



Centro Universitario Europeo  
per i Beni Culturali  
Ravello

# Territori della Cultura

Rivista on line Numero 28 Anno 2017

Iscrizione al Tribunale della Stampa di Roma n. 344 del 05/08/2010

SPECIALE

Terremoti, edificato esistente,  
protezione dei beni culturali.





Territori della Cultura

# Sommario



Centro Universitario Europeo  
per i Beni Culturali  
Ravello

<b>Comitato di redazione</b>	<b>5</b>
La Politica del Centro di Ravello: dalla protezione della Cultura alla cultura della Protezione Alfonso Andria	<b>8</b>
Vulnerabilità sismica tra prevenzione ed emergenza Pietro Graziani	<b>11</b>
<b>SPECIALE: Terremoti, edificato esistente, protezione dei beni culturali</b>	
Ferruccio Ferrigni L'edificato storico: insieme fragile o archivio di saperi, ancora utili? Un trentennio della linea di attività "Culture Sismiche Locali"	<b>14</b>
Pietro Graziani Alcune riletture dei lavori del Comitato Nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico, istituito per volere del Ministero per i beni culturali e ambientali e dell'Ufficio del Ministro per la Protezione Civile (1984-1987)	<b>30</b>
Giuseppe Luongo La macchina dei Terremoti	<b>36</b>
Piero Pierotti Leopoldo Pilla: il ruolo dell'esperienza diretta	<b>46</b>
Denise Ulivieri Architettura vernacolare. Linguaggio comune degli edifici e culture sismiche locali.	<b>62</b>
Francesco Gurrieri I conti col terremoto. In tema di riabilitazione e ricostruzione post-sismica	<b>78</b>
Maurizio Ferrini Interventi su edifici pubblici e residenziali dal 1983 in Lunigiana e Garfagnana. La Prevenzione sismica è possibile	<b>90</b>
Andrea Barocci, Corrado Prandi, Vittorio Scarlini Proviamo a parlare del sisma	<b>138</b>
Giovanni Berti, Corrado Monaca La vicenda del fascicolo del fabbricato	<b>146</b>
Piero Pierotti Aristotelismo di stato. Conflitti possibili tra gli aggiornamenti della ricerca a confronto con le rigidità della normativa	<b>160</b>



Territori della Cultura

# Comitato di Redazione



Centro Universitario Europeo  
per i Beni Culturali  
Ravello

Presidente: Alfonso Andria

[comunicazione@alfonsoandria.org](mailto:comunicazione@alfonsoandria.org)

Direttore responsabile: Pietro Graziani

[pietro.graziani@hotmail.it](mailto:pietro.graziani@hotmail.it)

Direttore editoriale: Roberto Vicerè

[rvicere@mpmirabilia.it](mailto:rvicere@mpmirabilia.it)

Responsabile delle relazioni esterne:

Salvatore Claudio La Rocca

[sclarocca@alice.it](mailto:sclarocca@alice.it)

## Comitato di redazione

Jean-Paul Morel Responsabile settore  
"Conoscenza del patrimonio culturale"

[jean-paul.morel3@libertysurf.fr](mailto:jean-paul.morel3@libertysurf.fr);

Claude Albore Livadie Archeologia, storia, cultura

[morel@msh.univ-aix.fr](mailto:morel@msh.univ-aix.fr)

Max Schvoerer Scienze e materiali del  
patrimonio culturale

[alborelivadie@libero.it](mailto:alborelivadie@libero.it)

Beni librari,

documentali, audiovisivi

[schvoerer@orange.fr](mailto:schvoerer@orange.fr)

Francesco Caruso Responsabile settore

[francescocaruso@hotmail.it](mailto:francescocaruso@hotmail.it)

"Cultura come fattore di sviluppo"

Piero Pierotti Territorio storico,

[pierotti@arte.unipi.it](mailto:pierotti@arte.unipi.it)

ambiente, paesaggio

Ferruccio Ferrigni Rischi e patrimonio culturale

[ferrigni@unina.it](mailto:ferrigni@unina.it)

Dieter Richter Responsabile settore

[dieterrichter@uni-bremen.de](mailto:dieterrichter@uni-bremen.de)

"Metodi e strumenti del patrimonio culturale"

Informatica e beni culturali

Matilde Romito Studio, tutela e fruizione  
del patrimonio culturale

[matilde.romito@gmail.com](mailto:matilde.romito@gmail.com)

Adalgiso Amendola Osservatorio europeo  
sul turismo culturale

[adamendola@unisa.it](mailto:adamendola@unisa.it)

## Segreteria di redazione

Eugenia Apicella Segretario Generale

[apicella@univeur.org](mailto:apicella@univeur.org)

Monica Valiante

Velia Di Riso

Rosa Malangone

## Progetto grafico e impaginazione

Mp Mirabilia Servizi - [www.mpmirabilia.it](http://www.mpmirabilia.it)

*Per consultare i numeri  
precedenti e i titoli delle  
pubblicazioni del CUEBC:  
[www.univeur.org](http://www.univeur.org) - sezione  
pubblicazioni*

*Per commentare  
gli articoli:  
[univeur@univeur.org](mailto:univeur@univeur.org)*

## Info

Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali

Villa Rufolo - 84010 Ravello (SA)

Tel. +39 089 857669 - 089 2148433 - Fax +39 089 857711

[univeur@univeur.org](mailto:univeur@univeur.org) - [www.univeur.org](http://www.univeur.org)

Main Sponsors:



ISSN 2280-9376

# Comitato Scientifico



**On. Alfonso Andria** Presidente

**Prof. Jean-Paul Morel** Professore Emerito, Université d'Aix-Marseille - Vice Presidente

**Dr. Eugenia Apicella** Segretario Generale

**Ing. Ferruccio Ferrigni** Dipartimento Pianificazione e Scienza del Territorio, Università Federico II, Napoli. Coordinatore delle attività

**Prof.ssa Claude Albore Livadie** Direttore di Ricerca Emerito - Centre National de la Recherche Scientifique

**Prof. Adalgiso Amendola** Docente di Filosofia del Diritto, Università di Salerno

**Prof. Alessandro Bianchi** Rettore, Università Telematica Pegaso

**Prof. David Blackman** Archeologo

**Dr. Mounir Bouchenaki** Unesco

**Dr. Adele Campanelli** Soprintendente Archeologia Campania

**Arch. Francesca Casule** Soprintendente Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Salerno e Avellino

**Mons. José Manuel Del Rio Carrasco** Congregazione del culto divino e la disciplina dei sacramenti, Curia Romana

**Dr. Caterina De La Porta** Eforo del Ministero della Cultura in Grecia

**Dr. Stefano De Caro** Direttore ICCROM, Roma

**Prof. Maurizio Di Stefano** Presidente Emerito ICOMOS Italia

**Prof. Witold Dobrowolski** Docente di archeologia classica, Università di Varsavia - già Conservatore del Dipartimento dell'Arte antica del Museo Nazionale di Varsavia

**Prof.ssa Rosa Fiorillo** ICOMOS Italia, Docente Archeologia Cristiana e Medievale, Università di Salerno

**Dr. Mechthilde Fuhrer** Deputy to the Executive Secretary, European and Mediterranean Major Hazards Agreement - Council of Europe

**Prof. Pietro Graziani** Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio, Università La Sapienza - Master in Architettura, Arti Sacre e Liturgia Università Europea di Roma e Ateneo Pontificio *Regina Apostolorum*

**Ing. Salvatore Claudio La Rocca** già Vice Direttore della Scuola Superiore per la Formazione e la Specializzazione dei Dirigenti dell'Amministrazione Pubblica - Roma

**Prof. Roger A. Lefèvre** Professore Emerito, Université de Paris XII - Val de Marne

**Prof. Giuseppe Luongo** Professore Emerito Fisica del Vulcanismo, Università Federico II, Napoli

**Prof. Ernesto Mazzetti** già vicepresidente Società Geografica Italiana

**Prof. Mauro Menichetti** Docente di Archeologia Classica, Università degli studi di Salerno

**Prof. Luiz Oosterbeek** Coordinating Professor of Archaeology and Landscape Management, Instituto Politécnico de Tomar

**Prof. Domenico Parente** Dipartimento di Informatica, Università di Salerno

**Dr. Massimo Pistacchi** Direttore Istituto Centrale per i Beni Sonori e Audiovisivi

**Prof. Piero Pierotti** Professore a riposo di Storia dell'Architettura, Università di Pisa

**Prof. Fabio Pollice** Direttore Dipartimento di Storia, Società e Studi sull'Uomo, Università del Salento

**Prof. Dieter Richter** Professore Emerito, Università di Brema

**Prof.ssa Maria Giovanna Riitano** Direttore Dipartimento di Scienze del Patrimonio Culturale /DISPAC, Università degli studi di Salerno

**Dr. Matilde Romito** Archeologo

**Prof. Ingelore Scheunemann** Coordinatore Programma Latinoamericano di Scienze e Tecnologia per lo sviluppo - CYTED

**Prof. Max Schvoerer** Académie Européenne des Sciences et des Arts (Salzburg, Austria); Professeur émérite Université Bordeaux Montaigne (France)

**Prof. Gerhard Sperl** Docente di Archeometallurgia e Materiali Storici - Università di Vienna - Università di Leoben

**Dr. Giuliana Tocco** Archeologo

**Dr. Françoise Tondre** Vice Présidente Institut Européen pour le Conseil en Environnement

**Dr. Licia Vlad Borrelli** Archeologo

**Prof. François Widemann** Directeur de Recherches au CNRS - Laboratoire de Recherche des Musées de France - Paris

**Arch. Giuseppe Zampino** Architetto, Presidente Parco Regionale Partenio

**Dr. Gabriel Zuchtriegel** Direttore Parco Archeologico Paestum

# Consiglio di Amministrazione



On. Alfonso Andria

**Presidente e legale rappresentante**

Prof. Jean-Paul Morel

**Vice Presidente**

Dr. Eugenia Apicella

**Segretario Generale**

## **Soci Promotori**

Dr. Carla Magnoni

già funzionario Consiglio d'Europa

Dr. Jean-Pierre Massué

già segretario esecutivo di EUR.OPA Grandi Rischi, Consiglio d'Europa

Sen. Mario Valiante

già membro Assemblea Parlamentare del Consiglio d'Europa

## **Rappresentanti Enti Fondatori**

*Secrétaire Général Conseil de l'Europe*

Dr. Thorbjørn Jagland

*Regione Campania*

On.le Vincenzo De Luca, Presidente

*Comune di Ravello*

Avv. Salvatore Di Martino, Sindaco

*Università degli Studi di Salerno*

Prof. Aurelio Tommasetti, Rettore Magnifico

*Comunità Montana "Monti Lattari"*

Luigi Mansi, Presidente

*Ente Provinciale per il Turismo di Salerno*

Arch. Mario Grassia, Commissario Liquidatore Unico

*Azienda Autonoma Soggiorno e Turismo di Ravello*

Arch. Mario Grassia, Commissario Liquidatore Unico

## **Rappresentanti Soci Ordinari**

*Instituto Politécnico de Tomar (IPT)*

Prof. Eugénio Manuel Carvalho Pina de Almeida,  
Presidente

*Comune di Scala*

Luigi Mansi, Sindaco

*Consorzio Ravello Sense*

Pasquale Antonio Palumbo, Presidente

## **Membri Cooptati**

On. Alfonso Andria

*Presidente*

Prof. Jean-Paul Morel

*Université de Provence, Aix-en-Provence*

Prof. Francesco Caruso

*Ambasciatore, Consigliere del Presidente della Regione Campania per i rapporti internazionali e Unesco*

Dr. Marie-Paule Roudil, *Direttore Unesco Office in New York e The UNESCO Representative to the United Nations*

Prof. Sebastiano Maffettone, *Presidente Fondazione Ravello*

Prof. Filippo Bencardino, *Presidente*

*Società Geografica Italiana*

Dr. Eladio Fernandez-Galiano

*Head of Democratic Initiatives Department, Consiglio d'Europa*

Prof. Manuel Núñez Encabo, *Presidente*

*Associazione Europea ex parlamentari del Parlamento Europeo e del Consiglio d'Europa*

Prof. p. Giulio Cipollone, *Ordinario di Storia della Chiesa Medievale*

*Pontificia Università Gregoriana*

## **Membri Consultivi**

Prof.ssa Claude Albore Livadie

*Relatore del Comitato Scientifico*

## **Revisore Unico**

Dr. Alfonso Lucibello

# La Politica del Centro di Ravello: dalla protezione della Cultura alla cultura della Protezione

L'integrazione tra scienze umane e scienze della terra, cui si ispira da sempre l'attività del Centro, ha trovato un fertile terreno di applicazione anche nei foyer di Archeo-Vulcanologia (lo scambio di informazioni e di metodi tra vulcanologi ed archeologi), nei settori della protezione del patrimonio nelle zone a rischio, della tutela del Territorio Storico (un termine, coniato a Ravello, per definire gli elementi che formano il cosiddetto "patrimonio culturale minore": architettura vernacola, edilizia rurale tipica, vecchie fabbriche, coltivazioni tradizionali, ecc.). È in tale contesto che il Centro ha organizzato Seminari e Corsi su "Conservazione e protezione del patrimonio culturale nelle zone a rischio sismico", "Vulcanologia ed Archeologia", "Protezione degli edifici antichi nelle zone a rischio sismico".

Quando il Consiglio d'Europa avviò nel 1987 il programma "EUR-OPA Risques Majeurs" – nel quadro dell'Accordo Parziale Aperto in materia di prevenzione, protezione e organizzazione dei soccorsi contro i grandi rischi naturali e tecnologici – programma che peraltro il nostro Centro aveva promosso, prendendo l'iniziativa di sollecitare i Ministri della Protezione Civile di 12 Paesi dell'Europa Mediterranea ed ospitandone a Ravello le prime riunioni, rispettivamente nel 1985 e 1986 - fu quindi del tutto naturale che al Centro venissero affidate le attività di ricerca e formazione sulla "Protezione del Patrimonio Culturale nelle zone a rischio sismico".

Il Centro attualmente fa parte di ventisei Centri europei aderenti al programma del Consiglio d'Europa "EUR.OPA Risques Majeurs".

Coniugare ricerca, intervento di terreno e formazione è quindi diventata una modalità operativa che caratterizza in generale le attività del Centro di Ravello e che ha trovato la sua più completa attuazione proprio nel settore di attività che punta a definire metodi e strumenti efficaci per la riduzione della vulnerabilità dell'edificato antico attraverso il recupero di quella che è stata definita la "Cultura Sismica Locale".

Si tratta, insomma, di recuperare, insieme ai monumenti e all'edificato storico correnti, la cultura che li ha generati. Una cultura che, in zona sismica, voleva dire imparare a convivere con i terremoti, ma anche limitarne le conseguenze nella maniera più efficace possibile.

"Dalla protezione della Cultura alla cultura della Protezione":

è questo il 'motto' che rende efficacemente l'approccio caratterizzante la linea del Centro e che venne anche adottato come slogan dei suoi contributi in appoggio alle attività del Decennio delle Nazioni Unite per la Riduzione dei Disastri Naturali (IDNDR).

Al di là del bilancio scientifico della ricerca, vorrei sottolineare che sulla protezione del patrimonio in zona sismica, nell'arco di oltre un trentennio, il Centro ha consolidato una proficua collaborazione con Istituzioni internazionali di grande prestigio (Consiglio d'Europa, UNESCO, ICCROM, UNICEF, OMS, IDNDR) ed ha costituito una vasta rete di esperti di differenti

*1985, Riunione dei Ministri a Ravello.*



nazionalità e di varia formazione disciplinare. La peculiarità del suo approccio alla protezione dell'edificato antico in zona sismica è ormai riconosciuta a livello internazionale (l'ATLANTE delle Culture Sismiche Locali – definito dal Centro – fu selezionato dall'IDNDR tra i progetti di maggior rilievo). Sulla riduzione della vulnerabilità dell'edificato antico attraverso il recupero della Cultura Sismica Locale, il Centro ha organizzato con regolarità un Corso Intensivo che nell'arco di 20 edizioni è stato frequentato da esperti provenienti da diversi Paesi di tutti i continenti.

*Il trentennale di EUR.OPA Risques Majeurs è stato celebrato il 14 marzo scorso a Montecarlo, attraverso una riunione ufficiale con la partecipazione dei rappresentanti di buona parte dei Paesi sottoscrittori. Dell'incontro si è già riferito nel n. 27 di Territori della Cultura.*

*Alfonso Andria*

# Vulnerabilità sismica tra prevenzione ed emergenza

La vulnerabilità sismica di gran parte del territorio italiano comporta scelte ed investimenti di fondo, con la consapevolezza che occorre programmare interventi costanti di messa in sicurezza del vastissimo patrimonio edilizio - monumentale e non - con sistematica ordinarietà. Il tutto accompagnato da un diffuso programma di "educazione agli eventi sismici", intesi, quindi, non come "disgrazia" ma come consapevole necessità di convivenza.

Per tale ragione, che vuole superare la filosofia dell'emergenza sostituendola con una prevenzione consapevole, gli Organi del Centro Universitario per i Beni Culturali (Consiglio di Amministrazione e Comitato Scientifico), hanno chiesto a un selezionato gruppo di "addetti ai lavori" di scrivere un contributo per un numero monografico della Rivista "Territori della Cultura", da dedicare al tema "Terremoto", con particolare riguardo alla tutela dell'edificato esistente e alla protezione dei beni culturali che esso esprime.

La partecipazione convinta di molti esperti di fama internazionale e di operatori direttamente impegnati nel settore ha quindi consentito la realizzazione di questo speciale.

Mi sia concesso un pubblico ringraziamento a quanti hanno voluto aderire alla proposta. Un grazie particolare a Piero Pirotti, vera anima del progetto e autorevole componente del Comitato scientifico del Centro.

L'auspicio è quello di aver fornito in questo modo utili contributi all'analisi e alla riflessione su di un tema che ha mietuto numerose vittime, oltre che aver causato rilevanti danni ad intere aree del Paese.

*Pietro Graziani*



Territori della Cultura



Centro Universitario Europeo  
per i Beni Culturali

Ravello

# Terremoti, edificato esistente, protezione dei beni culturali.

Numero speciale in occasione del trentennale dell'attività svolta dal Centro Universitario per i Beni Culturali di Ravello (CUEBC) nel quadro del programma EUR-OPA Major Hazards promosso dal Consiglio d'Europa .



Ferruccio Ferrigni

## L'edificato storico: insieme fragile o archivio di saperi, ancora utili? Un trentennio della linea di attività "Culture Sismiche Locali"

**E**ra il 1987, il workshop aveva un titolo neutro, "Protezione dell'edificato storico in zona sismica", un tema ricorrente nei numerosi convegni che si tenevano in Italia dopo il terremoto dell'80 in Irpinia. Eppure fu da quell'evento, che il CUEBC aveva organizzato in collaborazione con il FORMEZ, che prese l'avvio un filone di ricerca totalmente innovativo, che poi si è sviluppato fino ad oggi. E ancora continua.

Come da prassi nell'attività del Centro, al convegno erano state invitate figure di varie discipline: storici, ingegneri sismici, sismologi, sismologi storici, architetti, esperti di beni culturali. All'epoca i programmi di calcolo capaci di visualizzare tensioni e deformazioni delle strutture erano una novità: gli interventi degli ingegneri sismici che mostravano scheletri strutturali multicolori e oscillanti non mancarono di suscitare interesse. Il dibattito si sviluppò vivacissimo, soprattutto su due questioni: la rispondenza tra i modelli utilizzati nei calcoli e le caratteristiche dell'edificato che pretendevano di rappresentare (geometria, materiali, effetti del concatenamento tra gli edifici); l'epoca di avvio dello studio dell'impatto del terremoto sugli edifici e sulle tecniche per mitigarlo.

Sulla prima questione emerse con chiarezza che l'aumentata potenza dei computer e i progressi dell'ingegneria sismica – fondata sulla geometria delle strutture e sull'omogeneità dei materiali – permettevano metodi di calcolo rigorosi, sofisticati ed affidabili, ma che i modelli geometrici a cui venivano applicati erano ben lontani dal rappresentare fedelmente l'edificato storico, irregolare, disomogeneo nei materiali ed imbricato.

A riprova dei limiti dell'approccio "numerico-analitico" viene riportata un'esperienza allora recente. Nel progetto di recupero dell'antico quartiere del Serrone – a Polla, un comune del Vallo di Diano, in provincia di Salerno – tra gli interventi di riparazione dei danni prodotti dal sisma dell'80 erano stati previsti archi di contrasto, barbacani, ripristino della continuità strutturale tra gli edifici. In pratica le tecniche di rafforzamento presenti nel quartiere e che avevano mostrato la propria efficacia (non c'erano danni negli edifici dove erano presenti). Quando il progetto viene sottoposto al Genio Civile, tuttavia, il funzionario chiede di verificare analiticamente la rispondenza delle strutture così rinforzate all'allora vigente Regolamento per le costruzioni in zona sismica. All'obiezione che il metodo di calcolo allora utilizzato, il POR, era applicabile ad edifici isolati e dalla geometria regolare, il funzionario non ha esitazione; "qual è il problema? basta separare gli edifici uno

dall'altro e diventano tutti calcolabili". Insomma, se gli strumenti di conoscenza non permettono di analizzare l'oggetto, lo si modifica – o lo si rappresenta – in modo che diventi analizzabile. Un approccio purtroppo allora corrente, paradigma del ribaltamento di una corretta metodologia scientifica.

La seconda questione vede contrapporsi due posizioni: l'avvio di una "ingegneria" sismica deve riconoscersi nei primi trattati in materia (sec. XVIII) o i saperi sul comportamento degli edifici sottoposti all'azione sismica sono molto più antichi?

A parte la considerazione banale che è impensabile che una comunità regolarmente colpita dai terremoti costruisca templi, teatri, acquedotti senza porsi il problema di farli resistere alle azioni sismiche, nel corso del convegno vengono presentate innumerevoli evidenze archeologiche che documentano tecniche costruttive sismoresistenti. Il collegamento in piombo tra i blocchi delle trabeazioni dei templi dorici, le costole inserite nel muro perimetrale dei templi micenei, i barbacani apposti sulle mura romane testimoniano in modo inequivoco l'intento dei costruttori di migliorare la resistenza dell'edificio alle forze taglienti orizzontali, quelle più pericolose generate dal sisma. E l'ecostoria, che Piero Pierotti da qualche anno ha proposto come criterio di analisi dell'evoluzione dei territori, fornisce la cornice metodologica e scientifica per considerare le tecniche sismoresistenti tradizionali come la prova di saperi da sempre ben radicati nelle comunità delle regioni sismiche.

Ovviamente il convegno non risolve le questioni, ma focalizza l'interesse di tutti i partecipanti da una parte sui limiti delle procedure di calcolo applicate all'edificato antico, dall'altra sulle tecniche tradizionali di costruzione e riparazione sismoresistenti presenti nelle zone regolarmente soggette ai terremoti. Tecniche che magari non erano state oggetto di indagini sistematiche ma che erano ancora ben documentate in un archivio straordinario: l'edificato storico. Diventa evidente, insomma, che l'edificato storico non era un insieme più o meno vulnerabile da proteggere, ma anche un archivio di conoscenze, certamente ancora utili.

Ad iniziativa dell'allora Soprintendente per i Beni Culturali e Ambientali di Salerno e Avellino, Mario De Cunzio – che ha partecipato al workshop e che fa parte del Comitato Scientifico del CUEBC – il Centro decide di avviare dei casi di studio, da svolgere mediante Ricerche-Intervento (RI), sulle tecniche di costruzione/riparazione presenti nell'edificato storico di alcuni centri del Mediterraneo. Viene così realizzato il primo caso di

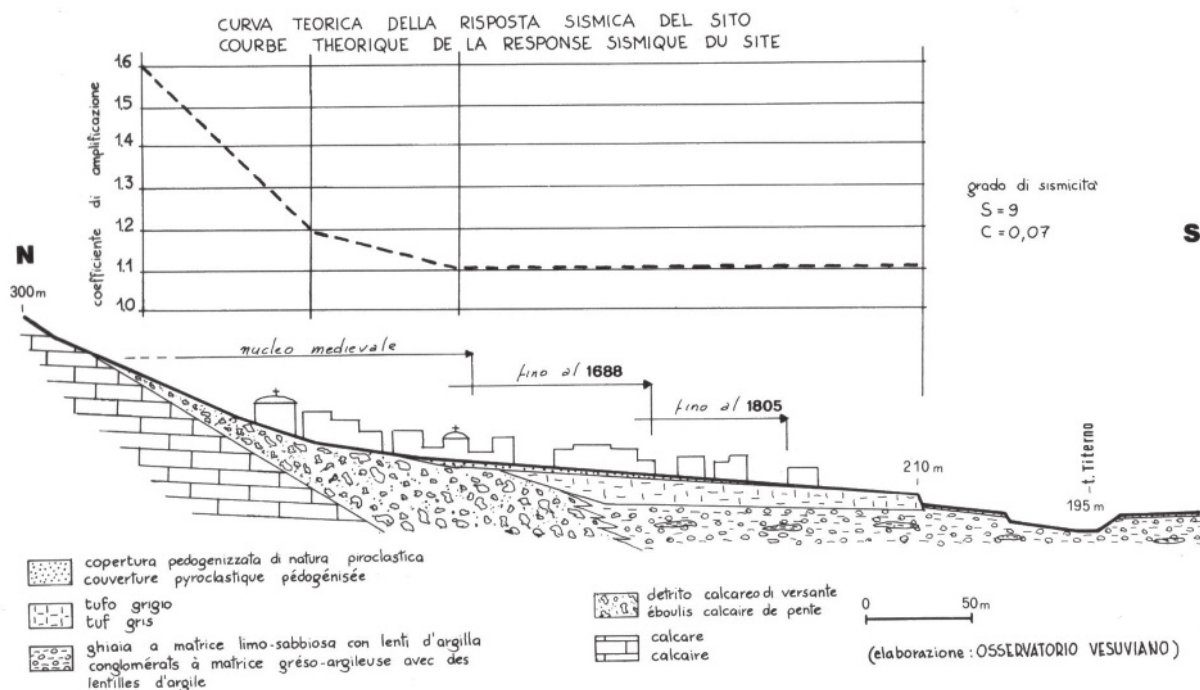


Fig. 1 La stratigrafia mostra che il sito di impianto del centro storico è il più sicuro, ma come facevano a conoscerlo? Scavando pozzi e cantine?

studio, a San Lorenzello, un piccolo comune della provincia di Benevento, gravemente danneggiato dal terremoto del 1688, ricostruito e poi ancora danneggiato, meno gravemente, da quello del 1805. Alla R.I. dà il suo appoggio entusiasta Giuseppe Luongo, che mobilita i ricercatori dell'Istituto di Scienze della terra. Le analisi gravimetriche condotte da Eliana Esposito e Paolo Beneduce mostrano che l'insediamento originario ha occupato il sito sismicamente più sicuro (Fig. 1). Il caso di studio permette inoltre di documentare una serie di "anomalie" presenti nell'edificato storico, tutte finalizzate a migliorare la resistenza degli edifici alle forze orizzontali. La scelta del sito e la evidente valenza sismoresistente delle "anomalie", mettono in evidenza che le comunità antiche disponevano di precise conoscenze, ma che la vulnerabilità degli edifici storici dipende non solo dalle tecniche di costruzione/riparazione utilizzate, ma anche, talvolta soprattutto, dalle modifiche apportate nel tempo. Si arriva così ad una prima sistematizzazione dell'approccio "Culture Sismiche Locali" (CSL). Nel volume "San Lorenzello, alla ricerca delle anomalie che proteggono"



Fig. 2 "San Lorenzello, alla ricerca delle anomalie che proteggono" (1989).

(1989) (Fig. 2) la CSL viene definita come *"l'insieme delle conoscenze (sulle caratteristiche dello shock sismico, sulle reazioni dei terreni e dell'edificato, ecc.) e dei comportamenti coerenti che ne derivano"*; vengono poi analizzati i fattori di vulnerabilità che derivano dalla conoscenza e quelli che dipendono dal comportamento, valutando per tutti l'impatto che hanno su tre segmenti del patrimonio culturale costruito: le rovine archeologiche, i monumenti, l'edificato storico corrente.

L'analisi mette in evidenza che la perdita, o l'affievolimento, della CSL determina un incremento di vulnerabilità più alto proprio per l'edificato storico corrente. E così, mentre vengono realizzati ulteriori casi di studio – in totale saranno 13, selezionati in modo da coprire tutte le possibili combinazioni dei fattori della CSL che determinano un incremento della vulnerabilità dell'edificato storico (cfr box) – il Centro decide di avviare un Corso Intensivo su *"Ridurre la vulnerabilità dell'edificato attraverso il recupero della Cultura Sismica Locale"*. In quello stesso anno (1991) nella rivista internazionale *Earthquake Spectra* (ES 3/1991) esce un articolo di Hu Shiping che documenta le straordinarie tecniche costruttive sismoresistenti delle pagode cinesi, alcune vecchie di 1000 anni, capaci di metabolizzare l'energia trasmessa dal sisma grazie ad un sofisticato sistemi di bilancieri, a gabbie rigide sovrapposte e rulli interposti, a periodi di oscillazione lontani da quelli dei terremoti localmente ricorrenti.

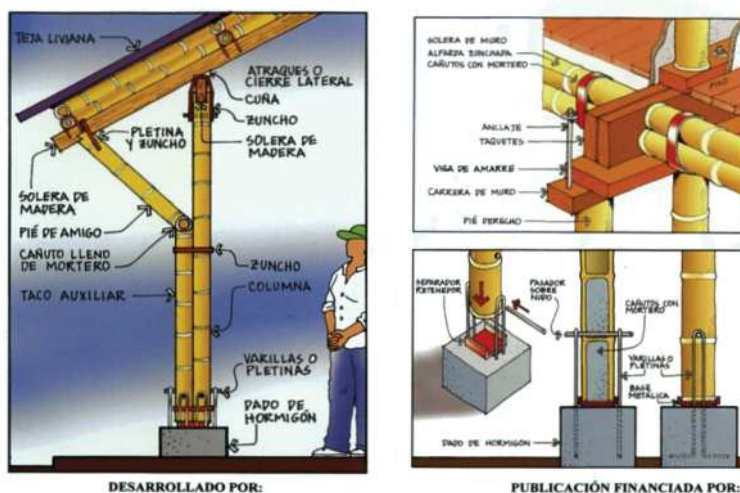
La linea di attività CSL prende nuovo vigore: non c'è motivo di dubitare che le tecniche utilizzate negli edifici monumentali non siano passate, almeno in parte, nell'edilizia vernacola.

Ad uno dei primi corsi CSL partecipa (come discente) Omar Dario Cardona, Presidente della Società di Ingegneria Sismica colombiana e già Direttore della Protezione Civile della



Fig. 3 In Colombia, grazie alla sperimentazione condotta dalle Università, le tecniche costruttive tradizionali sono state analizzate, validate e normate, assicurandone la sismoresistenza.

## MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO



**ais** ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA

Organización **Corona**

Colombia. Nella sessione dedicata ai contributi dei formandi, Cardona segnala una tecnica costruttiva tradizionale colombiana, il "bahareque", di cui illustra le caratteristiche sismoresistenti. Rientrato in Colombia organizza convegni e conferenze sulla CSL colombiana, poi promuove la sperimentazione di laboratorio del bahareque e, più in generale, delle tradizionali strutture in bambù. Oggi nel codice sismico colombiano c'è un capitolo che fornisce le norme tecniche per le strutture in bambù/bahareque, che sono regolarmente utilizzate, anche per l'edilizia pubblica (Fig. 3).

Nel 1993 la rivista internazionale Stop Disasters pubblica in allegato, in 4 lingue, "Atlante delle Culture Sismiche Locali. Ridurre la vulnerabilità dell'edificato storico attraverso il recupero delle culture sismiche".

Nel 1994 alla 1ª World Conference on Disaster Risk Reduction di Yokohama l'"approccio CSL" viene illustrato con tre poster su "Dalla protezione della cultura alla cultura della protezione".

Al 6° Corso CSL (1996) partecipa Emanuela Guidoboni, che fornisce le indicazioni metodologiche per correlare la sismografia storica con i danni subiti dagli edifici e, quindi, con le riparazioni tradizionali locali. Allo stesso corso intervengono Antonino Giuffré e Caterina Carocci, che illustrano la procedura di analisi delle tipologie edilizie storiche e delle loro modalità di aggregazione e propongono metodi di verifica per macroelementi. Vengono classificati i "meccanismi di danno", identificate le parti della struttura che sono coinvolte e dimensionati gli interventi che ne impediscono la crisi. Un approccio alternativo a quelli allora correnti, prevalentemente fondati sulla verifica delle tensioni puntuali. E non diverso dai criteri con cui le co-



Terremoti, edificato esistente,  
protezione dei beni culturali.

Fig. 4 In ossequio alla normativa sismica gli originari tetti e solai in legno sono stati sostituiti con strutture rigide, in c.a. Le nuove strutture hanno resistito egregiamente al terremoto (L'Aquila 2009, Onna), peccato che i sottostanti edifici siano andati completamente distrutti.

munità antiche debbono aver valutato i danni, le riparazioni, la loro efficacia. Terremoto dopo terremoto. Al corso interviene anche Panos Toulaitos, che documenta le tecniche costruttive miste (muratura rinforzata da membrature in legno) presenti in molti monasteri greci.

Il terremoto Umbria-Marche del 1997 mostra la pericolosità dei "rafforzamenti" imposti dalla normativa allora vigente. L'obbligo di inserire diaframmi rigidi nelle strutture murarie ha portato a sostituire gli originari tetti e solai in legno dell'edificato storico con strutture in c.a. I "rafforzamenti" hanno resistito egregiamente, gli edifici in cui sono stati inseriti sono andati distrutti (Fig. 4). Un esempio di perdita della CSL "per decreto".

Viceversa il volume di Piero Pierotti e Denise Ulivieri *Culture Sismiche Locali*, (1998) documenta compiutamente le innumerevoli tecniche e riparazioni sismoresistenti in Garfagnana e Lunigiana (Fig. 5).

Durante il 10° Corso CSL (2000) vengono documentate tecniche costruttive sismoresistenti presenti nell'architettura vernacola di vari continenti (A. De Nigris: *Ponente e Levante ligure*; A. Rideaud: *Basse Durance*; F. Very: *Alpes du Sud*; R. Marichal: *Pyrénées*; C. Gattuso: *Calabria*; T. Tangut, *Anatolia*; E. P. De Almeida, *Portogallo*; O. D. Cardona: *America Latina*). La loro analisi comparata rapportata alla sismicità locale mostra che il radicarsi e la specificità delle CSL dipendono da due fattori: l'intensità e la ricorrenza dei sismi. I terremoti deboli, infatti, non producono danni significativi, quelli di altissima intensità distruggono tutto, rendendo impossibile selezionare le tecniche e le riparazioni efficaci. D'altra parte le conoscenze accumulate in occasione di un terremoto vengono presto dimenticate se non testate in occasione di un nuovo sisma e trasmesse alle generazioni seguenti.

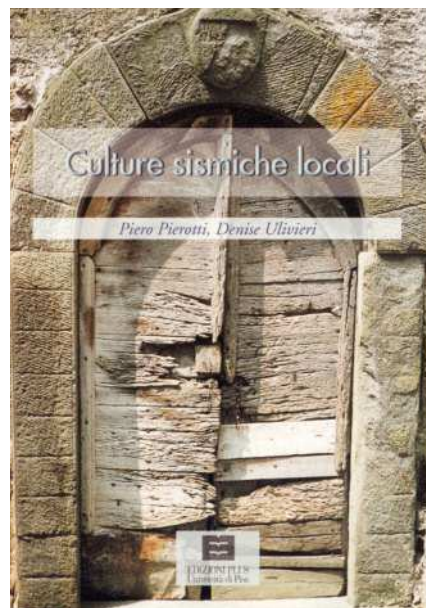
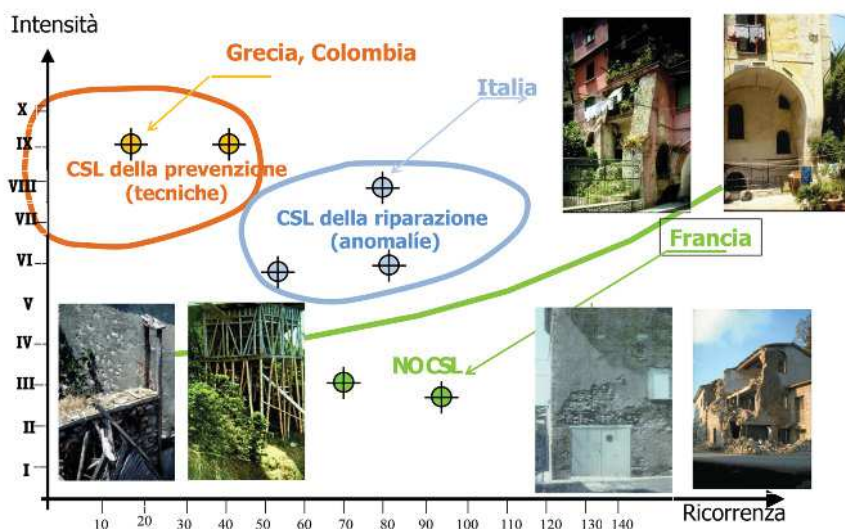


Fig. 5 Il volume di P. Pierotti e D. Ulivieri mette in evidenza le caratteristiche sismoresistenti dell'architettura vernacola dell'area sismica della Toscana



Fig. 6 Se l'intensità è elevata, ma non distruttiva, e la ricorrenza tale che una generazione può trasmettere a quella seguente le conoscenze acquisite, la CSL si radica, la gente applica le tecniche mostratesi efficaci anche prima che ci sia un nuovo sisma (CSL della prevenzione). Se la ricorrenza è più lunga, il ricordo del terremoto sbiadisce, le conoscenze si perdono, il nuovo terremoto produce danni, che vanno riparati (CSL della riparazione). Se alla lunga ricorrenza si aggiunge la debole intensità non si genera alcuna CSL.



Insomma, perché si formi una CSL è necessaria la “giusta combinazione” di ricorrenza-intensità dei sismi. Si riconosce che in un sito dove i terremoti hanno una ricorrenza tale che una generazione sperimenti almeno due terremoti (25÷30 anni) e una intensità alta ma non distruttiva (VIII÷X MCS). In tali sistemi comunità-territorio la CSL è ben presente, le conoscenze permangono vive, i comportamenti sono coerenti: si costruisce sempre con tecniche sismoresistenti. Parliamo allora di una “CSL della prevenzione”. Se i terremoti sono meno ricorrenti, o meno intensi, le conoscenze sbiadiscono, il terremoto successivo produce danni, bisogna realizzare vistosi interventi di rafforzamento post-sisma (“CSL della riparazione”). Dove i terremoti sono deboli e poco frequenti non v’è traccia di CSL (NO CSL) (Fig. 6).

Il 15° Corso CSL (2005) analizza un equivoco ricorrente nell’approccio corrente: la pericolosità delle strutture spingenti in caso di shock sismico. Eppure nell’area mediterranea e mediorientale, una regione ad alta sismicità, archi e volte sono massicciamente presenti, sia nei monumenti sia nell’architettura vernacola, anche là dove l’abbondanza di legno avrebbe consentito altre modalità di realizzazione delle strutture orizzontali. Erano insipienti le comunità locali antiche, che utilizzavano strutture tanto pericolose, o oggi qualcosa sfugge alla nostra conoscenza?

Con l’aiuto di Alex Barbat, specialista di archi e volte nell’Università di Catalogna, viene proposta una diversa lettura del ruolo delle strutture spingenti in zona sismica. In effetti le murature su cui poggiano archi e volte debbono essere sovradimensionate per resistere alle spinte orizzontali che essi gene-

rano. Anche in caso di terremoti catastrofici (con picco di accelerazione di  $1\div 1,2$  g) le tensioni puntuali diventano poco più del doppio di quelle ordinarie. Un incremento ben lontano dalla tensione di rottura delle strutture murarie, che abitualmente è pari a  $6\div 8$  volte quella di lavoro. Senza contare che la deformabilità di archi e volte segue quella delle murature su cui si appoggiano, senza generare le sollecitazioni che invece si hanno quando vengono sostituiti da solai rigidi e travi. Contribuiscono quindi sensibilmente a "metabolizzare" una elevata quota dell'energia "catturata" dall'edificio. Deve concludersi che volte ed archi sono non solo non pericolosi, sono anzi degli eccellenti elementi strutturali sismoresistenti. Il terremoto dell'Aquila ne dà prova eloquente (Fig. 7).

Nel 2005 il volume *Ancient buildings and earthquakes*, pubblicato dal CUEBC con il supporto del Consiglio d'Europa, nel quadro del programma EUR-OPA Major Hazards, fa il punto sulla linea

*Fig. 7 In questi edifici le volte sono le uniche strutture sopravvissute al sisma (Onna, terremoto di L'Aquila 2009).*



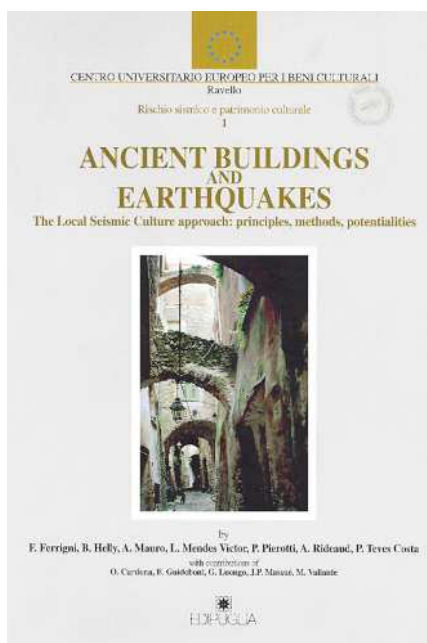


Fig. 8 Il volume documenta tecniche e riparazioni sismoresistenti presenti nelle architetture vernacole e nei monumenti di quattro continenti e sistematizza i differenti approcci che hanno guidato le comunità antiche nel perseguire un unico obiettivo: come “metabolizzare” (con strutture massicce o flessibili, fidando nell’aumento di resistenza o nell’attrito) l’energia che il terremoto scarica sugli edifici.

di ricerca CSL, documenta tecniche e riparazioni sismoresistenti presenti in quattro continenti, fornisce indicazioni metodologiche per riconoscerle, per validarle, per migliorarle (Fig. 8).

Negli ultimi dieci anni il termine “Cultura Sismica Locale” è diventato corrente<sup>1</sup>. Grazie ai corsi CSL la metodologia proposta con il “ciclo Ravello” (cfr box 2) ha prodotto ricerche e normative che in vari paesi hanno dato nuova dignità alle tecniche sismoresistenti locali. (Fig. 9)

I terremoti di Umbria-Marche del 1997, Aquila 2007, Amatrice 2016 hanno mostrato con assoluta evidenza che adottare le “regole” definite per la muratura di nuova costruzione per il rafforzamento dell’edificato storico non monumentale mette al sicuro il progettista, ma non l’edificio: non solo non ne riduce la vulnerabilità, anzi, spesso la incrementa. (Fig. 10)

Nell’ambito di EUR-OPA Major Hazards, un Programma del Consiglio d’Europa, il CUEBC ha coordinato una ricerca svolta in 4 paesi (Grecia, Italia, Marocco, Portogallo) finalizzata a produrre le guidelines per un *Local Appropriate Retrofitting of Historical Built up (LAREHBA Project)*.

Le guidelines risultanti dal LAREHBA Project verranno presentate nel workshop previsto a Ravello il 13 Ottobre 2017. Il workshop e la cogente attualità della ricostruzione dei centri colpiti dai terremoti di Amatrice 2016 possono offrire l’opportunità di un sereno e proficuo confronto tra esperti e decisori che aiuti a definire una normativa per il retrofitting dell’edificato storico più prossima alla natura dell’edificato da proteggere che agli strumenti di cui si dispone. È il mio più vivo auspicio.

<sup>1</sup> Vernacular architecture: a paradigm of the Local Seismic Culture; The central and eastern Asian local seismic culture: three approaches in M. Correia, P. Lourenço, H. Varum (ed), *Seismic Retrofitting: Learning from vernacular architecture*, Taylor & Francis Group, London; P. Pierotti, D. Olivieri *Culture Sismiche Locali, Garfagnana e Lunigiana*, CUEBC, 1998; *Évolution d’une culture sismique locale: de l’habitat à la ville* in P. Garnier O. Moles, A. Caimi, D. Gandreau, M. Hofman in *Catastrophes naturelles et Développement local*, CRATerre, 2009.



a

*Fig. 9 L'attenzione del mondo accademico colombiano alle tecniche sismoresistenti costitutive della CSL ne ha consentito la validazione. Oggi alcuni interventi di edilizia sociale (a) non differiscono da quelli di autocostruzione (b).*



b

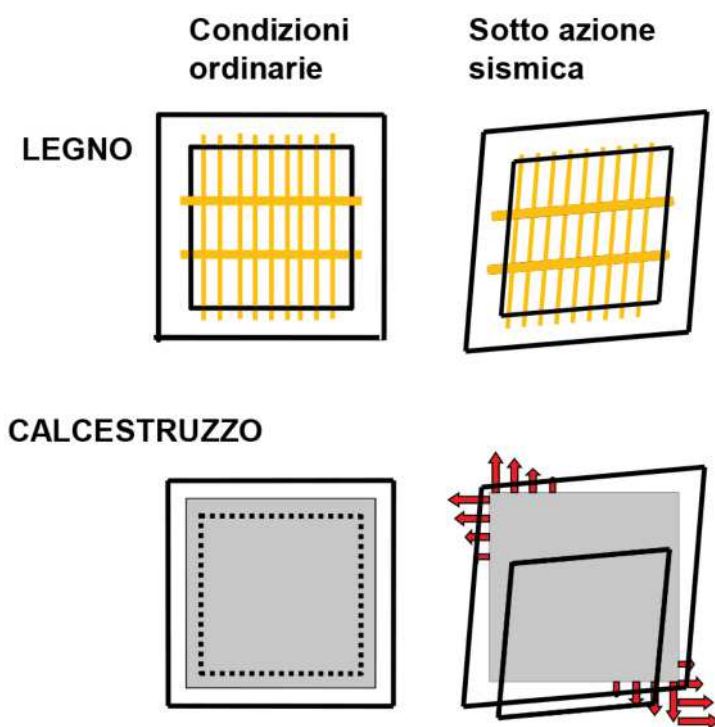


Fig. 10 L'effetto dei "rafforzamenti" conseguiti attraverso l'introduzione dei diaframmi rigidi prescritti dalle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica: i solai originari in legno seguivano le deformazioni della scatola muraria, quelli in c.a., infinitamente rigidi nel loro piano, generano spinte dall'interno verso l'esterno. E il muro appare "spellato".

## I CASI DI STUDIO

Nel periodo 1987-96 principi e metodi della riduzione di vulnerabilità attraverso il recupero della CSL sono stati testati in casi di studio, organizzati dal CUEBC, in collaborazione con varie città dell'area mediterranea. Per verificare sul terreno l'attendibilità delle ipotesi di partenza e l'efficacia del metodo di analisi, i casi di studio sono stati scelti in modo da coprire il maggior numero possibile di combinazioni dei principali fattori di incremento/riduzione della vulnerabilità: grado di sismicità (bassa, media, alta ricorrenza e/o intensità dei sismi); sistemi socio-territoriali (sistemi aperti/chiusi); proprietà degli edifici (pubblica/privata); gestione degli interventi (pubblici, a controllo pubblico, privati).

Applicando tale criterio sono stati realizzati i casi di studio di:<sup>2</sup>

**S. Lorenzo** (Italia), centro leggermente danneggiato dal sisma 1980 (intervento privato su patrimonio privato);

**Paestum** (Italia), sito archeologico della Magna Grecia, un sistema aperto dove i monumenti presentano tracce evidenti di antiche e raffinate tecniche antisismiche e pongono notevoli problemi di protezione (intervento pubblico su patrimonio pubblico);

**Calitri** (Italia), centro gravemente colpito dal sisma dell'Irpinia 1980, un sistema sostanzialmente chiuso, danneggiato meno nella parte medievale che in quella ottocentesca (anche a causa di un permanente e vistoso movimento franoso), oggetto di un intervento condotto dalla Soprintendenza BAAAS di Salerno (intervento pubblico su patrimonio privato);

**Alpes du Sud** (Francia/Italia), regione transfrontaliera a media ricorrenza/intensità dei terremoti, che nei due versanti (italiano e francese) presenta edificati antichi simili per tecniche e materiali utilizzati (evoluzione parallela delle tecniche e dei comportamenti in sistemi sottoposti alla stesse vicende sismiche ma a differente storia politica ed amministrativa);

**Lefkas** (Grecia), isola del Mar Ionio ad alta sismicità, caratterizzata da tecniche antisismiche tradizionali, anomale rispetto a quelle dell'arcipelago e del continente (evoluzione delle tecniche in sistemi chiusi);

**Vernègues** (Francia), piccolo centro rurale a bassa sismicità, dove le tecniche si sono affinate in passato e sono state poi dimenticate (aumento di vulnerabilità per effetto della perdita della CSL);

<sup>2</sup> Va precisato che non tutti i casi di studio sono stati condotti con lo stesso approfondimento. In alcuni il gruppo di ricercatori del CUEBC è stato impegnato direttamente, in altri si è limitato a fornire supporto metodologico ed indicazioni scientifiche, in altri ancora ha collaborato con ricercatori locali mettendo in evidenza taluni aspetti legati alle tematiche della CSL.



**Lisbona** (Portogallo), capitale ricca di un paese ricco, distrutta da un terremoto violentissimo (1755) e poi ricostruita sotto la guida delle autorità centrali, con procedure imposte per legge, ma che in realtà hanno codificato tecniche antisismiche tradizionali preesistenti (la componente “ufficiale” delle CSL);

**Ceppaloni** (Italia), villaggio “povero” di una regione povera, a media sismicità, caratterizzato da terremoti prima ricorrenti e poi più radi (presenza nello stesso sistema sia di una Cultura Sismica della prevenzione che di una Cultura della riparazione post-sisma);

**Santorini** (Grecia), isola martoriata da terremoti ed eruzioni del famoso vulcano omonimo, con rovine risalenti a 3.500 anni fa, che mostrano tecniche antisismiche sorprendentemente simili a quelle ancora oggi riconoscibili nella regione (diffusione delle tecniche nei sistemi aperti);

**Garfagnana-Lunigiana** (Italia), una regione a media sismicità, dove sono presenti tecniche antisismiche autoctone soppiantate, negli anni '30, da tecniche imposte dall'autorità centrale dopo un terremoto.

**Nîmes** (Francia), dove i metodi di lettura dei dissesti e delle riparazioni utilizzati per riconoscere gli elementi della CSL hanno permesso di confermare l'ipotesi degli archeologi che l'acquedotto romano sia stato colpito a più riprese da terremoti, e riparato dopo ognuno di essi.

**Friuli** (Italia), sistema regionale ad alta sismicità, che presenta documenti evidenti di tecniche antisismiche tradizionali, abitato da comunità che hanno forte il senso della propria cultura, ricostruito con attenzione alle forme antiche ma senza nessun recupero delle tecniche (diverso impatto della cultura esterna su comunità locali forti/deboli);

**Manizales** (Colombia), città coloniale in un paese in via di sviluppo, in una zona ad alta sismicità, dove sono presenti tecniche antisismiche autoctone, a lungo soppiantate da quelle importate dai colonizzatori, recentemente rimesse in valore prima dalla ricerca universitaria e poi da programmi di costruzioni pubbliche.

## IL CICLO RAVELLO

La linea di attività CSL ha richiesto la strettissima integrazione tra scienze della terra (sismologia, paleogeologia, vulcanologia), scienze dei manufatti (ingegneria sismica, ingegneria dei materiali, geotecnica), discipline umanistiche (storia, archeologia, ecostoria). D'altra parte l'analisi e la rivalutazione delle tecniche antisismiche localmente consolidate non poteva prescindere dalla loro attualizzazione. Inoltre, perché l'elaborazione scientifica potesse contribuire ad un'effettiva riduzione della vulnerabilità dell'edificato antico è apparso necessario che le acquisizioni della ricerca si confrontassero con - e venissero acquisite dall'insieme dei decisori da cui, a vario titolo, dipende l'uso e la trasformazione dell'edificato storico: proprietari, tecnici, politici, ecc.

L'attività CSL si è quindi realizzata attraverso una stretta integrazione tra ricerca, intervento e formazione, strutturata secondo quello che è stato definito "il ciclo Ravello". Un "ciclo" che può essere così descritto:

- Seminari animati da esperti che hanno discusso dei fondamenti scientifici della ricerca ed hanno definito le guidelines metodologiche per condurre azioni di riduzione della vulnerabilità dell'edificato antico attraverso il recupero della CSL (GL Seminars).
- Ricerche-Intervento (RI) e/o casi di studio (svolti in collaborazione con gli enti locali), che hanno applicato le guidelines definite nel corso dei GL Seminars, testando principi e metodi ed acquisendo la documentazione sulle tecniche antisismiche tradizionali dei siti di volta in volta investiti.
- Convegni, con la partecipazione delle comunità interessate dalla RI, nei quali sono stati illustrati/discussi sia i principi ed i metodi utilizzati, sia i prodotti specifici (il catalogo delle tecniche antisismiche locali), sia, infine, il possibile follow up dell'azione.
- Pubblicazione dei materiali prodotti/utilizzati nel corso delle varie RI, integrati da quelli prodotti in occasione dei Convegni.
- Corsi Intensivi, indirizzati ad esperti delle varie discipline interessate (architetti, ingegneri, sismologi, archeologi, geologi, storici) che, utilizzando i materiali acquisiti nel corso delle RI, puntano a formare gli operatori che poi potranno "animare", nei luoghi d'origine, delle altre RI che stimolino le Comunità Locali a costruire il "loro" catalogo delle tecniche antisismiche tradizionali, a definire gli interventi utili a ridurre la vulnerabilità dell'edificato antico, ecc.
- Partecipazione ai Corsi successivi di alcuni degli operatori formati in quelli precedenti, che riferiscono sui test, effettuati nei paesi d'origine, dei protocolli di analisi/progetto illustrati a Ravello.



#### **Docenti dei corsi CSL 1991-2006**

*Fabrizio Aggarbati*, Dipartimento di Strutture, Università della Calabria

*Djillali Benouar*, Department of Civil Engineering, University of Algiers

*Giorgio Botta*, Istituto di Geografia Umana, Università di Milano

*Fabrizio Bramerini*, Servizio Sismico Nazionale, Roma

*Gian Pietro Brogiolo*, Dipartimento Scienze dell'Antichità, Università di Padova

*Omar Dario Cardona*, Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica – AIS, Bogota – Colombia

*Caterina Carocci*, Dipartimento di ingegneria e Architettura, Università di Catania

*Alberto Cherubini*, Gruppo Nazionale Difesa dei Terremoti, Roma

*Gino Miracle Crisci*, Dipartimento di Scienze della Terra, Università della Calabria

*Mario De Cunzo*, Ministero Beni Culturali, Soprintendente BB CC AA per Salerno e Avellino

*Bruna De Marchi*, ISIG, Gorizia

*Roberto De Marco*, Servizio Sismico Nazionale

*Rodger Doran*, WHO Centre for Vulnerability Reduction, Sammarth Superieur, Tunisia

*Irene Efessiou*, National Technical University of Athens, Athens

*Graziano Ferrari*, SGA-Storia Geofisica Ambiente, Bologna

*Ferruccio Ferrigni*, Dipartimento di Pianificazione e Scienza del Territorio, Università di Napoli Federico II

*Bruno Gabrielli*, Associazione nazionale per i centri Storico-artistici, Gubbio

*Carlo Gavarini*, Dipartimento Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università La Sapienza

*Emil Sever Georgescu*, Earthquake Engineering Departement, Building Research Institute, Bucharest

*Fernando Guasch Hechavarria*, National Center of Seismological Research, Santiago De Cuba

*Emanuela Guidoboni*, SGA-Storia Geofisica Ambiente, Bologna

*Bruno Helly*, Maison de l'Orient Méditerranéen, Lyon

- Agnés Levret*, Institut de Protection et Sureté Nucléaire,  
Fontenay Aux Roses
- Giorgio Lunghini*, Dipartimento di Economia Politica, Università  
di Pavia
- Giuseppe Luongo*, Dipartimento di geofisica e vulcanologia,  
Università di Napoli
- Remy Marichal*, Groupe A.P.S Service Archéologique, Site de  
Ruscino, Perpignan
- Attilio Maurano*, Soprintendenza BAAAS, Salerno
- Armando Mauro*, Istituto Internazionale Stop-Disasters
- Federico Mazzolani*, Facoltà di Ingegneria, Università di Na-  
poli
- Luis Alberto Mendes Victor*, Centro de geofisica, Universidade  
de Lisboa
- José Naso*, Servizio Sismico Nazionale
- Alessandro Panaro*, Ufficio Studi e Progetti, Banco di Napoli
- Filomena Papa*, Servizio Sismico Nazionale
- Gerassimos Papadopoulos*, National Observatory of Athens
- Roberto Parenti*, Dipartimento di Archeologia e storia delle  
arti, Università di Siena
- Stefano Maria Petrazzuoli*, Osservatorio Vesuviano
- Piero Pierotti*, Dipartimento di Storia delle Arti, Università di  
Pisa
- Eugenio Pina de Almeida*, Instituto Politecnico de Tomar
- Francesco Polverino*, Dipartimento di Ingegneria Edile, Uni-  
versità di Napoli Federico II
- Alain Rideaud*, Cabinet d'Architecture, Tournus
- Paulo Silva*, Gabinete Local da Mouraria, Direcção Municipal  
de Reabilitação Urbana, Lisboa
- Stathis Stiros*, Inst. of geology and mineral exploration,  
National Technical University, Athens
- Paula Teves-Costa*, Centro de geofisica, Universidade de Li-  
sboa
- Sabiha Touami*, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Ur-  
banisme, Alger
- Panos Toulitos*, National Technical University of Athens,  
Athens
- Denise Ulivieri*, Dipartimento di Storia dell'Arte, Università di Pisa
- Françoise Very*, Ecole d'Architecture de Grenoble



Pietro Graziani

## Alcune riletture dei lavori del Comitato Nazionale per la prevenzione del patrimonio culturali dal rischio sismico, istituito per volere del Ministero per i beni culturali e ambientali e dell'Ufficio del Ministro per la Protezione Civile (1984-1987)

Il tema della prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico è stato oggetto di studi, ricerche, seminari e convegni che hanno di volta in volta affrontato l'argomento con una visione specialistica di settore: quanto a modalità di intervento si sono pronunciati architetti, archeologi, storici dell'arte, giuristi, restauratori, operatori dei vigili del fuoco e infine, ma non ultime, le strutture centrali e periferiche del Ministero dei Beni Culturali. In tutto questo, che ha lasciato ampia traccia di sé negli archivi, poco ritroviamo nelle analisi sul campo e nelle successive elaborazioni tecnico-giuridiche. È uno dei difetti del sistema Italia, l'oblio del passato e la convinzione che occorra sempre procedere con nuove disposizioni tecniche e normative: fermarsi a riflettere, a considerare con la dovuta attenzione l'esperienza passata può essere un primo momento per non commettere errori talvolta irreversibili. Bacone ci ricorda come l'uomo tanto può quanto sa, e il sapere, talvolta, è conservato in archivi dimenticati, se non persi.

