

Using delayed detached Eddy simulation to create datasets for data-driven turbulence modeling: A periodic hills with parameterized geometry case

Original

Using delayed detached Eddy simulation to create datasets for data-driven turbulence modeling: A periodic hills with parameterized geometry case / Oberto, D., Fransos, D., Berrone, S.. - In: COMPUTERS & FLUIDS. - ISSN 0045-7930. - 288:(2025), pp. 1-11. [10.1016/j.compfluid.2024.106506]

Availability:

This version is available at: 11583/2995106 since: 2024-12-10T09:53:35Z

Publisher:

Elsevier

Published

DOI:10.1016/j.compfluid.2024.106506

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)



Quaderni di Storia della Costruzione 3

Produrre per Costruire

a cura di Maria Luisa Barelli e Mauro Volpiano
Construction History Group - Politecnico di Torino DAD

Al centro del terzo volume dei Quaderni di Storia della Costruzione, pubblicato dal Construction History Group del Politecnico di Torino, è il tema della produzione edilizia, con particolare riferimento ai luoghi privilegiati nei quali, in età moderna e contemporanea, si sono tramandati – spesso per generazioni – adattati e talvolta innovati saperi e pratiche, capacità tecniche e organizzative, per “fare le cose”.

A partire dalla bottega artigiana, dalla corporazione o dal sodalizio professionale, dall’industria come dall’impresa costruttrice, cioè da un’indagine su specifiche realtà produttive, i contributi che qui sono raccolti rivolgono la loro attenzione in più direzioni: puntano a comprendere, entro diversi contesti geografici e culturali, le modalità dell’organizzazione del lavoro e le peculiarità di mestieri e professioni, tecniche e processi; si interrogano sulla lunga durata delle specializzazioni dell’edilizia, così come sul ruolo dell’innovazione tecnologica nell’orientare trasformazioni dei modi consolidati di produrre e quindi di costruire; analizzano, a partire da casi documentati, le relazioni, proficue o talvolta problematiche, che questo mondo – composto da una folla di personaggi – intrattiene non solo con i progettisti, ma anche con gli intermediari e i costruttori; e infine, non ultimo, propongono riflessioni sugli archivi d’impresa e sulle fonti a cui attingere nella ricostruzione di una storia dell’“arte del produrre”.

Quaderni di Storia
della Costruzione
n. 3/2024

Quaderni di Storia della Costruzione 3

Produrre per Costruire

a cura di Maria Luisa Barelli e Mauro Volpiano
Construction History Group - Politecnico di Torino DAD

“Quaderni di Storia della Costruzione” è una collana di ricerche promosse dal Construction History Group PoliTo DAD con l’obiettivo di diffondere studi riguardanti la storia della costruzione in età moderna e contemporanea, fondata nel 2021.

Eventuali proposte editoriali devono essere inviate alla Segreteria Scientifica del Construction History Group (CHG) presso il Dipartimento di Architettura e Design, Viale Mattioli 39, 10125 – Torino (Italia) o in alternativa all’indirizzo di posta elettronica chg@polito.it.

Gli scritti saranno valutati dal Consiglio Direttivo CHG e dal Comitato Scientifico che, ogni volta, sottoporranno i testi a revisori anonimi secondo il criterio del *Double Blind Peer Review*.

La collana rispetta il codice etico e di condotta come stabilito dal Committee on Publication Ethics (COPE). Il codice etico è riportato sul sito <http://constructionhistorygroup.polito.it>

ISBN: 979-12-81583-06-1



Quest’opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione Non commerciale 2.0 Generico

Quaderni di Storia della Costruzione
n. 3/2024

Collana del Centro di Ricerca / Series of the Research Center
Construction History Group
Dipartimento di Architettura e Design - Politecnico di Torino

Curatori del convegno e del volume / Editors

Maria Luisa Barelli
Mauro Volpiano

Collaborazione editoriale / Editing collaboration

Valentina Burgassi
Rosa Maria Marta Caruso

Progetto grafico e impaginazione / Graphic design and Layout

Celia Izamar Vidal Elguera

Consiglio direttivo del CHG 2023-2024 / CHG Executive committee 2023-2024

Maria Luisa Barelli
Carla Bartolozzi
Valentina Burgassi
Edoardo Piccoli
Mauro Volpiano

Comitato scientifico del 2023-2024 / CHG Scientific committee 2023-2024

Carmen Andriani	Maria Grazia D'Amelio
Micaela Antonucci	Fabrizio De Cesaris
Carla Bartolozzi	Alberto Grimoldi
Clara Bertolini	Nicoletta Marconi
Daniela Bosia	Valérie Nègre
Robert Carvais	Marco Rosario Nobile

Copertina / Cover

Ditta Cristal Art, Torino (1955 ca.). Operai al lavoro nella lucidatura dei bordi delle lastre di cristallo (Archivio Cristal Art, presso Deposito Culturale, Torino).

L'editore è a disposizione degli eventuali detentori di diritti che non sia stato possibile rintracciare.



indice

Interpretazioni di un tema, problemi e aperture

- 1 Maria Luisa Barelli, Mauro Volpiano

I. Organizzazione del lavoro e circolazione dei saperi costruttivi in età moderna

- 17 *I fornaciai e l'Opera di Santa Maria del Fiore. Patti e forniture per il cantiere della Cupola brunelleschiana*
Pietro Matracchi
- 33 *"Nella maniera che di marmo se ne vede uno antico": continuità morfologica e costruttiva dei soffitti lignei a Roma attraverso le fonti documentarie (secoli XVI-XX)*
Maria Grazia D'Amelio, Lorenzo Grieco
- 57 *Il "mercato delle colonne" di Palermo in età Moderna*
Domenica Sutera
- 75 *L'utilizzo di colonne in diaspro tenero di Sicilia nella Roma barocca: genesi e tramonto di un'effimera realtà produttiva*
Maria Mercedes Bares, Federica Ratti
- 93 *Da Palestrina a Santa Marinella: organizzazione del lavoro, materiali e procedure operative nei cantieri barberiniani della provincia romana (XVII-XVIII secolo)*
Nicoletta Marconi
- 113 *Les traces produites sur les chantiers parisiens des Temps modernes: pour une meilleure compréhension de la chaîne opératoire de la conception*
Léonore Dubois-Losserand
- 131 *Da cabinet della maiolica a stanza dei pipistrelli. Produzioni per la decorazione degli interni a Pavia nei primi decenni del XVIII secolo*
Marica Forni
- 151 *Memories about the way of making lime. Production and distribution in Malta under the Order of Saint John of Jerusalem*
Valentina Burgassi

