

RA

restauro archeologico

Conoscenza, conservazione e valorizzazione
del patrimonio architettonico
Rivista del Dipartimento di Architettura
dell'Università degli Studi di Firenze

Knowledge, preservation and enhancement
of architectural heritage
Journal of the Department of Architecture
University of Florence

2 | 2024

1964-2024 La Carta di Venezia
Riflessioni teoriche e prassi
operative nel progetto di restauro

volume 2

FI
FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS

Convegno
internazionale



CARTADI VENEZIA

*Riflessioni teoriche e prassi operative
nel progetto di restauro*

*Theoretical reflections and operating practices
in the restoration project*

*Réflexions théoriques et modes opératoire
dans le projet de restauration*

a cura di

Susanna Caccia Gherardini
Maurizio De Vita

RA | restauro archeologico

Conoscenza, conservazione e valorizzazione
del patrimonio architettonico
Rivista del Dipartimento di Architettura
dell'Università degli Studi di Firenze

Knowledge, preservation and enhancement
of architectural heritage
Journal of the Department of Architecture
University of Florence

Anno XXXII numero 2/2024
Registrazione Tribunale di Firenze
n. 5313 del 15.12.2003

ISSN 1724-9686 (print)
ISSN 2465-2377 (online)

Director

Giuseppe De Luca
Università degli Studi di Firenze

Editors in Chief

Susanna Caccia Gherardini,
Maurizio De Vita
Università degli Studi di Firenze

COMITATO SCIENTIFICO INTERNAZIONALE International Scientific Committee

Susanna Caccia Gherardini
Università degli Studi di Firenze

Eva Coisson
Università degli Studi di Parma

Maurizio De Vita
Università degli Studi di Firenze

Stefano Della Torre
Politecnico di Milano

Maurizio Di Stefano
ICOMOS Italia

Daniela Esposito
Sapienza Università di Roma

Teresa Ferreira
Universidade do Porto

Donatella Fiorani
Sapienza Università di Roma

Carlo Francini
Comune di Firenze

Francisco Javier Gallego Roca
Universidad de Granada

Haroldo Gallo
Universidade Estadual de Campinas

Maria Cristina Giambruno
Politecnico di Milano

Caterina Giannattasio
Università degli Studi di Cagliari

Sabina Hajiyeva
*Azerbaijan University of Architecture and
Construction*

Claudine Houbart
Université de Liège

Alessandro Ippoliti
Università degli Studi di Ferrara

Alessandra Marino
Istituto Centrale per il Restauro

Bianca Gioia Marino
Università degli Studi di Napoli Federico II

Pietro Matracchi
Università degli Studi di Firenze

Giulio Mirabella Roberti
Università degli Studi di Bergamo

Stefano Francesco Musso
Università degli Studi di Genova

Monica Naretto
Politecnico di Torino

Maria Annunziata Oteri
Politecnico di Milano

Elisabetta Pallottino
Università degli Studi di Roma Tre

Andrea Pane
Università degli Studi di Napoli Federico II

Guest Editors

Susanna Caccia Gherardini
Università degli Studi di Firenze

Maurizio De Vita
Università degli Studi di Firenze

Teresa Patricio
ICOMOS

Zhang Peng
Tongji University

Renata Picone
Università degli Studi di Napoli Federico II

Marco Pretelli
*Alma Mater Studiorum - Università di
Bologna*

Antonella Ranaldi
*Soprintendenza Archeologia, Belle arti e
Paesaggio per la città metropolitana di
Firenze e le province di Pistoia e Prato*

Emanuele Romeo
Politecnico di Torino

Valentina Russo
Università degli Studi di Napoli Federico II

Claudio Varagnoli
*Università degli Studi Gabriele D'Annunzio
- Chieti/Pescara*

INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD

Hélène Dessales, Benjamin Mouton, Carlo Olmo,
Zhang Peng, Andrea Pessina, Guido Vannini

