

PROGETTAZIONE SISMICA²



Editoriale

Designa
BIM
Rischio Sismico

Ricerca

Terremoto Centro Italia:
*Danni nel Maceratese, Elementi Non Strutturali,
Edifici in Muratura, Danni a Scai (Amatrice), Attività Eucentre,
Attività IPE*

Recensioni

Esempi Applicativi del Codice
di Prevenzione Incendi

News

IF CRASC 17
7aese
BIM Summit 2017
E2forum lab



EUCENTRE

FOR YOUR SAFETY.

Eucentre è una Fondazione senza scopo di lucro fondata da:

- **Dipartimento della Protezione Civile**
www.protezionecivile.it
- **Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**
www.ingv.it
- **Università degli Studi di Pavia**
www.unipv.it
- **Istituto Universitario di Studi Superiori (IUSS) di Pavia**
www.iusspavia.it

Mission:

- Promuovere, sostenere e curare la formazione e la ricerca nel campo della riduzione del rischio sismico.

Attività di formazione:

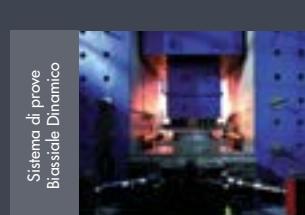
- Formazione avanzata - Centro di formazione post-laurea e ricerca in ingegneria sismica e smologia (ROSE School);
- Formazione per professionisti - Corsi brevi su argomenti specifici in ambito di progettazione sismica.



Muro di Riscontro



Tavola Vibrante



Sistema di prova Biassiale Dinamico



Sistema di prova per smorzatori



Aula Multimediale

Attività di ricerca:

- Coordinamento di attività di ricerca sperimentale;
- Consulenza tecnica e scientifica.

Sezioni di Ricerca:

- Aerospazio;
- Analisi Strutturale;
- Elementi non strutturali;
- Geotecnica sismica;
- Innovazione tecnologica;
- Meccanica computazionale;
- Azione e progettazione sismica (SIDE);
- Risk Governance;
- Scienze ambientali, salute e sicurezza (EHS);
- Analisi multirischio e servizi Copernicus;
- Strutture in muratura;
- TREES Lab, Metodi sperimentali e isolamento sismico;
- Vulnerabilità e gestione territoriale.

Laboratorio Sperimentale e Servizi:

- Tavola vibrante unidirezionale ad elevate prestazioni;
- Sistema di riscontro 3D per prove in scala reale con tecniche pseudo-statiche e pseudo-dinamiche;
- Sistema di prova biassiale dinamico per prove su apparecchi di appoggio ed isolamento;
- Sistema di prova per smorzatori;
- Laboratorio mobile;
- Eucentre - casa editrice;
- Centro di documentazione e biblioteca;
- Collegio Cardinale Agostino Riboldi - CAR College.

Iniziative:

- Sostenitori di Eucentre - Professionisti, Aziende ed Enti pubblici e privati, Ordini degli Ingegneri.



Via Adolfo Ferrata, 1
27100 - Pavia, Italia
Telefono (+39) 0382.5169811
Fax (+39) 0382.529131
E-mail: info@eucentre.it
Sitoweb: www.eucentre.it



PROGETTAZIONE SISMICA²

Collaborazione in ambito divulgativo tra Progettazione Sismica e Ordini Professionali

Progettazione Sismica dal 2017 si propone di stabilire rapporti di collaborazione con gli ordini degli Ingegneri per la divulgazione della rivista in formato digitale a titolo gratuito.

Gli Ordini convenzionati



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Alessandria



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Arezzo



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Imperia



Ordine degli Ingegneri della Prov. di Reggio Calabria



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Asti



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Latina



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Rieti



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna



Ordine degli Ingegneri della Provincia di La Spezia



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Rimini



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Caserta



Ordine degli Ingegneri della Provincia di L'Aquila



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Sondrio



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Catania



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Mantova



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Teramo



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Catanzaro



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Treviso



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Como



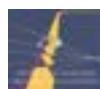
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Udine



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Crotone



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Venezia



Comitati

Direttore

Calvi Gian Michele IUSS/Eucentre/Studio Calvi

Direttore Esecutivo

Nascimbene Roberto Fondazione Eucentre

Comitato Operativo

Bolognini Davide Fondazione Eucentre
Fuchs Renato Fondazione Eucentre
Pinho Rui Fondazione Eucentre