- 167 *Tra natura e artificio. Pavimentazioni in cotto maiolicato nel cantiere del Barocco napoletano*
Valentina Russo
- 185 *Colori vegetali in edilizia storica: un percorso fra produzioni, applicazioni e modalità d'impiego nella manualistica tecnica dell'epoca moderna*
Camilla Tartaglia
- II. Tecniche, produzione e mestieri nella prima età contemporanea**
- 205 *Geografie di un cantiere del Neoclassicismo a Trieste. La Loggia Mercantile (1799-1806)*
Vilma Fasoli
- 225 *Dall'acquisto alla messa in opera: pietre, marmi, marmorari e scultori italiani nel castello di Alnwick (1853-1867)*
Simonetta Ciranna
- 241 *Importare la produzione. Coperture di zinco a Napoli nell'Ottocento*
Lia Romano
- 261 *«Col rendere continuo il lavoro della fornace». Diffusione e caratteri del sistema Hoffmann per la produzione dei laterizi nell'areale campano*
Stefania Pollone
- 279 *Le terrecotte decorative fra tradizione fittile e innovazione preindustriale*
Fabrizio De Cesaris, Liliana Ninarello
- 297 *Ceramiche per l'Architettura della Fabbrica Ferniani nel secondo Ottocento: il Cimitero dell'Osservanza e l'Oratorio di villa Case Grandi a Faenza*
Andrea Ugolini, Valentina Mazzotti
- 317 *Produrre cose, produrre documenti: l'archivio in fieri di un'impresa di marmisti*
Francesca Favaro
- 331 *L'eredità di una ditta di decorazione in mostra: da Placido Mossello a Carlo Musso*
Giulia Beltramo, Enrica Bodrato, Chiara Devoti
- 347 *Intorno alla bottega di Carlo Musso. Conoscenza, produzione e cantiere*
Elena Gianasso

III. Materiali, prodotti e sistemi costruttivi per l'architettura del Novecento

- 363** *Towards a Swedish Concrete Industry: The Role of Aktiebolaget Skånska Cementgjuteriet (1887-1941)*
Sofia Nannini
- 375** *Constructing "Beaux-Arts" projects in Argentina, 1913-1918. Rivalry and alliances between technical traditions: Bétons armés Hennebique, Italian constructors, German contractors*
Juan Pablo Pekarek
- 393** *L'utilizzazione di sistemi costruttivi rapidi ed economici in insediamenti di nuova istituzione nel periodo fascista: il "Patercemento"*
Riccardo Serraglio
- 411** *I brevetti RDB per solai e coperture laterocementizie: sperimentazione e produzione*
Leone Carlo Ghoddousi
- 423** *La produzione di opere metalliche della A. Bombelli: sistemi di cancellate e cupole astronomiche*
Lorenzo Savio, Tanja Marzi, Daniela Bosia, Virginia Bombelli
- 445** *Fulget: «tutti i tipi di marmi, leganti di ogni colore, permettono infinite combinazioni»*
Maria Luisa Barelli
- 467** *Resinflex: Manifattura Applicazioni Sintetiche*
Davide Alaimo, Paolo Giusti, Tanja Marzi
- 487** *Serramenti d'autore: Colli, Cristal Art e il contributo dell'artigianato artistico torinese*
Davide Alaimo
- 501** Abstracts

I brevetti RDB per solai e coperture laterocementizie: sperimentazione e produzione

Leone Carlo Ghoddousi

Archivio del Moderno-Università della Svizzera italiana, Università degli Studi Roma Tre

Premessa

Sebbene già evocato in precedenti studi sulla storia della costruzione in Italia¹ o, più dettagliatamente, sulla storia del cemento armato² o del laterocemento³, il ruolo dell'azienda piacentina RDB nella sperimentazione e nella produzione di brevetti per solai e coperture laterocementizie fra gli anni venti e gli anni settanta del secolo scorso non è ad oggi mai stato oggetto di uno studio specificamente dedicato. Con il proposito di colmare questa lacuna – e di offrire, al contempo, una base per auspicabili futuri sviluppi di ricerca – si propone qui una prima ricostruzione condotta, per quanto possibile, su fonti di prima mano, facendo ricorso soprattutto ai materiali pubblicitari della stessa RDB. Fra questi, oltre alle *brochure* pubblicitarie dei singoli brevetti, emergono il bollettino tecnico trimestrale *Il Laterizio*, pubblicato a partire dall'aprile 1950, ed il *Manualetto RDB*, prontuario tecnico pubblicato per la prima volta nel 1954 e continuamente aggiornato negli anni successivi. Questi materiali, concepiti come strumenti pubblicitari volti a diffondere i prodotti RDB fra i professionisti del settore, si propongono oggi come fonti non solo per la verifica dei dati tecnici, ma anche per la comprensione del contesto storico e produttivo a cui questi prodotti erano destinati.

¹ TRIVELLIN 1998.

² IORI 2001.

³ PREDARI 2015.

Sperimentare una “soletta in laterizio”: la stagione di ricerche 1925-1936

Nel 1925, con la nomina di Giuseppe Volpi a ministro delle finanze, sono introdotte in Italia le prime norme di una svolta protezionistica e corporativistica destinata a sfociare – in seguito alla crisi di Wall Street del 1929 e alle sanzioni conseguenti all’aggressione dell’Etiopia nel 1935 – in una politica di forte limitazione delle importazioni di materie prime dall’estero, vantata a suo tempo come *autarchia*. Come spiegato da Tullia Iori, in questo scenario economico «andava stravolto il consueto approccio agli investimenti: non si doveva più mirare a ridurre al minimo la spesa ma piuttosto si doveva minimizzare il costo in oro»⁴, unica moneta di scambio rimasta con l’estero, dando così inizio sì ad «una intensa ricerca nel settore delle tecniche edilizie»⁵, ma orientando questa ricerca non necessariamente verso le soluzioni più economiche e razionali, quanto più verso quelle che meglio potevano collocarsi in una politica economica viziata da componenti demagogiche. Anche per questo, nella «guerra a colpi di percentuali e di stime»⁶ che, in quegli anni, vedeva contrapposti difensori e detrattori del cemento armato, furono infine favorite le soluzioni fondate sull’applicazione del laterizio, nonostante «anche questo materiale italianissimo [avesse] un costo in oro non trascurabile, perché la cottura dei mattoni necessitava di carbone, prevalentemente di importazione»⁷. Il laterizio, infatti, permetteva sì di contenere il fabbisogno di acciaio d’armatura e il consumo di legname per le casseforme (anch’esso, nella maggior parte dei casi, di importazione), ma soprattutto «non aveva bisogno di campagne promozionali o di verifiche sperimentali, essendo stato testato da secoli di applicazioni»⁸.