EDITORIAL BOARD

Andrea Arrighetti, Sara Di Resta, Junmei Du,
Annamaria Ducci, Maria Grazia Ercolino, Rita
Fabbri, Bianca Gioia Marino, Pietro Matracchi,
Emanuele Morezzi, Federica Ottoni, Andrea Pane,
Rosario Scaduto, Raffaella Simonelli, Andrea
Ugolini, Maria Vitiello

EDITORIAL STAFF

Paola Bordoni, Maddalena Branchi, Giorgio
Ghelfi, Francesca Giusti, Pierpaolo Lagani, Laura
Marchionne, Francesco Pisani, Anna Laura
Petracci, Alice Rossano, Adele Rossi

COMITATO ORGANIZZATIVO Organising Committee

Università degli Studi di Firenze

Paola Bordoni

Maddalena Branchi

Giorgio Ghelfi

Francesca Giusti

Pierpaolo Lagani

Laura Marchionne

Francesco Pisani

Anna Laura Petracci

Alice Rossano

Adele Rossi

Gli autori sono a disposizione di quanti, non rintracciati, avessero legalmente diritto
alla corresponsione di eventuali diritti di pubblicazione, facendo salvo il carattere
unicamente scientifico di questo studio e la sua destinazione non a fine di lucro.

Copyright: © The Author(s) 2024

This is an open access journal distributed under the Creative Commons Attribu-
tion-ShareAlike 4.0 International License
(CC BY-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>).

cover design

●●● dida**communicationlab**

DIDA Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 8
50121 Firenze, Italy

published by

Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
Firenze University Press
Via Cittadella, 7 - 50144 Firenze, Italy
www.fupress.com

Cover photo

Ruins of the Tuileries Palace, 1871, 23.1 × 28.6 cm
The J. Paul Getty Museum, Los Angeles, 84.XP.1411.6

Stampato su carta di pura cellulosa Fedrigoni



Prevenire per conservare: progettazione di un database GIS proattivo

Elena Zanazzi | elena.zanazzi@unipr.it

Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università di Parma

Abstract

The 2012 Emilia earthquake highlighted the vulnerability of cultural heritage. It is now necessary to develop tools for preventing future seismic damage, utilizing all available sciences and techniques to protect cultural assets. This research proposes a methodology for seismic risk management and damage prevention through the use of GIS systems, using fortified architecture as an example of the fragility of historic masonry structures. The designed geodatabase revealed significant correlations between constructive features, occurrence of damage mechanisms and seismic accelerations, through statistical analysis of the cataloged data. Based on these correlations, fragility curves were developed. The result is the identification of potential risk scenarios, which can be used to prioritize interventions and facilitate the implementation of conservation strategies.

Keywords

Predictive methodology, Damage mechanism, Masonry, Seismic risk, Planned conservation.

Introduzione

La conservazione materiale dei beni culturali non può prescindere da un'attenta pianificazione e programmazione delle opere di manutenzione e degli interventi di restauro. Tale principio, esplicitato nell'articolo 4 della Carta di Venezia¹, ma già esposto nella Carta di Atene del 1931², sarà in realtà un concetto ripreso, se pur con alcuni aggiornamenti, anche dalle Carte del Restauro successive, a testimonianza dell'importanza condivisa, anche a livello internazionale, di tale approccio alla conservazione del patrimonio costruito. Se infatti nella Carta di Venezia si fa riferimento alla «manutenzione sistematica», tale termine verrà sostituito prima con «conservazione integrata»³ e poi con «conservazione programmata»⁴. Il perfezionamento della terminologia usata è sintomatico di un ampliamento di sguardo nel corso del tempo, che sposta cioè il focus dal singolo intervento a una logica processuale, che si propone come globale, in quanto correlata a una programmazione a scala territoriale e su lungo periodo⁵. Tuttavia il principio di base rimane immutato, ossia ribadire la necessità di agire in maniera pianificata, sostituendo un approccio emergenziale al restauro, con strategie di previsione e prevenzione del danno al fine di assicurare «una lunga vita ai monumenti»⁶.



