

## Danni osservati a Scai (Amatrice): confronto pre-post sisma del Centro Italia del 2016 e del 2017

### Observed damage in Scai (Amatrice): pre-post comparison 2016 and 2017 Central Italy Earthquake

Giulia Fagà<sup>1</sup>, Davide Bellotti<sup>1</sup>, Antonella Di Meo<sup>1</sup> ■

#### Sommario

La sequenza sismica cominciata il 24 agosto 2016 ha profondamente colpito una vasta area del centro Italia caratterizzata da piccoli borghi difficilmente raggiungibili, che vivono principalmente di turismo, agricoltura ed allevamento. Durante le attività di rilievo effettuate dalle squadre Eucentre ci si è imbattuti in molte frazioni - per lo più poco conosciute - che hanno subito ingenti danni. In particolare il presente articolo descrive i danni ed i crolli osservati negli edifici in una frazione di Amatrice, Scai, durante i sopralluoghi avvenuti il 1 dicembre 2016 (Squadra: Bellotti - Fagà) e il 17 gennaio 2017 (Squadra: Bellotti - Di Meo). Per meglio rappresentare il danneggiamento subito dalle strutture analizzate è stato fatto un confronto fotografico tra la situazione antecedente al 24 agosto 2016 e lo stato degli edifici dopo le scosse del 24 agosto 2016 e del 30 ottobre 2016. Grazie a questo confronto si è potuto anche notare che le strutture di più recente costruzione hanno subito pochi danni o addirittura non sono state danneggiate.

**Parole chiave:** danni, sopralluogo, Scai, terremoto centro Italia.

#### Abstract

*The seismic sequence which begun on August 24th, 2016 profoundly hit a vast area of Central Italy which is characterized by very small and hardly reachable villages living mainly with tourism, agriculture and breeding. During the surveys carried out by Eucentre, the teams came across many of the least-known hamlets that were affected by severe damages.*

*In particular, this article describes damages and collapses observed in the buildings located in Scai, one of the Amatrice's districts, during the surveys carried out on December 1st, 2016 (Bellotti-Fagà team) and January 17st, 2017 (Bellotti - Di Meo Team).*

*In order to better represent the damage experienced by the analyzed structures, a photographic comparison has been made between the state of buildings before August 24th, and after the shocks of August 24th and October 30th.*

*Thanks to this comparison it was possible to notice that the most recent structures suffered little - or even none - damage.*

**Keywords:** damage, survey, Scai, central Italy earthquake

#### 1. Introduzione

La località di Scai, frazione del comune di Amatrice, è situata all'estremo nord della provincia di Rieti sulla via Salaria, a ridosso del confine tra il Lazio e l'Abruzzo, in prossimità del lago di Scandarello. Scai si trova sul crinale della valle e questa sua posizione ne determina la morfologia allungata verso il colle Varoni. All'interno di questa frazione vi sono due luoghi di culto importanti, quali la Chiesa parrocchiale di San Sebastiano Martire posta nel mezzo del paese e il Monastero Benedettino di Santa Caterina d'Alessandria andato distrutto nel 1657 dopo il terremoto e successivamente ricostruito.

Scai è la più grande frazione del comune di Amatrice, dista da essa circa 5,87 km e si trova a 1020m s.l.m. e come tutte le zone del Reatino è stata colpita dalle 3 forti scosse del 24 agosto 2016, del 30 ottobre 2016 e del 18 gennaio 2017.

Prima della sequenza sismica che ha interessato, tra le altre, la provincia di Rieti, la frazione di Scai presentava 192 edifici di cui solo 173 utilizzati, tra i quali 166 erano adibiti a edilizia residenziale, 7 erano invece destinati a uso produttivo, commerciale/altro. Dei 166 edifici adibiti a edilizia residenziale 160 edifici sono stati costruiti in muratura portante, 4 in cemento armato e 2 utilizzando altri materiali. Gli edifici erano per lo più tutti in buono stato (Censimento ISTAT 2011).