Un esempio emblematico è dato dall'impegno rilevante, sia in termini finanziari che professionali, che proprio il Ministero, allora per i Beni Culturali e Ambientali, pose in essere a partire dal 7 agosto 1984, quando con decreto interministeriale tra il Ministro per i Beni Culturali e Ambientali di concerto con il Ministro per il coordinamento della protezione civile, fu istituito il **"Comitato Nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico"** con i seguenti significativi compiti:

- a. promuovere lo sviluppo di ricerche finalizzate alla prevenzione dei danni sismici ai beni culturali, al pronto intervento e al recupero nella situazione post-sisma;
- b. promuovere la raccolta sistematica di dati relativi allo stato del patrimonio dei beni culturali, elaborati ed in corso di elaborazione, con particolare riferimento alla vulnerabilità sismica, individuando le metodologie più opportune per l'acquisizione, la catalogazione e l'uso della documentazione;

- c. individuare temi campione da elaborare sul campo, d'intesa con l'Istituto Centrale del Restauro e le strutture periferiche del ministero, per l'approntamento di metodologie di progettazione e di tecniche e metodologie di intervento;
- d. predisporre, all'interno della vigente legislazione una legislazione specifica e definire direttive per gli interventi di prevenzione sismica;
- e. proporre la organizzazione di un'ampia gamma di contributi specialistici.

Il Comitato si avvale, tra gli altri, del Direttore dell'Istituto Centrale del restauro, di Soprintendenti, di dirigenti della Protezione Civile, del Direttore dell'Istituto Geochimico dei Fluidi del CNR, di Docenti Universitari, ma soprattutto pose in essere un programma quadro delle ricerche (1987) che, in estrema sintesi, vedevano gli elaborati delle linee di ricerca con le strutture universitarie, incentrarsi sostanzialmente su:

- lo studio storico-critico sul complesso monumentale da restaurare;
- uno studio della storia sismica del sito;
- un accurato rilievo plano-altimetrico del complesso, comprendente le strutture di fondazione;
- una descrizione della costituzione del sottosuolo e delle condizioni di stabilità dell'area circostante.



*Rovine della Certosa di Serra San Bruno, dopo il terremoto del 1783.*



A tutto questo non era estraneo il tema relativo alle biblioteche e agli archivi: infatti fu elaborato un piano di emergenza per la salvaguardia del patrimonio librario e di quello documentario. Tornando al programma quadro delle ricerche poste in essere dal Comitato, furono individuate quattro linee di ricerca:

**a. Carattere di base e tipologia degli insediamenti:**

1. tipologia degli organismi edilizi e morfologia degli insediamenti urbani;
2. caratterizzazione delle tecniche costruttive;
3. sviluppo e tecniche di caratterizzazione;
4. studio della concezione strutturale e tecnologica dei manufatti.

**b. Vulnerabilità:**

1. identificazione;
2. previsione;
3. mitigazione.

**c. Comportamenti e modelli di calcolo:**

1. modellazione dei materiali (valutazione di durabilità e tecniche di indagine);
2. modellazione degli elementi strutturali (pareti, volte archi, colonne, fondazioni);
3. modellazione degli organismi strutturali (chiese ad assetto longitudinale, centrale, insiemi terreno-strutture);
4. valutazioni di sicurezza.

**d. Tecnologie di intervento:**

1. studio di tecnologie pre-moderne;
2. attualizzazione delle tecnologie pre-moderne;
3. studio delle nuove tecnologie;
4. accettabilità delle nuove tecnologie;

Il tutto elaborato e predisposto con una serie concreta di "Progetti pilota", che portarono anche alla elaborazione di "Osservazioni sulle norme tecniche per il consolidamento degli edifici in muratura di cui al Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici del 20 novembre 1987, Titolo II, in ordine al loro utilizzo per gli interventi sul patrimonio edilizio storico-artistico". Il Comitato prospettava una radicale revisione del D.M., a partire da alcune considerazioni di base: la normativa per il consolidamento dell'esistente deve prevedere la conservazione di tutte le tecniche e le tipologie impiegate nel passato; non deve viceversa, come spesso avviene a causa di rigidità formali, diventare ostacolo nella applicazione dei concetti del restauro. Ma, cosa ancora più importante, l'intervento



sulle costruzioni esistenti non deve comportare radicali modifiche dello schema statico, della rigidità e della resistenza della costruzione originaria, o comunque dell'organismo architettonico che si è venuto a configurare nel tempo attraverso il processo storico di costruzione e trasformazione. Così come la notevole varietà di tipologie e materiali che caratterizzano il patrimonio edilizio-storico fa sì che non sia praticabile la strada di normative tecniche rigidamente prescrittive circa le tipologie di intervento; le norme debbono soltanto precisare gli obiettivi, lasciando al momento progettuale il compito di individuare le soluzioni e le modalità più appropriate caso per caso.

Le cautele sopra indicate sono tanto più necessarie in quanto la conoscenza sulle effettive risorse di resistenza e sul comportamento (in particolare dinamico sotto azioni sismiche)

*Casalnuovo di Monterotaro (Foggia): interno di un'abitazione, dopo il terremoto del 31 ottobre 2002. Le tradizionali "volterrane" (volte piatte) in zona sismica costituiscono un punto di forte vulnerabilità degli interni, specie se costruite in foglio.*



delle costruzioni sono a tutt'oggi (1987) notevolmente limitate ed inadeguate.

Va anche ricordato l'importante intervento di Jean Pierre Massuè, sulle iniziative del Consiglio d'Europa per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico, che ripercorre in sei tappe, dal 1974 al 1980, le attività che hanno visto coinvolto il Consiglio d'Europa, attraverso gruppi di ricerca, Seminari e la creazione di un Comitato *ad hoc* sulle ricerche sui terremoti. Massuè, ricorda, nel suo contributo all'attività del Comitato Nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico, aspetti non sempre considerati attentamente, quali ad esempio l'azione di formazione rivolta agli aspetti educativi della salute nei disastri, agli aspetti veterinari e il Corso intensivo europeo sulla protezione e conservazione del patrimonio culturale nelle zone a rischio sismico che si svolse a Ravello dal 2 al 13 dicembre 1985 e infine la riunione informale dei Ministri dell'Europa meridionale, responsabili della Protezione Civile, che si svolse sempre a Ravello dal 9 al 10 giugno 1985 con l'adozione della "Dichiarazione di Ravello". Un aspetto di assoluto rilievo, anch'esso non sempre corret-

34  
*Ugliancaldo (alta Garfagnana):  
oratorio di San Rocco, messo in  
sicurezza in maniera speditiva e  
poco costosa immediatamente  
dopo il terremoto del 21 giugno  
2013.*



tamente curato, è dato dalle norme adottate, sempre a Ravello, nei giorni 24 e 25 maggio 1986, su come la stampa e l'informazione devono operare in caso di gravi catastrofi.

Tutte le attività sono state sviluppate, ci ricorda Massuè, attraverso programmi di formazione e ricerca messi in opera, tra gli altri, dal Centro Universitario europeo per i Beni Culturali, (CUEBC) Ravello (Italia), dal Centro Europeo per la prevenzione e la previsione dei terremoti di Atene (Grecia), da Centro sismologico euro-mediterraneo (CSEM), Strasburgo (Francia). La rilettura della documentazione delle attività del Comitato Nazionale per la Protezione del patrimonio culturale dal rischio sismico, pubblicata in un volume, ormai rarissimo, ci conforta tuttavia nella convinzione che occorre partire dalla attenta lettura della storia della ricerca passata per pervenire a modelli comportamentali corretti e complessivi; il volume che raccoglie questo ponderoso momento di ricerca, culminato nel seminario di studi svoltosi a Venezia dal 10 all'11 aprile 1987, presso l'Ateneo Veneto Campo San Fantin, è stato edito nel 1988 dalla cooperativa editrice IL VENTAGLIO dal titolo: *"La protezione del patrimonio culturale, la questione sismica, istituzioni e ricerca universitaria"*.

Riprendere il tema, proprio ripartendo da Ravello, può essere il modo migliore per consentire al CUEBC di diventare, ancora una volta, palestra di studio, ricerca e confronto sia a livello nazionale che internazionale.



Giuseppe Luongo

## La macchina dei Terremoti

I terremoti si succedono secondo una legge temporale a noi ancora ignota, rimanendo così finora imprevedibili, lasciando nei territori colpiti distruzione e vittime. Per mitigare tali disastri sismologi, geologi, ingegneri, storici, urbanisti, sociologi, economisti affrontano lo studio dei terremoti da tutti i possibili punti di vista al fine di definire percorsi e mezzi per contenerne gli effetti, prevederli ed eventualmente controllarli. I terremoti sono stati considerati a lungo fenomeni sovranaturali e solo nel 1760 fu riconosciuta la loro origine all'interno della Terra con la propagazione di onde elastiche. Circa un secolo dopo furono effettuati i primi tentativi sistematici per applicare le leggi della fisica al loro studio. Nel secolo successivo gli studiosi acquisirono ampie conoscenze sugli effetti dei terremoti, sulla loro distribuzione geografica, sulla propagazione delle onde da questi generate, e sulla struttura interna della Terra. Dalla seconda metà del secolo scorso la sismologia è stata caratterizzata da un progresso straordinario, principalmente per l'utilizzo nei laboratori di ricerca dei moderni computer e lo sviluppo dei sistemi per l'acquisizione dei dati che hanno consentito di registrare il moto del suolo, prima in forma analogica e poi digitale, per un intervallo di frequenze di diversi ordini di grandezza. Queste nuove tecnologie hanno consentito ai sismologi di ottenere misurazioni con molta maggiore precisione e qualità di quanto fosse stato possibile in passato. In tal modo ai dati di elevata qualità registrati è stato possibile applicare analisi avanzate di calcolo ed elaborare modelli teorici per interpretarli. Il risultato di tale sviluppo tecnologico si è tradotto in uno straordinario progresso nella conoscenza della struttura della Terra e della natura delle sorgenti dei terremoti.

La storia della sismologia può farsi risalire alla costruzione dei primi insediamenti stabili attraverso indagini archeologiche o ai tempi geologici secondo gli studiosi di paleosismicità che analizzano gli effetti dei terremoti negli strati più superficiali della crosta. La nascita della sismologia moderna può essere datata al 1821, quando Louis Navier introdusse le equazioni del moto. In tale data ha inizio l'*era pre-sismografi* (1821-1891) durante la quale matematici e fisici effettuarono un intenso lavoro teorico realizzando le teorie matematiche dell'elasticità infinitesimale e dei campi sismici. Il periodo successivo è indicato come *era pre-computer* (1892-1950), caratterizzata dall'acquisizione dei dati strumentali che dimostravano l'attendibilità dei risultati delle ricerche teoriche. Con i dati sperimentali furono così verificati i modelli proposti per la struttura

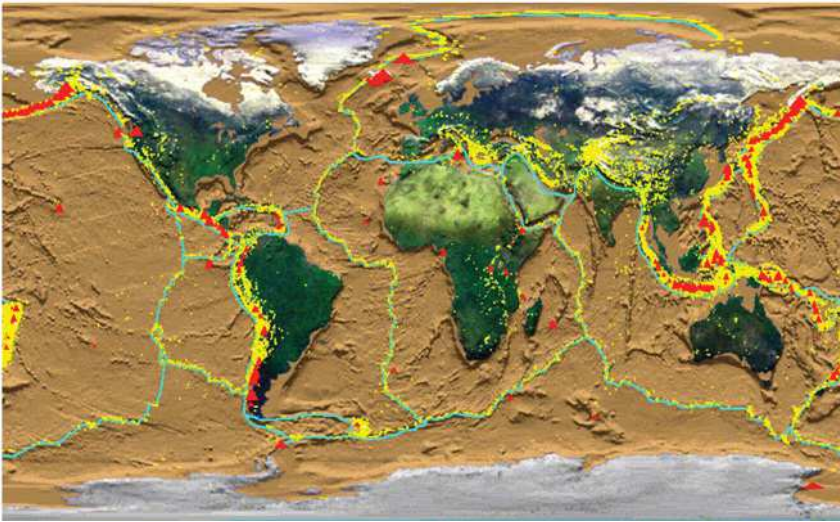


Fig. 1 Le fasce sismiche delimitano le zolle ed i meccanismi dei terremoti forniscono i dati sul moto relativo delle zolle (compressione, tensione e trascorrenza; vedi Fig. 3).

della Terra e per le sorgenti sismiche e furono scoperte le proprietà fondamentali delle onde di massa e delle onde superficiali. Inoltre matematici e fisici teorici introdussero nuovi metodi per analizzare la propagazione delle onde, utilizzati dai sismologi per risolvere il problema della propagazione delle onde all'interno della Terra. La *terza era* della sismologia inizia nel 1951, con la realizzazione di sismografi ad elevata sensibilità e la crescente diffusione dei computer.

La geografia sismica del mondo mostra che la maggior parte dei terremoti sono distribuiti in zone relativamente strette a profondità da qualche km a decine di km (*zone sismiche*); solo in alcune aree i sismi si distribuiscono fino ad alcune centinaia di km di profondità (*Piani di Benioff*). (Fig. 1)

Una modellazione attendibile dell'intero processo che si sviluppa con la genesi del terremoto, la propagazione delle onde sismiche all'interno della Terra e lo scuotimento del suolo in superficie risulta fondamentale per la scelta delle tecniche costruttive perché gli edifici sollecitati dalle azioni sismiche non subiscano il collasso. Una sorgente sismica viene generalmente rappresentata come un punto all'interno della Terra, denominato ipocentro, dal quale si irradiano le onde sismiche. Tale punto proiettato sulla superficie viene indicato con il termine epicentro e rappresenta il punto dove si libera la maggiore energia sismica al suolo. (Fig. 2) Questa

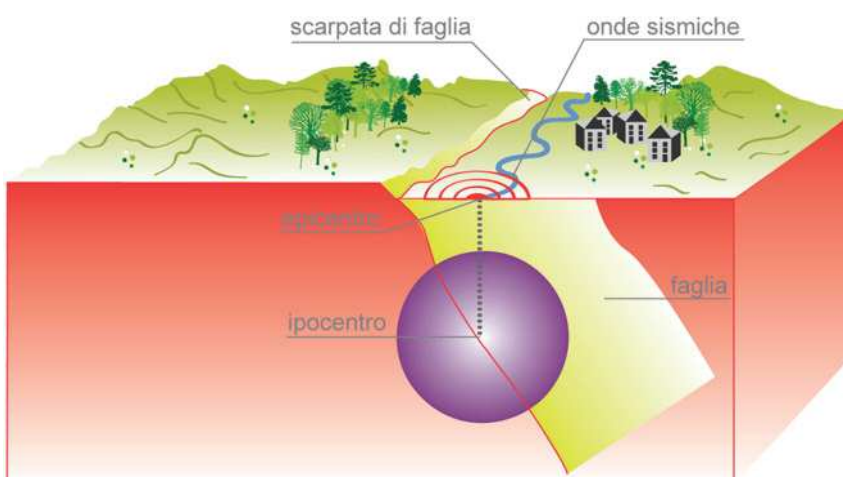


Fig. 2 Sorgente del terremoto. L'ipocentro rappresenta la parte della superficie di faglia dove inizia la fratturazione del mezzo o lo scorrimento di due blocchi separati dal piano di faglia, dal quale si dipartono le onde sismiche. Il punto in superficie sulla verticale all'ipocentro è detto epicentro (da INGV).

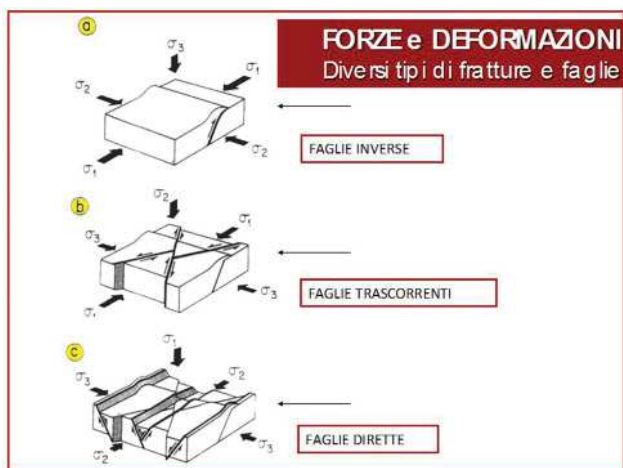


Fig. 3 Forze e Deformazioni. La diversa disposizione nello spazio degli sforzi principali producono tre tipologie di faglie: a) Faglie inverse – lo sforzo principale massimo ( $\sigma_1$ ) è orizzontale e lo sforzo principale minimo ( $\sigma_3$ ) è verticale; b) Faglie trascorrenti – gli sforzi principali massimo ( $\sigma_1$ ) e minimo ( $\sigma_3$ ) agiscono entrambi nel piano orizzontale; c) Faglie dirette – lo sforzo principale massimo ( $\sigma_1$ ) è verticale e lo sforzo principale minimo ( $\sigma_3$ ) è nel piano orizzontale.

Fig. 4 (a destra) Effetto della faglia del terremoto del 23 novembre 1980 in Irpinia (Magnitudo 6.8)

rappresentazione corrisponde ad un processo che si sviluppa in una Terra ritenuta omogenea ed isotropa e con una sorgente sismica puntiforme. La realtà è ben più complessa, perché l'interno della Terra è caratterizzato da discontinuità e da variazioni delle proprietà fisiche dei corpi geologici nei quali si propagano le onde sismiche e la sorgente sismica ha dimensioni finite e crescenti proporzionalmente all'energia liberata. Il processo fisico che rappresenta la sorgente sismica è una frattura che si genera nelle rocce sottoposte all'azione di forze tettoniche, quando si supera il loro limite di rottura. La superficie di rottura è denominata faglia e separa i due blocchi opposti del corpo geologico che si muovono l'uno rispetto all'altro con moti condizionati dall'orientazione delle forze agenti. I moti relativi possono essere di compressione, di tensione oppure sono prodotti dallo scorrimento dei due blocchi l'uno accanto all'altro. Ad ognuna di queste condizioni corrisponde un diverso meccanismo di frattura e quindi una diversa tipologia di faglia. Tale struttura potrebbe preesistere al terremoto; in tal caso il sisma sarebbe generato dalla riattivazione della faglia. Poiché la sorgente sismica ha una dimensione finita le coordinate dell'ipocentro determinate dalle reti sismiche rappresentano il punto nella sorgente estesa dove ha inizio la rottura (Figg. 3 e 4).

Il terremoto può essere rappresentato come una macchina che accumula energia da una sorgente e istantaneamente ne converte parte in energia cinetica, producendo fratture nelle rocce e vibrazioni al suolo. Il terremoto, quindi, è dovuto ad un brusco cambiamento nello stato fisico della "macchina". L'intero processo può essere rappresentato da un ciclo sismico

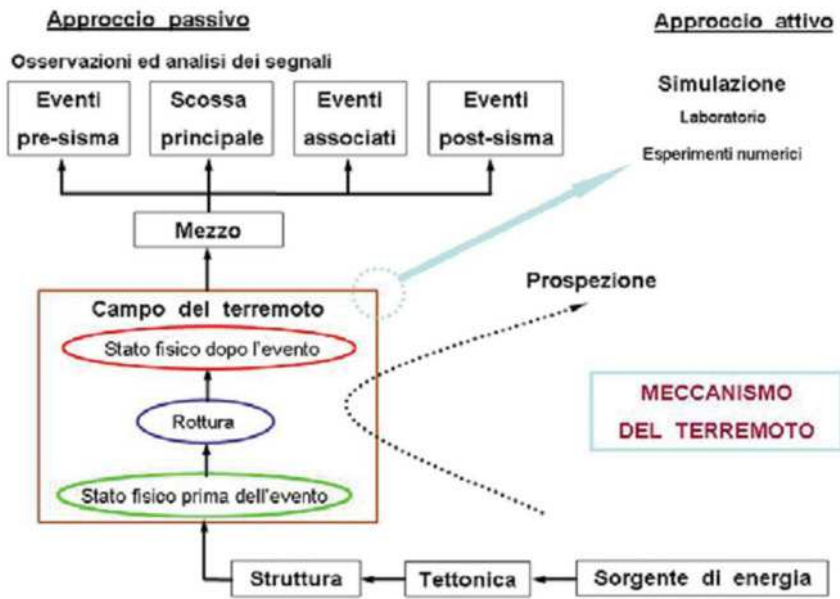


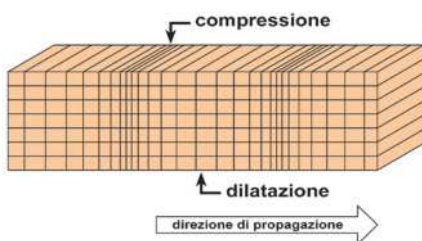
Fig. 5 Schema della struttura che genera il terremoto e tipologie di osservazione del fenomeno caratterizzate da approcci passivo e attivo. Il campo del terremoto è un contenitore di energia fornita da una sorgente più profonda e accumulata come energia potenziale fino allo stato critico. La sorgente di energia del terremoto è nel Mantello; questa è trasferita alla Litosfera che modifica il suo stato fisico fino alla rottura, liberando sotto forma di onde elastiche una parte dell'energia accumulata. Un fattore critico in questo processo è il meccanismo di innesco per l'azione di forze di origine esterna o interna. I terremoti si presentano spesso in sequenze temporali complesse, caratterizzate da un evento principale preceduto e seguito da eventi di minore energia. La storia tettonica di una regione registra la ripetizione di cicli sismici che si sviluppano con una successione di fasi: Intersismica, durante la quale si ha accumulo di energia potenziale; Presismica, il mezzo ha un comportamento anelastico al livello dello sforzo critico; Cosismica, l'energia potenziale si converte in energia cinetica; Postsismica, transizione al nuovo equilibrio.

nel quale la sorgente di energia del processo è individuata nel Mantello, la cui dinamica genera deformazioni nella Litosfera dove si caratterizzano i campi dei terremoti. Questi sono definiti dallo stato fisico del mezzo nella fase pre-evento, dalla sua successiva rottura e dallo stato fisico post-evento. Le caratteristiche fisiche del mezzo possono essere esplorate nelle diverse fasi con la registrazione di eventi naturali e dei campi (gravimetrico, elettromagnetico) e con metodi attivi, quali le prospezioni. Il comportamento del campo del terremoto può essere analizzato con lo studio della successione di terremoti che precedono e seguono l'evento principale (sequenza foreshocks-mainshock-aftershocks). Infine l'analisi può essere completata da indagini di laboratorio e da simulazioni numeriche (Fig. 5).

Per lo sviluppo della sismologia sono stati essenziali i risultati conseguiti dalla meccanica del continuo con i concetti di sforzo (stress) e deformazione (strain) e delle equazioni di campo derivate per la rappresentazione della propagazione delle onde nei mezzi elastici e anelastici. L'onda è una perturbazione periodica che si propaga nel mezzo con una velocità finita e con due importanti caratteristiche: 1. L'energia si propaga a distanza; 2. La perturbazione viaggia nel mezzo senza produrre allo stesso una deformazione permanente. Infatti ogni singola particella del mezzo ha un moto simile a quella che l'ha preceduta, ma in un tempo successivo, per ritornare poi alle condizioni iniziali. Tale moto è governato da un'equazione differenziale indicata come *equazione d'onda*. Le onde sismiche si dividono in due tipologie: onde di massa o di volume (body waves) e onde superficiali (surface waves). Le onde di massa si distinguono in due diversi tipi: in uno lo spostamento della particella avviene nella stessa direzione della propagazione dell'onda e prende il nome di *onda longitudinale* o *onda P*; nell'altro lo spostamento della particella è perpendicolare alla di-



#### ONDA LONGITUDINALE



#### ONDA TRASVERSALE

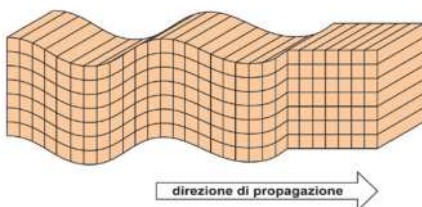


Fig. 6 Onde di massa. Le onde longitudinali (Onde P) sono caratterizzate da compressioni e dilatazioni del mezzo nella stessa direzione di propagazione dell'onda; le onde trasversali o di taglio (Onde S) sono caratterizzate da moti nel mezzo in direzione ortogonale alla propagazione dell'onda.

reazione di propagazione dell'onda e viene indicata come *onda trasversale*, o *onda di taglio* o *onda S* (Fig. 6). Quando le onde P e S incidono alla superficie della Terra, la loro interazione genera onde superficiali. Quando l'interazione avviene tra le onde P e le onde SV (onde S con moto verticale delle particelle) si generano le *onde di Rayleigh* (Fig. 7) che viaggiano alla superficie della Terra con moto ellittico retrogrado delle particelle. Nel caso della riflessione totale alla superficie delle onde SH (onde S con moto orizzontale delle particelle) si generano *onde di Love* che si propagano orizzontalmente lungo la superficie (Fig. 8). La velocità di propagazione delle onde di massa (P,S) è superiore a quella delle onde superficiali e tra le onde di massa la velocità delle onde P è superiore a quella delle onde S; pertanto in un sismogramma si osserva la successione onde P, onde S e onde superficiali (Fig. 9). Alla superficie coesistono contemporaneamente sia onde incidenti che onde riflesse, in tali condizioni il moto totale implica la somma delle loro ampiezze. Quando le onde sismiche incidono alla superficie della Terra o su una superficie di discontinuità interna, le leggi della riflessione e rifrazione di un'onda piana su di una superficie di discontinuità piana, possono essere applicate solo in modo approssimato in quanto sia il fronte d'onda che la superficie sulla quale queste incidono sono, in realtà, curve. Tuttavia in molte applicazioni questa approssimazione è abbastanza soddisfacente. In particolare, poiché la forma delle onde sismiche nel percorso dalla sorgente al sismografo, posto sulla superficie della Terra, è condizionata dalla struttura della crosta, è necessario tener conto di tale effetto sulle onde P e S quando queste sono utilizzate nello studio della sorgente. In questo caso si assume che la curvatura sferica dei fronti d'onda sia piccola per onde le cui lunghezze d'onda siano molto più piccole della distanza percorsa. Inoltre le relazioni ottenute tra le ampiezze delle onde longitudinali (P) e trasversali (S) incidenti e riflesse alla superficie libera della Terra, considerato un mezzo omogeneo, sono valide solo per lunghezze d'onda molto grandi rispetto allo spessore totale degli strati cristallini. Ma per i periodi comunemente osservati nelle onde sismiche di massa (P e S), gli spessori degli strati cristallini non sono frazioni trascurabili di una lunghezza d'onda e, pertanto, ci si deve aspettare che per un'onda incidente di un dato tipo, l'ampiezza in superficie sarà fortemente dipendente dal periodo e dall'angolo di incidenza.

Le onde elastiche che viaggiano nella parte solida della Terra, spesso convertono parte della loro energia in altre onde che

## ONDA DI RAYLEIGH



Fig. 7 Onda superficiale di Rayleigh. Il moto nel mezzo descrive traiettorie ellittiche retrograde che avvanzano nella direzione di propagazione dell'onda (da INGV).

## ONDA DI LOVE



Fig. 8 Onde superficiali di Love. Sono onde che si propagano nel piano orizzontale. Il moto nel mezzo è trasversale alla direzione di propagazione dell'onda (da INGV)

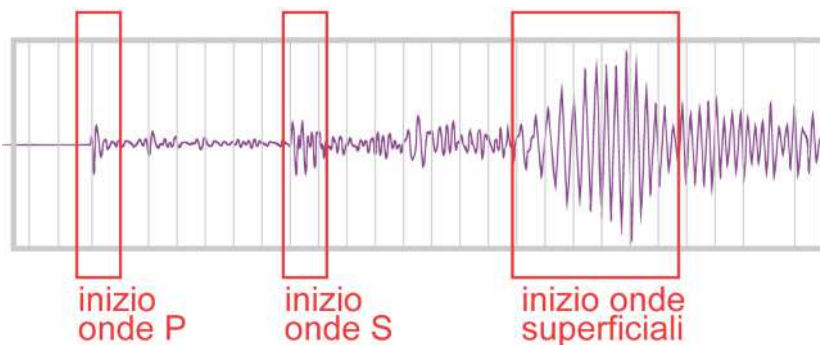


Fig. 9 Sismogramma. Manca la scala dei tempi. Ha prevalentemente una funzione didattica per mostrare la successione dei principali tipi di onde (P, S e superficiali), secondo le loro velocità decrescenti (da INGV).

si propagano nell'acqua e nell'aria. Può verificarsi anche il fenomeno opposto; infatti grandi esplosioni in mare o nell'atmosfera producono onde che viaggiano nella parte solida della Terra. Ad esempio un'eruzione vulcanica nell'oceano genererà simultaneamente onde nell'aria, nel mare e nella Terra. I terremoti sottomarini possono generare *onde marine di gravità (tsunami)* che trasferiscono la potenza distruttrice della sorgente sulle coste distanti migliaia di chilometri. Anche le onde sismiche dei grandi terremoti causano onde di ampiezza elevata in laghi (*sesse*) e canali distanti migliaia di chilometri. Le esperienze accumulate in questi anni hanno mostrato che le fratture che hanno generato terremoti di grande energia raggiungono lunghezze di parecchie centinaia di chilometri e la frattura si propaga lungo la faglia ad una velocità media di 3-3.5 km/s. Per analizzare ed interpretare il campo d'onde irradiato da tali sorgenti è necessario realizzare modelli che tengano conto delle dimensioni finite della sorgente e della velocità di



propagazione della frattura che è diversa da zero. Il modo più semplice per ottenere tale risultato consiste nell'utilizzo di espressioni che rappresentano il campo d'onda generato da una dislocazione puntiforme ed integrato su un'area di dimensioni finite con intervalli temporali adeguati in modo da simulare una sorgente che si muove con una velocità uniforme. Tale procedura è nota come *modello cinematico della sorgente*.

I progressi realizzati nelle tecniche di simulazione con i computer hanno modificato profondamente la struttura metodologica della sismologia. La procedura analitica è divenuta, infatti, lo strumento principale nella ricerca sismologica. Attraverso l'uso dei computer si può costruire un modello sismico abbastanza realistico ed operare numericamente con vincoli plausibili. In buona sostanza con questa tecnica è possibile costruire un modello e confrontare il risultato ottenuto con il dato osservato. Le tecniche di simulazione sono vantaggiose non solo per la ricerca di base, ma anche per l'applicazione della teoria ai problemi pratici dell'ingegneria. Infatti una conoscenza quantitativa precisa degli effetti sismici può indicare frequenze e ampiezze di possibili vibrazioni in un dato sito, aiutando il progettista di strutture critiche, quali grandi edifici, ponti sospesi con lunghe campate, centrali per la produzione di energia, serbatoi di idrocarburi e di acqua, ecc., a realizzarle con tecniche adeguate. Ma il livello di conoscenza del fenomeno non può ritenersi sempre sufficiente alla domanda di sicurezza delle popolazioni esposte; pertanto la ricerca deve necessariamente progredire per soddisfare tale domanda.

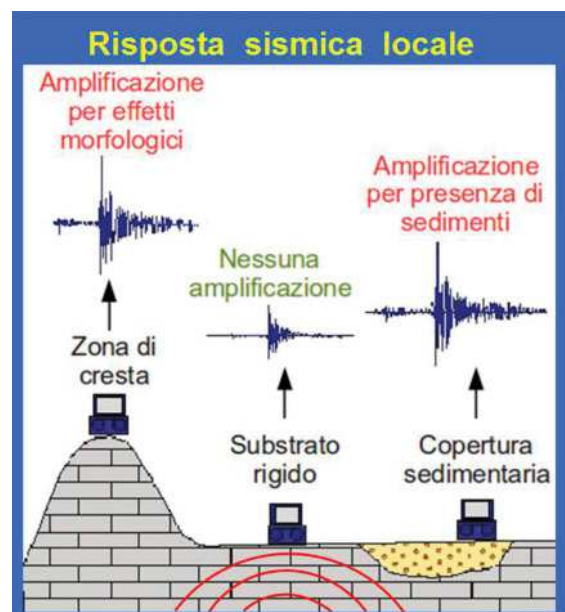
La conoscenza delle vibrazioni del suolo nelle vicinanze delle faglie sismogenetiche rivestono un'importanza fondamentale per la comprensione del meccanismo del terremoto e del campo d'onde irradiato. Tali informazioni possono essere ottenute da strumenti, con appropriata dinamica, posti nei pressi della porzione di faglia attivata. La crescente densità di sismografi installati nelle aree sismiche consente di acquisire sempre più dati nei pressi della sorgente indicato come *near field*. Questo termine è utilizzato per specificare che la distanza dall'epicentro è piccola rispetto alle dimensioni della sorgente e della lunghezza d'onda delle vibrazioni da analizzare. Invece quando la distanza epicentrale è grande al confronto con questi parametri si utilizza il termine *far field*. Gli studi sugli effetti sismici in vicinanza delle faglie hanno mostrato che tali effetti sono prodotti principalmente dal moto della porzione di faglia più vicina al sito indagato. Questo dato suggerisce che gli effetti di un sisma nei pressi di

una faglia non sono dovuti all'intera superficie di faglia, ma ad un'area limitata di questa, adiacente al sito di osservazione. Un risultato simile si nota quando si considera lo sviluppo verticale di una faglia. In questo caso il moto del suolo è dovuto principalmente alla fagliazione più superficiale. Nei pressi di potenziali faglie la valutazione della pericolosità sismica non deve essere determinata solo dai parametri macroscopici della supposta sorgente, quali magnitudo e momento sismico, ma a questi vanno aggiunti quelli locali prodotti dal comportamento della parte della faglia più vicina.

A distanze epicentrali inferiori a 100 km le lunghezze d'onda dominanti degli eventi sismici interagiscono intensamente con le inhomogeneità dell'interno della Terra e di conseguenza la propagazione delle onde elastiche può assumere il carattere della diffusione. In tal caso la maggior parte del moto del suolo registrato può essere attribuito alle numerose riflessioni e rifrazioni, le quali incidendo sulle interfacce degli strati e dei corpi geologici generano nuove onde di compressione e di taglio. In tale processo il numero di raggi sismici possibili nel mezzo eterogeneo cresce rapidamente tanto che il fenomeno risultante è quello della diffusione. La forte dispersione distrugge la proprietà direzionale delle onde sismiche e con essa la direzionalità del flusso di energia.

La rappresentazione del fenomeno sismico nel far field è soddisfacente, mentre nel near field si registrano sorprese con danni inattesi rispetto agli scenari proposti. Tutto ciò accade perché la rappresentazione del fenomeno avviene in ambito lineare e questa approssimazione non è pienamente efficace nel near field sia per il meccanismo di liberazione dell'energia sismica che per la propagazione delle onde. Le anomalie osservate nei danni alle strutture nelle aree epicentrali non possono essere interpretate compiutamente solo con la microzonazione del territorio sulla base della risposta sismica locale, perché anche in queste analisi l'anomalia della risposta sismica è analizzata in ambito lineare. In queste condizioni si attribuisce l'effetto alla risposta del mezzo attraversato dalle onde e non al campo generato dalla sorgente (Fig. 10). Questa condizione è confermata dal comportamento difforme talvolta osservato in siti con caratteristiche geologiche simili o perfino identiche ma con un campo di propagazione delle onde dissimile per la posizione dei siti esaminati rispetto alla sorgente.

Fig. 10 Risposta sismica locale . In zone pianeggianti ove affiora il substrato rigido le onde non subiscono fenomeni di amplificazione nell'attraversare gli strati superficiali. Amplificazioni locali si osservano per effetti di picco nei rilievi in zona di cresta e nelle piane alluvionali con copertura di sedimenti sciolti a bassa rigidità.





Da ciò discende che una buona difesa dai terremoti può ottenersi da tipologie costruttive i cui progetti sono realizzati partendo da un input sismico ottenuto attraverso una profonda conoscenza della sorgente e del campo di propagazione delle onde sia a livello regionale che locale. Nelle condizioni attuali delle conoscenze si è realizzata una legge sismica che difende in modo soddisfacente le aree distanti dall'epicentro e "poco" le aree epicentrali. Anche le microzonazioni, per quanto detto sopra, non garantiscono una rappresentazione attendibile della pericolosità del territorio ad una scala di maggiore dettaglio se non si introducono elementi correttivi per il campo di propagazione delle onde, certamente di gran lunga più complesso nel "near field" rispetto al "far field".

Poiché la sismicità segue una legge di potenza e quindi la sua previsione è intrinsecamente impossibile, per incrementare il livello di sicurezza nelle zone sismiche è necessario realizzare leggi empiriche sull'accadimento dei terremoti, intensificando il monitoraggio nelle aree ritenute esposte al terremoto, secondo i dati forniti dalla loro storia sismica e tettonica. Per raggiungere tale obiettivo la ricerca si è sviluppata nell'indagine della sismicità storica e della paleosismicità.

Questi dati consentono di realizzare mappe di pericolosità che forniscono una previsione probabilistica dell'esposizione a futuri scuotimenti del suolo. La sicurezza, tuttavia, non può essere fornita solo dalla determinazione dell'accelerazione del moto del suolo, ma deve tenere in conto anche le fratture e gli spostamenti che si sviluppano nelle rocce degli strati superficiali. Questo problema è particolarmente avvertito nelle aree densamente popolate e nei centri storici, dove gli edifici sono particolarmente vulnerabili alle sollecitazioni sismiche. Per la protezione degli abitanti di tali aree, come nel caso dell'Italia, dove importanti centri storici sono collocati nelle aree sismogenetiche della Catena Appenninica, il collasso degli edifici storici non sempre è stato evitato nonostante il loro consolidamento, in quanto spesso gli interventi sulle strutture rendono gli edifici più vulnerabili a causa dei carichi prodotti dagli interventi stessi. In questi casi la prevenzione non raggiunge l'obiettivo perseguito. Sulla base di questi risultati la ricerca scientifica deve porsi l'obiettivo di una profonda trasformazione del paradigma relativo alla difesa dai terremoti con l'obiettivo di una più approfondita conoscenza dei complessi processi che producono lo scuotimento del suolo nel campo vicino (*near field*) (Figg. 11 e 12).

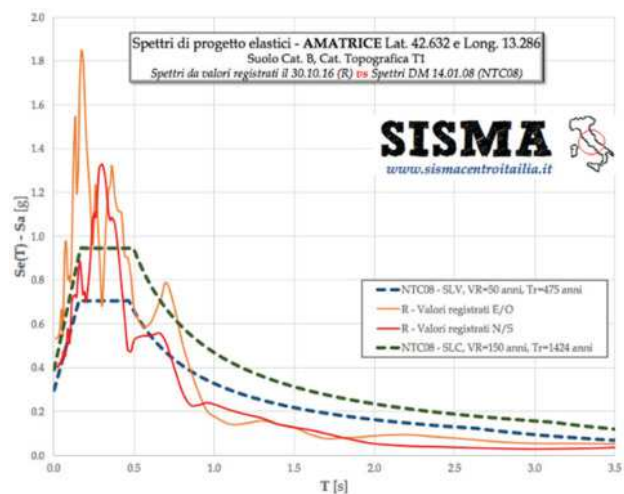
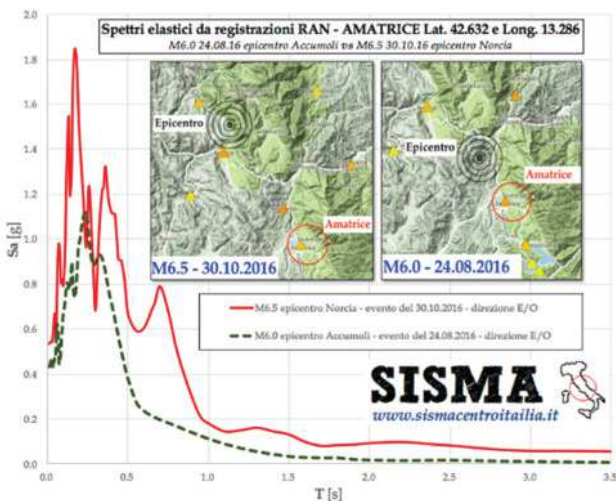
Con l'attuale stato delle conoscenze, le azioni più efficaci per la riduzione del rischio discendono dalle esperienze storiche sulla risposta del patrimonio edilizio alle sollecitazioni sismiche, nelle diverse condizioni geologiche e di tipologia degli edifici. Per il futuro occorre sviluppare la ricerca, per una più approfondita conoscenza delle sorgenti sismiche, delle leggi di propagazione delle onde e delle caratteristiche meccaniche delle rocce nelle quali si propagano le onde sismiche. Bisognerebbe, altresì, sviluppare ricerche di laboratorio sul comportamento meccanico delle rocce in ambienti a pressioni e temperature simili a quelle delle sorgenti sismiche e realizzare modelli che superino i limiti del comportamento lineare dei processi. Nel mentre si potrebbero ottenere risultati interessanti procedendo con scelte empiriche, utilizzando le informazioni che possono ottenersi dai dati registrati dalle reti di monitoraggio nelle aree epicentrali ed attivare le seguenti azioni:

- superare i modelli delle azioni sismiche rappresentati da spettri di risposta del sito molto semplificati e spesso lontani dalla realtà;
- acquisire dati sperimentali, tenuto conto della complessità del fenomeno sismico nel *near field* e della difficoltà di rappresentarlo adeguatamente con gli spettri calcolati attraverso modelli scarsamente vincolati. Utilizzare, quindi, spettri ottenuti da registrazioni di terremoti;
- potenziare le indagini geologiche nelle aree sismogenetiche ed accrescere le conoscenze delle proprietà fisiche dei terreni e rocce nelle aree epicentrali, quantificando i parametri che li caratterizzano.

La mitigazione del rischio costa. Alla comunità esposta tocca scegliere il livello di rischio accettabile.

Fig. 11 (a sinistra) Spettri elastici componente E-O Stazione di Amatrice (cerchio su Amatrice nelle immagini) della Rete Accelerometrica Nazionale (RAN). Terremoto del 24.08.2016, epicentro Accumoli, Magnitudo 6.0 (a destra in figura); lo spettro è rappresentato con tratteggio e mostra un picco centrato su 4 Hz (0.25 s). Terremoto del 30.10.2016, epicentro Norcia, Magnitudo 6.5 (a sinistra in figura); lo spettro è rappresentato con linea continua e mostra una maggiore complessità con picchi ad ampiezze decrescenti a 5 Hz (0.2 s), 2.5 Hz (0.4 s) e 1.5 Hz (0.7 s).

Fig. 12 (a destra) Spettri da valori registrati il 30.10.2016 (terremoto di Norcia, Magnitudo 6.5) alle componenti E-O (ampiezza maggiore) e N-S della stazione di Amatrice (curve a tratto continuo) confrontati con gli Spettri del DM del 14.01.2008 (curve tratteggiate) con periodi di ritorno di 475 (ampiezza inferiore) e 1424 anni. Gli spettri dei valori registrati superano in modo significativo quelle degli spettri della norma per periodi inferiori a 0.5 s (maggiori di 2Hz).





Piero Pierotti

## Leopoldo Pilla: il ruolo dell'esperienza diretta

**Q**uale senso si può attribuire al riesame del pensiero scientifico di un sismologo che chiuse la sua attività nel 1848? Soprattutto: in termini applicativi, c'è materia per recuperare i risultati delle sue ricerche e delle sue deduzioni, a distanza di 170 anni?

Questi interrogativi hanno una risposta positiva. Leopoldo Pilla, dopo una lunga e dettagliata ricerca dal vivo, confrontando le sue osservazioni con l'esperienza che già aveva condotto sul terremoto calabrese del 1835 per incarico del governo borbonico, arriva a proporre una soluzione di abitazione antisismica che oggi viene rivisitata e presentata come una delle migliori soluzioni per il recupero degli abitati storici distrutti, conservandone le caratteristiche dimensionali e morfologiche. In termini di fattibilità la sua intuizione è assolutamente attuale e attuabile. Seguirne l'iter durante questo lungo periodo serve anche a sanare non poche cadute normative e progettuali che si sono verificate in materia.

Ancora più interessante è però recuperare la metodologia adottata da Leopoldo Pilla, basata essenzialmente sull'osservazione degli esiti di un evento distruttivo vissuto direttamente. Nel suo viaggio informato fra le rovine del terremoto che colpì l'area pisana e livornese il 14 agosto 1846, si recuperano aspetti del fenomeno dimenticati o lungamente trascurati, che si rivelano al contrario essenziali per intendere il comportamento sismico dell'edificato esistente. Alcuni di questi sono tali da costituire perfino una sorta di novità per la progettazione attuale.



Fig. 1 Leopoldo Pilla.

### Il percorso scientifico e accademico

Figlio di Nicola, medico benestante di Venafro, dove era nato il 24 ottobre 1805, all'età di quattordici anni fu inviato a Napoli per completare i suoi studi e avviato anch'egli alla carriera medica. I suoi studi in realtà furono poliedrici: medico, medico veterinario, frequentatore del salotto letterario di Basilio Puoti, infine geologo e vulcanologo con Matteo Tondi, nella cui cattedra sembrava destinato a succedere. Si era dedicato allo studio del Vesuvio, con esplorazioni anche pericolose condotte nel cratere in periodo di attività, ed era stato incaricato dal governo borbonico di eseguire ricerche sugli esiti del terremoto calabrese del 1835.

Il 10 aprile 1839 l'ambasciatore austriaco Edward de Lebzel-



Fig. 2 Pisa, via S. Maria nel 1802, con la torre dell'osservatorio astronomico ("specola"), da Francesco Fontani, *Viaggio pittorico della Toscana*, Firenze MDCCCII, tomo II.

tern-Collenbach presentò Pilla in termini altamente elogiativi all'arciduca Carlo d'Asburgo, contribuendo ad accreditarlo come grande esperto dei fenomeni del vulcanismo e di ricerche sulle ricchezze minerarie nel Regno di Napoli. La mineralogia stava assumendo in quegli anni un ruolo strategico nel governo degli stati e sin dal suo soggiorno presso la sede napoletana Pilla si trovò sospeso tra due poli d'interesse:

- la spiccata vocazione per la vulcanologia e la sismologia;
- il coinvolgimento da geologo nella ricerca mineraria di profitto, richiesta dai governi che intendevano gestire l'emergente progresso.

Pilla era stato incaricato dal ministro Santangelo, molto amico del padre, di tenere corsi di mineralogia presso l'Università, ma lamentava giustamente che si trattava di un incarico temporaneo e non retribuito. Santangelo non apprezzò la recriminazione ed espresse il suo veto alla nomina a una cattedra permanente. Sfumò così la possibilità di una successione effettiva a Matteo Tondi.

Il 4 dicembre del 1841 Pilla incontrò il granduca di Toscana Leopoldo II, in visita presso la corte napoletana. Le risorse minerarie dell'Elba e delle colline Metallurgiche avevano un peso notevole per i governi granducali, fin dai tempi di Cosimo I Medici, e anche Leopoldo II ne aveva fatto un polo della propria strategia economica. È probabile che fossero stati i circoli diplomatici austriaci a informarlo della reputazione internazionale che il giovane geologo molisano si era guadagnato. Il 27 dicembre 1841 Pilla ricevette una lettera in cui Paolo Savi (1798-1871), professore di zoologia e geologia, lo informava di avere sdoppiato la sua cattedra e lo invitava a ricoprire l'insegnamento di geologia. Proprio a Pisa si era svolta, nell'ottobre 1839, la prima "Riunione degli Scienziati Italiani".<sup>1</sup> La sede era interessante, anche se non quanto Napoli. Pilla accettò comunque l'incarico e il 3 giugno 1842 vi prese servizio stabile. Qui, come a compensarlo del distacco dai luoghi dove

<sup>1</sup> L'iniziativa, fortemente voluta da Carlo Bonaparte, principe di Musignano, fu subito programmata su base biennale e divenne una fucina di elaborazioni scientifiche nonché, talora, di affermazioni di italianità. Si estinse immediatamente dopo l'Unità.



aveva compiuto le sue prime esperienze dirette, lo aspettava un evento che gli offrì un'occasione di studio rarissima e irripetibile:

*"Il giorno 14 agosto [1846] si levava a Pisa sereno e tranquillo come i giorni precedenti. All'ora di mezzogiorno io era, giusta il solito, nel Museo di Storia Naturale della Università, e propriamente nella Sala di Mineralogia, e intendevo a collocare alcuni minerali negli armadi. Sono quivi molte finestre, le quali permettono di guardare la pianura dal lato della marina, e l'interno della città. In tale situazione io provava un caldo soffocante accompagnato da una sensazione penosa che non si può esprimere: io attribuiva quel fenomeno all'aria di Pisa, che nella state è molto gravosa. Onde più di una volta ripetei al mio custode queste precise parole: oggi l'aria di Pisa s'infiamma. Non mai profezia si avverò così bene. A un'ora meno pochi minuti io era rimasto solo nella Sala: l'aria era affatto tranquilla. Quando ecco comincio a udire un fragore che veniva rapidamente dalla parte della marina a ponente: l'impressione che questo mi produsse fu simile a quella di un vento tempestoso che si avanzava verso la città: ma riflettendo alla impossibilità che un fenomeno di tal sorta sopraggiungesse così rapidamente in mezzo alla tranquillità d'innanzi, cominciai a temere di qualche sinistro. Io non saprei meglio dipingere tal rumore che con quel verso del nostro Divino Poeta: Un fracasso d'un suon pien di spavento.*

*I miei sospetti non tardarono a verificarsi. Avanzando sempre più il rumore con forza crescente, ecco che la sala comincia dapprima a vibrare; alla vibrazione succede un'agitazione violenta in direzione orizzontale, con un rumore vorticoso orribile. Avvezzo a questi fenomeni, che non sono rari nel mio paese natio, dopo vari movimenti incerti, accorro a una delle finestre che mettono nel giardino di una prossima casa, e quivi fui testimone di uno de' spettacoli più terribili che possono occorrere allo sguardo dell'uomo. Le case dintorno erano agitate in una maniera spaventevole: gli alberi del giardino co' loro movimenti annunziavano la violenta agitazione dell'atmosfera: questi movimenti associati a quelli della sala in cui era mi produssero una vertigine, la quale mi obbligò ad aggrapparmi alla finestra. L'agitazione seguiva evidentemente la direzione orizzontale di va e vieni, ma con violenza estrema. In tale terribile situazione cominciano a cadermi addosso calcinacci della sala: le grida che si sollevavano dalle case vicine aumentavano l'orrore del flagello. Fu un istante che io credei*



Terremoti, edificato esistente,  
protezione dei beni culturali.

Fig. 3 Monte Nero nel 1802, da Fontani.

*la città inabissare. Allora, sospinto da un impulso istintivo, ascendo sulla finestra per saltare nel sottoposto giardino. Ma un residuo di riflessione mi ritenne. Il suolo poco a poco ritornò nella sua primiera tranquillità...*

*Dopo essermi assicurato della salvezza delle persone più care, il mio primo pensiero corse al Campanile del Duomo. Trassi subito a vedere che cosa ne fosse. Quale fu la mia sorpresa nel vederlo ritto e stabile come innanzi! Che spettacolo doveva presentare nel momento della tempesta! Le persone ch'ebbero la possibilità di osservarlo durante la scossa mi assicurano che il suo barcollamento era spaventevole cosa a vedere..."<sup>2</sup>*

Su queste prime impressioni Pilla pubblicò una veloce relazione, a scadenza brevissima dall'evento.<sup>3</sup> Intanto si recava sui luoghi più colpiti, soprattutto nelle colline Pisane, dove c'erano state distruzioni e vittime. Osservava, interrogava, confrontava e annotava. La sua relazione finale è datata "*Capannoli, nelle colline Pisane, 27 ottobre 1846*": praticamente una cronaca dal vivo, eseguita però da un esperto di sismologia, pioniere di questo genere di ricerche, che seguiva una metodologia rigorosa. "*L'ufficio sacro del fisico è quello di prendere nota di tutt'i fatti che accompagnano i grandi fenomeni naturali, anche di quelli che sembrano non avere con questi nessuna connessione. Forse ciò che oggi è giudicato superfluo in siffatta materia potrà domani essere utile e rischiarare qualche importante questione di fisica terrestre*".<sup>4</sup> Da tale relazione possiamo estrarre, partitamente, descrizioni e deduzioni di grande nitidezza e attualità.

## Costruire sulla roccia

Si tratta di un dettame evangelico (la Galilea è sismica) ma neppure con questa formulazione è diventato norma costante e considerata affidabile in zona sismica. Pilla lo verifica lavorando da geologo, in una serie di situazioni esistenti nelle

<sup>2</sup> *Poche parole sul tremuoto che ha desolato i paesi della costa toscana*, Pisa, Vannucchi, p. 26-28.

<sup>3</sup> 19 agosto 1846.

<sup>4</sup> *Istoria del tremuoto che ha devastato i paesi della costa toscana*, Pisa, Vannucchi, 1846, p. 15. Le note che seguono sono tutte riferite a questo secondo volume.



colline Pisane, assai interessanti perché molto variabili come caratteristiche dei terreni:

*“Di tutt’i luoghi delle colline Pisane nessuno ha offerto all’azione sterminatrice del tremuoto circostanze più favorevoli come Vivaia. Le casupole pessimamente costruite, il poggio preminentissimo e scosceso, la qualità del suolo friabilissimo. Quindi è facile di comprendere gli effetti che colà dovea produrre la bufera sterminatrice. Mentre tutt’i paesi vicini non mostrano ruine assolute, Vivaia anche di lontano appare terribilmente devastata. Sopra il comignolo del colle, che rende immagine di una gran cupola, era la cappella di S. Stefano, la quale è stata talmente distrutta, che nel suo luogo non vedesi altro che un mucchio di sassi...”*

*Quel sito delle colline Pisane è uno de’ più acconci per dimostrare il modo di azione de’ tremuoti. Parlascio è un borghetto situato a poca distanza da Vivaia, ma in un poggio diverso ed ancora più erto, e che più rileva, cadente a balza dal lato di levante e di mezzogiorno. Nondimeno Parlascio è stato danneggiato molto meno che Vivaia; nessuna persona vi è perita né è stata ferita. Quale è mai la ragione di questa differenza? La ragione si è, perché la cima del poggio di Parlascio è terminata da banchi spessi e solidissimi di una panchina conchiglifera, la quale forma uno de’ più grossi depositi di tal natura che occorrono in que’ dintorni: de’ quali banchi fa parte la famosa pietra lenticolare di Parlascio renduta celebre dagli scritti del Targioni. Questa circostanza geologica è stata la salvazione di Parlascio”.<sup>5</sup>*

*Il paese di Castellina Marittima “è situato sul dorso di una montagna di gabbro, ma con questa differenza che la più gran parte dei suoi edifizi ed i più solidi sono costrutti sopra un suolo smosso, alcuni altri poi si trovano in cima di una rupe erta e scoscesa di solidissimo gabbro. Gli abitanti che stanziano in queste ultime case mi hanno assicurato di non aver inteso altro che un gagliardo e rapidissimo urto, della durata non maggiore di una pulsata di orologio (così precisamente mi è stato detto). Al contrario le persone che erano nella parte bassa del paese narrano l’avvenimento della scossa nel modo preciso come ella è seguita a Pisa ed a Livorno”.<sup>6</sup>*

*Pilla prosegue riferendo di un fenomeno analogo di cui aveva avuto notizia sui poggi di Monte Nero, presso Livorno: “Il poggio detto del Castellaccio, ch’è il più prominente di tutti, ha un’ossatura di strati d’alberese e di galestri, molto solidi e consistenti. Ci sono colassù alcune miserevoli casupole da*

<sup>5</sup> P. 75. Scavi recenti hanno portato alla luce rovine di un insediamento etrusco, presumibilmente non noto a Pilla. La panchina lenticolare, ossia ricca di conchiglie fossili, di cui aveva scritto Giovanni Targioni Tozzetti, è largamente impiegata nell’edificato in pietra e nel lastrico stradale della vicina Volterra.

