

**Giovanni Minutoli**

Giovanni Minutoli, si laurea nel 2001 presso la Facoltà di Architettura di Firenze con una tesi in Consolidamento degli Edifici Storici. Nel 2011 consegue il titolo di dottore di ricerca in Materiali e Strutture per l'Architettura presso il medesimo Ateneo. Dall'anno accademico 2014-15 tiene il corso di Laboratorio di Restauro presso l'Ateneo Fiorentino e Pavese.

Firenze: assetto urbano e vulnerabilità sismica

Florence: urban layout and seismic vulnerability

Un'elevata pericolosità sismica caratterizza la penisola italiana causata dalla sua localizzazione in una zona orogenetica che periodicamente dà luogo a migliaia di piccoli terremoti. Negli ultimi dieci anni dal 2009 ad oggi diversi sismi hanno colpito il centro Italia danneggiando grandi e medie città storiche e piccoli borghi rurali, in alcuni casi questi agglomerati urbani sono stati completamente rasi al suolo. In questa ottica e con queste premesse si è cercato di sviluppare delle metodologie di analisi delle città storiche che permettano di leggere le fragilità, a partire dal rilievo urbano, sia delle singole unità edilizie che dei grandi comparti urbani. Evidenziando le pericolosità, frutto di tecniche costruttive antiche, di problematiche antropiche, di localizzazione geologica, ecc. costruendo di conseguenza una carta tematica che individui i diversi livelli di degrado strutturale a cui relazionare le diverse priorità di intervento.

A high seismic risk characterizes the Italian peninsula caused by its location in an orogenic zone that periodically gives rise to thousands of small earthquakes. Over the last ten years since 2009, several earthquakes hit the center of Italy, damaging large and medium-sized historic towns and small rural villages, in some cases these urban agglomerations have been completely destroyed. From this point of view, attempts have been made to develop historic city analysis methods that allow to read the fragility, starting from the urban survey of both single building units and large urban areas. Highlighting the dangers, which are the result of ancient construction techniques, anthropic problems, geological localization, etc., by creating a thematic cartography that identifies the different levels of structural degradation to which the various priorities of intervention are related.

Parole chiave: restauro urbano, colore, degradi strutturali

Keywords: urban restoration, color, structural decay

PREMESSA

Un'elevata pericolosità sismica caratterizza la penisola italiana causata dalla sua localizzazione in una zona orogenetica che periodicamente dà luogo a migliaia di piccoli terremoti, con una media di un sisma ogni cinque/dieci anni che provocano la morte di numerose persone e causano danni sostanziali e irreparabili al patrimonio storico-artistico italiano.¹

Il rilievo laser scanner, si è ormai affermato come insostituibile strumento di lavoro nei moderni processi di diagnostica degli edifici storici. Questa tecnologia permette infatti di ottenere ingenti banche dati sulla morfologia degli oggetti rilevati, con informazioni sia di ordine quantitativo che qualitativo. I rilievi effettuati con questo strumento sono lavori di grande precisione ed affidabilità, questo però è vero solo a determinate condizioni, poiché se da una parte le strumentazioni hanno una loro affidabilità certificata se opportunamente calibrate, dall'altra quando le procedure di rilievo e acquisizione vengono svolte in maniera errata o poco attenta, il lavoro perde di attendibilità. Soprattutto è poco frequente la consuetudine ad attestare il prodotto con protocolli di certificazione, mentre, è rara la richiesta di collaudo da parte delle committenze. In particolare va considerato che i dati prodotti, saranno utilizzati per complesse elaborazioni e per verifiche morfologiche, dimensionali e strutturali, pertanto è necessario che tali dati siano certificati. Solo a seguito di questa metodologia si possono realizzare carte tematiche che valutino i vari aspetti dimensionali-tridimensionali.