<sup>1</sup> Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica - Eucentre, Pavia.

**Figura 1**  
Scai vista Google Maps.



Il tessuto edilizio della frazione si sviluppa per lo più lungo le direttrici principali del paese. Da un censimento ISTAT del 2011 si è a conoscenza degli anni di costruzione degli edifici, in particolare si sa che la maggior parte delle strutture presenti nella frazione sono state edificate tra i primi del 900 e il 1960 come riportato in Tabella 1

Da quello che si è potuto vedere durante il sopralluogo l'edificato è per lo più in muratura portante, irregolare, di pezzatura lapidea grossolana ed erratica, poco coesa e legata da malta argillosa povera di calce di scarsa qualità. Gli edifici sono per la maggior parte di due o tre piani fuori terra e sono raggruppati in piccoli aggregati composti al massimo da 3 unità abitative adiacenti, ma per lo più sono di tipo isolato.

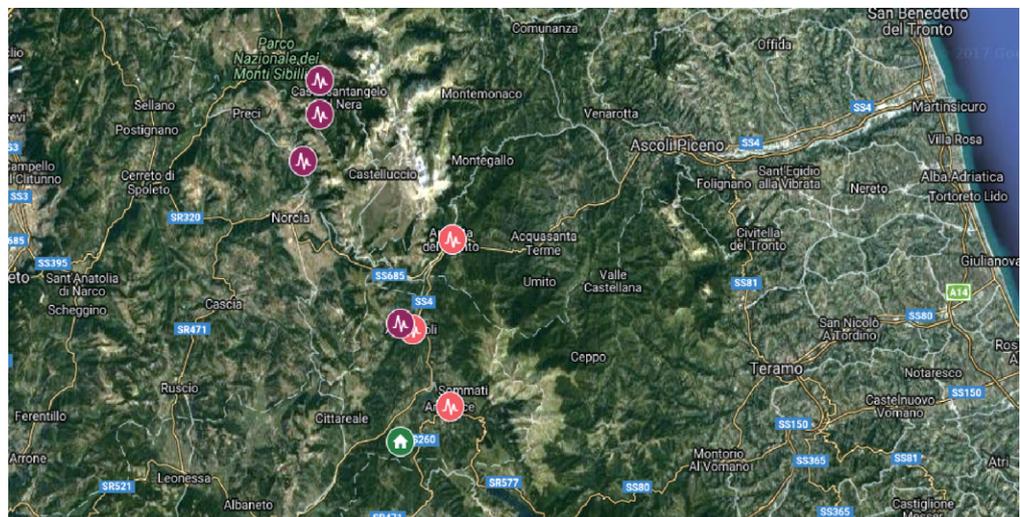
*Tabella 1 - Dati censimento edifici (Censimento ISTAT 2011)*

| Date    | Prima del 1919 | 1919-45 | 1946-60 | 1961-70 | 1971-80 | 1981-90 | 1991-2000 | 2001-05 | Dopo il 2005 |
|---------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|--------------|
| Edifici | 39             | 46      | 37      | 8       | 13      | 13      | 7         | 2       | 1            |

## 2. Gli eventi del 24 agosto e 30 ottobre 2016

La sequenza sismica cominciata il 24 agosto 2016 ha interessato quattro regioni Lazio, Abruzzo, Marche e Umbria.