In questo peculiare scenario storico ed economico, la società in accomandita semplice *Fratelli Rizzi e C. Fornaci della Caminata per laterizi e calce s.a.s.*, fondata nel 1908 dai fratelli Prospero, Desiderio e Leonardo Rizzi con Daniele Donelli e Aride Breviglieri⁹, sperimentò soluzioni costruttive per solai che, nell’intento di ridurre l’utilizzo di materiali di importazione, prevedevano l’affidamento agli elementi laterizi dei compiti strutturali propri della soletta estradossole. Si trattava, in altre parole, di sperimentare solai in cui la soletta di compressione, corrispondente alla faccia superiore del solaio e fino ad allora costituita da un getto in calcestruzzo, potesse essere realizzata con elementi laterizi opportunamente predisposti. L’intuizione di poter «sfruttare le alte capacità di resistenza del [...]

⁴ IORI 2001, p. 158.

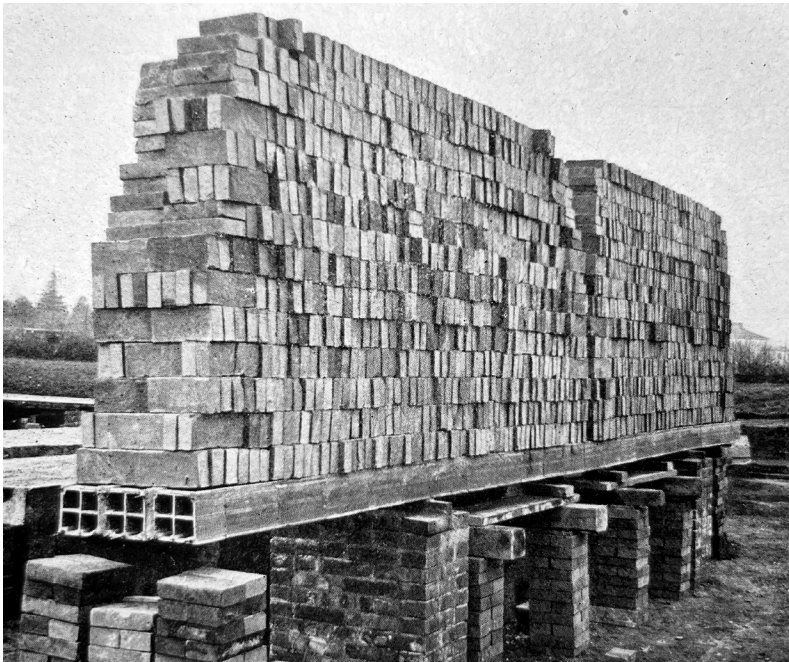
⁵ *Ibidem*.

⁶ *Ibidem*.

⁷ Ivi, p. 171.

⁸ *Ibidem*. Per il cemento armato, invece, le graduali limitazioni sarebbero culminate con le *Nuove disposizioni che vietano l’impiego del cemento armato e del ferro nelle costruzioni ed in alcuni altri usi* emanate con il Regio decreto-legge n. 1935 del 7 settembre 1939.

⁹ I fratelli Rizzi, costruttori originari del Pavese in cerca di una fornace per produrre in proprio i mattoni per la loro attività, si associarono al ragioniere Daniele Donelli al fine di rilevare e rimettere in funzione una fornace in località Caminata di Ciriano, nel comune di Carpaneto Piacentino. Su suggerimento del Donelli, i fratelli Rizzi affidano ad Aride Breviglieri, nativo di Quistello Mantovano e figlio di un operaio impiegato presso la Fornace Repellini di Castelvetro Piacentino, il ruolo di direttore tecnico del nuovo impianto. Cfr. GUZZARDI, JELMINI 2008.



[1.]

Fig. 1. Campione di solaio in laterizio armato del tipo SAP sottoposto al carico di 2000 Kg/mq durante gli esperimenti condotti da Luigi Santarella presso lo stabilimento RDB di Pontenure (SANTARELLA 1932, p. 9).

laterizio»¹⁰ diede inizio, nel 1925, ad una serie di sperimentazioni condotte da Giulio Revere – allora vicedirettore del laboratorio Prove Materiali dell'Istituto di Ingegneria del Politecnico di Milano – proprio «a Pontenure nel Cantiere delle fornaci Rizzi»¹¹. Questi primi esperimenti, condotti su campioni di solai laterocementizi, portarono alla conclusione «che esiste una buona collaborazione di lavoro tra laterizi e calcestruzzo»¹², spingendo così la RDB a proseguire tali ricerche avvalendosi, nella prima metà degli anni trenta, della collaborazione di Luigi Santarella, docente presso il Politecnico di Milano e già impegnato anni prima in simili esperimenti sul solaio laterocementizio “Berra” per conto della ditta produttrice STEM (Società Tecnica Edilizia Moderna)¹³. Presso il «campo sperimentale»¹⁴ RDB di Pontenure, dove l'azienda aveva messo a disposizione «materiali, mano d'opera e personale»¹⁵, Santarella sottopose ad una prova di resistenza e di elasticità a carichi statici dei campioni di solai composti da tre travi del tipo SAP, «veri e propri *solai di laterizio armato*, nei quali cioè la malta di cemento ha solo funzione di collegamento dei mattoni e di inviluppo delle armature metalliche»¹⁶ (fig. 1). Successivamente, sperimentò le prestazioni dei «solai [STIMIP] con soletta di laterizio, costituiti cioè da travetti di cemento armato fra laterizi e soletta di mattoni forati opportunamente disposti»¹⁷, ponendoli a confronto con strutture identiche ma realizzate in calcestruzzo. I campioni furono sottoposti a prove di carico statico attuate sovrapponendo «strati successivi di mattoni pieni»¹⁸, a prove dinamiche «mediante passaggio di una locomotiva per decauville del peso di 7 tonn.»¹⁹ (fig. 2) e, infine, a prove d'urto «realizzate facendo cadere sui solai alcuni sacchi di sabbia da diverse altezze»²⁰. Dopo aver rilevato che «il comportamento elastico e statico, nei limiti delle prove eseguite, [era] stato quasi identico con tendenza mi-

¹⁰ Brochure pubblicitaria *Struttura SAP*, 1941, Biblioteca Accademia di Architettura di Mendrisio, Svizzera.

¹¹ REVERE 1934, pp. 32-33.

¹² *Ibidem*.

¹³ Cfr. PREDARI 2015, p. 51.

¹⁴ Brochure pubblicitaria *Volta SAP*, 1939 (collezione privata dell'autore).

¹⁵ SANTARELLA 1932, p. 5n.

¹⁶ SANTARELLA 1932, p. 5.

