 maggio 2014 (a cura di D'Agostino S. e Fabricatore G.), II, 959-976. Napoli: Cuzzolin Editore..

Gnoli A. 2018. *Roberto Vacca*. La Repubblica - Robinson, 28 gennaio, 61, 36-37.

Martinelli E. (a cura di). 2012. *Oltre il regolo. Da Dostoevskij a Gadda: percorsi umani e intellettuali di ingegneri-artisti*, Soveria Mannelli: Rubettino Editore.

Pecora E. 2017. *Il libro degli amici*. Vicenza: Neri Pozza.

Vian,B. 1979. *L'écume des jours*. Paris, Société Nouvelle des Éditions Pauvert; trad. it. *La schiuma dei giorni*. Milano: Marcos y Marcos, 2005[2].

Wilcock J.R. 1965. *El ingeniero*. Buenos Aires: Losada.

Wilcock J.R. 1972a. *La sinagoga degli iconoclasti*. Milano: Adeplhi Edizioni.

Wilcock J.R. 1972b. *Lo stereoscopio dei solitari*. Milano: Adeplhi Edizioni.

Wilcock J.R. 1973. *I due allegri indiani*. Milano: Adeplhi Edizioni.

Wilcock J.R. 1980. *Poesie*. Milano: Adeplhi Edizioni, 1996.

Wilcock J.R. 2009. *Il reato di scrivere*. Milano: Adeplhi Edizioni.

Annalisa Dameri

Al servizio del re di Spagna: Francesco Prestino, ingegnere militare[1]

Abstract
In 1633 Francesco Prestino "principal engineer of the army of His Majesty Our Lord in the State of Milan", was commissioned by Philip IV of Spain to draft an atlas of the cities of the State of Milan. Prestino taught his skills to Gaspare Beretta, who would replace him after his death. He was engaged in the defense of the cities of the Milanese state during the war which broke out after the death of Vittorio Amedeo I of Savoy and the occupation of Piedmont by the Marquis of Leganés (1638- 1640). His focus was on the north of the Italian peninsula and, in particular, on the borders between the state of Milan and the Duchy of Savoy. In the course of a few decades, Prestino designed numerous projects to upgrade the street circuits of the cities on the border to prevent a Franco-Savoy counter-attack, especially following the failure of the sieges of Turin and Casale Monferrato (1640).

Francesco Prestino ingegnere militare

1648[2]: durante l'assedio di Cremona, Francesco Prestino, ingegnere militare e camerale dello stato di Milano, muore colpito da un colpo di moschetto. Come sempre accade alla morte di un ingegnere militare, l'archivio personale, il prezioso patrimonio composto di carte e disegni risultato dei molti incarichi strategici per la sicurezza dello stato, deve essere immediatamente conservato in un luogo sicuro; tra quei fogli sono annidati troppi segreti e informazioni cruciali. In questo caso, piuttosto che alla custodia negli archivi statali si preferisce assegnare le carte di Prestino a Gaspare Beretta (De Caro, 1967; Viganò, 2009; Viganò, 2001)[3], allievo al suo fianco in molte operazioni militari. Si decide in questo modo anche la fortuna critica di Prestino: le gesta dell'allievo, i suoi progetti, i suoi scritti ne offuscheranno la memoria. Il volume del 2007, a cura di Paolo Bossi, Santino Langè e Francesco Repishti (Bossi *et al*., 2007; Viglino *et al*., 2008)[4], ha avuto il merito di intraprendere nuovi percorsi di ricerca sui singoli ingegneri militari e di restituire a Prestino la sua individualità, ma a tutt'oggi manca ancora uno studio monografico che metta in luce il ruolo da lui interpretato per circa vent'anni al servizio dello stato di Milano.

"Le fortezze non si possono rubbare se non con inganni o tradimenti"[5]

Un documento recentemente individuato colloca l'inizio dell'attività di Francesco Prestino nel 1629: nella dichiarazione è ricostruita la carriera dell'ingegnere, ponen-

do particolare attenzione agli aumenti di salario[6]. L'attività si intensifica, ed è anche maggiormente documentata, con gli anni trenta: la situazione politica tra stato di Milano e ducato sabaudo si inasprisce e gli ingegneri militari al servizio del governatore spagnolo sono costantemente impegnati nelle attività legate al rilievo delle cinte fortificate e ai progetti di potenziamento, in particolar modo delle città sul confine, che devono scongiurare ogni possibile attacco da occidente. Fra tutte Novara, così prossima a Vercelli e, quindi, pericolosamente esposta a possibili attacchi del ducato sabaudo, è oggetto dei lavori di Prestino il quale, agli inizi degli anni trenta, firma alcune relazioni. Tra queste una, indirizzata al duca di Feria[7], sancisce la necessità di costruire mezze lune per scongiurare un pericoloso avvicinamento alla città da parte degli eserciti nemici. Lo scritto si rivela una sorta di dissertazione teorica sull'impiego dei vari elementi che compongono la cinta urbana fortificata e le necessarie opere esterne, scritta sulla base dell'esperienza maturata in precedenza. Prestino porta, infatti, a testimonianza l'assedio di Casale Monferrato nel 1630: egli stesso ha disegnato una tavola, poi data alle stampe, in cui illustra l'assedio condotto da Ambrogio Spinola[8]. Nella relazione l'attenzione si sposta poi sulla città di Novara descritta con un circuito murato con undici bastioni, quindi ancora molto simile a quanto rilevato da Gaspare Baldovino circa dieci anni prima[9]: *Non saria male farvi una Cittadella, ovvero mettere il Castello in sicurezza, tale che potesse resistere a un esercito, perché se la detta Città fosse si ben murata e fortificata come si tratta, et Dio non voglia, che in tempo di guerra cadesse in mano per qualche accidente […]*[10].

Un disegno ora conservato a Simancas[11], in fig. 1, firmato da Prestino, fotografa l'assedio di Norimberga nel 1632, momento cruciale della guerra tra l'esercito svedese e quello imperiale. Lo scontro si risolve, dopo quindici giorni, con la ritirata degli svedesi verso Vienna. Prestino illustra la disposizione degli accampamenti nella campagna intorno a Norimberga riportando i Posti Fortificati alli passi del Fiume, il Campo delli imperiali, cavalleria, et infanteria, il luogo dal quale il nemico svedese aspettava il soccorso, la campagna dove il nemico viene al foraggio, e la Campagna dove fra pochi giorni metteremo il nostro Campo. Se si esclude la possibilità che sia una copia di un disegno redatto da un altro ingegnere militare, il documento testimonia la presenza di Prestino al fianco dell'esercito imperiale, coinvolto, quindi, in un incarico importante, a fronte di una solida preparazione.

La conoscenza del territorio dello stato milanese dimostrata con le relazioni sulle diverse piazzeforti gli garantisce un prestigioso incarico: Filippo IV di Spagna, con lettera datata 13 ottobre 1633[12] ordina a Francesco Prestino un atlante di tutte le fortezze e dei castelli dello stato milanese; dalla lettera traspare l'urgenza con la quale il monarca chiede l'invio del materiale. Non pare singolare, data la nota passione del monarca per la cartografia e la geografia, che Filippo commissioni una serie di disegni riguardanti le piazzeforti e ne richieda l'invio a Madrid. Sono anni in cui lo scoppio di un ulteriore conflitto nello stato di Milano non pare lontano e *con ogni*



Fig. 1 – Francesco Prestino, Nurimberga [1632] (AGS, M.P. y D., V-111).

prestezza possibile Prestino deve o perfezionare rilievi già esistenti o predisporne nuovi, dopo opportuni sopralluoghi: in quegli stessi anni è, infatti, impegnato, in qualità di ingegnere militare, a Novara, Valenza Po, Alessandria, Mortara e Tortona. La difesa del confine occidentale dello stato di Milano, che ancora una volta si rivela strategico nel conflitto tra i Savoia, ora filofrancesi, e gli spagnoli, è uno dei suoi principali incarichi. A oggi l'atlante non è stato ancora individuato, ma agli stessi anni sono riconducibili una serie di disegni, attualmente conservati presso la Biblioteca Ambrosiana e la Biblioteca Trivulziana, all'interno del fondo Belgioioso, molti confluiti nelle carte Beretta. I diversi fogli, di cui alcuni privi di data, illustrano le molte piazzeforti dello stato milanese e sono ora in fase di studio da parte di chi scrive per verificarne l'attribuzione.

Francesco Prestino firma una planimetria in cui sono indicati alcuni lavori di potenziamento da compiersi alla cinta fortificata di Alessandria. Se la data scritta sul verso è da considerarsi corretta, e così sembrerebbe, i nuovi lavori risultano necessari in quanto nel 1635 si sta svolgendo l'assedio di Valenza: *le truppe francesi al comando del maresciallo Charles di Crequy, duca di Lesdiguières, con gli alleati duca di Parma (Odoardo Farnese) e duca di Savoia (Vittorio Amedeo I) mettono*

sotto assedio (9 settembre 1635) la piazza difesa da truppe spagnole e milanesi, con contingenti tedeschi, napoletani, svizzeri ed alessandrini al comando generale del marchese di Celada e del marchese di Spinola. Dopo 49 giorni e dopo numerosi ed infruttuosi tentativi, il 27 ottobre 1635, i francesi e gli alleati abbandonarono l'impresa ritirandosi verso il Monferrato (Barghini *et al*., 1993). Il governo milanese teme un attacco e chiede un progetto di potenziamento. È un momento cruciale della guerra che vede Alessandria e il Monferrato contesi fra gli spagnoli e i franco-piemontesi, nel quale l'attenzione si focalizza sulle fortificazioni, individuando nel dettaglio cavalieri, ridotti e rocchette sulle porte della città e sui ponti e le opere nuove, da costruire o appena realizzate. L'anno successivo Prestino è impegnato poco lontano, a Bassignana, alla confluenza tra i fiumi Po e Tanaro, luogo strategico e, quindi, interessato dalla costruzione di trinceramenti e tenaglie, sempre con l'obiettivo di impedire l'avanzata del nemico in territorio lombardo[13].

La morte nel 1637 di Vittorio Amedeo I duca di Savoia acutizza le ostilità tra Francia e Spagna, ma soprattutto tra stato sabaudo e stato milanese. Da questo momento l'attività di Prestino si concentra sempre di più sul confine: l'ingegnere affianca il marchese di Leganés, governatore milanese al comando dell'esercito impegnato nell'occupazione del Piemonte (Dameri, 2016).

Dopo un periodo in cui è richiamato in Spagna[14], Prestino è chiamato lavorare a Vercelli, fig. 2, dove gli spagnoli vogliono potenziare il sistema difensivo della città strappata al ducato sabaudo e che deve diventare un punto fermo della linea di difesa lombarda del confine occidentale. L'ingegnere firma una relazione quando la città, in seguito alla conquista da parte del marchese di Leganés e del principe Tommaso (1638), diventa l'estrema propaggine del dominio spagnolo (Iacobone, 2004). Prestino, interpellato per una consulenza, esprime un giudizio negativo sulla possibile costruzione, al di fuori delle mura, di un fortino a pianta quadrata con baluardi angolari. La realizzazione, ed è lo stesso Prestino ad annotarlo, dovrebbe impedire al nemico di accerchiare la città. Inoltre pare essenziale creare un collegamento con l'importante sistema territoriale di controllo dello stato milanese, costruito nel corso di diversi decenni, che fornisce armi, viveri e truppe, usando come tappa intermedia il non lontano forte di Sandoval. Gli spagnoli vogliono, quindi, inserire Vercelli nella catena di piazzeforti auspicata a inizio secolo da Gabrio Busca (Dameri, 2013) e il fortino, grazie alla semplicità costruttiva e all'economicità del modello quadrilatero bastionato, permette la *messa in difesa* già dopo poche settimane e con un dispendio minimo di risorse. Prestino propone, in alternativa al progetto da lui contestato, la realizzazione di una mezzaluna verso il fiume Cervo e di due strade coperte: soluzione maggiormente economica e che richiederebbe l'impiego di un numero minore di soldati. Il fortino è costruito, nonostante il parere negativo: con cortine di circa 30 metri, baluardi angolari e fianchi piatti, in *terra, teppa et fascine*, controlla dall'esterno una piazzaforte bastionata e il territorio circostante, impedendone l'accerchia-



Fig. 2 – Francesco Prestino, Vercelli, s.d. (BTMi, Belgioioso, 266 c. 195).

mento da parte dei nemici. La completa gestione militare della piazzaforte di Vercelli è affidata al capitano Prestino che firma, nella prima metà degli anni quaranta, una serie di relazioni sullo stato delle fortezze dello stato milanese, nelle quali sono puntualmente descritti i lavori per alcuni baluardi, e per le opere esterne con i relativi computi economici[15].

Nel 1640 le disfatte di Casale Monferrato e di Torino accusate dall'esercito lombardo-spagnolo non interrompono solamente l'avanzata di Leganés in Piemonte causandone il rimpatrio: il timore di un contrattacco dell'esercito sabaudo supportato dai francesi fa temere per la salvaguardia dello stato di Milano. Immediatamente sono redatti progetti di rinnovo e potenziamento dei circuiti fortificati per alcune città cardine della difesa del confine. Per Alessandria Prestino firma il progetto delle due teste di ponte sul Tanaro[16]; l'attenzione si concentra poi su Novara, Tortona, e Mortara[17] in fig. 3 per la quale è espresso un *Parere di Fortificarla Realm. Te l'Anno 1641 doppo la disgratia di Casale del 1640*, a testimonianza che accanto all'attenzione per la difesa dei territori lombardi, c'è anche una certa apprensione per le recenti conquiste in Piemonte, dalle quali potrebbe partire una pericolosa controffensiva. Le mura di alcune di queste città sono state potenziate dal marchese di Leganès con lavori eseguiti urgentemente (Dameri 2015); se riconquistate dai piemontesi potreb-



Fig. 3 – Francesco Prestino, Terra di Mortara, s.d. (BTMi, Belgioioso, 262 c. 269).

bero mettere in crisi il confine occidentale dello stato di Milano. Dopo le sconfitte di Casale e Torino la situazione politica si sta rapidamente capovolgendo: a Prestino è richiesto un parere per procedere con lo smantellamento di alcune piazzeforti nei territori piemontesi[18]; lui stesso riconosce che, dopo il tradimento del principe Tommaso[19] la *debolezza del nostro esercito nasce di essere dilatato in tante parti*[20].

A Milano, nel 1644, Prestino scrive una lunga relazione in cui dimostra, ancora una volta, la solida conoscenza dei territori e della storia dei lavori svolti nelle diverse città e fortezze sin dagli inizi del Seicento, ben prima quindi dell'inizio della sua carriera da ingegnere. Analizza con dovizia di particolari i molti problemi che possono minacciare la sicurezza dello Stato, ad esempio, i fiumi navigabili come il Po e il Ticino che potrebbero diventare strade per l'offensiva del nemico. Elenca le singole città e i diversi forti, citando i molti lavori di potenziamento, ma anche il recente (nello stesso 1644) smantellamento del forte di Sandoval.

La sua analisi è finalizzata a sconsigliare lo smantellamento della fortezza di Breme-Guzman[21], delegando la difesa dello stato e di Milano solamente a Cremona, Novara, Pavia, Lodi, Alessandria e Tortona. La sicurezza dello stato può essere garantita solo dalla stretta collaborazione di tutte le piazze, nonostante il dispendio

economico per la manutenzione e il grande numero di uomini impiegati nella difesa. Gli accorgimenti di Prestino non saranno ascoltati: dopo il forte di Sandoval[22], nel 1646 Breme è demolita perché ritenuta costosa e superflua dal governo spagnolo. La relazione sulla fortezza di Breme è un'ulteriore dimostrazione di come le carte di Prestino, passate nelle mani di Beretta, siano divenute materiale di lavoro per l'allievo. Beretta annota a margine il testo riportando commenti e, forse in un momento di studio, anche una sorta di schema in cui riepiloga tutte le città occupate dal marchese di Leganés nella sua *notable campaña* del 1639. Sulla prima pagina riporta: *Occhio questo discorso (benché del mio Maestro) è confuso, e solo conclude di non doversi demolire Breme; né meno da Parere di dover demolire altre Piazze. Sichè ben si riconosce doversi demolire Mortara, Valenza, Gera e Picitone*.

Breme nel frattempo è già stata demolita e, nel tentativo di ridimensionare il dispendioso sistema difensivo dello stato milanese, altre strutture sono state cancellate. È cambiato, soprattutto, il contesto politico: in particolare, dopo la pace dei Pirenei del 1659 le ambizioni della Spagna sono state forzatamente tacitate (Cámara Muñoz, 2005). Lo stato di Milano, la cui difesa è ormai nelle mani del solo Beretta, si avvia verso un lento ma inesorabile sgretolamento. Molte delle cinte urbane fortificate, costantemente potenziate per quasi un secolo, sono ora destinate all'abbandono e, in qualche caso, a un precoce smantellamento.

Bibliografia

Barghini A. 1993. Una piazzaforte di livello europeo. In: *Valenza e le sue fortificazioni. Architettura e urbanistica dal Medioevo all'età contemporanea* (a cura di Barghini A., Comoli V., Marotta A.), 47-61. Alessandria: Cassa di Risparmio di Alssandria.

Bossi P., Langé S., Repishti F. 2007. *Ingegneri ducali e camerali nel Ducato e nello Stato di Milano (1450-1706) dizionario biobibliografico*. Firenze: EDIFIR.

Cámara Muñoz A. 2005. *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*. Madrid: Fernando de Villaverde Ediciones.

Dameri A. 2013. *Le città di carta. Disegni dal Krigsarkivet di Stoccolma*. Torino: Politecnico di Torino.

Dameri, A. 2015. Progettare le difese: il marchese di Leganés e il padre gesuita Francesco Antonio Camassa esperto di arte militare. *Proceedings of Fortmed 2015 - International Conference on Modern Age Fortifications of the Western Mediterranean coast*, Valencia, 29-36.

Dameri, A. 2016. La difesa di un confine. Le città tra Piemonte e Lombardia nella prima metà del XVII secolo. In: *El dibujante ingeniero al servicio de la monarquia hispanica. Siglos XVI-XVIII* (Camara Muñoz, A. coord), 271-293. Madrird: Fundacion Juanelo Turriano. https://issuu.com/juaneloturriano/docs/el_dibujante_ingeniero-issuu

Dameri, A. 2017. Francesco Prestino and Giacomo Tensini, engineers at the service of the king of Spain. Fortifications reinforcement, cities drawings. *Proceedings of Fortmed 2017 – International Conference on Defensive architecture of the mediterranean XV to XVIII centuries*, Alicante, 159-166.

De Caro G. 1967. Beretta, Gaspare. In: *Dizionario Biografico degli Italiani*, 9, 48-51. Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana.
Iacobone, D. 2004. A difesa delle piazzeforti spagnole: i fortini in "terra, teppa et fascine". *Atti del Convegno di studi La difesa della Lombardia spagnola* (a cura di Colmuto Zanella, G., Roncai L., Milano 2-3 aprile 1998, 305-317.
Roncai, L. 2008. Francesco Prestino ingegnere militare e camerale (1610-1648). L'assedio di Cremona. In: *Castelli guerre assedi. Fortificazioni mantovane, bresciane e cremonesi alla prova del fuoco (XIII-XVIII secolo)*, (a cura di Vignoli M.), 245-263. Mantova.
Viganò M. 2001. Le portefeuille de Gaspare Beretta (1620-1703) à la Bibliothèque Trivulziana de Milan: plans et mémoires pour servir l'Espagne. In : *Portefeuilles de plans: Projets et dessins d'ingénieurs militaires en Europe du XVIe au XIXe siècle, Actes du colloque international de Saint-Amand-Montrond Bourges* (sous la direction de Maroteaux V., d'Orgeix E.), 147-158.
Viganò M. 2009. Gaspare Beretta ingegnere maggiore dello stato di Milano (Brissago? 1620-Milano ?1703). In: *Accademia di Architettura*, Università della Svizzera Italiana www.arch.usi.ch/ra_2009
Viglino M., Chiodi E., Franchini C., Perin A. 2008. *Architetti e ingegneri militari in Piemonte tra '500 e '700*. Torino: Omega Edizioni.

Abbreviazioni

AGS: Archivo General di Simancas (Valladolid, Spagna)
ASMi: Archivio di Stato di Milano
BRT: Biblioteca Reale di Torino
BTMi: Biblioteca Trivulziana di Milano

Note

1. Il presente saggio è un primo esito di uno studio ancora in corso sulla figura dell'ingegnere militare Francesco Prestino.
2. Assedio posto dai francesi nell'estate del 1648 (Roncai, 2008).
3. Il portafoglio personale di Beretta è oggi conservato in parte alla Biblioteca Trivulziana di Milano e in parte alla Biblioteca Ambrosiana. Come evidenziato da Viganò le carte Beretta sono in realtà la "stratificazione per inclusione delle carte di predecessori – Gaspare Baldovino, Francesco Prestino e Giovanni Domenico Richino – e di suoi collaboratori – Giovan Battista Giuseppe Formenti, Giovan Battista Sesti, Joseph Chafrion […] Domenico Serena, Michelangelo Garove e Giacomo Solari" (Ivi, p. 3).
4. La voce Prestino redatta da Antonella Perin è ancora limitata e non priva di imprecisioni
5. BTMi, *Belgioioso*, 263 c. 159.
6. BTMi, *Belgioioso*, 263 c. 159.
7. La relazione è senza data ma la dedica al duca di Feria, che muore nel 1634, permette di collocarla cronologicamente ai primi anni del terzo decennio del Seicento. Un'altra relazione praticamente simile (differisce solo in piccole parti) è datata 1632. BTMi, *Belgioioso* 263, cc. 160-166; cc. 174-175.
8. BTMi, *Belgioioso*, 260 c. 229.
9. Gaspare Baldovino, *Novara B*, 1622 (AGS, *M.P.y D.*, VII-197).
10. BTMi, *Belgioioso*, 263 c. 160.
11. AGS, *M.P.y D.,* V-111.

12. ASMi, *Uffici e Tribunali Regi,* p.a., cart. 745, fasc. Prestino. Lettera del 15 novembre 1634 in cui si fa riferimento alla lettera dell'anno precedente con la quale Filippo IV, da San Lorenzo all'Escorial, "commandava, che se si trovavano fatti Mappe et dissegni di questo stato et delle sue fortezze et castelli, se gli inviassero subito et non sendo fatti, si facessero con la brevità possibile" (Dameri, 2017)
13. BTMi, *Belgioioso,* 260 c. 129.
14. AGS, *Estado,* leg. 3348, p. 277
15. BTMi, *Belgioioso,* 267 c. 298-309
16. BTMi, *Belgioioso,* 260 c. 45.
17. BTMi, *Belgioioso,* 262 c. 266.
18. BTMi, *Belgioioso,* 260 cc. 154-165.
19. Dopo il fallimento dell'assedio di Torino (1640) e la resa ai "madamisti" filofrancesi, la guerra civile in Piemonte si conclude: principe Tommaso si allea con madama reale e passa al comando dell'esercito sabaudo.
20. BTMi, *Belgioioso,* 264, c. 56.
21. BTMi, *Belgioioso,* 260 cc. 154-165.
22. Il forte di Sandoval è stato progettato da Claudio Cogorani nel 1614 nei pressi di Vercelli.

Federico Bulfone Gransinigh

L'attività di Tiberio Majeroni, ingegnere e cartografo della Serenissima nel XVIII secolo

Abstract

The importance of this professional, active mainly in the Friuli region during the 18th century, is given by the influence he had on public experts and venetian engineers of his time, and also by an original method of scientific approach to cartography. The engineer and cartographer Tiberio Majeroni was author of a large quantity of maps of the borders between Venice and the Empire, that followed detailed survey campaigns, that in many cases saw the participation also of figures with different scientific background.

This paper wants to contextualize the activity of Tiberio Majeroni in the territories of the Republic of Venice and analyze some of his works both of cartographic and architectural. Majeroni is a specialized professional quite different from the 15th century engineers, for various reasons, from the designing of fortified or civil structures to the planning of borders and maps. Majeroni, despite his conservative formation, shows in his works an innovative impulse that is a pioneer of late 18th century scientific topics, by using representative precision in his maps. An example of his approach to the subject will be the writing of the map of Udine, done along with the public expert Francesco Leonarduzzi, in which, following a deep research, he reconstructed the evolution of the walls of the city, already torn down at the time of the writing of the map (1767). Also interesting are the information gathered for the writing of a series of maps of the border in the area of Tarvisio, Dogna and other toponyms of the mountains of Friuli. The attention to topographic accuracy is easily seen in the water color and Indian ink representation, along with the use of bilingual texts (Italian and German), in his works regarding the Carnia Mounts. In 1765, following the high regard collected especially in the city of Udine, he varied his assignments, and was hired for the planning and construction of the new public theatre by a group of noblemen of Udine.

Introduzione

L'attenzione ai limiti tracciati tra i possessi della Serenissima e quelli dell'Impero ha da sempre animato i territori che fanno parte della regione Friuli Venezia Giulia. Sin dall'avvento della Dominante nel 1420, si venne a definire una serie di necessità che determinarono un intervento di rilievo e definizione dei confini, a scala territoriale e

cartografica. Numerosi furono gli ingegneri, al soldo di entrambe le potenze, che si adoperarono per il censimento delle opere fortificate, per la restituzione dei tracciati stradali, dei corsi d'acqua e di varie infrastrutture.

Dal XVII e soprattutto dal XVIII secolo si vennero a codificare delle figure specializzate d'ingegneri e topografi fra i quali Tiberio Majeroni spicca quale punto di contatto fra l'arte cartografica d'antico regime e quella che iniziava a definirsi negli ultimi anni del Settecento, precorrendo così le nuove istanze che si sarebbero imposte con la cartografia militare dell'Ottocento. Egli, collaborando con vari suoi omologhi, anche dipendenti dall'Impero, condizionerà scelte e approcci rappresentativi alla materia cartografica all'interno degli ambienti culturali friulani e veneti.

Pur rimanendo un uomo del suo tempo, Majeroni incarnava sia l'esperto cartografo e agrimensore sia lo studioso di architettura; sapeva stendere rilievi cartografici e mappe con un dettaglio e una precisione che gli valsero vari riconoscimenti da parte delle élites udinesi e veneziane.

Questo contributo vuole portare alla luce l'approccio innovativo seguito dal Majeroni come Ingegnere ai confini della Serenissima, evidenziando gli elementi innovativi delle pratiche di rilievo e definizione dei territori da egli ridisegnati, studiando, accanto a questi, i suoi incarichi come ingegnere progettista.

Rilievo del territorio e cartografia: ingegnere ai confini

Sino alla prima metà del Settecento, la Serenissima si era preoccupata di mantenere salde le posizioni di confine con l'Impero. Questo aveva comportato non poche problematiche soprattutto per i possessi lungo quella "membrana molle" che si era in parte stabilizzata dopo la costruzione della città fortificata di Palma (1593) e la guerra di Gradisca (1615-1617). Le comunità che vivevano lungo il confine si erano lamentate, a più riprese, della continua fluttuazione di questa linea immaginaria soggetta alle spinte verso ovest dovute alla volontà espansionistica degli imperiali. Numerose azioni diplomatiche e scaramucce locali avevano mantenuto per anni queste condizioni abbastanza immutate.

Si dovrà attendere la metà del XVIII secolo allorquando, di comune accordo, la Repubblica di Venezia e gli Asburgo decisero di intervenire su questa situazione costituendo, nel 1750, una Commissione paritetica ai confini. Quest'organo lasciò numerose testimonianze manoscritte del lavoro sia dei membri sia dei cartografi, periti e geometri che contribuirono ai rilievi e alla stesura delle mappe.

L'attività di Majeroni in questo contesto venne ad affiancarsi a quella di vari periti e ingegneri, primo fra tutti Giovanni Antonio Capellaris, suddito austriaco e attento restitutore di carte topografiche e vedute del territorio della Bassa Austria. Infatti Capellaris, assieme al perito e geometra goriziano Francesco Venturini, produsse il rilievo del Carso, che venne unito al lavoro eseguito da quest'ultimo per i Capitanati di Tolmino e Plezzo. In questo lavoro si rileva un'attenzione maggiore

rispetto agli esempi precedenti nei confronti della descrizione paesistica e degli insediamenti urbani.

Tiberio Majeroni e Giovanni Antonio Capellaris, su incarico della Commissione ai confini, collaborarono per la stesura di una carta che, contenendo i nascenti dettami della geografia militare, restituisse il più fedelmente possibile i limiti dei due stati.

La carta in fig. 1, datata 1778 e intitolata *Le Friul dressé sur la Carte recemment rectifiée par les ordres des Messieurs les sept Députés de la Ville de Udine capitale de la ditte Province*, racchiude la descrizione dei territori dell’attuale Friuli e della città di Udine. Questo lavoro fu definito come un primo passo verso l’affermarsi della topografia militare; una disciplina, implementata e normata nell’Ottocento, avente lo scopo di fornire una descrizione il più dettagliata possibile degli elementi fisici e umani, a fini bellici, presenti nei luoghi rilevati.

Questo documento, quindi, esprime la tangibilità e l’oggettività delle caratteristiche confinarie, essendo legato non solo ad aree di estrema importanza storica, ma



Fig. 1 – Le Friul dressé sur la Carte recemment rectifiée par les ordres des Messieurs les sept Députés de la Ville de Udine capitale de la ditte Province (da Majeroni e Capellaris, 1778).

anche a delineazioni nelle quali i territori soggetti al controllo delle due potenze contrapposte s'incuneeranno gli uni negli altri, in modo talmente complesso da formare talvolta delle vere e proprie isole all'interno del dominio nemico (Porcedda, 2001).

La carta stesa da Majeroni e Capellaris riporta un disegno ricco di particolari, testimoniando il complesso lavoro svolto per la sua elaborazione e costruzione soprattutto là dove non si riusciva né a modificare le sistemazioni né a fissare con certezza i diritti territoriali delle due potenze contrastanti e tutto ciò anche se trattati di pace e negoziati politici cercarono di sanare queste situazioni. Cartograficamente segnerà il punto di svolta per la rappresentazione dell'Alto Adriatico, rimarrà per diversi anni la base per le successive produzioni cartografiche e in modo più o meno diretto verrà riutilizzata dalle diverse entità politiche che si sono succedute sul territorio regionale. Infatti, tratti comuni si ritroveranno sia nella produzione veneto-italiana, sia in quella francese, sia in quella austriaca (Selva e Umek, 2011).

Pochi decenni dopo, i due, collaboreranno anche alla stesura della *Nuova Topografica del Territorio di Friul*, delineata nel 1793 e stampata a Venezia dall'editore Furlanetto (Lago e Rossit, 1998).

Questi due lavori s'inseriscono in un più ampio insieme di opere a firma di Tiberio Majeroni, le quali racchiudono principalmente il suo lavoro come Pubblico Ingegnere Veneto ai Confini. Gli ambiti di confine che Majeroni rilevò e disegnò comprendevano sia i territori montani della Carnia, quelli più prossimi ai possessi imperiali, sia le zone di pianura e laguna come quelle del monfalconese. Prima della stesura delle carte redatte assieme al Capellaris, Majeroni produsse una serie di rilevazioni e mappe, anche in collaborazione con altri professionisti fra cui il friulano Alessandro Rota.

Tra le opere eseguite si possono ricordare: una mappa della parte friulana dei confini veneto-austriaci (1756), corredata da un elenco bilingue (veneto-tedesco) dei monti della Carnia; una carta della parte nord orientale del Friuli, comprendente grossomodo il territorio fra Tarvisio e Dogna (1758) e diverse mappe confinarie delle ville di Moggio (1759), Dogna (1775), Resiutta (1776) e dei territori circonvicini (Cittadella, 2009b).

Nel 1761 fu chiamato a realizzare una mappa, ad acquerello, che definisse in maniera univoca le spettanze e le responsabilità fra la Serenissima e gli Asburgo in merito al tracciato della strada di San Candido, che doveva collegare le terre venete a quelle imperiali[1].

Il Majeroni produsse così una carta raffigurante la zona geografica comprendente il territorio tra Auronzo a ovest e Tolmezzo a est, e tra la valle del Tagliamento a sud e le valli del Degano e del Piave a nord, corredata da un'accurata relazione sulla situazione stradale esistente (Di Donato, 1993; Zilli, 1996).

Il concetto di confine tracciato nelle mappe del Majeroni venne utilizzato anche sotto un diverso punto di vista, non più come definizione della spettanza territoriale bensì come censimento ed evidenziazione delle difese attuate in concomitanza alla diffusio-



Fig. 2 – La mappa, con colorazioni ad acquerello, è stata delineata da Majeroni per dimostrare le difese contro il contagio dei bovini lungo il confine orientale e meridionale del Friuli. Porta la data del 25 febbraio 1762. A.S.Ve., Provveditori alla Sanità, b. 487.1778).

ne del contagio dei bovini che, nel 1762, aveva colpito la Patria del Friuli, in fig. 2. L'incarico pervenne all'ingegnere direttamente dal luogotenente Alvise Mocenigo.

Infine, la sua attenzione verso l'urbanistica e l'architettura, espressione anche dei tempi in cui operava e della sensibilità verso il bello, viene confermata dalle cinque vedute a stampa della città di Verona che egli produsse in quegli anni.

La pianta della città di Udine: studio sull'evoluzione urbana e le cinte murarie

L'opera forse più importante e conosciuta è una pianta della città di Udine disegnata da Majeroni assieme al pubblico perito Francesco Leonarduzzi nel 1767 (Miotti, 1974). Con la redazione di questa mappa, Majeroni esplicita il suo interesse per l'analisi urbana e architettonica, trasposto attraverso un lavoro di rilievi tecnici e ricerca storica e bibliografica presentata nelle varie sezioni in cui è suddivisa la mappa.

L'interessante studio si sofferma nello specifico sulla disamina delle cinque diverse porzioni delle fortificazioni cittadine e sullo sviluppo urbano della città.

Il disegno, realizzato con tecnica mista, a inchiostro, acquerello e olio, è composto di dieci fogli dalle dimensioni totali di 2,22 m x 1,53 m (Cittadella, 2009). Nel riquadro centrale trova spazio l'intera mappa della città; esso è affiancato da quattro riquadri minori in cui sono riprese delle parti della mappa generale, tra le quali figura la pianta del castello e la planimetria del colle di Udine con rispettiva descrizione. Accanto a questi riquadri, altri tre ripropongono l'indice delle chiese e dei luoghi pii della città affiancati allo sviluppo delle cinte murarie.

Come molti altri, prima e dopo di lui, egli si cimentò con il disegno delle varie cinte murarie, seppur con alcune imprecisioni, perseguendo con metodo e volontà di rigore storiografico la descrizione e la rappresentazione dell'espansione dei recinti fortificati.

Egli, assieme a Francesco Leonarduzzi, si soffermerà anche a descrivere aspetti geologici del terreno circostante e del colle su cui sorge il castello, a quei tempi ancora sede del Luogotenente veneto. Affermerà, infatti, che l'altura castellana al centro della città è formata *da capo a piedi di quella terra ghiaiosa, piena di glutine e disposta di convertirsi in tufo, di cui è composto il piano che lo darà spiegazioni anche sulla presenza del bacino idrico presente in "Giardin Grande"*[2], attuale piazza Primo Maggio. In base a una prima teoria di Majeroni, per completare la massa del colle si dovette ricorrere alla terra scavata per fare le fosse della città e a quella fornita dalla ghiaia estratta dall'intorno, tenendo in debita considerazione l'abbassamento delle rive del *lago*. Nel suo studio egli riporta, in maniera dettagliata, anche i sentieri di collegamento fra il colle del castello e il sottostante pianoro.

La "Nobile società del teatro" di Udine

L'esperienza di progettista Majeroni l'ebbe grazie all'alta stima guadagnata al servizio della Serenissima e del Luogotenente di Udine.

Udine, come città metropolitana del Friuli, si era già dotata nel XVII secolo di un teatro, voluto e costruito dal nobile Carlo Mantica e demolito dopo l'acquisto da parte del Patriarca Dolfin nel 1754[3].

A questo punto il capoluogo della Patria si trovava senza un teatro pubblico che rappresentasse anche le nuove istanze architettoniche dell'epoca. Infatti, in quegli anni, verranno costruiti in regione vari teatri, funzionali ma poco curati dal punto di vista decorativo e del *comfort* dello spettatore[4]; questo a causa della forte richiesta da parte del pubblico di avere a disposizione spazi per gli spettacoli sempre più numerosi (Tosolini e Pepe, 1978). Nei medesimi anni, in vari centri italiani, si dibatteva sulla questione del ritorno al teatro classico, con impianto a cavea, gradinate e funzioni educative per la popolazione. Questa tipologia si contrapponeva all'impostazione di un teatro del *soldo*, quello più comune, composto da palchi che si sviluppavano a semicerchio su più livelli attorno a una platea. In regione, solamente il teatro Bandeu

di Gorizia e il teatro Sociale a Udine (Battistella, 1929) si allinearono alle mode del teatro a palchi, simile ai numerosi esempi già diffusi negli altri stati preunitari e nel resto dell'Europa. Il nuovo teatro udinese o Teatro Sociale, quindi, fu voluto da un gruppo di diciannove aristocratici udinesi che s'impegnarono a seguire e patrocinare, in parte, l'erezione dell'edificio (Della Forza, 1986).

Il fondo su cui sarebbe sorto il nuovo teatro, proprietà del nobile Giacomo Cavassi, fu acquistato nel 1760 come attesta una perizia[5], dalla quale si comprende anche l'inclusione nella vendita del *fondo della callisella che resterà fra la casa e il teatro di quantità di ps 25 pd 2 ½*[6]. L'11 marzo dello stesso anno giunse al gruppo di Nobili e al Consiglio cittadino anche la ducale di Francesco Loredan con la quale egli concedeva l'erezione del teatro *in luogo che non possa recare disturbo alcuno a chiese, né venire altra molestia ad alcuno*[7]. Ricevuto il permesso all'edificazione, il nobile Ascanio Piccoli, il 21 marzo, a nome del gruppo di aristocratici, chiese *li fondi su cui errigere la fabbrica e quegli agiusti che si rendono necessarii sino alla somma e non più di d. 2000*; la richiesta fu accettata dal Luogotenente che impose solamente di attenersi ai costi preventivati senza gravare in alcun modo sulle casse della città.

Fu così che i membri della *Nobile società del teatro* nel 1765 decisero di chiamare Tiberio Majeroni, affidandogli il compito di eseguire il progetto per la nuova sede teatrale. L'ingegnere, abitando a Udine e svolgendo vari incarichi per il consiglio cittadino e l'aristocrazia locale, era entrato in contatto con l'ambiente culturale della città vedendosi riconosciuto il ruolo di cartografo e perito ma anche quello d'ingegnere e progettista.

L'edificio verrà costruito, su disegno del Majeroni, all'angolo fra via Savorgnana e via Stringher e prenderà il nome di *Nobile Società del teatro*. Nell'affrontare questo incarico Majeroni dimostrò conoscenza della tipologia teatrale della sua epoca e dimestichezza nella gestione del progetto e nella definizione degli spazi necessari. Per la tipologia decise di utilizzare il teatro a palchi, sviluppati a ferro di cavallo attorno alla platea. Il prospetto, semplice, aveva sette finestre, cinque più grandi, e quattro sulle scale. Nel fronte principale si aprivano due ingressi, una porta rialzata di due gradini e il portone principale d'accesso, rialzato a sua volta di tre gradini. Le superfici esterne erano trattate a marmorino e a calcina fregata. L'interno era dotato di tre ordini di logge e la platea aveva il pavimento movibile, permettendo di variare la quota sino al livello del palcoscenico. Nel 1768 venne affidata la decorazione interna al pittore e architetto Domenico Fossati. Il nuovo teatro venne inaugurato alla vigilia della fiera di San Lorenzo, nel 1770, con l'opera seria Eurione e la compagnia di Prospero Olivieri.

Lo stabile, molto in uso in quegli anni, fu restaurato una prima volta già nel 1795 per conto del Luogotenente Canal, Patrizio Veneto, il quale affidò all'architetto e decoratore Mauri, veneziano, la ricostruzione degli interni e l'aggiunta di un quarto ordine di logge (fig. 3).



Fig. 3 – Casa n. 415, disegno del 1852. Prospetto principale del Teatro Sociale di Udine. Il progetto di Majeroni era già stato in parte modificato nella sua conformazione esterna e interna. (Della Porta, 1984).

Conclusioni

Pur trattando in maniera sintetica la figura di un cartografo e ingegnere del XVIII secolo qual è stato Tiberio Majeroni, si è cercato di comprendere come, nella seconda metà del Settecento, figure poliedriche tipiche dell'antico regime si stessero velocemente protendendo verso il concetto di scientificità e accuratezza rappresentativa che sarà proprio della cartografia, soprattutto militare, otto - novecentesca. Lo studio dell'attività d'ingegneri, cartografi e periti dell'epoca può far comprendere appieno come alcuni venti che saranno propri dell'Illuminismo si ritrovino già, in forma embrionale e forse inconsapevole, nei lavori di questi Ingegneri dei Confini, membri della Commissione paritetica voluta dalla Serenissima e dagli Asburgo. Attraverso la figura di Majeroni, quindi, si sono comprese le scelte confinarie, rappresentative e, in fine, architettoniche, di uno stato che di lì a poco sarebbe stato profondamente mutato dalle campagne napoleoniche.

Bibliografia

A.S.Ve., *Provveditori alla Sanità*, b. 487.

Battistella A. 1929. *I vecchi teatri udinesi: lettura tenuta all'adunanza del 4 maggio 1929*. Udine: Tipografia G. B. Doretti.

Cittadella A. 2009a. Leonarduzzi Francesco, pubblico perito. In: *Nuovo Liruti. Dizionario biografico dei Friulani. L'età veneta*, D-M (a cura di Scalon C., Griggio C., Rozzo U.), 1547-1549.Udine: Forum.

Cittadella A. 2009b. Maieroni Tiberio, ingegnere e cartografo. In: *Nuovo Liruti. Dizionario biografico dei Friulani. L'età veneta*, D-M (a cura di Scalon C., Griggio C., Rozzo U.), 1445-1448. Udine: Forum.

Della Forza A. 1986. *Diario Udinese: 1740-1800* (a cura di Comelli G.). Udine: Casamassima.

Della Porta G. B. 1984. *Memorie su le antiche case di Udine* (a cura di V. Masutti). Udine: Istituto per l'Enciclopedia del Friuli Venezia Giulia.

Di Donato M. (a cura di) . 1993. *Le carte salvate. Piante e stampe storiche restaurate della Biblioteca Civica "Joppi" di Udine*. Udine: Associazione italiana biblioteche.

Fistulario P.1778. *Supplemento alla geografia antica del Friuli del Signor Paolo Fistulario in risposta alle brevi considerazioni in tal proposito dell'abate D. Giovanni Leonardoni*. Udine:Fratelli Gallici alla Fontana.

Lago L., Rossit C. 1988. *Theatrum Fori Iulii. La Patria del Friuli ed i territori finitimi nella cartografia antica sino a tutto il secolo XVIII*. v. II, Il Seicento e il Settecento. Trieste: Lint.

Majeroni T., Capellaris G.A. 1778. *Le Frioul dressé sur la Carte recemment rectifiée par les ordres des Messieurs les sept Députés de la Ville de Udine capitale de la ditte Province*. Venezia: Santini.

Miotti T. 1974. *Cenno sulle antiche opere difensive udinesi*. In: Castelli del Friuli-Venezia Giulia, 1, 19-29. Udine: Del Bianco.

Porcedda D. 2001. *Confini, Contea di Gorizia e Repubblica di Venezia*. Gorizia: Musei Provinciali.

Selva O., Umek D. 2011. Dividere sulla carta: cinquecento anni di storia dei confini alto adriatici attraverso le carte antiche. *Bollettino A.I.C.*, 141-142, 69- 71.

Tosolini N., Pepe N. 1978. *Teatri e teatranti friulani dal '400 ai primi del '900*. Udine: Pubblicazioni friulane – Recensioni.

Zilli S. 1996. *Le carte della strada di S. Candido. Nuovi elementi sulla viabilità dell'alta Val Degano nel XVIII secolo*. In: In Alto, 78, 99-110. s.e., s.l.

Acronimi

A.S.Ve: Archivio di Stato di Venezia

B.C.U.: Biblioteca Civica di Udine

Note

1. B.C.U., Principale, ms. 951, Carta della strada di San Candido.
2. B.C.U., ms. 868, Dichiarazione di tutti li recinti della città di Udine, ff. 31v, 31r, 32v, 32r.
3. Si ricorda il teatro dei Barnabiti, privato e con rappresentazioni legate a tematiche prettamente religiose.
4. Nel 1754 la comunità udinese decise di trasformare in teatro un capannone edificato per il gioco del pallone, all'incirca un secolo prima. Questo edificio, ricordato con il nome di

Teatro della Racchetta, internamente era strutturato con due ordini di palchi e una scena; aveva una capacità di circa 300 persone e rimase in funzione sino al 1770 circa.

5. B.C.U. ms. QQ. XIV, f 23r.
6. B.C.U. ms. QQ. XIV, f 23r
7. B.C.U. ms. QQ. XIV, f 22r.

Maria Gabriella Pezone

Un ingegnere del Genio borbonico tra Sette e Ottocento. Luigi Bardet di Villanova

Abstract

.The paper focuses on the activity of Luigi Bardet di Villanova, a military engineer who worked for the Bourbons between the 18th and 19th centuries. Son of Pierre Bardet di Villeneuve, an engineer from Paris who innovated the Military Corps of Engineers in the time of Charles of Bourbon, Luigi Bardet di Villanova worked especially in the Topographic field rising to the highest ranks of the military career.

Luigi Bardet di Villanova

Il profilo professionale di Luigi Bardet di Villanova restituisce la figura di un tipico ingegnere borbonico, impegnato in tutti i campi della progettazione preposti alla sicurezza del territorio, che spaziavano dalla realizzazione e manutenzione delle opere di fortificazione del regno alla costruzione delle strade e al loro mantenimento in efficienza, dalla direzione di opere pubbliche che presentavano particolari difficoltà tecniche all'attività topografica poiché, da sempre, la difesa era legata anche alla conoscenza del territorio e, dunque, alla sua rappresentazione grafica[1].

Ripercorrere la sua biografia aiuta a comprendere i progressi fatti dall'inge-gneria militare borbonica nella seconda metà del Settecento, soprattutto nella formazione dei suoi protagonisti divenuti ormai figure professionali dalle alte capacità tecniche in tutti i campi di loro competenza. Inoltre, la conoscenza del suo contributo, che si dipana tra la fine del Settecento e i primi anni dell'Ottocento, un periodo difficile per la sicurezza del regno, fa comprendere quanto l'attività del Genio fosse strettamente legata e funzionale alle campagne militari dell'esercito.

Luigi Bardet di Villanova nacque a Pescara l'11 dicembre del 1758 da Emmanuela Cancellieri e Pierre Bardet de Villeneuve[2] Il padre (1680 circa-?)[3], un ingegnere parigino formatosi a Roma all'Accademia di San Luca[4], aveva svolto *per la sua profondità nelle scienze esatte e militari* (Morelli, 1826) un ruolo importante nel rinnovamento del corpo degli ingegneri militari napoletani durante il regno di Carlo di Borbone, aprendo la strada a una nuova figura di ingegnere militare colto e raffinato (Pezone, 2007).

Insieme all'*iter* formativo avvenuto all'interno delle ormai innovate strutture didattiche del regno di Napoli (Pezone, 2010), un ruolo importante nell'educazione del giovane Luigi dovette sicuramente svolgerlo l'esempio del padre, il quale aveva

saputo apportare una carica innovativa nella direzione dei Regi scavi di Ercolano attraverso l'uso conoscitivo del rilievo architettonico sistematico delle antichità. Da lui doveva aver appreso anche la profonda conoscenza delle regole compositive dell'architettura civile, legate all'uso degli ordini architettonici che Pierre aveva così ben sintetizzato nel *Cours de la science militaire a l'usage de l'Infanterie, de la Cavalerie, de l'Artillerie, du Genie, e de la Marine* (Bardet, 1740-42), un manuale destinato ai corpi militari con colti riferimenti alla trattatistica rinascimentale, scritto tra il 1740 e il 1742 e dedicato proprio a Carlo di Borbone, nel cui esercito si era arruolato nello stesso 1740 come *Ingegnere Ordinario* e *Capitano di Infanteria*[5] Seguendo le orme paterne, Luigi Bardet di Villanova fu al servizio dei Borbone ininterrottamente tra il 1771 e il 1832, arrivando ai più alti gradi della gerarchia militare: nel 1771 cominciò l'attività come cadetto, nel 1787 fu nominato alfiere, nel 1790 II tenente, nel 1797 I tenente, nel 1798 capitano tenente, nello stesso anno maggiore, nel 1804 maggiore sotto direttore, nel 1806 tenente colonnello, nel 1808 colonnello graduato, nel 1814 colonnello direttore del Genio, nel 1815 maresciallo di campo, nel 1816 maresciallo ispettore generale, nel 1817 direttore generale interino, nel 1819 direttore generale effettivo, nel 1826 tenente Generale graduato, nel 1831 tenente Generale effettivo[6], dimostrando sempre grande fedeltà e attaccamento alla Corona. Con l'istituzione da parte di Ferdinando I del Reale e militare ordine di San Giorgio della Riunione nel 1819, il 23 Aprile Luigi Bardet, in veste di Maresciallo di Campo, fu insignito dell'onorificenza di commendatore, concessa ai generali e agli ufficiali che si erano distinti in guerra[7]; l'11 giugno del 1827 ricevette la corona di seconda classe e nel 1832, anno del pensionamento, ottenne la nomina di cavaliere di Gran Croce, il più alto riconoscimento dell'Ordine[8]. Va ricordato, inoltre, che ricoprì anche l'incarico di Giudice Ordinario dell'Alta Corte Militare ricevuto con Regio Decreto[9].

Nei primi anni della sua carriera, tra il 1771 e il 1774, collaborò con il padre nel *plano de la ciudadela de Messina*, un progetto per rimettere in efficienza la fortezza più importante della città, la cosiddetta *cittadella*, edificata dagli Spagnoli nel XVII secolo su progetto di Carlos de Grunemberg e caduta in rovina poco dopo un secolo (Pezone, 2007)[10]. In questa occasione, i due Bardet prepararono una serie di disegni di rilievo e di progetto, conservati alla Biblioteca Nazionale di Napoli, nelle figg. 1 e 2[11], che diventarono un riferimento imprescindibile per Arena nella redazione della pianta della città dopo il terremoto del 1783 (Aricò, 1986; Aricò, 1988). Sin da ragazzo Luigi Bardet dimostrò di avere propensione, non solo per le *scienze matematiche, … la meccanica e fisica* ma anche per la *pittura a olio e nel disegno di topografia* (Morelli, 1826), tanto che, sin dall'età di 28 anni, fu professore di topografia alla Reale Accademia Militare[12]. Era ancora cadetto (1771-86), infatti, quando nel 1781, insieme a Filippo Alcubierre, ebbe l'incarico di eseguire i rilievi di tutti i boschi e delle cacce reali[13]. In questa campagna rientra anche la *Pianta topograf[ica] della*

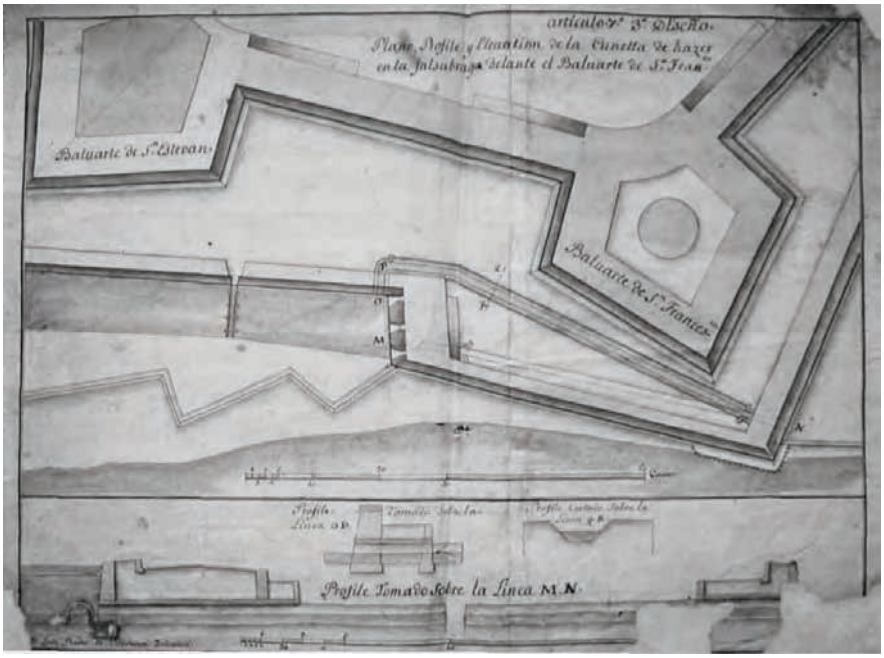


Fig. 1 – Luigi Bardet de Villanueva, Plano, Profile y elevation de la lunetta de hazer en la falsabraga delante el baluarte de S.n Franc.co (BNN)

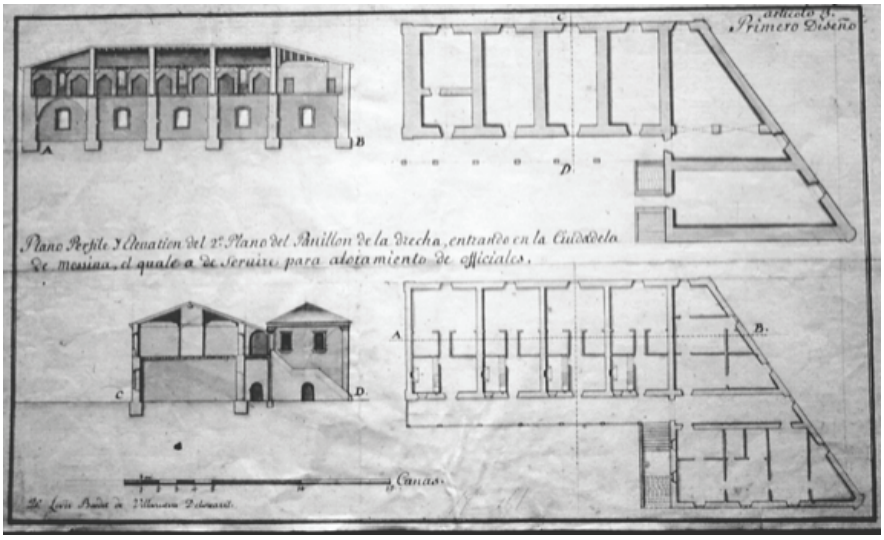


Fig. 2 – Luigi Bardet, Plano, profile y elevation del II plano del pavillon de la derecha, entrando en la ciudadela de Messina, el quale a de servire para aloiamiento de oficiales.



Fig. 3 – Pianta topograf[ica] della Reale Riserva di Monte Gran[de] Disegnata da Luigi Bardet L'Anno 1782 (SNSP).

real Riserva di Monte Gran[*de*], il rilievo della riserva reale alle spalle di Caiazzo, nel territorio casertano, risalente al 1782, oggi conservato nel fondo dei disegni della Società Napoletana di Storia Patria, in fig. 3[14]. L'arco cronologico di esecuzione legittimerebbe l'ipotesi che facesse parte delle ricognizioni per la redazione della *Carta Topografica delle Reali Cacce di Terra di Lavoro...* (1784), la prima opera redatta da Giovanni Antonio Rizzi Zannoni al suo arrivo nel regno, nata per il puro diletto del sovrano e legata al suo amore per la caccia (Valerio, 1993). Alla passione venatoria di Ferdinando IV va probabilmente riferito anche l'*Atlante dei boschi di caccia del Re*, curato nel 1783 da Andrea Pigonati **(**1734-90)[15] in veste di Ispettore e Direttore Generale delle R. Strade del Regno, che probabilmente ne raccoglieva proprio i fogli di rilevamento (Pezone, 2005a). Questa preziosa raccolta – con quarantasette disegni e notizie sui boschi di Torcino, Mastrati, Selva d'Alife, Cacce della Spinosa, Selva Nuova, Monte Grande, Calvi, Mondragone, Montagna di Gerusalemme, Pietra-Melara – era conservata all'Archivio di Stato di Napoli sino agli anni Quaranta, quando è andata persa nel famoso incendio di San Paolo Belsito[16]. Sempre



Fig. 4 – Pianta di Tolone e delle sue vicinanze delineata dal Tenente, e Professore della R. Accademia Militare Luigi Bardet (BNN).

da cadetto del Battaglione Real Ferdinando, su incarico del Generale Francesco Pignatelli, *fece tutti i piani e disegni per li simulacri militari e per gli accampamenti*[17].

La sua attività di topografo fu molto intensa anche in anni successivi, quando delineò una carta topografica militare della frontiera del regno e i progetti per la difesa del cratere di Napoli[18]. Inoltre, prima della spedizione della flotta napoletana nel 1793 per la difesa della fortezza di Tolone, Luigi Bardet, all'epoca II Tenente, disegnò una pianta della città e del suo golfo *sotto gli ordini del quartier mastro Parisi*[19] incisa da Giuseppe Guerra, attualmente conservata alla Biblioteca Nazionale di Napoli, in fig. 4[20].

Distintosi nelle campagne militari contro i Francesi nel 1797 e nel 1798, nello stesso anno ottenne le promozioni prima a capitan tenente e poi a maggiore; partecipò successivamente alla riconquista di Napoli nel 1799[21].

Durante gli anni della prima restaurazione, quando era governatore della Regia piazza di Gaeta il Principe Luigi d'Assia-Philippsthal (1766-1816)[22] che militò valorosamente nell'esercito borbonico, Bardet, nella veste di Ingegnere sotto direttore

(1804-05), si occupò dei lavori di fortificazione della piazza, della quale eseguì anche un modello *con tutti gli edifici e le opere accessorie*[23] che il sovrano volle portare con sé a Palermo per poi riportarlo nuovamente a Napoli[24]. Con il Principe d'Assia partecipò alla strenua difesa di Gaeta durante l'assedio dei Francesi che si concluse con la capitolazione della città il 18 luglio del 1806 e, per il valore dimostrato, gli fu conferita la medaglia d'oro[25]. Dopo essersi trasferito a Palermo al seguito di Ferdinando IV, Luigi Bardet, come comandante del Genio, fece parte della squadra capeggiata ancora una volta da Luigi D'Assia che nel 1807 partì verso la Calabria per combattere contro le truppe francesi e tentare la riconquista della parte continentale del regno, spedizione che, come noto, si concluse con la disfatta di Mileto[26].

Nel 1808 fu incaricato di fortificare e restaurare la piazza di Trapani e, dopo averne delineato i disegni di rilievo, *la pianta e i profili con tutti i paesi circonvicini prima che fosse fortificata,* ne progettò *il piano di difesa, facendone tutti i disegni*, eseguendo poi *il modello di legno dell'intero fronte di quella piazza* e portando a termine tutti i lavori progettati *con molto risparmio* e con *sommj elogi*[27]. Questo plastico, insieme a quello della piazzaforte di Gaeta, menzionato in precedenza, e ad altri da lui realizzati[28], fu incluso nella collezione *de' modelli delle piazze e forti del Regno a scala grande* conservati nell'Ottocento in una sala dell'Officio topografico napoletano e utilizzati con finalità didattiche[29], raccolta che includeva anche la riproduzione del Forte di Sant'Elmo oggi al Museo di S. Martino e attribuita da Blessich, insieme agli altri modelli, al duca di Noja[30].

Tra i lavori topografici vanno ricordati anche *li grandi disegni della città di Napoli e le carte … di tutte le isole adiacenti sotto gli ordini della prelodata A.S.S. Principe d'Assia*[31], queste ultime elaborate probabilmente in occasione dell'attacco delle truppe anglo-borboniche alle isole di Procida e Ischia nel 1809[32]. Dopo l'istituzione del R. Officio Topografico di Palermo, il 30.8.1807, fu nominato nel 1808 direttore e, sotto la sua direzione, sino al 1812, fu redatta la carta della Sicilia tratta dalla precedente del barone Schmettau[33].

Con il ritorno dei Borbone, Bardet rientrò a Napoli con la carica di Direttore del Genio e svolse soprattutto un ruolo di coordinamento nella realizzazione di importanti opere militari[34]. In questa veste promosse una riorganizzazione delle difese del regno con *lavori di rettifica e riatto delle fortezze in generale, e con ispezialità poi nelle piazze di Capua, Gaeta, Pescara*[35]. Tra i vari interventi di bonifica idraulica[36], Bardet affrontò nel 1823, insieme ad altri ingegneri, l'annoso problema della cosiddetta Lava di Pollena, ovvero delle alluvioni e delle colate di fango che periodicamente inondavano i paesi di Pollena e Trocchia, fenomeni secondari connessi agli eventi eruttivi che flagellavano la zona (Pezone, 2003) e, tra le importanti opere pubbliche nelle quali fu coinvolto direttamente, va menzionata tra il 1830 e il 1840 l'ultimazione della strada di Posillipo che, come ben noto, era stata iniziata dai Francesi con il contributo degli ingegneri de Tommaso e Giordano.

Quando il Principe Luigi d'Assia-Philippsthal morì, nel 1816, Bardet si fece promotore della costruzione di un cenotafio che ne celebrasse il valore dimostrato nel 1806 contro i Francesi, nella memorabile e condivisa difesa di Gaeta. L'idea era di collocarlo proprio in quella piazza ed esattamente nel *bastione della Breccia … il sito più cospicuo ed imponente delle Fortificazioni* dove il Principe *soleva sogiornare e pernottare*[37]. La realizzazione della tomba, una piramide in travertino[38] decorata con figure allegoriche in bassorilievo, l'effigie del defunto e una fascia di maschere colossali, tutti in marmo statuario affidati allo scultore romano Claudio Monti nel 1817[39], ebbe in realtà molti intoppi, tanto che nel 1825, non essendo stata ancora montata *in loco*, fu coinvolto il *marmoraro* Giuseppe Belliazzi per completarla in assenza del Monti che aveva lasciato Napoli[40].

Per concludere queste brevi note sull'attività di Luigi Bardet, vale la pena di soffermarsi su quello che può essere considerato il lavoro più importante della sua maturità, ovvero il restauro di Castelnuovo affidatogli da Ferdinando I. I lavori, iniziati nel 1822, riguardarono le fortificazioni, in particolare i bastioni e la controscarpa del fossato, la caserma dei corpi di guardia, l'ampliamento delle scuderie dell'Artiglieria a cavallo, le prigioni e diversi ambienti interni del Forte Nuovo, tra i quali la Gran Sala utilizzata sin dal Seicento come Armeria[41]. In quell'ambiente, che da allora fu chiamato salone di San Luigi, Bardet progettò *un'ingegnosa sala d'armi, abbellita con le statue colossali del defunto Monarca Ferdinando (…) e di S. M. d'inclita memoria Francesco*[42]. Per lo *stato deplorevole* in cui la sala era prima del suo intervento, il progetto divenne un banco di prova dove, come lo stesso Bardet scrisse, *mettere a profitto l'esperienza di cinquanta due anni di servizio*[43]. La meravigliosa volta di copertura presentava, infatti, molte lesioni comparse nel 1799 a causa delle bombe che colpirono l'edificio. Sulla scia delle risoluzioni proposte in un progetto redatto sin dal 1811 durante il Decennio francese, poi non eseguito, Bardet, a capo di una commissione di Ingegneri Militari nominata all'uopo, propose una serie di interventi per sanare la struttura: sarciture delle lesioni, messa in sicurezza e smontaggio degli ornati in piperno, impermeabilizzazione esterna con lamine di piombo; dopo che questi interventi ebbero l'approvazione dell'architetto Pietro Bianchi, coinvolto per un parere esterno[44], Bardet realizzò all'interno della sala una sorta di grande macchina effimera in materiali leggeri per la conservazione delle armi, che non andava ad appesantire le murature dell'antico edificio[45]. Riadeguando all'uso militare l'idea della straordinaria biblioteca sanfeliciana nel torrione di S. Giovanni a Carbonara, Bardet progettò una struttura complessa e razionale, con cinque ordini di rastrelliere *simigliantissime a palchetti di teatro*[46] che permetteva di sfruttare la grande altezza della sala e di rendere accessibili le parti più alte attraverso le quattro scale a lumaca nascoste negli angoli. Un esempio di buona architettura dove si *osserva riunito l'ingegno, la magnificenza, e la stabilità di tutte le diverse parti*, secondo il giudizio di Morelli, autore di un breve profilo biografico a lui dedicato[47].

Bibliografia

Adilardi G. 1999. *Un sacerdote massone: Antonio Jerocades (1738-1803) poeta neoplatonico, massone e infine giacobino*. Firenze: Edizioni Polistampa.

Almanacco. 1825. *Almanacco della Real Casa e Corte per l'anno 1926*. Napoli: Dalla Stamperia Reale.

Aricò N. 1986. Prime note per una storia dell'edilizia a Messina. In: *Cassa edile di Messina, venticinquennale 1986*, 13-81. Messina: Edizioni P. e M.

Aricò N. 1988. Cartografia di un terremoto Messina 1783. Numero monografico di *Storia della città*, 45. Milano: Electa.

Bardet P.P.A. 1740-42. *Cours de la science militaire à l'usage de l'Infanterie, de la Cavalerie, de l'Artillerie, du Genie, e de la Marine par Mr P.P.A. Bardet de Villeneuve Capitaine & Ingenieur ordinaire au service de Sa Majesté le Roi des deux Siciles*. A la Haye: chez Jean van Duren.

Blessich A. 1896. La pianta di Napoli del duca di Noja. Napoli Nobilissima, V (5), 74-77.

Catalogo. 1930. *Catalogo della Mostra di Topografia Napoletana in onore di Bartolomeo Capasso, ordinata in occasione dell'11. Congresso Geografico Italiano / [compilato da Franco Rubino-Mazziotti]*. Napoli: I.T.E.A.

Celano C. 1859. *Notizie del bello dell'antico del curioso della città di Napoli raccolte dal can.o Carlo Celano (…) con aggiunzioni (…) per cura del Cav. Giovan Battista Chiarini*. IV. Napoli: Stamperia Mencia.

Contardi B. 1991. In Urbe Architectus. Modelli, disegni, misure. La professione dell'architetto, Roma 1680-1750. *Catalogo della Mostra, (Roma Museo nazionale di Castel S. Angelo 12/12/1991-29/2/1992)* (a cura di Contardi B., Curcio G.). Roma: Argos.

Costanzo S. 2017. *Città fortificate: porti, piazze d'armi e forti tra settecento borbonico e regno delle Due Sicilie*. Napoli: Giannini.

D'Ayala M. 1847. *Napoli militare*. Napoli: Stamperia dell'Iride.

Di Salle A. 2003. Scheda 39. In: *Scienziati artisti: formazione e ruolo degli ingegneri nelle fonti dell'Archivio di Stato e della Facoltà di ingegneria di Napoli* (a cura di Buccaro A., De Mattia F.), 157-158. Napoli: Electa Napoli.

Dizionario. 1840. *Dizionario biografico universale*. vol. I. Firenze: D. Passigli.

Filangieri R. 1934. *Castel Nuovo Reggia angioina e aragonese di Napoli*. Napoli: L'Arte Tipografica.

Marconi P., Cipriani A., Valeriani E. 1974. *I disegni di architettura dell'Archivio storico dell'Accademia di San Luca*. Roma: De Luca.

Melorio G. 1834. *Prospetto del Reale Officio Topografico del Regno delle Due Sicilie all'epoca del 1834*. s.l., s.n.

Morelli N. 1826. *Biografia dei contemporanei del Regno di Napoli chiari per iscienze, lettere armi e arti del volgente secolo XIX*. Napoli: Tramater.

Nobile G. 1855. *Descrizione della città di Napoli e delle sue vicinanze divisa in 30 giornate ... parte prima*. Napoli: tip. G. Nobile

Ostuni N. 1991. *Le comunicazioni stradali nel Settecento meridionale*. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Pezone M.G. 2003. I casali di Pollena e di Trocchia nelle piante di Luigi Marchese e gli interventi borbonici per la "Lava di Pollena". In: *Napoli-Spagna. Architettura e città nel XVIII secolo* (a cura di Gambardella A.), 333-346. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Pezone M.G. 2005a. Architetti dei Borbone nel Settecento Formazione e cultura professiona-

le tra arte e tecnica. Estratto anticipato da *L'architettura dei Borbone di Napoli e delle due Sicilie* (a cura di Gambardella A.). Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Pezone M.G. 2005b. Cultura tecnica in Terra di Lavoro: attività topografica e idraulica nei disegni di Luigi Bardet di Villanova, Francesco Gasperi e Giuseppe Giordano. In: *Casa di re La reggia di Caserta fra storia e tutela* (a cura di Cioffi R. e Petrenga G.), 130-132, 161-162. Milano: Skirà.

Pezone M.G. 2007. Il disegno come pratica conoscitiva scientifica. I Bardet nelle opere di fortificazione della città di Messina. In: *Disegni e progetti di città e paesaggi fortificati*. Atti del Colloquio Internazionale di Studi (a cura di Robotti C.), Capua 3-4 dicembre 2005, 237-244. Lecce: Edizioni del Grifo.

Pezone M.G. 2010. Ingegneria militare borbonica La formazione nel Settecento dalla lettura delle 'Reali Ordinanze'. *Atti del 3° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria* (a cura di D'Agostino S.), 643-655. Napoli: Cuzzolin.

Pignatelli G. 2008. La piazza di Capua. In: *Territorio, Fortificazioni, Città Difese del regno di Napoli e della sua capitale in età borbonica* (a cura di Amirante G. e Pessolano M.R.), 168-209. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Pilati R. 1987. *La Nunziatella L'organizzazione di un'accademia militare 1787 1987*. Napoli: Guida.

Robotti C. 1991. Un rilevatore in grotta d'eccezione: Pierre Bardet de Villenueve ad Ercolano. Atti del Convegno La trasmissione delle idee di architettura Post acta Scritti in onore di G. Nuti, Spilimbergo, 29-30 settembre 1988), II, 283-289. Udine: Istituto di urbanistica e pianificazione, Università di Udine.

Statuti. 1819. *Statuti del Real ordine militare di S. Giorgio della Riunione Napoli 1mo Gennajo 1819*, Napoli: Reale tip. della guerra, 23 Aprile.

Valerio V. 1993. *Società uomini e istituzioni cartografiche nel Mezzogiorno d'Italia*, Firenze: Istituto geografico militare.

Zani P. 1823. *Enciclopedia metodica critico-ragionata delle Belle Arti*, 1817-1824, parte I, vol. XV, Parma: dalla Tipografia Ducale.

Acronimi

ASNa: Archivio di Stato di Napoli
BNN: Biblioteca Nazionale di Napoli
SNSP: Società Napoletana di Storia Patria
BMNSM: Biblioteca del Museo Nazionale di S. Martino

Note

1. Sulla figura di Luigi Bardet e in particolare sulla sua attività topografica mi sono soffermata in passato in Pezone, 2005a e Pezone, 2005b. Della ricostruzione del suo profilo si sono occupati anche Valerio, 1993, pp. 395-397 e Costanzo, 2017, pp. 241-251.
2. Cfr. Morelli, 1826, p. 172.
3. Cfr. Dizionario, 1840, p. 296
4. Nel 1708, all'Accademia romana di San Luca, Bardet si aggiudicò il primo premio del Concorso Clementino con un *Progetto per Accademia di Belle Arti* (Marconi *et al.*, 1974, vol. I, disegni nn. 189-194; Contardi, 1991, p. 458).
5. Cfr. Robotti, 1991, p. 283.

6. Il fascicolo della pensione con un *curriculum* molto dettagliato della sua attività è conservato all'Archivio di Stato di Napoli. (ASNa), Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 255, f.lo 3647. Valerio, 1993 utilizza una fonte altrettanto ricca ovvero i *Libretti di vita e costume II serie*, 205/406.
7. Cfr. Statuti, 1819; Almanacco, 1825, p. 146.
8. Cfr. Valerio, 1993, p. 397.
9. Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 255, f.lo 3647.
10. Cfr. Di Salle, 2003, pp.157-158, dove è segnalato il disegno generale del progetto *Plano de la Ciudadela de Messina* (ASNa, *Segreteria di Stato di Guerra e Marina, Ramo Guerra, seconda numerazione*, 1771), che senz'altro va messo in relazione ai disegni menzionati nella nota seguente.
11. BNN, Sezione manoscritti e rari, *Carte Geografiche*, B^{a}27A$^{(12}$; B^{a}25B$^{(53}$, B^{a}25$^{(11}$: B^{a}27A$^{(29}$; B^{a}25B$^{(138}$.
12. Cfr. Pilati, 1987, pp. 115-16.
13. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 255, f.lo 3647.
14. SNSP, coll.7A210/inv. 21600.
15. La data di nascita è in Adilardi G. 1999, p. 43; la notizia della morte nel 1790 è in Ostuni N. 1991, p.111, 105. Cfr. la scheda sintetica in Zani P. 1823, p. 149.
16. Dell'Atlante, con trentanove disegni 60x90 cm e otto 60x45, conservato all'ASNa tra le Platee di Casa Reale, si ha notizia da un regesto documentario degli anni Trenta. Cfr. Catalogo, 1930.
17. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 255, f.lo 3647.
18. *Ibidem.*
19. *Ibidem.*
20. *Ibidem.* BNN, Sezione manoscritti e rari, Carte Geografiche, *Pianta di Tolone e delle sue vicinanze delineata dal Tenente, e Professore della R. Accademia Militare Luigi Bardet*, B^{a} 21A(74.
21. Cfr. Valerio V. 1993, p. 395. Cfr. anche BMNSM, Archivio Storico, Stipo 9 cass. VIII, fasc.25-26, attestazioni di Carillo e di Ventimiglia sull'opera svolta da Bardet nel 1799 contro i Francesi anche durante la sua prigionia a Calvi (https://manus.iccu.sbn.it).
22. Sul principe d'Hassia Philippsthal cfr. lo stato di servizio in ASNa, Sezione militare, *Generali antichi*, 17, f.lo 718: nel dicembre del 1791 fu nominato Comandante di squadrone col grado di tenente colonnello nel Reggimento Re cavalleria, nel 1795 fu promosso colonnello, nel 1796 brigadiere, nel 1798 maresciallo di campo e nel 1799 maresciallo di Campo, quando diventò anche Governatore della Piazza di Gaeta, e Comandante Generale delle frontiere di Terra di Lavoro e dell'Aquila.
23. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 255, f.lo 3647.
24. *Ibidem*.
25. BMNSM, Archivio Storico, Stipo 9 cass. IX, fasc.4, 1.3.1808, Lettera di Luigi d'Assia comandante della Fortezza di Gaeta a Luigi Bardet per comunicargli l'intenzione del re di conferirgli la medaglia d'oro per la valorosa difesa della fortezza di Gaeta, c.1 (https://manus.iccu.sbn.it).
26. Cfr. Morelli, 1826, p. 173.
27. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 255, f.lo 3647.
28. Si parla di un suo modello della piazza di Capua negli inventari del Ministero della Guerra sebbene il fascicolo non sia reperibile nel fascio indicato. Ivi, 2419, f.lo 1459.

29. Cfr. Melorio, 1834, p. 2: questa raccolta faceva parte della II Sezione dell'Officio Topografico (Deposito militare) che includeva - insieme a una ricchissima biblioteca, una tipografia, una raccolta di carte, una litografia e una calcografia - anche *un deposito de' modelli delle piazze e forti del Regno a scala grande, per rendere a' giovani militari più facile collo studio in rilievo l'applicazione de' principi generali dell'arte di fortificare*. Cfr. anche Nobile G. 1855, p. 116.
30. Cfr. Blessich, 1896, p. 74, il quale riporta una fonte settecentesca che ricorda quelli *di Trani, Barletta, dell'Aquila alcuno se non mi inganno della Sicilia e quello meravigliosamente eseguito del nostro S. Elmo,* conservati allora a Capodimonte. Con l'istituzione dell'Officio topografico la collezione fu trasferita lì e arricchita (anche coi modelli di Bardet) mentre ai tempi di Blessich era esposta nel Museo di San Martino con i modelli delle fortezze di Trani, Barletta, Aquila, Siracusa, Portolongone, Bari, Monopoli, Trani, Gaeta. Successivamente è stata smembrata e i modelli trasferiti nei rispettivi musei locali.
31. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 255, f.lo 3647.
32. Insieme al disegno di Ischia e Procida (BNN, *Palatina*, banc. VI, 6/8, segnalato in Valerio, 1993, pp. 396-397) segnalo nello stesso fondo altri suoi disegni: *Ponza isola nel Mediterraneo* 1814 (*ibid*., banc. VI.54/1); *Elba Isola nel Mediterraneo* 1814 (*ibid.*, banc. VII.67/1).
33. Cfr. Valerio, 1993, pp. 396-397.
34. Per comprendere il suo contributo in tal senso sono interessanti i manoscritti (segnalati *ad vocem* Bardet in https://manus.iccu.sbn.it) della BNN, Sezione manoscritti e rari, *ms Prov*., 9, 10bis, 12bis, 19, 23-24, 49, 76/1, 76/2, 76/3.
35. ASNa, Sezione Militare, *Segreteria antica*, 829 (1818) cit. in Pignatelli, 2008, p. 208, n.119.
36. Alcuni interventi di ingegneria idraulica sono segnalati con riferimenti bibliografici in Costanzo S. 2017, pp. 245-46 e 248.
37. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 2260, f.lo 3660, *Erezione del monumento funebre Hassia Philipsthal (1816-26)*.
38. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 255, f.lo 1320: *Disegno per il progetto di un sepolcro da erigersi in un bastione della piazza di Gaeta*… All'interno del fascio vi sono anche le *Osservazioni relative al Progetto.*… redatte nel 1816 dall'ing. Prichard per spiegare i disegni con due soluzioni differenti a seconda della collocazione della tomba.
39. *Ibidem*, dove è inserito il contratto con Monti, che a Napoli aveva già lavorato durante il Decennio francese nei bassorilievi per la sala di Marte della reggia di Caserta. Lavorò inoltre anche nella chiesa di S. Francesco di Paola. Nel fascio è conservata la copia di una lettera di raccomandazione del maestro Antonio Canova al marchese Berio perché favorisse il suo impiego tra gli scultori della chiesa di S. Francesco di Paola.
40. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 2260, f.lo 3660. Le sculture e l'iscrizione sono ancora oggi murate nella fortezza di Gaeta.
41. Ivi, 2256, diversi fascicoli. Sugli edifici che formavano il complesso del Forte Nuovo nell'Ottocento cfr. Celano-Chiarini 1859, pp. 415 e sgg. che sulle trasformazioni degli anni venti dell'Ottocento ricopia quanto scrive D'Ayala M.1847.
42. Ivi, 255, f.lo 3647.
43. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 2256, f.lo 2966, Lettera di L. Bardet al Ministro di Guerra e Marina (12.8.1823).
44. ASNa, Sezione Militare, *Ministero della Guerra*, 2256, *passim.*

45. In Filangieri, 1934, si legge di un incendio nel 1919 e probabilmente fu questo che distrusse la struttura progettata dal Bardet per la collocazione e la conservazione delle armi. Qui sono anche pubblicate delle interessanti fotografie successive all'incendio che lasciano intravedere i resti delle rastrelliere.
46. Cfr. D'Ayala, 1847, p. 254.
47. Cfr. Morelli, 1826, p. 254.

Giuseppe Foscari

Carlo Afan de Rivera e il lavoro nell'anno della primavera dei popoli (1848)

Abstract
The purpose of this paper consists in the analysis of the book published in the 1848 by Carlo Afan de Rivera, Neapolitan engineer, about the process of modernization in the Kingdom of Two Sicilies. But for the politic conditions in Europe and the vindications of the rights from the people, the de Rivera's monograph is not only a technic strategy to build ways, ports, and to start a strategy of soil remediation in the country, but also a manifest of liberal strategy to preserve the politic system.

La risposta di Afan de Rivera alle istanze sociali
In quel fatidico 1848, *annus horribilis* per i liberali e i moderati europei per via della mobilitazione dei popoli in diversi Stati del Vecchio Continente, Carlo Afan de Rivera[1], da oltre vent'anni capo autorevole, ma spesso osteggiato, della Direzione Generale di Ponti e Strade (Buccaro e De Mattia, 2003; Foscari, 1995; Di Biasio, 1993; Buccaro, 1988; Manzi, 1977; Barsali, 1961), provò a dare una risposta alle istanze sociali e di lavoro che erano parte integrante nelle rivendicazioni di quella mobilitazione. Egli si pose un problema culturale e politico nello stesso tempo, cioè, come il regno delle Due Sicilie potesse arginare in modo pragmatico ed efficace quella temibile e diffusa ribellione delle masse popolari ricorrendo agli strumenti della cultura liberale e cautamente liberista della quale egli si sentiva interprete ed espressione.

La monografia che pubblicò in quel frangente storico in agitazione (Afan de Rivera, 1848) è una lucida e ragionata messa a punto di osservazioni e proposte che aveva già divulgato in numerosi suoi precedenti volumi (Afan de Rivera, 1832-1842), ma ripensate e accorpate per esporre la sua ricetta programmatica in modo organico. Sebbene l'aspetto politico emerga solo all'inizio e in poche altre occasioni, il testo è un condensato della politica di sviluppo da adottare nel Mezzogiorno, incentrata sulle grandi infrastrutture, delle quali il Sud aveva assoluta necessità.

La progressiva definizione delle rivendicazioni dei popoli portò dunque come conseguenza un rilancio della politica per il lavoro da parte di Carlo Afan de Rivera, anche se le sue proposte non possono essere assunte come organica progettazione della monarchia borbonica e, forse, addirittura, potrebbero essere considerate come un'occasione mancata per il governo borbonico.

Molteplici furono le ragioni del suo dissenso con apparati dello Stato, con figure eminenti dell'amministrazione pubblica e del governo, con le quali egli ebbe scontri piuttosto veementi. La sua ratio tecnica non collimava con le esigenze della politica e di consenso che la monarchia aveva soprattutto con i ceti più abbienti ed economicamente forti e con altri segmenti tecnici del paese che avevano idee diverse da quelle del direttore generale di Ponti e Strade. Ma i principali motivi di attrito furono il ruolo strategico che a suo giudizio avrebbero dovuto avere gli ingegneri nel sistema-paese e l'esiguità delle risorse pubbliche per il piano di interventi che egli aveva immaginato.

C'è un altro aspetto che, a mio parere, dà un'importanza strategica alla monografia del 1848, ovvero, l'implicito incontro-confronto-scontro tra cultura liberale dello Stato borbonico e rivendicazioni filosocialiste in gestazione. Lo scritto di de Rivera contiene i punti nodali di una risposta tecnica di matrice liberale. Come sovente accade nell'analizzare il direttore generale la visione tecnica e quella umanistica convivono in lui con una certa facilità. Il suo resta un notevole e incisivo percorso di uomo di stato, di scienziato-artista dalle ampie vedute, capace di intuire il valore di una pianificazione sistematica e razionale del territorio meridionale, di concentrarsi sui bacini proponendo una moderna visione del territorio e una pregevole lettura d'insieme. E resta, de Rivera, un integerrimo urbanista, un uomo aperto allo sviluppo economico e al progresso, ma anche un conoscitore delle debolezze dell'animo umano, della sua propensione al profitto e, come preventivabile deriva, all'illegalità.

Per quanto contrario a quelle rivendicazioni dei popoli che mettevano in forte discussione l'ordine costituito, de Rivera dovette inevitabilmente fare i conti con esse. Non a caso, prima di entrare nel novero delle proposte, egli si dilungava sui compiti delle istituzioni liberali per promuovere la prosperità pubblica e assicurare il lavoro agli operai come obiettivo primario. I suoi rimedi riguardavano tre ambiti di intervento: le vie di comunicazione, l'agricoltura e l'esecuzione di grandi opere pubbliche. Senza dimenticare, come sempre gli capitava di fare e come già anticipato, di mettere in risalto il fondamentale ruolo degli ingegneri e della Scuola di applicazione di Ponti e Strade nella quale si istruivano i tecnici del futuro (D'Angelo, 2012). Il lavoro restava al centro di tutto, un efficace espediente per mitigare o disinnescare le incontrollabili e pericolose rivoluzioni popolari.

Il suo orientamento liberale va tuttavia definito, tanto fu variegata quella cultura e le modalità con cui fu recepita. In primis, de Rivera era persuaso che la civiltà fosse diretta emanazione della religione e quella liberale, per quanto dovesse includere le più tradizionali forme di amore cristiano, come, ad esempio, la cura degli infermi, doveva preoccuparsi anche di prevenire la miseria e dare sussistenza ai ceti popolari assicurando il lavoro.

Ordine e *tranquillità* erano, poi, i suoi riferimenti culturali privilegiati, ragion per cui si poneva in chiara rottura rispetto alle rimostranze e alle agitazioni che stavano avviluppando il Vecchio Continente e contro quanti non comprendevano che le re-

centi riforme costituzionali dovessero essere assecondate. Tra gennaio e febbraio del 1848 erano state promulgate, infatti, le costituzioni nel Mezzogiorno insulare, prima, in quello continentale, poi.

De Rivera apprezzava molto queste soluzioni costituzionali e moderate.

Non a caso, egli osteggiava due categorie di persone, i *turbatori di ogni miglioramento e di ogni progresso sociale, coloro che riguardando l'amministrazione pubblica come conquistata, menano alto rumore sotto specie del pubblico bene a solo fine di migliorare la loro condizione, e coloro che corrivi alle utopie vanno fantasticando astratti perfezionamenti alle ottenute istituzioni liberali* (Afan de Rivera, 1848, p. 3).

In risposta alle istanze sociali e socialiste, che egli considerava inapplicabili utopie, de Rivera accentuava il lato pragmatico e paternalistico della Monarchia borbonica. Lo Stato demiurgo e ordinatore dell'intervento pubblico fu un suo notorio cavallo di battaglia (D'Elia, 1996). Ma a parlar di lavoro e a pensare agli operai, de Rivera finiva per muoversi nel campo delle proposte sociali ed economiche entrando in un terreno dichiaratamente riformatore e socialista.

La logica dell'incremento delle opere pubbliche rispondeva a due esigenze oggettive: era voluta dalla Monarchia, da una parte del governo e soprattutto dagli intendenti, i quali erano i più esposti alle proteste antistatali e, per questo, in sintonia con il pensiero di Carlo Afan de Rivera, spingevano per una politica di impegno dei fondi pubblici a largo spettro proprio per assicurare lavoro ai ceti più deboli. La seconda esigenza era determinata, come già anticipato, dall'oggettiva carenza infrastrutturale del Mezzogiorno, per cui, dalle vie di comunicazione all'ampliamento delle strade ferrate, dalle bonifiche dei terreni alla costruzione di ponti di collegamento per avvicinare le comunità e ridurre l'isolamento spaziale, ai porti, occorrevano cospicui investimenti pubblici. Il direttore generale, difatti, comprese che i quadri ambientali fossero condizionati da una società, quella meridionale, storicamente arretrata e depressa. Bisogna quindi intendere che le sue proposte, al di là anche degli eventi che si stavano registrando in Europa, dipendessero molto dalla sua idea di uno sviluppo del Regno non più differibile e per il quale si stava battendo da decenni.

Solo che, in quel 1848, quest'idea venne corredata e impreziosita da osservazioni di carattere sociale, *la più odiosa disuguaglianza sociale –scriveva- è quella che v'ha tra coloro che mangiano e coloro che sono astretti al digiuno, così con tali sconsigliate turbolenze si muovono ad ira le numerose classi de' poveri lavoratori inoperosi e mancanti di pane, e si viene ad eccitare una tremenda conflagrazione* (Afan de Rivera, 1848, p. 4). De Rivera intuiva il pericolo delle disparità sociali, anche se non toccava a lui, che restava in prevalenza un tecnico, l'analisi delle ragioni storiche che le avevano determinate. Non si può essere completamente delusi, per questo. L'uomo di stato era chiamato a dare risposte e soluzioni ed egli si sentiva certamente più idoneo per questo ruolo.

Ma il direttore di Ponti e Strade entrava, come dire, nel gergo dei rivoltosi europei, accettando e appropriandosi di quei concetti (ad esempio, come già osservato, la disuguaglianza sociale) che rimandavano a un possibile conflitto di classe, un pensiero del tutto estraneo alla sua formazione e cultura ma che aleggiava come uno spettro in Europa. Egli ne coglieva il rischio ed era persuaso che la mancata comprensione del nuovo disegno costituzionale da parte di coloro che l'avevano promosso, a causa di inappropriate forzature e ulteriori richieste, potesse comprometterne la portata. Il suo timore era che il sicuro fallimento dell'utopia socialista (del quale era persuaso) portasse nuove e più gravi conseguenze, così precisava: *siccome le sofferenze non possono essere distrutte da vantaggi ideali e futuri che il popolo non può comprendere, così temendo di essere ingannato si prepara a quelle minacce ed a quei torbidi che ritardano ed impediscono il consolidamento delle novelle istituzioni* (Afan de Rivera, 1848, p. 4). In sostanza, il pericolo rivoluzionario andava scongiurato.

L'ingegnere si aggrappava alle riforme liberali, dandone una lettura oltremodo benevola, *bisogna essere ciechi* -scriveva- *per non vedere che così fatte instituzioni hanno prodotto violente scosse in tutt'i rami dell'economia pubblica* (Afan de Rivera, 1848, p. 4), il rischio, ancora una volta, era rappresentato da coloro che *non mettendo limite a certe pretensioni hanno adoperato ogni mezzo per eccitare ed irritare le passioni del popolo ed a suscitare dissidj e disordini* (Afan de Rivera, 1848, p. 4). E si rivolgeva a loro, direttamente, *cessino adunque costoro dal dilaniare la patria comune e comprendano che l'ordine, la fiducia e l'amore scambievole sono il primo bisogno per ritrarre vantaggio* (Afan de Rivera, 1848, p. 4).

La conservazione dell'ordine pubblico restava l'elemento essenziale per assicurare lavoro agli operai, a suo giudizio, in quanto, non generandosi paure determinate da possibili disordini sociali, tutti si sarebbero dedicati a produrre, creando favorevoli condizioni occupazionali proprio per gli operai. Naturalmente, la visione di Carlo Afan de Rivera non sfuggiva agli stereotipi della propaganda liberal-moderata e monarchica, per la quale, appunto, la difesa dell'ordine costituito rappresentava, come detto, un imprescindibile baluardo.

Pragmatismo *versus* illusione ideologica, ordine sociopolitico come certezza piuttosto che il pericoloso salto nel buio inseguendo utopie non ben precisate (in realtà socialiste), riforme liberali e costituzionali da consolidare anche per non dare credito alle rischiose rivendicazioni di imbonitori delle passioni e delle idee degli operai: così possiamo condensare il suo pensiero politico antirivoluzionario e liberal-moderato.

Ma, appena *liberato* dalla quasi necessaria curvatura politica che aveva dato al suo volume, e che mi pare di interpretare persino come un tentativo di coagulare attorno alla sua persona le preoccupazioni degli ambienti borbonici, egli dava il meglio di sé tracciando minuziosamente gli interventi tecnici da attuare. Restava quello il suo vero campo d'azione.

Le infrastrutture per il Regno delle Due Sicilie

In primo luogo, De Rivera spinse molto per dotare lo Stato di un sistema di comunicazione moderno ed efficace. La sua personale convinzione era che i benefici fossero almeno di tre natura: si agevolavano il commercio e le *relazioni sociali*, s'incrementava la prosperità del paese e si accresceva il valore dei terreni nei quali passavano le strade rotabili. Ma occorreva svoltare nella politica dei trasporti o rafforzarla, ove possibile, mediante congrui investimenti pubblici e privati. Questa è stata un'altra delle battaglie storiche del direttore generale, peraltro persa se messa in relazione con tutto il suo programma di pianificazione enunciato nella monografia.

Dal suo punto di vista occorreva velocizzare il trasposto e ciò era possibile costruendo ponti su fiumi e torrenti, riducendo le ripide pendenze delle strade e, dunque, intervenendo per correggere i difetti delle antiche strade tracciate dai Romani in poi. L'eccessiva inclinazione delle vie delle Calabrie, del Sele, degli Abruzzi e della strada sannitica dal Calore a Campobasso, ad esempio, -che raggiungevano percentuali di pendenza variabili tra il 7-8% e il 10-15%-rappresentavano un insormontabile problema per chi doveva muoversi per ragioni di lavoro e per chi doveva trasportare merci.

Occorreva, poi, l'apertura di nuove strade, sia per rendere possibile l'incrocio dei collegamenti viari, e dunque realizzare un reticolo di sicuro beneficio per l'economia, che aggirando proprio le strade rotabili molto pendenti e che rallentavano gli scambi commerciali.

L'acutezza di de Rivera, poi, si manifestava anche nella spinta che egli dava all'intersecazione tra le grandi vie di comunicazione e le *minori comunicazioni*, come egli le definiva, ossia le strade più interne che collegavano, ad esempio, Castellammare a Sorrento o Battipaglia a Vallo. Ma per rendere possibile tutto ciò occorreva -altra sua innegabile intuizione- un'efficiente pianificazione degli interventi. *Chiunque sappia apprezzare l'importanza delle agevoli comunicazioni* –scriveva- *discernerà la necessità di correggere e perfezionare le nostre principali strade e coordinarle ad un sistema, o altramente ad un piano generale adattato alle nostre condizioni fisiche ed economiche* (Afan de Rivera, 1848, p. 10). La visione d'insieme è stata sempre un titolo di merito per il direttore generale, come la cadenzata e programmata messa in opera dei lavori tecnici. Ma per programmare occorreva che il governo avesse la consapevolezza di questa azione e, di conseguenza, agisse stanziando cifre certe di anno in anno. E qui la situazione si complicava.

Gli investimenti pubblici avrebbero dovuto riguardare anche le strade ferrate, che gli apparivano la nuova frontiera della celerità nelle comunicazioni e del vantaggio economico. A partire dalla strada a guida di ferro da Napoli e Castellammare, dalla quale si era propagato un ramo per Nocera da prolungare fino a Salerno, con l'altra ramificazione da Napoli a Capua e l'ulteriore diramazione verso Nola e Sarno, le ferrovie erano entrate nell'agenda di de Rivera come una delle priorità. Sebbene anche in questo campo

occorreva una sistematica azione, come si affrettava a precisare: *le strade ferrate dove sien tracciate con prudenza, giudizio e senza eccedere né in numero né in lusso smodato di opere, sono uno dei principali elementi della civiltà e della prosperità delle nazioni* (Afan de Rivera, 1848, p. 11). Chiarissimo il suo riferimento alle condizioni geografiche: nella penisola delle Calabrie, ad esempio, era inimmaginabile costruire una strada ferrata, perché la catena degli Appennini avrebbe costituito un problema di non facile soluzione (almeno per la tecnologia del tempo), ragion per cui appariva più idoneo sviluppare la navigazione con bastimenti a vapore. La via del mare come efficace alternativa per le comunicazioni nelle ipotesi tecnicamente più complesse.

Non a caso, egli insisteva anche sulla necessità di investire sui canali di navigazione, altra grande opportunità per ridurre i costi di trasporto e i tempi di percorrenza.

De Rivera, tuttavia, adombrava ancora una volta lo spettro dei suoi *potenti oppositori*, i quali brigavano per far fallire del tutto il suo piano generale o rifiutavano le offerte di imprenditori e capitalisti che avrebbero voluto investire dai 30 ai 40 milioni di ducati per le strade ferrate; *senza la loro sconsigliata e direm sistemica opposizione, nelle nostre presenti condizioni si troverebbero tra noi 30 o 40 milioni di più in parte già spesi ed in parte spendendosi; ed avremmo il benefizio delle strade ferrate oltre quello grandissimo e materiale di dare a tante classi di utili cittadini una duratura e onesta assistenza* (Afan de Rivera, 1848, p. 11).

Gli interventi per il territorio

In un paese a forte vocazione e tradizione rurale come il Regno delle Due Sicilie l'agricoltura rappresentava un secondo importante campo d'intervento da riformare e il funzionario dello Stato si dedicò ad essa con particolare attenzione. Il suo ragionamento si dipanava seguendo alcune precise direttrici: l'accorta gestione delle acque di cui il Regno era molto fornito per la sequenza di regioni montuose e di valli, di bacini e vaste pianure in riva al mare che la *benigna natura* –altro topos nodale di de Rivera- aveva concesso. Toccava all'uomo la corretta cura per avvalersi di questi preziosi doni, in caso contrario, come pure accadeva, *le acque abbandonate a sé stesse se ne scorrono fra gli alvei da esse scavati senza produrre alcun beneficio e si sogliono impaludare nelle conche depresse, ovunque incontrino una ragione di rigurgito* (Afan de Rivera, 1848, p. 18). Le acque come bene necessario per aumentare la produzione grazie alle irrigazioni che dovevano essere implementate mediante la costruzione di canali, ma anche un pericolo per via del paludismo dovuto alle terre inondate proprio dalle acque abbondanti e incontrollate. Il paludismo in de Rivera era quasi un chiodo fisso, come lo era stato per Teodoro Monticelli (Foscari, 2009); entrambi avevano capito, in realtà, che si trattava del problema dei problemi per il Mezzogiorno. E la necessità di procedere con le bonifiche per assicurare nuovi terreni alla produzione e per evitare la terribile malaria restava il perno dell'azione pubblica e della cooperazione con i privati.

Per quanto l'ingegnere originario di Gaeta accentuasse, a ragion veduta, il carattere di bene pubblico delle acque, e si era battuto affinché le «leggi civili» riconoscessero il primato del «vantaggio comune», tuttavia, apriva ai privati e ad un loro intervento diretto. Anzi, stimolava la costituzione di associazioni o *consorterie* di proprietari di terre irrigabili e una concertazione tra il pubblico e i privati. All'amministrazione pubblica sarebbe dovuto competere l'onere di stilare elaborati progetti, mentre ai soci di ogni associazione sarebbe spettato il compito di esaminare e varare i progetti stessi (Afan de Rivera, 1848). In tal modo, egli si assicurava il primato della strategia pubblica, che avrebbe limitato il rischio di interessi personali prevalenti sull'utilità dello Stato, certamente dannosi per la realizzazione di opere necessarie e indifferibili. La distribuzione delle acque per le irrigazioni sarebbe dipesa dalla quota-parte che ciascun possidente avrebbe assicurato alla realizzazione dell'opera.

Naturalmente il settore primario sollecitava azioni a largo raggio; così il direttore generale insisteva sulla realizzazione di canali non solo per assicurare la produzione di derrate nelle terre poste più lontane dalle fonti di approvvigionamento idrico, ma anche per convogliare le acque là dove si trovavano gli opifici e garantire la necessaria energia ai motori idraulici.

E che dire, ancora, degli interventi a protezione del territorio? Un campo, questo, piuttosto battuto da de Rivera, fermamente convinto che solo mirate azioni avrebbero potuto consentire la salvaguardia del territorio da dissesti idrogeologici, dei quali si avevano pericolose avvisaglie, e per scongiurare inondazioni, paludismo e malaria a valle. Per questo motivo, occorreva, a suo parere, una drastica riduzione del diboscamento delle montagne per tutti gli usi per i quali esso veniva richiesto (come energia domestica, per costruire arredamenti, utensili, per le navi, etc). Ancora, impedendo drasticamente la coltivazione delle pendici scoscese dei monti che, al pari del diboscamento, indeboliva l'assetto territoriale esponendo le campagne sottostanti al rischio di inevitabili alluvioni.

Sul tema de Rivera si era speso molto (Afan de Rivera, 1825). Egli partiva dalla considerazione che non si trattasse affatto di un problema meridionale, ma di ben più ampia diffusione: *In Europa tutta* -scriveva- *si odono i lamenti delle funeste conseguenze della distruzione de' boschi e della dissodazione del suolo nelle scoscese pendici* (Afan de Rivera, 1848, p. 34). Il paradosso nel Regno delle Due Sicilie era stato determinato dal fatto che quando c'era la feudalità -profondamente avversata dall'ingegnere-urbanista- questa per evitare intrusioni e coltivazioni da parte di gente disperata, dava l'incarico ai propri *sgherri* di proteggerla dalle possibili devastazioni anche con l'uso della violenza. Con l'abolizione della feudalità (2 agosto 1806) una notevole quantità di boschi era stata assegnata ai Comuni e la tutela dei boschi era stata affidata alle leggi. Per quanto severe, queste norme nulla potevano *contro gente misera e disperata che non può pagare multe e non teme il carcere* (Afan de Rivera, 1848, p. 34) per cui si era registrata questa improvvida azione di mettere a

coltura le terre in pendio.

Ma in de Rivera era ben chiara una concatenazione sulla quale poggiava l'intero suo ragionamento: ossia, il nesso che esisteva tra bonifiche, irrigazioni, aumento delle rendite, incremento della ricchezza nazionale e lavoro per gli operai. La sequenza veniva costruita ancora una volta seguendo la descrizione e l'analisi per ciascun bacino idrografico del Mezzogiorno continentale, dunque, non era solo enunciata come teorema per lo sviluppo, ma verificata nel concreto. In particolare, nelle pianure adiacenti al mare e notoriamente afflitte da paludismo occorreva intervenire con opportune bonifiche per renderle coltivabili e per assicurarne un graduale ripopolamento abitativo. Si trattava per de Rivera di *conquistare* questi terreni –e mai termine appare più appropriato- per renderli fruibili alle coltivazioni, anche mediante canali per l'irrigazione dei campi. Il direttore generale calcolava che si trattasse di una vasta area di oltre 2500 miglia quadrate.

La loro rendita sarebbe aumentata in modo considerevole sino a ipotizzare un beneficio per la ricchezza nazionale pari a 24-25 milioni di ducati all'anno, con evidenti ricadute occupazionali che avrebbe riguardato almeno 400.000 famiglie, *ed è ben da notare* -precisava- *che tra noi la classe degli agricoltori è molto più numerosa di tutte le altre classi di operai unite insieme, e per conseguenza è di somma utilità recar ad essa un durevole e progressivo miglioramento* (Afan de Rivera, 1848, p. 33).

Il concorso pubblico-privato nelle grandi opere

Le *grandi imprese* o *opere di pubblica utilità*, come Carlo Afan de Rivera amava parimenti definirle, inglobavano una parte consistente degli interventi strutturali da lui proposti per bacini e per le varie province del Regno. Ma questo punto diventava strategico, una volta di più, per ragionare sulle decisioni pubbliche da adottare a supporto dell'impegno dei privati, per le implicite ragioni occupazionali che avrebbero garantito e per la crescita della ricchezza nazionale. *Queste grandi imprese* -specificava- *si debbono riguardare come complemento e perfezionamento rispetto alle opere ed a' miglioramenti fatti dai privati per giugnere alla soluzione del difficilissimo problema di far perdurare il lavoro alla maggior parte delle numerose classi della popolazione progressivamente cresciuta. In fatti per la costruttura di tali opere non solo prova il beneficio di lavorare un gran numero di operai, ma al tempo stesso si promuove la circolazione del danaro che aumenta il lavoro di altri operai, e si creano nuovi valori che accrescono la ricchezza nazionale. Pel concorso di questi miglioramenti si dà impulso al progresso dell'industria e delle speculazioni, si favoreggiano le arti e i mestieri tutti, ed in generale più agevolmente possono trovar compenso le opere delle mani e dell'ingegno* (Afan de Rivera, 1848, p. 5). Ma de Rivera sosteneva che i vantaggi per le opere realizzate avrebbero dovuto essere proporzionati alle spese impiegate. Riaffiora -ma non avrebbe potuto essere diversamente- il funzionario onesto che sin dalla prima ora dei suoi incarichi tecnici

aveva bacchettato gli speculatori e sovente messo in discussione lo stesso impegno dei privati (Davis, 1979). Nel volgere di un anno drammatico e dopo ripensamenti dettati dall'esperienza egli aveva aperto una linea di credito ai privati, ai capitalisti, parlando esplicitamente di profitto, di speculazioni lecite, ma il tutto sempre condizionato da un controllo pubblico che avrebbe dovuto garantire i necessari controlli. E in mano allo Stato sarebbe dovuta rimanere la responsabilità progettuale e il maggior onere finanziario. In questo senso, egli calcolava che per realizzare o perfezionare bonifiche, canali d'irrigazione, strade rotabili, strade ferrate e porti occorressero 300 milioni di ducati da spendere in 15 anni. Una titanica impresa ed un esborso per lo Stato costante nel tempo per assicurare lo sviluppo e il lavoro, le due stelle polari da contrapporre alle rivoluzioni del '48.

Bibliografia

Afan de Rivera C. 1825. *Delle devastazioni prodotte dalle acque a cagione de' diboscamenti*. Napoli: Reale Tipografia della Guerra.

Afan de Rivera C. 1832-1842. *Considerazioni su i mezzi da restituire il valore proprio a' doni che ha la natura largamente conceduto al Regno delle Due Sicilie*. Napoli: Stamperia del Fibreno.

Afan de Rivera C. 1848. *De' mezzi più efficaci da procacciar lavoro agli operai facendo valere i vantaggi naturali*.Napoli: Reale tipografia della Guerra.

Barsali M. 1961. *Afan de Rivera, Carlo*. In: *Dizionario Biografico degli Italiani*, I, 448. Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana.

Buccaro A. 1988. Carlo Afan de Rivera ingegnere e pubblico amministratore nello Stato borbonico. *Rassegna Aniai*, 4, 50-73.

Buccaro A., De Mattia F. 2003. *Scienziati-artisti. Formazione e ruolo degli ingegneri nelle fonti dell'Archivio di Stato e della Facoltà di Ingegneria di Napoli* (a cura di). Napoli: Electa.

Davis J. 1979. *Società e imprenditori nel regno borbonico (1815-1860)* Roma-Bari: Laterza.

D'Angelo F. 2012. *Scienze e viaggio. Ingegneri e architetti del Regno delle Due Sicilie.* Villasanta: Limina Mentis.

D'Elia C. 1996. *Stato padre, stato demiurgo. I lavori pubblici nel Mezzogiorno 1815-1860*. Bari: Edipuglia.

Di Biasio A. 1993. *Carlo Afan de Rivera e il Corpo di Ponti e Strade*. Latina: Amministrazione Provinciale.

Foscari G. 1994. Prassi amministrativa e attività pubblicistica a tutela del territorio: l'opera di Carlo Afan de Rivera. *Clio*, 2, 223-255.

Foscari G. 1995. *Dall'arte alla professione. L'ingegnere meridionale tra Sette e Ottocento*. Napoli: Esi.

Foscari G. 2001. Le strade del regno di Napoli: le riforme, le istituzioni, il dibattito. *Rivista di Studi Napoleonici*, XXXIX, n.s., 187-209.

Foscari G. 2009. *Teodoro Monticelli e l'*Economia delle acque. *Storiografia, Scienze ambientali, Ecologismo*. Salerno: Edisud.

Manzi E. 1977. I problemi del Mezzogiorno nel pensiero di Carlo Afàn de Rivera. *Rivista Geografica Italiana*, 84, 27-72.

Note

1. Carlo Afan de Rivera nacque a Gaeta nel 1779 e morì a Napoli nel 1852.

Tatiana Loffa, Maria Luce Aroldo

L'opera di Antonio Cipolla: i progetti per le Ferrovie Pontificie e per la sistemazione della città di Roma

Abstract

Antonio Cipolla (Naples 1823 - Rome 1874) studied in Naples at the School of Architecture. In 1845 he won the 'pensionato dell'Accademia di Belle Arti' in Rome where he had the chance to complete his training. Active in many parts of Italy around the Nineteenth Century, he is one of the most interesting figures of those years, particularly careful to the technology sector and the infrastructure theme as well. He was part of the 'Commissione degli Undici' established by General Cadorna in 1870, consisting of Engineers and Architects, who were supposed to study the expansion and embellishment of the new Rome. His eclectic spirit, open to any innovation, led him to an happy collaboration with his committee colleagues.

This paper analyzes, through the study of the drawings kept at the San Luca Academy in Rome, the projects for the construction of many railway buildings for the *Société Général de Chemins de fer*, and for the Pontifical State. It also examines the projects for the urbanization of the new capital, among which are those, drawn up between 1867 and 1872, for the construction of new districts in Prati di Castello and Esquilino and for the accommodation of the area around Termini railway station.

Introduzione[*]

Allievo di Errico Alvino presso l'Accademia di Belle Arti di Napoli, Antonio Cipolla lavora prevalentemente fuori dal contesto napoletano[1].

Il lungo e accorato necrologio scritto da Camillo Boito è infatti una interessante e dettagliata sintesi della vastissima e variegata attività lavorativa svolta dal Cipolla nelle principali città italiane, quali Roma, Firenze, Bologna, dove restano i più interessanti risultati prodotti nell'ambito dell'edilizia pubblica[2].

(...) Antonio Cipolla lascia molti edificii qua e là in Italia, tutti eseguiti con molta cura, studiati in ogni minuzia di particolari. Aveva la coscienza dell'artista vero: era, con poco tempo di godere per sè, liberale, generosissimo sempre; ma per l'arte non ammetteva misure. Viaggi, libri, spese di aiuti, nulla trascurava di ciò che potesse, anche in minima parte, migliorare le sue opere. Aveva la fantasia più gentile che grandiosa, più castigata che feconda; tanto che il suo stile prediletto era il Bramantesco. Nelle grazie del Rinascimento si sentiva lieto. E non ostante

quando gli fu dato a studiare la Facciata per Santa Maria del Fiore, entrò più degli altri moltissimi, i quali avevano già tentato il difficile tema, nello stile della vecchia chiesa di Arnolfo, di Giotto, dell'Orgagna, del Talenti, del Brunelleschi. Nel '64 s'era messo a quel lavoro, affaticando, scriveva, giorno e sera; (...) Sul monumento al Cavour in Torino, per il quale era stato scelto prima il suo bozzetto, egli grida con gioia in una lettera: tutto va a gonfie vele. Poi, scelto definitivamente il Duprè, egli ne soffre, ma con dignità pacata. Vinse nel '66 il concorso per l'edificio della Cassa di Risparmio di Roma: concorso che mi procurerà la tanto da me desiderata occasione di lasciare in Roma un vasto fabbricato; ed ebbe in quel torno l'incarico di dare i disegni per il Palazzo della Banca d'Italia in Firenze. Poi andò a Parigi a ordinare la Mostra italiana nella Esposizione universale, ed ebbe lodi dalla stessa albagia francese. Lascia parecchi progetti; uno, tra gli altri, bellissimo per un teatro a Roma, dove i restauri al Quirinale, le nuove Scuderie del Re ed altre fabbriche lo tenevano in questi ultimi anni molto occupato. Nelle sue fabbriche procurava lavoro ad artisti d'ogni genere, perchè egli aveva la modesta virtù di sentire che l'arte architettonica senza l'aiuto della figura scolpita e della figura dipinta rimane quasi sempre freddamente monotona (...) (Boito, 1874).

Nella generale descrizione dei pregevoli caratteri stilistici e decorativi adottati dal Cipolla, evidente dimostrazione di una spiccata sensibilità artistica, è chiaro che Boito si è soffermato sui progetti e sui monumenti che maggior fama avevano portato all'architetto napoletano. Sono annotati infatti il palazzo della Banca d'Italia a Firenze o l'edificio della Cassa di Risparmio su via del Corso (Pace, 1999; Portoghesi, 2012) , tralasciando invece un cospicuo numero di altri progetti e opere, in particolare gli incarichi ai quali era stato chiamato per la pianificazione di nuove infrastrutture per la città di Roma.

L'analisi del *Fondo Cipolla*, custodito presso la romana Accademia di San Luca[3], mostra infatti, nella vasta produzione grafica dell'architetto, un consistente corpus di disegni inerenti proprio ai progetti per la costruzione delle stazioni ferroviarie dello Stato Pontificio, ma anche per la realizzazione di nuovi quartieri di espansione urbana e nuovi assi viari di collegamento.

L'interesse di Cipolla per il tema delle infrastrutture è del resto frutto dell'epoca in cui si trova ad operare, caratterizzata spesso dalla sovrapposizione dei possibili e differenti ruoli di ingegnere e architetto (Buccaro e De Mattia, 2003; Mangone, 1997), ma anche dal vivace dibattito di un parterre professionale impegnato nella costruzione della città contemporanea.

Progetti per le ferrovie pontificie

Intorno alla metà degli anni quaranta dell'Ottocento, studi autorevoli avevano già sottolineato l'importanza delle "strade di ferro" sia sotto l'aspetto economico che

sotto l'aspetto commerciale, rilevandone anche la loro importanza politica e civile (Barucci, 2004).

All'epoca, la rete ferroviaria italiana aveva ancora una modesta estensione e lo Stato Pontificio era rimasto molto indietro rispetto alla costruzione delle strade ferrate, in quanto il pontefice Gregorio XVI (1831- 1846) aveva definito tale invenzione come diabolica e sconfessava nel suo territorio qualsiasi iniziativa in tal senso. Con la morte del pontefice e con l'elezione di Pio IX nel 1846, lo Stato Pontificio mutò la sua posizione, adottando una nuova politica di rinnovamento e di apertura alle innovazioni tecnologiche portata avanti dal Papa Mastai (Pancoresi, 2005).

La prima proposta di introduzione del trasporto su ferro fu avanzata da un gruppo di privati, mediante l'istituzione nel 1846 della Società Nazionale per le strade ferrate dello Stato Pontificio (De Biase, 1940).

Nel 1851 l'architetto Antonio Cipolla aveva già presentato un *Progetto di una stazione provvisoria*, nelle figg. 1 e 2, controfirmato anche dall'ingegnere capo Carlo Scarabelli, per la realizzazione del terminale ferroviario, che sarebbe dovuto sorgere fuori Porta Maggiore, quindi fuori dalle mura aureliane.[4]

Il prospetto mostra un edificio principale a pianta rettangolare preceduto da un pronao, diviso in ambienti disposti simmetricamente che avrebbero dovuto ospitare rispettivamente la biglietteria e il deposito bagagli. Alle spalle si vede il tetto spiovente delle sale d'aspetto e del locale del capostazione ed in secondo piano il tetto delle officine e delle rimesse.



Fig. 1 – A. Cipolla, Progetto principale di una stazione provvisoria per la via ferrata Piolatina, da costruirsi fuori Porta Maggiore, fra l'acquedotto e la via Prenestina, Prospetto, 1850. "Courtesy Accademia Nazionale di San Luca, Roma" (Collezione dei disegni e mappe).

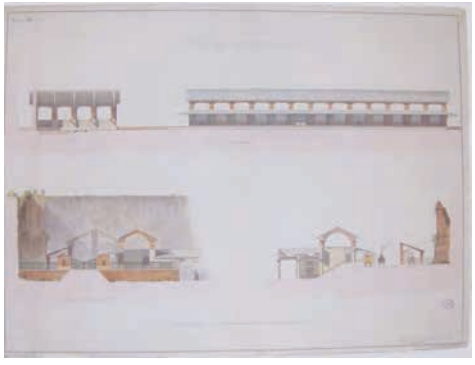


Fig. 2 – A. Cipolla, Progetto principale di una stazione provvisoria per la via ferrata Piolatina, da costruirsi fuori Porta Maggiore, fra l'acquedotto e la via Prenestina, Sezioni, 1850. "Courtesy Accademia Nazionale di San Luca, Roma" (Collezione dei disegni e mappe).

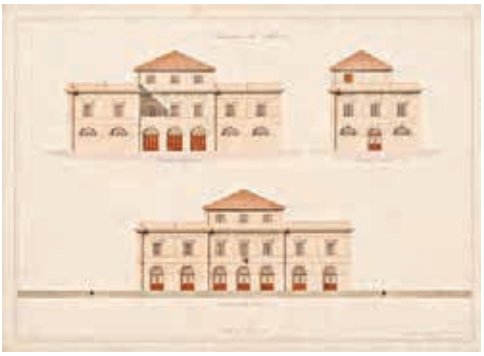


Fig. 3 – A. Cipolla, Progetto per la realizzazione della stazione ferroviaria di Albano. "Courtesy Accademia Nazionale di San Luca, Roma" (Archivio, Fondo Cipolla, disegno n. 3037).

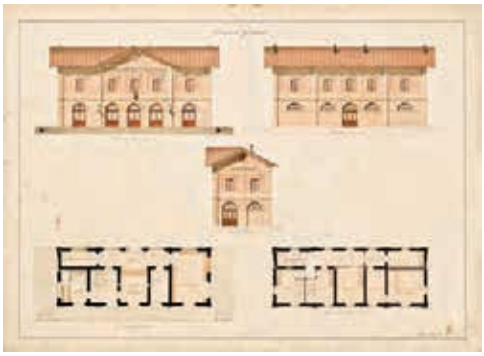


Fig. 4 – A. Cipolla, Progetto per la realizzazione della stazione ferroviaria di Ciampino. "Courtesy Accademia Nazionale di San Luca, Roma" (Archivio, Fondo Cipolla, disegno n. 3044).

La studiosa Antonella Parisi sottolinea l'interessante soluzione adottata dal Cipolla per risolvere la variazione dei livelli stradali tra il piano della via Labicana, oggi via Casilina, e quello dei binari che corrono lungo le mura Aureliane, raccordati da una rampa di scale tra il livello della biglietteria e quello delle sale d'aspetto (Parisi, 2009).