**Figura 2**  
Distanze epicentrali.

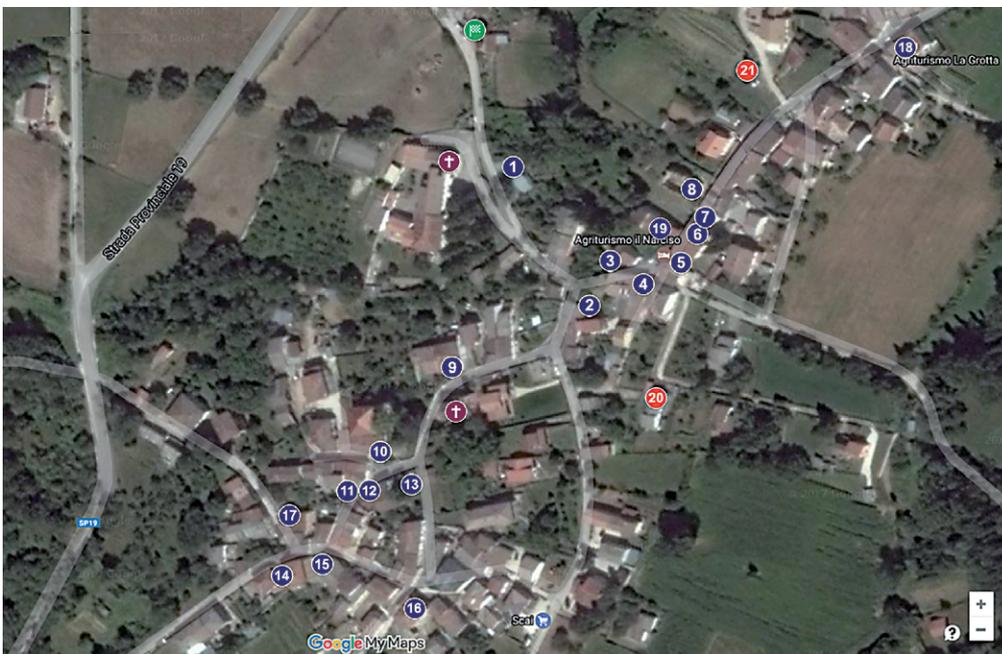


La frazione di Scai (simbolo verde in Figura 2) si trova ad una distanza epicentrale di 11,3 km dall'evento del 24 agosto 2016, di magnitudo  $M_W$  6.0, e ad una distanza di 28,6 km dall'evento del 30 ottobre 2016, di magnitudo  $M_W$  6.5.

### 3. Danno osservato

I sopralluoghi oggetto dell'articolo sono avvenuti in data 1 dicembre 2016 e in data 17 gennaio 2017, quindi prima dell'ultima scossa del 18 gennaio 2017. Durante i sopralluoghi sono stati fotografati 23 edifici come si può vedere dalla Figura 3

In Figura 3 in verde è indicato il punto di partenza dei sopralluoghi, in bordeaux sono indicati: a nord il Monastero Benedettino di Santa Caterina d'Alessandria e più a sud la chiesa parrocchiale di San Sebastiano Martire, in blu gli edifici visionati solo dall'esterno, dei quali è stato possibile fare un confronto con lo stato di fatto prima del 24 agosto 2016 attraverso Google Maps (tramite Street View) e in arancione gli edifici visionati sempre solo dall'esterno, ma dei quali non è stato possibile reperire immagini antecedenti al 24 agosto 2016.



**Figura 3**  
Mappa dei sopralluoghi effettuati.

#### 4.1 Edifici danneggiati per meccanismi nel piano

La maggioranza degli edifici visionati ha subito danneggiamenti nel piano, mono e bi direzionali per taglio all'interno dei maschi murari o delle fasce. Come si può notare nell'edificio 3, edificio isolato a due piani (Figura 4, Figura 5) a pianta irre-



**Figura 4**  
Edificio 3 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.

golare, in muratura di laterizio con copertura in cemento, in cui sono presenti lesioni ad andamento diagonale e orizzontale. L'edificio 4 (Figura 6), edificio di due piani posizionato all'estremità di un aggregato, presenta fessure diagonali nei maschi murari del primo piano. Anche negli edifici 10 (Figura 7), 11 (Figura 8), 13 (Figura 9) e 14 (Figura 10) è possibile individuare vaste lesioni ad andamento diagonale sia nei maschi che nelle fasce murarie.