Tra questi vi è la possibilità di elaborare delle *elevation map*, disegni che rappresentano le "curve di livello" dei paramenti verticali, in grado di fornire informazioni sulle meccaniche dei dissesti dell'edificio. Negli ultimi dieci anni dal 2009 ad oggi diversi sismi hanno colpito il centro Italia danneggiando grandi e medie città storiche e piccoli borghi rurali, in alcuni casi questi agglomerati urbani sono stati completamente rasi al suolo. Se i sismi antecedenti al 1976 hanno messo in evidenza le precarie condizioni strutturali dell'edilizia storica presente nei centri storici minori, il terremoto del 1980 ha messo in discussione anche la capacità di resistere ai sismi delle strutture in cemento armato. Infatti, il sisma Irpino, ha evidenziato i limiti derivanti dalla cattiva realizzazione delle nuove costruzioni. In questa ottica e con queste premesse si è cercato di sviluppare delle meto-

dologie di analisi delle città storiche che permettano di leggere la fragilità sia delle singole unità edilizie che dei grandi comparti urbani; evidenziando le pericolosità frutto di tecniche costruttive antiche, di problematiche antropiche, di localizzazione geologica, ecc. costruendo di conseguenza una carta tematica che individui i diversi livelli di degrado strutturale a cui relazionare le diverse priorità di intervento. Permettendo agli amministratori pubblici e ai tecnici di intervenire prima degli eventi sismici con progetti mirati che rispettino l'identità del manufatto. Queste analisi permettono inoltre, di individuare anche i percorsi più sicuri da utilizzare in caso di eventi sismici da parte della popolazione e dei mezzi di soccorso².

LETTURA SISMICA DEI CENTRI STORICI

Lo studio ha avuto come oggetto di analisi e di confronto diversi centri storici sparsi sul territorio italiano. Da Messina, Naso, Ficarra, Brolo, Capo d'Orlando in Sicilia a L'Aquila, Scoppito, Bominaco (frazione di comune di Caporciano), Acciano in Abruzzo chiudendo con Poppi, Terranuova Bracciolini, Signa, Firenze in Toscana. Tutti questi centri, anche se con "pericolosità" diverse sono accomunati da una elevata sismicità documentata sia dalle fonti storiche antiche che dalla storia recente.³ L'eterogeneità di queste cittadine sia dal punto di vista geografico che da quello morfologico e costruttivo evidenzia come il nostro territorio sia fragile e necessiti di adeguate cure. Per migliorare la risposta sismica di un territorio bisogna intervenire con strumenti urbanistici che abbiano come fine ultimo la salvaguardia di vite umane e del patrimonio storico artistico di tutti i piccoli comuni che fanno grande la storia d'Italia. La premessa comune a tutti questi casi studio è che: la città è paragonabile a un organismo che nella sua unitarietà è composto da singole parti; il comportamento di ogni singolo elemento influenza l'intero organismo. Il D.M. 2008, sulle costruzioni in muratura, prevede che qualsiasi intervento su un edificio storico o su un centro storico sia ideato solo dopo aver acquisito un adeguato livello di conoscenza che porti i tecnici ad intervenire con progetti mirati e puntuali che rispettino l'edificio e la sua area di influenza, nella coscienza che gli interventi su singole parti di unità edilizia o su intere unità edilizie si ripercuotono su tutto l'aggregato in cui questa si trova. Il protocollo⁴ di analisi sviluppato prevede in pri-

mis lo studio storico del territorio in oggetto preceduto da valutazioni sulla sua ciclicità sismica e pericolosità. A seguire si valutano le principali tecniche costruttive utilizzate che possono rivelare fragilità intrinseche all'edificio dovute al suo scheletro strutturale. Successivamente si redige un'adeguata campagna di rilievo che non dia solo risultati geometri e morfologici ma che valuti anche le connessioni tra i diversi edifici permettendo di individuare aggregati, unità edilizie e unità strutturali. Sulla base del rilievo si redigono le tavole di analisi che servono ad evidenziare i materiali utilizzati, le principali tipologie di degrado e le diverse forme di dissesto presenti⁵. I dissesti vanno letti e messi in relazione alle fasi evolutive, alle trasformazioni che l'edificio ha avuto e alla presenza di presidi già inseriti nei fronti. Questo permette di comprendere come si è comportata la fabbrica durante i terremoti passati e/o potrebbe comportarsi a seguito di sismi⁶. I nostri centri storici si caratterizzano per essere composti da edifici in continuità tra di loro creando degli aggregati di notevoli dimensioni e di difficile gestione in caso di sisma. Dovendo, in caso di terremoto, intervenire progettando interventi unitari per aggregato, più è grande l'aggregato maggiori sono le unità edilizie interessate dagli interventi. Se attraverso un processo di discretizzazione dell'area di analisi si riesce ad aumentare gli aggregati, si riesce di conseguenza a individuare aree più omogenee sia dal punto di vista costruttivo che sociale su cui intervenire. Un adeguato rilievo e una adeguata analisi strutturale quindi permette di restringere il campo di azione migliorando la specificità del progetto da sviluppare.