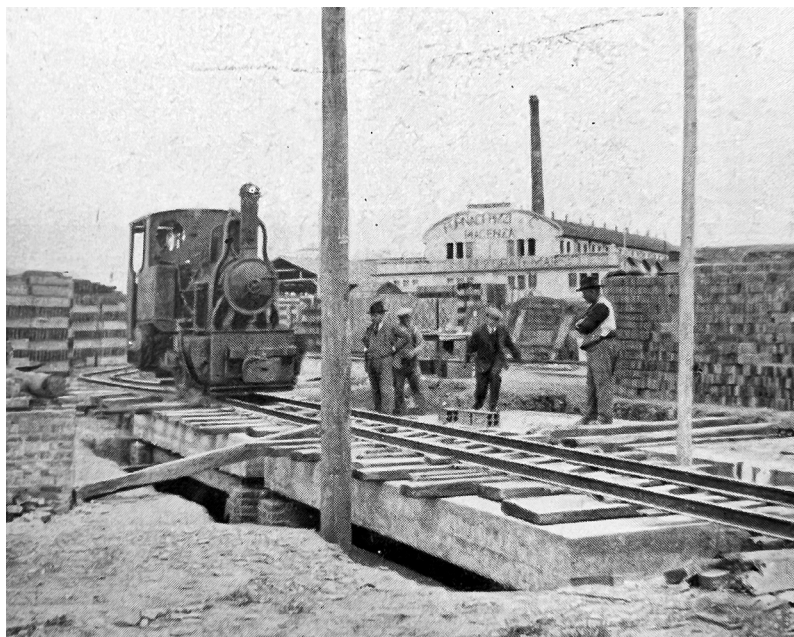
¹⁷ *Ibidem*.

¹⁸ *Ivi*, p. 27.

¹⁹ *Ibidem*.

²⁰ *Ibidem*.

Fig. 2. Campione di solaio STIMIP sottoposto a prove di carico dinamico tramite il passaggio di una locomotiva Decauville del peso di 7 tonn. durante gli esperimenti condotti da Luigi Santarella presso lo stabilimento RDB di Pontenure (SANTARELLA 1932, p. 52).



[2.]

gliore nel solaio con laterizii»²¹, Santarella giunse alla conclusione che, in simili strutture, «il laterizio non costituisce soltanto un materiale di alleggerimento e di riempimento nelle zone tese del solaio, ma esercita anche una funzione statica, collaborando alla resistenza della struttura e limitandone la deformabilità»²² e che, pertanto, «i solai con soletta di laterizi forati [...] sono perfettamente paragonabili ai solai misti con soletta di calcestruzzo»²³.

Nonostante l'esito rassicurante delle sperimentazioni, non mancarono posizioni scettiche all'adozione della nuova tecnologia. Fra queste, emerge quella di Camillo Guidi che, nel 1933, ebbe a definire «*temerarii*»²⁴ i solai laterocementizi con soletta di compressione mista (eseguita, cioè, riempiendo con malta cementizia gli interstizi fra lamelle predisposte sulla faccia superiore del laterizio), a causa delle «inevitabili imperfezioni di forma dei forati», delle «frequenti incrinature o rotture delle sottili costole, sia originarie sia prodotte in cantiere dallo scarico e trasporto del materiale» e della «difficoltà di esecuzione in posto di minuscoli cordoni di malta che dovrebbero assicurare la continuità fra forato e forato»²⁵. Nei solai laterocementizi, secondo Guidi, sarebbe pertanto stato più prudente conservare la soletta in calcestruzzo, perpetuando modalità costruttive allora consolidate²⁶.

Negli anni successivi, le sperimentazioni di Santarella proseguirono nei laboratori Prove Materiali dell'Istituto di Ingegneria del Politecnico di Milano, dove con la disponibilità di «mezzi più adatti»²⁷ vennero confermati gli esiti delle sperimentazioni condotte presso la RDB a Pontenure.

Grazie ai risultati delle prove, oltre che ai numerosi vantaggi in termini di economicità, facilità e rapidità di messa in opera, i solai SAP e STIMIP furono inseriti in una circolare di *Segnalazione di materiali e sistemi costruttivi* del Ministero dei Lavori Pubblici (n. 22 del

²¹ Ivi, p. 58.

²² Ivi, p. 3.

²³ Ivi, p. 58.

²⁴ GUIDI 1933, pp. 130-131.

²⁵ *Ibidem*.

²⁶ Di questo tipo erano i solai sperimentati nel 1926 da Camillo Guidi in occasione della Mostra internazionale di Edilizia di Torino dove, come ricorda Santarella, «furono provati due solai [...] con la stessa struttura di travetti e con soletta di cm. 5 di spessore, uno di solo cemento armato, l'altro identico al primo, ma con laterizi forati comuni tra i travetti e sotto la soletta, allo scopo di constatare se il solaio con laterizi, oltre ai noti vantaggi, apportasse anche aumento di resistenza. Il solaio con laterizi, a parità di altre condizioni, si mostrò più rigido e meno deformabile dell'altro in cemento armato». Cfr. SANTARELLA 1932, p. 3.

²⁷ SANTARELLA 1936, p. 73.

21 gennaio del 1936²⁸), inaugurando così per la RDB una stagione produttiva incentrata sull'applicazione della «soletta in laterizio»²⁹.

I brevetti RDB per orizzontamenti e coperture laterocementizie, 1925-1975 ca.

Le soluzioni costruttive brevettate dalla RDB in seguito alle sperimentazioni di Santarella sono riconducibili alle due tendenze principali su cui, sin dall'inizio del secolo, si erano orientate le sperimentazioni sui solai laterocementizi: «da un lato le soluzioni che prevedevano un ordito di travi da [...] affiancare in sito [...]; dall'altro le solette miste [...], che avrebbero assunto negli anni un dominio incontrastato»³⁰.

A questo secondo gruppo appartiene il solaio *Excelsior*, un sistema costruttivo per solaio monoblocco gettato in opera. I laterizi per questo tipo di solaio sono predisposti per essere sollecitati a compressione parallelamente alla faccia superiore, appositamente inspessita per assolvere alle funzioni di una soletta di compressione. Quest'ultima, nella prima versione commercializzata a partire circa dalla metà degli anni venti³¹, consisteva in una serie di lamelle in terracotta con interstizi da riempire con malta cementizia (soletta mista), mentre a partire dagli anni trenta³² venne introdotta una soletta di compressione completamente in laterizio, permettendo così di semplificare la posa e di adottare lo stesso blocco, opportunamente capovolto, per resistere ai momenti negativi presso gli appoggi del solaio³³.