**Figura 5**  
Edificio 3 pre sisma e post in data 1/12/2016.



**Figura 6**  
Edificio 4 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.



**Figura 7**  
Edificio 10 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.



**Figura 8**  
Edificio 11 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016 (in basso).





**Figura 9**  
Edificio 13 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.



**Figura 10**  
Edificio 14 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.

Anche l'edificio 5 (Figura 11), edificio di tre piani fuori terra di forma regolare con catene in entrambe le direzioni in corrispondenza del primo e del secondo orizzontamento, è caratterizzato principalmente da lesioni ad andamento diagonale, ma come è possibile vedere in figura 11 lo stabile presenta anche l'attivazione del meccanismo di instabilità verticale della parete, il cedimento di piattabande, il danneggiamento degli architravi, l'attivazione del meccanismo di ribaltamento della fascia del sottotetto e il distacco di una porzione del paramento esterno. In data 17 gennaio 2017 dopo un secondo sopralluogo l'edificio risultava collassato (Figura 12 in basso).

**Figura 11**  
Edificio 5 pre sisma post sisma in data 1/12/2016.



**Figura 12**  
Edificio 5 pre e post sisma in  
data 17/1/2017.



L'edificio 18 (Figure 13 e 14), edificio di 3 piani fuori terra, di estremità rispetto all'aggregato di appartenenza, di forma regolare, presenta numerose lesioni ad andamento diagonale sia nei maschi murari che nelle fasce, oltre al cedimento di architravi e piattabande, all'attivazione del meccanismo di rottura a flessione fuori piano della parete ed al crollo parziale di porzioni di facciata date da irregolarità e debolezze locali dei paramenti murari.

**Figura 13**  
Edificio 18 pre sisma e post  
sisma in data 17/1/2017.





**Figura 14**  
Edificio 18 pre sisma e post sisma in data 17/1/2017.

#### 4.2 Lesioni dovute ad irregolarità e ad elementi adiacenti

Negli edifici che costituiscono la frazione è stato possibile osservare anche alcuni danni provocati da modificazioni successive delle strutture, quali ampliamenti, sopraelevazioni etc., le quali hanno modificato sia la configurazione che la risposta alle sollecitazioni degli edifici originali.

Come nell'edificio 9 (Figura 15), nato inizialmente come edificio isolato di 3 piani fuori terra, a forma regolare, con pietre cantonali sugli angoli aventi duplice funzione (estetica e di connessione tra i due paramenti murari principali), con catene in entrambe le direzioni in corrispondenza del secondo orizzontamento, che è stato successivamente ampliato attraverso delle superfetazioni le quali hanno modificato sia la configurazione che la risposta alle sollecitazioni. L'edificio presenta infatti delle lesioni dovute all'irregolarità tra elementi adiacenti di diversa natura e non ammortati adeguatamente. L'edificio mostra anche delle lesioni ad andamento diagonale in corrispondenza di un maschio murario del secondo piano, appena sopra l'ampliamento dell'edificio.

Anche l'edificio 19 (Figura 16), edificio isolato di due piani fuori terra è stato oggetto negli anni di sopraelevazioni in corrispondenza dei due estremi, dove originariamente vi erano due terrazze. A seguito degli eventi sismici questa struttura ha



**Figura 15**  
Edificio 9 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.

subito ingenti danni causati dal crollo del tetto in laterocemento e di una delle sopraelevazioni di cui prima, quasi sicuramente causata da un cordolo inefficace poco ammorsato alla muratura sottostante in laterizio. L'edificio oltre a mostrare numerosi danni dovuti all'irregolarità tra strutture adiacenti, presenta anche, lesioni diagonali dei maschi murari, effetti di puntellamento presenti in corrispondenza della fascia del sottotetto e il crollo parziale di porzioni di muratura nella parte centrale, dati, come già detto, dalla scarsa qualità della muratura e dalla insufficiente connessione tra questa e gli orizzontamenti (Figura 16).

**Figura 16**  
Edificio 19 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.



### 4.3 Collassi totali

Durante il sopralluogo è stato possibile osservare crolli totali e parziali di strutture in muratura di pietra irregolare, con paramenti murari scarsamente connessi, caratterizzati da solai e coperture in legno.