Redazione

Fagà Giulia Fondazione Eucentre

Comitato dei Revisori

Allegrini Augusto	Ordine Ingegneri Pavia	Dolce Mauro	Dipartimento Protezione Civile
Amato Alessandro	INGV	Fioravante Vincenzo	ISMGEO
Baccarini Paolo	HILTI	Franchin Paolo	Università di Roma
Battaini Marco	Agom international	Freddi Paolo	Ordine degli Ingegneri di Mantova
Becci Bruno	Finzi Ceas	Ghersi Aurelio	Università di Catania
Bianco Lorenzo	Peikko Italia	Grignaf ni Fulvio	ordine degli ingegneri di Parma
Borri Antonio	Università di Perugia	Guzzoni Donatella	Ordine degli ingegneri di Bergamo
Callero Alberto	SGI-Studio Geotecnico Italiano	Iervolino Iunio	Università di Napoli
Camorani Fabio	Politecnica	Lagomarsino Sergio	Università di Genova
Cardone Donatello	Università della Basilicata	Lai Carlo Giovanni	Università di Pavia/Eucentre
Chersich Massimiliano	Libero Professionista	Landolfo Raffaele	Università di Napoli
Cosenza Edoardo	Università di Napoli	Lupoi Alessio	Università di Roma
Crippa Angelo	Dirigente Regione Lombardia	Luzi Lucia	INGV
Crowley Helen	Fondazione Eucentre	Magenes Guido	Università di Pavia/Eucentre
Da Porto Francesca	Università di Padova	Manfredi Gaetano	Università di Napoli
Dari Andrea	Editore tecnico	Masi Angelo	Università di Potenza
De Lorenzi Michele	Ordine degli Ingegneri di Pordenone	Meletti Carlo	INGV
Della Corte Gaetano	Università di Napoli	Mola Elena	ECSD
Desimoni Alessandro	Libero Professionista	Monti Giorgio	Università di Roma I
Di Fusco Alfonsina	Andil	Moratti Matteo	Studio Calvi - Pavia
Di Sarno Luigi	Università di Benevento	Mordà Nicola	Domo Studio
		Moroni Claudio	Dipartimento di Protezione Civile
		Mpampatsikos Vassilis	Libero Professionista
		Nagliati Paolo	2SI
		Occhiuzzi Antonio	ITC/CNR
		Penna Andrea	Università di Pavia
		Piazza Maurizio	Università di Trento
		Picchi Luigi	Nooter/Eriksen
		Pinto Paolo Emilio	Università di Roma
		Poggi Carlo	Politecnico di Milano
		Ponzo Felice C.	Università di Potenza
		Riva Paolo	Università di Bergamo
		Salvatore Walter	Università di Pisa
		Sappia Fabio	Ordine degli Ingegneri di Imperia
		Sattamino Paolo	Harpaceas
		Sproccati Antonio	Ordine degli Ingegneri di Mantova

Numero 02.2017

In copertina

Confronto fra le immagini di alcuni edifici di Illica (Accumoli, provincia di Rieti) prima dei terremoti (da Google Street View, 2011), dopo il terremoto del 24 agosto 2016 e dopo quelli dell'ottobre 2016 (foto di Massimiliano Stucchi, elaborazione di Gabriele Ferro).

Sommario

Editoriali

- 5 Le radici della cultura sono amare, ma il frutto è dolce
Gian Michele Calvi, Roberto Nascimbene
- 7 Futuri sviluppi per il sistema di gestione delle forme di assistenza post emergenza
Renato Fuchs
- 11 BIM per l'earthquake engineering. È vero che il BIM fornisce un valore aggiunto all'ingegneria Sismica?
Paolo Segala
- 19 Dopo i terremoti del 2016: alcuni interrogativi sulla riduzione del rischio sismico
Massimiliano Stucchi, Renato Fuchs, Carlo Meletti

Ricerca

- 25 Danni riscontrati nel Maceratese dopo il Sisma del 2016
Lorenzo Longhi
- 35 Analisi della risposta sismica degli elementi non-strutturali durante il terremoto del Centro Italia
Daniele Perrone, Roberto Nascimbene, Luigi Di Sarno
- 49 Comportamento degli edifici in muratura nella sequenza sismica dell'Italia centrale del 2016 - Parte 1: Quadro generale
Alfredo Fragomeli, Alessandro Galasco, Francesco Graziotti, Gabriele Guerrini, Stylianos Kallioras, Guido Magenes, Daniele Malomo, Martina Mandriola, Carlo F. Manzini, Beatrice Marchesi, Riccardo R. Milanesi, Paolo Morandi, Andrea Penna, Andrea Rossi, Annalisa Rosti, Maria Rota, Ilaria E. Senaldi, Umberto Tomassetti, Serena Cattari, Francesca da Porto, Luigi Sorrentino
- 79 Danni osservati a Scai (Amatrice): confronto pre-post sisma del Centro Italia del 2016 e del 2017
Giulia Fagà, Davide Bellotti, Antonella Di Meo
- 95 EUCENTRE e l'emergenza sismica: attività preparatorie e supporto in emergenza durante il Sisma in Centro Italia
Chiara Casarotti, Alberto Pavese, Simone Peloso, Barbara Borzi
- 109 Il Coordinamento dall'emergenza al post sisma: l'esperienza dell'Associazione Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze
Patrizia Angeli, Cristian Clementi, Dora De Mutis, Marco Cagnizi, Roby Baldin, Emanuela Ferro, Chiara Fedeli, Francesco Antonicoli