Rilevante è anche l'attenzione e la precisione con la quale l'architetto rappresenta i particolari non solo della cinta aureliana, ma anche del muro di recinzione della stazione, a sottolineare la cura del segno grafico e dei dettagli riportati nella rappresentazione neoclassica dell'edificio.

La linea Roma-Frascati verrà poi realizzata solo nel 1856, poiché i lavori vennero più volte interrotti per via delle vicende politiche che interessarono lo Stato Pontificio in quegli anni (Briano, 1977).

Nel Fondo sono conservati anche numerosi altri progetti di stazioni secondarie, prevalentemente da realizzare nel territorio dello Stato Pontificio e commissionati al Cipolla dalla privata *Société Genéral des Chemins de fer romains*.

Mettendo a confronto i disegni si può notare che per le stazioni minori, ad esempio quelle di Albano, in fig. 3, e Ciampino, in fig. 4, i progetti sono riferiti a un'edilizia molto semplice ma non priva di decoro[5].

Analoghe caratteristiche sono riscontrabili nei progetti[6] per la realizzazione della stazione di Velletri, nelle figg. 5 e 6. Anche in questo caso, come nel *Progetto di una stazione provvisoria*, il problema del dislivello con la strada principale è risolto da un raccordo di scale. Viene, inoltre, inserita una galleria in un corpo di fabbrica di uguale sviluppo longitudinale che secondo Paolo Portoghesi potrebbe rievocare il prospetto del palazzo comunale costruito da Giacomo della Porta nel Cinquecento in quella stessa città (Portoghesi, 2012).



Fig. 5 – A. Cipolla, Progetto per la realizzazione della stazione ferroviaria di Velletri, Prospetto. "Courtesy Accademia Nazionale di San Luca, Roma" (Archivio, Fondo Cipolla, disegno n. 3064).

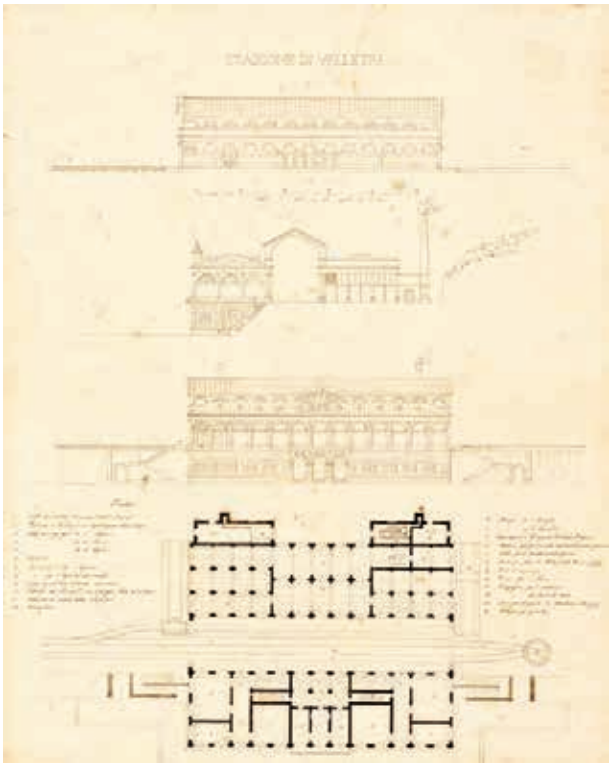


Fig. 6 – A. Cipolla, Progetto per la realizzazione della stazione ferroviaria di Velletri, Sezioni. "Courtesy Accademia Nazionale di San Luca, Roma" (Archivio, Fondo Cipolla, disegno n. 3060).

I Progetti per la città di Roma

Un ruolo di rilievo, l'architetto Cipolla, lo ebbe anche in merito allo sviluppo urbanistico della Città, dopo che questa divenne la capitale del Regno d'Italia.

La situazione urbanistica preunitaria della Roma pontificia era stata caratterizzata da un certo immobilismo dovuto alle scelte politiche e sociali dei vari pontefici (De Cesare, 1907; Della Torre, 1946). La città conservava ancora la suddivisione neroniana in 14 *regiones,* cioè 14 rioni, tutti inseriti all'interno delle antiche mura aureliane. Fino a quel momento a Roma era infatti mancato quell'ammodernamento urbanistico che aveva interessato molte altre città europee quali Parigi, Londra, Vienna, Torino durante i secoli XVII e XVIII (Benevolo, 1992).

Nonostante ciò, dopo l'emanazione *motu proprio* di Pio IX, il 1° ottobre del 1847, con il quale veniva istituito il moderno comune di Roma, numerosi furono i progetti di miglioramento e di innovazione presentati dagli amministratori, molti dei quali però rimasero sulla carta per via degli avvenimenti politici che coinvolsero la città papale (Capogrossi Guarna, 1879).

Tra i progetti già presentati negli anni '60 ve ne sono due del Cipolla[7] che riguardano la definizione della rete stradale dell'Esquilino, studiata in funzione della nuova stazione Termini. Il primo è un progetto per la realizzazione dell'edificio della stazione, mentre il secondo riguarda lo studio per gli accessi alla stazione stessa, come mostrato nelle figg. 7 e 8. Nel secondo si può notare come l'organismo della stazione sia cambiato rispetto al primo progetto, adeguandosi alla necessità di realizzare un nuovo assetto stradale cittadino. I depositi sono spostati sulla sinistra verso il blocco edilizio a forma di "C" e la rete viaria sacrifica l'accesso dalla facciata principale dando maggiore importanza all'accesso laterale. In asse con l'accesso laterale il Cipolla prevede una strada che arriva fino alla chiesa di Santa Prassede e prosegue fino a una nuova piazza nella zona di Colle Oppio.

Queste ipotesi di possibili trasformazioni non furono, però, mai prese in considerazione.

Dopo soli tre giorni dalla breccia di Porta Pia del 20 settembre del 1870, che un significato profondo ebbe non solo per la storia risorgimentale di Roma ma anche per la sua storia urbanistica, la giunta di Governo, presieduta dal generale Cadorna, affrontò, tra gli altri, il problema della sistemazione edilizia della nuova capitale nominando una commissione presieduta dall'architetto Camporesi (Bianchi, 1934; Piacentini e Guidi, 1952).

La commissione, che si sarebbe dovuta occupare di studiare l'ampliamento e l'abbellimento della nuova Roma, era composta da undici membri, tra architetti e ingegneri, tutti romani di nascita o di adozione e tutti consapevoli conoscitori dei problemi urbanistici della città. Tra i tecnici nominati vi fu anche il Cipolla, sia per capacità di mediazione che per le esperienze professionali intraprese tra Roma e Firenze.

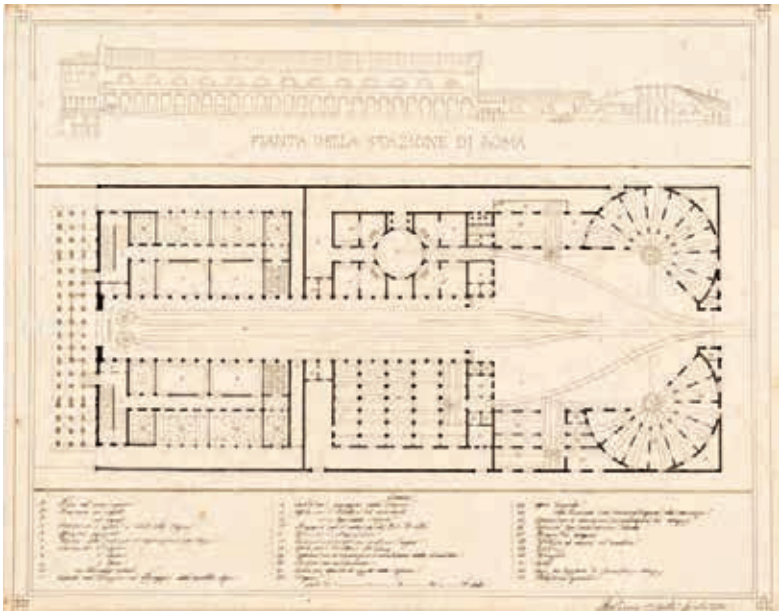


Fig. 7 – A. Cipolla, Progetto per la stazione di Roma, "Courtesy Accademia Nazionale di San Luca, Roma" (Archivio, Fondo Cipolla, disegno n. 3035).

La prima relazione della *commissione degli undici* venne presentata nel giro di un mese alla giunta di Governo; le proposte comprendevano l'ampliamento delle zone della stazione Termini e dell'Esquilino, come quartieri residenziali e commerciali, e di Trastevere e Testaccio come aree per le industrie e per le abitazioni popolari (Spagnesi, 1974).

Si assisté in questo periodo a una larga partecipazione dei professionisti cittadini al dibattito sulla trasformazione di Roma e sulla sua estensione verso est o verso ovest del Tevere. Tutti gli interventi previsti dalla relazione della commissione erano da realizzare a est, mentre a ovest l'insalubrità e le inondazioni del terreno avevano fatto escludere l'ampliamento nella località Prati di Castello.

Un primo progetto relativo alla espansione a ovest della città, commissionato dai proprietari dei terreni esistenti in quella zona, fu presentato dal



Fig. 8 – A. Cipolla, Progetto di sistemazione dell'area intorno alla stazione centrale di Roma. "Courtesy Accademia Nazionale di San Luca, Roma" (Archivio, Fondo Cipolla, disegno n. 3034).

Cipolla nel 1870 ma l'inondazione del Tevere nel dicembre dello stesso anno, vi pose un freno.

Il disegno, conservato all'Archivio Storico Capitolino[8], mostra l'intenzione dell'architetto di creare dei ponti di collegamento fra le due sponde del Tevere e una grande arteria di collegamento tra due piazze importanti della città, Piazza del Popolo e Piazza San Pietro, rispettivi simboli della laicità dello stato e della Cristianità. Il progetto, presentato alla giunta di Governo, fu però subito respinto.

La discussione sui Prati di Castello continuò fino a quando nel giugno del 1872 non fu commissionato al Cipolla un secondo progetto[9], da porre all'attenzione della giunta di Governo, che, dopo una delle prime riunioni lo rinviò. Solo nel 1873, infatti, fu approvato il primo piano regolatore di Roma che comprendeva l'espansione della città a ovest del Tevere (Viviani, 1873; Insolera, 1962).



Fig. 9 – A. Cipolla, Progetto di un nuovo quartiere da costruirsi nei Prati detti di Castello (da Archivio Storico Capitolino, Tit. 54, prot. 76322).



Fig. 10 – A. Cipolla, Secondo progetto per il quartiere Prati. "Courtesy Accademia Nazionale di San Luca, Roma" (Archivio, Cartella AC1 bis stampe, disegno 2).

Mettendo a confronto i due progetti di Cipolla per la zona dei Prati di Castello, in figg. 9 e 10, è interessante rilevare varianti e ripensamenti. Differente infatti appare il grande *boulevard* che avrebbe dovuto collegare Piazza del Popolo con Piazza San Pietro, perno dell'intero progetto.

Mentre nel primo disegno emerge l'intento di riunire visivamente gli obelischi delle due piazze, nel secondo l'architetto opta per un *boulevard* che inizia sull'asse trasversale di Piazza del Popolo e si piega poi due volte in coincidenza di due grandi piazze fino a raggiungere piazza Scossacavalli, da dove, demolendo le case dei borghi, si sarebbe goduta la vista di San Pietro.

Il secondo progetto ripropone il modello del tridente all'altezza di Porta Cavalleggeri raddoppiandolo verso l'esterno, creando un nodo stellare di estrazione parigina. Un viale in mezzo ai giardini sarebbe inoltre servito a collegare l'asse del porto di Ripetta ad una delle piazze del *boulevard*.

*Conclusioni**

I progetti del Cipolla per la realizzazione delle stazioni ferroviarie non furono mai eseguiti, infatti spesso per motivi economici venivano utilizzati edifici preesistenti o comunque fabbricati estremamente lineari e di carattere provvisorio.

Stessa sorte toccò ai progetti per la sistemazione urbana di Roma. Sebbene molto apprezzati, non furono mai realizzati, sia a causa delle vicende storiche della capitale, che per la prematura morte dell'architetto.

I progetti risultano comunque molto interessanti non solo per le soluzioni proposte, ma anche perché riflettono lo spirito dell'epoca e il fervore legato alle nuove scoperte scientifiche e industriali, che incidevano, in tutta Europa, nel processo di costruzione della città.

Bibliografia

Alvino E., Dalbono C. 1875. *Sulla spoglia mortale di Antonio Cipolla trasportata di Roma a Napoli il dì 11 gennaio 1875*. Napoli: Stamperia della R. Università.

Barucci C. 2004. Architettura ferroviaria romana tra Stato pontificio e Stato unitario. In: Godoli E., Cozzi M., *Architettura ferroviaria in Italia. L'Ottocento*. Palermo: Dario Flaccovio.

Benevolo L. 1992. *Roma dal 1870 al 1990.* Roma: Editori Laterza.

Bianchi A. 1934. *Le vicende e le realizzazioni del piano regolatore di Roma Capitale*. Roma: Istituto romano di arti grafiche di Tumminelli & c.

Boito C. 1874. Rassegna artistica. Due architetti milanesi morti, e il Cipolla. Nuova Antologia, XXVI.

Briano I. 1977. *Storia delle ferrovie in Italia.* Milano: Cavallotti.

Buccaro A., De Mattia F. (a cura di) 2003. *Scienziati artisti: formazione e ruolo degli ingegneri nelle fonti dell'Archivio di Stato e della Facoltà di ingegneria di Napoli.* Napoli: Electa Napoli.

Capogrossi Guarna B. 1879. I Prati di Castel Sant'Angelo in Roma. Il Buonarroti, agosto, XIII.

De Biase C. 1940. *Il problema delle ferrovie nel Risorgimento italiano*. Modena: Società tipografica modenese.

De Cesare R. 1907. *Roma e Stato del Papa, dal ritorno di Pio IX al 20 settembre*. Roma: Forzani e C. Tipografi-Editori.

Della Torre P. 1946. *L' opera riformatrice di Pio IX tra il 1850 e il 1870.* Roma: Editrice A. V.E.

Donghi D. 1900. *Notizie biografiche di Architetti antichi e moderni*. Torino: Tip. e Lit. Camilla e Bertolero.

Gasparoni F. 1853. Antonio Cipolla. La Civiltà Cattolica, IV.

Insolera I. 1962. *Roma moderna, un secolo di storia urbanistica*. Torino: Einaudi.

Magni B. 1875. *Prose d'arte*. Roma: Tipografia Barbera.

Mangone F. 1997. Il pensionato napoletano di architettura (1813-1875). In: *Civiltà dell'Ottocento: architettura e urbanistica* (a cura di Alisio G.C.), II. Napoli: Electa Napoli.

Miano G. 1981. Cipolla Antonio. In: *Dizionario biografico degli italiani*, XXV. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana.

Pace S. 1999. *Un Eclettismo conveniente: L'architettura delle Banche in Europa e in Italia, 1788- 1925*. Milano: F. Angeli.

Panconesi M. 2005. *Le ferrovie di Pio IX, nascita, sviluppo e tramonto delle strade ferrate dello Stato Pontificio (1846-1870).* Cortona: Calosci.

Parisi A. 2009. Fuori Porta Maggiore, mura aureliane. Progetti della stazione ferroviaria per la linea Roma-Frascati. In: *I colori dell'Archeologia, la documentazione archeologica prima della fotografia a colori (1703-1948)* (a cura di Attilia L., Filippi F.), mostra tenuta a Roma nel 2009-2010. Roma: Quasar.

Piacentini M., Guidi F. 1952. *Le vicende edilizie di Roma dal 1870 ad oggi. Roma:* Palombi.

Portoghesi P. 2012. *Antonio Cipolla, architetto del Risorgimento*. Roma: Gangemi.

Spagnesi G. 1974. L'Esquilino. Il primo quartiere di Roma capitale. In: Girardi F., Spagnesi G. Gorio F, *L'Esquilino e la Piazza Vittorio. Una struttura urbana dell'Ottocento*. Roma: Editalia.

Viviani A. 1873. *Relazione intorno al piano regolatore della città di Roma*. Roma: L. Cecchini.

Acronimi

AASL: Archivio Storico dell'Accademia di San Luca

Note

* Sebbene frutto di un lavoro comune, nella presente stesura il paragrafo "Introduzione" è attribuibile a Maria Luce Aroldo, il paragrafo "Conclusioni" a Tatiana Loffa. I rimanenti paragrafi a entrambe.

1. Per il profilo biografico e il regesto delle opere si veda: Gasparoni (1853); Donghi (1900); Miano G. (1981); Portoghesi (2012); Tatiana Loffa, Antonio Cipolla (1824-1874) *Opere e progetti in Italia di un architetto eclettico napoletano*, tesi di laurea specialistica in Storia dell'Architettura Contemporanea, a.a. 2012/2013, Relatore: prof. Pasquale Rossi, Correlatore: prof. Eugenio Capozzi, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa, Napoli.
2. Si vedano altri necrologi in Nuova Illustrazione Universale (1874, p. 77), in Alvino, Dalbono (1875), e in Magni (1875, pp. 163-164). Cfr. Portoghesi (2012, pp. 186-189).
3. Roma, Archivio Storico dell'Accademia di San Luca, Fondo Cipolla.
4. Roma, AASL (1850), Collezione dei disegni e mappe, A. Cipolla, Progetto principale di una stazione provvisoria per la via ferrata Piolatina, da costruirsi fuori Porta Maggiore, fra l'acquedotto e la via Prenestina, Prospetto e Sezione.
5. Roma, AASL, Fondo Cipolla, disegni n. 3037 e n. 3044.
6. Roma, AASL, Fondo Cipolla, disegni n. 3064 e n. 3060.
7. Roma, AASL, Fondo Cipolla, disegni n. 3034 e n. 3035. L'ultimo fa parte dei disegni realizzati tra il 1851 e il 1856 ca., inerenti ai progetti per alcune stazioni ferroviarie da realizzare nello Sato pontificio. Il progetto fu molto criticato per la scarsa funzionalità e non fu mai preso in considerazione per la realizzazione della nuova stazione romana.
8. Roma, Archivio Storico Capitolino, Titolo 54, prot. 76322.
9. Roma, AASL, Fondo Cipolla, Cartella AC1 bis stampe, disegno 2.

Federica Scibilia

L'attività dell'ingegnere Achille Viola in Sicilia tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento

Abstract

The essay intends to investigate the figure of the Sicilian engineer Achille Viola, originally from Castronovo (Palermo), but operating mainly in Palermo and in some centers of the western area of the island between the end of the nineteenth century and the first decades of the twentieth century.

Although this figure has often been ignored by architectural studies in Sicily between the late nineteenth and early twentieth centuries, the research carried out on the project production and the examination of his architectures reveals the profile of one of the most active professionals in Sicily at the time, which is part of a transitional phase of architecture, permeated by the culture of the neostyles.

Viola's linguistic references are to be found in many models, mainly taken from the Middle Ages, not only from Sicily. Among his best known projects can be mentioned Whitaker palace in Palermo (now the Prefecture), the Mother Church of San Giuseppe Jato, the Mother Church of San Cipirrello and the Mother Church of Favara, as well as numerous private residences, mainly concentrated in Palermo.

Furthermore, his technical expertise prompted the Municipality of Palermo to call the engineer Viola to settle controversial issues such as those linked to the main Sicilian construction site of the second half of the nineteenth century, the Massimo theater.

The contribution intends to outline the figure of this engineer, inserting him into the contemporary cultural context of the time, using a copious archival documentation, almost completely unpublished, consisting of the engineer's private archive (currently preserved by the heirs), including drawings, photographs and some written memories, integrating it with the available bibliographic sources.

Introduzione

Questo studio intende delineare la figura dell'ingegnere Achille Viola Rosso de Capriata (1850-1924), operante in Sicilia in un periodo compreso tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento, del quale si conserva parte dell'archivio privato, custodito dagli eredi. L'archivio, sebbene lacunoso, si compone di elaborati progettuali originali, di fotografie storiche che rappresentano opere a lavori conclusi. A ciò si

aggiunge un limitato numero di documenti contenenti informazioni relative alle architetture progettate, in particolare, due memorie prodotte nel 1901 (Viola, 1901) e nel 1913 (Viola, 1913), in occasione rispettivamente del concorso a ingegnere capo presso l'Ufficio tecnico del Comune di Palermo e della partecipazione all'Esposizione universale di Gand in Belgio (sezione Architettura), il cui poster è riportato in fig. 1. Il primo di questi documenti costituisce una preziosa testimonianza, in quanto delinea un quadro completo del percorso professionale fino ad allora svolto da Viola, descrivendo le architetture da questi progettate e soffermandosi con maggiore attenzione sulla complessa vicenda relativa alla costruzione del teatro Massimo di Palermo, opera dell'architetto Giovan Battista Filippo Basile, per la quale Viola viene chiamato dal Comune come tecnico di parte al fine di dirimere una serie di complesse controversie di natura amministrativa sorte in fase esecutiva.



Fig. 1 – Poster dell'Esposizione Universale di Gand del 1913.

Il lavoro di ricerca fin qui condotto, ancora in itinere, ha consentito di ricostruire la maggior parte dell'attività professionale di Achille Viola, un progettista quasi del tutto ignorato dalla storiografia dell'architettura siciliana di età contemporanea[1], se si esclude la breve scheda biografica redatta da Bruno De Marco Spata all'interno del primo volume del *Dizionario degli artisti siciliani* di Luigi Sarullo, dedicato all'architettura(De Marco Spata, 1993) che, rifacendosi a sua volta al volume di Giovanni Lentini su Favara, in provincia diAgrigento (Lentini, 1965), cita unicamente i progetti realizzati in questo centro relativi alla nuova chiesa Madre, al campanile della chiesa del Convento, all'altare maggiore della chiesa del Collegio di Maria e alla chiesa e al convento di San Francesco, e l'indicazione del suo ruolo di progettista del cimitero di San Giuseppe Jato (1880) contenuta nel volume di Antonietta Jolanda Lima sull'architettura dell'Ottocento in Sicilia (Lima, 1995).

L'iter professionale e le relazioni con il contesto architettonico coevo

Achille Viola, figlio di Pietro, notaio, nacque il 24 febbraio 1850 a Castronovo, centro in provincia di Palermo. Conseguì la laurea presso la Scuola di Applicazione per Ingegneri e Architetti della Regia Università degli Studi di Palermo il 14 luglio 1876, come attestato dal suo diploma di laurea.

La sua attività professionale, principalmente concentrata a Palermo e in alcuni centri della sua provincia, è caratterizzata dalla presenza sia di commesse di opere pubbliche per conto del Comune di Palermo che di numerose opere su committenza privata, progettate su incarico di enti religiosi edi prestigiosi esponenti della società locale.

Il suo linguaggio risente fortemente di quella cultura eclettica che permea la coeva produzione architettonica europea, già presente a Palermo tra la fine del Settecento e l'inizio dell'Ottocento con opere emblematiche,quali ad esempio la neo-cinese palazzina dei Colli di Giuseppe Venanzio Marvuglia (Giuffré, 2008). Viola si avvale nei suoi progetti di elementi tratti da repertori formali eterogenei, oscillando con disinvoltura dal romanico al gotico fino al rinascimento. Emerge tra tutti un interesse specifico verso un linguaggio neomedievale nelle sue diverse declinazioni, dal tardogotico veneziano al locale neo normanno, il cui mito rimane sempre vivo nella cultura architettonica siciliana, come dimostrano rispettivamente opere come villa Whitaker in via Cavour e il complesso dei tre chioschi realizzati a villa Sperlinga, entrambe a Palermo e da ricondurre alla medesima committenza di JoshuaWhitaker,italianizzato in Giosuè. Quest'ultimo fu senza dubbio il committente più prestigioso di Viola, esponente di uno dei tre rami della famiglia Whitaker che, insieme a quella dei Florio, rappresentava una dinastia di origine inglese tra le più intraprendenti dal punto di vista imprenditoriale in Sicilia, continuatrice delle attività produttive di uno dei pionieri dell'industria enologica nell'isola, Benjamin Ingham[2].

La prima notizia riguardante l'attività professionale di Viola, come si apprende dalla citata domanda redatta in occasione del concorso a ingegnere capo dell'Ufficio tecnico del Municipio di Palermo, risale già al 1875 quando, ancora studente, venne chiamato dall'allora sindaco della città, Emanuele Notarbartolo, grazie all'interessamento del rettore dell'Università, il senatore Giorgio Gemellaro, e del direttore della Scuola di applicazione per Ingegnere e Architetti, il professore Giuseppe Albeggiani, ad assistere Giuseppe Damiani Almeyda[3] nella costruzione del tetto in ferro del Politeama, il grande teatro diurno cittadino. Con Damiani Almeyda, allora ingegnere capo della municipalità, collaborò anche per la sistemazione di alcune strade e facciate di edifici comunali, tra cui il fabbricato scolastico SS. Salvatore.

Viola si inserisce anche nella complessa vicenda dell'altro grande cantiere che domina il panorama architettonico palermitano della seconda metà dell'Ottocento, quello del teatro Massimo, progettato da Giovan Battista Filippo Basile, risultato vincitore di un concorso internazionale bandito nel 1864 dall'Amministrazione municipale. Nel marzo 1876 questi venne infatti incaricato dal Comune di Palermo di eseguire i rilievi e le misurazioni del grande edificio teatrale, allora in costruzione, nell'ambito delle controversie insorte tra l'Amministrazione e l'impresa di Giovanni Rutelli e Alberto Machì, appaltatrice dei lavori, dovute principalmente a un consistente aumento dei prezzi che aveva portato, tra l'altro, alla temporanea sospensione dello stesso Basile dal ruolo di direttore dei lavori.

Nel 1881 Viola redasse il progetto di un'architettura effimera per l'ingresso della stazione ferroviaria di Palermo per onorare la partenza dalla capitale dell'isola, il12 gennaio 1881, dei sovrani d'Italia, Umberto I e Margherita di Savoia, la cui costruzione venne finanziata dal Comune. Il progetto gli valse diversi apprezzamenti e per volontà della Società degli Architetti fiorentini fu pubblicato nella rivista *Ricordi di Architettura*[4]. Il progetto, ispirato a un gusto neorinascimentale, prevedeva un portico caratterizzato da tre arcate a tutto sesto su colonne binate innalzate su alti piedistalli inframmezzati da balaustre, che riecheggiava la tipologia dell'arco trionfale all'antica, come sottolineato anche dalla presenza di tondi contenenti busti e da un attico decorato con trofei e armature.

Durante l'epidemia di colera del 1885 Viola fu chiamato dall'ingegnere capo del Comune di Palermo, Francesco Enrico De Simone, a far parte di un apposita commissione preposta alla valutazione del Piano regolatore e di risanamento della città redatto dall'ingegnere Felice Giarrusso nel 1885, basato, come è noto, sul concetto di sventramento del tessuto storico cittadino (La Duca,1981; Leone e Sessa,1999; Marsala,1999). Le critiche riservate da Viola al piano gli valsero l'esonero dall'incarico e l'assegnazione a un diverso ufficio comunale, la sezione fabbricati, dove lavorò dal 1887 al 1898. In qualità di tecnico del Comune di Palermo diresse i lavori relativi alla costruzione del Lazzaretto alla Guadagna (1887-1890), all'ampliamento del Macello comunale (1894) e a diversi restauri e ampliamenti di edifici di proprietà comunale.

Per la committenza privata progettò e diresse i lavori della chiesa Madre di San Cipirrello(1875-1901) e di quelladi San Giuseppe Jato, centro per il quale progettò anche il nuovo cimitero (1880), e diresse i lavori relativi ad alcune infrastrutture cittadine. Nello stesso centro si occupò, inoltre, della progettazione di una cappella dedicata a Maria SS. Immacolata, in costruzione nel 1913 come si apprende dalla citata memoria presentata in occasione dell'Esposizione Universale di Gand, di cui rimane testimonianza in un acquerello inserito all'interno delle tavole grafiche redatte per l'occasionee qui riportato in fig. 2.



Fig. 2 – Achille Viola, cappella dedicata a Maria SS. Immacolata nel cimitero di San Giuseppe Jato (Palermo), disegno di progetto (Archivio Achille Viola).

Sempre sul fronte dell'architettura ecclesiastica di particolare rilievo fu l'incarico relativo alla chiesa Madre di Favara, in fig. 3, in provincia di Agrigento, la cui costruzione venne iniziata nel gennaio 1892 e compiuta nel luglio 1898 con qualche variante rispetto al progetto iniziale, dovuta essenzialmente a motivazioni di natura economica che portarono a una semplificazione dei repertori decorativi, soprattutto in relazione alla definizione della facciata principale, come si evince dal raffronto tra il disegno di progetto e il prospetto realizzato. La grandiosa costruzione a pianta basilicale, qualificata da una maestosa cupola in mattoni posta all'incrocio tra navata centrale e transetto, presenta un linguaggio eclettico i cui modelli sono individuati dallo stesso progettista. Viola, infatti, afferma che *lo stile interno della chiesa è quello lombardesco tra il XIV e XV secolo* (Viola,1901) e, in particolare, rileva come i pennacchi della cupola ricordino quelli della Certosa di Pavia e della chiesa di San Vitale a Ravenna. La struttura a doppia calotta della cupola in mattoni, impostata su un tamburo ottagonale, fa riferimento invece alla cupola del Duomo fiorentino di Filippo Brunelleschi.



Fig. 3 – Favara, chiesa madre, foto d'epoca (Archivio Achille Viola).

A Favara, inoltre, si occupò dei lavori di riconfigurazione del convento di Sant'Antonio, compresi quelli di costruzione della nuova chiesae del campanile, che furono conclusi nel 1892 (Viola, 1901), della progettazione dell'altare maggiore della chiesa del Collegio di Maria e della chiesa e del convento di San Francesco (Lentini, 1965).

Nell'ambito dell'architettura civile la sua opera più nota è certamente villa Whitaker, in fig. 4, in via Cavour a Palermo, oggi sede della Prefettura, progettata nel 1988 in collaborazione con l'architetto inglese Henry Christian,al quale viene tradizionalmente attribuitadalla storiografia,per JoshuaWhitaker e la moglie Euphrosyne Manuel, i cui lavori furono eseguiti tra il 1889 e il 1891. La fabbrica si ispira chiaramente, tanto nella definizione dei prospetti quanto nell'articolazione degli interni, a un insolito linguaggio tardogotico di derivazione veneziana, come dichiarato dallo stesso progettista che indicava i modelli nei veneziani palazzo Ducale, Cà d'Oro, palazzo Bernardo e palazzo Foscari. Una scelta di linguaggio certo originale, che nello



Fig. 4 – Palermo, villa Whitaker, foto d'epoca (Archivio Achille Viola).

specifico poteva contare soltanto pochi precedenti significativi, tra i quali ad esempio quello del palazzo Branciforte-Wilding-Florio, poi Maniscalco Basile (1845) nella borgata dell'Olivuzza di Rosario Torregrossa, ma che in generale si inseriva in un più ampio filone medievista che era divenuto uno dei riferimenti privilegiati per la progettazione delle dimore signorili della colta committenza locale, come dimostrato da opere emblematiche quali ad esempio la fabbrica cosiddetta Torre dei Quattro Pizzi (1844) nel complesso della casa Florio nella contrada dell'Arenella a Palermo di Carlo Giachery commissionata da Vincenzo Florio[5].

A Palermo, inoltre, Viola diresse i lavori relativi a palazzo Saeli (1885), a palazzo Sant'Elisabetta e a casa Fazio (1891).

Per conto di JoshuaWhitaker progettò anche una casa in via Carella per il prete inglesedella chiesa anglicanaHoly Cross, sacrario della famiglia Whitaker, e un ponte e i chioschi a villa Sperlinga, in fig. 5, un parco di svago dotato di foresterie e attrezzature sportive, ubicato nella tenuta Oneto di Sperlinga in quella che allora era la periferia nord della città, progettato da Emilio Kunzmann, artefice e curatore del gruppo di giardini promossi dagli esponenti dei Whitaker. I chioschi definiti dallo stesso Viola *di stile puramente arabo* (Viola, 1913), erano deliberatamente ispirati ad alcune tra le più celebri architetture civili di epoca normanna, quali soprattutto la cosiddetta Cubula esistente nel giardino della Cuba soprana di Palermo, partecipando in pieno a quel



Fig. 5 – Palermo, chioschi a villa Sperlinga, foto d'epoca (Archivio Achille Viola).

clima revivalistico di stilemi siculo-normanni, che vedrà nel padiglione di ingresso dell'Esposizione Nazionale di Palermo del 1891 di Ernesto Basile una delle espressioni più significative. Nello stesso complesso di villa Sperlinga Viola progettò anche la casa per il giardiniere da questi definita *in stile svizzero* (Viola, 1901).

Interessante risulta anche il progetto della propria casa-studio in via Cappuccini a Palermo, progettata tra la fine dell'Ottocento e i primi anni del Novecento, di cui rimane testimonianza nelle fotografie di alcuni interni. I modelli di riferimento sono esplicitamente indicati dallo stesso Viola, il quale afferma come si tratti di *architettura arco-acuto nettamente araba importata dai Califfi in Sicilia* (Viola, 1913), indicando la cappella Palatina di Palermo come una significativa testimonianza.

Dalle notizie riportate dall'ingegnere si apprende che a Palermo si occupò anche della riconfigurazione del palazzo Santa Flavia, ubicato tra via Maqueda e via del Bosco, di proprietà del duca di San Michele.

A Viola è altresì da ascrivere la progettazione del villino Ugo a Romagnolo, una delle borgate sud di Palermo, e della cappella gentilizia per il marchese Ugo delle Favare nel cimitero dei Cappuccini, eseguita dallo scultore Vincenzo La Parola, dove progettò anche la cappella gentilizia del marchese Costantino.

A Montemaggiore Belsito, in provincia di Palermo, Viola lavorò sia per conto del Comune, per il quale si occupò della redazione di un progetto di un edificio scolastico e del tracciamento della via Re Galantuomo, sia per la committenza privata. Qui, infatti, redasse il progetto di un palazzo per il barone Domenico Pace, che tuttavia non fu eseguito, di un monumento al canonico Militello e di palazzo Saeli. Per conto della stessa municipalità, inoltre, assunse ulteriori incarichi professionali, come quelli relativi al collaudo delle nuove fognature, del cimitero e della casa comunale.

Nel 1913 partecipò all'Esposizione universale di Gand in Belgio sezione Architettura, per la quale, come accennato, presentò una breve memoria accompagnata da diciannove fotografie delle principali opere da lui progettate, tra cui il citato disegno di progetto relativo alla cappella di Maria SS. Immacolata di San Giuseppe Jato e un grafico di studio relativo a un capitello corinzio di un monumento funerario.

Morì il 2 settembre 1924.

Conclusioni

La ricerca fin qui condotta, pur consentendo di ricostruire quasi integralmente l'attività professionale di Achille Viola, pone alcuni interrogativi. In primo luogo non è nota la sua attività professionale successiva al 1913, che costituisce il limite temporale della documentazione di cui attualmente si è in possesso. Inoltre alcuni progetti e opere necessitano sicuramente di ulteriori approfondimenti. L'indagine su questo professionista potrà essere, infatti, ulteriormente arricchita dalla consultazione e dallo studio di altri fondi documentari conservati in altri archivi, sia privati, quali quelli conservati presso la Fondazione Giuseppe Whitaker, che, soprattutto, pubblici, quali l'Archivio Storico del Comune di Palermo, quelli dei Comuni nei quali Viola operò, nonché i rispettivi Archivi di Stato.

Questo saggio, pertanto, non ha la pretesa di essere esaustivo e costituisce un primo contributo sulla figura e l'opera dell'ingegnere Viola, inserendolo nel coevo panorama architettonico siciliano e offrendo una collocazione a un professionista, considerato minore, ma che ha partecipato attivamente con alcuni significativi progetti a definire il volto di Palermo e di alcuni centri minori della Sicilia.

Ringraziamenti

Si ringrazia la famiglia Romano per avere permesso la consultazione dell'archivio.

Bibliografia

Barbera P. 2008. *Giuseppe Damiani Almeyda artista architetto ingegnere*. Palermo: Pielle.

Calandra E. 1938. *Breve storia dell'architettura in Sicilia*. Bari: Laterza.

Caracciolo E. 1956. L'architettura dell'Ottocento in Sicilia, *Atti del VII Convegno di Storia dell'Architettura* (a cura del Comitato presso la Soprintendenza ai monumenti), Palermo, 199-212.

De Marco Spata B. 1993. Viola Achille. In: *Dizionario degli artisti siciliani. Architettura* (a cura di Sarullo L.). Palermo: Novecento.
Di Benedetto G. 2011. *Carlo Giachery 1812-1865: un architetto "borghese" a Palermo tra didattica, istituzioni e professione*. Palermo: Flaccovio.
Giuffrè M. 2005. Palermo e la Sicilia. In: *Storia dell'Architettura italiana. L'Ottocento* (a cura di Restucci A.), I, 334-365. Milano: Electa.
Giuffrè M. 2008. Damiani: un protagonista? In: *Giuseppe Damiani Almeyda artista architetto ingegnere* (a cura di Barbera P.). Palermo: Pielle, 11-13.
La Duca R. 1981. Vicende urbanistiche di Palermo dal 1778 al 1950. In: *Storia della Sicilia* (a cura di Romeo R.), X, 119-146. Napoli: Soc. ed. Storia di Napoli e della Sicilia.
Lentini G. 1965. *Favara. Dalle origini ai nostri giorni*. Agrigento: Tipografia E. Gallo.
Leone N. G. , Sessa E. 1999. Architettura e urbanistica tra Ottocento e Novecento. In: *Storia della Sicilia. Arti figurative e architettura in Sicilia*, 2 (a cura di Ganci M. , Tedesco N.), X, 399-475. Roma: Editalia.
Lima A. J. 1995. Storia dell'architettura Sicilia Ottocento. Palermo: Dario Flaccovio.
Marsala M. T. 1999. "La perfezione topografica" del piano regolatore di risanamento ed ampliamento della città di Palermo, redatto dall'ingegnere Felice Giarrusso 1885–1894. In: *Storia dell'urbanistica: I piani regolatori* (a cura di Guidoni E.), 71-111. Roma: Kappa.
Ricordi di Architettura, 1881. Firenze, s. I, vol. 4, fasc. I.
Sessa E. , Mauro E. 2008. *I luoghi dei Whitaker*. Palermo: Salvare Palermo.
Viola A. 1901. *Municipio di Palermo, concorso ad ingegnere capo dell'Ufficio tecnico*. Domanda dello ingegnere Achille Viola. Palermo: Tipografia G. Bondì e C.
Viola A. 1913. *Esposizione internazionale ed universale di Gand, sezione Architettura, opere eseguite*. Dattiloscritto conservato presso l'archivio Achille Viola.

Note

1. Escludendo i numerosi contributi su temi monografici relativi a singoli progettisti e opere architettoniche, per una rapida sintesi sull'architettura in Sicilia nel periodo a cavallo tra Ottocento e Novecento i principali contributi sono rappresentati da: Caracciolo (1956); Calandra (1938); Leone, Sessa (1999); Lima (1995); Giuffrè (2005).
2. Sulla famiglia Whitaker e sul ruolo di committenti si veda Sessa, Mauro (2008), al quale si rimanda per ulteriore bibliografia su questo tema.
3. Su Giuseppe Damiani Almeyda il contributo più completo è costituito da Barbera (2008), al quale si rimanda per una bibliografia più completa sulla figura di questo professionista.
4. Ricordi di Architettura, Firenze, 1881, s. I, vol. 4, fasc. I.
5. Su Carlo Giachery si rimanda a Di Benedetto (2011).

Rossella Melone

Giovanni Narici e l'esordio del Sistema Hennebique a Napoli

Abstract

In Italy, the Hennebique System opens a new chapter in the history of engineering and building materials. Less well-known is that since 1892, the first traces of the new constructive method in reinforced concrete, of French matrix, are found in Naples. In fact, before engineer Porcheddu in Turin and engineer Muggia in Bologna, the technical study of Naples, represented by engineer Giovanni Narici, is chosen as the only concession holder of the Hennebique patent in Italy. At the beginning of a first experimental phase, a brilliant idea by Giovanni Narici on the beam's iron bending leads to the recording of a second patent by Hennebique in 1897. Therefore a remarkable progress is made for the system's structural strength and continuity. The type of training acquired by the Neapolitan engineer, the role played by the rigid hierarchy established by Hennebique and the relationships that link him to the other subjects involved, are key elements for understanding this particular historical moment that opens new technological scenarios for the Italian architecture, and not only.

From the comparison with numerous and largely unexplored sources (the Hennebique fund in Paris and the Porcheddu archive in Turin) it was possible to identify the first examples of application of the Hennebique System in Italy. The "Borsa" palace and the National Museum of Naples, Bellia palace in Turin, keep some of the structural elements built by the general agent and concessionaire Giovanni Narici.

The contribution aims to highlight that phase that marks the beginning of the reinforced concrete in Italy, focusing on the role taken by the Neapolitan study for its rapid assertion.

Nuovi scenari

Il primo brevetto Hennebique rilasciato in Italia, a Roma, risale al 18 Agosto 1892, soltanto dieci giorni dopo la sua presentazione in Francia (Iori, 2011). Nello stesso anno lo studio tecnico di Napoli, rappresentato dall'ingegner Giovanni Narici, viene scelto come unico concessionario del brevetto Hennebique per tutto il territorio nazionale, prima ancora che l'ingegnere Porcheddu diventasse agente generale per l'Alta Italia nel 1896, così come l'ingegnere Muggia per l'Emilia Romagna[1]. L'Italia partecipa con un certo ritardo alla fase sperimentale che ha visto in altri Paesi un fermento maggiore, tuttavia si pone tra i Paesi guida nello sviluppo e nell'affermazione del

brevetto Hennebique. In più occasioni è stato ribadito come l'avvento dell'impiego del cemento armato abbia coinciso con l'espansione del settore industriale (Nelva e Signorelli, 1990) e Napoli e il suo hinterland sul finire dell'Ottocento presentavano un crescente aumento delle realtà industriali, dai cotonifici del salernitano, alle cartiere del basso Lazio. Parallelamente al fenomeno industriale, la città viveva in quel periodo un vivace momento di trasformazione, dal piano di bonifica dei quartieri bassi, alla nascita del quartiere Vomero, alla presenza del porto come crocevia di scambio per materiali d'importazione. Condizioni queste che possono aver favorito l'introduzione di questa tecnica nei cantieri locali così come possono aver contribuito alla formazione e all'affinamento delle competenze professionali necessarie alla sua applicazione.

È inevitabile che in un primo momento l'introduzione di questa nuova tecnica si scontrasse con le conoscenze secolari accumulate dalle maestranze locali, conservatrici di una tradizione costruttiva radicata nel territorio, strettamente legata alle risorse che esso era in grado di offrire. Il sottosuolo campano disponeva infatti di ricchi depositi vulcanici dalle eccellenti qualità meccaniche e fisiche, (Amore, 2008) come tufo, piperno, pozzolane, pietrarsa, lapillo.

Anche se l'avvicinamento e la consapevolezza nell'utilizzo del nuovo materiale dovranno attraversare un processo lento e graduale, la "visione" di Hennebique rivoluzionerà il mondo della costruzione e Napoli può essere considerata, a pieno titolo, luogo d'esordio di questo cambiamento.

Una personalità poco nota: l'ingegnere Giovanni Narici

Protagonista dell'esordio del brevetto Hennebique in area partenopea è l'ingegner Giovanni Narici, il cui ritratto è in fig.1. Nato all'Aquila ma vissuto a Napoli, aveva una personalità modesta, operosa e intelligen-

Fin dall'adolescenza aveva mostrato uno spiccariguardanti la meccanica. Dopo il liceo V. Emaprimo anno di "Matematiche all'Università di NaTra gli insegnamenti della facoltà di *Scienze Madi applicazione per Ingegneri in Napoli* c'era anche *Meccanica applicata alle macchine*. A questi si ag*Costruzioni Civili ed Architettura* (Russo, 1970). Si ma universitario che abbracciava discipline afferense di Narici per la meccanica era nato quindi tra i di Napoli ma è a Zurigo che avrebbe approfondito meccanica, concludendo brillantemente gli studi (Schweizerische Bauzeitung, 1881).

Intorno al 1886 aveva iniziato la sua attività professionale in qualità di ingegnere presso le neonate Società metalmeccaniche campane, quella dei Tram



Fig. 1 – Giovanni Narici, ritratto d'epoca, data n. i. Dall'archivio privato Narici.

ad Aversa e la "HawthornGuppy", considerata polo navalmeccanico di tutta l'Italia meridionale (Formicola, 2015). Presso l'HawthornGuppy svolgerà una stimata attività di ingegnere, contribuendo alla realizzazione di motori navali d'avanguardia, le cosiddette "macchine della Lombardia, della Sardegna" (Polytechnicus, 1886) produzione di cui l'azienda era specializzata.

La conoscenza tra Giovanni Narici e François Hennebique

Nel 1892 Giovanni Narici era stato scelto come primo rappresentante del sistema Hennebique in Italia. Villa Belvedere, al Vomero, è la sede ufficiale dove avrebbe elaborato le prime applicazioni Hennebique[3]. I progetti riguardavano porzioni limitate di edifici, per lo più solai, ma la portata conoscitiva e sperimentale è di assoluto rilievo, poiché rappresentano le prime tappe che fondano le basi dell'affermazione di questa tecnica in un numero di realizzazioni sempre maggiore.

Non è possibile stabilire con certezza se i rapporti professionali tra Narici ed Hennebique siano stati fondati su una conoscenza diretta. Nelle loro biografie emerge per contro una serie di esperienze che possono averli avvicinati in modo indiretto. Oltre all'ampia e intensa attività di propaganda avviata da Hennebique nel 1892, a un giovane ingegnere come Narici dovevano essere note le lettere di selezione e le brochure esplicative attraverso le quali l'imprenditore francese esortava i più brillanti tecnici ed ingegneri del periodo a visitare i cantieri delle sue opere (Iori, 2001). Ma è possibile che già in anni precedenti anche Gand, in Belgio, o Madrid, in Spagna, siano stati luoghi e occasioni di incontro tra Giovanni Narici e François Hennebique. Tra il 1881 e il 1882 Hennebique era stato impegnato in alcuni lavori a Madrid (Nelva e Signorelli, 1990). All'incirca nello stesso lasso di tempo, tra il 1880 e il 1884, anche Narici aveva lavorato in Belgio, a Gand, nelle miniere carbonifere e poi a Madrid per altri lavori (Polytechnicus, 1886). È possibile ipotizzare, se non un incontro diretto, certamente una conoscenza da parte di Narici delle ricerche e delle sperimentazioni iniziate in Belgio da Hennebique fin dal 1879 (Iori, 2011).

Il ruolo della Maison Hennebique a Napoli

Nello stesso anno in cui veniva depositato il brevetto Hennebique in Italia (1892) risultano realizzati dalla Maison Hennebique complessivamente 6 progetti (Nelva e Signorelli, 1990). È stato osservato che, nel novembre 1892, l'avvio della multinazionale Hennebique avesse avuto inizio grazie alla garanzia tecnica offerta soprattutto da due agenti operanti in Svizzera e in Italia (Gubler, 1982). L'agente ufficiale italiano cui si possa fare riferimento è proprio l'ingegner Narici, come detto operante in Italia già dal 1892 e unico rappresentante e concessionario del sistema Hennebique fino al 1896, anno in cui morirà prematuramente a causa di un attacco di febbre perniciosa.

Il modello prefigurato da Hennebique per la diffusione di questo nuovo sistema costruttivo si basava principalmente sulla figura dell'agente che, operando in una zona

specifica a lui assegnata, era il vero responsabile del lavoro (Nelva e Signorelli,1990). I calcoli strutturali venivano elaborati secondo formule mantenute riservate dalla casa madre, la sede principale Hennebique a Bruxelles; il motivo della riservatezza è da ricercare nel clima competitivo che si era creato in quegli anni attorno alla produzione di brevetti sul cemento armato. La verifica finale del progetto era riservata alla casa madre, che rappresentava il vertice del sistema gerarchico secondo il quale era organizzata la Maison Hennebique. Quindi in un primo periodo gli ingegneri italiani che intendevano avvalersi del Brevetto Hennebique dovevano rivolgersi allo studio tecnico napoletano e in questo modo aveva dovuto procedere anche l'ingegner Giovanni Porcheddu che, tramite l'istituzione di una Convenzione con lo studio di Narici (Nelva e Signorelli, 1990), nel 1894 aveva potuto utilizzare il brevetto in Alta Italia.

All'ingegner Narici spettava il compito di elaborare i disegni preliminari di progetto per gli interventi che di volta in volta si prospettavano, dagli stabilimenti industriali alle residenze private. Così era avvenuto per villa Ulrich a Rivalba, per il palazzo Bellia a Torino e per lo stabilimento Olivetti ad Ivrea oltre che altri fabbricati di tipo industriale[4]. Inoltre si occupava di condurre personalmente i calcoli strutturali richiedendone la verifica alla sede di Bruxelles (Nelva e Signorelli, 1990); in questo modo venivano stabiliti i quantitativi di ferro e di calcestruzzo da utilizzare, informazioni inserite in specifiche tabelle fornite in forma prestampata dalla casa madre.

Solo dal 1896 Giovanni Porcheddu sarebbe diventato agente generale, autonomo, per l'Alta Italia. Lo stesso vale per l'ingegner Italo Chiera, che era stato invitato dallo stesso Narici a promuovere il sistema nel Lazio, e per l'ingegner Attilio Muggia attivo dal 1898 nelle Marche, in Emilia Romagna e in Toscana.

Il contributo di Narici per il miglioramento del brevetto Hennebique

Nella prima fase di utilizzo del sistema costruttivo la validità dell'insieme strutturale ferrocemento non era dimostrata da un punto di vista strettamente scientifico ma attraverso prove di carattere empirico. Si può dire che i primi interventi avessero una valenza intuitiva, mentre teorie scientifiche a sostegno della validità di questa tecnica sarebbero state formulate e sostenute da opportuni strumenti legislativi solo successivamente.

All'interno degli accesi dibattiti circa l'affidabilità di questa tecnica costruttiva, è possibile confermare con certezza che l'idea della sagomatura dei ferri in corrispondenza degli incastri trave-pilastro non sia propria di Hennebique ma dell'ingegnere napoletano Giovanni Narici. L'ingegner Giuseppe Albenga, docente al Politecnico di Torino, infatti osservava: *La piegatura dei ferri sostituita ai cavalli disposti dapprima in corrispondenza degli incastri e sopra le nervature, fu suggerita all'Hennebique, che sempre gliene fu grato, dal rappresentante di Napoli, l'ingegnere Nericci* (Albenga, 1945). In dettaglio, l'idea era quella di sagomare i tondini di ferro in modo da raggiungere la faccia superiore della trave in corrispondenza dei nodi di incastro,

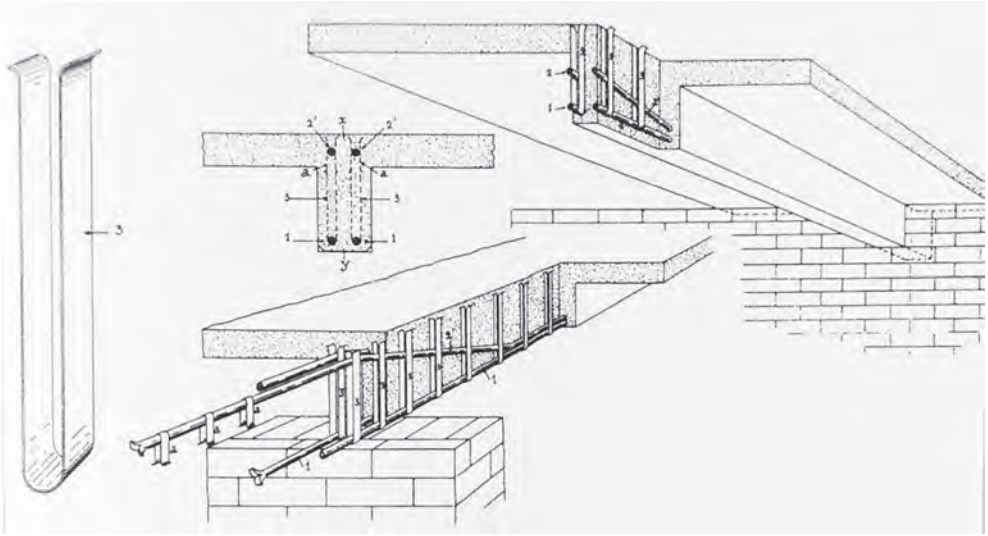


Fig. 2 – Il perfezionamento nell'armatura della trave contenuto nel brevetto depositato da Hennebique in Italia nel 18 dicembre 1897 (Iori, 2001).

come mostrato fig.2. In questo modo era possibile contrastare lo stato tensionale del momento flettente, negativo nel tratto della piegatura del ferro, e garantire la resistenza anche allo scorrimento.

Prima di questa soluzione si utilizzavano tronconi di metallo, i *cavalli* citati da G. Albenga, all'appoggio in corrispondenza degli incastri e disposti nella parte superiore della soletta. È facile intuire come questo accorgimento segni un progresso fondamentale rispetto alla capacità di resistenza e alla continuità strutturale del sistema: l'insieme assume un comportamento monolitico in risposta agli stati tensionali cui viene sottoposto. L'idea di Narici era stata adottata da Hennebique per migliorare il brevetto originario del 1892. Grazie al contributo di Narici un nuovo brevetto, che presentava perfezionamenti strutturali, sarebbe stato depositato in Italia il 18 dicembre del 1897. Hennebique sarà sempre riconoscente a Narici di questo suggerimento tanto da garantire un vitalizio ai suoi figli per il proseguimento degli studi universitari dopo la sua prematura scomparsa, (Iori, 2001).

Alcune applicazioni dei solai Hennebique

Le prime applicazioni del sistema Hennebique studiate dall'ingegnere Narici si collocano nel breve periodo compreso tra il 1892 e il 1896. Gli interventi, che riguardano edifici, realizzati o solo progettati, nei territori sia della Campania sia del Piemonte[5], testimoniano lo stretto legame che univa lo studio napoletano a quello torinese, relazione che si sarebbe interrotta troppo presto, con la morte inattesa di Narici.

L'impiego del sistema Hennebique riguardava all'epoca solo parti limitate degli edifici, prevalentemente travi e solai sostenuti da muratura portante di tipo tradizionale. I solai erano caratterizzati da ridotti spessori e da una notevole resistenza garantita dalla coesione trave-solaio grazie a un getto di calcestruzzo che avveniva in opera. La conformazione architettonica e spaziale dell'edificio in questa fase era ancora strettamente influenzata dalla massa muraria. Soltanto con l'introduzione del sistema a telaio sarà possibile svincolarsi dalla rigidità del muro continuo e sviluppare soluzioni compositive più flessibili.

Come si è già accennato, i campi di applicazione privilegiavano edifici le cui destinazioni d'uso erano riservate al settore industriale. Le ragioni di questa scelta si possono ricondurre a fattori intrinseci al sistema costruttivo, come la capacità di coprire grandi luci con ridotti spessori, di limitare il ricorso ad appoggi intermedi, la resistenza al fuoco (molto importante in risposta ai frequenti incendi nelle fabbriche) la leggerezza e la notevole durabilità (Mochi e Predari, 2012) .

Contemporaneamente a questo tipo di edifici, alcune eccezionali applicazioni del brevetto si possono ritrovare in architetture di carattere privato o pubblico. L'utilizzo del sistema Hennebique poteva riguardare ampliamenti architettonici, come villa Gorino a Rivalba (1894) o si concretizzava come puntuale elemento di innovazione in edifici di nuova costruzione, come il citato palazzo Bellia a Torino (1895). Altre volte, invece, andava ad inquadrarsi in un contesto di trasformazione urbana, innestandosi in un intervento di nuova costruzione, per edifici di carattere pubblico, come il Museo Nazionale (1894) e il palazzo della Borsa a Napoli (1895).

Il Museo Nazionale e la Borsa di Napoli

L'intervento al Museo Nazionale si concretizza nell'elaborazione di tre proposte progettuali, datate 27 e 28 Dicembre 1894 e 22 Ottobre 1895, a firma di Giovanni Narici, che riguardano la realizzazione di un solaio Hennebique. Non è stato possibile collocare con esattezza l'intervento, ma in quel periodo si stava avviando un progetto di ampliamento del Museo, elaborato prima dall'ingegner Adolfo Avena (1894) e poi dall'architetto Antonio Curri (1895). Il progetto di Avena prevedeva un nuovo corpo che doveva essere destinato a uffici per l'amministrazione. Quello di Curri invece concepiva l'idea di realizzare due cortili nella parte posteriore del fabbricato, simili a quelli già esistenti. In entrambi i casi si tratta di progetti interrotti in tempi brevi, a causa degli eccessivi costi di costruzione (AA.VV., 1977). È ipotizzabile che le proposte elaborate da Narici dovessero essere destinate a uno di questi progetti. L'intervento sarebbe stato realizzato a più riprese dal 1894 al 1897, anno in cui sarebbe passato nelle mani di un secondo agente napoletano, Pietro Isidoro Martorelli, cognato dell'ingegner Narici, nel frattempo scomparso. Il disegno di progetto, conservato presso l'Institut Français d'Architecture di Parigi (Fonds Beton armè Hennebique), del 28 Dicembre 1894, in fig. 3, riguarda un solaio delle dimensioni di 13,5 m x 23 m.

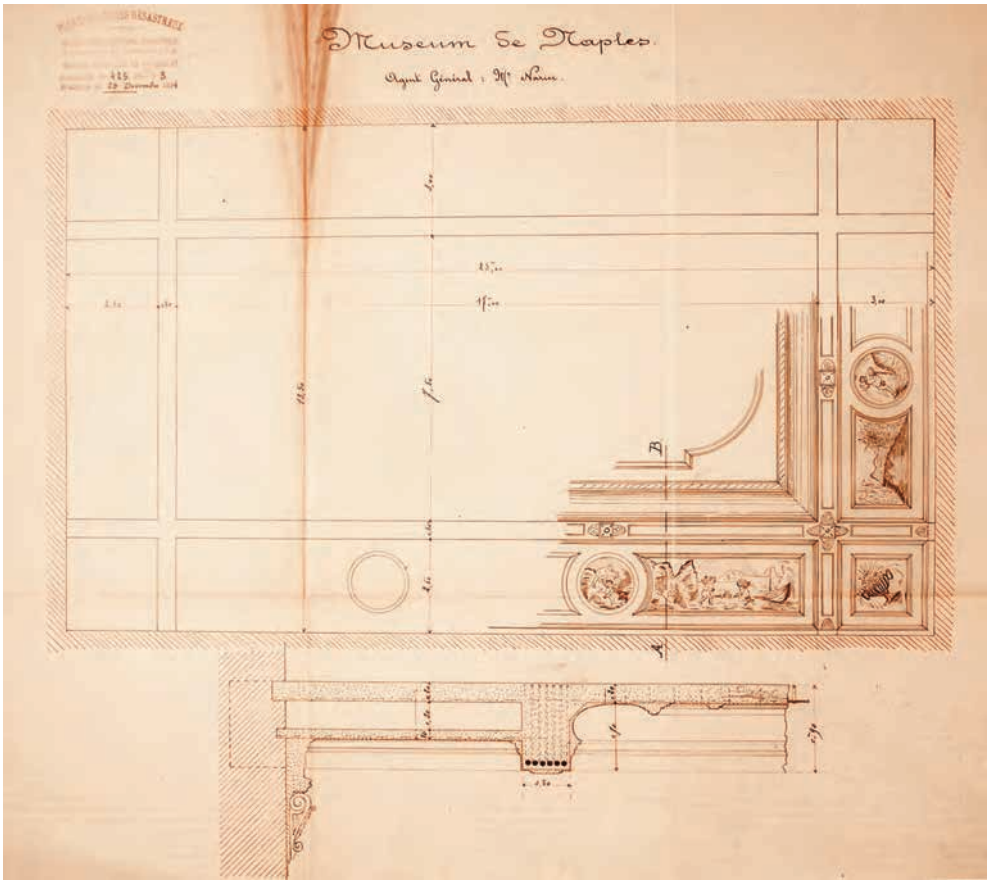


Fig. 3 – Il disegno esecutivo di un soffitto Hennebique per il Museo Nazionale di Napoli, a firma di Giovanni Narici. Da (Fonds Beton armè Hennebique, Parigi, 1894-1897).

La maglia strutturale è composta da quattro nervature perpendicolari che dividono la superficie in otto cassettoni perimetrali che incorniciano quello centrale. Nella parte inferiore del disegno si osserva come la nervatura, con sezione 50 cm x70 cm, è armata soltanto da sei barre inferiori, mentre la soletta, con armatura perpendicolare alle travi ha uno spessore di 20 cm. Si nota inoltre come il disegno si soffermi con grande cura sulla definizione dei dettagli decorativi, fino a prevedere i temi degli affreschi, che, integrati nel disegno, rendevano il risultato finale particolarmente verosimile.

La documentazione relativa alla corrispondenza intercorsa tra Narici e Hennebique (Fonds Beton armè Hennebique, Parigi, *Musée municipal*, 1894-1897) mette in evidenza come l'ingegnere napoletano si rivolgesse alla Maison francese per essere guidato nello studio preliminare del progetto. Specifici accorgimenti strutturali per la rea-

lizzazione della controsoffittatura vengono infatti elaborati da Hennebique, sollecitato da Narici a dare risposta a quesiti che egli non si sentiva ancora pronto ad affrontare.

Analogamente, nell'ambito di edifici di carattere pubblico, tracce di solai Hennebique si ritrovavano a Napoli nel palazzo della Borsa, realizzato nel 1896 su progetto degli ingegneri Guerra e Ferrara (Guerra e Ferrara, 1900). Com'è noto l'edificio ricadeva in uno dei lotti previsti nel Piano di Risanamento (1885) e andava a definire il nuovo carattere finanziario-direzionale che il Piano aveva riservato alle aree lungo il lato occidentale dei quartieri bassi (De Fusco, 2003).

La struttura del palazzo della Borsa era realizzata prevalentemente in muratura; soltanto in due casi si rintraccia il sistema Hennebique: il solaio al primo piano e quello del salone centrale del secondo piano. Come si evince dalla tavola di progetto, in fig.4., il 7 Febbraio 1895 dall'ingegnere napoletano erano state elaborate due proposte di progetto (Fonds Beton armè Hennebique, Parigi, *Nouvelle Bourse*, 1895) per la sistemazione del soffitto al primo piano, a pianta trapezoidale delle dimensioni di 8 m x 6,5 m. Nella prima ipotesi le estremità inferiori delle travi lasciate a vista contrastano

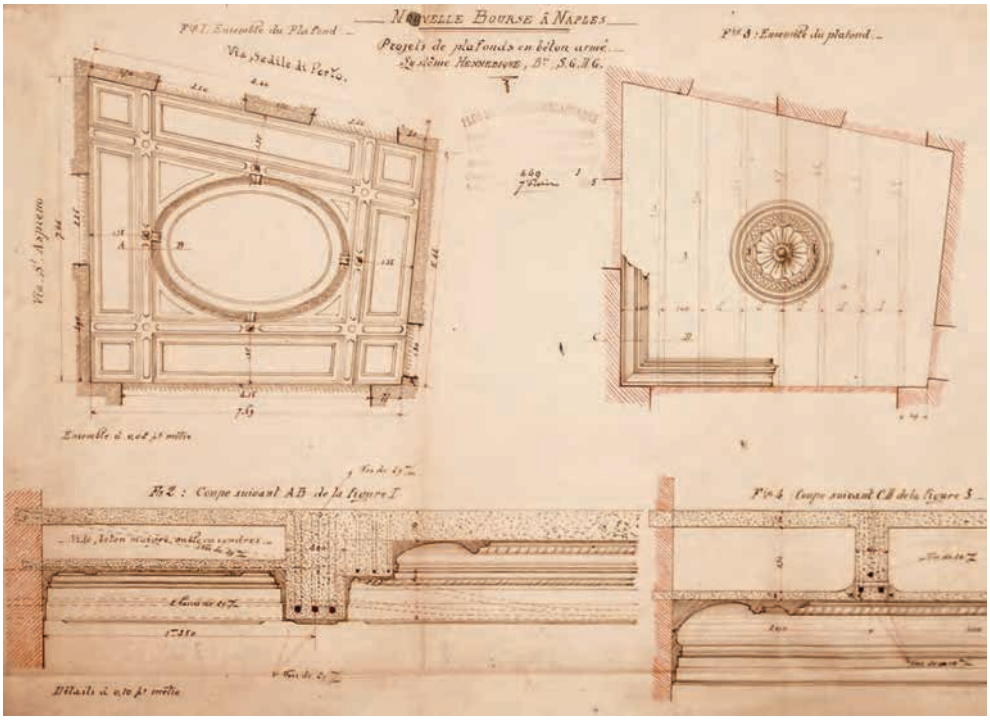


Fig. 4 – Le ipotesi progettuali per il soffitto al primo piano del palazzo della Borsa (Fonds Beton armè Hennebique, Parigi, 1895)

con la bidimensionalità della superficie formando cassettoni di diverse dimensioni, decorati superficialmente da motivi geometrici a bassorilievo. Nel secondo caso, che è quello poi realizzato e riportato in fig. 4, la parte strutturale è completamente nascosta da una controsoffittatura, decorata solo nella parte centrale da una cornice a motivi floreali cui corrisponde un'altra cornice lungo il perimetro della sala. Questo tipo di solaio, a camera d'aria, presentava diversi vantaggi: l'intradosso piano si prestava alla facile applicazione delle decorazioni, era leggero e permetteva un buon isolamento termico e acustico.

Palazzo Bellia a Torino

Palazzo Bellia fu costruito a Torino in occasione dell'apertura della via diagonale, via Pietro Micca, inserita in un più ampio progetto di Risanamento della città (Regis, 1994). Il progetto, affidato all'impresa Bellia, era stato studiato ancora una volta da Narici, che aveva inviato allo studio torinese, con cui dal 1894 aveva firmato una Convenzione, disegni tecnici e lettere allegate nelle quali specificava ulteriori indicazioni strutturali aggiuntive. Il progetto, elaborato il 18 Agosto 1895 come riportato nei documenti dell'Archivio Porcheddu conservato presso il DISEG del Politecnico di Torino, consisteva nell'adozione del sistema Hennebique per la realizzazione del solaio per il portico, in fig.5, e per la copertura della terrazza interna del cortile. Per la copertura del piano porticato destinato al passeggio pubblico sarebbe stato predisposto un solaio di dimensioni 11 m x12 m, calcolato con un sovraccarico di 200 chili al metro quadro, dello spessore di 16 cm, rinforzato da due nervature centrali integrate da altre due travi perpendicolari a formare tre cassettoni centrali. È presumibile che lo schema strutturale per questo solaio sia stato ripreso per tutti i piani in elevazione della struttura. Come si può osservare dalla pianta in figura, le due nervature principali sono state prolungate oltre la superficie della soletta in modo da ancorarsi e integrarsi con la struttura portante. Le nervature così definite coprivano una luce di 4,8 m nelle parti laterali dell'ambiente e 2,4m in corrispondenza dei cassettoni centrali.

Il disegno di progetto contiene accorgimenti strutturali che mettono in luce l'idea della piegatura delle barre di armatura di Giovanni Narici. Infatti, si può osservare nel dettaglio della trave in alto a destra nel disegno che oltre alle tre barre inferiori, come annotato affianco al dettaglio dallo stesso Narici, erano previste due barre curve di 35 mm. Questa apparente marginale annotazione consente, allo stato attuale degli studi, di documentare la paternità dell'ingegnere napoletano del sistema della piegatura dei ferri e il palazzo Bellia come suo primo campo di sperimentazione e di applicazione. È fondamentale inoltre sottolineare che questo progetto di Narici reca la data dell'agosto 1895, ben due anni prima del deposito del secondo brevetto di Hennebique, nel dicembre 1897, brevetto nel quale questa soluzione sarebbe stata introdotta come perfezionamento strutturale per il calcolo dell'armatura, il dimensionamento e la messa in opera della trave.

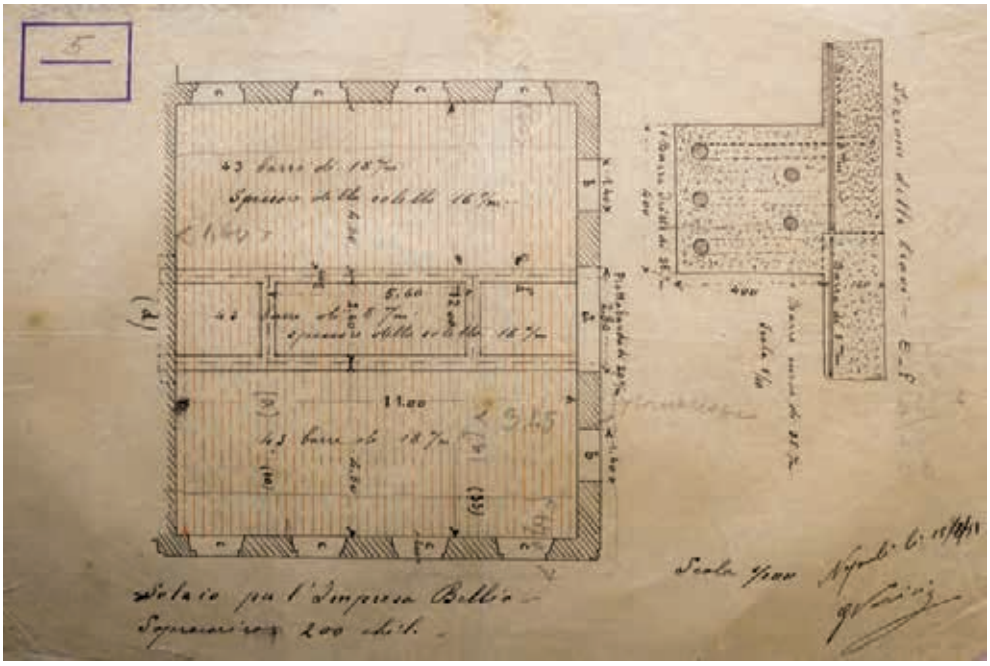


Fig. 5 – Il progetto di un solaio sul portico di Palazzo Bellia a Torino, a cura di Giovanni Narici (Archivio Porcheddu, 1895).

Bibliografia

AA.VV. 1977. *Da Palazzo degli Studi a Museo archeologico : Mostra storicodocumentaria del Museo Nazionale di Napoli*. Napoli: Stab. Arte Tipografica di A. R.

Albenga G. 1945. *Sguardo sintetico all'evoluzione del cemento armato dall'origine ai giorni nostri*. Roma: Failli.

Amore R. 2008. *Prime applicazioni del calcestruzzo armato nella trasformazione di antichi edifici a Napoli*. Atti del 2° convegno nazionale dell'Associazione Italiana di Storia dell'Ingegneria (a cura di Buccaro A., Fabricatore G., Papa L.M.), I, 649-660

De Fusco R. 2003. *Rileggere Napoli nobilissima, le strade le piazze i quartieri*. Napoli: Liguori Editore.

Formicola A. 2015. Le officine navali del napoletano e la Regia Marina (1870-1929). Notiziario CSTN, IV(38), 2-14.

Gambardella A, De Falco C. 1991. *Avena architetto*. Napoli: Electa.

Gubler J. 1982, *Prolegomeni a Hennebique*. Casabella: rivista internazionale di architettura e urbanistica, 485, 40. Milano: Domus.

Guerra A., Ferrara L. 1900. *Il nuovo Palazzo della Borsa in Napoli: cenni illustrativi.* Napoli: Giannini.

Iori T. 2001. *Il cemento armato in Italia dalle origini alla seconda guerra mondiale*. Roma: Edilstampa.

Iori T., Marzo Magno A. 2011. *150 anni di storia del cemento in Italia : 18612011 : le* opere, gli uomini, le imprese. Roma: Gangemi.
Mochi G., Predari G. 2012. *La costruzione moderna a Bologna, 1875-1915 : ragione scientifica e sapere tecnico nella pratica del costruire in cemento armato*. Milano: Mondadori.
Nelva R., Signorelli B. 1990. *Avvento ed evoluzione del calcestruzzo armato in Italia: il sistema Hennebique* Milano: AITEC. http://web.aitecweb.com/AREA%20ECONOMICA/VARIE/Avvento%20ed%20evoluzione%20del%20calcestruzzo%20armato%20in%20Italia%20Il%20sistema%20Hennebique.PDF.
Porcheddu G.A. 1909. *Elenco dei lavori eseguiti in calcestruzzo armato sistema Hennebique dal 1895 a tutto il 1909*. Torino: Società Porcheddu.
Regis D. 1994. *Torino e la via diagonale*. Torino: Celid.
Russo G. 1970. La scuola d'ingegneria in Napoli 1811-1967. Napoli: Cuzzolin.
Russo G. 2006. La Camera di commercio di Napoli dal 1808 al 1978 (a cura di Giancarlo Alisio). Napoli: Prismi.

Periodici

Polytechnicus. 1986. Polytechnicus: rivista quindicinale d'ingegneria ed arti affini.. IV(5). Napoli
Schweizerische Bauzeitung. 1881. Schweizerische Bauzeitung, 68, 14/15. Zurich: A. Waldner.

Fonti archivistiche

Institut Français d'Architecture, Paris, Fonds Beton armè Hennebique, subdiv. 50: Autres pays – Avant 1903 - 076. Nouvelle Bourse (n52567); Musée municipal (n52534).
Politecnico di Torino, DISEG, Archivio Porcheddu, dossiers Piemonte/Torino, vol. I, 1895, palazzo Bellia a Torino, prat. 5/464.

Note

1. Questo contributo restituisce parte degli esiti della ricerca da me condotta nell'ambito della tesi di laurea in Architettura sul tema "L'esordio del sistema Hennebique a Napoli. Protagonisti, progetti, sperimentazioni e innovazioni" discussa presso il Politecnico di Torino, dicembre 2016, relatore prof. Vilma Fasoli, correlatore arch. Francesca Benedetta Filippi.
2. Al Politecnico di Zurigo nel 1880 circa il 60% dei diplomati proveniva dall'estero. Gli Italiani iscritti erano 24 (http://www.ethistory.ethz.ch).
3. http://archiwebture.citechaillot.fr.
4. Queste informazioni sono state ricavate dalla consultazione dell'Archivio Porcheddu, presso il DISEG del Politecnico di Torino.
5. I disegni inediti inseriti in questo lavoro rappresentano l'esito di una lunga ricerca svolta tra 2012 e 2014 dalla prof. Vilma Fasoli (relatore della tesi) e dall'arch. Francesca Filippi (correlatore) presso l'Institut Français d'Architecture di Parigi, Fonds Bétons armés Hennebique. Questi documenti sono stati confrontati e integrati con quelli conservati presso l'Archivio Porcheddu, a Torino, consultato personalmente nel 2016.

Simonetta Ciranna, Marco Felli

Ingegneria e Architettura lungo un secolo di storia. Lo studio degli ingegneri Inverardi dell'Aquila[1]

Abstract

Inverardi's family is one of the longest studio of engineering and architecture in the Italian context. Their activity started at the end of the nineteenth century and it has been continuing for over than a century; today, also two architects of the family are continuing the profession. The context of work of the family is focused especially in Abruzzo and, in particular, in the city of L'Aquila and its neighborhood.

Their archive comprises a lot of drawings, papers, reports, appraisals, evaluations, maps, photos, old magazines etc.; thanks to the heirs and the managers of the studio, its exceptional conservation let us focus on a lot of aspects about engineering and the transformations of the places in which they operated. In particular, according to the varies typologies of interventions, we are able to notice the main role of the engineer in all the aspects of design: from territorial to urban planning, from civil works (roads, aqueducts, drainage systems, bridges) to architectural ones (buildings for school, wash activities, slaughterhouses) and residences.

Introduzione

La realizzazione di reti di adduzione di acqua, di strade e di ponti tra la fine dell'Ottocento e i primi anni del Novecento, i numerosi progetti di ammodernamento, di riqualificazione urbana e di architettura pubblica negli anni Venti-Trenta, e, ancora, di ricostruzione negli anni Cinquanta, evidenziano la continuità nel tempo del ruolo svolto dallo studio Inverardi nella trasformazione di centri e territori dell'Abruzzo.

L'analisi dell'attività professionale, in particolare dei primi decenni del Novecento, restituisce, inoltre, un quadro delle applicazioni offerte dal veloce progredire delle conoscenze scientifiche e dalla sperimentazione di nuovi materiali e tecniche costruttive; in particolare, si fa riferimento all'uso di ghisa, ferro e acciaio e ai primi utilizzi di calcestruzzo armato, largamente impiegato nelle opere idrauliche e non solo.

Attraverso un primo spoglio del corposo materiale archivistico[2], affiancato da approfondimenti bibliografici e da indagini dirette, s'intende fare luce, in questa sede, sulla rilevanza degli interventi operati dai progettisti a scala territoriale, a iniziare dall'adeguamento idrico e sanitario, da cui si evince il loro contributo alla trasformazione strutturale e socio-economica di un territorio. La presenza dei progettisti è costante nella costruzione di acquedotti, ponti, fontane, mattatoi, edifici scolastici e

opere edilizie e urbane atte a modernizzare la struttura della regione abruzzese; un territorio difficile, che dopo l'unità nazionale e ancora nel primo Novecento appare caratterizzato, in particolare nell'aquilano, da un carattere rurale e isolato.

Formazione

Giuseppe Inverardi è il capostipite della famiglia da cui ha avvio la storia dello studio, portata avanti da ben quattro generazioni di professionisti: dai figli Riccardo e Achille al nipote Pier Luigi, figlio di Achille, fino alle due architette Camilla e Carlotta figlie di quest'ultimo.

Giuseppe, nato a Chiari provincia di Brescia il 1848 o 1849, partecipa alla campagna del 1866 nel 1° reggimento di Garibaldi come progettista nel corpo del Genio Civile Militare. Dal 1867 al 1872 frequenta l'Università di Padova dove il 15 novembre di quest'ultimo anno consegue la laurea di Ingegnere Civile e Architetto. Dopo due anni dedicati all'insegnamento della Matematica e delle Scienze naturali, ancora a Chiari, a metà degli anni settanta Giuseppe orienta la sua attività su funzioni pubbliche, ottenendo prima il ruolo di ingegnere aggiunto nel servizio del Macinato e poi quello di membro della Commissione provinciale per le imposte dirette sui fabbricati. In questi anni avviene il suo trasferimento all'Aquila dove nel 1883 è ingegnere negli uffici tecnici del Ministero della Finanza. Da questo incarico si dimette nell'aprile del 1884 per iscriversi, già a novembre, all'Ordine degli Ingegneri e Architetti indirizzando, quindi, la sua attività verso la libera professione. La scelta di dimettersi coincide con la nascita del suo secondo figlio Achille, il 28 gennaio 1884 (Riccardo era nato tre anni prima, il 15 ottobre 1881), e il consolidamento della sua posizione nella città dell'Aquila[3].

Dopo gli studi liceali ad Aquila, Riccardo e Achille, analogamente al padre, conseguono la laurea in Ingegneria, rispettivamente nel 1911 e 1912, frequentando la Regia Scuola di applicazione di Bologna. In quegli anni, il titolo di ingegnere comprende un percorso formato da un biennio e relativa licenza in Scienze Fisico Matematiche (come aspiranti ingegneri), cui segue un corso d'ingegneria civile triennale. La minima differenza di età permette una formazione dei due fratelli quasi coincidente negli anni. Dopo aver ottenuto la licenza in Scienze Fisico Matematiche presso la Regia Università di Roma, entrambi frequentano il triennio preso la Scuola d'applicazione per gl'ingegneri di Bologna[4].

Tutta romana è invece la formazione di Pier Luigi, nato il 12 giugno 1923, che ottiene la laurea di ingegnere civile, sottosezione edile, presso l'università della Capitale il 26 febbraio 1951.

Ingegneria e architettura nei primi decenni del Novecento tra professione e sperimentazione

La documentazione conservata nell'archivio Inverardi testimonia come, a seguito dell'unità nazionale e superata la crisi bancaria di fine secolo, Giuseppe prima e

sulla sua scia i due figli Riccardo e Achille lavorarono intensamente nella modernizzazione del sistema infrastrutturale idrico, sanitario e viario di numerosi centri della provincia aquilana. A marcare il ruolo di Giuseppe in questo settore valga, come nota di colore, il sonetto dedicatogli per *i lavori di conduttura d'acqua per la nuova Fontana e Molino* di Castel del Monte, che *il 6 agosto 1901, fra non pochi ostacoli felicemente compì*[5]; ovvero la realizzazione dell'acquedotto che da quell'anno iniziò a rifornire il piccolo centro urbano traendo l'acqua da Fonte Vetica (1632 m) dopo aver attraversato la Piana di Campo Imperatore. Un'opera e un riconoscimento che trovano un altro riscontro nella costruzione dell'acquedotto di Notaresco nel 1913, nella quale l'ingegnere affrontò un dislivello di 256 m con una tubazione lunga 3.330 m e servendosi di pompe fornite dalla ditta Gabbioneta di Milano[6].

Dopo il conflitto mondiale, nel corso del ventennio fascista, l'impegno della progettazione dei nuovi acquedotti venne assunto dai figli Riccardo e Achille con la realizzazione, tra l'altro, dell'acquedotto rurale di Pettorano sul Gizio, iniziato nel 1926 e inaugurato l'anno successivo, progettato da Riccardo e realizzato dalla cooperativa La Fratellanza; e poi degli acquedotti di Pescasseroli, completato da Riccardo insieme all'impresa F. Palazzani di Pescina tra il 1928 e il 29; di Pescocostanzo, progettato nel 1927 da Achille insieme a Romolo De Dominicis di Roma e realizzato nel 1928 con l'impresa aquilana dell'ing. Bernardino Pacilli; di Aragno, iniziato nel 1931, e terminato l'anno successivo, da Achille con l'impresa dell'ing. Aristide Muzi dell'Aquila; di Pescina, progettato da Achille insieme all'impresa degli ingegneri I. Di Cagno e A. Marcotulli di Roma; del consorzio di Aielli-Cerchio-Collarmele e quelli di Cagnano Amiternino e Capitignano, progettati da Achille e inaugurati nel 1934 (Cingolani *et al*., 1934).

Il lavoro sugli impianti idrici portava poi i progettisti a intervenire nella realizzazione di molini, fontane, mattatoi, cimiteri, strade, fogne e altro ancora, con un coinvolgimento pieno nell'ampliamento e nella trasformazione urbana, sociale ed economica dei piccoli e medi centri abruzzesi.

In questa sede, a esempio di tale articolata e continua attività progettuale, si è posta l'attenzione sulla progettazione di tre piccoli ponti nella quale, a fronte dei bisogni concreti della popolazione, emerge la capacità degli ingegneri di gestire il progetto, mediando l'esiguità delle risorse economiche con professionalità e competenza tecnica nell'applicazione di tecnologie e nuovi materiali[7]. Di Giuseppe è la progettazione nel 1894 del ponte sul fiume Pescara, a confine tra Tocco Casauria e Castiglione; sempre a lui va ricondotto il progetto nel 1905 del ponte sul fiume Aterno, in prossimità della stazione di Beffi; mentre il terzo, ancora sul fiume Aterno in prossimità della frazione Cavallari, è opera di Riccardo e la sua ideazione risale al 1937.

La realizzazione dei primi due ponti, rispettivamente della luce di 20 m e di 14 m, nasce dall'urgenza di sostituire precedenti strutture crollate o fatiscenti e di collegarsi con tratti stradali alle stazioni ferroviarie dei comuni di Tocco Casau-

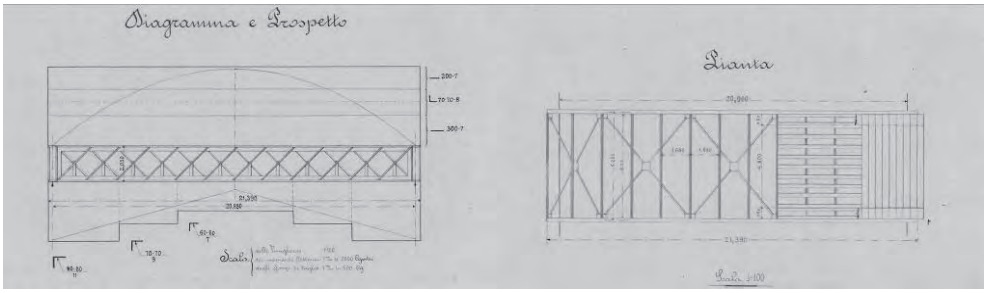


Fig. 1 – Giuseppe Inverardi, Progetto del ponte su Pescara presso Tocco Casauria e Castiglione, 1894 (Archivio Inverardi).

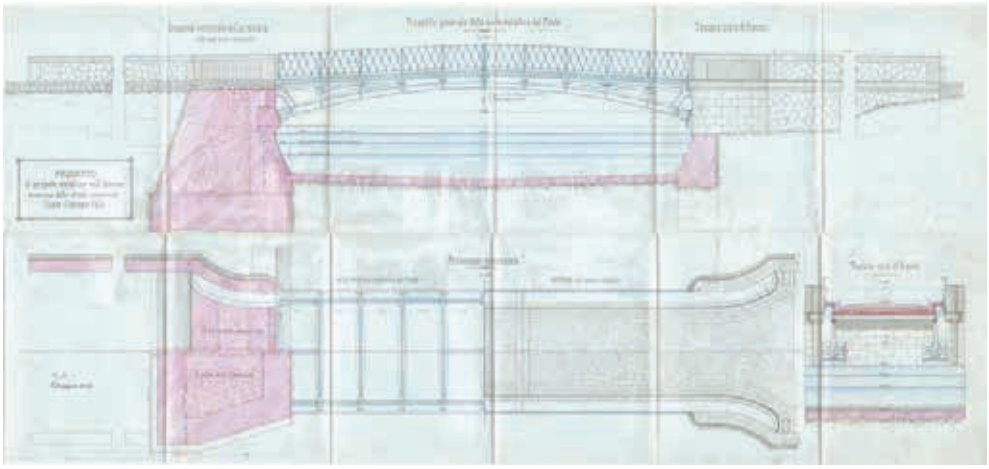


Fig. 2 – Giuseppe Inverardi, Progetto del ponte sull'Aterno in servizio della strada consorziale Tione – Goriano Valli, 1905 (Archivio Inverardi).

ria e Castiglione sulla linea Roma-Sulmona-Pescara, in fig. 1, e di Beffi sulla linea Sulmona-L'Aquila-Terni, in fig. 2. Le stazioni e gli allacciamenti stradali sono vitali per l'economia delle comunità locali, che non sempre trovano un accordo nella localizzazione. Nel primo caso, fondamentale è la presenza del barone Cedino Bonanni, di famiglia nobile aquilana, per conciliare le esigenze dei due comuni e superare le incongruenze del progetto presentato nel 1874 dall'ingegner Barthlemy Desjardin, in particolare, la scelta del luogo di costruzione del ponte che penalizzava notevolmente il centro di Castiglione per distanza e costi.

Giuseppe Inverardi realizza il ponte superando la difficoltà di fondazioni su terreni melmosi, grazie a fondazioni a cassero di legno progettate a larga base per comprimere la maggior superfice possibile del terreno, e adottando *una travata rettilinea in acciaio laminato [costituita da] due travi principali rettilinee, a traliccio doppio*

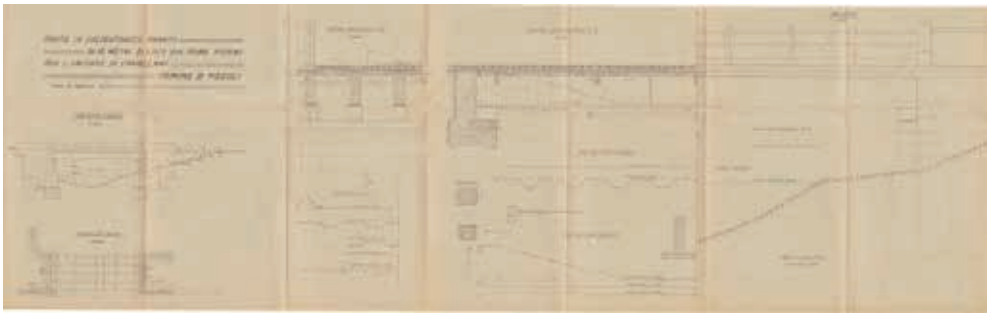


Fig. 3 – Riccardo Inverardi, Progetto del ponte sull'Aterno lungo la comunale di allacciamento per la frazione Cavallari nel comune di Pizzoli, 1937 (Archivio Inverardi).

di N°. 14 traverse a doppio T composte ed unite alle dette travi principali mediante montanti[8]. Realizzato nel 1894 in soli quattro mesi, il ponte è distrutto dai soldati tedeschi in ritirata nel 1944.

Per il ponte sull'Aterno Giuseppe ritiene appropriato utilizzare la ghisa anziché il ferro, come fatto per altre due strutture da lui costruite e funzionanti sullo stesso fiume, una per il comune di Villa S. Angelo nel 1886, l'altra per quello di Vittorito nel 1896. Il nuovo ponte viene a sostituire il precedente in legno, vecchio di circa 25 anni e con seri problemi di stabilità, che, superato il fiume a servizio della strada consortile, metteva in comunicazione Tione e Goriano Valli con la stazione ferroviaria della linea Aquila-Sulmona. Instabilità, scriveva il progettista, visibile dallo stato di deperimento del legno e dalle erosioni presenti *sulle sponde del fiume a monte del ponte per l'azione dinamica delle acque irrompenti contro le testate*[9]. Il progetto consiste di un ponte composto di due archi paralleli in ghisa, collegati da traverse, anch'esse in ghisa. Tra queste ultime sono costruite volte in mattoni a sostegno della carreggiata stradale.

Il terzo ponte, progettato nel 1937, documenta il passaggio all'uso del cemento armato per una sorta di restauro del fatiscente ponte posto presso le Fornaci, costruito in legname con pile e spalle in muratura. Il progetto, di cui uno stralcio è mostrato in fig. 3, prevede di riutilizzare spalle e pile esistenti, giudicate in buone condizioni, con qualche piccola modifica e restauro, e di realizzare una travata in cemento armato, costituita da un sistema di cinque travi continue, di sezione 0,94 m x 0,34 m, con travetti trasversali di sezione 0,15 m x 0,25 m e "cuscinetti" di appoggio in c.a. e fogli in piombo. Il sopraggiungere del secondo conflitto mondiale probabilmente ferma i lavori che riprenderanno con un aggiornamento dei prezzi sul finire del 1946.

Gli ingegneri Inverardi nel comune di Rivisondoli: un'attività prolungata negli anni

Nel comune di Rivisondoli, provincia dell'Aquila, è possibile individuare attività continuative di progettazione da parte della famiglia Inverardi; i primi progetti, re-

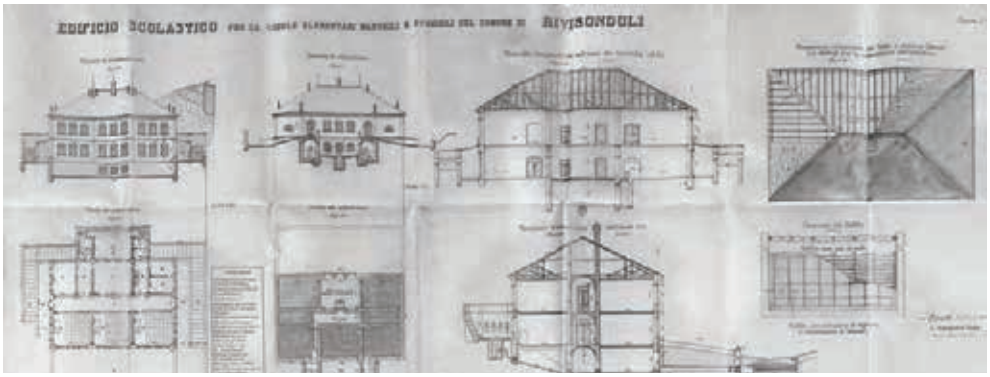


Fig. 4 – Giuseppe Inverardi. Nuovo edificio scolastico, Rivisondoli, 1910 (Archivio Inverardi).

datti da Giuseppe, abbracciano un lasso di tempo compreso tra il 1895 e gli anni Dieci del secolo successivo, periodo in cui vengono presentate proposte di conduttura per l'abitato e l'edificazione di nuovi plessi scolastici. In seguito, dagli anni Dieci fino agli anni Quaranta, i figli Achille e Riccardo operano nel medesimo territorio, occupandosi di opere pubbliche, quali mattatoi, lavatoi e ampliamenti di strade fino alla progettazione di nuove condutture per l'adduzione dell'acqua.

Giuseppe Inverardi, nel 1910, presenta progetti di risanamento dell'edificio scolastico, del lavatoio pubblico e della rete di distribuzione idrica all'interno dell'abitato. I progetti definitivi del nuovo plesso scolastico e delle opere di risanamento delle adduzioni d'acqua vengono presentati il giorno 1 marzo 1910[10]. L'edificio, in fig. 4, viene articolato su *due corpi di fabbrica separati tra loro da un ampio corridoio, che, oltre a rendere tutti i locali indipendenti, riuscirà di non dubbia utilità agli alunni sia per l'accesso che per l'uscita dalle aule*[11]. Nella relazione vengono illustrate le diverse scelte progettuali, la disposizione delle aule riguardo l'esposizione solare e l'accessibilità, i dettagli costruttivi, quali ad esempio l'utilizzo di solai in cemento armato con camera d'aria, che costituiscono il sistema *Cannovale*, di minore spessore rispetto agli usuali solai, costituiti da blocchi forati in laterizio (tavelloni) con travetti in cemento armato gettati in opera solidali alla soletta collaborante.

Riccardo Inverardi affronta, nel 1912, il nuovo progetto della rete di distribuzione dell'acqua potabile nell'abitato di Rivisondoli, in fig. 5; la commissione del progetto è urgente, l'abitato infatti versa in *deplorevoli condizioni igieniche […], causa precipua delle frequenti ricorrenze di malattie epidemiche"*, da cui si impone quindi "*in via assoluta il risanamento igienico del Paese[…]* (e si richiede di) *provvedere colla massima sollecitudine al completamento delle opere di conduttura dell'acqua potabile rimaste in sospeso dal 1902, alla costruzione di alcune fognature e di un lavatoio pubblico*.[12]

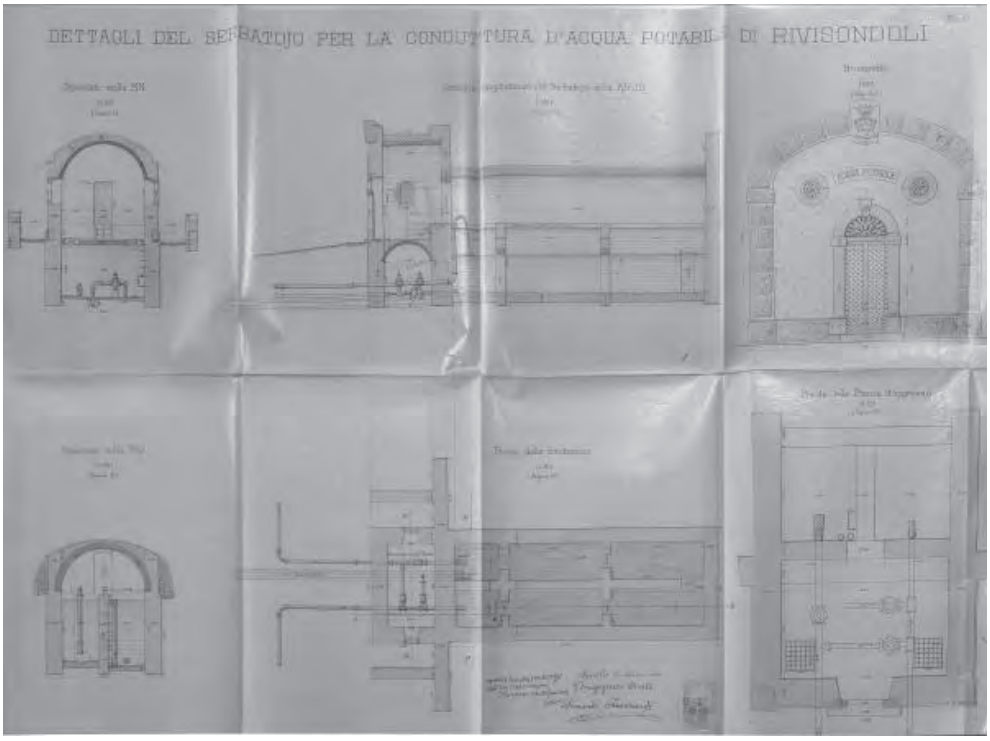


Fig. 5 – Riccardo Inverardi, Serbatoio conduttura, Rivisondoli, 1912 (Archivio Inverardi).

Il progetto del mattatoio risale invece al 15 giugno 1928 ed è redatto dall'ingegnere Achille: l'edificio, una cui sezione è in fig. 6, si pone come soluzione igienica per la comunità di Rivisondoli, in quanto il precedente mattatoio cittadino, localizzato all'interno dell'abitato, produceva problemi di salubrità dell'aria e delle carni, non essendo munito di adeguato sistema di lavaggio e ricambio di aria. Il nuovo edificio, all'esterno del centro abitato, è organizzato in più ambienti con sistemi meccanici di ventilazione e un adeguato sistema di drenaggio. L'adduzione dell'acqua è resa possibile grazie alla creazione di una conduttura dell'acquedotto, cui si allaccia il serbatoio del nuovo lavatoio comunale, progettato nello stesso periodo.

Il 10 settembre 1932, Achille riceve la commissione per la realizzazione della nuova pavimentazione stradale, con annesso sistema di fognatura, di Via del Colle e Via del Suffragio; nella proposta avanzata, si valutano anche lo sventramento e il prolungamento del Corso Garibaldi, con la progettazione della nuova piazza centrale del paese. Mentre la prima parte di progetto viene approvata e messa subito in cantiere, l'ipotesi della nuova piazza viene rifiutata dalla committenza.

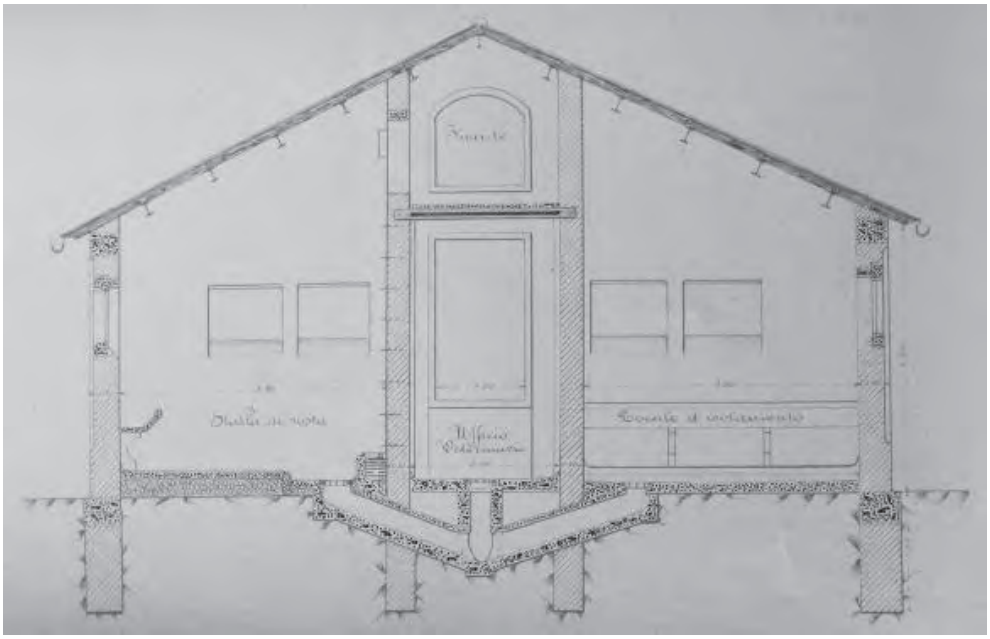


Fig. 6 – Riccardo Inverardi, Mattatoio Pubblico, sezione, 1928 (Archivio Inverardi).

Progetti per la collettività: l'acquedotto di Tornimparte

Da quanto esposto finora, si evince che l'attività della famiglia Inverardi si incentra nella progettazione di opere per la collettività. Le prime realizzazioni, da parte di Giuseppe, riguardano essenzialmente acquedotti e opere di adduzione per gli abitati; tra i diversi documenti conservati nell'Archivio della famiglia, valga come esempio paradigmatico la realizzazione della conduttura nel comune di Tornimparte, in provincia dell'Aquila, di particolare interesse nello studio delle sorgenti di captazione, dei diversi serbatoi e le fontane.

Le soluzioni presentate dall'ingegnere sono due, entrambe realizzate nel 1909. La prima, di dimensioni più moderate, riguarda la frazione di Capo la Villa, in cui, sotto la pressione del consiglio comunale, che gli aveva contestato la prima proposta (con la captazione da una sorgente di più facile accesso), Giuseppe Inverardi viene di fatto obbligato a programmare la captazione da una sorgente meno accessibile e con un più alto rischio di inquinamento; il problema viene risolto con un sistema interrato e chiuso ermeticamente da muratura stagna[13]. La seconda si occupa degli abitati di Villa Grande e Pianella: anche in questo caso, l'ingegnere si trova a fronteggiare una specifica richiesta del comune, dovendo provvedere a risolvere l'insufficiente capacità dell'unica sorgente di captazione messa a disposizione[14]. Il progetto prevede

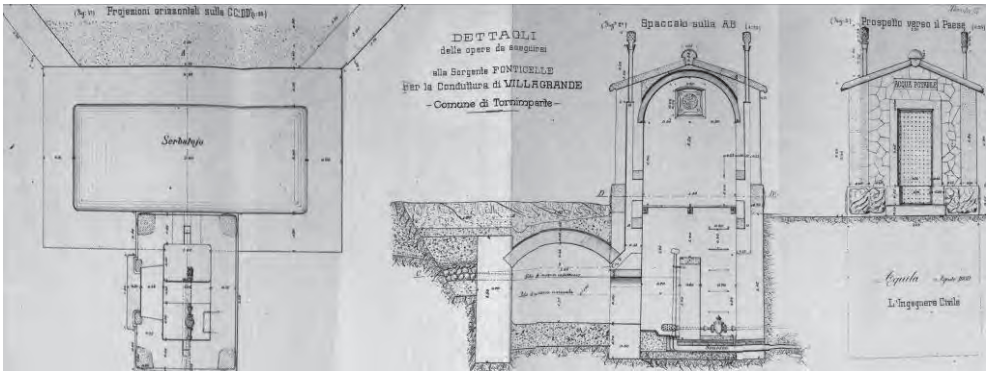


Fig. 7 – Riccardo Inverardi, Serbatoio acquedotto, Tornimparte, 1909 (Archivio Inverardi).

la creazione di un serbatoio di raccolta, in fig. 7, su più livelli, da riempire durante la notte, in modo da gestire la richiesta cittadina diurna; un bottino di presa, anche questo articolato su più livelli, permette un flusso regolare di acqua nella conduttura agendo come pozzetto di carica nei confronti della sorgente vera e propria e come saracinesca nei confronti dell'acqua nel serbatoio. Per la gestione della differenza di quota, il progetto propone la realizzazione di un fontanile centrale nell'abitato, con la principale funzione di regolarizzare il flusso e di rallentarlo rispetto alla captazione, mettendo inoltre a disposizione un abbeveratoio per usi domestici.

I primi lavori in calcestruzzo armato: le scuole di Pizzoli e le proposte a Pietranico
Come si è potuto evincere dai passaggi precedenti, tra gli interventi strutturali condotti dallo studio Inverardi, risulta di particolare interesse l'applicazione di moderne soluzioni tecnologiche, nello specifico l'impiego di strutture in calcestruzzo armato, in particolare nei primi anni del Novecento.

Nell'abitato di Pizzoli, provincia dell'Aquila, lo studio lavora su due edifici destinati all'edilizia scolastica. Le strutture interessate al sisma del 13 gennaio 1915[15] necessitavano di intervento a causa dei rilevanti danni: per l'edificio scolastico della località Centrale, il danneggiamento fu talmente elevato che se ne propose la ricostruzione; per la frazione di Collemusino, non risultando danni strutturali, si optò per il consolidamento. Redatti entrambi da Riccardo Inverardi nel 19 marzo 1919, i due progetti si caratterizzano per l'uso di strutture in calcestruzzo armato: nel primo caso, in fig. 8, si prevede la costruzione di una struttura mista muratura-intelaiatura in c.a., mentre nel secondo, relativamente al piano da consolidare, si propone l'inserimento di cordoli e travi secondarie di collegamento tra i maschi murari. In entrambi, il sistema di copertura è composto da cordoli in calcestruzzo, struttura del tetto in legno e rivestimento in eternit.

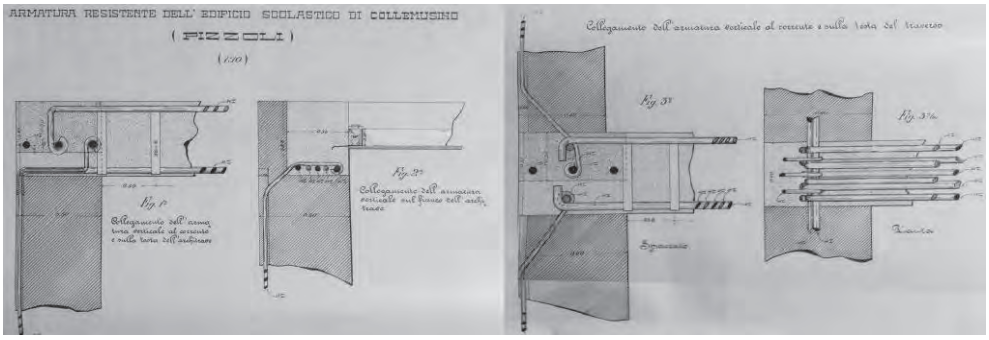


Fig. 8 – Riccardo Inverardi, Scuole elementari, dettaglio, 1919 (Archivio Inverardi).

Nel comune di Pietranico, provincia dell'Aquila, il progetto della nuova chiesa madre evidenzia come l'utilizzo del calcestruzzo armato sia diventato consuetudine negli anni Trenta[16]. Redatto da Achille Inverardi, il progetto dell'edificio, in fig. 9, presenta una struttura mista muratura-c.a., con plinti di fondazione armati e copertura leggera in legno. La proposta progettuale, non realizzata, è seguita dalle diverse relazioni con i relativi calcoli strutturali, in cui vengono verificate le armature delle strutture portanti sia di elevazione che di collegamento. Per il campanile, inoltre, viene redatta una relazione specifica con i relativi calcoli strutturali.

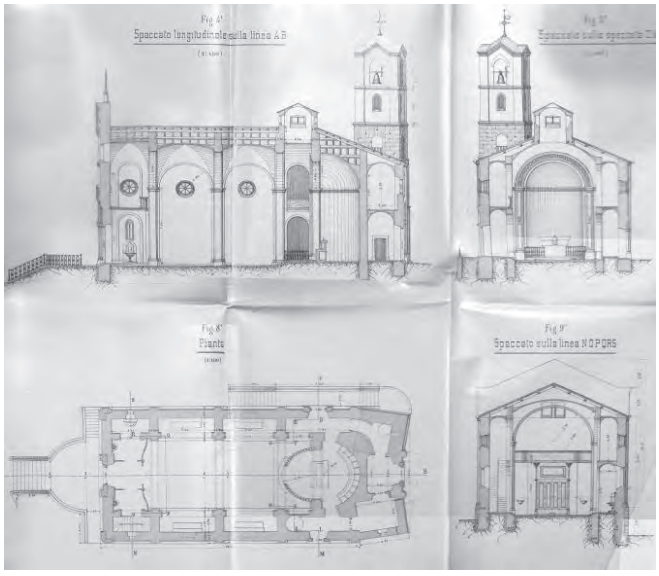


Fig. 9 – Achille Inverardi, chiesa madre di Pietranico, 1932 (Archivio Inverardi).

Bibliografia

Cingolani E., Di Castelnuovo G., Lucci V. 1934. *Acquedotti fascisti*. I. Roma: Tipografica G. Luzzatti.

Note

1. Il testo, frutto di un lavoro di ricerca e di riflessione congiunto, è stato elaborato distintamente. Simonetta Ciranna ha curato *l'Introduzione* e i due paragrafi *Formazione* e *Ingegneria e architettura nei primi decenni del Novecento tra professione e sperimentazione*, e Marco Felli *Gli ingegneri Inverardi nel comune di Rivisondoli: un'attività prolungata negli anni, Progetti per la collettività: l'acquedotto di Tornimparte* e *I primi lavori in calcestruzzo armato: le scuole di Pizzoli e le proposte a Pietranico.*
2. Gli autori ringraziano le architette Carlotta e Camilla Inverardi, per aver consentito la pubblicazione di parte del materiale archivistico. In particolare, la prof.ssa Simonetta Ciranna ha avuto l'incarico di seguire la catalogazione del materiale documentario in previsione di una sua conservazione presso l'Archivio di Stato di L'Aquila.
3. Tra il 1890 e il 1894 Giuseppe è membro del Comitato Forestale della Provincia di Aquila per nomina del Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio e per un triennio a iniziare dal gennaio del 1893 è membro del Consiglio Provinciale Sanitario di Aquila.
4. Riccardo inizia la Scuola di applicazione per Ingegneri a Roma, iscrivendosi nel 1906 dopo aver conseguito il 12 maggio di quell'anno la licenza in Scienze fisiche e matematiche nella stessa università. Nel 1908 chiede il trasferimento e il riconoscimento di due esami superati, Applicazioni di geometria descrittiva e Geologia applicata, mentre non era riuscito a superare Meccanica razionale e Architettura generale. Nel 1911, alunno del 3° anno di applicazione, chiede di iscriversi al corso di silvicultura.
5. Il sonetto è stato rinvenuto nell'archivio Inverardi, ma sia l'autore che la data sono ignoti
6. Cfr. L'acquedotto di Notaresco opera magnifica, s.l. 2003.
7. Ciò emerge dalla lettura della documentazione che accompagna i progetti e che, in questa sede, per brevità non può essere analiticamente descritta.
8. Sulla realizzazione del ponte cfr. *Memoria al Ministero dei Lavori Pubblici per la stazione ferroviaria Tocco-Castiglione*, Tipografia F. Camera, Tocco Casauria 1895. S Bonanni e la lapide a lui dedicata cfr. http://www.comune.toccodacasauria.pe.it/storia/43-storia/242-i-bonanni-docre-a-tocco.html?showall=1&limitstart
9. Archivio Inverardi, Ponte sull'Aterno in località Cavallari, relazione
10. Il primo commissionato con delibera comunale del 23 ottobre 1907, il secondo con nota comunale di conferimento di incarico del 10 febbraio 1909. Nella terza proposta, all'interno della relazione, il progettista ammette di aver presentato il progetto in ritardo rispetto alla commissione: *[…] una lunga serie di forzati ed imprevedibili contrattempi fu causa di parecchie involontarie sospensioni, al punto che non mi fu possibile, […] di condurre a termine prima d'ora il progetto che oggi ho l'onore di presentare a questa Amministrazione.*
11. Archivio Inverardi, Rivisondoli.
12. Nei passaggi seguenti della relazione, l'ingegnere fa riferimento a un progetto presentato da molto tempo, ma mai realizzato per mancanza di fondi.
13. La relazione, datata 16 settembre 1909, illustra le modalità di intervento: *il Sig. Sindaco con nota del 26 giugno 1909, mi […] confermava che per Capo la Villa si doveva utilizzare la sorgente del Castello. […] Il primo e più ovvio provvedimento da prendere*

era adunque quello di isolare completamente la scaturigine da tutte le cause […], il mezzo più adatto era quello di tagliare il terreno immediatamente a monte, raggiungere la sottocorrente, internarsi nel sottosuolo impermeabile con un muro di sbarramento, ed obbligare tutte le vene acquifere confluenti alla scaturigine a scaricarsi in un piccolo serbatoio in muratura stagna per impedire qualsiasi infiltrazione […]. E così fu fatto.

14. Da valutazioni errate effettuate in precedenza, cui viene fatto riferimento nelle relazioni, l'ingegnere viene costretto ad attingere esclusivamente dalla sorgente della Fonticella, a una quota leggermente superiore rispetto all'abitato di Villagrande.
15. Il terremoto, con epicentro nella piana del Fucino, distrusse larga parte degli abitati della Marsica; tuttavia produsse molti danni nella città dell'Aquila e zone limitrofe.
16. Nel 1932 la chiesa storica venne demolita, in seguito ai danni causati dal sisma del 1915.

Stefano Morosini, Andrea Silvestri, Fabrizio Trisoglio

Un archivio tra impresa, famiglia e impegno politico: il Fondo Noverino Faletti (1896-1991)

Abstract
Noverino Faletti (1896-1991) has surely been one of the historical protagonists of the Italian electric industry able to intersect engineering career, university teaching and also social and political commitment. Over the last years, his executive charges and his role of representative between community and politics have been analysed into some publications and events that have shown his polihedric figure. This essay examines the archival collection (just donated to Fondazione AEM - Gruppo A2A by his son, Pierfranco Faletti) with the aim to analyse unedited and interesting documents, composed of letters, notes and conspicuous and heterogeneous iconographies.

Premessa
Noverino Faletti è una singolare figura di ingegnere proiettato da una dimensione fortemente locale (era nato nel 1896 da una famiglia modesta nella bassa bergamasca a Urgnano, dove ancora studente universitario sarà sindaco dal 1920 al 1923; aveva frequentato la scuola tecnica e poi l'Istituto tecnico del capoluogo) verso una realtà nazionale e industriale con sfaccettature di attività e sensibilità multiformi. La sua personalità non è affatto sconosciuta agli addetti ai lavori (Carboni, 2013), dai tecnici delle imprese elettriche agli universitari, dal mondo dell'associazionismo degli ingegneri e in particolare degli elettrotecnici al mondo della normazione elettrotecnica; meno nota la sua presenza politica, non solo a livello locale come si diceva, ma anche nel Parlamento nazionale . Notizie su di lui sono reperibili in letteratura anche in qualche contributo specifico, dove compare in rilievo per la sua presenza di docente all'Università di Bologna, nel contesto di altri suoi impegni emiliani (Morosini, 2015), mentre in (Cantoni, 2009) si dà conto della sua esperienza per la nascente Facoltà di Ingegneria Elettrotecnica di Pavia, fino alla monografia che già utilizzava in parte le informazioni del suo archivio personale (Pizzorni, 2011). Senza contare che la figura privata e pubblica di Noverino Faletti emerge, per flash e travestimenti in personaggi e situazioni apparentemente di fantasia, nella ricostruzione romanzata della rinascita postbellica di Milano (e del Paese) consegnata dal figlio Pierfranco Faletti al suo volume (Faletti, 2014). Si vuole parlare ancora qui oggi di Noverino Faletti perché il suo archivio, recentemente acquisito per volontà dello stesso figlio Pierfranco dalla Fon-

dazione AEM, si è rivelato ricco di informazioni sui multiformi impegni che occuparono Faletti perlopiù da protagonista. Anche l'interessante sezione fotografica rivela particolari inediti della vita sociale e delle realizzazioni tecniche in cui l'ingegnere fu coinvolto, svelando oggi tangenze apparentemente inattese con la stessa AEM.

Gli studi

Nel 1914 Faletti si iscrive all'Università di Pavia al Corso di Ingegneria, ridotto allora, dopo la nascita del Politecnico di Milano, al solo biennio propedeutico annesso alla Facoltà di Scienze. La scelta di Pavia, anziché direttamente della scuola preparatoria del Politecnico, trae ragione dall'ammissione come alunno, per la sua eccellente carriera scolastica, allo storico Collegio Ghislieri, nel cui archivio è conservata corrispondenza con il rettore *Pietro* Ciapessoni, fino a quando il terzo anno Faletti passa inevitabilmente al Politecnico, pur restando legato al Collegio (e al suo rettore) tramite una borsa di studio equivalente alla retta non fruita a Pavia.

Brillante studente della Scuola di Ingegneria industriale, indirizzo elettrotecnica, con una breve e saltuaria partecipazione alla Grande Guerra, prima di finire gli studi Faletti svolge supplenze anche impegnative nelle scuole tecniche e industriali di Bergamo. Si laurea nel 1920 con la votazione eccellente di 98/100. I rapporti con il Politecnico non si interrompono, perché vi è cooptato da Angelo Barbagelata, il direttore dell'Istituzione Elettrotecnica Carlo Erba, e da Ercole Bottani, collaboratore di Barbagelata e amico personale di Faletti, prima come assistente volontario, poi come assistente incaricato di Impianti elettrici dal 1932 al 1938, quando lascia questo compito per il suo trasferimento da Milano alla Società Orobia di Bergamo.