<sup>6</sup> P. 24, 25.

*contadini e la villa del sig. Gowe di Livorno. Coloro che si trovavano nelle prime nel momento del tremuoto... mi hanno raccontato che intesero tanto il rombo come la scossa in una maniera energica e spaventevole; ma quest'ultima fu istantanea e non durò più che un secondo. I RR. PP. poi del monastero di Monte Nero, che si trova molto più in basso su le coste de' medesimi poggi, mi hanno narrato che la scossa fu intesa da essi ancora violenta, ma di durata assai più lunga, cioè di circa 15 secondi."*<sup>7</sup>

In questo, come in altri casi verificati di persona, Pilla evidenzia il minore danneggiamento subito dagli edifici costruiti sulla roccia e, anzi, gradua il rischio in rapporto alla composizione e all'età delle rocce. *"Le materie terrestri riguardare si debbono come le fondamenta delle fondamenta degli edifizii. Quindi, in tesi generale, si deve dire che i paesi sopra rocce solide e consistenti hanno maggiore stabilità che i paesi posti sopra rocce friabili e di poca tenezza"*.<sup>8</sup>

Non era un'ovvietà. Sfidava le conoscenze del periodo, perché allora si riteneva il contrario, con la convinzione che la materia solida trasmettesse meglio e anzi amplificasse la vibrazione sismica. Per noi il dato appare ormai acquisito ma non possiamo dimenticare l'episodio recentissimo dell'evacuazione forzata dell'abitato storico – costruito sopra uno sperone di roccia, in realtà indenne – di San Giuliano di Puglia. Siamo nel 2002!

Pilla, però, aggiunge un'osservazione in più: la durata brevissima della scossa avvertita da chi abitava in edifici costruiti sulla roccia. Noi siamo soliti accettare che la durata dell'evento sia ovunque quella registrata strumentalmente. Si tratta di un assioma per il quale non trovo però verifiche sufficienti. Le testimonianze che Pilla raccoglie sono indubbiamente limitate, ma a esse che cosa opponiamo, di più sistematico? Ci siamo preoccupati, dopo eventi importanti, di eseguire interviste sul campo e/o consultare le risposte degli accelerografi?

Forse sarebbe utile mantenere viva l'ipotesi. Potrebbe essere effettivamente questa (o anche questa) l'interpretazione più coerente del minore danneggiamento che interessa l'edificato fondato sulla roccia, legata presumibilmente a effetti di sito non facili da riconoscere nell'immediato. Per rispondere a interrogativi del genere Pilla si richiama spesso alle modalità di trasmissione delle onde sonore. Possiamo seguirlo nella ricerca di tali affinità. Per esempio, negli strumenti a percussione, è possibile controllare la durata dell'emissione dell'onda

<sup>7</sup> P. 25.

<sup>8</sup> P. 118.



sonora: il pianista lo fa con il pedale di risonanza, il batterista toccando le membrane o il metallo dei piatti. Quali condizioni di sito, quali materiali, forme, strutture possono essere in grado di modulare in negativo la durata dell'onda sismica? La risposta a tale interrogativo, se possibile, sarebbe essenziale.

### Si formano campi di forze

*"Il Sig. Gaetano Begni, farmacista di Livorno, traeva a Pomarance il giorno in cui seguì il terremoto". Viaggiava su una carrozza aperta e poté osservare che il sole era come velato e non faceva più ombra, benché il cielo fosse sereno e non vi fosse movimento d'aria. Sconvolto da questo effetto, fece fermare la carrozza per discendere a terra. "Egli avea in testa un leggerissimo berretto. Nell'atto del discendere, ed essendo l'atmosfera sempre quieta, vide torsi il berretto di testa ed essergli portato via lontano all'altezza di un piano di casa". Subito dopo ode passare "un orribile fischio, simile allo stridore di una violenta libeccata". Durante il passare del fischio gli alberi "non presentarono alcun movimento". Solo dopo gli alberi e le viti si piegarono e si vide ondeggiare la terra.<sup>9</sup>*

Il podere detto di Valloccoli si trova fra San Regolo e Luciana (colline Pisane). Uno dei contadini "racconta di avere udito repentinamente un rumore strepitoso, dopo di che si sentì sommosso da un urto del suolo con tale impeto che fu obbligato a tenersi con le mani il cappello in testa perché non gli fosse portato via; nell'istante medesimo due bovi ch'erano a lui vicini furono sbalzati alla distanza di circa cinque passi<sup>10</sup>: durante questo sconvolgimento vide la terra aprirsi e chiudersi con orrendo fracasso, ed uscirne polvere e fumo".<sup>11</sup>

*"Il fatto seguente mi è stato narrato a Lorenzana dal Sig. Carlo Studiati in quello che mi fece vedere le terribili ruine di sua casa. Nel momento della bufera ei stava affacciato ad una finestra della sua abitazione che guardava a levante, quando di botto sentesi fortemente sbalzato da due scosse succussorie. A queste succede una violenta scossa orizzontale, la quale da dietro lo spinge innanzi col muro fuori la strada per circa due braccia (poco più di un metro) e con impeto tale che sarebbe caduto in mezzo alla via se un altro impetuoso urto in direzione contraria non lo avesse respinto indietro e fatto cadere sul pavimento della camera".<sup>12</sup>*

Questi, e altri episodi narrati da Pilla, si riferiscono al crearsi

<sup>9</sup> P. 29, 30.

<sup>10</sup> Circa 3,5 m.

<sup>11</sup> P. 31.

<sup>12</sup> Ivi.

**Casola Lunigiana,  
terremoto del 21 giugno  
2013 (M 5.02): distacco  
con strappo della cornice  
di arenaria senza danni  
visibili nella muratura**



*Fig. 4 Casola Lunigiana, distacco delle cornici delle finestre senza danno al corpo dell'edificio (terremoto del 21 giugno 2013, M Richter 5.2).*

di probabili campi di attrazione non determinati dalla vibrazione del suolo: i berretti che volano in assenza di vento, una ragazza pisana strappata dalla finestra e precipitata in strada, che ne ebbe il femore rotto, l'impressione di essere presi in un vortice, lo stramazzone singolarissimo di persone e animali (un impulso meccanico proveniente dal terreno, capace di sbalzare due bovini adulti a tre metri e mezzo di distanza, presumibilmente avrebbe spezzato loro i garretti). Anche questo è un fenomeno che tuttora si considera poco, benché non sia difficile da verificare e purché si desideri porvi attenzione. L'interrogativo che ne consegue è pertinente: perché non si dovrebbe concedere ai treni di onde simiche di manifestarsi anche in maniera analoga ai fasci di onde elettromagnetiche? Nel terremoto di Equi Terme (21 giugno 2013 M Richter 5.2) si verificarono danni all'edificio che è più facile motivare ammettendo tale ipotesi piuttosto che ricorrendo ai meccanismi tradizionalmente accettati. Almeno in due abitati, Casola Lunigiana e Ugliancaldo (palazzo Coiari), si registrò lo strappo verso l'esterno delle cornici di arenaria delle finestre, per intero, senza che comparissero lesioni nella muratura. Nel disastro di Amatrice pareti intere furono strappate e precipitate in strada: le modalità di rovina potrebbero essere le medesime. In pratica può accadere che campi di forze di vario tipo si formino indipendentemente dalle vibrazioni del suolo e che possano agire sugli edifici a livelli diversi rispetto al piano di campagna.

La questione non è secondaria e l'ipotesi è fra quelle che meritano attenzione. Per fare un esempio: se essa fosse verificata, si dovrebbe ridurre il livello di affidabilità abitualmente conferito agli edifici poggianti su isolatori. Uno dei fondamenti della scienza delle costruzioni è che i sommovimenti del costruito in caso di terremoto avvengano esclusivamente per attrito, ossia per contatto diretto col suolo nel punto di appoggio, e da ciò



derivano i calcoli conseguenti. A ciò si deve, per esempio, il tradizionale ricorso alle tavole vibranti per definire le modalità e gli effetti di un cosiddetto "terremoto di progetto". Queste macchine hanno già limiti a esse intrinseci<sup>13</sup> ma sono anche la testimonianza palese di un errore di concetto assai diffuso, facilmente smentibile tramite la semplice osservazione degli effetti al suolo.

Pilla cita altre esperienze dirette, le quali mostrerebbero che il sisma può farsi avvertire in maniera meccanica anche attraverso i fluidi. *"Il guardiano del fanale di Livorno riferisce che avanti lo scoppio del tremuoto il mare non era tranquillo, né aveva un moto regolare, ma sembrava agitato fortemente da venti variabili. Allorché avvenne la grande commozione le acque si sollevarono nei dintorni della Torre; la qual cosa fu dipoi verificata da ciò, che si trovarono gli scali tutti bagnati. La scossa grande fu fortemente sentita dai bastimenti nella darsena e nel porto di Livorno. Molti capitani, che erano sotto coperta, accorsero sul ponte, credendo di essere stati urtati da qualche bastimento vicino. Uno di questi, che stava caricando marmi, ha raccontato che trovandosi a desinare nella cucina e sentendo l'urto improvviso, s'immaginò che un masso spezzando i canapi fosse precipitato nella sentina. Un padrone di barca dell'Elba, detto il Taliano, nel recarsi da Livorno a Portoferraio e trovandosi verso il capo di Monte Nero, racconta di aver sentito una scossa violenta come se il legno avesse urtato in una secca di catene: di che fu molto atterrito, veggendo che il mare era piuttosto tranquillo"*.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Il più controllabile è la difficoltà di fare i calcoli in scala. Le superfici crescono al quadrato ma i volumi crescono al cubo, e con questi il peso, mentre la coesione molecolare dei materiali sottoposti a test resta costante. Quando tutti i parametri sono noti, il test si può tuttavia considerare attendibile. Diversamente accade, se la simulazione riguarda il comportamento sismico di una struttura. La base della tavola vibrante è rigida e piatta mentre nella realtà i terreni di appoggio sono interessati da treni di onde che modificano periodicamente la loro consistenza (compressione/decompressione), anche fino a farli incurvare visibilmente, e possono provocare effetti di dilatanza negativa. Tali effetti non sono simulabili né testabili tramite la tavola vibrante, quante ne siano le libertà, eppure in molti casi si è ritenuto di poterlo fare e asseverare.

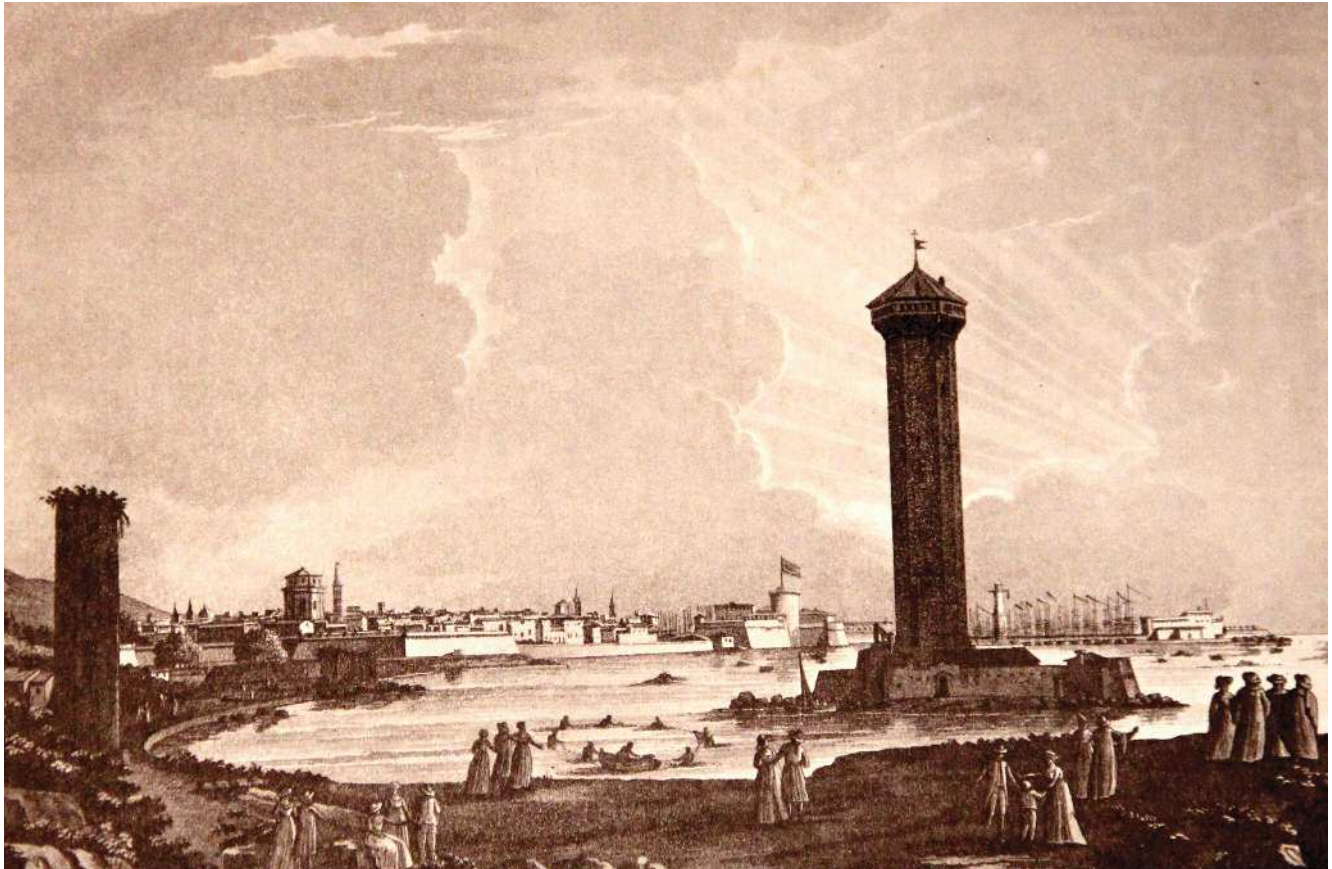
<sup>14</sup> P. 35.

<sup>15</sup> P. 36.

### Pareti che si divaricano

Quando Pilla affronta il tema delle pareti che si divaricano e si riserrano, sente la necessità di una premessa: *"Io vado a raccontare alcuni fenomeni che sono stati osservati nel tremuoto Toscano, de' quali parmi siasi tenuto finora pochissimo conto, non già perché di rado fossero accaduti, ma forse perché sono sfuggiti all'attenzione universale, e però non si trova fatta speciale menzione di essi nella storia delle commozioni terrestri. Per tale ragione rendomi conto che molti non agguisteranno fede a quanto sono per narrare, e forse ancora mi appiccheranno addosso una taccia poco convenevole ad un professore di storia naturale"*.<sup>15</sup>

*"Premessi questi fatti, dirò con franchezza che non ci è stato paese percorso dalla violenza del tremuoto, dove non sia*



stato raccontato da' cittadini il seguente curiosissimo fatto, cioè di essersi vedute durante la convulsione del suolo delle mura spalancarsi e richiudersi subitamente. Ed io ho dovuto prestar fede a tali racconti per le testimonianze positive e reali de' fatti narrati di sopra".<sup>16</sup> Molte testimonianze si riferiscono a divaricazioni dei muri di tale ampiezza che consentono di vedere persone in un'altra stanza oppure di far passare la luce esterna; troppo fuggevoli tuttavia per avere solidità testimoniale, benché numerose e diffuse. Perciò Pilla ne riferisce altre di consistenza materiale più affidabile. "A Cevoli in casa del Sig. Nicola Masi erano ammucchiati in una camera al secondo piano circa sette staia di fagioli.<sup>17</sup> Quando avvenne la forte scossa del dì 14, la dilatazione che seguì fra i muri esterni e i pavimenti lasciò cadere al primo piano circa mezzo quarto de' suddetti fagioli." "Il contadino Giuseppe Carmignoli di Lorenzana è un vecchio ed onesto uomo... Ei dunque mi disse che per favore del Pievano di quel paese aveva situato nel cellaio della canonica al terzo piano una certa quantità di

Fig. 5 Porto di Livorno nel 1802, da Fontani.

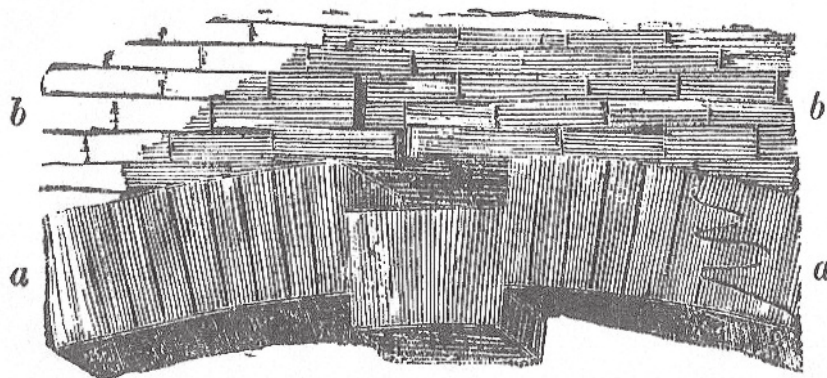
<sup>16</sup> P. 39.

<sup>17</sup> P. 40.



Fig. 6 Livorno, chiesa di S. Maria del Soccorso, chiave scivolata (da Pilla, nel testo).

Fig. II.



grano con uno staio.<sup>18</sup> La chiave di quel luogo conservavala gelosamente il Carmignoli medesimo come capo di famiglia, e non la dava mai a nessuno. Seguì il tremuoto, il dabben'uomo accorse per vedere che cosa era addivenuto del suo grano. Trovò che il Vicario del Pievano, che allora abitava in quella casa, n'era fuggito via ed in una delle sue camere al secondo piano, che sottostava al cellaio e che era in decente stato e addetta al servizio civile, vide una grande quantità di grano, cioè circa cinque sacca, sparse sul pavimento della camera, ed insieme col grano trovò lo staio che innanzi stava sopra il cellaio. Guardò sulla soffitta e non vide altro che una semplice fessura. Passò a visitare il cellaio superiore e trovò la porta chiusa nella forma medesima come al solito, e apertala vide il resto del suo grano sparpagliato senza lo staio... lo volli andare a visitare il luogo dove il fatto si dicea successo, il quale era inabitato da che avvenne il tremuoto, e vi fui accompagnato dai due sacerdoti suddetti. Con somma nostra sorpresa trovammo ancora lo staio in mezzo alla camera insieme con una porzione del grano cadutovi. Ed avendo esaminato la volta vidi ch'era composta di palco con travi, e in uno de' lati della camera osservai tra il muro esterno ed il palco una dilatazione di circa un dito e mezzo di larghezza, e le teste delle travi spostate circa 4 dita dalle loro cavità".<sup>19</sup>

Pilla cerca qualcosa di ancora più evidente e, soprattutto, "durevole". Lo trova a Livorno, in una chiesa in via di costruzione, con il conforto degli ingegneri che stavano seguendo i lavori. "Nella Chiesa di S. Maria del Soccorso in costruzione a Livorno, e propriamente nella navata in cornu epistolae, l'arco primo interno a a che sostiene la callotta b b presenta il serraglio c composto di calcare terziario compatto (panchina), abbassato di circa un sesto di braccio.<sup>20</sup> Tale abbassamento è l'effetto evidentissimo della dilatazione e chiusura velocissima

<sup>18</sup> Il diametro superiore dello staio era di circa 30 cm.

<sup>19</sup> P. 42, 43.

<sup>20</sup> Poco meno di 10 cm. Il braccio toscano, ripristinato come unità di misura dopo la caduta di Napoleone, corrispondeva a 58,36 cm.

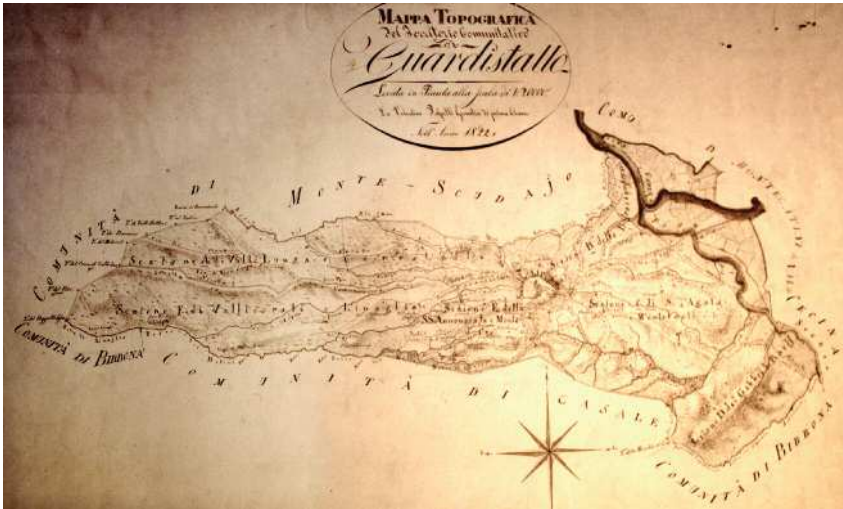


Fig. 7 Guardistallo nel 1822, dal catasto leopoldino.

dell'arco, il quale movimento permise al serraglio di abbassarsi per la misura detta di sopra e poi subito fu ritenuto dal ritorno dell'arco al suo sesto. E poiché in questo spostamento del serraglio l'arco si dilatò, quindi la callotta, la quale era in parte sorretta dal detto arco, nell'atto successivo alla dilatazione non poté ritornare al suo sesto primitivo, e però si è in essa prodotta una visibile rima. Gli altri archi hanno sofferto nel medesimo senso, ma in una maniera molto meno notevole. Debbo la conoscenza di questo fatto alla gentilezza de' Sigg. Cappellini e Gherardi, ingegneri di Livorno, l'ultimo de' quali è direttore di quella costruzione".<sup>21</sup>

L'osservazione di Pilla rispetto al comportamento ordinario della muratura ordinaria e ai suoi effetti è rilevante. Aprendosi e richiudendosi essa dissipa energia e, contemporaneamente, allontana il rischio di collasso improvviso, riducendo il numero delle vittime possibili. Accetta il danno del costruito, riduce le lesioni alle persone. Pilla non esita a usare la parola "miracolo" per il numero limitato dei morti che vi furono in abitati interamente distrutti. Cita specificamente il caso di Guardistallo, in val di Cecina: "quando si dice che il tremuoto del 14 agosto ridusse il paese di Guardistallo un cumulo di ruine, altro non rimane da aggiungere. Non una casa, non un tetto quasi fu risparmiato dal turbine che l'arte non dovesse demolire. Per tale rispetto Guardistallo può essere messo al paro con Orciano."<sup>22</sup> E non di meno in mezzo a tanto sconquasso, fra tante estese ruine, quel paese non conta che la morte di un solo bambino. Incredibile cosa!"<sup>23</sup>

In realtà Pilla aveva ben ragione di ritenere che, nonostante le dimostrazioni addotte, su questo tema non sarebbe stato facilmente seguito. Le sue osservazioni non entrarono in letteratura e, anzi, furono presto rimosse. Quando cominciammo a studiare sistematicamente le culture sismiche locali in Luni-

<sup>21</sup> P. 38.

<sup>22</sup> In conseguenza dei danni ricevuti e del numero delle vittime questo terremoto del 1846 è anche noto come "terremoto di Orciano" e, anzi, si ritiene che proprio qui ricadesse l'epicentro. Pilla ha in proposito forti dubbi e ritiene che l'epicentro fosse in mare.

<sup>23</sup> P. 87.



giana e Garfagnana, ossia verso la fine degli anni '80 del secolo scorso, trovammo una serie notevole di conferme delle sue asseverazioni. Trovammo anche la dimostrazione che le popolazioni locali avevano piena consapevolezza di questi comportamenti della muratura ordinaria: li disciplinavano, in modo da ridurre il danno edilizio e soprattutto il pericolo per le persone. Nei seminari che organizzavamo annualmente a Ravello il complesso delle conoscenze ufficiali si muoveva invece su parametri diversi. Fessure che lasciavano entrare la luce esterna, fagioli che cambiavano stanza, sterco di piccione che pioveva dalle soffitte nei vani sottostanti non commuovevano nessuno. Era cominciata la stagione degli irrigidimenti locali e di questo si occupava l'ingegneria sismica del dopo terremoto irpino. Fra i vari interventi che ascoltammo, memorabile quello di un collega il quale ci mostrò il lavoro che stava conducendo, su incarico pubblico: con l'intento di metterli in sicurezza, distendeva cordoli di sommità in calcestruzzo armato sopra alcuni ruderi delle rovine di Pompei.

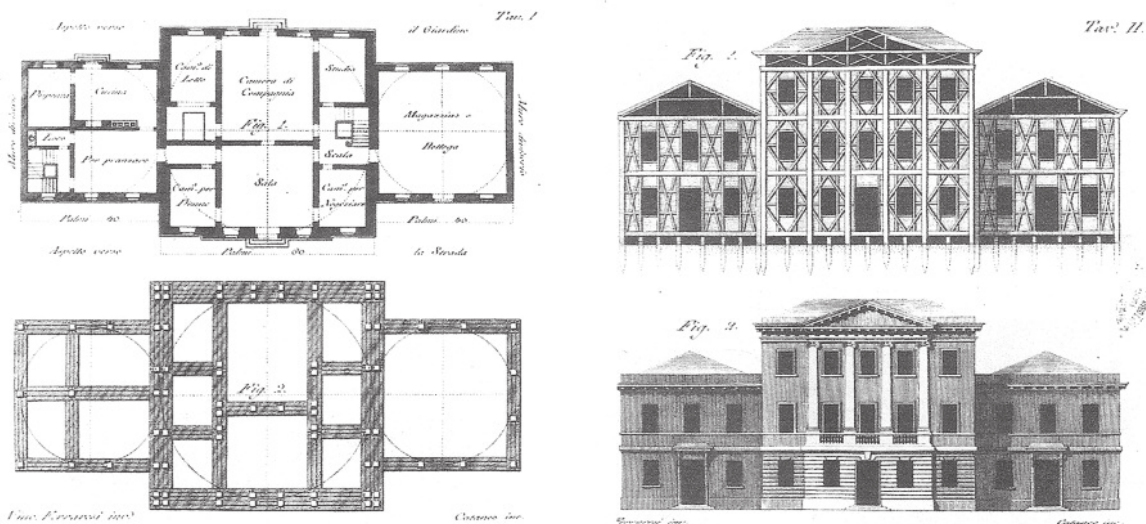
#### **La casa baraccata: attualità di Pilla.**

*"Nei paesi che sono più soggetti alle furie de' tremuoti, si può scegliere una forma di costruzione che alla consistenza riunisca il vantaggio di non poter recare gran danno con le sue ruine. Citerò le case cosiddette baraccate, che si usano in molti paesi di Calabria, le quali sono costruite appunto secondo il fine divisato. Io ne ho viste alcune nella città di Monteleone, le quali al vantaggio della sicurezza non mancano ancora di associare una eleganza di forme. Del resto non mancherebbero all'arte ritrovati di questa sorte che potrebbero soddisfare alle condizioni su esposte".<sup>24</sup>*

Pilla entra con molta circospezione nelle caratteristiche del costruito, rimostrando che quello non è il suo campo e che teme di fare false valutazioni. Tuttavia non si esime dal descrivere il quadro delle distruzioni anche sotto questo aspetto e ci lascia ulteriori testimonianze di un quadro complessivo che proprio nei crolli degli edifici aveva la sua caratteristica più visibile. Annota una serie di dubbi, più che di certezze, che hanno però rilevanza.

Osserva per esempio che le volte piatte (le cosiddette "volterrane") si vedono crollate in gran numero e sono la causa principale dello svuotamento di edifici il cui scheletro murario è

<sup>24</sup> P. 183.



invece rimasto in piedi: *“Nondimeno io credo che ciò dipenda dalla qualità di volte che si usano quasi generalmente ne’ paesi della costa toscana, cioè le cosiddette volterrane. Ed in verità queste sono pericolosissime per il loro modo di costruzione che non può avere molta solidità, e però dovrebbero essere assolutamente prescritte, ed in special modo ne’ paesi delle colline”*.<sup>25</sup> Il tema, come si sa, si è rivelato attualissimo nei terremoti appenninici recenti. Osserva poi che gli edifici isolati hanno avuto più danni di quelli accorpati. Su questo tipo di comportamento dell’edificato sembra non esserci accordo unanime fra gli ingegneri. Nelle nostre ricerche abbiamo trovato un gran numero di conferme alla sua deduzione e tendiamo a concordare con lui. Da notare che per giustificare il fenomeno dal punto di vista fisico Pilla cita l’esempio delle cosiddette “biglie di Newton”: anche noi, senza avere ancora letto questa sua osservazione, avevamo addotto il medesimo esempio.

Ferma spesso la sua attenzione sulla qualità dei materiali, e in particolare sulla calce. Conclude che negli edifici ben costruiti non ci sono state vittime: *“I morti sono tutti o contadini o gente del basso popolo... Le persone civili abitano edifi di miglior costruzione; questi hanno resistito meglio all’impeto distruttore; però nessuna delle dette persone vi è perita”*.<sup>26</sup> Tristissima considerazione, però vera.

Fig. 8 Edificio di prestigio intelaiato con la tecnica della casa baraccata, da Giovanni Vivencio.

<sup>25</sup> P. 185.

<sup>26</sup> P. 127.



Per difendere la popolazione da tali flagelli Pilla propone di istituire in tutti gli stati italiani commissioni apposite che, preventivamente, diano o neghino il consenso di costruire a seconda delle condizioni del sito<sup>27</sup> e delle caratteristiche dell'edificio. Tali commissioni – egli sostiene – *“non importerebbero molta spesa agli Stati, perché questi hanno i loro ingegneri civili e militari sparsi in tutte le provincie, i quali potrebbero adempiere bene all'ufficio proposto: basterebbe solamente aggiungere a costoro qualche altra persona del medesimo mestiere. Se sia o no necessario un geologo in tali commissioni, lascio che altri lo giudichino. Ma siccome ciò è impossibile, perché poche persone addottrinate nella geologia sono sparse nelle provincie, non si potrebbe opporre a tale difetto che obbligando gl'ingegneri a studiare la detta scienza”*.<sup>28</sup> Dietro alla proposta di Pilla sta il lavoro di osservazione che aveva condotto in Calabria dopo il terremoto del 1835. *“Ora conviene sapere che le percosse differenti cagionate dal tremuoto in que' paesi di Calabria si trovano perfettamente d'accordo con la diversa natura geologica del suolo, su cui sono poggiati... Chi non vede in questi fatti degli esempi perfettissimi analoghi a quelli che sono stati osservati nel tremuoto di Toscana? E chi potrà mai credere che tali mirabili corrispondenze di fenomeni avvenute in tempi ed in luoghi lontani, sieno puramente accidentali?”*<sup>29</sup>

Pilla si riferisce qui specificamente alla diversa risposta dei terreni di appoggio. Già dal secolo precedente la Calabria era diventata un laboratorio di sperimentazione per lo studio dei terremoti in generale. Rispetto alla casa baraccata, che Pilla propone come modello, esisteva una tradizione di studi e di progetti molto avanzata, che partiva dalla “gaiola” portoghese, ossia dalla soluzione individuata dopo il 1555. Era stata proposta e attivata dagli ingegneri pombalini come struttura idonea a costruire edifici di prestigio, capace di resistere a forti impulsi sismici attenuando i prevedibili danni alle persone e al costruito. In realtà si trattava di un perfezionamento della casa tradizionale europea, diffusa anche in aree non sismiche: un telaio di legno, ben controventato,<sup>30</sup> tamponabile a piacere. Si può notare che adottando tale struttura il tamponamento ideale si poteva fare con mattoni asciugati al sole, impastati con paglia e fango, più deformabili e assai meno fragili del mattone cotto. Questa soluzione si adeguava alle risorse di tutte le categorie sociali, anche

<sup>27</sup> Praticamente un lavoro di microzonazione!

<sup>28</sup> P. 188-9.

<sup>29</sup> P. 129.

<sup>30</sup> “Controventare” significa trasformare una struttura a telaio basata sul rettangolo (deformabile) in una basata sul triangolo (indeformabile). Il risultato si ottiene inserendo nel rettangolo una o due diagonali rigide.

le più povere, senza che la scarsità di risorse e la necessità di costruire in proprio aumentasse la vulnerabilità dell'edificato.

La trattativa in materia, presso la corte borbonica di Napoli, si era sviluppata già a partire dal terremoto disastroso del 1783, che aveva dato origine fra l'altro a quello che è considerato il primo regolamento antisismico d'Europa (1785). Intorno agli esiti del sisma si erano assommate descrizioni (verbali e pittoriche), discussioni scientifiche di alto livello (tra queste il *Memoire sur les Tremblements de terre de la Calabre pendant l'année 1783* di Déodat de Dolomieu<sup>31</sup>), trattati. Tra questi il più noto, che include anche proposte di edifici antisismici, fu quello di Giovanni Vivencio, *Istoria e teoria de' tremuoti in generale ed in particolare di quelli della Calabria, e di Messina del MDCCLXXXIII*.<sup>32</sup> Tutti questi materiali circolavano negli ambienti napoletani e sicuramente Pilla li aveva presenti, quando ricevette l'incarico di occuparsi del terremoto del 1835. L'osservazione diretta degli effetti era ormai tradizione e la Calabria si proponeva, suo malgrado, al centro dell'attenzione dei sismologi europei e alla loro giovanissima disciplina. La ricerca dei geologi, basata appunto sul rilievo dal vivo e quindi fortemente connotata sul piano qualitativo, si sposava facilmente con il lavoro degli ingegneri. Tanto ciò era vero che, come abbiamo visto, Pilla poteva proporre, rilevata la scarsa disponibilità di geologi sul territorio, di far studiare geologia agli ingegneri stessi.

Recentemente si sono riconosciute l'attualità e l'attuabilità di queste proposte, ivi inclusa la normativa borbonica del 1785<sup>33</sup>, che nel tempo ha ovviamente avuto una serie di collaudi. In particolare il comportamento della casa baraccata, nelle sue varie tipologie, è stata studiata in varie sedi per affrontare una questione di particolare rilievo che riguarda specificamente i terremoti appenninici: la resilienza dell'edificato al ripetersi di eventi critici continui e ripetuti. L'osservazione diretta degli effetti, condotta secondo la metodologia di Pilla, torna dunque a essere la premessa per ogni ipotesi di ricostruzione dell'edificato messo in crisi dal sisma. A noi la struttura della casa baraccata, intelaiata in legno, duttile, difficilmente collassabile e insieme calcolabile come la normativa richiede, potrebbe essere assai utile per ricostruire abitati di cui si intendono conservare le caratteristiche paesaggistiche senza ripeterne l'alto livello di vulnerabilità. Amatrice, per esempio.

<sup>31</sup> Roma, 1784. Dolomieu è noto anche per aver dato il suo nome alle rocce dolomitiche.

<sup>32</sup> Napoli MDCCLXXXIII, nella Stamperia Regale.

<sup>33</sup> Nel secolo XVIII Napoli era sicuramente la capitale culturale d'Italia, non solo in campo artistico: sia presso la corte borbonica sia in altre aree del dominio sia nelle Università si sviluppavano attività di notevole impegno, anche di carattere scientifico, economico, amministrativo. Dopo l'Unità la propaganda Savoiana fece sì che l'aggettivo "borbonico" si dovesse intendere in senso negativo, come sinonimo di cattiva amministrazione e di ritardo culturale: una mistificazione da rimuovere, se ce ne fosse necessità.



Denise Ulivieri

# Architettura vernacolare. Linguaggio comune degli edifici e culture sismiche locali.

## Introduzione

Lo studio delle culture sismiche locali in Toscana, sede di attività sismica rilevante soprattutto nelle zone appenniniche nord-orientali (Garfagnana, Lunigiana, Mugello, Valtiberina), nella fascia costiera centrale (Colline livornesi, Colline Metallifere) e a sud nella zona amiatina, riconosce nell'edificato vernacolare tecniche, materiali, forme nate con la funzione di presidio contro i terremoti e sperimentate come tali<sup>1</sup>. Il concetto di culture sismiche locali si basa su un principio largamente verificato: presso le popolazioni stanziali residenti in aree con una lunga tradizione sismica gli edifici sono costruiti con particolari accorgimenti antisismici, diversi da cultura a cultura ma legati dalla ricerca di un risultato omologo, ossia impedirne il crollo immediato e totale in caso di terremoto<sup>2</sup>. Le popolazioni residenti sono, infatti, titolari della loro particolare cultura sismica che ha dato origine a norme non codificate e non scritte ma ancora leggibili nei caratteri costruttivi dell'edificato e nel generale assetto dato al territorio.

## L'approccio metodologico: la sismografia storica

La "sismografia storica" si fonda su un principio facilmente verificabile: ogni edificio è storia visibile di se stesso. In aree dove il terremoto è endemico e avvertito come tale dalle popolazioni, noi possiamo considerare convenzionalmente ogni edificio come se fosse il sismogramma di se stesso, nel senso che esso può recare traccia nelle sue murature dei danni sismici eventuali, degli accorgimenti messi in atto per prevenirli, delle riparazioni, della resistenza delle riparazioni ad altri sismi successivi.

La sismografia storica si basa, infatti, sull'analisi dei documenti materiali, ed elabora dati a livello di microzonazione ricavati direttamente dall'edificato esistente. Lo scopo è quello di analizzare modi, tecniche di intervento e di mitigazione del rischio sismico, attuate in passato per verificarne la loro validità attuale.

Attraverso la "sismografia storica" abbiamo condotto una ricerca "globale-locale" sulle caratteristiche costruttive dei piccoli centri storici della Toscana settentrionale, in particolare le aree della Lunigiana, Garfagnana e Valtiberina. In termini operativi il metodo comincia ad applicarsi, dal 1994, quando

<sup>1</sup> "Il patrimonio architettonico vernacolare è importante perché è l'espressione fondamentale della cultura di una collettività, delle sue relazioni con il territorio e, allo stesso tempo, è l'espressione della diversità culturale nel mondo. La costruzione vernacolare è il mezzo tradizionale e naturale con il quale le comunità creano il loro habitat. È un processo evolutivo dettato dai cambiamenti e dall'adattamento in risposta alle condizioni sociali e ambientali" in "Charte du Patrimoine Bâti Vernaculaire (1999). Ratifiée par la 12<sup>e</sup> Assemblée Générale de ICOMOS, au Mexique, octobre 1999 ».

<sup>2</sup> Ferrigni, F. et al. 2005. *Ancient Building and Earthquakes. The local seismic Culture Approach: Principles, Methods, Potentialities*. Bari: Edipuglia.

cioè la tecnologia informatica consente di raccogliere ed elaborare a basso costo data base composti da migliaia di immagini, gestibili e consultabili da tutti. I primi database d'immagini digitalizzate e la costruzione di un archivio di dati storici incrociabili con il data base di foto finalizzati a questo tipo di analisi sono quelli realizzati in Toscana.

La prima area, Lunigiana e Garfagnana, compresa nella ricerca offre il vantaggio dell'indubbia e avvertita sismicità e il fatto che forse proprio per ragioni di immediata lettura del danno eventuale, la massima parte degli edifici, specialmente in Lunigiana, sia sprovvista di intonaco<sup>3</sup>.

A partire dal 2004 le ricerche di sismografia storica si estendono sul territorio della Valtiberina ricadente nella provincia di Arezzo, area che si distingue per la grande varietà dell'articolazione altimetrica e la cui storia sismica presenta eventi significativi o comunque avvertibili<sup>4</sup>.

Al momento è in corso l'indagine territoriale della zona dell'Alto Mugello compresa nei comuni di Marradi, Palazzuolo sul Senio e Firenzuola, posizionati lungo il confine con l'Emilia Romagna, sul versante appenninico toscano. (Fig. 1)

Il metodo è consistito nella ripresa fotografica degli episodi più significativi e leggibili dell'edificato vernacolare, condotta abitato per abitato. Sono state raccolte sul campo quante più informazioni fossero possibili, da considerare dettagliatamente in un secondo momento. Questo metodo di raccolta è stato applicato indistintamente su edifici privati, pubblici e di culto, monumentali o no, senza prestare alcuna attenzione all'epoca di realizzazione, quindi antichi e recenti.

Sono stati visitati e fotografati più di cento paesi in Lunigiana e Garfagnana, e una settantina all'incirca in Valtiberina. Una volta terminato il lavoro di censimento le immagini sono state selezionate, analizzate e catalogate a una a una. Le elaborazioni così ottenute sono state inserite in due data base che raccolgono rispettivamente, 1800 immagini circa il primo e 3500 il secondo.

La struttura della scheda-tipo relativa contiene una serie di campi di analisi, riferiti sia all'immagine sia alla sua catalogazione tra i quali: i danni rilevati sulla struttura rappresentata, gli elementi di prevenzione, di riparazione e/o di crisi di individuati sulla struttura, i risultati di eventuali applicazioni della normativa, la presenza di strutture spingenti e/o di strutture trilitiche e i relativi materiali utilizzati e infine, gli interventi o le modifiche rilevati sulla struttura.



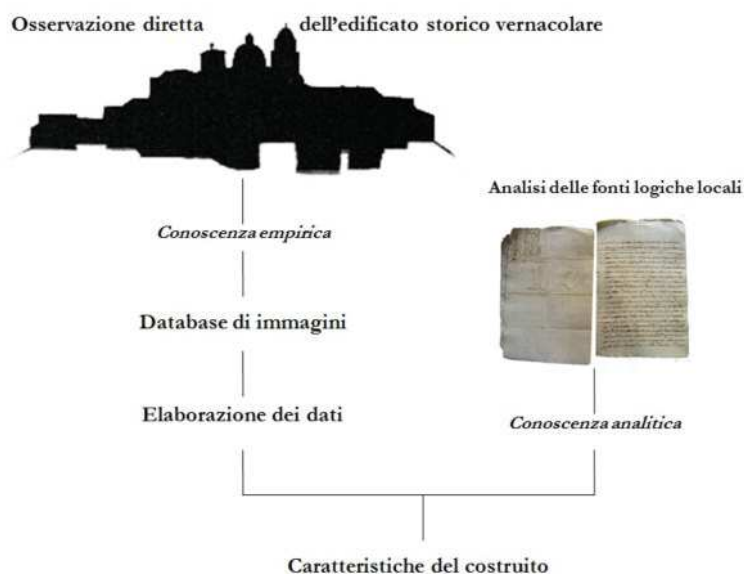
Fig. 1 Indicazione delle aree della Toscana oggetto della ricerca: Lunigiana, Garfagnana, Valtiberina e Alto Mugello.

<sup>3</sup> Pierotti, P. & Ulivieri, D. 2001. *Culture sismiche locali. Garfagnana e Lunigiana*. Pisa: Edizioni Plus; Pierotti, P. et al. 2003. *Manuale di Sismografia Storica*. Pisa: Edizioni Plus.

<sup>4</sup> Pierotti, P. & Ulivieri, D. 2014. *Valtiberina Toscana. Paradigmi di sismografia storica applicata*. Pisa: Pisa University Press.



Fig. 2 Schema che descrive il metodo denominato "sismografia storica" (in Ulivieri, D. 2016. From the history of the building to structural analysis, in Resilienza delle città d'arte ai terremoti. Enhancing Resilience of historic cities to earthquakes, XXXIII Giornata dell'ambiente (Atti Convegno, Accademia dei Lincei, 3 e 4 novembre 2015, Roma), Roma: Bardi Edizioni, pp. 309-327).



La banca di dati è organizzata sistematicamente in modo tale da estrarre i dati che descrivono elementi architettonici e strutturali che possono essere rapportati all'esistenza o meno di culture sismiche locali. È proprio grazie alla grande quantità di dati a disposizione che possiamo costruire un'ampia casistica. Infatti la correttezza dell'interpretazione tende a crescere con l'implementazione delle banche dati, anche in momenti successivi, e con la possibilità di incrociare fra loro informazioni provenienti da siti diversi.

I dati estratti dai database di immagini sono stati integrati con le informazioni riferite dalle fonti scritte rinvenute presso gli archivi e le biblioteche locali. Si è cercato di reperire tutte le notizie possibili sullo stato delle fabbriche, sulla natura degli interventi suggeriti dagli ingegneri per riparare le costruzioni in stato di deperimento o quelle dannificate dai frequenti terremoti. (Fig. 2)

### L'esperienza del fallimento

La presenza nell'edificato storico vernacolare di culture sismiche locali si rende percepibile prima di tutto attraverso "anomalie", ossia certe caratteristiche dell'edificato storico che resterebbero inspiegabili se non venissero interpretate come misure idonee ad aumentare la resistenza delle costruzioni al terremoto. Di fatto tali tecniche appartengono alla storia della tradizione locale e in particolare alla capacità di autoprogetto maturata da parte delle singole comunità. È infatti evidente che le

tecniche che una comunità ha selezionato nel corso dei secoli non dipendono solo dalle risorse disponibili ma anche dalla capacità di elaborazione culturale. D'altronde è vero anche che "il modo in cui le popolazioni e le società si proteggono e reagiscono ai disastri naturali ci fa comprendere su quali valori e su quali priorità esse si fondino. I disastri naturali sono il risultato di un'interazione tra natura e società, e la loro gravità dipende dal grado di adattabilità di una popolazione ai pericoli"<sup>5</sup>.

Una popolazione che riesce a riattivare la conoscenza del bâti, che usa e prende coscienza delle reazioni che esso ha avuto e che può avere rispetto al sisma, che riesce a riproporre in forma intelligente le tecniche tradizionali di rafforzamento, di riparazione e trasformazione riuscirà a proteggere meglio il proprio patrimonio culturale<sup>6</sup>.

Il manufatto architettonico è una struttura pluristratificata ed è l'espressione di un gruppo sociale. Il monumento, di qualsiasi entità e cronologia, è un documento storico, capace di essere letto e interpretato, e di trasmettere delle informazioni sui gruppi umani che lo hanno costruito e usato. La vulnerabilità dell'edificato dipende dunque non solo dall'intrinseca capacità di resistenza dei manufatti ma anche dal comportamento della comunità che lo usa.

Solitamente dopo il terremoto la comunità locale introduceva una serie di adeguamenti e correttivi nel proprio modo di abitare per tentare di rendere, almeno in via teorica, le costruzioni più resilienti alle deformazioni indotte dal sisma. Si procedeva dunque "mediante tentativi ed errori registrando le esperienze passate"<sup>7</sup>.

I "muratori" di ieri si basavano sull'osservazione diretta del danno sismico. Il loro sapere, non era scritto ma fondato sull'esperienza, e quindi le forme dell'architettura sono legate a un metodo sperimentale; queste comunità imitavano le tecniche che mostravano di resistere e rifiutavano quelle che si dimostravano poco efficaci. Ma le indicazioni della "regola d'arte" implicitamente contengono la verifica di sicurezza<sup>8</sup>.

Il principio da applicare è dunque *changes to achieve safety follow failure*<sup>9</sup>.

Gli edifici nella completezza delle loro problematiche venivano trattati "non col tempo raccorciato dei computer, ma col tempo reale dell'esperienza"<sup>10</sup>. In tal senso l'esperienza è storica e le caratteristiche degli edifici si precisano nella storia e si differenziano nelle diverse aree geografiche. L'evoluzione

<sup>5</sup> Svensen, H. 2010. *Storia dei disastri naturali*. Bologna: Casa editrice Odoya Editore, p.19.

<sup>6</sup> Ferrigni, F. (ed.) 1989. *San Lorenzo. À la recherche des anomalies qui protègent*. Court-St-Étienne (Belgique): Réseaux Pact.

<sup>7</sup> Heyman, J. 2014. *Lo Scheletro di Pietra*. Roma: EPC, p. 145.

<sup>8</sup> Pierotti, P. 2016. *Sismografia storica. Regole di carta, regole di pietra: la loro applicabilità professionale*. Roma: EPC Editore, pp. 53-65.

<sup>9</sup> Oliver, O. (ed.) 1997. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Vol. I, Cambridge: Cambridge University Press.

<sup>10</sup> Giuffrè, A. 1993. *Efficacia delle tecnologie storiche in area sismica*, in Giuffrè, A. (ed.). *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*. Bari: Editori Laterza, p. 147.



della cultura materiale si caratterizza per la sua lentezza perché verifica nei tempi lunghi la soluzione migliore.

Occorre dunque imparare a leggere, a conoscere e a distinguere i nostri borghi storici, che costituiscono la grandezza della nostra cultura – e che purtroppo, ancora oggi in Italia, vengono definiti minori, termine in cui è implicito un giudizio di valore preconcepito, – come se fossero i volumi di una biblioteca. “Quanto sarebbe fuorviante – spiegava Giuffrè – dalla complessità della cultura dire che tutti i volumi di una biblioteca appartengono all’unica categoria della “carta stampata”! Però a questo equivale la definizione onnicomprensiva oggi in uso di strutture in muratura”<sup>11</sup>.

Leggere e riconoscere la caratteristica della complessità di un centro storico significa comprendere in ogni tipologia, i dettagli costruttivi e i sistemi di assemblaggio strutturale che ne costituiscono il lessico proprio.

### **La cultura sismica locale nelle architetture vernacolari della Toscana**

La Toscana risulta una terra fertile dove la normativa si è confrontata spesso con l’esperienza delle culture sismiche locali. Il Granducato, fin dal Seicento, ha messo in piedi una efficiente macchina di azione post-sisma in cui il quadro preciso e dettagliato dei danni era lo strumento indispensabile per predisporre qualsiasi tipo di intervento. Gli ingegneri visitavano i borghi e le frazioni colpite dal terremoto sperimentavano la loro capacità di vedere, valutavano i danni e compilavano dettagliate perizie che giacciono tuttora nelle biblioteche e archivi locali. Nei primi decenni dell’Ottocento si comincia a disciplinare la formazione di ingegneri e architetti. Il regolamento disciplinare e istruttivo per il corpo degli ingegneri redatto a Firenze nel 1826 stabilisce che ogni ingegnere deve “avere sempre in mira i risultati dell’esperienza locale, e degli effetti osservati negli edifici simili a quei nuovi che si vogliono innalzare”<sup>12</sup>.

In virtù di tale approccio, che prosegue fino alla fine dell’Ottocento, la Toscana mostra una cultura tecnica e professionale che osserva, sperimenta e dialoga con la cultura del costruire locale.

Nel testo che segue viene presentato un campione circoscritto delle tecniche costruttive locali delle rispettive zone oggetto della sperimentazione.

<sup>11</sup> Ivi, pp. 147-148.

<sup>12</sup> Quinta sezione del regolamento intitolata “prescrizioni d’arte per le fabbriche ed altri lavori in muratura” in ASPi, *Comune di Pisa*, Inventario n. 93, Postunitario, *Regolamenti*, 1826 in Olivieri, D. *Cultura sismica in Valtiberina Toscana*, in Pierotti, P. & Olivieri, D., *Valtiberina Toscana*, op.cit., p.55.

### Sismografia storica applicata: Garfagnana e della Lunigiana.

La ricerca è partita dall'analisi contestuale dei centri storici di due aree campione della Toscana Settentrionale, Garfagnana e Lunigiana.

L'alta e media valle del Serchio e la Lunigiana sono aree sismiche, l'ultimo evento disastroso risale al 1920 ma una lunga serie di terremoti avvertibili, con punte fino al settimo grado, viene registrata con cadenza ricorrente (fino al terremoto del giugno-agosto 2013 che ha colpito la Lunigiana e le Alpi Apuane – magnitudo massima 5.4 alle 12.33 del 21 giugno, ipocentro intorno ai 10 km). Una delle circostanze che rendono l'area particolarmente interessante è che la massima parte delle vecchie case, soprattutto in Lunigiana, sono sprovviste di intonaco e quindi è possibile leggere direttamente sulla muratura e documentare fotograficamente le vicende che l'hanno coinvolta.

Il sistema statico spingente è radicato e diffusissimo in Garfagnana e soprattutto in Lunigiana.

Quest'area infatti presenta una serie di passaggi voltati che creano nella loro continuità delle vere e proprie gallerie.

Le gallerie hanno una precisa funzione di raccordo dello spazio interno ed esterno e una funzione di collegamento tra piano inferiore e piano superiore; ma rivestono anche una funzione di rafforzamento, proprio perché costruite tra edifici prospicienti o vicini. Nella maggior parte dei casi si tratta di volte aggiunte, ossia il passaggio coperto sorge come costruzione aggiuntiva realizzata sulla strada pubblica. Per lo più la strada di servizio, che porta dalla via principale agli orti, è voltata come la cantina ad essa contigua, secondo una struttura a rastrello che rende solidale un'intera schiera disposta lungo la via centrale. (Figg. 3 e 4)

Nell'esperienza condotta in Lunigiana e nell'alta e media valle del Serchio, prendendo come termine di riferimento il terremoto disastroso del 7 settembre 1920 (10 MCS), gli agglomerati più resistenti al sisma si sono dimostrati i "borghi in galleria". Si tratta di un complesso di borghi caratterizzati dalla presenza di un impianto stradale in larga parte coperto da gallerie, dove la galleria nasce secondo un preciso intento urbanistico.



*Fig. 3 Passaggi voltati che creano nella loro continuità delle vere e proprie gallerie, Caprio, comune di Filattiera (MS).*



*Fig. 4 Sistema di gallerie, Groppoli (MS).*



Fig. 5 Borghi in galleria, Pietrasalta e Tavella, frazioni di Tresana (MS).



Fig. 6 Galleria, Casatico (fraz. di Camporgiano LU).



Questi agglomerati continui di case collegate fra loro da percorsi voltati, sono costruiti con muratura praticamente a secco, con la medesima pietra sulla quale sono stati fondati. Questo sistema, compatto e monoblocco, rispondeva a diverse necessità, prima fra tutte quella di difendersi dal freddo invernale. Ma in queste zone dove il sisma è endemico quanto il gelo non si può escludere anche la consapevolezza di creare delle strutture più resistenti al terremoto. (Figg. 5 e 6).

Del resto il meccanismo di mutua tenuta veniva attivato anche con la realizzazione di fabbricati costruiti in linea, ossia in stretta adiacenza l'uno con l'altro o con l'aggiunta di nuovi corpi di fabbrica<sup>13</sup>. A ben vedere l'accorpamento degli edifici, secondo uno schema a schiera, allineati lungo uno stesso prospetto, in modo da costituire un abitato compatto e la ricerca di una maggiore solidità dell'impianto edilizio, aiuta le case a

<sup>13</sup> Ferrigni, F. 2005. *The Local Seismic Culture approach and other disciplines*, in Ferrigni, F. et al. *Ancient Building and Earthquakes*, op. cit., pp. 258-261.

resistere contro il terremoto. Infatti fino all'ingresso delle normative tecniche in materia urbanistica e strutturale, gli edifici venivano costruiti affiancandosi alle costruzioni preesistenti e sfruttandone il muro di confine"<sup>14</sup>. Lungo la schiera, nelle case d'angolo, infatti, si osserva spesso la presenza di archi di contrasto, che si dimostrano molto utili nel garantire una relativa continuità strutturale fra isolati prospicienti.

Del resto anche l'ingegnere Francesco Guasti, uno dei Componenti il Regio Consiglio degli Ingegneri, inviato dal governo granducale nel comprensorio di Casola in Lunigiana all'indomani del terremoto del 11 aprile 1837, per l'esecuzione delle case nuove di Uglianaldo e di Argigliano raccomandava "la fondazione continua, sempre spianata e collegata fra i muri di cinta, e quelli traversi, non meno che la buona collegamento dei muri medesimi sopraterra, l'uso di buona calcina, e di rena di fiume, e quello di forti leghe nelle cantonate. Le travi pure potranno essere staffate, ed armate di paletti specialmente tra il pian terreno e il primo piano"<sup>15</sup>.