Fig.1 - Vista aerea di Firenze

ANALISI SISMICA DEL GONFALONE DELLA VIPERA NEL CENTRO STORICO DI FIRENZE

Per comprendere come questa metodologia si rapportava a centri storici importanti come quello di Firenze si è scelto di analizzare una piccola area (il Gonfalone della Vipera del quartiere di Santa Maria Novella) tra le più antiche e le più stratificate del centro storico cittadino. Questa zona della città fonda la sua storia intorno alla chiesa dei Santissimi Apostoli di impianto medievale, si sviluppa per tutto il quattrocento con i palazzi Rosselli Del Turco, Spini Feroni, Bartolini Salimbeni, Buondelmonte, ecc., ma risente anche di importanti interventi ottocenteschi nella zona di via di porta rossa e novecenteschi nell'area di via Por Santa Maria (Figg. 2, 3).

Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani⁷ ha evidenziato come sul territorio fiorentino si siano verificati dal 1400 in poi cinque terremoti significativi:

- Il primo, avvenuto il 28 settembre del 1453, ha colpito principalmente la zona est della città causando crolli anche in aree più centrali.
- Il secondo, avvenuto il 13 giugno 1542, ha avuto come epicentro il Mugello ma è stato avvertito distintamente anche a Firenze dove danni di lieve entità hanno colpito gli edifici del centro storico.
- Il terzo, avvenuto il 26 maggio 1798, causò piccoli danni nella capitale granducale nonostante l'epicentro fosse nel senese.
- Il quarto, avvenuto il 18 maggio 1895, ha raggiunto una scala di danno pari al VII-VIII grado della scala Mercalli, causò diversi morti, svariati crolli di parti di edifici religiosi e numerosi danni agli edifici civili, con uno scia sismico che durò fino a tutto il 1896.
- Il quinto, avvenuto il 29 giugno 1919, con epicentro in Mugello causò nella città medicea solo lievi danni alle strutture aggettanti (gronde e Comignoli) acuendo le lesioni scatenate dal sisma di 24 anni prima.

L'analisi storica di questa porzione di tessuto urbano è stata sviluppata incrociando le date dei sismi sopra citati⁸ con le indicazioni storiche riguardanti i principali palazzi presenti nel tessuto urbano⁹ e i dati relativi alla chiesa dei Santissimi Apostoli. Dall'analisi bibliografica non risultano documentati interventi a seguito di questi sismi ma si nota la grande presenza di presidi antisismici che ci permettono di comprendere ugualmente le criticità di questo tessuto urbano.

La lettura dei palinsesti murari si avvale anche di analisi



Fig.2 - Pianta del Catena, particolare, 1490

archeo-sismologiche per comprendere come le muraure abbiano reagito alle sollecitazioni sismiche e come queste siano state ri-equilibrate. In mancanza di riferimenti storici, ma anche a verifica della documentazione quando esistente, si deve valutare il manufatto architettonico come un libro di pietra che conserva e tramanda la storia dell'edificio.

Il Gonfalone della Vipera presenta come un *continuum* architettonico fatto di numerose abitazioni, alcune signorili e nobiliari altre popolari ma di elevata qualità edilizia. Se il tessuto insediativo venisse analizzato in maniera acritica l'area di analisi sarebbe divisa solo in cinque aggregati (Fig. 4). Il ridotto numero di aggregati farebbe sì che tutto il gonfalone sia da valutabile come un insieme edilizio unico con tutti i problemi burocratici e tecnici che ne scaturiscono. Nella maggior parte dei casi gli edifici risultano interconnessi strutturalmente tra di loro in quanto costruiti "appoggiandosi" l'uno all'altro e/o risultano connessi da archi di scarico, sottopassi o sovrappassi costituendo di fatto aggregati di elevata estensione. Questo genera numerosi problemi legati alla progettazione degli interventi di restauro delle "parti comuni" che hanno anche un riscontro significativo nella gestione burocratica delle emergenze. Ridurre l'ampiezza degli aggregati significa redigere progetti più adeguati agli organismi architettonici e più confacenti alle esigenze degli abitanti.