Gli impegni industriali

Nel 1921 Faletti era stato assunto a Milano alla Società Dinamo del Gruppo Edison: della Edison era amministratore delegato Giacinto Motta, professore di Tecnologie elettriche al Politecnico di Milano e già responsabile dell'attribuzione a Faletti del posto di suo assistente. Alla Dinamo Faletti lavora con successo per molti anni, occupandosi anche della grande centrale idroelettrica di Mese, in collaborazione tra l'altro con un grande esperto in materia, Angelo Omodeo (1876-1941), laureato al Politecnico di Milano nel 1899. Nel 1938, come accennato, passa alla Società Orobia come direttore della filiale di Bergamo e poi di quella di Milano, ma soprattutto come direttore tecnico e poi vice direttore generale, in anni in cui la Orobia era seconda solo alla capogruppo Edison (Fortis, 2003) e continuava ad acquisire società elettrocommerciali della bergamasca, incrementando la sua produzione e la sua distribuzione. Nel 1945 la nomina a consigliere delegato dell'Emiliana a Parma lo pone ai vertici Edison in quella importante regione. Nel 1956 il ritorno all'Orobia e a Milano lo vede consigliere delegato e direttore generale fino alla nazionalizzazione del 1962: nazionalizzazione che Faletti aveva sempre combattuto, anche per ragioni

ideologiche legate al suo percorso politico. Nel 1963, mentre proseguiva il suo impegno per il nucleare, la cui esigenza era stata avvertita per la prima volta in Italia proprio dalla Edison, Faletti è nominato consigliere, poi nel 1971 consigliere delegato del CESI, quel Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta voluto soprattutto dalla Edison, che si era già distinto a livello nazionale e internazionale per prove e misure per conto terzi, nonché per l'elaborazione di nuovi programmi di calcolo automatico per gli studi sul funzionamento del sistema elettrico italiano. Nel 1976 gli succede al CESI Luigi Paris, non suo allievo (Pizzorni, 2011), ma figlio di Michele Paris, professore di Elettrotecnica a Pisa e già coinvolto dal 1958 al 1962 con Faletti, Arnaldo Maria Angelini e altri in una commissione del ministero dei Lavori pubblici sull'adozione della nuova alta tensione di 380 kV (Silvestri, 1997).

La carriera universitaria

L'attività universitaria di Faletti era partita con la lunga parentesi nel ruolo di assistente a Milano negli anni Trenta della quale si è detto. Nel frattempo aveva pubblicato, perlopiù in sedi editoriali legate all'Associazione Elettrotecnica Italiana, AEI, i risultati delle sue molteplici esperienze professionali, che si trattasse di protezioni nelle reti magliate di alta tensione, o degli impianti di distribuzione, o di problemi legati alla generazione, o di dati statistici sui guasti e delle esigenze di continuità di servizio. A Parma all'Emiliana, Faletti accetta nel 1949 l'invito della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna a tenere conferenze su alcuni di questi temi, finché il conseguimento della libera docenza di Impianti elettrici gli consente nel 1952 di ottenere il formale incarico a Bologna per l'omonimo corso, secondo una prassi allora diffusa: erano infatti famosi impiantisti sul campo a professare la disciplina nelle università, come nel caso di Giacinto Motta a Milano. Sono anni in cui Faletti mette mano al suo *Trattato*, come amava chiamarlo, dal titolo *Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica* (Faletti, 1956), pubblicato appunto a Bologna. Il volume è apprezzato anche a livello internazionale, come emerge da una recensione comparsa sulla rivista tecnica jugoslava *Elektrotehniški vestnik*[1] e da un articolo pubblicato sulla celebre *Electrical Review*[2]: sarà più volte riedito con integrazioni e aggiornamenti fino alla versione in due volumi del 1965 e infine in quella del 1985, vol. I, e del 1987, vol. II, che reca anche il nome di Paolo Chizzolini, un collaboratore di Faletti fin dai tempi dell'Orobia (1956) e a lui vicino anche in tutta la sua attività didattica successiva, compresa la preparazione dei materiali universitari. Lo sguardo del Faletti elettrotecnico fu attento anche al contesto internazionale, come emerge da un suo articolo sull'industria elettrica in Svezia pubblicato sulla "Gazzetta di Parma" del 14 luglio 1951[3]

Faletti brucia le tappe universitarie, vincendo nel 1957 il primo concorso a cattedra in Italia di Impianti elettrici: chiamato dall'Università di Palermo, vi presta il suo servizio fino al 1967. Nel frattempo, nel 1963, era partita a Pavia l'esperienza del Politecnico di Milano di una sede distaccata della sezione elettrotecnica, la

più frequentata in quegli anni anche per la grande fonte di occupazione costituita dall'ENEL, ancora in crescita sulla spinta del cosiddetto miracolo economico della ricostruzione postbellica. La sede di Pavia, propedeutica a una Facoltà autonoma istituita formalmente nel 1967, era retta da un Comitato Tecnico costituito da Faletti, da Duilio Citrini, professore di Idraulica e Preside della Facoltà di Ingegneria al Politecnico e da Silvio Cinquini, professore di Analisi matematica e Preside della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali di Pavia, il cui biennio, che serviva i futuri allievi del Politecnico, era così completato, anno per anno, dal terzo, poi dal quarto, poi dal quinto anno di corso in Elettrotecnica (Cantoni, 2009). In questo periodo Faletti teneva a Pavia il corso di Impianti elettrici I (1964/65) e di Impianti elettrici II (1965/66), assicurando a chi si era iscritto a Ingegneria nel 1961/62 il privilegio di godere in toto della sua splendida didattica.

L'associazionismo

La presenza di Faletti nell'associazionismo non solo elettrico è significativa per qualità e quantità: qui ci si limita alle cariche di maggior rilievo da lui rivestite nel solo campo dell'ingegneria; del CESI, così come della commissione ministeriale per le linee a 380 kV, si è già parlato. L'Associazione Elettrotecnica Italiana, AEI, di cui si sono recentemente festeggiati i 120 anni di vita, marca senz'altro la più lunga fedeltà di Faletti. È per esempio nella rivista dell'AEI, *L'Elettrotecnica*, che sono pubblicati il suo primo lavoro tecnico nel 1925, e il suo ultimo nel 1959. All'AEI Faletti è stato Presidente della Sezione di Milano, Segretario generale succeduto a Barbagelata dal 1966 al 1984 e poi Presidente onorario fino alla morte.

Al Comitato Elettrotecnico Italiano, il CEI, creato nel 1909 per iniziativa dell'AEI, delegandogli le funzioni di normazione elettrica, fu soprattutto Presidente del Sottocomitato 11 Impianti elettrici, responsabile della norma CEI 11-1 *Norme generali per gli impianti elettrici*, la cui prima edizione era stata pubblicata ancora dall'AEI; fu anche il primo Presidente, dal 1970 al 1974 del Sottocomitato Impianti elettrici utilizzatori. Fu membro, sempre con posizioni di vertice, dell'Associazione Nazionale di Ingegneria Nucleare, ANDIN, dell'Associazione Nazionale Imprese Distributrici di Energia Elettrica, ANIDEL, dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità, IMQ. Fu Presidente, per i trienni 1963-1965 e 1969-1971, del Collegio degli Ingegneri di Milano (Bigatti, 2008).

Il percorso politico

Risalgono agli anni di studio al Politecnico di Milano le prime tracce del suo impegno di *giovane cattolico militante*[4], che nell'autunno del 1919 lo videro prendere parte alla fondazione della piccola sezione di Urgnano del Partito popolare italiano[5], e che con le elezioni amministrative dell'anno successivo lo portarono ad assumere l'incarico di sindaco del suo paese natale. In questa occasione tenne un discorso nel quale dichiarò:

Avrei preferito essere risparmiato da un simile onore per poter dedicare pienamente e con tranquilla coscienza tutto il mio tempo agli studi sereni e fecondi che trasportano al di fuori e al di sopra delle brutture del cattivo mondo presente a respirare un'aria più vivificatrice e più pura lontano dagli odii, dalle competizioni e dalle lotte dell'odierna inviperita società[6]. Ma dicendosi lieto e onorato dell'elezione a sindaco, ebbe modo di ringraziare i propri elettori e i consiglieri comunali di maggioranza che lo avevano sostenuto, e rivolse il suo *deferente saluto anche ai rappresentanti della minoranza che siedono con noi in quest'aula consigliare*[7].

La candidatura da parte della Democrazia Cristiana nel 1953 per un posto di deputato alla Camera nasceva dall'esigenza del partito di avere tra i suoi rappresentanti un tecnico di successo e un uomo di polso e di carattere come già Faletti si era dimostrato, per esempio nel contenere, con fermezza e pugno duro, la conflittualità del clima aziendale parmense[8]. Il desiderio di Faletti di servire il Paese rispondeva alle sue idee profondamente cattoliche e democratiche; ma altrettanto esplicito era il suo pensiero conservatore, antisocialista e anticomunista, e perfino avverso al liberalismo laico. Eletto alla Camera nella circoscrizione elettorale "rossa" di Parma nella seconda legislatura, 25 giugno 1953 - 11 giugno 1958, fu relatore di 35 interventi alla Camera e si fece promotore di 17 disegni di legge, alcuni dei quali, come quello relativo alla *Determinazione del limite fra l'alta e la bassa tensione negli impianti elettrici*[9] o quello, a sua esclusiva firma, relativo alla *Modifica delle norme per le linee elettriche esterne*[10] [3], specificamente legati alle sue competenze in campo tecnico. Fu inoltre membro della Commissione parlamentare dedicata a industria e commercio, ma il suo impegno non valse ad attenuare la profonda divaricazione personale e politica con il segretario democristiano Amintore Fanfani. A testimonianza di questi cattivi rapporti, nel settembre del 1954 Faletti fu formalmente richiamato da Fanfani per le sue assenze alle votazioni parlamentari, richiamo al quale l'ingegnere bergamasco replicò: *certo è che il sovrapporsi degli impegni parlamentari ai molti altri che richiedono la mia presenza lontano da Roma – in famiglia, in Università, nell'azienda cui appartengo – ha determinato inizialmente, e per difetto di esperienze, inconvenienti del tutto opposti alle previsioni e (naturalmente) alle intenzioni*[11], aggiungendo di trovare la forma del richiamo *un po' irriguardosa – e potrebbe anche indurre qualcuno dei Colleghi ad osservare maliziosamente che le tue trenta e più assenze dalle votazioni non darebbero il diritto d'usare un linguaggio così risoluto*[12]. In altre lettere, Faletti giudicò la visione economica fanfaniana *né capitalistica né comunistica*[13] e dimostrò tutta la sua avversione al sindaco di Firenze e deputato Giorgio La Pira[14]). Le polemiche di Faletti non riguardavano solo Fanfani, ma per esempio l'ENI di Enrico Mattei; e i nemici di Faletti non si trattennero da accusarlo di *conflitto d'interessi*, di *gretto conservatorismo* fino al limite delle *simpatie per il fascismo* (Pizzorni, 2011). Era chiaro che il gruppo dirigente della DC non ne avrebbe sostenuto la conferma nelle elezioni politiche del 1958, come puntualmente avvenne.

Il Fondo Faletti e le sue memorie fotografiche

In seguito al buon esito di precedenti progetti comuni[15], nella primavera del 2017 Pierfranco Faletti ha voluto donare il fondo di suo padre a Fondazione AEM – Gruppo A2A[16].

Benché possa sembrare singolare la presenza negli Archivi Storici AEM di un fondo di un dirigente legato professionalmente alla Società Edison, la coerenza di questi materiali è evidente se si considera che a partire dagli anni Ottanta la municipalizzata milanese aveva già proceduto al recupero di una parte importante della storia energetica di Milano, quando nel 1981, con l'annessione del servizio gas dalla Montedison, furono acquisiti i preziosi scatti dell'Archivio storico Edison legati alla produzione e distribuzione del gas in città.

Inoltre negli ultimi anni Fondazione AEM, in collaborazione con diversi enti e istituzioni, ha promosso il recupero di altri importanti fondi storico-archivistici[17], ampliando di molto lo spettro dei materiali conservati e costituendo di fatto uno dei punti di riferimento per la preservazione della memoria dell'industria energetica nel nostro Paese.

Il Fondo Faletti è composto da materiali eterogenei, circa 7 metri lineari di lettere, ritagli di giornale, pubblicazioni, album e fotografie sparse che nel loro insieme ben testimoniano le numerose attività di Faletti in campo tecnico, politico e scientifico. Oltre a una preziosa raccolta di corrispondenza, è presente moltissima documentazione riguardante il suo impegno accademico e parlamentare, nonché il suo ruolo prezioso in ambito associativo.

Come strumenti di corredo, il fondo presenta attualmente un sintetico elenco di consistenza, a cui va aggiunto un precedente tentativo parziale di inventariazione tematica[18]. Proprio per colmare queste lacune e consentire una migliore fruizione, è stato già previsto per il 2018 un primo intervento di riordino dell'intera documentazione cartacea e fotografica.

Nei numerosi album conservati[19], agli scatti di importanti fotografi del calibro di Antonio Paoletti, si mischiano immagini di agenzie fotografiche (Publifoto, Novafoto, ecc.) e un microcosmo di medio-piccoli fotografi locali, bergamaschi, cremaschi, parmensi e piacentini, incrociati da Faletti o dalle imprese da lui dirette nel corso del sua vita professionale. Sono inoltre presenti tra le fotografie numerosi doni d'impresa, raccolte su commissione e miscellanee di varia natura[20].

Dai quattro album celebrativi, di formato diverso, realizzati tra il 1922 e il 1950 e in parte donati a Noverino Faletti come segno di gratitudine dalle società da lui allora dirette, emergono le fotografie relative allo studio dei progetti, del montaggio e della direzione tecnica in Valchiavenna delle centrali idroelettriche di Mese (Fig. 1) e di San Bernardo (1923-1933). Gli album di grande formato firmati Società Elettrica Interregionale Cisalpina, intitolati *Impianto di Mese 1922-1927* e *Il serbatoio dello Spluga 1932*, contengono entrambi immagini in grande formato di Antonio Paoletti[21],



Fig. 1 – La centrale idroelettrica di Mese. Fotografia di Antonio Paoletti, 1927.

rappresentative dello stato dei lavori, degli esterni e degli interni dei due grandi impianti idroelettrici, secondo i più classici stilemi della fotografia industriale di quegli anni. Nel secondo album, oltre alle immagini della diga della Stuetta e del Cardinello, sono altresì presenti alcune foto familiari di Faletti, sulle quali in matita è annotato *settembre 1933*, forse inserite nell'album come personale omaggio dopo le sue dimissioni di consulente dalla Cisalpina (sempre del gruppo Edison) nel 1933, in seguito all'incorporazione dell'impresa nella Società Generale Elettrica dell'Adamello. Queste preziose immagini sono di grande importanza per la Fondazione:dal momento che oggi gli impianti della Valchiavenna sono parte del Gruppo A2A, esse aggiungono nuove testimonianze visive del *paesaggio elettrico* valtellinese agli Archivi Storici dell'ex municipalizzata milanese, da sempre storicamente situata in Alta Valle.

All'Orobia, durante la guerra, Faletti seguì l'aggiornamento della centrale di Dossi a Valbondione e studiò l'integrale utilizzazione del bacino imbrifero del Barbellino. A testimonianza del suo impegno per l'impresa bergamasca è conservato un grande album donatogli dai dirigenti e dal personale dell'Orobia nell'ottobre del 1945[22], prima del suo passaggio alla Società Emiliana di Esercizi Elettrici. Oltre alle firme dei dipendenti, ai disegni e alle mappe con vedute a pastello dei territori di competenza dell'impresa, sono presenti diverse fotografie coeve degli impianti, di minore formato e di bassa qualità.

Tra gli album più antichi è presente una raccolta in piccolo formato intitolata *Riunione in Sila dei Comitati consultivi Energia Elettrica del Nord, del Centro e del Sud – Società Meridionale di Elettricità, 7-9 maggio 1950*, forse ricevuta in dono, durante alcuni suoi impegni istituzionali nel dopoguerra. Diverse immagini si riferi-

scono agli impianti idroelettrici della Sila, come le centrali di Timpagrande e Calusia realizzate negli anni Trenta dalla Società Meridionale di Elettricità e anch'esse oggi parte del Gruppo A2A.

Venendo al periodo della ricostruzione, e in particolare all'impegno di Faletti in terra emiliana come direttore generale della Società Emiliana di Esercizi Elettrici, la SEEE[23], sono ben riconoscibili nove album di colore verde e di medio formato, che raccolgono diverse fotografie di visite a impianti, per esempio la *Visita di Autorità e Industriali Piacentini alle Centrali idroelettriche di Muschioso e Farneta della Società Emiliana di Esercizi Elettrici – 2 e 3 giugno 1951*. Uno dei compiti principali di Faletti fu la ricostruzione e l'avviamento degli impianti danneggiati durante la guerra, come appunto la centrale di Muschioso, danneggiata dai tedeschi e riavviata nel 1949. Oltre alla ricostruzione e all'aggiornamento del sistema di distribuzione della SEEE, in questi anni Faletti si impegnò molto anche nelle attività di welfare dell'impresa, più volte rappresentate negli album dalle cerimonie di consegna delle medaglie d'oro ai dipendenti anziani della SEEE, dalle numerose gite sociali, oppure dalla consegna delle case realizzate con il piano INA-Casa per i propri dipendenti.

Oltre alle attività professionali, negli album di Faletti sono presenti sia il suo impegno politico per la Democrazia Cristiana, come nel caso della *Campagna elettorale 7 giugno 1953*, sia i suoi interessi in ambito associativo per il locale Rotary Club di Parma. In questi anni, le immagini sono spesso frutto del lavoro di quattro storici studi emiliani, lo studio Montacchini e lo studio Vaghi di Parma, lo studio Vaiani di Reggio Emilia e lo studio Gianni Croce di Piacenza.

Nel dicembre del 1955 Faletti annunciò le sue dimissioni come direttore generale della SEEE, richiamato nel 1956 a dirigere l'Orobia. Anche di questo periodo sono presenti numerose testimonianze fotografiche, legate in particolare ad attività di welfare in territorio bergamasco e cremasco, come la consegna di abitazioni realizzate dall'impresa ancora con il piano INA-Casa, oppure doni ai figli dei dipendenti in occasione di Santa Lucia. I fotografi cooptati sono principalmente lo Studio Foto-Cine E. Malliani di Crema e dello Studio Wells di Bergamo.

Parallelamente al ritorno in Orobia, a partire dal 1956 Faletti assunse l'incarico di amministratore delegato e direttore generale della Società Idroelettrica Alto Chiese, la SIAC, impegnandosi nel completamento del sistema idroelettrico sul fiume Chiese con l'avviamento delle centrali di Cimego, Boazzo e Storo. Sono presenti quattro album di questo periodo che raccolgono visite di deputati, di socie del Soroptimist Club e di membri dell'ANIDEL agli impianti dell'Alto Chiese, in particolare alla centrale e alla diga di Boazzo (Fig. 2). Tra questi ultimi album, si segnala la raccolta *Consegna e benedizione della Chiesetta di Limes, 25 giugno 1961*, chiesa costruita in memoria dei lavoratori caduti sul lavoro durante la costruzione degli impianti nell'Alto Chiese.

Merita grande attenzione anche il vasto patrimonio iconografico personale collazionato forse dallo stesso Faletti in ben 29 album, con precise indicazioni della



Fig. 2 – Visita del Soroptimist Club di Milano alla diga di Boazzo della SIAC. Sulla destra, Noverino Faletti. 17 giugno 1962

cronologia e dei luoghi che intrecciano la sua vita personale, politica e professionale. La maggior parte della documentazione fotografica di questi album è riferibile agli anni tra il 1954 al 1962 e sembra nascere per una ferrea volontà di autodocumentazione, attraversando in questo arco di tempo le sue diverse attività e i territori su cui esse sono state svolte, da Parma a Piacenza, così come da Bergamo a Crema e all'Alto Chiese. Questi 29 album rappresentano uno straordinario sunto di un periodo proficuamente attivo della vita di Noverino Faletti, con una marcata eterogeneità di soggetti: sfogliando le raccolte si passa dalle crociere di famiglia alle visite agli impianti per l'Orobia e per la SIAC, come nel caso *Visita agli impianti della SIAC dei Deputati della X Commissione (Industria) della Camera. 15-16 settembre 1956*, dalle attività di welfare, con le già citate consegne degli alloggi INA-Casa e con iniziative dei Cral aziendali, all'inaugurazioni degli impianti di illuminazione pubblica di diverse località, a partire da Urgnano, suo paese natale. Non mancano inoltre le feste per figli dei dipendenti o la consegna delle medaglie d'oro per anzianità, oppure eventi politici e conferenze scientifiche come quelle svolte da Faletti per l'UCID (Unione Cristiana Imprenditori Dirigenti) o per l'AEI . A quelli incrociati precedentemente si aggiungono ora altri laboratori di fotografi professionisti come lo Studio Parmigiani di Busseto, ma soprattutto la Foto Mauri A. Weiller di Bergamo, che sembra accompagnare ogni attività di Faletti in territorio bergamasco.

Filo comune di tutta questa documentazione è una costante e duplice rappresentazione di Faletti come uomo e come autorità, sia durante le cerimonie ufficiali sia nel corso dei momenti più privati, resa da uno stile più da reportage che celebrativo, con uno spiccato interesse verso le persone e i momenti aggregativi piuttosto che non per le strutture, gli impianti industriali o i territori circostanti. Non mancano dunque, sia negli album sia nel retro dei positivi, appunti con frasi di gratitudine, così come tante

attestazioni di stima verso l'uomo e la sua risaputa statura morale e professionale. Stupisce inoltre l'alto numero di fotografie legate a momenti istituzionali di tipo conviviale, così come l'assenza quasi totale di immagini legate al suo prestigioso ruolo di professore universitario.

Chiude l'apparato iconografico una piccola serie di album minori e miscellanee varie, così come permangono purtroppo sparse in alcune buste centinaia di fotografie storiche non solo relative ad attività professionali di Faletti, ma anche a diversi impianti elettrici, sicuramente valorizzabili in futuro attraverso la loro progressiva inventariazione e digitalizzazione.

Bibliografia

Bigatti G., Canella M. (a cura di). 2008. *Il Collegio degli Ingegneri e Architetti di Milano: gli archivi e la storia*. Milano: FrancoAngeli.

Cantoni V., Silvestri A. (a cura di). 2009. *Storia della tecnica elettrica*. Milano: Cisalpino.

Carboni C., Granata M., Morosini S., Paletta G., Selvafolta O., Silvestri A., Trisoglio F. 2013. *Il Politecnico di Milano e la formazione delle classi dirigenti nazionali e locali*. Cinisello Balsamo: Silvana Editoriale.

Faletti N. 1956. *Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica*. Bologna: Pàtron.

Faletti P. 2014. *50 frammenti degli anni '50. Luci a Milano.* Azzano San Paolo: Bolis Edizioni.

Fortis M., Pavese C., Quadrio Curzio A. (a cura di). 2003. *Il Gruppo Edison 1883-2003. Profili economici e societari*. Bologna: Il Mulino.

Morosini S., Silvestri A., Trisoglio F. 2015. Intersezioni accademiche e industriali tra Politecnico di Milano e Bologna. In: *Università e formazione dei ceti dirigenti. Per Gian Paolo Brizzi, pellegrino dei saperi*, (a cura di Angelozzi G., Guerrini M.T., Olmi G.), 539-562. Bologna: Bononia University Press.

Pizzorni J. 2011. *Noverino Faletti e il Novecento. Imprenditore elettrico, scienziato, politico.* Azzano San Paolo: Bolis Edizioni.

Silvestri A. (a cura di). 1997. *Per ricordare e conoscere: dai laboratori e dagli archivi del Politecnico*. Milano: All'insegna del pesce d'oro di Vanni Scheiwiller.

Trisoglio F. (2017). I fotografi dell'energia: uomini, architetture e territori nell'Archivio storico fotografico AEM. In: *Fotografia per l'architettura del XX secolo in Italia. Costruzione della storia, progetto, cantiere* (a cura di Crippa M.A., Forni M., Zanzottera F.), 346-373. Cinisello Balsamo: Silvana Editoriale.

Acronimi

ANF: Archivio Noverino Faletti, Fondazione AEM – Gruppo A2A, Milano.

Note

1. ANF, Busta 3, Attività politico-sociale.
2. ANF, Busta 2, Attività politico-sociale.
3. *Ibidem*,
4. ANF, Busta 1, Attività politico-sociale.
5. *Ibidem.*

6. *Ibidem.*
7. *Ibidem.*
8. Si veda a questo proposito anche l'album fotografico Istantanee colte in occasione della conferenza tenuta dal Dott. Prof. Ing. Noverino Faletti al Teatro Minerva di S. Felice sul Panaro sul tema 'Cristianesimo e Comunismo' la sera del 28 maggio 1953 – Società Emiliana Esercizi Elettrici – Zona di Mirandola.
9. Camera dei Deputati, Atti parlamentari, Proposta di legge n. 1212 a firma dei deputati Faletti, Pacati, Bartoli e Pasini: Determinazione del limite fra l'alta e la bassa tensione negli impianti elettrici, annunziata il 30 ottobre 1954.
10. Camera dei Deputati, Atti parlamentari, Proposta di legge n. 1825 a firma del deputato Faletti: Modifica dell'articolo 56 del regio decreto 25 novembre 1940, n. 1969, recante norme per le linee elettriche esterne, annunziata il 18 ottobre 1955.
11. ANF, Busta 15, *Lettere*, 13 settembre 1954.
12. ANF, *Ibidem*.
13. ANF, Busta 15, *Lettere*, 15 settembre 1955.
14. ANF, Busta 15, *Lettere*, 19 luglio 1955.
15. Ci si riferisce in particolare al convegno *Energia elettrica, il futuro dell'Europa/Italia tra Cina e USA*, svoltosi il 18 novembre 2011 presso l'Aula Rogers del Politecnico di Milano e organizzato da Fondazione AEM, in collaborazione con AEIT, il Collegio degli Ingegneri e Architetti di Milano e FAST, in occasione della presentazione del libro in memoria di Noverino Faletti (Pizzorni, 2011).
16. La fondazione d'impresa, costituita nel 2007, ha finalità di pubblica utilità e solidarietà sociale e si propone di perseguire, nell'ambito territoriale della Regione Lombardia, la salvaguardia e la valorizzazione della storia e della cultura aziendale dell'Azienda elettrica municipale di Milano, oggi Gruppo A2A. In merito ai suoi fondi archivistici cfr. Trisoglio, 2017.
17. Si ricorda in particolare il recupero dell'Archivio del CISE, oggi conservato presso Fondazione ISEC, oppure il progetto in progress di acquisizione del Fondo Roberto Tremelloni e dell'Archivio CIRIEC. Sempre nella primavera del 2017 è stato donato a Fondazione AEM da Andrea Silvestri il Fondo Alessandro Panzarasa (1866-1960), tecnico insigne e commissario dell'azienda dal 1910 al 1912.
18. Le categorie sono: personale, attività, pubblicazioni e discorsi, rassegna stampa, concorso, corrispondenza. Sono presenti inoltre diverse pubblicazioni, una raccolta autoprodotta con la testimonianza del suo lavoro da parlamentale e alcune edizioni del volume *Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica* (Faletti, 1956).
19. Gli album conservati sono circa una sessantina, alcuni in buono stato mentre altri presentano un naturale deterioramento dovuto all'invecchiamento dei materiali di conservazione. Tra le raccolte indistinte, è altresì presente una busta "Bolis Edizioni" con numerose fotografie sparse forse utilizzate per il volume del 2011 e non più ricollocate all'interno degli album.
20. La maggior parte delle fotografie conservate è costituita da positivi. Nella presente indagine per sinteticità sono stati indagati solo i materiali presenti negli album, riservando alle miscellanee sparse ulteriori ricerche.
21. Protagonista assoluto della fotografia industriale italiana degli anni Trenta e specializzato in fotografia di architetture, Antonio Paoletti lavorò per l'IACP di Milano e dal 1922 con la Società Edison, AEM e con altre grandi imprese industriali.

22. In prima pagina: I dirigenti ed il personale della Società Anonima Orobia al loro vice direttore generale cav. dott. ing. Noverino Faletti in lieto ed affettuoso ricordo del buon lavoro insieme compiuto. 31-10-1945.
23. Avviata nel 1906 per alimentare il territorio parmense e reggiano, la Società Emiliana di Esercizi Elettrici era la consociata Edison con la più vasta area di distribuzione del Gruppo (Fortis, 2003).

Simona Talenti

Un ingegnere da riscoprire: il contributo di Plinio Marconi in Campania

Abstract
Despite a brilliant and intense career as an architect and town planner, Plinio Marconi was not, until today, taken into consideration from the historiography. Through the study of archival sources, are studied projects drawn up in Campania territory from this protagonist of architectural culture and town planning between 1940 and 1960. Will be analyzed both projects not realized as the Houses of the Youth of the Littorio (in Capua and Aversa) and new stadium of Salerno, both interventions carried out, like the various districts and the General Master Plan of Salerno, in order to rediscover the professional and intellectual figure of an engineer who has actively contributed to the architectural debate alongside personalities such as Giovannoni or Piacentini.

Un protagonista dimenticato
Laureato in Ingegneria Edile a Roma nel 1919, dopo una serie di progetti di quartieri popolari e residenziali nella capitale, tra cui la borgata giardino della Garbatella, Plinio Marconi diventa un prolifico pianificatore, componente di numerose commissioni urbanistiche, interpellato e ricercato da molte municipalità. Rimini, Verona, Vicenza sono solo alcune delle città italiane per le quali l'ingegnere-architetto redige un Piano Regolatore Generale a partire dagli anni Trenta (Di Biagi e Gabellini, 1992). Anche la sua carriera accademica, dopo una prima collaborazione come assistente al corso di *Elementi delle fabbriche* al fianco di Gustavo Giovannoni presso la Scuola di Applicazione per ingegneri di Roma, lo vede impegnarsi nel settore urbanistico e diventare nel 1933 professore di Urbanistica alla Facoltà di Architettura della Sapienza. Feconda è anche la sua produzione teorica, storica e critica in campo architettonico, facilitata dal suo ruolo di redattore, dal 1927 al 1943, della rivista *Architettura e Arti Decorative*, divenuta nel 1931 il periodico di diffusione del Sindacato nazionale fascista architetti con il titolo di *Architettura*. Da sempre interessato all'arte del costruire, alla sua storia e alle sue tradizioni, Marconi rappresenta quella figura di progettista *integrale* giovannoniano, in grado di cimentarsi con problemi estetici e artistici, ma anche tecnici e costruttivi (Talenti e Teodosio, 2017).

Le prime esperienze in Campania

Tra i primi progetti elaborati da Plinio Marconi in Campania, l'Archivio Centrale dello Stato di Roma, presso cui è conservato il fondo dell'ingegnere, documenta due Case G.I.L. (Gioventù Italiana del Littorio) che avrebbero dovuto sorgere ad Aversa e a Capua[1]. Marconi viene coinvolto dall'organizzazione giovanile fascista, che aveva istituito nel 1937 la Gioventù Italiana del Littorio e aveva cominciato a diffondere in maniera capillare sull'intero territorio nazionale le sue sedi destinate all'educazione fisica e mentale dei ragazzi. All'architettura di questi nuovi edifici non era richiesta quella classica monumentalità delle Case del Fascio, ma semplicemente di rispondere ai principi di funzionalità e di coerente distribuzione, avvalendosi possibilmente delle tecniche moderne. L'Archivio conserva le lastre fotografiche degli elaborati grafici dei due progetti dell'ingegnere, ma i documenti sono silenti in merito alla commessa e a qualunque informazione cronologica e programmatica. Entrambi gli edifici, verosimilmente progettati agli inizi degli anni '40, sono situati ai margini della città storica, vicino alle principali arterie di comunicazione stradale e non lontano dalla stazione ferroviaria. Si tratta di costruzioni destinate a ospitare una palestra e alcuni servizi annessi e pertanto di dimensioni relativamente modeste e di un solo piano fuori terra, fatta eccezione per il volume della sala di allenamento che richiede un'altezza maggiore.

Nonostante l'utilizzo della muratura come materiale costruttivo, delle capriate lignee e della pietra impiegata nel basamento e in alcuni pilastri angolari di queste strutture sportive, Marconi conferisce ai progetti una parvenza di modernità attraverso le volumetrie semplici, le finestre quadrate e la ripetitività delle aperture nell'impaginazione dei prospetti. Tutto questo, attraverso delle rappresentazioni grafiche in cui, per esempio, la prospettiva dal basso della casa G.I.L. di Aversa, in fig. 1, permette volutamente di nascondere le falde inclinate delle coperture, lasciando presupporre che si tratti di tetti piani, mentre la veduta aerea accentua la semplicità e la stereometria dei tre corpi di fabbrica, la cui articolazione corrisponde ai diversi usi dello spazio interno: palestra, ambienti di servizio e zona riunioni. Nel caso di Capua, solo la palestra, ben identificata da una pianta rettangolare e da un'altezza più elevata, è coperta da un tetto a falde, mentre il più moderno tetto piano viene utilizzato per la struttura a pianta quadrata ove trovano collocazione spogliatoi, uffici, servizi igienici, sala riunioni e biblioteca. Le due vedute prospettiche, elaborate pure per questo progetto, mettono in evidenza anche l'impianto simmetrico, oltre all'equilibrato porticato sostenuto da colonne in laterizio. I due piccolissimi cortili interni, nei quali Marconi prevede di piantare un albero, avrebbero permesso di illuminare l'angusta cucina e parte dei servizi igienici. Ma la presenza di queste piante, congiuntamente alla ricca vegetazione rappresentata in tutti i disegni in prospettiva, attesta anche l'importanza attribuita alla relazione tra l'ambiente costruito e quello naturale da parte dell'ingegnere di origine veronese. I documenti fino a oggi reperiti

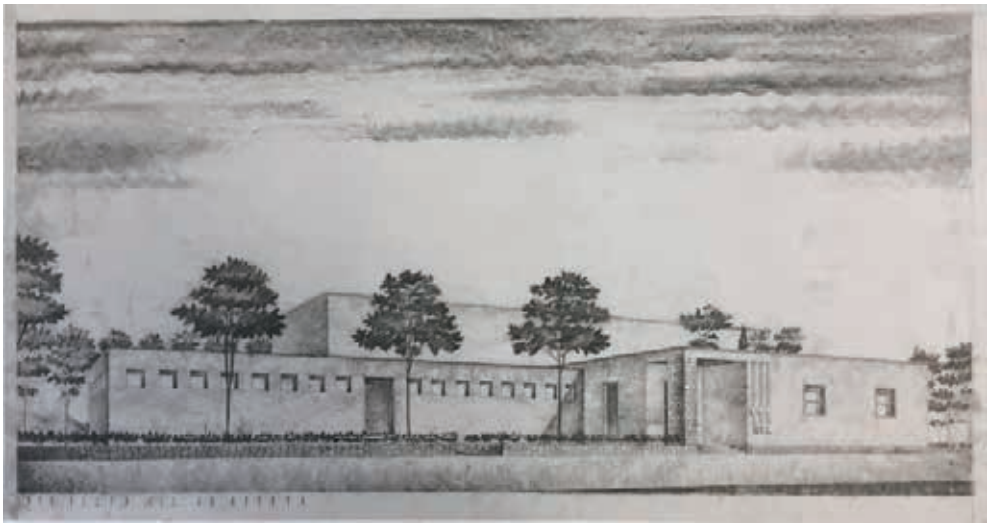


Fig. 1 – Casa della G.I.L. ad Aversa, Archivio Centrale dello Stato, archivio Plinio Marconi.

non rendono conto delle ragioni della mancata realizzazione di entrambi i progetti. Marconi verrà però nuovamente sollecitato da un'altra città campana per elaborare ulteriori interventi, sia a scala urbana che architettonica.

I primi contatti con la città di Salerno e il nuovo PRG

È possibile che sia stato il collega architetto romano Alfredo Scalpelli, responsabile del piano di ricostruzione di Salerno elaborato nel 1945, a coinvolgere Plinio Marconi nelle attività della città campana (Talenti e Teodosio, 2017). Al 1952 risale un progetto non realizzato, le cui rappresentazioni fotografiche sono conservate all'Archivio Centrale dello Stato[2], presentato al concorso del *Fondo per l'incremento edilizio* e riguardante un quartiere residenziale sul lungomare Marconi. Oltre a quella dell'ingegnere, l'elaborato porta le firme degli architetti Agostini e Greco, probabilmente collaboratori dello studio romano. La complessa articolazione dei vari fabbricati sembra voler offrire il migliore orientamento luminoso e termico, mentre le diverse tipologie di coperture conferiscono agli edifici una varietà e una maggiore caratterizzazione. Le numerose superfici verdi e le ampie aree di riposo ribadiscono invece i temi progettuali cari a Marconi.

Risale sempre a quei primi anni Cinquanta il primo incarico ufficiale che vede l'ingegnere coinvolto in un importante progetto legato alla città di Salerno. L'Amministrazione comunale gli commissiona infatti nel 1953 l'elaborazione, assieme ad alcuni tecnici ed ingegneri locali, del nuovo Piano Regolatore[3]. Ma l'alluvione del 1954 ritarda l'elaborazione del PRG, che viene approvato solo nel 1958. L'opera di

pianificazione prende avvio a partire dal dimensionamento della città e in particolar modo dai rapporti tra le dimensioni di ogni parte di cui essa si compone[4]. Marconi è alla ricerca della giusta proporzione tra le diverse zone (residenziali, industriali, verdi, ecc.) in cui dovrà vivere, lavorare e svagarsi la popolazione futura, la cui stima a distanza di 30 anni deve determinare le scelte progettuali. Diminuire l'affollamento, considerato la causa preminente del dissesto urbanistico, costituisce infatti l'obiettivo prioritario e ineludibile che riecheggia ripetutamente nei documenti. Marconi ritiene possibile prescindere dai piani particolareggiati e arricchire il Piano Regolatore di tutte quelle norme dettagliate che devono regolamentare le tipologie edilizie, la maglia viaria, la precisa collocazione delle diverse aree e così via. Per l'ingegnere, lo strumento di pianificazione deve fondarsi su un'indagine conoscitiva volta a restituire lo stato di fatto del territorio attraverso un'attenta disamina delle sue condizioni geografiche, geologiche, storiche, morfologiche, demografiche ecc. Il centro storico deve essere preservato senza per questo procedere a una museificazione dei quartieri fatiscenti e degradati, mentre il piano deve essenzialmente indirizzare le nuove costruzioni verso la periferia, a sud del fiume Irno.

La constatazione che gli indici di fabbricabilità dei regolamenti vigenti negli ultimi decenni avevano consentito eccessive altezze e ridotte distanze tra gli edifici induce Marconi a proporre, per i nuovi quartieri, indici di fabbricabilità minori, altezze limitate e notevoli distacchi. La varietà tipologica avrebbe dovuto caratterizzare le nuove aree, con casette singole, doppie e a schiera, case con orti, ville e villini, fabbricati semintensivi e intensivi. Marconi e Scalpelli, che dal 1954 affianca l'ingegnere in questo progetto, si adoperano anche a precisare la necessità che tutte le zone di espansione siano attrezzate con mercati, negozi e scuole di primo grado, al fine di rendere autonomi e indipendenti i nuovi quartieri residenziali.

Per garantire l'efficace applicazione del PRG, i progettisti ritengono prioritario lo studio della circolazione urbana e territoriale, in grado di collegare e mettere in relazione le diverse parti del tessuto urbano. L'analisi della congestione viaria dovuta alla Statale 18 e alla sua parziale sovrapposizione al traffico urbano e l'ipotesi di spostamento della rete ferroviaria Salerno-Battipaglia costituiscono i due assi di intervento privilegiati. Le proposte non si limitano però a incanalare e controllare la crescita urbana. Il PRG è concepito come strumento di gestione dell'assetto del territorio e pertanto le nuove norme avrebbero dovuto incidere profondamente su tutta la circoscrizione comunale. Il nuovo Piano prevede così una nuova arteria che costeggia il lungomare e scende fino a Paestum e un'ampia piazza sul mare a circolazione rotatoria dove far convergere i diversi assi stradali: Statale 18, lungomare e Statale 88.

Gli interventi post-alluvione

Un anno dopo essere stato incaricato del nuovo PRG, Marconi viene coinvolto dal Comune di Salerno per trovare soluzioni alla carenza di alloggi dovuta all'incessante

sviluppo demografico e alle distruzioni della guerra, ora fortemente acuita dai danni del nubifragio del 1954. I nuovi quartieri realizzati dai professionisti locali si presentano essenzialmente come zone dormitorio, agglomerati satelliti, con tipologie edilizie estranee alla tradizione locale, senza servizi né spazi verdi e costituiscono una risposta tempestiva al problema abitativo attraverso una semplice e anonima urbanizzazione intensiva. All'interno di questo scenario che vede sorgere interi rioni di edilizia popolare con alta densità abitativa, si distinguono i modelli residenziali che hanno visto il coinvolgimento di Marconi. All'urbanista e al collega Alfredo Scalpelli viene chiesto dalla municipalità, nel maggio del 1955, di riflettere in maniera più organica sulla possibilità di concepire nei pressi della settecentesca Villa Carrara in località Pastena e collegato alla Statale n.18, *un nuovo quartiere residenziale per gli alluvionati rimasti senza tetto*[5]. Organizzato attorno a una nuova chiesa parrocchiale e provvisto di una serie di attrezzature quali cinema, mercato, negozi, il progetto non troverà riscontro nella speculazione edilizia che prenderà il sopravvento in quest'area di espansione. Se l'impianto planimetrico e viario sembra essere stato in parte rispettato, sono invece le destinazioni d'uso e la varietà tipologica a mostrare una certa dissonanza con le opzioni progettuali dei due architetti.

Un destino simile sarà riservato anche al progetto elaborato da Marconi e Scalpelli qualche anno più tardi per il nuovo quartiere di Mariconda, in seguito allo sfratto delle famiglie provenienti dai fabbricati pericolanti e poco igienici del centro storico. Per il nuovo quartiere i progettisti elaborano diverse soluzioni urbanistiche in linea con le indicazioni del PRG, prevedendo l'insediamento di varie strutture pubbliche e di numerosi spazi verdi[6]. Le varianti elaborate mostrano sempre un'attenzione all'organizzazione complessiva e una distribuzione estremamente variegata delle tipologie edilizie. Ma anche in questo caso la planimetria non sembra essere stata in alcun modo rispettata. La varietà volumetrica e altimetrica dei condomini, ma soprattutto le corti aperte, i giardini e gli orti, le visuali sulle colline, così come l'inserimento degli spazi commerciali, svaniscono impietosamente nel quartiere effettivamente realizzato secondo il progetto del 1966 che vede la presenza accanto all'anziano Scalpelli di numerosi progettisti locali quali Visconti e Marano, oramai tutti visibilmente assorbiti dall'ingranaggio della speculazione edilizia. Solo i due edifici collettivi, mercato e scuola materna, ottengono il permesso di costruzione dal Consiglio Comunale il 20 giugno 1960 e vengono eretti seguendo il progetto architettonico firmato da Marconi e dall'ingegnere Vittorio Gigliotti[7]. Il risultato è che, oggi, quei due fabbricati sembrano completamente estranei al rione di edilizia popolare del quale fanno parte e che attualmente si trova per di più in uno stato di evidente degrado.

Quanto al cosiddetto *quartiere Mariconda, lotto 1°*, concepito probabilmente in questi stessi anni Cinquanta per un'area prospiciente la Statale 18 e di cui si conservano alcuni elaborati grafici firmati dai responsabili del PRG, esso è rimasto pur-

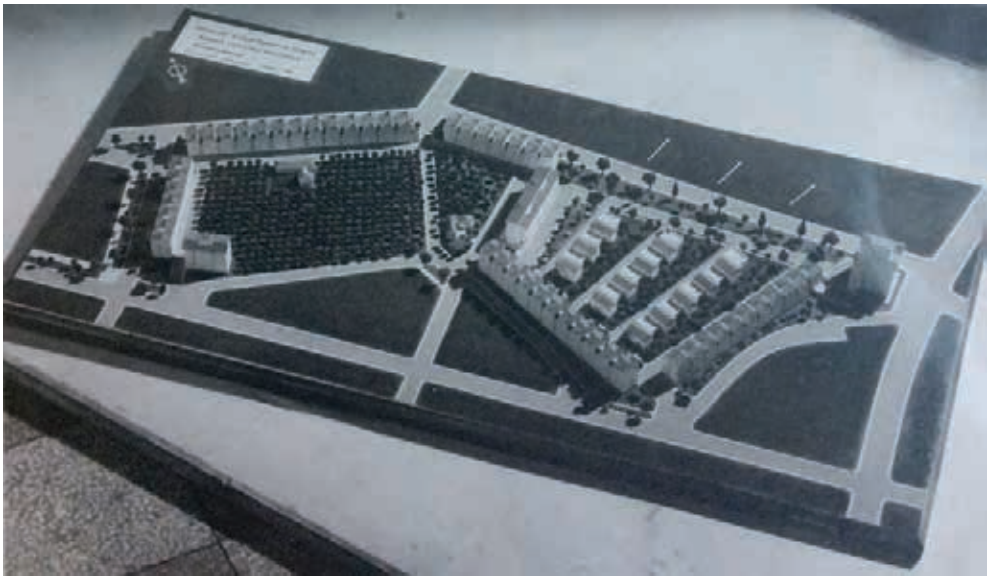


Fig. 2 – Progetto dell'Unità di abitazione in Area Conforti, Archivio Centrale dello Stato, archivio Plinio Marconi.

troppo integralmente allo stadio di progetto[8]. Eppure il rispetto per la villa esistente attorno alla quale vengono distribuiti i fabbricati secondo un impianto aperto, la sufficiente distanza tra gli edifici e la loro altezza ragionevole (3 piani), nonché la presenza di diverse aree verdi, avrebbero potuto far nascere un piccolo quartiere modello, volàno di nuovi interventi urbani sapientemente pianificati.

L'unica operazione che Plinio Marconi riesce a portare a termine secondo il proprio piano, è costituito dall'Unità di abitazione progettata per l'INA Casa, situata in *area Conforti* e nota ora come quartiere *De Gasperi*, in fig. 2. Realizzato da un team coordinato dall'ingegnere, sempre nell'area di espansione ad est del centro storico di Salerno a partire dal 1959, il quartiere riflette tutti quei connotati urbani cui Marconi aspira, come l'estrema varietà tipologica, la presenza di ampie aree verdi e gli intenti paesaggistici (Talenti e Teodosio, 2014). Si tratta di opzioni progettuali che esemplificano e traducono l'attento studio delle peculiarità della compagine storica dalla quale provengono i futuri abitanti dell'Unità. La logica compositiva evidenzia una netta predilezione per un'idea di quartiere pressoché autosufficiente, dove gli spazi verdi e quelli collettivi determinano la planimetria generale dell'insediamento. Lo schema di questa ponderata pianificazione urbana è oggi fortemente compromesso dalle trasformazioni avvenute, oltre che dalla mancata realizzazione di alcuni fabbricati a vocazione sociale.

Il progetto del nuovo stadio di Salerno e la committenza privata

Il 15 giugno 1955 viene approvato il *progetto generale per la costruzione di un campo sportivo da destinarsi unicamente per le necessità ginnico-sportive delle scuole della città*[9]. La progettazione viene commissionata nella seduta di Giunta del 2 novembre 1956 a Marconi e Scalpelli, i quali redigono rapidamente un progetto di massima inserendo il nuovo stadio nella zona sportiva prevista dal PRG (dove erano attesi anche un campo di allenamento, un ippodromo, campi da tennis, parcheggi e spazi verdi), ovvero a oriente della città, prospiciente il mare e servita dal lungomare in fase di attuazione e da una strada a scorrimento veloce prevista nel Piano Regolatore[10]. La nuova struttura sportiva, secondo quanto riportato dal sindaco Alfonso Menna in un documento dell'1 dicembre 1956, avrebbe dovuto essere realizzata in diverse fasi, prevedendo che inizialmente il nuovo stadio avesse la capacità di circa 60.000 persone ma presentasse la possibilità di un ampliamento futuro[11].

Tale richiesta diventa una caratteristica principale del progetto elaborato da Marconi e Scalpelli che ipotizzano che i due primi settori di gradinate accolgano 52.000 spettatori e che nella seconda fase si sarebbe edificato un settore strutturalmente completamente indipendente per 14.000 spettatori seduti ed eventualmente 4.000 in piedi[12]. I due professionisti si adoperano per realizzare uno stadio attrezzato e moderno, a partire dallo studio attento dell'orientamento. È infatti stata *assunta una inclinazione verso Ovest dell'asse maggiore del campo*, al fine di *evitare che il sole colpisca di fronte giuocatori e pubblico*[13].

Quanto alla forma ellittica particolarmente accentuata, anche se considerata dagli stessi progettisti meno adeguata di quella prossima al cerchio per ragioni legate alla visibilità, la sua scelta è dettata dall'uso previsto come campo da calcio e spazio per l'atletica leggera. Il 30 luglio 1960 viene pubblicato un articolo sul quotidiano *Roma* riguardante il nuovo stadio, nel quale si riflette, in maniera vagamente polemica, sul cambio di destinazione del vecchio stadio del centro storico *Donato Vestuti* a struttura sportiva scolastica[14]. La municipalità infatti aveva ritenuto più utile destinare il nuovo impianto sportivo, da realizzare in periferia, alla totalità degli abitanti della città campana. A partire da questo momento, Marconi si rimette al lavoro, procedendo a una stima puntuale del possibile bacino d'utenza. Parallelamente, l'ingegnere studia gli accessi a partire dalle direttrici stradali, nonché le nuove arterie di scorrimento e di collegamento, prevedendo diversi cavalcavia per ovviare ai problemi di circolazione e di traffico.

Il nuovo progetto, in fig. 3, che prevede uno stadio dalle dimensioni olimpioniche, 105 m x70 m, destinato a ospitare partite nazionali e internazionali, non sembra però imboccare una strada facile e il fitto scambio epistolare tra il sindaco di Salerno Alfonso Menna e l'ingegnere attesta le difficoltà di passare al progetto esecutivo per ragioni legate in parte al finanziamento dell'opera. I toni si inaspriscono, anche perché i progettisti non sono ancora stati pagati per il loro impegno e così il 30 giu-

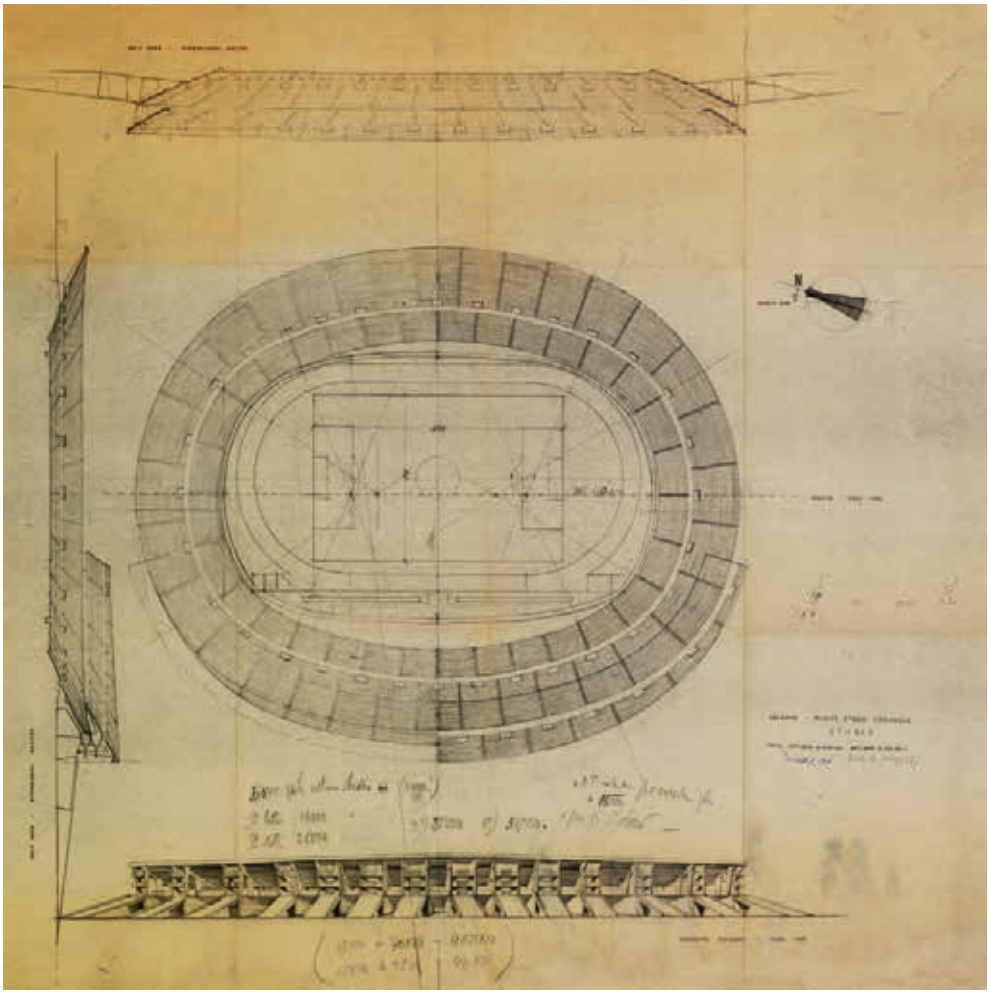


Fig. 3 – Progetto del nuovo stadio di Salerno, Archivio Centrale dello Stato, archivio Plinio Marconi.

gno Marconi scrive a Menna *Possibile si debba ritenere che i lavoratori intellettuali debbano lavorare gratis*? [15]

Ciononostante, la relazione sul progetto dello stadio, firmata dai progettisti il 1° luglio, documenta un chiaro avanzamento degli elaborati e rende conto, tra l'altro, dell'innovativa soluzione strutturale: *le strutture portanti delle gradinate sono state studiate in modo da renderle quanto più possibile semplici e tali da utilizzare bene lo spazio sottostante, senza ricorrere a forme che, seppure soddisfacenti dal punto di vista plastico, male si prestano ad una rigorosa utilizzazione*[16].

I progettisti rinunciano a qualunque monumentalismo di facciata, preferendo un alzato funzionale e lineare. Le diverse varianti elaborate per la struttura destinata a sorreggere il settore di ampliamento attestano invece la lunga ricerca effettuata probabilmente da Marconi per trovare una soluzione valida dal punto di vista ingegneristico e costruttivo, ma anche da quello più prettamente estetico.

Nel 1959 ritroviamo Marconi coinvolto in un progetto di un fabbricato residenziale sito in Piazza della Concordia e la cui esecuzione è affidata all'impresa Amendola[17]. Si tratta di un edificio il cui iter attuativo è stato particolarmente complesso. L'ingegnere Vittorio Gigliotti segue la realizzazione del progetto che si protrae per diversi anni. Nonostante alcuni interessanti accorgimenti, quali per esempio la configurazione e l'orientamento dei balconi, lo stabile abitativo sembra iscriversi nella logica della speculazione che durante gli anni Sessanta e Settanta trasformerà radicalmente il volto di Salerno. Dopo tanti progetti sociali e dopo tante delusioni e sconfitte, anche economiche, testimoniate dal carteggio tra l'ingegnere e il comune campano, è forse giunto il tempo della disillusione e del realismo che conducono a un progetto ad alta densità abitativa e dalle dimensioni, compresa l'altezza, considerevoli, soprattutto se si considera la sua ubicazione fronte mare.

Conclusioni

Lungo e controverso si è rivelato il rapporto di Marconi con la Campania, iniziato agli inizi degli anni Quaranta con i progetti non realizzati delle Case G.I.L. di Capua e Aversa. Il PRG di Salerno ha avuto un iter travagliato e non è mai stato adeguatamente rispettato e applicato, nonostante abbia poi rappresentato per oltre un quarantennio l'unico riferimento normativo per lo sviluppo urbano della città. I quartieri residenziali salernitani progettati dall'ingegnere-architetto sono stati costruiti travisandone molto spesso gli obiettivi.

Eppure quello che Marconi ha cercato di promuovere nei suoi interventi di edilizia sociale e in maniera particolarmente significativa nella sua Unità abitativa *De Gasperi*, è stata soprattutto l'autonomia di questi insediamenti che, se realizzati con tutti i servizi e le attrezzature previsti, avrebbero potuto ricreare le condizioni sociali e urbane dei rioni della città storica. Di quel nucleo storico, Marconi ha cercato di far rivivere le tradizioni architettoniche e urbane anche attraverso una serie di scelte progettuali, mirando a evocare in maniera più o meno esplicita l'impianto e la struttura della città, con la sua peculiare organizzazione degli spazi esterni, la varietà tipologica dei suoi edifici e l'articolazione delle sue aree verdi. L'esperienza campana di Marconi termina negli anni Sessanta con l'edificio in piazza della Concordia, ma soprattutto con il progetto ben più significativo del nuovo stadio, nel quale alla professionalità dell'urbanista ormai affermato si sostituisce un altrettanto valido ingegnere-architetto capace di elaborare strutture che coniugano la ricerca estetica con quella costruttiva.

Bibliografia

Di Biagi P., Gabellini P. (a cura di). 1992. *Urbanisti italiani, Piccinato Marconi Samonà Quaroni De Carlo Astengo Campos Venuti*. Roma-Bari: Laterza.

Giannattasio, G. 1995. *Salerno. La città moderna. Piani e progetti dall'Ottocento ai primi decenni del Novecento*, Salerno: Edizioni 10/17.

Talenti S., Teodosio A. 2014. Salerno tra politiche di espansione e ricerca di nuovi fulcri urbani. Dalle "unità di abitazione" di Zevi e Marconi alla "proposta indolore" di Bohigas fino al Crescent di Bofill. *Annali di Storia dell'Urbanistica e del Paesaggio*, 2, 216-227.

Talenti, S., Teodosio A. 2017. Salerno: I piani dall'utopia alla cementificazione. Alfredo Scalpelli e Plinio Marconi: due «specialisti in materia». *Annali di Storia dell'Urbanistica e del Paesaggio*, 5, 8-23.

Torresi G. 1996. *Plinio Marconi e l'estetica dell'architettura*. Bollettino della Biblioteca della Facolt*à di Architettura "La Sapienza", n. 54-55.*

Acronimi

ACS: Archivio Centrale dello Stato

ACSSa: Archivio Storico del Comune di Salerno

Note

1. ACS, archivio Plinio Marconi, Marconi-FOTO/las/10.
2. ACS, archivio Plinio Marconi, Marconi-FASC 5.
3. ASCSa, *Deliberazioni comunali* (anno 1953), deliberazione n.761, folio 117-118.
4. Le tavole del PRG sono conservate presso ASCSa, *Salerno. Piano Regolatore*, coll. provv
5. ASCSa, Deliberazione n. 1275 in data 16 maggio 1955, folio 38-39; cit. 38.
6. ACS, archivio Plinio Marconi, Marconi-PRO/48.
7. ACS, archivio Plinio Marconi, Marconi-PRO/45.
8. ASCSa, Settore Urbanistica, Quartiere Mariconda a Salerno. Lotto 1°, *Planimetria generale colle piante degli edifici e progetto degli elementi-tipo*.
9. ASCSa, Deliberazioni del Consiglio comunale. Adunanza del 1960.
10. ASCSa, Costruzione Stadio Comunale 1956-1981. X-IX-108/1, P. Marconi, A. Scalpelli, *Progetto di massima per il nuovo Stadio comunale. Relazione. Roma, 19.12.1956.*
11. ASCSa, Costruzione Stadio Comunale 1956-1981. X-IX-108/1, *Lettera di A. Menna ad Alfredo Scalpelli, datata 1 dicembre 1956.*
12. ASCSa, Costruzione Stadio Comunale 1956-1981. X-IX-108/1, P. Marconi, A. Scalpelli, *Progetto di massima per il nuovo Stadio comunale. Relazione. Roma, 19.12.1956*.
13. Ibidem.
14. ASCSa, Costruzione Stadio Comunale 1956-1981. X-IX-108/1, Sorgerà nella periferia il nuovo grande stadio, *Roma*, 30.07.1960.
15. ASCSa, Costruzione Stadio Comunale 1956-1981. X-IX-108/1, *Lettera di Marconi al Sindaco di Salerno datata 30 giugno 1960*. L'ingegnere ricorda inoltre che "anche per tutto il lavoro del Piano di Mariconda, della Scuola Materna e Mercato ancora non ho ricevuto nulla".
16. ASCSa, Costruzione Stadio Comunale 1956-1981. X-IX-108/1, *Relazione del progetto dello stadio redatta e firmata da Scalpelli e Marconi il 1° luglio 1960*.
17. ACS, archivio Plinio Marconi, Marconi-DIS/44 e ASCSa, Commissione edilizia 74/60 (Amendola).

Maria Paola Marabotto

La figura di Pier Luigi Nervi attraverso le opere torinesi. Palazzo di Torino Esposizioni e Palazzo del Lavoro

Abstract

The figure and work of Pier Luigi Nervi represent a perfect example of Italian excellence, the combination of creativity and style that always make *made in Italy* the best expression of the quality of our country.

The Italian engineer has worked in all areas of the building by excelling in each of them, as a theoretician, technician, customer and builder. Like the French Auguste Perrret and Francois Hennebique before him, Nervi understood the importance of being at the same time designer and builder, to ensure perfect correspondence between idea, design and realization in respect of entrepreneurial economics.

Through these short notes I illustrate the professional and creative event of Pier Luigi Nervi through the study and analysis of two important works: the *Palazzo Esposizioni* and *Palazzo del Lavoro*, both made in Turin, the first between 1947 and 1954 and the second between 1959 and 1961.

Nervi's creations have load-bearing structures that invent new spaces and are simultaneously the synthetic and elegant representation of the physical forces in play. Many of the static inventions of Nervi - such as striped pillars, ribbed ropes or extruded rinds - are the perfect representation of how the supporting structure is not superstructure but is the very material of architecture. Using cement - the dominant material in twentieth century science and constructive art - Nervi has created exceptional creations; works that have been able to express, through futuristic structures, the fluid and plastic nature of the cement without failing its technical characteristics and resistance.

Introduzione

La figura ed il lavoro di Pier Luigi Nervi, ingegnere italiano che nel corso della sua intensissima attività professionale ha pensato e creato su scala mondiale, rappresenta un perfetto esempio dell'eccellenza italiana, quell'insieme di creatività e stile che da sempre fanno del *made in Italy* la migliore espressione della qualità del nostro Paese.

L'ingegnere italiano ha operato in tutti gli ambiti della costruzione, eccellendo in ognuno di questi, nelle vesti di teorico e in quelle di tecnico così come in quelle di committente e costruttore. Come i francesi Auguste Perret e Francois Hennebique prima di lui, Nervi comprese l'importanza di essere contemporaneamente progettista

e costruttore, per garantire la perfetta corrispondenza tra idea, disegno e realizzazione, nel rispetto dell'economia imprenditoriale.

Le creazioni di Nervi hanno strutture portanti che inventano nuovi spazi e sono contemporaneamente la rappresentazione sintetica ed elegante delle forze fisiche in gioco. Molte delle invenzioni statiche di Nervi, infatti, come i pilastri rigati, le volte nervate o i rinfianchi estradossati, sono la perfetta raffigurazione di come la struttura portante non è sovrastruttura, ma è la materia stessa dell'architettura. Utilizzando il cemento, materiale dominante nella scienza e nell'arte costruttiva del XX secolo, Nervi ha dato vita a eccezionali creazioni; opere che hanno saputo esprimere, attraverso avveniristiche strutture, la natura fluida e plastica del cemento senza venire meno alle sue caratteristiche tecniche e di resistenza.

La dimensione universale dell'opera di Pier Luigi Nervi è legata al fatto di aver messo a punto un pensiero costruttivo e un'etica del costruire fatti di ingegnosità, economicità e rapidità di realizzazione. Tali requisiti così oggettivi celano però un elemento molto soggettivo: le opere di Pier Luigi Nervi sono prototipi che paradossalmente faticano ad essere tradotti in *tipi*, proprio perchè sono l'espressione della creatività dell'autore e ne esprimono l'atteggiamento scientificamente rigoroso.

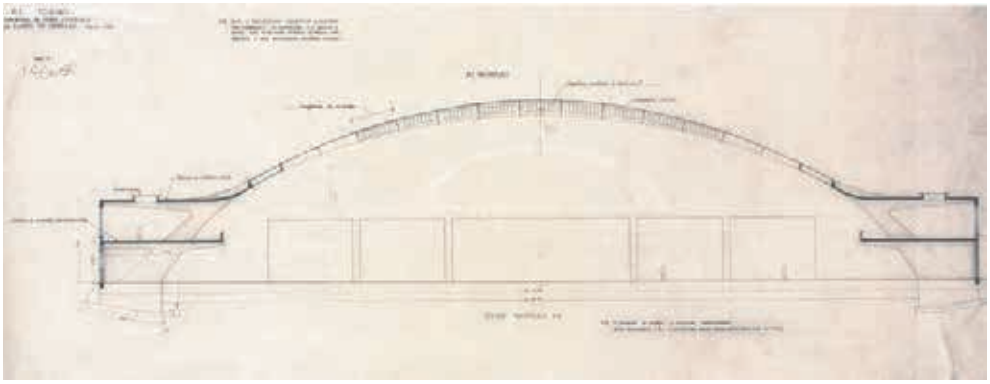
Nato nel 1891, Nervi inizia la professione poco più che ventenne e, partendo dalla tradizione ingegneristica ottocentesca, nei decenni successivi partecipa alla realizzazione di alcune tra le più importanti architetture del Novecento, intuendo e anticipando temi e istanze propri del dibattito culturale. Tra i molti meriti di Nervi vi è quello di aver contribuito al superamento della contrapposizione tra ingegneria e architettura, provando come sia possibile produrre estetica componendo funzione e struttura. Docente presso l'Ateneo romano, dove ha a lungo insegnato e ha sviluppato le sue riflessioni, ha raccolto nel testo *Costruire correttamente* (Nervi, 1955)[1] le ricerche e le esperienze professionali accumulate, un vero e proprio manuale ripetutamente pubblicato a partire dal 1955.

Pier Luigi Nervi realizza a Torino due importanti opere, ancora oggi tra le più importanti architetture del Novecento presenti nella città sabauda: il *Palazzo di Torino Esposizioni*, realizzato tra il 1947 e il 1954, e il *Palazzo del Lavoro*, realizzato tra il 1959 e il 1961 per la ricorrenza del centenario dell'Unità d'Italia.

Il Palazzo di Torino Esposizioni (1947-1954)

Il Palazzo di Torino Esposizioni si compie a partire da un appalto concorso ad inviti concluso nel giugno 1947 dalla Società del Palazzo delle Esposizioni fondata *ad hoc* in quell'anno[2]. Questa riceve in uso dalla città per venticinque anni il Palazzo della Moda al Parco del Valentino, palazzo simbolo del razionalismo torinese gravemente danneggiato dai bombardamenti del 1943.

Il progetto architettonico dell'ingegnere conte Roberto Biscaretti di Ruffia del 1947 viene presentato alla città come ricostruzione e ampliamento dell'edificio esi-



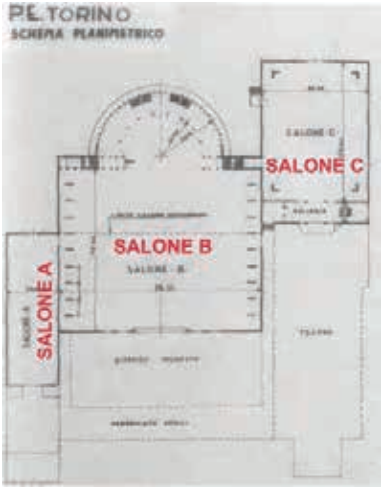


Fig. 1 – Palazzo di Torino Esposizioni. Planimetria e sezione trasversale del Salone Agnelli (salone B), 1947-1948. Da Olmo e Chiorino, 2010.

stente progettato da Ettore Sottsass. L'impresa Nervi e Bartoli risulta costruttrice con Pier Luigi Nervi direttore dei lavori assistito dall'ingegnere Fiat Vittorio Bonadè Bottino. La proposta mantiene le linee generali dell'edificio di Sottsass: conserva il teatro a doppia platea in parte all'aperto e il fronte principale sul Corso Massimo d'Azeglio con il ristorante circolare, un "vestibolo gigante" in vetrocemento e lo spazio filtro tra le esistenti e le nuove sale espositive e il corso (Fig. 1). La ricostruzione-ampliamento del palazzo ad opera dell'impresa Nervi avviene probabilmente con un unico affidamento, che viene però realizzato in tre tempi diversi: calcolo delle strutture, cantierizzazione e costruzione.

Tra il 1947 e il 1948 si costruisce ex-novo, nella zona centrale, oltre il lungo porticato tra cortile e parco, il salone espositivo principale, il Salone B, poi Agnelli, con una superficie di 94,30 m x 75 m e una sala minore presto modificata, il Salone A, con funzione espositiva a tutta altezza e dimensione in pianta 23 m x76 m; alla medesima fase risale molto probabilmente il progetto di una copertura smontabile per la platea del teatro all'aperto. Tra il 1949 e il 1950 si realizza la costruzione del nuovo Salone C, o Padiglione del Ghiaccio, destinato a occupare l'area del teatro all'aperto, 50 m x 65 m; tra il 1952 e il 1954 è realizzato l'ampliamento di cinque campate a ovest del Salone Agnelli verso il corso, con l'eliminazione della corte e la definizione di un nuovo prospetto. Il palazzo viene così ad assumere il valore di barriera urbana al limite del parco in grado di connettere in continuità la città e il Po con il salone dell'Automobile realizzato nel 1954.

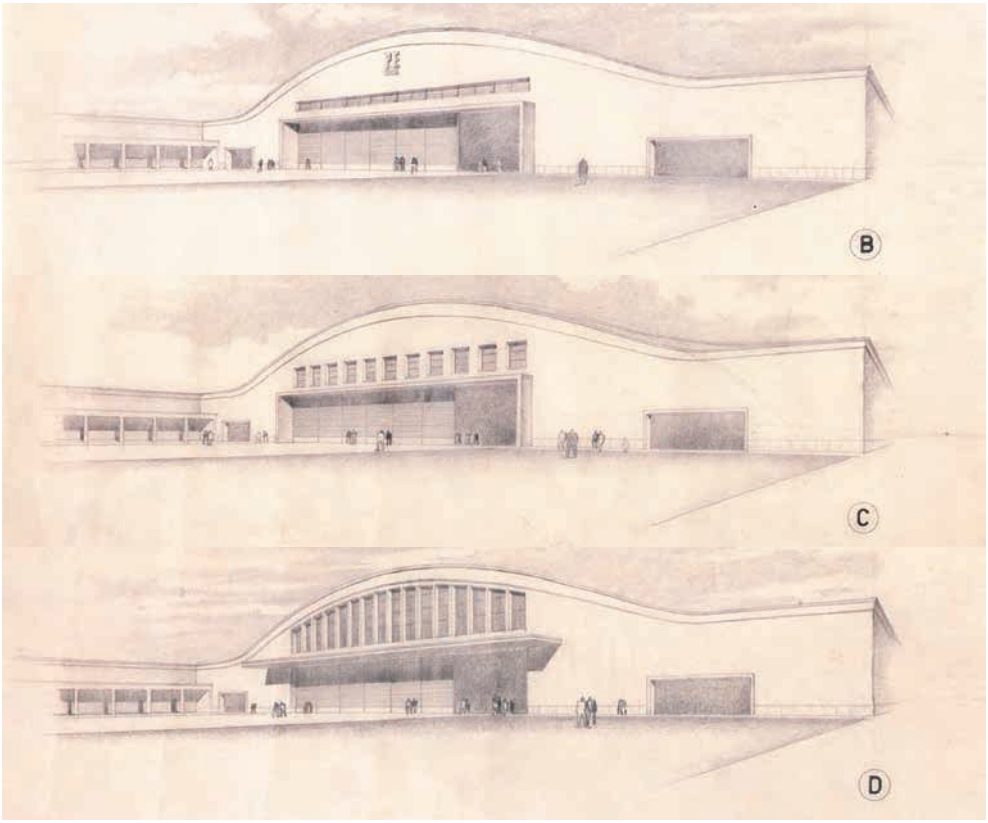


Fig. 2 – Palazzo di Torino Esposizione. Proposte di Nervi per il prospetto del Salone Agnelli affacciato sulla corte esterna porticata, 1947-1948. Da Olmo e Chiorino (2010).

Nel 1958 viene presentato un progetto di completamento del Palazzo delle Esposizioni, che prevede un ulteriore ampliamento del Salone Agnelli e la costruzione di un grande arco di prospetto di 100 metri di luce, una torre di uffici a struttura in acciaio e nuovi fabbricati destinati a servizio per il pubblico: salone congressi, bar, ristorante. Quest'ultimo progetto, a firma di Pier Luigi Nervi, degli architetti torinesi Mario Passanti e Paolo Perona e dell'ingegnere Fiat Luigi Ravelli, seppur accantonato a favore della soluzione di un padiglione ipogeo disegnato e calcolato da Riccardo Morandi, rivela la necessità di affrontare temi propriamente urbani di quel lotto che, peraltro, nei primi anni della ricostruzione era stato indicato come possibile luogo per la nuova sede del Politecnico di Torino (Fig. 2).

Il salone B viene inaugurato il 15 settembre 1948 in occasione del XXXI Salone dell'Automobile e pubblicizzato per l'occasione come *il più bel palazzo che l'Italia abbia mai costruito*[3] (Fig. 3). Il salone viene costruito con due varianti sostanziali



Fig. 3 – Palazzo di Torino Esposizioni. Immagine interna del Salone Agnelli con particolare della semicupola in formelle di ferro-cemento.



Fig. 4 – Palazzo di Torino Esposizione. Vista interna del Salone Agnelli.

proposte dalla Nervi e Bartoli al progetto di Biscaretti: la prima è costituita da *pilastri laterali inclinati* da cui si ramificano mensole a sostegno dei ballatoi delle gallerie laterali su due piani, che attraversano le gallerie poggiando su plinti sagomati, cosi che la luce della volta a terra passa da 71 a 81 metri; l'altra è *una semicupola sottile ribassata*, in alternativa a una copertura piana, per l'abside terminale della sala, con funzione anche di raccordo tra la pianta semicircolare dell'abside e la parete terminale del salone svuotata da un grande arco (Fig. 4).



Fig. 5 – Esterni del Palazzo di Torino Esposizione.

L'utilizzo di elementi prefabbricati in opera di ferro cemento per la copertura del salone, per la sua abside e poi per il Salone C è strettamente connesso alla richiesta di due brevetti, il primo dell'agosto del 1948 per strutture a guscio o a membrane nelle quali l'elemento fondamentale resistente sia sagomato o incurvato; il secondo del maggio 1950 per superfici piane o curve realizzate con casseri dati da elementi-forma triangolari o romboidali che a opera finita restano a essa staticamente collaboranti[4].

La caratterizzazione architettonica del Salone Agnelli è data da due temi progettuali: la fattura degli elementi prefabbricati armati, che fungono da corpi illuminanti con i loro serramenti inseriti sui lati inclinati delle onde, e i *ventagli*, che sopra ogni pilastro inclinato raggruppano ciascuno tre onde di copertura, risolvendo il giunto tra volta e trave cassone continua tra i pilastri con un vincolo a semi-incastro. La semicupola, come la copertura del successivo Salone C[5], è realizzata da formelle in ferro cemento a losanghe la cui forma viene sempre convenientemente ridotta al minor numero di tipi. Negli spazi residui delle losanghe vengono gettate le nervature e le solette di completamento armate con strati di rete metallica: le nervature distribuiscono gli sforzi, scaricandoli sulle travi di bordo e sul solaio anulare piano. Nel caso del Padiglione C i solai delle gallerie perimetrali alla copertura a padiglione, realizzate con travi ondulate in ferro-cemento, assorbono i sovraccarichi accidentali e costituiscono un irrigidimento lungo il perimetro della copertura.

Nel novembre del 1952 viene definito il progetto di ampliamento del Salone B: dopo una prima versione, che con solo quattro campate per 30 metri in totale conserva l'autonomia del salone rispetto al porticato preesistente, le campate passano a cinque e il vincolo strutturale del frontone nerviano va a coincidere con il coro porticato esistente (Fig. 5).

Il Palazzo del Lavoro (1959-1961)

Il padiglione espositivo è stato pensato per le celebrazioni del centenario dell'Unità di Italia del 1961 a Torino, ed era destinato ad ospitare la grande mostra presieduta da Giovanni Agnelli e allestita da Gio Ponti dedicata al lavoro.



Fig. 6 – Palazzo del Lavoro. Progetto definitivo, sezione prospettica, 1960; progetto di appalto concorso, particolare dei pilastri a sostegno della copertura, 1959. Da Olmo e Chiorino (2010).

L'appalto-concorso viene bandito il 4 luglio 1959 ed è basato su un progetto di massima di Ludovico Quaroni che prescrive la realizzazione di un padiglione simmetrico rispetto a due assi principali tra loro ortogonali, in grado di offrire 47.000 m^2 di superficie libera per esposizione e servizi. Il bando[6] pone l'accento sulla economicità della costruzione e sull'uso "espressivo" delle tecniche e dei materiali costruttivi e concede tre mesi per elaborare un progetto esecutivo comprensivo di calcoli strutturali, computo metrico estimativo e offerta economica[7]. Si presentarono sei imprese associate con architetti e ingegneri: la Borini e Padana con Roberto Gabetti, Aimaro Isola e Riccardo Morandi; la Dalmine con Sergio Nicola e Aldo Rizzotti; la Guerrini con Carlo Mollino, Carlo Bordogna e Sergio Musmeci; la Guffanti con Piero Locatelli; la Nervi e Bartoli con Pier Luigi Nervi, i figli Antonio e Mario e Gino Covre; la Recchi con Gino Levi Montalcini, Aristide Antoldi e Angelo Frisa[8]. Il 20 ottobre 1959 la giuria giudica idonea la proposta Nervi e Bartoli (Fig. 6).

La soluzione proposta da Nervi convince per la semplicità e la leggibilità strutturale; il progetto, in grado di garantire il rispetto delle strettissime scadenze, è incentrato sulla suddivisione della copertura su base quadrata in sedici elementi indipendenti a ombrello di 40 metri di lato, separati da strisce continue di lucernari e costituiti da un pilastro centrale, la cui sezione varia con continuità dal profilo cruciforme della base a quello circolare della sommità, e da una raggiera di travi in acciaio. Inizialmente prevista in cemento armato, la struttura fu realizzata in acciaio grazie a Gino Covre[9]; la soluzione modulare e la differenziazione dei materiali avrebbero consentito il progredire quasi simultaneo dell'esecuzione delle strutture e delle finiture circoscrivendo il problema dei tempi di getto e di maturazione del cemento armato.

Dal punto di vista dell'organizzazione funzionale il progetto prefigura la realizzazione di due livelli espositivi: uno al piano terreno, ribassato rispetto al piano di campagna e, 10 m più in alto, il salone poggiato su una selva di pilastrini e attraversato dai pilastri perimetrali con al centro un'apertura quadrata; al piano intermedio, una galleria perimetrale continua, gli ingressi dall'esterno e i servizi.



Fig. 7 – Palazzo del Lavoro. Vista interna e particolare del pilastro a raggiera.

Nel maggio 1960 lo studio Nervi elabora la soluzione definitiva con alcune modifiche: il salone seminterrato viene sollevato a livello del piano di campagna, la galleria perimetrale rimane intatta e verrà realizzata con solai a nervature isostatiche, vengono aggiunti un piano cantinato per servizi, locali tecnici, magazzini, un albergo diurno e due sale proiezioni. L'indipendenza dei singoli ombrelli, assunta come motivo ispiratore, rimane il simbolo dell'edificio. La conformazione a sezione variabile dei pilastri, oltre a un indubbio valore formale, assolve soprattutto a funzioni di carattere statico e costruttivo (Fig. 7).

La parete esterna, alta 19 m e partita in due da una fascia opaca corrispondente allo spessore del solaio, è totalmente indipendente dalla struttura e, lasciata indefinita per l'appalto-concorso, viene studiata successivamente da Covre. Questa è composta da un *curtain wall* montato dall'interno, da palette frangisole la cui inclinazione varia in funzione dell'esposizione eliotermica, e da fusi in lamiera che, fissati in basso su appoggi cardanici e in alto su bielle, fungono da doppio telaio e assorbono spostamenti e dilatazioni orizzontali.

Al di la dei dati tecnici e quantitativi, l'aspetto più innovativo è dato dal cantiere e dalla sua organizzazione. La direzione è affidata all'impresa Nervi, mentre la direzione dei lavori è assicurata dalla Divisione costruzioni e impianti Fiat. Pilastri e copertura vengono realizzati con uno sfasamento temporale di un mese e a ogni pilastro corrisponde la realizzazione di una unità di copertura. Nel programma di montaggio viene data la precedenza ai pilastri perimetrali per comprimere ulteriormente i tempi e proseguire contemporaneamente con la struttura di tamponamento verticale. Allestita la cassaforma tipo dei pilastri, suddivisa in sei tronchi, auto stabile, di peso tale da essere sollevata dalla gru e di volume tale da concludere l'operazione di getto in una giornata, il crono-programma fissava in dieci giorni la cadenza di disarmo di ogni pilastrone. Parallelamente le travi della copertura sono realizzate in officina e trasportate in cantiere dalla ditta Badoni. Il solaio a nervature isostatiche viene realizzato con casseforme in ferro cemento mobili, secondo un procedimento già ampiamente sperimentato da



Fig. 8 – Palazzo del Lavoro. Veduta esterna attuale e notturna (1961).

Nervi in altri edifici, come il lanificio Gatti (1951-53). Iniziato nel febbraio del 1960, il cantiere è concluso alla fine di dicembre. Il progetto di allestimento della mostra, coordinato da Giò Ponti, ma che vede coinvolta la cultura artistica e architettonica più avanzata del momento[10], è stato fortemente condizionato dall'imponente struttura, rinunciando a ogni soluzione che non lasciasse in vista tutte le colonne.

Visto come simbolo di integrazione tra invenzione strutturale e architettonica e veicolato dalle principali riviste di architettura nazionali e internazionali, il Palazzo del Lavoro ha affascinato intere generazioni, segnando il passaggio alla terza fase dell'attività progettuale di Nervi, quella dei grandi incarichi internazionali in cui lo "stile Nervi" diventa un repertorio di soluzioni da adoperare in tutto il mondo (Fig. 8).

Bibliografia

Casabella continuità, 1960. n. 235.
Cronache di Architettura, 1978. VI, n. 288. Bari: Laterza.
Chiorino C., Pace S., Rosso M. 2005. *Italia 61. Identità e miti nelle celebrazione per il centenario dell'Unità d'Italia*. Torino: Allemandi editore.
Greco C. 2008. *Pier Luigi Nervi. Dai primi brevetti al Palazzo delle Esposizioni di Torino 1917-1948*. Lucerna: Quart Edizioni.
Grove G. 1961. *Il Palazzo del lavoro all'Esposizione "Italia 61" di Torino*. Costruzioni metalliche, 2/3.
Iori T. 2009. *Pier Luigi Nervi*. Milano: Motta Architettura.
Nervi P. L. 1955. *Costruire correttamente.* Milano: Hoepli.
Olmo C., Chiorino C. 2010. *Pier Luigi Nervi. Architettura come sfida*, (a cura di), Cinisello Balsamo: Silvana Editoriale.
Pace S. 2011. *Pier Luigi Nervi: Torino, la committenza industriale, le culture architettoniche e politecniche italiane*, (a cura di). Cinisello Balsamo: Silvana Editoriale.
Solomita P. 2015. *Pier Luigi Nervi vaulted architecture: towards new structures*. Bologna: Bononia University Press.
Trentin A., Trombetti T. 2010. *La lezione di Pier Luigi Nervi*, (a cura di). Milano: Mondadori.

Sitografia

[1] www.pepe fotografia.it/filter/architecture/Torino-Esposizione
[2] www.sunsalvario.it/nel-quartiere/mostra-pier-luigi-nervi

Note

1. Il volume ha fatto scuola a generazioni di ingegneri ed architetti. Ricco di fotografie, disegni e particolari costruttivi delle opere fino ad allora da lui realizzate, racchiude le esperienze e le riflessioni maturate da Nervi nel corso della sua attività.
2. La Società è presieduta tra gli altri dagli ingegneri Daniele A. De Rossi, Dino Lora Totino e dal barone Ernesto Mazzonis di Pralafera. La S.p.a., presieduta da Vittorio Valletta diventerà poi Ente Torino Esposizioni di maggioranza Fiat, Officine di Villar Perosa, Vetrokoke, Istituto Finanziario Industriale e Società Esercizi Sestriere. Vedi Archivio Storico Fiat, *Società per Azioni "Palazzo Esposizioni Torino", aumento capitale delibera 1712/1947*.
3. *XXXI Salone Internazionale dell'Automobile. Torino 1948*, in *Cronache Economiche*, Quaderni n. 1, gennaio 1948.
4. Brevetto n. 445781, Roma 26 agosto 194: *Procedimento costruttivo per la realizzazione di strutture cementizie ondulate o curve con o senza tensioni preventive*; Brevetto n. 465636, Roma 30 maggio 1950 *Procedimento di costruzione per la realizzazione di superfici resistenti piane o curve costituite da reticolati di nervature in cemento armato, completate o meno da solette di collegamento tra le nervature* (Greco, 2008, pp. 291-295).
5. Il Salone C fu progettato a novembre del 1949, rivisto e definito l'anno successivo con l'ingegnere Aldo Arcangeli della Nervi e Bartoli.
6. Archivio Storico Città di Torino (ASCT) Fondo Comitato Torino 61 (FCTO61), Bando e documenti di gara, *Appalto-Concorso per la costruzione in Torino del palazzo del Lavoro, 4 luglio 1959*.
7. La giuria del bando è presieduta da Vittorio Bonadè Bottino, ingegnere capo della Divisione costruzioni e impianti Fiat ed è composta da Lodovico Barbiano di Belgioioso, Luigi Carlo Daneri, Franco Albini, Adalberto Libera, Giovanni Michelucci e Roberto Pane.
8. ASCT, FCTO61, Bando e documenti di gara, *Giudizio della Commissione di esame*, 26 ottobre 1959, e *Notizie illustrative dei sei progetti*, 28 ottobre 1959; *I progetti vincitori del concorso per il Palazzo del Lavoro a Torino* (Casabella,1960); *Degni seguaci di Guarini e Antonelli* (Cronache di Architettura, 1978).
9. Gino Crove fu uno dei principali ingegneri italiani di strutture metalliche e autore nel 1937 del progetto dell'arco monumentale in alluminio mai realizzato all'EUR che si avvale dell'esperienza dell'impresa Badoni di Lecce (Grove, 1961).
10. Al progetto di allestimento collaborarono, con Gio Ponti, Ettore Sottsass, Marzo Zanuso, Lucio Fontana e Bruno Munari.

Margherita Bongiovanni, Carlo Clerici, Alessandro Delmastro,
Lorenzo Mariano Gallo, Elisa Vanin

Le collezioni geo-mineralogiche del Politecnico di Torino

Abstract
The paper summarizes the long history of the geo-mineralogical collections of the Politecnico di Torino. They consist of rocks, minerals, machines and historical models of mining activities, some of which date back to the first decades of the 19th Century. In the historical reconstruction, the authors highlight the scientific contributions by Vincenzo Barelli, Quintino Sella, Bartolomeo Gastaldi and other scientists of that period, up to the establishment of the Italian Royal Industrial Museum in 1862 and to the work of Alfonso Cossa, Federico Sacco and Luigi Peretti. Subsequently the paper discusses the main scientific events and exhibitions following the Second World War, the building of the new Politecnico di Torino and the progressive enlargement of the collections. The paper concludes by presenting the recent initiative which promoted the collections through the exhibition "Rocce, Cristalli, Meteoriti". This took place at the main campus of the Politecnico di Torino in 2017.

Introduzione

La storia, ormai plurisecolare, della collezione geo-mineralogica del Politecnico di Torino risale verosimilmente ai primi decenni dell'Ottocento. In quegli anni esisteva presso l'Azienda Generale Economica dell'Interno di Torino, istituita nel 1816, una "raccolta statistica" di minerali e rocce provenienti dalle varie province del Regno di Sardegna, riordinata e integrata nel 1835 da Vincenzo Barelli, capo divisione dei boschi e delle miniere del Regno, nonché studioso di scienze minerarie. Ad essa venne poi accorpata anche una così detta "raccolta metodica" di minerali e di rocce, già appartenuta all'*Ecole des Mines di Moutiers* (Savoia), con tutta probabilità risalente all'epoca napoleonica. Quando nel 1853 l'Azienda Generale Economica dell'Interno venne soppressa, l'intera raccolta (quasi 7000 campioni) fu affidata, per essere riordinata ed esposta al pubblico al Regio Istituto Tecnico di Torino, primo del genere in Italia fondato nel 1845 per iniziativa di Carlo Ignazio Giulio (1803-1859), senatore e professore di matematica presso l'Università di Torino[1].

Le Collezioni alla Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri

L'incarico di riordinare le collezioni acquisite dal Regio Istituto Tecnico venne affidato nello stesso anno a Quintino Sella (1827-1884), laureatosi appena ventenne in ingegne-

ria a Torino e docente di geometria applicata dal 1852 presso lo stesso Istituto. Nonostante i suoi impegni di natura didattica e scientifica, egli riuscì a catalogare e ad arricchire enormemente la raccolta del Museo dell'Istituto, cui fece dono anche della propria collezione, ricca di oltre settemila campioni[2]. Nel 1856, quando Sella fu nominato direttore del Museo, le raccolte erano arrivate a circa diciottomila esemplari (Curioni, 1884).

Un ulteriore incremento delle collezioni del Museo fu realizzato dal geologo e paleontologo torinese Bartolomeo Gastaldi (1818-1879). Amico e collaboratore di Quintino Sella, partecipò al riordino della collezione geo-mineralogica del Regio Istituto Tecnico e dal 1867 e quando Sella si dedicò alla sua attività di Ministro delle Finanze del Regno d'Italia, ne fu il successore e divenne Direttore della collezione mineralogica. Anch'egli donò molti campioni geo-paleontologici della sua collezione per integrare le raccolte del Museo.

Nel 1859 i locali della vecchia sede del Regio Istituto Tecnico erano ormai insufficienti per l'attività didattica e museale per cui, grazie anche all'interessamento personale di Sella, tutta la raccolta geo-mineralogica venne trasferita nei locali del Castello del Valentino. Il Castello, in fig. 1, ceduto dal Ministero della Guerra che l'aveva da tempo in uso, divenne così la sede della neonata Scuola di Applicazione per gli Ingegneri di Torino, istituita grazie alla legge Casati del 13 novembre 1859. L'istituzione divenne operativa solo dal successivo anno accademico 1860-1861, ed ebbe come suo primo direttore il matematico torinese Prospero Richelmy (1813-1883), docente

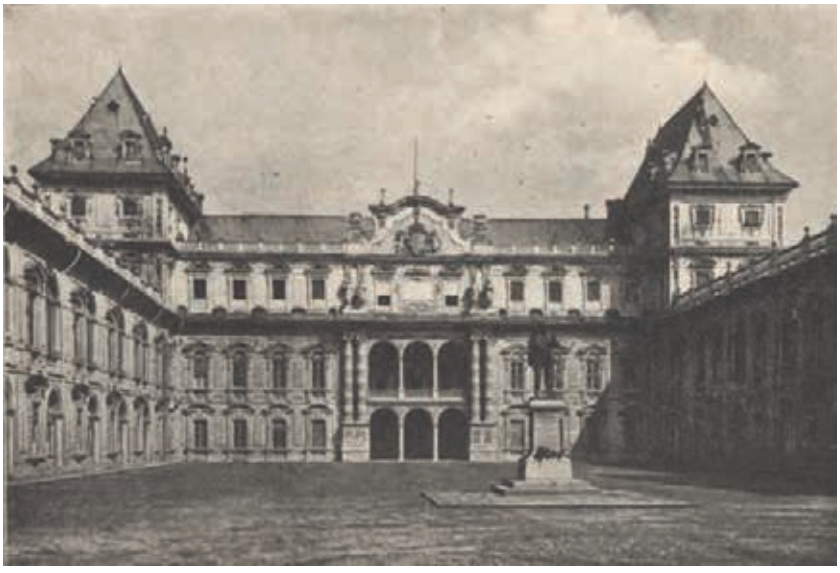


Fig. 1 – La Sede della Scuola di Applicazione per gli Ingegneri presso il Castello del Valentino, dove venne allestito il Museo geo-mineralogico.

di idraulica e di meccanica applicata già dal 1849-50 presso l'Università di Torino e primo insegnante di Meccanica applicata e idraulica pratica presso la Scuola di Applicazione (Curioni, 1884).

Nel 1885 il Museo di Geologia e Mineralogia della Scuola di Applicazione per gli Ingegneri, già da tempo aperto al pubblico e i cui interni sono mostrati in fig. 2, aveva a catalogo più di venticinquemila campioni, che divennero molti di più nel lasso di pochi decenni. Il notevole incremento delle raccolte museali fu legato, oltre alle donazioni di Sella e di Gastaldi, anche ai lasciti di numerosi altri personaggi del tempo, tra cui il mineralogista, geologo e vulcanologo Arcangelo Scacchi (1810-1894), professore di mineralogia alla Regia Università di Napoli, il geologo e mineralogista Martino Baretti (1841-1905), docente di geologia alla Regia Università di Torino e il naturalista, zoologo e paleontologo Pietro Doderlein (1809-1895), che operò presso i Musei Universitari di Storia Naturale di Modena e di Palermo.

Tra le collezioni geo-mineralogiche del Museo di Geologia e Mineralogia occupa una posizione di rilievo la splendida raccolta di sezioni sottili di rocce di grande formato allestita dal chimico, petrografo e mineralogista Alfonso Cossa (1833-1902). Presentata nel 1881 a Bologna, in occasione del Secondo Congresso Geologico Internazionale, è una collezione, unica al mondo, di oltre settecento sezioni di roccia di grande formato, circa 7,5 cm x 10 cm, montate su basetta di legno per una visione macroscopica; in fig. 3 è riportata quella del diopside.



Fig. 2 – Interni del Museo geo-mineralogico della Scuola di Applicazione per gli Ingegneri al Castello del Valentino.



Fig. 3 – Grande sezione sottile di diopside varietà "violano" sulla sua base originale in legno. St Marcel, Valle d'Aosta, Italia. Foto Roberto Appiani. Dip. di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture del Politecnico di Torino.

Cossa fu direttore dal 1873 della Regia Stazione Sperimentale Agraria di Torino e, successivamente, professore di chimica generale e mineraria al Regio Museo Industriale Italiano. Come successore di Ascanio Sobrero, divenne dal 1882 docente di chimica applicata allo studio dei materiali, all'epoca chiamata "docimastica", presso la Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri al Valentino (Clerici *et al.*, 2014).

Le collezioni del Regio Museo Industriale e del Regio Politecnico

Nel 1862, per iniziativa del senatore Giuseppe Devincenzi (1841-1903) venne istituito, sul modello dei musei industriali di Londra (South Kensington) e di Parigi (Conservatoire National des Arts et Métiers), il Regio Museo Industriale Italiano, in fig. 4. Ispirato dalla prima Esposizione Universale di Londra del 1851, il Museo nacque per essere uno strumento atto a promuovere l'istruzione industriale ed il progresso dell'industria e del commercio. Le sue collezioni, allestite con l'intento di raccogliere tutte le materie prime suscettibili di trasformazione in prodotti commerciali e i rispettivi derivati, comprendevano anche numerosi campioni geo-mineralogici e minerari di interesse. Nei primissimi anni del Novecento il Regio Museo Industriale di Torino poteva contare su un catalogo di circa cinquantamila oggetti inventariati, tra materie prime, manufatti e macchinari, in buona parte reperiti e ordinati dall'ingegnere e mineralogista inglese William Jervis (1831-1906), conservatore presso il Museo Industriale fino al 1899 e autore della celebre opera *Tesori Sotterranei d'Italia*.



Fig. 4 – Museo Industriale Italiano, Galleria dei Cimeli.

Con la legge del 23 giugno 1906 venne perfezionata la fusione tra la Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri e il Regio Museo Industriale Italiano. Si venne così a creare il Politecnico di Torino, un'unica grande struttura didattico-scientifico-museale, articolata su due sedi distinte, in possesso di importanti collezioni dei più svariati materiali di particolare interesse storico-scientifico e/o industriale. Mentre presso la Scuola di Applicazione venivano impartiti gli insegnamenti più tradizionali, legati essenzialmente all'ingegneria civile, al Museo Industriale si tenevano i corsi delle discipline più nuove, rese ormai indispensabili alla preparazione dei moderni ingegneri (Pugno, 1959).

Nella rubrica *Gallerie, Musei e Biblioteche* della *Guida Commerciale ed Amministrativa di Torino*, edita da Paravia nel 1917, erano riportate alcune informazioni relative alle raccolte di entrambe le istituzioni. Il Museo di Geologia e Mineralogia della ex Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri, ricco di oltre trentacinquemila campioni e visitabile tutti i giorni, aveva come direttore il geologo e paleontologo piemontese Federico Sacco (1864-1948), che fu anche docente di geologia e di paleontologia per quasi quarant'anni presso i due atenei torinesi. L'edizione della stessa *Guida Commerciale ed Amministrativa di Torino* del 1931 riportava ancora Sacco come direttore, ed elencava tra gli assistenti anche l'ingegnere Luigi Peretti (1903-1985) docente di mineralogia al Politecnico, che aveva preso il posto di Alessandro Roccati (1872-1928).

Nel 1935-36 le raccolte presenti presso la ex Scuola di Applicazione al Castello del Valentino vennero trasferite nella sede del Regio Museo Industriale, nei locali lasciati liberi anni prima dalla Scuola Superiore di Elettrotecnica, che intanto era diventata l'Istituto Elettrotecnico Nazionale *Galileo Ferraris*. Anche in questo periodo le collezioni geo-mineralogiche continuarono a essere incrementate, con la registrazione delle acquisizioni più recenti, redatte da Peretti, sull'ultimo dei nove volumi del *Catalogo Generale del Museo di Geologia e Mineralogia*, che arrivano al numero progressivo di ingresso 40162.

Nel 1940 il Politecnico di Torino affidò ad Alberto Pelloux (1868-1948), docente di mineralogia e di geologia applicata presso l'Università di Genova, nonché conservatore della Sezione di Mineralogia del locale Museo di Storia Naturale *G. Doria*, il mandato di provvedere al riordino di tutta la collezione geo-mineralogica. L'impresa venne portata a termine verso la fine del 1942.

Nell'edizione della *Guida Commerciale ed Amministrativa di Torino* del 1940 la denominazione del Regio Museo Industriale risultava essere cambiata in Museo di Geologia, Mineralogia e Giacimenti Minerari del Regio Politecnico di Torino. Il direttore divenne Aldo Bibolini (1876-1949), professore di tecnologia mineraria presso il Politecnico, affiancato da Antonio Cavinato (1895-1991), docente di mineralogia, petrografia e giacimenti minerari dello stesso Ateneo e da Luigi Peretti.



Fig. 5 – Museo Industriale Italiano, risultati dei bombardamenti degli alleati, secondo cortile. Archivio Storico del Politecnico di Torino.

Nella notte dell'8 dicembre 1942, durante un bombardamento aereo inglese, il palazzo del Regio Politecnico venne incendiato e parzialmente distrutto e solo una parte delle collezioni ivi conservate, sfortunatamente non quantificabile e la cui consistenza risulta tuttora assai controversa, poté essere recuperata e successivamente ritrasferita nella primitiva sede del Castello del Valentino, ove rimase fino ai primi anni Sessanta del Novecento. Un secondo disastroso bombardamento aereo alleato, avvenuto il 13 luglio 1943, ridusse completamente in macerie le strutture edilizie residue dell'intero isolato, che venne così definitivamente abbandonato. In fig. 5 è riportata una immagine dei danni subiti dal Museo a seguito del primo bombardamento.

Le collezioni nella nuova Sede di Corso Duca degli Abruzzi

Con l'apertura della nuova e attuale sede del Politecnico di Torino, avvenuta nel 1958, ciò che restava della collezione geo-mineralogica venne ospitato al piano superiore dell'Istituto di Mineralogia, Geologia e Giacimenti Minerari. Nel 1982 i due Istituti minerari si unirono all'Istituto di Topografia. Da quella data, il patrimonio

museale si è ulteriormente arricchito: alle raccolte dell'Istituto di Giacimenti minerari si sono unite quelle più tecnologiche dell'Istituto di Arte mineraria, prevalentemente modelli e campioni di interesse minerario. Nel 2012, in seguito al riordinamento dei Dipartimenti, è nato il Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, il DIATI, che oggi conserva tutte le collezioni geo-mineralogiche storiche ereditate dalle precedenti istituzioni.

Circa 1150 dei quasi 4000 campioni mineralogici superstiti delle vicende belliche e dei vari traslochi successivi, rappresentativi di oltre cinquecento specie, sono esposti in ordine sistematico in quarantotto vetrine ospitate nella biblioteca dell'attuale Dipartimento, mentre altri duecento campioni circa, di grandi dimensioni o di particolare pregio ostensivo, sono esposti in otto grandi armadi vetrati nella sala riunioni dello stesso Dipartimento. Tra i campioni esposti nelle vetrine della biblioteca, accanto agli esemplari derivanti dalle collezioni storiche, sono presenti molti dei 2060 campioni appartenuti alla collezione del dottor Celso Crida (1867-1950), medico e collezionista piemontese, che fu ceduta dagli eredi, poco dopo la scomparsa di Crida, al Comune di Torino, che a sua volta, dopo una decina di anni, la donò all'Istituto di Mineralogia, Geologia e Giacimenti Minerari del Politecnico di Torino (Barresi *et al.*, 2012; Costa *et al*., 2013).

Ulteriori incrementi alle collezioni sono stati realizzati tramite acquisti di lotti tematici, quali minerali radioattivi, minerali fluorescenti e campioni di rocce alpine, e altre donazioni, ad esempio, nel 1965, la raccolta mineralogica dell'ingegnere minerario John Henry Johnes (Magnano, 1992).

La mostra "Rocce, Cristalli, Meteoriti"

Dopo un periodo di minor attenzione da parte della direzione del Dipartimento, coinciso con il sempre più ridotto interesse per l'Arte mineraria e la Giacimentologia, a partire da 2012, grazie soprattutto all'intervento di Carlo Clerici, già docente nel campo dell'Ingegneria delle materie prime, si è riattivato il recupero e il ripristino dei materiali geologici ancora presenti al Politecnico. Dopo alcuni anni di lavoro è stato possibile riportare alla luce e valorizzare numerosi esemplari di minerali, di meteoriti, di rocce e di fossili, oltre a vari modelli geologici e minerari e ad alcuni modelli di strumenti di miniera.

Parte del materiale ripristinato è stato utilizzato per realizzare, all'inizio del 2017, la mostra *Rocce, Cristalli, Meteoriti* una rassegna di oltre 30 vetrine, allestite nel corridoio principale dell'Ateneo, quindi a diretto contatto con l'intera popolazione studentesca, oltre che con la possibilità di accesso anche da parte di pubblico esterno; in fig. 6 è riportato un esempio di vetrina allestita. La mostra ha ottenuto un successo che ha superato ogni aspettativa e ha dato vita a ulteriori progetti, tra cui la realizzazione, nello scorso autunno, di un convegno improntato su temi di storia dell'ingegneria mineraria torinese e di museologia scientifica (Bongiovanni *et al.*, 2018).



Fig. 6 – Una vetrina della mostra Rocce, Cristalli, Meteoriti dedicata alla collezione mineralogica del Museo geo-mineralogico del Politecnico di Torino (foto Roberto Appiani).

Malgrado le irreparabili perdite subite, in parte imputabili ai danni bellici ma anche ai numerosissimi e ripetuti furti, ai molti smarrimenti, nonché al deterioramento continuo dei campioni subito durante gli spostamenti effettuati da una sede all'altra, l'attuale collezione geo-mineralogica del Politecnico di Torino rappresenta ancora un insieme di grande valore storico-scientifico.

Le raccolte rappresentano il risultato delle acquisizioni effettuate nell'arco degli ultimi due secoli grazie all'opera e alle donazioni di alcuni dei più illustri cultori italiani delle Scienze della Terra, ma anche al contributo prezioso di tanti tecnici di miniera e di ingegneri minerari, ex allievi della Scuola Politecnica, e all'apporto di collezionisti di minerali e studiosi che hanno operato, in tempi più recenti, nello stesso Politecnico di Torino.

Bibliografia

Barresi A., Delmastro A., Gallo L.M. 2012. Le collezioni geo-mineralogiche del Politecnico di Torino. Rivista Mineralogica Italiana, 2, 110-119.

Bongiovanni M., Clerici C., Delmastro A., Gallo L.M., Vanin E. 2018, *Rocce, Cristalli, Meteoriti. Catalogo della mostra (Politecnico di Torino, marzo 2017 – febbraio 2018),* in corso di stampa.

Costa E., Crida P., Delmastro A., Gallo L.M. 2013. Celso Crida medico e naturalista piemontese. Rivista Mineralogica Italiana, 2, 196-205.

Clerici C., Delmastro A., Gallo L.M. 2014. Alfonso Cossa (1833-1902) chimico, petrografo e mineralogista italiano. Rivista Mineralogica Italiana, 2, 106-113.

Curioni G. 1884. *Cenni storici e statistici sulla Scuola di Applicazione per gli Ingegneri fondata in Torino nell'anno 1860*. Torino: Editrice Candeletti.

Magnano G. 1992. La collezione di minerali del Politecnico: storia recente e situazione attuale. In: AA.VV., *Piemonte minerario. Minerali, storia e ambiente del territorio piemontese e valdostano*, 59-64. Torino: Editrice CELID.

Pugno G.M. 1959. *Storia del Politecnico di Torino*. Torino: Stamperia Artistica Nazionale.

Richelmy P. 1872. *Intorno alla Scuola di applicazione per gli Ingegneri fondata in Torino nel 1860.* Torino: Editrice Fodratti.

Note

1. *Era per lui importante che non i soli allievi ingegneri, ma tutti coloro che si interessavano al progresso del paese conoscessero il poco che si era ancora fatto, ed il molto che rimaneva, quindi credè che per una buona riforma era necessario indirizzarsi da prima a quanti gli avrebbero voluto dar retta. A questo fine fu fondato quel primo Istituto Tecnico che sorse a Torino sul finire del 1845 e nel quale parecchi benemeriti, capitanati da Giulio stesso, vennero dettando serali lezioni sulla Geometria, sulla Meccanica e sulla Chimica applicata alle arti, su diverse discipline utili ai coltivatori come Agraria Forestale e simili, su vari rami insomma delle scienze applicate dirette ad ogni specie di uditori e necessarie soprattutto affine di destare presso di noi il sentimento di emulazione colle nazioni che più di noi avevano progredito* (Richelmy, 1872).
2. *Ad iniziare cotali collezioni si trasse partito di un piccolo museo di oggetti di lavoro che possedeva la antica Azienda economica dell'interno, nel quale figuravano per una gran parte pezzi o campioni mineralogici ricavati dalle carriere dello Stato, quindi fra le collezioni cominciò a prender luogo e a distinguersi quella dei minerali* (Richelmy, 1872).

Ruggiero Jappelli, Valentina Jappelli

Il Minareto Al-Hadba sopravvive nella memoria storica alla vandalica distruzione del giugno 2017

Alla memoria di Max Herz

Abstract

In June 21, 2017 the Minaret *Al-Hadba* (*The Hunchback*), which was added to the Mosul's *Great Mosque*, was brutally destroyed in the course of a devastating war. The reaction to such a silly attack to a monument is like to the resentment one would experience from a mean aggression to an old man, whose back age has bent. Noble goal would be the re-assemblage of a structure, which was able to preserve so long the peculiar shape imposed by the ground; however, the enterprise would be vain and the transformation of the monument into dust we are forced to accept.

History suggests considering the event in the wider context of human enduring conflicts. Before the first Millennium a son of Mesopotamia moved to Cairo, where he pursued the Islamic tradition with the construction of a grandiose Mosque; other imposing buildings of Islamic Architecture followed. At the end of XIX century, aware of such a splendid heritage, the Egyptian government appointed a competent Hungarian Architect, who operated in Cairo during twenty-four years with generous undertakings of restoration. However, his service of high professional value was abruptly interrupted by the Great War 1915-1918, which distorted every human relation; the event forced Max Herz to leave his commitment and return to Europe. The Islamic monuments were deprived of a competent passionate assistance; the consequences can be detected by a simple inspection to the site, where artefacts of great value are abandoned in a state of advanced degradation over a highly wasted built-up area lacking infrastructures and urban drainage. These effects are recorded fostering that education to the safeguard of past goods and a humane approach would at last prevail over stupidity and ignorance.

Introduzione

Il 21 giugno 2017 il Minareto *Al-Hadba*, "Il Gobbo" (Fig. 1), annesso alla *Grande Moschea* di Mosul, è stato deliberatamente abbattuto nel corso di una guerra che da tempo devasta l'Iraq. Di quella costruzione restano solo macerie, che sarebbe arduo ricomporre per restituire al mondo civile un irripetibile monumento, che nella singolare deformata ha serbato durevole traccia dell'azione impressa dal terreno.

Lo sgomento per la scomparsa di un'importante creazione dell'uomo si accresce quando questa possedeva i lineamenti architettonici e artistici di singolarità, imponenza, solennità, che ne giustificavano la *monumentalità*. Nella fattispecie, alla reazione si accompagna la ripulsa per un atto non dissimile dalla vile aggressione a un vecchio, del quale l'età abbia incurvato la schiena.

L'episodio si colloca nel più ampio contesto dei disastrosi conflitti umani; come altri, si propone perciò alla *Storia dell'Ingegneria e dell'Architettura* con un cenno ai particolari del Monumento, auspicando che il triste atto vandalico valga almeno come stimolo per una ricostruzione della coscienza umana.



Fig. 1 – Il Minareto Al-Hadba distrutto a Mosul.

I minareti

La Mesopotamia si estende in quella storica striscia di terra, oggi Iraq, delimitata dai fiumi Tigri ed Eufrate. Fra i monumenti, che ne testimoniano l'antica civiltà**,** restano alcuni minareti**,** che sono forse le prime costruzioni monumentali di architettura islamica, della quale la Mesopotamia, che *dal punto di vista storico, artistico e culturale, è un paese unico ed irripetibile* (Argan, s.d.), è la culla.

Il *minareto* (Fig. 2) è un'alta e snella struttura muraria orlata di uno o più ordini di balconi circolari, dai quali il *muaddin*, il muezzino, invita i fedeli alla preghiera. Nelle strutture massicce più antiche, ai balconi e alla sommità, dove è collocata una cupoletta, si saliva percorrendo una rampa elicoidale esterna; nelle successive, l'accesso era con una scala ricavata in uno spazio cilindrico interno.



a)



b)



c)

Fig. 2 – Minareti storici annessi alle moschee nell'architettura islamica: Grande Moschea di Samarra, Iraq (a); Moschee Ibn Tulun (b) e Sultan Hassan al Cairo (c).

Il corpo degli antichi minareti è cilindrico; in seguito assume forma prismatica (Grabar, 1973). Da un basamento quadrato spicca una torre, anch'essa a pianta quadrata con una copertura piramidale o a cupola semisferica. Fra il XII e il XIII secolo compare l'esile minareto cilindrico a pianta circolare, rastremato, che reca in sommità un poggiolo, pur esso circolare e sporgente a sbalzo, coperto con una cupola semisferica o con la caratteristica cupola a bulbo. Alle moschee sono annessi sovente più minareti collocati sull'asse della navata e sul lato del cortile opposto al *mihràb*; talvolta i minareti sono disposti ai lati del portale per accentuarne la monumentalità.

Al-Hadba

Nel seguito si vuole lasciare traccia delle poche immagini del Minareto, oggi distrutto, e di qualche particolare costruttivo e storico; fra questi, il documento sul discusso restauro statico curato negli anni '80 da due ingegneri napoletani, entrambi scomparsi (Lizzi, Carnevale, 1981).

La monumentale struttura (Fig. 3) era parte del complesso della Grande Moschea di recente ricostruita nel centro di Mosul. Quel Minareto, che risale agli anni 1170-73, raggiungeva l'altezza di quasi cinquanta metri. Il singolare organismo strutturale era composto di due elementi cilindrici coassiali leggermente rastremati costruiti con muratura di laterizio, gesso e calce; l'involucro esterno, dello spessore medio di poco meno di 1 m, aveva diametro esterno di quasi 5 m alla base e 4 m in sommità; il diametro alla base del pilastro cilindrico interno era di circa 2 m e si riduceva a 1 m in sommità. Fra i due elementi strutturali erano inserite due scale elicoidali, in parte di muratura e in parte di legno, che conducevano al balcone circolare; alle scale si accedeva da un'apertura sul lato est a circa 5 m e da un'altra a circa 10 m dal piano campagna. Il minareto era coperto con una cupoletta, distrutta da un fulmine nel 1796 e ricostruita nel 1925.

La torre poggiava su un basamento prismatico di muratura di pietrame, gesso e calce, dell'altezza di circa 10 m, fino alla quota di spiccato del pilastro interno al corpo cilindrico, e di laterizi, gesso e calce nella parte superiore per circa 8 m.

Un documento riferisce notizie contrastanti sulla fondazione, che sarebbe di muratura di pietrame, gesso e calce. Fino alla profondità di 2 m la fondazione avrebbe in pianta le dimensioni 9 m · 9 m della struttura in elevazione alla quota del p.c.; da 2 a 3 m le dimensioni sarebbero 13 · 13 m, e da 3 a 16 m 15 · 15 m. Altra fonte segnala dimensioni 12 m · 12 m fino a 2 m dal p.c. (Yosuf *et al*., 2010).

Nei documenti accessibili il terreno viene descritto in modo incerto; la fondazione poggerebbe su riporto con sostanza organica, che si arricchisce di argilla, sabbia e di una frazione più grossa fino alla profondità di 20 m, alla quale è segnalata argilla marnosa. La falda idrica sarebbe stata rinvenuta a 5-6 m dal p.c..

Lo spostamento orizzontale alla sommità, dal quale il nomignolo attribuito al monumento, era cresciuto nel tempo raggiungendo i 2,5 m con una velocità che si

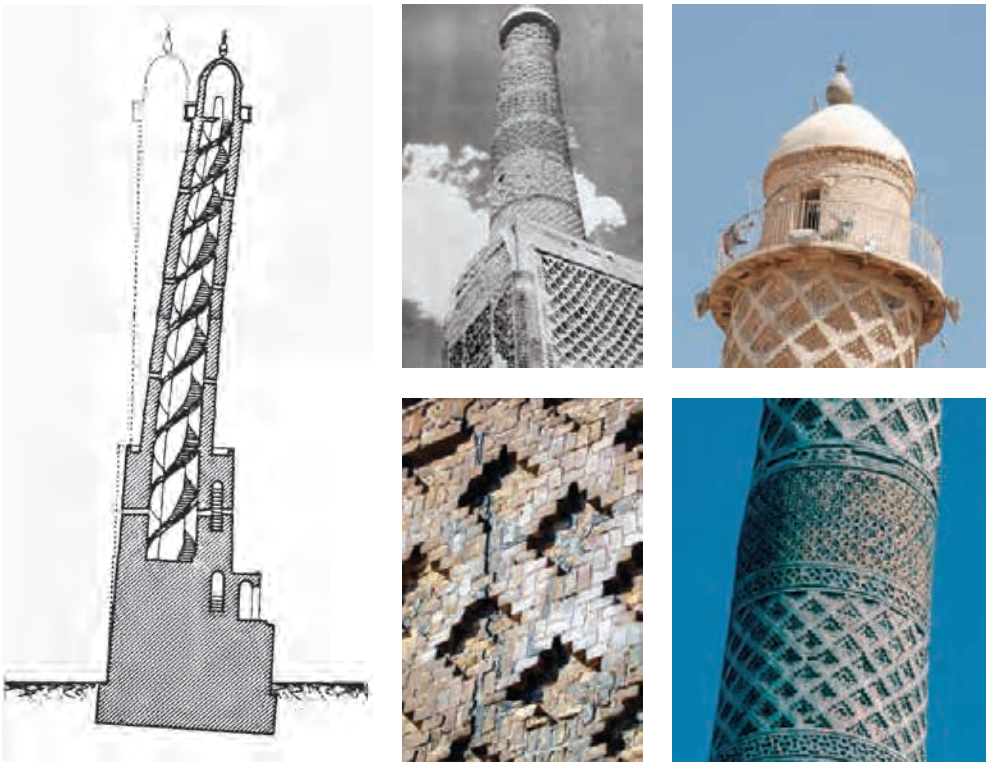


Fig. 3 – Il Minareto Al-Hadba (il Gobbo) distrutto nel giugno 2017.

era ridotta dopo il consolidamento del 1980. La singolare forma di banana, comune ad altre celebri torri, dimostra, come è noto, che il graduale spostamento imposto dal terreno ebbe inizio durante la costruzione, che durò tre anni.