D'altronde sempre Guasti raccomanda a Jacopo Fiorelli e Giovanni Castagnoli, due proprietari danneggiati di Uglianaldo, di restaurare le loro case a condizione che il primo "si valga delle muraglie non strapiombanti e colleghi bene la nuova costruzione coll'antica a perfetta regola d'arte" e il secondo "riprenda dal fondamento in buona regola d'arte il muro maestro a contatto della strada...e ricollegli il muro medesimo con le muraglie traverse mediante buone leghe di pietra"<sup>16</sup>.

Uno degli interventi più frequenti di prevenzione o di riparazione delle strutture, riferibili alla sicurezza e al loro rafforzamento, consiste nell'adozione di collegamenti realizzati con archi o con l'aggiunta di nuovi corpi costruiti a ponte tra edifici prospicienti o vicini. D'altronde il ricorso all'arco di contrasto qui era favorito dal fatto che non c'erano disposizioni contrarie all'occupazione dello spazio sopra le strade; prima bastava che due frontisti si mettessero d'accordo per risolvere, con un intervento semplice e poco costoso, il problema della verticalità delle facciate.

La saldezza della parete è, per lo più, raggiunta aggiungendo anche corpi esterni; la tecnica, infatti, più diffusa per aumentare la resistenza di una struttura è quella di addossare speroni, contrafforti, rinforzi murari, ma anche scale, logge, loggiati, edifici. (Fig. 7)

Gli ingegneri e i mastri muratori consigliano sempre di "rinforzare i muri esterni" attraverso la costruzione di contrafforti o di speroni e si suggerisce anche la costruzione di archi di



Fig. 7 Scale addossate nel borgo di Anchiano (fraz. di Borgo a Mozzano LU).

<sup>14</sup> Blasi, C. et al. 1999. *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici (Regione Umbria)*. Roma: Edizioni DEL.

<sup>15</sup> Archivio di Stato di Massa, fondo dell'Archivio Storico di Fivizzano, Sezione Registri, *Affari di Terremoti a tempo del Vicario Regio Giuseppe Zannetti*, n. 555.

<sup>16</sup> Ibidem.



Fig. 8 Rinforzo murario in una casa della frazione di Apella (Licciana Nardi MS).



Fig. 9 Terrazzo aia, Viano (fraz. di Fivizzano MS).

contrasto. In una casa di Gigliana bisogna “riprendere un pezzo della Volta N[uov]a nel fondo, che già minacciava, costruire un arco a sostegno della med[esim]a, Ricostruire una Cantonata sulla Loggia. Costruire un pezzo di muro a contrasto con la casa Mapandri; Riprendere e collegare vari cretti ingranditi, e rivedere il tetto”<sup>17</sup>. (Fig. 8)

Anche l’aia sopraelevata, tipica della Lunigiana, il cosiddetto terrazzo aia, ha una funzione di appoggio e di sostegno. Si tratta di uno spazio lastricato destinato agli usi agricoli tipici di tutte le aie delle case rurali. Spesso i terrazzi aia sono sostenuti da strutture voltate, poggiate su muratura piena o anche su pilastri che formano al di sotto logge, passaggi tra casa e casa o spazi specialistici di rimessa e deposito coperti. Così due risultati si integrano in un’unica struttura: il rafforzamento statico e il miglioramento funzionale. (Fig. 9)

Nel momento in cui, a partire dal XIX secolo, le nuove regolamentazioni trasformano strade e passaggi da spazi comunitari a demanio pubblico, si impedisce di rafforzare i cantonali con la costruzione di gallerie e scale, e vengono utilizzate in maniera massiccia le catene.

Nelle carte d’archivio si fa più volte riferimento al rigonfiamento o all’allentamento delle pareti esterne o interne degli edifici. Anche le case di Tommaso del fu Francesco Savini e di Giovanni Maria del fu Giovanni Zammori di Filattiera in seguito al terremoto del 1834 soffrirono l’“esquilibrio e le spaccature dei muri esterni” e perciò “avrebbe bisogno di varie catene di Ferro”<sup>18</sup>. Sempre a Filattiera il signor Leonini presenta una supplica per la sua casa che “pel terremoto recentemente – 14 febbraio 1834 – avvenuto ha sofferto sgonfiature, e caduta di muri, e inoltre spaccature interne ed esterne”. Nel villaggio di Corlaga una casa di abitazione di proprietà del signor

<sup>17</sup> Archivio di Stato di Pontremoli, Ufficio Acque e Strade, Lunigiana e Toscana – danni prodotti dai terremoti – 1834, busta 6.

<sup>18</sup> Ibidem.

Alberigi Francesco “si presenta meritevole della ricostruzione della cantonata a Levante dal Solaio del secondo Piano al Tetto” e a Filattiera un’altra casa “ha sofferto un’apertura in una cantonata che “avrebbe bisogno di una catena di Ferro”. L’arco è prevalentemente a tutto sesto in qualche raro caso a sesto ribassato ed in alcuni altri ribassatissimo, prossimo alla piattabanda. L’analisi delle tipologie dei portali ha evidenziato che il tipo più diffuso è composto da tre conci disposti radialmente rispetto al centro dell’arco; gli stipiti sono formati da un solo pezzo, altre volte i montanti funzionano anche ad incastro attraverso la creazione di uno snodo tra stipite-soglia e/o stipite-concio d’imposta.

Abbiamo registrato con una certa frequenza il caso dello scivolamento verso il basso della chiave d’arco. Durante un terremoto violento le mura degli edifici si possono aprire e richiudere rapidissimamente e la chiave si riassetta su un nuovo livello proprio per effetto della sua forma tronco piramidale che lavora come una zeppa<sup>19</sup>. (Fig. 10)

Don Francesco Antonio Andreani racconta che durante la “lunga scossa” del 21 gennaio 1767<sup>20</sup> l’arco di pietra del tempio, si dilatò, si separò e si rinserrò sotto gli occhi attoniti degli abitanti e “cessato il detto Terremoto videssi fuori di ogni aspettativa rinserrato l’arco e ritornato al suo segno primiero in modo tale che appena conoscessi dove la preserrata separazione seguisse”<sup>21</sup>. Anche durante il terremoto del 14 agosto 1846 “sulle facciate laterali” del Palazzo dei Priori di Volterra “si sono manifestate due crepe quasi verticali che hanno spostato tutti gli archi delle finestre ed in una il serraglio e la contigua pietra oltre ad essersi spostati sono calati di ben due soldi di braccio”<sup>22</sup>.

In caso di sisma può in effetti accadere che un tale riassetto salvi la struttura dal crollo. In queste zone la chiave scivolata è diventata così una vera e propria figura retorica, acquisita grazie all’osservazione del comportamento dei conci in chiave. La frequenza dello scivolamento e del riassetto del concio in chiave di un arco, in occasione di un sisma, ha fatto sì che un elemento considerato apparentemente di rischio, diventasse invece una tecnica e conseguentemente un elemento stilistico.

La sismicità è registrata nella memoria storica delle popolazioni residenti in Lunigiana e Garfagnana, titolari della loro particolare cultura sismica. Le norme di prevenzione antisismica sono leggibili nei caratteri costruttivi dell’edificato vernacolare.



Fig. 10 Chiave scivolata, Castelletto (fraz. di Giuncugnano LU).

<sup>19</sup> Pilla, L. 1846. *Istoria del tremuoto che ha devastato i paesi della costa Toscana il di 14 agosto 1846*. Pisa: R. Vannucchi, in *Il terremoto delle Colline Pisane del 1846. Cinque testimonianze coeve*. 2004. Pontedera: Tagete Edizioni.

<sup>20</sup> “1767, gennaio 21 – In Fivizzano alle ore 8 e mezzo una lunga scossa produsse grande spavento; altra più forte circa alle 9,30’ diroccò camini, lesionò gravemente case, la chiesa di Ognissanti, l’Ospedale, il Pretorio, la Dogana del sale. Nel contado molti edificiz furono rasi al suolo. Fino al 4 febbraio si sentirono almeno 36 scotimenti” in Caselli, C. 1926. *La Lunigiana geologica e preistorica con tavole illustrative*. La Spezia: Libreria della Marina.

<sup>21</sup> Archivio di Stato di Massa, Libro dei Partiti e Deliberazioni 1737-1777, filza 49b.

<sup>22</sup> Archivio Storico del Comune di Volterra, *Preunitario*, Lettera N nera, 100.



Naturalmente non sempre la memoria persiste e non ovunque si formano tali culture. L'esistenza di culture sismiche locali nell'edificato storico non coincide in maniera automatica e lineare con una minore vulnerabilità. Vi sono infatti casi in cui l'edificato non rispetta la "regola d'arte", e "cade la presunzione della validità del principio: edificio antico=buona costruzione"<sup>23</sup>.

### **Valtiberina Toscana**

La verifica condotta sul materiale fotografico raccolto nella Valtiberina Toscana tendeva a ricercare capacità di autoprogetto dettate – come in Lunigiana e Garfagnana – da metodi di prevenzione antisismica. L'analisi attenta dell'edificato storico vernacolare della zona ha però rilevato che le tecniche costruttive locali antisismiche non risultano estesamente impiegate, applicate e tramandate.

L'area di studio comprende i territori comunali di Monterchi, Anghiari, Sansepolcro, Caprese Michelangelo, Pieve S. Stefano, Badia Tedalda e Sestino che corrispondono all'alta valle del Tevere.

L'estrema varietà dell'articolazione altimetrica caratterizza questo territorio, che passa dalla pianura alla montagna attraversando tutta la serie delle gradazioni intermedie.

La Valtiberina presenta come dato strutturale della sua storia il carattere della marginalità territoriale, sia in rapporto alla regione Toscana e ai suoi centri maggiori e più prossimi centri di azione politica ed economica, Firenze ed Arezzo, sia in rapporto ai centri delle regioni limitrofe: Rimini, Urbino, Perugia. Tale isolamento aveva permesso ai più importanti centri urbani, come Sansepolcro, di godere di una buona autonomia politica, poi estesa a tutto il territorio circostante. Significativo infatti delle condizioni di marginalità della Valtiberina è la riappropriazione di alcune autonomie giurisdizionali da parte di certi nuclei nei confronti del centralismo burocratico del granducato mediceo, che resteranno vigenti fino alle riforme leopoldine<sup>24</sup>.

L'analisi attenta dell'edificato storico vernacolare della zona, condotta attraverso l'osservazione sul campo e la ricerca sistematica della frequenza degli elementi costruttivi, ha rilevato che le tecniche costruttive locali non presentano evidenti valenze antisismiche. Ne abbiamo un riscontro nella ricca ed eterogenea documentazione conservata presso gli archivi

<sup>23</sup> Borri, A. 2015. *Strutturisti e restauratori; sicurezza vs conservazione? Problemi, dubbi e proposte*, Structural 199, October 2015, paper 24, p. 5.

<sup>24</sup> Di Pietro, G.F. & Fanelli, G., 1973. *La Valle Tiberina Toscana*. Firenze: Ente Provinciale per il Turismo di Arezzo.



*Fig. 11 e 12 Gallerie, Manzi e a Lama (fraz. di Caprese Michelangelo AR).*



*Fig. 13 (a sinistra) Corpi di contrasto, Monterchi (AR).*



*Fig. 14 (a destra) Corpo di contrasto edificato, Monterone (fraz. di Sestino AR).*

storici locali (Anghiari, Sansepolcro, Pieve Santo Stefano, Caprese Michelangelo). Essa fornisce una fotografia sullo stato delle architetture vernacole e sulle tecniche costruttive locali; in più le perizie e le osservazioni tecniche redatte dagli ingegneri granducali, non soltanto in relazione ai danni dei terremoti, descrivono il linguaggio costruttivo dell'edificato storico.

Il sistema statico spingente non è radicato in Valtiberina e rarissimi sono i casi di passaggi voltati. Le poche gallerie che incontriamo sono episodi sporadici all'interno di agglomerati più vasti e di altro carattere. Esse sembrano più che altro dettate da esigenze funzionali o da normative locali, non facilmente riconducibili ai modelli della Lunigiana. La maggior parte dei sistemi spingenti registrati sono archi prevalentemente a tutto sesto che identificano più propriamente il portale. Anche gli archi di contrasto censiti mostrano un'esecuzione frettolosa e posticcia, che spesso fa dubitare sulla loro effettiva funzione strutturale. (Figg. 11, 12, 13, 14)



Fig. 15 *Muratura disomogenea, Anghiari (AR).*

L'edilizia di Anghiari però si caratterizza per l'impiego ripetuto di aperture centinate definite da mostre di pietra sagomata e cornici davanzale continue. Queste aperture sono formate da un arco a due conci disposti radialmente rispetto al centro dell'arco, i montanti sono formati da un solo pezzo.

Gli episodi di corpi addossati sono prevalenti rispetto ai meccanismi di mutuo contrasto e s'incontrano di frequente nei luoghi di campagna, dove gli annessi agricoli si aggiungono all'edificio principale che fa anche da abitazione.

Le murature sono disomogenee e la malta gioca un ruolo sostanziale. L'estrema varietà del materiale lapideo, in termini di pezzatura e di organizzazione del paramento, conferisce alla malta un ruolo estremamente importante. In Valtiberina

prevale, infatti, l'utilizzo della pietra, che però non presenta segni di preparazione, per lo più è combinata con elementi di spoglio recuperati da crolli o da scarti di lavorazione. L'estrema varietà del materiale lapideo, in termini di pezzatura e in termini di organizzazione del paramento, conferisce alla malta un ruolo estremamente importante. La malta svolge oltre che una funzione di allettamento, anche una fondamentale funzione di riempimento degli interstizi tra il pietrame utilizzato per la costruzione del setto murario. (Fig. 15)

Nel 1831 la comunità di Anghiari deve ricostruire "il muro a retta dell'orto del soppresso convento della Croce". L'ingegnere, oltre che rimettere in opera "il vecchio diruto materiale", prescrive di utilizzare i sassi "più duri e resistenti, e ridotti per quanto sarà possibile ad una forma regolare, specialmente quelli che dovranno costituire la faccia esterna del muro medesimo", e i massi dovranno "esser posti guazzanti in calcina, ben commessi e ben collegati tra di loro". Ma in particolar modo egli si sofferma sulla regola d'arte per la calcina di migliore qualità prodotta da una delle fornaci presso Anghiari, "cotta di fresco, bene spenta, bene impastata e manipolata colla rena fino a tanto che non siansi bene fra loro promiscuate le parti; questo impasto, le di cui porzioni dovranno esser tali che la calcina non sia mai minor della metà della rena, verrà fatto giorno per giorno nella occorrente quantità, ed avanzandone del giorno precedente si tornerà a manipolarlo, aggiungendovi qualche parte di calcina spenta di recente per supplire alla nervatura risentita dall'impasto medesimo. La rena che si estrarrà dal fiume Sovara, sarà granellosa, stridente fra le dita e purgata da ogni parte terrosa"<sup>25</sup>.

La regola d'arte impone che "in un buon muro la malta giochi un ruolo inessenziale" pertanto "la resistenza della malta è chiamata in causa dal difetto di ammorsatura, ma in tal caso è ben difficile che essa riesca a supplire quella mancanza"<sup>26</sup>. Le tecniche murarie incontrate in Valtiberina Toscana tradiscono però tale precetto. L'indagine condotta in quest'area mostra murature tutt'altro che eseguite a regola d'arte, dove la malta invece gioca un ruolo sostanziale.

Nel 1931, il tecnico del comune di Caprese Michelangelo osserva che "la casa Cardinali sita al Molin del Grifo sul Carbonchio non versa come si diceva in imminente pericolo di precipitazione" visto che "tutte e quattro le sue facce e spigoli danno la sicurezza di ancora lunghissima resistenza giacché essendo ben conservati a piombo sono collegati con abbondante

<sup>25</sup> Archivio Storico Comunale di Sansepolcro, *Perizie dal 1 gennaio 1826 a tutto il di 31 marzo 1829, gestione Maestrelli ed altre minute di perizie nella gestione Baglioni*, Muro da ricostruirsi a retta dell'orto del soppresso convento della Croce, 23 marzo 1831.

<sup>26</sup> Giuffrè, A. (ed.) 1993. *Sicurezza e conservazione dei centri storici*, op.cit., p. 7.



e ottima malta di calce<sup>27</sup>. La resistenza del muro non è realizzata dal sapiente incastro delle pietre ma dalla resistenza della malta che è chiamata in causa per supplire al difetto di ammorsatura.

Inoltre il panorama fessurativo è diffuso; tra gli elementi di crisi individuati sui fabbricati, i casi di ricuciture malfatte e male ammorsate sono molti. In particolare le situazioni più critiche si registrano nel centro storico di Anghiari, dove le crepe evidenziano segni d'indebolimento della muratura e determinano un quadro complessivo preoccupante. Le fonti d'archivio forniscono un quadro interessante sulla natura degli interventi, provvisori e definitivi, suggeriti dai tecnici per riparare i danni cagionati dai terremoti, che consistono per lo più in "lesioni verticali, crinature ai muri e disordinamento al tetto". L'intervento più frequente è la "demolizione e ricostruzione di muratura in breccia (a scuci-cuci) con l'applicazione di leghe in pietra o in mattoni con buono materiale e rena della Sovara"<sup>28</sup>.

Nonostante che la storia sismica della Valtiberina Toscana registri la ricorrenza e l'intensità dei sismi, il sistema locale non ha avvertito il terremoto come una condizione di pericolo grave. Di conseguenza le comunità non hanno sviluppato misure di prevenzione adeguate o consolidati espedienti costruttivi per ridurre la vulnerabilità dell'edificato vernacolare, ma altresì hanno accettato il danno, sanandolo ogniqualvolta necessitava.

È un fatto però che nonostante i terremoti, i conseguenti danni, il cattivo stato di conservazione delle murature, questi edifici sono lì a testimoniare la loro capacità di resistere.

<sup>27</sup> Archivio Storico Comunale di Caprese Michelangelo, *Sicurezza pubblica*, faldone VII-XV-E, 1931.

<sup>28</sup> Archivio Storico Comunale di Anghiari, postunitario, *Ufficio Tecnico*, notizie su terremoto 1917, 407.

## Nota finale

L'edificato storico vernacolare è oggetto unico, irripetibile e irregolare per cui è impossibile individuare criteri di analisi e metodologie operative che abbiano il dono dell'oggettività.

Non si può, dunque, dare una regola universale all'edificato storico, ogni realtà ha una storia a sé e conseguentemente la si deve leggere e indagare. Le regole morfologiche e tipologiche sono leggibili direttamente sul posto e ad esse occorre fare riferimento. La convinzione è che "il nostro agire, il nostro usare i luoghi e le architetture deve essere dettato da quelle regole che a quei luoghi hanno consentito di nascere e di arrivare fino ad oggi mantenendo un valore ancor oggi riconosciuto, che non ha perso riconoscibilità nel tempo"<sup>29</sup>.

In tal senso il lavoro di schedatura si è dovuto adeguare di volta in volta alle caratteristiche del costruito. È stato, dunque, invertito il tradizionale processo *top down* che parte dalla norma per arrivare alla schedatura. La schedatura infatti è stata modellata sulle caratteristiche dell'edificato storico vernacolare. In questo modo la conoscenza del costruito non dipende da un sistema di schedatura preordinato.

<sup>29</sup> Mariani R. et al. 2000. *Comune di San Miniato, Provincia di Pisa, Piano dei Centri Storici San Miniato, Variante al P.R.G. – L-R-T- n° 59/80 art.5 ai sensi dell'art.40, comma 2, lett. f – L.R.T. n°5/95, Relazione generale, 2000, p. 9.*



Francesco Gurrieri

## I conti col terremoto. In tema di riabilitazione e ricostruzione post-sismica

*Un problema di non facile soluzione per la distanza fra norme e realtà. "Adeguamento" e "miglioramento antisismico".*

Ad ogni evento sismico sembra riaccendersi il dibattito – troppo spesso monocorde – sulle provvisorie antisismiche. E ciclicamente riscopriamo che il nostro è un paese ad alta sismicità. Lo è soprattutto – basti osservare la cartografia ufficiale – lungo l'arco appenninico, ma non solo. Se apriamo il sito della Protezione Civile, l'incipit è apodittico: "L'Italia è un Paese ad alto rischio. Terremoti, alluvioni, frane, eruzioni vulcaniche, incendi. Rischi naturali che si sommano a quelli legati alle attività dell'uomo, che contribuiscono a rendere fragile il nostro territorio". Si ricordi che l'istituzione del Servizio Nazionale è riconducibile alla legge n. 225/92, operante dunque da venticinque anni.

Queste riflessioni, sollecitate dall'amico Pierotti, tornano a toccare il problema specifico dell'intervento antisismico sui "monumenti" (di prevenzione e post-sismico), ricordando che per tali vanno riconosciuti e ricondotti quelli definiti oggi dal Codice dei Beni Culturali, migrati senza variazioni dalla remota legge n. 1089/39.

Sinteticamente, possiamo dire che nel nostro Paese abbiamo attraversato una stagione assai lunga, in cui la *ratio antisismica* coincideva con la *ratio del cemento armato*, secondo cui l'intervento – anche in un edificio in muratura realizzato con tecniche pre-moderne – sarebbe stato tanto più efficace quanto più l'assetto conseguente assomigliasse ad un telaio in cemento armato. Poi, la progressiva parcellizzazione delle competenze, e vengono prodotte tantissime nuove norme. Ad ogni sisma una integrazione normativa, un (apparente) irrigidimento della norma con l'introduzione di "programmi di calcolo" delle strutture (ufficializzati), nell'intento di mettere ordine, ma in realtà con il fine di garantirsi da responsabilità, civili e penali, affidandosi al rispetto delle "formule".

C'è stato un momento, ai primi anni '80, in cui le norme dell'"adequamento antisismico" sembrava dovessero essere applicate indistintamente ad ogni edificio, monumenti compresi. Senza considerare che quell'applicazione generalizzata – di fatto inapplicabile ai monumenti – avrebbe aperto le porte a quello che fu definito il "blindo-restauro", ove le armature e i presidii in ferro o in cemento armato sarebbe prevalsi sullo stesso monumento, alterandolo irreparabilmente. Proviamo

a immaginate la Torre di Pisa blindata da strutture metalliche dentro e fuori la sua architettura! Ma quella provocazione, paradossalmente, fu salutare, perché mise in moto una riflessione profonda della cultura della conservazione, che cominciò a interrogarsi su come, nei secoli, tecnologie assai più leggere e meno invasive del cemento armato avessero mostrato una efficacia di tutto rispetto. Verso ciò concorse la disponibilità di manuali di tecniche costruttive locali, disvelatori di modalità elementari di prevenzione sismica. In questa direzione ebbe persino successo un remoto testo settecentesco, considerato vera e propria fonte sul problema (Giovanni Vivenzio, *Istoria e Teoria de' tremuoti*, Napoli, Stamperia Regale, 1788). Può essere di qualche utilità ricordare come la letteratura sui terremoti sia presente già nel XV secolo; Giannozzo Manetti ne scriveva già nel 1457 (G. M., *De Terraemotu*, ripubblicato in anastatica dall'ENEA nel 1983). A questo proposito è gradito segnalare la tesi di laurea di Paolo Bortolon *Il Settecento e il terremoto* (relatori F. Laner e U. Barbisan, discussa all'IUAV di Venezia nell'A.A. 1991/92), di cui una copia è depositata presso l'Osservatorio Ximeniano di Firenze.

E se il testo fondamentale, descrittivo degli eventi sismici, resta quello del Baratta (M. B., *I terremoti d'Italia*, Torino, 1901 - in anastatica di Forni nel 1979), è solo recentemente che si registra una rinnovata attenzione sul problema. Si segnala il garbato volumetto di F. Laner, U. Barbisan, G. Brasati (*SF, sussidi di funzionamento - La muratura armata*, IUAV, Venezia, 1982-83); ed ancora del CNR - Progetto finalizzato Geodinamica, *il Catalogo dei terremoti dall'anno 1000 al 1980*, Bologna 1985.

Utile è il volume degli Atti del Convegno *Il rischio sismico in Toscana*, organizzato dalla Regione Toscana - Giunta Regionale, 1986: qui si segnala il contributo di D. Benedetti e V. Petrini del Politecnico di Milano (*Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura: proposta di un metodo di valutazione*, pp. 211 - 219).

Un'attenzione più estesa, con un taglio originale ha l'opera di S. Caldaretti, W. Fabietti e A. Riggio (*La vulnerabilità sismica dei sistemi territoriali*, Roma, 1987) su una materia poi tanto indagata e sistematizzata dal Borri (presente in questo manuale).

È da ricordare che nel 1985, a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica, è stata pubblicata la *Carta della massima intensità macrosismica risentita in Italia*. Ma si deve soprattutto ad An-



tonino Giuffrè uno dei contributi tecnici più avvertibili in ordine al riavvicinamento alle tecniche più leggere, meno invasive del manufatto (si veda soprattutto: *Mechanics of Historical Masonry and Strengthening Criteria*, XV Regional Seminar on Earthquake Engineering, Ravello 1989; AA.VV. (a cura di A. Giuffrè), *Techniques of Preservation of the Historical Centre of Ortigia*, 1992 ).

Ma è opportuno chiarire che sarebbe altrettanto sbagliato demonizzare le tecniche di avanguardia quanto enfatizzare le pre-moderne. È dall'equilibrato e intelligente impiego delle une e delle altre che si può correttamente operare.

Dopo l'ennesimo iterato sisma che ha colpito il nostro Paese è sembrato naturale tornare ad interrogarci, con una riflessione il più possibile pluridisciplinare, come l'evento richiede. Purtroppo, non è la prima volta che ci si siede intorno a un tavolo riversando le nostre esperienze, le nostre preoccupazioni, i difficili lineamenti per qualche prospettiva migliorativa.

Quello del restauro è un mestiere difficile. Tanto appassionante quanto complesso. E quasi sempre accompagnato da ansie per la responsabilità che avvertiamo verso le generazioni future nel consegnare un patrimonio di civiltà e d'arte che abbiamo ereditato.

Molti di noi hanno identificato la loro vita con l'impegno per la conservazione di un patrimonio unico al mondo: lo abbiamo imparato dai nostri maestri e dai nostri colleghi che ci hanno lasciati. Si chiamavano De Angelis d'Ossat, Cestelli Guidi, Bonelli, Pane, Brandi, Sanpaolesi, Di Pasquale, Benvenuto, Giuffrè, Ferroni e, più recentemente, Miarelli Mariani, Marconi, Chiarugi. Siamo qui a riflettere anche per loro: per testimoniare una continuità d'impegno che, mi auguro, sapremo consegnare ai più giovani.

Torniamo, appunto, ad una riflessione che valga ad approfondire la complessità del fenomeno sismico in ordine alla stabilità dei monumenti, alle prospettive di un loro ragionevole consolidamento e alle metodiche che debbono guidarci nel restauro o nella ricostruzione di ciò che si è perduto.

Nessuno di noi ha la presunzione di diffondere "verità" e semmai, quel che ci tiene insieme è l'"umiltà" che deriva dall'errore, dalla delusione, dall'impossibilità di aver realizzato quanto avremmo voluto; ma anche dalla certezza di aver operato con onestà tecnico-intellettuale. E questo è il territorio di base su cui lavorare. Sappiamo anche quanto faticoso e delicato sia stato – e continui ad essere – il problema della



Terremoti, edificio esistente,  
protezione dei beni culturali.

Fig. 1 L'Aquila, Chiesa del  
Convento di Santa Caterina.

“normativa”, materia di recenti confronti, anche vivaci.

Non sono pochi gli impegni e i progetti che abbiamo alle spalle sulla salvaguardia dei monumenti e dei siti storici. Così, oggi, siamo a riformulare un “inventario” dei problemi afferenti al tema della salvaguardia dei monumenti, dagli aspetti geologici e geodinamici al rischio sismico, dalle strategie di difesa alla natura degli interventi, agli aspetti mutevoli della normativa.

Certo è che, alla base dell'intero spettro di questi problemi, c'è un referente indiscusso: il monumento, con tutta la sua complessità filologica, costruttiva, di descrizione architettonica e archeometrica. In questo senso, quale che sia il destino della decisione relativa alla sua salvaguardia – prevenzione o intervento post-sismico –, si impongono tre raccomandazioni: a) disponibilità di buoni rilievi, con una ricognizione sulla reale consistenza. Coscienti del fatto che, di fronte a qualsiasi catastrofe il primo fondamento di conoscenza resta il *rilievo*.

b) il trasferimento dei rilievi disponibili ad una “banca dati” da affidare a un unico soggetto, governato da una norma pubblica che ne garantisca l'accesso; e qui si tratta di modularne l'acquisizione, perché non è accettabile che ogni volta che c'è un'emergenza ci si debba interrogare su chi e dove si possano trovare i rilievi dell'edificio.

c) rendere sistematica una campagna di rilevazione 3D, oggi facilmente archiviabile e altrettanto facilmente trasmissibile e dunque fruibile nell'emergenza. Ma ciò dovrebbe far parte di un “programma nazionale” se non europeo.

Ricordiamo appena gli ultimi eventi: Assisi (1997), L'Aquila (2009), Emilia (2012), Marche-Abruzzo 2016. E ricordiamo anche come il dibattito recente si sia articolato, sinteticamente, intorno ai seguenti temi:



- il problema “etico” del *Restauro* (e del *Consolidamento* che ne è una componente);
- la controversa evoluzione della “normativa”;
- gli aspetti squisitamente tecnici dell’intervento di “miglioramento strutturale”.

### **Etica del Restauro (e del Consolidamento)**

Il dibattito sull’etica del Restauro (e del Consolidamento) fu vivacissimo fra gli anni Settanta e Ottanta e coinvolse due generazioni, dal Sanpaolesi al Brandi, dal Bonelli a De Angelis d’Ossat, da Roberto Pane a Salvatore Boscarino; e poi, insieme a chi scrive, Roberto Di Stefano, Gaetano Miarelli Mariani, Gianni Carbonara, Paolo Marconi, Marco Dezzi Bardeschi, Amedeo Bellini, Paolo Fancelli ed altri. Ma fu nel Convegno di Ravello del 1975 che fu posto il problema “filologico-strutturale” del corpo di fabbrica. Infatti, fino ad allora, si interveniva nel consolidamento con la pura e semplice *ratio* dello strutturista (esperto in cemento armato o in strutture metalliche), senza porsi alcun problema di rispetto dell’*originario aspetto statico-costruttivo del monumento*.

Tali erano le certezze nell’efficacia dell’impiego del C.A. (legittimate in linea di principio dalla *Carta di Atene* del 1931) che pullularono interi volumi di esempi e repertori, sponsorizzati dalle associazioni produttrici di C.A. e dai consorzi tesi all’innovazione e all’impiego dell’acciaio. Cito un caso per tutti: le nuove volte in ferro e cemento armato della Chiesa di S. Maria delle Grazie a Montesanto di Napoli, prospettato come intervento esemplare. *Quis sine peccatum...* scagli la prima pietra!

Più recentemente il collega Borri ci ha ricordato l’impegno di Di Pasquale e di Antonino Giuffrè per sottrarre il consolidamento agli strutturisti del C.A., per ricondurre quella specifica attività alle “murature ordinarie” che avevano – come fu ovviamente dimostrato – una propria logica di comportamento meccanico, che andava affrontato con altra mentalità scientifico-tecnica. Ma Proprio Di Pasquale e Giuffrè da chi furono sollecitati a quella sterzata di metodo se non dal dibattito che i restauratori aprirono criticamente subito con gli “strutturisti”?

Una coincidenza importante (che può avere rilevanza storica) fu quella dei lavori di ricerca intorno alla Cupola di Santa Maria del Fiore, a partire dal 1975. In quel Comitato il confronto



Fig. 2 L'Aquila, Convento di Santa Caterina.

scientifico sul comportamento della muratura fu davvero fecondo: Cestelli Guidi, Di Pasquale, Andrea Chiarugi, furono protagonisti di approfondimenti e di messe a punto che venivano arricchendo il più generale dibattito fra i restauratori; così che, molto presto, le rigide (e inizialmente assurde) normative prodotte dal Ministero dei LL.PP. dovettero essere riviste, introducendo il principio del "miglioramento" in alternativa all'"adeguamento"; da cui, a seguire, il cosiddetto "Documento Ballardini" (Romeo Ballardini, docente di restauro era allora nel Consiglio superiore dei Beni Culturali).

Sull'etica del Restauro (e del Consolidamento) è recentemente uscito lo studio di Piero Pierotti di grande attualità (P.P., *Sismografia storica*, EPC Editore, Roma 2016) che coordina i contributi qui presenti. Pierotti è un collega che ha insegnato all'Università di Pisa, che da "storico dell'arte" ha sempre seguito con attenzione (e apprensione) i problemi del restauro e fu già molto critico con l'intervento sulla Torre di Pisa del "Gruppo Jamiolkowski". Pierotti, muovendo dalla considerazione che "l'ingegneria, negli ultimi anni, ha prodotto vistosi cambiamenti tesi ad acuire l'importanza di metodologie complicate e specialistiche ha concentrato l'attenzione sui benefici derivanti da un accresciuto livello di precisione a fronte di procedure sempre più complicate e difficili da controllare". Da qui l'opportunità e la necessità di considerare i problemi dell'ingegneria in una prospettiva culturale e critica più ampia, accogliendo contributi di riflessione e di studio non strettamente legati alla disciplina e nondimeno preziosi, favorendo un approccio basato sulla centralità dell'uomo ancor prima della macchina. Il Pierotti, muovendo dalla considerazione che "le mappe di pericolosità sismica di cui disponiamo si avvalgono in larga misura delle informazioni ricavate dalla sismologia storica e che arrivare alla previsione per via probabilistica è assolutamente aleatorio" perviene ad una prima conclusione,



Fig. 3 L'Aquila, Conservatorio di Collemaggio.

secondo cui “le metodologie che sono state trasferite nelle normative [...] meritano di essere ridiscusse con molta severità”. Non solo, ma lo stesso Autore analizza con passione le “distorsioni” introdotte in numerose classificazioni di rischio sismico nelle normative e i paradossi legislativi conseguenti nelle prescrizioni delle NTC (Norme Tecniche di Costruzione). Ciò per dire – *toutes proportions gardées* – come anche in aree e discipline altre, ma attente alla conservazione dei beni culturali, emergano quelle perplessità che anche il Borri tocca nel suo saggio.

#### **Una Normativa controversa e una conseguente Prassi assai incerta**

C'è da concordare pienamente con la diffusa requisitoria sulla evoluzione/involuzione della “normativa”. Fra l'altro, gli studi di prevenzione sismica del Mibac – ricordo anche quelli coordinati da Umberto Baldini, al vertice dell'Istituto Centrale del Restauro negli anni '80 –, la Circolare Ballardini (“*Raccomandazioni relative agli interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche*”) e altro ancora, tendenti a focalizzare una prassi specifica per il consolidamento dei “monumenti”, siano sostanzialmente caduti nel vuoto; prevalendo, ancora una volta, l'impostazione “generalista” dell'intervento, con una normativa sempre più astratta e assai parzialmente rimodulata sulla reale esperienza. Tanto da far parlare di “danni da normativa”, nel senso, appunto, di veri e propri peggioramenti statici (e dinamici) conseguenti all'applicazione rigidamente burocratica della norma.

Oggi, nel *mare magnum* della normativa dobbiamo far riferimento alle “*Linee guida per l'applicazione della Normativa tecnica*”, concordata col V. Capo della Protezione Civile del marzo 2006; che hanno fatto seguito all'Ordinanza sul rischio sismico della Presidenza del Consiglio dei Ministri (2003). In estrema sintesi, va ricordato come “per i beni culturali tutelati è in ogni caso possibile limitarsi a interventi di “miglioramento”, secondo quanto disposto al comma 4, art. 29 del D.L. 42/2004 – Codice dei Beni Culturali.

Aggiunge il Borri (e non si può non esser d'accordo con lui) che “sono stati messi, come macigni, interventi di consolidamento pesanti ed invasivi, non rispettosi del comportamento delle costruzioni in muratura, né delle loro effettive capacità

strutturali", motivate più dall'adattamento alle ipotesi di metodi di calcolo strutturale (POR) tali, soprattutto, per scaricarsi da responsabilità. L'impiego di cordolatura in C.A. – sommitali o in breccia –, quando non di vere e proprie coperture sostitutive rigide rispetto alle tradizionali lignee hanno prodotto danni palesi e irreversibili: danni appunto, "da normativa". Né, francamente, miglior successo sembrano aver avuto le "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico" del Mibac del 2011, anche a fronte delle sopraggiunte NTC del 2014. Insomma, siamo ancora in balia dell'inerzia, dell'applicazione acritica della norma, quando non dell'ignoranza, come scrive il Borri. Il fatto è che, in questo scenario, resta il problema della "responsabilità professionale" (civile e penale) che spinge, neanche a dirlo, verso l'asettica applicazione della norma proprio per "coprirsi le spalle".

#### **Aspetti tecnici e prospettive future (*Opus isodomum* e Diatoni)**

Il contributo di Borri ha anche il merito (e la lealtà scientifica) di entrare nel merito ad alcuni aspetti tecnici specifici. In particolare, vorrei spigolare sui "diatoni" che, a stare anche a certa letteratura tecnica più recente, sembrano essere la panacea del consolidamento delle murature. L'esperienza nel restauro insegna a diffidare delle tecniche "risolutive e definitive": il tempo, il rinnovarsi delle tecnologie, i nuovi prodotti, hanno rivoluzionato più volte (soprattutto dall'alluvione di Firenze e dal sisma in Friuli) prodotti e tecniche. Così, forse, vale per i "diatoni". Che hanno, è vero, le loro radici lontane nella tecnologia antica ("romana", in particolare): l'*opus isodomum* e, più in generale, l'*opera quadrata isodoma*, ci hanno dato e insegnato quanto più stabile fosse quella apparecchiatura muraria rispetto ad altre e, ovviamente, alla muratura "a sacco", ma vorrei esser più convinto che i diatoni artificiali ad espansione possano essere risolutivi; certo, migliorativi sì, se ben applicati; ma non come li ho visti proporre recentemente in alcune indicazioni concorsuali per alcuni compendi monumentali nell'area dell'Aquila. Sono poi, ancor più recentemente, sopraggiunte le barre elicoidali inox, prospettate come "nuova frontiera per il rinforzo puntuale di murature storiche e moderne" da porre in opera sia a secco che con geomalte: tutto bene, si tratta di altre sperimentazioni (forse più avanzate)



che ci riportano ai primi lontani impieghi dei “tirantini antie-spulsivi” del Mastrodicasa (microbarre affogate nella malta) o dei “tiranti pre-compresi” del Morandi; in sostanza delle “microbarre affogate nella malta” di cui si è fatto un uso universale: da qui, tutti siamo passati.

Infine, in quanto all’invocazione di un “maggior dialogo fra strutturisti, geologi e conservatori (restauratori, direi più precisamente)” non si può che esser d’accordo. Si tratta di riprendere e attualizzare una consuetudine di studi comuni, di convegni e di occasioni che hanno caratterizzato la nostra preparazione, la nostra attività professionale, il nostro insegnamento universitario e oltre. Ma ciò significa anche tornare a riflettere, con coraggio, sui “piani di studio” delle nostre Facoltà, delle nostre Scuole, dei nostri Master di specializzazione. A riparare e correggere non poche aberrazioni recenti, consumate su itinerari formativi, che erano ben collaudati dal tempo e dai fatti.

A fronte anche dell’ultima nostra tragedia non si deve dar nulla per perduto. Questo deve essere un imperativo civile per tutti: per la riabilitazione delle abitazioni, dei monumenti, dei centri storici. Guai ad imprigionarsi nel primo momento di sconforto: quello che emotivamente suggerisce che “tutto è perduto, che nulla si può salvare!”. Non è così. La storia degli interventi di riparazione post-sismica ci insegna che, con pazienza, con sapienza tecnica e con le competenze di cui il paese dispone, si riesce a restituire le case ai cittadini, i monumenti e le opere d’arte alla collettività. Dall’alluvione del 1966 al sisma ferrarese, attraverso Gibellina, il Friuli, l’Umbria, le Marche e l’Aquila, abbiamo collezionato diverse strategie di intervento (e di atteggiamento). Forse sbagliammo in Sicilia, ove ciò che rimaneva del centro storico fu consegnato ad Alberto Burri per macerare tutto e farne un “*memorial*” (da ritenersi opera d’arte), facendo una nuova Gibellina rimasta mezza vuota e incomprensibile ai suoi abitanti. Certamente abbiamo sbagliato all’Aquila (almeno inizialmente), ghettizzando quel meraviglioso centro storico assolutamente recuperabile e deportando altrove decine di migliaia di cittadini in nuovi condomini senza anima. Già, l’anima: perché è questa che dà il senso allo stare insieme, alla città, a quella sedimentazione secolare che il grande Lewis Mumford chiamò la “cultura della città”, di cui, coscienti o non, nessuno può fare a meno. La ricostruzione nel Friuli e i risultati raggiunti in Umbria, anche come metodologia di approccio e strategia di riabilita-



*Fig. 4 L'Aquila, Conservatorio di Collemaggio.*

zione-restauro degli edifici incoraggiano a questa seconda strada, fatta di ordine, di riflessione, di coordinamento fra enti locali, prefetture, organi tecnici. Esattamente quindici anni fa, proprio a Firenze, fu organizzato un incontro specialistico (Unesco, Ministero dei Beni Culturali, Università) ove fu postulata una Task Force capace di superare gli inevitabili tempi morti del primo momento immediatamente post-sismico. Il ministero ne prese atto, la protezione civile la rimodellò a sua immagine, con risultati diversi.

### **Qualche problema contingente**

Nel concludere queste riflessioni non si può sottacere la generale condizione di disagio lamentata dalla popolazione e dai sindaci dei comuni colpiti dal sisma (iterato) del 2016. I provvedimenti legati alle scelte del Commissario Straordinario, pur comprensibili nella loro motivazione, non possono non suscitare preoccupazioni in chi, come noi, ha buona esperienza negli interventi nei beni culturali. Il DL 189 e l'Ordinanza n. 4 del 28 novembre 2016 estende e consente l'intervento del Commissario agli edifici e ai beni "notificati". Così all'art. 6 dell'Ordinanza 17 novembre 2016: "Per gli edifici dichiarati di interesse culturale ai sensi degli artt. 10,12 e 13 del D.L. n. 42/2004 (Codice dei Beni culturali e del paesaggio), l'inizio dei lavori è comunque subordinato all'autorizzazione della direzione generale per i beni culturali e paesaggistici. I termini per l'esecuzione dei lavori decorrono dalla data della predetta autorizzazione". Da ciò è da dedurre che la locale soprintendenza – istituzionalmente più vicina e documentata sui beni presenti sul territorio – è bypassata nelle sue competenze, assorbite dalla "direzione generale". In un sol colpo e per la prima volta, si accentrano sul ministero le competenze della soprintendenza e del Segretariato regionale (ex Direzioni regionali).



Fig. 5 L'Aquila, Conservatorio di Collemaggio.

Insomma, piuttosto che fortificare la *funzione sul territorio*, come sembrerebbe più logico e funzionale per una collaborazione diretta con i comuni, i tecnici e i cittadini, si sposta il rapporto sul ministero. Ciò non è un atteggiamento nuovo nella cosiddetta "riorganizzazione" ministeriale: il depotenziamento delle Direzioni regionali a "segretariati", le larghe incertezze di competenze createsi con l'attivazione dei "Poli museali regionali" e le nuove (ma vecchissime, dei primi del Novecento) Soprintendenze alle "Belle Arti e paesaggio", nonché l'autonomia dei "grandi musei", sembrano richiedere nuove e più pragmatiche riflessioni, da far maturare con un maggior ascolto dei funzionari direttamente operanti sulle realtà territoriali. È materia che investe anche la programmazione delle soprintendenze sul territorio, spesso scavalcate negli ultimi tempi, da "patti e condizioni" confezionati direttamente fra ministero e comuni, lasciando inascoltate quelle priorità dei programmi (annuali, biennali o triennali) che le soprintendenze – sensori diretti delle necessità territoriali – trasmettevano al ministero.

Ma il punto sostanziale, l'imperativo civile è stringere i denti e aver fiducia. Nonostante tutto, rimboccarsi le maniche e lavorare subito a "piani di riabilitazione urbana ed edilizia" che consentano di programmare seriamente gli interventi e dare ragionevoli certezze ai cittadini, evitando quei "conflitti di competenze" che mortificano la comunità, gettando ombre sulla capacità dello stato a fronteggiare queste emergenze. Ricordandosi che a Londra, mentre cadevano le bombe naziste, nelle gallerie della metropolitana si progettava il nuovo piano regolatore della città.

Riassumiamo qui di seguito i terremoti dai primi del XX secolo, di magnitudo superiore a 5 Richter:

1901 Salò, Lombardia	1978 Matera, Basilicata
1905 Nicastro, Calabria	1979 Norcia, Umbria
1907 San Luca, Calabria	1980 Campania
1908 Messina	1984 Livorno e Pisa, Toscana
1910 Campania	1984 Gubbio, Umbria
1911 Etna, Sicilia	1990 Carlentini, Sicilia
1914 Linera, Sicilia	1995 Peschici, Puglia
1917 Umbria e Toscana	1995 Fivizzano, Toscana
1920 Lunigiana, Toscana	1996 Reggio, Emilia Romagna
1924 Senigallia, Marche	1998 Poliino, Basilicata
1927 Colli Albani, Lazio	1999 Patti, Sicilia
1929 Bologna, Emilia Romagna	2001 Alto Adige
1930 Pesaro e Urbino, Marche	2002 Palermo, Sicilia
1933 Majella, Abruzzo	2002 Puglia e Molise
1936 Veneto e Friuli	2003 Bologna, Emilia Romagna
1938 Mar Tirreno	2004 Salò, Lombardia
1943 Marche-Abruzzo	2006 Stromboli, Sicilia
1945 Alessandria, Piemonte	2008 Largo della Calabria, Tirreno
1947 Squillace, Catanzaro	2008 Parma, Emilia Romagna
1948 Gargano, Puglia	2009 L'Aquila, Abruzzo
1951 Caviaga, Lombardia	2010 Golfo di Napoli
1951 Marche	2012 Emilia Romagna
1952 Linera, Sicilia	2012 Calabria
1958 L'Aquila, Abruzzo	2013 Fivizzano, Toscana
1962 Irpinia, Campania	2014 Capo Rizzuto, Calabria
1967 Mistretta, Sicilia	2016 Accumoli, Lazio
1972 Ancona, Marche	2016 Marche, Abruzzo
1975 Stretto di Messina, Calabria/Sicilia	2016 Mar Tirreno
1976 Venzona, Friuli	2016 Norcia, Umbria
1978 Patti, Sicilia	2017 Capitigliano, Abruzzo



Maurizio Ferrini

## Interventi su edifici pubblici e residenziali dal 1983 in Lunigiana e Garfagnana. La Prevenzione sismica è possibile

### Qualche riflessione sulla Prevenzione

Non si può fare a meno di riflettere non solo sulle polemiche ma anche sui buoni principi, promesse ed iniziative che vengono discussi e sulle azioni, talvolta legiferate, dopo che un evento sismico ha colpito un territorio provocando conseguenze più o meno rilevanti alla popolazione ed alle costruzioni.

Il termine più utilizzato è la Prevenzione: i danni e le vittime sono conseguenti alla mancata Prevenzione Sismica che non è stata fatta; la Prevenzione Sismica avrebbe salvato vite umane, evitato danni alle costruzioni, la perdita di identità dei centri storici e dei beni architettonici; mancano i soldi per la Prevenzione; la Prevenzione costa meno della ricostruzione ed altri ancora.

Si elencano criteri, metodi, ricerche, indagini, attività che potevano e dovevano essere fatte PRIMA dell'evento e si critica il non averle fatte.

Ma se sappiamo tutto o quasi cosa bisogna fare, perché è difficile fare la Prevenzione?

Certamente è così grande l'arretrato delle cose da fare per mettere in sicurezza tutto il patrimonio edilizio costruito prima della classificazione del territorio e delle norme sismiche ed anche per gli edifici che sarebbero stati costruiti con i criteri antisismici, che non si può fare dall'oggi al domani e ci vuole tempo, risorse umane ed economiche che assicurino in continuità il necessario e costante impegno.

In questo intervento intendo raccontare brevemente le varie attività che ho avviato fin dal 1983 nel territorio dei comuni della Garfagnana e Lunigiana, avendo diretto il Servizio Sismico Regionale della Regione Toscana, le attività di Prevenzione avviate (sulla totalità degli edifici pubblici e su un campione importante di edilizia residenziale privata ed altro ancora) ed i "risultati", se così si può dire, di tali lavori preventivi a seguito del terremoto del 21 giugno 2013.

L'evento sismico ha costituito una sorte di "preliminare verifica sul campo" degli interventi di miglioramento, adeguamento e nuova costruzione effettuati nel corso di quasi 30 anni e di talune decisioni assunte per le priorità di intervento o per i livelli di protezione da assicurare con gli interventi. Preliminare perché il terremoto storico atteso è di gran lunga superiore.

30 anni sono già un tempo lungo per misurare quanto fatto in Prevenzione e se è possibile affermare che sia l'area italiana sulla quale è stato fatto molto in Prevenzione, è altrettanto

evidente quanto ancora manca per completare la Prevenzione sulle costruzioni esistenti soprattutto per quelle residenziali e per beni culturali.

Il territorio della Garfagnana e Lunigiana è classificato sismico in zona 2, fin dal 1927, a seguito del forte terremoto del 7 settembre 1920 (M=6.2).

L'area, in base alla OPCM 3519/2006, risulta avere una pericolosità sismica caratterizzata da una accelerazione massima al suolo (*ag*) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno pari a 475 anni), riferita a suoli rigidi, pari a circa 0,20g e con suoli diversi, anche oltre a 0,275g.

In questo territorio di 36 Comuni, tutte le nuove costruzioni sono state progettate con i criteri sismici contenuti nelle varie leggi a partire dagli anni '20, che si sono succedute nel corso di quasi un secolo e che quindi sono rappresentative dell'evoluzione tecnica e scientifica ed anche delle consuetudini, prassi, conoscenze e "furbizie" sui tipi di intervento, sui materiali e sull'esecuzione dei lavori.

La positiva ma lenta evoluzione della normativa, ha portato ad una progressiva maggior sicurezza soprattutto per le nuove costruzioni, mentre resta tutt'ora più difficile valutare la reale efficacia degli interventi sul costruito.

Gli edifici esistenti, solo per quelli dove il proprietario decideva di intervenire, hanno subito anch'essi gli interventi "a norma", purtroppo con le consuetudini, le prassi, e le conoscenze del momento (lo stesso avveniva per il resto dell'Italia classificata sismica), almeno fino ad una decina di anni fa fino all'entrata in vigore delle NTC '08 che "un po'" ha finalmente ridimensionato il modo di intervenire sull'esistente.

Ma un altro elemento deve essere preso in considerazione quando si parla di edifici costruiti con i criteri antisismici e mi riferisco all'evoluzione nel tempo dell'approvazione dei progetti da parte degli uffici preposti al controllo e vigilanza delle zone sismiche: generalmente i Geni Civili, prima statali, poi regionali o degli enti locali sovracomunali. In Toscana la competenza è rimasta agli uffici regionali, nonostante vari tentativi di passare la competenza alle Province o ad altri enti, riuscendo così a mantenere un certo nucleo di personale formato e dedicato (anche se fortemente ridotto nel corso degli ultimi 2-3 anni per averlo trasferito al settore idraulico).

In Italia, tutti gli interventi di nuova costruzione o su edifici esistenti, pubblici, residenziali, produttivi dovevano essere autorizzati preventivamente dagli Uffici del Genio Civile almeno



fino al 1982/1984, perché successivamente alla riclassificazione sismica nazionale di quegli anni ed alla contestuale Legge 741/81 appositamente predisposta dallo Stato, è stata eliminata tale autorizzazione preventiva, sostituendola con il deposito ed il controllo a campione. Questo periodo, in Italia, va dal 1908 (terremoto di Messina) al 1982/1984.

In Toscana la data è il Giugno 1982 (nelle altre regioni avviene con date diverse) e si prevedeva il controllo obbligatorio su tutti gli edifici pubblici (nuove costruzioni o interventi sull'esistente) ed il controllo a campione sul 10% dei progetti depositati il mese precedente compresa una aliquota dei mesi antecedenti. Questo periodo, in Toscana, va dal giugno 1982 al giugno 2006. In Toscana, dal luglio 2006, a seguito di una sentenza della Corte Costituzionale che non riconosce più valida la L 741/81, si ritorna alla autorizzazione preventiva per i comuni classificati in zona 2 mentre per quelli classificati in zona 3 e 4 si prevede il deposito e controllo a campione con le stesse modalità del punto precedente. Le modalità del controllo a campione al 10% valgono anche per la zona 3S che poteva essere declassata in zona 3 per quanto possibile dall'OPCM 3519/06 ma si preferì mantenere l'azione sismica della zona 2 ed aspettare la conclusione degli studi previsti sempre nella citata OPCM. Questo periodo, vale solo per la Toscana perché le altre regioni non si sono adeguate alla Corte Costituzionale, va dal giugno 2006 al giugno 2009.

Dal 1 Luglio 2009, con l'entrata in vigore del DM 14.1.2008 (le NTC '08) in Toscana si conferma l'autorizzazione preventiva per le zone 2 e il deposito e controllo a campione (con riduzione della %) per le zone 3 e 4 eliminando peraltro la zona 3S. In Italia la data dell'adozione della nuova classificazione cambia in relazione ai vari provvedimenti regionali.

### **Il terremoto del 21 giugno 2013 (Mw 5.2) in Garfagnana e Lunigiana: il "non evento"**

L'evento sismico ha interessato un'area epicentrale ben delimitata a cavallo della Garfagnana e Lunigiana tra i Comuni di Minucciano, Piazza al Serchio, Sillano, Casola in Lunigiana e Fivizzano ed in particolare alcune frazioni di detti comuni ove si sono registrati i danni più significativi; in altre frazioni anche prossime alle prime i danni sono stati minori/non significativi. Nessun danno alla popolazione.

Si tratta di comuni montani caratterizzati da numerose frazioni, circa 180 e numerose case sparse, spesso poco abitate, fatto salvo alcune limitate concentrazioni, e con un elevato numero di persone anziane. Il sistema produttivo è prevalentemente agricolo con pochi insediamenti industriali o commerciali ed il sistema viario è centrato su una statale ed un reticolo fitto e spesso ridondante di viabilità comunale. La quasi totalità del patrimonio edilizio è costituito da costruzioni in pietrame con una aliquota di edifici unifamiliari in cemento armato costruiti generalmente dopo il 1960 e che ha interessato nuove aree di pendio o alluvionali.

Un lavoro svolto nel corso del 1990 ha permesso di ricostruire l'età del patrimonio edilizio di tutti i centri abitati dei comuni della Garfagnana, suddividendo la tipologia costruttiva in edifici in aggregati edilizi e edifici singoli e la maglia viaria del centro urbano anche in relazione alla accessibilità. (Fig. 1)

L'evento sismico è avvenuto verso la fine della mattina, con le scuole già chiuse per il termine del ciclo scolastico e non ancora nel periodo estivo, quando sarebbe aumentata la popolazione per il rientro degli immigrati o la presenza dei villeggianti.

Nei giorni e settimane seguenti uno sciame sismico ha interessato l'area con numerosi eventi, alcuni dei quali significativi, che hanno fortemente allarmato la popolazione anche per il progressivo aumento di danni in alcuni edifici e frazioni.

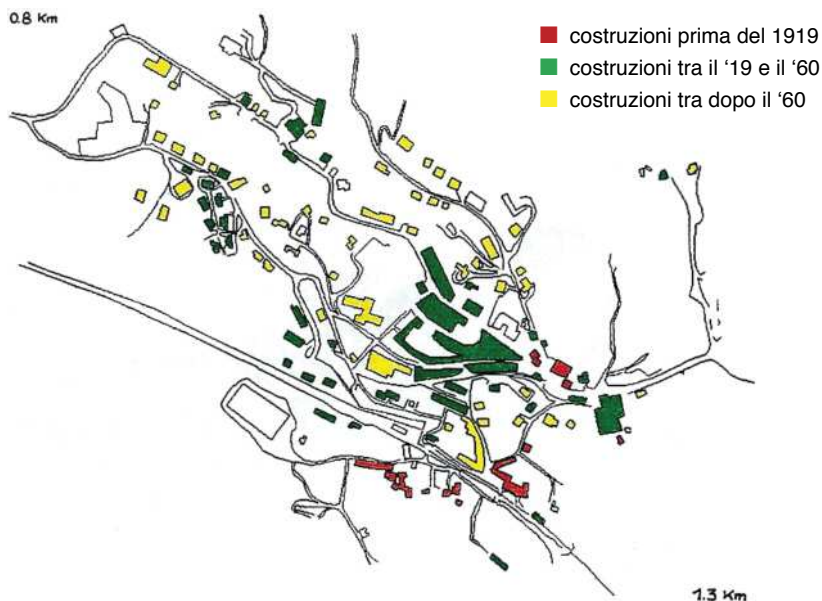


Fig. 1 Piazza al Serchio (LU) scheda 1990 rilievo età edifici e viabilità.