Solo a seguito di un attento rilievo architettonico, basato su riprese laser scanner 3D rimontate su base topografica, completata da un'analisi delle elevation map dei fronti dell'area interessata (in relazione a opportuni piani verticali di riferimento), e ad un'accurata analisi costruttivo-strutturale degli edifici è possibile realizzare una suddivisione che aumenti il numero degli aggregati diminuendo il numero delle unità edilizie per aggregato, omogeneizzando i comparti d'intervento.

Quando le unità edilizie sono costruite in contiguità non è possibile ipotizzare "tagli degli aggregati" mentre se gli elementi di connessione sono archi o sovrappassi è possibile, leggendo e interpretando la loro natura, suddividere un unico aggregato in più aggregati strutturalmente indipendenti. Gli elementi di connessione presenti nell'area di studio sono stati censiti e raggruppati in quattro categorie principali: la prima si caratterizza per essere un elemento di collegamento realizzato all'interno di un unico edificio; nella seconda tipologia si tratta di elementi che coprono le strade e saturano

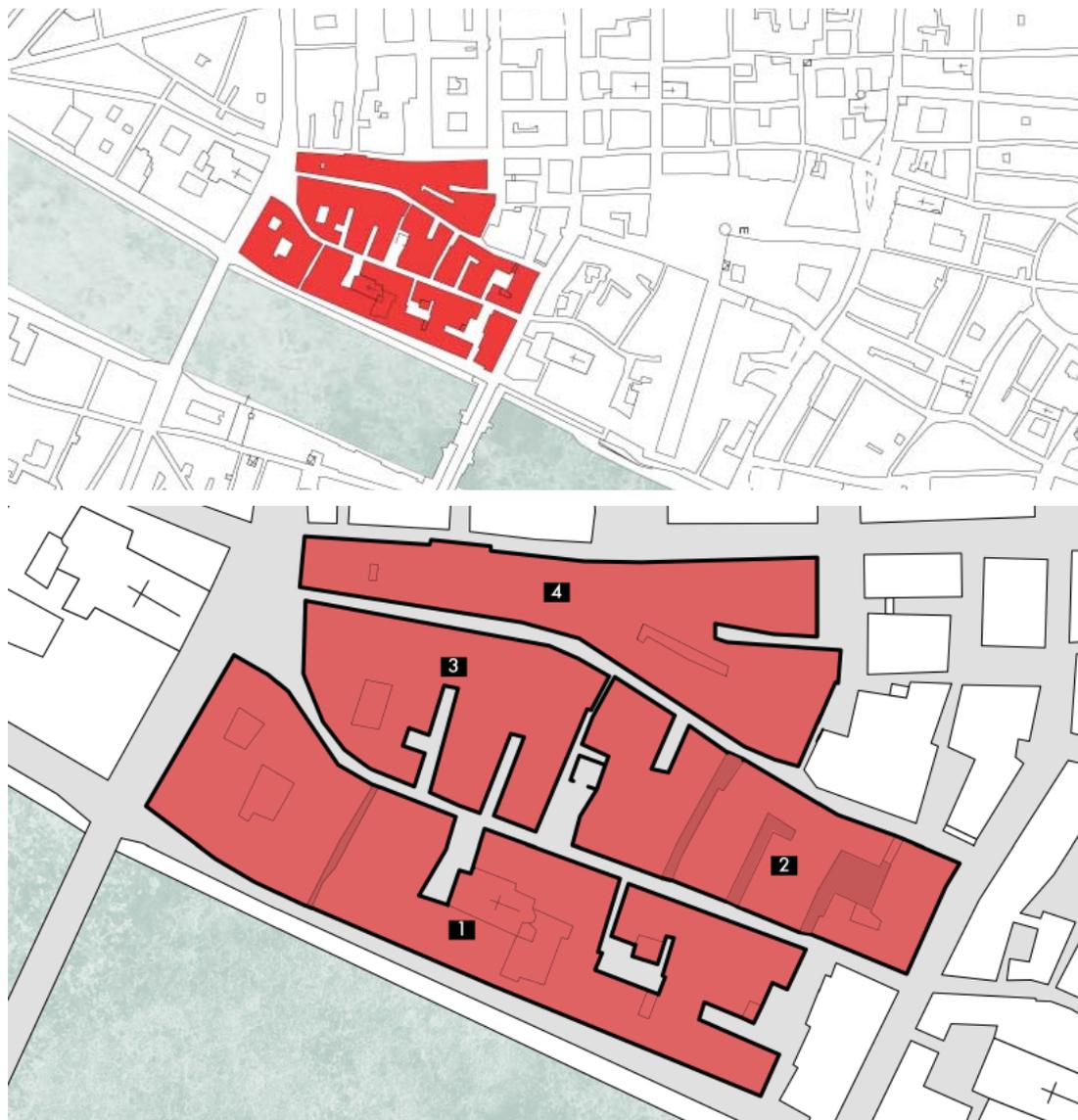
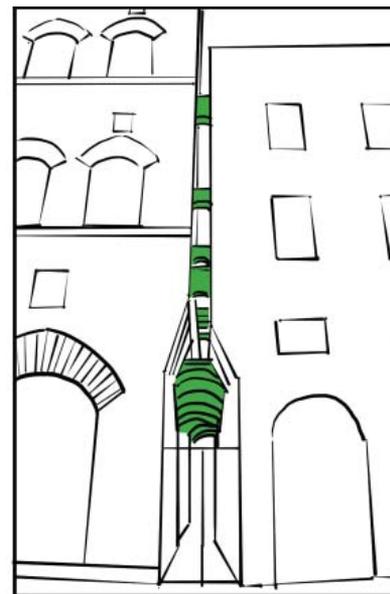
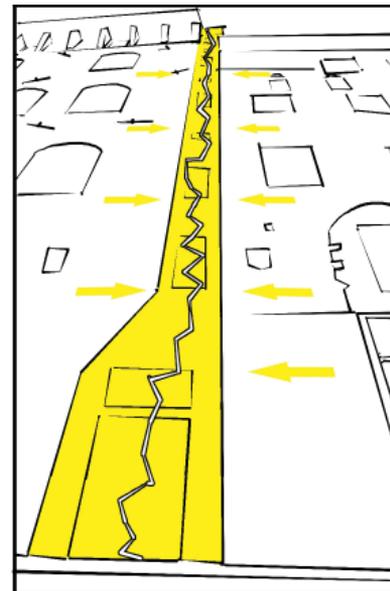