Come nel caso dell'edificio 7 (Figura 17), edificio d'angolo dell'aggregato, di tre piani fuori terra con catene unicamente in corrispondenza del solaio di copertura, che è collassato sotto l'azione del sisma. Da notare come questo collasso non abbia però causato lesioni all'edificio immediatamente adiacente.

Anche l'edificio 15 (Figura 18) ha subito un collasso: l'edificio è composto da una struttura di due piani fuori terra, in evidente stato di abbandono, in posizione di estremità, costituita da una muratura di pietra irregolare poco coesa con orizzontamenti in legno. Il terzo collasso riscontrato riguarda l'edificio 21 (Figura 19), costituito da muratura in pietra irregolare e poco coesa, di due piani fuori terra, isolato, con orizzontamenti in legno probabilmente non efficacemente connessi alla muratura portante.



**Figura 17**  
Edificio 7 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.



**Figura 18**  
Edificio 15 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.



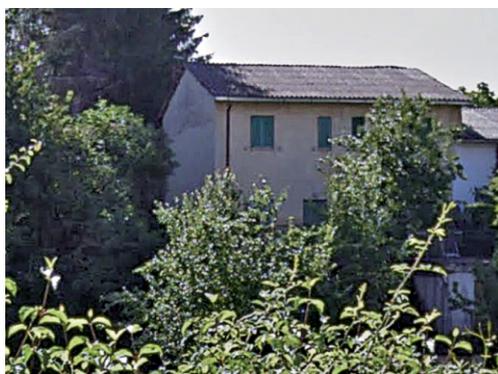
**Figura 19**  
Edificio 21 in data 1/12/2016.

#### 4.4 Meccanismi locali e collassi parziali

Vi sono stati anche molti collassi parziali che hanno preso in considerazione solo porzioni di pareti; questi sono dovuti principalmente alla scarsa qualità della muratura, alla scarsità delle connessioni tra solaio e pareti in muratura e all'effetto puntone dato dai puntoni di copertura che hanno causato il crollo di porzioni delle pareti del timpano ed il ribaltamento delle fasce di sottotetto. Come è accaduto agli edifici 1 (Figura 20), 2 (Figura 21), 6 (Figura 22), 12 (Figura 23) e 17 (Figura 24).

Di particolare interesse sono le lesioni osservate negli edifici 6 (Figura 22) e 12 (Figura 23). L'edificio 6 è in posizione di estremità, di tre piani fuori terra, di forma regolare, con la presenza di catene in entrambe le direzioni ma unicamente a livello del secondo orizzontamento. L'edificio 12, in evidente stato di abbandono, è posizionato all'interno di un aggregato strutturale, ed è costituito da due piani fuori terra a pianta irregolare, senza la presenza di catene. Questi edifici hanno subito un crollo parziale dei maschi murari dovuta con buona probabilità alla scarsa coesione della muratura e dell'ammorsamento con gli orizzontamenti che ha reso inefficaci gli effetti delle catene (nel caso dell'edificio 6). Gli edifici presentano anche numerose lesioni ad andamento diagonale dei maschi murari, delle fasce e danni dovuti ad irregolarità tra edifici adiacenti.

**Figura 20**  
Edificio 1 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.



**Figura 21**  
Edificio 2 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016 (a destra).



**Figura 22**  
Edificio 6 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016 (in basso).





**Figura 23**  
Edificio 12 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.



**Figura 24**  
Edificio 17 pre sisma post sisma in data 1/12/2016 (in basso).

#### 4.5 Lesioni ai maschi murari causate da cedimenti fondazionali

L'edificio 16, di tre piani fuori terra, isolato, di forma regolare, con presenza di alcune catene in corrispondenza del secondo orizzontamento, presenta delle lesioni in corrispondenza di uno dei maschi murari di estremità al piano terra, probabilmente causate da un cedimento fondazionale (Figura 25).