L'evento sismico caratterizzato da una  $M=5.2$ , ha preoccupato nella fase iniziale i responsabili della Protezione Civile Nazionale per le possibili conseguenze di danni e persone coinvolte; poi gradualmente si è preso atto di una situazione migliore, anche se alla fine i danni agli edifici ci sono stati e sono stati quantificati in circa 18 milioni di euro.

Il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ha parlato successivamente di "non evento", volendo con questo evidenziare gli aspetti positivi della risposta strutturale degli edifici per un evento sismico significativo.

Le motivazioni del "non evento" sono state imputate alle attività di prevenzione e riduzione del rischio sismico avviate dalla Regione Toscana fin dal 1983 in Garfagnana e Lunigiana con vari programmi tra i quali gli interventi di messa in sicurezza degli edifici pubblici rilevanti e strategici fin dal 1986, del patrimonio edilizio residenziale privato dal 1997 e vari censimenti di centri urbani, di edifici pubblici strategici e rilevanti, degli edifici industriali prefabbricati e delle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche di tutti i centri urbani, con cartografia al 1/1000 ai fini della valutazione degli effetti locali e della microzonazione sismica.

Quindi per la valutazione degli effetti della Prevenzione si sono esaminate prevalentemente le conseguenze sugli edifici residenziali che sono stati oggetto di interventi nel corso degli ultimi decenni.

L'osservazione dei danni è stata sufficientemente di dettaglio negli edifici oggetto:

- della riparazione dei danni a seguito del terremoto del 1995;
- degli interventi di prevenzione con i finanziamenti della LR 65/97;
- degli interventi finanziati dai cittadini con le proprie risorse ma sempre seguendo la filosofia della LR 65/97, una volta terminate le risorse regionali.

### **Sequenza sismica e sismicità storica**

La sequenza è stata seguita dalla rete nazionale INGV, dalla rete locale RSNI/RSLG dell'Università di Genova (installata fin dal 1990 con il contributo della Regione Toscana nell'ambito dei programmi di prevenzione), dalla rete accelerometrica RAN del DPC e dall'Osservatorio Sismico delle Strutture OSS del DPC attivati entrambi dal 2000 (con contributo della

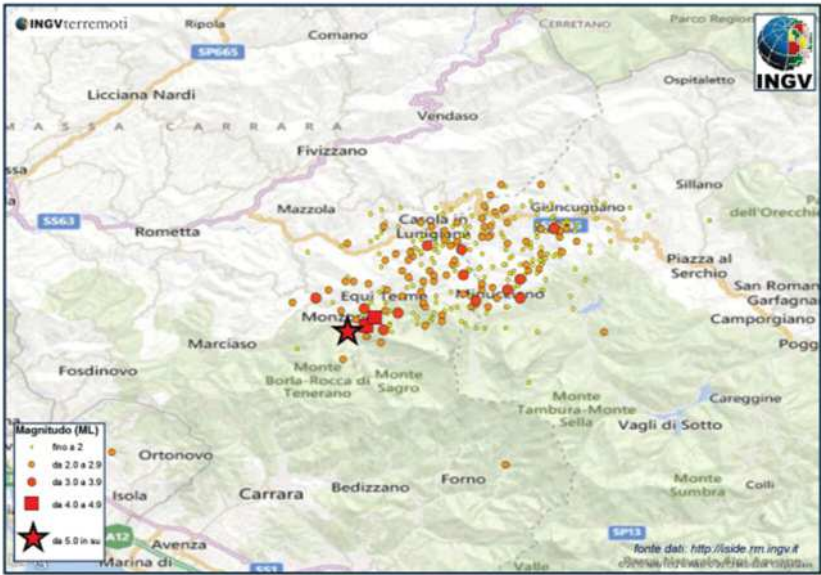


Fig. 2 INGV carta epicentri alle ore 12,03 del 22 giugno 2013.

Regione Toscana nell'ambito dei programmi di prevenzione). L'evento del 21 Giugno è stato seguito da numerose repliche di cui 22 con  $ML \geq 3$  e tra queste sono state 8 con  $ML$  compresa tra 3.9 e 4.4. (Fig. 2)

La zona dell'Appennino settentrionale che comprende i territori della Lunigiana e della Garfagnana è caratterizzata da una significativa attività sismica, che nel contesto della sismicità italiana si colloca a livelli medio-alti. Infatti, pur non raggiungendo i valori elevati che caratterizzano altre aree del paese, soprattutto nell'Italia meridionale, sono numerosi i terremoti che nel corso dei secoli hanno interessato questa zona. La versione più recente del catalogo sismico italiano, CPTI11, riporta diversi eventi con magnitudo equivalente ( $M_W$  calcolata sulla base dei dati di intensità macrosismica) attorno a 5.0, simile a quella del terremoto dell'ottobre 1995, o un po' più alta ma comunque sempre inferiore a 6.0 (Fig. 3). L'unica eccezione è rappresentata dal grande evento del 7 settembre 1920, il terremoto più forte avvenuto in tutto l'Appennino settentrionale, che raggiunse una  $M_W$  strumentale pari a 6.5.

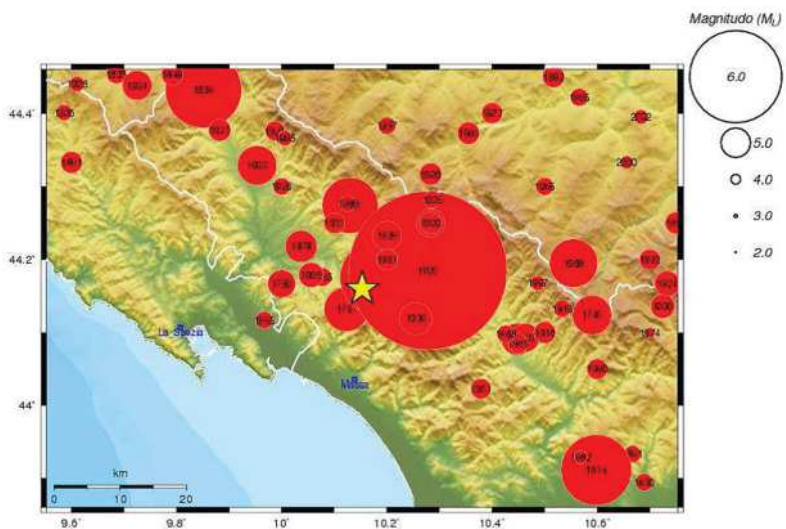


Fig. 3 Sismicità storica nell'area prossima all'epicentro del terremoto del 21 giugno 2013 (catalogo CPTI11).



### Le prime valutazioni dei giorni successivi all'evento

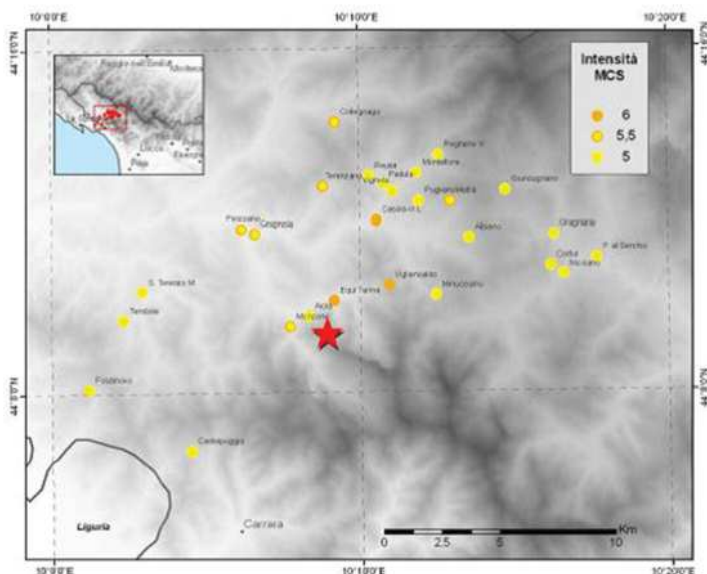
Di particolare rilievo sono state alcune valutazioni espresse subito dopo l'evento da parte degli esperti INGV/QUEST che hanno eseguito i sopralluoghi nei comuni colpiti dall'evento, per la determinazione del campo macrosismico, e riprese anche dai massimi responsabili della Protezione Civile Nazionale.

Le valutazioni evidenziavano che i danni subiti dagli edifici della Lunigiana e Garfagnana erano inferiori a quelli che si potevano attendere per terremoti simili, facendo riferimento ad esempio: 31.10.2002 M=5,4 a San Giugliano di Puglia con il crollo della scuola lovine e la morte di 27 bambini e 1 maestra e molti danni in vari comuni limitrofi; 13.12.1990 M=5,1 a Carlentini, Augusta e Val di Noto con 16 morti e gravi danni in molti comuni; 7.5.1984 M=5,2 Val di Comino con 7 morti e gravi danni in vari comuni.

Si è dato risalto agli aspetti positivi che erano dovuti alle iniziative di prevenzione sugli edifici con interventi di miglioramento o adeguamento sismico messi in atto dalla Regione Toscana nel corso degli ultimi tre decenni:

**QUEST-INGV 2013.06.30 - Rapporto macrosismico sul terremoto del 21 Giugno 2013 in Lunigiana e Garfagnana (Fig. 4).** *Terremoti minori, simili a quello qui in oggetto (magnitudo attorno a 5.0), si sono verificati nel 1878 (MW 5.1,  $I_0=6-7$*

Fig. 4 INGV Mappa delle località oggetto del rilievo diretto, con relativa intensità MCS. La stella rossa indica l'epicentro strumentale della scossa principale.



MCS), nel 1939 (MW 5.2, I0=7 MCS) e, più recentemente, nell'ottobre 1995 (MW 4.9, I0=7 MCS). Quest'ultimo evento, studiato da Tertulliani e Maramai (1998), ha rivestito un ruolo particolarmente significativo in quanto proprio a seguito dei danni prodotti dal sisma è stata avviata una mirata politica di prevenzione antisismica, con l'investimento di notevoli risorse in interventi di ristrutturazione e di messa in sicurezza di edifici residenziali (si veda la legge regionale della Regione Toscana n. 56 del 30 luglio 1997).

I risultati di questa politica di prevenzione si sono evidenziati proprio in occasione del terremoto del 21 giugno 2013, i cui effetti sull'edificato si sono rivelati complessivamente contenuti.

**Sul blog INGV terremoti Carlo Meletti, Responsabile del Centro di Pericolosità Sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, spiega:**

*"È la prima volta che un terremoto forte colpisce un'area nella quale sono stati fatti interventi preventivi, gli edifici che hanno usufruito di questi interventi di miglioramento antisismico paiono non avere subito danni e non possiamo non pensare che è anche grazie a questa politica seria di gestione e tutela del territorio e del costruito che lo scenario prodotto dal terremoto del 21 giugno sia risultato molto migliore di quanto fosse possibile immaginare".*

La Toscana è la regione italiana che per prima ha emanato una legge sulla prevenzione sismica: la Legge regionale n. 56 del 30 luglio 1997 prevede finanziamenti per i privati, la realizzazione di indagini di microzonazione sismica, indagini sui materiali degli edifici scolastici, verifiche sismiche su edifici pubblici, rete sismica e geodetica, informazione alla popolazione ed alle scuole.

Su queste attività dal 1997 la Regione Toscana ha investito 8 miliardi di lire. Inoltre, anche gli interventi sugli edifici pubblici e in particolare per la messa in sicurezza di quelli scolastici *"hanno avuto un'attenzione adeguata, visto che tutte le scuole dell'area – osserva Meletti – sono state adeguate o sostituite con nuovi edifici scolastici e la popolazione ha trovato ricovero nella notte del terremoto ed in quelle successive e persino gli esami di maturità si sono svolti regolarmente".*

**2013.06.22 La Nazione, Gabrielli (Capo della PC):** *"Qui la prevenzione ha funzionato. Dove si è lavorato e si è fatta prevenzione strutturale i risultati si vedono: qui c'è stata una scossa*



5.2, in altri territori terremoti di questa entità provocano danni ben maggiori”, ha detto ancora il capo della Protezione civile, parlando con i giornalisti a Fivizzano (Ms), “Questa è la vera grande risposta alle preoccupazioni sul tema della sismicità. Noi abbiamo bisogno di territori messi in sicurezza”.

**2013.06.29 Intervista a Belloni Pier Paolo** (Sindaco di Casola in Lunigiana dal 1999 al 2004). “Ho potuto vedere molti degli edifici che negli anni scorsi sono stati interessati dagli interventi di miglioramento sismico voluto dal Servizio Sismico della Regione Toscana, con la legge 56/97 sulla prevenzione, e che come Sindaco ho fortemente sostenuto con i miei cittadini: tutti questi edifici, non hanno subito danni. Sono contento di questo risultato perché a suo tempo non è stato facile convincere i cittadini a sostituire i tetti in cemento armato con quelli in legno o i solai ed a mettere le catene per bloccare gli edifici”.

**2016.10.10 Ballerini Riccardo** (Sindaco di Casola in carica dal 2004), che aveva più volte espresso fin dai giorni successivi all’evento quanto erano stati positivi gli interventi di prevenzione che erano stati eseguiti, intervenendo ad un convegno a Galliciano (LU) sostenne “il modello Casola e le economie della sicurezza sismica: con 1 milione di euro della LR 56/97 sulla prevenzione del rischio sismico, a Casola sono state messi in sicurezza 101 edifici (pari a 10.000 Euro/edificio) e nessuno di questi ha subito danni; mentre per rendere agibili le 71 case danneggiate dal terremoto del 2013, lo Stato ha sborsato circa 4 milioni di euro (pari a 55.000 Euro/edificio). Lo Stato ha speso 4 volte di più senza tener conto dei disagi che hanno subito i cittadini.”

### **Consapevolezza del rischio. I principali avvenimenti per i quali si avvia la prevenzione in Garfagnana e Lunigiana fin dal 1981**

Di seguito vengono indicati i principali momenti che hanno consentito nel tempo di mantenere una costante pressione sulle istituzioni e sulla comunità esposta al rischio, riuscendo così a volgere al positivo alcuni episodi che erano accaduti. Se il terremoto del Friuli nel 1976 costituisce il punto di partenza per molte iniziative locali e nazionali, tra le quali la costituzione del Progetto Finalizzato Geodinamica, quello suc-

cessivo dell'Irpinia nel 1980 fa scattare la necessità di aggiornare la classificazione sismica nazionale, inserendo non solo i comuni colpiti dai recenti terremoti, ma anche molti altri comuni, per la loro storia sismica, e viene costituito il Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti GNDT/CNR. L'insieme di questi avvenimenti costituisce una forte presa di coscienza nell'opinione pubblica e nelle istituzioni ai vari livelli e, come in altre parti dell'Italia, ha portato ad avviare iniziative locali di comunicazione, soprattutto connesse alla classificazione sismica dei comuni italiani, che ha inizio sul finire del 1981 e si completa nel 1984.

Lo Stato si rende conto che la classificazione di oltre 2500 nuovi comuni comporta problemi gravosi nell'esame preventivo e nei controlli su tutti i progetti edilizi, modifica così la L.64/74 ed introduce con l'art. 20 della L.11.12.1981 n. 741 la possibilità per le Regioni di introdurre i controlli a campione su progetti, eliminando così l'autorizzazione preventiva obbligatoria all'inizio dei lavori

La Conferenza Nazionale delle Regioni, di fronte alla proposta dei LLPP, l'11 dicembre 1981 approva un documento nel quale si propone una strategia di riduzione del rischio sismico con azioni da avviare subito e che, rileggendole, appaiono sempre attuali ma purtroppo, in gran parte, disattese.

Tornando alla Toscana, la sensibilizzazione si caratterizza con il convegno nazionale del 30-31 ottobre e 1 novembre 1981 a Castelnuovo Garfagnana, *"Come difendersi dai terremoti, esperienze e proposte. Dalla Toscana al problema nazionale"*. Tra i relatori i professori Barberi e Scandone dell'Università di Pisa, Giglia ed Eva dell'Università di Genova, Benedetti e Petrini del Politecnico di Milano, Marcellini e Stucchi dell'Istituto Geofisica Litosfera IGL/CNR di Milano.

Questo episodio segna di fatto una attenzione ed un interesse della comunità scientifica per un'area già in parte conosciuta per gli studi sulla sismicità da parte dell'Università di Pisa e si salda ad una disponibilità politica degli enti locali e della Regione Toscana che permetterà ai propri Uffici Tecnici di proseguire nel tempo, nonché di rilanciare il confronto con studi ed indagini finalizzate.

Per le altre aree toscane, con pari caratteristiche sismiche quali il Mugello, il Casentino e Valtiberina e l'Amiata, si riesce ad avviare gradualmente analoghe iniziative solo diversi anni dopo, cogliendo l'occasione dell'evento sismico del settembre 1997 dell'Umbria e Marche che colpisce la Valtiberina e Casentino



e dell'evento del 2000 che colpisce l'Amiata. La Regione utilizzerà considerevoli risorse proprie ad integrazione di quelle dello Stato e della Comunità Europea, mettendo a frutto le esperienze tecniche maturate in Garfagnana e Lunigiana.

### La classificazione sismica della Toscana nel 1982: 130 Comuni in più

La Toscana è una delle regioni che risponde subito alla proposta di classificazione inviata dal Ministero LLPP ed approva la mappa con la delibera del Consiglio Regionale a

fine Dicembre 1981, con il successivo Decreto del Ministero dei LLPP del 19.3.1982 e tre mesi dopo il 19.6.1982 la Toscana viene classificata sismica per ulteriori 130 comuni oltre ai 50 già classificati dal 1927. Rispetto ai precedenti comuni, quasi tutti in aree marginali dell'Appennino, i nuovi comuni classificati sono in territori fortemente antropizzati e quasi tutti capoluoghi di provincia.

Contestualmente, a fine 1982 la Regione prosegue alcune iniziative con il Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDD/CNR) e inizia a definire un programma che nel dicembre 1983 si concretizza in un protocollo d'intesa per "la realizzazione di studi e ricerche finalizzate alla valutazione della pericolosità sismica regionale ed alla riduzione del livello di rischio nella pianificazione territoriale".

Il programma predisposto da una Commissione sarà approvato dalla Regione Toscana nel Maggio 1984; il programma, il cui costo iniziale è pari a 1,5 ML di euro, sarà successivamente implementato nel corso degli anni da altri atti normativi e finanziari per attivare non solo studi e ricerche

ma anche specifiche iniziative di censimento sugli edifici residenziali di alcuni centri urbani e di gran parte degli edifici pubblici dei comuni classificati sismici. (Fig. 5)

All'interno del Programma è compreso uno specifico progetto definito "Progetto Terremoto in Garfagnana e Lunigiana", che prende le basi dal Convegno di fine 1981 e ripreso fin dal 1982, ed ha l'obiettivo della messa a punto di un quadro di co-

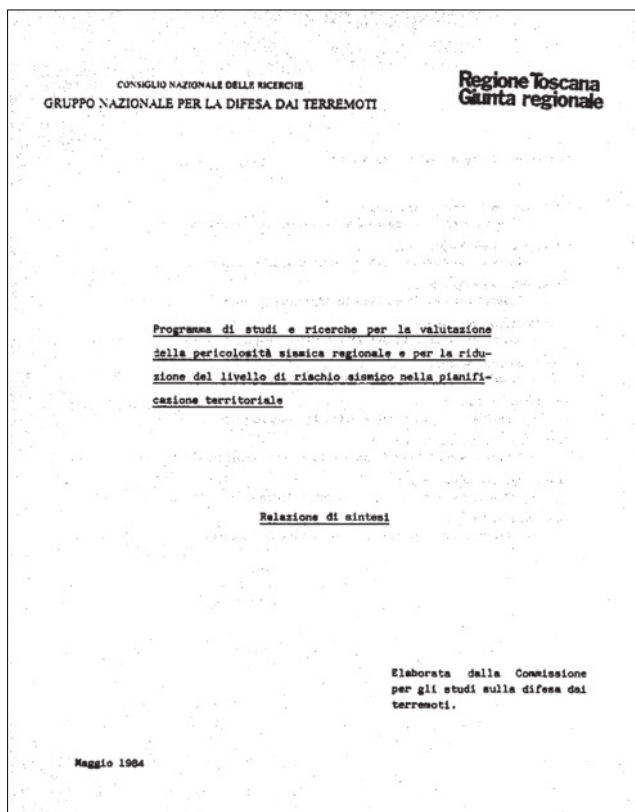


Fig. 5 maggio 1984 programma di studi e ricerche per la valutazione della pericolosità sismica regionale e per la riduzione del livello di rischio sismico nella pianificazione territoriale.

Terremoti, edificato esistente,  
protezione dei beni culturali.

noscenze sul quale basare la strategia di difesa dalla catastrofe che può essere provocata da un terremoto di assegnate caratteristiche. (Fig. 6)

**Preallarme sismico in Garfagnana del 23 gennaio 1985: il debutto della Prevenzione**

Sulla base degli studi avviati, alla fine del 1984, la Regione concordò con gli enti locali un nuovo convegno che facesse il punto delle attività relizzate da svolgersi alla fine di Gennaio 1985. L'evento del 23.1.1985 ( $M=4.2$ ) si verificò in questo contesto di approfondimento degli studi in corso e gli esperti ebbero timore che l'evento sismico potesse avere significato come nel settembre del 1920 e quindi potesse precedere un evento successivo più forte. Da qui la decisione del Comitato Scientifico (Barberi, Boschi e Scandone) di comunicare al Ministro Zamberletti la situazione di probabile pericolo e le successive decisioni governative che fecero scattare l'allarme sismico con un comunicato trasmesso al Tg1 delle 20.00: si chiedeva alla popolazione della Garfagnana di trascorrere la notte ed il giorno successivo fuori di casa per almeno 48 ore. Ricordo bene le riunioni della mattina a Pisa, le telefonate del pomeriggio per aggiustare il telegramma e quelle che feci tornando in regione per contattare il Direttore Generale, l'Assessore ed il Presidente e via via alcuni amministratori locali (che dovevano contattare a loro volta altri amministratori) ed i colleghi tecnici dei Geni Civili: incredulità, stupore ed altro ancora. E che dire della riunione a Lucca tra la Regione e il Prefetto e gli organi di sicurezza: il sistema di Protezione Civile. Numerosi furono gli episodi che costellarono quella notte e il giorno successivo e che furono ripresi dalle cronache locali (Fig. 7). La mattina presto del 24 gennaio 1985 a Lucca, si presentarono alla Prefettura di Lucca 30 tecnici regionali dei Geni Civili delle

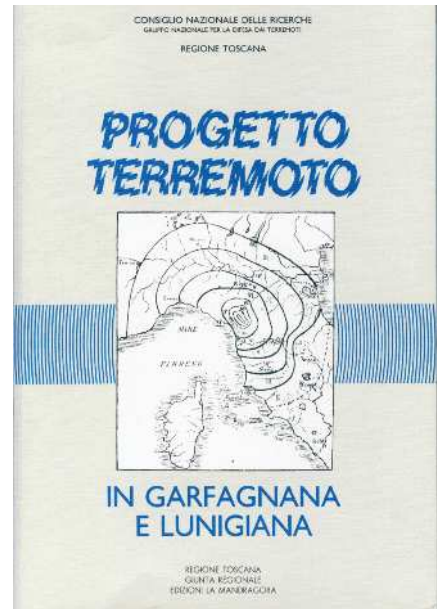


Fig. 6 Edizione i Progetto Terremoto in Garfagnana e Lunigiana.



Fig. 7 alcuni articoli di quotidiani.



9 province per avviare le verifiche sugli edifici privati segnalati e su quelli pubblici strategici (i tecnici regionali erano stati formati con un accordo tra RT e GNDT/CNR nel 1983 e poi avevano eseguito il rilievo di vulnerabilità di circa 1000 edifici del centro urbano di Castelnuovo Garfagnana e di un altro centro urbano vicino a Firenze). Questa risposta organizzata, tempestiva ed efficace fu una delle sorprese di allora, sia per la popolazione che prontamente aveva abbandonato le case che per gli amministratori locali, che si dovevano confrontare con una esperienza nuova e mai affrontata anche a livello nazionale.

La questione che posi a quel tempo era che se fosse arrivato il terremoto, lo Stato avrebbe reso disponibili i soldi per la ricostruzione. Considerato che l'allarme sismico voleva dire che per lo Stato c'era stata paura per le conseguenze fisiche alla popolazione ed alle costruzioni, bene aveva fatto il terremoto a non venire ma sarebbe stato bene che lo Stato finanziasse prima e non dopo gli interventi di messa a norma degli edifici. La presenza dei tecnici "agibilitatori" con le schede GNDT/CNR, gli studi di "Progetto Terremoto" sulla pericolosità vulnerabilità e rischio e l'osservazione fatta "sul terremoto che aveva fatto bene a non venire ma era il momento di mettere soldi", costituirono elementi di garanzia per la comunità scientifica nazionale e soprattutto per le forze politiche nazionali e locali. Per la prima volta in Italia, si decide di stanziare risorse economiche da destinare alla Regione Toscana per la prevenzione sismica sulla base di un piano di interventi di adeguamento sismico preventivo degli edifici pubblici strategici che doveva basarsi su criteri tecnici di conoscenza delle strutture e di rischio per definire le priorità di intervento.

Anche in questa fase, non furono pochi i momenti di incredulità a che ciò si potesse avverare e la necessità di far comprendere l'opportunità cercando di ridurre i conflitti e gli interessi politici e superare le contrarietà di alcuni ministeri, in particolare quello delle Finanze per "la mancanza di motivazioni": se non c'erano danni, come si poteva giustificare di assegnare soldi prima che questi si verificassero? e se poi non si verificavano??

#### **Legge 730/1986: arrivano i finanziamenti per interventi di prevenzione su edifici pubblici strategici**

L'allarme sismico del 23 gennaio 1985 si tradusse nell'art. 20, della L 730 del 28.10.1986 che stanziò 40 miliardi di lire.

I territori della Garfagnana e Media Valle del Serchio e della Lunigiana furono interessati dalla prima ed unica iniziativa statale di finanziare, prima, interventi di adeguamento sismico preventivo su edifici pubblici strategici (almeno fino al 2003 a seguito del crollo della scuola di S. Giuliano di Puglia).

Il programma fu approvato solo nel 1990, causa le lentezze burocratiche e varie iniziative politiche rivolte a introdurre nelle leggi lo spostamento dei finanziamenti dalla Regione allo Stato o alle Province, da una commissione mista composta dal ministero dei Lavori Pubblici, della Protezione Civile, del GNDT e dalla Regione Toscana. I circa 600 edifici pubblici dei 35 comuni erano stati censiti e valutati nel corso del 1986/1987 da tecnici regionali e locali assunti *ad hoc* e formati all'uso delle schede GNDT 1 e 2 livello muratura e cemento armato. Gli edifici furono ordinati per priorità di rischio sismico/danno atteso e con una stima economica dei lavori di adeguamento sismico desunti dai parametri delle schede di vulnerabilità.

La Regione Toscana approvò nel 1990 le Istruzioni Tecniche, D.1, D.2, D.3, che prevedevano:

- a. di non stabilire a priori le risorse, ma solo dopo l'approvazione del progetto esecutivo, anticipando peraltro le spese necessarie per le indagini geologiche e diagnostiche e per la progettazione;
- b. di non fissare soglie economiche massime di finanziamento, a metro quadro o metro cubo, in quanto troppo eterogenee le caratteristiche degli edifici da mettere in sicurezza e perché soglie troppo alte avrebbero costituito una attesa per il progettista e/o l'ente locale;
- c. di non richiedere a priori il progetto esecutivo per poterlo esaminare a posteriori, ma il progettista doveva elaborare il progetto in collaborazione con l'ufficio sismico a partire dalla corretta conoscenza e rappresentazione dello stato di fatto dell'edificio;
- d. la valutazione delle caratteristiche geologiche dei terreni, con una estesa campagna di sondaggi geotecnici, alcuni dei quali con *down hole*, tale da rappresentare correttamente le condizioni della pericolosità geologica ai fini sismici (nel 1990 parve una forzatura incomprensibile ma l'esperienza costituì la base del successivo programma VEL avviato nel 1997);
- e. l'individuazione di interventi e tecniche più tradizionali rispetto ad altre comunque tali da assicurare uguale sicurezza e minor costo finanziario;
- f. il finanziamento di interventi particolari quali la demolizione



di solai e tetti in cemento armato laddove le pareti murarie risultavano particolarmente deboli o di intere porzioni di edificio al fine di assicurare maggiore regolarità di comportamento; altresì veniva favorita la realizzazione di tetti e solai in legno laddove dovessero essere preferibile demolire quelli esistenti in cemento armato.

- g. Il finanziamento del rifacimento degli impianti e delle finiture (opere B) limitati a quelli strettamente conseguenti agli interventi strutturali (opere A) e la messa a carico delle risorse degli enti locali della restante quota economica (opere E);
- h. un elenco delle voci opere, con relativa esauriente illustrazioni delle fasi di esecuzione, a cui dovevano fare riferimento i prezzi dei progetti; fu predisposto anche un programma di gestione delle voci che consenta di verificare gli scostamenti dei prezzi utilizzati dai vari progettisti nei vari comuni e l'individuazione dei costi relativi alle opere non ammesse a finanziamento.

Nel corso degli anni dal 1990 al 1996 furono avviate le indagini e la progettazione e successivamente approvati i progetti di adeguamento sismico di 120 edifici strategici, rispetto agli 80 inizialmente individuati in base alle priorità ed ai costi presunti. Ciò fu la diretta conseguenza della scelta fortemente voluta dalla Regione Toscana di modificare la LR 88/1982 sui controlli dei progetti in zona sismica, introducendo l'art.7 bis con la LR 56/1994: *"i progetti devono essere controllati ai sensi della vigente normativa sismica tenendo conto anche della convenienza tecnico economica delle soluzioni progettuali e della sperimentazione di metodologie di analisi e calcolo, di tecniche, tecnologie ed uso dei materiali"*.

Contestualmente l'approvazione dei progetti fu trasferita dai due Geni Civili di Lucca e Massa al Servizio Sismico Regionale, equiparato a tal fine ad un Genio Civile, al fine di superare le difficoltà di approvazione dei progetti con le specifiche regole definite dalle IT D.1, D.2, D.3.

### **Come risparmiare con la Prevenzione**

L'insieme delle attività rese possibile un notevole "risparmio" di risorse (circa 10 miliardi di lire) che consentì l'adeguamento sismico di altri 40 edifici rispetto a quelli inizialmente previsti dai Comuni in base ai costi dei progetti preliminari.

Non fu una operazione facile sia per le novità tecniche

introdotte, che in quegli anni erano sconosciute nella pratica, sia per le modalità di controllo dei progetti; in alcuni casi si ebbero proteste di alcuni professionisti e sindaci, non solo per il controllo dei progetti ma soprattutto per l'applicazione dei criteri di verifica delle spese. La riduzione dei costi è dovuta in gran parte all'individuazione di errori nei computi metrici, all'utilizzo più attento dei prezzari di riferimento ed anche alla scelta di interventi meno costosi ma ugualmente efficaci ed in parte allo storno di certi interventi non ammissibili sui bilanci dell'ente proprietario.

Tra i risultati acquisiti:

- a. la durata dal 1990 al 1999 (nove anni) per la conclusione della progettazione ed esecuzione degli interventi di adeguamento sismico dei 120 edifici pubblici;
- b. la conferma che la classificazione sismica del territorio della Garfagnana e Lunigiana anche se datata al 1927 non è stata sufficiente e la totalità degli edifici presentava la necessità di interventi di adeguamento ed in alcuni casi anche l'opportunità della demolizione e ricostruzione, purtroppo non prevista nella L. 730/86. I motivi, peraltro già conosciuti, erano, allora come ora, molteplici: l'aggiornamento della normativa sismica all'evoluzione scientifica dell'ingegneria sismica trova coerenza ed efficacia per le nuove costruzioni e non per quelle progettate con le precedenti norme sismiche sulle quali sarebbe necessario intervenire per adeguare la sicurezza ai nuovi standard; la progettazione seppur eseguita nel rispetto della normativa sismica ma secondo prassi e consuetudini tali da inficiarne i risultati in termini di reale sicurezza raggiunta, nonostante l'approvazione del progetto da parte degli uffici tecnici statali o regionali preposti al controllo dell'attività edilizia; la cattiva esecuzione degli interventi per la cattiva qualità dei materiali e/o dei particolari costruttivi ed il mancato controllo in cantiere e ancora peggio l'effimera sicurezza del collaudo;
- c. la necessità di aggiornare anche per gli edifici adeguati le verifiche, tenendo conto che la normativa sismica adottata è stata quella del DM 1986 e in parte DM 1996 con le valutazioni geotecniche e geofisiche e l'aumento del fattore epsilon e con la cura dei particolari costruttivi soprattutto per gli edifici in cemento armato;
- d. la conferma che era possibile attuare una politica di riduzione del rischio sismico a partire dagli edifici pubblici strategici, con costi accettabili e non superiori al 50% del costo di ri-



- costruzione, purché si persegua una buona conoscenza della struttura e si adottino tra le possibili scelte progettuali quelle tese a massimizzare i benefici strutturali;
- e. l'evidenza della conoscenza della costruzione prima di redigere il progetto di intervento mediante i dati sulle caratteristiche dei materiali di costruzione e geotecniche e geofisiche dei terreni;
  - f. è emersa una buona corrispondenza delle valutazioni di vulnerabilità svolte con la scheda GNDT Muratura ed una poco significativa corrispondenza con la scheda GNDT Cemento Armato. Per ciascun edificio è stato effettuato il confronto tra la valutazione di vulnerabilità conseguente all'utilizzo preventivo della scheda GNDT/CNR e la valutazione della vulnerabilità successiva dopo aver eseguito le indagini diagnostiche e la conoscenza richiesta per la verifica dello stato di fatto. L'esame puntuale di tale corrispondenza ha confermato il valore statistico delle indagini di vulnerabilità con la metodologia GNDT, con una maggiore affidabilità puntuale per le schede Muratura rispetto a quelle Cemento Armato ove l'indice di vulnerabilità non coglie i vari meccanismi di danno e soprattutto risente dell'incertezza sulle armature e sui valori di compressione del cls;
  - g. la presa d'atto con le categorie professionali e imprenditoriali delle difficoltà esecutive di alcune tecniche di intervento che ne potevano compromettere l'efficacia;
  - h. la necessità di una maggiore informazione dei vari operatori del settore delle costruzioni.

L'attento esame dei progetti e dei relativi quadri economici e computi metrici, da parte di un unico ufficio ed avendo ben chiara la finalità, ha avuto le seguenti conseguenze:

- 20 milioni di Euro finanziati dallo Stato tra il 1990 e il 1999, per l'adeguamento sismico e il ripristino delle finiture ed impianti strettamente connessi;
- 13 milioni di euro finanziati dagli Enti Locali tra il 1990 e il 1999, per la quota complementare delle finiture ed impianti.

Il costo complessivo per gli interventi sui 120 edifici pubblici, speso in interventi di Prevenzione è stato quindi di 38 milioni di euro: è stato stimato che sarebbe costato allo Stato tra i 180-200 milioni di euro in caso di riparazione dei danni dopo il terremoto. Se si dovessero confrontare le sole risorse statali pari a 20 ML/Euro del PRIMA, senza quelle degli Enti Locali, il rapporto con quello che avrebbe speso DOPO sarebbe ancora più grande.

Quanto fatto allora dagli enti locali sarebbe quasi impossibile in questi ultimi anni. Il blocco del Patto di stabilità finanziaria non permette agli enti locali di accedere a mutui ed anche purtroppo alle risorse a loro destinate, senza contare la situazione che si è venuta a creare con le Province che hanno in carico tutte le scuole superiori ma non hanno più risorse.

Il costo degli interventi strutturali comprensivi anche di quelli di finitura e impianti strettamente connessi è compreso tra 300/400 euro/mq che tende ad aumentare del 40/50% inserendo la quota parte a carico degli enti locali.

### **10 ottobre 1995: ancora un terremoto in Lunigiana**

In conseguenza all'evento sismico del 10 ottobre 1995 ( $M=4,8$ ) che interessò prevalentemente i Comuni della Lunigiana e solo in parte i Comuni della Garfagnana, la Regione Toscana concorda con il Dip.to della Protezione Civile, diretto dal Prof. Barberi, alcuni contenuti del testo della conversione del DL 29.12.1995 n. 560 nella Legge 26.2.1996 n. 74 per la ricostruzione.

Si prevede infatti possibile, all'art.15 quinquies (*Interventi di prevenzione del rischio sismico*), la stipula di Accordi di Programma con il Dip. to della Protezione Civile Nazionale per finanziamenti aggiuntivi di Prevenzione: *"Al fine di incentivare l'avvio di interventi di prevenzione del rischio sismico, anche mediante opportuna sperimentazione di tecniche di miglioramento strutturale degli edifici pubblici e privati, il dipartimento della protezione civile è autorizzato a partecipare ad iniziative promosse da soggetti istituzionali competenti, anche mediante accordi di programma"*.

L'accordo di Programma fu siglato una prima volta nel Settembre del 1996 ma venne respinto dagli Uffici del Ministero delle Finanze (come nel 1986 con la L 730/86 non era accettato il fatto di rendere disponibili risorse pubbliche per prevenire i danni, ma solo per ripararli) e definitivamente nel marzo del 1997 tra il Presidente della Regione Toscana ed il Direttore della Protezione Civile Prof. Barberi.

La Regione Toscana fu l'unica regione a cogliere la possibilità indicata nella L 74/96, stanziando 4 miliardi di lire ai quali si aggiunsero i 4 miliardi dello Stato. La LR 56 del 30 luglio del 1997 definì le finalità e gli strumenti per *"gli interventi sperimentali di riduzione del rischio sismico in Garfagnana, Media*

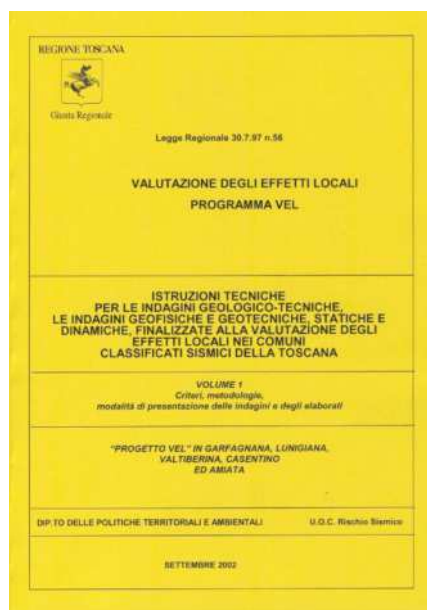


Fig. 8 Programma VEL volume 1T per lo svolgimento delle indagini sui terreni.

Valle del Serchio e Lunigiana". La LR 56/97 uscì qualche mese prima dell'evento che colpì il territorio dell'Umbria e delle Marche il successivo 26 settembre.

La Regione Toscana integrò successivamente, fino al 2001, la sua quota con ulteriori 2,5 ML euro, stanziati sul bilancio regionale e destinati agli interventi di prevenzione sugli edifici residenziali. Ulteriori risorse regionali, pari a 10,5 ML/€ (6,5 ML/€ del PRAA, 2,5 ML/€ del DOCUP, 1,5 ML/€ altre risorse) saranno destinate dal 2002 al 2008, per gli altri interventi previsti nella LR 56/97 successivamente estesa con delibere della Giunta Regionale ad altre aree della Toscana (Mugello, Casentino, Valtiberina, Amiata).

Gli altri obiettivi della legge regionale 56/1997, consentono di finanziare:

- a. valutazioni di vulnerabilità sismica e indagini sui materiali degli edifici pubblici strategici: questo consentirà la definizione dei programmi regionali VSM (valutazione della Vulnerabilità Sismica degli edifici in Muratura), VSCA (valutazione della Vulnerabilità Sismica degli edifici in Cemento Armato); sono circa 1000 gli edifici strategici censiti dai tecnici regionali dal 1998 al 2008 e ne mancano altri 500 per completare tutti i comuni ad elevato rischio sismico (quelli del crinale dell'Appennino); 130 edifici scolastici vengono chiusi tra il 1998 e il 2008 sulla base della scarsa qualità dei materiali di costruzione utilizzati o degli interventi "peggiorativi". Come già emerso nell'esperienza della L.730/86 anche in questo caso gli edifici pubblici indagati hanno dimostrato elevate carenze sui materiali o le solite carenze progettuali, nonostante i comuni fossero quasi tutti in zona sismica dal 1927 ad eccezione di quelli dell'Amiata, Casentino e Valtiberina;
- b. studi ed indagini per la microzonazione sismica dei centri urbani e per gli edifici pubblici strategici: questo consentirà la definizione del programma regionale VEL (Valutazione degli Effetti Locali); sono circa 300 i centri urbani degli 80 comuni a maggior rischio sismico nel quale sono in corso dal 1999 le indagini geofisiche, geotecniche e la produzione di cartografia geologica e geomorfologica a scala 1/2000. Le EC8 sono state la normativa di riferimento, in attesa della loro entrata in vigore (Fig. 8);
- c. realizzazione di reti di monitoraggio ai fini della valutazione della pericolosità sismica: questo consentirà l'ampliamento della rete sismometrica ed accelerometrica della Garfagnana

e Lunigiana (con l'Università di Genova), della rete Geodetica in Garfagnana, Lunigiana e Senese (con l'università di Siena e Bologna), della rete geochimica in Lunigiana, Garfagnana ed Amiata (con il CNR di Pisa), dell'integrazione della rete sismica ed accelerometrica della Valtiberina ed Amiata (con l'INGV di Roma);

d. realizzazione di campagne di informazione alla popolazione ed alla scuola nonché formazione ai tecnici e professionisti. Nel 2009 la Regione Toscana con la legge 58/09, ha provveduto ad un aggiornamento della normativa e delle procedure avviate con la LR 56/97.

### **La filosofia dei finanziamenti per interventi di ricostruzione**

Il decreto-legge 29 dicembre 1995, n. 560, convertito nella Legge 26.2.1996 n. 74, all'Art. 5 regola i contributi ai privati per gli eventi sismici, tra cui in particolare si segnala la tipologia dell'intervento ammesso a finanziamento, il Miglioramento sismico, e ne circoscrive i limiti con una precisa definizione degli interventi possibili, rispetto a quelli più ampi che la normativa sismica prevede:

a. comma 3. *“Con il termine miglioramento sismico di cui ai commi 1 e 2 si intende un insieme di interventi volti prevalentemente ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio, curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste ultime e gli orizzontamenti senza comprendere, se non in casi strettamente necessari, interventi, diretti sulle fondazioni, di sostituzione dei solai e dei tetti o tesi ad aumentare la resistenza a forze orizzontali dei maschi murari. Nel caso di interventi su un edificio facente parte di un aggregato strutturale possono essere effettuati interventi limitati anche sugli edifici adiacenti a questo. I progetti possono prevedere, oltre agli interventi strutturali, anche le opere di finitura strettamente connesse”.*

La definizione di miglioramento sismico prevista per la Riparazione dei danni agli edifici resi inagibili dal terremoto dell'ottobre 1995, sarà poi utilizzata anche per gli interventi di Prevenzione di cui alla LR56/97.

La Regione Toscana, deve predisporre specifiche direttive per la definizione di elementi utili alla corretta e completa progettazione, esecuzione e verifica degli interventi, avvalendosi anche del Gruppo nazionale per la difesa dai terremoti del Consiglio



nazionale delle ricerche e del Servizio sismico nazionale.

Si evidenzia peraltro che, a seguito del terremoto, l'obiettivo era quello di riparare l'edificio danneggiato e successivamente quello di introdurre elementi di miglioramento sismico, limitati ad un certo livello di protezione: quindi costi maggiori per la necessità di eseguire preventivamente interventi di riparazione e solo dopo interventi di prevenzione.

Si segnala inoltre che, per la prima volta, la Protezione Civile affida la ricostruzione di un evento sismico al Presidente della Regione Toscana e lo nomina Commissario per la Ricostruzione con ampi poteri che attuerà mediante i propri uffici tecnici ed in particolare il Servizio Sismico Regionale.

#### **La filosofia dei finanziamenti per interventi in Prevenzione: diminuire le vittime, accettare il danno**

Il percorso per arrivare alla definizione del tipo di intervento ed il relativo ammontare del finanziamento, prevede varie fasi ed approfondimenti soprattutto per la definizione del livello di protezione da assicurare con l'intervento, in relazione alla sismicità dell'area ed alla vulnerabilità dell'edificio.

L'intesa si basa su una logica nuova, che non parte dal presupposto di un evento accaduto e della necessità di superare la fase dell'emergenza con la ricostruzione e/o riparazione dei danni, quanto sulla possibilità di ridurre i danni con interventi edilizi realizzati prima dell'evento (prevenzione). Ciò può avvenire basandosi da un lato su una scientifica valutazione dei livelli di rischio per definire le priorità e le tipologie di intervento e dall'altro predisponendo normative tecniche appropriate affinché siano elaborati progetti realmente esecutivi e rispondenti alle effettive necessità di riduzione della vulnerabilità e dei danni attesi degli edifici oggetto di intervento, nei limiti di assegnate risorse.

Come per gli interventi di Riparazione anche per quelli di Prevenzione, il Dipartimento della Protezione Civile d'intesa con il GNDT/CNR e il Servizio Sismico Nazionale, deve anzitutto decidere:

- se confermare le tipologia e gli interventi di miglioramento come già indicati per la riparazione dei danni nella L 74/96;
- quale scelta adottare tra due possibili strategie di riduzione del rischio sismico in relazione al peso relativo da assegnare alla finalità:

1. di diminuire il numero delle vittime attese ed al tempo stesso diminuire drasticamente i danni attesi agli edifici;
- oppure quella
2. di diminuire le vittime attese ma accettare comunque danni diffusi agli edifici.

La Regione Toscana formula alcune richieste al DPC ed al GNDT e SSN affinché siano predisposti alcuni approfondimenti per:

- una nuova valutazione del rischio sismico in Lunigiana, Garfagnana e Media Valle del Serchio, per l'individuazione delle priorità di intervento;
- la valutazione del futuro evento sismico per l'area di riferimento;
- l'elaborazione di criteri di intervento edilizio corrispondenti alle valutazioni sopracitate al fine di raggiungere il livello di protezione predeterminato.

I parametri scelti dal DPC con GNDT/CNR e SSN per la valutazione del rischio e per la conseguente graduatoria dei Comuni dell'area sono:

- il terremoto di riferimento non è quello massimo atteso per l'area, ma una combinazione tra il max storico ( $M=6,2$ ) e gli eventi di media intensità registrati ( $M=5,0$ );
- la probabilità di eccedenza dell'intensità con riferimento all'VIII in 50 anni a partire dal 1981 (sono stati forniti anche i valori delle probabilità di IX e X per una comparazione dei dati);
- il costo attualizzato del primo danno atteso a partire dal 1981 assumendo quale valore di riferimento una vulnerabilità media pari a 40 anni (tra un min di = ed un max di 100). Il valore, corrispondente a quello medio degli edifici censiti in alcuni comuni della Garfagnana, è comunque tale che anche per terremoti non elevati (un po' più di quello della Lunigiana '95 pari a  $m=4,8$  e meno dell'Umbria-Marche del '97 pari a  $M=5,8$ ) si abbiano danni significativi nelle costruzioni in muratura.
- la strategia di riduzione del rischio sismico è quella di diminuire le vittime attese ma accettare comunque danni diffusi agli edifici;
- di non escludere a priori dal bando per il finanziamento nessuna tipologia di muratura compreso quella in pietra di fiume ma di limitare il numero dei piani a tre;
- di non prevedere, di norma, gli edifici in cemento armato.



Di conseguenza l'intervento di miglioramento da finanziare con i contributi statali e regionali, mediante la partecipazione dei proprietari ad un bando pubblico, viene così definito:

- la tipologia dell'intervento di miglioramento, è quello già contenuto nella L 74/96 perchè meglio risponde ai criteri di rapporto costo-benefici nel quadro delle risorse disponibili e che prevede di realizzare collegamenti tra le pareti e tra queste e gli orizzontamenti ed eliminare le spinte di tetti o archi, salvo situazioni locali. La differenza sta nel contributo, perché mentre nella riparazione del danno con miglioramento sismico il contributo statale non è prestabilito, tenendo conto della variabilità dei costi della riparazione, in quello della prevenzione ha un preciso limite superiore;
- la soglia massima del contributo finanziario per ogni Unità Immobiliare è individuata in 20 ML di lire (circa 10.000 euro) alle quali deve corrispondere un importo analogo del proprietario di altrettanti 20 ML di lire (circa 10.000 euro). Il totale delle risorse deve essere prioritariamente speso per gli interventi di tipo strutturale e solo successivamente anche per le finiture ed impianti strettamente connessi ai lavori strutturali di prevenzione.
- Gli interventi vengono suddivisi in tre classi utili per il finanziamento:
  - a. Interventi minimi, quelli che devono essere assolutamente eseguiti e sono sempre finanziati.
  - b. Interventi eccezionali, quelli che possono essere finanziati solo in casi dimostrati necessari.
  - c. Interventi non ammessi, quelli che fanno perdere il diritto al contributo economico della LR 56/97 perché aumentano i pesi, aprono porte nei muri, ecc.

### **Il miglioramento sismico controllato su un campione di edifici residenziali**

La Regione approva le Istruzioni Tecniche D1.4 Istruzioni Generali, D2.4 Istruzioni Tecniche, D3.4 elenco descrittivo opere (quale 4<sup>a</sup> aggiornamento delle precedenti predisposte a partire dalla L.730/86). (Figg. 9, 10, 11)

Il termine Miglioramento sismico previsto nella LR 56/97 e descritto nelle D.2 Istruzioni Tecniche aveva un significato più ristretto di quello ad esso attribuito dal D.M. 16.01.96 al punto C.9.1.2, secondo il quale in tale casistica sono compresi

**Art. 10 - Categorie delle Opere**

1 - Nella redazione dei progetti di prevenzione e miglioramento sismico degli edifici e successivamente nell'accertamento della regolare esecuzione dei lavori devono essere tenute distinte le seguenti categorie di opere:

- a) Opere "A" - le opere strutturali di miglioramento sismico, così suddivise:
  - Opere "A1" - le opere strutturali strettamente necessarie all'edificio;
  - Opere "A2" - le opere strutturali conseguenti a limitati interventi, agli edifici adiacenti.
- b) Opere "B" - le opere di ripristino delle finiture e degli impianti tecnologici "strettamente conseguenti" alla esecuzione delle "opere A" e realizzate con impiego di materiali di scelta commerciale, di non rilevante costo e con caratteristiche analoghe o simili a quelle esistenti e descritte negli elaborati progettuali dello stato di fatto, così suddivise:
  - Opere "B1" - le opere di ripristino strettamente necessarie all'edificio;
  - Opere "B2" - le opere di ripristino, che attengono a limitati interventi agli edifici adiacenti.
- c) Opere "C" - le opere relative ad interventi di consolidamento dei terreni o di realizzazione di opere speciali nel sottosuolo connesse alla salvaguardia degli edifici.
- d) Opere "D" - competenze professionali comprensive di tutte le fasi di indagini di carattere geologico, geotecnico e strutturale, le fasi di redazione dei progetti, la progettazione ed il coordinamento della sicurezza del cantiere, l'esecuzione ed il controllo degli interventi. Nel Quadro Economico le "Opere D" devono essere chiaramente distinte:
  - 1) le parcelle dovute al o ai progettista/i;
  - 2) i compensi per consulenze o altri professionisti incaricati di indagini, rilievi, etc.;
  - 3) le spese per indagini, rilievi, saggi e sondaggi sia di tipo diagnostico che geologico-geotecnico, etc., al fine di acquisire elementi utili alla redazione dello stato di fatto;
  - 4) compensi per l'eventuale progettazione e coordinamento della sicurezza del cantiere;
  - 5) compensi per la Direzione dei Lavori;
  - 6) contributi previdenziali.
- e) Opere "E" - tutti i costi non compresi nelle precedenti opere. Sono comprese :



Regione Toscana  
Giunta Regionale

**PROGETTO TERREMOTO  
in Garfagnana e Lunigiana**

Legge Regionale n° 56 del 30 Luglio 1997  
Interventi sperimentali di prevenzione  
per la riduzione del rischio sismico

---

**D.1.4 ISTRUZIONI GENERALI**

ILLUSTRATIVE DEI CRITERI  
MODALITÀ E FASI  
DEL FINANZIAMENTO

---

DIPARTIMENTO POLITICHE  
TERRITORIALI E AMBIENTALI

Fig. 9 D.1.4: le Istruzioni tecniche generali.

**D.2.4 INTRODUZIONE**

**1.2.1 L'unitarietà dell'intervento**

Le presenti direttive intendono raggiungere l'unitarietà dell'intervento, sia nella fase di progettazione che di esecuzione dell'intervento edilizio, secondo il seguente schema a blocchi:

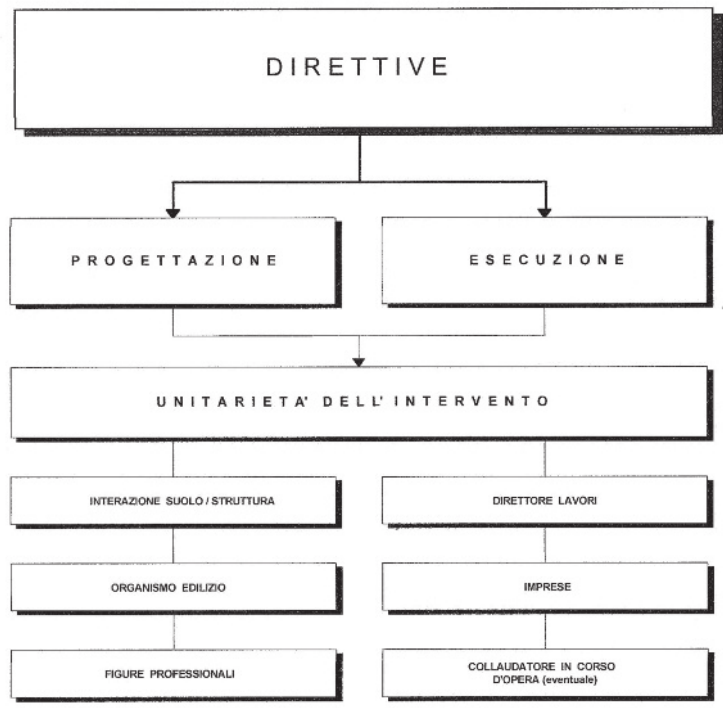


Fig. 10 D.2.4: le Istruzioni tecniche per la redazione dei progetti.

Regione Toscana  
Giunta Regionale

**PROGETTO TERREMOTO  
in Garfagnana e Lunigiana**

**Interventi sperimentali di prevenzione  
per la riduzione del rischio sismico**

Legge Regionale n° 56 del 30 Luglio 1997

---

**D.2.4 ISTRUZIONI TECNICHE**  
PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI DI  
INDAGINE, DOCUMENTAZIONE E PROGETTO  
DEGLI INTERVENTI DI RIPARAZIONE E DI  
MIGLIORAMENTO ANTISISMICO

---

DIPARTIMENTO POLITICHE  
TERRITORIALI E AMBIENTALI



### 1.2.2 Le finalità, i limiti ed i parametri

La Legge si pone la finalità di co-finanziare gli interventi di prevenzione al fine di ridurre i danni attesi sull'edificio che possono essere causati da un probabile evento sismico.

I limiti all'intervento sono posti, oltre che dalle caratteristiche tipologiche dell'edificio, in particolar modo se questo ha valore architettonico e/o monumentale, dalle risorse economiche necessarie ad assicurare un maggior grado di sicurezza alle azioni sismiche secondo la definizione di miglioramento adottato della Regione Toscana.

Il progetto esecutivo deve prevedere la ottimizzazione delle scelte progettuali rispetto ai costi di intervento; in tale ottica si inquadra l'esclusione delle varianti in corso d'opera e dell'istituto della variazione dei prezzi che nel caso si rendano necessari restano al carico del proprietario.

I parametri utili per il raggiungimento delle finalità e degli obiettivi sono schematicamente riportati nella tabella seguente:

<b>FINALITÀ</b>	LA PREVENZIONE SISMICA NEGLI EDIFICI
<b>LIMITI</b>	LE RISORSE ECONOMICHE
	LA DEFINIZIONE DI MIGLIORAMENTO
	LE CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE DELL'EDIFICIO
<b>PARAMETRI</b>	LE INDAGINI CONOSCITIVE
	I METODI DI CALCOLO E VERIFICA
	LE TECNICHE DI INTERVENTO
	L'USO DEI MATERIALI
	LA DURATA E LA REVERSIBILITÀ DELL'INTERVENTO
	LA SEMPLICITÀ DELLE FASI ESECUTIVE
	I COSTI DELLE SINGOLE OPERE
	I TEMPI DI ESECUZIONE
	LA CHIAREZZA E LA ORGANICITÀ DEL PROGETTO PER LE FASI DI APPALTO E CONTROLLO DEI LAVORI

### 1.2.3 La metodologia

La soluzione progettuale è la sintesi di un processo di formazione che ha come operazioni preliminari quelle rivolte alla acquisizione della conoscenza dell'edificio e dell'area in cui insiste, nella situazione attuale.