Fig.3 - Area di analisi

Fig.4 - Suddivisione in aggregati prima delle analisi sul tessuto urbano

spazi urbani connotandosi come superfetazioni; nel terzo caso sono diaframmi o archi di scarico senza la presenza di soprastrutture edilizie; nel quarto caso sono elementi di passaggio ad un solo livello. Nel primo caso si tratta di elementi progettati con evidente continuità tra le strutture, nel secondo caso si tratta di superfetazioni che spesso non presentano ammorsamenti rilevanti e che sono costruite in aderenza creando continuità strutturale ma non solidarietà, nel terzo si tratta di elementi trasversali ai percorsi come archi di scarico e sistemi di chiusura del percorso viario che hanno poche valenze strutturali, ma che sono (soprattutto nel caso di archi di scarico) elementi che dichiarano la non autonomia strutturale degli edifici. Nel quarto caso si tratta di elementi ponti di collegamento di ridotte dimensioni appoggiati sui due edifici a contorno. Nei primi due casi, nonostante le differenze, si tratta di elementi che danno continuità alle strutture e rappresentano elementi di vulnerabilità, infatti nel primo caso la parte centrale del sottopasso può subire danni in caso di sisma dovuti alla mancanza di continuità muraria nella parte bassa, in corrispondenza del sottopasso, nel secondo caso la mancanza di ammorsamenti e l'inserimento tra due edifici ben definiti strutturalmente può creare dei piani di irrigidimento non complanari con gli edifici aderenti, rimane costante il problema creato dalla mancanza di continuità delle murature nella parte bassa. I terzi sono elementi secondari dal punto di vista strutturale e non danno continuità ai comparti, anche se sono separabili solo a seguito di un intervento di riequilibrio dei carichi. I quarti non presentano alcuna funzione strutturale (non servono a differenza degli archi di scarico a redistribuire le spinte interne dei singoli edifici) risultano autonomi e non connessi alle strutture limitrofe (Figg. 5, 6). Valutando solo la prima e la seconda categoria di elementi di collegamento come connessioni strutturali si è potuto discretizzare il tessuto urbano e nel caso del Gonfalone della Vipera si è passati da cinque a dieci aggregati riducendo notevolmente l'estensione dei singoli aggregati e del numero di unità edilizie per aggregato (Fig. 7). Si è utilizzata la suddivisione in aggregati e unità edilizie come base per l'individuazione e la schedatura del gonfalone oggetto di analisi, sviluppare un data base per la gestione del patrimonio edilizio della città che preveda l'individuazione univoca dell'unità e del suo aggregato, che sia costantemente aggiornabile, che dialoghi con la normativa sismica (che usa come el-