Il Cairo

Per un cenno alla sopravvivenza dei monumenti dell'architettura islamica conviene riferirsi alla *Islamic Cairo*, che di quei monumenti è la città più ricca al mondo (Fig. 4). È utile in proposito la documentatissima monografia (Ormos, 2009) composta di due tomi per complessive 636 pagine arricchite da 323 illustrazioni, pubblicata a Le Caire. Questa pregevole pubblicazione rende completa conoscenza della vita, degli studi e delle opere dell'Architetto ungherese Max Herz (1856-1919), che dal 1892 è stato *Membre et Architect en Chef du Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe* e *Conservateur du Musée National de l'Art Arabe*, oggi *Museum of Islamic Art*, per conto del Governo Egiziano e che fu insignito del titolo di Pashà. Il libro, al quale la famiglia Herz-Sereni ha contribuito con documenti e immagini, è un autorevole fonte di notizie sull'architettura islamica.

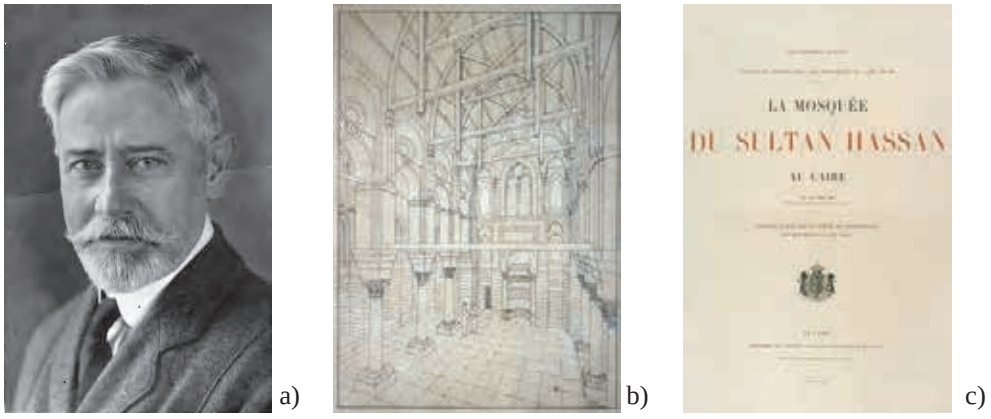


Fig. 4 – La Islamic Cairo; le moschee Sultan Hassan e Al-Rifai con la cupola.

A Max Herz, che ha vissuto al Cairo dal 1890 al 1914 (Herz Sereni F., s.d), si devono la conoscenza e la salvaguardia di quei monumenti (Fig. 5).

Le vicende che legano l'architettura islamica del Cairo a quelle della Mesopotamia risalgono a Ahmed ibn Touloun, figlio di uno schiavo affrancato dal Califfo di Bagdad, che nell'868 fu nominato Governatore d'Egitto. Costui si dichiarò indipendente, conservando però il rispetto per l'autorità spirituale di quel Califfo (Herz, 1906); al Cairo costruì la Moschea Ibn Tulun, che prese il suo nome, dal quale ebbe origine la dinastia dei *Tulonidi*.

La Moschea, costruita fra l'876 e l'879, è il più antico esemplare dell'architettura mussulmana in Egitto e una delle costruzioni islamiche di maggior pregio. Uno dei Minareti annessi alla Moschea (Fig. 2b) è una torre massiccia ornata con



a) b) c)

Fig. 5 – L'Architetto Max Herz nel corso della sua operosa attività in Egitto (a); un disegno per la ricostruzione della qibla-iwan nella Moschea Qal–a'un (b); il progetto del restauro della Mosquée du Sultan Hassan (c). (Archivio Fam. Herz-Sereni).

false bifore, rialzate a ferro di cavallo all'uso moresco, in contrasto con le aperture ogivali della Moschea, tipiche dell'epoca; le porte alla base del minareto imiterebbero quelle di Siviglia, mentre i medaglioni e le arcate sarebbero ispirati a quelli di Cordoba; la singolare forma a spirale del Minareto e le decorazioni sono affini a quelle della antichissima Moschea di Samarra in Iraq (Fig. 2a). La spirale si ispira probabilmente agli antichi *ziggurat* della Mesopotamia (Kerisel, 1987) o, forse, a una primitiva costruzione a torre, della quale si sono perdute le tracce (Grabar, 1973; Ormos, 2009).

L'assidua opera di restauro, compiuta da Max Herz sulla Moschea di Ibn Toulun (Herz, 1897) e su numerosi altri monumenti islamici nell'arco di un quarto di secolo, fu bruscamente interrotta dalla Guerra Mondiale che determinò l'immediata dismissione e l'espulsione dall'Egitto di quel competente architetto.

Dalla lettera che esortò Max Herz a diffondere l'esperienza acquisita nella salvaguardia dei monumenti del Cairo (Farnall, 1915), traspare il rammarico di un alto funzionario egiziano per l'abbandono:

Je n'ose espérer un second Herz! Ou le trouver? Pensez à qui admire vôtre travail, pensez à ces Monuments qui semblent aujourd'hui des orphelins. Pensez à les immenses trésor que vous avez dans la mémoire, peut-être dans les notes. Cordonnez, écrivez, publiez: c'est un devoir...

Le trasformazioni

Il degrado è il risultato di fenomeni che progrediscono secondo percorsi temporali diversi. A lungo termine la struttura si trasforma in *rudere*, che desta ammirazione (Macaulay, 1953). Nelle rovine resta impressa come in un palinsesto la storia di vicende accidentali e di trasformazioni che nel tempo hanno destinato la costruzione a usi diversi dall'originario, nonché di aggressioni antropiche.

I minareti sono vulnerabili per ragioni intrinseche dovute alla snellezza della struttura e non di rado all'inadeguatezza della fondazione su terreni spesso cedevoli, ma anche a causa delle degradanti azioni naturali e antropiche, alla quale sono esposti (Herz, 1899). Per rendersene conto è sufficiente scorrere la sterminata letteratura sull'architettura islamica, minareti in particolare, non di rado scomparsi e ricostruiti dopo terremoti, bombardamenti, incendi, temporali o in conseguenza di attentati e della furia distruggitrice dell'uomo.

Le azioni antropiche, che si sono succedute intorno alla Moschea Ibn Tulun, sono state storicamente ricostruite (Ormos, 2000) con una puntuale rassegna delle variegate funzioni attribuite all'importante monumento e le relative trasformazioni dal 1770 a oggi: un laboratorio per la confezione di abiti (1772-75), un ospedale militare, un magazzino di sale, un asilo per i poveri (1846), l'officina di un fabbro (1880). Il monumento subì un incendio, gli effetti di una vicina esplosione (1902), nonché improvvidi restauri strutturali e architettonici con tutte le conseguenze immaginabili



Fig. 6 – Immagini del degrado ambientale al Cairo nel 1996 (foto V.J.).

in tema di inquinamento, distruzione, degrado. Ormos riferisce anche del progetto di trasformazione della Moschea in una casa per lo studente, che, nel 1910, fu bocciato dallo stesso Herz.

Queste vicende, che differiscono solo nella successione temporale da quelle subite da molti altri monumenti, hanno lasciato indelebili tracce. Ecco la testimonianza di un viaggiatore inglese che visitò la Moschea nel 1880:

Unfortunately it's impressive quadrangle is defaced by the bricking up of most of the arches to shelter the beggars and casuals of Cairo, who infest and disfigure the noble building. Ugly whitewashed walls now take the place of the cloisters on all sides but the east, and it is only there, in the liwan or sanctuary, that the original beauty of the design can be in some degree appreciated (Ormos, 2009).

Lo stato dei monumenti fu possibile constatare dagli scriventi nel giugno 1996 in occasione di una missione promossa dal *Technical Cooperation Office*, istituito dall'Unesco per la *Rehabilitation of Historic Cairo*. Un gran numero di monumenti (madras, moschee, minareti, …) di enorme valore architettonico e artistico, non di rado puntellati, sono disseminati in una vasta area quasi priva di drenaggio urbano, intensamente abitata e fortemente inquinata, sovraccarica di rifiuti e invasa da una falda affiorante in polder maleodoranti (Jappelli, 1996) (Fig. 6).

La ricostruzione

Il degrado che intacca un oggetto è inesorabilmente atteso. Le strategie che si adottano per rimediarvi differiscono secondo il tipo e la destinazione; possono indicarsi con i termini *rispetto*, *tolleranza*, *differimento*, *mitigazione*, *miglioramento*, *compensazione* e perfino *abbandono* (Jappelli, 2012).

Ma la ricostruzione integrale di una struttura monumentale distrutta da terremoto, bombardamento, attentato e simili può avere esito soddisfacente solo se siano dispo-

nibili documenti ed esempi di opere simili, dai quali si riconoscano tratti del volto originario della fabbrica.

Nel caso Al-Hadba una ricostruzione sembra assai problematica, perché la singolare struttura non è rappresentata con chiarezza nei documenti disponibili in letteratura, ma, soprattutto, perché la muratura si è presumibilmente in gran parte ridotta in *polvere, della quale non si può dire la storia* (Pietro Ingrao).

Secondo gli Autori del cosiddetto *rinforzo statico* di una struttura muraria giudicata *very poor*, il discutibile intervento del 1979-80 fu eseguito con un *reticolo cementato*, inserendo barrette metalliche in fori trivellati nella muratura alla quale furono fissate con *iniezioni di cemento*. Questo reticolo è ormai parte del monumento; perciò, se qualcuno volesse intraprendere l'arduo lavoro di ricostruire il Minareto Al-Hadba rileggendo e riutilizzando, ove possibile, le sue macerie, si troverebbe a operare con un materiale sciolto composto di frammenti distribuiti presumibilmente su tutto l'arco granulometrico dalla sabbia fina ai blocchi grossi; fra questi ultimi prevarranno i frammenti di consistenza lapidea costituiti di laterizi e di un conglomerato cementizio armato formato a sua volta da elementi della muratura originaria *consolidati*. Frammenti dell'opera muraria non intaccati dal consolidamento si presenteranno distribuiti nelle frazioni più minute. Ogni tentativo di ricomposizione avrebbe difficilmente esito positivo.

Queste considerazioni rimandano, per l'aspetto tecnico, al parere di illustri cultori di Storia dell'Architettura e dell'Arte sulla vanità della ricostruzione; così Giulio Carlo Argan dopo i bombardamenti in Iraq:

Ma in Iraq, per favore niente falsi; tutto quello che è stato distrutto, monumenti, complessi architettonici, è perduto per sempre, perché sarebbe un errore imperdonabile pensare a false ricostruzioni o a falsi restauri.

Il pensiero di Max Herz in tema di conservazione e restauro, ben riassunto da Ormos (2009) nel seguente passo, conferma il principio che un monumento, come probabilmente il Minareto Al-Hadba, è irripetibile, e difficilmente può essere ripristinato, se privo di documentazione e tracce che ne consentano almeno la comparazione con opere simili:

… Herz pasha's principle was that unique monuments like Ibn Toulun, the Minaret of Qala un's Mausoleum or monuments from periods were only a few specimens survive – e.g. the Fatimid era – must on no account be restored; in these cases the aim of the architect can only be to preserve the monument as best possible, and nothing more will be allowed than is absolutely necessary for its preservation. In the case of periods were a number of monuments have survived, monuments which resemble each other not only in style but sometimes even in the details of their ornamentation (…), a few mosques may be selected for complete restoration, as a result of which they will emerge in approximately the same form as they had when

they were first opened for public service. Herz deeply impressed his contemporaries by cleaning the walls of monuments, bringing to light remarkable wall painting, mosaics and wood carving, as was for instance the case with the minaret of Al-Hakim's Mosque or the walls of the Qala un complex.



Fig. 7 – Le macerie di Al-Hadba.

Dinnanzi alle macerie del Minareto non resta che archiviare le poche immagini superstiti, affinché lo sciagurato evento (Fig. 7) valga almeno come ennesimo monito alla vigilanza e attendere sconsolatamente che la natura faccia il suo corso:

Grass (Carl Sandburg, 1936)
Pile the bodies high at Austerlitz and Waterloo.
Shovel them under and let me work
I am the grass; I cover all.
And pile them high at Gettysburg
And pile them high at Ypres and Verdun.
Shovel them under and let me work.
Two years, ten years,
and passengers ask the conductor:
What place is this? Where are we now?
I am the grass. Let me work.

Considerazioni finali

La brusca distruzione in conseguenza di sismi, bombardamenti, attacchi terroristici, atti distruttivi e altro, lascia un vuoto in tutti coloro che una costruzione hanno utilizzato, ammirato, perfino venerato. Ma, quando la rovina è provocata da un atto cosiddetto *vandalico*, che trasforma improvvisamente la struttura in un cumulo di macerie, fra le quali qualcuno scaverà per restituire corpi e oggetti ai sopravvissuti, l'animo umano viene pervaso dalla costernazione per un atto che non facilmente trova spiegazione.

Sottilmente si distingue tra terrorismo, vandalismo, fanatismo; con il primo si devasta, talora nel nome di Dio, con lo scopo di provocare terrore; il cosiddetto vandalismo su monumenti, biblioteche, luoghi di culto, si attribuisce sovente alla stupidità o alla malvagità che si anniderebbero nell'animo umano; nel fanatismo prevale spesso il furore religioso (Huxley, 1937); a quest'ultimo movente risale la cieca intolleranza che ha distrutto importanti testimonianze dell'architettura e dell'arte araba in Sicilia.

Lo scoramento che pervade l'animo dopo distruzioni, che si ripetono, si accresce dell'amara constatazione del sistematico fallimento di ogni autorevole richiamo al dialogo, alla civile convivenza, alla composizione pacifica dei conflitti. Ma, nelle medesime tristi occasioni, l'Archeologia, la Storia dell'Architettura e dell'Ingegneria rivelano la loro preziosa funzione, raccogliendo almeno frammenti di conoscenza e testimonianze. Perciò, le scarne immagini si propongono all'attenzione del Convegno, affinché nei cultori di Storia dell'Ingegneria e dell'Architettura resti memoria di una singolare struttura che rivelava nella deformata gli effetti dell'azione impressa dal terreno durante la costruzione, serbandone traccia nel corso di una vita durata quasi un millennio.

L'avvenire delle costruzioni che sopravvivono in un mondo in gran parte insensibile, perché oppresso dal fragore di guerre devastanti, resta inesorabilmente legato all'amorevole cura di occasionali tecnici al servizio di organismi che perseverano nell'opera di tutela. La sopravvivenza di monumenti, come gli islamici, resta precariamente legata alla cura di quei pochi; nel passato questa esigenza di assistenza competente è stata raramente percepita. Una prestazione eccezionale, anche questa brutalmente interrotta dalla guerra, fu offerta negli anni 1890-1914 alla Islamic Cairo da Max Herz, del quale Ormos ha tracciato un commovente profilo umano:

Throughout his life Herz gave abundantly to others. Fate, however, remained unkind. This sincere, upright, open-hearted man, child of a turbulent age, experienced the fickleness of fortune in full measure. He grew up in poverty and privation; during his active life he was to know the pleasure of beloved work well-done and appreciated by the world; after a while he also knew wealth and personal happiness accorded by a happy family life. But all this was destined to vanish in his later years. His beloved son died; he lost his work, his possessions and his home. Not long after, he followed his son to the grave, and was forgotten by posterity also.

Molte voci si levano puntualmente per chiedere alla comunità recinzioni, divieti, custodia, presidio, punizioni e perfino vigilanza armata, estese a ogni oggetto di presumibile attacco; ma quei rimedi, seppure attuati, si rivelano sempre largamente insufficienti. La *protezione*, esercitata in quelle forme, lascia peraltro l'animo umano insoddisfatto, perché rivela il fallimento di ogni altra più nobile azione basata sull'educazione al rispetto per le cose comuni, alla sensibilità per la bellezza architettonica e artistica; non ultima, alla civile convivenza. Ma questa *Education* resta l'unica, ancorché lunghissima, via maestra che insegni ad apprezzare, valorizzare e godere delle opere che ci sono state trasmesse; questa via vale ancora e sempre indicare, affinché, in luogo dell'impossibile ricostruzione di tanti monumenti, l'uomo sappia finalmente spegnere il fragore della guerra, e dedicarsi alla ricostruzione delle coscienze.

The road, I fear, is long but that is not a reason of losing sight of the final hope.
(Bertrand Russel)

Bibliografia

Argan G.C. s.d. Intervista a cura di O. la Rocca.

Farnall H. 1915. *Letter to Max Herz*, Cairo, January 5.

Grabar O. 1973. *La formacion del arte islamico*. Catedra, Yale University, Ltd.

Herz M. 1899. *La Mosquée du Sultan Hassan au Caire*. Imprimerie de Institut Français D'Archéologie Oriental, Archivio Famiglia Herz-Sereni.

Herz M. 1897. *Ibn Tulun's Mosque, Works on conservation to preserve the existence of the oldest Muslim Monument in Egypt*. Autobiographical sketch in French.

Herz M. 1906. *Catalogue raisonné des Monument exposés dans le Musée National de l'Art Arabe*, Archivio Famiglia Herz-Sereni.

Herz Sereni F., s.d., *Biografia di Max Herz*, Archivio Famiglia Herz-Sereni.

Huxley A. 1937. *Ends and Means*. London: Chatto &Windus.

Jappelli R. 1996. *Visit to historic Cairo, Informal notes addressed to M. Kujawsky.* Chief Technical Advisor, 17 July.

Jappelli R. 2012. Engineering the ruins of constructions. In: *Mechanics, Models and Methods in Civil Engineering* (Fremond M, Maceri F. eds), vol. 61, 97-122. Berlin: Springer.

Kerisel J. 1987. *Down to Earth, Past and Present: the Invisible Art of the Builder*. Leiden: Balkema.

Lizzi P., Carnevale G. 1981. The static restoration of the leaning Al Hadba Minaret in Mosul, Ira. *Proceedings of 3rd Int. Symposium on Babilon, Ashur and Haditha*, Baghdad.

Macaulay R. 1953. *Pleasure of Ruins*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Ormos I. 2009. *Max Herz Pasha (1856-1919. His Life and Career*. Cairo: Institut Français d'Archéologie Oriental.

Yosuf S.T., AI-Jurmaa M.A., Mohammed M.S. 2010. *Study of maintenance Al-Hadba monument in Mosul*. University of Mosul: College of Eng., T.R.

Alessio Mazza

Pasquale Sasso: un ingegnere al servizio di una comunità

Abstract
Pasquale Sasso is an engineer who has been trained in Naples at the "Scuola di Applicazione di Ponti e Strade"; he operates in the second half of the nineteenth century mainly in the provinces of Naples, Caserta and Benevento. In the first part of his career he is engaged with his colleague, partner and friend Giustino Fiocca in the construction of bridges and road infrastructure. Later he embraces a partnership with the mayor of Caiazzo, Pasquale Maturi, who is founder and director of the Banca Mutua Popolare di Caiazzo, which alliance will lead the two to develop and implement works aimed at improving sanitary and life conditions of the town of the Middle Volturno. Mr. Sasso designs roads, bridges, water pipes and irrigation channels, in addition to the cemetery, elementary school, a neighborhood of farmhouses and a neighborhood of workers' houses, inspired by the "Ferrand model" presented in Paris in 1867. The purpose of this contribution is to examine the various phases of the professional career of Pasquale Sasso, a still unknown designer, and in particular all the events related to his long and profitable relationship with the public institutions of the small Municipality of Caserta.

Introduzione
Formatosi a Napoli presso il Regio Istituto di Belle Arti prima[1] e completati quasi certamente gli studi presso la Scuola di Applicazione di Ponti e Strade[2], l'architetto e ingegnere napoletano[3] Pasquale Sasso (1832-1902)[4], premiato con una medaglia d'argento di prima classe nella sezione architettura per le sue opere esposte[5] alla Pubblica Esposizione di Belle Arti del 1855 (Moschitti, 1855), fa il suo esordio professionale al fianco del collega Giustino Fiocca, in occasione della costruzione del ponte Umberto Margherita in località Dragoni, nel casertano, inaugurato nel novembre del 1868. Con l'Ingegnere abruzzese il Sasso stringe un sodalizio che porta i due professionisti a collaborare nelle tanto celebrate imprese del ponte Annibale sul Volturno, tra il 1868 e il 1870, e del Ponte del Diavolo sul fiume Sele, tra il 1870 e il 1872. Ancora al sodalizio Fiocca-Sasso, è legato il progetto di *Irrigazione con le acque del Sele e del Tusciano,* pubblicato[6] dal Sasso ben oltre la morte del collega e socio, avvenuta nel 1877.



Fig. 1 – Archivio Storico della città di Caiazzo (ASCCa), Categoria X, Lavori Pubblici, Classe II, fasc. I, Ponte San Pietro, 1871, Stato presente del Ponte e restauro (particolare).

Le opere per Caiazzo

Nel frattempo il Sasso stringe un intenso legame con Pasquale Maturi, promotore e fondatore della Banca Mutua Popolare di Caiazzo, già Sindaco della cittadina campana tra il 1859 e il 1861, che lo porterà, nell'arco di quasi trent'anni e in pratica in tutta la seconda parte della sua carriera professionale, all'ideazione progettuale e alla realizzazione di diverse opere, tutte tese al miglioramento delle condizioni igienico sanitarie della città e al benessere sociale dei suoi abitanti. Dal 1868 si occupa della ricostruzione del viadotto S. Pietro, in fig. 1, che permetteva di oltrepassare l'omonimo torrente congiungendo la Strada Comunale per Limatola con la Strada Provinciale.

Al 1869 risale il primo di ben sei progetti a lui commissionati per il Cimitero comunale, nelle figg. da 2 a 5. In una relazione conservata presso l'archivio storico del comune caiatino[7], si legge: *conformemente al parere emesso dalla Commissione igienica provinciale nel 1869, fu redatto progetto d'arte per la costruzione di un Cimitero per tumulazione nell'abolito Convento della Madonna delle Grazie (…). Il progetto fu stimato grandioso in sulle prime, e ridotto di poi, si eseguì nel 1873. Nell'anno 1878 una Commissione igienica, recatasi sul luogo per ordine del Prefetto, propose abolire il sistema di tumulazione nella Necropoli eseguita ed in esercizio, modificando con mezzi artificiali la natura del suolo e rendendolo capace alla disumazione di 1699 cadaveri che in dieci anni si possono avere dalla popolazione intera di 6200 abitanti. Seguendo le norme stabilite da detta Commissione, fu redatto dettagliato progetto d'arte (…). Per nove anni rimaste le cose nello stato primitivo per mancanza di mezzi (…) nel 1879 deliberò farsi un novello Cimitero, affidando al sottoscritto l'incarico del progetto. Espletato il lavoro e sottopostolo all'approvazione dell'Ufficio del Genio Civile di Caserta, fu rimandato perché non corrispondente a' dettami di una novella circolare ministeriale colla data del 2 novembre 1887, colla quale fra le altre cose si dispone che ogni cimitero deve avere all'ingresso un*



Fig. 2 – ASCCa, Cat. IV, Cl. VI, Nuovo fronte del Cimitero e Cappella con ossario, 1887.



Fig. 3 – ASCCa, Cat. IV, Cl. VI - Seconda idea di progetto del fronte del cimitero, 1888.



Fig. 4 – ASCCa, Cat. IV, Cl. VI, Laterale dell'edificio che precede il cimitero, disegno all'acquerello, 1887.

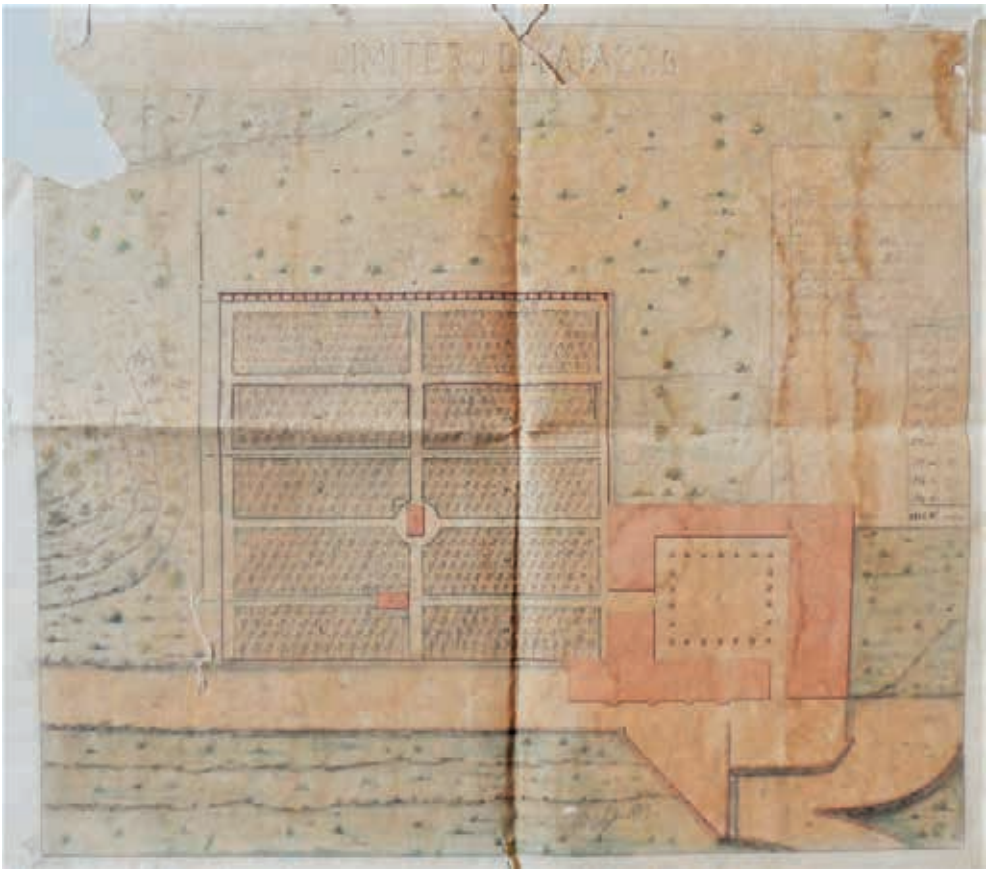


Fig. 5 – ASCCa, Cat. IV, Cl. VI, Cimitero di Cajazzo, 1893.

edificio a due piani per l'esercizio e sorveglianza del locale. Avendo a guida la detta circolare, e senza sgomento di sorta, abbiamo impresso lo studio di un quinto progetto che ci auguriamo si rendéa meritevole dell'approvazione Superiore (…). Un ulteriore progetto per il Camposanto comunale sarà poi richiesto al Sasso nel 1895.

Nel 1878 si occupa di un progetto per la realizzazione di una nuova piazza sul viadotto S. Pietro, munita di collettore cloacale, a margine del quale presenta anche una sua proposta per il nuovo foro caiatino; l'anno successivo dirige i lavori per la pubblica Fiera e presenta il primo progetto per un nuovo edificio scolastico, da realizzarsi nella zona di Portavetere. A causa degli eccessivi costi preventivati, si preferisce però realizzare la nuova scuola, tra il 1879 e il 1881, adattando all'uso l'antico Palazzo Forgione, già Palazzo Egizi, sito nella piazza principale; il progetto di riduzione è ancora firmato gratuitamente dal Sasso (Bettazzi, 2008)[8]. Nel

discorso tenuto dal progettista in occasione della solenne inaugurazione del nuovo palazzo scolastico, fedelmente trascritto e pubblicato, grande importanza è data al ripristino della Palestra e dell'Accademia, perché *la pianta-uomo* (…) *non può esser sana moralmente, ed intellettualmente, se non è sana e forte fisicamente*». (Sasso, *Poche parole*… 1881, p. 5). Nell'ambito di questo intervento, l'ingegnere napoletano si occupa anche del restauro della cappella di Sant'Agnese o degli Egizi, annessa all'edificio, caratterizzata dagli splendidi portali rinascimentali (Dalla Negra *et al.*, 2007).

Sempre al 1881 risale l'edificazione del *quartiere di case per operai*[9], piccola porzione dell'ambizioso Quartiere Agricolo "della Salute" (Sasso, *Un quartiere di case*…, 1881) progettato su iniziativa del Maturi e della Banca Mutua Popolare. Nelle idee iniziali, il grandioso progetto, considerato fondamentale e necessario per migliorare le condizioni di vita di operai, agricoltori e braccianti agricoli e per sconfiggere il caporalato e l'usura, prevedeva la costruzione di ben 128 abitazioni, alcune delle quali raggruppate, attraversate da strade, giardini e fontane, e altre isolate a uso dei giornalieri e dei coltivatori con famiglia e bestiame; l'intero quartiere, però, così come un ricreatorio festivo, previsto dal Sasso per consentire agli operai di *trovare un onesto svago nei giorni di riposo, sottraendosi così all'ozio scioperato e alla bettola indecente, con grande vantaggio morale e materiale* (Rivista della beneficenza pubblica, 1887), non trova realizzazione *per il depresso entusiasmo del promotore* (Sasso 1896, p. 42). Del quartiere modello progettato, si realizza un solo lotto, per un totale di 12 "*quartini*", composti da due stanze terranee con sotterraneo, due stanze superiori con soppalco e un giardino (Sasso, *Rilievi*…, 1884; Serraglio, 2012), ispirati al modello Ferrand presentato e premiato a Parigi in occasione dell'Esposizione Universale del 1867.

Nel 1882 il Sasso redige un elaborato progetto per trasformare l'abolito monastero di San Francesco in Ospedale e Asilo di Mendicità, ma anche in questo caso per mancanza di fondi l'opera non viene realizzata.

Interessante e in questa sede utile per comprendere al meglio il profondo rapporto instauratosi tra il professionista napoletano e la comunità caiatina è la dedica che apre il *Progetto di un ponte per cavalcare il fiume Volturno nel varco di Gradillo,* ponte a travate metalliche su pile in muratura, in fig. 6, progettato in sostituzione della scafa che all'epoca consentiva di attraversare il Volturno per raggiungere il circondario di Piedimonte: *amici carissimi, questi giorni ho dovuto chiudermi in casa pel cholera, che in questa città disgraziata ha mietuto vittime a tutta possa. Altro non potendo fare, mi è passata per il cervello la idea di mettere nero sul bianco, e progettare un ponte per cavalcare il fiume Volturno presso Gradillo (...) Parola mia! Ho desiderio di rivedervi ed abbracciarvi presto, intanto mi fa paura il cholera per quanto me ne fa la vostra zattera di Gradillo*.

Ultima opera realizzata per Caiazzo dal Sasso, nel 1887, è il macello pubblico.

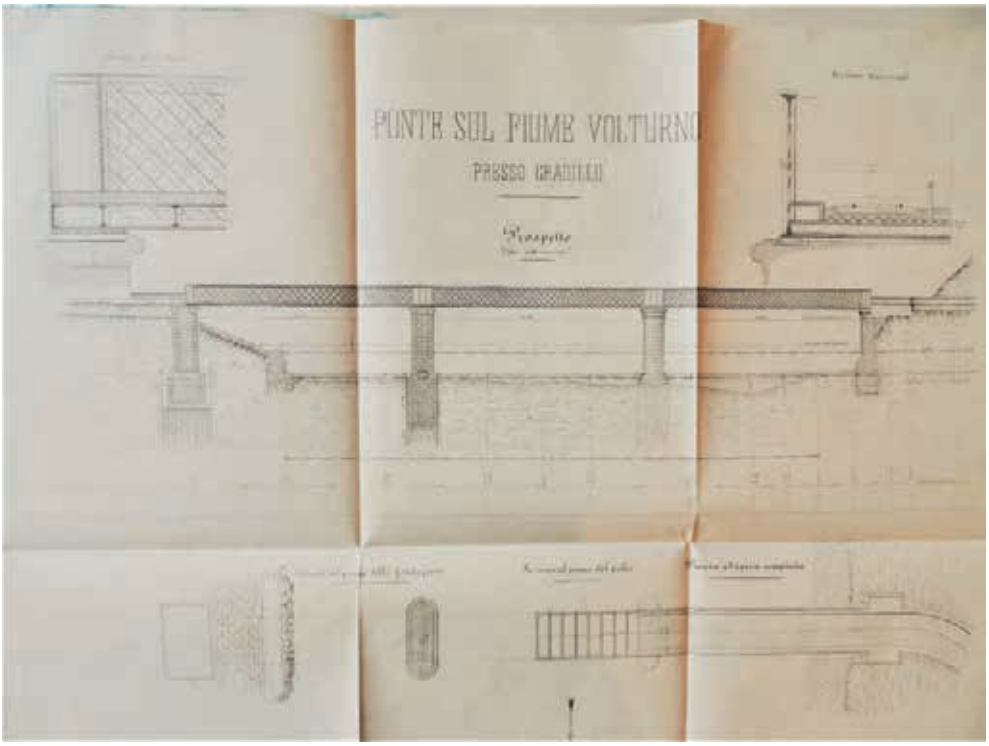


Fig. 5 – Ponte sul fiume Volturno presso Gradillo, in, Progetto di un ponte per cavalcare il fiume Volturno nel varco di Gradillo, Stab. Tip. V. Morano, Napoli 1884.

Nell'arco dei quasi trent'anni di stretti rapporti umani e professionali, vengono inoltre portate a compimento le vie di comunicazione con Cesarano e quella con SS. Giovanni e Paolo, arterie fondamentali per la comunità del medio Volturno, necessarie per liberare il centro abitato dall'isolamento; nel 1880 progetta anche una ferrovia economica che da Caserta, passando per Caiazzo, avrebbe infine raggiunto Piedimonte, nella ferma convinzione che la riduzione delle spese di trasporto delle merci fosse *l'unico mezzo per permettere all'industria italiana di combattere ad armi pari con la concorrenza estera* (Sasso, 1880).

L'ingegnere-architetto si occupò inoltre di un progetto per l'irrigazione dei campi di tutta la piana di Caiazzo con le acque del Volturno, opera che tanti vantaggi avrebbe portato agli agricoltori, e progettò una conduttura idraulica per assicurare alla cittadinanza acqua corrente e potabile, opera necessaria per l'igiene pubblica.

Ancora alla sua opera si devono poi la Cappella del SS. Sacramento nella Cattedrale, voluta dalla Signora Angelina Maturi (Di Dario, 1941)[10], le cappelle sepolcrali private De Matteo e Maturi-Mazziotti e il monumento Foschi nel Camposanto.

Lo stretto rapporto che tanti vantaggi aveva portato alla comunità caiatina si interrompe bruscamente nel 1895, quando il Sasso, accusato di essersi arricchito sulle spalle della cittadinanza e dell'amministrazione comunale, dà alle stampe una lunga memoria, indirizzata *agli amici delle province di Caserta e Benevento*, nella quale difende il suo onesto operato e denuncia di attendere ancora il pagamento per tutte le opere progettate ed eseguite.

Dopo il 1896 si perdono le tracce del professionista napoletano, della cui opera, nella seconda metà del XIX secolo, si avvalsero diversi comuni del casertano e del beneventano, in particolare Amorosi, Cerreto, Faicchio e San Lorenzello[11].

A conclusione di questo breve saggio, al fine di rendere quanto più completa possibile la conoscenza circa l'operato del Sasso, si riporta integralmente un quadro complessivo delle opere eseguite e progettate, così come pubblicato a margine di una Memoria edita nel 1894 (Sasso, 1894).

Opere progettate

- Strada da S. Padre ad Arpino
- Strada dalla Provinciale di Sora a Cervaro
- Chiesa dell'Annunziata in Cervaro
- Chiesa di SS. Giovanni e Paolo in Cervaro
- Studi della ferrovia per la valle del Calore
- Canale d'irrigazione colle acque del Calore
- Canale d'irrigazione colle acque del Grassano
- Canale d'irrigazione colle acque del Volturno
- Canale d'irrigazione colle acque del fiume Sele, premiato con medaglia d'argento
- Canale d'irrigazione colle acque del Tusciano
- Ponte sospeso sul Volturno presso Cancello Arnone
- Ponte in muratura sul torrente Titerno
- Ponte in muratura sul fiume Liri presso San Giorgio
- Strada da Pietraroja a Cusano Mutri
- Sistemazione del ponte antico di Capua sul Volturno
- Progetto di un Collegio di Musica, premiato con medaglia d'argento
- Progetto di un ponte sul fiume Volturno al Varco di Gradillo
- Piano regolatore della Piazza San Pietro in Cajazzo
- Foro Calatino
- Ricreatorio Calatino
- Casa Comunale di Cusano Mutri
- Conduttura d'acqua di Cusano Mutri
- Progetto dell'Edificio Scolastico in Dragoni
- Progetto di una ferrovia economica da Caserta per Cajazzo a Piedimonte
- Progetto di una ferrovia economica da Cassino a Formia
- Chiesa di S. Giovanni in Faicchio
- Casa Palmieri in Faicchio
- Teatro di Cerreto Sannita (lavoro gratuito)
- Progetto per l'alimentazione idraulica degli abitanti del Comune di Cajazzo (lavoro gratuito)
- Chiesa di San Pietro in Cusano (progetto gratuito)
- Progetto della conduttura d'acqua potabile pel Comune di Dragoni
- Progetto di un canale irriguo colle acque del Tampone
- Casa Comunale di Alife

Opere eseguite

- Strada provinciale da Alvignano a Pietramelara
- Strada provinciale da Dragoni a Piedimonte
- Strada da Dragoni per Majorano a Villa Liberi
- Strada da Cerreto per San Lorenzello a Faicchio (direzione e progetto gratuito)
- Casa Comunale e Scuole primarie in San Lorenzello (direzione e progetto gratuito)
- Conduttura d'acqua potabile da Cerreto per San Lorenzello a Faicchio (per i due primi comuni progetto e direzione gratuita)
- Chiesa parrocchiale di San Lorenzello (progetto e direzione gratuita)
- Strada da Cerreto per Civitella a Cusano
- Casa Comunale di Faicchio
- Casa Comunale e Scuole di Amorosi
- Casa e Chiesa Maturi in Amorosi
- Case operaie in Cajazzo
- Cimitero pubblico di Cajazzo
- Macello pubblico di Cajazzo
- Cappella del Sacramento nel Vescovado di Cajazzo
- Cappella Sepolcrale Maturi nel Cimitero di Cajazzo
- Monumento Sanillo in S. Potito
- Monumento Faccioli in Varapodio (Calabria)
- Cimitero Pubblico di Dragoni
- Cimitero Pubblico di Maiorano
- Cimitero Pubblico di Alvignano
- Casa Scolastica di Alvignano
- Restauro del Duomo e Seminario di Cerreto (progetto gratuito)
- Sistemazione del Ponte S. Pietro in Cajazzo
- Strada da Cesarano a Cajazzo
- Strada da SS. Giovanni e Paolo a Cajazzo
- Monumento Fiocca sul Ponte Annibale
- Monumento Romano nel Cimitero di Napoli
- Chiesa Raimondo Arenella (Napoli)
- Palazzo Raimondi Arenella (Napoli)
- Conduttura d'acqua di Sepino
- Conduttura d'acqua di Piedimonte d'Alife
- Conduttura d'acqua di Alife
- Casa scolastica di Alife
- Ponte a travata in ferro per cavalcare il torrente Titerno presso San Lorenzello (progetto e direzione gratuita)
- Monumento Foschi nel Cimitero di Cajazzo

Opere collaborate coll'illustre Cav. Giustino Fiocca

- Ponte di Annibale sul fiume Volturno
- Ponte del Diavolo sul fiume Sele
- Ponte in muratura detto Umberto Margherita sul fiume Volturno presso Dragoni

Bibliografia

Bettazzi M. B., Sorbo N. 2008. *Prime note attorno a Pasquale Sasso: ingegneria e modernizzazione nella Caiazzo postunitaria*. In: Archivio storico del Caiatino, 6, 9-22.

Dalla Negra R., Maggiobello S., Montuori M. 2007. Episodi di riutilizzo dell'architettura rinascimentale in Campania. In: *Campania: saggi (a cura di* Gambardella A., Jacazzi D.), 72-76. Roma: Gangemi.

Moschitti D. 1855. Cronaca Uffiziale. Novembre e dicembre 1855. In: *Annali Civili del Regno delle Due Sicilie*, LV, 81-91. Napoli: Stabilimento Tipografico del Real Ministero dell'Interno.

Bibliografia generale

Banca Mutua Popolare di Cajazzo. 1884. *Rilievi sulla edificazione di case per operai*. Caserta: Tipografia Economica Salvatore Marino.

Banca Mutua Popolare di Cajazzo. 1891. *Memoria sintetica per l'Esposizione di Palermo 1891*. Caserta: Stabilimento Tipografico Sociale.

Di Dario B. 1941. *Notizie storiche della città e Diocesi di Caiazzo*. Lanciano: Carabba Stampa.

Faraone G. 1899. *Notizie storiche e biografiche della città di Caiazzo*. Napoli: Tipografia Faraone.

Faraone G. 1902, *I primi 24 anni della Banca Mutua Popolare di Caiazzo*. Napoli: Stabilimento Tipo-Litografico S. Marino.

Mazza A. 2016. Giustino Fiocca (1821-1877). Ingegnere-Architetto nel Mezzogiorno d'Italia. In: *Cultura Innovazione e Ricerca. Il patrimonio di Ateneo nella banca dati open source MITO_UNISOB. Un progetto per la fruizione del patrimonio librario e iconografico di Ateneo* (a cura di Rossi P.). Napoli: Università degli Studi Suor Orsola Benincasa.

Rivista della beneficenza pubblica e delle istituzioni di previdenza. 1881. IX, 4, 30 aprile, 361-362. Milano: Tipografia Civelli.

Rivista della beneficenza pubblica e delle istituzioni di previdenza. 1883. XI, 2, 28 febbraio, 152. Milano: Tipografia Garbagnati e Colombo.

Rivista della beneficenza pubblica e delle istituzioni di previdenza. 1887. XV, 1, 31 gennaio, 77-78. Milano: Tipografia Garbagnati e Colombo.

Santacroce N. 1999. *I Sindaci di Caiazzo. Ricerche sull'Amministrazione comunale dal 1807 ai giorni nostri*. Caserta: Farina.

Santacroce N. 2010. *Pietro Maturi e il sogno della modernità nell'Ottocento a Caiazzo*, Caserta: s.n.

Serraglio R. 2012. A*rchitetture per i lavoratori tra Napoli e Caserta. Progetti e realizzazioni dal XVII al XX secolo.* Napoli*:* La Scuola di Pitagora, 80-88; 226-229; 230-232.

Vigliotti N. 1968. *San Lorenzello e la Valle del Titerno*. Napoli: Libreria Editrice Redenzione.

Catalogo completo delle Memorie a stampa pubblicate per Pasquale Sasso

Sasso. P. (1862), *Canale d'irrigazione con le acque del corso Grassano*, S.l.; S. n.

Sasso. P. (1865?), *Risposta all'opuscolo anonimo intitolato "Considerazioni sul migliore andamento del tronco di ferrovia da Napoli a Benevento comune alle due ferrovie in progetto delle Puglie e di Campobasso"*. Napoli: Tip. Nobile.

Sasso. P. (1871), *Memorie sulla ricostruzione del Ponte-Annibale eseguita per iniziativa del Consigliere provinciale cav. Campagnano*. Napoli: Tip. Dell'Industria.

Sasso. P. (1873), *Ponte del Diavolo sul fiume Sele al Barizzo*. Napoli: Tip. di Luigi Gargiulo.

Sasso. P. (1879), *Sistemazione del ponte antico di Capua*. Napoli: V. Pasquale.

Sasso. P. (1880), *Studi di una ferrovia economica da Piedimonte per Caiazzo a Santa Maria*. Napoli: Tip. Dei Comuni.

Sasso. P. (1880), Sulle cause che produssero la ruina del ponte in muratura sul Liri presso San Giorgio durante la sua costruzione, in *Atti del Collegio degli ingegneri ed architetti in Napoli*, Anno V, fasc. VI, novembre-dicembre, Napoli.

Sasso. P. (1881), *Poche parole lette in occasione della solenne edificazione del palazzo scolastico edificato dalla città di Cajazzo per le sue scuole popolari*. Napoli: Tip. Dei Comuni.

Sasso. P. (1881), *Un quartiere di case coloniche ed alcune considerazioni economico-rurali*. Napoli: Tip. A. Trani.

Sasso. P. (1881), *Quartiere di case per operai eseguito nella città di Cajazzo con disegno e direzione gratuita di Pasquale Sasso*, Napoli.
Sasso. P., Melisurgo G. (1882), *La riforma delle abitazioni operaie della città di Napoli*. Napoli: Tip. V. Pasquale.
Sasso. P. (1882), *Pensieri sul modo di fornire d'acqua la citta di Cajazzo*. Napoli: Tip. Dei Comuni.
Sasso. P. (1884), *Irrigazione con le acque del Sele e del Tusciano*. Napoli: Stab. Tip. V. Pesole.
Sasso. P., Mendia A., Friozzi G. (1884), *Rapporto de' periti ingegneri comm. Ambrogio Mendia, cav. Gustavo Friozzi e cav. Pasquale Sasso nella causa Peccerillo e Finanza*. Napoli: Tip. A. Trani.
Sasso. P. (1884), *Progetto di massima per l'irrigazione dell'agro telesino colle acque del fiume Calore in provincia di Benevento*. Napoli: Tip. Morano.
Sasso. P. (1884), *Progetto di un ponte per cavalcare il fiume Volturno nel varco di Gradillo*. Napoli: Stab. Tip. V. Morano.
Sasso. P. (1885), *Risposta all'opuscolo del sig. Nicola Sisto riguardante l'irrigazione de' terreni dell'Altipiano di Eboli*. Napoli: Tip. V. Morano.
Sasso. P., Melisurgo G. (1887), *Conduttura di acqua potabile per i comuni di Cerreto Sannita e S. Lorenzello: progetto di massima e proposte economiche per la esecuzione in consorzio*. Napoli: Tipografia R. Avallone.
Sasso. P. (1889), *Acquedotto Cerreto, S. Lorenzello, Faicchio*. Napoli: Tip. A. Trani.
Sasso. P. (1893), *Progetto di massima per l'irrigazione de' terreni che stanno nella sponda destra del fiume Volturno*. Napoli: Tip. Gaetano Fusco.
Sasso. P. (1894), *Le acque delle sorgenti Bagno e Pollentine tributarie del fiume Calore*. Napoli: Tip. Tramontano.
Sasso. P. (1896?), *Al cospetto degli amici delle due provincie di Caserta e Benevento*. Napoli: Tip. Ferrante.

Note

1 Archivio dell'Accademia di Belle Arti di Napoli (ABAN), Registro degli alunni ammessi nell'Istituto dal 1836 al 1860, notamento degli alunni ammessi con Sovrana approvazione al Regio Istituto di Belle Arti dall'anno 1836. (…) a dì 12 Giugno 1847 – Pasquale Sasso (…).
2. Pur non essendoci riscontri archivistici certi, si può ipotizzare che il Sasso, essendo riconosciuto dalla storiografia in qualità di architetto e di ingegnere, frequentò la Scuola di Applicazione di Ponti e Strade.
3. Archivio Notarile Distrettuale di Napoli (ANDNa), Atti del Notaio Achille Ragnisco, Anno 1877, repertorio 82/106. In questo documento, relativo alle vicende legate alla costruzione dell'Hotel Royal des Etrangers a Napoli, si legge: (…) Il Signor Pasquale Sasso del fu Giovanni, architetto, nativo di Napoli, ivi domiciliato in Vico Lungo Montecalvario numero 15, nella qualità di rappresentante ed amministratore del Cavalier Signor Giustino Fiocca, defunto (…).
4. Bollettino del Collegio degli Ingegneri e Architetti in Napoli (1902), XX, 7-8, 110.
5. Il Sasso espose in 3 disegni all'acquerello colorato il Progetto di un collegio di musica.
6. Lo studio, commissionato dal Fiocca nel 1874, presentato nel 1878 all'Istituto d'Incoraggiamento di Napoli, fu dato alle stampe soltanto nel 1884, a seguito della promulgazione della legge del 30 agosto 1883 sui Consorzi per l'irrigazione in Italia.

7. I disegni relativi al Cimitero comunale pubblicati in queste pagine sono tutti allegati alla relazione Cimitero di Cajazzo. Progetto di Cimitero a Cesarano, consegnata dal Sasso presumibilmente sul finire del 1895, quando gli viene richiesto un nuovo, il sesto, progetto. (ASCCa, Categoria IV – Sanità e igiene – Classe VI – Cimiteri e Polizia mortuaria – fasc. 1, Costruzione e conservazione dei Cimiteri. Cimitero Civico).
8. L'Archivio storico del comune caiatino conserva (Categoria IX - Istruzione Pubblica, Classe I, fasc. 5, Edilizia scolastica - Palazzo Forgione) l'intero incartamento relativo al progetto, corredato dalle piante dei due livelli su cui è articolato l'edificio e due prospetti realizzati all'acquerello, pubblicati nel citato saggio da Beatrice Bettazzi e Nicola Sorbo.
9. Quartiere di case per operai eseguito nella Città di Cajazzo con disegno e direzione gratuita di Pasquale Sasso, Biblioteca del Museo Campano di Capua (Top. Caiazzo 35/5/163).
10. Nel 1886 la Signora Angelina Maturi, vedova del Cavalier Cesare Mazziotti, fece edificare a sue spese una cappella in onore di Gesù Sacramentato, su progetto di Pasquale Sasso.
11. Il Comune di San Lorenzello ha intitolato a Pasquale Sasso una delle arterie principali del centro abitato. Qui, a Villa Sasso, casino di campagna che fu un tempo proprietà del duca Carafa di Maddaloni, acquistato poi dalla famiglia dell'ingegnere napoletano, ha sede oggi la cantina di un'azienda vitivinicola di proprietà di un discendente per via materna del generale Ferdinando Sasso, figlio di Pasquale.

Enzo Siviero, Viviana Martini

IronBridge, the first metal bridge in the history of construction

Abstract
The Iron Bridge, which was completed in 1779 and opened in 1781, is the first metal bridge in the history of construction. It is also known as the "Coalbrookdale bridge", after the name of the nearby town. The area surrounding the bridge was one of the first areas of England where, in the down of the Industrial Revolution, ferrous metals were produced with methods that were, at the time, modern.

The bridge design is believed to be the work of architect Thomas Farnolls Pritchard, based on an idea of John Wilkinson, entrepreneur and pioneer of the steel industry. The bridge, with a span of 30,63 m and weighing a total of 384 tonnes, consists of five parallel circular arched ribs developed by assembling cast iron components in situ; it is part of a Museum System that includes all the industrial settlements of the early industrial revolution age present in the area.

In 1986, it was included, together with the Ironbridge Gorge, on the UNESCO World Heritage List.

The work is of considerable importance, not only in historic, technological and constructive terms: here, architecture and engineering are revealed to the full, making the bridge into a place. This is why in this work, the constructive archetype is connected with the notion of *genius loci, genius artist and genius materials*, in a very rich combination of expressions whose osmosis forms a set of meaning that include the place and its identity and which go beyond the work itself.

Before the bridge

The Severn Gorge in Shropshire was created after the last ice age, 15.000 years ago, when a huge lake overflowed east of the Welsh mountains and carved a deep chasm through layers of coal, iron-ore, clay and limestone, in fig. 1.

This spectacular gorge, rich in raw materials, with its river leading to the Bristol Channel, had all the resources necessary to become an important industrial area. Coal and limestone were exploited from the Middle Ages and iron was made here from the time of Henry VIII. In 1709, Abraham Darby I led to way to cheap and plentiful iron production by using coke as fuel, instead of charcoal.

Coalbrookdale - the name by which this area was then known- became one of the most important industrialised areas in the world during the eighteenth century. Indeed, it was said that the Severn was the second busiest river in Europe.



Fig. 1 – Michael Drayton's map of Shropshire (1612) (da [2]).

In 1758, 400 vessels were trading between Gloucester and Welshpool, and within fifty years this number was doubled. By the 1750s, six or more ferry crossing operated in as many miles. They were essential for transporting raw materials across the river to the ironworks and other industries in the valley.

The only other permanent crossing was the medieval Buildwas Bridge, 3 km upstream. For boats which navigated the river, the water was often too shallow in summer and in winter too swift and high, so industry was often at the mercy of the Severn. The proposal of a new bridge was inevitable, and Abraham Darby III, the ironmaster, was commissioned to build it.

The construction of the bridge

The building of the bridge was partly a public relations exercise, advertising the versatility of cast-iron and the skills of Abraham Darby III and his Coalbrookdale company. The height of the Bridge and the full circle reflected in the water cannot be accidental, although the semi-circular shapes were easier for the foundry pattern-makers, who had never before had to work with such sizes.

The bridge was promoted by the eighteen-century equivalent of a media campaign. The painting Darby commissioned to advertise it show nothing of the pollution of the Gorge, famous for having more furnaces and forges within 3 km of riverbank than anywhere else in the world. Instead, just one lazy wisp of smoke curls up from the chimney of what seems to be a cottage-actually a lead-smelter.



Fig. 2 – John Wilkinson's memorial.

Darby paid an 18 - shilling bill *for advertising the views* six months before the Bridge officially opened. Thomas Jefferson, later third President of the USA, is known to have bought Iron Bridge engravings through a friend in London, whilst Minister to France in 1786. In 1773 Thomas Farnolls Pritchard, a Shrewsbury joiner turned architect, wrote to the local ironmaster and entrepreneur, John Wilkinson, suggesting an iron bridge across the river. Wilkinson was an enthusiast, sometimes known as "Iron Mad" Wilkinson, in fig. 2.

Pritchard had designed other bridges and specialised in the restoration of grand houses.

His 1775 design proposed a single arch, avoiding the need to build piers in the river-and thus causing no obstacle to boats, in fig. 3.

A group of local businessmen commissioned the ironmaster Abraham Darby III, who estimated its cost at £3,200. In 1776, the Act of Parliament was passed authorising the Bridge, and shares were issued to raise the money. Yet, as late as May 1776, an advertisement appeared asking for tenders to build the Bridge *from stone, brick or timber*, indicating the uncertainty still felt about the use of iron.

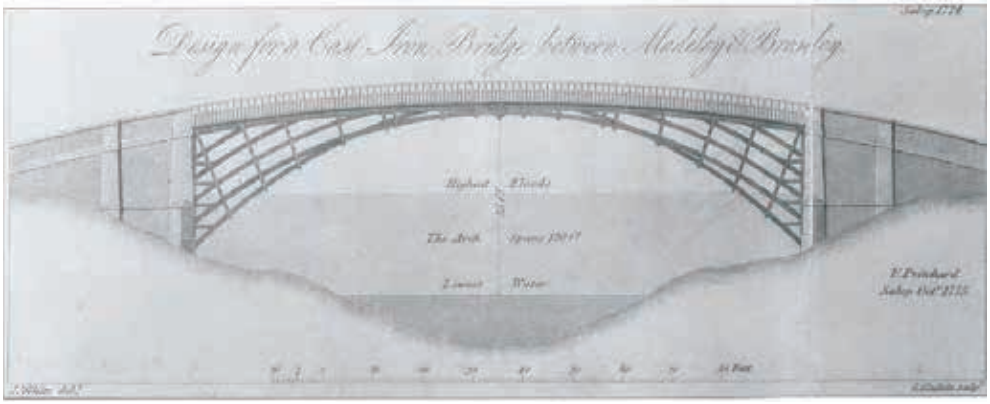


Fig. 3 – Pritchard's design of the Bridge (da [2]).

Wilkinson later transferred his shares to Darby, who planned to build the Bridge of iron. Work began in November 1777, in fig. 4. There aren't figures showing the initial phases of the work.

Pritchard died that same year, never to see the Bridge, but it is known that in 1779 his brother received nearly £40 from Darby as payment for *his late brother's drawings and models,* although the final construction was a modification of Pritchard 's original design [3].

Darby's bridge was to be the first in the world to use cast-iron structurally, and artists and writers, spies and engineers came from all over the world to marvel at *the most incomparable piece of architecture* [3].

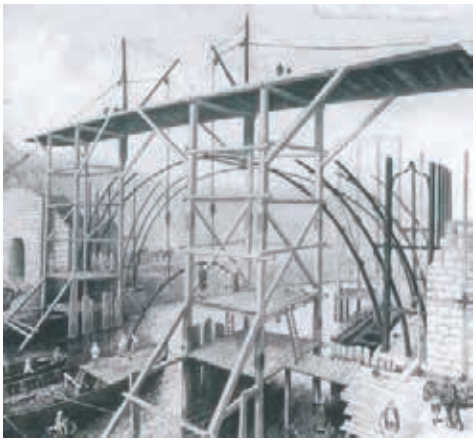


Fig. 4 – A twentieth-century theoretical reconstruction of how the Iron Bridge might have been built, by Harry Hodson, a Manchester foundry pattern-maker (da [4]).

The Iron Bridge

Although so many early images of the bridge survive, as well as extensive archives, only one sketch of it under construction is known, by Swedish professor Elias Martin, in fig. 5. However, the engineering features of the Bridge may help to explain how it was built. Although Darby began work in November 1777, his own-account-book indicates that the ironwork did not begin to go up until May 1779. The first main iron rib was probably raised on 1 and 2 July, and on 16 August a bill for £6 *for drink* suggests a celebration for finishing this part of the work. The rives was normally too low for river navigation in these summer months anyway, hence the lack of obstruction. The ribs were cast in two pieces and joined at the centre. The whole bridge covers a span of 30,63 m. Each half-rib weighs nearly 6 tonnes, about the same as eight family cars. The total amount of iron used was 384 tonnes.



Fig. 5 – Elias Martin, The Iron Bridge sketch (1779).

Various experiments and reconstructions have been undertaken by students,



Fig. 6 – The Iron Bridge, ca 1790.

architects, foundry men and historians, but exactly how the Bridge was raised is still uncertain. It is known from his accounts that Darby used scaffolding, and this may have been linked by a platform built from one bank to the other.

The stone abutments - the supporting structures on each bank of the river into which the iron arches were fixed - went up after the ironwork was erected. From November 1777, preparation of the site and the linking roads occupied much of Darby's time and effort.

Both Pritchard and Darby's foreman Thomas Gregory, built models, which may have been used to rehearse the method of construction. It is also possible that Darby practised raising the iron arches on dry land first, perhaps using wooden patterns like the replica seen today in the Tollhouse on the Bridge. The iron parts were cast in opera sand moulds, and the joints are based on traditional carpentry methods, including dovetails, wedges, mortises and tenons, in fig. 6.

The cost of the Bridge

Abraham Darby I had pioneered the use of coke in iron making seventy years before, paving the way for the Industrial Revolution. His grandson, Abraham Darby III, took over the family's Coalbrookdale Ironworks at the age of eighteen, and was twenty-three when the Bridge was proposed.

Perhaps he wished to make his mark in industrial history, like his father and grandfather, and he rashly agreed to pay the difference if the Bridge were to cost more than the estimate. It eventually cost over £6.000 - even without the costs of adjoining land for the Bridge abutments and roads. The bridge was a serious drain on Darby's finances and he remained in debt for the rest of his life, with many of his company's assets mortgaged to other Quaker friends.

The completed Bridge opened for business, charging its first tolls on New Year's Day 1781.

Iron Bridge Gorge on the World Heritage List

The Iron Bridge was inscribed on the World Heritage List in 1986. *It is known throughout the world as the symbol of the Industrial Revolution. It contains all the elements of progress that contributed to the rapid development of this industrial region in the 18th century, from the mines themselves to the railway lines. Nearby, the blast furnace of Coalbrookdale, built in 1708, is a reminder of the discovery of coke. The bridge at Ironbridge, the world's first bridge constructed of iron, had a considerable influence on developments in the fields of technology and architecture.*

(...)The Ironbridge Gorge provided the raw materials that revolutionised industrial processes and offers a powerful insight into the origins of the Industrial Revolution and also contains extensive evidence and remains of that period when the area was the focus of international attention from artists, engineers, and writers. The property contains substantial remains of mines, pit mounds, spoil heaps, foundries, factories, workshops, warehouses, iron masters' and workers' housing, public buildings, infrastructure, and transport systems, together with the traditional landscape and forests of the Severn Gorge. In addition, there also remain extensive collections of artifacts and archives relating to the individuals, processes and products that made the area so important.

Today, the site is a living, working community with a population of approximately 4000 people as well as a world renowned place to visit. It is also a historic landscape that is interpreted and made accessible through the work of a number of organisations, in particular, the Ironbridge Gorge Museum Trust (established in 1967 to preserve and interpret the remains of the Industrial Revolution within the Ironbridge Gorge) and the Severn Gorge Countryside Trust (established in 1991 to manage the woodland, grassland and associated historic structures in the Gorge.

The bridge is defined as a *masterpiece* of human genius:

– Criterion (i): The Coalbrookdale blast furnace perpetuates in situ the creative effort of Abraham Darby I who discovered the production technique of smelting iron using coke instead of charcoal in 1709. It is a masterpiece of man's creative genius in the same way as the Iron Bridge, which is the first known metal bridge. It was built in 1779 by Abraham Darby III from the drawings of the architect

Thomas Farnolls Pritchard. It also exhibit an important interchange of human values, over a span of time or within a cultural area of the world, on developments in architecture or technology, monumental arts, town-planning or landscape design; it is an outstanding example of a type of building, architectural or technological ensemble or landscape which illustrates significant stages in human history and it is directly or tangibly associated with events or living traditions, with ideas, or with beliefs, with artistic and literary works of outstanding universal significance. The Criterion of inscription, in fact, confirm these statements:

- Criterion (ii): The Coalbrookdale blast furnace and the Iron Bridge exerted great influence on the development of techniques and architecture.
- Criterion (iv): Ironbridge Gorge provides a fascinating summary of the development of an industrial region in modern times. Mining centres, transformation industries, manufacturing plants, workers' quarters, and transport networks are sufficiently well preserved to make up a coherent ensemble whose educational potential is considerable.
- Criterion (vi): Ironbridge Gorge, which opens its doors to in excess of 600,000 visitors yearly, is a world renowned symbol of the 18th century Industrial Revolution.

In 2010, nearly 1 million people visited the Ironbridge Gorge and its museums. The Victorian Town Open Air museum at Blists Hill was established before inscription and incorporates scheduled industrial monuments, reconstructed 19th century buildings and new buildings based on local examples.

Care is taken to ensure that the relationship between the original buildings and monuments on the property and the other structures, which do not form part of the historic attributes of the property, is clearly stated ensuring authenticity in shape and materials is not compromised (Figg. 7 and 8).



Fig. 7 – The Iron Bridge on the World Heritage List (Photos Prof. E. Siviero). The bridge shows its authenticity in the shape and materials, as required for the properties included on the WHL.



Fig. 7 – The Iron Bridge: the suggestion of the full circle reflected in the water.

The work is of considerable importance, not only in historic, technological and constructive terms: here, architecture and engineering are revealed to the full, making the bridge into a place. This is why in this work, the constructive archetype is connected with the notion of genius loci, genius artist and genius materials, in a very rich combination of expressions whose osmosis forms a set of meaning that include the place and its identity and which go beyond the work itself.

But of the Iron Bridge over the Severn, which we crossed and where we stopped for half an hour, what shall I say? That it must be admiration, as it is one of the wonders of the world... (John Byng, Viscount Torrington, 1784).

References

AA.VV. 2016. *The Iron Bridge and town*. Peterborough: Jarrold Publishing.
Sealey A. 1976. *Bridges and Aqueducts*. London: Hugh Evelyn Limited.
Sweetman A., Lassalle-Cehel J., Baron Thaidigsmann C., Vazquez De La Cueva J. 2004. *La ingenieria civil en la pintura*, Sala De Exposiciones De La Real Academia De Belles Artes De San Fernando. Madrid: Ministerio de Fomento.

Webliography

[1] http://whc.unesco.org/en/list/371
[2] www.ironbridge.org.uk
[3] https://tishfarrell.com/tag/abraham-darby-iii
[4] https://www.ironbridge.org.uk/our-story/the-iron-bridge

Elena Teresa Clotilde Marchis

Il Thames Tunnel di Marc Isambard Brunel. Una storia disegnata a Firenze nel 1828

Abstract
The Thames Tunnel of London, a dramatic engineering masterpiece of the 19th century England, was started in 1825 and ended in 1845, by using the new technology of a tunneling shield invented and patented by Marc Isambard Brunel and Thomas Cochrane. In the direction of the works some years later the son of Marc, Kingdom Isambard Brunel, was appointed as Resident Engineer. He was severely injured when the tunnel was flooded on 12 January 1828, and six men died; but he continued the direction of the work till its inauguration. To the tunnel many newspapers dedicated articles and pictures. Of major significance, and witness of the international interest to this engineering work, appears the lithography printed in 1828 by the Florentine Teofilo Salucci on a drafting of Pietro Massai. In this large lithography (345 x 480 mm) ten "Tables" describe with great accuracy the plan and the section of the tunnel, but also the Marc Brunel technology adopted.
.

Introduzione
Quasi una anticipazione del Web su uno schermo di un computer con le sue Windows, la litografia *N. 500* stampata nel 1828 nella tipografia fiorentina di Teofilo Salucci e illustrata da Pietro Massai, che rappresenta il Thames Tunnel, che collegava Rotherhithe a Wapping, e che in una singola tavola riesce a rappresentare graficamente, e non solo, il progetto dell'intera opera. La raffigurazione risulta così completa che il contenuto di informazioni e soprattutto di disegni esplicativi difficilmente si ritrova nelle stesse illustrazioni britanniche del tempo. Non a caso, il Museum of Fine Arts di Boston MA (Collections: Prints and Drawings) riporta questa litografia come opera esemplare nella sezione *MFA for Educators*.

Il disegno di Pietro Massai
La litografia, in fig. 1, di 345 mm x 480 mm, ha come titolo *Vedute e Disegni; Relative alla Strada che si costruisce a Londra sotto al Tamigi per servire di comunicazione da Rotherhithe a Wapping progettata dall'Architetto sig. re Brunel*.

La stampa, riporta in calce l'attribuzione del disegnatore e dello stampatore: *Massai Disegnò | 1828 Firenze Litografia Salucci no. 500*. La descrizione dettagliata

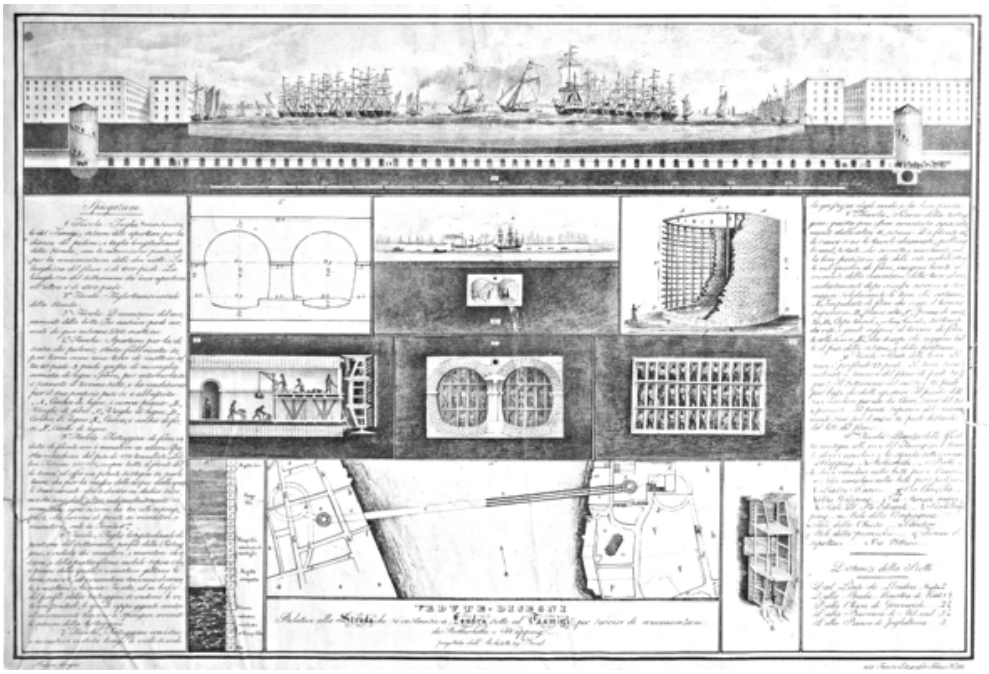


Fig. 1 – La litografia disegnata da Pietro Massai (1828).

dell'opera è completata da due colonne di testo che fanno da cornice alle 10 *Tavole* dell'intera litografia. Nelle colonne laterali si legge:

Spiegazione.

1ª "Tavola" Taglio trasversale del Tamigi; sezione delle aperture per la discesa dei pedoni; taglio longitudinale della strada, con le intersezioni praticate per la comunicazione delle volte: La larghezza del fiume è di 1000 piedi. La lunghezza del sotterraneo da una apertura all'altra è di 1300 piedi.

2ª "Tavola" Taglio trasversale della strada.

3ª "Tavola" Dimensione del muramento della botte. In ciascun piede correnti di giro entrano 5500 mattoni.

4ª "Tavola" Apertura per la discesa dei pedoni, stata fabbricata sopra terra come una torre di mattoni alta 40 piedi. 3 piedi grossa di muraglia armata di legno e ferro; per interrarla si è scavato il terreno sotto, e la medesima per il suo proprio peso si è abbassata. "A" Cerchio di legno, o curva piana "B" Verghe di ferro "C" Verghe di legno "D" Cerchio di legno "E" Curva, o cerchio di ferro "F" Cerchi di legno.

5ª *"Tavola" Testuggine di ferro veduta di fronte con i minatori in azione. Questa macchina del peso di 120 tonnellate "Libbre Toscane 360.000" cuopera tutto il fronte dello scavo, ed offre un potente sostegno sì per le terre, che per la massa delle acque dalle quali sono caricate: essa è divisa in dodici sezioni che unite dall'altra indipendentemente si avanzano; ogni sezione ha tre celle soprapposte. Che servono di ponte ai minatori, e muratori. "vedi la Tavola 8ª".*

6ª *"Tavola" Taglio longitudinale di porzione del sotterraneo, profilo della testuggine, e veduta dei minatori, e muratori in azione, e della piattaforma mobile sopra i due piani della quale i minatori gettano le terre scavate, e i muratori trovano il cemento e i mattoni e la rena. In alto ed in basso del profilo della testuggine si vedono le viti orizzontali le quali appoggiate contro al muramento servono a spingere avanti la sezione della testuggine.* (La tavola è riportata in fig. 2).

7ª *"Tavola" Testuggine con i suoi minatori veduta lungi le volte. Si vede la grossezza degli archi, e la loro pianta (e nella colonna di destra).*

8ª *"Tavola" Sezione della testuggine, questa può essere avanzata separatamente dalle altre 11 sezioni. Di fronte allo scavo sono le tavole chiamate "polling board" testate, che sorrette nella loro posizione da delle viti mobili situate nel quadro di ferro vengono levate al momento della scavazione delle terre, ed immediatamente dopo rimesse servono a sorreggere solidamente le terre che restano. "A" Impalcato di*

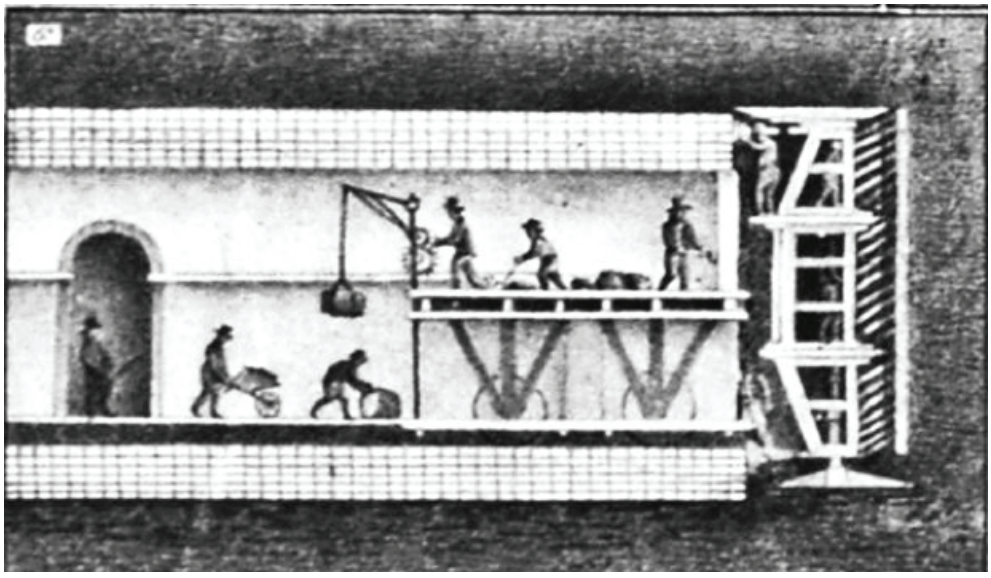


Fig. 2 – La Tavola 6 della litografia.

ferro che regge il terreno superiore "B" Piano alto "C" Piano di mezzo "D" Capi tavole "polling borads" sostenuti da viti, i quali reggono il terreno di fronte allo scavo "E" due scarpe che reggono tutto il peso della sezione , e della pressione.

9ª "Tavola" Strati delle terre. Lo scavo è profondo 22 piedi. Le terre sono inclinate a traverse del fiume di piedi 1 e ½ per o/o. Il sotterraneo nel mezzo è 15 piedi più basso che dalle aperture. Il pendio delle scese circolari per uso dei Carri sarà del 3 o 4 per cento. La parte superiore del muramento sarà per il medo di 11 piedi distante dal letto del fiume.

10ma "Tavola" Pianta delle località contigue alle rive del Tamigi, ove sono le scese circolari e la strada sotterranea. a Wapping. – b Rotherhithe. – c Botte. – d Scese circolari nella botte per i Carri. – e Scese circolari nella botte per i pedoni. – f Piazza Warren. – g Via Cannella. – h Via Wapping. – i Via mercato Nuovo. – k Scalo del Re Edoardo. – l Scalo Wapping. – m Molo della Compagnia. – n Scalo della Chiesa. – o Cimitero. – p Molo della Parrocchia. -q Terreno di sepolture. – r Via Nettuno. (La tavola è riportata in fig. 3).

Distanze della Botte:
- *Dal Ponte di Londra. Miglia 2*
- *Dalla Strada Maestra di Kent 1 ½*
- *Dalla Chiesa di Greenwich 2 ¼*
- *Dalla Barriera di Mil-end 1 ¼*
- *Dalla Banca di Inghilterra 2*

Il Thames Tunnel

Il Thames Tunnel, una delle principali opere di ingegneria del XIX secolo, fu il primo collegamento al di sotto di un fiume navigabile [1]. Il progettista era Marc Brunel, ingegnere attento alle necessità sollecitate dalla rivoluzione industriale nel 1818, che aveva inventato e brevettato la *Testuggine*, lo scudo per le perforazioni sotterranee, e che, appena iniziata l'opera, coinvolse il figlio Isambard Kingdom Brunel nella direzione dei lavori.

Il tunnel, la cui costruzione richiese diciotto anni di lavoro, fu aperto al pubblico nel 1843 con una grande festa. All'interno del tunnel fu allestita una serie di 60 negozietti che vendevano souvenir. La manifestazione, una *Fancy Fair*, si rinnoverà ogni anno con spettacoli e dimostrazioni scientifiche. Nei primi quattro mesi, raccontano le cronache, il tunnel fu attraversato da oltre un milione di persone. Nonostante fosse chiamato l'ottava meraviglia del mondo il tunnel divenne tristemente famoso con il nome di *tunnel dei ladri*, perché frequentato da malviventi e prostitute che importunavano i passanti. Nel 1865 il Thames Tunnel fu acquistato dalla East London Railway Company che lo utilizzò per il trasporto ferroviario.

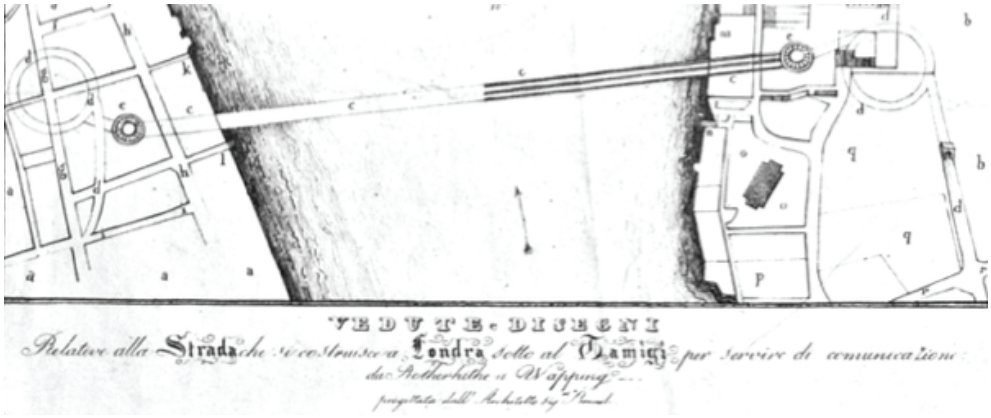


Fig. 3 – La Tavola 10 della litografia.

Isambard Kingdom Brunel

Isambard Kingdom Brunel era nato il 9 aprile 1806 a Portsmouth.

Nel 1825 Isambard iniziò gli scavi del tunnel sotto il Tamigi e solo due anni dopo fu nominato Resident Engineer on the Thames Tunnel, alle dipendenze del padre. Nel novembre del 1827 Isambard organizzò all'interno dello scavo un banchetto per dimostrare ai londinesi, secondo una prassi comune per opere particolarmente ardite, che non c'era alcun pericolo. Purtroppo pochi giorni dopo Isambard rischiò di affogare a seguito di un allagamento dello scavo, evento in cui morirono alcuni operai. Isambard dovette trasferirsi per qualche tempo a Bristol per rimettersi dagli effetti dell'incidente e durante questo periodo concepì l'idea del progetto del ponte sospeso sull'Avon a Clifton.

Nel 1831 vinse l'appalto per il ponte a Clifton, opera che fu costretto ad abbandonare nel 1843. Nel 1832 si associò ai Bristol Docks e nel 1833 divenne Chief Engineer della Great Western Railway che, dopo l'approvazione da parte del Parlamento del Great Western Railway Bill, riprese i lavori nel Thames Tunnel, che fu completato solamente il 23 marzo del 1843. Nello stesso anno si spostò in Italia per sovrintendere alla costruzione di due linee ferroviarie. Dopo partecipò a molti progetti ferroviari e marittimi, tra cui quelli relativi alla SS Great Britain varata nel 1845 e alla SS Great Eastern, la nave a vapore che pose il primo cavo telegrafico attraverso l'Atlantico (varata nel 1860).

Il progettista morì per un attacco di cuore il 15 settembre 1859, dieci anni dopo il padre, che era deceduto il 12 dicembre 1849.

Il Clifton Suspension Bridge fu completato nel 1864 e fu dedicato a Isambard dal britannico Institute of Civil Engineers (Brunel, 1870; Buchanan, 2006; Rolt, 1990).

Conclusioni

Dopo più di un secolo di inattività il tunnel è stato recentemente riaperto al pubblico che può conoscerne la storia visitando l'annesso Museo [2]. Recentemente la storia del tunnel è richiamata nel romanzo per ragazzi *Is* dello scrittore Derek Webb dove la protagonista Isabel Williams, è un'appassionata di opere di ingegneria del periodo vittoriano e accompagna il suo amico Robert nella galleria.

Bibliografia

Brunel I.K. 1870. *The life of Isambard Kingdom Brunel, civil engineer*, London: Longmans, Green & Co.

Buchanan R. A 2006. *Brunel: the life and times of Isambard Kingdom Brunel*, London: Hambledon & London.

Rolt L.T.C. 1990. *Isambard Kingdom Brunel*. London: Penguin.

Sitografia

[1] http://www.ikbrunel.org.uk/thames-tunnel

[2] https://www.theguardian.com/stage/2016/apr/15/brunel-thames-tunnel-arts-space-grand-entrance-hall

Nadia Fabris

I gasometri di Torino

Abstract
The analysis follows a research in the field of industrial archeology, examining also the ability of this discipline to understand various aspects of the history and culture of a territory; in the specific case the city of Turin. Already the subject of analysis and dissemination has been the Michelin area where some industrial artifacts have been preserved. In this area, the territory of the city's Gas company is deepened, where the transformations of this area will lead to the preservation of some buildings which prove to be a good memory work that will lead to a path aimed at tourism aimed at industrial archeology.

Introduzione
L'analisi segue una ricerca in atto, che riguarda nello specifico l'archeologia industriale, prendendo in esame anche la capacità di questa disciplina di saper cogliere differenti aspetti afferenti la storia e la cultura di un territorio; nel caso specifico la città di Torino, in fig. 1. Già oggetto di analisi e di divulgazione è stata l'area Michelin dove si son mantenuti alcuni manufatti a memoria industriale.

In questo ambito, si è approfondita in modo particolare una zona di territorio facente parte della compagnia Gas della città, dove le trasformazioni contemporanee porteranno a conservare alcuni edifici. Il progetto finale è un percorso rivolto al turismo dell'archeologia industriale.

La società gas
Torino fu la prima città in Italia con i lampioni stradali a gas. Fondata il 12 settembre 1837, la Compagnia di Illuminazione a Gas per la città di Torino era in quell'epoca una società con robuste basi, la sua attività comprendeva l'adozione di tecnologie innovative; veniva finanziata da una Banca di Lione, da dove arrivavano la maggior parte dei capitali e dei dirigenti, mentre Torino forniva i quadri del Genio militare e della Scuola d'applicazione per ingegneri, assicurando un contributo prezioso al perfezionamento degli impianti (AA.VV., 1978). Nel 1856, la cooperativa Torinese, costituita da industriali e artigiani locali per produrre e distribuire gas ai consociati, aveva edificato il primo stabilimento nella zona di Vanchiglietta, su terreni che allora facevano parte della compagnia torinese, Società Consumatori Gas-Luce.



Fig. 1 – Plan de la ville de Turin, 1906. Biblioteca civica centrale, Biblioteche civiche torinesi.

La città

Il capoluogo piemontese ospitava a quei tempi una popolazione di 120 mila abitanti e, a esclusione dell'Arsenale militare e qualche officina governativa, dominavano il campo le antiche tessiture della seta per l'abbigliamento, le manifatture dei velluti e i laboratori dei dolciumi. L'incremento industriale favorì l'espansione urbanistica di Torino con i nuovi quartieri residenziali, l'apertura di grandi viali e piazze, la costruzione di edifici pubblici e sontuose dimore, su modello di Parigi e Londra, come mostrato in fig. 2. Come nelle altre città europee il gas prodotto oltre agli usi industriali, veniva messo in rete e distribuito sia per usi domestici, sia per l›illuminazione pubblica delle città. A Torino, nel 1837, le tre compagnie di illuminazione e gas si unificarono nella «Società Italiana per il Gaz» con sede produttiva in borgo Vanchiglia, tra i campi coltivati intorno alla Dora, collegata a corso Santa Barbara oggi Corso Regina Margherita (Bosi, 1954), in fig. 3.

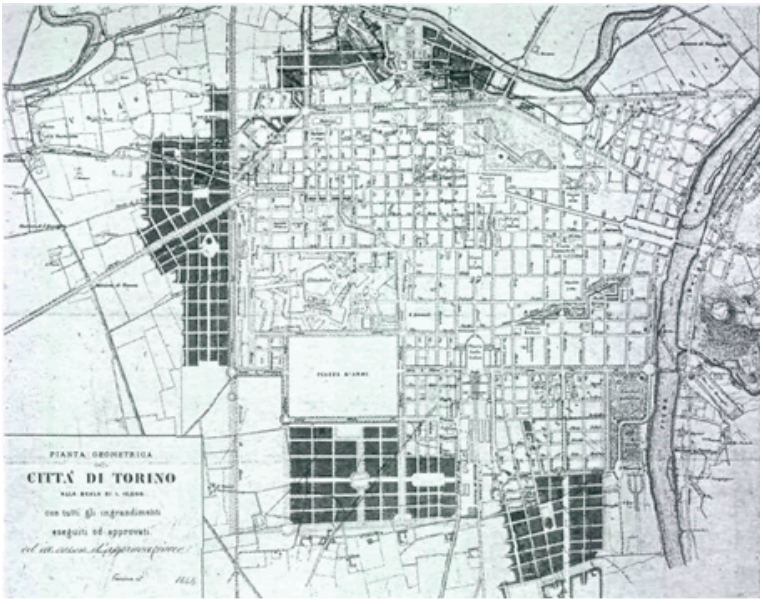


Fig. 2 – Torino fine 800 area gas.



Fig. 3 – L'officina del Borgo Dora, Torino, 1890 archivio storico Italgas.

Il sistema d'illuminazione pubblica, ottenuto bruciando il gas prodotto dalla distillazione del carbon fossile, opportunamente depurato, era il risultato di ricerche e tecnologie messe in moto, quasi contemporaneamente in più Paesi alla fine del Settecento. Le grandi città europee adottarono questo sistema di illuminazione, in sostituzione di quello a olio già ai primi dell'Ottocento: le vie di Londra furono illuminate nel 1814-1818, quelle di Parigi nel 1829, quelle di Vienna nel 1833. Nella penisola italiana fu Torino, capitale del Regno dei Savoia, la prima città d'Italia che vide arrivare dall'estero capitali, impianti di produzione e tecnici, per l'installazione della prima officina a gas, nel 1838: qui fu istituita la prima società per l'illuminazione a gas con sede a Porta Nuova (Castronovo, 1993).

L'ingresso dello stabilimento si affaccia all'attuale Corso Regina, e comprende uffici, spogliatoi, forni, una sala depurazione e tre gasometri, tutt'ora conservati, ma dismessi rispetto gli usi originari. Nel 1885 avviene una prima espansione, per aumentare la produttività a fronte di una crescente domanda di energia: costruendo forni e ciminiere, mentre a fine secolo cresce l'esigenza di edificare il palazzo della direzione posto sul fronte del corso (Grahn, 1897).

L'ampliamento

Nel 1901, la società effettuò un lavoro di ricostruzione e quindi modernizzazione di impianti ed edifici, in stile liberty, secondo il progetto del direttore Luigi Beria e dell'architetto Bonicelli del Politecnico di Torino, in fig. 4. Nel 1903 venne edificata la torre dell'acqua. Il complesso si sviluppò sull'area tra la Dora, corso Regina Margherita e Corso Farini.

Negli anni Venti, l'azienda integrò varie produzioni (dagli esplosivi ai coloranti derivanti dal benzolo, dall'ammoniaca sintetica ai farmaceutici e ai fertilizzanti), con numerose partecipazioni in altri settori (dall'elettricità alla chimica); senza questo ammodernamento della produzione la società non sarebbe sopravvissuta alla crisi economico finanziaria del 1929.

Le Officine Gas furono colpite nelle notti del 13 luglio e dell'8 agosto 1943 da bombe di medio e grosso calibro sganciate da aerei della RAF; i danni subiti furono la distruzione di alcune tettoie e coperture di tetti, il crollo di muricci interni e muri perimetrali e lesioni ai pilastri.

L'area è stata in parte ceduta all'Università di Torino e in parte mantenuta dall'Italgas. Delle costruzioni restano la palazzina degli uffici, la sala Minckelers e la sala macchine, tuttora conservati, e solo una parte del terzo impianto, che fu costruito nel 1862 in zona Vanchiglia (corso Regina Margherita), in fig. 5. A valle del ponte Rossini si conserva la palazzina degli Uffici appartenenti allo stabilimento nato nel 1891 su progetto dell'ing. Antonio Debernardi in Corso Regina Margherita 50/60, per la produzione del gas di città (Penati, 1972).

Oggi lo stabilimento è in disuso.



Fig. 4 – I lavori di ampliamento della sede della Società Gas Torino nei primi anni del ’900.



Fig. 5 – Gasometri visti dal retro. Foto dell’autrice, 2017.

Gli attuali Gasometri, considerabili monumenti di archeologia industriale, furono eretti nel 1914 un gasometro denominato gasometro I, con una capacità di 36.000 metri cubi mentre l'altro gasometro più alto fu edificato nel 1930, denominato gasometro II e poteva immagazzinare un volume maggiore di 50.000 metri cubi, andarono entrambi fuori servizio nel 1994 (Castronovo, 1987).

Tipologia costruttiva

Il gasometro II è un gasometro a telescopio a tre alzate e il suo brevetto è della ditta tedesca Klönne. La vasca è completamente poggiata sul terreno ed è composta da singole lamiere inchiodate tra di loro. Il traliccio di guida ha una pianta poligonale di diciotto angoli e in prospetto mostra tre anelli di traliccio, adeguato al numero di alzate. Gli elementi costruttivi sono montanti principali e secondari, controventi e travi reticolari. I montanti secondari si trovano sempre nel mezzo dei diciotto lati e servono per guidare le campane (Figuier, 1888).

Il gasometro I è sostanzialmente della stessa forma costruttiva, ma fu eretto secondo un brevetto diverso, molto probabilmente inglese. Questo gasometro, a telescopio a tre alzate, fu costruito in altro modo, poiché la vasca venne nascosta grazie a un terrapieno che la circonda (Cesari, 1942). Il traliccio di guida si presenta con una pianta poligonale di venti angoli e ha una struttura portante che fu concepita in altra maniera. Esistono solo montanti principali negli angoli, che servono sia per la struttura portante del traliccio che per guidare le campane. Tutti gli altri montanti sono disposti diagonalmente in due direzioni. A parte i montanti, c'è soltanto una trave orizzontale in cima che chiude il traliccio. Questo gasometro assomiglia molto ai tre esemplari esistenti a Roma, che sono certamente della ditta inglese Sam Cutler&Sons di Londra (Bohm, 1879).

Stato attuale

Facendo il paragone con i gasometri precedenti, il gasometro I appare molto raffinato ed elegante; il gasometro II ha, però, un vantaggio costruttivo: la sua struttura è ottimizzata, per cui è più facile manutenerla o aumentarla.

I gasometri di Torino mostrano danni di corrosione. Soprattutto il gasometro II presenta segni di deterioramento alla vasca, alla scala e alla passerella, inoltre ha segni evidenti di deformazione nella calotta della campana superiore con una compressione verso il basso.



Fig. 6 – Gasometri e Mole. Immagine del 2017 dell'autrice.

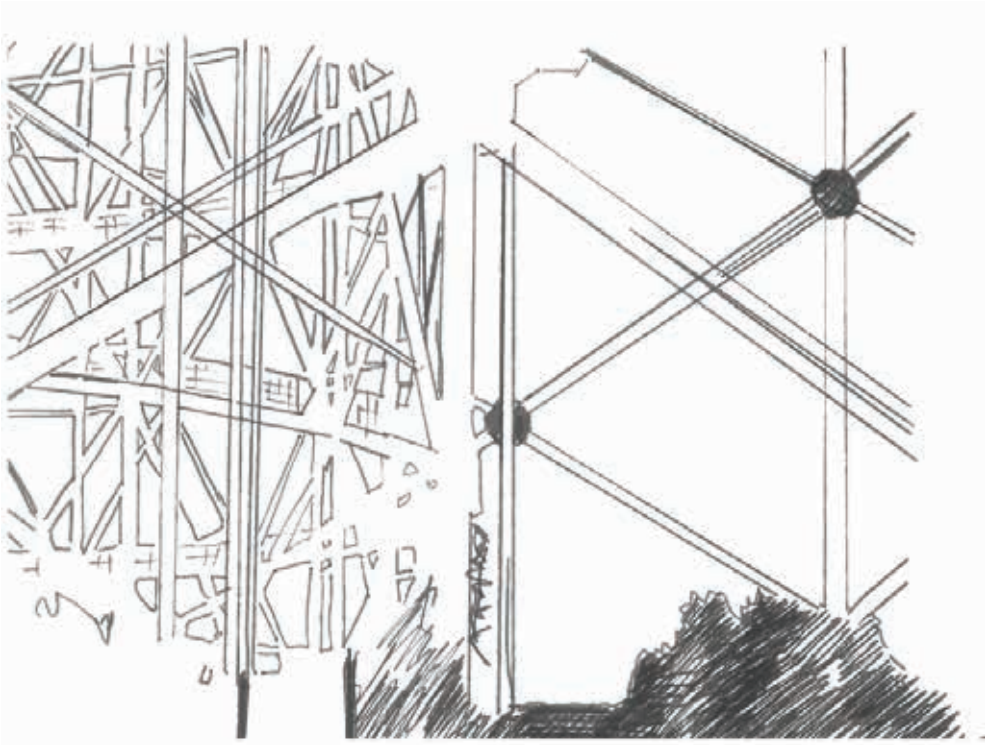


Fig. 7 – Opera penna su carta "Gasometri" di Antonio Zaccone 2017.

Malgrado il loro stato di conservazione, questi monumenti sono un riferimento visivo urbano e una memoria culturale ormai consolidata e sono rappresentativi dell'immagine della città, al punto da confrontarsi con monumenti ben più noti come la mole Antonelliana; per questo li ritroviamo nelle immagini di artisti e fotografi contemporanei, come quella riportata in fig. 7. Il progetto di inserirli in un percorso turistico dedicato dovrebbe portare alla loro auspicata manutenzione.

Bibliografia

AA.VV. 1978. Torino come eravamo. La Stampa, 16, 55-59. Torino: La Stampa.
Bohm. 1879. *Manuale per i tecnici dell'industria del gas*. Roma: Palombi.
Bosi M. 1954. La prima illuminazione pubblica a gas. *Capitolium*, 2, 47-57.
Castronovo V. 1987. *Dalla luce all'energia: storia dell'Italgas*. Bari: Laterza.
Castronovo V. 1993. *Prometeo: luoghi e spazi del lavoro*, 1872-1992. Milano: Electa.
Cesari C. 1942. *Storia del gas*. Milano: Garzanti.
Figuier L. 1888. *Il gas e le sue applicazioni.* Milano: Fratelli Treves.
Grahn E. 1897. *La questione del gas a Torino.* Torino: Eredi Botta di L. Clemente Crosa.
Penati E. 1972. *1837. Luce a gas. Una storia che comincia a Torino.* Torino, Ed. Aeda.

Fonti Storiche

Società italiana per il gas, *Gaz: immagini dell'Archivio Storico*, Torino, 1995.
ASCTo, Affari generali Lavori Pubblici, anni 1866 – 1961.
AF. ASCTo: Archivio Fotografico dell'Archivio Storico del Comune di Torino.
Archivio LL.PP, Archivio Edifici Municipali, anni 1950-1960.
AF FTM, Fondo Gabinio: in Archivio Fotografico della Fondazione Torino Musei.

Acronimi

AF FTM: Archivio Fotografico della Fondazione Torino Musei.
ASCTo: Archivio Storico del Comune di Torino.
AF. ASCTo: Archivio Fotografico dell'Archivio Storico del Comune di Torino.

Emilia Garda, Alberto Gerbino, Marika Mangosio

Viaggiare in tramway: linee e stazioni in Piemonte tra Ottocento e Novecento

Abstract

During the nineteenth century, next to the new railway network, in Piedmont there is the development of a secondary network of little train, with convoys smaller than those of a real train, the so-called tramways. The interurban tram network provides a transport service for both passengers and goods and it is designed to serve the territory in a capillary manner, integrating the primary rail network.

The maiden voyage took place in 1855 on the Turin - Cuneo route and although most of the lines were completed before 1880, the construction of some railroad lines was completed only in the early twentieth century.

The network consists of narrow gauge tracks and extends initially in the area around Saluzzo and Pinerolo, to reach progressively the entire regional territory. The proverbial slowness of the convoys is counterbalanced by the possibility to offer a large number of stops, ensuring all in all an efficient transport service to a very large user basin.

The paper aims to illustrate the development and the physiognomy of the Piedmont tramway network, since the 1881 constitution of the Belgian company CGPT (General Company of the Piedmont Tramways) for the management of lines and vehicles, until its disposal in the 1950s favoring the most efficient road transport, also considering the contribution of Piedmont railway engineering to the evolution of the means of transport. Besides, the tramway stations, which constitute a local, but widespread throughout the region built heritage, have been surveyed. Different in typology and consistency, when preserved, these buildings were recovered as a refreshment point or reconverted to new uses or are in a state of abandon; if they have been demolished, sometimes their memory still lives only in the place names, when they are not completely sunk into oblivion.

All'origine del trasporto ferroviario

Il concetto di treno così come noi lo intendiamo oggi è figlio di quella rivoluzione tecnologica dell'inizio diciannovesimo secolo che, storicamente, va sotto il nome di Rivoluzione Industriale. Sebbene, infatti, già nel 1650 nelle miniere inglesi di Newcastle si facesse ricorso a carri per il trasporto del carbone che viaggiavano sopra una doppia fila di tavoloni di legno paralleli e fissati al suolo e le cui ruote d'acciaio presentavano un bordino per seguire fedelmente la direzione, è solo con l'invenzione

della macchina a vapore che nascono il treno, le infrastrutture a esso collegate, le ferrovie e le stazioni. Questi carri per il trasporto del carbone rappresentano l'antenato concettualmente più simile al treno, ma la loro evoluzione richiese più di un secolo e mezzo. Sebbene le ruote d'acciaio, viaggiando su tavoloni di legno invece che su una strada di terra, permettessero di ridurre considerevolmente l'attrito, dando la possibilità a un solo cavallo di trainare un carro di 6 tonnellate di carbone, l'utilizzo di lastre di ferro piatto, atte a rinforzare i tavoloni di legno per ridurre l'usura dovuta allo sfregamento con le ruote oltre che a permettere una ulteriore diminuzione della resistenza all'avanzamento, fu introdotto nelle miniere di carbone inglesi solo nel 1770. Il legno fu in seguito sostituito con barre di ferro fuso, innovazione che si diffuse molto rapidamente, tanto che nel 1794 sorse in Inghilterra la prima linea pubblica di carrozza omnibus su rotaie trascinate da cavalli. Gli studi compiuti tra la fine del diciottesimo secolo e l'inizio del diciannovesimo che portarono all'invenzione della macchina a vapore permisero infine di realizzare le prime locomotive.

Un altro importante mezzo di trasporto antenato dei treni, che permetteva i collegamenti tra i principali centri urbani prima dell'avvento delle strade ferrate e che fu completamente sostituito dalla nuova tecnologia, è la diligenza. Essa era costituita da un veicolo a due o più ruote trainato da cavalli che viaggiava su strade carrozzabili. Tra il 1700 e il 1800 diligenze, corriere e omnibus si occupavano dei "servizi di diligenza", predisposti al trasporto sia della posta sia dei passeggeri, ed erano regolamentate da apposite normative nei vari Stati. Nello specifico i veicoli erano trainati da un minimo di due fino a otto e più cavalli che erano cambiati nelle "Stazioni di posta". Se si considera la bassa velocità dei mezzi, che in pianura arrivava fino a 8 chilometri orari ma che in montagna scendeva anche a 4, si ha subito un'idea della lunga durata dei viaggi in vettura - ad esempio, per andare da Torino a Genova passando per il valico dei Giovi a quota 472 metri sul livello del mare erano necessarie 25 ore - e della necessità di queste stazioni, collocate a intervalli variabili a seconda della difficoltà del percorso e della presenza di centri abitati; queste svolgevano anche la funzione di osteria e talvolta di albergo. Questo sistema di organizzazione fu ripreso, con i dovuti adattamenti, nella successiva organizzazione della rete ferroviaria.

L'apertura ufficiale della prima linea ferroviaria della storia, collegante la zona mineraria di Darlington con Stockton nella contea di Durham, avvenne il 27 settembre 1825 con il viaggio di un convoglio trainato dalla *Locomotion 1*, la locomotiva ideata e progettata da George Stephenson (1781-1848), alla velocità media di 10 km/h.

Il nuovo mezzo suscitò subito una grande attrazione, anche se il pubblico era diviso fra coloro che erano a favore e chi era contro. Come nel caso dell'approvazione della costruzione della linea Liverpool-Manchester, che fu inaugurata il 15 settembre 1830, segnando l'inizio della diffusione delle strade ferrate in Europa e in America. Per l'inaugurazione del primo tratto ferroviario italiano si deve aspettare il 3 ottobre 1839 su un tratto collegante Napoli alla stazione di Granatello di Portici per una

lunghezza totale di 7640 metri di binari. Questa linea fu realizzata dall'ingegnere francese Bayard de la Vingtrie.

Come la sua nascita, il resto della storia del treno continuò con l'evoluzione tecnologica e l'introduzione di nuovi tipi di propulsori, elettrici e Diesel, e con altre migliorie che permisero di aumentare le velocità e la capacità di trasporto per passeggeri e merci (Accomazzi, 1922).

La funzione principale delle prime stazioni consisteva nell'accogliere viaggiatori in arrivo o in partenza e permettere il carico e lo scarico delle merci. Inoltre, per l'epoca una stazione significava la massima espressione della tecnologia e della tecnica, poiché al suo interno, oltre ad ospitare le locomotive, che erano l'ultimo ritrovato della tecnica, e i convogli, aveva anche gli uffici per la gestione delle attività di scarico e ricarico delle merci, dei magazzini dove queste venivano temporaneamente stipate e tutti i locali tecnici per le riparazioni e i vari lavori da svolgere; questi ultimi edifici tendevano a essere nascosti o dissimulati nelle stazioni delle città più importanti per non turbare l'armonia e la bellezza del centro urbano. A loro volta le stazioni erano lo specchio della città agli occhi dei viaggiatori che arrivavano. Tutto ciò giustifica la monumentalità delle grandi stazioni dell'epoca in tutta Europa.

La quasi totalità di queste stazioni era caratterizzata dal fatto di essere stazioni di testa, cioè luoghi dove i binari si fermano e non possono andare oltre, diversamente dalle stazioni di transito, in cui i binari non sono interrotti e quindi i treni possono proseguire la marcia dopo la fermata. Caratteristica fondamentale di ogni stazione è il fabbricato viaggiatori, ovvero quell'edificio che fa da interfaccia tra la città e la ferrovia, dove si può aspettare la partenza dei treni e dove i passeggeri entrano al loro arrivo in stazione.

La crisi del trasporto ferroviario

Il treno rimase il mezzo di trasporto principale sino alla fine del secondo conflitto Mondiale. Nel dopoguerra seguitò invece un periodo di crisi per il trasporto su rotaia. In quegli anni ci fu una prepotente ascesa del trasporto su gomma e per via aerea. In tutti i paesi più industrializzati negli anni cinquanta del novecento si vide il progresso della motorizzazione stradale dovuta all'abbassamento dei costi di produzione, alla creazione di reti autostradali e all'adeguamento delle strade già esistenti. Questo creò una grande concorrenza al treno sulle tratte medie e brevi. I traffici aerei erano molto più veloci sulle tratte lunghe. Tutto ciò mostrò l'arretratezza e l'inefficienza del sistema ferroviario in quel periodo e, in un primo momento, piuttosto che all'ammodernamento si pensò all'abbattimento dei costi sopprimendo le linee a basso traffico.

La ripresa del trasporto ferroviario e l'Alta Velocità

La ripresa dell'utilizzo della rete ferroviaria come mezzo di trasporto prioritario riprende nel 1964 quando in Giappone si inaugurò la "Tokaido", una nuova linea fer-

roviaria per il trasporto di passeggeri tra Tokyo e Osaka ad alta velocità, per viaggiare sulla quale era stato appositamente creato lo *Shinkansen*, un elettrotreno in grado di viaggiare a 200 chilometri orari. Questo avvenimento segna la nascita dell'Alta Velocità ferroviaria ovvero l'idea di creare una nuova rete ferroviaria che permettesse, grazie all'aumento dei raggi minimi di curvatura, a nuovi metodi di elettrificazione e a treni appositamente concepiti, il trasporto di passeggeri tra i maggiori centri urbani ad alta velocità in modo da diventare concorrenziali con il trasporto aereo.

L'idea dell'alta velocità si basa sul fatto che i treni partono e arrivano in stazioni che generalmente sono collocate nei pressi dei centri urbani. Le aeromobili necessitano invece di aeroporti che per permettere il decollo e l'atterraggio devono garantire un ben determinato spazio sgombro da ostacoli sia naturali (rilievi) che artificiali (palazzi). Questo fa sì che gli aeroporti siano in genere costruiti a notevole distanza dai centri urbani. Tenendo conto di ciò è evidente che per muoversi tra due centri urbani al tempo necessario al trasporto aereo in sé, va aggiunto sia quello per raggiungere dal primo centro l'aeroporto di partenza, sia quello per compiere il tragitto dall'aeroporto di arrivo al secondo centro. Questi due ulteriori tragitti sono in genere compiuti mediante mezzi pubblici o automobili a una velocità molto inferiore di quella dei treni per l'alta velocità. Tenuto conto di queste considerazioni si può evincere che entro un certo limite di distanza l'Alta Velocità rientra a pieno titolo in concorrenza con il trasporto aereo.

Il primo stato a seguire l'idea in Europa fu la Francia, che nel 1966 cominciò a studiarla e a concepire prototipi di treno, fino al 1981 quando entrò in servizio il TGV (Train à Grande Vitesse). In Italia invece si comincia a pensare all'Alta Velocità negli anni settanta, come dimostra l'inaugurazione di parte della linea ferroviaria sperimentale "Direttissima Roma-Firenze" nel 1977. Sebbene fu completata solo nel 1992, questa linea presenta la caratteristica di essere oltre che ad Alta Velocità anche ad Alta Capacità (AC), ovvero di permettere in assoluta sicurezza sia il passaggio di treni ad alta velocità che di treni merci, soprattutto nelle ore notturne. Si arrivò così all'inizio degli anni novanta alla volontà di realizzare una rete dell'alta velocità Europea (Pocaterra, 2003).

Nell'ottica di realizzare questa rete dell'Alta Velocità ferroviaria anche le stazioni vedono la necessità di adeguarsi: essendo l'obiettivo quello di collegare il più velocemente possibile il maggior numero di centri urbani possibile è necessario che il treno sia messo in condizione di fermarsi in stazione solo per il tempo strettamente necessario a permettere la discesa e la salita dei viaggiatori e possa ripartire subito per la stazione successiva facendo meno strada possibile. In quest'ottica le stazioni di testa vengono sempre più sostituite con stazioni passanti.

Il progressivo passaggio dall'utilizzo del trasporto su ferro alla sua crisi e alla sua ripresa con l'introduzione dell'Alta Velocità e dell'Alta Capacità ha implicato notevoli trasformazioni non soltanto sulla rete ferroviaria, ma anche e soprattutto

sulle stazioni per le quali si è alla ricerca di un'integrazione totale della struttura non solo con tutti i servizi con cui esse sono connesse, ma anche con il contesto urbano e naturale in cui sono immerse. Si assiste così alla loro trasformazione da luoghi di arrivo "porte della città" a luoghi del commercio, dello svago e del loisir (Natalicchio, Tamini, 2003).

Sistemi di trasporto alternativi: i tramways in Piemonte

Nel periodo compreso fra la metà dell'ottocento e l'inizio del novecento si assistette anche in Piemonte a un fiorire di modalità di spostamento alternative alla ferrovia: le tramvie urbane ed extraurbane con convogli caratterizzati da trazione ippica, a vapore, o elettrica (Brogiato, 1977; Governato, 2016). Accanto a queste esistono linee con caratteristiche di percorso paragonabile a tramvie extraurbane, come le tramvie a dentiera, a fune, a contrappeso d'acqua, caratterizzate da sistemi di trazione totalmente o parzialmente ad aderenza artificiale ma, del tutto trascurabili sia per il contenuto sviluppo che per le particolarità d'uso prevalentemente turistico o industriale a cui erano destinate.

Un altro mezzo di locomozione apparso in quegli anni è il filobus: sistema di trasporto ibrido che sfruttava la flessibilità del mezzo su ruota gommata mantenendo una certa rigidità di percorso obbligato derivante dalla presa aerea dell'energia per il funzionamento del motore elettrico. Nel 1914 erano in funzione tre linee filoviarie extraurbane: Alba-Barolo, Cuneo-Peveragno-Chiusa Pesio e Ivrea-Cuorgné con uno



Fig. 1 – Cavour, la stazione della tranvia (da [1]).



Fig. 2 – Saluzzo, stazione e officine dei tramways a vapore, 1916 (da [2]).

sviluppo complessivo di km 55. Purtroppo il filobus venne, forse, troppo rapidamente accantonato, soppiantato dall'autobus con motore a combustione interna, mentre presentava pregi non indifferenti che venivano evidenziati su percorsi con profili altimetrici tormentati unitamente ad un maggiore confort di marcia.

La differenza sostanziale tra ferrovie e tramvie extraurbane è che queste ultime non avevano sede propria.. Tale differenza venne sancita da un'apposita legge, la n. 561 del 27.12.1896, quando la quasi totalità della rete piemontese era già stata costruita e quindi per oltre venti anni l'impianto di tramvie fu regolato da norme transitorie che si riferivano ai regolamenti di polizia per la circolazione di locomotive su strade ordinarie aperte al traffico e alle norme prescritte dal Ministero dei Lavori Pubblici in materia di costruzione di opere aperte ad uso pubblico. Inoltre l'impianto delle tramvie precedette, di qualche anno, la promulgazione della nota legge n. 5002 del 18.6.1879, che nella sua vastità di programmi stabiliva anche la costruzione di ferrovie secondarie di IV categoria comunemente dette «ferrovie economiche» con caratteristiche intermedie tra ferrovie, propriamente dette, e tramvie. La legge non specificava né le caratteristiche né le linee da costruirsi ma solo i chilometri complessivi concessi su tutto il territorio nazionale, di conseguenza l'impianto di queste linee si attenne a una regolamentazione piuttosto carente.

Le prime tramvie extraurbane piemontesi entrarono in esercizio nella seconda metà degli anni '70 quando la rete ferroviaria principale risultava completa e l'interesse per le strade ferrate si era spostato verso il centro-sud dell'Italia (Ballatore,

1996; Ogliari, Sapi, 1968). Gli interessi per le tramvie risalgono a parecchi anni prima. Nella concessione, stipulata il 12.6.1857, da un gruppo di imprenditori franco-svizzeri per la costruzione e l'esercizio di una strada ferrata tra Arona e Domodossola, con eventuale prolungamento nella Valle del Rodano, veniva autorizzata una eventuale linea tramviaria da impiantarsi sulla rotabile del Sempione. Tale concessione non ebbe seguito vista la scarsa propensione del regno Sardo per l'attuazione di tale collegamento e per l'anticipata apertura del traforo del Frejus nel 1871. Le forme di finanziamento furono, nella maggior parte dei casi, l'emissione da parte delle società concessionarie di azioni e obbligazioni fino a coprire l'ammontare del capitale sociale. Tuttavia comuni e deputazioni provinciali potevano stanziare dei contributi a «fondo perduto» a favore del concessionario al fine di incentivare l'inizio dei lavori. Tale contributo non era previsto per legge per cui i comuni, sedi di industria e commercio e con una buona densità di popolazione, già sede di stazioni ferroviarie, concedettero sollecitamente tali sovvenzioni aumentando cosi la loro importanza economica. Al fine di procurarsi rapidamente le somme per l'elargizione di questi contributi venivano stipulati prestiti e anticipazioni con casse bancarie, alcune francesi e inglesi, specializzate in tale tipo di crediti. Le azioni di queste società trovarono sottoscrittori in Piemonte da parte di privati, banche ed enti comunali e provinciali e all'estero, soprattutto in Belgio. Anche i concessionari iniziali di molte linee erano in prevalenza società belghe, con sigle societarie poco dissimili tra di loro, e tra queste le più importanti furono la «Compagnia generale dei tramway a vapore piemontesi » e la « Società anonima dei tramway vercellesi » (Molino, 1981).

Nomi ricorrenti nell'elenco dei concessionari sono quelli di Bellisomi e Belloli, i quali, in un primo tempo, fecero pensare a un risveglio dell'imprenditoria italiana in tale settore, ma in realtà si verificò che le linee, dopo essere state aperte al traffico, venivano subito cedute a una società belga che subentrava nella concessione e ne assumeva la gestione. Data la rapidità di tale passaggio è pensabile che i rapporti, tra costruttori e successivo gestore fossero di stretta dipendenza economica e amministrativa pur nella piena legalità, essendo la concessione titolo di godimento giuridico di un bene e quindi oggetto di negozio commerciale. Per alcune linee di particolare interesse locale compaiono come concessionari enti pubblici come: la Provincia di Torino, i Comuni di Alessandria, Pinerolo, Piobesi, Torino e Vinovo, a dimostrazione di un interesse delle amministrazioni locali a una estensione dei trasporti collettivi dove non si era manifestata l'iniziativa privata. È da rilevare che tra i concessionari della tramvia Torino-Vinovo-Piobesi compariva, oltre ai comuni toccati dalla linea, un ente morale: l'ordine Mauriziano, dal momento che era proprietario della vasta tenuta attraversata dalla linea. La linea Torino-Volpiano venne concessa alla «Società anonima della strada ferrata centrale del Canavese», già concessionaria della ferrovia per Rivarolo-Cuorgnè, esercitando così il diritto di prelazione alla costruzione e gestione contenuta nelle clausole della concessione ferroviaria.

Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche, i raggi minimi delle curve adottati sia nei tornanti delle linee montane che nelle strette vie dei centri urbani erano nettamente inferiori a quelli minimi ferroviari. Le rotaie erano del tipo «Vignole» e tutte le linee erano a semplice binario con raddoppio nei tratti in cui avveniva lo scambio tra i veicoli provenienti dagli opposti sensi di marcia. Poiché i mezzi circolanti erano nettamente inferiori come velocità, capacità di carico e di traino di vetture per convoglio, vennero adottati binari più leggeri di quelli in uso sulla rete ferroviaria, con un peso nell'ordine di 30 kg/m. I mezzi di trazione erano di marche diverse: le tedesche Borsig, Henschel, Krauss in maggiore quantità, la svizzera Brown-Boveri e l'italiana Breda mentre le vetture e i carri erano fabbricati da ditte italiane: Locati e Diatto di Torino e Grondon di Milano. La presenza di ditte tedesche come fornitrici di materiale e tecnologie è dovuta oltre che alla indiscussa capacità tecnica, evidenziata successivamente con l'avvento della trazione elettrica, anche agli accordi politico-commerciali tra l'Italia e la Germania.

La percorrenza mista, comune con i mezzi ippotrainati, imponeva delle limitazioni al traffico: i convogli erano formati da un basso numero di vetture, le fermate potevano essere eseguite su binario corrente, senza obbligo di sosta in apposite stazioni. Si deve tener presente che queste norme erano di competenza del Prefetto come pure la frequenza delle corse.

Circa la trazione elettrica è da precisare che le linee in esercizio con tale sistema erano, al 1914, quattro; la Torino-Poirino, elettrificata nel 1904, la Torino-Brusasco nel 1908, la Biella-Oropa nel 1911 e la Torino-Rivoli nel 1914. Una linea con caratteristiche interessanti, assimilabile a tramvia, che venne esercitata solo per alcuni anni, fu la Susa S. Michel de Maurienne nota come ferrovia «Fell» dal nome di chi brevettò l'iniziale idea del francese Seguin. Tale linea era stata costruita, nel 1868, lungo la rotabile che da Susa, valicando il confine al Moncenisio, raggiungeva S. Michel de Maurienne e cessò di funzionare nel 1871 con l'apertura del traforo del Frejus.

Torino era il centro da cui, indubbiamente, dipartivano più linee: ben nove e toccavano centri non serviti da linee ferrate, a eccezione di Moncalieri, Pinerolo, Settimo, Venaria e Volpiano, già sedi di stazioni. L'impianto di questa rete avvenne intorno al 1880, quando le ferrovie contavano quasi trent'anni di esercizio, per collegare i centri suburbani, alcuni dotati di discrete attività manifatturiere, al capoluogo con funzione prevalente di trasporto passeggeri. Il suo tracciato passava a una certa distanza da quelli ferroviari corrispondenti, sia per evitare una concorrenza troppo diretta, quindi antieconomica, che a seguito di impedimenti naturali quali fiumi e colline.

In questa atmosfera si inserisce perfettamente la storia del "trenino di Saluzzo", così chiamato per via delle dimensioni esigue dei convogl, come si vede in fig. 1. Il tranvai funzionava a carbone e, di solito, oltre alla locomotiva, aveva altre quattro carrozze. La manutenzione dei binari era fatta da quattro persone: queste salivano su di un piccolo carrello che scorreva sui binari e per spostarsi usavano una pertica

facendo forza sul terreno.. Era talmente lento - la durata del viaggio, circa 30 km, era di oltre due ore - che gli allevatori potevano seguirlo con le mucche e parecchia gente ci saltava sopra lungo la strada. Le vaporiere avevano teli catramati con un vetro al centro davanti e dietro per riparare i macchinisti dal freddo. Invece le vetture, con prima e seconda classe nello stesso vagone, erano dotate di vetri e presentavano il livello di confort tipico di quegli anni (fig. 2). Vennero anche allestite due vetture speciali dotate di servizi igienici: una per l'allora presidente del consiglio Giovanni Giolitti, che abitava a Cavour, e l'altra destinata al Vescovo di Saluzzo e utilizzata anche dagli ispettori della società belga di gestione della rete.

Conclusioni

Le tramvie hanno rappresentato una fase importante dell'evoluzione del mezzo ferroviario rispetto al quale ebbero il pregio del minor costo sia d'impianto che d'esercizio e della maggior adattabilità di percorso contribuendo cosi al necessario completamento dei collegamenti nei confronti dei centri sprovvisti.