Figura 1. Alcuni esempi di meccanismo a taglio e torsione del fusto della torre. Da sinistra: Reggio Emilia, Rocca di Reggiolo; Modena, Castello delle Torri a San Prospero; Modena, Rocca estense di San Felice sul Panaro (schema grafico E. Lenticchia, foto E. Coisson e D. Ferretti; elab. E. Zanazzi).

Tale esigenza è stata resa evidente, in tutta la sua drammaticità, dai recenti eventi sismici, che hanno colpito il territorio italiano, danneggiandone il patrimonio costruito. È oggi doveroso quindi cercare di implementare strategie e strumenti atti a salvaguardare i beni architettonici dal rischio sismico. La presente ricerca⁷, assumendo le architetture fortificate emiliane danneggiate dal sisma del 2012 a caso esemplificativo della fragilità delle strutture storiche in muratura, si propone di raggiungere proprio questo obiettivo attraverso la definizione di una possibile metodologia predittiva per la mitigazione del rischio sismico e la prevenzione del danno. Il metodo elaborato si avvale dell'uso, secondo un approccio proattivo, dei sistemi GIS (*Geographic Information System*), nell'ottica di applicare le strategie di conservazione programmata ai beni culturali. Si sottolinea inoltre come tali sistemi, ormai ampiamente utilizzati per lo studio della vulnerabilità sismica, e non solo, del patrimonio costruito⁸, sembrano ben rispondere alle istanze veicolate dalla Carta di Venezia, e in particolare dall'articolo 2, in cui si sottolinea l'importanza di avvalersi di tutte le scienze e tecniche possibili per la salvaguardia dei beni.

Un database GIS predittivo per le architetture fortificate: progettazione e principali risultati ottenuti

Il geo-database GIS, progettato con il software ArcGIS Pro, dunque si configura non tanto come uno spazio statico di archiviazione, ma come strumento attivo di gestione e analisi statistica dei dati per la prevenzione dal danno sismico dei beni catalogati. Infatti l'ambiente GIS consente di associare agevolmente le informazioni