Figg. 5, 6
Analisi dei collegamenti tra i vari edifici



ementi di individuazione proprio gli aggregati e le unità edilizie), che sia facilmente aggiornabile, che in caso di sisma consegna uno stato di fatto ante evento tellurico. La lettura dei palinsesti murari ha inoltre evidenziando la presenza di numerosi presidi antisismici (catene, sproni, ecc.) e di numerosi dissesti (Fig. 8) (lesioni e deformazioni); ha sottolineato le vulnerabilità intrinseche al patrimonio edilizio e quelle dovute alla localizzazione geologico-sismica della città. L'analisi tipologica degli orizzontamenti e dei sistemi di copertura ha permesso di valutare che nella maggior parte dei casi i solai degli edifici antichi sono orditi parallelamente alle facciate, come anche i sistemi voltati sono "appoggiati" sui muri di controvento¹⁰; solo i sistemi di coperture presentano puntoni che potrebbero rivelarsi dannosi per la stabilità dei fronti sia in condizioni statiche che sismiche. La tecnica costruttiva principale è quella della muratura mista con cantonali in pietra squadrata¹¹ che presenta caratteristiche meccaniche buone.¹² Le ridotte dimensioni dei maschi murari e la breve analisi tipologica degli orizzontamenti e delle strutture di copertura ha permesso di ipotizzare che le facciate funzionano come "pellicole edilizie" che risentono solo marginalmente degli equilibri strutturali interni. Ciò nonostante le facciate sono gli elementi che principalmente risentono delle sollecitazioni sismiche evidenziando sistemi di dissesti che nei casi più gravi possono diventare crolli che mettono in pericolo non solo le persone che abitano all'interno delle unità edilizie ma anche coloro che percorrono le strade della città.

Tutte queste analisi permettono di valutare molte delle criticità presenti nei nostri centri storici, creando una "carta del rischio sismico" che integri i dati geologici e le valutazioni morfologici-strutturali scaturite dalle considerazioni derivanti dal rilievo architettonico e dalle analisi dei dissesti. In fase preventiva queste carte tematiche possono fornire le indicazioni necessarie per individuare, all'interno del panorama edilizio oggetto di analisi, le priorità di intervento di messa in sicurezza. Durante l'esercizio ordinario, queste schede, possono diventare la base del "fascicolo del fabbricato", fascicolo che può essere implementato e integrato nel tempo

Fig.7 - Suddivisione in aggregati dopo le analisi sul tessuto urbano

Fig.8 - Analisi dei dissesti di una porzione di aggregato

con l'aggiunta sia di documentazione storica (vecchi progetti o nuove analisi storiche) che delle nuove pratiche edilizie presentate, divenendo di fatto una vera e propria "cartella clinica" del manufatto.

NOTE

[1] Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Gasparini P., Giorgetti E., Parotto M. 1997, *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 al 1990*, INGV, Roma.

[2] DPC-ReLUIS 2010, "Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato".