La conoscenza dello stato di fatto assume importanza decisiva ai fini delle valutazioni sul da farsi che debbono avvalersi di svariati apporti disciplinari, con un livello di specializzazione che dipende dalla importanza del problema o delle singole situazioni.

Le ipotesi di intervento si costituiscono sulla base di una valutazione a carattere pluridisciplinare nel corso della quale si definiscono i criteri e si individuano gli elementi per la formulazione delle soluzioni progettuali.

Per ogni situazione di degrado o patologia strutturale, le possibili soluzioni sono generalmente più di una, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, durevolezza, modalità e tempi di esecuzione, costo. La scelta della soluzione deve necessariamente avvenire caso per caso, dopo attento esame dei caratteri suddetti, delle condizioni operative, delle conseguenze.

L'analisi costo-benefici, deve valutare le variazioni possibili nel rapporto tra i benefici, misurati in termini di incremento della sicurezza ed i relativi costi.

L'iter progettuale è riassunto nel diagramma a blocchi della seguente figura:

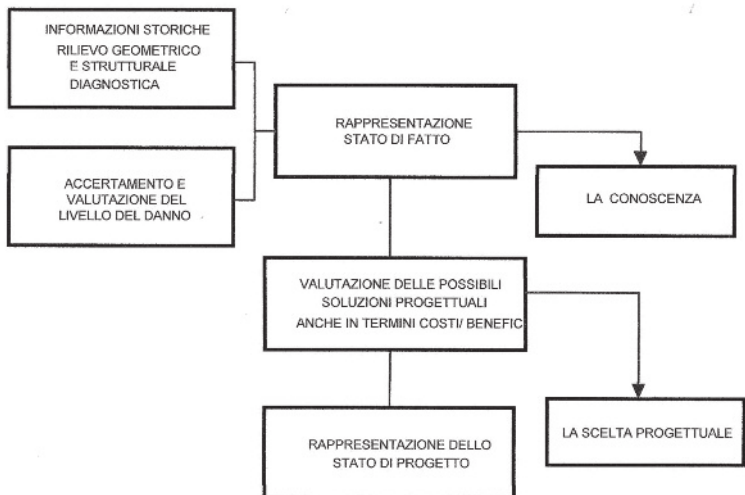


Tabella 1

Elementi per le decisioni sul livello di approfondimento più opportuno sono i seguenti:		Operazioni per la conoscenza dello stato di fatto:	
(1)	La destinazione dell'edificio	(a)	Esame diretto dell'edificio
(2)	La complessità dell'edificio	(b)	Rilievo geometrico
(3)	Il valore storico - artistico dell'edificio	(c)	Identificazione degli elementi strutturali
(4)	L'evidenza di degrado e patologie strutturali	(d)	Identificazione dei materiali
(5)	L'evidenza di patologie geotecniche	(e)	Identificazione dei collegamenti
(6)	La tipologia d'intervento (Miglioramento)	(f)	Identificazione di degrado e dissesti
		(g)	Identificazione di giunti e discontinuità strutturali
		(h)	Identificazione delle tipologie di eventuali danni conseguenti a precedenti eventi sismici
		(i)	Rilievo critico
		(l)	Indagine storica
		(m)	Individuazione di schemi strutturali attuali e pregressi
		(n)	Indagini sulle fondazioni e sui terreni
		(o)	Indagini su elementi strutturali e materiali
		(p)	Verifica strutturale nella situazione attuale e sintesi (eventuali)
		(q)	Esame della documentazione esistente

La descrizione dello stato di fatto statico-strutturale risulterà da una relazione tecnica interpretativa del rilievo critico e geometrico nonché della documentazione fotografica prodotta.

## 2 - COLLEGAMENTI

(Rappresentazione in pianta)

SIMBOLO	DESCRIZIONE
	Cordolo continuo per tutto lo spessore
	Cordolo continuo di spessore parziale
	Collegamento in aderenza (cordolo in c.a., profilato) mediante perforazioni armate
	Collegamento in aderenza (cordolo in c.a., profilato) mediante code di rondine
	Collegamento discontinuo (a coda di rondine)
	Collegamento della soletta in c.a. alle strutture verticali con perforazioni armate
	Catene e tiranti non in tensione: <b>E esistente</b> (indicare quota)
	Catene e tiranti in tensione: <b>E esistente</b> (indicare quota) <b>P progetto</b> (indicare quota)
	Travi in legno semplicemente appoggiate alle murature d'ambito senza collegamenti
	Collegamento di travi in legno alle murature d'ambito con lame o piastre
	Pareti ortogonali ammassate o con altro tipo di collegamento



Regione Toscana Giunta Regionale
<b>PROGETTO TERREMOTO in Garfagnana e Lunigiana</b>
<b>Interventi sperimentali di prevenzione per la riduzione del rischio sismico</b>
Legge Regionale n° 56 del 30 Luglio 1997
<b>D.3.4</b> ELENCO DESCRITTIVO DI OPERE
ISTRUZIONI PER LA REDAZIONE DEI COMPUTI METRICI ESTIMATIVI
DIPARTIMENTO POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI

Fig. 11 D.3.4: elenco descrittivo delle opere.

<b>CAPITOLO 9 MURATURE.....</b>	<b>89</b>
B09.01 MURATURA IN PIETRA .....	91
B09.02 MURATURA DI MATTONI PIENI SPESSORE UNA TESTA .....	91
B09.03 .....	91
B09.04 MURATURA DI MATTONI PIENI SPESSORE DUE O PIÙ TESTE.....	91
B09.04a.....	91
B09.04b Muratura di mattoni pieni dello spessore di due o più teste eseguita con malta cementizia tipo M2 mc.....	91
B09.04c.....	91
B09.05 .....	91
B09.06 .....	91
B09.07 .....	91
B09.08 MURATURA DI BLOCCHI ALVEOLATI PORTANTI.....	91
B09.08a Muratura in blocchi alveolati portanti per spessori superiori al netto dell'intonaco a cm 24 mc .....	91
B09.09 .....	92
B09.10 MURATURA DI MATTONI FORATI .....	92
B09.10a Muratura di mattoni forati doppio UNI di spessore di cm12 (25x12x8) mq.....	92
B09.10b Muratura di mattoni forati di spessore cm8 (posti a coltello) mq.....	92
B09.11 .....	92
<b>CAPITOLO 10 SOLAI E COPERTURE.....</b>	<b>93</b>
B10.01 FORMAZIONE DI MANTO DI COPERTURA IN COPPI ED EMBRICI O COPPI DOPPI, TEGOLE PIANE MARSIGLIESI .....	95
B10.01a Formazione di manto di copertura in coppi mediante posa in opera di coppi ed embrici mq.....	95
B10.01b Formazione di manto di copertura in tegole piane marsigliesi mq .....	95
B10.02 .....	95
B10.03 FORNITURA E POSA IN OPERA DI STRUTTURA PRINCIPALE E SECONDARIA DI TETTO REALIZZATA CON ELEMENTI IN ACCIAIO ZINCATO .....	95
B10.04 CAPRIATA IN LEGNO.....	95
B10.04a Capriata in legno, di abete o larice di prima scelta, fino a m 7,00 di catena mc .....	95
B10.04b Capriata in legno lamellare, fino a m 7,00 di catena in legno mc.....	95
B10.04c.....	95
B10.04d Capriata in legno lamellare, oltre i m 7.00 di catena in legno mc.....	95
B10.05 FORMAZIONE DI GROSSA ORDITURA DI TETTO E DI ORDITURA PRINCIPALE DEI SOLAI IN LEGNO.....	95
B10.05a Fornitura e posa in opera di legname di larice o di abete, squadrati di prima qualità mc.....	96
B10.05b Fornitura e posa in opera di legno lamellare mc.....	96
B10.06 FORMAZIONE DI PICCOLA ORDITURA DI TETTO E SOLAI IN LEGNO.....	96
B10.06a Correnti in legname di larice o abete, squadrati ed a spigolo vivo .....	96
B10.07 FORMAZIONE DI TAVOLATO SOTTOTETTO.....	96
B10.07b Tavolato sottotetto con tavole di abete dello spessore di cm 2,5-3,0 rifilate e piallate mq .....	96
B10.08 REALIZZAZIONE DI TAVELLONATO .....	96
B10.09 FORNITURA E POSA IN OPERA DI SOLAIO LATERO-CEMENTIZIO CON TRAVETTI PREFABBRICATI IN CEMENTO E LATERIZIO PER COPERTURA.....	96
B10.09a Solaio per luci fino a m 4,50 .....	96

interventi che possono spaziare da poco più di manutenzioni fino ad un insieme di interventi molto prossimi all'Adeguamento.

La definizione era quindi da riferirsi alla sola accessibilità ai contributi previsti, non risultando peraltro in contrasto con la normativa sismica vigente.

Si ritiene, in definitiva, che la progettazione, esecuzione e verifica degli interventi sia sufficientemente regolata dalla normativa nazionale e che con la LR 56/97 sia opportuno specificare solo quegli elementi che concorrono a definire la correlazione tra l'accessibilità al finanziamento e le tipologie di intervento.

Con la LR 56/97 il termine Miglioramento si esplicita:

*“Un insieme di interventi volti prevalentemente ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio, curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste ultime e gli orizzontamenti senza comprendere, se non in casi strettamente necessari, interventi diretti sulle fondazioni, di sostituzione dei solai e dei tetti o tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale dei maschi murari.*

*Possono essere altresì consentiti, ove necessario, interventi di irrigidimento degli orizzontamenti. Nel caso di interventi su un edificio facente parte di un aggregato strutturale possono essere effettuati interventi limitati anche sugli edifici adiacenti.”*

La tipologia di intervento:

- si basa sui criteri definiti a monte dal DPC d'intesa con il GNDT/CNR e il SSN ed elencati nel § precedente;
- riflette l'esperienza dei passati terremoti che ha mostrato come il *buon ammorzamento* e *l'efficacia dei collegamenti* tra elementi strutturali verticali e tra essi e quelli orizzontali siano elementi essenziali per garantire il comportamento scatolare della costruzione in muratura e per evitare meccanismi tipici di collasso delle costruzioni murarie, quali ad esempio i crolli delle pareti fuori dal proprio piano;
- è quella che consente di massimizzare il numero di edifici sui quali intervenire con le risorse disponibili, tra le varie possibili ipotesi, ottenendo comunque significative riduzioni di vulnerabilità ai fini della salvaguardia della vita umana.

Si vuole evidenziare come tale definizione di miglioramento sismico, connessa all'erogazione di contributi pubblici per l'avvio di interventi di prevenzione sismica definita nel 1997 con la LR 56/97 e l'illustrazione degli interventi che meglio di altri per-



mettono di ottenere tale scopo, è singolarmente simile alle definizioni contenute nelle norme nazionali successive, a testimonianza della bontà delle decisioni assunte a suo tempo:

- prima, con la OPCM 3431 del 3.5.2005 all'allegato 11.E – criteri per gli interventi di consolidamento degli edifici in muratura;
- attualmente, con la vigente normativa sismica del DM 14.1.2008 all'allegato C8A.5. - criteri per gli interventi di consolidamento degli edifici in muratura.

Con la LR 56/97 si ribadisce che gli interventi strutturali sulle costruzioni hanno poco significato se non riferiti all'intero organismo strutturale. Gli interventi di Miglioramento sismico devono essere realizzati, sulla base di progetti unitari, sulle parti strutturali degli edifici o complessi di edifici collegati strutturalmente e non su singole unità immobiliari e presentati da tutti i proprietari delle Unità Immobiliari presenti nell'edificio.

Pertanto è necessario:

- riferire la progettazione ad un'*Unità Minima d'Intervento* (U.M.I.), rappresentata dall'edificio, se isolato, e nel caso di più edifici contigui (aggregato strutturale) la progettazione può essere limitata alla struttura da terra a tetto, generalmente con il numero civico della strada e servito da unico vano scala;
- affidare la progettazione ad un unico professionista; nel caso di più "unità minime d'intervento" i diversi progettisti devono elaborare un Progetto Edilizio Unitario (P.E.U.) soprattutto per le parti comuni degli edifici;
- prevedere la possibilità di estensione degli interventi alle *Unità Immobiliari degli edifici adiacenti* a quello interessato dal co-finanziamento previsto dalla L.R. 56/97. Gli interventi in questi casi devono essere funzionali al miglioramento sismico dell'edificio ammesso a contributo e posti integralmente a carico del suo proprietario ma non devono interessare negativamente tali edifici.

#### **Gli interventi di miglioramento sismico ammessi a finanziamento: minimi, eccezionali e non ammessi**

##### ***Interventi minimi***

*a) Interventi di recupero di dissesti statici e/o degrado degli elementi strutturali*

Gli interventi di recupero consistono nel ripristino di singoli



elementi strutturali degradati attraverso la loro riparazione localizzata o sostituzione nei casi di impossibilità del recupero. Le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche dei materiali dei nuovi elementi devono essere compatibili con quelli esistenti e le tecniche costruttive non devono essere per quanto possibile invasive e irreversibili.

Nel caso delle pareti si va dalla semplice risarcitura di lesioni con ripristino dei giunti di malta, alla tecnica del "cuci e scuci" che, in relazione alle dimensioni e tipologia delle lesioni, può essere realizzata su porzioni di uno stesso paramento murario o sull'intera sezione della muratura.

Nel caso di architravi di porte o finestre, la riparazione e/o sostituzione sarà in funzione della tipologia costruttiva: piattabanda o arco ribassato. La sostituzione di una architrave è consentita solo nel caso in cui il recupero sia impossibile. (Fig. 12)

*b) Interventi finalizzati ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio*

Interventi finalizzati ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste ultime e gli orizzontamenti. Sono preferibili interventi non invasivi, come catene (pareti-pareti) o profili metallici (travi dei solai-pareti), evitando le cordolature in breccia. (Figg. 13 e 14)

*c) Interventi rivolti a ridurre sensibilmente la spinta di coperture, archi e volte*

Sono preferibili interventi non invasivi attraverso la disposizione di catene metalliche.

Possono essere realizzati cordoli in c.a. di altezza non superiore ai 13/15 cm collegati alla muratura con barre inghisate con malta cementizia, soprattutto laddove la muratura si presenta

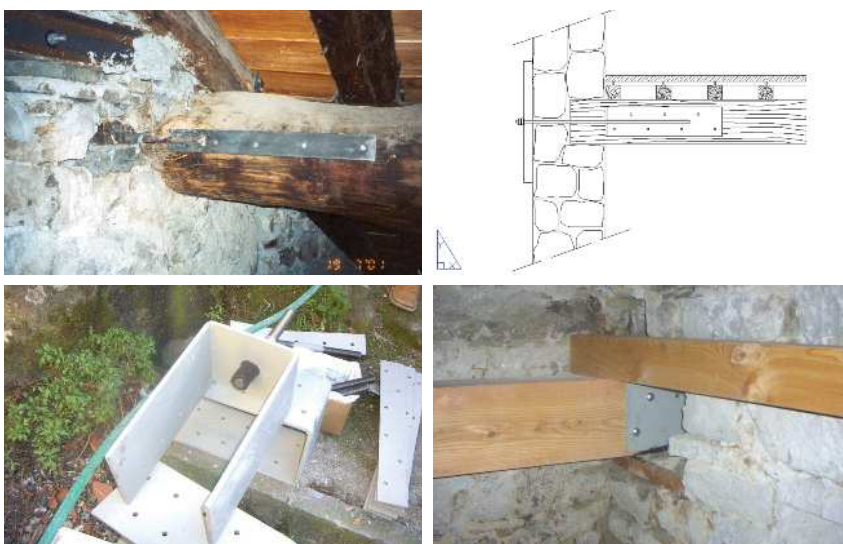
*Fig. 12 Nel caso di architravi di porte o finestre, la riparazione e/o sostituzione sarà in funzione della tipologia costruttiva: piattabanda in putrelle o arco ribassato (1999).*



*Fig. 13 Collegamento tra le murature d'angolo e i solai con catene in ferro diametro 28mm con paletti e manicotto di raccordo (1999).*



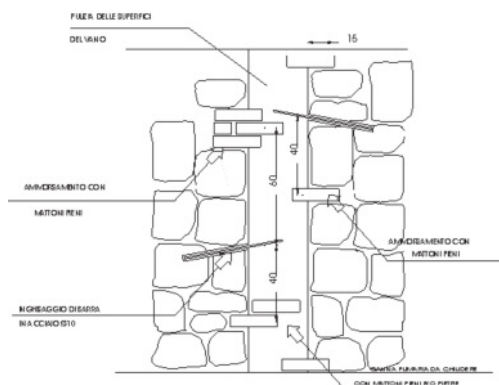
*Fig. 14 Collegamento tra la muratura e l'orditura lignea di tetti e solai in legno mediante piastre sagomate in acciaio (1999).*



*Fig. 15 Realizzazione di cordolo in sommità di modeste dimensioni ( $h_{max} \approx 15$  cm) e collegato alla muratura sottostante con barre inghisate, al fine di: ridurre le spinte delle travi; ripartire gli sforzi orizzontali originati dal sisma; collegare le murature ortogonali; favorire il comportamento scatolare (1999).*



## CANNA FUMARIA



Terremoti, edificio esistente,  
protezione dei beni culturali.

Fig. 16 Ricostruzione della muratura con mattoni e collegamenti con barre acciaio inghisate con malta cementizia (1999).

di scarsa consistenza, oppure cordoli in mattoni. (Fig. 15)

*d) Interventi rivolti ad eliminare o ridurre gli indebolimenti locali della struttura portante originaria*

Interventi rivolti ad eliminare o ridurre gli indebolimenti locali (armadi a muro, canne fumarie, nicchie) della struttura portante originaria (maschi murari).

Sono preferibili interventi che per quanto possibile non introducano eccessive variazioni di rigidità tra i nuovi materiali e quelli originali curando in particolare l'ammorsamento alle murature esistenti. (Fig. 16)

*e) Interventi che consentono di migliorare la resistenza alle azioni sismiche degli aggetti verticali, dei cornicioni, balconi, comignoli, ecc.*

Gli interventi devono assicurare in modo particolare la qualità dei collegamenti alle strutture esistenti.

*f) Interventi volti a ridurre gli effetti sismici, attraverso:*

- la riduzione delle masse strutturali e non, con particolare riferimento ai piani più elevati ed in relazione alla pessima qualità delle murature dell'edificio, tale da pregiudicare il buon funzionamento dei maschi murari; (Fig. 17)
- la redistribuzione dei carichi portati, spostandoli ai piani bassi dell'edificio (serbatoi, archivi, ecc.).



Fig. 17 Demolizioni di copertura in latero cemento (1999).



### ***Interventi eccezionali***

La normativa di riferimento, di cui al precedente punto 3.1, prevede che in casi strettamente necessari sia possibile prevedere interventi "diretti sulle fondazioni, di sostituzione dei solai e dei tetti o tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale dei maschi murari. Possono essere altresì consentiti, ove necessario, interventi di irrigidimento degli orizzontamenti".

Nella realizzazione degli interventi, sono da limitarsi le soluzioni che comportino aumenti dei carichi permanenti soprattutto in presenza di carenze di resistenza nelle murature.

Gli interventi che possono essere ricompresi in questa categoria ed ammessi a contributo, e che devono essere espressamente documentati ed adeguatamente giustificati dal progettista, sono:

- a) gli interventi sulle fondazioni, ammessi solo nei casi in cui si siano manifestati gravi dissesti attribuibili a cedimenti fondali; gli interventi devono essere limitati per entità ed estensione alla riparazione del dissesto rilevato. Nel caso in cui i dissesti siano diffusi e l'intervento proposto interessi una porzione consistente delle strutture di fondazione il progetto dovrà essere corredato da specifica relazione geotecnica;
- b) gli interventi tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale di pannelli, fasce e/o maschi murari con funzione strutturale; questi sono ammessi a contributo limitatamente ai casi in cui si evidenzino una estensione del quadro fessurativo tale da non consentire la riparazione localizzata;
- c) gli interventi sui solai o coperture relativi alla sostituzione delle porzioni fortemente degradate o crollate; è ammessa la sostituzione totale nel caso in cui la porzione fortemente degradata o crollata sia prevalente nel campo di solaio o copertura strutturalmente definito. I nuovi solai dovranno essere realizzati con struttura in legno, salvo quei casi in cui si renda necessario attenuare la differenza tra le rigidezze degli altri campi di solaio esistenti.

Tali interventi non dovranno comunque variare in modo significativo i carichi permanenti; inoltre l'eventuale aumento della rigidezza alle azioni orizzontali dovrà essere compatibile con la resistenza delle strutture verticali;

- d) gli interventi di irrigidimento di solai in legno, in ferro o in c.a. a travetti indipendenti, preferendo interventi leggeri quali ad esempio l'applicazione di doppio tavolato, crociere

di ferro (croci di S.Andrea) o collegamenti trasversali, se è necessario:

- a livello di sottotetto per contrastare l'azione delle catene;
- a livello di piano per attenuare le differenze tra le rigidità dei solai esistenti;
- a livello di copertura, in assenza di sottotetto, per migliorare la connessione tra le orditure (per sottotetto efficace, si intende una distanza dell'orizzontamento dal livello di gronda non superiore al doppio dello spessore della muratura).

Tali interventi non dovranno comportare aumenti dei carichi permanenti soprattutto in presenza di carenze di resistenza nelle murature; inoltre l'aumento della rigidità alle azioni orizzontali dovrà essere compatibile con la resistenza delle strutture verticali.

Gli interventi di irrigidimento sono da effettuarsi preferibilmente con tecniche tali da non comportare il disfacimento dei pavimenti, massetti, tramezzi, ecc e la loro ricostruzione.

Si possono inoltre prevedere interventi, secondo anche quanto indicato dalla vigente normativa sismica, volti a ridurre gli effetti sismici, attraverso la riduzione delle masse strutturali e non, con particolare riferimento ai piani più elevati ed in relazione a valutazioni sulla qualità delle murature dell'edificio (n° piani, spessore, qualità della malta, tessitura), tale da pregiudicare il buon funzionamento dei maschi murari. (Figg. 18, 19, 20, 21)



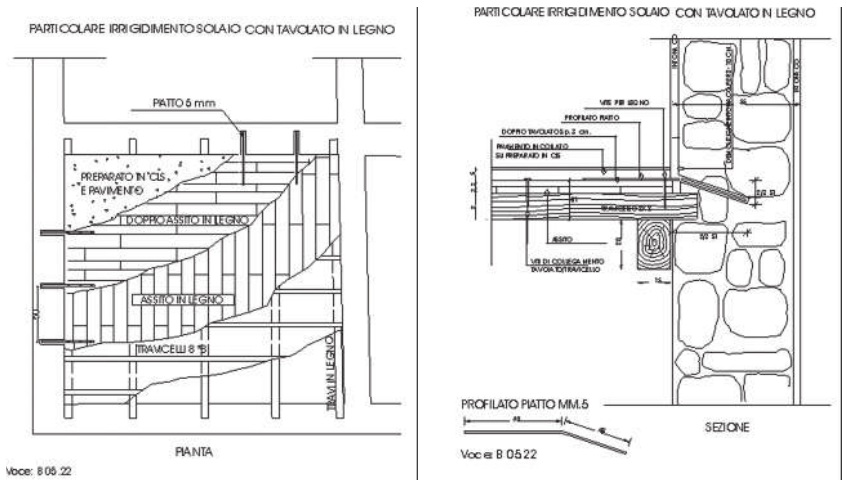
*Fig. 18 Realizzazione di un nuovo solaio in legno e collegamento alle murature (1999).*



Fig. 19 Realizzazione di nuovi tetto in legno e collegamento alle murature (1999).



Fig. 20 Realizzazione di irrigidimento di un solaio in legno e collegamento alle murature (1999).



IRRIGIDIMENTO SOLAIO IN PUTRELLE E TAVELLONI

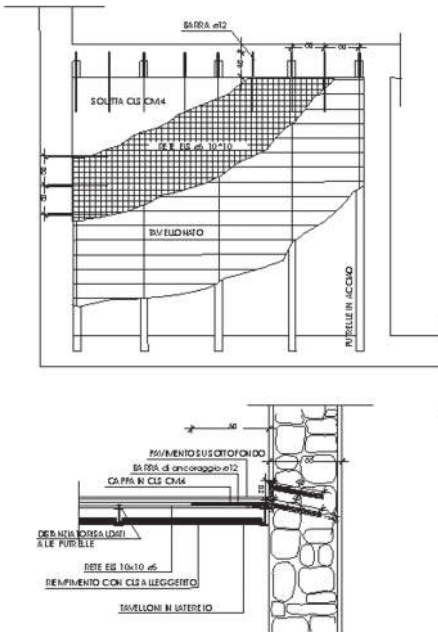


Fig. 21 Realizzazione di irrigidimento di un solaio in putrelle e collegamento alle murature (1999).

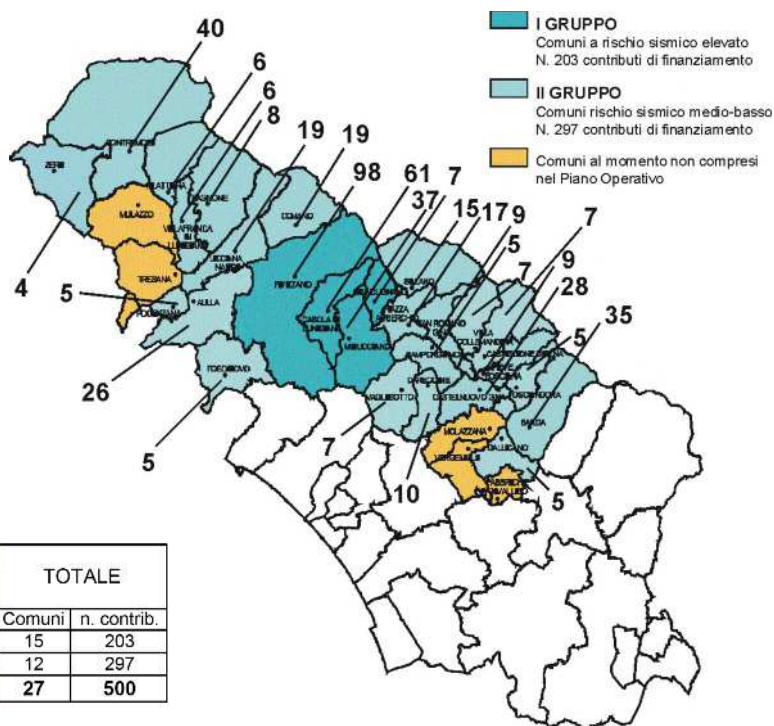
### Interventi non ammessi

Vengono di seguito elencati alcuni interventi che, al fine della concessione al contributo e per una corretta progettazione degli interventi di recupero edilizio in zona sismica, non saranno ammessi:

- a) gli spostamenti di aperture nelle pareti portanti soprattutto in presenza di muratura di qualità scadente, eccetto quelli che ripristinano situazioni originarie ed in generale le opere che possano compromettere:
  - il buon funzionamento dei maschi murari;
  - il collegamento tra le pareti ortogonali;
  - la corretta trasmissione dei carichi alle fondazioni;
- b) l'aumento significativo dei carichi permanenti soprattutto in presenza di muratura di qualità scadente;
- c) la realizzazione di setti o nuclei irrigidenti per ascensori o scale qualora ciò comporti sensibile peggioramento della distribuzione delle rigidità, soprattutto in presenza di murature di qualità scadente;
- d) la sostituzione di solai e/o coperture tali da comportare la necessità di dannosi scassi nelle murature, soprattutto in presenza di murature di qualità scadente.



Fig. 22 Ripartizione degli interventi in base al rischio sismico elaborato dal GNDT/CNR tra i comuni della Lunigiana, Garfagnana e Media Valle del Serchio.



Legenda

Area	I GRUPPO		II GRUPPO		TOTALE	
	Comuni a rischio sismico elevato		Comuni a rischio sismico medio-elevato e medio-basso			
	Comuni	n. contrib.	Comuni	n. contrib.	Comuni	n. contrib.
Garfagnana	2	44	13	159	15	203
Lunigiana	2	159	10	138	12	297
<b>TOTALE</b>	<b>4</b>	<b>203</b>	<b>23</b>	<b>297</b>	<b>27</b>	<b>500</b>

I GRUPPO

PROVINCIA	COMUNE	Contributi	Finanziamento
MASSA CARRARA	Casola Lunigiana	61	630.077,54
	Fivizzano	98	1.012.255,72
LUCCA	Giuncugnano	7	72.303,98
	Minucciano	37	382.178,18
<b>TOTALE</b>		<b>203</b>	<b>2.096.815,42</b>

II GRUPPO

PROVINCIA	COMUNE	Contributi	Finanziamento
MASSA CARRARA	Aulla	26	268.557,64
	Bagnone	8	82.633,12
	Comano	19	196.253,66
	Filattiera	6	61.974,84
	Fosdinovo	5	51.645,70
	Licciana Nardi	19	196.253,66
	Podenzana	5	51.645,70
	<b>PONTREMOLI</b>	<b>40</b>	<b>413.165,60</b>
LUCCA	Villafranca L.na	6	61.974,84
	Zeri	4	41.316,56
	Barga	35	361.519,90
	Camporgiano	5	51.645,70
	Careggine	10	103.291,40
	Castelnuovo G.na	28	289.215,92
	Castiglione G.na	7	72.303,98
	Fosciandora	5	51.645,70
	Galliciano	5	51.645,70
	Piazza al Serchio	17	175.595,38
	Pieve Fosciana	9	92.962,26
	S. Romano G.na	9	92.962,26
	Sillano	15	154.937,10
Vagli di Sotto	7	72.303,98	
Villa Collemandina	7	72.303,98	
<b>TOTALE</b>		<b>297</b>	<b>3.067.754,58</b>

<b>TOTALE</b>	<b>500</b>	<b>5.164.570,00</b>
---------------	------------	---------------------

Fig. 23 Ripartizione dei contributi ai comuni più a rischio del I° gruppo ed a quelli del II° gruppo (1998), successivamente aggiornata.

## L'area di finanziamento

Alle valutazioni di rischio predisposte dal DPC d'intesa con il GNDT sono stati associati i contributi da assegnare, ricordando la distinzione tra quelli a cavallo tra le due provincie di Lucca e Massa Carrara ritenuti più a rischio e sui quali sono state assegnati il 50% dei contributi (Figg. 22, 23).

## Le valutazioni economiche degli interventi di miglioramento sismico della LR 56/97

L'attento esame dei progetti e dei relativi quadri economici e computi metrici, da parte di un unico ufficio regionale, ha avuto le seguenti conseguenze:

- 528 le UI finanziate pari a 403 edifici residenziali;
- 1,8 milioni di Euro finanziati dallo Stato tra il 1998 e il 2000, per i contributi di miglioramento sismico;
- 3,6 milioni di euro finanziati dalla Regione Toscana tra il 1998 e il 2002;
- 5,4 milioni di euro finanziati dai privati come quota parte obbligatoria e quasi altrettanti per ulteriori interventi per circa 10,9 milioni di euro.

Il costo complessivo di circa 15 milioni di euro per gli interventi sui 403 edifici residenziali (528 unità immobiliari), speso in interventi di Prevenzione: è stato stimato che sarebbe costato allo Stato tra gli 80-100 milioni di euro in caso di riparazione dei danni dopo il terremoto. Se si dovessero confrontare le sole risorse statali pari a 1,8 ML/Euro del PRIMA, senza quelle della Regione di gran lunga superiore pari a 5,4 ML/euro, il rapporto con quello che lo Stato avrebbe speso DOPO sarebbe ancora più grande.

Il costo medio degli interventi strutturali di miglioramento sismico comprensivi anche di quelli di finitura e impianti strettamente connessi è stato stimato in circa 250 euro/mq (125 euro/mq pubblici e 125 privati) che aumenta del 30% inserendo la quota parte aggiunta dai privati per altre lavorazioni ammesse.

Nello specifico di Casola in Lunigiana, vale ripetere quanto già riportato in precedenza, ovvero che l'attuale Sindaco nel 2010 confrontò i contributi pubblici della Prevenzione della LR 56/97 con quelli della riparazione posti sisma 2013: ai 10.000 euro per UI, corrispondono 55.000 euro della riparazione in un rapporto 1 a 5. Sarà interessante valutare gli esiti degli attuali incentivi del



Sismabonus, previsti con la legge di stabilità 2017, con le necessarie revisioni necessarie per rendere effettivamente funzionale la misura, tenendo conto che non si tratta di contributi economici aggiuntivi ma di incentivi che fanno leva sulla riduzione del carico fiscale IRPEF, creando non pochi problemi per gli incapienti e per i non abbienti.

### **L'approvazione dei progetti: problemi con legno e cemento**

L'approvazione dei progetti dal 1998 al 2004 in via straordinaria, è stata svolta dal Servizio Sismico Regionale; successivamente si è tornati all'ordinario con l'approvazione da parte dei Geni Civili di Massa Carrara e di Lucca.

Da rilevare che il Dirigente del Genio Civile di Lucca, come già avvenuto negli anni precedenti con i progetti di adeguamento sugli edifici pubblici strategici (ai sensi della L 730/86), anche in questo caso riteneva che gli interventi previsti nella LR 56/97 di miglioramento sismico (soprattutto demolizione di tetti in c.a. e comunque realizzazione di tetti o solai in legno) fossero in contrasto con la normativa sismica. Nelle dichiarazioni più volte espresse a vari livelli prevedeva di denunciare alla Magistratura gli eventuali progetti che fossero stati presentati al suo ufficio. La situazione si è modificata solo qualche anno dopo con il pensionamento e l'arrivo di un altro dirigente, mentre nessun problema è sorto con il dirigente del Genio Civile di Massa Carrara. Tale situazione ha creato a lungo una forte tensione, coinvolgendo imprese e professionisti che avevano difficoltà ad operare sul territorio lucchese.

Nel primo periodo di applicazione, a partire dal 1998 e per alcuni anni in seguito, si è dovuto prendere atto della mancanza di esperienza nelle imprese e nei professionisti con i relativamente "nuovi" criteri di intervento, di esecuzione e di uso dei materiali: è stato necessario creare specifici percorsi formativi con i professionisti e soprattutto con le imprese e essere molto, molto presenti in cantiere. (Fig. 24)

Di fatto si è dimostrato che non era sufficiente dialogare con i professionisti in generale sulle tecniche di intervento e curare i particolari esecutivi con disegni accurati ed esecutivi (di solito venivano ripresi dal Friuli fintanto che furono predisposti quelli della RT) perché la difficoltà stava anche con le imprese che non avevano conoscenza della realizzazione di tetti e solai in legno, catene e paletti ed altro:





**REGIONE LIGURIA**  
**LEGGE REGIONALE n° 56/97**  
**INTERVENTI SPERIMENTALI DI PREVENZIONE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO**  
 Contributi a soggetti privati per interventi di Miglioramento Sismico su edifici residenziali

**INTERVENTI ECCEZIONALI**

Interventi "diretti sulle fondazioni, di sostituzione dei solai e dei tetti o tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale dei maschi murari. Possono essere altresì consentiti, ove necessario, interventi di irrigidimento degli orizzontamenti".

**c) Interventi sui solai o coperture relativi alla sostituzione delle porzioni fortemente degradate o crollate**



È ammessa la sostituzione totale nel caso in cui la porzione fortemente degradata o crollata sia prevalente nel campo di solaio o copertura strutturalmente definito.

**d) Interventi di irrigidimento di solai in legno, in ferro o in c.a. a travetti indipendenti,** sono da preferire gli interventi leggeri quali ad esempio l'applicazione di doppio tavolato, crociere di ferro (croci di S.Andrea) o collegamenti trasversali, se è necessario:

- a livello di sottotetto per contrastare l'azione delle catene;
- a livello di piano per attenuare le differenze tra le rigidità dei solai esistenti;
- a livello di copertura, in assenza di sottotetto, per migliorare la connessione tra le orditure.

**IRRIGIDIMENTO SOLAI IN LEGNO CON DOPIO TAVOLATO**

Irrigidimento di solaio in legno e piano in tavolato mediante sovrapposizione di un nuovo tavolato sul tavolato esistente.



**B05.09** Irrigidimento e collegamento di solai in legno a piano in tavolato fortemente degradato o crollato su supporto esistente.

L'operazione si esegue applicando un nuovo strato di tavolato ortogonale al precedente, con il travetto esistente sottostante. L'operazione viene eseguita in modo da ottenere un unico strato di tavolato con un unico sistema di travetti. La nuova struttura deve essere ancorata al supporto esistente e collegata ai supporti esistenti.



**IRRIGIDIMENTO SOLAIO IN LEGNO E MEZZANE CON CAPPA IN C.A.**

Irrigidimento mediante getto di soletta in cls alleggerito armata con rete e.s. risvoltata ed inghiata nelle murature perimetrali. (B05.25)

**B05.09** Irrigidimento e collegamento di solai in legno e scampato in laterizio mediante mezzane in c.a.

L'operazione si esegue applicando un nuovo strato di soletta in cls alleggerito armata con rete e.s. risvoltata ed inghiata nelle murature perimetrali. La nuova struttura deve essere ancorata al supporto esistente e collegata ai supporti esistenti.



**IRRIGIDIMENTO SOLAIO IN FERRO E LATERIZIO CON CAPPA IN C.A.**

Irrigidimento mediante getto di soletta in cls alleggerito armata con rete e.s. risvoltata ed inghiata nelle murature perimetrali. (B05.24)

**B05.24** Irrigidimento e collegamento di solai in ferro e scampato in laterizio mediante mezzane in c.a.

L'operazione si esegue applicando un nuovo strato di soletta in cls alleggerito armata con rete e.s. risvoltata ed inghiata nelle murature perimetrali. La nuova struttura deve essere ancorata al supporto esistente e collegata ai supporti esistenti.



Intervento Sismico Abitacolo Tamborini e altri

**REGIONE LIGURIA**  
**LEGGE REGIONALE n° 56/97**  
**INTERVENTI SPERIMENTALI DI PREVENZIONE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO**  
 Contributi a soggetti privati per interventi di Miglioramento Sismico su edifici residenziali

**INTERVENTI NON AMMESSI**

Interventi che, al fine della concessione del contributo e per una corretta progettazione degli interventi di recupero edilizio in zona sismica non saranno ammessi.

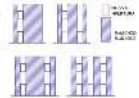
**a) Spostamenti di aperture nelle pareti portanti,** soprattutto in presenza di muratura di qualità scadente, eccetto quelli che ripristinano situazioni originarie ed in generale le opere che possano compromettere:

- il buon funzionamento dei maschi murari;
- il collegamento tra le pareti ortogonali;
- la corretta trasmissione dei carichi alle fondazioni.

La realizzazione di un'APERTURA IN ADIACENZA AL MASCHIO MURARIO ORTOGONALE compromette il collegamento tra i pareti ortogonali.

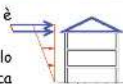


Lo SPOSTAMENTO DI UN'APERTURA compromette la corretta trasmissione dei carichi alle fondazioni e riduce le dimensioni dei maschi murari compromettendo il funzionamento.



**b) l'aumento significativo dei carichi permanenti, soprattutto in presenza di muratura di qualità scadente.**

L'azione sismica agente ad un determinato livello di un edificio è proporzionale al **peso complessivo ed alla quota** di tale livello. Di conseguenza un aumento di peso, passando da un piano a quello superiore, risulta un aggravante ai fini della vulnerabilità sismica dell'edificio stesso.



**SOLAI E COPERTURE RIGIDI E PESANTI SU MURATURE DI CATTIVA QUALITA'**



La realizzazione di orizzontamenti e/o coperture eccessivamente rigidi e pesanti su murature di scarsa resistenza provoca un aumento delle forze d'inerzia dovute al sisma con conseguente aumento delle sollecitazioni sulle murature.

**SOPRAELEVAZIONI**

Le sopraelevazioni di edifici dovrebbero essere progettate e realizzate seguendo il criterio dell'integrazione strutturale con l'esistente. Occorre evitare di amplificare gli eventuali difetti intrinseci della costruzione, evitando ad un aumento della resistenza complessiva idonea a sopportare le forze sismiche orizzontali. Occorre evitare l'uso di materiali più pesanti di quelli originali e realizzare un efficace collegamento tra la struttura sopraelevata e quella sottostante.



Intervento Sismico Abitacolo Tamborini e altri

- i numerosi falegnami presenti nei circa 50 comuni della Garfagnana e Lunigiana non sapevano generalmente costruire tetti o solai in legno perché nessuno li aveva mai chiesti (ricordo l'orgoglio di un falegname di Fivizzano che portò in un convegno del 1999 la capriata di un tetto ed il fabbro che ne aveva curato la ferramenta); né le imprese li sapevano montare e non era reperibile il legno lamellare (se non dopo il 2000, in un magazzino di Aulla);
- i fabbri non avevano mai realizzato paletti e catene con la tornitura agli estremi per realizzare la filettatura dei manicotti o delle parti terminali delle catene; né avevano avuto necessità di realizzare piastre ed elementi metallici per i collegamenti delle travi di legno alle murature; anche le modalità delle saldature erano improvvisate e inefficaci;
- le carotatrici ad acqua per la realizzazione dei fori sulla muratura per far passare le catene in acciaio erano presenti solo presso alcuni idraulici e servivano per forare travi in ca per far passare condotte; i fori venivano realizzati con importanti scassi nella muratura anche in relazione alla pezzatura del pietrame ed in un paio di casi ho visto martelli stradali con compressore che di fatto stavano demolendo la muratura;
- le imprese non avevano le maestranze per queste "nuove lavorazioni" e preferivano non prendere i lavori, salvo alcune che fin da subito si fecero parti attive ed interessate; in alcuni comuni della Garfagnana al confine con la Lunigiana le imprese della Garfagnana lasciavano lavorare imprese della Lunigiana che si erano specializzate "con il terremoto"!

Rilevanti sono state le difficoltà con i progettisti, non abituati a tali tecniche d'intervento, soprattutto con quelli lucchesi e con i proprietari in genere. Progressivamente, almeno dal 2000, tali tecniche di intervento sono invece diventate sempre più usuali e progettisti ed imprese le promuovevano anche ai proprietari.

Dal 2001 e sempre più negli anni successivi i progetti "ordinari", cioè quelli senza i contributi (quindi senza l'obbligo a dover rispettare i criteri della LR 56/97), vengono presentati ai rispettivi Geni Civili di Massa Carrara e Lucca senza prevedere più coperture in cemento armato su muratura in pietrame e sono sempre accompagnati dall'inserimento di catene; i solai sono generalmente in acciaio o legno collegati alle murature.

Dal 2002 nei comuni sismici della Lunigiana e poi dal 2003 in quelli della Garfagnana non sono stati più presentati progetti "ordinari" con le vecchie abitudini e prassi. I due uffici del



Genio Civile hanno stimato che dal 2001 al 2009 siano circa 1.950 i progetti "ordinari" approvati da aggiungere a quelli della "prevenzione".

Quanto descritto lo ritengo un grande risultato.

Dopo, con l'entrata in vigore delle NTC 08 di fatto quegli interventi "pesanti" sono più difficili da giustificare e comunque si è diffusa la prassi di non eseguirli, anche per i frequenti terremoti che dal 2009 hanno riportato le immagini dei danni subiti dagli edifici per i tetti in cemento armato e così via.

### **Dopo il crollo della Scuola a San Giuliano di Puglia... ma poi c'è il Patto di stabilità**

Il crollo della scuola a San Giuliano di Puglia a seguito dell'evento sismico del 31 ottobre 2002, unico edificio a crollare dell'intero paese e dei paesi limitrofi, con la morte di 27 bambini e 1 maestra, provocò una reazione emotiva molto forte e alcuni provvedimenti legislativi di finanziamento per avviare gli interventi sul territorio nazionale, prima del terremoto e non dopo.

La scuola era stata inaugurata qualche giorno prima a seguito dei lavori di sopraelevazione eseguiti con un finanziamento pubblico.

Tra i provvedimenti anche l'emanazione della OPCM 3274/2003 che approvò una nuova normativa sismica nazionale, una nuova classificazione sismica del territorio italiano e fissò una scadenza nella verifica di sicurezza di tutti gli edifici pubblici strategici e rilevanti: dapprima 1 solo anno poi più ragionevolmente aumentato a 5 (si stimavano almeno 70.000 edifici pubblici) e poi di proroga in proroga fino a metà 2013 (alcuni dati ufficiosi riportano che siano state eseguite circa 30.000 verifiche).

Lo Stato per alcuni anni ha messo a disposizione specifiche risorse ripartite alle Regioni che dovevano predisporre i relativi programmi.

La Regione Toscana ha fatto altrettanto almeno fino al 2008, poi il Patto di stabilità ha progressivamente bloccato anche i finanziamenti statali (come peraltro in tutt'Italia) e solo recentemente a fine dicembre 2016, si sono avviati i bandi per l'utilizzo di circa 25 milioni di euro accumulati dal 2009, nella speranza di superare gradualmente i limiti del patto di stabilità.

Le risorse disponibili fino al 2008 sono state pari a:

- 30 ML/euro per interventi, da fondi dell'edilizia scolastica con una specifica delibera regionale del 2004 ed una legge regionale del 2005;
- 20 ML/euro per interventi, dai fondi comunitari del DOCUP con una specifica misura 2.5;
- 40 ML/euro per interventi, dai fondi della L 289/2002 tra il 2004 e il 2006;
- 15 ML/euro per verifiche, dai fondi di OPCM negli anni 2004 e 2006;
- 6 ML/euro per verifiche, dai specifici fondi regionali negli anni 2004 e 2007.

Nell'area della Media Valle del Serchio, Garfagnana e Lunigiana sono state destinati per gli edifici pubblici strategici circa 35 ML/euro per interventi e circa 8 ML/euro per indagini e verifiche sismiche.

La Regione ha emanato specifiche Istruzioni Tecniche ed i progetti sono stati esaminati da un solo ufficio.

### Situazione degli interventi di Prevenzione nell'area colpita dal terremoto del 2013.

Nei 36 Comuni complessivi tra Lucca e Massa Carrara al 2013 la situazione era la seguente (tab .n.1 alcuni dati sono stimati):

- sui 22 comuni della Garfagnana e Media Valle del Serchio, censiti 251 edifici: 195 edifici già adeguati, 38 interventi in corso e 18 edifici minori da esaminare;
- sui 14 comuni della Lunigiana, censiti 204 edifici: 133 edifici già adeguati, 40 interventi in corso e 31 minori da esaminare.

Nei 7 comuni dell'area epicentrale la situazione degli edifici pubblici era da tempo quasi interamente completata o con edifici con interventi in corso.

Comune	Edifici Segnalati	Edifici da esaminare	Edifici adeguati	Edifici con interventi in corso	Edifici dichiarati inagibili
Fivizzano comune e ospedale	37	3	25	9	
Casola L.na	8	0	8	0	
Giuncugnano	5	0	5	0	
Sillano	8	0	8	0	
Piazza al Serchio	10	0	9	1	1 non in uso
Minucciano	12	0	12	0	1 per alcuni giorni per lesioni su alcuni pannelli cartongesso
<b>TOTALE</b>	<b>80</b>	<b>3</b>	<b>67</b>	<b>10</b>	

Tab. 1 Edifici pubblici strategici e rilevanti nei comuni dell'area epicentrale.



*Fig. 25 Casola in Lunigiana, Uglianaldo, edificio agibile con interventi di prevenzione eseguiti nel 2000 ai sensi LR 56/97.*



Nei 7 comuni più colpiti dal terremoto del 21.06.2013 Fivizzano, Casola L.na, Minucciano, Sillano, Piazza al Serchio e Giuncugnano si è realizzato circa il 50% degli interventi di miglioramento sismico di cui alla LR 56/97, pari a circa 250 UI finanziate e il 25% degli interventi di miglioramento non finanziati, pari a circa 450 ulteriori UI.

#### **Conseguenze del terremoto sugli edifici pubblici e residenziali con gli interventi di prevenzione già eseguiti**

Nei giorni successivi all'evento si è potuto verificare il comportamento degli edifici che erano presenti nell'area epicentrale più ristretta, migliorati con i contributi della LR 56/97 o anche senza contributo, ma utilizzando la stessa strategia, constatando solo in alcuni pochi danni lievi e trascurabili (Figg. 25, 26). Ben diversa la situazione dei danni negli altri edifici (Figg. 27, 28). Questo esame da parte dei tecnici rilevatori e dei tecnici comunali, è stato un risultato che è andato al di là delle attese e



*Fig. 26 Casola in Lunigiana, edificio agibile con interventi di prevenzione eseguiti nel 2005 senza i contributi pubblici ma secondo la strategia della LR 56/97.*

delle previsioni fatte nel 1997 nel mettere a punto la strategia, le tecniche di intervento e la formazione degli operatori del settore.

Per gli edifici pubblici strategici e rilevanti sono 80 gli edifici presenti nell'area epicentrale già adeguati e 10 sono chiusi in attesa di finanziamento o con interventi in corso.

Nessun danno, salvo in una scuola di Piazza al Serchio ed in una nuova scuola a Minucciano (Pieve S. Lorenzo) dove si sono evidenziati lievi danni agli elementi non strutturali (alcuni pannelli divisorii) riparati nel giro di pochi giorni.

Tutti gli edifici comunali, non solo dei 7 comuni in zona epicentrale ma di tutta l'area della Media Valle del Serchio, Garfagnana e Lunigiana, sono rimasti aperti e funzionali ed hanno costituito i punti di raccolta delle informazioni e soccorso alla popolazione.

Le scuole nei primi giorni hanno ospitato gli sfollati e successivamente si sono svolte regolarmente le prove di esame a fine giugno.



*Fig. 27 Fivizzano, edificio costruito nel 1980 con criteri sismici e dichiarato inagibile.*



## Conclusioni

La valutazione complessiva degli effetti della Politica di Prevenzione avviata molti anni prima, 30 anni, a seguito del terremoto del 21 Giugno 2013, è certamente positiva ma si presta anche a necessarie riflessioni.

L'osservazione che negli edifici sui quali si erano eseguiti interventi di Prevenzione non si erano verificati danni:

- **compensa** l'impegno profuso e le difficoltà affrontate per ottenere a quei tempi (1990 e dintorni) l'esecuzione di indagini diagnostiche e particolari costruttivi che non erano nella prassi comune, l'aver sostenuto strategie di intervento "innovative" per quei tempi e ottenuto di valutare la scelta degli interventi anche nei costi in rapporto ai benefici economici attesi;

*Fig. 28 Casola in Lunigiana, edificio con rifacimento della copertura eseguito nel 1985 con criteri sismici e dichiarato inagibile.*



- **conferma** la necessità di avere strutture pubbliche che assicurino nel tempo, certamente lungo, un impegno costante e realmente efficace per indirizzare e orientare i professionisti, le imprese ed anche i proprietari che siano coscienti e consapevoli delle caratteristiche della propria casa e non solo della propria auto e di altri oggetti della vita quotidiana.

L'osservazione deve anche tenere ben presente che il terremoto di  $M_w=5.2$  è stato un buon "banco di prova" per gli interventi "preventivi" avviati dal 1997 per la messa in sicurezza soprattutto degli edifici residenziali con interventi limitati di miglioramento sismico (con le attuali NTC08 sarebbero interventi locali), per i quali era stato scelto un livello di protezione sismica limitata dalle risorse disponibili (solo 20 mila euro per Unità Immobiliare); ben diverso invece il livello di protezione sismica stabilito per gli interventi sugli edifici pubblici avviati fin dal 1990, perché per questi si è trattato di adeguamento sismico ed in qualche caso di demolizione e ricostruzione.

Non è stato però né il terremoto "storico significativo" per l'area con una  $M$  media maggiore tra 5,5 e 5,8, né il terremoto "storico atteso" per l'area pari a  $M_w=6.2/6.5$  in relazione al massimo calcolato in quell'area nel 1920.

Ed è a questo evento che dobbiamo guardare, tenendo ben presente quanto è accaduto con il terremoto del Centro Italia ove con la prima sequenza dell'Agosto 2016 alcuni paesi avevano avuto pochi danni per gli interventi di riparazione dei danni dopo il precedente del 1997. La successiva sequenza del 26 e 30 ottobre 2016, avendo raggiunto una  $M_w=6,5$ , ha invece compromesso la gran parte di tali edifici provocando anche collassi e danni gravi in edifici nuovi costruiti dopo il 1997.

L'applicazione di normative sempre più aggiornate senz'altro ridurrà la possibilità di avere danni in edifici ben progettati e correttamente eseguiti, ma questo varrà soprattutto per i nuovi edifici e un po' meno per gli interventi che saranno eseguiti sugli edifici esistenti perché costruiti con materiali e regole troppo diversi. A quale livello di protezione sismica si vogliono assicurare le costruzioni esistenti e come tenere in conto il valore probabilistico insito nella normativa, che prefigura sempre di considerare un determinato livello di danneggiamento: di questo occorre rendere consapevole, nel tempo, la comunità esposta al rischio sismico.

# Proviamo a parlare del sisma

Andrea Barocci  
Corrado Prandi  
Vittorio Scarlini

## Da dove inizia?

Le fratture o gli scorrimenti di una *faglia* nella crosta terrestre determinano quel rilascio di *energia* che si manifesta con una *vibrazione*, origine di alternati rilasciamenti e compressioni del suolo, con propagazione in ogni direzione e dunque anche in superficie.

La vibrazione si accentua o attenua durante la propagazione, questo in base alle caratteristiche dei terreni attraversati; può anche modificarsi nell'*ampiezza* o nella *frequenza* dei suoi picchi.

## Come valutarlo?

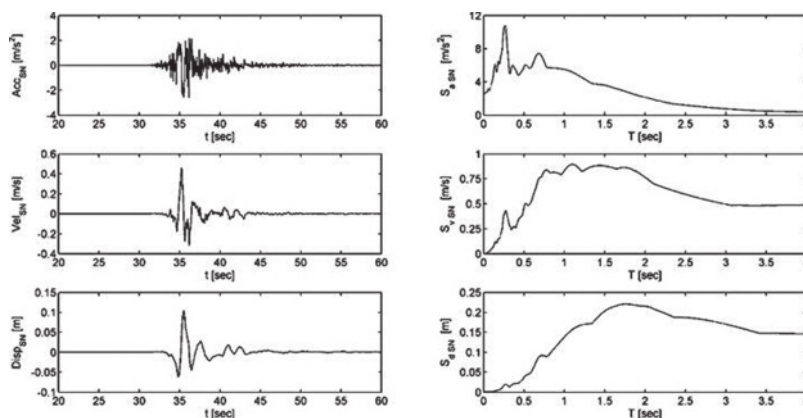
Grazie alla grafica degli *accelerogrammi* comprendiamo e misuriamo la variazione di accelerazione negli alternati rilasciamenti e compressioni del suolo; gli accelerogrammi sono il punto di partenza per cercare di valutare cosa accade alle costruzioni in superficie. (Fig. 1)

Gli *spettri di risposta*, forniti dalle norme per ogni zona del Paese, sono una sintetica e comoda trasformazione degli accelerogrammi; usando gli spettri di risposta, con una sola operazione, possiamo facilmente ricavare valori di accelerazioni o spostamenti che la costruzione deve essere in grado di sostenere; gli spettri di risposta sono direttamente impiegabili per la progettazione degli interventi nelle varie tipologie di costruzioni. (Fig. 2)

Gli accelerogrammi, che ci permettono di leggere le variazioni dell'accelerazione durante la durata temporale dell'evento si-



Fig. 1 Regrazioni degli scuotimenti rilevati a Mirandola (MO) in termini di accelerazione/velocità/spostamento e relativi spettri di risposta.



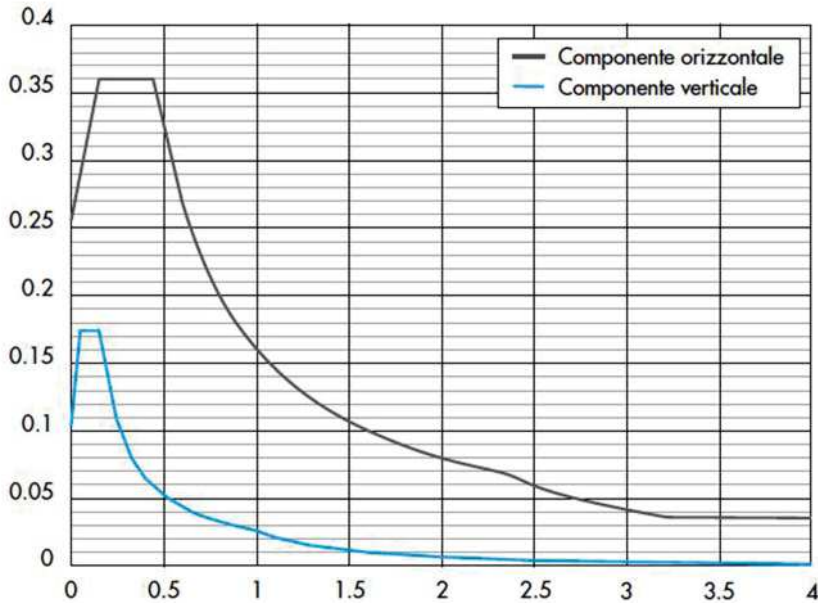


Fig. 2 Spettro di risposta normativo di progetto per una zona dell'Emilia: accelerazioni (a/g) in ordinate e periodi del fabbricato (sec) in ascisse.

smico, quando vengono trattati con idonee procedure automatizzate, permettono di valutare il comportamento della costruzione durante tutto lo sviluppo dell'evento; otteniamo in questo modo risultati molto accurati, ma ci sono richieste di notevoli attenzioni e competenze.