**Figura 25**  
Edificio 16 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.

#### 4.6 Piano debole

L'edificio 20, edificio in muratura di pietra, isolato, di due piani fuori terra, mostra un meccanismo di piano debole al piano terra con conseguente distacco dei cantonali dalla struttura sovrastante (Figura 26).

**Figura 26**  
Edificio 20 in data 1/12/2016.



#### 4.7 Danneggiamento strutture religiose

All'interno della frazione di Scai sono presenti due edifici religiosi, uno è il Monastero di Santa Caterina d'Alessandria, che ha subito, da quanto si è potuto osservare, il danneggiamento del campanile in muratura portante di pietra a conci squadrati, in particolare della cella campanaria la quale ha subito una parziale rotazione, la sconnessione dei piedritti e la lesione degli archi (Figura 27).

L'altro edificio è costituito dalla chiesa di San Sebastiano che ha riportato lesioni ad andamento diagonale in corrispondenza della parete laterale di sinistra e della cappella laterale di sinistra e il distacco e la rotazione della parte sommitale della facciata della chiesa (Figura 28, Figura 29 e Figura 30).



**Figura 27**  
Cella campanaria Santa  
Caterina d'Alessandria pre  
sisma e post sisma in data  
1/12/2016.



**Figura 28**  
Chiesa di San Sebastiano  
pre-sisma e post sisma in data  
1/12/2016.



**Figura 29**  
Chiesa di San Sebastiano  
pre-sisma e post sisma in data  
1/12/2016.



**Figura 30**  
Chiesa di San Sebastiano  
pre-sisma e post sisma in data  
1/12/2016 (in basso).

#### 4.8 Edifici senza evidenza di danno esterna

Nel confronto della Figura 31 è possibile osservare gli edifici che si affacciano sulla via prima dei due eventi del 24 agosto e del 30 ottobre e dopo tali date. Di particolare interesse è l'edificio bianco, isolato, di due piani fuori terra che non compare nella prima immagine (Figura 31 in alto a sinistra) tratta da Google Maps e datata 2011, in cui al suo posto compare una struttura di un piano in laterizio, in evidente stato di abbandono. L'edificio invece compare nella Figura 31 (in alto a destra e in basso) scattate rispettivamente in data 1/12/2016 e 17/01/2017 e non presenta alcun tipo di danno a seguito dei due eventi sismici sopra menzionati.

**Figura 31**  
Foto Edificio 8 di pre sisma (2011) mentre era in costruzione e post sisma in data 1/12/2016 e in data 17/1/2017.



#### 5. Conclusioni

Il presente lavoro ha riguardato l'analisi del danno e il confronto con lo stato di fatto pre-sisma degli edifici appartenenti alla frazione Scai di Amatrice, in seguito agli eventi sismici del 24 agosto e del 30 ottobre 2016. La maggior parte degli edifici presenti nella frazione è stata realizzata prima degli anni ottanta e la quasi totalità di essi è costituita da edifici in muratura, principalmente in pietra.

Al momento del primo rilievo, effettuato in data 1 dicembre 2016, è stato possibile realizzare un'analisi dettagliata del danno degli edifici, anche se realizzata unicamente dall'esterno, in quanto non era stata effettuata alcuna demolizione e non erano stati messi in atto provvedimenti di pronto intervento che limitassero la circolazione all'interno della frazione. Tale circostanza-

za ha permesso di osservare il reale danneggiamento subito dagli edifici.

È stato poi possibile effettuare un secondo rilievo nella frazione in data 17 gennaio 2017, che ha permesso di osservare altri edifici e la messa in atto dei provvedimenti di pronto intervento.

Il danno osservato è stato principalmente causato dalle caratteristiche intrinseche degli edifici, costituiti da muratura irregolare in pietra di non recente costruzione con una presenza limitata di catene, spesso presenti in un solo orizzontamento o in una sola direzione. I pochi edifici di più recente costruzione, invece, esternamente non presentavano alcune evidenze di danno.

## **Bibliografia**

15° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni, ISTAT, 2011.