125 News

127 L'Autore scrive

Direttore Responsabile

Gian Michele Calvi
direttore@progettazionesismica.it

Direttore Esecutivo

Roberto Nascimbene
roberto.nascimbene@progettazionesismica.it

Redazione

Giulia Fagà
giulia.faga@progettazionesismica.it

Gravità e impaginazione

Gabriele Ferro
redazione@progettazionesismica.it

Supporto tecnico e amministrativo

info@progettazionesismica.it

Supporto informatico

Andrea Asperges, Luca Rustioni, Gabriele Giordano

EDITORE

Fondazione Eucentre

Via Adolfo Ferrata, 1 - 27100 Pavia, Italia
Tel. (+39) 0382.5169811 - Fax: (+39) 0382.529131
E-mail: press@eucentre.it - Web: www.eucentre.it

Progettazione Sismica

Direttore Responsabile: Gian Michele Calvi
Autorizzazione del Tribunale di Pavia n. 682
del 10.10.2007.
E-ISSN 2532-1560 - ISSN 1973-7432
N° iscrizione ROC 16524

Sede legale

C/o Fondazione Eucentre,
Via Adolfo Ferrata, 1 - 27100 Pavia, Italia
Tel. (+39) 0382.5169811

Fotolito e stampa

Rotomail - Strada Rivoltana (SP 14), 12/AB - 20060
Vignate (MI)

Pubblicazione quadrimestrale

Anno VIII, No. 2/2017, 15.00 Euro

I manoscritti e le illustrazioni inviati alla redazione non saranno restituiti anche se non pubblicati e la Redazione non si assume responsabilità nel caso di eventuali errori contenuti negli articoli pubblicati o di errori in cui fosse incorsa nella loro riproduzione sulla rivista. La Redazione non si assume la responsabilità delle tesi sostenute dagli Autori.



Formazione Professionale Continua EUCENTRE in collaborazione con ReLUIS

Continua nel 2017 la collaborazione tra la Fondazione Eucentre e ReLUIS per l'organizzazione di corsi brevi su temi specialistici della progettazione in zona sismica. Oltre ai classici corsi brevi della durata di due giorni, si propongono momenti formativi denominati Seminari, della durata di un giorno, con l'obiettivo di creare incontri di approfondimento su argomenti specifici. I corsi sono rivolti a professionisti, tecnici, mondo industriale e funzionari di enti pubblici, operanti nel campo dell'ingegneria sismica.

■ CORSI BREVI

12 Ore - 2 giorni

- Strutture in acciaio: analisi, verifica e progettazione in ambito statico e sismico
Coordinatore: Prof. Raffaele Landolfo
Pavia 10-11 Novembre 2017 - Sede: Pavia

■ SEMINARI

8 Ore - 1 giorno

- Pericolosità sismica e terremoti di progetto: strategie di selezione dell'input sismico per l'analisi non lineare delle strutture
Coordinatore: Prof. Iunio Iervolino
Periodo: 13 Ottobre 2017 - Sede: Pavia

Organizzazione di corsi "su misura": Corsi su richiesta vengono organizzati come risposta ad esigenze specifiche di aziende, enti o associazioni professionali. Dopo un primo momento di interazioni durante il quale si analizza la richiesta, vengono definite le tematiche da affrontare ed il programma più adatto, nonché il luogo di realizzazione del corso.

Materiale didattico: Una selezione di momenti formativi organizzati da Eucentre e rispettivo materiale didattico sono proposti su supporto multimediale e cartaceo, ed acquistabili da tutti gli interessati.

Per ulteriori dettagli: www.eucentre.it e pagine aziendali social LinkedIn e Facebook.

Per richieste e maggiori informazioni contattare: corsi@eucentre.it



Editoriale

Le radici della cultura sono amare, ma il frutto è dolce

Gian Michele Calvi¹, Roberto Nascimbene² ■

Le radici della cultura sono amare, ma il frutto è dolce

(Οι ρίζες της εκπαίδευσης είναι πικρές, αλλά ο καρπός της γλυκός) *Diogene Laerzio, Vite dei Filosofo*, Aristotele, V, 18.

Negli ultimi dieci anni sette eventi molto importanti:

L'Aquilano, 6 aprile 2009 - ore 3:32 magnitudo momento (M_W) 6.3,
Mirandola, 20 maggio 2012 - ore 4:03 magnitudo momento (M_W) 5.86,
Mirandola, 29 maggio 2012 - ore 9:00 magnitudo momento (M_W) 5.66,
Amatrice, 24 agosto 2016 ore - 3:36 magnitudo momento (M_W) 6.0,
Visso, 26 ottobre 2016 - ore 21:18 magnitudo momento (M_W) 5.9,
Norcia, 30 ottobre 2016 - ore 7:40 magnitudo momento (M_W) 6.5,
Capitignano, 18 gennaio 2017 - ore 11:14 magnitudo momento (M_W) 5.5.