Gli spettri di risposta, fornendo un unico e sintetico valore a simulazione dell'azione del sisma, permettono operazioni molto più semplici ma meno accurate.

Le argomentazioni velocemente riportate sopra sono di particolare impegno, considerate le evidenti difficoltà di indagine nel sottosuolo invisibile; costituiscono argomento della sismologia, della geologia e della geotecnica; grazie alla Ricerca la conoscenza è in continua evoluzione.

### Cosa accade in superficie?

Quando l'onda sismica dalla profondità del terreno raggiunge la costruzione in superficie, questa viene messa in vibrazione assieme al terreno, perdendo quello stato di quiete in cui era ed al quale cerca di tornare; come? Attivando ed opponendo agli spostamenti impressi dal terreno *forze d'inerzia* che sollecitano la costruzione in tutte le sue parti.

Le *parti più rigide* della costruzione, meno idonee agli spostamenti, li contrastano maggiormente; ma tutte le parti della costruzione, proporzionalmente alla loro massa, attivano commisurate forze d'inerzia che si distribuiscono nel fabbricato inducendo delle reazioni che si localizzano maggiormente nelle parti più rigide.

Per avere un buon comportamento, un componente dalla geometria rigida dovrebbe essere realizzato con materiale altrettanto consistente, diversamente, in presenza di geometria

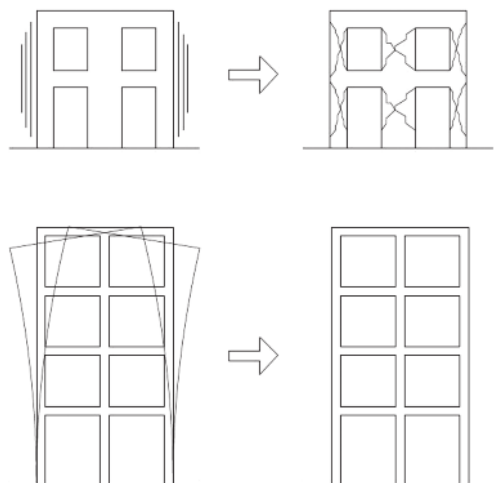


Fig. 3 Possibile danneggiamento conseguente al sisma di fabbricati a diversa rigidità.

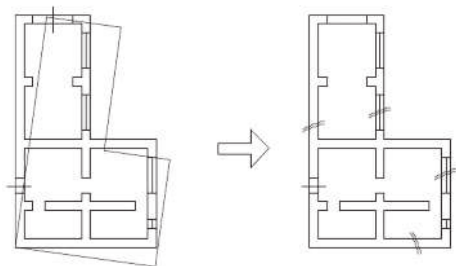


Fig. 4 Possibile danneggiamento conseguente al sisma per fabbricati geometricamente irregolari.

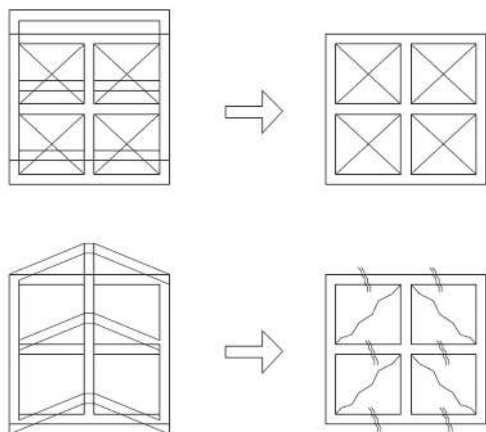


Fig. 5 Possibile danneggiamento conseguente al sisma per fabbricati con impalcati rigidi o cedevoli.

rigida e materiale cedevole, si avrebbe l'attivazione di rilevanti forze d'inerzia per una apparente rigidità legata alla geometria e subito dopo il cedimento del manufatto a causa della debolezza del materiale.

Costruzioni tozze e dunque rigide geometricamente, realizzate con materiali cedevoli, subiscono gravi danneggiamenti, mentre costruzioni snelle, realizzate con materiali consistenti, possono subire danni limitati o nulli. (Fig. 3)

La *distribuzione dei componenti rigidi* all'interno di una costruzione è vantaggiosa quanto più è geometricamente uniforme e regolare, oltre che proporzionata alle masse pertinenti; diversamente, una distribuzione irregolare ed eccentrica delle rigidità rispetto a quella delle masse pertinenti, determina movimenti disuniformi delle varie parti del fabbricato, che spesso causano rotazioni generali nello stesso, con formazione di problematiche torsioni nei suoi componenti.

Ma se questa attenzione possiamo averla nelle nuove costruzioni, non è scontato trovarla nei fabbricati esistenti. (Fig. 4)

Quando i *solai* hanno una buona rigidità, riescono a ripartire le forze d'inerzia tra setti e pilastri, quando invece risultano deformabili subiscono le diverse deformazioni di componenti a varia rigidità. (Fig. 5)

Chiarito che a una *diversa rigidità* corrisponde una *diversa reazione* ad uno stesso spostamento, ne deriva che corpi di fabbrica a diversa rigidità disposti in accostamento, costretti a seguire gli spostamenti alterni legati al sisma e trasmessi dal terreno, si muovono in modo disuniforme, con comprensibile addensamento di sforzi e danneggiamenti nelle eventuali zone di contatto.

Una ultima considerazione generale riguarda la *frequenza delle principali oscillazioni* che interessano la costruzione ed il terreno sul quale è fondata; la frequenza è legata al tempo impiegato per compiere le oscillazioni ed è una caratteristica specifica sia del fabbricato che del terreno di fondazione; la frequenza può essere determinata per fabbricato e

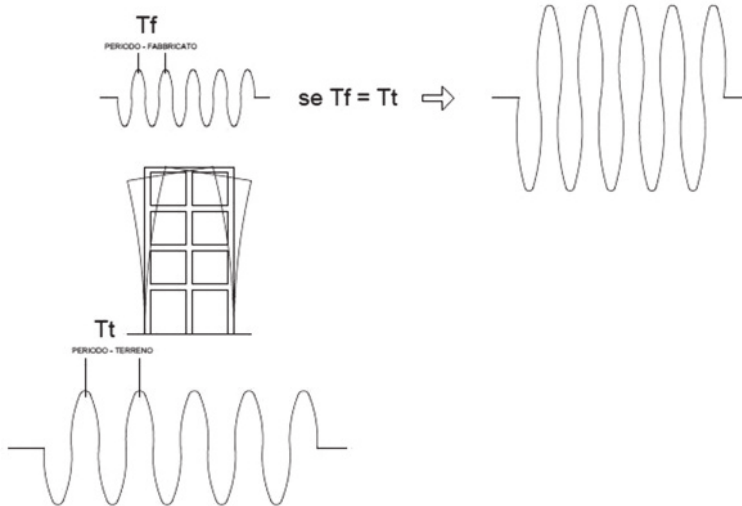


Fig. 6 Grande incremento dell'ampiezza delle vibrazioni quando il periodo del fabbricato coincide con il periodo del terreno.

terreno sia con il calcolo che con misure sperimentali ed è rilevante conoscerne i rispettivi valori per riscontrarne la differenza sufficiente ad evitare la *risonanza*, che causerebbe un forte incremento in ampiezza delle oscillazioni indotte sui manufatti. (Fig. 6)

### Cosa può essere accaduto in Appennino

Proviamo ad accettare il fatto che alcune evidenze, anche non assolute, considerate assieme, possono indirizzare verso la comprensione.

Le considerazioni che precedono sulla rigidità dei manufatti, sulla frequenza delle onde sismiche, sulla possibile risonanza ed ora infine sulla teoria della *tensione tangenziale* di Charles Coulomb, forse possono fornire una spiegazione a quanto è accaduto alle costruzioni in sasso del nostro Appennino.

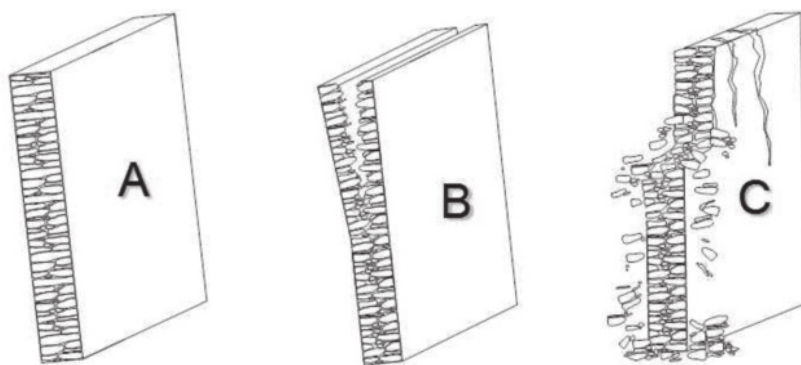
Richiamando il significato di tensione tangenziale che la lega alla coesione del materiale e al valore dell'azione normale presente, possiamo ritenere che nel caso delle costruzioni appenniniche in sasso il valore della coesione dato dalle malte fosse molto basso, come pure il valore dell'azione normale (verticale), soprattutto in concomitanza alle azioni ondulatorie di azioni sussultorie che limitavano fino ad annullarlo il contributo di tale azione.

Tra le varie e possibili circostanze negative, che si sommano per la ripetizione degli eventi e che causano il progressivo raggiungimento delle condizioni critiche, ci sono le seguenti:

- la disuniforme distribuzione dei maschi murari, molto probabile in edifici modificati nel tempo,
- l'incapacità dei solai nel contribuire alla distribuzione uniforme delle azioni attivate, quando non sono stati oggetto di interventi migliorativi,



Fig. 7 Possibile sequenza del danneggiamento di pareti in sasso.



- le amplificazioni locali delle vibrazioni,
- l'accostamento inconsapevole di parti con diverse frequenze di vibrazione, che possono trovarsi a vibrare in controfase, martellandosi reciprocamente,
- lo sconvolgimento degli equilibri raggiunti nel tempo dagli edifici in aggregato, che può favorire collassi a catena,
- la perdita quasi completa della capacità dei manufatti al contrasto delle tensioni tangenziali. (Figg. 7,8)

Questa seconda e amara parte di considerazioni dovrebbe riguardare tutti i progettisti: dei volumi e degli spazi, delle strutture principali e secondarie, degli impianti.

#### Sono utili le indagini ?

Soprattutto per le costruzioni esistenti, un grande aiuto alla comprensione ed alla conoscenza, si ha con ricerche, prove sperimentali e procedimenti di calcolo automatizzati.

Trovare *documenti di archivio* aiuta, sia alla conoscenza dei metodi di costruzione del periodo, sia alla definizione di eventuali cambiamenti nella forma; ad esempio ampliamenti nel tempo ma anche eventuali crolli conseguenti ad eventi poi trovati nella cronologia degli eventi sismici, con possibilità di confronto per eventi di intensità nota ad un danneggiamento presente.

Il *rilievo geometrico* e un eventuale *quadro fessurativo* nella costruzione, possono confermare la presenza di ampliamenti con diverse caratteristiche o di parti più esposte ai carichi.

Il *rilievo dei materiali e dei terreni* con adeguata caratterizzazione meccanica, le *misurazioni con accelerometri* dei principali modi di vibrare sia dei terreni che dei fabbricati, sono una importante premessa alle valutazioni numeriche, permettendo migliore approssimazione nell'impiego ed il controllo di dati da utilizzare o di risultati da verificare.

L'impiego di *procedure automatizzate* per la realizzazione di un modello strutturale che rappresenti quanto più fedelmente possibile geometrie, modalità di collegamento e caratteristiche dei materiali, unitamente alle successive analisi, offre una

grande possibilità di riproduzione o simulazione del comportamento della costruzione nel corso di eventi passati o attesi, permettendo di determinare indici di vulnerabilità e di rischio. In sintesi si pensa che la raccolta del maggior numero possibile di informazioni permetta di limitare l'inevitabile difetto di conoscenza in costruzioni pensate e realizzate da altri, favorendo le valutazioni finali.

Questo terzo gruppo di operazioni richiede numerose competenze coinvolgendo storici, tecnici del rilievo e dei materiali, geotecnici ed analisti informatici.

### Quali interventi?

Le scelte progettuali e di intervento riguardanti le parti componenti la costruzione dovrebbero essere indirizzate da tutte le considerazioni riportate precedentemente.

Gli interventi sulle strutture verticali in fabbricati a setti o a



*Fig. 8 Evidenza della separazione del paramento interno ed esterno delle pareti.*





Fig. 9 Possibile intervento di irrigidimento degli impalcati con connessione alle pareti perimetrali.



telaio, in calcestruzzo armato, muratura o acciaio, dovrebbero rendere i suddetti idonei quanto a rigidità o resistenza o capacità di deformazione, alle azioni verticali e orizzontali attivate dal sisma, verificandone l'omogenea distribuzione nella superficie della costruzione.

Riconosciute inadeguatezze o necessità di adeguamento alle azioni derivate dal sisma, potrebbero portare all'inserimento di catene, all'integrazione delle sezioni e spessori mediante fibre o piastre metalliche, con l'avvertenza di limitare disomogeneità nei valori e nella distribuzione delle rigidità; quanto alle murature potrebbero esser previste locali sostituzioni di elementi laterizi o lapidei danneggiati, con miglioramento delle caratteristiche conseguite anche procedendo a ristilature dei corsi, impiegando malte dotate di migliore capacità di deformazione ed aderenza, valutando anche possibili inserimenti di armature in fibra nei corsi.

In presenza di costruzioni intelaiate è possibile ricorrere all'inserimento di sistemi di controvento dotati o meno di caratteristiche dissipative, oppure di predisporre sistemi di isolamento sismico alla base, previsti per ciascun pilastro su basi sufficientemente rigide; gli interventi di controvento esercitano una azione di irrigidimento globale, contrariamente agli interventi di isolamento che riducono le frequenze; i due tipi di in-

tervento possono essere alternativamente considerati in presenza di prossimità tra frequenze della costruzione e del terreno, permettendo di conseguire un prudente allontanamento dei valori oltre a garantire il rispetto delle richieste normative. Gli *interventi sugli impalcati*, oltre a conseguire idonea capacità ai carichi verticali, dovrebbero renderli idonei alla fondamentale azione di collegamento e redistribuzione delle forze d'inerzia tra elementi verticali; in caso di orditura metallica o in laterocemento il risultato si consegue predisponendo una leggera soletta in calcestruzzo armato, in presenza di orditura lignea può in alternativa essere previsto un assito ligneo incrociato e ben connesso.

In caso di fabbricati in muratura una buona connessione degli impalcati ai setti garantisce da possibili ribaltamenti delle facciate, mentre risultano necessari interventi di collegamento tra tamponamenti ed elementi del telaio impiegando vantaggiosamente reti di armatura. (Fig. 9)

Gli *elementi non strutturali*, come ad esempio le pareti divisorie ma anche alti elementi di arredo, dovrebbero essere mantenuti non collaboranti con la struttura ma mantenuti con leggeri ancoraggi alla stessa, ricorrendo a titolo di esempio per i tramezzi a mastici epossidici o ad elementi di coprifilo ancorati alla struttura ma in semplice accostamento e contenimento al divisorio.

Il presente scritto vorrebbe dare indirizzi essenziali per agevolare le valutazioni sul comportamento delle costruzioni all'azione del sisma; sono presenti molte altre situazioni affini che non sono state richiamate principalmente per mantenere una connotazione di sinteticità.

La lettura dovrebbe evidenziare quanto sia necessaria una impostazione multidisciplinare delle analisi sismiche, nelle quali ogni operatore abbia conoscenze specifiche ma contestuale sensibilità alla problematica complessiva.

I numeri quantitativi del patrimonio edilizio esistente italiano sono tali da richiedere una ampia collaborazione integrata di tutti gli operatori del settore delle costruzioni.



Giovanni Berti  
Corrado Monaca

# La vicenda del fascicolo del fabbricato

## Riassunto

Negli ultimi vent'anni il fascicolo del fabbricato ha seguito fasi alternate di alto e basso interesse. Dopo gli eventi dell'Italia centrale, l'interesse è ora alto. Il documento originale nasce in occasione dell'intervento di ristrutturazione dell'unità immobiliare posta nel Palazzo Pandolfi di Pozzallo (Rg). Settantatré sono gli elementi identificati per una razionale definizione della qualità del fabbricato. Essi sono suddivisi in undici sezioni ed associati a valori di efficienza ottimali. Nello stato di fatto solo alcuni elementi riscuotono un valore di efficienza significativo. La deviazione tra il valore ottimale e quello assegnato indica l'efficienza del fabbricato. Essa può essere facilmente riprodotta graficamente e mostrare con immediatezza quali sono gli interventi migliorativi e le urgenze, facilitandone la programmazione. Nuove tecnologie oggi disponibili possono essere considerate sia in fase di costruzione sia in fase di monitoraggio a scopo diagnostico e di prevenzione. La vicenda del fascicolo offre anche l'opportunità di osservare gli incerti confini di competenza tra Stato e Regione in materia di gestione del territorio.

## Introduzione

“Fabbricato” è il participio passato del verbo fabbricare; il suffisso -ato ne identifica il risultato. Il termine richiede un aggettivo per identificare l'uso a cui il risultato del fabbricare è destinato (appunto “per uso” civile, industriale, rurale, pubblico, religioso, etc.). È un edificio, spesso di grandi dimensioni, adibito a ospitare l'uomo nella sua vita privata e pubblica (scuole, biblioteche, ospedali, chiese, uffici amministrativi e commerciali, teatri, ecc.), operai e macchinari d'industrie, per ricoverare uomini, animali e macchinari nelle campagne, per conservare immagazzinare i prodotti di lavorazione. Questa banale escursione nella semantica del termine “fabbricato”, riportata dal Vocabolario on line Treccani [1], serve per motivare la tardiva consapevolezza dell'utilità di associare a ogni fabbricato il relativo fascicolo. Il termine fabbricato è appunto associato istintivamente a “edificio”, ovvero, fare casa, arte antica, tramandata a noi sin dall'abbandono della vita in caverna. L'introduzione di regole scientifiche è recente e ancor

più è l'assetto della normativa e delle certificazioni. Il concetto di casa in senso moderno inizia a trasformarsi quando i primi impianti sono stati inseriti nell'opera muraria, prima esterni e poi nascosti. È di questi ultimi due decenni il vorticoso innalzamento di requisiti che vede come bisogno e pretesa il "benessere" e la "funzionalità" (e.g. domotica, climatizzazione, sostenibilità energetica ed ambientale, etc.). Ciò nonostante non è affatto ovvio che sia innalzata anche la consapevolezza che fabbricare un edificio oggi equivale ad assemblare un numero molto elevato di elementi distinti e indipendenti; ciascuno di questi ha un proprio modo d'uso ed un tempo di vita medio che dipende dalla fabbricazione e dalla conduzione. Tutto questo si traduce in vita media e conduzione dell'intero fabbricato. Se non ci stupisce tenere per le mani un voluminoso manuale che descrive il funzionamento di un elettrodomestico, non è per nulla ovvio che sia necessario conoscere e conservare le piante, i prospetti, i calcoli delle fondamenta, le installazioni degli impianti nascosti della nostra "caverna moderna". La *ars aedificandi* oggi è la *Building Science* ma la familiarità accumulata nei millenni forse ci rende un po' superficiali nel trattare la relatività del tempo di obsolescenza. In Italia il patrimonio edilizio vetusto o antico è numeroso e, talvolta, l'uso di metodi costruttivi e materiali recenti ha indotto a mescolare arte e scienza. Trascurare approfondimenti storici e scientifici può portare a sottostimare o a stimare erroneamente i modi di sovrapporre nuovi materiali e metodi di costruzione scientifici a manufatti preesistenti, edificati con metodi d'arte [2]. Le nuove tecnologie, oggi emergenti, di diagnostica non distruttiva e di simulazione possono dare un contributo decisivo per stimare della qualità ed integrità strutturale del materiale preesistente; riducono la lacuna di conoscenza tra la costruzione ad arte dell'edificio preesistente e il nuovo impiantato su di esso.

In fondo il passaggio a "caverna moderna", che, diversamente da quella antica, richiede consapevolezza nell'uso, poteva essere interpretata come una mutazione del tutto naturale e progressiva, sia pure molto lenta per millenni; è diventata invece una "complessa" vicenda che vive in altalena tra accelerazioni e rallentamenti. La necessità di dare trasparenza nel conoscere lo stato di un edificio torna alla ribalta ogni volta che avviene un evento tragico. Non c'è niente di complesso ma è solo il gioco di forze nel definire priorità legislative, nor-



mative tecniche e attribuzioni di competenze nell'assetto mutevole, perennemente instabile e burocratizzato della vita nazionale. Per giustificare quest'affermazione è sufficiente ricordare che, a seguito di un fatto tragico, riguardante un edificio romano nel 1998, la Regione Lazio approvò la legge 13/09/2002 che rendeva obbligatorio la presenza di un fascicolo documentale per ogni fabbricato. Con sentenza del 08/09/2006 il Tar del Lazio accolse il ricorso della Confedilizia e cancellò la legge regionale, anche se era già stata recepita dal comune di Roma. Nel 2008 il piano casa (D.L. 112/208), trasformato in legge 133-06/08/2008, prescriveva di raccogliere e conservare in un una cartella tutta la documentazione relativa all'immobile. La ricostruzione post-terremoto de L'Aquila (2009), resa difficile per la mancanza di documentazione, accelerò di nuovo il recepimento del concetto presente nella "raccolta unica" e fatti contemporanei sollecitarono la Regione Basilicata a recepire l'indicazione presente nel piano casa (art. 11) con Legge regionale del 07/08/2009. Il litigio di competenze tra Consiglio dei ministri e Regione permise al primo di impugnare il provvedimento. Il seguito è un complicato intreccio tra sentenze e ricorsi che hanno impegnato e impegnano Regioni (e.g. Campania) e Corte Costituzionale. In sintesi, nelle fasi recenti sembra che la Corte Costituzionale sia orientata ad ammettere la legittimità della raccolta documentale riferita al fabbricato ma con una sobrietà di dettagli che non sia eccessivamente onerosa per il cittadino [3]. Soffocato da questa complessità di fatto, al cittadino resta la via d'uscita della volontarietà.

Interessa qui descrivere alcuni aspetti tecnici del fascicolo del fabbricato ed è per questo che ci riferiamo al primo documento redatto sul tema e corrispondente alla ristrutturazione di un'unità immobiliare nel Palazzo Pandolfi in Piazza della Repubblica a Pozzallo (Rg) tra il 2005 e il 2008 [4]. Il modello del fascicolo del fabbricato è nato nell'ambito delle Commissione Edilizia presso il C.N.P.I. il 9 settembre 2005, di cui erano coordinatore Maurizio Paissan (Trento) e vice coordinatore Antonio Perra (Cagliari), componenti Valerio Bignami (Bologna), Andrea Franco (Belluno), Bruno Lazzaroni (Pordenone), Sergio Molinari (Como) e Corrado Monaca (Ragusa). Ed è strutturato in modo da raggiungere tre obiettivi principali:

- Determinazione dell'indice di efficienza strutturale
- Determinazione dell'indice di efficienza impiantistica
- Determinazione dell'efficienza degli adempimenti pubblici e privati.

I tre indici indicano il modo di operare in fase di lavorazione e servono per il monitoraggio e la valutazione, attraverso grafici ed istogrammi. Un piano di lavoro è stato redatto sulla base di detti indicatori e suddiviso in due parti: la prima è riferita all'intero fabbricato di Palazzo Pandolfi, la seconda all'unità immobiliare oggetto della ristrutturazione. Di questo tratteremo nel dettaglio nei paragrafi successivi. Interessa anche citare le Linee Guida [5], recentemente redatte con aggiornamenti da C.N.P.I.; anche ad esse ci riferiremo nel seguito.

## **Il fascicolo del fabbricato**

Il Fascicolo del Fabbricato [4] è uno strumento di lavoro che riporta gli elementi caratterizzanti l'unità immobiliare. Ne identifica la funzione generale e individuale di ciascun elemento. Costituisce la Carta d'identità dell'immobile e indirizza i modi di monitoraggio, manutenzione e frequenza d'intervento ordinario e straordinario. È funzionale sia a un'opera di nuova costruzione, sia ristrutturata. È parte della dotazione di costruzione; è usata dal proprietario nelle transazioni e dal conduttore nel normale funzionamento e uso. È il manuale di un impianto edilizio che aggrega tutti i manuali degli elementi individuali utilizzati nell'immobile. Razionalizza il complesso sistema "edificio"; lo rende oggettivo.

Il contenuto del fascicolo del fabbricato [4] fornisce tutte le informazioni utili per conoscere lo stato di agibilità e sicurezza (stabilità, impiantistica e manutenzione). Il contenuto del fascicolo legittima il rapporto di coerenza tra il piano edilizio e quello urbanistico. Comprende lo stato di conservazione e la relativa programmazione d'interventi.

La struttura del fascicolo identifica quattro ambiti: Dati anagrafici, dati tecnico-tipologici, dati su materiali e componenti, dati su tutti i cambiamenti e sulle modifiche significative dell'intero edificio o per alcune sue parti.

## **Elementi caratterizzanti**

Sono settantuno gli elementi individuati nell'edizione del Fascicolo del Fabbricato [5]; sono ordinati in dieci sezioni distinte più l'undicesima che contiene gli allegati e le note per gli aggiornamenti; quest'ultima ha due elementi per un totale di



settantatré voci, utili per razionalizzare il complesso sistema dell'edificio.

Sono stati identificati indicatori di qualità (o indici di efficienza) che danno un significato oggettivo al termine "qualità". Danno una visione sintetica dello stato di fatto non solo tecnico ma anche documentale di un edificio. Possono essere utilizzati nella valutazione per le transazioni e locazioni ed anche per la programmazione degli interventi.

### **Le sezioni**

La parte anagrafica è costituita da cinque elementi: ubicazione e contesto, anno di costruzione, destinazione, dati catastali, servitù e diritti reali.

La parte urbanistica contiene cinque elementi: destinazione urbanistica, classificazione sismica, classificazione acustica, vincoli, consistenza.

La parte dei titoli abitativi contiene dieci elementi: ante legge urbanistica ed ante strumento urbanistico, licenza edilizia, concessione edilizia, autorizzazione edilizia.

La parte dei soggetti intervenuti nella costruzione contiene diciassette elementi: Committente, progettista, direttore dei lavori, estensore studio geologico, progettista struttura, direttore dei lavori delle strutture, collaudatore tecnico amministrativo, collaudatore statico, certificatore energetico, progettista impianti, collaudatore impianti, valutatore clima acustico, coordinatore in fase di progettazione, imprese, tecnico di cantiere, capocantiere.

La parte delle caratteristiche costruttive generali contiene tredici elementi: strutture, tamponamento e murature, sistema fognario, impianto elettrico, impianto idrico-adduzione acqua, impianto antincendio e riscaldamento gas, impianto di sollevamento e condizionamento, infissi e ventilazione, rifiniture pareti, pavimenti e rivestimenti, impermeabilizzazione e isolamento acustico, coibentazioni, soluzioni tecniche edilizia biocompatibile.

La parte di abbattimento delle barriere architettoniche contiene tre elementi: adattabilità requisito L. 13/89, visibilità requisito L. 13/89, accessibilità requisito L.13/89.

La parte di protezione antincendio contiene sei elementi: Compartimentazioni, vie di fuga, impianti di rilevazione fughe di gas, impianto di rilevazione incendi, estintori, idranti.

La parte sugli ambiti specifici di sicurezza contiene sei elementi: Davanzali, parapetti, caratteristiche scale interne, corrimano, vetri infissi, vetrate interne.

La parte sulle apparecchiature – istruzioni d'uso contiene un solo elemento: elenco delle apparecchiature presenti nell'unità con necessità di verifica come descritto nel libretto d'uso.

La parte sulle schede indice d'efficienza contiene quattro elementi: schede indice di efficienza strutturale, schede indice di efficienza impiantistica, schede indice di efficienza adempimenti pubblici e privati, comparazione istogramma.

Infine la parte di appendice contiene due elementi: gli allegati, le note per gli aggiornamenti.

## **Obiettivi**

Seguendo l'indicazione riportata nelle linee guida [5] si osservano i seguenti obiettivi principali: prevenzione, sicurezza, semplificazione risparmio. Resta del tutto evidente che detti obiettivi sono enunciati d'intenzione. Nei fatti è il modo di attuazione e l'uso che ne permette il raggiungimento.

## **La prevenzione e sicurezza**

L'obiettivo parte dalla considerazione della fragilità geologico strutturale ed idraulica del territorio nazionale. Su questa fragilità s'innesta un patrimonio edificato e accumulato nel tempo molto variegato, disomogeneo e in larga misura senza opere di manutenzione appropriate.

## **Semplificazione**

Sono ben noti i numerosi problemi che s'incontrano quando è necessario intervenire su un edificio, sia per transazioni, o manutenzioni o ristrutturazioni; spesso l'assenza di comunicazione tra le diverse istituzioni con competenze sul territorio ed il suo uso costringono a iter lunghissimi per l'acquisizione di dati. Citiamo per esemplificare che i parametri fiscali sono di competenza del Catasto, i parametri strutturali sono di competenza talvolta dei comuni o del Genio Civile e in alcuni casi riguardano competenze regionali; i parametri impiantistici



invece sono di competenza delle Camere di Commercio. In questa distribuzione di competenze diventa davvero difficile acquisire tutte le certificazioni e le autorizzazioni che il nostro ordinamento ha via via accumulato.

### **Risparmi**

La cultura della manutenzione è un risparmio intrinseco; il fascicolo del fabbricato intende procedere verso questa direzione. La redazione del fascicolo del fabbricato costruendo, insieme al suo costante aggiornamento, trasmette risparmi intrinseci, identificati come minori costi per perizie e valutazioni in fase di compravendita, stipula di mutui e contratti assicurativi, consulenze, onorari, denunce fiscali e dichiarazione per oneri relativi a produzione di rifiuti.

Per gli edifici edificati la redazione del fascicolo richiede un certo investimento di tempo ed i costi per le consulenze devono essere considerati; resta un fatto di valutazione economica tra costo-beneficio che dipende dall'uso dell'edificio da parte del proprietario e utilizzatore.

### **Uso**

L'uso del fascicolo è legato al contenuto delle diverse sezioni e agli obiettivi per cui è stato prodotto. Serve quando è necessario conoscere le caratteristiche dell'edificio. Il fascicolo è analizzato e studiato da tutti gli operatori del comparto edilizio e da chi ha interessi sul manufatto. Il fascicolo testimonia la conservazione della documentazione che attesta: la storia, gli interventi, lo stato corrente, l'uso in generale e delle singole parti dell'edificio. Offre la disponibilità immediata sullo stato di fatto. L'aggiornamento del fascicolo è il punto di partenza per ottenere a costi limitati autorizzazioni, certificazioni globali o delle singole parti dell'edificio. Anche l'efficienza della documentazione è un indicatore che contribuisce alla buona qualità dell'edificio, oltre a quelli più strettamente tecnici.

## Indici di efficienza dell'edificio

Il 26 marzo 2012 iniziano gli incontri del GdL Fascicolo del Fabbricato a Milano con gli ingegneri del Politecnico con coordinatore Sergio Molinari, vice coordinatore Paolo Radi e altri componenti Massimo Bastelli (subentrato a Bignami), Andrea Franco e Corrado Monaca per la trasformazione di una valutazione da indicativa e soggettiva a razionale, oggettiva richiede uno sforzo analitico e una sintesi efficace. L'idea del fascicolo è stata associata a una serie di indici di efficienza, studiando applicazioni specifiche a edifici selezionati. Il primo in ordine cronologico è la ristrutturazione del palazzo Pandolfi di Pozzallo (RG) nel 2008 [4]. Seguono in tempi più recenti studi del Politecnico di Milano su ville ed altri edifici [5], [6], [7] dove sono illustrati gli indicatori utili per la redazione del documento. L'uso degli indicatori porta a rappresentazioni numeriche aggregate e a loro trasformazioni grafiche che rendono con immediatezza le deviazioni tra documenti presenti e quelli necessari per legge, tra le condizioni strutturali dello stato di fatto e quelle ottimali. Lo studio del Politecnico di Milano ha suddiviso gli indici di efficienza tecnica in indice di durata e indice delle anomalie [5], [7].

Come esemplificazione, ci riferiamo nel seguito agli indicatori che sono stati utilizzati per Palazzo Pandolfi di Pozzallo (Rg) [4]. Questo fascicolo è suddiviso in due parti: la prima si riferisce all'intero fabbricato e la seconda riguarda l'unità immobiliare oggetto della ristrutturazione. Nell'applicazione specifica al Palazzo Pandolfi di Pozzallo (Rg) gli indicatori di efficienza strutturale sono stati applicati a quattordici elementi distribuiti tra la quinta (otto elementi) e la ottava sezione (sei elementi). Il totale dell'indice di efficienza ottimale punta a 472.

Gli indicatori di efficienza impiantistica sono stati applicati a 11 elementi, suddivisi tra le sezioni quinta (cinque elementi) e settima (sei elementi). Il totale punta a 404.

Gli indicatori di efficienza documentale per adempimenti pubblici e privati sono stati applicati a quarantadue elementi distribuiti tra le sezioni prima (cinque elementi), seconda (cinque elementi), terza (dieci elementi), quarta (diciotto elementi), sesta (tre elementi), nona (un elemento). Il totale punta a 124.

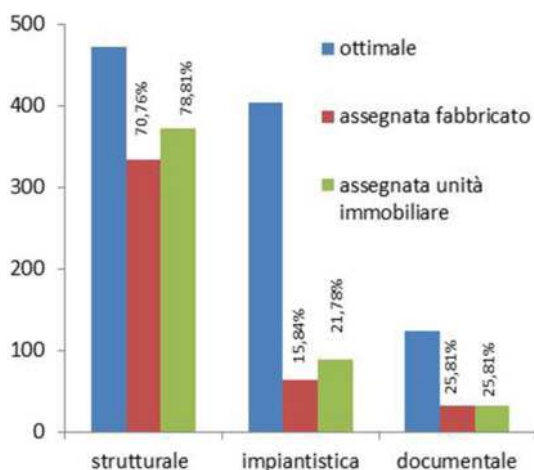


Fig.1 Deviazione tra valori ottimali e assegnati ai tre indicatori riportati in ascissa. In ordinata è riportato il valore raggiunto.

Per ognuno di questi tre indicatori, riguardo all'intero fabbricato il punteggio assegnato è rispettivamente: 334 per l'efficienza strutturale, 64 per l'efficienza impiantistica, 32 per l'efficienza documentale per adempimenti pubblici privati; riguardo all'unità immobiliare il punteggio assegnato è 372, 88, 32.

La Figura 1 riporta graficamente la deviazione tra i valori ottimali e assegnati dei tre indicatori descritti; riporta anche la percentuale dell'obiettivo raggiunto, dando chiara evidenza della carenza e delle priorità d'intervento per manutenzione e adeguamento, secondo gli usi di destinazione.

## Prospettive

Considerare il fabbricato nella sua complessità progettuale, realizzativa e funzionale è significativo passo avanti nella direzione di razionalizzare e rendere oggettivo il valore di un immobile, in relazione alla sua destinazione d'uso. Lo stimolo verso questo progresso nasce nel ristretto cerchio di addetti ai lavori tecnico-costruttivo ma trova un terreno non fertile nella trasmissione ad altri settori del comparto edilizio. Il termine edificio-fabbricato ha un significato ampio ma è identificato come un manufatto ad uso abitativo pubblico o privato, sia per scopi residenziali, sia per attività istituzionale. La sua complessità lo rende simile a un impianto industriale per il quale la gestione della manutenzione diventa un progetto programmatico; gradualmente aumenterà la consapevolezza del fatto che la programmazione d'interventi di manutenzione è economicamente importante.

Nuove tecnologie si affiancano a quelle tradizionali per offrire caratteristiche interessanti per eseguire diagnosi sull'edificato e sull'edificando. L'assetto normativo strumentale è ben consolidato. La rassegna di seguito ne è una prova: sclerometria (UNI EN 12504 - 2, 2012), ultrasuoni (UNI EN 12504 - 4, 2005), acustica (UNI 10627, 1997), magnetometria (BS 1881 - 204; DIN 1045; cp 110), prove sul calcestruzzo nelle strutture - carote, prelievo, esame e prova di compressione (UNI EN 12504 -1, 2009), prove sul calcestruzzo indurito - resistenza alla compressione dei provini (UNI EN 12390 - 3, 2003), profondità della carbonatazione mediante la prova alla fenolftaleina (UNI 9994:1992), processi corrosivi del ferro di armatura (UNI

9535, 1989), pull-out (UNI EN 12504 – 3, 2005), pull-off (UNI EN 1542, 2000), sonda di windsor (ASTM c 803), martinetti piatti - singolo o doppio (ASTM c 1196-09, ASTM c1197-09), termografia all'infrarosso (UNI 10824 -1, 2000), termoflussimetria (ISO 9863/04), blower door test (UNI EN ISO 13829) [8]. Ad esse si aggiungono le norme armonizzate per l'attuazione della direttiva 89/106/CE, relativa ai prodotti da costruzione; un elenco di esse è riportato nella gazzetta ufficiale n. 178 del 2 agosto 2005) e documentata nell'opera dell'associazione dei laboratori d'ingegneria (A.L.I.) [9].

Nuovi sviluppi sono già in atto, considerando che le metodiche spettroscopiche stanno avanzando rapidamente nell'ambito dei controlli non distruttivi, diagnosi precoci e senza contatto sono possibili per qualificare l'integrità dei tondini delle armature d'acciaio, la qualità dei cementi e dei calcestruzzi, la qualità e lo sforzo sui laterizi, malte, intonaci etc... Oltre all'assetto normativo sulla strumentazione, la qualificazione e certificazione del personale (UNI EN ISO 9712:2012) addetto alle prove non distruttive richiederà nuovi adeguamenti. Su questa linea, ad esempio, sono già disponibili norme che riguardano la diffrazione dei raggi x: UNI EN 13925 -1,2,3 – 2008; UNI EN 15305 – 2005, UNI EN 1330-11, 2003, CEN ISO/TS 21432, [10], [11], [12], [13].

Tra le metodiche innovative, quelle micro-nano- spettroscopiche e, segnatamente, la diffrazione dei raggi hanno un elevato impatto industriale nel contesto delle analisi non distruttive, senza contatto, per eseguire diagnosi precoci. Il reticolo dei materiali viene investigato ed è la causa di nucleazione delle deformazioni micro-nano-strutturali che, nei cicli di lavoro, si accumulano e generano ammaloramento del materiale.

La Figura 2 mostra un esempio della qualità diagnostica della metodica quando si analizza un tondino di acciaio per edilizia di sezione 8 mm. La misura reticolare è l'allungamento del reticolo lungo una direzione convenzionale del materiale in esame; in questo caso è appunto il tondino di ferro analizzato con raggi x emessi da una sorgente con anodo CrK.

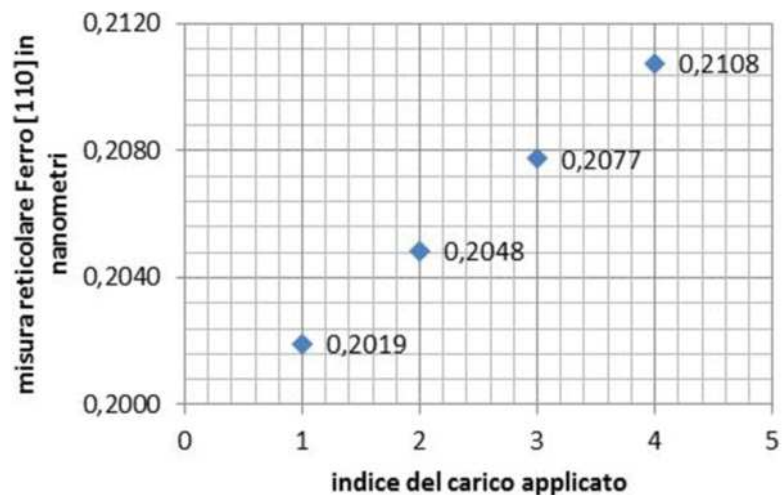


Fig. 2 Misura reticolare: allungamento del reticolo in direzione [110] in funzione del carico applicato riportato come indice dalla Tabella [14].

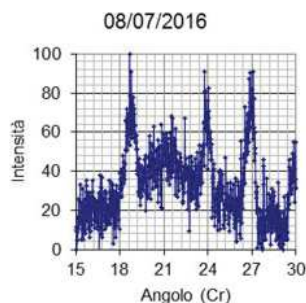
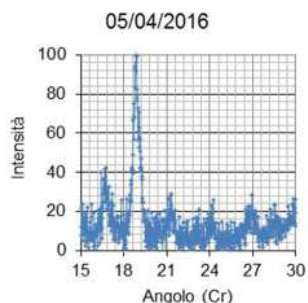


Fig. 3 Da sinistra: a) installazione dello strumento per misure su provini; il punto rosso indica il punto di misura; b) porzione di diffrattogramma di un provino con equilibrata distribuzione di picchi attribuiti a composti silicatici e modesta presenza di alluminati; si nota il picco principale caratteristico dell'inerte; c) porzione di diffrattogramma di un provino che evidenzia la presenza silicati tricalcici e principalmente di alluminato tricalcico (C3A), stimata ad una percentuale di circa il 23% del totale con ettringite e gesso; si nota nella normalizzazione a 100 l'aumento delle intensità dei componenti minori a spese della componente inerte; d) lo strumento nelle due installazioni verticale ed orizzontale su cingoli [15].

Altro esempio efficace è riportato in Figura 3, che indica il segnale di diffrazione dei raggi x prodotto da un provino calcestruzzo. Da sinistra a destra la Fig. 3 mostra l'installazione dello strumento sul provino senza contatto diretto; a fianco è riportato il segnale ottenuto da un provino che mostra picchi caratteristici dell'inerte ed una equilibrata distribuzione di composti silicatici con modesta presenza di alluminati; al fianco sinistro il segnale evidenzia la presenza di silicati tricalcici e principalmente di alluminato tricalcico (C3A); la stima di questa percentuale è di circa il 23% del totale con ettringite e gesso. I produttori di calcestruzzo conoscono bene le differenze di prestazione tra questi due tipi di prodotto, apparentemente indistinguibili con altre metodiche [15]. Non è superfluo sottolineare che la composizione chimica è in relazione alla resistenza a compressione. È prematuro oggi ma non si può escludere che in futuro, definite scientificamente le relazioni tra composizione chimica, processo di fabbricazione e resistenza, il provino possa non essere distrutto e restare archiviato come testimone di degrado spontaneo e senza sollecitazione.

## Conclusioni

C'è un senso di bizzarria, o forse no, nelle complesse vicende nazionali, trovare uno schieramento di favorevoli e contrari di fronte alla redazione di un documento, che solo il buon senso generico troverebbe come ovvio. Perfino un tostapane o un variatore di luminosità da 10€ di valore hanno il loro fogliettino d'istruzioni per l'uso. Il motivo non può essere trovato altro che nell'atavico concetto di casa come riproduzione della caverna naturale, accettata così com'è in natura. Il fatto è che la natura segue sue leggi proprie; l'uomo impara a conoscerle con l'esperienza, con teorie, metodi e modelli costruiti in uno schema coerente e comprensibile. La realizzazione di un fabbricato è il

risultato di tutto questo processo di conoscenza. È fatto dall'uomo, in genere per altre persone. È fatto su commissione ed è venduto-comprato come un variatore di luminosità. Con l'evoluzione della moderna tecnologia elettronica di servizi per la climatizzazione, la conservazione e la cottura di cibi, il trattamento delle stoviglie e delle vesti, la sicurezza dell'ambiente verso incidenti domestici e intrusioni di terzi è impossibile non avere un angolo in cui raccogliere tutta la manualistica specifica, la manutenzione delle caldaie, il controllo dei fumi etc. Il problema della conservazione della documentazione impiantistica non si pone per l'edificando in quanto è presente nella consapevolezza dell'utente. La documentazione relativa alle strutture architettoniche e ingegneristiche è più lontana dall'utilizzatore dell'abitazione. C'è una serie di garanzie pubbliche (notaio, registrazione del contratto, catasto etc.), cui rivolgersi in caso di necessità. Ne segue che occorre che l'utente raggiunga una consapevolezza dell'utilità di conservare anche questa documentazione.

Per quanto riguarda l'edificato, la redazione di fascicolo, adeguato all'uso del fabbricato, significa spesso ricostruire una storia, sia pure recente, in cui il ricorso a figure professionali può essere costoso da una parte ma anche molto allettante dall'altra.

L'implementazione del Fascicolo del fabbricato sarà recepita quando gli utenti avranno l'evidenza del vantaggio economico (non soltanto in denaro) che ne deriva. È con questo schema legislativo, orientato al vantaggio economico duraturo e non basato su incentivi a tempo, che i cittadini potrebbero essere incoraggiati a rendere trasparente per se stessi e per gli altri l'entità e il valore dell'immobile di pertinenza. Il fascicolo del fabbricato dovrebbe essere dunque un valore aggiunto che permetta:

- la verifica oggettiva dello stato di fatto dell'immobile, delle sue parti e dei suoi impianti
- l'autocertificazione nel trasferimento delle garanzie presenti nell'immobile, nelle sue parti e negli impianti per i quali le garanzie sono preesistenti e rinnovate.

Tutto ciò implica anche una revisione del concetto di responsabilità e di responsabilizzazione. Acquisire consapevolezza e cultura è un processo molto lento; i tentativi europei di ottenere progressi fissando dei tetti temporali (Europa 2010 ed Europa 2020) sono in corso ormai quasi da un ventennio con scarsi risultati.

C'è infine da menzionare l'utilità del fascicolo del fabbricato per le manutenzioni straordinarie di edifici pubblici e monu-

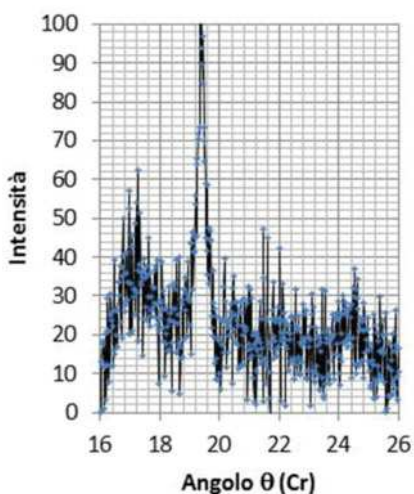


Fig. 4 Installazione dello strumento per misure XRD direttamente da una tavella d'intradosso di un soffitto e relativo spettro di diffrazione [16].

mentali. Molto spesso gli interventi su essi risultano difficili o non soddisfacenti per la non congruità dei materiali e dei metodi scelti [2]. Metodi di ricostruzione virtuale 3D con realtà immersiva o aumentata possono aiutare una progettazione che simuli usure e sollecitazioni. Metodi di diagnostica non distruttivi possono agevolare il riconoscimento di materiali e la riqualificazione di elementi strutturali, favorendo interventi non invasivi, ricostruttivi e conservativi. La figura 4 mostra l'installazione dello strumento di cui alla Fig. 3 per analisi non distruttiva e senza contatto di una tavella dell'intradosso di un soffitto in un edificio pubblico. Il diffrattogramma mostra picchi che sono riferiti in prevalenza a Quarzo (circa 50%), ossidi di alluminio, Feldspati, Calcite ed ossidi ferro in misura decrescente. Il reticolo è parzialmente sollecitato e la microstruttura risulta parzialmente coerente.

Su tali convinzioni il Fascicolo del fabbricato dei Periti Industriali e dei Periti Industriali Laureati intende innovarsi con l'inserimento del rapporto di prova I. S. M. R. S. (Idoneità Statica Manufatti ad alto Rischio Sismico - cartella clinica edificio) mediante i seguenti ambiti:

1. Qualificare i materiali da costruzione mediante l'applicazione della XRD in loco, mai applicata fino ad oggi in edilizia, con misure reticolari che permettono di trasporre le osservazioni alla scala micro-nano-metrica ad una scala di osservazione più grande com'è quella ottenuta dalle indagini tradizionali applicate in edilizia. Le misure reticolari offrono un quadro precoce di un eventuale stato di degrado dei materiali.

Rilevamenti su: sollecitazioni meccaniche, escursioni termiche, agenti di natura chimica;

2. correlare i dati col sistema - Analisi statistica dei dati con tecniche *data mining* basate su ANN (*Artificial neural networks*) per ottenere rapporti dimensionali tra variabili geometriche e fisico/meccaniche per la determinazione della staticità del manufatto.

### Ringraziamenti

Gli autori ringraziano i Presidenti Nazionali dei Periti industriali E. Catalini (l'Aquila), G. Jogna (Udine) e Gianpiero Giovannetti (Firenze), il prof. Ing. Francesco Micielli dell'Università del Salento, Francesco De Marco di XRD-Tools per l'esecuzione delle misure XRD in loco e lo staff del gruppo ricerca di

Betontest Carmelo Santocono e Melchiorre Monaca per l'assistenza tecnica alle misurazioni ed in particolare il Direttore di laboratorio Ing. Gaetano Fidelio (Ispica) e gli ingg. Roberto Fazio (Modica) e Carmelo Russo (Catania) per avere utilizzato l'applicazione della diffrattometria in loco nella esecuzione di indagini diagnostiche strutturali nei solai delle scuole cofinanziate con decreto del M.I.U.R. prima applicazione nazionale (Rapporti di prova N. 0863 e N. 0864 del 9.9.2016 Comune di Noto).

### Referenze

- [1] Treccani Vocabolario on line - <http://www.treccani.it/vocabolario/fabbricato/>
- [2] P. Pierotti, "Terremoti appenninici, patrimonio edilizio, resilienza. Il paradosso della "messa a norma", Territori della Cultura, 26,2016, ISSN 2280-9376.
- [3] N. Galluccio "Il Governo del Territorio, la giurisprudenza costituzionale nei rapporti stato regione", [http://www.affariregionali.it/media/78077/9\\_governo\\_del\\_territorio.pdf](http://www.affariregionali.it/media/78077/9_governo_del_territorio.pdf)
- [4] C. Monaca, " Il Fascicolo del Fabbricato - patrimonio edilizio esistente"- Ragusa, 2005
- [5] C.N.P.I. Linee guida 03 – " Il Fascicolo del Fabbricato per una cultura della prevenzione e della sicurezza integrata", C.N.P.I. 2016.
- [6] F. Re Cecconi, M. Dejaco, S. Maltese, "Il fascicolo del fabbricato con aggiornamento on line". Ed. Maggioli Editore, 2017
- [7] M. C. Dejaco, F. Re Cecconi, S. Maltese, "L'importanza del fascicolo come strumento di tutela e archiviazione dell'informazione". Il Fascicolo del Fabbricato, Sviluppi e Opportunità, Made EXPO 2017 Milano 8-11 Marzo 2017.
- [8] C. Palmieri, "Normative sulla strumentazione", in "Corso base di diagnostica non distruttiva per la verifica strutturale delle costruzioni e la conoscenza del degrado dei materiali " 12 Aprile 2013.
- [9] C. Monaca, G. Fidelio " Normative tecniche per le costruzioni", 2006.
- [10] EN UNI 1925 Non-destructive testing - X-ray diffraction from polycrystalline and amorphous material - Part 1: General principles, Part 2: Basic Procedures. Part 3: Instruments, © CEN – AFNOR Paris.
- [11] EN UNI 15305: Non-destructive Testing - Test Method for Residual Stress analysis by X-ray Diffraction © CEN – AFNOR Paris.
- [12] EN UNI 1330-11 Non-destructive testing - Terminology - Part 11: X-Ray Diffraction from Polycrystalline and Amorphous Materials © CEN – AFNOR Paris.
- [13] CEN ISO/TS 21432 Test Method to determine the Residual Stress by Neutron Diffraction © CEN – AFNOR Paris.
- [14] G. Berti, F. De Marco – "Rapporto di prova. Impiego del diffrattometro cingolato DifRob® per misure reticolari con metodologia XRD in loco per applicazioni sperimentali in edilizia. Rapporto interno XRD-TOOLS, 2017/01 (in corso).
- [15] G. Berti, F. De Marco – "Rapporto di prova. Impiego del diffrattometro cingolato DifRob® per misure reticolari con metodologia XRD in loco per applicazioni sperimentali in edilizia. Rapporto interno XRD-TOOLS, 2016/05 (Ispica - Rg).
- [16] G. Berti, F. De Marco – "Rapporto di prova. Impiego del diffrattometro cingolato DifRob® per misure reticolari con metodologia XRD in loco per applicazioni sperimentali in edilizia - Rapporto di prova n. 0863 e n. 0864 del 9.9.2016. (Noto - Sr).



Piero Pierotti

## Aristotelismo di stato. Conflitti possibili tra gli aggiornamenti della ricerca a confronto con le rigidità della normativa

*“Mi trovai un giorno in casa un medico molto stimato in Venezia, dove alcuni per loro studio, ed altri per curiosità, convenivano tal volta a veder qualche taglio di notomia per mano di uno veramente non men dotto che diligente e pratico notomista. Ed accadde quel giorno, che si andava ricercando l’origine e nascimento de i nervi, sopra di che è famosa controversia fra i medici galenisti ed i peripatetici; e mostrando il notomista come, partendosi dal cervello e passando per la nuca, il grandissimo ceppo de i nervi si andava poi distendendo per la spinale e diramandosi per tutto il corpo, e che solo un filo sottilissimo come il refe arrivava al cuore, voltosi ad un gentil uomo ch’egli conosceva per filosofo peripatetico, e per la presenza del quale egli aveva con straordinaria diligenza scoperto e mostrato il tutto, gli domandò s’ei restava ben pago e sicuro, l’origine dei nervi venir dal cervello e non dal cuore, al quale il filosofo, doppo essere stato alquanto sopra di sé, rispose: “Voi mi avete fatto veder questa cosa talmente aperta e sensata, che quando il testo d’Aristotele non fusse in contrario, che apertamente dice, i nervi nascer dal cuore, bisognerebbe per forza confessarla per vera”.<sup>1</sup>*

Questa è la parabola (laica) con la quale Galileo enuncia il conflitto fra esperienza e fede. Significativamente fa parlare Sagredo, che nel *Dialogo* è l’oppositore colto di Salviati, ossia di colui che esponeva le idee dello stesso Galileo. L’analogia è chiara: sul metodo entrambi i disputanti erano d’accordo, benché dissenzienti sui contenuti. La conoscenza delle cose naturali si fonda sull’esperienza e non può essere un atto di fede.

Il 3 e 4 novembre 2015 si svolse a Roma, promosso dalla sessione scientifica dell’Accademia dei Lincei, il convegno “Resilienza delle città d’arte ai terremoti”. Fu un confronto non facile, che si concluse senza un documento condiviso, però ricchissimo di aggiornamenti e col corredo di una nutrita esposizione di poster che lo integrarono di dettagli specialistici preziosi. Nel dibattito erano coinvolti vari settori disciplinari, dai sismologi agli umanisti agli ingegneri, e anche questa scelta iniziale contribuì ad ampliare l’interesse del confronto.<sup>2</sup>

Molte “certezze” furono messe in discussione. Anzi, diciamo pure che furono messe in discussione le certezze, specie su materie come quelle della risposta sismica dell’edificato esistente, la cui casistica è talmente vasta e tanto variabile che pensare di poterla ricondurre a un modello è già in prima

<sup>1</sup> Galileo Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, giornata seconda, in *Le opere di Galileo Galilei*, Firenze, G. Barbera Editore 1968, vol. VII, p. 133-34. Parla Sagredo.

<sup>2</sup> *Resilienza delle città d’arte ai terremoti. Enhancing resilience of historic cities to earthquakes (Roma 3-4 novembre 2015)*, Atti dei convegni lincei, 306, Roma, Bardi Edizioni, 2016.

ipotesi una forzatura. Furono riconsiderati anche strumenti di base per la normativa, come le mappe sismiche già adottate e la loro efficacia predittiva. Ne conseguiva che, in funzione applicativa, diversi parametri di progettazione fin qui accettati o addirittura prescritti risultavano dubbi. Il cosiddetto "terremoto di progetto", inteso come idea generale, ne usciva fortemente ridimensionato in termini di efficacia.