Mentre le strade ferrate rappresentarono, per il territorio piemontese, l'inizio della sua trasformazione da agricola a industriale, le tramvie sancirono questa trasformazione attestando il raggiungimento di un certo livello di espansione industriale. Verifica di questa asserzione si può vedere in Torino, con la rete extraurbana, costruita a raggiera verso le zone suburbane coll'intento di convogliare, più rapidamente, gli abitanti verso la città, anticipando quel fenomeno di spostamento di masse per motivi di lavoro che in seguito sarà definito con il termine di pendolarismo.

Per gli altri centri al trasporto passeggeri era abbinato un discreto traffico merci ma ciò era dovuto alla minore importanza commerciale e poiché, se il volume delle merci superava una certa soglia, diveniva più conveniente la ferrovia. La funzione precipua delle tramvie fu quindi l'avvicinamento dei centri sparsi alle città-polo, operando su una scala di percorso, velocità e cadenza di fermate ridotte rispetto a quella ferroviaria.

Nonostante questi pregi le tramvie non hanno potuto vincere la concorrenza del trasporto su gomma e il loro inevitabile smantellamento è stato solo procrastinato nel tempo con l'elettrificazione di molte linee.

Bibliografia

Accomazzi P. 1922. *Nozioni elementari sulla locomotiva delle strade ferrate*. Torino: S. Lattes & C. ristampa: 2009, Borghetto Lodigiano: Ermanno Albertelli Editore.

Ballatore L. 1996. *Storia delle ferrovie in Piemonte. Dalle origini alla vigilia della seconda guerra mondiale*. Torino: Editrice Il Punto.

Brogiato G. 1977. Le tramvie extraurbane in Piemonte 1875-1894. Cronache economiche, 1, 55-63. Torino: Camera di Commercio, Industria Artigianato e Agricoltura.

Governato M. 2016. *C'era una volta il tram. Tranvie intercomunali di Torino nelle immagini d'epoca 1880-1950*. Torino: Edizioni del Capricorno, Torino.

Molino N. 1981. *Il trenino di Saluzzo: storia della compagnia Generale Tramways Piemontesi*. Torino: Immagini e Parole.
Natalicchio S., Tamini L. 2003. *Grandi aree e stazioni ferroviarie Attori, Strategie, pratiche di trasformazione urbana*. Milano: EGEA.
Ogliari F., Sapi F. 1968. *Scintille tra i monti. Storia dei trasporti italiani vol. 8 e 9. Piemonte-Valle d'Aosta*. Milano: s.e.
Pocaterra R. 2003. *Treni. Conoscere e riconoscere tutte le locomotive e i treni che hanno fatto la storia delle ferrovie nel mondo*. Guide Compact. Novara: Istituto Geografico De Agostini.

Sitografia

[1] www.cavour.info
[2] www.carlobonicatto.it

Francesca Geminiani

La valle dell'Aterno: dai tratturi alle strade ferrate

Abstract
The Aterno's valley, located in the heart of Abruzzo, even though it has always been configured as a difficult settlement environment was crossed, since the Roman times, from the *tratturi* Aquila-Foggia and Centurelle-Montesecco (first Abruzzo's infrastructural systems). In the Roman era a dense network of roads put in communications the area with Rome, the Adriatic's coast and Naples, but the crisis triggered by Lombard domination there was a decay of this efficient road system. Between XI and XII century, the creation of fortified settlements caused the construction of a beaten paths' network. In addition, the valley was redeveloped by *via degli Abruzzi*, the central stretch of the route connecting Naples with Florence. Between 13th and 16th centuries the economic flourishing of the valley led to a recovery of roman's road system, enhanced by counter rural routes connecting *mezzacosta* urban centers, as well as a reactivation of the pathway. Between the end of the 18th and the middle of the 19th century, however, the road situation seemed rather compromised, so that before the Italy's national unity the streets of the Amiterno's area were precarious and difficult to transit. If the arrangement of old streets and construction of new, during 19th century, had left the valley from its secular isolation, the construction of the railway lines made an almost definitive turning point.

Introduzione

La valle dell'Aterno[1], situata nel cuore dell'Abruzzo e colpita dal violento sisma del 6 aprile 2009, è definita morfologicamente dal corso dell'omonimo fiume, dai massicci appenninici Gran Sasso, Velino-Sirente e Maiella, e dominata urbanisticamente dalla città di L'Aquila. È da sempre stata idealmente suddivisa in tre zone: alta, media e bassa valle, in relazione alla quota dell'alveo che subisce molte variazioni altimetriche partendo dagli 800 m s.l.m. circa della sorgente, nei pressi di Montereale, fino ad arrivare, gradualmente, ai 250 di Popoli, punto di confluenza con il Tirino e dalla cui unione ha origine il fiume Pescara. Anche la sua estensione è soggetta a notevoli trasformazioni presentando zone di ampio respiro vicino Montereale, nella conca aquilana e nel lembo sud della bassa valle (sezione A fig. 1), restringendosi nella media (sezione B fig. 1) fino ad essere compressa fra le pareti montane che la definiscono nell'area di confine tra media e bassa valle (sezione C fig. 1).

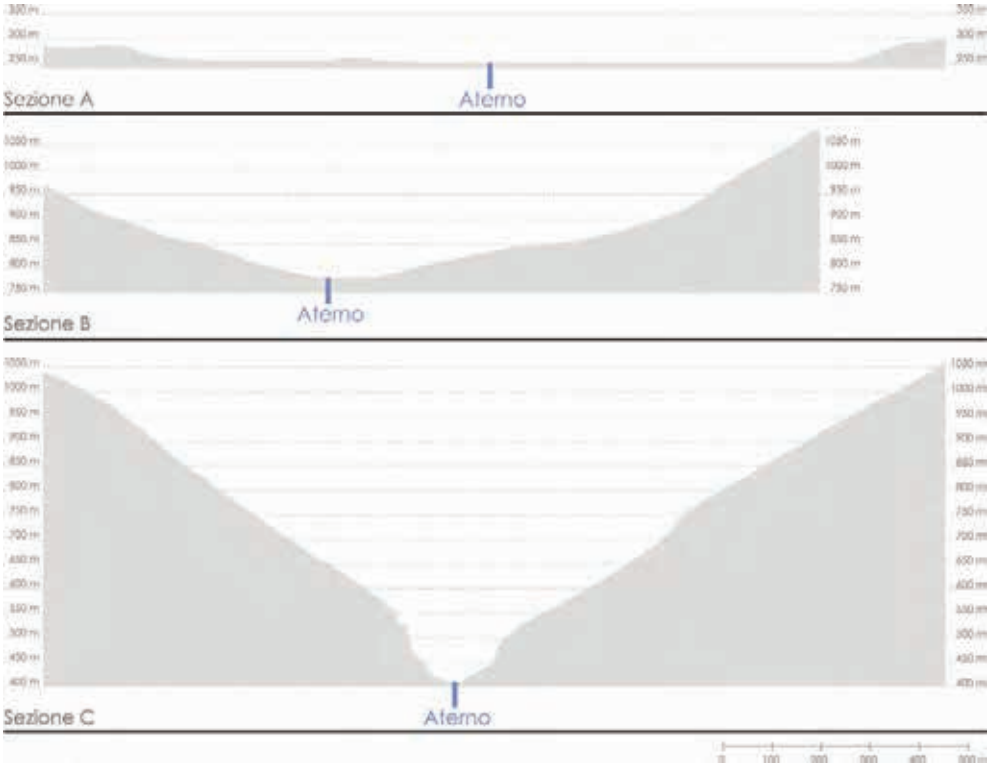


Fig. 1 – La valle dell'Aterno: sezioni dell'alveo fluviale.

Il tracciato fluviale, dalle tipiche caratteristiche dei corsi d'acqua di montagna, e le aspre peculiarità morfologiche del territorio la connotano da sempre come un ambiente insediativo difficile e storicamente isolato dal resto della regione ma, tuttavia, queste condizioni non le hanno impedito di definirsi come uno dei punti di passaggio obbligati nei percorsi storici di attraversamento longitudinale della penisola.

I tratturi

La consolidata tradizione pastorale della valle e, in generale, di tutto l'Abruzzo interno, congiuntamente alle proibitive condizioni climatiche invernali che impedivano un adeguato mantenimento delle greggi ha dato origine, molto probabilmente già a partire dall'epoca preistorica, a una serie di piste che collegavano i pascoli dei rilievi appenninici abruzzesi con le miti pianure pugliesi: i tratturi. Si trattava di larghi sentieri pietrosi o in terra battuta marcati dal periodico passaggio di milioni di pecore, tradizionalmente nel periodo compreso tra il 29 settembre e l'8 maggio. Essi costituivano le direttrici principali di un complesso sistema reticolare di per-

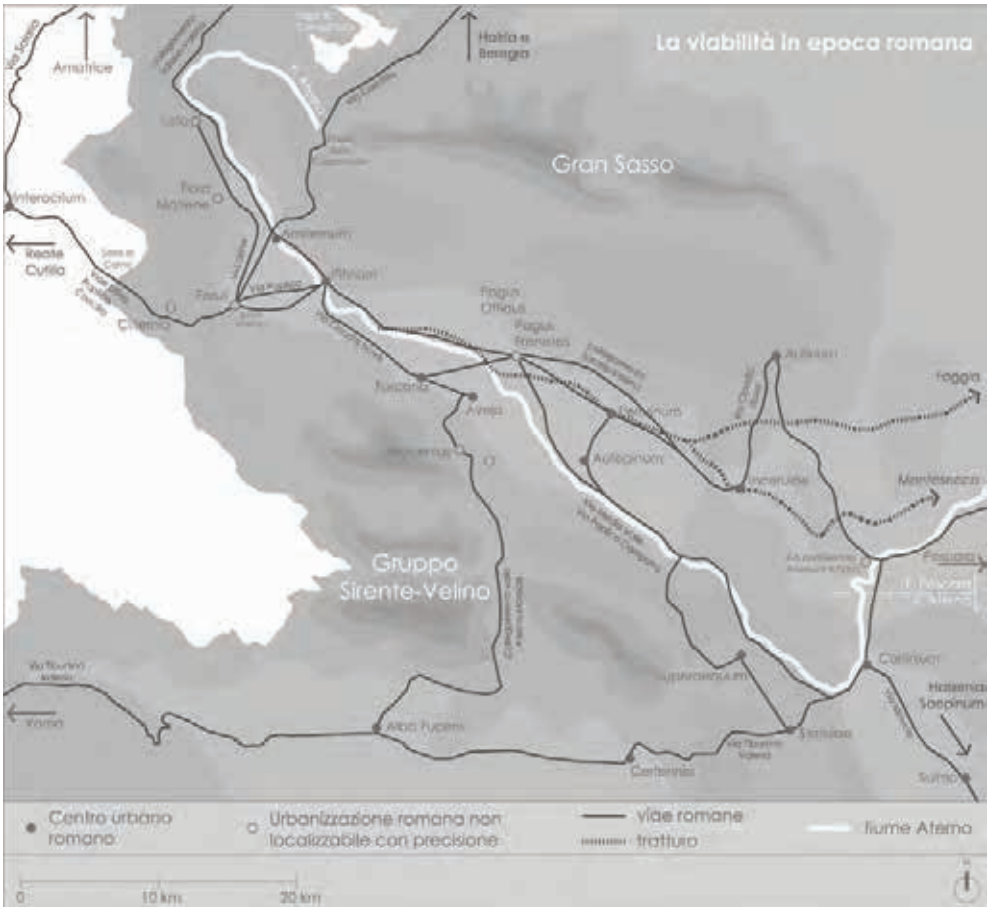


Fig. 2 – La valle dell'Aterno: la viabilità in epoca romana.

corsi diramato in tratturelli e bracci, e venivano utilizzati anche negli spostamenti a cavallo o a piedi da viandanti, commercianti e militari. La media valle e il limitrofo altopiano di Navelli erano attraversati dai tratti iniziali dei tratturi L'Aquila - Foggia e Centurelle – Montesecco (fig. 2).

La viabilità romana

I *Libri coloniarum*[2] descrivono la provincia Valeria, ovvero la *IV Regio* di Augusto alla quale apparteneva tutto il territorio della valle, suddivisa in *Ager Amiterninus, Ager Aveius, Colonia Superequana, Colonia Peltuinorum, Colonia Sulmontinae, Ager Corfinium, Marsus Municipium*, dei quali solo l'ultimo estraneo all'amiternino (Properzi, 2001). All'interno di questa organizzazione molti erano i centri urbani, tra i quali si

ricordano *Amiternum* (che diverrà, secoli dopo, L'Aquila), *Forcona, Aveja, Pitinum, Corfinium, Foruli*, insieme a diversi *pagus* e poli situati nelle aree limitrofe quali *Frustenias, Prifernum, Peltuinum, Aufinum, Incerulae, Statulae, Cliternia, Interocrium* e una località chiamata *Ad confluentes Aternum e Tirinum* nei pressi di Bussi, alla confluenza dei fiumi Aterno e Tirino (Floridi, 1976). Tali insediamenti erano collegati da un sistema viario che poneva l'area in contatto anche con Rieti (e quindi Roma), la costa Adriatica, la Marsica e l'altopiano delle Cinque Miglia: la valle era quindi al centro di una fitta rete di strade che attraversava i territori romani da nord a sud (fig. 2).

Qualsiasi considerazione riguardo la viabilità di epoca romana non può prescindere da un'analisi della Tabula Peutingeriana[3] dalla quale emerge l'esistenza di un collegamento tra la valle dell'Aterno e quella del Fucino che, attraverso l'altopiano delle Rocche, collegava *Aveia* con *Frustenias* e *Alba Fucens* (fig. 2).

Tra gli altri assi viari romani troviamo la *Via Claudia Valeria*, prolungamento della *Via Tiburtina Valeria* per collegare Roma alla costa adriatica, che lambiva solo marginalmente la bassa valle passando per *Corfinium* e la località *Ad confluentes Aternum e Tirinum* (fig. 2).

Varrone narrava che da *Reate* (Rieti) originavano tre strade, la *Via Quinctia,* la *Via Curia* e la *Via Litina* (Varrone, Lib. 1 14, 2/3; Persichetti, 1893): procedendo per quest'ultima si raggiungeva la media valle nei pressi di *Amiternum* per proseguire fino a *Lista*, nel territorio di Cagnano Amiterno (fig. 2). Pur condividendo il percorso, Radke (1981, p. 330) avanza riserve sul nome proponendo *Calatina,* dal censore Attilius Calatinus che l'avrebbe fatta costruire intorno al 247 a.C.

La *Via Caecilia* (fig. 2), parzialmente coincidente con la più antica *Via Litina,* era una diramazione della *Via Salaria* che tagliava in direzione trasversale la valle collegando *Interocrium* al teramano attraverso *Amiternum*, per formare una comunicazione più diretta fra la capitale, la vallata di *Amiternum* e il *Mare Superum* (Persichetti, 1893).

La *Via Claudia Nova* (fig. 2) fu voluta nel 47 d.C. dall'imperatore Claudio per congiungere le vie *Cecilia* e *Claudia Valeria*. Il punto di partenza era, con molta probabilità, *Foruli*, mentre l'arrivo era certamente alla confluenza dei fiumi Tirino e Aterno (Colapietra, 1979). Da *Peltuinum* partiva una diramazione verso sud, in direzione *Aufigenum*, che si biforcava a sua volta per raggiungere in entrambi i casi la Tiburtina Valeria, un braccio lungo la valle subequana, l'altro attraverso le gole di San Venanzio, ma si tratta, quasi certamente, di quella che Orsatti (1995) definisce Via della media valle dell'Aterno (fig. 2).

La *Salaria* e la *Tiburtina Valeria* erano collegate da una via che, partendo da *Vico Badies,* nei pressi di Accumoli, giungeva fino alla confluenza dei fiumi Aterno e Tirino, attraversando longitudinalmente la valle e ricalcando per un lungo tratto la *Via Claudia Nova* (fig. 2). Notizie si ritrovano anche in una relazione dell'abate di Farfa Giovanni del X secolo (Balzani, 1903; Giorgi e Balzani, 1853).

Scarse e controverse sono le notizie sulla repubblicana *Via Poplica Campana* (fig. 2), che avrebbe lambito la media valle partendo dal *Campus Salinarum* per giungere a *Reate* secondo il percorso che sarebbe diventato poi la *Via Salaria,* e da qui ad *Interocrium* e *Foruli* lungo il tracciato della *Via Litina* (Zenodocchio, 2008).

L'alto medioevo

Dopo il V secolo la maggior parte delle istituzioni e degli insediamenti urbani consolidatisi in epoca imperiale decaddero, ma già prima della conquista longobarda della valle le istituzioni sociali e amministrative romane apparivano indebolite, trovando definizione attorno alla *civitas*, luogo topico ove svolgere residue attività sociali e forse amministrative, piuttosto che un vero e proprio agglomerato urbano. Con l'avvento dei Longobardi si diffuse una generale condizione di indeterminatezza, con assenza di un commercio a scala territoriale, scarsa specializzazione produttiva e condizioni di pesante sottomissione imposta dal potere centrale. A questo decadere, pressoché totale, delle strutture urbane maggiori fra V e VII secolo, dovette corrispondere una sempre più precaria utilizzazione della rete viaria romana, la cui funzione originaria era essenzialmente legata ai collegamenti commerciali fra le province e la capitale; la contemporanea, probabile, interruzione della pratica della transumanza, non più garantita da un sistema di controllo e di regole sociali, fece declinare anche l'utilizzo dei tratturi: si interruppero così i collegamenti stabili fra gran parte del territorio abruzzese e, quindi, della valle, e il resto della penisola. In sintesi, i percorsi utilizzati nei trasferimenti di truppe che caratterizzarono le vicende della Longobardia Minore furono solo alcuni dei percorsi residuali della viabilità romana, ai quali si aggiunsero e sovrapposero altri, in genere a quote più elevate, tipici degli itinerari di esplorazione (Properzi, 2001).

Per alcune zone della media-alta valle è stato possibile delineare l'organizzazione territoriale di VIII e IX secolo sulla base di proprietà delle istituzioni religiose. Infatti, ad esempio, l'abbazia di Farfa deteneva numerosi possedimenti nella media-alta valle, fra *Amiternum* e *Forcona*. Tali nuclei territoriali erano presumibilmente coltivati o boschivi e quasi tutti situati nelle aree vallive prossime al fiume Aterno, inoltre, con elevata probabilità, si trovavano nei pressi di *vici* o centri abitati. Una simile situazione insediativa fatta di numerosi insediamenti sparsi, principalmente di fondovalle, induce a presupporre l'esistenza (o la sopravvivenza) di una rete di percorsi minori che si dipartivano dagli assi stradali maggiori risalenti all'assetto territoriale romano. Dalla loro distribuzione territoriale è agevole supporre che i tracciati romani ancora in uso fossero la *Via Caecilia,* la *Via Litina* e il collegamento Salaria-Valeria, oltre *la Via Claudia Nova* (Migliario, 1995).

L'incastellamento

Tra XI e XIII secolo l'innescarsi dell'incastellamento, ossia il proliferare di strutture fortificate atte al controllo del territorio costituite, in alcuni casi, da veri e propri ag-

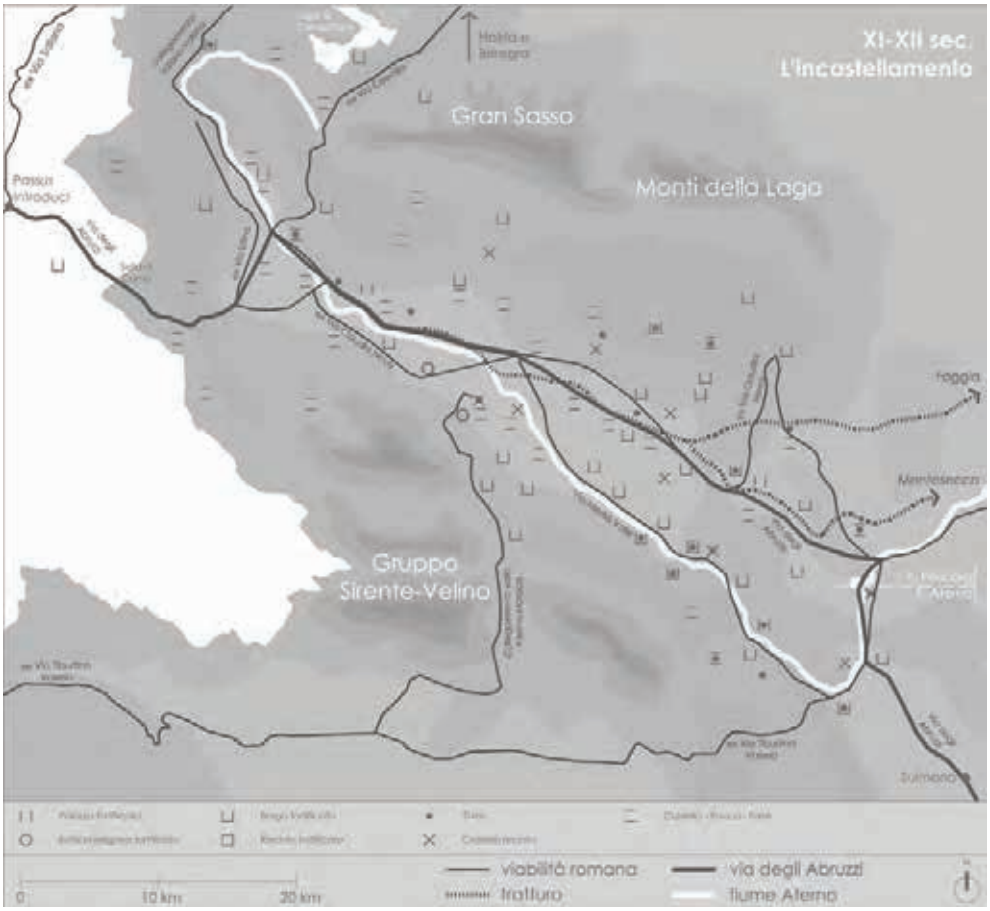


Fig. 3 – La valle dell'Aterno: assetto territoriale connesso all'incastellamento.

glomerati urbani, trasformò l'assetto territoriale della valle. La sua origine potrebbe essere connessa alle scorrerie saracene (860-890) e alle invasioni ungare (922-947) o a una progressiva trasformazione degli insediamenti con la fortificazione dei nuclei urbani. Le due tesi, tuttavia, non si pongono in termini antitetici né si escludono: i modi, infatti, attraverso i quali mutarono le strutture insediative variano da caso a caso, tanto da far ritenere che ogni insediamento abbia una sua fase di incastellamento, senza escludere la funzione acceleratrice delle scorrerie e delle invasioni. Tali sistemi fortificati presuppongono l'esistenza di una rete di percorsi essenziali alla fruibilità della situazione insediativa a essi connessa. L'affermazione politica e militare dei Normanni (inizio XII secolo) mirò da subito a una ricomposizione delle aree interne come l'Abruzzo e la valle, sancendo l'importanza economica della

transumanza e del commercio, con la conseguente rimessa in funzione della rete tratturale e di parte degli antichi tracciati romani.

La Via degli Abruzzi (fig. 3) divenne l'asse principale di tale rete: il percorso che attraversava L'Abruzzo interno da Antrodoco sino al piano delle Cinquemiglia lungo le valli Amiternina e Peligna, tratto centrale di quell'itinerario di collegamento fra Napoli e Firenze improntato sui tracciati delle romane Cecilia, Tiburtina e Claudia Nova (Properzi, 2001). Se è probabile che molti degli assi romani che attraversavano la valle vennero riattivati, certo è l'utilizzo della strada di collegamento tra le vie Salaria e Valeria, attestata da una relazione dell'abate Giovanni di Farfa del 988 (Balzani, 1903).

Tra medioevo e rinascimento

Con la nascita del contado aquilano, fondato agli inizi del XIII secolo dalla consociazione della maggior parte delle terre fortificate dislocate nella valle, non mutò questo ormai consolidato assetto insediativo, che si mantenne grossomodo inalterato fino ai primi decenni del Cinquecento[4]. In questi anni la floridezza del commercio e la ripresa della transumanza resero i tratturi e la via degli Abruzzi gli assi viari principali dell'epoca, che posero la valle al centro dei collegamenti tra nord e sud dell'intera penisola (Zocca, 1975).

Dal XVII al XIX secolo

La conoscenza della distribuzione territoriale degli insediamenti nel XVII secolo è supportata da una ricca produzione cartografica, mentre resta incerto l'assetto viario costituito principalmente da piste cavalcabili in battuto. Fondamentale è stato lo studio di due mappe, quelle di Blaeu (1650) e De Silva (1692), in cui gli insediamenti appaiono in numero inferiore rispetto al secolo precedente.

Più certa è, invece, la ricostruzione relativa al XVIII secolo, sia per la localizzazione degli insediamenti sia per la viabilità, grazie alla completezza delle cartografie analizzate: quelle di Valdi (1752) e Aragona (1780-90 ca). La distribuzione dei centri abitati appare simile a quella attuale, non sono indicate le strade secondarie ma la rete viaria connette capillarmente quasi tutti i tracciati, si tratta, però, di piste in battuto di difficile praticabilità (Clemente, 1991). Un tragitto di fondovalle, parallelo al fiume e corrispondente ad alcuni tratti delle odierne Statali 5, 17, 80, 260 e 261, riprendendo alcune vie romane attraversava tutta la valle risalendo fino a Popoli per proseguire verso la costa adriatica. Una diramazione, sulla scia della *Claudia Nova,* conduceva direttamente a Popoli attraverso l'altopiano di Navelli coincidendo, inoltre, con un tratto dell'attuale SS17. Rimasero inalterati, rispetto all'assetto romano, anche il collegamento *Amiternum*-Antrodoco con la diramazione da Civitatomassa verso Coppito, il cui tracciato è ripreso dalle odierne SS17 e 80, la strada di collegamento della valle con la Marsica, oggi SS5bis, la strada che da Amiterno risale per

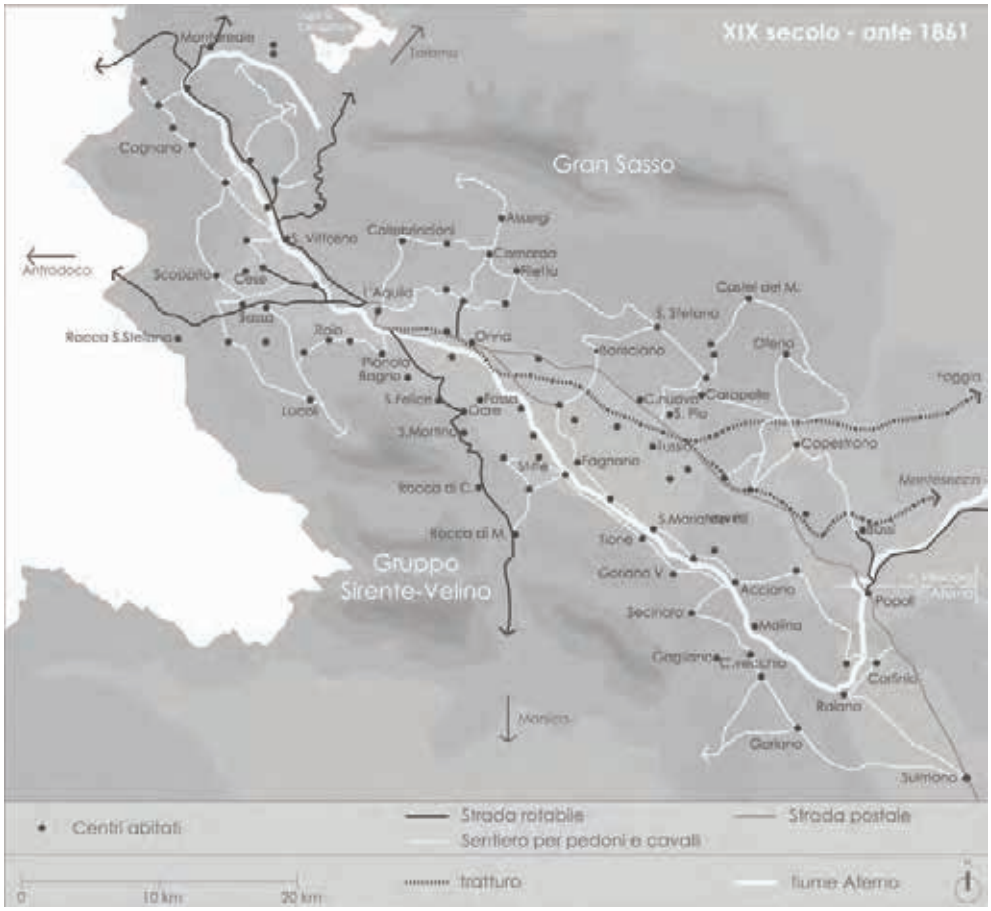


Fig. 4 – La valle dell'Aterno: assetto territoriale nel XIX secolo.

il passo delle Capannelle in direzione di Teramo, attualmente SS80. A integrare tale rete era la viabilità locale che collegava L'Aquila con i piccoli centri limitrofi (fig. 4).

Le strade ferrate

L'Ottocento è stato per l'Abruzzo un secolo di radicali mutamenti sul piano politico, economico e sociale, ma forse in nessun campo la trasformazione è stata così profonda ed evidente come in quello delle vie di comunicazione. Infatti, se la sistemazione delle vecchie strade e la costruzione di nuove avevano tentato di far uscire la valle dal suo secolare isolamento, la costruzione delle linee ferroviarie apportò una svolta quasi definitiva (Petrelli, 1997; Orsatti, 1995; Di Giangregorio, 2006; Cioci, 1991). Il primo progetto che interessò l'area fu la linea Pescara – L'Aquila – Terni i cui

tratti furono inaugurati fra il 1873 e il 1883. Tale linea, ancora attiva, segue il corso dell'Aterno dall'Aquila a Raiano, ponendo in relazione la valle con Terni, Sulmona, Pescara, Roma, Ancona, Isernia e Foggia.

La linea Roma–Sulmona, in uno dei primi progetti prevedeva il congiungimento alla linea Pescara–L'Aquila presso Molina Aterno, determinando un notevole vantaggio per la bassa valle che si sarebbe trovata in contatto diretto con la Marsica e Roma. Ma il progetto di legge definitivo fissò a Sulmona il nodo di scambio portando alla realizzazione della linea nel 1887. Purtroppo non ebbe esito neppure il collegamento fra Molina Aterno e Goriano Sicoli che avrebbe ridotto di una trentina di chilometri la distanza fra L'Aquila e la Marsica, e, quindi, con Roma.

Un analogo tentativo di connessione della valle con la capitale coincise con il progetto per la linea Giulianova–L'Aquila –Carsoli–Roma (fig. 5) che avrebbe unito la costa adriatica a Roma attraversando trasversalmente la valle. Di questa venne concluso solo il tronco Giulianova-Teramo, inaugurato il 15 luglio 1884, decretando il fallimento di un altro tentativo di collegamento della valle con Roma (Petrelli, 1997). Altre proposte, tutte fallite, avrebbero facilitato la relazione della valle con la Marsica e il Lazio: una linea diretta L'Aquila e Avezzano, una ferrovia elettrica L'Aquila–Gran Sasso (Teramo) e una linea L'Aquila–Amatrice–Ascoli.

Durante i primi decenni del Novecento nell'alta valle venne realizzata una linea, oggi scomparsa che, seguendo fedelmente il corso dell'Aterno, connetteva L'Aquila a Capitignano, collegando agevolmente tutti i centri presenti lungo la tratta e ponendosi come primo tratto di una linea, non realizzata, che sarebbe arrivata fino a Teramo, in fig. 6.



Fig. 5 – Progetto per la linea ferroviaria Roma-Adriatico (da Cioci, 1991).



Fig. 6 – Carta di libera circolazione (da Cioci, 1991).

Conclusioni

In conclusione, tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento, nonostante gli sforzi sostenuti dagli enti locali, la valle era attraversata dalla sola linea ferroviaria Terni – L'Aquila – Sulmona e da strade mal mantenute che la lasciavano, di fatto, esclusa da qualsiasi collegamento con Roma, la Marsica (agevolmente collegata con Napoli) e le vicine aree teramana e reatina. Fu solo con la realizzazione del tratto autostradale A24, negli anni Settanta, che la valle riuscì ad uscire dal suo secolare isolamento, ponendosi finalmente in comunicazione con Roma e Avezzano.

Bibliografia

Aragona F. 1780-90 c. Mappa che rappresenta gran parte degli Abruzzi (cartografia a stampa). In Biblioteca Provinciale dell'Aquila Salvatore Tommasi, coll. Abr.St.A.B12

Balzani U. (a cura di). 1903. *Il Chronicon Farfense di Gregorio di Catino*. Roma: Forzani e c. tipografi del Senato.

Blaeu J. 1650. *Abruzzo citra et ultra* (cartografia a stampa). In Biblioteca Provinciale dell'Aquila Salvatore Tommasi, coll. Abr.St.A.A5.

Cioci A. 1991. *Ferrovie d'Abruzzo. L'Aquila-Capitignano* Bastia Umbra: Kronion libri.

Clemente V. (a cura di). 1991. *Giuseppe Galanti. Il giornale del viaggio (1791) e altri scritti sugli Abruzzi*. Roma: Istituto per la storia del mezzogiorno.

Colapietra R. 1979. *Itinerario storico abruzzese*. Lancano: Carabba editrice.

De Silva F. 1692. *Abruzzo Ultra* (cartografia a stampa). In Biblioteca Provinciale dell'Aquila Salvatore Tommasi, coll. Abr.St.A.C29

Di Giangregorio M. 2006. *La ferrovia Roma-Solmona: Il commendatore Giovanni Paolucci*,. Sambuceto: Litografia Brandolini.

Floridi V. 1976. La formazione della regione abruzzese e il suo assetto territoriale fra tardo periodo imperiale e XII secolo. *Abruzzo*, Rivista dell'Istituto di studi abruzzesi, anno XIV, 2 maggio.

Giorgi I., Balzani U. (a cura di). 1853. *Il regesto di Farfa compilato da Gregorio di Catino e pubblicato dalla Società romana di Storia Patria*. Presso la Società, in Roma, Doc. 401/988.

Migliario E. 1995. *Uomini, terre e strade. Aspetti dell'Italia centro appenninica fra antichità e alto medioevo*. Bari: Edipuglia.

Orsatti B. 1995. La via della media valle dell'Aterno dalla preistoria ai nostri giorni. *Quaderni di Provincia oggi*, 16. L'Aquila: Amministrazione provinciale de L'Aquila.

Persichetti N. 1893. *Viaggio archeologico sulla Via Salaria nel circondario di Cittaducale* (edizione consultata Arnaldo Forni Editore, 1979).

Petrelli A. 1997. Le vie di comunicazione. In: *L'Abruzzo nell'Ottocento* (a cura dell'Istituto di Studi Crociani), 45-60. Pescara: Ediars.

Properzi P. 2001. Terre, castelli e borghi fortificati nell'evoluzione delle strutture territoriali abruzzesi. In AA.VV., *Abruzzo dei Castelli. Gli insediamenti fortificati abruzzesi dagli italici all'unità d'Italia*. Pescara: Carsa edizioni.

Radke G. 1981. *Viae Publicae Romanae*. Bologna: Cappelli editore.

Valdi F. 1752. *Carta topogradica del Contado e della Diocesi dell'Aquila* (cartografia a stampa). In Biblioteca Provinciale dell'Aquila Salvatore Tommasi, coll. Abr.St.A.B3

Varrone M.T. *De lingua latina*, V. 38 (ed. consultata Tipogr. Giuseppe Antonelli, Venezia, 1845).

Zenodocchio S. 2008. *Antica viabilità in Abruzzo*. L'Aquila: Rea edizioni.
Zocca M. 1975. La formazione dei centri storici in Abruzzo, in *Atti del XIX congresso di storia dell'architettura*. L'Aquila 15-21 settembre 1975, vol. II. L'Aquila: Marcello Ferri Editore.

Note

1. Il presente contributo rappresenta una parte di quanto è stato elaborato nel Dottorato di ricerca in Ingegneria civile, edile-architettura, ambientale, XXIX ciclo presso l'Università degli Studi di L'Aquila, tutors Prof.sse Simonetta Ciranna e Donatella Fiorani.
2. Elenchi di IV-V secolo riferiti alle undici regioni augustee, citati in Properzi, 2001.
3. La *Tabula Peutingeriana*, tratta da un manoscritto datato al XIII secolo opera di un anonimo monaco, è la riproduzione di una cartografia romana.
4. Nel XIII secolo la maggior parte delle terre della valle si consociò per dar vita al Contado dell'Aquila la cui fine è connessa all'infeudamento di Carlo V avvenuto nel 1529.

Patrizia Montuori

In tram da Roma ai Castelli. La linea dei Castelli Romani e lo sviluppo della Capitale e degli abitati circostanti nel Novecento

Abstract

In the nineteenth century Rome is described as an unhealthy and malarial place, framed by the salubrious and pleasant localities of the so called "Castelli Romani", that, however, still in the middle of the century many Romans could not reach, due to the limited and expensive service offered by the only means of transport available: the public horse-drawn omnibus. After the unsuccessful attempts to make up for this deficiency with a steam tram, that would have to integrate the Rome-Frascati papal railway line (1857), to make a change for the realization of an efficient tramway line for the Castelli is the advent of electric traction, used by Werner von Siemens at the Berlin industrial exhibition of 1879 to feed a first, small, locomotive, and then spread with the "trolley" system in major American and European cities. To the S.T.F.E.R. (Società Tramvie Ferrovie Elettriche of Rome), Roman company concessionary of the line, founded November 29, 1899 by the French "Thomson Houston International Electric Co." will be linked the history of Roman tramway transport up to the eighties of the twentieth century. The reconstruction of the construction phases of the Castelli Romani tramline and its artefacts is a fascinating journey, in time and space, to which intertwine the urban development of the young Capital and the surrounding inhabitants, and the evolution of railway engineering.

Dall'omnibus a cavalli alla tramvia elettrica: il collegamento della Capitale con i Castelli Romani tra Ottocento e Novecento

"Scappate via, sloggiate, furistieri;
Fora, pe ccarità, cch'entra l'istate.
Presto, fate fagotto, sgummerate
Chè mmommò a Roma so affaracci seri…
Si arrestate un po' ppiù vve vedo bbrutti,
Che cqui er callo è un giudizio univerzale;
L'aria de lujj' e agosto ammazza tutti" (Belli, 1834)

Nell'Ottocento le cronache descrivono Roma come una città dall'aria impura e malarica e i Castelli Romani, l'insieme di paesi e cittadine dei Colli Albani nei dintorni

dalla Capitale, come luoghi salubri e ameni, con cui, dunque, si avverte l'esigenza di un agevole collegamento per il trasporto di persone e merci. Ancora intorno alla metà dell'Ottocento, però, *la maggior parte dei cittadini romani nasceva e moriva tra le antiche mura di Aureliano senza mai varcarne le porte nel corso della vita* (Angeleri, 1982). Unico mezzo di trasporto era, infatti, la diligenza pubblica o omnibus a cavalli, che però offriva un servizio limitato ed eccessivamente oneroso: nel 1832 il tragitto di sola andata da Roma ad Albano Laziale, uno dei comuni più importanti dei Castelli, costava 0,88 scudi romani, mentre lo stipendio di un professore si aggirava intorno ai quindici e quello di un bidello non superava i sei.

Il trasporto delle persone all'interno della città, con limitate estensioni verso il suburbio, subisce una variazione solo con l'introduzione del *tramway* a cavalli, in fig. 1, che riprende la struttura dell'omnibus sostituendo alle ruote e alla timoniera il rodiggio adatto alla circolazione su rotaie.

Le tramvie pubbliche a cavalli erano comparse in America e in Inghilterra già nel 1832, e ciò spiega l'adozione del termine inglese per indicare il nuovo sistema di trasporto; in Italia le prime linee *tramway* sono quelle di Torino, realizzate dal

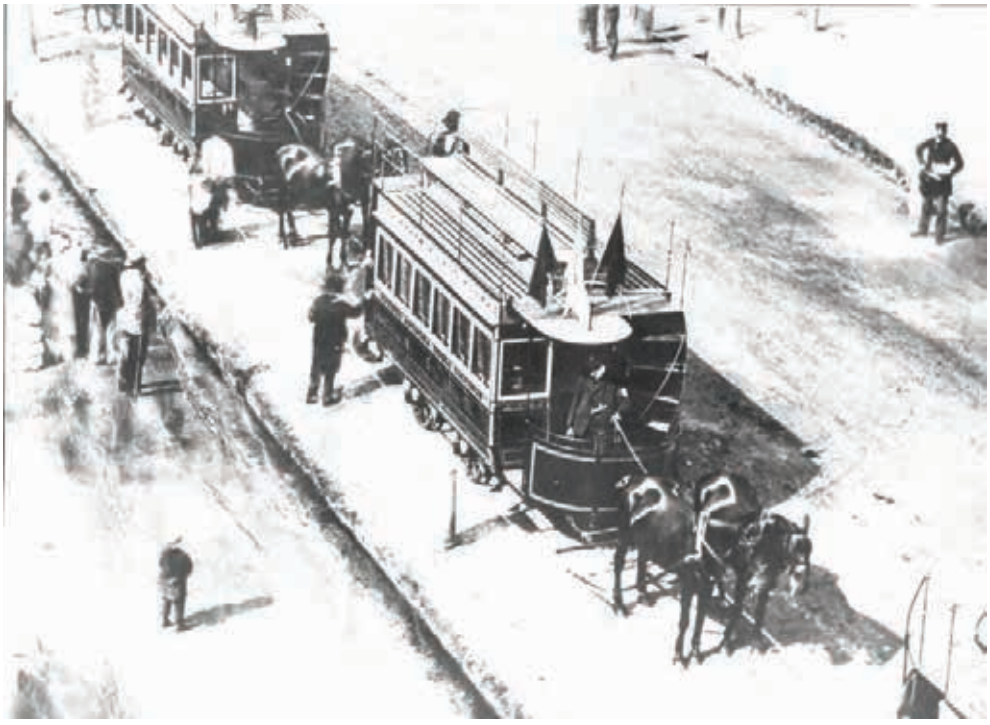


Fig. 1 – Inaugurazione della tramvia a cavalli Milano-Monza (1876).

1872 dalla *Société Belge-turinoise des Tramways* (S.B.T.) e la Società Torinese di Tramways e Ferrovie economiche (S.T.T.), mentre a Roma un primo collegamento tra Porta del Popolo e Ponte Milvio è inaugurato il 2 agosto del 1877. La diffusione delle tramvie a cavalli, però, era comunque limitata, perché esigevano una grande dotazione di animali, ampie stalle e depositi di foraggio, facilmente incendiabili, personale di scuderia adeguato al numero delle vetture, ed erano soggette ai danni causati dal deperimento, malattia e mortalità tanto maggiori quanto più intenso era lo sfruttamento dei cavalli. Nei collegamenti extraurbani, più lunghi e difficoltosi, quindi, si prediligeva la trazione a vapore, vietata, però, all'interno dei centri abitati per ragioni di sicurezza e igiene: la prima linea tramviaria extraurbana a vapore del Lazio, la Roma-Tivoli, fu inaugurata nel 1879, proprio mentre in Europa si stava avviando la sperimentazione della trazione elettrica.

Varie applicazioni si erano avute già dopo la realizzazione di una prima, piccola, locomotiva elettrica a corrente continua alimentata con terza rotaia, presentata da Werner von Siemens all'esposizione industriale di Berlino del 1879[1] e l'inaugurazione nel 1881 a Lichterfelde, presso la capitale tedesca, di una linea con analogo sistema di alimentazione, realizzata dallo stesso Siemens (*Turchi, 1999).* All'epoca, però, la fornitura e la captazione di corrente da terza rotaia erano discontinue e causavano frequenti interruzioni del servizio, per evitare le quali, a Francoforte, nella nuova tramvia Sachsenhausen-Offenbach (1884), è introdotta per la prima volta una linea elettrica aerea, cui le vetture erano collegate con trolley a stanga. Tale sistema di alimentazione, che avrà un'immediata e ampia diffusione negli Stati Uniti, in Europa sarà accolto con più fatica e sospetto, a causa del possibile impatto visivo degli impianti sui centri storici. Milano è tra le prime città italiane a istituire tramvie elettriche a trolley (1893); dal 1892, anche Roma s'impegna con una convenzione a favorire la realizzazione di linee tramviarie elettriche, urbane ed extraurbane: di là dai vari progetti, però, un primo, breve tratto della moderna tramvia dei Castelli Romani entrerà in funzione solo dal 1903!

In realtà, già poco dopo la promulgazione della legge del 3 febbraio 1871 con cui Roma è dichiarata Capitale d'Italia, si erano moltiplicate le proposte per il collegamento di Roma con i Castelli: il vertiginoso incremento della popolazione causato dall'immigrazione e il crescente bisogno dei cittadini romani di fuggire dalla città, infatti, avevano spostato l'attenzione sul trasporto passeggeri[2], evidenziando la ridotta utilità della ferrovia pontificia Roma-Frascati (1857), soprattutto a causa della distanza tra la stazione e il centro abitato di Frascati.

Nel 1872 Giuseppe Augusto Cesana, giornalista e scrittore, attivo nelle costruzioni ferroviarie, e il finanziere e imprenditore di origine ungherese Ernesto Emanuele Oblieght chiedono la concessione per una ferrovia a vapore a scartamento ridotto da Roma a Nemi, approvata dal Parlamento nel 1875 e poi ceduta nel 1877 alla belga *Societè Anonime de tramways et chemins de fer èconomiques Rome, Milan, Bologne,*

etc. (T.F.E.), insieme con quella della linea Roma-Tivoli[3]. Le vicende della linea Roma-Nemi non sono limpide, come, d'altra parte, le figure di Cesana e Oblieght[4]: la concessione è ceduta di nuovo all'ingegner Gerolamo Taddei, forse rappresentante dell'americana Westinghouse Electric Company di Pittsburgh, ma che, in altri documenti, risulta procuratore dello stesso Cesana e, dunque, della società belga! Taddei modifica il progetto, proponendo un percorso che da Roma giunga a Marino percorrendo la via Appia Nuova, parzialmente ripreso dalla tramvia a vapore Portonaccio-Ciampino-Marino, inaugurata nel 1880 e rimasta attiva fino al 1889 (*Cesana, 1872;* Angeleri, 1982*).*

Nei primi anni Ottanta dell'Ottocento, poi, nel corso del dibattito alla camera sulla nuova legge di bonifica dell'Agro (1883), centrale è proprio il problema del miglioramento dei collegamenti di Roma con le aree esterne alle Mura e i Castelli, e la necessità di completare e sviluppare un'efficiente rete viaria e *tramways* extraurbana. I progetti si intensificano, però, solo con la diffusione della trazione elettrica e l'emanazione della legge n. 56 del 1896 sulle *tramvie a trazione meccanica e ferrovie economiche*[5].

Con la convenzione stipulata nel 1892 tra la Società Romana Tramways ed Omnibus, SRTO, e il sindaco, Emanuele Francesco Maria Ruspoli, il comune di Roma già si era impegnato a favorire sistemi di trasporto diversi da quello a cavalli, sia urbani sia extraurbani, a partire dal 1900. Un primo progetto di una linea tramviaria elettrica da Roma a Frascati, che sopperisse all'inefficiente collegamento ferroviario di quaranta anni prima, dunque, è presentato dagli ingegneri H.C Kos ed Ettore Bauco al Ministero dei Lavori Pubblici e alla Provincia il 24 ottobre 1896[6]. Negli stessi anni, la SRTO, in accordo con la società francese Thomson Houston International Electric Co., propone un progetto che prevede non solo di elettrificare la ferrovia a carbone Roma-Frascati, ma di far partire da qui una nuova linea *tramway* di 17,6 km per Genzano, passante per Grottaferrata, Squarciarelli, Marino, Castel Gandolfo, Albano, Ariccia, e una seconda linea, a scartamento ridotto, di 10,4 km che colleghi anche Marino con Rocca di Papa[7]. Tale proposta è respinta dal Ministero, probabilmente perché la stazione Termini non poteva accogliere treni aggiuntivi senza interventi di ammodernamento che non si ritenne possibile attuare, mentre è accettata quella di realizzare un'autonoma rete tramviaria elettrica da Roma ai Castelli, avanzata dalla stessa Thomson-Houston, a condizione che del progetto si occupi una società italiana con sede a Roma. La S.T.F.E.R. (Società Tramvie Ferrovie Elettriche di Roma), fondata il 29 novembre 1899, dal 1901 è la concessionaria delle linee Roma-Grottaferrata, Frascati-Grottaferrata-Genzano e diramazione Squarciarelli-Valle Oscura, nonché della funicolare Valle Oscura-Rocca di Papa.

La via Appia Nuova, arteria di collegamento tra il centro, il popoloso borgo di San Giovanni, ancora in via di sviluppo, e i Castelli, è il principale percorso seguito dalla linea, che si struttura in fasi successive. Già nel 1903 è aperto al traffico il tratto

da Porta San Giovanni a via delle Cave, per agevolare il quale si realizza un nuovo fornice nelle Mura Aureliane che consenta la partenza dal piazzale interno delle vetture a due piani, dette "imperiali", in fig. 2, che percorrono questo primo, breve tragitto extraurbano (Muscolino, 1982). Esse sono ricoverate in un piccolo capannone provvisorio ubicato lungo la via Appia Nuova, nella zona detta dell'Alberone, nel cuore di quel quartiere Appio-Latino che di lì a poco il Piano Regolatore di Edmondo Sanjust (1909) individuerà tra le nuove direttrici di espansione della Capitale. Già con il prolungamento della linea fino a Grottaferrata, inaugurato il 19 febbraio 1906, però, il ricovero originario è sostituito da una rimessa più ampia e moderna, con dodici campate e capriate *polonceau*, completa di magazzini, officine meccaniche e di una piccola stazione prospicente la via Appia Nuova, che danno al deposito di via Appia Nuova l'immagine di una piccola stazione fuoriporta, in fig. 3: tipologia e linguaggio architettonico dei manufatti, spiccatamente nord europei, sono chiaramente tratti dalla specifica manualistica, che recepiva il ruolo prevalente delle società d'oltralpe nella realizzazione delle infrastrutture ferroviarie e tramviarie[8].

La successiva trasformazione del deposito dell'Alberone in un piccolo nodo infrastrutturale attorno a cui inizia a essere tessuto il moderno edificato del quartiere Appio-Latino si lega all'ulteriore sviluppo della tramvia dei Castelli, cui si aggiunge



Fig. 2 – Il tram "imperiale" nella fermata presso Marino.



Fig. 3 – Progetto della piccola stazione prospiciente la via Appia Nuova (Roma) costruita dal 1906 (ex archivio S.T.F.E.R. presso il CO.TRA.L.).

una seconda diramazione per Albano, inaugurata nel 1912. Lo schema tipologico adottato anche nell'ampliamento del deposito S.T.F.E.R. dell'Alberone è quello delle stazioni ferroviarie realizzate dalla fine dell'Ottocento, composte di un fabbricato viaggiatori, solitamente con tecniche costruttive tradizionali e linguaggio storicista, e una tettoia per le locomotive, con moderne strutture miste o metalliche a vista. Dal 1910, infatti, la rimessa esistente è allungata e raddoppiata per ricoverare fino a sessanta vetture e lungo il perimetro sono realizzate nuove officine di riparazione, una sottostazione di trasformazione e magazzini; all'angolo del lotto, invece, è costruito un più ampio palazzetto in stile eclettico per i viaggiatori, la direzione e gli uffici della S.T.F.E.R.. L'edificio, in fig. 4, peraltro semplice sotto il profilo tipologico e distributivo, è progettato dall'ingegner Tullio Passarelli, autore di diverse architetture colte della Capitale, rivolgendo l'attenzione principalmente alle facciate, qualificate con finte bugne, paraste e schematiche modanature.

Dal Novecento, dunque, la linea tramviaria dei Castelli diviene la spina dorsale dell'espansione urbana dell'area sud-est della Capitale e dello sviluppo edilizio e turistico dei paesi e delle cittadine dei Colli Albani, sopperendo, in alcuni casi, alla totale mancanza di collegamenti con Roma. Rocca di Papa, a esempio, posta all'interno del massiccio vulcanico e a quota più elevata, era più difficilmente raggiungibile rispetto ad altri centri dei Castelli, in molti casi già serviti dalla rete ferroviaria. Questa particolare situazione orografica e altimetrica richiese la realizzazione di una funicolare collegata alla tramvia, la Valle Oscura-Rocca di Papa la cui stazione è in fig. 5, che superava un dislivello di 105 metri con una pendenza massima del 38,5% lungo un percorso di 330 metri.



Fig. 4 – Progetto dell'ingegner Tullio Passarelli per il nuovo fabbricato viaggiatori, uffici e direzione S.T.F.E.R. del deposito di via Appia Nuova (Archivio Storico Capitolino).

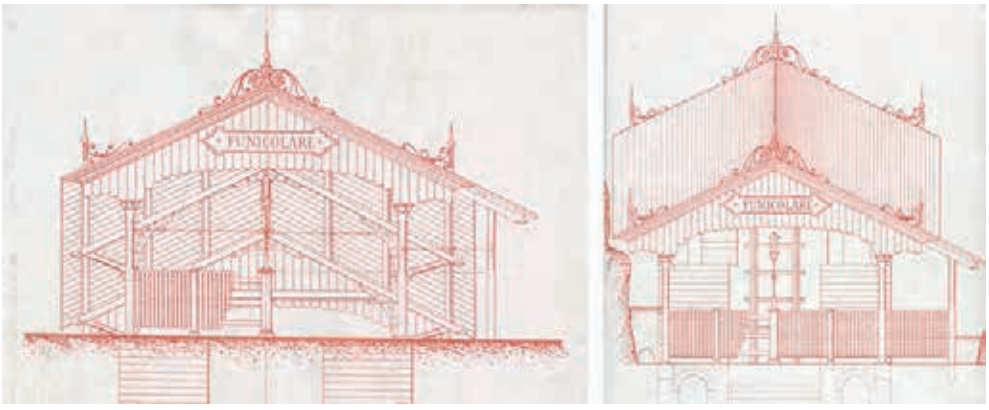


Fig. 5 – Progetto della stazione della funicolare di Rocca di Papa (ex archivio S.T.F.E.R. presso il CO.TRA.L.).

Probabilmente anche grazie a essa già dall'inizio del Novecento la cittadina godrà di un progressivo incremento della popolazione e di uno sviluppo edilizio legato all'attività turistica e di villeggiatura[9].

Il primo conflitto mondiale non interrompe il completamento della rete dei Castelli: l'8 luglio del 1916 si inaugura la diramazione per Lanuvio e negli anni Venti si aggiunge l'ulteriore tracciato a scartamento ridotto della Società Ferrovie Vicinali (SFV), che collega Frascati a Monte Porzio Catone, Monte Compatri e San Cesareo, per raccordarsi alla tratta regionale Roma-Fiuggi-Alatri. Anche per il piccolo borgo rurale di San Cesareo, all'epoca composto solo da sparute abitazioni, la tramvia rappresenta un importante catalizzatore dello sviluppo urbanistico: in questa località, frazione del Comune di Zagarolo fino al 1990, infatti, si viene a co-

stituire un nuovo, importante nodo di scambio della rete tramviaria, in cui dal 1927 l'Opera Nazionale Combattenti realizza una delle "città di fondazione" promosse dal Regime Fascista[10].

Nel 1928 la S.T.F.E.R. è assorbita dal Governatorato di Roma divenendo S.T.E.F.E.R.: la linea dei Castelli rimane pienamente attiva, arrivando a trasportare più di quattro milioni di passeggeri all'anno (1938), fino alla Seconda Guerra Mondiale, quando è parzialmente danneggiata e, poi, progressivamente smantellata a partire dagli anni Cinquanta. L'ultimo tratto rimasto in funzione è quello urbano, da Termini a Cinecittà, anch'esso dismesso con il deposito di via Appia Nuova, nel febbraio del 1980, quando è aperta la linea A della nuova metropolitana di Roma[11].

Oggi sono conservati, spesso con notevoli alterazioni o in grave stato di degrado (Montuori, 2017), solo pochissimi dei manufatti appartenenti alla linea, che testimoniano l'importante ruolo di questa moderna infrastruttura nello sviluppo della Capitale e dei centri dei Castelli Romani.

Bibliografia

Angeleri G., Curci A., Mariotti Bianchi U. 1982. *Binari sulle strade intorno a Roma*. Roma: Banca Nazionale delle Comunicazioni.

Cesana G.A. 1872. *Ferrovia dei Castelli Romani da Roma a Nemi*. Roma: Tipografia Santi.

Belli G.G. 1834. L'aria cattiva. In: *Tutti i sonetti romaneschi. G. G. Belli* (edizione del 1998 a cura di Teodonio M.). Roma: I Grandi Tascabili Newton.

Lamberti-Bocconi E. 1905. Guida delle Villeggiature Italiane, p. I. In: *Montagna*. Roma: Cooperativa Poligrafica Editrice.

Montuori P. 2017. Ultima fermata, terzo millennio! L'Ex deposito S.T.E.F.E.R. all'Alberone: da nodo infrastrutturale della giovane Roma Capitale a tempio dello "shopping felice". In: *La città, il viaggio, il turismo. Percezione e trasformazione* (a cura di Belli G., Capano F., Pascariello M.I.). Napoli: Cirice.

Muscolino P., Formigari V. 1982. *Le tramvie del Lazio: notizie dalle origini e ricordi degli autori*. Cortona: Calosci.

Musso G., Copperi G. 1885-1896. *Particolari di costruzioni murali e finimenti dei fabbricati*. Torino: G.B. Paravia e comp.

Turchi G.G. 1999. 100 anni di trazione elettrica. *I treni: attualità e storia della ferrovia, modellismo ferroviario*, 204, 10-16.

Viappiani A. 1883. *Manuale del costruttore: ossia raccolta di tavole, formole e dati pratici relativi alle costruzioni in genere ed alle ferrovie in ispecie per uso degli ingegneri, periti in costruzione, misuratori ed assistenti*. Torino: Tip. Camilla e Bertolero.

Von Weiher S. 1975. *Werner von Siemens, A Life in the Service of Science, Technology and Industry*. Göttingen: Musterschmid.

Note

1. Werner von Siemens presentò alla Mostra di Berlino una sorta di trenino in miniatura, composto di locomotiva e tre veicoli per passeggeri che nel corso di quattro mesi trasportò circa 90.000 persone su un percorso circolare di circa 300 metri alla velocità massima di 13 km/h. La locomotiva montava un motore elettrico a corrente continua della potenza

di 2,2 kW; la corrente era prelevata da una terza rotaia centrale ed era generata da un'apposita piccola centrale a dinamo. La direzione di marcia era cambiata tramite un cambio meccanico, poiché non si era ancora scoperta la possibilità di invertire la rotazione del motore cambiando la polarità degli avvolgimenti (*Von Weiher, 1975).*

2. In particolare sul finire dell'Ottocento, anche le classi agiate capitoline riscoprono le località dei Castelli Romani, già frequentate durante l'epoca romana, rinascimentale e barocca, quali ameni luoghi di villeggiatura e relax. Le favorevoli qualità climatico-orografiche, che alleviano i romani dalla canicola estiva della Capitale, infatti, rendono questo contesto territoriale ideale per la realizzazione di seconde case, più o meno lussuose, che contribuiscono allo sviluppo urbanistico dei piccoli e grandi centri dei Castelli.
3. È plausibile che il progetto della Roma-Nemi non sia stato predisposto da Cesana che, non essendo un tecnico, non avrebbe avuto le competenze necessarie ma, più probabilmente, dall'ingegner Carlo Duca, che firmerà quello della tramvia Portonaccio-Ciampino-Marino, e sarà per qualche tempo direttore italiano della società belga (Cesana, 1872).
4. In realtà, grazie agli appoggi politici goduti soprattutto da Oblieght, i due imprenditori avevano fatto incetta di concessioni ferroviarie a Roma, Milano e Bologna, che poi avevano portato in dote alla società belga.
5. Nel 1898 il Ministero dei Lavori Pubblici affida alla ditta Ganz di Budapest l'elettrificazione delle linee della Valtellina e alla francese Thomson-Houston quella della linea Milano-Varese-Porto Ceresio.
6. I due ingegneri erano già attivi nella realizzazione di opere infrastrutturali nei dintorni della Capitale: in particolare Ettore Bauco, il 1 aprile 1883, aveva ricevuto con la sua società Bauco-Fumaroli-Maggiorani la concessione di un canale di derivazione dall'Aniene per bonifica Agricola dell'Agro Romano e forze motrici da Tivoli a Roma, di cui aveva redatto e presentato il progetto particolareggiato il 24 marzo 1884 (cfr: Gazzetta Ufficiale del Regno d'Italia n. 104 del 30 aprile 1884).
7. Da Marino la linea, passando con una galleria elicoidale sotto la Frascati-Genzano, avrebbe proseguito per la località San Giuseppe, vicina al cimitero di Marino, poi per l'altopiano del lago Albano fino a Palazzolo per giungere infine, con un'ampia curva, presso la Madonna del Tufo e quindi all'abitato di Rocca di Papa (Angeleri, 1982).
8. Il deposito di via Appia Nuova ricalca fedelmente la tipologia delle rimesse per locomotive a vapore, codificate nel manuale redatto da Antonio Viappiani (1883): (…) *illuminate in tutti i sensi per rendere facile la vista e la riparazione delle locomotive (…). La forma delle rimesse è rettangolare e comprende due o più binari tra loro comunicanti (…) per la ventilazione necessita munirle di lucernario aperto in corrispondenza del comignolo del tetto come si usa nelle ferrovie.* Anche la struttura e i particolari decorativi, come a esempio le guarniture ad imitazione di merletti, cosiddette mantovane, (francese lambrequins), rispondono a quanto indicato nei manuali di fine Ottocento (Musso e Copperi, 1885-1896).
9. Una guida per villeggianti, edita nel 1905, riferisce: *Rocca di Papa (Abitanti 4023) – Villeggiatura frequentatissima dai Romani (…). La vettura postale che parte da Frascati, prossima [alla] stazione ferroviaria, impiega circa ore 1,30 per arrivare a Rocca di Papa (tariffa L. 1 a testa). In costruzione il tram elettrico da Roma. Molti villini ed appartamenti ammobiliati da affittare (...).* (cfr: Lamberti-Bocconi, 1905, pp. 162-163).
10. Della linea Roma-Fiuggi è tuttora in funzione, come metropolitana urbana di superficie, il tratto tra Roma e Pantano Borghese.

11. Il 6 novembre 1976 la S.T.E.F.E.R. confluisce nell'A.CO.TRA.L.- Azienda Consortile Trasporti Laziali, cui è affidata la gestione della linea A della metropolitana, aperta all'esercizio nel 1980. In attuazione della Legge di Riforma delle Autonomie Locali (n.142 dell'8 giugno 1990), il 24 febbraio del 1993 l'A.CO.TRA.L. è poi divenuta CO.TRA.L.-Consorzio Trasporti Pubblici Lazio.

Giuseppa Novello, Federica Stella

Aspetti inediti della partecipazione della Società G. A. Porcheddu all'Esposizione di Torino 1911. Percorsi critici tra documenti testuali e immagini

Abstract

In 1911 Rome and Turin celebrated the fiftieth anniversary of the unity of Italy with two international expositions. Società Porcheddu Ing. G. A., concessionary firm of the Hennebique system for Northern Italy, played a pivotal role in these two events aimed to bring honour to national unity through arts and work.

This work investigates some new aspects of the participation of the firm to the Turin event: its recognized fame, due to the realization of the great Ponte del Risorgimento in Rome and the huge Stadium in Turin, is strategically confirmed by the mediatic interest offered by the occasion.

The firm took part to the Turin event on Industry and Work (April-November) both as an exhibitor, bestowed with the Grand Prize certificate, and as a firm directly involved in projecting and realizing a permanent pavilion, Palazzo del Giornale. This pavilion, defined "permanent" because it was not to be demolished, is the only part of the exhibition facilities made of reinforced concrete. It displays this building technology and, at the same time, is a forerunner (fifty years earlier) of the layout of a part of Valentino Park and can therefore be defined a typological prelude of the future Torino Esposizioni complex.

This research, mainly carried out at the Porcheddu Archive, is based on previously unseen documentation: from calculation reports that can be attributed to the young engineer Danusso, describing in detail his static and structural choices, to graphic documents that connect structure and architecture in an ambiguous dialectics between structural innovation and neo-baroque decorative elements, to pictures showing both work in progress and the complete work. Thanks to these materials we can outline the intention of Società Porcheddu to comply with the requests of the executive committee through the compositional indications of the triumvirate made up of Fenoglio, Molli and Salvadori. A complex path suitable for in-depth analysis that offers more and more new study perspectives.

Introduzione

Nel 1911 Roma e Torino celebrano congiuntamente e quasi contemporaneamente i cinquant'anni della proclamazione del Regno d'Italia[1]. La doppia esposizione pensa-

ta per celebrare la ricorrenza vede tra i protagonisti la Società Ing. G.A. Porcheddu[2], dal 1896 agente e concessionario generale per l'Alta Italia del sistema brevettato da Francois Hennebique. Se la notorietà della casa madre piemontese agli albori della seconda decade del XX secolo è ormai nota a livello nazionale e internazionale, grazie sia alla rilevanza che alla copiosità dei lavori eseguiti (1433 dal 1895 al 1910) (Nelva e Signorelli, 1990; Società Porcheddu Ing. G.A., 1911), il prestigio della ditta Porcheddu è riaffermato dalla realizzazione, nella capitale, del grandioso ponte del Risorgimento, a campata unica di oltre 100 metri di lunghezza e 10 di larghezza, collegamento dell'Esposizione Etnografica, posta in Piazza d'Armi, fuori porta del Popolo, e quella di Belle Arti, collocata sulla sponda sinistra, oltre la via Flaminia (AP, 1911a), e a Torino dal primato mondiale costituito dall'edificazione dello Stadium (AP, 1911b). In fig. 1 sono riportate alcune immagini, di queste realizzazioni.

All'interno del parco del Valentino[3], lo stesso anno, la Società piemontese firma un padiglione, il quale, sebbene meno noto sino a oggi, rappresenta un sintomatico tassello di quell'osmosi e interazione tra cultura architettonica e cultura costruttiva che si accentuerà in ragione dei continui sviluppi di natura tecnologica.

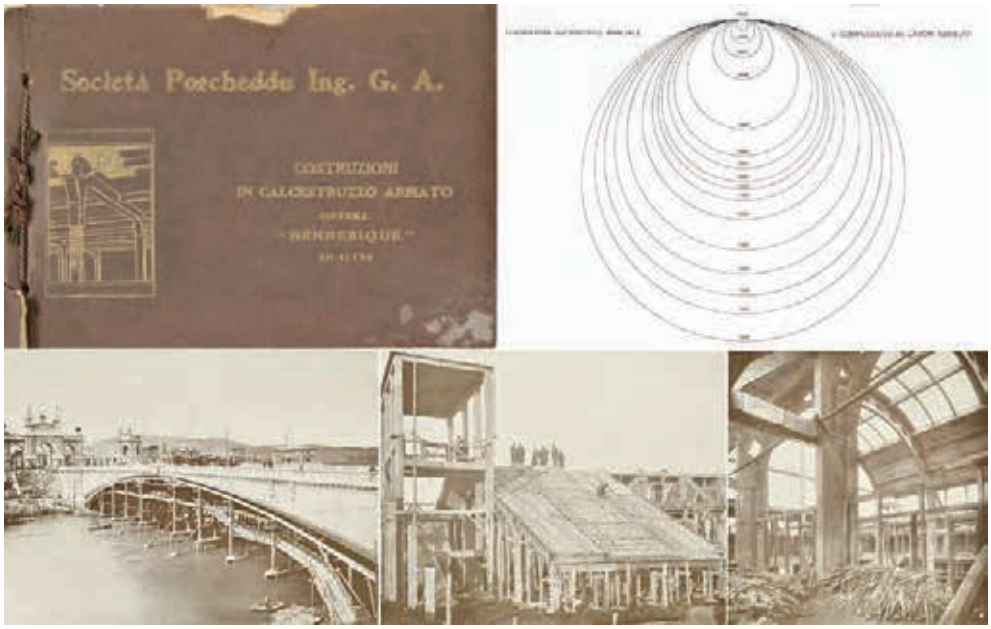


Fig. 1 – L'Impresa si presenta. Copertina e tre immagini, rappresentanti il ponte del Risorgimento romano, lo Stadium torinese e il Palazzo del Giornale in costruzione, estratte del catalogo dei lavori eseguiti dall'impresa fino all'epoca dell'Esposizione (Società Porcheddu Ing. G.A.,1911a; 1911b).

Il "Palazzo Stabile delle Belle Arti" o "Palazzo del Giornale", che nelle pratiche dell'Archivio Porcheddu è denominato "Palazzo Stabile delle Belle Arti" o "Padiglione Stabile (Belle Arti)", difatti, si distinguerà dalle costruzioni temporanee, in legno e tela, presenti nell'area fieristica, per essere l'unico padiglione espositivo in cemento armato e, con ciò, destinato a sfuggire alla demolizione e a sopravvivere al termine della rassegna quale testimone del progresso costruttivo dell'epoca[4]. Inoltre, nell'ambito dell'Esposizione, all'interno della mostra "Città Moderna" allestita nelle sale attigue alla sede dell'Arte applicata alle Industrie, volta a illustrare il tema dell'innovazione urbana, particolare rilievo riveste lo stand della "Soc. Ing. G. A. Porcheddu". L'esposizione di una serie di immagini di alcune delle realizzazioni della casa madre, di tre modelli sezionati dell'ossatura del Palazzo del Giornale, dello Stadium torinese, del ponte del Risorgimento sul Tevere e di materiali costruttivi brevettati dalla ditta, quali ferri laminati per cemento armato appena applicati nel ponte di Roma e piastrelle per pavimentazioni stradali in cemento e asfalto o in cemento asfalto e amianto, offrono una concreta testimonianza dei traguardi dell'ingegneria e dei progressi edilizi apportati da Porcheddu, mettendone in luce il duplice ruolo di regista e di attore nell'ambito delle rassegne del 1911, nonché le modalità con cui la sua impresa si autorappresenta all'interno dell'Esposizione.

Il Palazzo Stabile delle Belle Arti

Collocato sulla riva destra del Po e progettato dagli organizzatori dell'Esposizione Pietro Fenoglio, Stefano Molli e Giacomo Salvadori di Wiesenhof (Levra e Roccia, 2003), il Palazzo Stabile delle Belle Arti rappresenta la sintesi della modernità e del progresso dell'epoca tanto nell'allestimento dell'arte tipografica moderna e di *quell'organo potente della civiltà moderna che è il Giornale nelle sue manifestazioni più varie* (AVE CAESAR, 1911) quanto nello scheletro strutturale progettato dalla Società Porcheddu[5]. Nei due piani del fabbricato, coprenti un'area di 6000 metri quadrati, vengono ospitati una sezione dedicata alla stampa, in cui sono esposte le varie fasi che contraddistinguono la produzione del quotidiano, dalla fabbricazione della carta, alla fonderia dei caratteri, dalla composizione tipografica sino alla piegatura, e, al secondo piano, una mostra di gioielleria e oreficeria.

L'interno, cui si accede dall'ingresso principale posto in corrispondenza di un grande arco vetrato frutto di una ricerca formale condizionata da esigenze espositive, è impostato su un impianto basilicale ed è contraddistinto da un salone centrale di grandi dimensioni (una volta a botte cerchiata di 22 metri di larghezza, 80 di lunghezza e 23 di altezza), decorato da dipinti a ghirlande gialle e verdi (Guida Ufficiale, 1911; Guida pratica, 1911). Il fulcro dell'edificio corrisponde a un'ampia sala quadrata sovrastata da una imponente cupola, poggiante su quattro dei dodici arconi di cui si compone il fabbricato e la cui ossatura è data da dodici costoloni, quattro principali e otto secondari, sormontata da un cupolino. L'esterno, contraddistinto da

una copertura in eternit a squame di pesce (AP, 1909), nei disegni di progetto è ornato da una pelle neobarocca traboccante di guglie, pinnacoli, stemmi, statue, decorazioni in stucco, vasi, paraste in gesso, scandito da torrette e da un portico perimetrale, cui sovrastano ampie gallerie, che coprono una superficie di 2.850 metri quadrati (Il cemento armato all'esposizione, 1911; Le béton armé a l'exposition, 1911). Al loro interno, cui si accede per mezzo di due grandi scalinate poste all'estremità del salone centrale (AP, 1909), è esposta, come si legge, l'Arte della Stampa dal XV al XX secolo. "Il Giornale, potente strumento di civiltà e di progresso, mostra la sua formazione al pubblico, dalla fabbricazione della carta, alla fonderia dei caratteri, dalla redazione e composizione alla piegatura e spedizione, con macchine moderne" (La guida tricolore, 1911).

L'articolazione dell'impianto statico-strutturale, in calcestruzzo armato sistema Hennebique, è camuffato da scelte formali, compositive e decorative progettate da Salvadori, Fenoglio e Molli per uniformare tra loro gli stilemi delle fabbriche componenti l'allestimento scenografico dell'Esposizione (AP, 1909). Tra architetti del comitato e ingegneri dell'impresa il lavoro è corale, ispirato da finalità comuni per integrare scelte architettoniche con soluzioni strutturali; forme spaziali e funzionali trovano risposta nell'innovativa tecnica costruttiva, meno evidente per il visitatore poco informato, ma autentica e significativa interpretazione d'avanguardia offerta dall'impresa costruttrice al progetto generale concepito dal Comitato Espositivo.

Come testimoniano le stesse guide dell'epoca: *La sua robustezza farebbe credere che [...] il palazzo del giornale, come la galleria del lavoro, sia di ferro nella sua intima struttura se non si sapesse invece che esso possiede un'anima più moderna ancora, fatta di cemento armato, che gli permetterà di sopravvivere, solo fra tanta gloria di cupole bianche, all'Esposizione. Simbolo del foglio quotidiano che solo sopravvive all'onda tempestosa degli avvenimenti tra cui è nato lo rivedremo ancora, nelle nostre passeggiate al Valentino, lunghi anni dopo che sarà spento l'eco della Mostra Internazionale del 1911* (Guida Ufficiale,1911).

Disegni per concepire e costruire

Altro, ma non meno interessante, è il percorso tracciato dai disegni che illustrano tanto il processo ideativo quanto quello costruttivo delle fasi cantieristiche che scaturiscono dalle guide, dalle riviste coeve, dagli scatti fotografici di Fornari, Berra, Dal Rio e dal vasto *corpus* di fonti documentali e iconografiche presenti nell'Archivio Storico della Città di Torino e nell'Archivio Porcheddu, di cui alcune testimonianze sono riportate nelle figg. 2 e 3.

Il lavoro di approfondimento speculativo condotto presso l'Archivio della Società (conservato presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica del Politecnico di Torino) consente di avviare una riflessione sul valore e sull'originalità delle applicazioni costruttive in questo specifico ambito espositivo, aspetto sino a

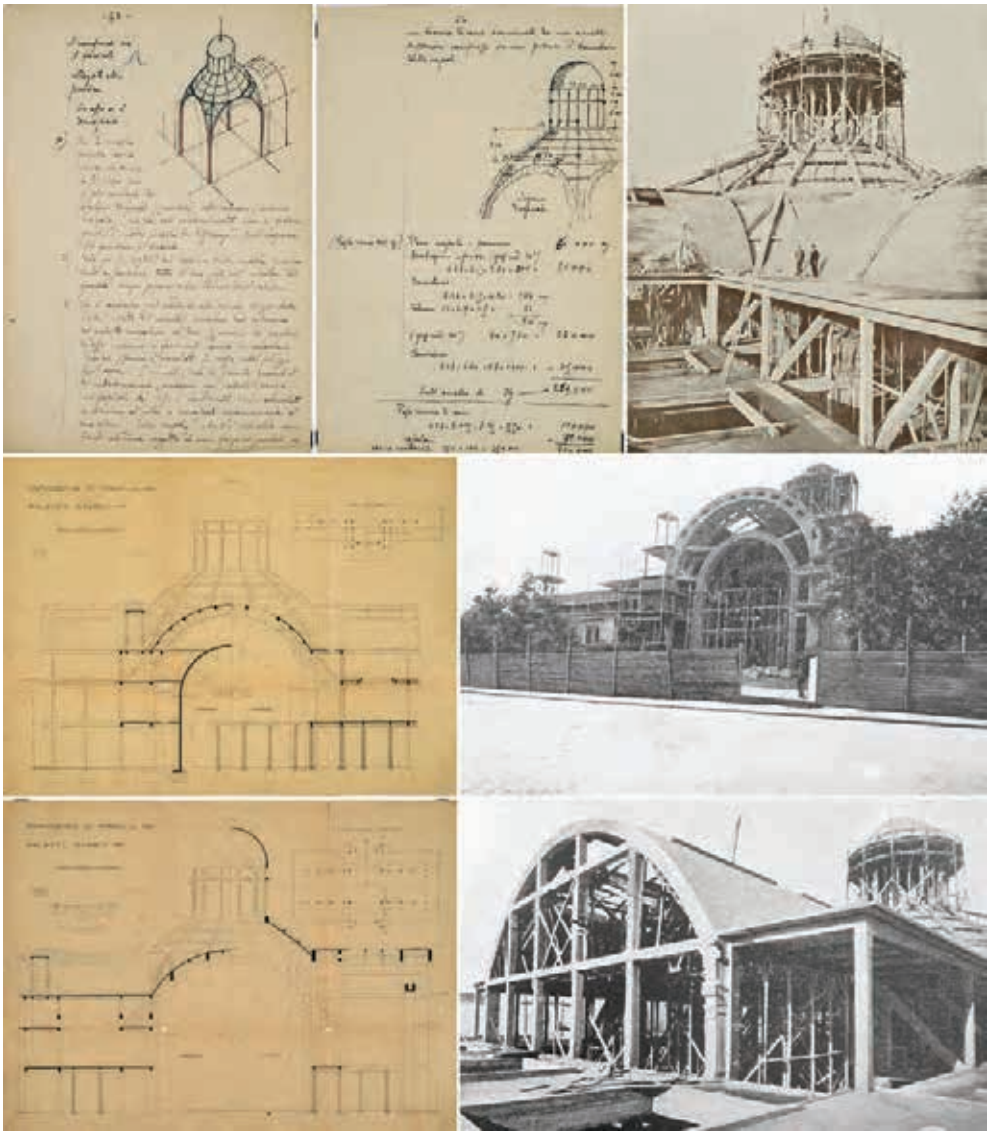


Fig. 2 – Dall'idea progettuale al cantiere: la perizia grafica specchio della qualità dell'impresa. Manoscritto delle relazioni di calcolo, disegni esecutivi e immagini della cupola centrale, dell'ingresso e delle grandi arcate immortalate dal fotografo Berra (da AP, 1909).

oggi rimasto pressoché inedito. I vantaggi della "moderna tecnica costruttiva", flessibile, economica, adattabile a qualsiasi forma e resistente alle tre sollecitazioni principali, agli urti, alle fiamme e al degrado, e la ricerca di soluzioni formali e strutturali

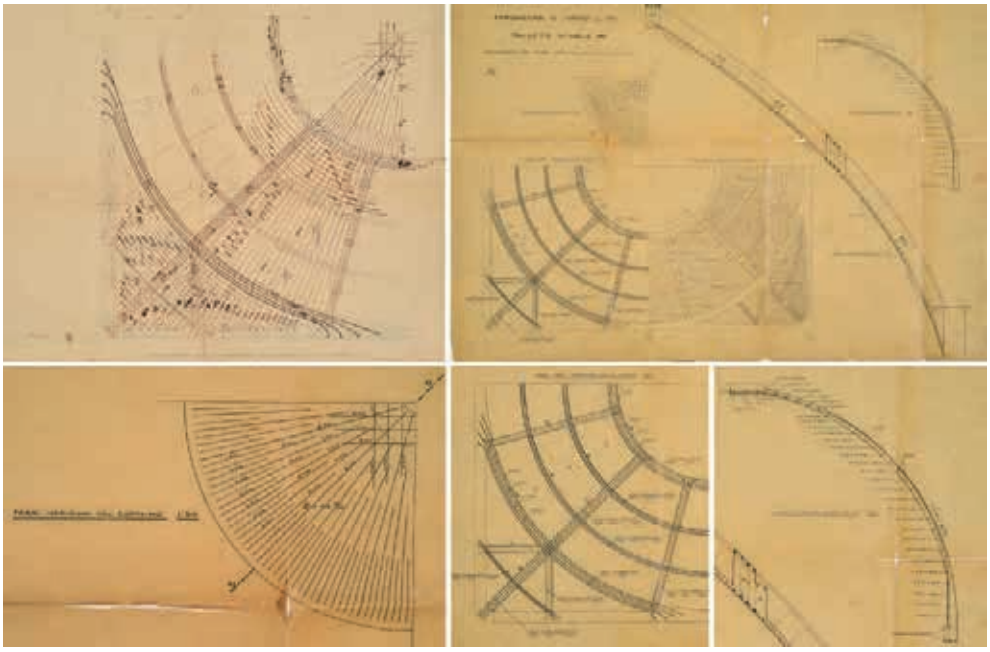


Fig. 3 – Disegni di progetto e di dettaglio nella concezione iniziale e definitiva della cupola (da AP, 1909).

tese a ottimizzare i tempi e i costi di costruzione consentono la definizione di uno spazio architettonico solo in apparenza esteticamente uniforme agli altri padiglioni.

L'espressione estetico-formale del padiglione nella sua monumentalità è intimamente legata alle potenzialità strutturali permesse dal progresso del calcolo e dalle nuove modalità di produzione costruttiva e di cantiere.

È tra i documenti di impresa, più che altrove, che emergono indicazioni circa le dinamiche che condussero alla definizione del sistema statico adottato per la costruzione, le prassi che caratterizzarono la realizzazione dell'edificio espositivo, dalle fondamenta al cupolino, i calcoli che condizionarono scelte e modalità di cantiere, le informazioni sugli attori che vi parteciparono. Il contenuto, la qualità, la copiosità dei disegni preliminari ed esecutivi, delle varianti, dei metodi grafici e di calcolo per le verifiche di equilibrio e delle soluzioni superate, presenti all'interno delle relazioni tecniche, puntigliosamente archiviati insieme con la corrispondenza, denunciano un rigore che investe tanto la sfera delle invenzioni progettuali quanto il controllo pensato per le fasi di realizzazione: dagli schizzi iniziali alle stesure di dettaglio, alle indicazioni operative, riferite a dimensioni e modalità esecutive, la società di Porcheddu governa ogni aspetto del processo costruttivo (Novello *et al*., 2017).

Ciascun elaborato o fonte documentale - tavole di progetto, bozzetti preparatori, capitolati, vetrini fotografici, relazioni, diagrammi di calcolo, corrispondenza – concorre nel definire la necessità di un flusso di lavoro coordinato attento alle impostazioni, tecniche e costruttive che, dopo il primo periodo sperimentale, condizionano questa specifica fase di "decollo e promozione" del sistema tecnologico richiedendo una razionalizzazione del processo produttivo. Il dibattito anima e interessa tutta l'Europa, sollecitato a livello nazionale dall'emergenza generata dal disastroso terremoto che nel 1908 coinvolse i territori di Messina e Reggio Calabria[6]. Particolarmente significativa, a tale proposito, è la presenza all'interno della Società dell'ingegnere Arturo Danusso, protagonista del concorso per le costruzioni antisismiche bandito in seguito alla catastrofe sismica dello Stretto. Impiegato in quegli anni come progettista strutturale presso l'azienda torinese, è parte attiva nella prefigurazione del comportamento dinamico della fabbrica, contribuendo con la sua sensibilità tecnica a un rapporto aggiornato tra scienza e tecnica, tra sapere teorico e saper fare pratico, tra individualità architettonica e sistema strutturale, cogliendo le istanze di un processo produttivo che, per ottenere successo, presupponeva un radicale rinnovamento.

Conclusioni e questioni aperte

Il presente contributo, inserito all'interno di nostri più vasti interessi (Stella, 2014; Novello *et. al*., 2017), oltre a evidenziare aspetti inediti della partecipazione dell'impresa Porcheddu all'Esposizione torinese del 1911, offre spunti per considerazioni sul luogo testimone dello sviluppo dell'arte del costruire in calcestruzzo armato sin dalle prime applicazioni del "moderno materiale". L'area in cui sorgeva il Palazzo Stabile, storicamente destinata alle esposizioni, e che attualmente anima un dibattito circa sue nuove destinazioni d'uso, si è confermata nel tempo come ambiente urbano di grande vivacità, testimone di ideazioni architettoniche ardite e laboratorio di innovazione tecnologica per l'ingegneria delle costruzioni.

Infatti, inaugurato a mesi di distanza rispetto all'apertura dell'Esposizione (AVE CAESAR, 1911), il Palazzo Stabile, in fig. 4, ha rappresentato non solo il veicolo di nuove conoscenze tecniche, ma anche un tramite culturale, locale, temporale e tecnologico di singolare rilevanza. Modificato nella facciata, come Palazzo della Seta nell'Esposizione del 1928, subirà ulteriori modifiche da parte di Ettore Sottsass negli anni Trenta del Novecento, quando Mussolini stabilì di destinarlo a sede dell'Ente Nazionale Moda. Sino alla seconda guerra mondiale fu utilizzato come sede di diverse rassegne espositive, ospitando dal salone della produzione automobilistica ad alcune delle mostre dell'autarchia finché, bombardato nel 1942, verrà demolito e ricostruito in prossimità della sua sede originaria divenendo nel 1948 oggetto di una ulteriore trasformazione, vera e propria mutazione architettonica espressione eccellente dell'invenzione progettuale di Pier Luigi Nervi (Bassignana, 2011): altra storia, ancora non finita.



Fig. 4 – Il Palazzo del Giornale. Acquarello del fabbricato a opera di Carlo Cussetti e due immagini dell'entrata principale e dello stand della Gazzetta del Popolo immortalate dal fotografo Dal Rio (S.A., 1911; AVE CAESAR, 1911; AP, 1909).

Bibliografia

AA.VV. 1910-1911. L'Esposizione di Torino 1911: giornale ufficiale illustrato dell'Esposizione internazionale delle industrie e del lavoro, nn. 1-36.

AP. 1909. *Torino 1909 - III, Palazzo Stabile. Esposizione 1911*, n. 3337.

AP. 1911a. *Roma 1910-11, Ponte del Risorgimento I, II, III*. Società Porcheddu ing. G. A.

AP. 1911b. *Torino 1910-11, Stadium*, n .3418; Società Porcheddu Ing. G.A.

Bassignana P.L. 2011. *Torino 1861-2011. Storia di una città attraverso le esposizioni*. Torino: Edizioni del Capricorno.

Buscioni M.C. 1990. *Esposizioni e Stile Nazionale (1861-1925): il linguaggio dell'architettura nei padiglioni italiani delle grandi kermesses nazionali ed internazionali*. Firenze: Alinea.

Catalogo generale. 1911. *Torino 1911. Esposizione Internazionale delle industrie e del lavoro. Catalogo Generale Ufficiale*. Torino: Stab. Arti Grafiche F.lli Pozzo.

Elenco delle premiazioni. 1911. *Esposizione Internazionale delle Industrie e del Lavoro. Torino 1911. Elenco delle premiazioni agli espositori.* Torino: Stab. Arti Grafiche F.lli Pozzo.

Elenco generale. 1911. *Esposizione Internazionale delle Industrie e del Lavoro. Elenco generale ufficiale delle premiazioni*. Torino: Stab. Tip. Momo.

Giovannardi F. 2009. *Arturo Danusso e l'onere delle prove*. E-book http://lnx.costruzioni.net/wp-content/uploads/2009/06/Arturo-Danusso.pdf

Guida pratica. 1911. *Guida pratica per visitare la Esposizione Internazionale delle Industrie e del Lavoro indetta in Torino per celebrare il 50° anniversario della proclamazione dell'unità d'Italia con Roma capitale: aprile-novembre 1911*. Torino: Ajassa e Ferrato.

Guida tricolore. 1911. *La guida tricolore rimborsabile di Torino e della Esposizione del 1911*. Milano: F. De Rio.

Guida ufficiale. 2011. *Guida Ufficiale dell'esposizione internazionale*.

Iori T. 2001. *Il cemento armato in Italia dalle origini alla seconda guerra mondiale*, Roma: Edilstampa.

Levra U. e Roccia R. 2003. *Le esposizioni torinesi 1805-1911. Specchio del progresso e macchina del consenso*, (a cura di). Torino: Archivio Storico della Città di Torino.

Nelva R. e Signorelli B. 1990. *Avvento ed evoluzione del calcestruzzo in Italia: il sistema Hennebique.* Milano: Edizioni di scienza e tecnica.

Novello G., Bocconcino M., Donato V. 2017. Sperimentalismo grafico e invarianze di metodi nel disegno del cemento armato agli inizi del 1900: l'innovazione esige adattamento e invenzione di codici. In: *Territori e frontiere della Rappresentazione / Territories and frontiers of Representation.* Atti del 39° convegno internazionale dei Docenti delle discipline della Rappresentazione - UID 2017. (a cura di Di Luggo A. et al.), 859-870. Roma: Gangemi Editore Pub.

Programmi e classificazione. 1911. *Esposizione Internazionale delle Industrie e del Lavoro. Programmi e classificazione.* Torino: Politecnica.

Programmi e classificazione. 1911. *Torino aprile-ottobre1911. Esposizione Internazionale delle industrie e del lavoro. Programmi e classificazione*. Torino: Stab. Tip. Momo.

S.A. 1911. *Il cemento armato all'Esposizione. Il palazzo del Giornale (1910)*. In: L'Esposizione di Torino 1911: giornale ufficiale illustrato dell'Esposizione internazionale delle industrie e del lavoro, 11, 161-165.

S.A. 1911. *AVE CAESAR…" Inaugurandosi il palazzo del Giornale.* In: L'Esposizione di Torino 1911: giornale ufficiale illustrato dell'Esposizione internazionale delle industrie e del lavoro, 26, 405- 413.

S.A. 1911. *Le béton armé a l'exposition de Turin.* In: Le Béton Armé, 156, 49-54.

Società Porcheddu ing. G.A. 1911a. *Costruzioni in calcestruzzo armato sistema Hennebique ed altre. Elenco dei lavori eseguiti in calcestruzzo armato Sistema Hennebique dal 1895 a tutto il 1910.* Torino: Tipografia Giuseppe Vogliotti.

Società Porcheddu ing. G. A. 1911b. *Il ponte del Risorgimento attraverso il Tevere in Roma in calcestruzzo armato sistema Hennebique.* Torino: Tipografia Giuseppe Vogliotti.

Stella F. 2014. *La congiuntura tra teoria e pratica nella trasmissione dei saperi dell'arte del fabbricare: Camillo Guidi (1853-1941)*, Politecnico di Torino, tesi di dottorato in Beni Culturali, tutor: Dameri A.; co-tutor: Chiaia B. Torino.

Note

1. Le esposizioni hanno luogo pressoché in contemporanea, coordinate da due commissioni distinte. A Roma (28 marzo-31 dicembre 1911) l'Esposizione ha carattere storico, archeologico ed artistico, a Torino (29 aprile-19 novembre 1911) carattere industriale. In effetti il cinquantenario dell'unità d'Italia è celebrato anche a Firenze (11 marzo–3 novembre 1911), con una mostra retrospettiva del ritratto italiano dal XVI secolo al 1861 e l'Esposizione Internazionale di Floricoltura.

2. Giovanni Antonio Porcheddu (1860 - 1937), ingegnere. Consegue a Torino la doppia laurea in Ingegneria civile nel 1890 (presso la Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri), e in Ingegneria industriale nel 1892 (presso il Regio Museo Industriale) nonché il diploma di Elettrotecnica nel 1891. La Società omonima è concessionaria del brevetto Hennebique e principale promotrice in Italia della tecnica del cemento armato Sistema Hennebique tra fine Ottocento e primi decenni del Novecento. Specificatamente: nel 1894 è concessionario per solai incombustibili Sistema Hennebique, nel 1896 Agente Generale per l'Alta Italia, dal 1898 acquisisce autonomia di calcolo e progetto, rispetto alla casa madre, nell'esecuzione della maggior parte delle realizzazioni. L'impresa, con sede principale a Torino e succursali a Milano, Genova e Roma, possiede una propria ferriera a Genova per produrre barre di armatura e all'inizio del Novecento rappresenta la Società più importante d'Italia nel campo delle costruzioni in cemento armato. In attività sino al 1933, realizza più di 2600 opere. (Società Porcheddu Ing. G.A, 1911; Danusso, 1937; Nelva e Signorelli, 1990; Iori, 2001; Giovannardi, 2009). L'Archivio Porcheddu (da ora AP) è conservato presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica del Politecnico di Torino.
3. La manifestazione si sviluppa all'interno del parco del Valentino, su una superficie di 700.000 metri quadrati. Il recinto fieristico è racchiuso tra il ponte Umberto I e il ponte Isabella e si sviluppa per oltre 1,5 kilometri su entrambi i lati del fiume Po.
4. Numerose sono le architetture, le strutture, i parchi progettati in occasione di esposizioni mantenuti in seguito all'evento, a ricordo materiale dei progressi coevi. Basti pensare, a titolo esemplificativo, al Palazzo di Cristallo di Paxton (1851), alla Tour Eiffel (1889), al Piccolo e Grande Palazzo di Parigi (1900) o, in ambito torinese, al Palazzo di Belle Arti (1880), al borgo medievale (1884), alla fontana dei dodici mesi (1891). In merito all'applicazione del cemento armato in ambito espositivo merita attenzione l'Esposizione Universale di Parigi del 1900, sia per le opere realizzate con la nuova tecnica costruttiva, sia per l'istituzione da parte del Ministero dei Lavori Pubblici di una specifica commissione incaricata di studiare tali strutture all'atto della loro demolizione. Inoltre la rassegna passa alla storia non solo per le ossature strutturali realizzate in béton armé, che sono quelle del Grand e Petit Palais realizzate da Hennebique, del padiglione della Repubblica di San Marino di Cottancin e dello Chateau d'Eau di Coignet, ma altresì per il crollo, in fase di esecuzione, della passerella di collegamento al Globe Céleste realizzata col sistema Matrai (Iori, 2001).
5. La Soc. Porcheddu assume la costruzione del Palazzo Stabile per incarico del Comitato Esecutivo dell'Esposizione. Di quest'opera la ditta, inizialmente incaricata della sola ossatura in cemento armato, realizza sia lo scheletro strutturale che il rivestimento per l'importo di L. 270.000 e la Ditta Quadri e Colombo eseguirà tutte le parti rimanenti per l'importo di L. 190.000. Quest'ultima dichiara di essersi basata sul progetto della Società Porcheddu per lo studio dei rivestimenti. La Società Porcheddu consegna alla Ditta Quadri e Colombo le strutture ultimate per l'esecuzione dei rivestimenti, e rimane ad esclusivo giudizio della Società Porcheddu la possibilità e la convenienza di disarmare i getti eseguiti, in considerazione della stabilità dell'opera (AP, 1911b).
6. Il telaio antisismico, elemento fortemente condizionante il profondo mutamento nell'utilizzo del cemento armato in Italia, introdotto in seguito all'evento tellurico, trova la sua definitiva affermazione proprio in questo decennio (Iori, 2001, p.59).

Federica Ribera

Il Campo Littorio di Camillo Guerra a Salerno: le strutture in calcestruzzo armato tra innovazione e degrado

Abstract
In 1929 Camillo Guerra, as chief engineer of the technical office of the municipality of Salerno, dedicated himself to designing the new Littorio Stadium in the city, by following the canons dictated by the national fascist party. However, the reinforced concrete use provides the designer with the opportunity to experiment with forefront structures, such as the inclined beams of the tribune of honor or the roof shelter, never built, which, with its over 15 meters overhang, has perhaps preceded the one, very similar and most famous, designed by Pier Luigi Nervi for the Berta Stadium in Florence.

The degraded situation and the partial decommissioning in which the factory is nowadays requires intervention choices that, conscious of its historical value, avert the risk of speculative aims and tend, instead, to a compatible recovery and to the enhancement of its special features.

Il Campo Sportivo del Littorio di Salerno

Quando Nanni Loy nel 1962 diresse il film *Le quattro giornate di Napoli*, scelse Salerno per girare le scene dell'assalto da parte del popolo partenopeo al Campo Sportivo Littorio, dove i Tedeschi avevano rinchiuso i prigionieri in attesa di deportazione. Il Campo Sportivo di Napoli, al Vomero, fu, infatti, uno dei luoghi simbolo della resistenza che condusse nel 1943 alla liberazione della città, tanto da essere ribattezzato Stadio della Liberazione e poi Stadio Arturo Collana. Prima della sua completa ristrutturazione il Campo Sportivo del Vomero aveva molti caratteri che lo accomunavano al Campo Littorio di Salerno, in seguito ribattezzato Stadio Donato Vestuti. Realizzati a pochi anni di distanza, erano scaturiti entrambi dalla politica promossa durante il Fascismo, finalizzata a dotare di campi sportivi il maggior numero possibile di Comuni italiani, con particolare riguardo a quelli meridionali che soffrivano maggiormente della carenza di idonei spazi per lo sport.

In analogia a quanto avveniva per altre strutture pubbliche, già alla fine del 1927 il Partito Nazionale Fascista trasmise ai Comuni un *tipo unico* di progetto per un impianto di campo sportivo, redatto dall'ingegnere Amedeo D'Albora di Napoli, al fine di fissare canoni comuni per tutte le nuove strutture che si sarebbero realizzate. Il tipo unico era corredato anche da sei varianti progettuali che consentivano di

adattarsi ai diversi mezzi ed esigenze locali, garantendo economia e velocità nella realizzazione senza rinunciare a decoro e funzionalità[1].

A Salerno la collocazione del nuovo impianto sportivo fu frutto di complicate vicende burocratiche ed economiche. Il progetto venne affidato all'ingegnere napoletano Camillo Guerra, allora a capo dell'Ufficio Tecnico Comunale, il quale, in quegli stessi anni, era già impegnato nella stesura di un nuovo piano di ampliamento per la zona orientale della città.

Nel 1929 Camillo Guerra pensò di ubicare la nuova struttura del polisportivo fuori dal centro abitato, a ridosso del mare, nella zona orientale compresa tra la via Regia delle Calabrie e il prolungamento della Via Lungomare. Egli aveva ipotizzato di dotare la struttura di un impianto rettangolare e simmetrico, delimitato da un muro di cinta con quattro padiglioni angolari classicheggianti e due ingressi monumentali sui lati minori. In questa prima ipotesi, il padiglione di ingresso doveva essere a tre arcate con decorazioni in stile barocco-moderno, sul modello dell'arco trionfale romano a tre fornici.

Tuttavia, la scelta fu fortemente ostacolata in quanto l'area ricadeva, in parte, su terreni che erano stati già espropriati dalle Ferrovie dello Stato per l'ampliamento del piazzale ferroviario; si optò pertanto, per l'area sulla quale sorgeva il vecchio cimitero, intanto trasferito in località Brignano, nella zona orientale della città che, negli anni precedenti, era stata oggetto di espansione urbanistica con la realizzazione del Rione dei Ferrovieri e delle Case popolari. La scelta consentiva al Comune di risparmiare i costi di esproprio dei suoli e di utilizzare un'area che *per la sua precedente destinazione, al sentimento dei cittadini ripugnava occupare con case di abitazioni* (Guerra, 1933). La seconda e definitiva ipotesi progettuale di Camillo Guerra collocava, quindi, il campo sportivo in un lotto costituito *da un pentagono a forma allungata con gli angoli della base arrotondata* (Guerra, 1933), compreso nelle nuove arterie cittadine che si andavano realizzando nella parte orientale della città sulla base del *Piano regolatore delle zone ad oriente della città* redatto dagli ingegneri napoletani Ernesto Donzelli e Nicola Cavaccini nel 1915.

Il campo di gioco venne progettato con una superficie regolamentare massima di 63 per 115 metri quadri, adatta per lo svolgimento di partite internazionali, circondata da una pista a tratti rettilinei, raccordati da due curve ellittiche. Sul lato occidentale, collegato alle tribune, venne progettato l'ingresso principale, per il quale Camillo Guerra propose due differenti soluzioni. La prima, del 1930, mostrava una impronta decisamente classicista con tre monumentali portali bugnati architravati, intervallati da nicchie e inquadrati da colonne doriche binate. Inoltre, sulle verticali degli ampi vani d'ingresso dovevano essere realizzati tre gruppi equestri, con al centro la vittoria alata su una biga.

Successivamente, per avvicinare le tribune al rettangolo di gioco, Guerra ritenne opportuno modificare l'ingresso, privandolo del porticato esterno sulla cui copertu-

ra sarebbe stata poggiata parte della tribuna. Il muro di fondo delle tribune venne, così, trasformato nel muro del prospetto principale e tale cambiamento portò anche ad una radicale modernizzazione dell'intera facciata, con una *personale allusione stilistica all'ideologia del Regime* (Ghiringhelli, 1960). Infatti, un elemento che dimostra fortemente l'attaccamento di Guerra all'ideologia fascista è rappresentato dal motivo del fascio littorio rostrato, impiegato, inizialmente, come elemento decorativo dalla forte valenza simbolica, atto a segnalare l'ingresso e, in seguito, come elemento strutturale portante di una scala elicoidale aperta. Nel progetto realizzato le scale elicoidali ai lati dell'ingresso vennero però inglobate all'interno di due volumi cilindrici che delinearono la facciata principale, inquadrando ed enfatizzando l'esedra centrale dove fu ubicato l'ingresso che conduceva alle tribune principali. Queste, inizialmente, dovevano essere realizzate in muratura con le sole gradinate in calcestruzzo armato. Quando, però, l'ossatura in muratura era stata già realizzata, per avvicinare le tribune al campo di gioco, Guerra studiò un nuovo progetto, prevedendo una struttura interamente in calcestruzzo armato con travi longitudinali inclinate, disposte a distanza di nove metri e organizzate in maniera tale da scaricare il proprio peso, in parte, sulla muratura già realizzata, e, in parte, su un pilastro che contribuiva a formare una trave a ginocchio impostata su una trave rovescia di fondazione. Travi trasversali innestate sulle travi inclinate formavano poi le gradinate rivestite in cemento e graniglia e *servite da una serie di scale che immettono ad un grande ballatoio superiore e ad un passeggiatoio inferiore, servito da quattro scale poggiate su travi trapezie* (Guerra, 1933).

Lo spazio sottostante le tribune, invece, venne sfruttato per la costruzione di spazi adibiti allo svolgimento di altre attività ginniche. Infatti, nella parte centrale della tribuna, era possibile accedere, per mezzo di due scale parallele, a sedici locali adibiti a palestre, spogliatoi, docce, depositi attrezzi, bagni per i giocatori e per gli spettatori e locali utilizzati dalla stampa e come bar per l'intrattenimento del pubblico. Tali locali di servizio vennero collocati anche nella parte sottostante le gradinate ubicate lungo la curva sud del campo Littorio seguendone l'andamento ricurvo. Le tribune centrali e le gradinate sul lato meridionale vennero disposte in maniera tale che l'attenzione degli spettatori fosse concentrata sul rettangolo di gioco, vero cuore dell'intera struttura.

Fu, inoltre, necessario effettuare lavori che potessero assicurare la perfetta permeabilità al terreno di gioco. Infatti, il campo venne dotato di un sottofondo comprendente uno strato di terreno battuto e diversi strati di scorie di carbon fossile. Intorno al rettangolo di gioco, venne progettata una pista podistica, su fondo in terra battuta, larga 7,57 m e lunga fino a 450 m, caratterizzata da tratti curvi e tratti rettilinei, di cui uno di 115 m, a ridosso della tribuna centrale. Tale pista venne separata dalle tribune mediante un basso muro in calcestruzzo avente la funzione di sostenere la sovrastante recinzione in rete metallica.

Nella parte orientale e settentrionale del campo, dove erano stati previsti in progetto ulteriori spazi per le attività sportive, di cui uno finalizzato allo svolgimento del gioco della pallacanestro e un altro utilizzato come campo da tennis, furono poi realizzate ulteriori gradinate scoperte che avrebbero potuto contenere un maggior numero di spettatori.

Nonostante i lavori non fossero stati ancora completati, il 28 dicembre 1930 venne organizzata la cerimonia di inaugurazione del nuovo campo sportivo, alla quale partecipò il progettista Guerra insieme alle più alte cariche politiche e istituzionali. Da questo momento in poi, lo Stadio Comunale del Littorio divenne il *centro propulsore di una sana, efficace propaganda, specialmente per i così detti sport poveri che sono poi quelli che veramente danno il contributo sostanziale al miglioramento fisico della razza* (Ghiringhelli, 2004). Infatti, durante il periodo fascista, vi si svolsero frequentemente cerimonie attraverso le quali venivano celebrati ed esaltati il potere e l'ideologia del regime fascista. Soltanto con la fine della guerra e con la caduta del fascismo, il Campo Sportivo venne denominato *Stadio Comunale* e, successivamente, nel 1952, *Stadio Donato Vestuti*, nome che conserva tuttora, in onore del primo fondatore di una squadra di calcio nella città.

Il progetto della pensilina

La decisa inclinazione di Camillo Guerra all'innovazione e alla modernità venne sensibilmente dimostrata non solo attraverso l'adozione di nuove forme stilistiche e architettoniche, ma soprattutto attraverso la progettazione di elementi strutturali che davano prova di una maggiore audacia e della forte volontà di sperimentazione del tempo. Egli, infatti, progettò di coprire la tribuna centrale del campo sportivo con un'originale e ardita pensilina in cemento armato, che avrebbe rappresentato l'elemento maggiormente innovativo dell'intera opera.

La copertura a sbalzo presentava una sagoma ellittica e, partendo dalla parte alta delle gradinate, doveva svilupparsi per una lunghezza di circa 20 m, arrivando a coprire parte delle quattro scale che ammettevano al ballatoio superiore. Ciò che contraddistingueva la struttura era il significativo sbalzo di 15,5 m, che contribuiva a donare maggiore slancio e snellezza alla struttura. La sua stabilità era garantita dalla presenza di un puntone in cemento armato che permetteva di scaricare l'intero peso dello sbalzo sulle travi inclinate della tribuna e sul pilastro retrostante. La costruzione di tale struttura avrebbe certamente aggiunto ulteriore valore a un'opera così ben studiata, ma si decise di non realizzarla, probabilmente per i costi eccessivi; tuttavia, per sottolineare la forte volontà di dotare il campo sportivo di una così ardita struttura, venne lasciata, nella parte già costruita, una predisposizione per edificarla in seguito.

È interessante notare la straordinaria somiglianza tra la pensilina progettata da Guerra e quella progettata negli stessi anni da un emergente Pier Luigi Nervi per lo

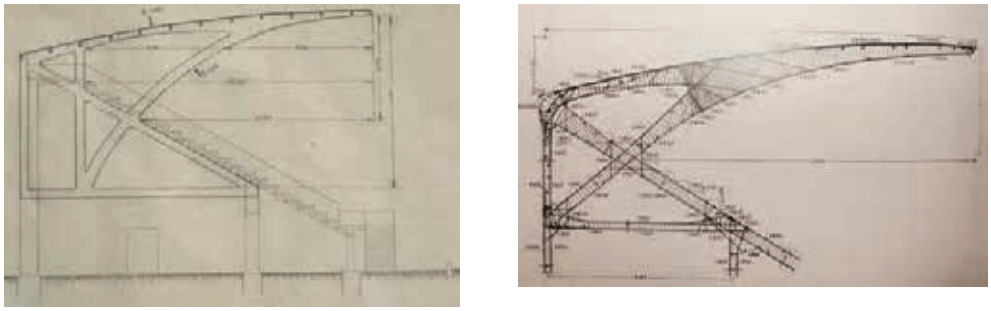


Fig. 1 – A sinistra, lo schema strutturale della tettoia progettata da C. Guerra per il Campo Littorio di Salerno (da Guerra, 1933); a destra, lo schema strutturale della pensilina progettata da P.L. Nervi per lo Stadio Berta a Firenze (da Desideri et al., 1979).

stadio Berta a Firenze[2]. La copertura della tribuna centrale dello stadio Berta fu concepita anch'essa infatti con elementi a sbalzo per non ostruire la visuale degli spettatori. Lunga 110 m e larga 22,50 m, è sorretta da 24 mensoloni portanti con uno sbalzo di 17 m, con i puntoni integrati nel profilo della struttura delle tribune e con le gradinate a fungere da contrappeso.

Proprio la pensilina dello stadio Berta, e il particolare schema statico ideato da Pier Luigi Nervi, susciteranno l'ammirazione di Giovanni Michelucci, che la descriverà dettagliatamente sulla rivista *Architettura* (Michelucci, 1932).

Resta il rammarico della mancata realizzazione della struttura di copertura nello stadio di Salerno che avrebbe potuto sicuramente gareggiare con la contemporanea struttura realizzata da Nervi. Nel corso di un recente studio si è proceduto anche a una preliminare verifica per valutare la possibilità di completare la struttura, così come aveva previsto Camillo Guerra, ma, avendo accertato che alcune importanti modifiche sono state apportate allo schema strutturale della tribuna previsto nell'originario progetto, allo stato questa ipotesi non sembra essere percorribile (Trerotola, 2014), anche se uno studio più approfondito potrebbe condurre forse a risultati più incoraggianti. In tal caso andrebbe, ovviamente, preliminarmente valutata oltre alla fattibilità anche l'opportunità dal punto di vista metodologico e culturale di procedere a questo tipo di ricostruzione.

Conclusioni

Con la costruzione del nuovo Stadio della città di Salerno in occasione del Mondiali di Calcio del 1990, lo Stadio Vestuti, già oggetto di trasformazioni e aggiunte nel corso degli anni, è andato incontro a un progressivo degrado che ha interessato anche le strutture in calcestruzzo armato, con ampie zone in cui si è verificato il distacco del calcestruzzo e la corrosione delle barre di armatura.

La dismissione, con la dislocazione della maggior parte delle attività sportive che vi si svolgevano, ha condotto, in questi ultimi anni, a ipotizzare progetti avveniristici per la trasformazione della struttura che, in dispregio a qualsiasi criterio legato alla conservazione della fabbrica, prevedono lo stravolgimento del complesso, la cui ubicazione in pieno centro urbano alimenta ovviamente mire ed appetiti speculativi.

La comprensione del valore storico-culturale di questa opera non secondaria di Camillo Guerra deve, pertanto, servire a orientare le scelte verso un cosciente recupero che consenta di restituire alla città un'importante attrezzatura sportiva, adeguata agli standard e ai requisiti più attuali, e nel contempo di garantire la conservazione e la valorizzazione dei suoi caratteri storici, architettonici e tecnologici, in virtù soprattutto dell'interesse che essa riveste per la storia dell'ingegneria italiana degli anni Trenta del Novecento.

Bibliografia

Guerra C. 1933. *Le strutture in cemento armato del Campo sportivo di Salerno*. Quaderni di Architettura Tecnica. Napoli.

Ghiringhelli O. 2004. *Camillo Guerra 1889-1960. Tra neoeclettismo e modernismo*, Napoli: Electa Napoli.

Michelucci G. 1932. *Lo Stadio Giovanni Berta in Firenze dell'ing. Pier Luigi Nervi*. *Architettura*, XI, 3 marzo.

Trerotola M.M. 2014. *Il Campo Littorio di Camillo Guerra a Salerno. Recupero e valorizzazione di una struttura degli anni Trenta*. Tesi di Laurea, Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Università degli Studi di Salerno, A.A. 2013-14.

Note

1- *Non è necessario creare enormi stadi costosissimi*, - scrisse Alberto Bonacossa a Mussolini - *i quali servono solamente agli spettacoli sportivi delle grandi metropoli e creano quella massa di pubblico non sempre amica dello sport ... Si tenga presente che la spesa di costruzione di uno stadio è presso a poco uguale nelle grandi e nelle piccole città, ma molto diversi sono invece gli incassi…* (Cfr. Archivio Centrale dello Stato, Presidenza del Consiglio dei Ministri, 1928-30, 3.2-5.4301, *Memoriale di Bonacossa sullo sport in genere in data 15.9.1928*).

2. Il Campo Sportivo di Salerno fu progettato a partire dal 1929 e la sua costruzione terminò nel 1933; anche lo Stadio Comunale Berta fu progettato a partire dal 1929 e fu realizzato tra il 1930 e il 1932. Entrambe le strutture rispettavano i requisisti federali internazionali e furono realizzate per essere funzionali al gioco del calcio e all'atletica.

Rossella Del Regno, Pasquale Cucco, Federica Ribera

Dismissione, riuso, risorsa. Il Palazzo di Giustizia di Salerno

Abstract

The design of the city of Salerno stems from the expansion programs of the last century that already defined starting from the end of nineteenth century and which were fully implemented in the period between the two world wars. To cope with the changed demand for spaces and structures, by resulting from an extraordinary population growth and the different functions that the new century required, during this period were built in Salerno almost all public buildings including the Justice Palace destined to bring together «with decorum and dignity» all the judicial offices present in the city.

The construction of the Justice Palace in Salerno began in 1929 with the inclusion of the project into the extraordinary public works program and ended with its inauguration in 1939.

During this period Salerno tested new building technologies related to the use of reinforced concrete and in the Justice Palace, example of a monumental and passatist architecture, there are some of the more advanced techniques and patents for the realization of reinforced-concrete floors.

Following the construction of the new Judicial Citadel designed by David Chipperfield, the ancient building is currently being decommissioned and therefore it is necessary to define the criteria for a reconversion able to protect its historical and material characteristics.

Introduzione

Il Novecento, in particolare la prima metà, rappresenta il periodo di evoluzioni, sperimentazioni, rivoluzioni più o meno radicali dei modi del costruire, con l'introduzione di ingegnosi brevetti e di nuovi sistemi, talvolta rapidamente abbandonati perché poco convenienti o durevoli. L'ampio patrimonio edilizio, frutto del fervore costruttivo dell'epoca e disseminato nelle città e nei piccoli centri della nostra penisola, costituisce ancora oggi un formidabile e, per certi versi, inesplorato compendio di dettagli e soluzioni costruttive che richiedono di essere indagati e studiati al fine di orientare correttamente gli interventi di conservazione e recupero.

Per parte di questo patrimonio divenuto obsoleto per la comunità contemporanea, vanno inoltre valutate attentamente le possibilità di riuso per un reinserimento nella

vita attiva, fornendo efficaci risposte alle più attuali prestazioni richieste, nel rispetto dei caratteri identitari e materiali delle fabbriche.

Appare utile ricordare che il fenomeno del riuso ha radici antichissime, a partire dal concetto vitruviano di *utilitas*, come ineludibile condizione di esistenza di ogni edificio, fino agli anni più recenti quando molti studiosi hanno introdotto il concetto di memoria dell'antico e di riuso dell'antico (Settis, 1986). Ne *I Quattro Libri dell'Architettura* del Palladio (1570) molte delle opere a lui attribuibili derivano da strutture precedenti, cui la nuova costruzione si affianca o si sovrappone nettamente. Già nel XVI secolo, ma talvolta anche prima, quindi, la scelta di non demolire ma di riutilizzare la preesistenza determina una situazione di partenza che influenza le tecnologie, gli stili e gli spazi (Paternò, 2016). L'antica consuetudine di trasformare e riusare le fabbriche preesistenti o intere porzioni di città affinché possano divenire stimolo creativo per nuovi progetti, con l'evoluzione dell'approccio al passato, oggi risulta sempre più finalizzata alla conservazione e alla valorizzazione del patrimonio storico.

Il riuso sembra, così, essere una valida occasione per il benessere dell'opera in sé e per il rilancio dell'intera città, se inserito in un più ampio progetto di carattere culturale, economico, sociale e ambientale sostenuto dall'intera comunità (Paolella, 2013).

Partendo da queste premesse, occorre oggi ripensare al destino di alcuni edifici salernitani che hanno dismesso la loro funzione originaria in virtù dei più recenti mutamenti urbani.

Nel 1999 l'Amministrazione Comunale di Salerno, a seguito di un concorso internazionale, ha conferito all'architetto britannico David Chipperfield il mandato per la progettazione della nuova sede del Palazzo di Giustizia, destinata ad *in-formare* una zona della città ancora in attesa di raggiungere una configurazione definita.

Il nuovo complesso si inserisce in una più ampia e moderna visione della città, collocandosi a ridosso del tracciato ferroviario, anziché sul litorale cittadino. Composto da otto blocchi di diverse altezze caratterizzati da ampie vetrate, il progetto persegue l'idea di un edificio giudiziario dalle linee meno possenti e intimidatorie del precedente tribunale, secondo un concetto di giustizia aperta e accessibile a tutti.

L'inevitabile trasferimento delle funzioni giudiziarie nel nuovo complesso, se da un lato comporta la rivitalizzazione di un'intera porzione di città, dall'altro prevede necessariamente la dismissione dell'opera realizzata negli anni Trenta e, quindi, l'impoverimento di un monumento centrale per la storia e lo sviluppo di Salerno, accelerando il rischio che questo diventi una delle tante reliquie architettoniche disseminate sul territorio italiano.