Si parla di un costo di circa 3 - 3,5 miliardi all'anno dovuto ai terremoti per un totale negli ultimi 50 anni di circa 160 miliardi di Euro. Prevedere non è possibile, prevenire sì. In che modo? Il primo è creare cultura a partire dai bambini attraverso brochure illustrate, esercitazioni, prove di evacuazione, con dei video tutorial che spieghino cosa succede durante un terremoto in modo semplice, tutto questo al fine di rendere le operazioni di sicurezza quasi automatiche un po' come succede nelle scuole giapponesi. Passando per gli adulti e scendendo nelle piazze con campagne informative come fa il Dipartimento di Protezione Civile con la campagna Io non Rischio, campagna informativa nazionale sui rischi naturali e antropici che interessano il nostro Paese. Incrementando la formazione dei progettisti i quali hanno la responsabilità di progettare e realizzare strutture meno vulnerabili. Ed è proprio in quest'ottica di informazione/formazione culturale in cui crediamo fermamente che abbiamo deciso, anche per questo evento sismico, come era già stato fatto anche per il terremoto dell'Aquila e quello dell'Emilia, di dedicare un numero della rivista al terremoto che ha colpito il centro Italia tra la fine del 2016 e l'inizio del 2017.

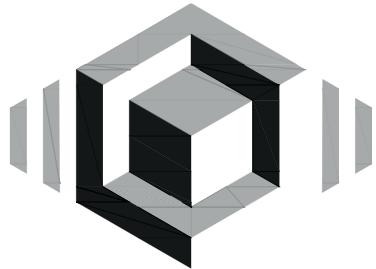
Gettare le radici di questa cultura della sismica è complesso, lungo e costoso (forse meno della cifra indicata precedentemente) sia in termini di tempo che di soldi, ma i frutti saranno eccezionali.



Figura 1

Confronto fra le immagini di un edificio di Pescara del Tronto (a) (Comune di Arquata del Tronto) e di Saletta (Comune di Amatrice) (b) prima dei terremoti (da Google Street View, 2011) e dopo il terremoto del 24 agosto 2016 (foto di M. Stucchi, elaborazione di G. Ferro).

¹ Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica - Eucentre, e Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia (IUSS), Pavia.
² Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica - Eucentre, Pavia.



SPONSE

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR
THE SEISMIC PERFORMANCE OF
NON-STRUCTURAL ELEMENTS



I danni osservati durante i più recenti terremoti hanno messo in evidenza che nonostante le strutture progettate secondo i moderni criteri di progettazione antisismica si comportino in modo adeguato, i danni riportati dagli elementi non-strutturali possono seriamente compromettere la funzionalità degli edifici nell'immediato post-sisma. Questa problematica risulta di particolare importanza qualora si abbia a che fare con strutture di importanza strategica. Inoltre, gli investimenti economici connessi agli elementi non-strutturali rappresentano generalmente il maggiore onere economico nella realizzazione di qualsiasi tipologia costruttiva, basti pensare, ad esempio, alle apparecchiature mediche presenti nelle strutture ospedaliere.

La ricerca nel campo della valutazione delle performance sismiche delle componenti non-strutturali è diventata negli ultimi anni una chiara esigenza sia nel mondo accademico che industriale. Gli sforzi di numerosi ricercatori si stanno concentrando sulla definizione di metodi di progettazione adeguati che siano in grado di colmare le carenze tutt'ora presenti nei codici normativi. Sulla base di queste considerazioni è nata nel 2014 l'International Association for the Seismic Performance of Non-Structural Elements (SPONSE); ad oggi, l'associazione ha la sua sede amministrativa presso il Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica di Pavia (EUCENTRE). L'associazione SPONSE è una associazione internazionale, no-profit, che raggruppa differenti enti e figure professionali interessate nella valutazione delle performance sismiche degli elementi non-strutturali.

L'obiettivo di SPONSE è quello di divulgare le conoscenze nell'ambito degli elementi non-strutturali promuovendo anche nuove collaborazioni e progetti tra partner universitari, industriali e tutte le figure interessate alla tematica. Ad oggi il Consiglio di Amministrazione è composto da professori di fama internazionale pionieri nello studio delle performance sismiche degli elementi non-strutturali, a breve saranno introdotti nel Consiglio di Amministrazione anche partner industriali. Con l'intento di diffondere quanto più possibile le conoscenze relative al comportamento sismico degli elementi non-strutturali, l'iscrizione a SPONSE non comporta alcun costo e sono previste quattro differenti categorie di membership in funzione della tipologia di membro (enti di ricerca, industrie, ricercatori e liberi professionisti). Tutte le informazioni riguardanti le attività svolte dall'associazione sono divulgate mediante il sito web di SPONSE (www.sponse.eu) e tramite la newsletter inviata a tutti i membri; nel sito è inoltre presente una sezione, riservata ai soli membri dell'associazione, aggiornata costantemente con tutti i risultati delle principali ricerche e novità nell'ambito delle performance sismiche degli elementi non-strutturali.