[3] Minutoli G. 2011, *Degrado dei manufatti e proposte per la conservazione architettonica e strutturale*, in *Ficarra identità urbana e architettonica*, Van Riel S (ed.), pp. 31-38, Firenze;

Minutoli G. 2012, *Ciudades, arquitectura y restauración, los problemas de la conservación de los centros históricos*, in «*Informes de la Construcción*», pp. 23-34, Madrid;

Minutoli G. 2012b, *Rilievo applicato al cantiere di restauro*, in *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, S. Bertocci, M. Bini (ed.), pp. 317-341, Torino;

Minutoli G. 2012c, *La ricostruzione post sismica di Messina (1909-1939)*, Firenze.

[4] Minutoli G. 2017, *Percorsi di conoscenza per la salvaguardia della città storica*, Firenze.

[5] Doglioni F., Petrini V., Moretti A. 1994, *Le chiese e il terremoto*, Trieste;

Doglioni F. 1997, *Stratigrafia e restauro. Tra conoscenza e conservazione dell'architettura*, Trieste;

Doglioni F., Mirabella Roberti G. 2004, *Prove sperimentali speditive e valutazioni di vulnerabilità delle murature*, in *Monumenti & terremoti*, Roma;

Doglioni F. 2008, *Firmitas*, in *Nel restauro. Progetti per le architetture del passato*, pp. 121-155, Venezia;

Doglioni F., Parenti R. 1993, *Mura-ture a sacco o murature a nucleo in calcestruzzo? Precisazioni preliminari desunte dall'osservazione di sezioni murarie*, in *Calcestruzzi*

antichi e moderni: storia, cultura e tecnologia, *Atti del Convegno di Studi - Bressanone 6-9 luglio 1993*, pp. 137-156, Padova;

Giuffrè A. 1991, *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Roma;

Giuffrè A. 1988, *Monumenti e terremoti. Aspetti statici del restauro*, Roma;

Giuffrè A. 1993, *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso di Ortigia*, Bari.

[6] Arrighetti A. 2015, *L'archeologia sismologica in architettura. Per un manuale*, Firenze University Press, Firenze.

[7] Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Gasparini P., Giorgetti E., Parotto M. 1997, *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 al 1990*, INGV, Roma.

[8] Questo veloce excursus, non è esaustivo, è riportato in questa forma solo per ragioni di carattere editoriale.

[9] In altre parti del centro storico fiorentino i danni da sisma risultano adeguatamente documentati.

[10] In questo modo solo una piccola parte dei carichi degli orizzontamenti scarica il suo peso sulla facciata principale.

[11] Solo in casi sporadici si trova muratura squadrata che non prosegue quasi mai oltre il primo livello.

[12] Numerose prove (martinetti piatti, carotaggi, analisi delle malte) sono state fatte sul costruito storico fiorentino che hanno sempre evidenziato murature di buona qualità con leganti ancora idonei alle loro funzioni.

BIBLIOGRAFIA

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Gasparini P., Giorgetti E., Parotto M. 1997, *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 al 1990*, INGV, Roma.

Minutoli G. 2011, *Degrado dei manufatti e proposte per la conservazione architettonica e strutturale*, in *Ficarra identità urbana e architettonica*, Van Riel S (ed.), Firenze.

Minutoli G. 2012, *Ciudades, arquitectura y restauración, los problemas de la conservación de los centros históricos*, in «*Informes de la Construcción*», Madrid.

Minutoli G. 2012c, *La ricostruzione post sismica di Messina (1909-1939)*, Firenze.

Doglioni F., Petrini V., Moretti A. 1994, *Le chiese e il terremoto*, Trieste.

Doglioni F. 1997, *Stratigrafia e restauro. Tra conoscenza e conservazione dell'architettura*, Trieste.

Doglioni F., Mirabella Roberti G. 2004, *Prove sperimentali speditive e valutazioni di vulnerabilità delle murature*, in *Monumenti & terremoti*, Roma.

Doglioni F. 2008, *Firmitas*, in *Nel restauro. Progetti per le architetture del passato*, pp. 121-155, Venezia.

Giuffrè A. 1991, *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Roma.

Giuffrè A. 1988, *Monumenti e terremoti. Aspetti statici del restauro*, Roma.

Giuffrè A. 1993, *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso di Ortigia*, Bari.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Gasparini P., Giorgetti E., Parotto M. 1997, *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 al 1990*, INGV, Roma.