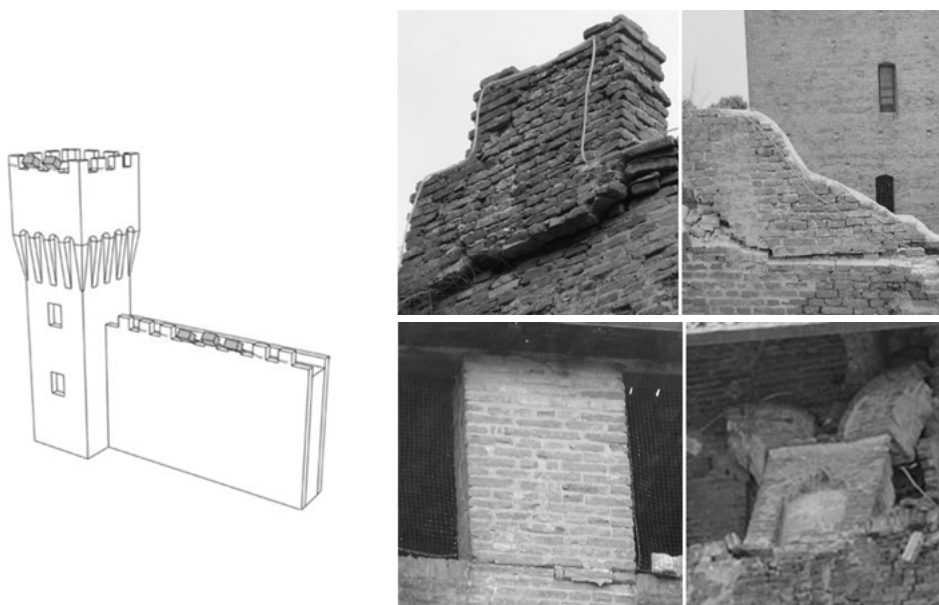


Figura 2. I merli vincolati solo alla base tendono a danneggiarsi più frequentemente a ribaltamento: da sinistra due immagini di Reggio E., Rocca di Reggiolo. Tuttavia sono presenti alcune eccezioni legate alla qualità del collegamento tra merlo e muratura sottostante o copertura: da sinistra Modena, Rocca estense di San Felice sul Panaro e Castello delle Rocche a Finale Emilia (schema grafico E. Lenticchia, foto E. Coisson e D. Ferretti; elab. E. Zanazzi).

relative all'insorgenza di dati meccanismi di danno, precedentemente studiati e osservati a seguito di un terremoto reale e rivelatisi ricorrenti per una data tipologia architettonica⁹, alle caratteristiche costruttive tipiche e ai valori di accelerazione registrati per uno o più eventi sismici avvenuti e deducibili dalle *shakemaps*¹⁰. È stato quindi possibile far emergere correlazioni significative. In particolare, è stata evidenziata la relazione che sussiste tra la posizione della torre, rispetto al complesso fortificato, e l'insorgenza del meccanismo a taglio e torsione del suo fusto (Figura 1). Infatti, a seguito delle scosse del sisma emiliano del 2012, le torri sporgenti presentavano un quadro fessurativo più grave rispetto a quello delle torri ad angolo e inglobate. Le torri isolate invece non hanno, nella maggior parte dei casi, riportato danni rilevanti. Le ragioni sono da ricercare nel fatto che le torri sporgenti, e in parte quelle angolari, presentano un vincolo fortemente asimmetrico alla base, che potrebbe aver portato all'insorgenza di tensioni flessio-torsionali. Inoltre va considerata anche una brusca variazione di rigidità nel punto in cui la torre diviene svettante. Al contrario le torri isolate, sono libere di oscillare, senza incorrere in fenomeni di martellamento con strutture adiacenti. Infine è stato possibile provare, a livello statistico, che i merli vincolati solo alla base sono più propensi a manifestare fenomeni di ribaltamento (Figura 2), mentre i merli su cui sono disposte delle coperture, e quindi vincolati anche in sommità, tenderanno più facilmente a danneggiarsi a taglio.