Futuri sviluppi per il sistema di gestione delle forme di assistenza post emergenza

Renato Fuchs¹ ■

Ogni calamità comporta la necessità di fornire assistenza alla popolazione coinvolta: al crescere delle dimensioni dell'evento la complessità della gestione delle esigenze delle persone sfollate aumenta rendendo necessario l'utilizzo di sistemi che forniscono un supporto ai gestori, riducano i tempi di assegnazione degli alloggi provvisori e consentano una precisa ed efficiente conoscenza del percorso di assistenza di ciascuno anche riguardo ai relativi costi.

A questo scopo, negli ultimi anni, è stato realizzato - da Eucentre in collaborazione con il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) - il sistema DESIGNA, che è stato descritto nel primo numero del 2017 di Progettazione Sismica, utilizzato per la gestione delle diverse forme di assistenza fornite alla popolazione a seguito dei terremoti del 24 agosto, 26 e 30 ottobre 2016 e del 18 gennaio 2017, dimostrandosi di grande utilità per i diversi enti (DPC, Regioni, Comuni) coinvolti, per le strutture ricettive che hanno ospitato gli sfollati e per gli organismi di controllo.

Al contempo, l'utilizzo del sistema ne ha mostrato i limiti, che in parte sono stati ridotti o eliminati grazie alle continue interazioni tra i vari utilizzatori ed il team di sviluppo.

Il presente documento vuole cercare di mettere in luce le problematiche ancora totalmente o parzialmente aperte, indicando anche possibili soluzioni e futuri sviluppi.

1. Usabilità

Un primo e generale problema è costituito dalla facilità d'uso del sistema, per ora piuttosto ridotta.

Per quanto, infatti, DESIGNA gestisca molte informazioni, è piuttosto farraginoso il loro reperimento e, quindi, soltanto con una pratica piuttosto assidua l'operatore riesce a muoversi agevolmente tra le varie maschere e report, ottenendo rapidamente i risultati richiesti.

Andrà quindi fatto uno sforzo importante, anche coinvolgendo esperti in usabilità, per rendere il sistema più facile, con la realizzazione di una nuova interfaccia.

2. Dati anagrafici

Nella gestione delle emergenze 2016-17 si è avuta conferma di come la disponibilità di dati anagrafici aggiornati e completi dei cittadini sia fondamentale per rendere il sistema immediatamente efficace ed efficiente.

Per quanto sia stato di grande aiuto il rapporto con il Ministero dell'Interno (INA-SAIA e ANPR), i dati ricevuti non erano allo stesso livello di aggiornamento per tutti i Comuni interessati e mancavano di informazioni fondamentali (in primis l'appartenenza dei cittadini alle relative famiglie).

Per contro, i dati ricevuti direttamente dai Comuni erano completi: purtroppo sono però stati relativamente pochi gli Enti che li hanno inviati.

La mancanza dei dati - o la loro incompletezza - implica ovviamente la necessità di raccoglierli, verificarli ed inserirli nel sistema. Il processo richiede la realizzazione di moduli cartacei, la loro compilazione da parte dei cittadini o di un funzionario, la lettura da parte di un addetto e la digitazione nel sistema, con tempi lunghi, probabili errori e frequenti inceppamenti in caso di difficoltà di interpretazione e di ricostituzione dei nuclei familiari.

Inoltre si è avuta dimostrazione dell'importanza della tempistica nella disponibilità dei dati: il ritardo nel loro reperimento, anche solo di pochi giorni, implica un forte incremento delle difficoltà operative, con allungamento dei tempi di gestione, oltre alla necessità di successive verifiche e correzioni ed, in sostanza, con l'incertezza costante sulle informazioni disponibili. Poiché purtroppo pare sia stato accantonato o comunque sia di difficile realizzazione il progetto ANPR (Anagrafe Nazionale della Popolazione Residente) sarebbe necessaria l'emissione di una norma che obblighi i produttori di software per la gestione anagrafica dei Comuni ad inserire nei loro prodotti una procedura che consenta, non appena dichiarato lo stato di emergenza, ai funzionari addetti di estrarre le informazioni anagrafiche necessarie, inviando il relativo file al DPC.

¹ Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica - Eucentre, Pavia.