Accanto al solaio *Excelsior* subentra, nel 1930, il solaio STIMIP³⁴ (Solaio a Travi Incrociate di Minimo Peso), una struttura latero-cementizia gettata in opera del tipo a camera d'aria³⁵. Attraverso specifici componenti in laterizio (elementi forati ad L da utilizzare come sponde per le casse vuote, solette rinforzate poste superiormente, tavole a doppio incavo e fondelli per la chiusura dell'intradosso) questo sistema permetteva di assemblare, su una casseratura piana, una serie di cassettoni per isolare le nervature, da gettare successivamente «a livello del piano superiore delle solette»³⁶. Presso i punti a momento negativo, la soletta di compressione intradosale era invece realizzata «scoperchiando i cassettoni e gettandovi sul fondo uno strato di calcestruzzo dello spessore richiesto»³⁷. A livello strutturale, ciò che contraddistingue il brevetto STIMIP è la funzione collaborante assoluta non solo dal tavellone superiore, ma anche dagli spondali a L³⁸, che agiscono in continuità con la nervatura cementizia gettata fra un cassettoni e l'altro.

²⁸ Seguiranno altre segnalazioni di prodotti RDB, come il solaio *Excelsior* (Bollettino Ufficiale n.21 del 1936) e la volta SAP (Bollettino Ufficiale n. 27 del 21 settembre 1937) Cfr. IORI 2001, p. 174.

²⁹ Cartolina pubblicitaria *Volta SAP in laterizio armato*, 1936 (collezione privata dell'autore).

³⁰ IORI 2001, p. 80.

³¹ Cfr. PREDARI 2015, p. 65.

³² *Ibidem*.

³³ Nella prima versione, il problema del momento negativo presso gli appoggi era risolto gettando in opera un cordolo in calcestruzzo armato. Cfr. *Ibidem*.

³⁴ Del solaio STIMIP esistono più versioni: a nervature parallele (STIMIP A) o incrociate (STIMIP B) e con soletta di compressione in laterizio (STIMIP A; STIMIP B) o mista (STIMIP MA; STIMIP MB). Attraverso la diversa composizione ed assemblaggio dei vari pezzi era possibile ottenere un'ampia gamma di diverse strutture in base alle specifiche esigenze.

³⁵ Simili solai erano già stati sperimentati da Arturo Danusso con il suo sistema brevettato *Duplex*. Cfr. IORI 2001, p. 86.

³⁶ *Brochure* pubblicitaria *STIMIP*, 1935, Biblioteca Accademia di Architettura di Mendrisio, Svizzera.

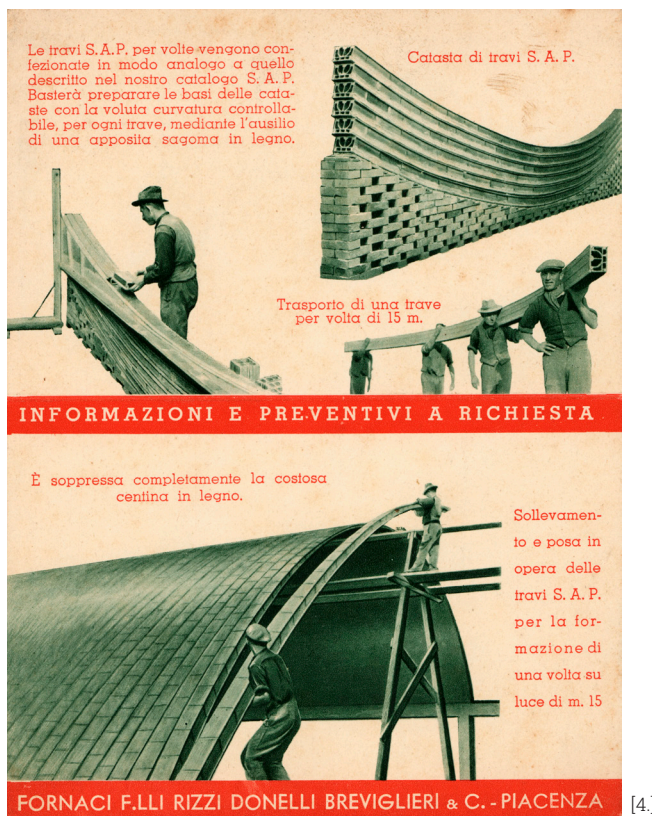
³⁷ *Ibidem*.

³⁸ PREDARI 2015, p. 103.



Fig. 3. Cartolina pubblicitaria *Volta SAP in laterizio armato* del 1936, anno in cui il sistema SAP venne messo sul mercato (collezione privata dell'autore).

Fig. 4. Retro della cartolina pubblicitaria *Volta SAP in laterizio armato* del 1936 con sintesi delle operazioni di prefabbricazione e della posa in opera delle travi (collezione privata dell'autore).



[3.]

[4.]

³⁹ La corretta definizione del significato dell'acronimo SAP non è di semplice individuazione. In IORI 2001, p. 173 la sigla SAP è attestata come acronimo di "Solaio ad Alta Portata". In PREDARI 2015, p. 77 è invece segnalato come "Solaio Auto Portante". Nell'ambito del presente approfondimento non è stato possibile riscontrare nella documentazione di prima mano una soluzione definitiva al problema. Tuttavia, considerato che il SAP si caratterizza

La capacità dei setti verticali di partecipare agli sforzi di flessione è alla base del funzionamento statico del solaio SAP (Solaio Auto Portante³⁹), una struttura a travi prefabbricate in laterizio armato immessa sul mercato nel 1936⁴⁰ e segnalata già nel 1937 sul bollettino ufficiale del Ministero dei Lavori Pubblici «perché sia impiegata anche nelle costruzioni statali o comunque sussidiate dallo Stato»⁴¹. La struttura SAP ha rappresentato uno dei prodotti di maggior successo commerciale per la RDB grazie alle sue qualità di «monoliticità, incombustibilità e durata propria delle strutture in cemento armato»⁴² combinate a «leggerezza, rapidità e facilità di costruzione»⁴³, rese possibili da un innovativo procedimento costruttivo. Quest'ultimo, dettagliatamente illustrato dalle *brochure* pubblicitarie dell'epoca, prevedeva che le singole travi fossero assemblate a piè d'opera attraverso l'accostamento dei laterizi SAP, preventivamente bagnati fino a saturazione «onde evitare un prosciugamento troppo rapido del conglomerato che in questi tipi di strutture presenta un volume assai limitato»⁴⁴. Per ottenere la curvatura prevista in progetto, i laterizi dovevano essere disposti su una base curva realizzata tramite mattoni o tavole di legno, prevista anche per la realizzazione di travi orizzontali con «lo scopo di far assumere alle travi una leggera monta dell'ordine del 2 per mille allo scopo di prevenire gli eventuali cedimenti elastici dovuti all'assestamento sotto carico»⁴⁵. Nelle scanalature appositamente predisposte nei laterizi sarebbero quindi state inserite le barre d'armatura, rese poi solidali agli stessi



[5.]

tramite il riempimento del giunto con malta cementizia fluida. Le successive travi sarebbero state infine disposte secondo lo stesso metodo sopra quella precedentemente posata, sulla quale era posto uno strato di sabbia con il fine di non far saldare le due travi e di permettere, attraverso la ridefinizione del profilo dello strato di sabbia per mezzo di una dima in legno ed un corsoio scorrevole, la rettificazione della curvatura di ogni singola trave⁴⁶ (figg. 3-4).