Infine fra l'estate e l'autunno 2016 intervenne la dolorosissima serie dei terremoti appenninici. Non vi poteva essere test più severo per valutare la risposta dell'edificio ai vari metodi di "messa a norma" che vi erano stati applicati nel corso di molti decenni, ivi inclusi quelli susseguenti all'evento Umbria Marche del 1997-98.<sup>3</sup> Sotto accusa finirono soprattutto le varie modalità di irrigidimento di solai e coperture imposti per norma nazionale o regionale e non c'era equivoco possibile, per chi poté osservare edifici semidistrutti o distrutti con le coperture in armatura di cemento rimaste integre. In alcuni sventolavano sopra le macerie perfino coperture leggere, come reti elettrosaldate rivestite di sintetico.

Contemporaneamente si procedeva a redigere il nuovo testo delle Norme Tecniche di Costruzione, che include anche la normativa sismica. Esso era il frutto di un notevole impegno da parte di un pool di ingegneri, come di consueto. Era possibile attendersi che, dagli aggiornamenti della ricerca scientifica e ingegneristica, di cui c'era stata testimonianza emergente nel convegno linceo ma anche dalle elaborazioni condotte in altre sedi, alcune problematiche apparse degne di considerazione vi fossero trasferite. Soprattutto, in materia sismica, ci si attendeva un rinnovo radicale della metodologia, magari in uno con la ristrutturazione dell'apparato delle competenze tecniche e amministrative. Inoltre il terribile *experimentum in corpore vivo*, notificato dall'edificio in conseguenza dei terremoti appenninici, richiedeva di essere interpretato e tradotto in alcuni necessari ripensamenti: il "notomista" vi aveva tracciato impietosamente il rilievo dei danni da normativa.

La bozza del nuovo testo, mentre scrivo (fine maggio 2017), sta facendo la spola fra Bruxelles e Roma: si prevede che vada alla firma nel mese di luglio. La stesura che si legge in



*Fig 1. Tehran nord, palazzo in costruzione (aprile 2017). Dopo il terremoto di Bam del 26 dicembre 2003 (M Richter 6.6), che fece fra 20000 e 30000 vittime, si preferisce intelaiare d'acciaio anche nell'edificio corrente.*

<sup>3</sup> Ben documentati, anche in sede di proposta, nel volume *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici*, a cura di Francesco Gurrieri, Regione Umbria, Roma, Tipografia del Genio Civile, 1999.



*Fig. 2. Kashan (Iran), resti di vecchio manufatto in mattoni crudi e intonaco di paglia e fango. Il mattone crudo di paglia e fango è tuttora in uso: ha meno resistenza al carico ma è più duttile, perché non si frattura. Probabilmente ha anche maggiore capacità di dissipazione.*

rete può considerarsi definitiva e, comunque sia, la norma è strutturata: salvo dettagli, arriverà alla firma così. Perciò ne possiamo trattare e il genere dell'operazione appare palese: si tratta di una continuazione del vecchio ordinamento, in cui sono state inserite alcune modifiche ma senza nessuna variazione determinante, né di contenuti né di procedure né, soprattutto, di metodologia.

Almeno in prima lettura non sembra dunque che quanto richiamato sopra sia stato elaborato e abbia fatto dottrina. Il termine "resilienza", tanto per segnalare un'evidenza fra molte, neppure vi compare.<sup>4</sup> Eppure i terremoti appenninici da sempre si manifestano in maniera costante, con alcuni picchi elevati e con la ripetizione lunga e insistente di scosse più modeste ma distruttive. L'edificato riceve sollecitazioni seriali e progressive, come se fosse sottoposto al test di un colossale pendolo di Charpy, per cui la valutazione del danno probabile non può prescindere, appunto, da questioni di resilienza per strutture e materiali. L'espressione "durata media dell'edificato", spesso ripetuta come parametro di riferimento anche nel nuovo testo, qui non ha valore. Anzi, è distorsiva. Come si è resa possibile tale dissimmetria tra aggiornamenti della ricerca, evidenza degli eventi e costruzione della nuova normativa?

Senza puntare il dito contro nessuno – ciò non avrebbe senso in termini scientifici e comunque la complessità della materia non lo consentirebbe – vediamo dunque quali contributi utili si possono ricavare dalla nostra esperienza trentennale, riprendendo idealmente in mano i confronti interdisciplinari che segnarono il percorso dei diciotto seminari, coordinati da Ferruccio Ferrigni presso il Centro di Villa Rufolo in tema di culture sismiche locali, nonché il complesso delle ricerche condotte altrove su temi paralleli. Sussistono infatti argomenti, essenziali, che possono essere rimasti fuori dal nuovo testo, altri al contrario che ne potevano essere espunti e, infine, metodologie che avrebbero meritato di essere preferite rispetto ad alcune ivi adottate. Procederemo per paradigmi.

### **Approssimazioni**

"Si svolse in Lunigiana, nei giorni 6, 7, 8 ottobre 1994, il convegno "Terremoti, vulnerabilità dell'edificato e culture sismiche locali". Era organizzato dal CUEBC (Centro Universitario per i

<sup>4</sup> Neppure con il termine, da alcuni più accettato, di "tenacità".



Terremoti, edificio esistente,  
protezione dei beni culturali.

*Fig. 3. Yazd (Iran). Esempio di impiego del mattone di paglia e fango come parete di tamponamento, all'interno di un telaio d'acciaio.*

Beni Culturali) di Ravello, dalla Regione Toscana (Giunta Regionale), dai comuni di Minucciano, Casola in Lunigiana e Fivizzano. Nella sessione dedicata al rischio sismico, che si tenne a Equi Terme, sorse uno scambio di opinioni abbastanza vivace tra Massimiliano Stucchi e Giuseppe Grandori, considerato allora il massimo esponente dell'ingegneria sismica in Italia. Grandori aveva appunto svolto una relazione su "Analisi delle incertezze, scelta dei livelli di protezione"; Stucchi, nella giornata precedente, aveva sviluppato un tema di sismologia storica parlando del terremoto dell'11 aprile 1837 nell'alta Garfagnana e segnalando che, anche relativamente a un evento ben documentato e non remoto da noi, la produzione di informazioni poteva essere disomogenea, con ovvie conseguenze sul grado di completezza delle nostre conoscenze. "I margini di approssimazione che voi ci proponete – sosteneva Grandori riferendosi all'intervento di Stucchi ma in realtà rivolto ai sismologi in generale – per noi si traducono in quintali di cemento in più o in meno. Dovete affinare le vostre previsioni". Intervenni per difendere la sismologia da questa strana accusa d'insufficienza. "Ogni disciplina ha i suoi canoni – sostenni – e i risultati che raggiunge hanno limiti oggettivi di affidabilità. Non si possono alterare i risultati per adeguarli all'uso che s'intende farne".<sup>5</sup>

Il nodo metodologico da sciogliere era evidente e non marginale. Massimiliano Stucchi partiva da elaborazioni di sismologia storica, l'unico strumento allora messo in atto per costruire le mappe sismiche, e conosceva bene i limiti soggettivi delle informazioni che si potevano raccogliere dalle fonti verbali (prevalentemente scritte). Le informazioni si ricavano dalla qualità del danno, dalle condizioni dell'edificio, dalla capacità di riferire dei testimoni, perfino dalla correttezza delle certificazioni amministrative.<sup>6</sup> Stucchi non poteva valicare i confini della macrosismica e offrire ulteriori certezze all'ingegnere,

<sup>5</sup> Purtroppo non ne furono stampati gli atti per problemi di registrazione. Cito a memoria e avvalendomi degli abstract.

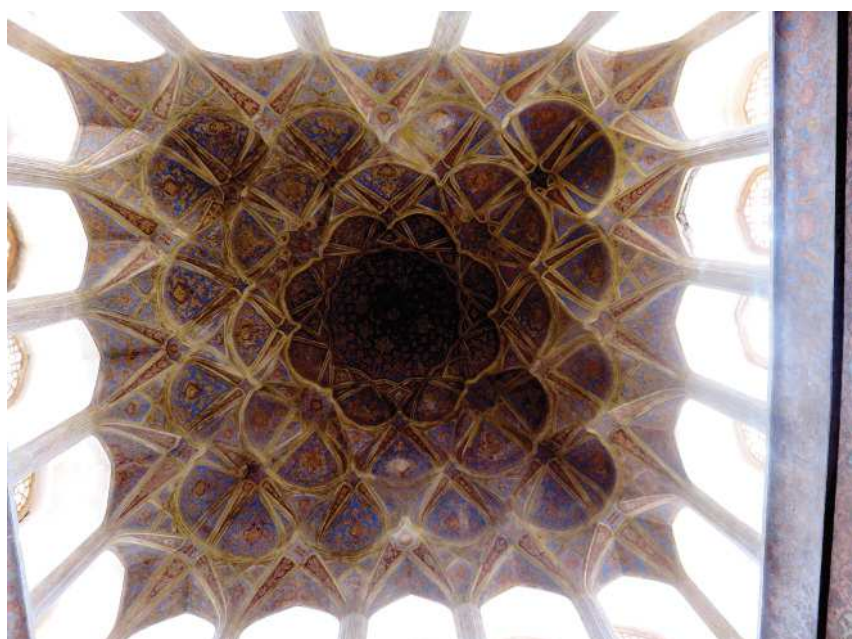
<sup>6</sup> Emergeva in non pochi casi, più o meno recenti, la forzatura dell'entità del danno per ottenere rimborsi maggiori.



*Fig. 4. Isfahan, Palazzo al-Qapu, sala della musica. Straordinario esempio di acustica. Il modo di propagazione dell'onda sismica ha molte affinità con quello delle onde sonore (del resto esse entrano nel range dell'udibilità, quando si avverte il consueto "rombo"). In questa sala, che ha una forte capacità di assorbimento dell'energia delle onde sonore, sono stati usati anche accorgimenti che in altri edifici hanno effetti di dissipazione dell'energia sismica.*

che richiedeva numeri esatti da inserire nei suoi calcoli. Per converso, l'ingegnere non poteva accettare margini di approssimazione non trasferibili in un progetto strutturale compatibile per costi, carichi, dimensioni e, soprattutto, validabile. In quella sede la questione non si risolse tuttavia, col passare del tempo, presumibilmente caddero le obiezioni di principio e una soluzione fu trovata (se così si può dire). Massimiliano Stucchi aveva coordinato il progetto per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica, con Gian Michele Calvi. Alla fine del primo anno di lavoro i due studiosi riferivano però la loro intenzione di terminare l'opera di coordinamento del progetto, perché era venuta a termine la fase iniziata con la redazione della mappa di pericolosità sismica 04 (MPS04). Eravamo cioè ancora nel campo della macrosismica.





Terremoti, edificato esistente,  
protezione dei beni culturali.

*Fig. 5. Isfahan, Palazzo al-Qapu, soffitto della sala della musica. I pannelli a muqarnas, impiegati frequentemente nei soffitti e nel fronte dei portali, di solito intesi solo come decorazione, possono avere anche un effetto dissipativo. Il materiale impiegato è variabile: legno, stucco, pietra, cotto, maiolica.*

Vi fu un periodo d'interruzione, dopo il ritiro di Stucchi e Calvi che, nel lasciare non definito il loro progetto nei dettagli numerici, avevano sollecitato "una riflessione sulle nuove prospettive con cui affrontare il settore della valutazione della pericolosità sismica". C'era tuttavia una convenzione da rispettare, perché le elaborazioni commissionate all'INGV avrebbero dovuto confluire nel Progetto S1 del Dipartimento della Protezione Civile. Così la conclusione delle "attività residue" fu affidata ad altri e la convenzione si poté chiudere. I dati così elaborati furono acquisiti dal DPC e trasferiti nella normativa: *"Nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007), sono state rilasciate una serie di mappe di pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04. Inoltre sono state prodotte mappe per gli stessi periodi di ritorno anche in termini di accelerazioni spettrali. Per ogni punto della griglia di calcolo (che ha una densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) sono oltre 2200 i parametri che ne descrivono la pericolosità sismica. Questa mole di dati ha reso possibile la definizione di norme tecniche nelle quali l'azione sismica di riferimento per la progettazione è valutata punto per punto e non più solo per 4 zone sismiche, cioè secondo solo 4 spettri di risposta elastica. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha emanato nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08) con il D.M. del 14 gennaio 2008 (G.U. n.29 del 04/02/2008) nelle quali la definizione dell'azione sismica di riferimento si basa sui dati rilasciati da INGV e dal Progetto S1."*<sup>7</sup>

Suscitò perplessità l'affinazione estrema di questi risultati, che erano espressi in valori di sottomultipli di  $g$  con quattro cifre dopo la virgola. L'input era sostanzialmente il medesimo della discussione del 1995 tra Grandori e Stucchi, con alcuni

<sup>7</sup> <http://www.6aprile.it/conoscere-i-terremoti/articoli-tecnici/2013/02/17/terremoto-le-mappe-ingv-di-pericolosita-sismica-in-italia.html>. Ho ricostruito la vicenda con maggiori dettagli in *Sismografia Storica. Regole di carta, regole di pietra: la loro applicabilità professionale*, Roma, EPC Editore, 2016, p. 83-85.



<sup>8</sup> Il paragrafo 3.2. *Azione sismica* delle norme 2017 è molto accurato, specie per quanto riguarda gli effetti di sito e i riferimenti alle caratteristiche dei terreni. Tuttavia per i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $CT$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, si rimanda ancora agli allegati A e B del DM 14 gennaio 2008, pubblicato in G.U. del 4 febbraio 2008 ed eventuali successivi aggiornamenti (dove  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima al sito,  $F_0$  è il fattore massimo di accelerazione dello spettro in accelerazione orizzontale e  $CT$  è il valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale). Sull'affidabilità teorica e applicativa di questi parametri vedremo più avanti.

<sup>9</sup> Come ricordava Bertrand Russel richiamando Cartesio, è vero che due più due fa sempre quattro, perfino nei sogni. Tuttavia – aggiungeva – due più due non significa niente, se non rapportiamo questi simboli a realtà specifiche. Due pere più due mele quanto fa? Non si risponde “quattro frutti”, perché il termine diventa generico e distaccato dagli oggetti reali (vedi Bertrand Russel, *Introduzione alla filosofia matematica*, cap. 18, *Matematica e logica*). Anzi, in quattro frutti possiamo mentalmente annoverare anche degli infiltrati: pesche, albicocche, limoni e così via. Man mano che si procede alla sommatoria con oggetti e altro si accentua sempre la percentuale di astrazione che inseriamo nel processo, finché non si arriva al concetto di entità, interamente privo di riferimenti materiali. Avremo però ancora fra le mani due pere e due mele, inservibili al calcolo matematico e tuttavia adeguate ai nostri usi.

limitati aggiornamenti ma con il medesimo livello di affidabilità quanto alle informazioni di base, sostanzialmente qualitative. Qualche computer probabilmente aveva fatto il miracolo, quantificandole. Certo è che, se si rammentano i quozienti di approssimazione già esistenti all'origine nel dato macrosismico da cui era dipeso l'intero procedimento, è sorprendente che il computo finale abbia potuto avere come esito valori talmente precisi. Così si formò la norma tecnica approvata e applicata dal 2008.<sup>8</sup>

Il vero nodo della questione, al di là della procedura magari discutibile adottata nel caso citato, resta tuttavia quello metodologico. Le approssimazioni sono accettabili, in qualunque processo conoscitivo, però a condizione che l'intero processo resti noto. Se l'input iniziale ha dei limiti, come di solito accade, questi devono tornare alla luce e rendersi palesi alla fine del procedimento di calcolo, affinché l'esito finale sia accompagnato dall'indicazione percentuale della sua affidabilità. La “saggezza del numero” non è un valore assoluto ma convenzionale.<sup>9</sup>

Nella normativa il percorso si è invertito. Anziché ricavare dalla realtà degli eventi numeri con essa compatibili, si è partiti dalla funzione, di regola progettuale, e si sono inseriti nella norma numeri a questa finalizzati, meno curando la loro corrispondenza effettiva con la realtà. In altri termini, non essendo possibile ricavare dati esatti da un evento caotico come il terremoto, si è ritenuto possibile attribuire leggi lineari al terremoto. Il ricorso ad  $a_g$  come parametro di base ne è la dimostrazione.

### Edificato esistente

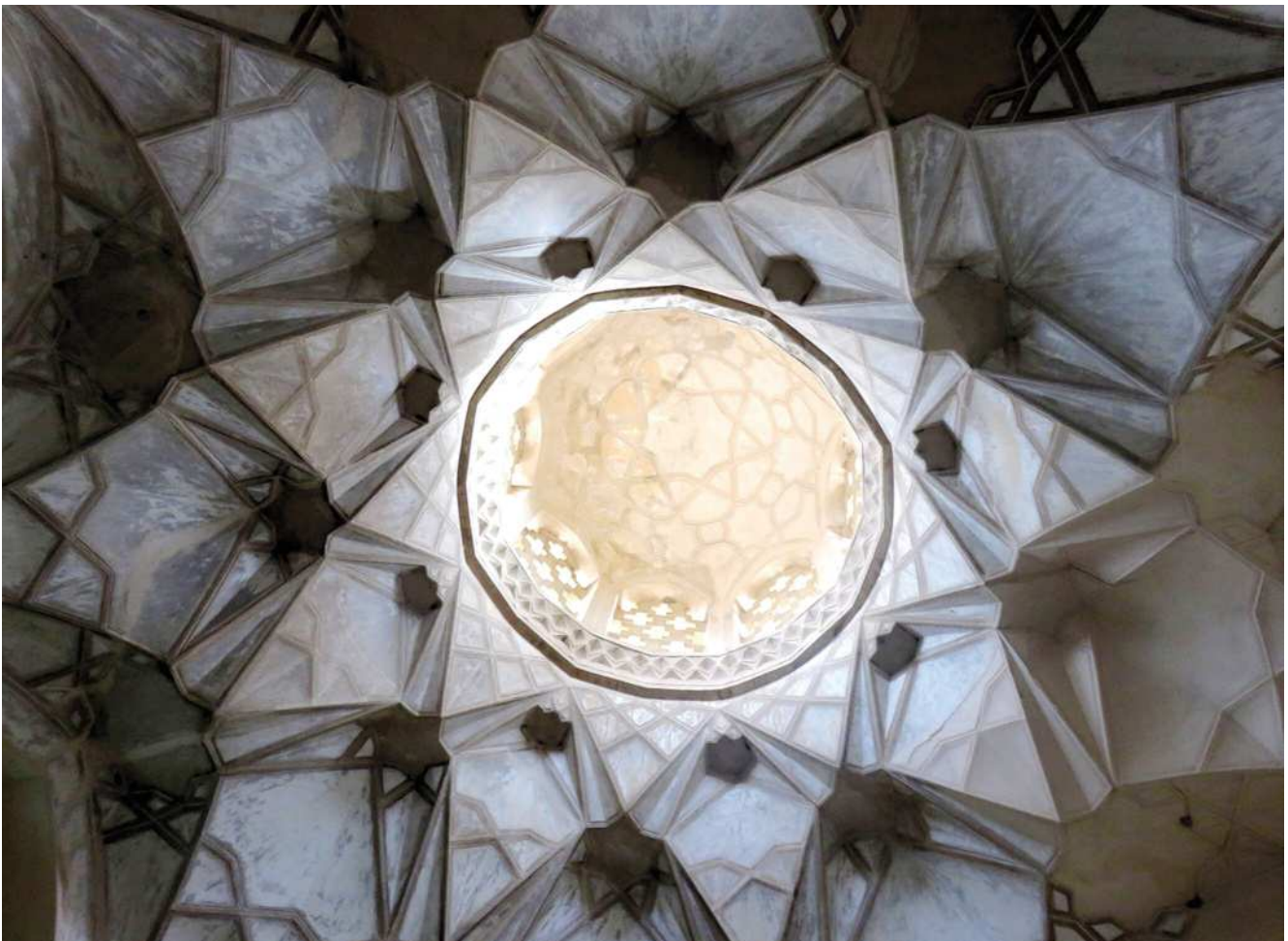
*“8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA. La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali”*: così il testo proposto per le NTC 2017.

Questo articolo merita molta attenzione, perché è il paradigma più evidente delle limitazioni di campo che la norma s'impone. Scegliere il dato relativo alla valutazione della sicurezza se-

guendo un procedimento solo quantitativo, e non anche qualitativo, significa escludere informazioni che derivano dalla conoscenza diretta dell'edificio e dall'esperienza circa il loro comportamento in caso di evento sismico. Inoltre l'espressione usata è talmente apodittica da far intendere che l'adozione in progetto di una metodologia diversa da quella quantitativa non offrirebbe garanzie riguardo al raggiungimento della sicurezza minima richiesta dalla legge. In altri termini, un progettista non è più tutelato dalla norma se non ne ha adottato e rispettato i numeri. La forma come tale è esclusa dai criteri di validazione del suo operato.

Siamo all'*abc* della scienza delle costruzioni (quella reale). L'architettura, come si sa, è l'arte di sospendere carichi sul vuoto. Per ottenere questo risultato si ricorre a elementi che

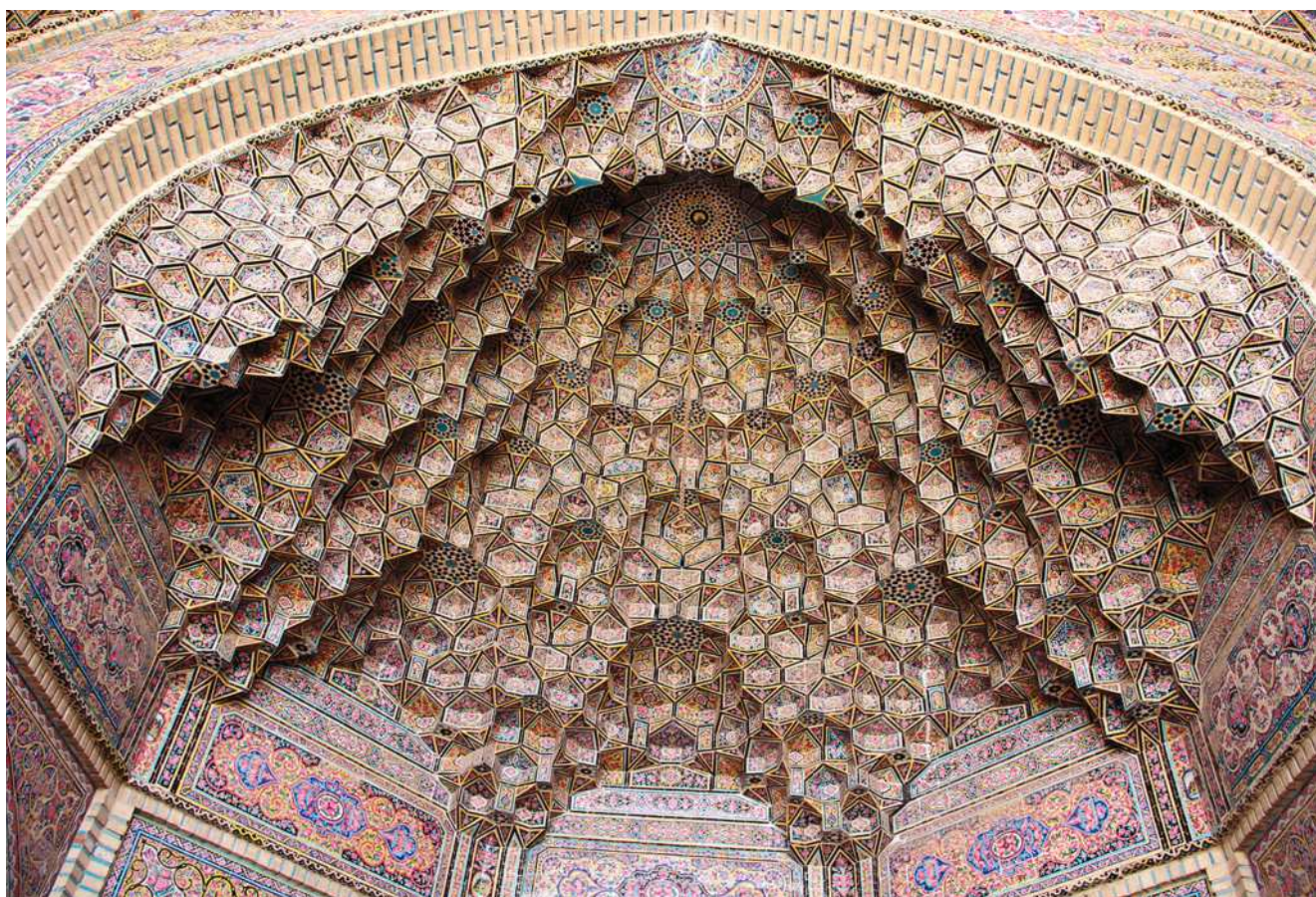
*Fig. 6. Nayin (Iran), Casa Museo, soffitto a muqarnas.*





lavorano *per dimensione* (architravi e capriate, per esempio) ma anche a elementi che lavorano *per forma* (strutture spingenti come archi e volte, per esempio). Non c'è però solo questo. Qualità dei leganti, tipologia dei materiali, comportamento degli intonaci, luminosità, praticabilità, vivibilità, lesioni, cedimenti, distacchi e molto altro (chi legge può integrare da solo) si fanno per tradizione a vista e magari anche col tatto. La forma, intesa anche come "bellezza", integra tradizionalmente un concetto di armonia che può corrispondere a un calcolo anch'esso armonico di una struttura. Non sempre è indispensabile matematizzare anche se è sempre possibile. "*Form and function are one*", sosteneva Frank Lloyd Wright. Millenni di storia dell'architettura, e di edificato arrivato fino a noi anche in zone fortemente sismiche, stanno dietro a questo modo di progettare, costruire e validare. Mettere fuori legge il Pantheon o la Torre di Pisa è una dimostrazione del potere as-

Fig. 7. Shiraz (Iran), Moschea Mased-e nasir al-Molk, portale con decorazioni a muqarnas.



soluto che la norma si arroga, contro ogni esperienza materiale possibile e probabilmente anche contro ogni logica seriamente credibile. Lasciare fuori il MiBACT dal processo di elaborazione della normativa sismica, in un Paese largamente privilegiato dall'UNESCO, è un indicatore sintomatico della tendenza al soliloquio che il legislatore ha accettato di adottare.

Le "culture sismiche locali" – quelle appunto su cui per un trentennio abbiamo lavorato presso il Centro di Ravello e altrove – vengono cancellate da questa norma, non solo come esperienze conoscitive ma anche come testimonianza di esistenze da conservare intatte. Abbiamo invece a disposizione un catalogo mondiale di tali ingegnosità, nel campo dell'architettura vernacolare e anche d'autore, che disperderlo, sottovalutarlo, non riconoscerlo, non riprodurlo in quanto serve, è un delitto contro la conoscenza e, in zona sismica, un delitto *tout court*. La "sismografia storica", che intende ricavare dal singolo edificio la sua storia sismica e trarne, se possibile, dei modelli di riferimento, può servire anche a capire perché ad Amatrice siano collassati edifici che avevano subito una recentissima "messa a norma".

Dunque, *ad evidentiam*, la norma così congegnata non va. Si scontra con il comportamento reale dell'edificato. In questi decenni abbiamo accumulato tanti di quegli esempi ricavati dall'osservazione diretta dell'esistente che possiamo smentire severamente la lettera e la sostanza del paragrafo 8.3. Ed è tutto pubblicato.

Al contrario, una storia della normativa condotta senza pregiudiziali sarebbe molto utile proprio per vagliare quanto in passato, accettando per legge certe semplificazioni, siano stati indotti maggiori elementi di fragilità o di maggiore vulnerabilità nell'insieme dell'edificato: non per cercare responsabilità ma, più semplicemente, per non ripetersi.

Facciamo un esempio. Fino al 2008 abbiamo avuto i comuni "sismici", dichiarati tali con una gradazione di quattro livelli di pericolosità. La mappatura sismica del territorio italiano era stata costruita così. Per varie ragioni, soprattutto di carattere amministrativo, non si riteneva possibile delimitare in altro modo l'azione sismica prevedibile. Con tutto ciò la norma così congegnata era tragicamente ridicola. Si poteva immaginare che il terremoto, nella sua fase distruttiva, rispettasse per legge i confini comunali? Evidentemente no, ma così è accaduto. Quali conseguenze ha pietrificato tale criterio di classificazione veramente anomalo, rimasto vigente per



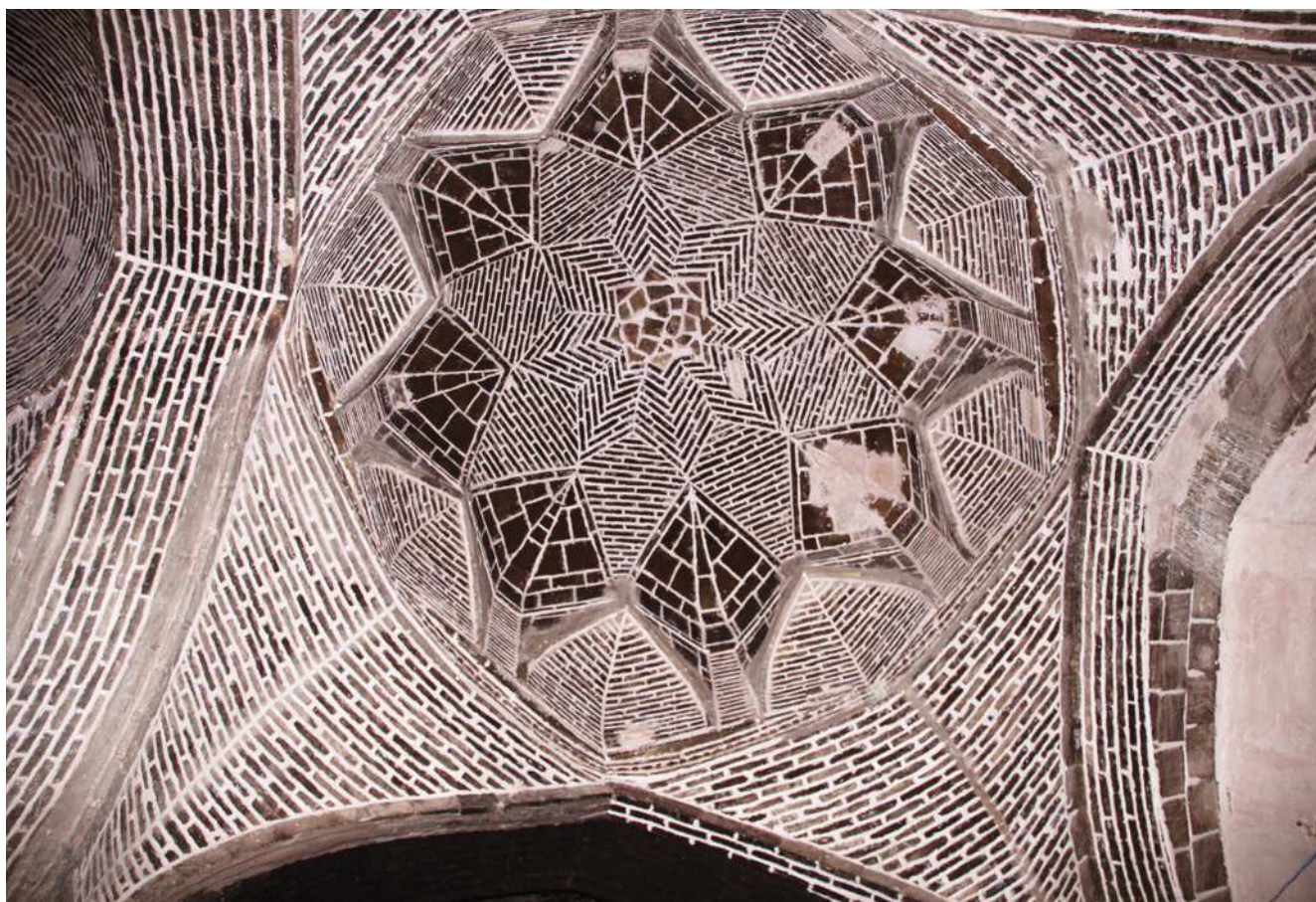
quasi novant'anni, a partire cioè dal 1920? Gli effetti più riconoscibili sono in sostanza due:

- quando due comuni contigui avevano indici diversi di pericolosità, l'edificazione tendeva a spostarsi verso quelli con l'indice più basso, per ragioni di costi, anche creando dissimmetrie urbanistiche non lievi;
- nel momento in cui la mappatura veniva aggiornata, e con questa gli indici di pericolosità, una parte dell'edificato usciva automaticamente dalla norma, ivi inclusi ospedali, scuole e altri edifici pubblici.

Riguardo al primo effetto, ormai consolidato, rimediare è difficile. Sanare le conseguenze del secondo può essere invece un'urgenza, anche se i costi non sono indifferenti. Eppure in molti casi la situazione permane tuttora tale.

Vediamo un altro esempio, ancora più pertinente. La muratura ordinaria, in caso di terremoto forte, si divarica e si riconnette,

*Fig. 8. Isfahan, Moschea del Venerdì, soffitto. La moltiplicazione delle nervature, che corrispondono ad altrettante linee di forza, ha anch'essa effetto dissipativo.*



seguendo l'andamento ondulatorio che il terreno assume in questa circostanza. Lo aveva già osservato Leopoldo Pilla, nel 1846, trattandone però con titubanza per il timore di non essere creduto. Sul fatto che ciò si possa verificare non sussistono invece dubbi: noi stessi, nelle nostre ricerche di sismografia storica, ne abbiamo incontrato centinaia di casi, in buona parte fotografati e pubblicati. La muratura ordinaria delle strutture reali si compone di microelementi che collaborano fra loro e possono provvisoriamente sconnettersi e riconnettersi, per poi ritrovare il medesimo assetto oppure un assetto diverso ma nuovamente stabile. Quando sono coinvolte strutture spingenti, archi e volte si aprono in corrispondenza del colmo, dando origine talora al fenomeno della chiave d'arco scivolata, anche questo già visto da Pilla e ben documentato nei nostri data base d'immagini. Ne sono una controprova, in negativo, la facilità con cui le volte piatte, in foglio, crollano, non riuscendo a connettersi di nuovo in maniera stabile: così gli edifici si svuotano conservando all'esterno l'involucro indenne.

Nonostante ciò, i timori di sottovalutazione del fenomeno sono ancora attuali. Vediamo come la norma propone di valutare l'azione sismica, citando sempre dalla Bozza di revisione delle Norme Tecniche per le Costruzioni:

*"3.2.3.1. DESCRIZIONE DEL MOTO SISMICO IN SUPERFICIE E SUL PIANO DI FONDAZIONE. Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra loro indipendenti."*

Ebbene, anche questa non è una "verità". È un'approssimazione: ammissibile ma non accettabile in tutti i casi. Secondo questa ipotesi l'azione sismica consisterebbe nella traslazione di vibrazioni nel piano: in un piano assunto come rigido (*"la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente..."*). Invece l'onda sismica non si manifesta così, essendo appunto un'onda, e il piano è tutt'altro che rigido in quanto soggetto a sollecitazioni continue di compressione/decompressione proprio per effetto dell'evento sismico. Quali sono i limiti entro cui tale approssimazione si può considerare accettabile, anche in termini numerici?

Lo racconta in questa stessa raccolta di saggi Giuseppe



<sup>10</sup> *La macchina dei terremoti*: "A distanze epicentrali inferiori a 100 km le lunghezze d'onda dominanti degli eventi sismici interagiscono intensamente con le inhomogeneità dell'interno della Terra e di conseguenza la propagazione delle onde elastiche può assumere il carattere della diffusione. In tal caso la maggior parte del moto del suolo registrato può essere attribuito alle numerose riflessioni e rifrazioni, le quali incidendo sulle interfacce degli strati e dei corpi geologici generano nuove onde di compressione e di taglio. In tale processo il numero di raggi sismici possibili nel mezzo eterogeneo cresce rapidamente tanto che il fenomeno risultante è quello della diffusione. La forte dispersione distrugge la proprietà direzionale delle onde sismiche e con essa la direzionalità del flusso di energia. La rappresentazione del fenomeno sismico nel *far field* è soddisfacente, mentre nel *near field* si registrano sorprese con danni inattesi rispetto agli scenari proposti. Tutto ciò accade perché la rappresentazione del fenomeno avviene in ambito lineare e questa approssimazione non è pienamente efficace nel *near field* sia per il meccanismo di liberazione dell'energia sismica che per la propagazione delle onde. Le anomalie osservate nei danni alle strutture nelle aree epicentrali non possono essere interpretate compiutamente solo con la microzonazione del territorio sulla base della risposta sismica locale, perché anche in queste analisi l'anomalia della risposta sismica è analizzata in ambito lineare. In queste condizioni si attribuisce l'effetto alla risposta del mezzo attraversato dalle onde e non al campo generato dalla sorgente".

Luongo. Non si tratta di valori trascurabili, nelle condizioni che egli rammenta.<sup>10</sup> Per un verso, i margini numerici di approssimazione possono essere tali da non dare certezze sufficienti a farle diventare rigida norma di stato. Per il verso opposto, si rende limitativa l'esclusione pregiudiziale di ogni valutazione di qualità come strumento di conoscenza e di progetto. Non si vede la ragione per cui le due metodologie, con i relativi contenuti tramite esse acquisibili, non si debbano integrare e avere un riconoscimento normativo bilanciato.

### Il parametro della vetustà

*"8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA... Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto  $\zeta_E$  tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione..."*

Poche parole ma il concetto è chiaro: anche qui si tratta di definire un valore numerico, che si ricava sostanzialmente dalla vetustà dell'edificio. Meno chiaro è come si farà a valutare, in un edificio esistente, "l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura". La verifica materiale è impossibile e la deduzione di quel valore dalle caratteristiche esistenti dell'edificio costosissima, a meno che non si possiedano capacità divinatorie. Sembra però di capire che, anche in questo caso, non si ritenga prevalente l'accertamento delle condizioni dell'edificio in termini qualitativi ma piuttosto l'individuazione di un parametro numerico sotto il quale qualcuno metta la propria firma. Questo parametro – già lo si sa – è destinato a confluire negli atti amministrativi che comporteranno oneri o benefici a seconda dei casi, come per esempio nella concessione del bonus per la messa a norma.

Dopo il disastro di Amatrice si era attivata una campagna informativa assai incalzante, alimentata soprattutto dall'ANCE (associazione nazionale costruttori edili), che insisteva molto sul rischio connesso con la vetustà della massima parte dell'edificio esistente in Italia. Forse la norma qui inserita risponde a tale richiesta.

*"Antico è bello"*, titolava nel 1980 Renzo Piano, ma erano altre situazioni. In realtà la norma così scritta cozza frontalmente con ciò che si ricava dall'esperienza: essa è un vero paradosso,



Fig. 9. Isfahan, Moschea Reale, soffitto della cupola interna. L'adozione della doppia cupola, assai frequente in area islamica, può fungere da smorzatore delle vibrazioni sismiche. Qui il soffitto della cupola interna raggiunge un'altezza di 36,3 m. mentre quello superiore arriva a 51 m. Sono state registrate 49 diverse intensità di eco, di cui 12 percepibili dall'orecchio umano.

nel senso etimologico del termine. Nelle aree sismiche, specie se soggette a eventi frequenti, gli edifici che riescono a restare in piedi – ossia di solito i più vetusti – fanno scuola per le nuove costruzioni. Infatti si conformano alle regole dettate dal terremoto, non a estemporanee necessità amministrative.

### Il “metodo Ravello”

Il 6-7 giugno 1984 fu discusso e approvato il documento intitolato “L'Esprit de Ravello”, promosso dal CUEBC (Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali) e dal gruppo PACT dell'Assemblea parlamentare del Consiglio d'Europa. “*Si vuole qui affermare – recitava – il principio della unità della cultura: la conoscenza scientifica e tecnologica ha senso solo se contribuisce allo sviluppo della cultura generale. La cultura così riconciliata acquista tutto il suo significato etico. L'insegnamento a tutti i livelli deve mirare alla realizzazione armoniosa della persona e di tutte le sue potenzialità. È così che lo sviluppo delle scienze umane, in stretto accordo e cooperazione con le scienze naturali, diviene un obiettivo essenziale della nostra società e un fattore di reciproco arricchimento. Questa concezione della scienza, che ingloba la conoscenza dell'uomo e della natura, ottimizza lo sviluppo di tutte le potenzialità creatrici e soprattutto artistiche... Si afferma quindi che la*



*prospezione, lo studio, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio culturale devono essere precedute da ricerche interdisciplinari che testimonino della unità e specificità delle culture. Queste ricerche esigono da parte di tutti i partner una reciproca comprensione del linguaggio, dei metodi di lavoro e dei risultati specifici di ogni disciplina, al fine di arrivare ad una interpretazione comune."*

Riletta a distanza di oltre trent'anni, la "Dichiarazione di Ravello" può apparire ingenua e forse alquanto utopica. Sta di fatto però che, quando traducemmo questi principi generici nel nostro lavoro di ricerca all'interno dell'APO (Accord Partial Ouvert) del Consiglio d'Europa, nel settore Grandi Rischi, questo divenne appunto il nostro metodo di lavoro. Le competenze che sedevano intorno al medesimo tavolo si collocavano in domini culturali assai eterogenei, che andavano dall'archeologo al geofisico all'ingegnere al sociologo. Appartenevamo a Paesi diversi e parlavamo lingue diverse ma la maggiore difficoltà comunicativa iniziale fu di trovare una *koiné dialektos* sui contenuti e sulle metodologie. Ci riuscimmo e questa fu probabilmente l'acquisizione più importante che restò di quell'esperienza. Così importante che riproporla oggi non è affatto utopia.

L'iperspecializzazione sta consigliando a molti studiosi di invertire la tendenza sinora prevalente e tornare gradualmente alla ricomposizione delle discipline. Talora – si motiva – nascono difficoltà di comunicazione perfino fra ricercatori che operano in campi omologhi e il trasferimento delle informazioni ne soffre, fino all'equivoco possibile. A maggior ragione la difficoltà si avverte quando l'elaborazione si deve trasferire dalla ricerca pura al campo applicativo. Alcuni degli esempi che abbiamo visto fin qui ne offrono conferma.

La principale distorsione deriva dal procedimento a cascata con cui si arriva all'esito finale (nel nostro caso alla stesura del provvedimento). Chi redige l'atto conclusivo di un procedimento così complesso non ha la possibilità di controllarne tutte le fasi. In realtà si affida a elaborazioni altrui, delle quali può non conoscere la percentuale di affidabilità. Così accade – ed è accaduto – che si perda contezza, durante il tragitto,

delle approssimazioni, delle semplificazioni, delle riduzioni di contenuti, e che le ipotesi, più o meno confortate dall'analisi dei dati, vengano infine assunte come sicurezze assolute. La norma poi le codifica e l'applicazione della norma le pietrifica. Il nostro modo di lavorare fu diverso. Tutti riuniti intorno a un tavolo, o comunque collegati fra noi, avevamo la possibilità di confrontarci in continuo e di renderci consapevoli, in forma di dialogo diretto, del complesso dei problemi e non solo di quelli appartenenti alla nostra disciplina specifica. Il lavoro multidisciplinare sostanzialmente è questo: non la sommatoria di contributi provenienti da settori diversi della ricerca ma ricerca collegiale interattiva e immediatamente integrata.

Ormai è evidente, e questa stessa raccolta di saggi ne è la testimonianza, che non si può affrontare il problema dell'edificato esistente senza prima averne preso conoscenza, in tutte le sue connotazioni. Tuttavia il prenderne conoscenza integralmente può comportare anche una revisione della professionalità stessa. Occorre cioè immaginare, almeno per i casi più complessi, studi professionali che si muovano con lo stesso quadro di competenze e lo stesso modo di operare auspicato dalla Dichiarazione di Ravello e inaugurato dall'APO del Consiglio d'Europa.

Su una prospettiva del genere grava, al momento, la cappa di piombo della normativa. Durante il confronto Stato Regioni emerse la proposta, da parte della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, di ridurre la prescrizione all'essenziale, di procedere piuttosto per circolari e linee guida e quindi, in sostanza, di lasciare più autonomia agli attuatori finali.<sup>11</sup> L'ipotesi di lavoro era confortante ma rimase tale, rinviata a una fase imprecisata dell'aggiornamento ulteriore delle norme. Non si può escludere però che intanto, nella prassi corrente, si renda possibile cominciare a operare in maniera integrata, nell'attesa che emerga realisticamente una convinzione: lo Stato non può fare a meno di accogliere, fra le sue regole, il principio basilare che la ricerca evolve e che ingabbiarne l'applicabilità nelle maglie rigide di una norma di legge non è di giovamento per nessuno.

<sup>11</sup> "Si suggeriva di procedere:

- "alla semplificazione del testo delle NTC separando le indicazioni prestazionali, certamente vincolanti, dalle indicazioni che costituiscono un modo, ma non l'unico, per garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste. Gli Eurocodici sono già impostati in questo modo;
- allo snellimento radicale del testo conservando in norma gli aspetti essenziali, rimandando a circolari e linee guida tutto il resto".



Territori della Cultura



Centro Universitario Europeo  
per i Beni Culturali

Ravello

## Gli autori





#### **ANDREA BAROCCI**

Consigliere 2015/2017 *ISI – Ingegneria Sismica Italiana*;  
Coordinatore della sezione *Norme, Certificazioni e controlli  
in cantiere*.

Titolare dello studio *Ingegneria delle Strutture*, RIMINI,  
Membro dell'Organo Tecnico UNI Ente Nazionale Italiano di  
Unificazione *UNI/CT 021 Ingegneria Strutturale*.

Membro del *Comitato regionale per la riduzione del rischio  
sismico (CReRRS)* Regione Emilia-Romagna.

Autore, docente, blogger.

#### **GIOVANNI BERTI**

Ricercatore e docente a riposo. Ha svolto attività di ricerca  
e didattica nei corsi di Fisica, Fisica Terrestre dell'Università  
di Pisa, iniziando dalle tecnologie geochimiche e geofisiche.  
Dal 1982 si è occupato di metodi e d'interpretazione dei se-  
gnali da diffrazione dei raggi x (XRD). Dal 1994 è stato re-  
sponsabile del gruppo europeo TC138/AHG2, poi WG10,  
per definire gli standard tecnici dei metodi non distruttivi  
XRD. A seguito dei risultati di ricerca, brevettati, ha fondato  
XRD-Tools s.r.l, nata come spin off universitario. Pioniere  
negli avanzamenti di ricerca relativi alle misure reticolari *in  
loco* per diagnosi precoci su materiali di largo utilizzo indu-  
striale (acciai e prodotti per l'edilizia, per i beni culturali e  
museali, etc.), è autore di numerose pubblicazioni interna-  
zionali di settore e vincitore di tre premi nazionali per le in-  
venzioni. Ha collaborato con Opificio Pietre Dure,  
RTM-Breda, CND Service; è stato partner d'istituti di ricerca  
e PMI europee nel campo delle nanotecnologie, consulente  
di DISMAT (Ag). È consulente dei laboratori sperimentali  
Betontest per lo sviluppo di metodiche e tecnologie inno-  
vative di diagnostica precoce per i materiali da costruzione  
destinati a manufatti di pubblica utilità e monumentali.

#### **FERRUCCIO FERRIGNI**

Ingegnere urbanista. Esperto di protezione dell'edificato  
storico nelle aree a rischio sismico attraverso il recupero  
della Cultura Sismica locale, un concetto originale e un  
nuovo approccio da lui definito alla fine degli anni '80 e at-  
tualmente accettato a livello internazionale. Già docente di  
Gestione dei sistemi urbani e territoriali presso l'Università

Federico II di Napoli, è dal 1990 Coordinatore delle attività del Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali di Ravello. Autore di libri e pubblicazioni sulla riduzione della vulnerabilità dell'edificato storico e sulla gestione dei paesaggi culturali.

#### **MAURIZIO FERRINI**

Architetto. Ha diretto dal 1982 il Servizio Sismico della Regione Toscana, avviando iniziative connesse alla classificazione sismica dei comuni e al controllo dell'attività edilizia dei Geni Civili. Ha coordinato: le attività di studio e ricerca in collaborazione con il GNDT/CNR, l'INGV e numerose università italiane; i censimenti di vulnerabilità di edifici pubblici produttivi prefabbricati e di edifici residenziali attivando specifici programmi VSCA per le indagini diagnostiche e vulnerabilità sugli edifici in c.a., VSM per le indagini diagnostiche e vulnerabilità sugli edifici in muratura e VEL per la valutazione degli effetti locali e microzonazione sismica; le attività di prevenzione su edifici pubblici e residenziali e quelle di riparazione dei danni post sisma.

Dal 2010 in quiescenza, ha partecipato a commissioni del Consiglio Superiore dei LLPP per la revisione delle NTC 08, per le LG per gli interventi nei centri storici in zona sismica, per la valutazione degli interventi sugli edifici prefabbricati per l'evento 2012 in Emilia. Componente del comitato scientifico dell'ANIDIS e delle commissioni per la ricostruzione dell'Aquila nella SSAC, nel gruppo coordinatori e successivamente nel CTG dell'USRA.

#### **PIETRO GRAZIANI**

Già direttore generale del MIBACT, ha ricoperto, presso il ministero, incarichi di vicesegretario generale, direttore generale presso il Dipartimento dello Spettacolo e lo Sport, direttore del Servizio di Controllo interno, membro del Consiglio Nazionale per i Beni Culturali e Ambientali e del Comitato di Presidenza per circa dieci anni, membro del Consiglio Nazionale dello Spettacolo, vicecapo dell'Ufficio Legislativo, vicecapo di gabinetto di più Ministri (Ronchey, Fisichella, Paolucci, Veltroni, Melandri), docente, dall'anno accademico 1984/1985, di *Legislazione di tutela dei beni culturali* presso l'Università "La Sapienza di Roma", Scuola di



specializzazione in restauro dei beni architettonici e del paesaggio (già "Scuola per il restauro dei monumenti"), responsabile dell'ambito beni culturali del master in Architettura, arte sacra e liturgia presso l'Ateneo Pontificio "Regina Apostolorum" - Università Europea di Roma. È stato ed è componente e/o revisore dei conti di istituzioni culturali: tra queste FAI Fondo Ambiente Italiano, Biennale di Venezia, Istituto Nazionale di Studi Verdiani, Fondazione Nenni, Istituto italiano per l'Africa e l'Oriente, Fondazione ZETEMA di Matera. Autore, tra gli altri, di numerosi saggi sul rapporto pubblico/privato nel settore dei beni culturali e di alcuni volumi sulla tutela, valorizzazione e organizzazione amministrativa, curati per l'Università "La Sapienza". Direttore responsabile della rivista "Territori della Cultura" del Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali di Ravello, del cui Comitato Scientifico è componente, responsabile culturale della rivista "Butterfly" Tiroide, cultura e solidarietà, presidente dell'Associazione Culturale "Mirabilia Italia" di Roma.

#### **FRANCESCO GURRIERI**

Professore ordinario di "Restauro dei Monumenti" nell'Università di Firenze (oggi in quiescenza), è fra i più attenti protagonisti del dibattito internazionale sui problemi della conservazione e valorizzazione dei beni culturali. Membro Icomos (International Council on Monuments and Sites), ha coordinato i lavori del Comitato nazionale per la salvaguardia della cupola di S. Maria del Fiore e ha fatto parte del Comitato internazionale per la salvaguardia della torre di Pisa. Ha svolto seminari a Parigi, Praga, Budapest, Brasilia, Buenos Aires. È autore di numerose monografie relative a monumenti come la cattedrale di Santa Maria del Fiore, la basilica di San Miniato, le piazze di Firenze. Dirige la rivista "Critica d'Arte" fondata da Carlo L. Ragghianti. È stato vicepresidente dell'Opera di Santa Maria del Fiore. È presidente della classe di Architettura dell'Accademia delle Arti del Disegno.

#### **GIUSEPPE LUONGO**

Professore Emerito di Fisica del Vulcanismo all'Università di Napoli "Federico II". Presidente dell'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche in Napoli. Componente del Comitato Scientifico del Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali di Ravello (CUEBC).

Ha ricoperto numerosi incarichi di direzione di istituti di ricerca e di progetti di ricerca. Ha svolto ricerche nei Settori della Vulcanologia e della Sismologia finalizzate alla mitigazione dei rischi. Ha partecipato e guidato numerose spedizioni scientifiche in Giappone, Himalaya, Africa e Sud America per lo studio delle aree sismogenetiche, di vulcanismo attivo e di interesse geotermico. È autore di oltre 250 pubblicazioni scientifiche e diversi volumi. Ha svolto un'intensa attività didattica con corsi ufficiali per le lauree in Geologia, Geofisica e Fisica e di divulgazione scientifica sulle problematiche dei rischi naturali.

#### **CORRADO MONACA**

Capo progetto "BM Sistemi, Betontest e Università di Catania in A.T.S. nella Ricerca Scientifica ed Innovazione Tecnologica", Distretto Tecnologico "Micro e nanosistemi". POR SICILIA 2000-2006, misura 3.14, settore delle "nuove tecnologie per le attività produttive" nel progetto "Sviluppo delle tecniche del fire safety engineering 204-2006". Esperto operativo del Consiglio Nazionale dei Periti Industriali e dei Periti Industriali Laureati nel gruppo di ricerca condotto con il Dipartimento Building Environment Science and Technology (B.E.S.T.) presso il Politecnico di Milano per la definizione degli indici di efficienza per la valutazione dello stato di fatto delle strutture realizzate. Amministratore unico della Betontest s.r.l., con esperienza trentennale come responsabile della sperimentazione per controlli di qualità dei materiali da costruzione, controlli e diagnostica di strutture e monumenti, con particolare riguardo a collaudi statici, prelievi, analisi non distruttive. Soggetto attuatore nell'ambito del programma "Horizon 2020-PON 2014/2020" del progetto di ricerca I.S.M.E.R.S. (Idoneità Statica Manufatti Edili nei centri storici ad alto Rischio Sismico: cartella clinica dell'edificio) che correla le proprietà micrometriche con quelle macrometriche dei materiali in opera nelle costruzioni civili. Il progetto è sviluppato in collaborazione con XRD-Tools s.r.l. e Università del Salento.



#### **PIERO PIEROTTI**

Professore di Storia dell'architettura a riposo, ha svolto la sua intera attività di docenza presso l'Università di Pisa, dal 1960 al 2008, prima come assistente di Storia dell'arte con Carlo Ludovico Ragghianti e in seguito tenendo corsi ufficiali di Storia dell'urbanistica, Storia dell'architettura e Storia dell'architettura medievale. Ha proposto nuovi metodi di ricerca sulla storia degli insediamenti umani, come *l'ecostoria* e la *sismografia storica*. Si è occupato applicativamente, anche organizzando stage estivi, di storia del paesaggio, restauro territoriale, architettura medievale, culture sismiche locali. In tema di ricerche sul campo, con riguardo al comportamento sismico dell'edificato storico, oltre che in Italia ha condotto esperienze dirette in Portogallo, Grecia insulare, Turchia, Israele, Giordania, Siria, Libano, Armenia e Iran. Ha scritto circa trenta monografie, ivi inclusi alcuni volumi di carattere letterario. Presidente di ArtWatch Italia dal 2005 al 2016, membro da circa trent'anni del Comitato Scientifico del Centro Universitario Europeo per i Beni culturali di Ravenna, presso il quale ha sviluppato programmi europei e tenuto attività di seminario.

#### **CORRADO PRANDI**

Consigliere Segretario 2015/2017 *ISI – Ingegneria Sismica Italiana*.

Componente della Sezione *Norme, certificazioni e controlli in cantiere*, attivo in rubriche ed attività comunicative promosse dall'associazione.

Ingegnere civile, titolare dello *Studio Tecnico Prandi*, Correggio, operante dal 1980 nel progetto, direzione lavori e collaudo di fabbricati pubblici e privati, nuovi ed esistenti.

#### **VITTORIO SCARLINI**

Consigliere Tesoriere *ISI – Ingegneria Sismica Italiana*.  
Componente della Sezione *Norme, certificazioni e controlli  
in cantiere*, attivo in rubriche ed attività comunicative pro-  
mosse dall'associazione.

Ingegnere strutturista, partner dello *Studio Seismic &  
Structures*, Verona, operante nel campo dell'ingegneria si-  
smica su strutture nuove ed esistenti.

#### **DENISE ULIVIERI**

Docente di Storia dell'architettura presso l'Università di  
Pisa, dove tiene i corsi ufficiali di Storia dell'Architettura e  
di Architettura Vernacolare. Collabora con il Centro Univer-  
sitario Europeo per i Beni Culturali di Ravello. È socio effet-  
tivo di ICOMOS Italia, membro dell'Accademia degli  
Euteleti di San Miniato e dell'Accademia dei Sepolti di Vol-  
terra. È membro del CdA della Fondazione d'Arte "Trossi  
Uberti" di Livorno e del Comitato Scientifico di esperti nel  
disegno di architettura del Museo della Grafica (Palazzo  
Lanfranchi, Pisa). Si occupa di architettura vernacolare e di  
architettura contemporanea. In tema di architettura verna-  
colare le sue ricerche mirano in particolare alla conoscenza  
della tradizione costruttiva locale. È direttore della collana  
editoriale "Quaderni di ecostoria", edita da Pisa University  
Press. È autrice di molteplici articoli e saggi.







ISSN 2280-9376