Si tenga a tal proposito in considerazione che:

Le software-houses stipulano normalmente con i Comuni un contratto di manutenzione in cui è previsto l'adeguamento alle normative vigenti, quindi tale norma non avrebbe impatto sulle nanze pubbliche;

La maggior parte dei programmi di gestione anagra ca ha già capacità di esportazione di dati: sarà sufficiente in tali casi una semplice modifica della procedura per esportare tutti e soli i dati richiesti. Anche nel caso in cui il software non abbia attualmente tale funzionalità, la realizzazione di detta procedura richiede, da parte di ogni software-house, un tempo di sviluppo dell'ordine di poche ore;

I dati da estrarre ed inviare, per ciascun cittadino, sono relativamente pochi e, quindi, il file risultante avrà dimensioni modeste anche per i comuni più grandi;

Il tempo necessario per l'estrazione e l'invio dei dati da parte di ciascun Comune è dell'ordine dei secondi o, al più, dei minuti;

L'importazione in Designa dei files è molto semplice e rapida.

3. Ampliamento delle funzioni esistenti ed implementazione di nuove funzioni

Le funzionalità ora presenti comprendono essenzialmente la gestione dei dati relativi a:

- a. anagra ca del singolo cittadino e dei nuclei familiari;
- b. strutture di accoglienza temporanea (campi tendati);
- c. permanenza in struttura ricettiva;
- d. CAS (richiesta ed assegnazione);
- e. assegnazione alloggi a lungo termine (es. SAE, MAPRE);
- f. validazione del diritto di assistenza.

Sono ipotizzabili ampliamenti delle funzioni in particolare per i seguenti punti:

b. Gestione del personale operante nelle strutture di accoglienza

Le attività di assistenza alla popolazione vengono svolte da una molteplicità di soggetti (funzionari DPC, volontari, dipendenti degli enti locali, forze dell'ordine, ...): sarebbe auspicabile la realizzazione di uno speciale modulo di Designa dedicato alla gestione di questo personale, che tenga traccia delle offerte di disponibilità, dei turni effettuati, del tipo di sistemazione goduta, di eventuali indennità spettanti, ecc.

È ipotizzabile inoltre la creazione di una app che consenta una più rapida interazione con i soggetti interessati.

d. Gestione CAS

Prendendo a modello il software realizzato dalla Regione Umbria a seguito del terremoto del 1997 (ed utilizzato anche nell'ultima emergenza) potrebbe venir realizzato un modulo che consenta una gestione più completa dei Contributi di Autonoma Sistemazione, seguendo per ciascun richiedente tutto il iter della pratica, dal momento della richiesta iniziale, alle modifiche intervenute nel tempo fino alla revoca del contributo.

e. Assegnazione alloggi a lungo termine.

Sulla base di quanto realizzato per la gestione del Progetto CASE (L'Aquila 2009) potrebbe venir implementato un modulo che consenta una gestione degli alloggi realizzati ad hoc per l'ospitalità a lungo termine, dalla logistica degli stessi alla realizzazione ed arredamento, alle caratteristiche specifiche, alla disponibilità, all'assegnazione, alla gestione delle manutenzioni e dei consumi, fino alla ri-assegnazione qualora il precedente assegnatario liberasse l'alloggio.

4. DPC e Regioni

La concessione di forme di assistenza (alloggio alberghiero, contributo di autonoma sistemazione, utilizzo di un alloggio temporaneo, ecc.) ai cittadini coinvolti in un'emergenza viene considerata, all'interno del DPC, essenzialmente di competenza della Funzione Assistenza alla Popolazione.

È peraltro ovvio come al di là dell'individuazione delle forme di assistenza più adeguate e della loro gestione immediata tale attività abbia ricadute o connessioni con altri ambiti del DPC stesso come ad esempio l'Ufficio Amministrazione e Bilancio (che ovviamente ha la necessità di monitorare costantemente le spese conseguenti), l'Ufficio Agibilità (per l'incrocio delle informazioni relative alla inagibilità dell'abitazione principale con quelle derivanti dalle attività di valutazione dei danni) e l'Ufficio Comunicazione (per la conoscenza delle informazioni da trasmettere sia all'interno sia all'esterno del DPC).

Sarebbe pertanto opportuno che in Designa venissero integrate funzioni finalizzate a dare/ricevere informazioni dai diversi Uffici del DPC e che gli stessi abbiano accesso al sistema per potere interagire autonomamente con esso.

Va infatti probabilmente evitato che, per carenza di comunicazione e conoscenza, gli Uffici diversi del DPC richiedano ai differenti gestori informazioni con moduli cartacei o files, quando le stesse sono (o possono essere) disponibili direttamente in Designa. Il coinvolgimento preventivo delle Regioni (ed, attraverso loro, degli altri Enti locali) è assolutamente necessario: andrà quindi coinvolto l'Ufficio Relazioni Istituzionali del DPC che potrà organizzare opportuni incontri finalizzati alla conoscenza del sistema.

A margine, va segnalato come sarebbe assolutamente auspicabile che nelle future versioni delle schede AeDES/FAST (o simili) venisse inserito il codice scale degli abitanti degli edifici, così da consentire la gestione incrociata delle informazioni.