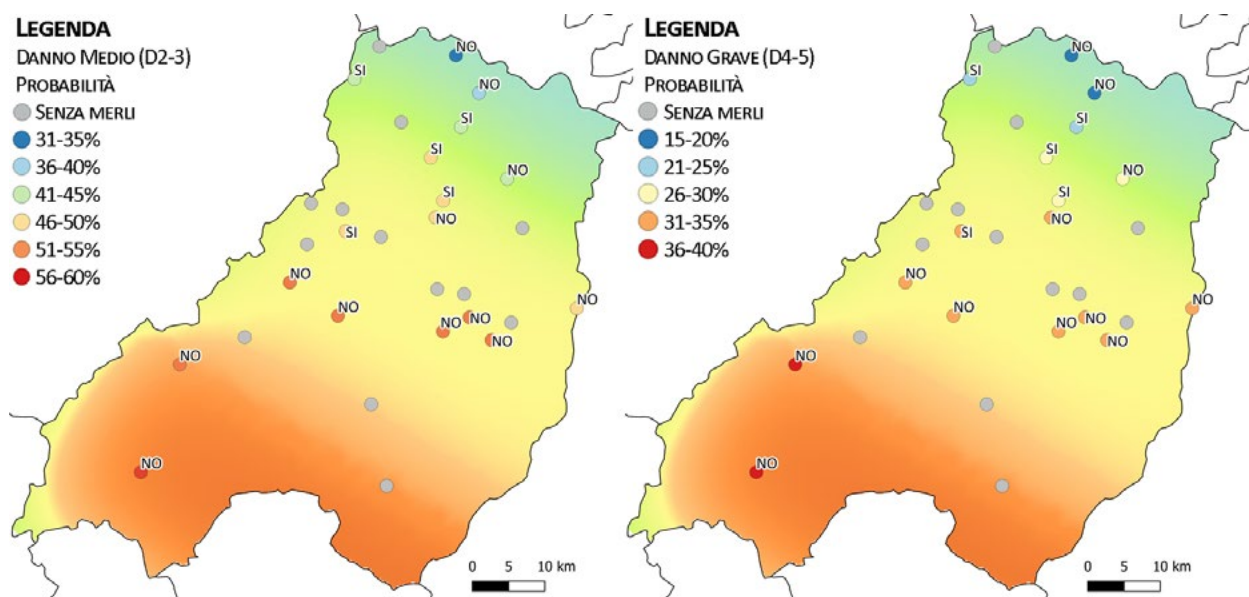


Figura 3. Mappa tematica del meccanismo di ribaltamento fuori dal piano del merlo. In scala di colori le probabilità che si verifichi un danno medio (a sinistra) o grave (a destra). In grigio i castelli privi di merli. Nelle etichette è indicato se i merli sono sveltanti (SI) o se vincolati da una copertura (NO) (elab. E. Zanazzi).

Applicazione di una possibile metodologia predittiva: curve di fragilità e scenari di rischio

Nella seconda fase di ricerca, sfruttando le correlazioni tra livello di danno e azione sismica subita, ricavate dalle analisi geo-referenziate, è stato possibile costruire le curve di fragilità, funzioni che esprimono graficamente la vulnerabilità sismica. Tali funzioni sono state quindi applicate alla provincia di Parma e confrontate con le accelerazioni della mappa di pericolosità sismica prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia¹¹. Il risultato è la definizione di possibili scenari di rischio, che consentono di individuare, a scala territoriale, alcuni dei macro-elementi maggiormente vulnerabili, e di suggerire le priorità tra i possibili interventi di miglioramento sismico, in relazione ai singoli meccanismi. In particolare, analizzando il meccanismo di ribaltamento fuori dal piano dei merli, si è riscontrato che la probabilità che si verifichi in forma moderata risulta pari o superiore al 50% e di oltre il 30% in forma grave (Figura 3). Tuttavia, nonostante le accelerazioni consentirebbero l'attivazione del meccanismo, l'eventualità che un merlo vincolato in sommità dalla copertura ribalti è rara. In futuro, quindi, analisi conoscitive più approfondite a scala architettonica, nonché eventuali interventi che contrastino il ribaltamento, dovrebbero concentrarsi, a parità di accelerazione sismica attesa, in maniera prioritaria sui merli sveltanti, privi di copertura. La previsione di tali scenari può dunque consentire di ottimizzare le risorse economiche disponibili e allo stesso tempo minimizzare l'invasività del restauro, nell'ottica del rispetto del principio del minimo intervento e di conservazione del patrimonio esistente.

Conclusioni

La metodologia predittiva, qui illustrata, e i relativi risultati ottenuti si pongono quindi in continuità con quanto teorizzato nella Carta di Venezia, evidenziando l'attualità dei principi esposti nei suoi sedici articoli. In particolare, nel presente contributo è stato sottolineato come, associando caratteristiche costruttive, meccanismi di danno ricorrenti e accelerazioni sismiche, sia possibile definire dei possibili scenari di rischio, identificare le vulnerabilità secondo una scala di urgenza e quindi potenzialmente intervenire preventivamente e in maniera sistematica, in accordo quindi con quanto affermato nell'articolo 4 della Carta di Venezia, e successivamente ripreso dalle altre Carte del Restauro. Inoltre, per poter applicare la metodologia illustrata, è essenziale l'ausilio di strumenti informatici appositamente predisposti. Nel caso specifico ci si è avvalsi dell'uso del GIS, indispensabile per effettuare le analisi statistiche e geo-referenziate dei dati sopradescritte. L'uso di tale strumento si ritiene risulti coerente con il principio esposto nel già citato articolo 2 della Carta. Ad oggi, l'utilizzo di questi nuovi strumenti di catalogazione e gestione dei dati risulta indispensabile per la conoscenza sistematizzata e organizzata del patrimonio costruito. Allo stesso tempo pone però nuove sfide nel campo della conoscenza, quale la necessità di prevedere processi per una corretta e continuativa gestione delle informazioni, attuabile operando sempre più in un'ottica di interoperabilità.