Pertanto, è quanto mai urgente ragionare sulle possibilità di una sua riconversione ad altri usi, all'interno del più ampio sistema di tutela e conservazione del patrimonio storico-artistico.

Per individuare correttamente la destinazione d'uso più idonea, in linea con i principi della conservazione integrata, come definiti nella Dichiarazione di Amsterdam e nella Carta del Patrimonio Europeo del 1975, occorre verificarne la compatibilità a scala urbana, architettonica e strutturale. In questo modo si evitano riutilizzi inappropriati spesso *realizzati mediante rozzi "rinnovi", finendo per avvallare, in qualche modo, la cancellazione della memoria storica* (Grassi, 1977).

Il nuovo Palazzo di Giustizia nella Salerno degli anni Trenta

Costruito sul Corso Garibaldi, nuova arteria di espansione verso oriente a partire dalla fine degli anni Venti, in un periodo che vide la realizzazione della quasi totalità degli edifici pubblici salernitani, il Palazzo di Giustizia riveste sicuramente un particolare interesse storico e architettonico per aver rappresentato un privilegiato elemento identitario del contesto cittadino, nonché per le particolari modalità tecnico – costruttive in esso impiegate, che testimoniano l'evoluzione dei modi del costruire, dall'edilizia consolidata in muratura alle moderne strutture intelaiate in calcestruzzo armato.

L'idea di riunire *con decoro e dignità quali ad un popolo civile si addicono* (Lorito, 1910) tutti gli uffici giudiziari sparsi sul territorio, collocati *in luoghi angusti, antigienici, senz'aria e senza luce* (Tavarone, 2006), nacque all'inizio del secolo, per far fronte alle sopraggiunte esigenze di una città moderna, concretizzandosi in una prima proposta progettuale datata 1910 a firma dell'ingegnere Domenico Lorito che, a causa di problemi nella localizzazione dell'opera e per l'incombente conflitto mondiale, non fu, però, mai attuata.

I lavori per la costruzione dell'edificio ebbero, invece, inizio solo nel 1929 secondo il nuovo progetto redatto dall'ingegnere Camillo Guerra, nominato qualche anno prima a capo dell'Ufficio Tecnico Comunale.

Risolto il nodo dell'ubicazione del palazzo, collocato, infine, in un lotto compreso tra il corso Vittorio Emanuele e il corso Giuseppe Garibaldi ove un tempo si svolgeva il mercato della frutta e degli ortaggi, Guerra rielaborò il progetto in chiave classicista e monumentale, delineando un tradizionale edificio a blocco caratterizzato da un'ampia esedra aperta sul corso Garibaldi, come da fig. 1a. Qui un ampio scalone esterno a due rampe simmetriche poste a emiciclo immetteva nell'atrio di ingresso e successivamente portava alla scala centrale. Il ricco apparato decorativo delle facciate richiamava l'ecclettismo storicistico che in quel particolare periodo storico caratterizzava la produzione architettonica di Guerra: su un alto basamento bugnato, a risoluzione del dislivello tra il lato Nord e il lato Sud del lotto, era impostato l'ordine gigante delle colonne doriche sormontate da un ricco coronamento impreziosito da iscrizioni e composizioni scultoree angolari.

Iniziata la costruzione dell'edificio con la realizzazione delle fondazioni su pali in calcestruzzo del tipo *Simplex* e della muratura portante di tufo del primo livello



a) *b)*

Fig. 1 – a) Ing. Camillo Guerra, Palazzo di Giustizia di Salerno, 1929: prospetto principale su Corso Giuseppe Garibaldi. Archivio Fondazione Guerra; b) Ing. Guido Quercia, Palazzo di Giustizia di Salerno, 1934: prospettiva. Archivio Quercia.

(Dodaro, 1997), nel 1934, a causa della riforma della finanza locale, la competenza per il completamento dell'opera venne trasferita dal Comune di Salerno allo Stato; i lavori, pertanto, proseguirono sotto la guida del Genio Civile ed in particolare dell'architetto Guido Quercia, in collaborazione con l'ingegnere Giuseppe Bottiglieri (Giannattasio, 1983). Questi, pur apportando sostanziali modifiche al progetto di Guerra, conservarono comunque la struttura già realizzata e portarono a compimento l'opera, inaugurata nel 1939 (Giannattasio, 1995). Secondo quanto previsto da Guerra, gli ambienti furono tutti collocati lungo il perimetro esterno dell'edificio, collegati da un corridoio interno che si sviluppava attorno a una corte centrale; una scala monumentale a doppia rampa, inserita in un grande atrio, sostituiva lo scalone esterno semicircolare; le facciate conservavano l'ordine gigante di colonne, semplificate nei tratti e nell'apparato decorativo, come si apprezza in fig. 1b.

Sempre dal progetto di Guerra, si evince che i nuovi tecnici del Genio Civile sembrano aver confermato le scelte tecnologiche dal momento che si riscontrano nell'edificio realizzato gli elementi descritti nei capitolati ritrovati presso l'Archivio storico del Comune di Salerno[1]: struttura in muratura portante di tufo, scale in conglomerato cementizio armato, solai in latero cemento dei tipi *Cannovale e Dellepiane*, denominati *Cannavale* nel documento[2], e a soletta piena con nervature parallele o incrociate, alcune completamente a vista, altre occultate da controsolette formanti una camera d'aria per *rendere piane le soffitte o plafoni dei vari locali*[3].

In conglomerato cementizio armato sono anche i solai che costituiscono la copertura degli atri di ingresso al piano terra e al primo piano, realizzati con travi incrociate, di dimensioni pari a circa 45 cm x 70 cm, a formare un cassettonato nei cui lacunari di forma quadrata, con lato di 95 cm, sono collocati corpi illuminanti, come nel caso dell'atrio ubicato al primo piano, lato corso Giuseppe Garibaldi, in fig. 2a,



a) *b)*

Fig. 2 – Solai: a) atrio al primo piano, lato corso Garibaldi; b) sala d'udienza Giucumbi.



a) *b)*

Fig. 3 – Particolari degli appoggi delle nervature ubicati in alcuni locali del secondo piano: a) a coda di rondine; b) con mensola sagomata.

o semplici decorazioni, come per l'atrio del piano terra prospiciente corso Vittorio Emanuele. È interessante evidenziare che il motivo a riquadri del cassettonato viene ripreso quale *leitmotiv* sia nella decorazione della zoccolatura esterna dell'edificio che nelle grandi porte interne.

Diversi per decorazioni, ma della medesima tipologia, sono i solai delle sale d'udienza Giucumbi, in fig. 2b, e Parrilli, ubicate al primo piano, che presentano solette con nervature incrociate, con base ancora di 45 cm ma con un'altezza di 55 cm.

Singolari tipologie di solai a nervature parallele sono riscontrabili, invece, negli uffici ubicati al secondo piano a coprire luci di circa 5,00 m con interassi variabili tra i 2,00 e i 2,50 m; particolari sono gli appoggi delle travi con l'ampliamento della sezione di calcestruzzo mediante il classico profilo a *coda di rondine* o con mensola sagomata, come mostrato in fig. 3 (Del Regno, 2012).

Dal medesimo capitolato speciale di appalto si evincono informazioni circa i materiali utilizzati nella realizzazione degli elementi in conglomerato cementizio armato. Guerra, infatti, prescriveva, in via generale, che i materiali da impiegare nella costruzione dell'edificio dovevano essere *tutti delle migliori qualità, senza difetti, rispondenti allo scopo cui furono destinati* […][4], precisando che la buona riuscita delle opere in calcestruzzo armato dipendeva, oltre che dal progetto e dalla qualità dei materiali, anche dalle modalità di posa in opera di questi ultimi. Grande importanza veniva data alla uniforme distribuzione dei carichi *in modo che non si abbiano a creare deficienze parziali*.

In particolare, Guerra prescriveva per la sabbia che essa dovesse essere *di fiume o di cava,* […] *ben lavata* […] *e passata al vaglio di mm. 4* […] e per la composizione dei calcestruzzi disponeva l'impiego *di cemento di Portland passante in vaglio da cm. 3 se per strutture armate, con dosature di chilogrammi 200, 250, 350, 400, 450 e 500 di cemento e sempre con mc. 0,40 di arena e 0,80 di pietrisco da 3 a 4 cm nonché la rispondenza al R.D.L. 7 giugno 1928 n. 1431*. Per i metalli, richiedeva la completa rispondenza *alle norme e alle condizioni approvate col R.D. 29 febbraio 1908* […][5].

Gli elementi costruttivi illustrati sono tuttora visibilmente ben conservati in quanto, avendo mantenuto la funzione originaria per circa un secolo, il palazzo è stato periodicamente e adeguatamente manutenuto.

In previsione della dismissione in corso dell'edificio è, dunque, necessario che vadano messe in atto strategie che siano finalizzate anche a preservare questi elementi costruttivi, che presentano un indubbio valore di documento storico e materiale di un'epoca trascorsa.

Conclusioni

Riconoscere e salvaguardare i caratteri figurativi e tecnologici di una stagione fondamentale nello sviluppo della storia delle costruzioni, come quello del periodo compreso tra i due conflitti mondiali, si impone come linea di metodo da anteporre a qualsiasi scelta per un riuso funzionale dell'edificio.

L'approccio multidisciplinare e programmatico, che investe diversi campi della conoscenza, consente di studiare nuove strategie di intervento per riusare il patrimonio storico con la certezza di quanto sia necessario cambiare il modo di guardare, pensare e progettare le città, i paesaggi, i territori ed, infine, gli edifici, dal momento che *il vero viaggio di scoperta non consiste nel trovare nuove terre, ma nell'avere nuovi occhi*[6].

Si pone allora urgente la necessità di una riflessione per una scelta consapevole e culturalmente fondata che prefiguri una strategia di rifunzionalizzazione coerente per questo significativo edificio pubblico della Salerno degli anni Trenta, scongiurando il rischio che ciò che prima era *monumento-documento* (Le Goff, 1978) diventi uno scarto o frammento lacunoso, cosicché *quel che colpisce non è più il suo essere*

avulso e mutilo, ma il fatto che esso possiede un significato e un ruolo ben preciso, e contribuisce efficacemente a edificare un nuovo insieme organizzato (Moretti, 1980). Non resta, quindi, che raccogliere tutti i frammenti e gli scarti, trovare le radici cui afferrarsi e tenersele strette.

Bibliografia

Del Regno R. 2012. *I solai in calcestruzzo armato del primo Novecento a Salerno. Forme di degrado ed indirizzi per il recupero*. Tesi di dottorato di ricerca in "Ingegneria delle strutture e del recupero edilizio ed urbano". Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno (X ciclo).

Dodaro V. 1997. *Salerno durante il Ventennio Gli edifici pubblici, l'edilizia popolare, l'urbanistica,* Salerno: De Luca Editore.

Giannattasio G. (a cura di). 1983. *Un secolo in progetto.* Salerno: Campo Editrice.

Giannattasio G. 1995. *Salerno la città moderna*. Salerno: Edizioni 10/17.

Grassi L. 1977. Ideologia e memoria storica: aspetti del rapporto passato-presente nella cultura artistica e nel restauro. Atti del Convegno "La situazione dell'uomo contemporaneo", Istituto Superiore di Studi Religiosi "Villa Cagnola", 27.

Idea Fascista, anno 10, n. 10, Salerno 05 gennaio 1931.

Le Goff J. 1978. *Documento/Monumento.* Torino: Enciclopedia Einaudi, V, 38.

Lorito D. 1910. *Progetto d'un Palazzo di Giustizia per la città di Salerno*. Salerno: Jovane.

Moretti F. 1980. *Dalla Terra desolata al paradiso artificiale*. Calibano, 5.

Paolella A. 2013. Lo spreco del territorio e del costruito. Gazzetta Ambiente, 5, 8.

Paternò D. 2016. Vecchi edifici per nuove architetture. Andrea Palladio e il riuso delle preesistenze. Progetto Re-Cycle, 1. Padova: Il Prato.

Settis S. (a cura di). 1986. *Memoria dell'antico nell'arte italiana. Volume 3: dalla tradizione all'archeologia*. Torino: Einaudi.

Tavarone C. 2006. *Salerno la città visibile*. Salerno: Arti Grafiche Sud s.r.l., 74.

Note

1. Municipio di Salerno, ing. Camillo Guerra, *Palazzo di Giustizia atti contabili - Capitolato speciale di appalto - Capo 1° Oggetto e prezzo dell'appalto e designazione sommaria delle opere.*
2. Ivi, art. 37, Capo III.
3. Ivi, art. 11.
4. Ivi, art. 4.
5. Ibidem.
6. La citazione completa è tratta da Marcel Proust, *Alla ricerca del tempo perduto*. Edizione integrale a cura di Paolo Pinto e Giuseppe Grasso, Newton Compton Editore, p. 1815.

Annarita Teodosio

Gli edifici scolastici dell'ingegnere Michele De Angelis a Salerno e provincia

Abstract
The various laws issued by the post-unitary governments progressively extend the period of compulsory education, including an increasingly large share of the population. This determines the need to build new schools in many Italian cities. In Salerno, starting from 1909, the engineer Michele De Angelis, with his colleague Carlo Giordano, elaborated the studies for two large school buildings located on the eastern and western boundaries of the historical center (now respectively "G. Barra" and "G. Vicinanza" schools). These projects, conceived on the basis of precise directions promulgated by the Ministry of Education, become real models for the other numerous schools built in the province by De Angelis himself. In 1928, the engineer, by then one of the protagonists of the architectural and cultural debate in his city, with his son Luigi, an engineer too, received the prestigious task for the realization of the Liceo-Ginnasio "Tasso", a work with a very troubled genesis. This paper reconstructs the complex events related to the construction of important school buildings in the city and the province of Salerno, analyzing architectural and construction aspects. The study is also based on unpublished material that is part of the considerable personal archive of the engineer De Angelis, still under cataloging.

Disposizioni per la costruzione di nuovi edifici scolastici

Le varie norme emanate dai governi postunitari – legge Coppino (1877), legge Orlando (1904), legge Daneo-Credaro (1911), riforma Gentile (1923) – tentano di riformare e uniformare il sistema scolastico della nostra giovane Nazione ancora molto eterogenea, anche dal punto di vista culturale (Malinverno, 2006). Il progressivo ampliamento del periodo di istruzione obbligatoria, che include una fascia sempre più ampia della popolazione, determina la necessità di nuovi spazi per le attività educative. Così, in tutta la penisola si assiste al moltiplicarsi di progetti concepiti sulla base di disposizioni ministeriali che dettano criteri ben precisi sulla costruzione dei nuovi edifici, ma anche sull'arredamento e persino sul materiale didattico, oltre che su questioni amministrative ed economiche[1].

Il Regolamento nr. 12 del 1912 stabilisce gli elaborati (relazione, disegni, stima dei lavori, condizioni di esecuzione) che i Comuni o gli Enti morali sono tenuti a

presentare per la concessione di mutui finalizzati alla costruzione o il restauro di edifici scolastici, specificando che il *progetto d'arte* deve essere redatto da ingegneri o architetti in conformità con le norme tecniche annesse[2]. Le Istruzioni allegate al Regolamento disciplinano anche la scelta dell'area su cui edificare: la posizione (centrale rispetto all'abitato, di accesso facile e sicuro, libera da ogni lato e isolata dalla strada pubblica; lontana da fonti di inquinamento e rumore; distante almeno 200 m dal cimitero), le caratteristiche fisiche (terreno di fondazione permeabile e asciutto o comunque eventualmente da risanare per renderlo igienicamente sano)[3] e le dimensioni (ampiezza calcolata per numero di alunni sulla base di statistiche)[4]. Le prescrizioni riguardano pure la composizione architettonica[5], i requisiti dei vari ambienti (dimensionamento pro capite degli spazi, illuminazione, esposizione) e tutte le caratteristiche tecniche e tecnologiche (impianti di ventilazione, riscaldamento e smaltimento acque; coperture, vespai e sistemi di isolamento; serramenti, pavimenti e rivestimenti, ecc…)[6]. Non mancano neppure indicazioni di indole carattere generale basate su valutazioni estetiche e di decoro urbano: *L'edificio della scuola deve essere di solida costruzione e di aspetto semplice ed elegante, tale da elevare l'animo e da ingentilire il gusto della scolaresca […], costruito con le buone norme dell'arte, adoperando i migliori materiali locali. Così dall'esterno, come dall'interno del fabbricato, deve essere bandita qualunque decorazione che non sia strettamente necessaria a dargli aspetto conveniente allo scopo cui è destinato*[7]. Queste disposizioni legislative, nel complesso, sembrano dunque lasciare poco spazio all'iniziativa personale dei tecnici, poiché tengono conto di ogni aspetto procedurale e progettuale connesso alla realizzazione degli edifici nel tentativo di uniformare quanto più è possibile le costruzioni e garantire a tutti standard di qualità adeguati.

Le scuole elementari Barra e Vicinanza

All'inizio del nuovo secolo anche Salerno vive un periodo di intenso sviluppo e trasformazione che richiede l'ammodernamento delle infrastrutture esistenti e la costruzione di sedi istituzionali e servizi per i rinnovati bisogni della comunità. È questo il contesto in cui si inserisce l'opera dell'ingegnere Michele de Angelis, che diventerà uno dei protagonisti del dibattito architettonico e culturale cittadino della prima metà del Novecento[8].

La forte crescita demografica impone anche l'esigenza di nuove scuole, come testimoniano le Relazioni elaborate sul finire dell'Ottocento dagli ingegneri Lonardi[9] e Toledo[10], autori dei progetti due massima di due strutture, non concretizzati per problemi di varia natura. A partire dal 1908 è l'ingegnere De Angelis, con il collega Carlo Giordano, a intraprendere lo studio per la realizzazione di nuovi edifici scolastici salernitani. I criteri e le scelte progettuali sono dettagliatamente descritti dagli stessi tecnici in un articolo apparso nel settembre del 1908 sul periodico quindicinale torinese *Rivista di Ingegneria Sanitaria* (De Angelis e Giordano, 1908).

La prima riflessione riguarda l'ubicazione dei manufatti. Salerno in quegli anni presenta una conformazione assimilabile a un triangolo scaleno allungato verso est, con il lato maggiore parallelo al mare e il vertice orientale proiettato verso le nuove linee di espansione. Alla luce di queste considerazioni di carattere topografico, i progettisti ritengono opportuno collocare due nuovi edifici scolastici rispettivamente nelle zone orientale e occidentale bassa e un terzo in quella centrale alta, nei pressi di Piazza Plebiscito. Se le previsioni di crescita urbana ne condizionano l'ubicazione, il dimensionamento avviene sulla base di esigenze contingenti, seppur suscettibili di eventuali ampliamenti per necessità future. Il reperimento di suoli su cui edificare non si rivela semplice, per ragioni pratiche (posizione, dimensione, orientamento, ventilazione e illuminazione), ma anche economiche. Perciò l'utilizzo di alcune aree di proprietà comunale appositamente individuate, una a est del piazzale del mercato, l'altra a est di piazza XX settembre, sembra la scelta più opportuna per garantire risparmio e miglioramento delle zone circostanti.

Un approccio molto oculato, teso al contenimento dei costi, detta anche alcune scelte stilistiche: *abbiamo dovuto bandir da noi ogni idea di lusso, pure, nella composizione dell'insieme architettonico […] e crediamo di aver raggiunto lo scopo di giovar l'estetica senza far capo a spese di lusso, mai consentite nello studio di fabbricati da destinarsi a scuole primarie. Talvolta, lesene sormontate da capitelli di nobile stile, la stessa ampiezza dei vani luce […] che nei corridoi possono terminarsi con un sesto circolare interno, un frontone maggiormente sviluppato, […] mezzi questi che non costringono il progettista ad allontanarsi dai criteri economici imposti dalla circostanza, contribuiscono a dare allo insieme di un edifizio una certa maestosità* (De Angelis e Giordano, 1908). Dunque il raggiungimento di risultati ottimali, nonostante *modesti mezzi* (De Angelis e Giordano, 1908) sembra essere la cifra distintiva di questi progetti improntati a una matrice stilistica di tipo storicista.

Non meno importante è la funzione urbana attribuita ai nuovi fabbricati e l'armonioso inserimento nel contesto. Se l'edificio orientale, la scuola "G. Vicinanza", in fig. 1, con fronte principale su Corso Garibaldi e cortili adorni di aiuole cinti da una cancellata in ferro sugli altri lati, pur *nella sua semplicità*, intende anche *abbellire* la circostante area del mercato (De Angelis e Giordano, 1908), ben più impegnativa è la contestualizzazione di quello occidentale, la scuola "G. Barra". La fabbrica, da costruirsi a ridosso di Piazza XX Settembre, deve rapportarsi con la *mole del nuovo teatro, opera di cui Salerno può andar veramente superba* e con *la linea corretta ed elegante del Palazzo Centola* (De Angelis e Giordano, 1908). Da ciò deriva la necessità ineludibile di *decorare con più nobile linea la parte dello edifizio rivolta alla piazza* (De Angelis e Giordano, 1908) mediante la realizzazione di lesene, tre ritratti in cemento di uomini illustri legati all'istruzione primaria e pochi altri motivi ornamentali, come gli stemmi cittadini. Ciò a fronte di una lievissima spesa extra, *meno di un migliaio di lire* (De Angelis e Giordano, 1908), una somma opportuna

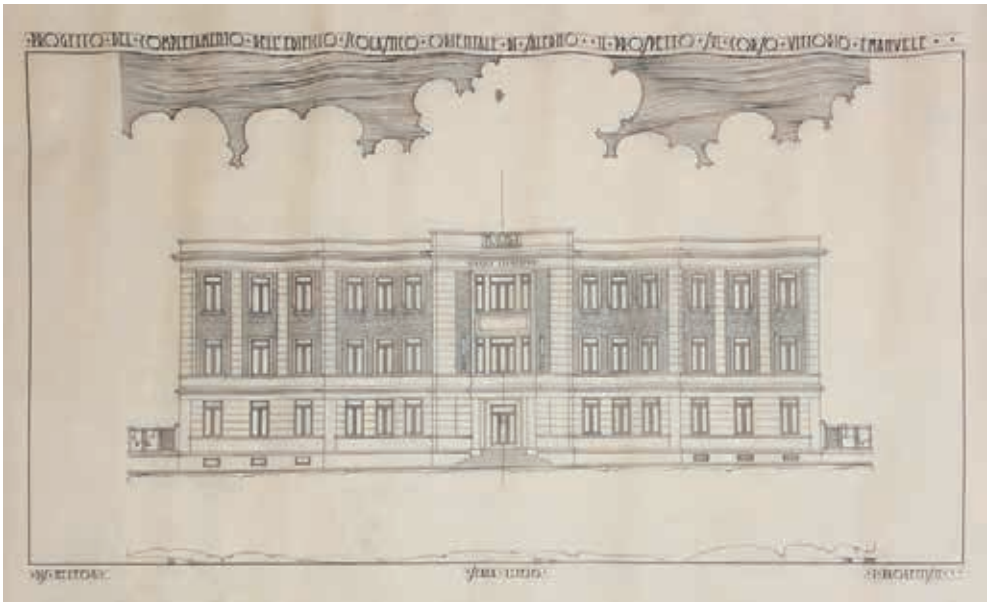


Fig. 1 – Edificio scolastico orientale. Prospetto su Corso Vittorio Emanuele.

e congrua per l'effetto che si intende ottenere nella parte più bella della città, con edifici importanti, strade larghe e una piazza spaziosa da cui avrà origine il nuovo Lungomare, *un insieme moderno e degno di una città civile* (De Angelis e Giordano, 1908), ancor più importante perché costituisce l'ingresso occidentale di Salerno.

I tecnici sottolineano pure la difficoltà di conciliare le prescrizioni imposte dalle varie norme, i requisiti igienico sanitari e le esigenze della didattica con le restrizioni finanziarie. La complessità maggiore riguarda la *distribuzione icnografica* (De Angelis e Giordano, 1908) degli edifici, ovvero la opportuna disposizione in pianta delle varie funzioni; cosa che, peraltro, influenza molto anche i costi di realizzazione delle opere. Pertanto gli ingegneri tentano di escogitare mezzi efficaci per economizzare i lavori *e se difficile fu il compito, e lungo e laborioso lo studio, il raggiungimento della meta ne fu larga ricompensa*. I progetti elaborati e sottoposti ad approvazione rispondono alle esigenze della città contemporanea e rispettano le norme imposte dal Regio Decreto 2 Dicembre1906 n.703 e si ispirano anche ad analoghi esempi italiani. I disegni delle due scuole, occidentale e orientale, al di là di questioni dimensionali e inevitabili circostanze legate al sito, sono molto simili poiché derivano dagli stessi concetti e rappresentano la soluzione di problemi comuni posti alla base dei progetti e della composizione delle piante. In entrambi i casi, gli edifici sono costituiti da più corpi di fabbrica, per garantire il migliore orientamento, e dotati di ampio cortile. Le sezioni femminili e maschili sono raggruppate

nello stesso stabile, seppur su piani diversi con ingressi separati, per limitare i costi di costruzione e di gestione e vigilanza. Le aule, così come tutti gli altri ambienti e i servizi, sono commisurate, per quantità e superficie, al numero di utenti e basate su precisi rapporti alunno-superficie dettati dal Ministero. La palestra coperta intende essere un luogo polifunzionale da utilizzare anche come sala riunioni, per conferenze e premiazioni, di qui l'importanza della sua collocazione e delle finiture. Le tecniche costruttive previste in origine sono ascrivibili alla tradizione (fondazioni e strutture di elevazione in muratura portante tufacea, coperture con voltine, tetto con capriata lignea o mista con manto in tegole alla marsigliese) anche se, in fase di esecuzione si sono rese spesso necessarie delle modifiche.

Anche la realizzazione di questi progetti non si rivela semplice e immediata. I lavori di costruzione dell'edificio orientale, appaltati nel 1912, si protraggono per molto tempo terminando solo nel maggio del 1919. L'opera è resa particolarmente difficile dall'avvicendarsi di vari Direttori dei Lavori, susseguitisi dopo le dimissioni di De Angelis, eletto consigliere comunale nel 1913, e dalle numerose varianti in corso d'opera tese a modificare materiali e tecniche costruttive (Ribera e Dolgetta, 2010). Con la realizzazione del Palazzo di Giustizia (1931-39), la zona acquisisce una maggiore importanza e si rende necessario l'ampliamento del plesso scolastico mediante l'aggiunta di un'altra ala sul lato nord, parallela a Corso Vittorio Emanuele. I lavori, commissionati nel 1936 all'ingegnere Michele de Angelis e al figlio Luigi, sono realizzati da quest'ultimo nei primi anni '40, in seguito alla morte del padre. L'originaria pianta a C, diventa un blocco chiuso quadrato con corte centrale. Nel corpo aggiunto si collocano 13 aule, la sala riunioni, la sala udienze, la biblioteca e la palestra, mentre il riadattamento dell'ala ovest permette l'inserimento della cucina e del refettorio. L'edificio subisce una sorta di ribaltamento dei fronti e sul prospetto nord viene collocato il nuovo ingresso principale.

Ancora più complesse sono le vicende della realizzazione dell'edificio occidentale, un imponente corpo a doppio T lungo circa 70 m, che sarebbe dovuto essere anche la sede centrale direttiva delle scuole di tutta la città e delle zone suburbane. Accese controversie riguardano innanzitutto la sua esatta localizzazione e l'effettiva disponibilità di suoli su cui edificare. L'approvazione definitiva del progetto risale al 1914 ma, a causa della guerra, i lavori iniziano nel febbraio del 1921 per concludersi solo nell'agosto del 1929. Oltre a un inevitabile aggiornamento dei prezzi, in corso d'opera si rendono necessarie una serie di modifiche strutturali che prevedono l'utilizzo di tecnologie più innovative: sostituzione parziale delle fondazioni, in muratura ad archi di pietra calcarea e malta idraulica, con palificate in calcestruzzo armato, e delle murature in tufo grigio con quello giallo, utilizzo del calcestruzzo armato per architravi e solai di tipo Cannavale (Ribera e Dolgetta, 2010). Dopo il ridimensionamento delle scale e dei vestiboli richiesto dal Ministero, altre varianti riguardano alcuni caratteri architettonici e stilistici del fronte principale a nord: finestre più

ampie per rispettare i rapporti aero-illuminanti previsti dal Regolamento del 1912, stipiti delle aperture con raccordi circolari, nuova distribuzione dei fregi vegetali, modifiche dei corpi laterali con l'eliminazione dei frontoni terminali e dei pilastri ai cantoni. La particolare composizione del prospetto è legata anche al fatto che *la grandiosità dell'edificio non è dovuta allo sforzo dell'ornamentazione sfarzosa, ma unicamente all'imponenza del suo fronte, distribuito in più masse nel progetto, all'altezza dei piani e all'ampiezza dei vani, alla semplice e corretta linea di quelle poche ornamentazioni, senza le quali l'edificio sarebbe apparso come una caserma o un edificio industriale*[11].

Il Liceo-Ginnasio Tasso

Nel 1928, De Angelis, ormai diventato un tecnico affermato in città, riceve con il figlio Luigi, anch'egli ingegnere, il prestigioso incarico per la realizzazione del Liceo-Ginnasio Tasso (De Angelis e De Angelis, 1932). L'edificio a corte, con impianto quadrato e un angolo smussato, era da inserire nella zona di espansione regolata dal Piano Donzelli-Cavaccini, a ridosso della costruenda piazza ottagonale, oggi Piazza San Francesco, ma l'esecuzione del progetto, approvato con Deliberazione Podestarile n. 224 del 7 marzo 1929, viene inspiegabilmente affidata all'Ufficio Tecnico Comunale, che decide di apportare al progetto sostanziali modifiche, consistenti nella sostituzione delle fondazioni continue con platee in c.a., nell'inserimento di cordoli in c.a. e nel rinforzo dei solai delle aule, e di ricollocare l'edificio nell'area a monte dello slargo, dove attualmente si trova. L'accesa polemica che ne scaturisce e la mancata approvazione delle Varianti da parte del Provveditorato alle Opere Pubbliche della Campania fanno in modo che, in corso d'opera, la direzione dei lavori torni ai De Angelis, che riescono a portare a termine i lavori in soli 11 mesi, nell'ottobre del 1932.

Anche in questa occasione De Angelis si rivela un accanito sostenitore dell'utilizzo di tecniche tradizionali, rigettando le modifiche strutturali proposte dai suoi predecessori e limitandosi a parziali inevitabili variazioni relative alla nuova collocazione dell'edificio, all'ampliamento del piano di posa delle fondazioni, alla diminuzione degli spessori murari e all'introduzione di telai di c.a. di collegamento. L'archivio personale dell'ingegnere è ricco di testimonianze documentali, grafiche e fotografiche, che permettono di ricostruire la genesi complessa di quest'opera e le varie fasi di lavorazione. Le modifiche apportate al progetto originario comportano la realizzazione di un piano aggiuntivo, che permette di collocare all'interno dell'edificio anche una biblioteca, un museo per le scienze coloniali, l'alloggio per il custode, dei locali di servizio e due palestre. Alcuni disegni inediti provenienti dal fondo dell'Ingegnere, di cui un esempio è in fig. 2, rivelano il *Progetto di una palestra per il Liceo-Ginnasio di Salerno*, collocata proprio nello spazio antistante la scuola, l'attuale Piazza San Francesco. La redistribuzione funzionale dell'edificio, con l'inglobamento della palestra all'interno del corpo principale ha, quindi, un no-

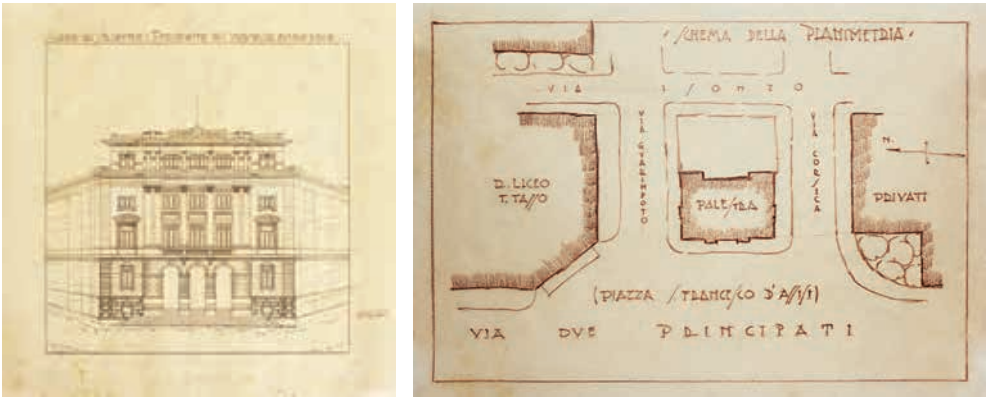


Fig. 2 – Liceo-Ginnasio Tasso: a sinistra, prospetto su Piazza S. Francesco; a destra, progetto di sistemazione della Piazza, non realizzato.

tevole impatto anche sull'assetto generale dell'area, consentendo di preservare uno spazio utile alla collettività e di realizzare quella sistemazione a verde che ancora oggi caratterizza la piazza. L'edificio scolastico, nel complesso, rispetta i canoni delle architetture pubbliche fasciste per la monumentalità e l'imponenza, la simmetria. Un linguaggio di sapore classicista caratterizza sia gli interni, si pensi allo scalone monumentale e all'aula magna, che l'esterno e trova la sua massima espressione nella facciata principale, caratterizzata da tre archi di ingresso su cui poggia un balcone contornato da colonne binate corinzie di ordine gigante, in fig.2.

Edifici scolastici fuori città

La sommaria analisi dell'archivio personale di Michele De Angelis, tuttora in corso di riordino e catalogazione[12] fa emergere il ruolo di primaria importanza rivestito dalla progettazione di edifici scolastici nella lunga e variegata carriera dell'ingegnere salernitano. Oltre alle ben note realizzazioni cittadine, infatti, tra gli anni Venti e Trenta, De Angelis redige gli elaborati per numerose scuole disseminate in tutta la provincia, dalla costiera amalfitana (Maiori e Vietri) alla Piana del Sele (Battipaglia e Contursi), dalla costa cilentana (Casalvelino) all'entroterra (Laurino, Monteforte Cilento, Castelnuovo di Conza, Laurino), da Cava de Tirreni, Giffoni, Sarno, Calvanico, fino alla Basilicata (Balvano).

Si tratta di opere differenti per collocazione e dimensione, ma realizzate sulla base di schemi concepiti sulla scorta di precise disposizioni promulgate dal Ministero della Pubblica Istruzione, modelli da reinterpretare e adattare a ogni specifica circostanza. La piccola scuola di Vietri, su due livelli, cinta da un giardino e dotata di una palestra scoperta, sembra la riproposizione in piccolo dell'edificio scolastico occidentale di Salerno, la scuola Barra. E ancor più assimilabile è quella di Batti-

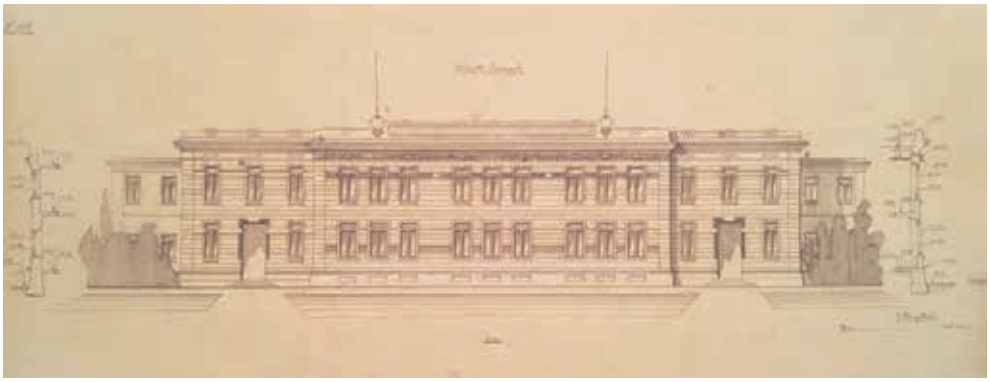


Fig. 3 – Scuola elementare di Battipaglia (SA). Prospetto principale.

paglia, composta da un corpo rettangolare allungato in cui sono collocate le aule, disposte tutte su un lato, e due piccole ali con scale e servizi, come mostrato in fig. 3. Differente è la scuola rurale di Contursi, con la sua area per le esercitazioni pratiche agricole e un prospetto pur se decoroso molto semplificato, in fig. 4. Forse per aderire meglio al contesto, infatti, la decorazione è delegata unicamente alle lesene che ritmano la facciata e alla pietra utilizzata per il basamento, probabilmente un richiamo alle tradizioni costruttive locali.

Anche per gli edifici di provincia, quindi, l'ingegnere sembra adottare i medesimi criteri progettuali delle realizzazioni salernitane. Le strutture rispondono alle varie istanze igienico-sanitarie in termini di esposizione, illuminazione, ventilazione e smaltimento delle acque, sono suscettibili di ampliamento e curate anche dal punto di vista stilistico mediante l'adozione di stilemi di carattere storicista e monumentale.

Conclusioni

L'ingegnere De Angelis, da solo o avvalendosi della collaborazione di colleghi, realizza alcuni tra i più importanti interventi di edilizia scolastica nella Salerno tra le due guerre, oltre che numerosi edifici nella provincia che talvolta ripropongono, seppur a differente scala, i modelli cittadini. Questi edifici costituiscono opere dal grande impatto architettonico e urbano e si pongono come nuovi fulcri all'interno della città in trasformazione e crescita. De Angelis, con grande perizia, riesce a coniugare tutte le esigenze, rispettando le prescrizioni normative, le questioni pratiche (flessibilità degli spazi e possibilità di ampliamenti futuri) e i requisiti igienico sanitari (illuminazione, ventilazione, orientamento). E le sue scelte stilistiche e tecnologiche, improntate alla classicità e alla tradizione, appaiono coerenti con la restante parte della sua carriera e appropriate al contesto storico, culturale e architettonico in cui le opere si inseriscono.

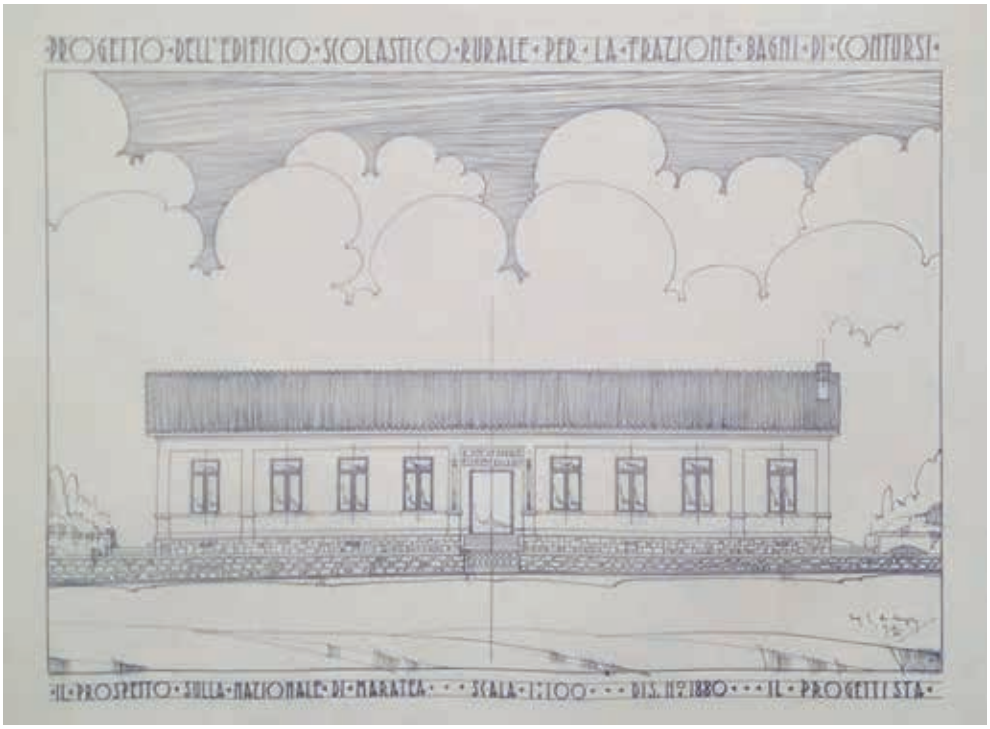


Fig. 4 – Edificio scolastico rurale per la frazione Bagni di Contursi (SA). Prospetto principale.

Ringraziamenti

L'autrice ringrazia le dott.sse Emilia e Luisa Alfinito, eredi De Angelis, e le dott.sse Lucia Napoli e Maria Manzo dell'Archivio Storico del Comune di Salerno per la disponibilità e per il prezioso aiuto offerto nello svolgimento delle ricerche.

Bibliografia

Amarotta A.R. 1984. Michele de Angelis. *Rassegna Storica Salernitana*, I(1), 127-147. Salerno: Pietro Laveglia.

Bignardi M. 1982. La «nuova città»: progetti e realizzazioni urbanistiche nei primi decenni del XX secolo. In: *Guida alla storia di Salerno e della sua provincia* (a cura di Leone A., Vitolo G.), 336-49. Salerno: Laveglia.

De Angelis M., De Angelis L. 1932. *Costruzione della nuova sede del R. Liceo-Ginnasio 'T. Tasso' di Salerno. Rendiconto generale dei lavori e perizia suppletiva per il fabbisogno finale*. Salerno: Di Giacomo.

De Angelis M., Giordano C. 1908. Nuovi edifici scolastici per la città di Salerno. *Rivista di Ingegneria Sanitaria*, IV(18), pp.249-258.

Dodaro V. 1997. *Salerno durante il Ventennio. Gli edifici pubblici, l'edilizia popolare, l'urbanistica*. Salerno: De Luca.

Giannattasio G. 1995. *Salerno. La città moderna. Piani e progetti dall'Ottocento ai primi decenni del Novecento*. Salerno: Edizioni 10/17.
Malinverno A. 2006. *La scuola in Italia: dalla legge Casati alla riforma Moratti (1860-2004)*. Milano: Unicopli.
Ribera F., Dolgetta P. 2010. Edilizia scolastica a Salerno tra le due guerre: evoluzione dei modi di costruire tra tradizione e modernità. *Atti del 3° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria*, 543-555. Napoli: Cuzzolin Editore.

Acronimi
ACSSa: Archivio Storico del Comune di Salerno

Note
1. Nell'Archivio personale dell'ingegnere Michele de Angelis è stata reperita una copia di una raccolta legislativa inerente alla costruzione di edifici scolastici. Cfr. Ministero della Pubblica istruzione *Disposizioni relative alla costruzione di edifici scolastici, all'arredamento e al materiale didattico"* (Estratto dal Bollettino Ufficiale n.18 del 18 aprile 1912), Tipografia Operaia Romana Cooperativa, Roma 1912.
2. Regolamento approvato R.D. 11 gennaio 1912, n.12 *per l'applicazione delle leggi 15 luglio 1996, n.383 e 4 giugno 1911 n.487* (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 1 febbraio 1912, n.26), Art.1.
3. Regolamento approvato R.D. 11 gennaio 1912, *Istruzioni intorno alla compilazione dei progetti per la costruzione degli edifici scolastici*. cap. I – *Scelta d'area.*
4. Ibidem, cap. II. – *Ampiezza dell'area per un edificio scolastico.*
5. Ibidem, cap. III. – *Divisione dei locali scolastici nei piani dell'edificio;* Ibidem, V. – *Corpi di fabbrica; cortili; esposizione dei locali scolastici.*
6. Ibidem, capp. VI-XIV.
7. Ibidem, cap. XV. – *Norme di indole generale.*
8. Michele De Angelis (1875-1939), pur non avendo mai conseguito la laurea in Ingegneria, usufruendo di una legge dell'epoca, si iscrive all'Albo dell'Ordine degli Ingegneri e intraprende una lunga carriera professionale che lo vede autore di opere molteplici e variegate, di committenza sia pubblica che privata. Portano il suo nome molte dimore costruite a Salerno a ridosso delle principali arterie di espansione urbana (Corso Garibaldi a sud, Via dei Principati a est), le proposte per il risanamento Rione Fornelle nel centro storico (con l'ingegner Mario Ricciardi) e la costruzione dei Magazzini Generali al Molo Manfredi. Sue sono anche le più importanti realizzazioni di edilizia scolastica salernitana: le scuole elementari "Barra" e "Vicinanza" (con l'ingegner Carlo Giordano) e il Liceo Ginnasio "Tasso", forse la sua opera più celebre, progettata con il figlio Luigi. Non mancano neppure interventi di restauro: dal Convitto Nazionale, all'Acquedotto Normanno sino al Duomo che lo vede operare accanto a Gino Chierici. L'ingegnere, travalicando i confini del suo specifico ambito professionale, coltiva interessi molteplici ed eterogenei nutrendo particolare passione per la storia dell'arte e la fotografia, che utilizza soprattutto per corredare i suoi studi e suffragare le ipotesi storiche. È autore di numerose ricerche e pubblicazioni, in particolare sulla storia e l'arte della Salerno medioevale.
9. Ing. V. Lonardi, *Progetto di massima per gli edifici Scolastici della città di Salerno*, Salerno, novembre 1895. Archivio Storico del Comune di Salerno (d'ora in poi ASCSa), X-XIII 221.

10. Ing. F. Toledo, Ufficio Tecnico del Comune di Salerno, *Progetto degli Edifizi Scolastici-Relazione*, n.1 Salerno, dicembre 1898. ASCSa, X-XIII 221.
11. Ing. M. De Angelis, *Edificio Scolastico Occidentale – Variante*, Salerno 12 aprile 1923. Relazione n.751, ASCSa, X-XIII 223/1.
12. La catalogazione di massima del consistente fondo dell'Ingegnere, è stata coordinata dalla scrivente nell'ambito del Progetto di Ricerca del Diciv dell'Università di Salerno *Archivi di architetti e ingegneri salernitani tra Otto e Novecento*.

Serena Pesenti

La sede del Comune di Lecco nel palazzo dell'ex Ospedale. Il progetto di adeguamento dell'ingegner Iosto Braccioni. (1926-1928)

Abstract

The contribution shows the project of adaptation and transformation of the building of the former Hospital of city of Lecco, built on a project by Giuseppe Bovara from 1843, and converted into the new seat of the Municipality in 1926-28.

The building had remained in use as a hospital until the end of the nineteenth century, when due to lack of space, it was decided to build a new hospital in another part of the city. The edifice was thus purchased by the Municipality in 1900 and used as the seat of the Court and of the Lecco Public Prosecutor's Office. With the political-administrative reorganization of 1923, the City of Lecco merged several municipalities in the district, and the consequent increase in the number of inhabitants made it necessary to find a new arrangement adequate to the increased need for space in the municipal administration offices. It was therefore decided to transfer the seat from Palazzo Ghislanzoni to the former hospital building.

The transformations made to house the offices of the Municipality (which are still located there) involved an important transformation and expansion project, developed by the engineer of the Municipality's technical office, Iosto Braccioni on the palazzo Bovara (so called today). The intervention is illustrated on a series of unpublished drawings that reflect the changes that led to the current volumetric layout of the building. The project is also significant as regards the professional role played by the municipal engineer within the technical-administrative apparatus where, as in other Italian cities in the same period, the municipal engineer also dealt with more peculiar project issues of the architect, such as in the case of the enlargement/restoration of the former Hospital, together with the main urban and infrastructural works that were started in the Thirties in the city of Lecco.

Introduzione

Il contributo, che rientra in un più ampio studio sulle sedi storiche del Comune di Lecco, illustra il progetto di trasformazione e adeguamento dell'edificio dell'ex Ospedale di Lecco, trasformato negli anni Venti del Novecento per ospitare il Comune, che ancora oggi vi ha sede.

L'intervento, che conferisce alla fabbrica l'attuale assetto, fu realizzato su progetto dell'ingegnere capo del Comune, Josto Braccioni[1]. Sulla base di una serie di disegni inediti è possibile comprendere le successive fasi di studio che, con solida competenza professionale, condussero Braccioni a contemperare le richieste di spazio della nuova sede comunale con le esigenze economiche, senza dimenticare gli aspetti formali di una rappresentatività austera ma dignitosa.

Nota sulla storia della fabbrica

Negli anni Trenta dell'Ottocento l'iniziativa di dare a Lecco un Ospedale per il comune e il circondario (Borghi 1975; Tettamanzi 1987; Rossetto 2000) trovò un impulso decisivo grazie al lascito del ricco mercante Antonio Muzzi e del nobile lecchese Don Diego Martinez, che cedette allo scopo un terreno di sua proprietà. Per la redazione del progetto fu chiamato l'ingegnere architetto lecchese Giuseppe Bovara (Apostolo 1855; Bianchi 1980; Borghi 1982; Borghi 1983; Mariani 2002), che disegnò un grande edificio quadrangolare, diviso da un corpo trasversale, perpendicolare alla facciata principale, in modo da formare due spazi interni rettangolari, ciascuno a sua volta suddiviso in due porticati comunicanti di forma quadrata. Nella corte a nord-est, era prevista la chiesa, nel chiostro a sud-est la sala anatomica, come mostrato in fig.1.

L'apertura dell'Ospedale fu concessa dal governo nel 1843 e l'anno successivo, grazie ad altri lasciti e a raccolte di fondi, fu possibile completare il cortile con le arcate e i muri del portico. Nel 1845 fu costruito l'oratorio, dedicato a S. Maria della Natività, anch'esso su progetto di Giuseppe Bovara, mentre la facciata fu completata qualche anno dopo, nel 1854 (Borghi 1975; Tettamanzi 1987). Per le perduranti difficoltà economiche nel finanziamento dei lavori, il progetto del Bovara fu tuttavia realizzato solo per la quarta parte del volume inizialmente previsto, corrispondente all'incirca a uno dei cortili quadrangolare, quello collocato a nord-ovest. Se il primo anno di attività registrò la presenza di quindici malati, il numero crebbe negli anni seguenti. Nel 1848, durante la prima guerra di indipendenza, con la ritirata dei piemontesi attraverso il Milanese, i malati e i convalescenti degli ospedali di Brescia e di Bergamo furono indirizzati a ovest, verso le strutture sanitarie di Como, Lecco, Varese e Pavia. L'ospedale lecchese si trovò così a far fronte a un carico non previsto di pazienti, al punto che il 5 agosto del 1848 ebbe ad accogliere in un solo giorno 83 militari; in quell'anno la struttura registrò 735 degenze, di cui 661 militari piemontesi, lombardi e austriaci e volontari. Le condizioni dell'edificio erano inadeguate a fronteggiare la situazione: inizialmente furono occupati l'infermeria, non ancora completata, e i portici superiori e inferiori del cortile; si resero quindi necessari ulteriori adeguamenti per accogliere il gran numero di feriti. L'entità dell'urgenza sanitaria fu tale che nel dicembre dello stesso anno un decreto governativo impose che l'ospedale civile di Lecco avesse anche funzioni di ospedale militare e a tale scopo fu allestita un'altra infermeria in grado di accogliere 50 letti. Il grande afflusso

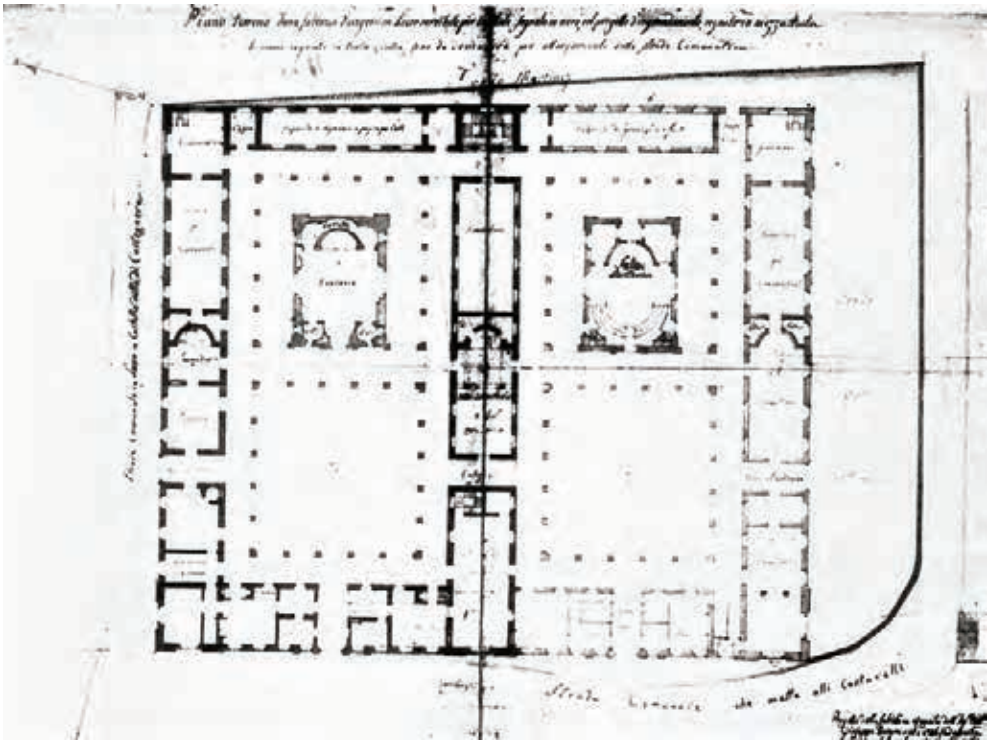


Fig. 1 – Giuseppe Bovara: pianta generale dell'Ospedale di Lecco del 1836 (da Borghi A., 1985, Tav. 155).

perdurò fino al 1851 quando, cessata l'emergenza militare, la situazione tornò alla normalità. Il numero dei letti, con il crescere della popolazione comunque aumentò gradualmente, passando da dodici ricoverati nel 1861 a quarantatré nel 1878 (Tettamanzi, 1987).

Verso la fine del secolo si palesava in modo definitivo l'inadeguatezza della struttura ad accogliere un numero crescente di malati. Al progressivo aumentare delle richieste di degenza gradualmente si palesava la mancanza di spazi adeguati per accogliere i malati. A questo disagio si aggiunse poi anche il disturbo recato dai rumori e dalle polveri provocati dal traffico dei treni della vicina ferrovia Lecco-Bergamo costruita nel 1863: i binari passavano in adiacenza al perimetro dell'area ospedaliera a est, e nel piazzale ove si attestava il lato nord dell'Ospedale fu costruita la stazione. Tra l'altro, per la realizzazione della linea ferroviaria, la Congregazione di Carità, proprietaria dell'Ospedale, aveva ceduto parte del terreno di pertinenza dell'edificio, precludendo in tal modo ogni possibile ingrandimento e completamento di quest'ultimo secondo l'originario progetto di Bovara (Tettamanzi 1987; Dacco' e Cattaneo,

1988). L'Ospedale, pertanto, ormai destinato a essere spostato altrove, rimase in funzione nell'edificio fino a quando nel 1893 non si decise di costruirne uno nuovo, i cui lavori iniziarono nel 1899, in altra località più adeguata ai requisiti igienico-sanitari necessari per un luogo di cura.

Il Comune decise così di acquistare l'ex Ospedale dalla Congregazione di carità. Il 13 settembre 1900 stipulò il contratto d'acquisto per 100.000 Lire, con l'accordo che la consegna dell'edificio al Comune sarebbe avvenuta entro il 30 settembre.

Palazzo Bovara da ex Ospedale a sede del Comune di Lecco. Il progetto dell'ingegnere Iosto Braccioni

L'ex Ospedale fu inizialmente destinato, con modesti adattamenti, a sede del Tribunale e della Pretura di Lecco; successivamente ospitò il Museo e la Biblioteca civica (Borghi 1975). Ma le trasformazioni più significative ebbero luogo con ~~Con~~ il riassetto politico-amministrativo determinato dal R. D. 7/12/1923 n. 3121, che sancì l'accorpamento di alcuni Comuni del circondario. Per il conseguente aumento del numero di abitanti si rese necessario dotare di spazi più adeguati la sede municipale, al tempo allocata nel palazzo Ghislanzoni in via Roma. Fu presa quindi la decisione di spostarla nel più ampio palazzo dell'ex Tribunale, come al tempo era denominato l'edificio, oggi chiamato palazzo Bovara, in quanto la sede del Tribunale era stata soppressa quello stesso anno. Il 19 luglio 1924 fu approvata la decisione di eseguire lavori per la nuova sistemazione[2] e nel mese di dicembre fu stabilito di incominciare a trasferirvi gli uffici di stato civile, l'anagrafe, l'elettorato e la leva oltre all'ufficio tecnico[3] . In quel momento l'edificio risultava ancora occupato dalla Banda Manzoni, dalla Biblioteca, dai Musei e dagli uffici giudiziari della Pretura.

Nel 1924 il fabbricato principale affacciato sulla via Muzzi, a due piani, presentava un corpo semplice con due ali simmetriche. Dall'androne di ingresso si accedeva direttamente a un ampio cortile completamente circondato da un porticato su cui si affacciava l'ex oratorio dell'Ospedale. In fondo sulla destra vi era l'ingresso a un edificio secondario, parallelo al confine con la ferrovia.

Il primo progetto di adattamento proposto dall'ingegner Braccioni, interpretando in senso stretto le indicazioni dell'Amministrazione, si era posto come soluzione provvisoria, in modo da non precludere interventi di maggior respiro in un secondo momento, ma da permettere l'immediato trasferimento di tutti gli uffici comunali senza lavori di grande entità e senza spese eccessive: la cifra preventivata era di 187.257,59 lire. L'ipotesi, risalente con ogni probabilità al 1924, in vista del trasferimento del primo blocco di uffici, si basava sulla individuazione degli spazi più adatti per collocare le nuove funzioni conservando la preesistente consistenza del palazzo. L'unica aggiunta sarebbe stata la costruzione di una minima porzione di solaio al primo piano del corpo principale, eliminando un tratto della copertura del portico a piano terreno, per collegarlo con la scala dell'edificio secondario.

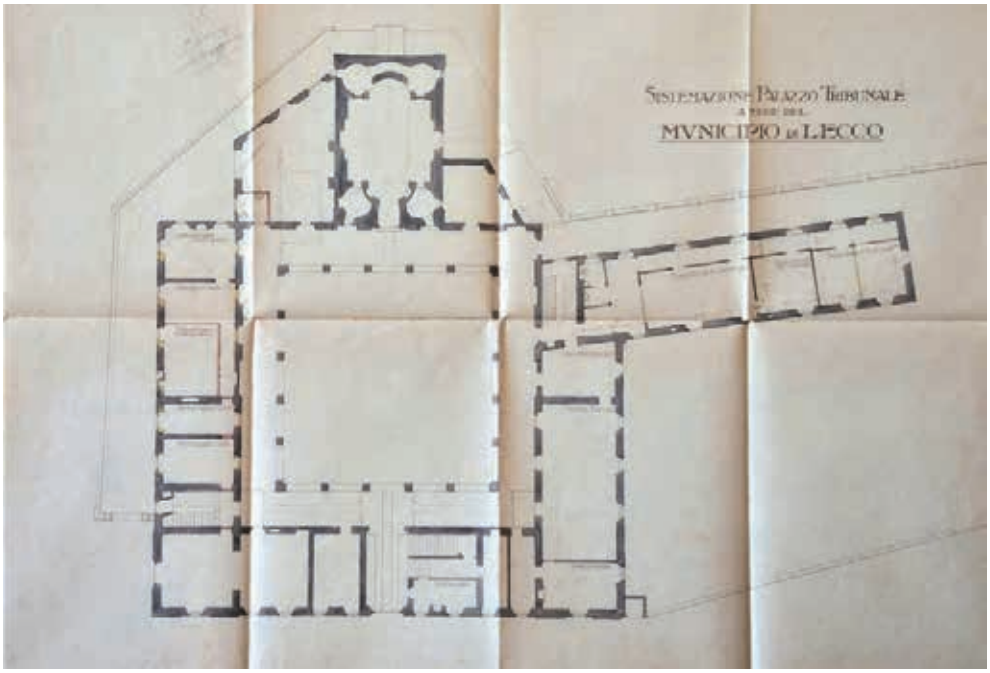


Fig. 2 – Josto Braccioni: sistemazione del palazzo del Tribunale a sede del Municipio (1925), (ACL, II s., I-7-1, cart.39).

A seguito di ulteriori considerazioni e successive verifiche Braccioni giunse a redigere un nuovo progetto, datato 1 luglio 1925 e riportato nelle figg. 2 e 3[4].

L'ingegnere comunale si rese conto che, oltre a dover demolire e ricostruire strutture principali e secondarie in cattive condizioni per la lunga mancanza di manutenzione, per dare maggiore igienicità agli spazi di maggiore accesso del pubblico nei due piani, e per accogliere tutte le funzioni necessarie al Comune si sarebbe dovuto ampliare l'edificio costruendo nuovi volumi aggiuntivi. Per fare questo si ispirò all'idea originaria di Giuseppe Bovara e pensò di completare la forma quadrilatera indicata nel disegno del 1836, qui in fig. 1. Sotto il profilo estetico l'intervento di ampliamento avrebbe seguito le linee architettoniche e decorative della parte originaria, aggiungendo anche due balconi al prospetto principale. Inoltre, la striscia di area libera di pertinenza dell'edificio in fregio alla via Muzzi, con ingresso separato, si mostrava ideale per la costruzione dei capannoni e delle tettoie della nuova caserma dei Vigili del Fuoco, e per ospitare nello stesso luogo magazzini e officine comunali. I tempi per intraprendere i lavori anche economicamente più impegnativi erano maturi; Braccioni aveva preventivato la spesa di 530.000 lire. Il 23 luglio 1925 l'Amministrazione comunale deliberò di accendere un mutuo per l'esecuzione di diverse

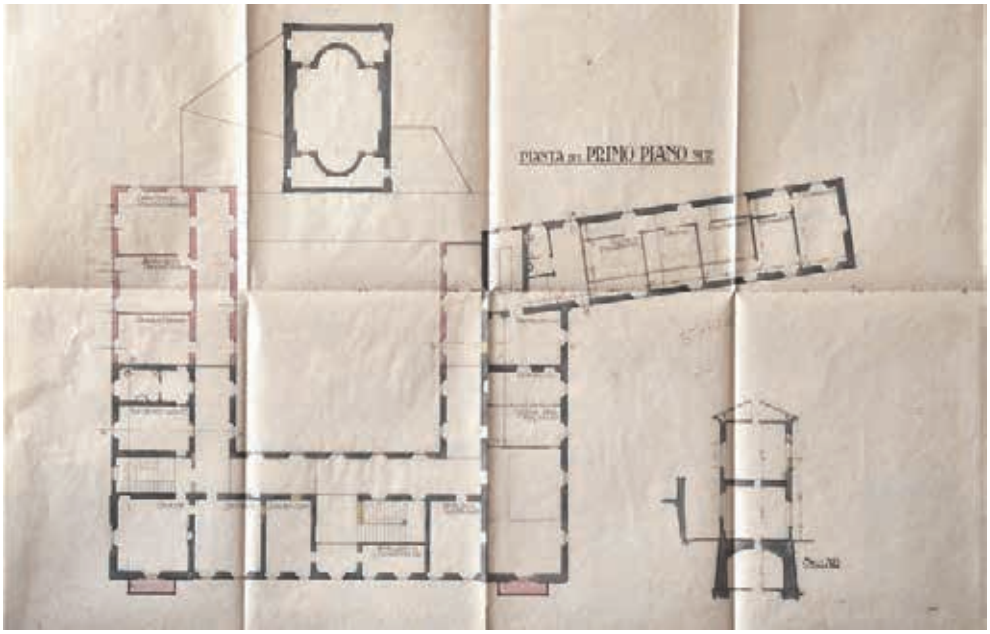


Fig. 3 – Josto Braccioni: progetto di sistemazione del palazzo del Tribunale a sede del Municipio (1/7/1925), (ACL, II s., I-7-1, cart.39).

opere pubbliche. Tra queste, oltre alle opere per la revisione di infrastrutture viarie, per la sistemazione dell'acquedotto e per la costruzione del pubblico macello e ai lavori di adattamento di palazzo Manzoni, a Castello, per potervi spostare i Musei e provvedere alla necessità di aule scolastiche, vi era l'intervento al palazzo dell'ex Tribunale per trasferirvi la sede del Comune, con annessi magazzini municipali e caserma dei pompieri, oltre ai conseguenti lavori di adattamento di palazzo Manzoni, a Castello, per potervi spostare i Musei e provvedere alla necessità di aule scolastiche[5].

L'anno seguente, terminato il periodo di gestione governativa provvisoria per il riassetto municipale conseguente all'accorpamento dei comuni del circondario, il 31 gennaio del 1926, avvenne l'insediamento del primo Consiglio Comunale e la nomina della prima Giunta della *Grande Lecco*.

Nel frattempo il progetto dell'ingegnere comunale ebbe una nuova rielaborazione: in aggiunta agli aumenti di volume già previsti, si proponeva di demolire e ricostruire ex novo anche il lato est del cortile, di fronte all'ingresso principale da via Muzzi. In una stesura intermedia, del 18 febbraio[6], Braccioni, in accompagnamento a due nuove tavole di studio distributivo, espose con una accurata disamina le considerazioni che lo avevano condotto a ritenere inadeguato l'oratorio nella corte a nord-est oratorio che inizialmente voleva conservare e destinare alla funzione di Sala consiliare; per poter

dare una minima idoneità alle nuove esigenze d'uso se ne sarebbe dovuta demolire completamente l'ossatura interna e rifare in parte la volta e il tetto, ma lo spazio complessivo risultante sarebbe comunque risultato insufficiente per ospitare anche il pubblico, per il quale si sarebbe dovuto costruire appositamente un loggiato superiore. Inoltre, l'unica finestra esistente, a sud, non era in grado di fornire sufficiente aria e illuminazione e nuove aperture avrebbero comportato notevoli costi; infine, l' unico ingresso esistente non sarebbe stato opportuno per sindaco, assessori, consiglieri e pubblico insieme, e la costruzione dei disimpegni e locali di corredo necessari sarebbe risultata costosa e non risolutiva. Non restava quindi che procedere alla demolizione dell'oratorio e dei fabbricati rustici ad esso addossati. Il progetto completo, datato 15 aprile 1925, assumeva appieno questa drastica soluzione, che consentiva una più razionale distribuzione degli uffici al piano terra e soprattutto la possibilità di costruire una nuova Sala del consiglio al piano superiore del palazzo[7].

Dopo una nuova delibera dei lavori, il 24 giugno il Consiglio comunale approvò il progetto del 15 aprile, per un importo stimato di 610.000 lire per l'intervento di adeguamento che di lì a poco sarebbe iniziato e portato a termine nel giro di circa due anni[8].



Fig. 4 – Josto Braccioni: progetto per la sistemazione del piano terra del palazzo del Tribunale a sede del Municipio di Lecco, (15/4/1926). (ACL, II s., I-7-1, cart.13).



Fig. 5 – Josto Braccioni: Progetto per la sistemazione del primo piano del palazzo del Tribunale a sede del Municipio di Lecco, (15 aprile 1926). In alto, indicata con il n. 47, la nuova Aula consiliare, (ACL, II s., I-7-1, cart.13).

Conclusioni

La trasformazione dell'edificio, oltre a chiarire. sia pure in sintesi, i principali momenti della trasformazione di palazzo Bovara, mette anche in luce la figura di un oscuro ingegnere capo del Comune, Josto Braccioni, al quale si devono non solo significative opere urbanistiche per lo sviluppo di Lecco, ma anche importanti opere nel campo dell'edilizia pubblica della città dagli anni Venti agli anni Quaranta del Novecento. Come accadde anche in altri comuni italiani in quel periodo, all'interno dell'apparato tecnico dell'amministrazione locale, l'ingegner Braccioni dispiegò la sua scrupolosa competenza professionale in un ampio ventaglio di realizzazioni, sia di carattere ingegneristico sia di tipo più peculiarmente architettonico, come nel caso qui trattato dell'ampliamento/restauro dell'ex Ospedale. In tal senso, nella sua concreta gestione tecnica degli interventi, durante la sua attività si conferma il protrarsi di quella commistione/contrapposizione tra le competenze specifiche dell'ingegnere rispetto a quelle peculiari dell'architetto, già risalente al dibattito tardo ottocentesco, e la cui risoluzione proprio negli anni Venti del Novecento fu sancita nel 1925 dal R. D. 23/10/1925, n. 2537.

Bibliografia generale

Apostolo A. 1855. *Lecco e il suo territorio.* Lecco: tip. Corti.

Bianchi B. 1980. Civiltà neoclassica nella provincia di Como: lo sviluppo urbanistico di Lecco nel primo Ottocento. *Arte lombarda*, 55/57, 212-215.

Borghi A. 1975. *Giuseppe Bovara architetto (1781-1873).* Lecco: Comune di Lecco.

Borghi A. 1982. *L'opera dell'architetto Giuseppe Bovara nel secondo centenario della nascita (1781-1873).* Mostra fotografica a cura di Angelo Borghi, fotografie Studio fotografico Peverelli. Lecco: Tipografia Beretta.

Borghi A. 1983. L'opera dell'architetto Giuseppe Bovara nel secondo centenario della nascita. Archivi di Lecco, VI, 2, 740-746.

Borghi A. 1999. *Il lago di Lecco e le valli, sacralizzazione strutture della memoria.* Lecco: Cattaneo Editore.

Dacco' G.L., Cattaneo B. 1988. *Memorie di un architetto: autobiografia e catalogo della Raccolta di Giuseppe Bovara*. Lecco: Rotary club.

Grandi M., Poggioli P., Cesena F. 2001. *Lecco, citta e piani da Bovara a Cereghini*. Milano: Libreria CLUP.

Guglielmi E. 2017. *Il monumento ai caduti di Lecco. Racconto a cielo aperto di popoli ed eroi (1926-2017)* (a cura di). Lecco: Macchione ed.

Mariani. C. 2002. Il fondo di disegni dell'ingegner-architetto Giuseppe Bovara ai Musei Civici di Lecco. In: *La cultura architettonica nell'età della Restaurazione* (a cura di Ricci G., D'Amia G., 311-314- Milano: Mimesis.

Pozzoli U. 1932. *Frammenti di vita lecchese*. Lecco: Scuola Tipografica Editrice dell'Orfanotrofio.

Rossetto M. 2000. Alle origini del sistema sanitario pubblico in Lombardia: per una storia dell'Ospedale di Lecco. In: *Alessandro Manzoni, Società, Storia, Medicina* (a cura di Daccò G.L. e Rossetto M.). Milano: Leonardo Arte.

Ruggeri A. 1975. *Piccolo mondo antico lecchese, II*. Lecco: Arti grafiche lecchesi.

Tettamanzi P. 1987. Due secoli di vita ospedaliera 1741-1930. *Archivi di Lecco*, X, 4, n. monografico.

Note

1. Josto (o Iosto) Braccioni, figlio di Paolo e di Matilde Pintor, nacque a Isili, in Sardegna, il 19 giugno 1893. Il padre, di Cagliari, insegnante elementare, già direttore scolastico a Isili, nel 1903 aveva vinto il concorso di direttore per le scuole di Lecco, presentando molti attestati di benemerenza, articoli e pubblicazioni, fra le quali *La guida del Maestro*. *Sunti di letteratura e altro* (Sandron, Milano-Palermo1900). Iosto crebbe a Lecco con i fratelli Italo (1891-1959) e Iorio (1905-1964). Laureatosi in ingegneria al Politecnico di Milano, e già capitano degli Alpini, era stato due volte ferito nella prima Guerra mondiale. Il 17 dicembre 1921 sposò Teresa Cernuschi di Monza. Dall'unione nacquero due figli: Mario (13/6-15/6/1922) e Mario, detto Sergio, il 23/7/1926 (ACL, D6, cart.619).
   Nel dicembre del 1921 Braccioni entrò in servizio provvisorio, come *ingegnere avventizio*, presso il Comune di Lecco. Alla fine dell'anno successivo partecipò al bando per l'assunzione come ingegnere, risultando nella terna selezionata dalla commissione concorsuale da sottoporre al voto del Consiglio comunale (1° Pasquale Chessa di Oristano, voti 48/50; 2° Josto Braccioni, di Lecco, voti 46/50; 3° Carlo Goielli di Treviglio, voti 44/50) che, con delibera del 24 luglio 1923 lo scelse come vincitore. A favorire

la sua nomina, oltre alle perorazioni al sindaco da parte di Giulio Fiocchi (per conto dell'Associazione Nazionale Combattenti) e di Dante Airoldi (per l'Associazione Nazionale Mutilati e Invalidi di Guerra), per i meriti acquisiti nella Seconda Guerra mondiale, probabilmente ebbe un peso decisivo l'esperienza già maturata nell'ufficio tecnico, compresa una sufficiente esperienza riguardo il servizio dei pompieri, dipendente dall'ufficio tecnico, oltre al fatto di essere l'unico candidato di Lecco. Dopo un periodo di stasi, dovuto anche all'inefficienza del precedente ingegnere capo, con la direzione di Braccioni dell'Ufficio tecnico comunale furono realizzate molte opere urbanistiche ed edilizie significative per lo sviluppo e la modernizzazione della città. Tra queste si ricordano i lavori per la tramvia Lecco-Erba, l'unificazione degli acquedotti, la costruzione dei macelli, la sistemazione di varie strade e piazza (piazza Battisti, piazza Garibaldi, corso Vittorio Emanuele), il concorso per il progetto dell'Istituto Tecnico, la realizzazione, del monumento ai caduti di Giannino Castiglioni, affacciato sul lago, per il quale Braccioni progettò il basamento e la sistemazione della piazza circostante (Guglielmi 2017) e infine l'avvio del progetto per il nuovo Piano regolatore, nel 1940, per il quale fu incaricato come professionista esterno l'ingegner Francesco Meschi.
Braccioni morì a Lecco il 5 agosto 1940, di tubercolosi. (ACL, serie I, X-9-12, cart. 252, sf. personale).

2. ACL, *Deliberazioni del Consiglio comunale*, n. 46.
3. ACL, *Deliberazioni*, *cit*.,12/12/1924).
4. ACL, II serie, I-7-1, cart.39.
5. ACL, *Deliberazioni del Consiglio comunale*, n. 47.
6. ACL, II serie, I-7-1, cart.39.
7. ACL, serie II, I -7 -6, cart.13.
8. ACL, *Deliberazioni.…*, n. 48.

Renato Morganti, Alessandra Bellicoso, Alessandra Tosone

Un inedito tipo edilizio. Le colonie estive degli anni '30 in Abruzzo

Abstract
The architecture of the Seaside and Mountain summer holiday camps, built in Abruzzo, appears in the 1930s. It represents a significant form of cultural heritage because it demonstrates the administrative reorganization in this area. It also documents the events of modern Italian architecture and its links with the fascist regime, which in the summer holiday camps have found their full and articulate expression, not just under a modernist light. The new building type becomes the privilege area of a design experimentation characterize by a strong diversification on the distributional, formal and constructive level. This distinctive feature can be found equally in the Abruzzo experience, which in the national context is relevant for quality and quality. This paper proposes a critical point of view about the Abruzzo summer holiday camps that considers the type in the functional, distributive and organizational aspects of the spaces and its morphological relationships in relation to the environmental context and takes them as useful parameters to the codification of the specificity and singularity of the design results.

Introduzione
Il programma di riforma nel settore socio-sanitario, avviato tra il 1923 e il 1927, segna la fine delle iniziative a carattere filantropico e religioso che avevano caratterizzato quello della cura e della profilassi tubercolare. Nel 1925 con la creazione dell'Opera Nazionale Maternità e Infanzia, si destina a un istituto statale il compito di occuparsi dell'assistenza all'infanzia, anche rispetto alla profilassi antitubercolare, con la creazione di preventori, colonie marine e montane, ospizi marini, stazioni elioterapiche, colonie di vacanza. Attraverso istituti diversi, l'Opera Nazionale Balilla prima e la Gioventù Italiana del Littorio dopo, lo Stato e il Partito Nazionale Fascista promuovono molte iniziative a favore delle colonie che si traducono in una azione di totale controllo giuridico e normativo nelle fasi sia di realizzazione che di gestione. Sacralizzato nella Mostra delle Colonie Estive e dell'Assistenza all'Infanzia, organizzata a Roma nel 1937 e affidata agli architetti Adalberto Libera e Mario De Renzi, questo moderno tipo edilizio diviene così strumento di un vero e proprio programma sociale e politico, mutando, secondo le mire celebrative del regime, in un *inedito modello formativo di*

massa (Mucelli, 2009), un laboratorio sperimentale di convivenza, dove *Per qualche tempo, una piccola popolazione di adolescenti o di bimbi deve sottomettersi alle esigenze della coabitazione* nel rispetto di un programma di *villeggiatura intensiva* in cui anche il riposo regolamentato diventa un lavoro in grado di dare il massimo risultato formativo pur nella brevità del soggiorno (Labò e Podestà, 1941a). La centralità del tema progettuale delle colonie, insieme al complesso dei valori che esse finiscono per rappresentare, assicura la convergenza delle forze più attive e progressiste della cultura architettonica italiana. Queste *città dell'effimero* divengono felice terreno di una sperimentazione su cui confrontare l'efficacia di ideali etici e estetici grazie anche alla libertà concessa dalla mancanza di riferimenti progettuali e alla puntualità e semplicità del dettato funzionale, con una traduzione piena e generosa delle potenzialità espressive di un inedito oggetto edilizio posto isolato nel paesaggio montano o marino.

La colonia e i suoi modelli tipologici

Al nuovo ruolo assegnato dal regime agli istituti climatici per la formazione fisica e spirituale dei coloni corrisponde un programma funzionale articolato che segna il superamento del modello prefascista il quale si configurava come un semplice ricovero sanatoriale per bambini, mutuando forme e funzioni dai connotati tipologici largamente utilizzati nell'edilizia ospedaliera dell'epoca. L'evoluzione dell'approccio progettuale al tema della colonia marina si manifesta con gradualità nell'arco di 15 anni, dal '25 al '40. Le realizzazioni degli anni Venti, pur presentando ambienti di maggiori dimensioni per accogliere nuove funzioni comunitarie, riecheggiano ancora i connotati tipologici degli stabilimenti climatici di epoca prefascista. Al contrario, quelle degli anni Trenta si caratterizzano per un nuovo assetto distributivo frutto di una inedita compresenza di funzioni ospedaliere, scolastiche, sportive e paramilitari introdotte a seguito dei nuovi obiettivi formativi, che danno luogo a un nuovo tipo edilizio il quale articola e fonde insieme i caratteri del sanatorio, della scuola, della palestra e della caserma. Per la moderna colonia si ricorre a diversi criteri di classificazione: secondo il luogo di villeggiatura, con colonie marine, fluviali, montane, lacuali, o secondo il tipo di stanzialità, con colonie aperte tutto l'anno, le *permanenti*, a carattere curativo più simili a un luogo di lunga degenza che a un transitorio luogo di ricreazione, colonie funzionanti per pochi mesi l'anno, le *temporanee*, con finalità di profilassi e di svago e colonie aperte solo durante i periodi di vacanze scolastiche, le *diurne* elioterapiche, che, distribuite in prossimità dei centri urbani, permettevano il ritorno serale dei giovani ospiti alle proprie famiglie. Se nel 1930 Daniele Donghi, nel suo *Manuale dell'Architetto*, riporta le colonie ancora nel capitolo dedicato ai sanatori distinguendole in montane e scolari, le une legate alla prevenzione antitubercolare, le altre pensate come scuole all'aperto, localizzate al mare e assimilate a edifici para-ospedalieri senza *particolarità costruttiva*, è degli anni '40 il primo tentativo di schematizzazione sistematica del patrimonio delle colonie climatiche fasciste (Donghi, 1930).

Mario Labò individua infatti, quattro tipi strutturali (Labò e Podestà, 1941a): il *villaggio*, composto da un insieme di corpi di fabbrica articolati sul terreno; la *torre*, costituita da un corpo a forte sviluppo verticale, per i dormitori, che si stacca su basse ali contenenti i servizi collettivi; la *pianta aperta*, con giustapposizioni e contrapposizioni asimmetriche di diversi volumi; il *monoblocco*, costituito da un unico corpo di fabbrica, isolato o unito a fabbricati di dimensioni più contenute. In quest’ultima categoria sono poi ricomprese le costruzioni improntate a un quinto modello tipologico, le *contaminationes*, caratterizzate dalla compenetrazione di un edificio a sviluppo verticale con un volume dominante orizzontale.

Sulla base dei riferimenti normativi e delle indicazioni della manualistica dell’epoca è possibile ricondurre la codifica di questo inedito tipo edilizio a tre aspetti fondamentali: la tipologia e il dimensionamento degli spazi, la distribuzione e organizzazione di tutte le funzioni previste e la disposizione planimetrica degli edifici in relazione al contesto ambientale.

Le Norme Generali per l’Organizzazione e il Funzionamento delle Colonie Diurne contenevano tutte le indicazioni circa le attività previste, le attrezzature necessarie, il personale da reclutare e indicavano anche i criteri di ammissione per i bambini, le diverse forme di assistenza, sanitaria e religiosa, fino alla scelta del vestiario; in particolare, l’art. 13 “Gli spazi” riportava un articolato e dettagliato organigramma funzionale con indicazioni in ordine alla capienza, all’arredabilità e ai requisiti di benessere dei diversi ambienti. Il D.M. della Pubblica Istruzione del maggio 1925 “Norme speciali per la compilazione dei progetti di edifici per convitti” regolamentava gli standard dimensionali di riferimento per la colonia, assimilata a questa tipologia di edifici. La normativa imponeva, per le camerate, una superficie di 6 m^2 circa a bambino, mentre per i refettori stabiliva uno standard tra 0,9 e 1,35 m^2, risultando quindi la zona del riposo sempre predominate rispetto a quella della refezione.

Nelle colonie, che nascono come oggetti isolati in un contesto inedificato, spesso di rilevante interesse paesaggistico, l’articolazione di tutte le funzioni risponde a una gamma assai vasta di possibilità distributive e di opzioni organizzative tra spazio costruito e spazio esterno. Il contesto, l’ampiezza dell’area a disposizione, la dimensione di alcune componenti prevalenti in termini funzionali, come dormitori e refettori, rendono centrale infatti il sistema dei percorsi, relativamente alla posizione strategica dei collegamenti verticali e di quelli orizzontali, quali ballatoi, pensiline e porticati, fondamentale nell’organizzazione giornaliera delle attività degli ospiti e del personale di servizio. L’approccio funzionalista appare evidente nello schema a blocchi, un vero e proprio layout di progetto, riportato nel manuale di Armando Melis *Caratteri degli edifici*, pubblicato nel 1939, che inserisce la colonia nel capitolo dedicato agli *edifici per la coabitazione disciplinata*, insieme a collegi, case per la gioventù, riformatori (Melis, 1939). Da tale schema emergono come rilevanti due aspetti: la strutturazione distributiva legata all’organizzazione del sistema dei

percorsi, specializzati per utenze, che riporta alla rigida organizzazione delle attività nella colonia, e l'allargamento del progetto dall'edificio allo spazio aperto, sia quello di pertinenza della colonia che quello di servizio della spiaggia. Fondamentale diviene così il rapporto dell'edificato con il suo intorno, con quella parte di contesto che viene a configurarsi come spazio di movimento e attività all'aperto, quindi terreno rimodellato in paesaggio artificiale. La colonia struttura la sua disposizione planimetrica rispetto a questo rapporto tra spazio naturale e spazio costruito, rimanendo però, un microcosmo chiuso al mondo esterno, in cui l'elemento di soglia è segnato dall'ingresso, a volte monumentale, e dai locali deputati alla bonifica dei bambini. Una volta all'interno lo schema distributivo riconnette gli episodi spaziali secondo sequenze eccentriche o lineari, mettendo in evidenza elementi preminenti per singolarità formale o funzionale.

La disposizione planimetrica degli edifici in relazione al contesto ambientale risponde alla necessità di precisi parametri igienici: ventilazione, soleggiamento e orientamento della colonia rispetto al sito e al contesto insediativo, come mostrato in fig. 1. Il criterio dell'orientamento solare che detta in prevalenza la direzione dei fabbricati appare però assunto secondo modalità diverse, riconducibili a alcune indicazioni proprie della manualistica del tempo. Alcune colonie, ispirate prevalentemente ancora agli ospizi marini di ottocentesca memoria, adottano l'asse Est-Ovest, facendo proprie le indicazioni del Manuale del Donghi. Altre invece adottano l'asse Nord/Ovest-Sud/Est di scuole e ospedali come indicato nello Schema per l'orientamento delle stanze e dei fabbricati nel testo *Elementi di Composizione degli edifici* (Cortelletti, 1936), in fig. 2. Con un orientamento secondo l'asse



a)

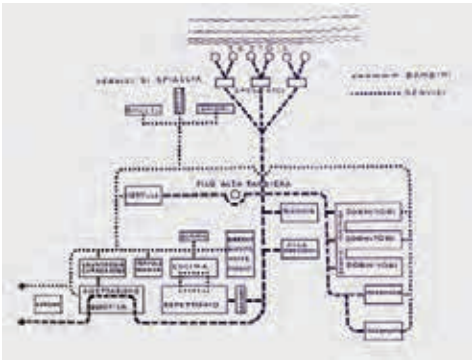


b)



c)

Fig. 1 – Il contesto ambientale delle colonie abruzzesi: a) La colonia marina Rosa Maltoni Mussolini, b) La colonia marina Stella Maris, c) La colonia montana IX Maggio.



a)



b)

Fig. 2 – L’approccio funzionalista: a) schema distributivo di A. Melis per le colonie marine, b) schema per l’orientamento degli edifici di R. Cortelletti.

Sud-Est, le colonie marine risultano per lo più parallele alla costa e usufruiscono quindi, non solo del moto d’aria innescato dalla differenza di temperatura delle due pareti opposte, ma anche quello prodotto dalle brezze marine. Il soleggiamento privilegia quasi sempre gli spazi dei dormitori e dei refettori, con orientamenti Nord/Ovest-Sud/Est.

Il patrimonio delle colonie in Abruzzo

L’architettura delle Colonie marine e montane realizzate in Abruzzo a partire dagli anni ’30 costituisce un patrimonio culturale significativo in relazione al valore testimoniale delle vicende che in quel periodo interessarono questo territorio con importanti processi di trasformazione degli assetti amministrativi, interventi di pianificazione urbanistica e progetti di edilizia pubblica. A questo quadro è possibile ricondurre l’unicum geografico delle tre colonie realizzate in una regione del sud d’Italia rispetto a un processo localizzativo che vede la maggior parte degli interventi concentrati nelle regioni del nord, in fig. 3 (Franchini, 2008).

La riforma amministrativa fascista del 1923 nasce con lo scopo di rafforzare nel Paese il controllo burocratico. A livello locale la riforma del 1927, che conferma la forte ingerenza del gerarca Giacomo Acerbo, aumenta la marginalizzazione dell’Aquila rispetto al resto d’Abruzzo con un riassetto amministrativo del territorio tra i più radicali. Nascono infatti, il Comune di Pescara e la sua nuova provincia con la sottrazione di territori a Chieti, a Teramo e all’Aquila. Quest’ultima è coinvolta anche nella formazione della provincia di Rieti con la sottrazione di altri territori verso il confine laziale. Il rischio concreto della perdita del capoluogo da parte della città induce il gerarca Adelchi Serena a promuovere e sostenere il progetto della Grande

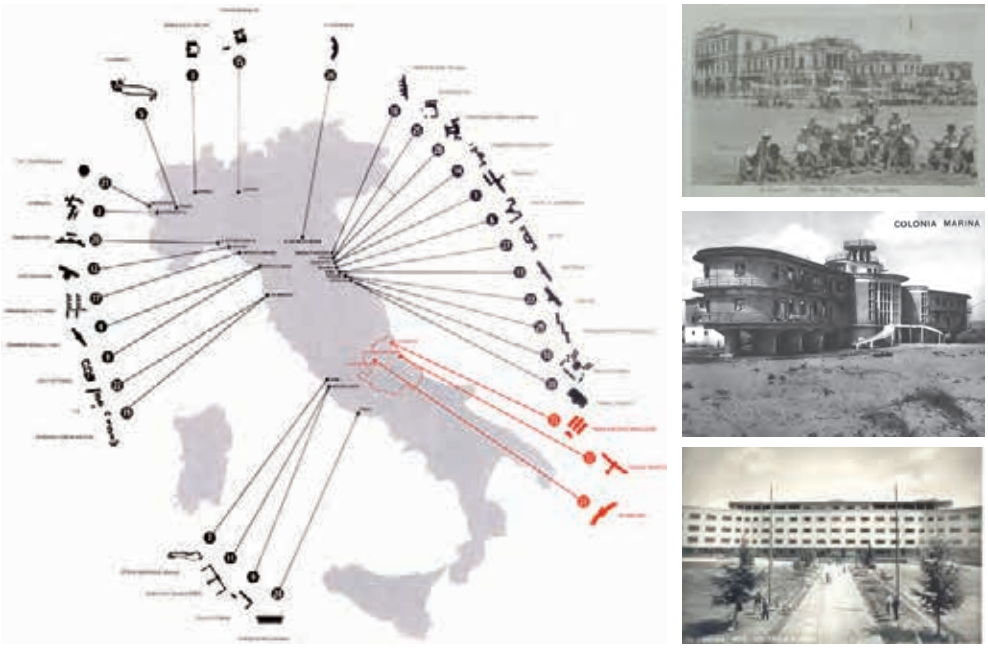


Fig. 3 – Il patrimonio delle colonie in Abruzzo rispetto al contesto nazionale.

Aquila, cui è possibile ricondurre la colonia montana di Roio voluta dall'Ente Nazionale di Assistenza alla Gente di Mare. La colonia di Montensilvano nasce all'interno di una lunga serie di vicende politico amministrative, tra le due neo nate provincie di Pescara e di Rieti con una serrata competizione tra le rispettive Federazioni dei Fasci. Diversa la vicenda della Colonia di Giulianova, già sede di un ospizio marino. Nei primi anni Trenta l'INAM, Istituto Nazionale per l'Assistenza Magistrale, organizza per i figli dei propri assistiti una colonia temporanea nella cittadina del litorale teramano; questa iniziativa costituirà la premessa per la realizzazione, di lì a qualche anno, di una colonia permanente.

La Colonia INAM Rosa Maltoni Mussolini a Giulianova

Alla volontà dell'INAM di realizzare una nuova colonia sul litorale di Giulianova si lega l'interesse di alcuni ricchi possidenti locali; in particolare la famiglia Migliori, dona a più riprese e nel breve volgere di un lustro, i terreni per la costruzione dell'intero complesso. Nelle previsioni dell'ente, questo avrebbe dovuto rappresentare *una città dell'infanzia,* in grado di competere per numero di posti letto con le più prestigiose e grandi colonie toscane e romagnole. L'incarico del progetto viene affidato all'ingegnere Alberto Ricci, dipendente del ministero della Pubblica Istruzione (Galantini, 2001). Ricci elabora nel 1933 una prima soluzione progettuale,

comprendente un solo corpo di fabbrica, ma appronta già un anno dopo una seconda ipotesi con la previsione di due altri edifici, disposti ai lati del principale. La colonia viene inaugurata 1936, ma l’intervento è completato nel 1937 con la costruzione di un corpo di fabbrica destinato a infermeria e a abitazione del custode. Tipologicamente la Rosa Maltoni Mussolini, dedicata alla madre del Duce, è dapprima organizzata come un *monoblocco* e poi adattata allo schema *del villaggio*, ribadendo in ciò la volontà dell’INAM di costruire la propria *città dell’infanzia*, organizzata sulla rigorosa specializzazione dell’impianto funzionale dei tre edifici, tra loro paralleli e dal pronunciato sviluppo lineare, secondo un’architettura che è metafora di uno degli oggetti della modernità e della velocità, la nave, in fig. 4.

Nell’edificio centrale vengono disposti al piano terra i locali di accoglienza che si aprono sul litorale, le cucine, i servizi igienici e le risalite, in posizione baricentrica rispetto al corpo di fabbrica, e una prima fascia di dormitori, rivolti verso il giardino interno, tra loro separati dal muro di spina e serviti da bagni disposti in testata. Al primo piano trovano spazio i locali per il refettorio, i servizi igienici e il corpo scala, a costituire un’invariante funzionale tra i differenti livelli, i dormitori e i relativi

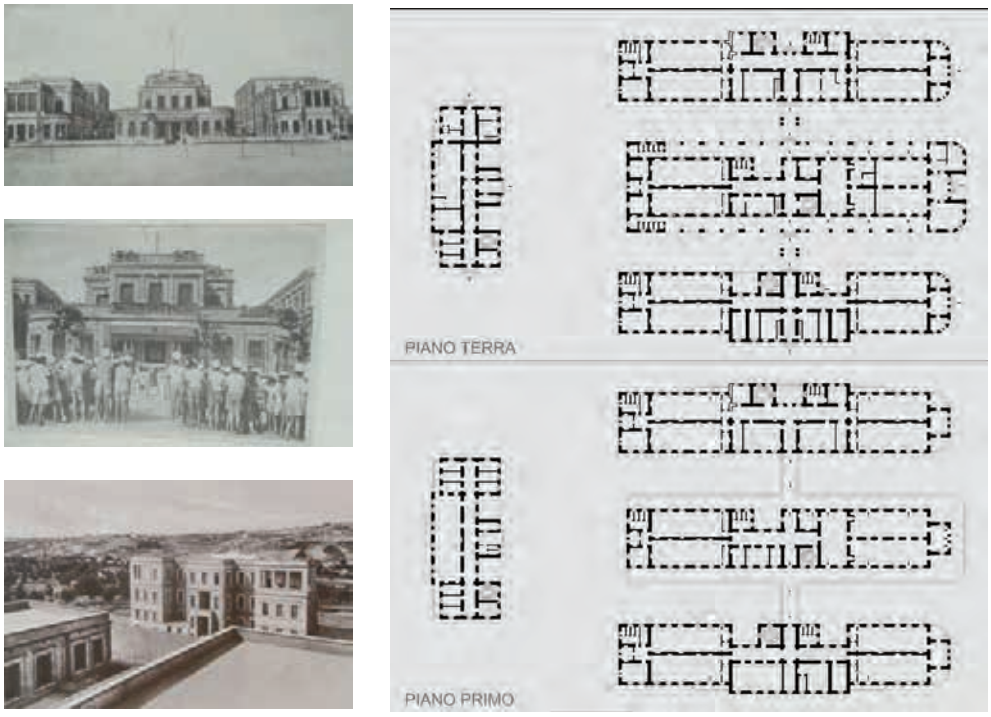


Fig. 4 – La tipologia del villaggio nella Colonia Rosa Maltoni Mussolini.

servizi igienici. Il secondo livello è quasi interamente occupato da due terrazze, una rivolta al mare e l'altra al giardino, separate da servizi e risalite e da piccoli ambienti, nonché da un locale più grande forse destinato alle attività ginniche. I due edifici laterali vengono realizzati a un solo anno di distanza dal precedente e ne ricalcano l'impianto planimetrico, pur con una minore profondità del fronte trasversale: resta infatti la disposizione baricentrica del corpo scala e dei servizi igienici che sono allineati tra i tre diversi edifici, a individuare gli accessi laterali, rimarcati da esili pensiline aeree di collegamento tra le terrazze presenti al primo piano di ogni blocco. I primi due livelli sono occupati dai dormitori e dai servizi, posti in corrispondenza dei fronti che si aprono sul giardino. A conclusione del complesso è posto l'edificio dell'infermeria, con la residenza per il custode, posta al piano terra e fornita di un accesso indipendente. L'infermeria, articolata su quattro livelli, dei quali uno ipogeo e destinato a locali tecnici, presenta, ai differenti piani, alcune sale per le visite mediche e la degenza degli ospiti della colonia.

La colonia Stella Maris a Montesilvano

La Federazione dei Fasci di Rieti sembra affidare il progetto della colonia, intitolata inizialmente a Rosa Maltoni Mussolini, secondo le notizie riportate in alcune relazioni della Sovrintendenza, a Elviso di Berardino, romano e capitano di artiglieria, ma tutta la documentazione conservata nell'Archivio di Stato di Roma riporta la firma dell'architetto Francesco Leoni, il cui nome compare tra i progettisti del concorso per il Palazzo Littorio a Roma, in collaborazione con l'ingegner Carlo Liguori. Per la realizzazione della Colonia è bandito, nel 1937, un appalto concorso tra ditte specializzate nella realizzazione di edifici in cemento armato aggiudicato alla Comm. Ugo Silvi di Roma. I lavori, per la cui esecuzione erano stati previsti 10 mesi, iniziati con ritardo nell'agosto del 1938, vengono ultimati dopo circa due anni e mezzo, per ritardi dovuti soprattutto all'approvvigionamento del ferro per il quale, in pieno periodo autarchico e con le sanzioni imposte dalla comunità internazionale, è necessaria una specifica richiesta al Commissario Generale per le Fabbricazioni di Guerra. La colonia verrà utilizzata per soli due anni e la successiva fase bellica segna l'inizio di un lungo processo di trasformazione. Nel progetto si manifestano, in modo eclatante, suggestioni macchiniste ed espressioniste presenti nella cultura architettonica del periodo che, con il ricorso a un forte simbolismo, condizionano le istanze funzionaliste. L'edificio, in fig. 5, noto come *Trimotore* si presenta infatti, come un'architettura *tecnomorfa* che riproduce l'immagine di un velivolo *pronto a spiccare il volo per raggiungere nuove mete e conquiste.*

Capace di ospitare più di duecento bambini, la colonia ha un assetto distributivo impostato sulla forte specializzazione dei diversi volumi, *una stretta analogia fra le parti della costruzione, rappresentante il velivolo e la destinazione di esse: le ali telate comprendoni i dormitori, la parte centrale sede del motore, è stata adibita a*

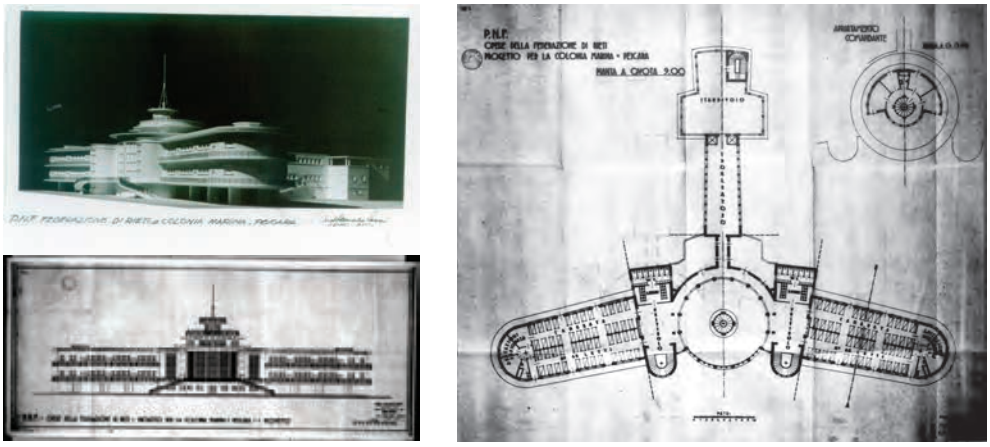


Fig. 5 – L’architettura tecnomorfa nella Colonia Stella Maris.

refettorio, la carlinga a refettori e corridoi, la parte posteriore, timone, a infermeria e servizi (Giannantonio, 2006).

L’organizzazione planimetrica ha il suo core nella grande sala circolare, posta tra i due motori che dinamicamente terminano nelle due scale di testata; questa è centrata sul collegamento verticale di forma elicoidale che distribuisce le diverse funzioni al piano terra, destinato a uffici e magazzino, al primo piano con il refettorio e con il ballatoio perimetrale e al secondo con l’alloggio del comandante.

La colonia montana IX Maggio a Roio, L’Aquila

Nel 1934 l’Ente Nazionale di Assistenza alla Gente di Mare affida il progetto della colonia di Roio all’architetto Ettore Rossi che vi amplierà la sperimentazione sulla tipologia del nosocomio iniziata per l’Ospedale Grande di Viterbo progettato nel 1932 con Luigi Moretti. Nel luglio del 1937 l’edificio è inaugurato e nello stesso anno la rivista Casabella riporta alcune notizie sul progetto presentato alla Mostra Internazionale delle Colonie di Roma (Pagano, 1937); nel numero monografico di Casabella Costruzioni 168 del 1941 nell’articolo sulle Colonia montane (Labò e Podestà, 1941b), la colonia è descritta compiutamente e se ne evidenzia lo schema razionalista attenuato dalla *lunga curva centrale a fronte convessa di grandissimo raggio, molto blanda, che dopo un’inflessione si raccorda con due braccia rettilinee*. La colonia IX Maggio, ascrivibile tra le colonie montane permanenti del tipo a monoblocco, si componeva di quattro piani fuori terra, un piano seminterrato e una terrazza coperta al quinto piano; divisa in due sezioni, maschile e femminile, con una capacità di duecentocinquanta bambini, era adatta a funzionare per tutto l’anno e, per questo, era stata dotata di impianto di riscaldamento. Al piano interrato si

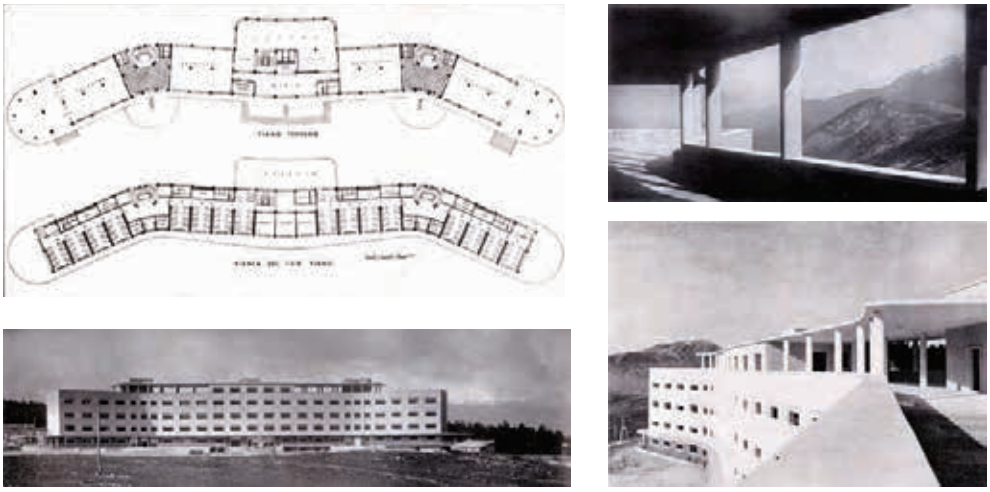


Fig. 6 – La tipologia monoblocco della Colonia IX Maggio.

trovavano i locali tecnici, al piano terra la cucina e i locali comuni, quali refettori e palestre. I piani primo, secondo e terzo, collegati da tre blocchi scala, uno al centro e i due principali, di forma elicoidale, posti a segnare l'attacco dei bracci laterali, contenevano le camerate e i servizi, secondo uno schema distributivo a pettine con le camerate sul fronte sud, segnate dalla sola disposizione degli elementi di arredo, e i servizi a nord; il tutto secondo una distribuzione speculare e simmetrica rispetto ai corpi scala che lasciava al centro gli spazi destinati alle sale studio e biblioteca, come mostrato in fig. 6.

La loggia, estesa in copertura per la parte centrale dell'edificio, comprendeva un locale destinato a un ambulatorio con infermeria per quattordici letti.

L'architettura della colonia si risolve nella costruzione di una volumetria pura, quasi astratta rispetto al contesto d'inserimento, con il quale trova, nel criterio razionale della migliore esposizione, una mediazione possibile tradotta nella sua deformazione concava e nella sua disposizione a 15° verso est in grado di assicurare una buona insolazione anche in inverno.

Alla linea morbida e continua dell'involucro murario, che caratterizza fortemente l'edificio, si contrappone la sottile soletta della soluzione di coronamento, sostenuta da una teoria di pilastri circolari, sottratta all'intera lunghezza del volume circostante.

Conclusioni

La considerazione dell'inedito tipo edilizio delle colonie, nella specificità dei tre edifici abruzzesi e nell'ottica di una analisi critica mirata alla codifica della singolarità degli esiti progettuali, permette la prefigurazione di scenari utili a un loro recupero

che contempli sia la conservazione e il corretto riuso di una piccola porzione di un particolarissimo patrimonio del Novecento, caratterizzato da una condizione di diffusività nella geografia nazionale, sia la tutela ambientale delle aree di insediamento, orientata a una loro valorizzazione coerente al potenziamento delle nuove funzioni immesse, presupposto per la definitiva rimozione della condizione di marginalità che le caratterizza. In questo quadro di riferimento, per le colonie abruzzesi è possibile definire una strategia a scala regionale che le trasformi in un sistema a rete legato alla formazione specialistica dei giovani, restituendo un’identità funzionale coerente all’edificio secondo un attualizzato modello d’uso e che, in base alle peculiarità dei diversi territori, modifichi il loro carattere di marginalità da eterotopia a atopia, da limite a condizione di una esperienza possibile in cui poter misurare l’efficacia degli interventi in funzione delle finalità conservative e delle potenzialità attuative.

Bibliografia

Cortelletti R. 1936. *Elementi di composizione degli edifici civili.* Milano: Hoepli.

Donghi D. 1930. *Manuale dell’architetto.* Milano: UTET.

Franchini F. 2008, *Colonie per l’infanzia tra le due guerre. Storia e tecnica*. Sant’Arcangelo di Romagna: Maggioli Editore.

Galantini S. 2001. *Giulianova e la «civiltà balneare». Turismo ambiente e modificazioni urbane dall’Ottocento preunitario al 1940*. Teramo: Giacinto Damiani Editore.

Giannantonio R. 2006. *La costruzione del Regime. Urbanistica, Architettura e Politica nell’Abruzzo del fascismo*. Lanciano: Casa Editrice Rocco Carabba.

Labò M., Podestà A. 1941a. L’architettura delle Colonie marine Italiane. *COSTRUZIONI Casabella. Rivista mensile di architettura e di tecnica*, 167, 2-6.

Labò M., Podestà A. 1941b. Le Colonie montane. *COSTRUZIONI Casabella. Rivista mensile di architettura e di tecnica*, 168, 2-23.

Melis A. 1939. *Caratteri degli edifici. Distribuzione proporzionamento organizzazione degli edifici tipici*. Torino: Editrice Libraria Italiana.

Mucelli E. 2009.*Colonie di Vacanza italiane degli anni ’30. Architetture per l’educazione del corpo e dello spirito*. Firenze: Alinea Editrice.

Pagano G. 1937. La mostra delle colonie estive e dell’Assistenza all’infanzia. *COSTRUZIONI Casabella. Rivista mensile di architettura e di tecnica*, 116, 6-15.

Damiano Santillo

Il ponte ferroviario S. Spirito lungo la linea Vairano–Isernia: il contesto storico-geografico e le tecniche costruttive

Abstract
The need for a railway connection between Rome and Puglia led to the decision, at the beginning of 1880, to build the Vairano-Isernia-Campobasso-Lucera railway line. One of the challenges was to cross a steepest river valley, with a railway bridge. named "S. Spirito": 44 masonry arches and a central metal span designed according to Howe truss model. This bridge, miraculously not destroyed by the Allied Forces bombings that caused thousands of civilian victims, was destroyed in autumn 1943 by the retreating German troops along the Gustav line. After the war, a new bridge, by Carlo Cestelli Guidi project, was carried out by means of an impressive reinforced concrete arch structure.

Il contesto storico – geografico
Ubicata nell'alta valle del Volturno, a circa 400 m s.l.m. su un oblungo promontorio di travertino sagomato da due corsi d'acqua perenni, la città di Isernia è un tipico esempio di sito *a continuità di vita*, in cui la forma urbana e le persistenze funzionali delle infrastrutture trovano ampio riscontro nelle fonti storiche e nella ricerca archeologica. Nel territorio di Isernia, fortificato dai Sanniti per il controllo della regione e delle vie armentizie che connettevano gli altipiani abruzzesi alle pianure pugliesi, nel 263 a.C. venne dedotta una colonia di diritto latino, strategica per le mire espansionistiche di Roma nei confronti dei popoli italici di lingua osca. Il fiume Volturno, infatti, interrompendo la continuità dei rilievi abruzzesi e molisano-campani, delinea i percorsi più agevoli per attraversare la dorsale montana sicché Isernia è stata sin dall'antichità un fondamentale crocevia, come attesta la Tabula di Peutinger. Da *Aesernia*, cui si giungeva da Roma tramite una diramazione della via Latina, partiva la via per *Beneventum*, percorso alternativo alla più famosa via Appia per raggiungere il porto commerciale di *Brundisium*. In tempi più recenti, al percorso tratturale Pescasseroli-Candela si è affiancata la carrabile S.S. n. 17, dorsale appenninica che collega Foggia con la via Salaria.

Stante il contesto, nella seconda metà del secolo XIX la città di Isernia venne inevitabilmente coinvolta nei serrati dibattiti istituzionali per la scelta del tracciato ferroviario ottimale per attraversare l'Appennino e connettere le sponde adriatiche con quelle tirreniche della penisola.

La programmazione, la progettazione e la realizzazione della linea

La storia ferroviaria di Isernia inizia il 16 maggio 1855 con la concessione, da parte del re Ferdinando II in favore del barone Panfilo de Riseis, per la costruzione di una ferrovia *da Napoli all'Adriatico, per Capua, e per gli avvallamenti del Volturno, e del Sangro*. Nella relazione tecnica a firma degli ingegneri Vincenzo Antonio Rossi e Giustino Fiocca, in merito alla esigenza della costruzione di una stazione ferroviaria a Isernia, si legge: *Di quanta importanza sia la stazione d'lsernia, non vi è chi non sappia, per le molte transazioni commerciali che vi hanno luogo, e per essere Capo Distretto* (Rossi e Fiocca, 1855). All'indomani dell'annessione sabauda, la concessione fu vanificata con la clamorosa decisione, nel 1862, di affidare alla cordata guidata dal conte Pietro Bastogi la costruzione e l'esercizio delle linee ferroviarie meridionali; con l'approvazione nel 1865 della *Legge dei grandi gruppi*, la Società Italiana per le strade ferrate meridionali del Bastogi orientò i propri interessi verso la linea Napoli-Benevento-Campobasso-Termoli, ritenuta più conveniente e meno problematica in fase realizzativa rispetto alle paventate Sulmona-Isernia e Caianello-Isernia-Campobasso-Lucera (Mercurio, 1994). L'intensa azione politica svolta tra il 1870 e il 1873 dal deputato abruzzese Giuseppe Andrea Angeloni, sostenitore del ruolo centrale dell'industria armentizia nello sviluppo economico del Mezzogiorno, e dal deputato Giandomenico Romano riportò al centro del dibattito nazionale l'esigenza di un collegamento ferroviario Appulo-Sannitico; tuttavia, la Commissione Parlamentare sulla legge delle nuove costruzioni evidenziò la mancanza di una valutazione della fattibilità tecnico-economica della linea. I comuni interessati dal percorso, pertanto, nel settembre del 1874 si riunirono in un consorzio al fine di poter ripartire le spese necessarie per lo svolgimento degli studi tecnici e, tra le moltissime domande pervenute, per la tratta Caianello-Campobasso venne incaricato l'on. ing. Francesco Giordano, già progettista della ferrovia Eboli-Reggio, per un compenso di 200 £/km, ritenuto particolarmente conveniente (Comune di Isernia, 1876). Con la legge Baccarini del 1879, la Caianello-Isernia venne classificata tra le linee che *Art.5 Saranno costruite dallo Stato, col concorso del 20 per cento delle spese di costruzione e di armamento, per parte delle provincie interessate*. Per essa si stimava un costo di 6,5 M£, inferiore alle 200.000 £/km, con un sostegno dello Stato di 5,2 M£ e, dunque, la necessità di concorrere alla spesa con 1,3 M£ da parte delle amministrazioni locali (Camera dei Deputati, 1879). Agli inizi del 1880 venne finalmente decisa la realizzazione dell'Appulo-Sannitica, inserita con la legge di riordino del 1885 nella Rete Mediterranea (Camera dei Deputati, 1885). La tratta Vairano-Isernia, lunga 45,248 km e con un profilo quasi sempre in ascesa, venne costruita in più fasi: il tronco Vairano-Venafro, lungo 20,230 km, fu inaugurato il 20 maggio 1886; il 2 settembre 1886 venne aggiunto il segmento Venafro-Roccaravindola di 7,490 km. Tra il 1889 e il 1894 venne infine realizzato il tronco Roccaravindola-Isernia, lungo 17,528 km e con il 22‰ di massima pendenza, che comprendeva opere di particolare

importanza e si concludeva con il viadotto S. Spirito, resosi necessario per superare il profondo vallone del Torrente Carpino in prossimità della città di Isernia (Trivellini, 2001; Vona, 1953).

La costruzione del viadotto Santo Spirito

Il progetto del viadotto, redatto dall'ing. Narciso Frosali (Trivellini, 2001), già progettista della tratta Cortona-Acquaviva e di una ferrovia alto-pistoiese nonché di pregevoli edifici nella città di Firenze quali il Villino Vegni e la Palazzina Poggi, prevedeva 44 archi in muratura di mattoni, ciascuno di 10,50 m di luce, su pile in muratura di pietrame e faccia vista in conci di travertino locale; l'attraversamento della gola, a circa 80 m di altezza, venne ipotizzato mediante una travata metallica di 68,72 m di luce, in semplice appoggio e a passaggio superiore, soluzione che consentiva una larghezza di carreggiata maggiore, con travi principali a traliccio di acciaio dolce e ferro agglomerato collegate fra loro in senso trasversale con elementi orizzontali e diagonali (Gardini, 1951). La prima parte del manufatto, la travata e un breve tratto delle arcate lato Isernia erano in rettifilo per una lunghezza di 308,99 m; i rimanenti 384,08 m di viadotto erano posti in una curva di raggio 250 m. Per la sua eccezionale lunghezza, pari a 693,07 m, il viadotto era classificabile fra i maggiori della rete ferroviaria italiana. La costruzione dell'imponente opera fu affidata all'impresa dei fratelli Tiezzi di Pisa che iniziò i lavori nel luglio del 1889, portandoli a compimento sul finire del 1893 sicché, il 20 marzo 1894, si poté festeggiare l'apertura al traffico della linea Caianello-Isernia. Il viadotto ebbe un costo complessivo di 1.284.772 lire: 1.720 £/m per i ponti in muratura (arcate laterali) e circa 3.000 £/m per la travata metallica che, dunque, comportò una spesa di circa duecentomila lire (Gardini, 1951; Fairman, 1899).

La realizzazione dell'opera attirò l'interesse dell'atelier fotografico di Cesari Vasari, attenzione che peraltro venne perpetuata nel dopoguerra anche da Tommaso Vasari, e venne posta in ampio risalto dai periodici dell'epoca, tra cui la rivista "*Illustrazione Popolare*", edita a Milano dai f.lli Treves, che realizzò un'immagine con la tecnica xilografica su legno di testa, in fig. 1.

Il modello di trave reticolare adottato combina iperstaticamente schemi ascrivibili al tipo *Howe*, particolarmente diffuso in passato lungo le ferrovie austro-ungariche, le *Sudbähn*, con diagonali compressi semplicemente puntati sui nodi e montanti verticali tesi e ancorati ai correnti. Lo schema a croce di S. Andrea dei diagonali consente di assorbire in ogni punto sforzi di taglio sia positivi sia



Fig. 1 – Il viadotto nella edizione del 25 febbraio 1894 di "Illustrazione Popolare".

negativi, provocati eventualmente dal carico mobile. Le componenti metalliche furono assemblate negli stabilimenti della Società Nazionale delle Officine di Savigliano, SNOS, la cui direzione tecnica era stata affidata dal 1885 all'ingegnere svizzero Jules Röthlisberger, progettista di numerose strutture in acciaio tra cui il ben noto ponte San Michele sull'Adda, costruito tra il 1887 e il 1889 (Ferrari, 2010).

Si osservi che il primo documento in merito a norme di progetto e modalità costruttive dei ponti metallici è il *Capitolato dell'Appalto delle travate metalliche occorrenti nella costruzione delle Ferrovie Complementari*, approvato il 28 settembre 1888, che prescriveva per il calcolo delle travate una serie di carichi uniformi corrispondenti a un treno tipo. Per la travata S. Spirito, il cui peso proprio rasentava le 248,5 t, di cui 234,1 t di ferro, 13,8 t di ghisa e circa 0,5 t di piombo, il sovraccarico fu assunto pari a 4,5 t per ogni metro di ponte completo, corrispondente a tre locomotive di V Categoria della Rete Mediterranea e del gruppo 4201-4500, come mostrato in fig. 3. La freccia elastica indotta dal sovraccarico fu stimata in fase di progetto in 63,6 mm, a fronte di una inflessione effettivamente riscontrata nel collaudo di 33,0 mm. Tra le soluzioni adottate in fase di cantiere si evidenzia il ponte metallico, anch'esso realizzato dalla SNOS, che si rese necessario per il montaggio della travatura e che era costituito da due castelli laterali e da un sistema centrale di travi armate che furono varate dagli sbalzi laterali, in fig. 4, coordinando l'azione di quattro antenne a capra. I materiali costituenti la travata metallica furono depositati al piede del pilone lato Caianello e di qui sollevati mediante delle taglie, assicurate a un castello costruito lateralmente e manovrate con un argano collocato al piano di campagna. Lungo il ponte di servizio fu disteso un binario con scartamento, pari a 6,5 m, maggiore della larghezza della travata, sul quale poteva scorrere una gru per porre in opera i pezzi della struttura. Per il montaggio complessivo della travata, incominciato il

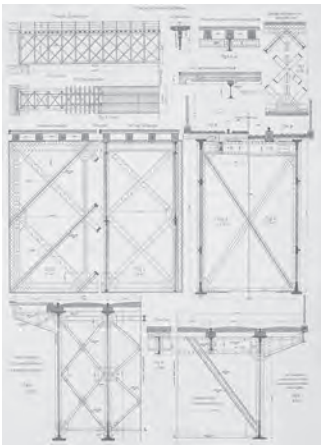


Fig. 2 – Travata ferroviaria utilizzata secondo lo schema proposto dal prof. Chicchi (Università di Padova, 1886).