5. Altri fornitori/fruitori di informazioni

5.1. Comuni

Il coinvolgimento degli uffici comunali delle aree anagrafica, tecnica e tributi, sia come fornitori che come fruitori di informazioni, è fondamentale.

Va incentivato l'utilizzo diretto del sistema anziché l'importazione/esportazione di dati, che richiedono sempre interventi di bonifica ed implicano incertezze di risultato.

5.2. Enel ed altri fornitori di servizi

L'esperienza recente ha consentito di apprendere che ENEL dispone di un database contenente, per ciascun contatore elettrico presente sul territorio nazionale, i dati relativi alla posizione geografica ed all'intestatario.

Tali informazioni potrebbero essere utilissime per l'individuazione precisa delle abitazioni e dei loro fruitori, in particolare nei (frequenti) casi in cui gli stradari non siano aggiornati o le abitazioni non ancora accatastate.

Va esplorata la disponibilità di informazioni presso altri fornitori di servizi (telefono, gas, acqua) ed Enti pubblici (Agenzia del Territorio e delle Entrate).

Al fine di poter rapidamente avere cognizione della disponibilità, per ciascun cittadino assistito, di dati aggiuntivi provenienti da una o più fonti esterne, sarà opportuno implementare in DESIGNA un modulo che consenta facilmente di collegare i dati interni con quelli esterni, evidenziando la presenza di questi ultimi nelle diverse schermate/reports.

6. Popolazione coinvolta

Ogni persona coinvolta nell'emergenza si trova a dover compilare moduli per informare sulla propria situazione, richiedere modi che, segnalare cambiamenti, ecc.

Mettere a disposizione una app che consenta - tramite il proprio smartphone o utilizzando una postazione nel campo di accoglienza, in Comune o in albergo - al cittadino di compilare tali moduli on-line migliorerebbe l'efficienza complessiva in quanto da una parte l'informazione diverrebbe immediatamente disponibile, senza richiedere l'intermediazione di funzionari, dall'altra i singoli dati potrebbero essere precompilati (si pensi, ad esempio, a tutti i dati anagrafici individuati con la sola introduzione del codice scale) oppure verificati (ad esempio, nel caso dell'introduzione di una data, di un comune italiano o di uno stato estero).

Lo stesso cittadino potrebbe inoltre ottenere delle informazioni dal sistema (stato di una pratica, scadenze da rispettare, disponibilità di alloggi, ecc.).

L'app potrebbe anche consentire al cittadino di interagire facilmente con la struttura di gestione dell'emergenza, ponendo domande ma anche fornendo informazioni ed inviando immagini o dati relativi alla situazione della propria abitazione ecc. Ulteriori funzioni della app potrebbero riguardare:

Il riconoscimento dei cittadini nell'accesso alle strutture di accoglienza o agli Enti pubblici;

La prenotazione dei pasti nei campi tendati o nelle strutture ricettive;

La valutazione del numero di presenti nella singola struttura (sfruttando la geolocalizzazione).

7. Formazione

La formazione del personale che dovrà utilizzare il sistema è fondamentale per consentire che lo stesso possa essere pienamente operativo in dall'immediato post-emergenza.

I livelli di formazione dovranno essere differenziati in funzione dei ruoli assunti:

Amministratore di sistema;

Supervisore;

Operatore di Ente locale;

Gestore di struttura di accoglienza;

Fornitore di supporto operativo.

In considerazione della necessità di erogare la formazione su tutto il territorio nazionale, a personale con elevato turn-over, con differenti livelli culturali, aspettative e responsabilità, si propone di sfruttare le competenze e le attrezzature del CELID (Centro E-Learning e Innovazione Didattica) dell'Università di Pavia per la realizzazione di corsi con il supporto di materiale multimediale, fruibili via web ma al contempo con la possibilità di interagire con i docenti.

Si tenga in considerazione, inoltre, la possibilità di realizzare un micro-corso, orientato alla popolazione, che illustri le potenzialità del sistema e le modalità per il suo utilizzo da parte dei singoli utenti, in particolare relativamente alla app predetta.

8. Dopo emergenza

Le normative vigenti limitano l'intervento del DPC ad un periodo di pochi mesi successivi all'emergenza. D'altra parte, la gestione delle diverse forme di assistenza alla popolazione si può protractare per diversi anni, anche con modalità diverse da Regione a Regione coinvolta: da qui la necessità di trovare il modo perché queste contrastanti esigenze possano trovare adeguata soluzione, anche in considerazione della necessità di mantenere in attività l'infrastruttura (hardware e software), fornendo supporto tecnico ed aggiornando quanto necessario perché il servizio risponda alle richieste che nel tempo verranno avanzate. Al momento attuale le ipotesi che si possono prospettare sono:

- a. Mantenimento del sistema presso Eucentre: richiede la definizione delle responsabilità dei diversi attori e degli impegni assunti da ciascuno; da valutare le problematiche relative alla privacy, alla sicurezza ed alla continuità del servizio, oltre ai costi;
- b. Spostamento del sistema sul cloud: soluzione che garantisce livelli ottimali di sicurezza e continuità, necessita di approfondimenti per verificare la fattibilità ed i costi;
- c. Installazione di sistemi (e relativi dati) indipendenti presso ogni Regione: subordinata alla verifica della compatibilità tecnica dell'hardware e dell'infrastruttura di rete disponibile in ogni Regione ed alla definizione di tempi e costi per l'attivazione; ad evitare di dover gestire sistemi divergenti, sarà comunque necessario che le versioni successive del software siano identiche per tutti gli utilizzatori.