Dopo 3-7 giorni di stagionatura, le cataste di travi potevano essere smontate e le singole travi trasportate anche a spalla da due operai, «giacché l'armatura dei 4 spigoli conferisce loro la voluta rigidità»⁴⁷ e il peso della singola trave non superava i 22 kg/ml⁴⁸. Portate sul luogo di posa, le travi sarebbero poi state affiancate e saldate fra loro attraverso il getto del giunto cementizio. Non più lunghe di 3-4 metri, in caso di arcate di ampia luce le singole travi sarebbero invece state combinate come conci saldati da giunti longitudinali in calcestruzzo gettati in opera. Ulteriori rinforzi con barre di armatura e getti cementizi erano previsti in prossimità delle reni della volta, soggette ai momenti massimi, ma non era comunque mai richiesto il getto di alcuna soletta di compressione in quanto il laterizio, coerentemente con i risultati delle sperimentazioni condotte negli anni precedenti (fig. 6), avrebbe garantito la resistenza a compressione sull'estradosso grazie ad un apposito inspessimento della faccia superiore. Il vantaggio della struttura SAP era inoltre la garanzia del corretto posizionamento dei ferri durante la fase costruttiva, in quanto «in essa l'armatura metallica deve essere posta negli appositi incavi del laterizio e quindi in posizione ben determinata ed invariabile»⁴⁹, permettendo così di realizzare in sicurezza le strutture «senza procedimenti macchinosi, ma con quella semplicità costruttiva che assicura la perfezione dell'opera pur impiegando mezzi e maestranza normale»⁵⁰. Il processo costruttivo della struttura SAP lasciava infine un'ampia libertà compositiva, che permetteva non solo di far fronte ai più diversi vincoli e necessità progettuali, ma anche di realizzare una grande varietà di coperture: dalle semplici volte a botte alle coperture a shed ottenute inclinando la direzione della curva generatrice, fino alle coperture formate dall'accostamento di settori di volte che, ad ugual luce, fanno corrispondere una maggiore o minore altezza di freccia, con il fine di ottenere ampie vetrate al livello della copertura.

Fig. 5. Realizzazione di una volta SAP 20 di luce 40 m presso lo stabilimento RDB di Pontenure (PC), seconda metà degli anni trenta. Da: *brochure* pubblicitaria *Volta SAP*, 1939 (collezione privata dell'autore).

anzitutto per la sua composizione per elementi prefabbricati a piè d'opera, e non per eccezionali prestazioni in termini di resistenza ai carichi, si è qui scelto di accogliere la definizione di "Solaio Auto Portante".

⁴⁰ *Il Laterizio*, 5, dicembre 1950.

⁴¹ Circolare n. 27 del 21 settembre 1937. Cfr. *brochure* pubblicitaria *Volta SAP*, 1939 (collezione privata dell'autore).

⁴² *Ibidem*.

⁴³ *Ibidem*.

⁴⁴ *Brochure* pubblicitaria *STIMIP*, 1935, Biblioteca Accademia di Architettura di Mendrisio, Svizzera.

⁴⁵ *Brochure* pubblicitaria *Struttura SAP*, 1941, Biblioteca Accademia di Architettura di Mendrisio, Svizzera.

⁴⁶ *Brochure* pubblicitaria *Volta SAP*, 1939 (collezione privata dell'autore).

⁴⁷ *Brochure* pubblicitaria *Struttura SAP*, 1941, Biblioteca Accademia di Architettura di Mendrisio, Svizzera.

⁴⁸ PREDARI 2015, p. 79.

⁴⁹ *Brochure* pubblicitaria *Struttura SAP*, 1941, Biblioteca Accademia di Architettura di Mendrisio, Svizzera.

⁵⁰ *Brochure* pubblicitaria *Volta SAP*, 1939 (collezione privata dell'autore).



[6.]

Fig. 6. Documentazione fotografica delle sperimentazioni su strutture SAP. Da: *brochure* pubblicitaria *Volta SAP*, 1939 (collezione privata dell'autore).

Derivato direttamente dal solaio SAP è il solaio SAPAL (Solaio Auto Portante Ampie Luci), entrato in produzione nel 1938. La struttura SAPAL si presenta come ampio catalogo di soluzioni costruttive da realizzarsi con un numero contenuto di pezzi⁵¹, configurandosi come vera e propria "scatola di montaggio" a disposizione del progettista e del costruttore. L'unità base del sistema SAPAL è la trave SAPAL, un'evoluzione della trave SAP capace di coprire, con sovraccarichi normali, luci fino a 80 m⁵². Prefabbricata a piè d'opera con un sistema simile a quello delle travi SAP, differisce da queste ultime per il fatto di essere composta da due elementi laterizi: un fondello e un blocco. Nelle scanalature dei fondelli, disposti su una superficie incurvata, sono inserite le barre d'armatura, sigillate con malta cementizia. Vi sono quindi sovrapposti i blocchi, avendo cura che i giunti fra questi siano sfalsati rispetto a quelli fra i fondelli. Nella scanalatura superiore del blocco, infine, viene inserita e sigillata una seconda armatura oppure, in alternativa, vengono sovrapposte delle tavolette in terracotta che, agendo in continuità con lo strato di malta, costituiscono la soletta di compressione dell'elemento. La trave SAPAL così assemblata può essere utilizzata per una grande varietà di strutture, quali capriate, architravi o orditure di tetti, ma è possibile realizzare elementi strutturali con maggiori portate (solai, volte) semplicemente affiancando le travi a coppie e saldandole attraverso il getto della nervatura interposta, ottenendo così un unico

⁵¹ Il solaio SAPAL è configurabile come solaio a camera d'aria (frapponendo fra coppie di travi appositi elementi) con soletta di compressione in laterizio (SAPAL) o mista (SAPAL M), o come solaio con blocchi interposti con soletta di compressione in laterizio (SAPAL B), mista (SAPAL BM), oppure non collaboranti (SAPAL BS).

⁵² *Brochure* pubblicitaria *Solaio SAPAL*, 1938.



[7.]

elemento strutturale. Fra le singole travi così ottenute, poste ad un interasse di 75 cm, può essere inserita una vasta gamma di prodotti e materiali, opachi o trasparenti (come il vetrocemento), motivo per cui la struttura SAPAL risulta «particolarmente indicata nei casi in cui occorra una grande superficie illuminante»⁵³.