¹ «La conservazione dei monumenti impone anzitutto una manutenzione sistematica». Carta di Venezia, 1964, Art. 4.

² «[...] evitare i rischi mediante l'istituzione di manutenzioni regolari e permanenti atte ad assicurare la conservazione degli edifici [...]». Carta di Atene, 1931, Art. 2.

³ Dichiarazione di Amsterdam, 1975.

⁴ STEFANO DELLA TORRE et al., *Preventiva, integrata, programmata: le logiche coevolutive della conservazione. Pensare la prevenzione*, G. Biscontin e G. Driussi (a cura di), *Pensare la prevenzione. Manufatti, usi, ambienti*, atti del XXVI convegno Scienza e Beni culturali (Bressanone, 13-16 luglio), 2010, pp. 67-76; S. DELLA TORRE, *Oltre il restauro, oltre la manutenzione*, in S. Della Torre (a cura di), *La strategia della Conservazione programmata. Dalla progettazione delle attività alla valutazione degli impatti*, vol. I, atti di convegno PPCC (Monza, Mantova 5-9 Maggio), Firenze, Nardini 2014, pp. 1-10.

⁵ S. DELLA TORRE, *La conservazione programmata*, in V. Dania e L. Gazzero (a cura di), «Fondazioni e beni ecclesiastici di interesse culturale. Sfide, esperienze, strumenti», Bologna, Ed. il Mulino, 2023, pp.231-239.

⁶ Carta Italiana del Restauro, 1972, *Allegato b. istruzioni per la condotta dei restauri architettonici*.

⁷ ELENA ZANAZZI, *Fortezze Fragili. Dall'Analisi del dissesto a strategie per la sua prevenzione*, Quasar, Roma 2023.

⁸ Cfr. DONATELLA FIORANI, *Il futuro dei centri storici: digitalizzazione e strategia conservativa*, Roma, Quasar 2019; EVA COÏSSON, DANIELE FERRETTI, ERICA LENTICCHIA, *Analysis of damage mechanisms suffered by Italian fortified buildings hit by earthquakes in the last 40 years*, «Bulletin of earthquake engineering», vol. XV, 2017, pp. 5139-5166.

⁹ Ciascuna tipologia di edificio storico è caratterizzata da macro-elementi specifici, che tendono a danneggiarsi secondo meccanismo di danno ricorrenti, in genere compiutamente riconoscibili all'interno del macro elemento stesso, cfr. FRANCESCO DOGLIONI, ALBERTO MORETTI, VINCENZO PERTINI, *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*, Trieste, LINT ed. 1994. In particolare, le architetture fortificate emiliane risultano solitamente composte da un corpo palaziale, torri e mura di cinta, a loro volta contraddistinti da macro-elementi caratterizzanti – merli, beccatelli, torrette e altri elementi aggettanti o svettanti – oltre che, ovviamente, dai macro-elementi comuni alla tipologia Palazzo – pareti, solai, volte, scale ecc. – per evidenti analogie con le strutture castellane.

¹⁰ Le *shakemaps* sono una traduzione grafica dello scuotimento del suolo indotto dal terremoto. Tali mappe sono scaricabili dal sito INGV: Archivio *shakemaps*: <http://shakemap.rm.ingv.it/shake/archive/>.

¹¹ INGV: mappa di pericolosità sismica <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.