AA.VV., Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura. Parte Seconda - Modelli cinematici per l'analisi strutturale degli edifici in muratura. Sisma Marche (1997) - Decreto del Commissario Delegato per gli interventi di Protezione Civile n. 28 del 10 aprile 2002. Tipografia Grafiche Scarponi s.r.l., Osimo (AN) 2007.

AA. VV., Sisma Molise (2002) - Dall'emergenza alla ricostruzione. Edifici in Muratura. Capitolo 6 - Meccanismi di collasso locali: Analisi cinematica lineare. DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2008.

Baggio C., Bernardini A., Colozza R., Corazza L., Della Bella M., Di Pasquale G., Dolce M., Goretti A., Martinelli A., Orsini G., Papa F., Pizza A.G., Zuccaro G. (2014) - Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES), Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 2014.

Bernardini A. (*a cura di*)(2000) - La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000.

Dolce M., Manfredi G. (2011) - Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni, Doppiavoce, Gennaio 2011, ISBN-13: 9788889972298.

Magenes G., Penna A. (2009) - Existing masonry buildings: general code issues and methods of analysis and assessment, E. Cosenza (ed), Eurocode 8 Perspectives from the Italian Standpoint Workshop, 185-198, ©2009 Doppiavoce, Napoli, Italy.

## **Gli Autori**

### **Giulia Fagà**

Giulia Fagà si laurea in Ingegneria Edile Architettura nel 2012 con una tesi sull'architettura temporanea. Nel 2013 inizia a lavorare per l'area Analisi Strutturale di Eucentre dedicandosi alla ricerca di strutture temporanee post emergenziali, tra il 2014 e il 2015 collabora al progetto PRISMA (Piattaforma cloud Interoperabili per SMART-government). Nel 2015 frequenta il corso di formazione "La gestione tecnica dell'emergenza sismica rilievo del danno e valutazione dell'agibilità" e nel 2016 viene coinvolta nei rilievi post emergenza di strutture pubbliche e a grandi luce, svolti da Eucentre durante il Sisma in Centro Italia. Sempre nel 2016 pubblica, insieme a Roberto Nascimbene, il volume "Residenze temporanee, dalle tende del paleolitico alle stampanti 3D" edito da Aracne Editrice.

Dal 2017 si occupa della redazione della rivista Progettazione Sismica.

### **Davide Bellotti**

Ingegnere civile tecnologo presso l'European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering (Eucentre) di Pavia si occupa di diversi progetti di ricerca riguardanti le strutture prefabbricate ed in particolare di aspetti legati alla loro progettazione in zona sismica, alla modellazione ed alla progettazione di prove sperimentali su grandi strutture e su sottosistemi.

Si occupa inoltre della validazione di software non lineari ad elementi finiti di calcolo strutturale, dell'analisi, progetto e verifica di interventi di adeguamento sismico per edifici esistenti.

È docente presso la Fondazione Pavia Città della Formazione, Istituto Tecnico Superiore (ITS) per il corso di Sismica e ed è docente di corsi e seminari per professionisti nell'ambito del progetto di edifici in cemento armato e prefabbricati di nuova costruzione, dell'adeguamento sismico di edifici in cemento armato e prefabbricati esistenti e di codici internazionali di calcolo.

È stato valutatore dell'agibilità di edifici per il terremoto dell'Aquila (2009), dell'Emilia Romagna (2012) e del Centro Italia (2016-2017) ed è stato membro del Gruppo di Lavoro interistituzionale incaricato alla predisposizione di un manuale e di una Scheda di valutazione del danno ed agibilità post-sismica per le strutture prefabbricate e di grande luce (GL-AeDES) in base a decreto del capo dipartimento della Protezione Civile.

### **Antonella Di Meo**

Antonella Di Meo si laurea nel 2009 in Ingegneria Civile presso l'Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale. Da Gennaio 2010 inizia a lavorare in Eucentre presso la sezione "Vulnerabilità e gestione territoriale" dove si occupa principalmente di vulnerabilità strutturale e rischio sismico.