Nel 1939, dopo il lancio del solaio SAPAL, la RDB risulta avere 13 stabilimenti propri⁵⁴ e 60 stabilimenti concessionari di produzione⁵⁵, a testimonianza del successo che le soluzioni laterocementizie riscossero negli anni delle politiche autarchiche. Negli anni del dopoguerra, tuttavia, nonostante il venir meno delle limitazioni alle importazioni di prodotti esteri, i brevetti RDB continuarono a trovare posto nei cantieri italiani in virtù della loro economicità e praticità, come testimonia il lancio, nei primi anni cinquanta, della struttura ST'AR (Struttura Auto-Reggente), indicata «principalmente per la costruzione di volte»⁵⁶ di luce fino a 15 m⁵⁷, ma che poteva essere utilizzata anche per solai orizzontali (figg. 8-9). Si tratta di una significativa evoluzione del sistema SAP in quanto, pur mantenendone i principali vantaggi, elimina l'operazione di prefabbricazione a piè d'opera grazie alla speciale forma dei laterizi. Il procedimento costruttivo prevedeva che, dopo la posa in opera del primo arco con l'ausilio di una centina mobile, fosse steso uno strato di malta ce-

Fig. 7. Brochure pubblicitarie RDB 1938-1954.

⁵³ Brochure pubblicitaria *Erredibi - Laterizi per l'edilizia*, 1944

⁵⁴ Gli stabilimenti propri sono: Pontenure, Carpaneto, Lugagnano, Cortemaggiore, Fossadello, Piacenza, Fiorenzuola, Borgonovo, Salsomaggiore, Caorso, Castelvetro, Brescia, Valdaora. Cfr. *Brochure pubblicitaria Struttura SAP*, 1941, Biblioteca Accademia di Architettura di Mendrisio, Svizzera.

⁵⁵ Cfr. *Brochure pubblicitaria Volta SAP*, 1939 (collezione privata dell'autore).

⁵⁶ *Brochure pubblicitaria Volta ST'AR/Solaio ST'AR*, 1950 (collezione privata dell'autore).

⁵⁷ Cfr. *Brochure pubblicitaria Erredibi - Laterizi per l'edilizia*, 1944.

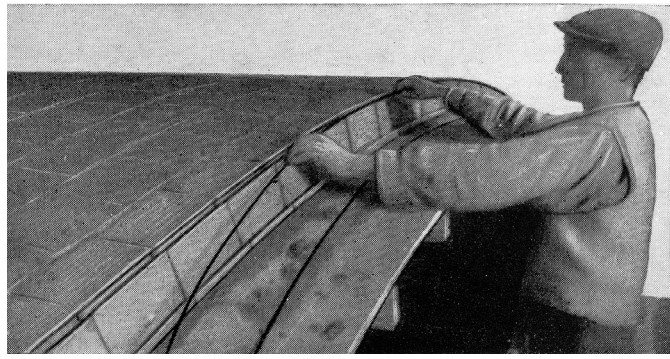
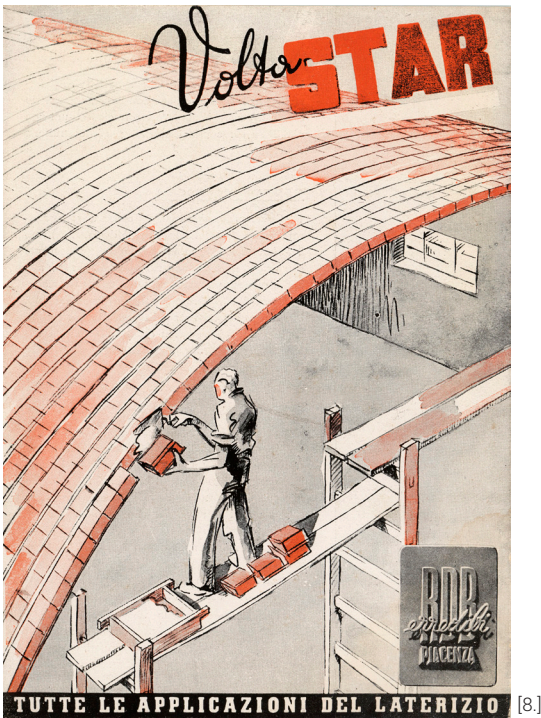


Fig. 8. Brochure pubblicitaria *Volta STAR/Solaio STAR*, 1950 con raffigurazione del processo costruttivo senza il ricorso a centine (collezione privata dell'autore).

Fig. 9. Costruzione della volta *STAR*: disposizione dei ferri d'armatura nelle scanalature predisposte e successiva posa degli elementi laterizi su letto in malta cementizia e loro incastro ai laterizi dell'arcata adiacente. Da: brochure pubblicitaria *Volta STAR/Solaio STAR*, 1950 (collezione privata dell'autore).

mentizia con la duplice funzione di sigillare le armature nelle apposite scanalature e di costituire il letto di posa per la successiva fila di laterizi. Questi, avendo cura di mantenere i giunti sfalsati da fila a fila, sarebbero stati posati grazie ad un sistema ad incastro che li avrebbe resi solidali con l'arcata precedentemente posata (figg. 8-9). Sperimentata nell'immediato dopoguerra⁵⁸ presso lo stabilimento RDB di Borgonovo Val Tidone (PC)⁵⁹, la volta *STAR* poteva essere completata nello stesso numero di ore necessario «per la sola preparazione degli elementi da confezionarsi a piè d'opera»⁶⁰ richiesta dagli altri tipi di volte. Ma all'innovazione costruttiva corrispondeva, in questo caso, anche un'innovazione strutturale: l'incastro fra i laterizi appartenenti a diverse arcate permetteva infatti di realizzare strutture vincolate non solo trasversalmente, come già avveniva per le strutture SAP, ma anche longitudinalmente. Può essere a questo proposito opportuno richiamare qui alcune considerazioni pubblicate nel 1953 da Giulio Pizzetti, il quale notava come le consuete strutture laterocementizie a travi accostate destassero il sospetto di

⁵⁸ Cfr. Brochure pubblicitaria *Volta STAR/Solaio STAR*, 1950 (collezione privata dell'autore).

⁵⁹ La prima volta *STAR*, ancora esistente, è stata realizzata a copertura di un annesso porticato posto sul confine dello stabilimento. È costeggiato dalla strada poderalale Follo, accessibile sulla sinistra dalla SP 11 in direzione di Mottaziana (PC).

anisotropia in quanto [...] esse si comportano [...] come un complesso lastre - travi secondarie - travi principali al quale la forma e la disposizione delle armature conferiscono una indubbia capacità di lavoro bi- o tri-direzionale ma che, a seconda della forma, dimensioni, costruzione, armatura dei pannelli prefabbricati, possono garantire in misura assai variabile ed incerta l'isotropia e la continuità resistente⁶¹.