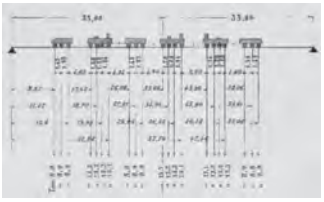


Fig. 3 – Schema di calcolo del sovraccarico della travata.



Fig. 4 – Prospetto del ponte di servizio.

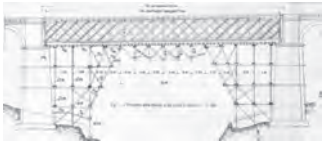


Fig. 5 – Prospetto della travata.

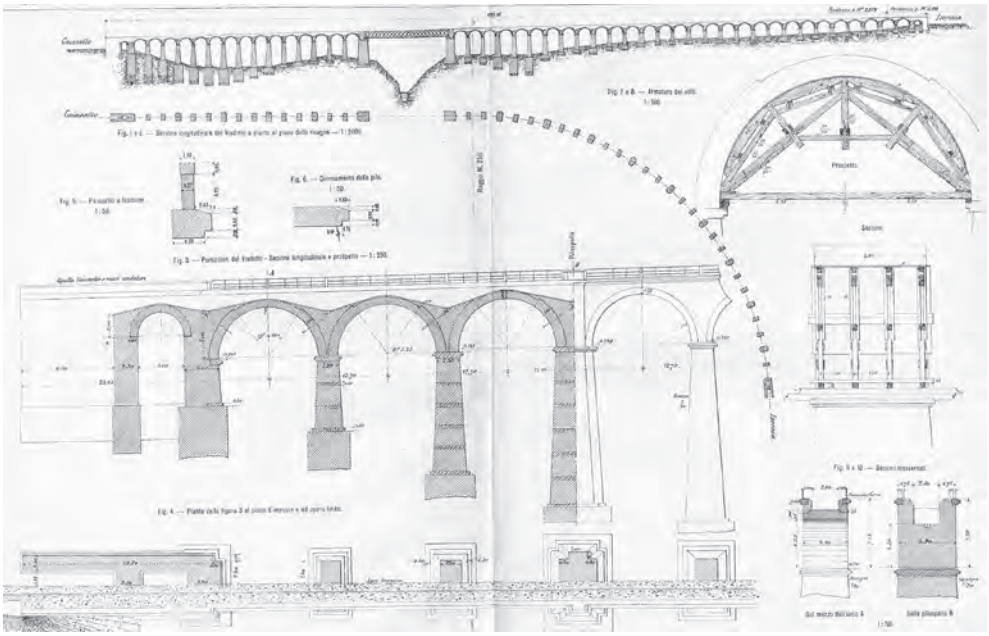


Fig. 6 – Pianta e sezione longitudinale e trasversale del viadotto. Particolari costruttivi.



Fig. 7 – Il viadotto al termine dei lavori.



Fig. 8 – Il viadotto in fase di esercizio.

2 luglio 1892, si impiegarono circa due mesi. Particolare cura fu posta nel calcolo, svolto per via grafica, della rastremazione delle pile ubicate nel tratto curvo del viadotto. Le fondazioni erano composte da un blocco di calcestruzzo al quale faceva seguito quello in muratura grezza che poi, al piano di campagna, terminava con una platea in pietra da taglio spessa 0,30 m. Il volume degli scavi di fondazione risultò di 20.250 m^3, dei quali 3.325 m^3 in roccia (Fairman, 1899).

L'acciaio per ponti in quei tempi poteva avere caratteristiche molto variabili sicché, quando la gestione delle ferrovie passò nel 1905 allo Stato, quota parte delle travate costruite dalle società concessionarie prima del 1897 (anno di entrata in vigore in Italia di uno specifico regolamento, deciso dopo la catastrofe del ponte di Münchenstein del 1891), manifestò il bisogno di opere di rafforzamento. Gli esami di laboratorio svolti nel dopoguerra sulla qualità del metallo per valutarne la convenienza al recupero evidenziarono *profilati, di ferro agglomerato costituito da ferrite tutta inquinata da scorie bandiformi; i ferri piatti…di acciaio dolcissimo* tanto da indurre la decisione di abbandonare nell'alveo all'incirca 1/3 della travata.

La distruzione bellica del viadotto

Con lo sbarco della 5ª Armata presso Salerno il 9 settembre 1943, Isernia divenne un luogo nevralgico sia per le operazioni di risalita della penisola da parte degli alleati che per quelle di apprestamento delle linee difensive da parte dei tedeschi. Otto grandi bombardamenti diurni *daylight precision bombing …,* a partire dal 10 settembre, si abbatterono sulla città con centinaia di tonnellate di bombe sganciate con l'obiettivo di distruggere le infrastrutture stradali e ferroviarie. Tuttavia, a fronte di centinaia di morti civili e di danni ingentissimi alle abitazioni e al patrimonio monumentale, le devastanti incursioni fallirono nell'intento, come esplicitamente annotato dai ricognitori: *"All bridges in Isernia area appeared to be intact …"* (AA.VV., 2012).

Furono allora i tedeschi, che nel frattempo avevano adottato in Molise la famigerata direttiva *Merkblatt 69/1* e si stavano riorganizzando lungo la linea Gustav, a minare meticolosamente e far saltare ogni singolo pilone del viadotto.

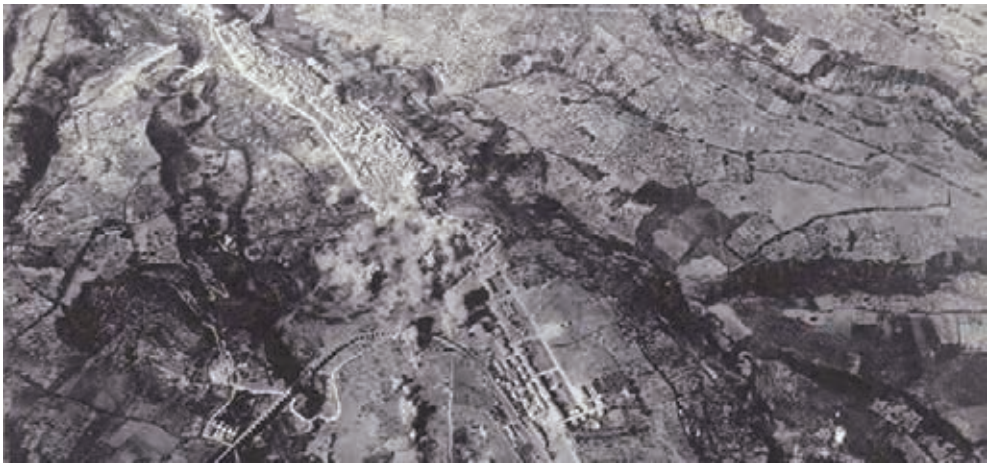


Fig. 9 – Foto aerea del bombardamento americano del 16 settembre 1943: le bombe mancano nuovamente il bersaglio del viadotto S. Spirito.



Fig. 10 – Vista del viadotto prima dei bombardamenti. Sullo sfondo le creste della linea Gustav.



Fig. 11 – Le macerie delle arcate del viadotto al termine della guerra.



Fig. 12 – Resti della travata metallica nel vallone.

La ricostruzione del viadotto

La sistematica distruzione dell'opera ferroviaria indusse nel dopoguerra a valutare l'ipotesi progettuale di deviare il tracciato, allo scopo di ridurre la lunghezza dell'attraversamento del fiume Carpino e di eliminare la porzione di traiettoria, inserita nel viadotto S. Spirito, con raggio di curvatura pari a 250 m. Tale soluzione avrebbe però comportato il prolungamento del tracciato e lo spostamento della stazione di Isernia o la trasformazione della stessa in stazione di testa, con un aggravio dei costi non compatibile con i criteri basilari della ricostruzione, essenzialmente basati sulla soluzione più economica e, dunque, orientati al pieno riutilizzo delle vecchie opere. Il nuovo viadotto venne pertanto planimetricamente reimpostato in fase progettuale sulle fondazioni esistenti, con una configurazione che praticamente ripeteva la vecchia scansione a 44 arcate, ciascuna con luce di 10,60 m, e che riproponeva il vincolo dell'attraversamento della gola del torrente Carpino. Fu tuttavia subito scartata l'ipotesi di una nuova travata metallica, a causa del costo elevato e dei tempi necessari per l'approvvigionamento della carpenteria in ferro. Gli studi progettuali, redatti dall'ing. Carlo Cestelli Guidi (Giannetti, 2011), si orientarono sulla sostituzione della travata metallica con un leggero arco in calcestruzzo di cemento armato, impostato sulla preesistente fondazione dei piloni di sostegno della travata ottocentesca, e con un sovrastante impalcato, appoggiato agli estremi a due piloni cavi, compenetrato in mezzeria con la chiave dell'arco e a esso collegato mediante quattro coppie di pilastri.

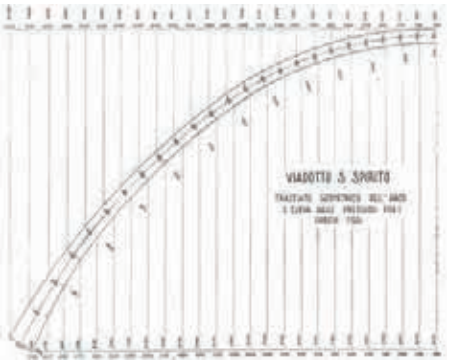


Fig. 13 – Curva delle pressioni e tracciato geometrico dell'arco del viadotto.

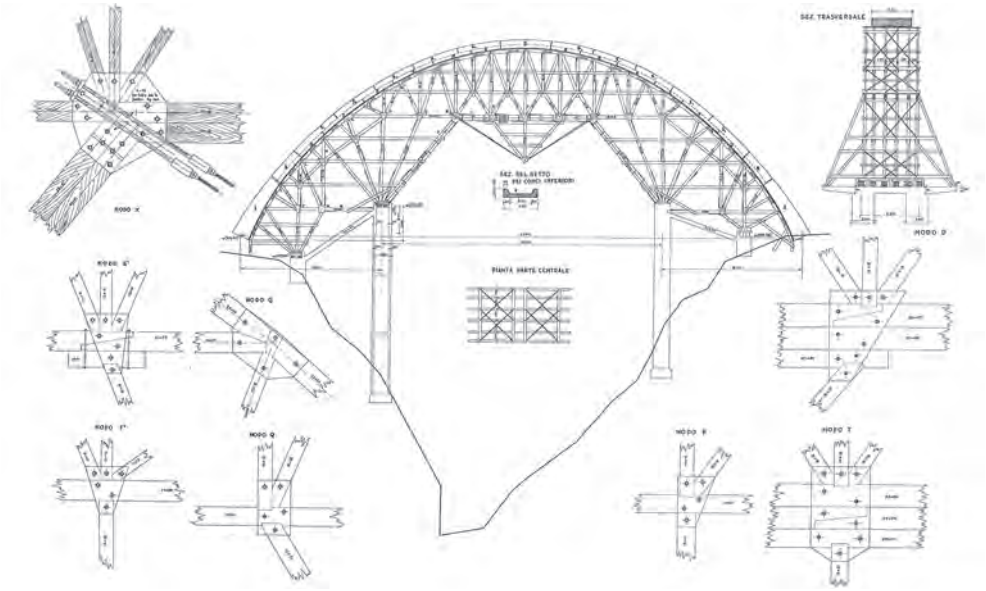


Fig. 14 – Centina dell'arcata centrale e suddivisione dei conci con l'ordine dei getti.

Lo schema di calcolo è quello di un sistema iperstatico, arco incastrato alle imposte, risolto utilizzando il sistema dell'ellisse di elasticità, ovvero il metodo grafico proposto da Culmann nel 1875, reso operativo dal suo allievo Ritter e formalizzato dal Rothlisberger nel 1886 per la costruzione del ponte ad arco sull'Adda. La fibra media è stata interpolata da una espressione polinomiale di 8° grado. Le caratteristiche del dimensionamento progettuale della struttura sono (Gardini, 1951; FF.SS., 1953; Vona, 1953):

a) Impalcato: è composto da due travi continue di sponda poste ad interasse di 3,55 m e collegate fra loro da travi trasversali di irrigidimento distribuite a intervalli di 3,80 m. I pilastri intermedi, che generano luci di 7,60 m, hanno sezione 0,90 m x 0,60 m e massima altezza libera di 11,60 m. La soletta sovrastante, anch'essa in cemento armato, ha un comportamento a piastra e sbalza lateralmente con sponde paraghiaia al fine di ottenere una sede di binario di 5 m.
b) Arco: incastrato agli estremi dei due dadi di fondazione, manifesta una luce di 64,70 m, una freccia di 22,25 m e uno spessore decrescente verso la chiave (2,05 m all'incastro e 1,05 m in chiave). La larghezza della canna è di 6,50 m all'imposta e di 4,50 m in chiave.
c) Fondazioni: i due dadi in conglomerato cementizio, su cui risultano incastrati gli estremi dell'arco, poggiano direttamente sulla roccia che delimita le pareti della valle fluviale, a una altezza di circa 50 m dal letto del corso d'acqua, sicché il pia-

no del ferro rasenta 80 m di altezza rispetto al fondo della gola. Sugli stessi dadi di fondazione poggiano anche i due piloni in muratura di sostegno dell'impalcato e delle due adiacenti arcate minori. Per non superare in fondazione le pressioni unitarie che si raggiungevano con la struttura in ferro e con i carichi accidentali previsti dalle norme allora in vigore, si sono alleggeriti i piloni rendendoli cavi e si è adottata una struttura ad arco quanto più possibile leggera, in modo da centrare la risultante dei carichi permanenti sul baricentro del piano di fondazione.

In fase di cantiere, i lavori in quota e l'aspra morfologia della gola imposero alle imprese appaltatrici, tra cui la *A. & P. Di Penta* di Campobasso, che sarebbe divenuta una delle più importanti imprese di costruzioni italiane, acquisita nel 1998 dalla Astaldi, la lombarda *Fratelli Falciola* e la *Del Favero* di Trento, l'impiego di mezzi d'opera adeguati per la produzione, il trasporto e il sollevamento dei materiali. In particolare, fu innalzata una gru a torre mobile, alta 55 m e con un braccio di 20 m, con la quale si poté approvvigionare un'area di cantiere di 80 m di raggio; il sostegno del binario venne realizzato con un cavalletto in c.a., lungo 40 m, posto entro la gola.

L'analitica descrizione delle fasi lavorative è riportata negli articoli pubblicati dalla rivista *Ingegneria Ferroviaria* (Vona, 1953; Gardini, 1951). La mastodontica centina lignea dell'arco, che richiese 350 m^3 di legname e 15 t tra ferro per piastre e chiavarde e acciaio per funi, fu realizzata con sei incavallature a sbalzo e con un elemento centrale appoggiato. Gli ancoraggi furono ottenuti con quattro coppie di piloni in conglomerato cementizio; i pilastri intermedi, eseguiti a sezione rettangolare cava a parete sottile armata, raggiunsero i 26 m di altezza. La parte a sbalzo venne costruita con tre travi sovrapposte di abete; la parte centrale fu formata da una trave armata



Fig. 15 – La costruzione della centina dell'arcata centrale.

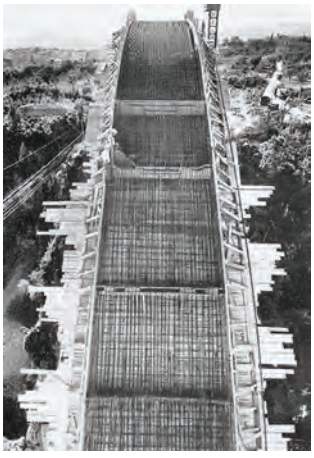


Fig. 16 – Armatura dell'arco.

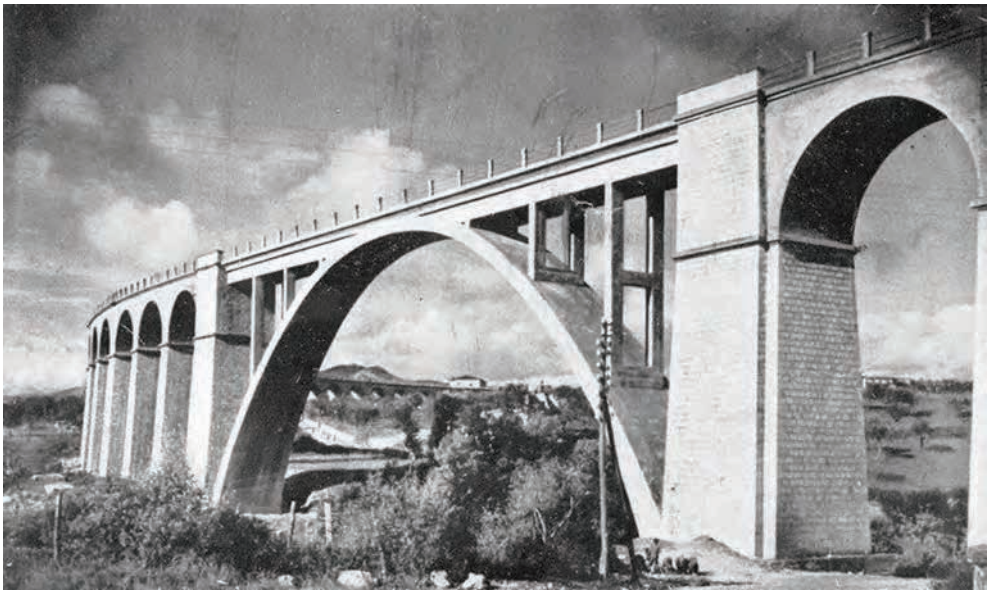


Fig. 17 – Il viadotto al termine dei lavori di ricostruzione.

a sezione variabile con luce di 16 m. Per la fornitura di 4500 m^3 di bolognini venne utilizzata una cava di travertino del *plateau* di Isernia, attrezzata con fili elicoidali per la cavatura dei blocchi e per il taglio in conci. In una cava locale furono invece installati i frantoi e i vagli per fornire il pietrisco calcareo atto al confezionamento del calcestruzzo. La sabbia fu prelevata dal fiume Volturno. Il getto del conglomerato per la costruzione dell'arco fu eseguito in due rotoli, ovvero a coppie di conci simmetrici alternati fra loro, ad esclusione delle due coppie di conci prossimi all'imposta e del concio in chiave che vennero eseguiti a tutto spessore. Il getto dell'arcata richiese in totale dieci giorni di lavoro; nell'insieme l'arco cuba 600 m^3 con un rapporto ferro-cemento di 86 kg per m^3. Il sistema dei due pilastri e dell'impalcato correlato cuba 233 m^3, con un rapporto ferro-cemento di 118 kg per m^3. I lavori del primo lotto, comprendenti l'arcata centrale, nove arcate lato Isernia e tre lato Vairano, furono consegnati il 10 agosto 1948 e ultimati il 22 febbraio 1950. Il secondo lotto fu consegnato il 16 maggio 1951 e ultimato il 22 novembre 1952. Il 22 febbraio 1953 il Ministro dei Trasporti poteva percorrere il viaggio inaugurale da Vairano a Isernia. Il ripristino della linea richiese 280.000 giornate lavorative e la spesa di circa 1.500 milioni di lire; per l'entità delle distruzioni riscontrate, per l'alto livello delle soluzioni progettuali adottate e per le difficoltà di cantierizzazione delle opere, la ricostruzione del viadotto S. Spirito rimane una pietra miliare nella storia della riattivazione delle ferrovie italiane all'indomani del secondo conflitto mondiale.

Ringraziamenti

Gabriele Venditti (direttore Biblioteca “M. Romano” di Isernia), Fabrizio Minichetti (Associazione LeRotaie Molise) e lo staff della biblioteca di Fondazione FS.

Bibliografia

AA.VV. 2012. *Il Molise e la guerra totale* (a cura di Cerchia G). Isernia: Iannone editore.

Camera dei Deputati. 1879. *Provvedimenti per la costruzione di nuove linee di completamento della rete ferroviaria del Regno.* Legge n. 5002 del 29 luglio 1879. Legge n. 3048 del 27 aprile 1885. Camera dei Deputati, Atti parlamentari.

Camera dei Deputati. *Esercizio delle reti Mediterranea, Adriatica e Sicula e costruzione delle strade ferrate complementari.* Legge n. 3048 del 27 aprile 1885. Camera dei Deputati, Atti parlamentari.

Comune di Isernia. 1876. *Deliberazione del consiglio comunale d’Isernia***:** *Studi della Ferrovia Appulo - Sannitica e Cajanello – Sulmona*. Isernia: Tip. F. Matticoli.

Fairman E. 1899. Costruzioni ferroviarie. Cenno sul viadotto S. Spirito della ferrovia Caianello-Isernia. *L’ingegneria civile e le arti industriali*, XXV(.2, 3 e 4).

Ferrari R., Facheris M., Rizzi E. 2010. Structural analysis of the Paderno d’Adda Bridge (Italy 1889). *Advanced Materials Research*, 133-134, 459-465.

FF.SS. 1953. *La ricostruzione della linea Vairano – Isernia, 1943-1953*. Roma: Ministero dei Trasporti, Ferrovie dello Stato, Compartimento di Roma, Sezione lavori Roma sud-Gruppo ricostruzione. Roma: Tipolito FF.SS..

Gardini C. 1951. Il viadotto di S. Spirito della linea Vairano-Isernia. *Ingegneria Ferroviaria-Rivista dei Trasporti*, luglio-agosto.

Giannetti I. 2011. Bridging Italy 1943-1952. Diario della Ricostruzione, in *SIXXI Storia dell’ingegneria strutturale in Italia*, 3 (a cura di Iori T. e Poretti S.). Roma: Gangemi Editore.

Iori T., Poretti S. 2011. *La sperimentazione autarchica,* in *SIXXI Storia dell’ingegneria strutturale in Italia*, 2 (a cura di Iori T. e Poretti S.). Roma: Gangemi Editore.

Mercurio F. 1994. Le ferrovie e il Mezzogiorno: i vincoli “morali” e le gerarchie territoriali (1839-1905). *Meridiana*, 19, 155-193.

Minichetti F. 2010. *Una ferrovia di montagna*. Isernia: Cosmo Iannone editore.

Petrocelli E. 1984. *Il divenire del paesaggio molisano*. Isernia: Edizioni Enne.

Rossi V. A., Fiocca G. 1855. *Andamento, importanza, costo preventivo ed utilità della ferrovia abruzzese-romana e maniera di mandarla ad effetto.* Società in Anonimo per la ferrovia abruzzese pei confini romani, Napoli: Stabilimento tipografico Nicola Porcelli.

Trivellini G. 2001. *Le ferrovie nel Molise. Dalle prime rotaie alla Venafro-Rocca D’Evandro*. Isernia: Iannone editore.

Vona G. 1953. La ricostruzione della linea Vairano-Isernia. *Ingegneria Ferroviaria-Rivista dei Trasporti*, marzo.

Ugo Carughi

L'opera di P.L. Nervi, esempio per una strategia di tutela

Abstract
As it is known, P.L.Nervi is different from other contemporary designers: *the major Italian engineer of contemporary era […] seems to belong to another world […] strange to the present* (Pace, 2012). This world is characterized by a close relation between the ideational, experimental and constructive aspect.

Nervi's works are a model for a greater awareness of architectural heritage at all time. We can confer to them the qualification of excellence for some common characters that ignore the singularity of each one. So, we can combine more important works with 'minor' works that have a testimonial value regarding their historical period. All these architectures form a 'contextual network' that has no geographical, but conceptual boundaries. So it's possible to debate on wider protection strategies than the current ones. How could we are carry out this task? By transferring the cultural interest from more important works, from their iconic appearance and from discretionary assessment on their quality, to design and technological processes that has produced them. In this process we can individuate three main factors of historical subjects: Unicity (cultural, intrinsic value), Causality (relationship value into the narrative heritage), Selectivity (selection of works according to common characteristics). The main advantage of this strategy is a more effective perception of national heritage identity protecting not a single but a 'closed series' of works (Kubler, 1983), in which the interest of each single work recalls all the others.

Introduzione
Il tema di questo scritto è focalizzato su una serie di opere di Pier Luigi Nervi, considerate quali esempi per considerazioni di carattere più generale sul riconoscimento dell'interesse culturale d'opere di architettura del secondo Novecento in funzione della loro tutela. È, dunque, quest'ultimo l'argomento di fondo dal quale iniziamo il discorso, trattandosi della ragione stessa del contributo.

Cenni sulla tutela del secondo Novecento
Il patrimonio architettonico del '900 appare sempre meno considerato e tutelato dalla legislazione italiana, in completa controtendenza rispetto agli orientamenti della cultura di settore.

In Italia (unica nazione al mondo) dal 2011 al 2017 è rimasta in vigore una duplice limitazione temporale alla tutela sui beni immobili: 50 anni dalla realizzazione dell'opera, se di proprietà privata; 70, se di proprietà pubblica. Col risultato che opere di eccezionale valore, note in tutto il mondo, realizzate tra gli anni '40 e '60 del '900, sono senza tutela. Si pensi, per attenerci al nostro esempio, ai capolavori di Pier Luigi Nervi: non sono tutelati i padiglioni del Valentino a Torino; non le strutture romane delle Olimpiadi del '60. Tutte opere pubbliche. Peraltro, dall'anomalo prolungamento di 20 anni erano escluse le opere pubbliche mobili, per le quali valeva ancora il limite di 50 anni: un vero e proprio ginepraio normativo. Ci chiediamo come si sia potuta collegare la natura contingente e puntuale del regime di proprietà a quella pubblicistica e collettiva dell'interesse culturale: un ibrido che vede una stessa norma ispirata da interessi differenti e contrapposti.

Ma dal 29 agosto 2017 è entrata in vigore la legge *04.08.2017 n. 124*, il cui art. *1*, comma *175*, ha nuovamente modificato il comma *5* dell'art. *10* del *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, estendendo il limite di 70 anni ai beni immobili e mobili di proprietà privata. Scomparsi, così, i 50 anni della legge Nasi (1902: 116 anni fa!), resta per ora escluso dal riconoscimento d'interesse culturale per valore intrinseco tutto il secondo Novecento.

Eppure, la rivoluzione informatica dovrebbe comportare procedure non solo più rapide, ma sostanzialmente differenti nell'accertamento dell'interesse culturale. L'accesso infinitamente più agevole a dati d'ogni genere, sia di carattere specifico, sia di carattere comparativo, tende ad accorciare e a modificare lo stesso concetto di prospettiva storica, necessaria per valutare adeguatamente un'opera all'interno del suo contesto epocale, ambientale, sociale.

Nelle strategie di tutela sta assumendo, di converso, un'importanza sempre maggiore l'interesse *relazionale*, anche sul piano internazionale, dove è di gran lunga più diffuso di quello cosiddetto *intrinseco* che, oltretutto, è molto più discrezionale e quindi opinabile. In tale processo entrano in gioco le tre componenti basilari della storiografia: all'interesse intrinseco del *totem* irripetibile (Unicità), si sostituisce progressivamente quello relazionale del *patrimonio narrativo*(Causalità). Le invarianti comuni in base alle quali le opere sono scelte ne determinano la selezione (Selettività). I vantaggi d'una tale prospettiva stanno nella maggiore forza identitaria derivante ai patrimoni architettonici nazionali dall'attribuzione della qualifica di eccezionalità non a singole architetture, ma a un certo numero di esse riunite in *serie chiusa* (Kubler, 1983) e collegabili con una sorta di rete, in cui il riconoscimento dell'interesse di ognuna richiami quello di tutte le altre, riverberandosi su una *tutela d'insieme*, piuttosto che puntuale.

Una serie di fattori ha determinato la progressiva apertura d'orizzonti nella considerazione delle opere del Novecento. Il più generale sta nell'ampliamento del panorama mondiale della tutela, in particolare dopo la *Carta di Burra* redatta dall'ICO-

MOS Australiana nel 1979, da cui è scaturito un modello inclusivo di tutela di beni sia culturali, sia naturali. La *Carta Aotearoa* della Nuova Zelanda, del 1992, seppure con minore autorevolezza in quanto circoscritta a interessi più contestualizzati, ha confermato l'attenzione, più che su singoli manufatti, sui siti territoriali e sui cosiddetti valori volatili (riti, manifestazioni religiose, ecc.), attraverso i quali le popolazioni indigene conferiscono personalità agli elementi del paesaggio, nutrendo nei loro riguardi un deferente rispetto, premessa indispensabile per un atteggiamento di tutela. Wim Wenders, ad esempio, ha rilevato come gli Aborigeni, come i popoli nomadi dell'America del Nord, siano lontanissimi da ogni idea di possesso di un pezzo di terra, che è invece uno dei capisaldi della cultura occidentale (Wenders, 1992). E John Stubbs osserva che: *Modalità particolari di collegamento al passato sono insite nel trasferimento delle conoscenze dei popoli indigeni, nelle tradizioni orali e nelle pratiche performative che, di generazione in generazione, rendono il passato significativo a livello personale e sociale per il presente. A volte questo patrimonio immateriale trova anche una sua concreta rappresentazione nei siti archeologici, nei monumenti e negli edifici, e in particolari paesaggi naturali o culturali* (Stubbs, 2009). Così, sono entrati nel panorama internazionale della tutela Paesi che hanno poco patrimonio costruito quali, ad esempio, quelli oceanici o asiatici dove, peraltro, il restauro e la conservazione sono intesi in modo completamente diverso rispetto all'Italia e, più in generale, all'Europa. Di fatto, s'è spostato il tradizionale baricentro della tutela, in precedenza riferito prevalentemente ai Paesi europei. E se ne è modificato progressivamente il significato, sempre più riferito all'interesse testimoniale e relazionale e sempre meno a quello intrinseco.

Le opere di Nervi con copertura a volta o a cupola

Consideriamo qui il caso di Nervi quale esempio per una maggiore considerazione dell'architettura del Novecento, anche alla luce delle condizioni determinatesi per più rapidi e consapevoli processi di storicizzazione in conseguenza della progressiva informatizzazione dei processi conoscitivi.

Com'è stato da più parti rilevato, l'opera di Pier Luigi Nervi presenta caratteristiche particolari che la distinguono da quella d'altri protagonisti della coeva architettura mondiale. Scrive, al riguardo, Sergio Pace: *la storiografia dell'architettura e dell'ingegneria sembrano aver perduto la parola al momento della scomparsa di colui che, a ben vedere e senza troppe esagerazioni, è identificabile come il maggior ingegnere italiano dell'età contemporanea […] Perché tanta attenzione dopo tanta indifferenza?* E, più oltre: *l'opera dell'ingegnere valtellinese è un'eredità scomoda perché inclassificabile, […] per molti versi fuori dal tempo […] Pier Luigi Nervi sembra appartenere a un altro mondo* (Pace, 2012). Un mondo, aggiungiamo, connotato essenzialmente da un'intima fusione tra il momento progettuale, quello sperimentale (prima il laboratorio a cielo aperto della Magliana a Roma, poi l'Istituto

Sperimentale Modelli e Strutture di Bergamo fondato da Danusso nel 1951) e quello costruttivo, sottoposti al controllo univoco del progettista e costruttore.

Nel presente contributo consideriamo talune opere di Pier Luigi Nervi in relazione a una serie di caratteri comuni che prescindono dalla specificità dei singoli interventi. Ci proponiamo, così, di prospettare una strategia di tutela che privilegi il loro aspetto testimoniale, all'interno di una *rete contestuale* di cui fan parte anche strutture considerate minori dalla critica.

Si trasferisce, così, la verifica dell'interesse culturale dal giudizio critico sulle intrinseche qualità spaziali, strutturali, formali delle opere più note, ai processi progettuali e tecnologici che le hanno prodotte e di cui fanno parte anche interventi non realizzati ma solo documentati. Il *fil rouge* che le collega non soltanto si manifesta nel continuo avanzamento tecnologico e strutturale; esso evidenzia anche una specifica e comune idea di spazio, intimamente connessa all'aspetto strutturale e a quello funzionale. Il tutto mirabilmente fuso, nelle realizzazioni più riuscite, in architetture a tal punto innovative da essere spesso considerate soprattutto per le qualità irripetibili in esse espresse, mettendo in secondo piano le ricorrenze compositive, strutturali e realizzative, che qui più interessano.

Nelle opere che citiamo, contrassegnate da coperture voltate o a cupola, appare con immediatezza una delle chiavi di volta comuni, che è in quella linea d'orizzonte su cui è impostata la copertura, una linea continua o spezzata, ondulata o arcuata, che disegna il limite tra gravità e leggerezza, tra incombenze funzionali e distributive, ogni volta diverse, e una libera e autonoma idea di spazio, costantemente riproposta.

2.1 Aviorimesse

In una sia pur sintetica disamina delle strutture con coperture ad arco e a cupola non si può non partire dalle aviorimesse. Il problema tecnico dominante per la realizzazione di tali organismi era quello di superare le grandi luci imposte dalle dimensioni degli aerei, limitando l'uso del ferro a causa delle sanzioni economiche imposte dalla Società delle Nazioni all'Italia fascista nel 1936, a seguito dell'attacco all'Etiopia. Era, quindi, usato soprattutto l'autarchico cemento evitando gli sforzi di trazione e riducendo i pesi propri e l'eccesso di materiale, per contenere quelli di compressione. Nervi inizia a studiare concretamente il problema nel 1935, in occasione del concorso indetto per due aviorimesse per l'aeroporto di Ciampino, che non vincerà.

Fin dall'inizio, pur con una idea completamente diversa da quella poi realizzata ad Orvieto, imposta l'ingresso degli aerei dal lato lungo dell'aviorimessa, liberando l'ancoraggio al suolo della copertura da qualsiasi ingombro superfluo e ottenendo il massimo possibile di luce libera. Un aspetto che, come vedremo, si rivelerà un *leitmotiv* compositivo in molte opere successive. In questi primi disegni, in fig. 1, la copertura sagomata è retta da alte travi reticolari mistilinee trasversali di 36 m di luce, sostenute da grossi pilastri, da cui parte uno sbalzo al cui intradosso sono agganciate

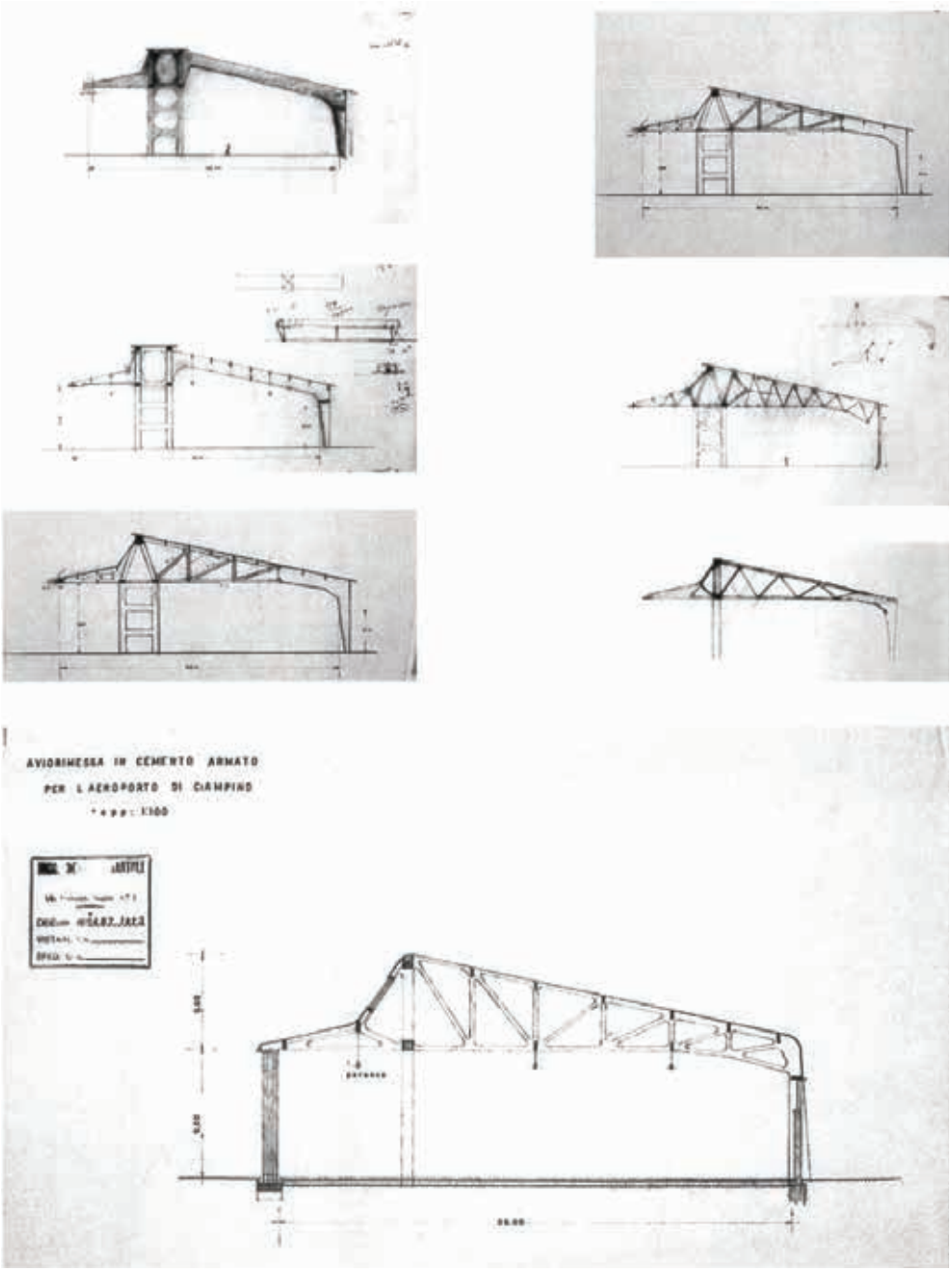


Fig. 1 – 1935. Primi grafici per le aviorimesse a Ciampino.

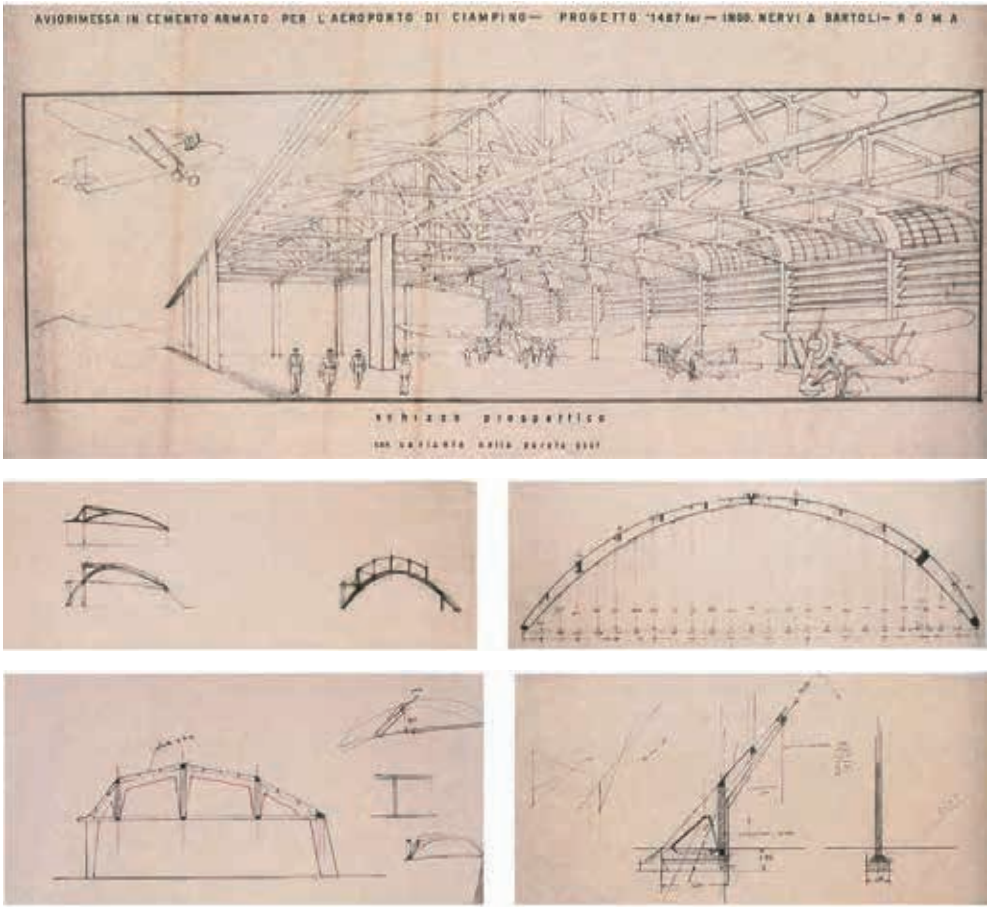


Fig. 2 – 1935. Aviorimesse a Ciampino. Soluzioni successive.

le chiusure dell'hangar. Gradualmente la copertura tende a diventare curvilinea e simmetrica, fino a inclinare i sostegni seguendone la curvatura, come in fig. 2.

La sezione finale dell'hangar per Ciampino, in fig. 3, è molto simile a quella dei primi due di Orvieto (1935-1938), ulteriormente affinata su luci ancora maggiori. Qui gli archi incrociati, con luce all'imposta di 50 m, poggiano su una trave di bordo alta 9 m da terra e sostenuta, sul lato lungo d'ingresso, soltanto agli estremi e in mezzeria e sugli altri tre lati da sostegni inclinati in corrispondenza dei punti d'imposta degli archi della copertura, come mostrato in fig. 4.

I problemi, costituiti dall'enorme impiego di carpenterie in legno a perdere e dalla copertura in laterizi, che presto cominceranno a staccarsi e a cadere come visibile in fig. 5, viene risolto prima nei due hangar di Marsala (1938-43), di 45 m x 55 m, con

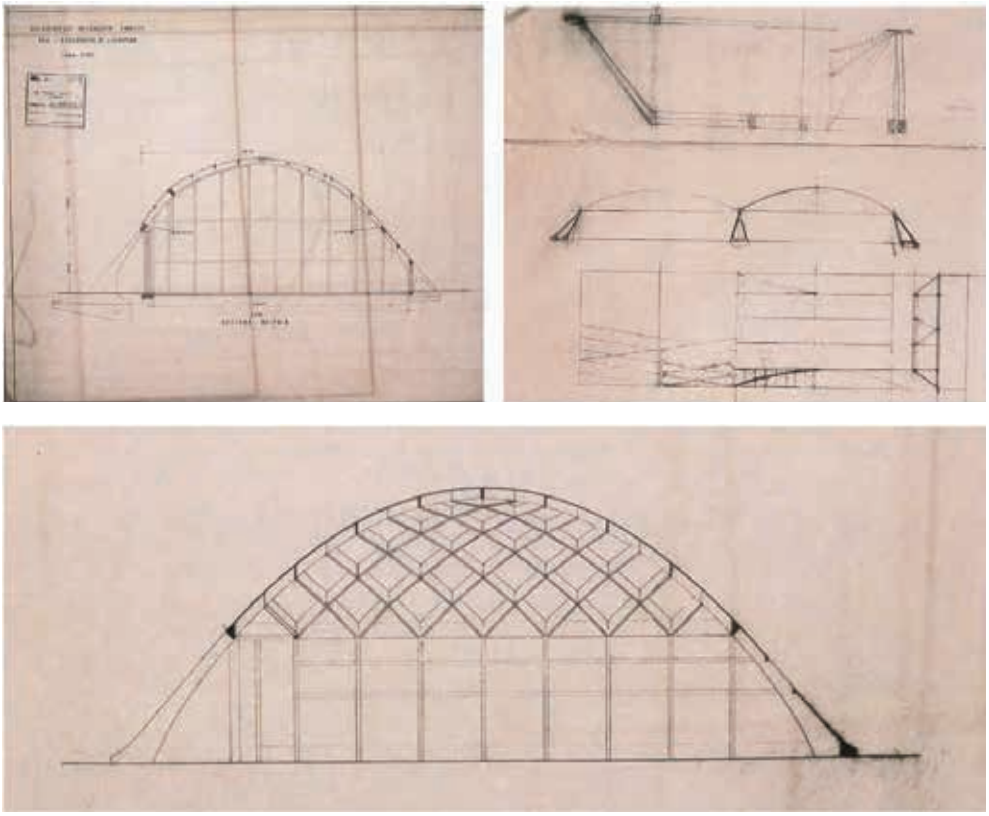


Fig. 3 – 1935. Aviorimesse a Ciampino. Soluzione definitiva

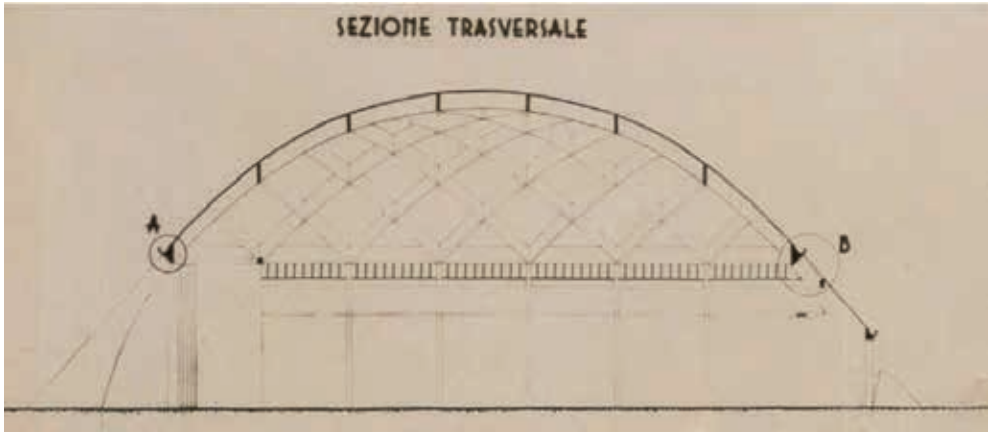


Fig. 4 – 1935-38. Aviorimessa a Orvieto.

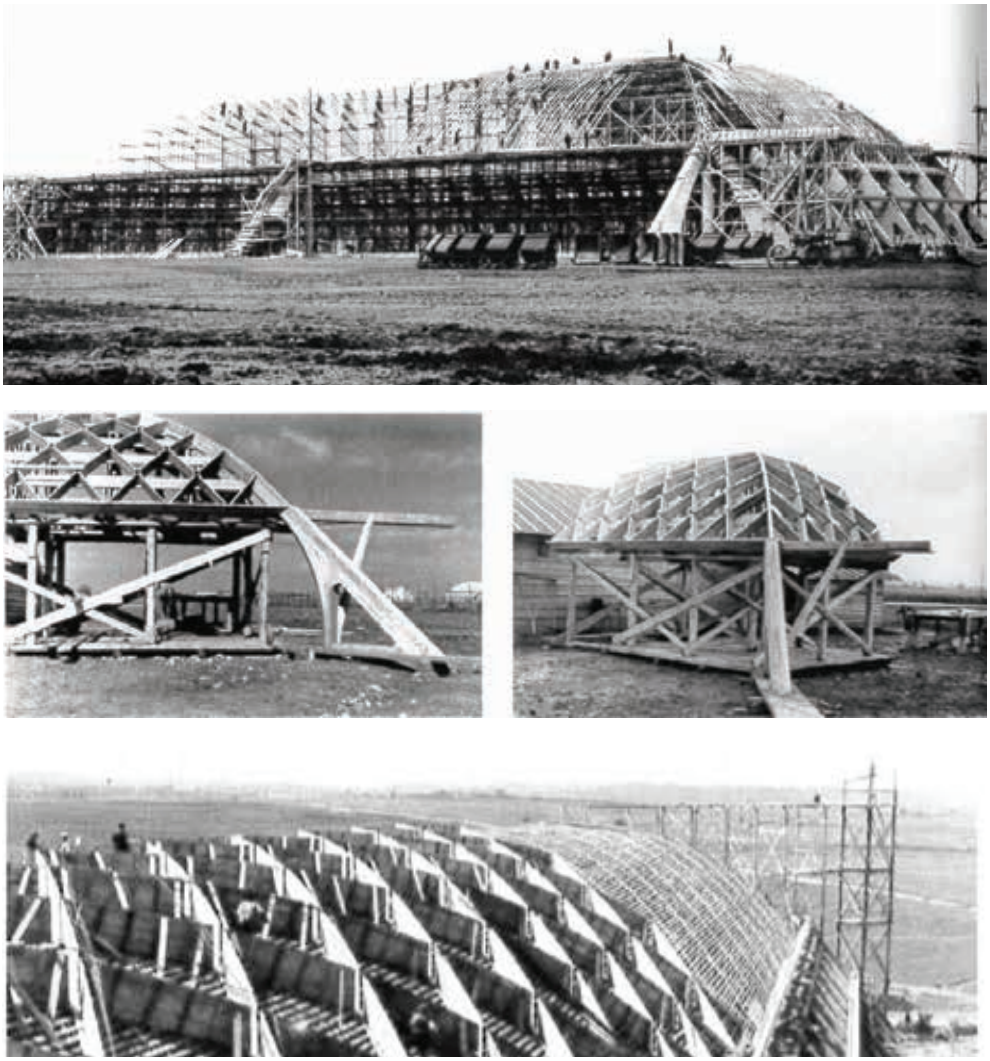


Fig. 5 – 1935-38. Aviorimessa a Orvieto.

ingresso velivoli dal lato corto e fitti contrafforti laterali, in fig. 6, poi nelle ulteriori sei strutture a Torre del Lago, Orvieto e Orbetello (1939-42). A Marsala le travi ad arco furono realizzate in più pezzi già con il concetto della prefabbricazione a piè d'opera, montati operando su un leggero ponteggio con pianale in legno. A Torre del Lago, Orvieto e Orbetello, Nervi perfezionò il sistema della prefabbricazione e montaggio, costituendo travetti reticolari in pezzi, resi pieni solo negli archi centrali più sollecitati, controllando le sollecitazioni con l'ausilio di modelli in scala 1:37,5, in fig. 7.

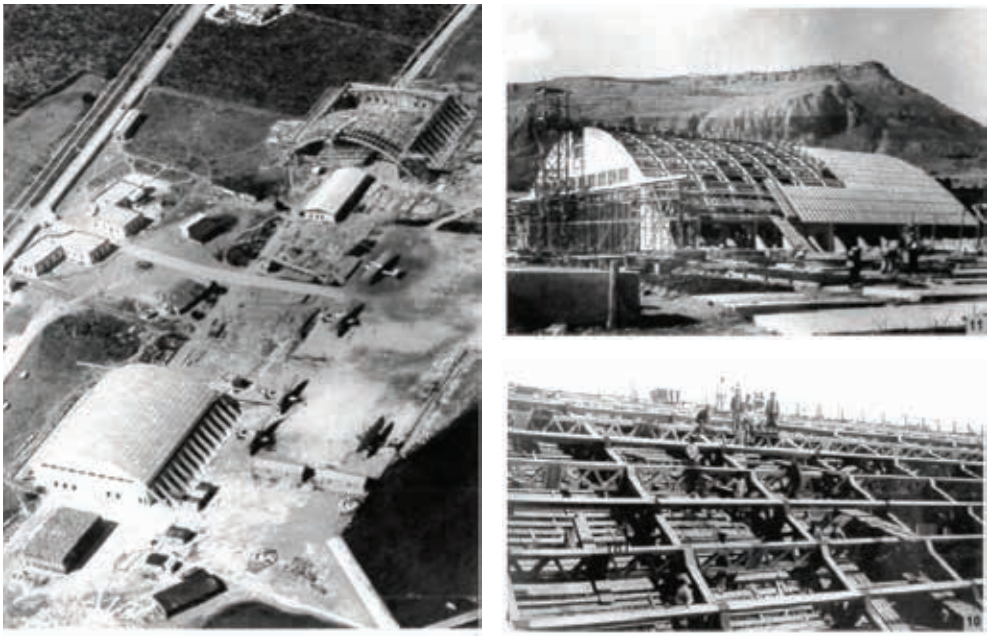


Fig. 6 – 1938-43. Aviorimessa a Marsala.

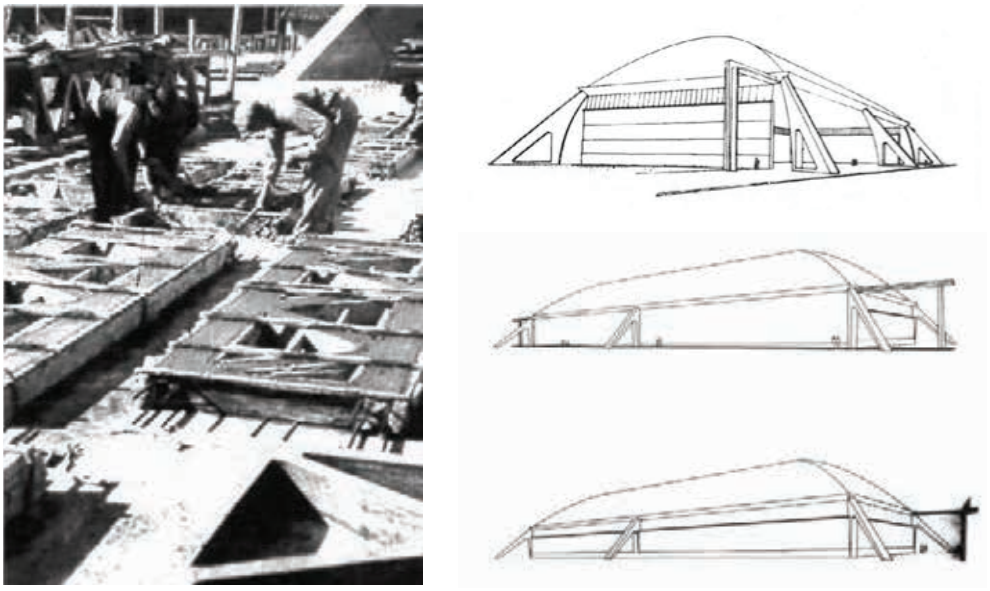


Fig. 7 – 1939-42. Aviorimesse a Orvieto, Orbetello, Torre del Lago.

Inoltre, Nervi rese simmetrica la struttura con soli sei appoggi inclinati, liberandola su tutti i lati. Possiamo dire che la trama di nervature dell'aviorimessa fotografata prima che fossero messe in opera le chiusure laterali e la volta è il teorema di una concezione spaziale, funzionale, strutturale che sarà dallo stesso Nervi variamente interpretata in tutte le opere successive connotate da coperture voltate e strutture ad arco, di cui in fig. 8 è riportato un esempio.



Fig. 8 – 1939-42. Aviorimesse a Orvieto, Orbetello, Torre del Lago.

2.2 Depositi e magazzini

Alle aviorimesse, distrutte dai tedeschi, sono per certi aspetti collegabili i depositi, progettati e realizzati su incarico dell'Amministrazione dei Monopoli di Stato o di grandi imprese produttive come la Montecatini e la Montedison. Essi presentano una chiara scansione delle strutture ad archi parabolici, del tutto indipendenti dalle chiusure laterali. Lo vediamo nel Magazzino della sofisticazione dei sali a Margherita di Savoia, in Puglia (1933-36; 1954-55), in fig. 9, vincolato nel 2011, dove indipendente dagli archi è l'intero involucro esterno; nei capannoni della Manifattura Tabacchi di Bologna, vincolati nel 2010: in particolare nel deposito del sale comune (1951-55) e nei cosiddetti "capannoni botti" (1952-55), in fig. 10; ancora, nei magazzini del sale di Tortona (1949-51), incredibilmente non vincolati, dove è più chiaro l'accostamento alle aviorimesse, in quanto le campate curve della copertura tra un arco e l'altro, con 5 m d'interasse, sono *tessute* con la stessa rete di archi incrociati a 45° realizzati in 16 pezzi già utilizzata a Orvieto e Orbetello, il tutto impostato sulle travi



Fig. 9 – 1933-36; 1945-55. Magazzino della sofisticazione dei sali. Margherita di Savoia.



Fig. 10 – 1952-55. Magazzino Manifattura Tabacchi. Bologna.



Fig. 11 – 1949-51. Magazzino del sale. Tortona.

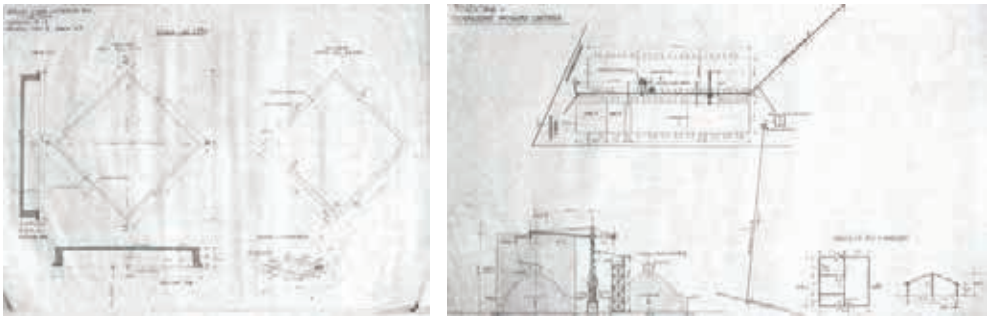


Fig. 12 – 1949-51. Magazzino del sale. Tortona. La ‘tegola quadrata e l’organizzazione del cantiere.

longitudinali collocate a una certa altezza dal suolo e in perfetta simmetria, come mostrato in fig. 11. Inoltre, anche il manto di copertura è ‘normalizzato’ in tre sole tipologie di tavelloni: uno quadrato e due triangolari, come risulta in fig. 12.

2.3 Spazi per attività collettive

Dopo i depositi e i magazzini, possiamo considerare, tra gli spazi per funzioni sociali o di servizio, il progetto non realizzato per la stazione centrale di Palermo (1946), dove l’invaso è definito da archi ribassati, in fig. 13; e la Piscina dell’Accademia Navale di Livorno (1948-50), dove gli archi, rappresentati in fig. 14, sono a tutto sesto. Ma, ritornando ai magazzini di Tortona, il passaggio ai Saloni *B* (1947-49) e *C* (1949-50) di Torino Esposizioni, rispettivamente nelle figg. 15 e 16, è abbastanza diretto. Già dalle parole di Nervi, in *Costruire correttamente*, si evince un preciso riferimento di carattere tecnologico: *il progetto* (di Tortona) *è stato scelto a seguito di appalto-concorso. Il sistema costruttivo è del tutto analogo a quello della semi-cupola* (del Salone B) *e del Salone C di Torino Esposizioni.*

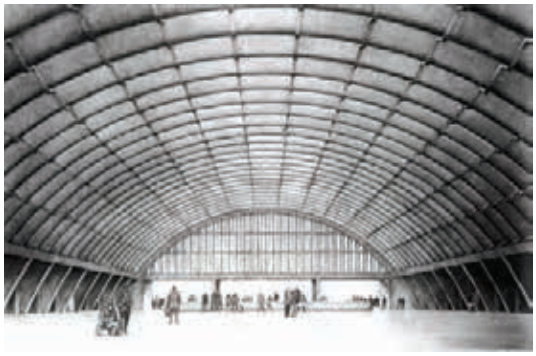


Fig. 13 – 1946. Progetto per la Stazione Centrale di Palermo.



Fig. 14 – 1940-50. Piscina dell'Accademia Navale di Livorno.



Fig. 15 – 1947-49. Salone 'B'. Torino Esposizioni.

Ma, a parte l'aspetto tecnico-costruttivo, possiamo dire che negli invasi torinesi trova la massima esaltazione una concezione dello spazio che si basa su pochi e definiti fattori, *in nuce* rinvenibili – dove più, dove meno – già in tutti i precedenti progetti di Nervi, dalle aviorimesse ai depositi e agli altri organismi già citati:

– chiara evidenza delle strutture, che con immediatezza espongono una logica rigorosa, spesso autonoma dall'involucro esterno dell'edificio e, nel disegnare lo spazio, si fanno architettura;

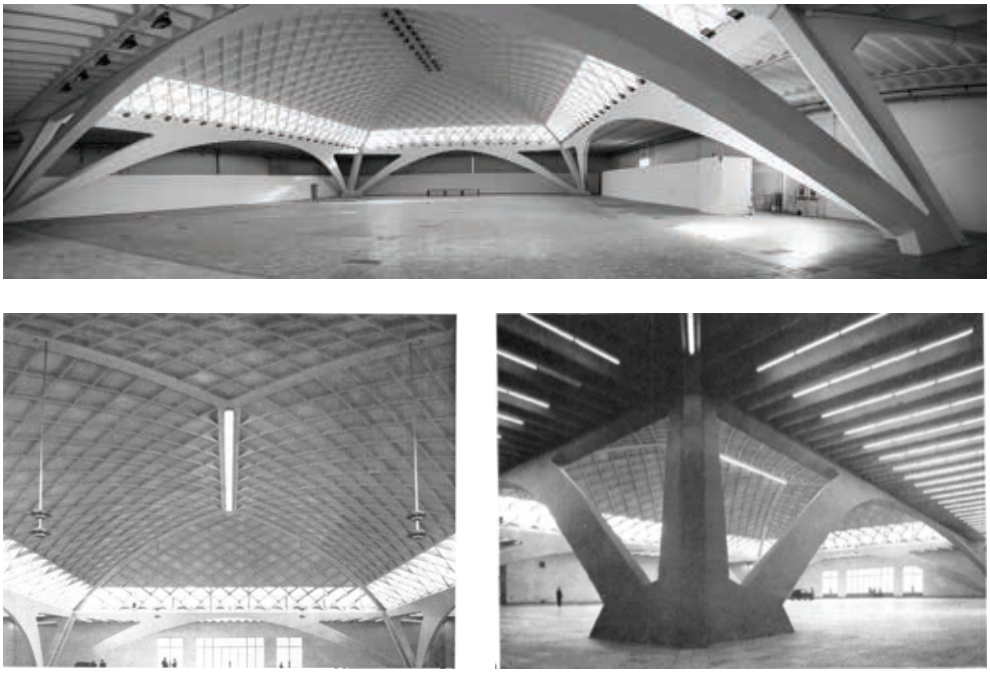


Fig. 16 – 1949-50. Salone ‘C’. Torino Esposizioni.

– definizione di un orizzonte, insieme spaziale e strutturale, coincidente con la linea d’imposta della copertura; questo orizzonte è il vero e proprio limite tra una spazialità tutta interna, addensata nell’intradosso voltato, definita dalla sua forma e qualificata dalla trama degli archi e, talvolta, dalla luce naturale, e una porzione di spazio sottostante, aperta all’esterno, identificabile con la cubatura compresa tra il calpestio e la suddetta linea d’imposta;
– disposizione e essenzialità dei sostegni, che consentono di attrezzare perimetralmente la parte inferiore dell’invaso, nonché di conformarne le chiusure esterne in modo del tutto autonomo e svincolato dalla rigorosa trama strutturale delle coperture.

2.4 Le opere romane

Questi caratteri possono variamente riscontrarsi anche nelle opere romane più famose, come il Palazzetto dello Sport e il Palazzo dello Sport eseguiti per le Olimpiadi del 1960, o l’Aula delle Udienze Pontificie a Città del Vaticano (1966-71).

Nel Palazzetto dello Sport, in fig. 17, progettato nel 1956 e realizzato negli anni 1957-59, con Annibale Vitellozzi nel quartiere, troviamo applicato integralmente

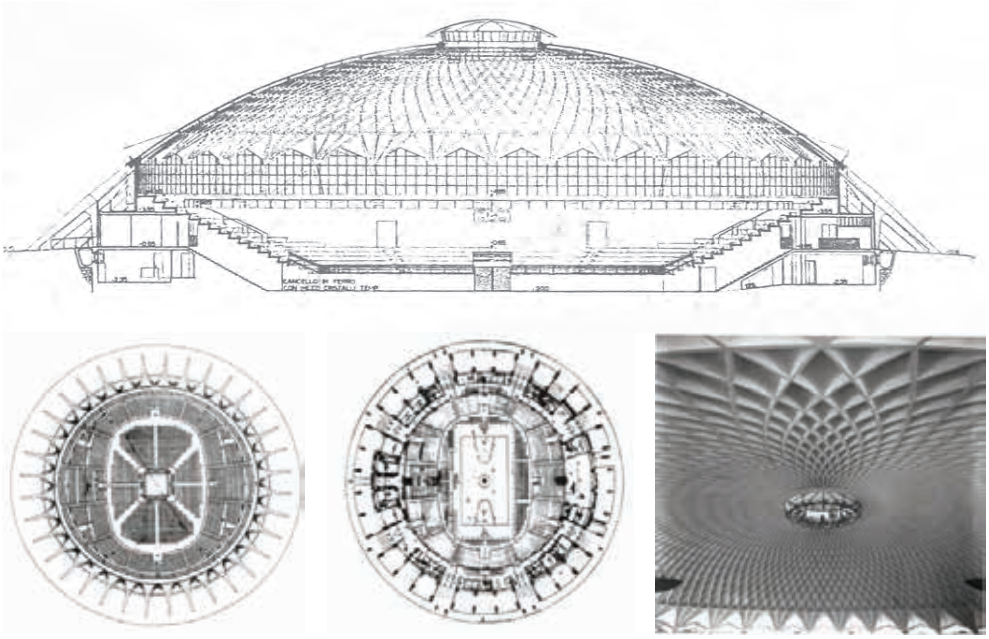


Fig. 17 – 1957-59. Palazzetto dello Sport. Roma.

il cosiddetto sistema Nervi di prefabbricazione e montaggio, già sperimentato con successo nelle aviorimesse e nei depositi e qui ulteriormente perfezionato. Nei padiglioni di Tortona i tavelloni erano di tre tipi. Qui sono di tredici differenti formati, in ragione del disegno complessivo della trama della cupola. Tra i tavelloni, messi in opera con opportuni distanziatori, le armature e il successivo getto completano la cupola, calcolata come una membrana continua. I cavalletti, tutti uguali, furono realizzati con casseforme riutilizzabili più volte.

Accanto agli aspetti esecutivi e strutturali, che richiamano opere e sperimentazioni precedenti, si aggiungano le analogie relative all'organizzazione dello spazio. Come nelle aviorimesse di Torre del Lago, Orbetello, Orvieto, la superficie curva nervata ad archi incrociati a 45° si arresta sulla trave reticolare perimetrale a nove metri dal suolo; a Tortona, la copertura incurvata a sella parabolica, anch'essa nervata, si arresta sulla trave orizzontale piena, portando fino a terra solo i prolungamenti inclinati degli archi, le chiusure longitudinali avrebbero potuto anche essere portate molto più in esterno, essendo del tutto svincolabili dalla struttura arcuata.

Così nel Palazzetto dello Sport la calotta di copertura si arresta a una certa altezza portando a terra solo i cavalletti inclinati secondo la tangente alla curva del piano d'imposta, come mostrato in fig. 17.

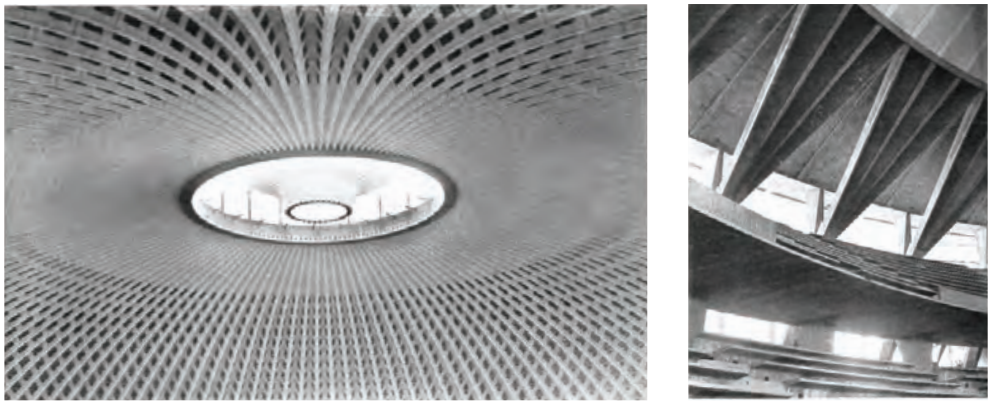


Fig. 18 – 1958-59. Palazzo dello Sport. Roma.

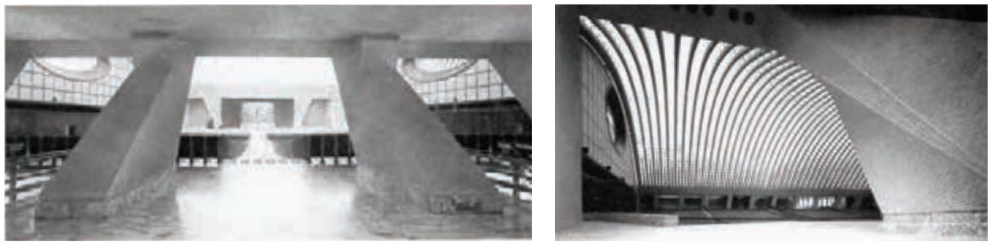


Fig. 19 – 1966-71. Aula delle Udienze Vaticane.

Tutto ciò che è realizzato al di sotto (gradinate, terreno di giuoco, sottoposto alla quota stradale, due piani di servizi, anch’essi parzialmente interrati) è completamente autonomo.

Analoghe considerazioni, sia per la tecnica realizzativa della prefabbricazione delle nervature, sia per l’impostazione spaziale e funzionale, possono essere fatte per il Palazzo dello Sport (1958-60) realizzato all’EUR con Marcello Piacentini (Fig. 18).

E anche nella grande aula vaticana, in fig. 19, le nervature ondulate della volta parabolica poggiano da un lato su una gigantesca trave cava che è sorretta da soli due setti, per conferire maestosità alla postazione papale; dall’altro lato arrivano più in basso, su una trave continua sostenuta da setti radiali.

Anche qui, i volumi degli spazi di servizio si prolungano, del tutto autonomi, oltre l’aula vera e propria.

Per tutte queste opere, di cui quasi nessuna gode di un regime di tutela, potrebbe essere dichiarato l’interesse culturale di tipo relazionale, riferito ai rapporti che legano i capolavori più noti alle strutture classificabili come *minori*, senza le quali i primi non sarebbero forse mai stati concepiti.

Bibliografia

Kubler G. 1983. *La forma del tempo*. Torino: Einaudi.

Pace S. 2012. Adagio, lento, presto con fuoco. Mutevoli storie e geografie di Pier Luigi Nervi (1979-2011). In: *Cantiere Nervi. La costruzione di una identità. Storie, geografie, paralleli* (a cura di Bianchino G. e Costi D.). Losanna: Skira.

Stubbs J. 2009. *Time Honored. A global view of Architectural Conservation*, Hoboken: John Wiley.

Wenders W. 1992. *L'atto di vedere*. Milano: Ubulibri.

Elio Lo Giudice, Gian Luigi Di Marco, Roberta Mantione

Il Ponte Federico II di Svevia. Un unicum nella produzione di Riccardo Morandi

Abstract

Federico II of Svevia Bridge is a project designed and directed by Riccardo Morandi at the end of the '60s in Licata. The work is unique compared to the production of the famous designer in which he took up a solution already studied years ago for the Adda River bridge, developing a variant of beam supported combined with cantilever, according on the need to climb over considerable length adopting relatively small sections.

It was designed and built to replace an artifact built in 1925, with bowstring static scheme, crumbling and insufficient breadth, which had undergone static disruption over time, such as to recommend its immediate demolition and reconstruction.

Another peculiarity is that it has been designed, as Morandi writes, applying "*a particular method of execution*" that provided the possibility of "*continuing to use the old work during the construction of a part of the new"*.

This study allowed to define the structural safety, to detect the problems that induce the high sensitivity to vibrations and study in deep the history of the artefact and retrace the various phases of the Morandi production.

.

Premessa

Il Ponte Federico II di Svevia consente il collegamento di due aree della Città di Licata, in provincia di Agrigento, superando il Fiume Salso in prossimità della sua foce. A seguito della manifesta sensibilità alle vibrazioni mostrata dal manufatto in fase di esercizio e in considerazione dell'elevato valore storico dell'opera, l'Amministrazione Comunale ha richiesto, nel Settembre 2015, la redazione di uno studio al fine di valutarne la sicurezza strutturale e la capacità di assolvere al servizio. Nei paragrafi successivi sono riportate l'analisi storico-critica del progetto esecutivo, contestualizzandola nella evoluzione della produzione del Morandi e una sintesi delle risultanze sperimentali e numeriche inerenti il comportamento statico e dinamico del manufatto.

Cenni storici sull'opera

La città di Licata si sviluppò come centro abitato e commerciale nel 1600, occupando i territori posti a ovest della foce del fiume Salso. Solo dopo l'Unificazione d'Italia, a seguito dello sviluppo della rete viaria regionale, si registrò un amplia-



Fig. 1 – Licata, in secondo piano, il ponte in legno durante la piena.



Fig. 2 – Licata, il ponte in legno crollato a seguito della piena del 22 novembre 1915.



Fig. 3 – Il ponte bowstring durante la costruzione.



Fig. 4 – Il ponte bowstring a lavori terminati.

mento dell'insediamento urbano anche sulla riva opposta, rendendo così necessaria la costruzione di un collegamento stabile tra le due parti, collegamento che fino al 1875 era stato assicurato da una chiatta. Nel 1876, a spese del Comune, fu costruito, così come riporta lo storico Prof. C. Carità [1], un ponte in legno che svolse la sua funzione fino al 22 Novembre 1915, quando fu completamente distrutto dalla piena del Fiume, causando 115 vittime; nelle figg. 1 e 2 sono riportate le foto del ponte, rispettivamente durante la piena e dopo il crollo. Accanto a questo ponte in legno, nel 1891 fu costruito un ponte ferroviario a tre campate con travi in acciaio a traliccio multiplo, che, in ragione sia della robustezza delle pile, sia del maggior franco rispetto al ponte in legno, resistette alla piena.

Nel 1925 al posto del ponte crollato fu realizzato, su progetto dall'Arch. S. D'Alessandro [1], un nuovo ponte a tre campate in calcestruzzo armato, costituito da una successione di arcate del tipo bow-string, alla cui costruzione parteciparono maestranze venete; nelle figg. 3 e 4 sono riportate le foto del ponte durante la co-

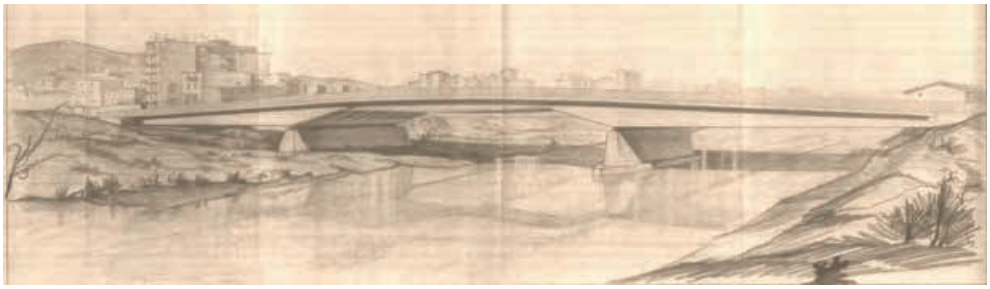


Fig. 5 – Tavola del Progetto Esecutivo: Vista prospettica.

struzione e a lavori terminati. *Tale manufatto rimase in servizio fino al 1960, quando venne sostituito da un ponte del Genio Militare in attesa che se ne costruisse uno nuovo, quello attuale* [1], inaugurato nel 1972 e realizzato dall'Impresa piacentina Molinari su progetto di Morandi, in fig. 5.

La scelta dello schema strutturale si inserisce in quello che Boaga, profondo studioso della produzione di Morandi, definisce il *Tema della travata isostatica* (Boaga, 1988): una tipologia strutturale declinata secondo varie possibilità compositive e adottata già a partire dagli anni '40 (Cestelli-Guidi, 1986), arricchita dopo il 1950 dall'impiego della tecnologia del calcestruzzo armato precompresso. La produzione di opere e progetti svolti in tale ambito compositivo si affievolì sul finire degli anni '70, probabilmente l'ultima testimonianza è fornita dal Ponte sul Vallone Cardinale in provincia di Siracusa (AA.VV., 1991).

Il Progetto e la realizzazione dell'opera

La soluzione strutturale adottata da Morandi, già studiata anni prima per un ponte sull'Adda mai costruito (Boaga, 1988), è una ulteriore variante del tema della trave appoggiata abbinata al cantilever, schema ricorrente nelle sue opere sia come soluzione principale, sia in affiancamento a opere di maggiore complessità. La scelta dello schema statico secondo il Boaga è stata suggerita dalla necessità di scavalcare luci notevoli ma di prevedere nella struttura sezioni relativamente co*ntenute, per consentire, al di sotto, il transito di piccoli battelli e natanti.* Ci sentiamo di non condividere tale ragione per due motivi: il primo è connesso alla non navigabilità del fiume Salso, il secondo riguarda la presenza, come già osservato, di un manufatto ferroviario avente un franco inferiore.

L'attraversamento del Salso fu concepito con un'opera a tre luci con schema statico a travata Gerber tipo Niagara (Franciosi, 1971), le cui campate di riva hanno luce pari a 33,10 m, mentre la campata centrale, costituita da due cantilever e una trave tampone presenta una luce di 49,60 m; la larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 19,00 m. Lo schema di calcolo è riportato in fig. 6.

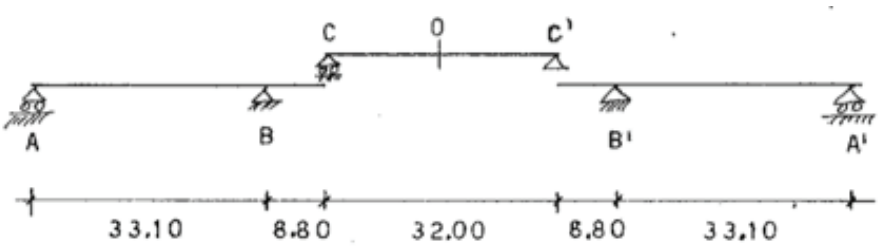


Fig. 6 – Schema di calcolo adottato (da Morandi, 1969).

Le due campate di riva e i cantilever sono costituiti da otto travi affiancate del tipo a T dissimmetriche in calcestruzzo armato, con spessore dell'anima pari a 40 cm, altezza variabile e soletta superiore di spessore pari a 20 cm. La travata è completata da tre traversi in campata e da una controsoletta a geometria complessa posta in corrispondenza dell'appoggio intermedio con spessore pari a 22 cm.

La trave tampone è costituita da otto travi affiancate in calcestruzzo armato precompresso con sezione a T rovescia ad altezza variabile, completata da una soletta in calcestruzzo armato e da tre traversi con spessore pari a 20 cm.

Dal punto di vista della tecnologia costruttiva, Morandi aveva previsto di utilizzare il ponte ad arco esistente per mantenere in servizio il collegamento tra le due sponde. Il particolare metodo di esecuzione doveva consistere nel realizzare lateralmente al vecchio ponte due impalcati parziali costituiti da tre nervature, ottenendo per ciascuna carreggiata una sede stradale di 4,50 m, così da permettere il transito dei veicoli nei due sensi di marcia, come mostrato in fig. 7. Il progetto prevedeva che al completamento delle due porzioni di impalcato, queste venissero aperte al transito per procedere quindi alla demolizione del vecchio ponte.

Le ragioni di tale scelta sono in contraddizione con il dato storico riportato da Carità [1] circa la costruzione di un ponte militare per assicurare il servizio tra le due sponde, in sostituzione di quello ad arco in calcestruzzo armato, non più agibile. Non vi era alcun motivo dunque di mantenere la vecchia struttura, anche perché ciò avrebbe rappresentato una complicazione tecnica in vista della costruzione delle pile del nuovo ponte che avrebbero dovuto essere realizzate per fasi. Dall'esame degli elaborati proget-

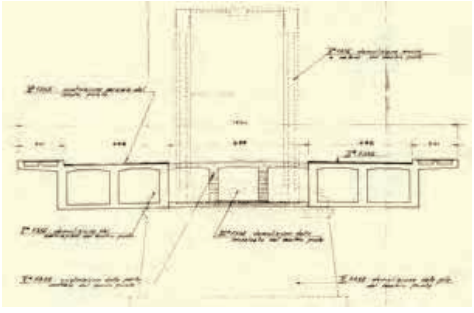


Fig. 7 – Tavola del Progetto Esecutivo: Fasi realizzative della nuova opera (da Morandi, 1969).

tuali non è emersa alcuna traccia di tale accorgimento, mentre la documentazione fotografica del cantiere, di cui un esempio è in fig. 8, dimostra, senza dubbio, che la proposta costruttiva adottata in fase progettuale non fu realizzata.



Fig. 8 – Immagini delle fasi realizzative.

Altro argomento di rilevante interesse riguarda l'assunzione adottata da Morandi sul comportamento statico-deformativo della sezione trasversale dell'impalcato, postulata indeformabile così da poter adottare per le travi la ripartizione dei carichi alla Courbon mostrata in fig. 9, oggetto della campagna di indagini sperimentali qui presentate.

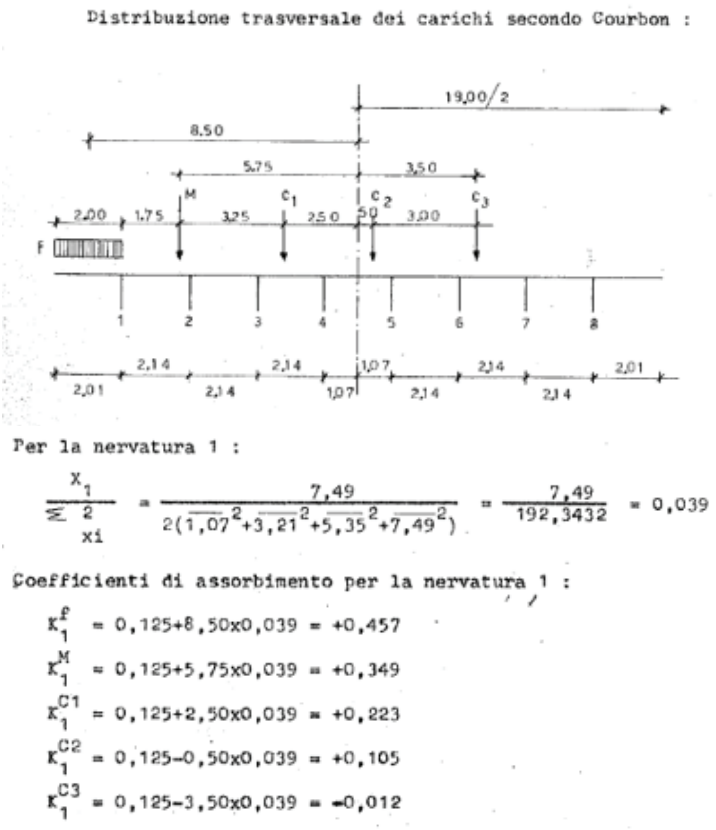


Fig. 9 – Indicazione dei carichi accidentali (da Morandi, 1969).



Fig. 10 – Ponte sul Vella, Sulmona (da Boaga e Boni, 1962).



Fig. 11 – Vista intradossale del ponte Federico II di Svevia.

Un'ultima singolarità costruttiva riguarda la controsoletta in corrispondenza degli appoggi intermedi, che venne sagomata a larghezza variabile secondo una soluzione di grande effetto architettonico, tipica della produzione di Morandi, come testimoniato da altri ponti, quale quello di Sulmona in fig. 10. Nel ponte Federico II di Svevia, però, l'armonia creata dalla variabilità della larghezza viene compromessa dal disegno dei campi laterali che sono stati realizzati a larghezza costante, come visibile in fig. 11. Tale scelta non può che essere giustificata sulla base di necessità statiche; rimane tuttavia il dubbio che sia più il frutto di un'esigenza contingente che di una scelta compositiva.

Tutte le indagini volte alla verifica dei dettagli costruttivi, hanno riportato una sostanziale coincidenza tra il dato rilevato e quanto indicato nel progetto esecutivo del Morandi; fra tutti particolarmente significativa è risultata l'individuazione dell'andamento dei cavi da precompressione, riportato in fig. 12, effettuata mediante tecnica GPR, l'indagine GeoRadar, attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche, consente la definizione delle caratteristiche interne al mezzo indagato potendo discriminare materiali con differenti resistività e costante dielettrica; con essa è possibile identificare interfacce, cavità ed inclusioni.

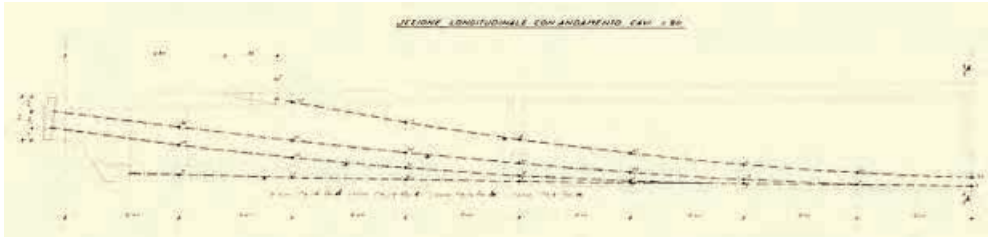


Fig. 12 – Progetto esecutivo – Andamento dei cavi da precompressione.

Studio sulle condizioni statiche

Lo studio dell'opera ha previsto la redazione di un protocollo d'indagine, che a partire dalle peculiarità individuate, può essere suddiviso in sei macroaree così come riportato in fig. 13.

Le prove statiche e quelle dinamiche hanno permesso di individuare il comportamento deformativo sia in senso longitudinale che trasversale, e le caratteristiche dinamiche del ponte in termini di frequenze proprie di vibrazione, di forme modali e di smorzamenti.

Dalle analisi delle risultanze sperimentali si è potuto stabilire che la sensibilità alle vibrazioni mostrata dall'impalcato è connessa in parte all'impostazione progettuale (eccessiva snellezza) e in parte alla deformabilità trasversale del manufatto, il cui comportamento differisce dall'ipotesi postulata inizialmente di infinita rigidezza dei traversi, come si vede in Fig. 14.

Le prove di caratterizzazione dinamica hanno permesso di calibrare il modello agli elementi finiti utilizzato per il calcolo delle sollecitazioni e delle deformate elastiche. Le successive verifiche statiche sia agli stati limite ultimi che di esercizio hanno fornito esi-

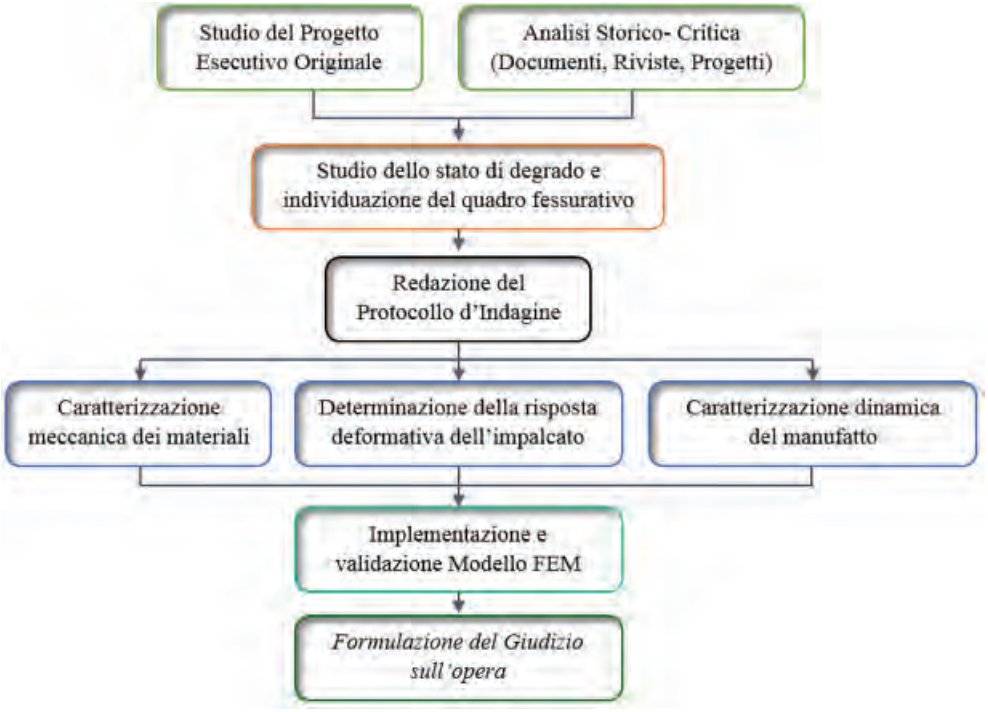


Fig. 13 – Layout del protocollo di indagine utilizzato per lo studio del ponte.

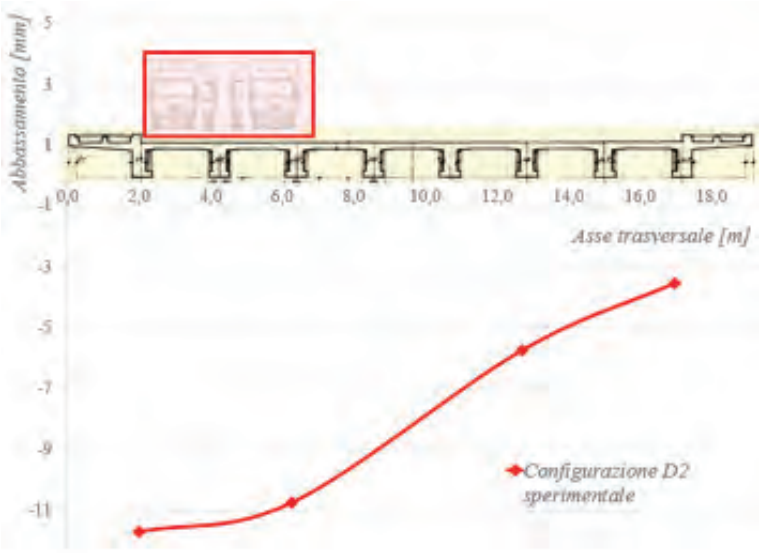


Fig. 14 – Deformata trasversale con carico eccentrico.

to positivo. Rimane solo una evidente sensibilità alle vibrazioni imputabile allo schema statico e alla distribuzione delle rigidezza degli elementi costituenti l'impalcato.

Conclusioni

La produzione di Morandi nel campo delle infrastrutture è vastissima e variegata, tuttavia è possibile individuare ambiti compositivi omogenei e scelte costruttive caratteristiche che riemergono con frequenza nei suoi lavori; infatti, come afferma Boaga: *Nella produzione di Morandi il precompresso è sempre la base, tuttavia le applicazioni negli schemi statici possono essere molteplici: dalle soluzioni ad arco, alle strallate, da quelle a telaio alla travata isostatica sino alla trave bilanciata* (Boaga, 1988).

Nel ponte Federico II di Svevia sono presenti molte delle soluzioni strutturali applicate da Morandi in altre opere, come si vede nelle figg. 15 e 16, quali lo schema isostatico, la soluzione con travate Gerber, l'utilizzo di controsoletta, dalle quali tuttavia questo ponte diffe-



Fig. 15 – Ponte sul Lago di Paola – Maggiore robustezza rispetto al Ponte Federico II (da Boaga, 1988).



Fig. 16 – Viadotto sul Setta, Bologna – Controsoletta non rastremata (da Boaga, 1988).

risce per un diverso approccio, che, nell'ambito del tema della travata isostatica, ha privilegiato una soluzione mista, prevedendo parte dell'impalcato in calcestruzzo armato e parte in calcestruzzo armato precompresso, avendo come obiettivo quello di realizzare *un attraversamento il più sottile possibile* (Morandi, 1969) e adottando, in corrispondenza degli appoggi intermedi, una controsoletta parzialmente rastremata.

La sensibilità alle vibrazioni si manifestò sin dal principio, come confermato dalle testimonianze raccolte; riteniamo che questa circostanza non poté sfuggire allo stesso Morandi, come dimostrato dal fatto che nelle sue successive opere non ripropose più tale soluzione.

Ringraziamenti
Gli Autori ingraziano il Prof. Carità per la gentile concessione delle Foto 1, 2, 3 e 4.

Bibliografia
AA.VV. 1991. *Riccardo Morandi*. Roma: Gangemi Editore.
Boaga G. 1988. *Riccardo Morandi*. Bologna: Zanichelli Editore.
Boaga G., Boni B. 1962. *Riccardo Morandi*. Milano: Edizione di Comunità.
Cestelli-Guidi C. 1986. *Cemento Armato Precompresso*. Milano: Hoepli.
Franciosi V. 1971. *Scienza delle Costruzioni*. III, Tomo II. Napoli: Liguori.
Morandi R. 1969. *Progetto Esecutivo. Ponte sul Fiume Salso*. Roma, 4 Aprile 1969. Disponibile presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Licata (AG).

Sito*grafia*
[1] www.licatanet.it/cronaca

Giulia Marino

Impossibile da calcolare! Il cantiere della buvette di Évian-les-Bains, fra intuizione creativa e rigore intellettuale (M. Novarina, J. Prouvé, S. Ketoff, 1955-57)

Abstract

Precision mechanics: the *buvette* (pump room) of Évian-les-Bains is not just an architecture of great formal elegance, but above all an extraordinary technological object, a machine carefully calibrated, in equilibrium. Architectural criticism has largely dwelt on the quintessential nature of the building, a transparent parallelepiped, whose slender, airy, double-curved roof appears resting on the upper arms of steel *béquilles*. Behind an apparent simplicity, however, lies an ingenious and sophisticated structural and constructional conception, in which the characteristics of the materials are exploited to the limit of their resistance. But apart from the undeniable interest of the technological solutions adopted, what makes the Évian buvette a fundamental testament to the history of twentieth-century engineering is the genesis of the detailed design, perfected during the construction phase itself.

The collaboration between the brilliant mathematician of impossible forms Serge Ketoff and the blacksmith who became an architect and entrepreneur Jean Prouvé, gave rise to a profoundly original work. After months of cross-calculations and close negotiations on the strength of the bolted timber/steel assemblages, the public certification bodies actually stated that the structure was simply impossible to calculate by conventional methods. Yet, apart from the theory of structures, put severely to the test, load tests of the first girder to be made revealed excellent stress resistance (attested today, moreover, by the building's excellent state of preservation).

.

Introduzione[1]

È risaputo: *con il Palazzo delle esposizioni di Grenoble,* [la buvette della Source Cachat di Évian-les-Bains] *era una delle realizzazioni preferite di Jean Prouvé* (Gassiot-Talabot, 1961). Il geniale e poliedrico *constructeur de Nancy* (1901-1984), come lui stesso amava definirsi rivendicando una cultura tecnologica attenta alla logica della produzione industriale, attribuiva una grande importanza all'oggetto singolare che è la buvette, mostrata nelle figure da 1 a 3, terminata nel 1957 e riconosciuta come una tappa cruciale dell'evoluzione del suo *alfabeto strutturale* dal tipo *coque* (guscio) al tipo *béquille* (stampella). Come vedremo, il contesto problematico in cui



Fig. 1 – Il padiglione della buvette di Évian negli anni Cinquanta (Archivio dell'Institut d'histoire de l'aluminium, IHA, Parigi, © Prolitteris).

il progetto della buvette evolve spiega inoltre il particolare attaccamento di Prouvé per il padiglione della fonte Cachat sul lago Lemano, concepito con l'architetto Maurice Novarina (1907-2002) per conto della Società delle acque minerali Évian. La costruzione della buvette coincide, infatti, con le ultime fasi della controversia che, dal 1952, contrappone l'imprenditore Prouvé e L'Aluminium français-Studal, entrato negli Ateliers Jean Prouvé a Maxéville (Nancy) per aumentarne il capitale nell'immediato Dopoguerra e che, da principale azionista, cerca di imporne una riorganizzazione radicale. Il funzionamento dell'azienda di Prouvé, pensata in origine come una fabbrica-pilota, al contempo centro di ricerca e di produzione, dove *architetti, operai e caposquadra erano associati* (Huber e Steinegger, 1971) è rimesso in discussione. Prouvé denuncia l'aberrante operazione commerciale e, con lei, la *deformazione delle sue idee e la loro messa in opera incoerente* (Marrey, 2005); è questa una vicenda che lo segna profondamente dal punto di vista personale, ma che rappresenta soprattutto una netta cesura nella carriera del fabbro-ferraio diventato architetto, ingegnere, imprenditore, designer. La separazione definitiva tra Prouvé e L'Aluminium français si consuma esattamente nel momento in cui i primi disegni esecutivi della buvette sono trasmessi al committente, nel gennaio 1956. Prouvé si trova quindi completamente escluso dai suoi Ateliers, il suo *micro-universo* (Schein, 1964), molto più che un semplice stabilimento di produzione, ma la condizione necessaria e sufficiente del proprio iter progettuale fondato sul progressivo perfezionamento del prototipo. Non solo, dal punto di vista strettamente legale, Prouvé ha

dovuto rinunciare ai suoi brevetti precedenti, ma il *suo sogno, fare le cose, viene a mancare* (Bataille, 2006).

Conclusa l'esperienza fondamentale di Maxéville il metodo va completamente ripensato e, in tali circostanze, il progetto della buvette diventa un'occasione privilegiata di sperimentazione tecnologica e costruttiva. Circondato da collaboratori esperti, suo figlio Claude, Jean Boutemain, l'ingegnere-architetto Serge Ketoff, Steph Simon, gallerista specializzato nel design contemporaneo, e l'impresa di costruzioni metalliche Goumy, Prouvé trae profitto da una congiuntura apparentemente sfavorevole producendo un edificio di grandissimo pregio, un oggetto tecnologico destinato a diventare un'icona dell'architettura del secondo Novecento.

Una sorprendente sinfonia di materiali

Il processo di *progressiva riduzione della struttura a elementi semplici* (Gassiot-Talabot, 1961), avviato con la serie delle écoles *coques* (scuole a guscio) nei primi anni Cinquanta, è radicale. La realizzazione di Évian ne è una dimostrazione lampante: i telai simmetrici del progetto preliminare si trasformano in una successione di 12 *béquilles* in lamiera d'acciaio piegata e saldata articolate al suolo, il cui profilo riprende il diagramma delle forze. I supporti verticali, particolarmente riusciti dal punto di vista plastico e che scandiscono lo spazio essenziale del parallelepipedo vetrato della buvette, sono controventati grazie a una trave scatolare a sezione rettangolare imbullonata e sono stabilizzati da una serie di tiranti in acciaio disposti sul fronte sud e da una trave longitudinale a sezione aperta, anch'essa in lamiera d'acciaio, ancorata all'estremità delle *béquilles*. Quest'ultime, e, in misura minore, i montanti di facciata, profilati di lega di alluminio estruso sul modello di quelli disegnati da Prouvé per il Pavillon de l'aluminium a Parigi (1954), sostengono la copertura, una superficie liscia e continua a doppia curvatura in legno e acciaio estremamente suggestiva.



Fig. 2 – Buvette d'Évian, facciata est (IHA © Prolitteris).

Malgrado l'apparente semplicità dello schema statico, una serie di telai asimmetrici, sui quali la copertura pare semplicemente adagiata come mostrato in fig. 2, la buvette di Évian nasconde una complessità tale da renderne difficile la lettura secondo la consueta classificazione in elementi costruttivi. Impossibile

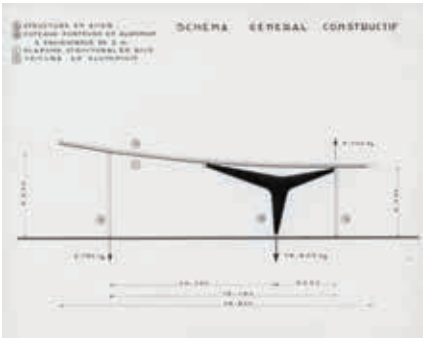




Fig. 3 – A sinistra, lo schema costruttivo (archivio S. Ketoff, Parigi © Prolitteris); a destra, una immagine del cantiere: la successione delle béquilles, opportunamente controventate, sostiene la copertura in legno e acciaio a doppia curvatura (ADHS, © Prolitteris).

dissociare struttura portante, involucri e finiture; ogni componente assume simultaneamente molteplici funzioni: si pensi ai montanti in alluminio, al contempo supporto strutturale della copertura e infissi delle grandi vetrate. La coesistenza di materiali molto diversi, acciaio, legno, alluminio, ma anche pietra e varie materie plastiche, impone inoltre una logica implacabile negli assemblaggi. La *pensée technique* di Prouvé orchestra questa *sorprendente sinfonia di materiali* (Debomy, 1968) con la complicità dell'ingegnere-architetto e matematico Serge Ketoff (1918-2005) che si occupa dei calcoli della struttura, assumendone, non senza difficoltà, la responsabilità civile. In fig. 3 sono riportati lo schema costruttivo e una immagine del cantiere.

Un patchwork d'antologia

Con la perdita degli Ateliers, Prouvé non può più permettersi di disegnare ex novo elaborati componenti in lamiera piegata, la *tôle pliée* che lo ha reso celebre negli anni 1930, o complessi dispositivi di assemblaggio in alluminio fuso, ma deve contare, con un certo pragmatismo, sulla reale capacità produttiva di un'industria ben più modesta, definendo in parallelo la logica del montaggio. Si tratta ormai di *creare un oggetto pensato secondo un'idea costruttiva rigorosamente realizzabile* (Huber e Steinegger, 1971), come lui stesso sottolinea. In altri termini, il *savoir-faire* diventa il *pouvoir-faire* (Archieri, 1990).

Come nel progetto per la casa di Prouvé a Nancy, completata qualche mese prima in circostanze ugualmente complesse, la buvette di Évian diventa un *patchwork d'antologia* (Drouin, Guidot, 1990) nel quale ogni componente è pensato come la parte di un tutto in una diabolica combinazione di elementi costruttivi riconducibili agli universi più disparati. *Prêt-à-porter*: prodotti commerciali industriali come le lamiere ondulate in alluminio Triondal di copertura, un'idea di Prouvé, brevetta-

ta in seguito dal suo storico concorrente Studal, o i pannelli semilavorati in legno lamellare-multistrato Rousseau, messi a punto dall'ingegnere Pierre Gauthier nel 1948. *Haute-couture*: elementi costruttivi disegnati da Prouvé stesso, opportunamente semplificati per facilitare la fabbricazione alla piccola impresa Goumy. *Seconda mano*: soprattutto componenti in leghe leggere (che richiedono procedimenti di estrusione più complessi, che Goumy non può supportare) messi a punto per progetti ai quali Prouvé lavora in parallelo e di cui semplicemente reimpiega le matrici, come, per esempio, gli splendidi tamburi in lamiera d'alluminio piegato delle porte d'ingresso concepiti per l'Institut National du Pétrole, opera dell'architetto Pierre Dufau del 1957. Quanto ai montanti degli involucri, potrebbero essere stati addirittura recuperati al momento dello smontaggio della struttura provvisoria del Pavillon de l'aluminium a Parigi e riutilizzati qualche settimana più tardi sul cantiere di Évian.

Liberatosi (momentaneamente) dal vincolo della nozione di *produzione in serie*, Prouvé gioca la carta dell'elasticità. Nonostante si tratti di un insieme di elementi eterogenei, nel complesso, la buvette di Évian è una macchina minuziosamente calibrata, in equilibrio, un oggetto tecnologico i cui componenti sono pensati per funzionare in perfetta sinergia. Gli assemblaggi, studiati con attenzione millimetrica, ma anche con una certa raffinatezza, permettono di assorbire le sollecitazioni a seconda del ruolo costruttivo degli elementi e della natura dei diversi materiali tenendo conto, beninteso, delle caratteristiche fisico-chimiche rispettive e della compatibilità fra di essi. L'abilità del costruttore che assume i rischi con una certa noncuranza raggiunge, nella buvette di Évian, il suo apice. La storia dell'avventuroso cantiere è illuminante.

È una storia di nodi, di giunzioni

Peter Rice coglie perfettamente l'ottica di Prouvé, un'ottica non convenzionale, che va ben oltre la *logica dell'ingegnere naturale* (Rice, 2012) e che si fonda piuttosto su *un'intelligenza istintiva delle caratteristiche dei materiali e delle tecniche di lavorazione* (Rice, 2012). Il *constructeur de Nancy* che *non soltanto non calcola, ma spesso sfida letteralmente il calcolo strutturale* (Guidot, 1990) si scontra tuttavia, durante l'intera carriera, con un arsenale normativo sempre più vincolante. Gli organismi di controllo, dal canto loro, mostrano una totale e assoluta incomprensione per la pratica di Prouvé *che abbozza in un primo tempo le idee costruttive con la matita, per poi convertirle immediatamente in un modello a grandezza naturale* (Huber, 2006).

Il progetto per la buvette di Évian non fa eccezione, anzi. Lo studio degli assemblaggi e la catena operatoria del montaggio della sovrastruttura sono duramente criticati infatti dagli ingegneri dell'organismo incaricato di verificare la conformità dell'edificio, Veritas, che si dice *sorpreso da un sistema costruttivo* quantomeno inusuale, che sfugge a qualsiasi classificazione. Le relazioni tra i tecnici di Veritas, E. Mathieu e J.L. Bergeon, che rilevano delle *incoerenze* nella concezione strutturale e l'ingegnere Serge Ketoff, incaricato di tradurre in dati oggettivi e quantificabili le in-

tuizioni di Prouvé, sono conflittuali: – *ricordo i dolori*[2], dirà Ketoff quarant'anni più tardi. In primo luogo, è contestata la logica di stabilizzazione della struttura portante. I tiranti in acciaio ancorati al suolo e al braccio superiore delle *béquilles* con un ferro angolare UPN 100/50, sono incorporati nei profilati in alluminio degli involucri, parzialmente sollecitati alla compressione (il carico ammissibile è calcolato secondo il nuovo metodo Dutheil, recentemente introdotto, cosa che sembra destabilizzare Veritas), mentre i tiranti in acciaio sono in trazione, uno sforzo importante dato dal peso proprio della stampella articolata e dall'eventuale depressione della copertura a sbalzo per il vento. La dilatazione differenziale dei due materiali preoccupa gli ingegneri di Veritas, che temono un gioco eccessivo tra il tirante in acciaio e i montanti in alluminio o, al contrario, a seconda dei parametri ambientali, una sollecitazione troppo importante di quest'ultimi, che rischierebbero così di subire una deformazione inammissibile data dal carico di punta. Dopo lunghe e accese discussioni, il problema è risolto grazie all'introduzione di un *meccanismo deformabile a molla* (Victor, 1958) all'attacco superiore del tirante per compensare la maggiore dilatazione dell'alluminio rispetto all'acciaio. Se il ricorso a un dispositivo ingegnoso ma di grande semplicità (è Prouvé!) permette di risolvere il problema dell'associazione di materiali con caratteristiche molto diverse aumentando l'elasticità del sistema, la questione del comportamento statico e della durabilità del complesso di copertura sembra ben più spinosa, soprattutto a livello delle connessioni legno-acciaio.

Impossibile da calcolare!

Prouvé deve conciliare le esigenze dell'architetto Novarina (una copertura sottile e incurvata), e quelle di resistenza della struttura primaria e di quella secondaria alle sollecitazioni esterne, senza gravare quindi eccessivamente sugli snelli montanti in alluminio. In questa logica, le caratteristiche dei *plateaux Rousseau* sono sfruttate in maniera ottimale. Contrariamente alla sua casa di Nancy, dove l'elasticità dei pannelli in lamellare-multistrato è accentuata grazie a una messa in opera che permette una certa libertà di movimento alle estremità, a Évian Prouvé ricorre alla soluzione della soletta nervata, con l'idea di controllarne il profilo grazie a una definizione millimetrica della doppia curvatura. La *sezione iperbolica tesa* (s.n., 1957) della copertura a tre cerniere può essere assimilata in effetti a una piastra tridimensionale incurvata, in grado di riprendere le sollecitazioni nelle diverse direzioni: i pannelli in legno lamellare-multistrato di 26 mm di spessore sono irrigiditi da una serie di nervature disposte all'estradosso, preservando così l'aspetto uniforme della superficie inferiore in legno di pino a faccia vista, fondamentale nella concezione degli interni del padiglione, in fig. 4. Le nervature pre-incurvate e pre-tese, sagomate a forza direttamente sul cantiere (75 cm d'interasse, la larghezza dei pannelli prefabbricati in alluminio di rivestimento esterno) sono irrigiditi nel senso dei momenti d'inerzia grazie a dei ferri angolari alla base e dei laminati piatti laterali nella parte superiore,

il tutto sapientemente imbullonato tenendo conto della resistenza del legno, come mostrato in fig. 5[3].

Ma, se la stampa specializzata è unanime nel riconoscere l'intelligenza del *complesso disegnato da Prouvé, dove ogni bullone, ogni giunto ha la sua importanza* (Rice, 2012), sono proprio gli assemblaggi a preoccupare gli ingegneri di Veritas. Le rassicurazioni di Ketoff che propone di *semplificare il modello statico teorico, assimilando le nervature a una sezione omogenea di legno*[4] non sembrano soddisfare gli inflessibili Mathieu e Bergeon che, tra marzo e agosto 1956, reclamano a più riprese nuovi fogli di calcolo e una *dimostrazione dell'ordine cronologico delle operazioni di montaggio*[5]. La tenuta dei collegamenti imbullonati tra le travi di legno di abete e i ferri di rinforzo in acciaio è oggetto di numerose simulazioni, tanto a livello del passo dei

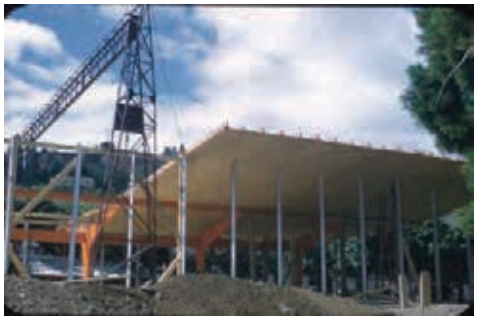


Fig. 4 – il cantiere nell'agosto 1956: montaggio del complesso di copertura (Centre Pompidou, Bibliothèque Kandinsky, fondo Jean Prouvé, Parigi, CCI © Prolitteris).



Fig. 5 – Il cantiere della buvette, sequenza del montaggio della copertura. Da destra a sinistra: i pannelli Rousseau, le nervature in legno e acciaio, i distanzatori, l'isolante e i pannelli prefabbricati di copertura Triondal in alluminio (CCI © Prolitteris).

bulloni che del serraggio, per evitare il rischio di fessurazione del legno nella direzione delle fibre, tenendo conto, logicamente, della dilatazione delle travi in funzione del tasso di umidità. Nonostante Ketoff cerchi con caparbietà di rassicurare Veritas, sul fatto che *le dimensioni ridotte del padiglione non presentano problemi particolari* […] *e che l'eventuale differenza di lunghezza data dalla dilatazione è ampiamente compensata dall'elasticità dell'intero edificio*[6], l'organismo di controllo mantiene un certo scetticismo. L'incomprensione è totale. Veritas ammette che *le sollecitazioni sono considerevoli, ma difficilmente quantificabili.* In altri termini, *l'edificio è impossibile da calcolare. Non è possibile pronunciarsi sulla tenuta del complesso*[7]. Per uscire da un'impasse che sembra insormontabile, una sola soluzione si profila, una soluzione radicale: l'unico modo per verificare la tenuta dell'edificio è costruirlo.

Vraie grandeur. Dal prototipo al collaudo

Nell'agosto 1956, le 12 *béquilles*, i controventamenti e i dispositivi di stabilizzazione sono eretti; l'infrastruttura di fondazione in cemento armato è terminata qualche settimana prima. All'estremità ovest della futura buvette, le prime due travate sono completate con la copertura in legno e acciaio, a eccezione degli isolanti e dei pannelli prefabbricati Triondal di impermeabilizzazione. Questa prima porzione dell'edificio finito è sottomessa a un approfondito test di carico con blocchi di cemento tarati a 12 kg, per un carico totale di 170 kg/m^2 con il ricorso a strumentazioni particolarmente avanzate per l'epoca.

Al di là della teoria delle strutture, messa a dura prova, con grande sorpresa degli ingegneri di Veritas i risultati sono positivi: *il serraggio dei bulloni sulle anime delle travi in legno e acciaio non ha subito alcuna variazione prima, durante né dopo il test di carico, il che significa che non c'è nessun rischio di crollo parziale o totale dell'edificio*[8]. *I test di carico (regola dei 5/3) hanno tranquillizzato l'architetto Novarina sull'apparente leggerezza del complesso*[9]; le *riserve sono ritirate*: partita morale vinta da Prouvé e Ketoff che, soddisfatti, possono quindi procedere con la realizzazione della superstruttura.

Al momento del disarmo del carico, possiamo immaginare Prouvé con il suo celebre *sorrisetto sornione a culo di gallina* (Prouvé, 1998).) Quanto all'ingegnere Ketoff, questi tornerà sull'esperienza di Évian in occasione di un articolo della rivista *L'Architecture d'aujourd'hui* che, nel 1964, consacra un numero monografico al tema del rapporto tra ingegneri e architetti. Ketoff è esplicito: *il ruolo dell'ingegnere è molto spesso considerato come una semplice, pedante applicazione della matematica. Si tratta piuttosto di un affare di talento e personalità: la cultura scientifica, in molti casi, non è affatto sufficiente.* […] *Quante volte, per risolvere problemi di sforzi e sollecitazioni estremamente complessi, siamo costretti ad abbandonare il calcolo e affidarci alla sensibilità?* […] *La costruzione moderna assume dei rischi diminuendo il margine di sicurezza, a condizione di poter apprezzare sperimental-*

mente i rapporti delle forze. La nozione di 'materia morta' è ampiamente superata. Siamo entrati del campo della 'vita' della materia (Ketoff, 1964).

Conclusioni

Malgrado l'esperienza di Prouvé e la determinazione di Ketoff, si è dovuto verificare la resistenza della buvette nel momento stesso del cantiere, sulle prime due travate realizzate dall'impresa Goumy. Paradossalmente, i test di carico imposti dall'organismo di certificazione, un vero e proprio collaudo in corso d'opera, non sono poi distanti dagli studi che Prouvé faceva agli Ateliers de Maxéville sul modello a grandezza naturale, perfezionando poi progressivamente il prototipo per ottimizzarne la forma e quindi il processo di produzione industriale, senza passare necessariamente dal disegno esecutivo, sovvertendo così, di fatto, il tradizionale iter del progetto architettonico e tecnologico. La sola differenza risiede nel fatto che la verifica, nel caso della buvette di Évian, non avviene più a monte, durante gli studi preliminari, ma nella fase di esecuzione stessa, quando elementi e componenti sono già prodotti e disponibili sul cantiere. Evidentemente Prouvé era sicuro delle proprie scelte costruttive!

Il *constructeur de Nancy* attraversava, al momento della concezione e della realizzazione dell'edificio di Évian, delle difficoltà di ordine professionale legate alla perdita della sua struttura di produzione, una struttura che gli permetteva di sperimentare liberamente le proprie *idee costruttive*. La buvette d'Évian nasce in questo contesto difficile ma stimolante, che prefigura le esperienze successive de Le Constructions Jean Prouvé, una nuova avventura commerciale dove ritroveremo peraltro gli stessi partners e collaboratori Ketoff, Boutemain, Simon e Goumy. La buvette è dunque molto più che una semplice *prouesse technique*, ma una vera dimostrazione dell'approccio di Prouvé, un approccio aperto, dove si confondono intuizione creativa e rigore intellettuale, simbolo di una fase eroica della storia delle tecniche costruttive fondata su una perfetta, impeccabile conoscenza di materiali e strategie di lavorazione che sfida le leggi del calcolo strutturale.

Bibliografia

Archieri J.F. 1900. À partir de Maxéville. In: *Jean Prouvé constructeur (1901-1984)* (a cura di Guidot R., Guiheux A.), catalogo della mostra, 135-149. Paris: Éditions du Centre Georges Pompidou.

Bataille M. 2006. Après Maxeville: de l'avenue Kléber au square Louvois (1954-1957). In: *Jean Prouvé. La poétique de l'objet technique* (a cura di Reichlin B., Dumont d'Ayot C.), catalogo della mostra, 158-159. Weil-am-Rhein: Vitra Design Museum.

Debomy P.L. 1968. *Entretien avec Jean Prouvé*. Revue du CIMUR, 33, 28-38.

Drouin C., Guidot R. 1990. Deux maisons à histoire. In: *Jean Prouvé constructeur (1901-1984)*, (a cura di Guidot R., Guiheux A.), catalogo della mostra, 204-213. Paris : Éditions du Centre Georges Pompidou, Parigi.

Gassiot-Talabot G. 1961. *Jean Prouvé*. Cimaise, 54, 107-119.

Guidot R. 1990. Partir du matériau. In: *Jean Prouvé constructeur (1901-1984)*, (a cura di Guidot R., Guiheux A.), catalogo della mostra, 18. Paris: Éditions du Centre Georges Pompidou, Parigi.
Huber B. 2006. L'alphabet des structures. In: *Jean Prouvé. La poétique de l'objet technique* (a cura di Reichlin B., Dumont d'Ayot C.), catalogo della mostra, 56-57. Weil-am-Rhein.
Huber B., Steinegger J.C. 1971. *Jean Prouvé. Une architecture par l'industrie*. Zurigo: Les Éditions d'Architecture Artemis.
Ketoff S. 1964. *Les ingénieurs et l'architecture*. L'Architecture d'aujourd'hui, 113-114, aprile-maggio, 188-189.
Marrey B. 2005. *La mort de Jean Prouvé*. Paris: Éditions du Linteau.
Prouvé C. 1998. Dans la dynamique de l'action. In: *Jean Prouvé* (a cura di Prat N.), 18. Parigi: Galeries Jousse-Seguin et Enrico Navarra.
Rice P. 2012. *L'immaginazione costruttiva*. 2a Edizione. Milano: Christian Marinotti edizioni.
s.n. 1957. *La buvette de la Source Cachat à Évian (France)*. Acier-Stahl-Steel, 10, 399-400.
Schein I. 1964. *Jean Prouvé*. Bauen+Wohnen, 7, 1-10.
Victor M. 1958. *La buvette de la Source Cachat à Évian*. Revue de l'aluminium, 260, 1251-1264.

Note

1. Questo contributo è estratto dallo *Studio preliminare al restauro della Buvette di* Évian condotto da Giulia Marino e Franz Graf del Laboratory of Techniques and Preservation of Modern Architecture del Politecnico di Losanna nel 2016-17.
2. Serge Ketoff, intervista del 10 novembre 1998, trascrizione dattilografa; Archives d'architecture moderne lorraine, AMAL, Nancy.
3. Tra le nervature in legno e acciaio sono inseriti a forza dei distanziatori in legno. Tra i cassettoni formati dalle nervature principali e i distanziatori, è posto un isolante in lana minerale su supporto di Isorel. I pannelli prefabbricati in alluminio ondulato Studal-Triondal, completano il complesso della copertura, assicurandone la perfetta impermeabilizzazione.
4. Lettera di E. Mathieu e J.L. Bergeon, Bureau Veritas a Lione, all'impresa Goumy a Parigi, 22 giugno 1956; Archives Départementales de Haute-Savoie, Annecy, Fondo Maurice Novarina (ADHS), 156 J 2338.
5. Lettera di E. Mathieu e J.L. Bergeon, Bureau Veritas a Lione all'impresa Goumy a Parigi, 19 marzo 1956; ADHS, 156 J 2338.
6. Lettera dell'impresa Goumy al Bureau Veritas di Lione, 23 aprile 1956; ADHS, 156 J 2338.
7. Lettera di E. Mathieu e J.L. Bergeon, Bureau Veritas a Lione, all'impresa Goumy à Parigi, 22 giugno 1956; ADHS, 156 J 2338.
8. Lettera raccomandata di Maurice Novarina all'impresa Goumy, 9 agosto 1956; ADHS, 156 J 2338.
9. Serge Ketoff, nota dattiloscritta; Archivi privati Serge Ketoff, Parigi.

Francesco Cammarata

Ingegneria strutturale "made in Italy" in Sicilia: il ponte a tiranti sottesi sul fiume Cerami di Riccardo Morandi (1954-59)

Abstract

Between 1954 and 1957 Riccardo Morandi designs a bridge over the Cerami river near Gagliano Castelferrato (Enna) in an interior, mountain area of Sicily. For Morandi, the reconstruction of several bridges destroyed during the II World War is an important opportunity to make experimentations in the field of prestressed concrete structures. Thanks to a close relationship with the contractors of the period, Morandi wins many bridges design contests and quickly gains a remarkable reputation as a skilled designer and builder. He tries to re-elaborate elementary static schemes (arch, rigid frames, isostatic beams) through his personal search for lightness and structural essentiality. The small beam bridges and the typical "portali Morandi" with shaped hinged piers, designed between 1949 and 1954, allow the engineer to refine his original architectural and structural style, based on the strategy of decomposition and balance. But towards the mid-1950s, when the Italian engineering School passes from the reconstruction to the economic boom, Morandi makes a further step forward in his design and creative career, elaborating a structural typology already sporadically used abroad but not yet in Italy. It is the under-ties bridge, an original structure made up of a cantilever beam, prestressed and resting on struts inclined towards the middle and balanced by oblique tie rods hinged to the ends of the beam. The Cerami bridge is the experimental prototype of this solution in Italy and represents a fundamental demonstration of the evolution of the languages of Italian structural engineering in the twentieth century. The contribution, based on original, archive sources, makes use of the research developed inside SIXXI Project - "XX Century Structural Engineering: The Italian Contribution", ERC Advanced Grant, coordinated by Sergio Poretti and Tullia Iori.

Morandi e la ricostruzione (1949-54)

Nel 1954 Riccardo Morandi è incaricato dalla Cassa per il Mezzogiorno della progettazione di un ponte sul fiume Cerami presso Gagliano Castelferrato (Enna), lungo la strada di bonifica Gagliano-Nissoria, in un'area dell'entroterra siciliano a carattere prevalentemente montano. La ricostruzione dei numerosi ponti distrutti dagli eventi

bellici rappresenta ormai da qualche anno, per l'ingegnere romano, una significativa occasione di sperimentazione nel campo delle strutture precompresse. Morandi si cimenta da subito nella rielaborazione di schemi statici elementari (l'arco, il telaio, la travata isostatica), rileggendoli nell'ottica della sua ricerca della leggerezza e dell'essenzialità strutturale. Attraverso uno stretto legame col tessuto imprenditoriale dell'epoca, riesce a vincere molti degli appalti-concorso indetti per la ricostruzione e la nuova realizzazione di ponti stradali, ottenendo in poco tempo una notevole fama. Dopo la realizzazione delle coperture sperimentali a Testaccio (1949) e alla Mostra Campionaria di piazzale Clodio (1950) a Roma, con l'avvio della ricostruzione il precompresso fa il suo ingresso vero e proprio nei cantieri. Fra il 1949 e il 1954 Morandi progetta numerosi ponti a travata e a telaio, come il ponte sull'Elsa a Canneto presso Empoli (1950), la mensa della Caserma De Tommaso a Roma (1950), il ponte di Giunture sul Liri a Sant'Apollinare (Frosinone, 1952-53), il ponte sul Gornalunga (Catania, 1954). Già nelle prime opere è evidente la cifra costruttiva dell'ingegnere romano, che sperimenta sin da subito una parziale prefabbricazione degli elementi in cantiere: le strutture sono infatti costituite dall'unione di più conci prefabbricati, precompressi e resi solidali in modo da formare le nervature a cassone di cui si compongono le travate o il trasverso superiore, nel caso dei telai. Parallelamente all'attenzione minuziosa per gli aspetti esecutivi, Morandi mostra una sensibilità particolare nei confronti dell'estetica delle strutture che progetta, come chiaramente visibile nella passerella sul Lussia a Vagli di Sotto del 1953, che maturerà ulteriormente nella redazione del progetto del ponte sul Cerami.

Genesi della tipologia strutturale

Sul piano esecutivo Morandi si impegna costantemente nel miglioramento dei sistemi di costruzione e nel perfezionamento dei dispositivi di tesatura dei cavi, ma le prime realizzazioni rivelano, oltre ai vantaggi, anche le criticità della nuova tecnica costruttiva, ancora in fase pionieristica, avvertendo il progettista della "necessità di ridurre entro limiti ragionevoli (e quindi economici) le azioni indotte di precompressione" (Boaga, 1984, p. 84). Partendo da questi presupposti e attraverso sue particolari intuizioni, Morandi giunge, nel progetto del ponte sul Cerami, alla elaborazione di una tipologia all'epoca già sporadicamente impiegata all'estero ma non ancora sperimentata in Italia: la trave bilanciata con tiranti sottesi, un'originale struttura costituita da una travata precompressa appoggiata su puntoni inclinati verso la mezzeria e bilanciata da tiranti obliqui agganciati alle estremità della trave stessa.

La nuova soluzione può essere interpretata come un'evoluzione delle strutture a telaio (in cui i cavi di precompressione del trasverso superiore scendono lungo le spalle sino all'incastro a terra dove vengono messi in tensione) con la differenza che i piedritti, pressoinflessi, sono smembrati nei pendoli e nei tiranti, ossia aste soggette a sollecitazione semplice. Ma può anche essere considerata una variante delle tra-

vate isostatiche (le cui estremità sporgenti costituiscono un contrappeso in grado di contrastare i momenti presenti in campata) in cui le stilate d’appoggio sono inclinate verso l’interno per comprimere ulteriormente la travata e la presenza dei tiranti accentua l’effetto mensola proprio del cantilever. Come suggerisce lo stesso Morandi, *il sistema è assimilabile a un portale cernierato alla base in cui i momenti di nodo sono regolabili a piacere e indipendenti dalle caratteristiche elastiche del sistema stesso*[1]. La trave bilanciata con tiranti sottesi rappresenta insomma un notevole passo in avanti nel percorso progettuale di Morandi, non solo dal punto di vista tecnico ma anche sotto l’aspetto architettonico. Infatti i tiranti - già sperimentati nella travata contrappesata del ponte Amerigo Vespucci a Firenze del 1954, sebbene ancora occultati nell’involucro delle pile - vengono per la prima volta palesati proprio nel ponte sul Cerami, con l’intento di suscitare una *schietta impressione architettonica di forma originale*[2].

Dal progetto di massima al ponte a tiranti sottesi (1954-55)

Il ponte sul Cerami è un’opera da tempo attesa dalla popolazione agricola locale in quanto contribuisce a realizzare un collegamento permanente tra le due sponde del fiume, rendendo più agevoli gli spostamenti dei lavoratori e il trasporto delle merci fra Gagliano, le aree agricole e gli altri centri del comprensorio. L’opera viene finanziata dalla Cassa per il Mezzogiorno che, oltre a promuovere la costruzione di strade ordinarie, turistiche e a servizio delle nascenti aree industriali, si occupa anche della viabilità di bonifica. La Cassa, che a livello centrale è dotata di uffici che gestiscono le attività di pianificazione e supervisione dei finanziamenti (come il Servizio Viabilità e Costruzioni Civili, diretto dall’ing. Piero Grassini), sul territorio si avvale della cooperazione di vari enti locali preposti alla progettazione e all’esecuzione delle opere di cui sono beneficiari, come il Consorzio di bonifica Gagliano Castelferrato-Troina, concessionario dei fondi erogati dalla Cassa e responsabile delle procedure di appalto e direzione dei lavori del ponte sul Cerami.

Dopo varie proposte progettuali poco convincenti, sviluppate a partire dal 1950, la Cassa incarica direttamente Riccardo Morandi della progettazione del ponte in cemento armato precompresso[3]. La soluzione progettuale di massima, elaborata nel giugno 1954, consiste in una travata isostatica lunga 74 m (luce centrale 50 m, sbalzi 12 m) semplicemente appoggiata su due stilate verticali fondate in alveo. Il progetto è approvato dalla Cassa e dal Consorzio di bonifica, che nel settembre 1954 affida a Morandi la progettazione esecutiva dell’opera. Ma un sopralluogo sul sito della costruzione fornisce all’ingegnere lo spunto per un ulteriore e decisivo sviluppo progettuale. Recatosi a Gagliano Castelferrato il 15 novembre 1954, Morandi si rende conto in prima persona della natura dei luoghi, riscontrando la presenza, nel punto di attraversamento del fiume, di due speroni rocciosi distanti fra loro circa 60 m, che ritiene costituiscano *le spalle già costruite dell’opera d’arte d’attraversamento*[4]. La

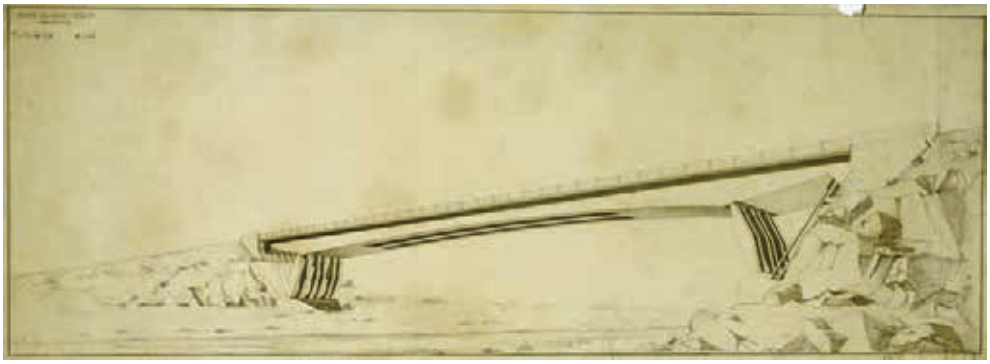


Fig. 1 – Studio Morandi, "dis. m/16173 - Prospettiva", 5/1/1955 (ACS, Morandi, busta 18).

particolare conformazione territoriale gli suggerisce infatti una soluzione differente, dal forte impatto architettonico per le sue forme dinamiche e slanciate: è la trave bilanciata con tiranti sottesi, il cui progetto, del quale uno schizzo è riportato in fig. 1, viene compilato fra dicembre 1954 e gennaio 1955[5].

Rispetto alla travata isostatica, il ponte a tiranti sottesi possiede una lunghezza complessiva simile, 75,80 m, ma con una luce centrale maggiore, 58,80 m, e due "apofisi" più corte, 8,50 m. La travata si compone di tre nervature a cassone *con profilo di estradosso leggermente curvilineo e intradosso di altezza variabile*[6] raccordate da una soletta superiore, una parziale controsoletta inferiore e un sistema di 11 trasversi. La precompressione della travata è resa possibile grazie a un complesso *sistema di cavi longitudinali che attraversano a fascio la struttura secondo traiettorie determinate dall'andamento del diagramma dei momenti*[7] e che sono bloccate alle loro estremità attraverso opportune piastre di ancoraggio. Tale armatura si articola in 86 cavi di soletta superiore, 30 cavi completi ad andamento curvilineo, 11 cavi intradossali, costituiti da 27 fili Ø5, e 150 cavi diagonali, da 3 fili Ø7, situati all'interno dei cassoni negli sbalzi della travata.

Per ogni lato del ponte sono presenti due "stilate a cerniera" composte da 6 pendoli, ciascuno dei quali possiede una forma a fuso se il ponte viene visto in prospetto mentre se lo stesso è traguardato in sezione presentano una larghezza costante con due svasature terminali. A ogni stilata corrisponde una serie di 9 tiranti, costituiti da cavi da 24 fili Ø7 di acciaio ad altissima resistenza contenuti in tubi di eternit riempiti con malta di cemento e sabbia a pressione dopo le fasi di tesatura. Certamente i tiranti sono gli elementi che contraddistinguono maggiormente la struttura, non solo dal punto di vista estetico ma soprattutto per quanto riguarda il comportamento statico. Considerati *gli organi più delicati di tutta l'opera*[8], i tiranti *esercitano sugli sbalzi una spinta assiale di compressione delle travate longitudinali e una spinta*

verticale che ha per effetto di aumentare i momenti flettenti e i tagli sugli sbalzi ma di alleggerire il momento flettente nella campata centrale mediante un momento antagonista di valore costante lungo la campata centrale e dipendente dal valore del tiro dei cavi obliqui[9].

Per la costruzione della travata Morandi prevede un impiego parziale della prefabbricazione, tramite la scomposizione delle pareti verticali dei cassoni in più conci di lunghezza variabile, da realizzare in cantiere, già dotati degli appositi fori per l’alloggiamento dei cavi di precompressione. I conci saranno poi posizionati sopra una centina provvisionale lasciando fra essi un commento che sarà suturato con calcestruzzo soltanto dopo l’infilaggio dei cavi. Le fasi di completamento consistono nei getti in opera di soletta, controsoletta e trasversi e nella messa in tensione dei cavi, da attuare secondo una precisa sequenza suggerita dall’ingegnere romano. La precompressione è ottenuta mediante il sistema Morandi, il brevetto M3 integrato poco prima dell’avvio dei lavori da un completivo (brevetto M4)[10].

Il cantiere e la costruzione (1957-59)

Il progetto del ponte approda nel maggio 1955 alla Delegazione Speciale per la Cassa per il Mezzogiorno del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che osserva come l’opera sia studiata con *raffinata sensibilità tecnica e strutturale* e risulti *indovinata e lodevole sotto tutti i punti di vista specie da quello economico*. Anche i calcoli appaiono *esaurienti e regolarmente condotti* ma *in considerazione della straordinaria arditezza delle strutture* vengono prescritte prove di laboratorio continuative durante l’esecuzione dei lavori, per garantire le adeguate condizioni di resistenza dei materiali e il mantenimento delle sollecitazioni unitarie massime entro i limiti di sicurezza[11]. Nel luglio del 1955 arriva anche il benestare della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che si avvale della consulenza del Centro di Studio sugli Stati di Coazione Elastica[12] del CNR[13].

Morandi, designato direttore dei lavori, suggerisce di invitare alla licitazione privata alcune imprese specializzate e pratiche dei suoi particolari sistemi di costruzione (Ferrocemento, COSIAC, Di Penta, Fratelli Giovannetti e Baiocchini Cinti Rinversi) ma la gara viene aggiudicata all’Impresa Ricostruzioni Montane, IRMO[14] di Roma, una società nata nel 1950 dalla cooperazione di diversi soggetti del panorama industriale italiano, fra cui la Italcementi di Carlo Pesenti, che hanno deciso di condividere i mezzi e le risorse necessarie per operare al meglio nel settore delle bonifiche, e che con l’appalto del ponte sul Cerami espandono la loro attività anche alle opere civili[15].

Alla consegna ufficiale dei lavori, il 5 maggio 1956, oltre a Morandi sono presenti Giuseppe Turco, ingegnere capo del Consorzio di bonifica, e Bruno Paris, ingegnere e direttore tecnico della IRMO. Per l’esecuzione delle opere viene stimato un tempo pari a 18 mesi, con data di ultimazione prevista per il 4 novembre 1957. Sotto la

regia organizzativa di Morandi, sono stabilite e rapidamente avviate le operazioni preliminari di cantiere: il progetto della centina Innocenti, l'accertamento delle caratteristiche dell'attrezzatura di sollevamento dei conci prefabbricati, lo studio granulometrico dei calcestruzzi. La IRMO, che oltre alla struttura precompressa deve realizzare anche il tratto stradale fra il fiume e la strada provinciale Agira-Nicosia, propone di realizzare la strada e le fondazioni del ponte fra giugno e dicembre del 1956 e la travata a partire dalla primavera del 1957.

Morandi approva il programma di lavoro dell'impresa e l'effettivo inizio dei lavori avviene il 18 giugno 1956.

I lavori entrano nel vivo della costruzione a partire da maggio 1957, quando Morandi invia in cantiere i disegni esecutivi del ponte. Si tratta di una dozzina di elaborati grafici dettagliatissimi, fondamentali per l'impresa che deve riprodurre fedelmente l'opera progettata dall'ingegnere romano. Questi redige inoltre un piano di esecuzione e di tesatura articolato in 14 fasi che vanno dalla costruzione di tutti gli elementi prefabbricati al loro posizionamento in opera sino ai getti di completamento della struttura e alla messa in tensione dei cavi[16].

Fra giugno e agosto 1957, in cantiere vengono gettati i plinti, elevati i pendoli (ridotti a 3 per ciascuna stilata), predisposti i tiranti e montata la centina di tubi Innocenti. Uno degli elaborati grafici più rilevanti è quello relativo alla prefabbricazione dei conci della travata: si riferisce a metà parete verticale di una nervatura, suddivisa in 21 elementi numerati dalla mezzeria verso l'estremità del ponte aventi altezza diversa l'uno dell'altro e lunghezze costanti a gruppi, come mostrato in fig. 2. I conci vengono gettati direttamente sulla centina, in posizione orizzontale, con l'ausilio di due sponde in legno e di un pettine in lamiera; dopo un paio di giorni sono sollevati e posti verticalmente, assicurando il perfetto allineamento reciproco (Fig. 3) ma lasciando fra di essi un commento di 12 cm. Verso la fine di settembre 1957 comincia il getto della soletta inferiore, in maniera discontinua analogamente ai conci e predisponendo, con l'ausilio di mandrini di acciaio, i fori per il passaggio dei cavi

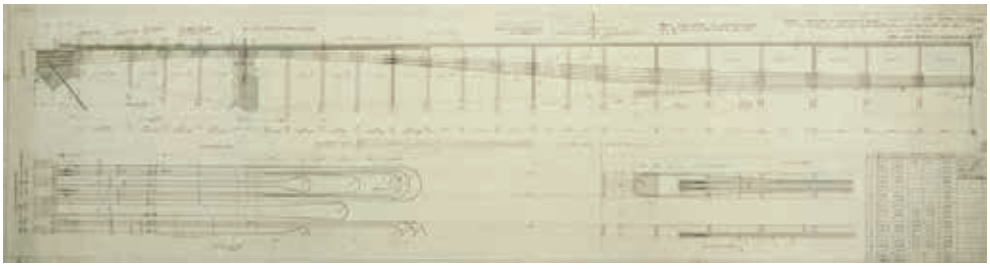


Fig. 2 – Studio Morandi, "dis. e/19984bis - Pianta e sezione longitudinale con andamento dei cavi, scala 1:20", 24/5/1957 (ACS, Morandi, scatola 124).

intradossali. Il 18 ottobre avviene il getto dell’ultimo concio e appena 4 giorni dopo tutti gli elementi prefabbricati sono allineati sulla centina, dotati di soletta inferiore e pronti per le successive fasi di infilaggio dei cavi di precompressione[17].

Mentre i cavi longitudinali e intradossali vengono inseriti negli appositi fori da operai specializzati giunti apposta in cantiere, si lavora anche alle testate del ponte e sono posizionati i tubicini di Eternit per l’alloggiamento dei cavi diagonali all’interno dei cassoni negli sbalzi. Giunti a metà novembre 1957, si procede con la suturazione dei commenti fra i conci, col getto dei trasversi e delle travi di testata e con la prima tesatura dei cavi intradossali e longitudinali. La costruzione della travata è ultimata con la posa in opera dei cavi di soletta superiore e il getto di quest’ultima, effettuato dalla mezzeria verso le estremità del ponte. Dopo la pausa natalizia, in cantiere si prosegue con le operazioni di tesatura, che nell’ordine interessano i cavi intradossali, i tiranti (Fig. 4), i cavi di soletta superiore e di nuovo i tiranti; poi sono nuovamente messi in tensione i cavi longitudinali e di soletta superiore, i tiranti e infine i cavi obliqui negli sbalzi. Effettuato il disarmo della centina Innocenti fra il 4 e il 12 gennaio 1958, sono avviate le opere di finitura, che impegnano il cantiere sino ai primi giorni di aprile: la “stuccatura” dei conci, la “scialbatura” a cemento sulle pareti del ponte, i getti di copertura delle piastre di ancoraggio alle testate, le iniezioni di cemento dei cavi, il manto stradale[18] (Fig. 5).

Le prove di carico si svolgono il 26 aprile 1958 e lo stesso giorno il ponte è aperto al traffico con ogni garanzia di stabilità[19]. Ma qualche mese dopo, motivazioni di natura diversa inducono Morandi a predisporre alcuni interventi di salvaguardia delle opere costruite.



Fig. 3 – Veduta del cantiere, 1957: i conci sono allineati sulla centina, pronti per l’infilaggio dei cavi (ACS, Morandi, scatola foto 2).



Fig. 4 – Veduta di dettaglio dei pendoli e dei tiranti, ante maggio 1959 (ACS, Morandi, scatola foto 2).



Fig. 5 – Veduta complessiva del ponte, ante maggio 1959 (ACS, Morandi, busta 18).

Sia per evitare infiltrazioni di acque meteoriche che per ragioni architettoniche, l'antiesteticità dei tubi in eternit in stridente contrasto con la linea snella ed ardita del complesso strutturale dell'opera, Morandi suggerisce l'impermeabilizzazione dell'estradosso del ponte e il rivestimento dei tiranti tramite "costoloni" in calcestruzzo armato leggero. Per ogni tirante sono collocati due costoloni aventi sezione a C con lati lunghi 25 cm e spessore pari a 25 mm, separati da opportuni giunti di dilatazione, ed è interposto un getto di calcestruzzo pomice fra i tubi di Eternit e l'interno dei costoloni stessi. Tali lavori suppletivi sono eseguiti dalla IRMO fra maggio e luglio 1959[20].

Conclusioni

Quando nel 1958 è inaugurato il ponte sul Cerami, a Gagliano Castelferrato sono stati da poco scoperti diversi giacimenti di metano, un tesoro sotterraneo che poteva rappresentare una notevole risorsa per la difficile situazione economica della Sicilia dell'epoca[21]. Ma con l'entrata in funzione del moderno ponte in cemento armato precompresso, il comune siciliano si è arricchito anche di un tesoro dell'ingegneria strutturale italiana. Nella struttura di attraversamento del Cerami si riscontrano infatti i punti chiave della "strategia della leggerezza" di Morandi. Innanzitutto la scomposizione, messa in atto con la prefabbricazione, organizzata ed eseguita alla perfezione, dei conci della travata ma anche attraverso l'autonomia figurativa e statica fra le membrature strutturali. Poi il bilanciamento, con l'ingegnoso espediente dei tiranti sottesi, che sono in grado di regolare lo stato tensionale dell'intera struttura. Infine, siamo di fronte a un primo tentativo, ancorché formale, di omogeneizzazione, resa possibile mediante il rivestimento dei tiranti per mezzo di costoloni in calcestruzzo, non resistenti a compressione ma usati a scopo di protezione dei cavi e soprattutto per conferire unitarietà di immagine architettonica all'intera struttura.

Il ponte sul Cerami, ancora oggi ben custodito fra le campagne della Sicilia più interna e profonda, rappresenta una fondamentale testimonianza delle vicende della Scuola italiana di ingegneria del Novecento, non solo come importante punto di arrivo della ricerca sul precompresso svolta da Morandi nel periodo della ricostruzione ma senz’altro anche come riferimento per i successivi sviluppi della tipologia strutturale (il Padiglione sotterraneo per il Salone dell’Automobile a Torino, il cavalcavia della via Olimpica a Roma, il ponte sul Vella a Sulmona) e in generale per l’evoluzione del percorso professionale dell’ingegnere romano che giungerà, di lì a poco, all’elaborazione del cavalletto strallato omogeneizzato, simbolo dell’ingegneria italiana degli anni del boom.

Ringraziamenti
Per la ricerca cha ha consentito la redazione di questo articolo si ringraziano: l’arch. Flavia Lorello per il fondo Riccardo Morandi conservato presso l’Archivio Centrale dello Stato (ACS, Morandi); l’ing. Ascenzio Lociuro per l’archivio del Consorzio di Bonifica Enna (ACBEnna); la dott.ssa Regina Genga e il dott. Edmondo Benedetti per l’archivio del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, conservato presso gli uffici di Ciampino del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (ASMIT, Ciampino); il dott. Marco Esposito per l’Archivio Storico della Camera di Commercio di Roma (ASCdCRoma).

Bibliografia
AA.VV. 1962. *Cassa per il Mezzogiorno. Dodici anni 1950-1962, vol. 2 - L’attività di bonifica. Parte prima*. Bari: Editori Laterza.
AA.VV. 1991. *Riccardo Morandi, Innovazione Tecnologia Progetto*. Roma: Gangemi.
Boaga G. Boni B. 1962. *Riccardo Morandi*. Milano: Edizioni di Comunità.
Boaga G. 1984. *Riccardo Morandi*, (a cura di). Bologna: Zanichelli.
Grassini P. 1962. Notizie sui ponti in cemento armato precompresso costruiti dalla Cassa per il Mezzogiorno. *L’industria italiana del cemento*, 11, 643-658.
Iori T. Poretti S. 2014. *SIXXI 1. Storia dell’ingegneria strutturale in Italia* (a cura di). Roma: Gangemi.
Iori T. Poretti S. 2015. *SIXXI 2. Storia dell’ingegneria strutturale in Italia* (a cura di). Roma: Gangemi.
Iori T. Poretti S. 2015. *SIXXI 3. Storia dell’ingegneria strutturale in Italia* (a cura di). Roma: Gangemi.
Iori T. Poretti S. 2016. Storia dell’ingegneria strutturale italiana. Ascesa e declino. In: T. Iori, S. Poretti (a cura di). *La Scuola italiana di Ingegneria*, numero monografico di “Rassegna di architettura e urbanistica”, 148. Roma: Quodlibet.
Morandi R. 1954. *Strutture di calcestruzzo armato e di calcestruzzo precompresso*. Roma: Libreria Dedalo editrice.
Morandi R. 1957. *Su alcune recenti realizzazioni di strutture in calcestruzzo armato e in calcestruzzo precompresso*. Atti della Conferenza tenuta presso la sede del Consiglio Nazionale delle Ricerche per invito dell’Unione Romana Ingegneri e Architetti, Roma, 23 novembre.

Note

1. ACS, Morandi, busta 18, "R. Morandi, Ponte Cerami, Promemoria", 6/12/1954.
2. ACS, Morandi, busta 18, "R. Morandi, Ponte Cerami, Relazione", 10/1/1955.
3. ASMIT, Ciampino, "Consiglio Superiore LLPP, Delegazione speciale per la Cassa per il Mezzogiorno, voto n° 145", 16/5/1955.
4. ACS, Morandi, busta 18, "R. Morandi, Ponte Cerami, Relazione", 10/1/1955.
5. Il progetto comprende 10 elaborati grafici datati 5/1/1955 (dal n° m/16173 al n° m/16182) e 7 documenti datati 10/1/1955 (relazione, computo metrico, stima dei lavori, analisi dei prezzi, capitolato speciale di appalto, elenco dei prezzi e calcoli di stabilità).
6. ACS, Morandi, busta 18, "R. Morandi, Ponte Cerami, Calcoli di stabilità", 10/1/1955.
7. Ibidem.
8. ACS, Morandi, busta 18, "R. Morandi, Ponte Cerami, Relazione", 10/1/1955.
9 ACS, Morandi, busta 18, "R. Morandi, Ponte Cerami, Calcoli di stabilità", 10/1/1955.
10. Brevetto n. 414987 del 6/12/1952 dal titolo "Procedimento e dispositivo per la uniforme tesatura e bloccaggio dei fili di acciaio costituenti armatura di strutture di calcestruzzo precompresso, nonché per la misurazione diretta della tesatura di cui sopra" e il suo 1° completivo, n. 542192 del 5/10/1955 (ACS, Brevetti).
11. ASMIT, Ciampino, "Consiglio Superiore LLPP, Delegazione speciale per la Cassa per il Mezzogiorno, voto n° 145", 16/5/1955.
12. Il Centro di Studio sugli Stati di Coazione Elastica è istituito nel luglio 1945 presso il Politecnico di Torino. Il promotore è Gustavo Colonnetti (1886-1968), padre del precompresso in Italia e presidente del CNR dal 1944 al 1956. La direzione viene affidata a Franco Levi (1914-2009), allievo di Colonnetti e professore al Politecnico di Torino.
13. ACBEnna, pratica 45/1, Lettera del Presidente del Consiglio Superiore LLPP prof. ing. Luigi Greco allo studio tecnico Morandi e al Consorzio di bonifica di Gagliano-Troina, 18/7/1955.
14. ASCdCRoma, busta 242/50 (tribunale).
15. ACBEnna, pratica 45/2, "Consorzio di bonifica Gagliano-Troina, Verbale di licitazione privata e di aggiudicazione per l'appalto dei lavori di costruzione del 2° lotto 2° stralcio della strada Gagliano Castelferrato - Nissoria", 18/3/1956.
16. ACS, Morandi, scatola 124, "dis. e/21069 - Piano di esecuzione e tesatura", 27/5/1957.
17. ACBEnna, pratica 45/5, "Consorzio di Bonifica Gagliano-Troina, Lavori di costruzione della strada di bonifica Gagliano-Nissoria, 2° lotto 2° stralcio, Giornale dei lavori".
18. Ibidem.
19. ACBEnna, pratica 45/3, "Ponte in calcestruzzo precompresso sul fiume Cerami, Verbale di prove di carico", 26/4/1958.
20. ACS, Morandi, busta 18, "Consorzio di bonifica Gagliano-Troina, Strada di bonifica Gagliano-Nissoria 2° lotto 2° stralcio, Perizia suppletiva per il completamento delle opere", 14/7/1958; ACS, Morandi, scatola 124, "dis. e/24243 - Rivestimento tiranti obliqui sulle spalle", 13/1/1959; ACBEnna, pratica 45, "Consorzio di bonifica Gagliano-Troina, Strada di bonifica Gagliano-Nissoria 2° lotto 2° stralcio, Relazione sul conto finale", 21/9/1959.
21. Proprio a Gagliano Castelferrato Enrico Mattei, presidente dell'ENI, pronuncia il suo ultimo discorso pubblico il 27 ottobre del 1962, prima di morire nel tragico e misterioso attentato occorso all'aereo sul quale stava viaggiando da Catania a Milano mentre sorvolava le campagne di Bascapè (Pavia) poco prima di atterrare all'aeroporto di Linate.

Archivi

ACS, Morandi: Archivio Centrale dello Stato, Fondo Riccardo Morandi, Roma.

ACS, Brevetti: Archivio Centrale dello Stato, Fondo Ministero dell’Industria e del Commercio, Ufficio Italiano Brevetti e Marchi, Roma.

ACBEnna: Archivio del Consorzio di Bonifica di Enna, Enna.

ASMIT, Ciampino: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Archivio del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Ciampino.

ASCdCRoma: Archivio Storico della Camera di Commercio di Roma, Roma.

Alessandra Como, Luisa Smeragliuolo Perrotta,
Simona Talenti, Annarita Teodosio

Il Teatro Popolare Italiano (TPI) di Ezio De Felice, Elio Giangreco, Giuseppe Giordano e Vittorio Gassman: una sperimentazione di ingegneria, architettura e teatro

Abstract

The Teatro Popolare Italiano (TPI) was a mobile structure for 3,000 spectators, realised in Italy in the 1960s, a design project by the architect Ezio De Felice and the engineers Elio Giangreco and Giuseppe Giordano. The TPI, commissioned by the famous Italian actor and director Vittorio Gassman, represents an architectural, technological and building experimentation as well as a cultural project conceived by Gassman with the support of the businessman Giovanni Erba.

The TPI would have allowed a new theatrical art form accessible to everyone, itinerant and democratic. With this goal, the team of architects and engineers designed a large-scale mobile structure conceived to be assembled on site in just 30 hours. The project aroused curiosity, it was published on magazines and newspapers, and it also triggered a heated debate even at an international level.

Due to a series of problems and alterations during the realisation, the mobile theatre stayed paradoxically stationary for years before being dismantled and sold to the Egyptian State.

Le ragioni del Teatro Popolare Italiano

Il Teatro Popolare Italiano nasce, a detta di Vittorio Gassman, quasi per caso, a seguito di un malinteso in merito all'espressione *teatro mobile* durante un'intervista con una giornalista avvenuta agli inizi del 1958, ma diventa ben presto un progetto cui l'attore e regista tiene particolarmente[1]. Il TPI rappresenta una sperimentazione architettonica, tecnologica ed edilizia, nonché un programma culturale che intende *riportare l'arte alla sua funzione eminentemente popolare* (Gassman, 1959) rendendola accessibile a tutti, grazie a un teatro ambulante, a spettacoli a poco prezzo e ad attori giovani e dinamici. In questa avventura Gassman si fa accompagnare da Giovanni Erba, un impresario che aveva già sperimentato manifestazioni a carattere itinerante con un particolare spettacolo che girava l'Italia e nel quale veniva esposto il cadavere di una balena gigante. Alla sua professionalità l'attore italiano si affida per la promozione commerciale del TPI. Grazie infatti all'idea di poter utilizzare

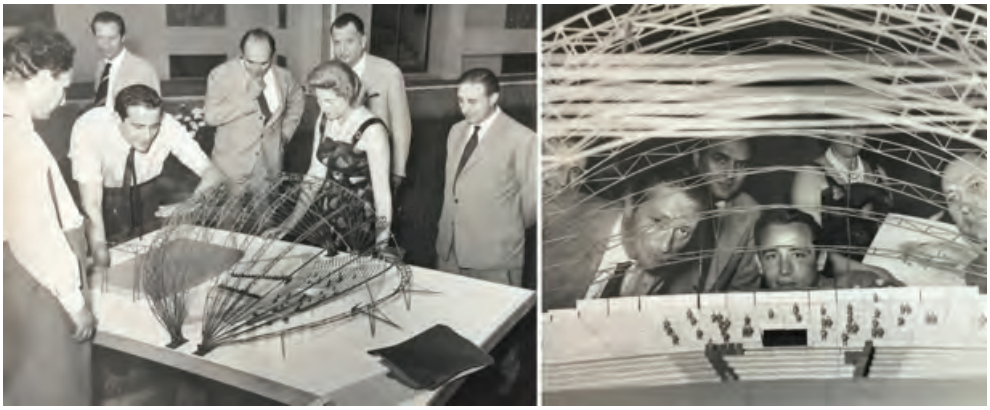


Fig. 1 – Vittorio Gassman e il gruppo di progettisti che discutono sul modello del progetto. Fonte: Archivio "Fondazione De Felice".

parti della struttura del teatro, ad esempio il tendone, come spazio pubblicitario, ritiene di poter supportare economicamente l'impresa del TPI almeno per i primi tempi (Gassman, 1959).

Dopo aver consultato diversi professionisti, Gassman affida il progetto a un team di architetti e ingegneri di ambito napoletano Ezio De Felice, Elio Giangreco e Giuseppe Giordano con la collaborazione del milanese Alberto Spinelli, in Fig 1. La grande struttura trasportabile in grado di essere facilmente montata e smontata rapidamente fa uso anche delle tecnologie d'avanguardia, quali l'utilizzo di sedie telescopiche e di un impianto di sonorizzazione supervisionato dalla Philips. La modernità e la democraticità del progetto si traducono non solo nella semplicità e rapidità del montaggio, ma anche nella chiarezza strutturale degli archi in acciaio montati in progressione, così come nella disposizione ad anfiteatro o eventualmente ad arena centrale, priva di qualunque palco e di qualsivoglia gerarchia, da cui la denominazione ricorrente di circo impiegata da Gassman e da molte riviste dell'epoca, e nella flessibilità dell'impianto (utilizzabile anche come dancing, ring per la boxe ecc.) sottolineata a varie riprese dallo stesso attore che immagina di trasformarlo, già il giorno dell'inaugurazione, in una pista da ballo smontando in mezz'ora un ordine di posti.

Le esperienze pregresse. Riferimenti italiani e francesi

L'esperienza del Teatro Popolare Italiano si inscrive all'interno di una lunga tradizione di teatri popolari ambulanti che risale alla fine dell'Ottocento[2]. Si tratta di strutture mobili realizzate con coperture lignee, montate nelle piazze delle città dove le compagnie vanno ad esibirsi. In Francia, dove i teatri ambulanti si diffondono in maniera capillare nel corso dell'ultimo decennio del XIX secolo, le costruzioni sono realizzate con pannelli verticali di legno. All'interno della sala, il palcosce-

nico è montato su dei carri che servono al trasporto, mentre gli spettatori vengono sistemati in uno spazio a forma di anfiteatro. In alcuni casi, come nel teatro Lamarche-Lamberty del 1906, viene eretto un semplice tendone per accelerare i tempi di montaggio, solo 5 ore, e permettere di fermarsi una sola giornata nelle diverse località e di ripartire, trainati da cavalli, da veicoli a vapore o per mezzo del trasporto ferroviario. Architetture effimere, montate in maniera fugace dunque e, come tali, capaci di riannodarsi con il mondo teatrale, l'improvvisazione, il dinamismo e la meraviglia. Agli inizi del secolo scorso, Firmin Gémier prosegue il progetto, con il suo Théâtre National Ambulant [1], la cui modernità non si arresta alla vocazione popolare di diffusione e di ampliamento sociale del pubblico, ma riguarda anche il disegno architettonico. L'utilizzo del metallo da parte dei due ingegneri Henri e Jacques Febvre-Moreau permette infatti di realizzare una struttura solida, leggera, resistente, con pilastri disposti agli angoli della sala e dietro al palcoscenico, in legno, in modo da non disturbare la visibilità. Più simile a un moderno hangar che al tendone di un circo, il teatro ambulante di Gémier costituisce un *monument de toile* (Gémier, 1911) che può essere montato in 16 ore da 25 operai, anticipando le varie esperienze di teatro mobile.

Probabile conoscitore del Teatro ambulante francese, l'architetto Antonio Valente partecipa, in Italia, alla realizzazione dei cosiddetti Carri di Tespi, ovvero teatri viaggianti progettati per portare gli spettacoli nelle località più sperdute. Si tratta di una struttura *sostenuta da capriate ripiegabili*, in grado di resistere *alle inclemenze atmosferiche, comprensiva di sala (ampia mq 120) con panche per gli spettatori, di palcoscenico con una superficie utile di 35 mq…* (Isgrò, 2009) progettata per essere facilmente montata, smontata e trasportata su autocarri. Mentre i teatri di prosa hanno una forma rettangolare a capanna con capriate lignee, il teatro lirico presenta una struttura che ruota attorno a un asse. Il palcoscenico è sostenuto da una ossatura di tubi di ferro e sormontato da telai metallici che lo chiudono da tutti i lati.

Se da un lato i teatri ambulanti e mobili diventano dei possibili riferimenti progettuali del TPI, dall'altro è il concetto stesso di teatro popolare a costituire un punto di partenza per Gassman. Il teatro inteso come servizio pubblico è stato infatti il fondamento dell'omologo francese Théâtre National Populaire, fondato nel 1920 dallo stesso Gémier, in particolar modo durante la direzione di Jean Vilar nel corso degli anni Cinquanta. E anche le contemporanee esperienze cinematografiche del regista-ingegnere Renato Castellani vengono probabilmente prese a modello da Gassman come tentativo di far dialogare la cultura con i gusti popolari del grande pubblico.

Il TPI frutto di convergenze

Il valore sperimentale del TPI risiede anche nel fatto che esso rappresenta il risultato di una convergenza di competenze e relazioni professionali tra il mondo dell'ingegneria, dell'architettura e dell'arte teatrale.

I protagonisti dell'esperienza progettuale sono tecnici diversi per formazione e retroterra culturale. La lunga e ricca attività professionale di De Felice, in linea con quella accademica, annovera soprattutto interventi di restauro, progetti e allestimenti museali. L'incarico per la realizzazione del TPI costituisce una novità[3], una sorta di sfida cui l'architetto si dedica con molto entusiasmo tra il '58 e il '59, coinvolgendo anche i due noti strutturisti Giangreco e Giordano, con cui intrattiene relazioni personali e professionali[4]. I ruoli e gli apporti dei vari specialisti sono chiariti da Giangreco in occasione di una conversazione rotariana[5]. L'architetto De Felice è autore della composizione e ideatore della copertura ad archi ruotanti; agli ingegneri Giordano e Giangreco, invece, si devono il calcolo e il dimensionamento di questa struttura complessa e ambiziosa che propone soluzioni innovative dal punto di vista tecnologico. L'apporto degli ingegneri, con le loro specifiche competenze, si rivela fondamentale per la soluzione e la concretizzazione della geniale intuizione progettuale di De Felice. Una soluzione raggiunta anche attraverso la realizzazione dei modelli sperimentali realizzati nello studio dell'architetto e le svariate analisi empiriche svolte nel Laboratorio di prove strutture e modelli della Fiera d'Oltremare a Napoli dove, all'uopo, si costruisce un plastico del teatro di 5 m x 5 m x 2,5 m. La prova con la macchina del vento, ad esempio, tenta di rispondere alla richiesta, avanzata a un certo punto da Gassman, di prevedere la possibilità di limitare la copertura al solo palcoscenico lasciando scoperta la platea (Zevi, 1959). L'architetto Spinelli partecipa attivamente al coordinamento del lavoro, mantenendo contatti con altri tecnici e ditte specializzate di carpenteria metallica, e coadiuva De Felice soprattutto nello studio della disposizione dei sedili telescopici da lui stesso brevettati.

Come racconta Giangreco, i progettisti svolgono un minuzioso lavoro corale studiando per mesi ogni minimo dettaglio esecutivo, modificando spesso il progetto nel tentativo di conciliare le esigenze costruttive con quelle teatrali. Col motto *mattatore lui, mattatori noi* (Zevi, 1959), essi accolgono la sfida di Gassman lavorando con entusiasmo al teatro anche per ottenere effetti luminosi e acustici strabilianti (altoparlanti ovunque, persino sugli archi e sotto i sedili). E sembrano accettare con ironica rassegnazione la definizione di *trappola per topi* (Zevi, 1959) che il produttore riserva alla loro opera guardandone il modello.

Spazio e struttura

Spazialmente il TPI è costituito dal volume prismatico del palcoscenico e dalla calotta di copertura della sala realizzata da due ventagli di archi, ciascuno ottenuto attraverso la rotazione di un arco su due cerniere intorno a un asse orizzontale, come mostrato in fig. 2. I due volumi sono distinti e rispondono a diverse logiche formali e spaziali. La sala viene dimensionata sulla base della richiesta inderogabile di Gassman di realizzare uno spazio per almeno 3000 spettatori. Viene dunque progettata una calotta di 46,5 m di diametro e 21,5 m di altezza in chiave.

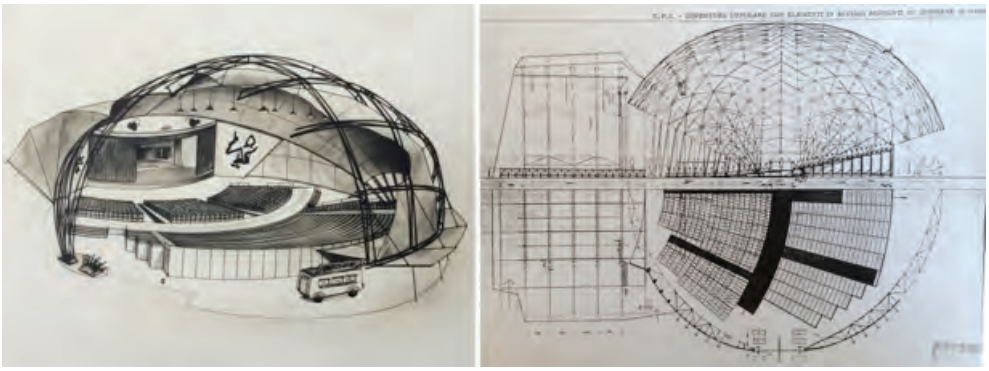


Fig. 2 – Rappresentazione del progetto in tridimensionale e in sezione-pianta. Fonte: Archivio "Fondazione De Felice".

Lo schema spaziale del ventaglio di archi ruotanti su due cerniere è ideato da De Felice, presentato e subito accettato dai committenti; tale soluzione viene poi studiata dagli ingegneri Giangreco e Giordano (Giangreco, 1961), che decidono per ragioni strutturali ed esecutive, insieme all'architetto, di raddoppiare la struttura in due coppie di ventagli di archi, a 6 m di distanza, ruotanti intorno a una coppia di cerniere di base, con il principale obiettivo di semplificare il montaggio che poteva in questo modo aver luogo in parallelo per le due metà dello spazio della sala. Ognuna delle due metà della sala viene occupata da piani gradonati, realizzati in due parti distinte, a diversa pendenza ed estensione, entrambe lasciate libere, prive di muri di chiusura. Nell'insieme queste creano uno spazio pubblico, una sorta di piazza. Al centro, tra le due gradonate, corre il corridoio principale di smistamento ai posti a sedere, in corrispondenza del culmine della calotta. Le due parti di gradonata si differenziano anche per le sedute, 800 poltroncine nella zona anteriore e 2200 posti a sedere lungo le gradinate a maggiore pendenza nella zona posteriore. Queste ultime costituiscono gli *armadi sedili* apribili e telescopici che utilizzano il sistema brevettato della Ditta Spinelli Burigo[6] che era stato selezionato da Vittorio Gassman come scelta iniziale di progetto (Giangreco, 1961).

Il volume del palcoscenico era stato inizialmente concepito, in analogia alla soluzione della sala, come spicchio di calotta, ottenuto dalla rotazione di archi intorno a un asse verticale come riportato nello schizzo di progetto in Fig. 3. Su richiesta di Gassman e dello scenografo Damiani del Piccolo Teatro di Milano, per rispondere a esigenze della scena teatrale, viene poi sostituito da un volume prismatico. Tale soluzione lascia formalmente separati i due elementi, sala e palcoscenico, mentre la continuità spaziale è ottenuta grazie al solo telone di copertura che si piega ad avvolgere le due superfici. La non risolta relazione tra i due volumi è evidente, in sezione, nello spazio intermedio di passaggio tra palcoscenico e sala, come risulta dalla fig. 2.

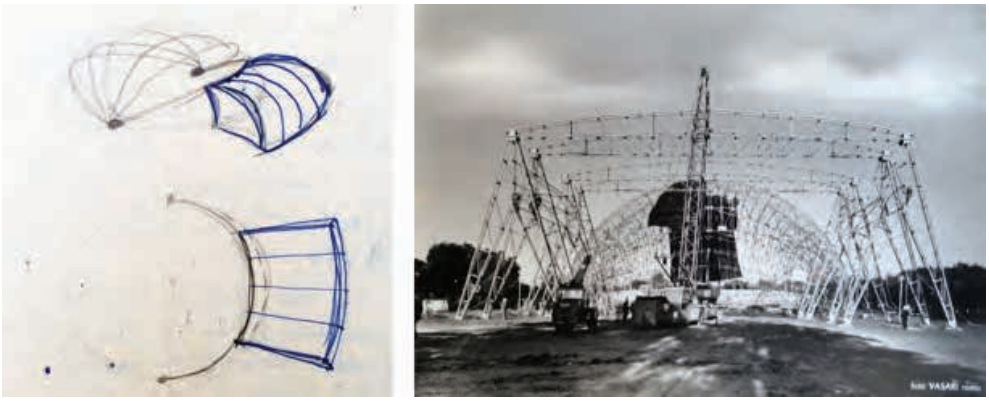


Fig. 3 – Schizzo di progetto della prima soluzione del palcoscenico e foto della soluzione realizzata. Fonte: Archivio "Fondazione De Felice".

Il palcoscenico, di 36 m x 25 m di profondità, è formato da elementi pieghevoli in legno e acciaio; la parete di fondo può aprirsi completamente sul panorama naturale[7]. Il sipario, di 24 m di larghezza per 8 m di altezza, è concepito per poter essere uno spazio da utilizzare nella sua interezza o separato in scene[8].

Nell'articolo su *Costruzioni Metalliche* di Giangreco (Giangreco, 1961), l'ideazione strutturale è spiegata in dettaglio. L'articolo, che costituisce il testo di una conferenza tenuta all'università di Pisa nel 1960, è strutturato suddividendo le due parti principali di cui è costituito il teatro, ovvero la copertura della sala e quella del palcoscenico che differiscono, come si spiega nell'introduzione, per forma, concezione strutturale e sistema di montaggio. Attraverso disegni e commenti, viene descritta la struttura in dettaglio. La copertura della sala è costituita da due ventagli di archi, l'uno con sette archi, nella parte della sala verso il palco, e l'altro con otto archi. Gli archi, ottenuti da una curva a unico centro, sono a tre cerniere, realizzati con strutture piane reticolari e sono disposti in piani diversamente inclinati rispetto al piano orizzontale. Ogni arco è posto su due ruote, alloggiate in una piastra di base, in modo da



Fig. 4 – Foto dell'esterno e dello spazio interno del TPI (Giangreco 1961 p. 114).

poter ruotare intorno all'asse orizzontale che collega le due ruote. Vi sono 2 coppie di piastre, poste a 6 m di distanza tra loro. Elementi secondari collegano gli archi tra di loro con funzione di controventamento e distribuzione dei carichi. Diversamente dalla copertura della sala, la struttura del palcoscenico è invece realizzata con cavalletti su cerniere alla base che reggono delle strutture reticolari della luce di 29,4 m.

Montaggio e costruzione

Il TPI è un'architettura mobile e come spiega l'architetto De Felice, *l'originalità del sistema costruttivo proposto risiede essenzialmente nel montaggio*[9]. La grande copertura del TPI è infatti pensata per essere montata in loco in breve tempo, solo 30 ore, con l'ausilio di squadre di operai specializzati e con una coppia di sollevatori.

La costruzione si avvale di due innovazioni principali, cui corrispondono altrettanti brevetti: il primo riguarda la copertura, e il secondo, come scrive lo stesso Gassman è quello delle gradinate telescopiche: si reggono infatti su se stesse ed in viaggio, una volta smontate, occupano soltanto uno spazio pari ad un decimo della loro estensione (Gassman 1959).

La soluzione architettonica e strutturale della copertura origina da scelte legate alla tecnica di montaggio. L'uso dell'acciaio e la necessità di prevedere elementi leggeri e nello stesso tempo in numero ridotto, in modo da non rendere lungo il procedimento del montaggio, ha condotto a disegnare la copertura con archi in acciaio tutti della stessa dimensione che si assemblano da 6 pezzi. L›utilizzo di elementi normalizzati permette che il montaggio possa avvenire a terra *con il minimo rischio per i montatori e senza l'ausilio di complicati mezzi di sollevamento*[9]. Grazie alla semplicità di realizzazione delle gradonate con il sistema telescopico, è possibile inoltre avviare il loro montaggio contemporaneamente a quello della copertura della sala.

Le operazioni cominciano dunque con il predisporre prima di tutto il trasporto degli elementi secondo un ordine prestabilito. Si dispongono poi sul terreno le piastre di fondazione con le ruote, si monta il primo arco assemblando i 6 pezzi di cui è costituito. De Felice descrive in dettaglio il sistema di montaggio da eseguire per fasi in sequenza (Fig. 5): *Impostato il primo arco a terra, in posizione orizzontale, e collegatolo tramite le cerniere alle ruote di imposta, lo si fa ruotare intorno ai perni di queste ultime di un angolo prestabilito; si monta a terra il secondo arco e lo si collega con le aste di controventamento al primo già sollevato; si fa ruotare il complesso dei due archi dello stesso angolo prestabilito e si procede così di seguito fino al completamento della copertura. Il primo e l'ultimo arco, nella posizione definitiva possono essere disposti a terra, in modo da costituire, attraverso le aste di controventamento, elemento di appoggio per gli altri archi*[9].

De Felice studia inoltre il sistema del telaio della copertura in materiale plastico trasparente da montare contemporaneamente agli archi, facendolo srotolare dalla sommità sotto l'azione del suo stesso peso.

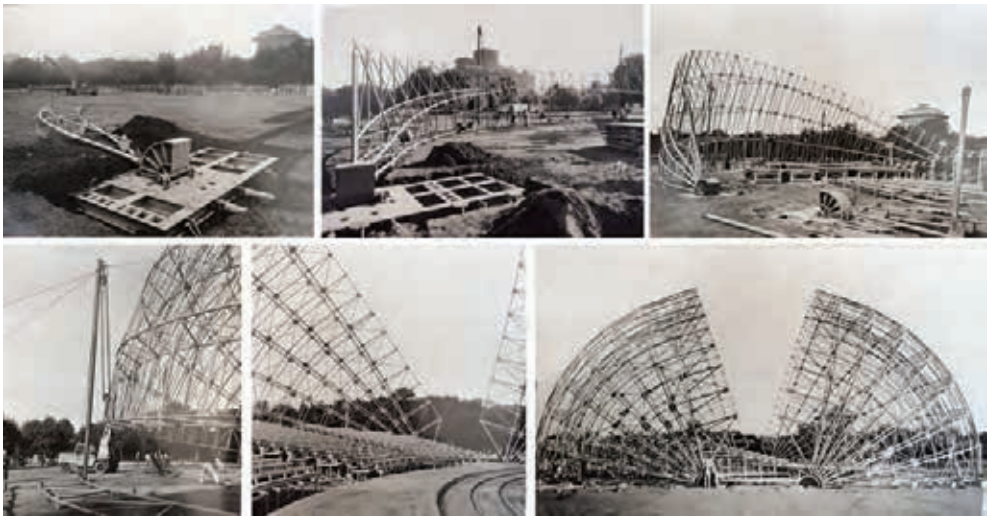


Fig. 5 – Fasi di montaggio della copertura. Fonte: Archivio "Fondazione De Felice".

Il sistema della copertura montabile in acciaio viene brevettato da De Felice in Italia e all'estero in vari paesi (tra cui Stati Uniti, Argentina, Brasile, Francia, Germania Occidentale e Belgio). La sua cifra innovativa, così come descritta in più occasioni dal progettista, risiede sia nella versatilità funzionale degli spazi da coprire sia nelle diverse possibilità dimensionali.

Se nel TPI il progetto della copertura ha raggiunto le dimensioni *limite* sperimentate, De Felice fa notare come il sistema possa modificarsi a seconda delle dimensioni dello spazio da coprire; nel caso di dimensioni ancora maggiori le basi di appoggio potrebbero essere collegate da catene o essere vincolate al suolo mediante ancoraggi senza che nulla vada perduto della qualità spaziale della soluzione[9]. Prospetta inoltre che il sistema costruttivo e di montaggio possa raggiungere ottimi risultati anche qualora dovesse modificarsi lo schema statico, utilizzando ad esempio portali rettangoli o di diversa forma, o profilati di acciaio a sezione rettangolare in sostituzione di quelle circolari preferite nel TPI, oppure immaginando di utilizzare profilati di materiale plastico leggero in sperimentazione in quegli anni.

Conclusioni

Mentre in importanti città si fondano i Teatri Stabili, il TPI è concepito come spazio in movimento che gira le città e le province italiane per portare il mondo culturale del teatro tra la gente. Il paradigma di una forma teatrale *popolare* viene così trasferito in una sfida tecnico-architettonica.

L'opera desta molta curiosità, comparendo in giornali e riviste specializzate e innescando un acceso dibattito anche in campo internazionale. Nel '59, dalle pagine de L'Espresso, Zevi afferma che *se dal punto di vista strutturale, il progetto è brillante e convincente, molto resta ancora da fare per configurarlo architettonicamente* (Zevi, 1959) e un anno più tardi i suoi commenti sono ancora più caustici: *l'opera realizzata ha superato anche le più fosche previsioni* (Zevi, 1960). Al contrario, nella pubblicazione su L'architettura - cronache e storia del 1962 Edoardo Torroja, nella sua presentazione all'opera, ne loda *la chiara impostazione strutturale, la semplicità e la rapidità del procedimento di montaggio, la funzionalità e l'eleganza dell'opera*[10].

Al di là dei commenti e delle considerazioni sul valore dell'opera, sembra proprio il sistema di montaggio a non essersi rivelato semplice e rapido e a decretare un successo alquanto ridotto all'iniziativa promossa dal celebre attore italiano. Le grandi dimensioni della struttura rendevano infatti le fasi di assemblaggio alquanto complesse, considerato il fatto che gli addetti al montaggio erano spesso reclutati tra gli stessi attori itineranti, e non tra manodopera specializzata come invece previsto dai progettisti. Tali problemi bloccarono l'uso itinerante della struttura che venne conservata smontata per diversi anni prima di essere venduta all' Egitto.

Nonostante le difficoltà incontrate, il TPI ha rappresentato un'importante esperienza italiana di convergenza di competenze e relazioni professionali tra il mondo dell'ingegneria, dell'architettura e dell'arte teatrale in un momento in cui i temi della mobilità e dello spazio in movimento erano al centro del dibattito architettonico europeo.

Ringraziamenti

Si ringraziano la Fondazione De Felice e Roberto Fedele, architetto e coordinatore della Fondazione, per il contributo nella ricostruzione della storia del progetto e per la consultazione del materiale inedito custodito presso l'archivio. Si ringraziano inoltre la famiglia Giordano e l'architetto Andrea Cosenza grazie ai quali si è realizzata la relazione tra l'archivio Giordano e la Fondazione De Felice, e soprattutto per il riconoscimento dell'interesse e della necessità della ricerca sul TPI.

Bibliografia

De Felice E., Giangreco E., Giordano G. 1962. Una copertura smontabile a struttura metallica. *L'architettura - cronache e storia*, 80 (giugno).

Gémier F. 1911. *Comoedia,* 29 juin.

Frattali A. 2017. Rivisitare i classici in cinema-scope: il Teatro Popolare Italiano di Vittorio Gassman. *Il castello di Elsinore: quadrimestrale di teatro*. 0 (75), 69-80.

Gassman V. 1959. Ecco il mio circo. *L'Espresso*, 1(5).

Giangreco E. 1961. Un esempio di copertura smontabile. *Costruzioni Metalliche*, ACAI, Milano, XIII (3), 103-115.

Isgrò G. 2009. *Sviluppi delle risorse sceniche in Italia: da D'Annunzio agli anni Trenta*. Roma: Bulzoni.

Zevi B. 1959. Il Teatro del mattatore. *L'Espresso*, 13 settembre.
Zevi B. 1960. Il Teatro immobile. Gassman e gli architetti. *L'Espresso*, 27 maggio.

Sitografia

[1] http://books.openedition.org/pur/2152

Note

1. Archivio De Felice, Napoli. Testo dattiloscritto pubblicato su *L'Espresso* (Gassman, 1959).
2. Il legame con la storia, in particolare con l'esperienza francese del Théâtre National Populaire, è confermata anche dall'ingegnere Giangreco in occasione di una conversazione rotariana. Cfr. Archivio De Felice, Napoli. Testo dattiloscritto dell'intervento di E. Giangreco (1960-61 circa) intitolato *Criteri di progettazione ed esecuzione del Teatro Popolare Italiano di Vittorio Gassman*.
3. L'esperienza del TPI sembra trovare un unico riferimento, almeno tematico-funzionale, nell'allestimento di un teatro all'aperto realizzato dall'architetto circa un decennio prima (1949) a Villa Floridiana, a Napoli, per gli spettacoli diretti da Strehler. Mentre un probabile nesso tecnologico potrebbe reperirsi nel progetto elaborato negli stessi anni per la copertura smontabile di un campo da tennis a Torino con archi reticolari in acciaio di forma ogivale.
4. I tre progettisti avevano lavorato assieme al rinnovato Museo Nazionale di Napoli.
5. Archivio De Felice, Napoli. Testo dattiloscritto dell'intervento di E. Giangreco (1960-61 circa) intitolato *Criteri di progettazione ed esecuzione del Teatro Popolare Italiano di Vittorio Gassman*.
6. Archivio De Felice, Napoli. Testo dattiloscritto titolato *Progetto del teatro viaggiante Gassman dovuto a De Felice, Giangreco, Spinelli.*
7. Archivio De Felice, Napoli. Testo dattiloscritto dell'Arch. De Felice (1959) intitolato *Teatro Popolare di Vittorio Gassman*.
8. Nella prima rappresentazione ospitata dal TPI, l'Adelchi del Manzoni, la scena progettata viene separata in tre parti (Frattali, 2017).
9. Archivio De Felice, Napoli. Testo dattiloscritto relativo alla comunicazione dell'Arch. De Felice *Coperture Metalliche Smontabili* per il *Convegno sulle prospettive economiche e tecniche dell'edilizia*.
10. Torroja E, presentazione alla pubblicazione dell'opera all'interno del n.80 di *L'architettura - cronache e storia* (De Felice *et al*., 1962).

Vincenzo Di Florio

Le scuole in Abruzzo: un laboratorio per gli ingegneri del secondo Novecento

Abstract

The architecture of schools exemplifies the role of the engineers in the reconstruction after second world war in Abruzzo. Often, small schools in complex and stratified urban parts represent the result of balanced spreading politics in the regional areas. In this reference, it is interesting focusing the attention on specific architectures, which help us to understand the important role of the engineers, and which represent the main part of the new urban areas during the postwar period.

We have a lot of examples of this kind of architectures, selected from the roman professionalism: the kindergarten by Eng. Giuseppe Nicolosi in Celano (1954), the schools by Eng. Marcello Vittorini in Cerchio (L'Aquila) and Collarmele (L'Aquila), the ones by Eng. Enrico Mandolesi in Campobasso (1967), the ones by Arch. Italo Insolera in "Alto Sangro" in Pescocostanzo (1967) and Rivisondoli (1968), and the ones by Eng. Guido D'Onofrio in Atessa (Chieti). Their purpose is continuing the type-morphologic experimentations, started by Eng. Sebastiano Bultrini during the twenties in Marsica and continued by Eng. Ignazio Guidi and Eng. Carlo Munoz during the fifties, respectively in Castel di Sangro (L'Aquila) and Palena (Chieti). According their "expressive strength" and settling to the context, these scholastic architectures represent a unique cultural heritage, even if they are small dimension buildings and they are described by the official historiography as overlooked architectures and small works, built in the outskirts. They are works which deeply influenced the urban assets of some cities in Abruzzo: they are also important architectural experiences which nowadays have a central urban role and a significant discipline value according to the technological and structural innovation.

The research on "local" architectures could be useful for spreading the awareness of their property and identity value, hoping that this consciousness will improve the preservation actions on modern and recent architectures in Abruzzo.

Introduzione

La storiografia abruzzese, per lungo tempo focalizzata sull'architettura medievale e rinascimentale locale, negli ultimi anni ha avviato una indagine sulle tendenze architettoniche contemporanee e sulle figure professionali che hanno operato nelle

principali città nel secondo dopoguerra. Alla base dell'avvio di una intensa attività edilizia di iniziativa pubblica dal carattere prettamente utilitaristico, si collocano diverse necessità, in particolare il voler ricostruire ciò che era stato distrutto durante la seconda guerra mondiale, il fare fronte a un generale incremento demografico e ai flussi migratori dalle aree montane alle costiere, e, soprattutto, la scelta politica di creare alloggi a basso costo, unitamente a nuovi sbocchi occupazionali.

Per agevolare la ricostruzione e lo sviluppo locale, viene proposta la realizzazione di nuovi e numerosi edifici pubblici sin dal Piano Marshall (1948) fino ai successivi piani INA-CASA (1949) e Piano Straordinario della Cassa per il Mezzogiorno (1950); la proposta, a livello nazionale, prevede la realizzazione di municipi, mercati, asili, scuole ed edifici residenziali pubblici, che oggi costituiscono uno straordinario patrimonio culturale, un complesso di preziose testimonianze storiche utile per comprendere e rileggere la tensione culturale e politica che ha caratterizzato la vita sociale degli anni Sessanta del secolo scorso.

Data l'esiguità sul territorio regionale di professionisti di rilevanza nazionale, solo di recente è stata accentuata l'attenzione e lo studio di questo patrimonio; in particolare sono stati messi in risalto l'impulso e il contributo che gli ingegneri hanno dato alla ricostruzione post bellica fino alla modernizzazione dei centri urbani negli anni Settanta. Sono gli anni del boom economico, della grande industrializzazione e del primo governo di centro sinistra, anni in cui grandi marchi sperimentano gli asili aziendali. Valgano come esempio gli asili per figli di dipendenti voluti dall'ing. Adriano Olivetti e progettati dagli architetti Figini e Pollini a Ivrea, quelli della Falck a Sesto S. Giovanni o l'asilo nido della Perugina dell'ing. Carlo Rusconi Clerici a Perugia.

Sono tuttavia anni in cui comincia a svilupparsi anche un vivace e interessante dibattito disciplinare sulla scuola, che dal campo inizialmente progettuale si estende in breve tempo fino a quelli sociologico e urbanistico, coinvolgendo anche gli amministratori locali. La tesi prevalente identifica la scuola come una comunità minima di una società complessa e in evoluzione e vede in essa una opportunità per incidere e migliorare la qualità della vita. Gli stessi piani residenziali INA-CASA comprendono una dotazione minima di asili nido e scuole, riferite in rapporto a ogni unità abitativa, e la cui realizzazione è di spettanza di altri enti locali: risultano esemplari in questo caso le scuole dell'ingegnere Federico Gorio progettate per il villaggio La Martella e il quartiere di Torre Spagnola a Matera, e per il quartiere di Cavedone a Bologna.

In Abruzzo, la realtà locale appare caratterizzata da architetture di buona qualità; non di rado infatti, in complessi e stratificati ambiti urbani, è possibile individuare piccoli edifici scolastici, frutto di un'equilibrata politica di diffusione sul territorio regionale[1]. La morfologia del territorio, fortemente disomogenea per orografia e cultura, ha certamente contribuito all'isolamento di alcuni ambiti da altri; tuttavia, ri-



Fig. 1 – Scuola elementare di Collarmele (AQ).



Fig. 1 – Scuola elementare al quartiere CEP a Campobasso (archivio Mandolesi).

sultano presenti vivaci e interessanti collegamenti e influenze culturali, in particolare con le città di Pescara, dal lato della costa adriatica, e Roma e Napoli nell'altra direzione: in questo modo, è possibile notare come nella Valle Peligna sia maggiore l'influenza pescarese, mentre nell'aquilano prevalga quella romana e, nell'alto Molise, la napoletana.

In questo contesto di riferimento, risulta utile rileggere e fissare l'attenzione su alcuni specifici episodi del contesto regionale, con particolare riferimento al contributo che gli ingegneri hanno dato alla modernizzazione delle città abruzzesi, esemplificata attraverso l'architettura scolastica. L'asilo comunale dell'ing. Giuseppe Nicolosi a Celano (realizzato tra il 1954 e il 1963), quello di Tarcisio Mariotti a Teramo (1958), le scuole dell'ing. Marcello Vittorini a Cerchio (AQ) (1954) e a Collarmele (AQ) (1954), in fig. 1, quelle di Ildebrando Savelli a Francavilla al Mare (1957), gli asili e le scuole a Pescara e Ortona (CH) di Paride Pozzi così come quelle dell'ingegnere Enrico Mandolesi[2] a Campobasso (1967), in fig. 2, consentono di inquadrare il ruolo svolto dagli ingegneri nel campo della progettazione architettonica e strutturale dell'edilizia scolastica nell'Abruzzo del secondo dopoguerra.

Asilo comunale di Celano (AQ)

Costruito a partire dal 1954 e ultimato nel 1963, su progetto dell'ingegnere Giuseppe Nicolosi[3], l'asilo comunale di Celano (Di Florio, 2008) nasce come intervento previsto dall'Opera Nazionale per il Mezzogiorno d'Italia[4]. Approfonditi le diverse modalità regionali e locali riguardo questa tipologia di edificio, Nicolosi sceglie di localizzare la scuola nel cuore del centro storico. L'individuazione di un piccolo lotto, acclive e utilizzabile previa la demolizione di due piccoli ruderi di guerra, mette in evidenza il valore culturale e disciplinare che l'ingegnere attribuisce all'intervento di reintegrazione e di completamento. Questo tipo di operazione viene, infatti, inteso come intervento urbanistico complesso, capace di dare nuovo significato al luogo semplicemente tramite un processo di riqualificazione urbana e sociale, di carattere più ampio rispetto alla semplice realizzazione in un ambito periferico.



Fig. 3 – Il cantiere dell'asilo comunale di Celano, dominato dal Castello Piccolomini (archivio Nicolosi).

La presenza della chiesa di S. Francesco e dell'imponente Castello Piccolomini, rispettivamente sul lato lungo e nella parte alta del lotto, orienta il progettista a ricercare una forma significativa e contestuale, con l'obiettivo della valorizzazione del tessuto urbano e del contesto architettonico; il raggiungimento di questo scopo viene garantito riportando alla luce i segni storici, le matrici medievali e le ricorrenze spaziali che caratterizzano l'edilizia locale.

Il lotto è caratterizzato da una morfologia complessa e da dimensioni molto ridotte, specie in relazione alle normative specifiche in materia di edilizia scolastica, che prevedevano un edificio a sviluppo orizzontale. A queste invarianti Nicolosi fornisce una risposta *tipologica* e concepisce un edificio su più livelli, caratterizzato dalla fluidità dei percorsi e dalla forte permeabilità tra interno ed esterno. Nicolosi tuttavia cerca nel luogo fisico altre invarianti, dati meno oggettivi ma altrettanto fondamentali per la definizione del progetto: l'accessibilità al lotto da quote distinte, il rispetto dell'originaria sistemazione orografica, la disponibilità di locali liberi adiacenti al lotto stesso sono alcuni di questi elementi.

L'edificio è caratterizzato da diversi ingressi, tramite cui si creano delle connessioni verso tutti gli spazi pubblici circostanti, dalla piazza S. Angelo, antistante la chiesa di San Francesco, a Via del Castello, nella parte superiore del lotto, fino alla lunga gradonata laterale, in fig. 4. Assecondando, inoltre, la conformazione del suolo, il progettista pone il giardino della scuola alla quota di un terrazzamento esistente e, sfruttando il dislivello quale criterio compositivo, realizza, sul fronte dell'edificio esposto a mezzogiorno, un gradone che funge da ampia terrazza per gli ambienti del primo livello. Sia il giardino sia la terrazza sono a diretto contatto con le aule didattiche, e quindi utilizzabili come spazi ricreativi. Infine, l'ampio salone al di sotto della chiesa viene recuperato e utilizzato come cucina, refettorio e sala per il teatro.

Questi tre *dispositivi progettuali* dissolvono, di fatto, la rigida funzionalità che caratterizza solitamente gli edifici multipiano, inducendo quindi la definizione di una



a) *b)*

Fig. 4 – Asilo comunale di Celano: a) vista da valle; b) fronte su via Castello.

nuova tipologia edilizia. La griglia strutturale in cemento armato esibita in facciata, il tetto a falde con cornicione aggettante in contropendenza, la geometria degli infissi e le piccole logge formalizzano una inedita sintesi tra sperimentazione tecnologica e cultura costruttiva locale.

La profonda conoscenza delle tecniche edilizie e l'inserimento sapiente e sintattico di materiali locali nel processo costruttivo sono dimostrati nei disegni esecutivi in cui si precisano i dettagli più minuti, in cui è possibile scorgere un gusto per soluzioni ricercate e non convenzionali.

In conclusione, il progetto risolve le forti tensioni presenti nel sito attraverso il perseguimento della continuità storico-morfologica, la ricerca tecnologica e la modernità del linguaggio. L'intervento, al di là del valore testimoniale, è rimasto nel tempo come segno caratteristico sia nel contesto urbano storicizzato che nel paesaggio agrario circostante.

Quella di Nicolosi a Celano è, dunque, un'opera di grande valore culturale e disciplinare e, pur essendo uno dei pochi *cristalli* del neorealismo architettonico realizzati in Abruzzo, certamente avvalora l'interpretazione storico-critica secondo cui *un vero ed onesto realismo si sia avuto in Italia non già nei grandi centri urbani, ma piuttosto nei contesti regionali* (Pignatti, 2002).

Recentemente l'edificio è stato ristrutturato e adeguato per ospitare un Corso di Laurea della Facoltà di Ingegneria dell'Aquila.

Scuola elementare di Cerchio (AQ)[5]

Costruita tra il 1954 e il 1957 su progetto dell'ingegnere Marcello Vittorini[6], la scuola elementare di Cerchio (Di Florio, 2013) nasce come opera prevista nel Piano di Sviluppo dell'Ente Fucino.

La decentrata localizzazione rispetto al nucleo storico della città e l'adiacenza alla campagna evidenzia l'intento del progettista di aderire a una logica di crescita



Fig. 5 – Vista laterale della scuola elementare di Cerchio (AQ) (Archivio di Stato dell'Aquila, fondo Vittorini).

urbana, opponendosi alla dispersione del costruito e nel contempo di ricercare nuove possibili direttrici di sviluppo urbano. L'intervento tenta, quindi, di restituire unitarietà e chiarezza a un luogo estremamente delicato e pieno di conflittualità attraverso la ricerca di un possibile limite urbano.

Nell'organizzazione planivolumetrica, è possibile individuare la risoluzione dei rapporti tra la complessa morfologia urbana, l'orografia del sito e gli studi tipologici. L'edificio dispone di tre aule per attività didattiche, di un'ampia sala per attività libere, del refettorio e dei relativi servizi, oltre che dell'alloggio per le suore, cui è affidata la gestione della scuola, e di sale di lavoro destinate a bambine e ragazze per i corsi di formazione professionale. L'edificio è completamente realizzato in mattone locale a faccia vista con solai in laterocemento e coperture inclinate dotate di camera d'aria (Di Florio, 2009). L'accuratezza nell'esecuzione dei lavori di costruzione, il cui costo finale ammonta a ₤ 22.000.000, ha favorito una buona conservazione dell'edificio che, attualmente, è utilizzato come scuola materna.

L'organizzazione delle aule didattiche e dei loro spazi accessori intorno a un nucleo comune, la flessibilità e la completa accessibilità degli spazi interni ed esterni, la scelta e l'utilizzo di materiali locali hanno reso questa piccola scuola un riferimento significativo per coloro che, successivamente, si sono occupati della progettazione di edilizia scolastica.

Il linguaggio architettonico scelto per rappresentare la moderna funzionalità, manifesta, inoltre, un esplicito legame tra il carattere moderno dell'edificio pubblico e i valori della storia e della tradizione costruttiva locale sedimentati nel vicino centro storico.

La scuola elementare di Atessa (CH)[7]

Sul finire degli anni ’50, l’edilizia scolastica riceve un ulteriore impulso dal Piano Straordinario della Cassa per il Mezzogiorno, istituito già all’inizio del decennio; la Cassa concedeva finanziamenti ad Enti Locali e, principalmente, ai Comuni, per la realizzazione di nuove scuole, localizzate sia nei centri storici di origine medioevale, sia nelle aree rurali. È il caso delle scuole realizzate nell’alto Sangro a Pescocostanzo (1967) e Rivisondoli (1968) dall’arch. Italo Insolera, delle scuole semirurali di Sabino Staffa a Lama dei Peligni (CH) (1947), di quelle di Vittorio de Feo nel reatino (1962-1965), e, infine, di quelle realizzate nel centro storico e nella periferia di Atessa (CH) dall’ingegnere Guido d’Onofrio[8]. Questi edifici, esempi del colto professionismo romano, consentono di effettuare una ponderata indagine tipologica sull’architettura scolastica disvelando la relazione esistente tra la forma, il pensiero pedagogico adottato e il quadro normativo di riferimento.

Ad Atessa, in Abruzzo Citeriore, nel periodo compreso tra il 1960 e il 1965, vengono costruiti nuovi plessi scolastici nelle aree rurali, in sostituzione di vecchi edifici residenziali adibiti inappropriatamente ad attività didattiche, con stanze poco spaziose e privi di servizi igienici. Su progetti dell’ingegnere Guido D’Onofrio, di origini atessane e romano di formazione, nel 1959 viene costruito un edificio scolastico in contrada Osento, nel 1962 un altro in località Pili e nel 1963 è realizzata la scuola materna a Piazzano.

Rispetto alle scuole rurali, risulta interessante soffermarsi sulla progettazione e realizzazione della scuola elementare di Atessa, progettata sempre dall’ing. Guido D’Onofrio e localizzata in pieno centro storico, in sostituzione di un vecchio edificio adibito a scuola[9].

L’ingegnere progetta un nuovo edificio scolastico (1958), inserendolo armoniosamente nel sito ricavato grazie alla demolizione del vecchio manufatto: privo di spigolose angolature (Fig. 6), il nuovo plesso presenta un’altezza tale da non superare quella degli edifici circostanti, confermando una unità stilistica e un equilibrio compositivo che caratterizzava il quartiere storico da oltre quattro secoli.

La progettazione risulta articolata e laboriosa: dal punto di vista compositivo, il problema principale è rappresentato dall’ideazione di un edificio moderno, funzionale alle nuove teorie educative, inserito in un tessuto storico consolidato, costituito da piccoli edifici, privi di valore storico-monumentale e variamente articolati fra di loro. L’edificio, adattandosi all’andamento del tracciato stradale di origine medioevale, presenta una facciata curvilinea; l’immagine moderna della struttura è ottenuta grazie all’essenzialità volumetrica, inserita e armonizzata con il contesto circostante: secondo l’ing. D’Onofrio *si trattava di costruire dov’era ma non com’era*.

Espliciti e significativi sono i riferimenti ad architetture con finestre a nastro su facciate curvilinee e pilotis al piano terra: si prendano ad esempio la colonia montana *IX maggio* di Ettore Rossi a L’Aquila (1937) e la coeva colonia Agip di Vaccaro a



Fig. 6 – Scuola elementare di Atessa, acquerello di vista assonometrica (Archivio D'Onofrio).

Cesenatico (1937), entrambe caratterizzate dalla conformazione curvilinea di facciata, e ispirate, a loro volta, al palazzo delle poste di piazza Bologna a Roma di Mario Ridolfi (1933-1935).

Conclusioni

Le scuole esaminate, sebbene siano state trascurate dalla storiografia ufficiale e considerate opere minori, evidenziano la logica dell'ingegnere-autore e si pongono come riferimento in base al contributo che hanno dato per la identificazione di città, anche quando sono state realizzate in realtà periferiche. Sono opere che hanno influenzato profondamente l'assetto urbanistico ed edilizio di alcune cittadine della nostra Regione: pregevoli esperienze architettoniche che, un tempo marginali e periferiche, assumono oggi un ruolo di centralità urbana e una valenza disciplinare particolarmente significativa in termini di innovazione tecnologica e strutturale.

La ricerca sulle architetture locali appare ancora una volta utile per contribuire a diffondere la consapevolezza del loro valore patrimoniale, testimoniale e identitario nella speranza che questa consapevolezza alimenti azioni di tutela anche sull'architettura moderna e recente in Abruzzo.

Bibliografia

Di Florio V. 2008. Due opere di Giuseppe Nicolosi in Abruzzo. In: *Giuseppe Nicolosi (1901-1981). Architettura università città*, (a cura di Belardi P.), 123-135. Melfi: Libria.

Di Florio V. 2009. La ricostruzione delle città abruzzesi nel secondo dopoguerra. *Rivista abruzzese* (rassegna trimestrale di cultura), LXII(2), 155-161.

Di Florio V. 2013. Il contributo dell'edilizia scolastica alla ricostruzione delle città abruzzesi. In: *L'architettura in Abruzzo e Molise dal 1945 ad oggi* (a cura di Palestini C, Pozzi C.),

48-50. Roma: Gangemi.
Pignatti L. 2002. Il "regionalismo" neorealista di Giuseppe Nicolosi. *Rassegna di Architettura e Urbanistica*, 106/107/108, 86-95.

Note

1. In realtà, l'ambito geografico della presente trattazione coincide solo parzialmente con l'attuale assetto territoriale dell'Abruzzo; negli anni Sessanta la Regione era comprensiva anche del Molise.
2. Enrico Mandolesi (Roma 1938-2015), ingegnere, protagonista e operoso professionista nel campo dell'edilizia nel XX secolo, come testimoniato dal notevole numero di opere realizzate in tutta Italia; Professore Emerito di Architettura Tecnica alla Sapienza di Roma, per 15 anni, dal 1955 al 1970, ha insegnato Architettura Tecnica e Composizione Architettonica nella facoltà di Ingegneria di Cagliari
3. Giuseppe Nicolosi (Roma 1901-1981), ingegnere, si è laureato a Roma presso la Regia Scuola di Ingegneria di Roma nel 1924 dove a partire dall'anno accademico successivo svolge una lunga attività didattica e di ricerca. Intensa la sua attività professionale, in cui manifestò un particolare interesse per i problemi dei centri storici documentato, oltre che dai suoi diretti interventi professionali a Perugia, Spoleto e Assisi, anche dalle sue numerose pubblicazioni sull'argomento. Partecipò allo storico convegno di Gubbio del 1960, in cui venne approvata all'unanimità dei partecipanti la Carta di Gubbio, documento cardine per il risanamento e la salvaguardia dei centri storici italiani.
4. Stralcio di un più ampio contributo sull'opera di Giuseppe Nicolosi in Abruzzo.
5. Una scheda storico-critica relativa alla scuola elementare a Cerchio è stata presentata, dallo scrivente, alla mostra-convegno "Moderno Trascurato: temi, figure ed opere 1950-1960", Facoltà di Architettura di Pescara, maggio 2001.
6. Marcello Vittorini (L'Aquila 1927, Roma 2011) si è laureato in ingegneria a Roma nel 1949, dove ha svolto una intensa attività didattica e di ricerca presso la Sapienza. Di particolare interesse la lunga e stretta collaborazione professionale con Federico Gorio che si sviluppò in diversi settori, dal restauro, all'edilizia residenziale, a quella scolastica, all'urbanistica. Tra le sue opere principali ricordiamo quelle realizzate in Abruzzo: i borghi rurali nel Fucino (1954 -1956), gli edifici residenziali in via Bologna a L'Aquila (1981) e a Ortona a Mare (CH) (1983) e, in collaborazione, l'Ospedale Regionale San Salvatore a L'Aquila (1995).
7. Per la stesura di questo paragrafo si è fatto riferimento alla scheda biografica dattiloscritta dalla prof. Carmelita d'Onofrio, figlia dell'ingegnere, e dei materiali progettuali originali conservati nell'archivio di famiglia.
8. Guido D'Onofrio (Atessa(CH) 1901, 1973) si è laureato alla Regia Scuola di Ingegneria di Roma nel 1926: allievo dell'ingegnere Michetti di Pescara svolse la sua professione in un'area di provincia qual era la città di Atessa ove realizzò la scuola elementare nel centro storico, il restauro della facciata della chiesa di San Leucio e il nuovo ospedale civile.
9. L'edificio in precedenza ospitava un convento di Clausura, fondato nel 1667 dal sacerdote don Giacinto Mariotti; nel 1905, a causa della carenza di suore, il convento vide conclusa la sua pia attività. L'edificio fu acquistato dal Comune e adibito a scuola elementare; con il passare degli anni cominciarono a mostrarsi tutte le criticità tipologiche, strutturali e igienico sanitarie.

Margherita Eichberg, Michele Candela,
Maria Luisa Mutschlechner, Alfredo Galasso

L'ippodromo di Tor di Valle a Roma e le sue Tribune

Abstract
Tor di Valle racecourse was planned in relation to the Roman Olympics of 1960. The structure is located in an area close to the Tiber, in the south of Rome. The engineers and architects, G. Rebecchini, A. Birago, P. Vietti Violi, C. Benedetti, J. Lafuente, took care of the various aspects of the work, from the insertion in the landscape to the technical design of the sports facility with the runways for racing and the grandstrands. A new contemporary landscape was created, valuable for the choice of vegetation, the layout of the track and the technical selection of sands for the drainage. The remarkable design of the monumental grandstrands, realized on hundreds of foundation poles, fixed in the clay soil, carefully realized, have allowed the survival of the architectural complex till today in good condition, despite the tampering suffered by the recent abandonment. The structure of the stands can be compared with the experimental realizations of the XXth Century due to Candela and Torroja. It is inspired by well-known Spanish and Latin American examples such as La Zarzuela Racecourse in Madrid, and La Rinconada in Caracas. The chassis – lightly hyperstatic frames compounded by double pillars connected with the big sail (11 umbrellas built applying the theory of hyperbolic paraboloid) is, however, an *unicum*. It is the result of an artistic and theoretical effort. Reflecting on the limits of restauration theory and urban regeneration, the essay analyzes the structure from the symbolic and constructive point of view, in order to evaluate how to conserve and recover it, discussing the possible new destinations and framework.

Introduzione
La costruzione dell'Ippodromo si collega al programma edilizio e alle dotazioni impiantistiche predisposti per le Olimpiadi del 1960. Fino ad allora l'attrezzatura romana per gli sport equestri si era basata sui due campi di corse delle Capannelle per il galoppo e di Villa Glori per il trotto. Di quest'ultimo fu previsto lo smantellamento per far posto all'impianto residenziale del Villaggio Olimpico. Sorse così, in un'ansa del Tevere a sud della città, l'impianto di Tor di Valle, più esteso (42 ettari) e funzionale dei precedenti.

Commissionato da una società privata, la SAIS, che pensò la struttura con la doppia funzione sportiva agonistica e ludica per le scommesse, fu realizzato da un pool



Fig. 1 – L'ippodromo, schermato dalla vegetazione, visto dalla collina della Magliana. In primo piano il Tevere, l'area golenale, l'argine, l'area agricola, l'elettrodotto. Dietro, la via del Mare e l'Ostiense (non visibili).

di tecnici: gli ingegneri Aicardo Birago e Pietro Vaccari (che la Società Tor di Valle Ippodromo aveva coinvolto già nel 1955), Gaetano Rebecchini, Paolo Vietti Violi (specialista in impianti ippici) e Calogero Benedetti (strutturista), e l'architetto Julio Lafuente[1], che dell'area seppero cogliere la configurazione identitaria, inserendo l'opera in continuità con i caratteri naturali presenti, come visibile in fig. 1, posizionando la struttura delle tribune con l'orientamento migliore per il soleggiamento e rivolgendo la vista delle sedute verso il nuovo quartiere dell'EUR, sorto in posizione prominente mediante un'imponente modellazione del suolo.

Configurazione dell'area

Il terreno dell'ansa di Tor di Valle è di natura alluvionale, con depositi del Tevere spessi fino a 55 metri di limi, argille e torbe [1]. È dunque soggetto a notevole deformazione ed elevata compressibilità. Negli anni Trenta del Novecento fu oggetto di bonifica a fini agricoli. In quell'occasione furono realizzati la potente arginatura[2] e una serie di poderi ordinatamente disposti; furono scavati canali e piantati filari di eucalipti e altra vegetazione igrofila. Per la realizzazione dell'ippodromo, l'area individuata fu livellata, e le piste per le corse realizzate con materiale drenante ben costipato[3]. Ancora adesso, a cinque anni dalla chiusura dell'attività e dal conseguente abbandono, mantengono la superficie sapientemente curvata e priva di vegetazione infestante.

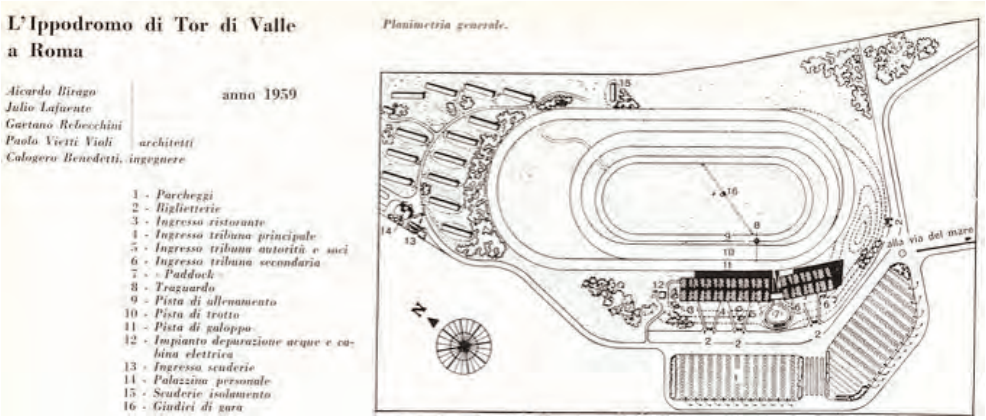


Fig. 2 – Planimetria del complesso come raffigurata nella rivista Vitrum.

Caratteristiche tecniche del complesso

Dal punto di vista tecnico l’impianto, in fig. 2, fu concepito con due piste per le gare, una per il trotto, l’altra per il galoppo (successivamente rimossa), e una terza pista per gli allenamenti. All’estremità occidentale del complesso, e per una minima parte a nord dei due anelli di gara, furono posizionate le stalle.

La distribuzione delle funzioni del complesso

Contrariamente all’impostazione tipologica ricorrente, per la quale piccole costruzioni separate sono collegate da passaggi all’aperto, a Tor di Valle un unico edificio, in fig. 3, riunisce tutti i servizi al pubblico ed è l’elemento di maggiore novità e pregio architettonico-strutturale.

L’edificio comprende le tribune coperte per circa 7000 spettatori, organizzate in due settori di diversa lunghezza leggermente angolati tra loro, collegati con un passaggio alla sommità delle gradonate. Nello snodo fu posizionato l’ingresso dei calessi alla pista. I due settori misurano 147 m x 25,30 m e 84 m x 25,30 m, e sono ripartiti a loro volta in sottosettori esagonali, con camminamenti sui lati diagonali inframmezzati dai vomitori.

La tribuna principale, destinata alle autorità, è segnata da una rientranza del perimetro mentre alla quota maggiore, delimitati da pareti vetrate, sono gli spazi destinati alla stampa, alla giuria e al bar ristorante. La parte alta delle tribune si affaccia con un ballatoio sul grande vano retrostante con i totalizzatori, un ambiente di notevole altezza dal quale si può seguire la corsa attraverso lo spazio libero sotto le gradinate. Fino al 2012 risultava chiuso da una vetrata a tutta altezza a protezione del lato sud-occidentale dai venti dominanti.



Fig. 3 – L'edificio principale, che raduna tutte le funzioni, in una foto d'epoca. Al centro la tribuna delle autorità. Tra pareti vetrate, la sala stampa, la giuria e il bar - ristorante.

Struttura e architettura

L'ardita struttura dell'edificio fu studiata dal giovane ingegner Benedetti, che lavorò a quattro mani con l'architetto Lafuente, al quale va ascritta la configurazione architettonica generale dell'elemento.

Vista la natura del terreno argilloso, le fondazioni furono attestate su pali densamente distribuiti. Su di esse posano *due serie sfalsate di piloni, posti ad interasse di 10,50 m, che formano telai disposti su un reticolo a X le cui maglie si incrociano con un angolo di 28*° (Mornati 2011), come mostrato in fig. 4. I telai principali, che sostengono la copertura oltrepassando il solaio della gradonata, si alternano ai telai secondari che invece vi si interrompono. I pilastri furono disegnati con profili di grande eleganza e carica espressiva: presentano una pianta a X e sezione verticale di ogni braccio a V. La fila di pilastri rivolti verso la pista ha l'asse inclinato, su cui si posa non ortogonalmente il piano pendente delle sedute. Le travi incrociate, con un profilo che si assottiglia verso l'estremità (a sbalzo nei tratti terminali per non disturbare la visuale della pista dallo sala totalizzatori), seguono planimetricamente i lati

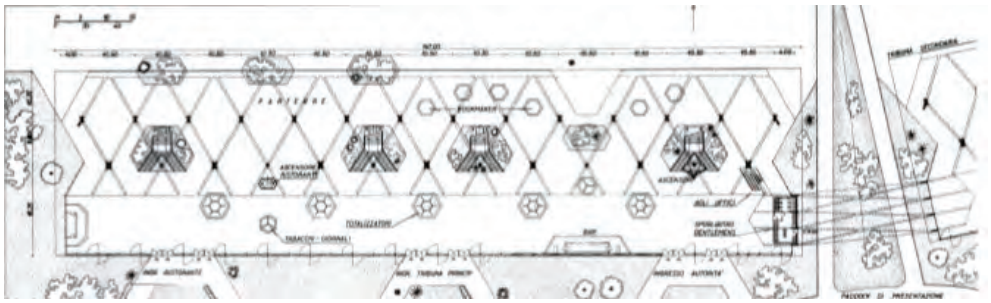


Fig. 4 – Pianta a livello del parterre della tribuna ovest.



Fig. 5 – Le due file di pilastri che formano telai incrociati a X e le scale che conducono alle tribune.

inclinati del perimetro esagonale dei settori delle tribune. All’interno dell’elegante gabbia strutturale, in fig. 5, si collocano gli esili cavalletti sghembi delle scale che conducono alle tribune, segni raffinati dal punto di vista estetico.

I pilastri “a doppio strozzo”[4] *e la grande vela*

Del tutto originale, dal punto di vista estetico e soprattutto strutturale, è la configurazione a due “strozzi” successivi attribuita ai pilastri portanti della copertura a vela, in fig. 6, che avvicinano la struttura ad uno schema isostatico e, vista la natura del terreno, la rendono adatta ai movimenti non uniformi delle fondazioni” (Mornati 2011). Si tratta di pilastri che si rastremano, a doppia sezione variabile. Ai due diversi livelli sui quali si impostano, sono infatti assottigliati alla base, configurandosi come elementi vincolati a cerniera. Benedetti definì i telai che ne derivano portali a tre “quasi-cerniere” (Benedetti 1960). La struttura può considerarsi quasi isostatica giacché l’unica iperstaticità presente è costituita da un tirante di estremità, avente una rigidezza estensionale di ordini di grandezza inferiori a quello della struttura principale.

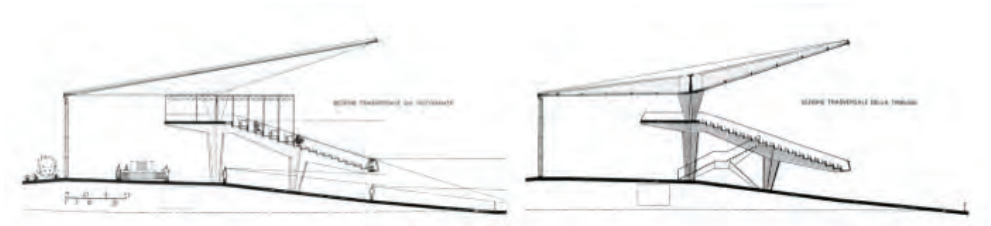


Fig. 6 – Due sezioni significative dell’edificio delle tribune con i pilastri “a doppio strozzo” e i tiranti posteriori.

La svettante copertura, che si estende per circa 9000 m^2, è originata dell'accostamento di 11 umbrelle[5] costituite ciascuna da 4 settori accostati di paraboloide iperbolico. Ogni umbrella presenta una superficie di 819 m^2 sostenuta da un unico pilastro, con uno sbalzo anteriore e posteriore di oltre 19 m.

Analisi strutturale e accorgimenti tecnici della copertura

Le *umbrelle*, spesse 12 cm, presentano ciascuna quattro grandi costole a sbalzo, con sezione variabile e coincidenti con gli assi mediani, che si incontrano in corrispondenza del pilastro e "*che risultano compresse, mentre il perimetro risulta teso*[6]. Su tali elementi si attestano le vele, che si allargano "*a pensilina*". Per la notevole estensione, le vele sono state irrigidite all'estradosso con sottili nervature disposte parallelamente alla direzione secondo la quale si sviluppa l'effetto arco, un accorgimento concepito *ad hoc*, come mostrato in fig. 7.

Da quanto si può evincere, le nervature contrastano il potenziale svergolamento della superficie e sui bordi e collaborano strutturalmente con le vele di paraboloide iperbolico, ottimizzandone la statica. Il tutto determina un simil-comportamento membranale, vista la sezione non uniforme della vela che non ne ridiscute la funzione statica, ma la ottimizza. Si tratta di un perfezionamento, frutto di un attento ragionamento sulla distribuzione delle forze. È la stessa relazione di calcolo del prof. Benedetti (Benedetti s.d.) a dimostrare che la copertura ad ombrello rovescio, benché nervata all'estradosso, ha un comportamento strutturale caratteristico delle membrature sottili a doppia curvatura del tipo paraboloide iperbolico (teoria membranale riferita a geometrie coniche), migliorato dagli elementi che la rigano.

La struttura portante, schematicamente "incernierata" per la presenza delle strozzature alla base dei piloni, fu ancorata a terra, come sopra anticipato, mediante robusti tiranti metallici, ai quali sono agganciate le estremità posteriori delle costole, che evitano il basculamento della vela per effetto del vento. Di colore rosso, gli elementi sono opportunamente regolabili per fronteggiare eventuali assestamenti del suolo, come mostrato in fig. 8.

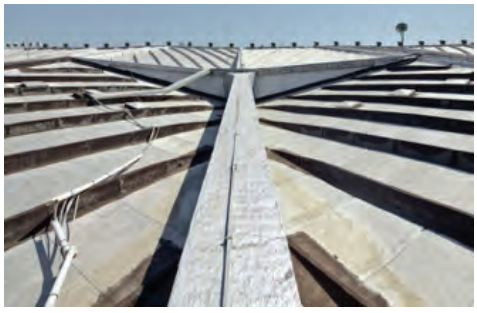


Fig. 7 – L'estradosso delle "umbrelle".



Fig. 8 – La vetrata posteriore e i tiranti metallici che ancorano le vele.

Anche la distribuzione dei pilastri è studiata per le particolari caratteristiche del sito: lo sfalsamento delle due file di sostegni, con relative travi "a X", in fig. 4, se da un lato rende l'insieme stabile per il reciproco contrasto ai movimenti trasversali, dall'altro lo rende adattabile ai cedimenti differenziali del terreno. Di conseguenza fu necessario rendere indipendente dalla struttura in c.a. della volta la grande vetrata posteriore, purtroppo recentemente rimossa, mediante agganci telescopici a corsa libera.

La progettazione e la realizzazione della complessa struttura richiese quasi 8 mesi di lavoro e messe a punto in corso d'opera.

L'architettura del calcestruzzo a facciavista

Dal punto di vista estetico il progetto delle tribune fu curato nei minimi dettagli: oltre alla connotazione strutturale, la qualità del manufatto traspare nel trattamento del c.a. a vista: "*la regolare tessitura delle tavole delle casseforme disposte con attenta maestria è replicata sulle grigie superfici dei telai, mentre sui fronti dei parapetti le fasce assumono un leggero rilievo e si dispongono secondo una direzione inclinata* (…)" (Mornati, 2011), in fig. 9. Le gradinate della tribuna poi, senza rifiniture di sorta diventano l'articolato soffitto dello spazio sottostante, contrapponendosi con le loro fasce orizzontali, scandite nelle ore notturne dai punti luminosi dei faretti incassati, ai segni diagonali delle travi incrociate dei telai, in fig. 5.



Fig. 9 – I raffinati dettagli a piccola scala del c.a. a vista, possibili per la cura del getto.

I pilastri sono sfaccettati, i parapetti inclinati verso l'interno, il camminamento in quota davanti alle sedute è piano, a chiudere in contropendenza il grande "vassoio sospeso" della tribuna: sono tutti accorgimenti che accentuano il senso di voluta leggerezza ed espressiva flessibilità dell'insieme. Pensiline, travi a mensola, pilastri sagomati, gradonate, vetrate, visibilmente distinti per forma, materiale, funzione, sembrano privi di gravità, accostati in precario equilibrio, ognuno conservando la sua specifica autonomia figurativa [2].

La struttura delle Tribune e il suo tempo

Risultato della "sfida"[7] dimensionale dello sbalzo, la struttura delle tribune è fortemente rappresentativa della cultura del suo tempo e dell'atmosfera "olimpica". Essa si colloca sulla linea delle sperimentazioni dei maestri della precedente generazione di tecnici, primi fra tutti P. Nervi, E. Torroja, F. Candela. All'epoca della costruzione ne fu rilevato il riferimento alle tribune dell'Ippodromo madrileno de La Zarzuela di

E. Torroja (Madrid 1935), in fig. 10, che presentano uno sbalzo di 12,6 m e sono costituite da settori di iperboloide a una falda ad asse orizzontale. Le *umbrelle* di Tor di Valle presentano curvatura inversa, e il maggior aggetto è legato all'adozione del sistema integrato di vele nervate e costole a sbalzo sopra descritto, pertanto l'accostamento non è del tutto appropriato. A questo proposito Vittoria Girardi precisa che per le tribune di Tor di Valle risulta limitativo l'accostamento all'ippodromo spagnolo. Infatti, "*mentre a Madrid la pensilina stacca il suo impressionante "suspense" (in senso statico e tipologico) da una serie di supporti sommari e su un basamento decisamente errato, informe e sbrigativo",* a Tor di Valle "*lo sforzo preminente sembra essere quello di fondere l'ardito aggetto con l'involucro",* inserendo il sistema portante in un diaframma trasparente, che ne circoscrive il campo di forze e ne trattiene, *"senza celarlo, l'impulso dinamico, latente nei sostegni e clamoroso nelle pensiline"* (Giraldi, 1960).



Fig. 10 – Le tribune dell'ippodromo La Zarzuela.

Con specifico riferimento al tema dell'aggetto, un utile confronto è con altro precedente, italiano: la tribuna dello Stadio Artemio Franchi di Firenze (1929) di Nervi, dove lo sbalzo è ridotto dall'introduzione di un elemento con funzione di puntone, inserito nell'elegante disegno della struttura in c.a..

Un parallelo più generale e più prossimo può essere istituito con alcune strutture oltreoceano, contemporanee o di poco successive: le tribune dell'ippodromo de La Rinconada a Caracas (1956-59, in fig. 11), quelle dello Scioto Downs Recinò di Columbus nell'Ohio (1959, in fig. 12), e quelle del Marine Stadium di Miami (finito nel 1963, in fig. 13); mentre una variante del tipo, appena successiva, è rappresentata dalle tribune del cinodromo di Madrid (1962, in fig. 14)[8].



Fig. 11 – L'ippodromo de La Rinconada (Caracas).



Fig. 12 – Lo Scioto Downs Recinò di Columbus nell'Ohio.



Fig. 13 – Il Marine Park Stadium di West Key, Miami, Florida.



Fig. 14 – Il cinodromo madrileno.

Del “fratello” sudamericano, Tor di Valle coglie molti spunti architettonici, e tra questi il tema dei “vassoi” aerei delle sedute -nell’esempio Venezuelano addirittura disposti su più livelli- che l’ippodromo romano sviluppa, in parallelo cronologico, raggiungendo risultati di maggiore raffinatezza di disegno generale e di dettaglio, in particolare nelle gradonate e novità strutturale per l’introduzione dei sostegni “a doppio strozzo”. Analoghe considerazioni possono valere nel confronto con il coevo ippodromo dell’Ohio, che adotta nella svettante copertura una struttura a paraboloidi inversi molto simile a quella romana ma meno ardita, che copre sedute dal disegno meno raffinato.

Anche in Italia non sono mancati, negli anni ’50, analoghi esempi di valore. Si cita la tribuna dello Stadio Druso di Bolzano, del prof. Ing. Aurelio Giliberti, coperta da una serie di paraboloidi a maglia stretta, ma di forte aggetto e disegno espressivo.

Relativamente al cinodromo madrileno, va rilevato che nonostante l’invenzione del ventaglio a superfici spezzate a reciproco contrasto per risolvere strutturalmente e creativamente lo sbalzo della pensilina, la struttura della tribuna trova un limite nel “rigido” “vassoio” delle sedute, goffamente appoggiato a terra. Nulla a che vedere con la trasparenza della struttura di Tor di Valle, risultato del bilanciamento incrociato dei vari elementi strutturali, splendidamente esibito.

Raffinatezze formali a scala territoriale

A Tor di Valle l’impegno dei progettisti nella ricerca di soluzioni estetiche al tema strutturale, si è spinto, come detto, fino al dettaglio degli elementi. L’estradosso della grande vela non fa eccezione. Il sistema di costole e nervature diagonali disegna infatti sulla copertura un elegante *pattern* visibile anche dall’alto a scala territoriale, in fig. 15, la cui modularità è accentuata dall’ombra della curvatura dei paraboloidi impostati sui pilastri, che combinandosi con altri dettagli, quali gli elementi di bordo funzionali al contenimento dell’effetto vela e la superficie regolarmente segnata dalle casseforme lignee, conferisce all’elemento una grande eleganza oltre che forte potenza espressiva.



Fig. 15 – Veduta aerea dell'edificio delle tribune poco dopo la sua costruzione (1959).

Testimonianza della sperimentazione

Rimane una spia del carattere sperimentale del procedimento di calcolo della pensilina la linea leggermente spezzata che, dovuta all'abbassamento differenziato del getto verificatosi al momento del disarmo, non era stata correttamente prevista, e fu citata come errore tecnico nella relazione di collaudo. Inoltre, la presenza di "ferri di attesa" del solaio delle sedute, visibili in primo piano in fig. 16, nel manifestare la volontà di proseguire l'opera con un ulteriore settore di tribune, denuncia, oltre alla buona qualità dell'acciaio impiegato, ad aderenza migliorata e di adeguata sezione, il "limite" della iperarmatura dell'opera: l'estrema vicinanza delle barre sembra aver causato, secondo le prove strumentali recentemente effettuate[9], alcune discontinuità nel getto.



Fig. 16 – Particolare della testata ovest delle tribune. Nel pilastro in primo piano sono visibili i ferri di attesa di future travi.



Fig. 17 – Una foto recente delle tribune di Tor di Valle con l’impropria struttura di tamponatura, deformata.

Degrado, restauro, miglioramento sismico

Nel corso degli anni è stata realizzata un’impropria tamponatura, ben evidente nella fig. 17, con l’intento di migliorare il confort degli spettatori, vista l’esposizione a nord delle tribune e l’apertura ininterrotta del complesso per tutto l’anno, anche in inverno e nelle ore serali. Non concepita per adattarsi alla flessione della grande vela di copertura, la tamponatura, peraltro esteticamente priva di valore, si è deformata nel reticolo metallico e parte della pannellatura è stata espulsa. Ciò è la riprova della necessità di affidare adeguamenti, modifiche e miglioramenti di ogni genere a tecnici in grado di affrontare il tema nei giusti termini, nel rispetto dell’architettura e della statica, dell’estetica e della sicurezza.

La struttura in c.a. dell’edificio, nonostante i 60 anni di vita e i 5 di abbandono, gode invece di buona salute. Vi si scorge una sola lesione, subverticale, localizzata in uno degli elementi a sbalzo, specificatamente in corrispondenza della sezione di attacco tra i due elementi strutturali. Oltre a tale problema, di tipo puntuale e localizzato, si può riscontrare un generalizzato e fisiologico stato di degrado nelle componenti del calcestruzzo armato, dovuto a manifestazioni ossidative delle armature, presenti in alcuni punti, con conseguente espulsione dei copriferri. Fenomenologia peraltro assolutamente “attesa”, considerando sia le caratteristiche reologiche dei materiali in sito, sia l’epoca di realizzazione dei manufatti, nonché l’esposizione agli agenti atmosferici dell’intero complesso sportivo.

È opportuno evidenziare il netto distinguo tra degrado materico e quello dello schema strutturale. Quest’ultimo si palesa mediante quadri fessurativi o deformativi, mentre il primo ci può essere anche in loro assenza. Al netto dei fisiologici indicatori

di vetustà dei materiali, quali la carbonatazione del calcestruzzo e la percentuale di ossidazione delle armature, di quando in quanto presenti, non si palesano diffuse e acute problematiche di degrado materico, pur considerando alcune puntuali manifestazioni di sofferenza strutturale, caratterizzate, per esempio, da qualche fessurazione. A queste problematiche la moderna tecnologia consente di rimediare, anche in maniera del tutto reversibile, come necessario in presenza di una costruzione rilevante sotto il profilo formale. In particolare, per quanto concerne l'avanzare della carbonatazione del calcestruzzo e l'ossidazione delle armature, ben "consolidati" cicli lavorativi consentono di fronteggiare e arrestare il degrado derivante da tali fenomenologie. Anche per quanto riguarda le manifestazioni deformative indotte da eventuali e localizzati cedimenti fondali e/o da parziali decadimenti reologici, questi, se non più tollerabili, possono essere "fronteggiati" anche da sistemi di coazioni imposti, i quali consentono il recupero, anche se parziale, delle geometrie originarie senza che si abbiano particolari "effetti collaterali" sulla rimanente struttura. Ciò può avvenire proprio grazie alla previgente configurazione progettuale, quasi isostatica, che caratterizza lo schema resistente di ogni singolo "ombrello". Per quanto riguarda le risultanze delle prove dei materiali, queste inducono senza alcun dubbio a ritenere necessario un approfondimento delle conoscenze, mediante l'elaborazione di un piano di indagini conformato ai protocolli operativi previsti dalle normative cogenti in materia.

Non vi è alcuna ragione, quindi, di ritenere irrecuperabili o "pericolose" le Tribune dell'ippodromo di Tor di Valle, non sussistendo particolari e diffuse problematiche sotto l'aspetto materico, deformativo, fessurativo, poiché, ove necessario, sarà sempre possibile intervenire con metodologie e tecnologie consone all'importanza delle membrature resistenti.

Considerazioni finali

Le tribune dell'ippodromo di Tor di Valle costituiscono un "prototipo" di notevole valenza architettonica e strutturale, per l'introduzione dei pilastri "a doppio strozzo" controventati dal reticolo dei telai di sostegno delle sedute, e per l'innovativa concezione resistente della grande vela.

L'eleganza, l'arditezza, l'originalità del progetto, hanno consegnato alla collettività un innovativo esempio di qualità strutturali, formali e funzionali, il cui portato culturale non può che essere doverosamente raccolto e tramandato, a imperitura testimonianza di quanto e di cosa siano stati capaci i progettisti e le maestranze in quei fecondi decenni "centrali" del secolo breve, quando per circa quattro decenni la possibilità espressiva introdotta nell'edilizia delle membrature in c.a., di spessore sottile e disposte lungo superfici "rigate", ha segnato una fase "alta" del diagramma dello sviluppo della potenzialità costruttiva dell'uomo. L'insieme gradinata-pilastrato-copertura delle tribune di Tor di Valle costituisce un segno importantissimo di quel

periodo, per l’audacia della concezione strutturale e la concreta testimonianza di “durabilità” di quel pensiero evolutivo, tralasciato, in seguito, solo a causa dello sviluppo di tecnologie più redditizie dal punto di vista economico. La sua struttura è una felice sintesi di quel periodo innovativo del quale ormai sopravvivono, nelle varie parti del mondo occidentale, solo poche testimonianze qualificanti di simile importanza.

Anche per questo, ma non solo per questo, perpetuare l’esistenza di un manufatto come le tribune dell’ippodromo di Tor di Valle è compito che deve interessare tutta la collettività. Questo convegno offre dunque l’occasione per condividere l’eredità dei valori di rinascita propri della ricostruzione postbellica e le “battaglie” che ne conseguono, inducendo a riflettere sulle istanze concrete della conservazione del nostro passato recente.

Bibliografia

Benedetti C. s.d.. *Ippodromo di Tor di Valle. Relazione di calcolo e progettazione della struttura*. Manoscritto s.d..

Benedetti C. 1960. *Profili tecnici e strutturali delle opere in cemento armato del nuovo ippodromo di Tor di Valle*. Dattiloscritto datato 21.4.1960.

Girardi V. 1960. L’Ippodromo di Tor di Valle. *L’Architettura. Cronache e storia*. 58, 1-11.

Mornati M. 2011. L’Ippodromo di Tor di Valle. *Rassegna di Architettura e Urbanistica*, 134/135, pp. 133-141.

Sitografia

[1] http://www.sigeaweb.it/documenti/comunicati/roma27-02-2017.pdf

[2] https://www.docomomoitalia.it/887-2/

Note

1. Il progetto architettonico va ascritto a Rebecchini, Lafuente e Birago, come specifica il primo in una lettera a *L’Architettura. Cronache e storia*, per l’articolo «Nuovo ippodromo a Roma» sul n. 26 del 1957, p. 573.
2. Furono realizzati argini in terra definiti “insormontabili”, dimensionati secondo la “portata di progetto” per una piena “eccezionale” con portata da 2800 a 3000 mc/s, e tempo di ritorno di 200 – 500 anni [1].
3. Furono trasportate ingenti quantità di materiali per rendere pianeggiante la pista e per creare il rilevato artificiale della tribuna: la sistemazione fu considerata esemplare tanto che la fotografia della preparazione del terreno è stata riportata nel libro *Impianti Sportivi* di C. Mercandino (foto 112, pag. 87), e descritta in *L’Architettura. Cronache e storia.*
4. Il termine “doppio strozzo” è coniato dall’ing. C. Benedetti. Compare per la prima volta nella relazione di calcolo strutturale dell’ippodromo (Benedetti s.d.)
5. Il termine *umbrelle* è usato dal progettista delle strutture nella sua relazione (Benedetti s.d.): sono 7 nella tribuna principale, 4 nella secondaria.
6. È quanto risulta dalla relazione corredata di schemi grafici e calcoli (Benedetti 1960). Fu riprodotta in poche copie, una delle quali, rilegata, è stata donata dall’anziano tecnico all’arch. Stefania Mornati, studiosa che ne ha consentito agli Scriventi l’estrazione di una copia, utile per l’esame condotto.

7. Il termine “sfida” è nel titolo di una mostra su P. L. Nervi (2011-2012), perché indicativo del clima culturale del tempo e di una visione della professione come ricerca permanente, e superamento di nuovi traguardi tecnologici e strutturali.
8. L’ippodromo de La Rinconada fu progettato dall’architetto nord americano Arthur Froelich con il paesaggista brasiliano Roberto Burle Marx e l’architetto italiano Giuseppe Pizzo, il cinodromo madrileno da Eduardo Torroja, il Marine Park Stadium di Miami dal messicano Hilario Candela.
9. Sono state effettuate dalla società proprietaria, la Eurnova, per produrre opposizione alla proposta di vincolo come bene culturale, avviata a febbraio 2017 dalla Soprintendenza di Roma.

ISBN 978-88-86638-66-1