Pizzetti, al proposito, propone come soluzione l'applicazione di un'armatura longitudinale, ma la struttura *STAR*, prevedendo un vincolo fra le diverse arcate di laterizi, permetteva già al tempo di

risolvere, almeno in parte, il problema posto. Le varie applicazioni della struttura, utilizzata per cupole, paraboloidi iperbolici ed altre forme complesse⁶², sembrano pertanto legittimare l'attribuzione a questo brevetto delle virtù enunciate nelle considerazioni conclusive di Pizzetti, quando intravede nella sua soluzione le potenzialità di «un sistema che può permettere la realizzazione di temi architettonici e strutturali fino ad oggi di problematica convenienza per il cemento armato ordinario»⁶³.

Conclusioni

Questa ricerca ha cercato di individuare la peculiare relazione fra sperimentazione costruttiva e produzione edilizia che ha caratterizzato l'attività della RDB nell'ambito dei solai e delle coperture laterocementizie negli anni a cavallo della Seconda Guerra Mondiale. Nel dopoguerra l'azienda, guidata da Luigi Rizzi, Pier Alberto Donelli e Francesco Breviglieri, ha condotto una graduale transizione della produzione verso i prefabbricati in calcestruzzo armato, calcestruzzo armato precompresso e i calcestruzzi cellulari autoclavati (*Gasbeton*), abbandonando progressivamente, a partire dagli anni settanta, le strutture laterocementizie. Rimasero in produzione molti prodotti derivati dai primi brevetti, come i solai Celersap, Pansap, Neosap, Bisap, tutti derivati dalla struttura SAP, ma orientati più ad un'ottimizzazione della manodopera che del materiale, riverberando così le urgenze produttive dell'Italia del boom economico, e con esse i suoi rivolgimenti sociali, politici e civili.

⁶⁰ Brochure pubblicitaria *Volta STAR/Solaio STAR*, 1950 (collezione privata dell'autore).

⁶¹ PIZZETTI 1953, p. 72.

⁶² Come attestato dai numeri del bollettino *Il Laterizio* a cavallo degli anni settanta.

⁶³ PIZZETTI 1953, p. 79.

Bibliografia

GUIDI 1926

Camillo Guidi, "Studi Sperimentali su costruzioni in cemento armato", in *Rendiconti dell'XI Riunione dell'Associazione Italiana per gli studi sui materiali da costruzione*, Torino, 1926.

GUIDI 1933

Camillo Guidi, "L'audacia di certe costruzioni moderne", *Il Cemento Armato*, 11, 1933, pp. 130-131.

GUZZARDI, JELMINI 2008

Giuseppe Guzzardi, Fabrizio Jelmini, *RDB 100 Anni*, Novara: Italgrafica, 2008.

IORI 2001

Tullia Iori, *Il cemento armato in Italia dalle origini alla seconda guerra mondiale*, Roma: Edil-stampa, 2001.

PIZZETTI 1953

Giulio Pizzetti, "Volte sottili in laterizio armato", *Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*, n.s., n. 3, anno VII, marzo 1953, pp. 72-79.

PORETTI 2015

Sergio Poretti, *Modernismi Italiani. Architettura e costruzione nel Novecento*, Roma: Gangemi, 2015.

PREDARI 2015

Giorgia Predari, *I solai latero-cementizi nella costruzione moderna in Italia, 1930-1950*, Bologna: Bononia University Press, 2015.

REVERE 1934

Giulio Revere, "Risultati di prove diverse eseguite nel laboratorio prove materiali del R. Politecnico di Milano negli anni dal 1915 al 1932", *Atti, ricerche, studi della Scuola di Specializzazione per le costruzioni in cemento armato. Fondazione 'Fratelli Pesenti'*, vol. XIV, Milano: Hoepli, 1934.

SANTARELLA 1932

Luigi Santarella, "La collaborazione del laterizio nei solai di cemento armato. Raffronti sperimentali", *Atti, ricerche, studi della Scuola di Specializzazione per le costruzioni in cemento armato. Fondazione 'Fratelli Pesenti'*, vol. VII, Milano: Hoepli, 1932.

SANTARELLA 1936

Luigi Santarella, "La collaborazione del laterizio nei solai di cemento armato. Risultati sperimentali", *Atti, ricerche, studi della Scuola di Specializzazione per le costruzioni in cemento armato. Fondazione 'Fratelli Pesenti'*, vol. VII, Milano: Hoepli, 1936.

TRIVELLIN 1998

Eleonora Trivellin, *Storia della*

tecnica edilizia in Italia dall'Unità ad oggi, Firenze: Alinea, 1998.

Il *Construction History Group* (CHG) è un Centro interdisciplinare di Ricerca del Politecnico di Torino (Dipartimento di Architettura e Design) che accoglie studiosi e ricercatori dell'ateneo torinese che svolgono ricerche sul tema della Storia della Costruzione di età moderna e contemporanea. Nell'ottica di un confronto via via più ampio, il CHG si è recentemente dotato di una rete di soci corrispondenti di altre Università e Centri di ricerca italiani e stranieri. I curatori di questo volume sono membri del Comitato direttivo del CHG e ne supportano le attività scientifiche e didattiche.

Maria Luisa Barelli è architetto e professore associato di Progettazione tecnologica e ambientale dell'architettura presso il Politecnico di Torino. Ha svolto studi sull'evoluzione delle tecniche e dei modi di costruire e sui temi del recupero, della valorizzazione e della rigenerazione del patrimonio edilizio otto e novecentesco. Negli ultimi anni, in particolare, ha indagato – da questi punti di vista – temi e opere del secondo Novecento italiano, e ha pubblicato *Il palazzo dell'Obelisco di Jaretti e Luzi. Progetto e costruzione* (Gangemi, 2018), in collaborazione con Davide Rolfo. E' membro di Do.Co.Mo.Mo. Italia e della SITdA, Società Italiana di Tecnologia dell'Architettura.

Mauro Volpiano è architetto e professore associato di Storia dell'architettura presso il Politecnico di Torino e autore di oltre 150 pubblicazioni sul patrimonio culturale in Piemonte e in Italia. Le sue ricerche si concentrano sulla storia dell'architettura e della costruzione negli Stati sabaudi tra la fine dell'età moderna e la prima età contemporanea e sulla professione e la socialità degli architetti. Si interessa anche di studi legati ai paesaggi e alle città storiche nel contesto delle politiche e della pianificazione dei beni culturali. Negli ultimi anni è stato coinvolto in progetti di ricerca e didattici con le università di Nagoya (invited research fellow), Tokyo, Hosei-Tokyo, Hokkaido, KIT Kyoto, Grenoble, Aix-Marseille, TU Delft, MIT Boston (Misti grant awardee 2018), Ensas Strasbourg. Fa parte del direttivo nazionale di AnCSA e del comitato tecnico-scientifico internazionale di ICOMOS-CIVVIH. È cofondatore del Construction History Group del Politecnico di Torino.

ISBN 979-12-81583-06-1



9 791281 583061