Va in ogni caso tenuto presente che se, come auspicato, Designa sarà oggetto di modi che, integrazioni e miglioramenti continui, sarebbe opportuno che nel post emergenza non venga utilizzata una versione risalente al termine della stessa ma quella più aggiornata, al fine di verificare costantemente il corretto funzionamento disponendo quindi di un sistema perfettamente rodato in caso di nuove emergenze, evitando al contempo il mantenimento di piattaforme obsolete (con i relativi costi di infrastruttura e di risorse competenti).

9. Infrastruttura, sicurezza, prestazioni, costi

Quanto detto al punto precedente, in particolare relativamente allo spostamento sul cloud del software e dei dati, andrebbe attentamente valutato come soluzione ottimale per il sistema in condizioni normali.

Già al momento attuale le prestazioni offerte dai maggiori fornitori (es. Amazon Web Services o Microsoft Azure) in termini di capacità di calcolo, memorizzazione, velocità di trasferimento, sicurezza, disaster recovery, scalabilità e, naturalmente, connettività, sono incomparabilmente maggiori di quelle che può offrire Eucentre e, probabilmente, lo stesso DPC o le Regioni. Per il futuro non può che prospettarsi un costante miglioramento di tutte queste prestazioni, con una probabile riduzione dei relativi costi.

Non andrebbe inoltre esclusa la possibilità che, stante l'importanza sociale del servizio offerto dal sistema, i fornitori possano praticare condizioni di assoluto favore, a fronte eventualmente della possibilità di rendere noto il loro contributo.

10. Utilizzo in altri Paesi

Per quanto Designa sia stato pensato e realizzato in Italia, è ipotizzabile la sua utilizzazione anche in altri Paesi in quanto le problematiche affrontate sono comuni: evidentemente alcune variazioni andranno apportate (in primis l'identificativo univoco dei cittadini non potrà essere il codice scale), ma il sistema è fortemente parametrizzato e quindi adattabile con relativa facilità a situazioni differenti. L'Unione Europea ha già in corso progetti che comprendono lo studio di sistemi finalizzati alla gestione delle necessità dei cittadini coinvolti in eventi emergenziali (si veda, ad esempio, il Progetto PACES, <http://www.paces-project.eu>): le versioni future di Designa potrebbero quindi consentirne la localizzazione, adattando quindi la lingua di interfaccia e consentendo la gestione di informazioni specifiche in funzione del Paese di utilizzo.

11. Conclusioni

I terremoti che hanno colpito il Centro Italia nel corso del 2016 e 2017 hanno costituito, nella loro tragicità, un importante banco di prova per l'intero sistema di gestione delle forme di assistenza offerte alla popolazione, in cui Designa ha svolto un rilevante ruolo di supporto. Al contempo, l'elevato numero di utenti con esigenze differenti ha consentito di rilevare e risolvere una serie di problematiche e stimolato l'implementazione di molte nuove funzioni.

Il sistema ha ancora ampi spazi di crescita: l'auspicio è che si trovino le modalità e le risorse perché possa divenire sempre più efficiente, migliorando l'operatività dei gestori dell'emergenza con positive ricadute sulla popolazione coinvolta.

BIM per l'earthquake engineering

È vero che il BIM fornisce un valore aggiunto all'ingegneria Sismica?

Paolo Segala¹ ■

1. Introduzione

Il Building Information Modeling è un paradigma che sta prendendo piede in Italia solo oggi sebbene le prime definizioni di una esigenza di coordinamento digitale delle discipline nell'ingegneria civile risalgano agli anni 70, con Charles Chuck Eastman²: il software, creato nel 1972, si chiamava Building Description System, BDS (Figura 1), ed avanzava in innovazione i successivi software per l'ingegneria meccanica. BDS prevedeva creazione di oggetti geometrici 3D con informazioni e anche la messa in tavola degli elaborati in 2D. Nel 1976 lo staff di Eastman sviluppò un linguaggio, il GLIDE, con un anticipo di più di trent'anni rispetto ai noti Generative Components, Grasshopper, Dynamo. La trattazione delle strutture portanti era una delle basi fondamentali di questi strumenti.

È lecito domandarsi a che punto siamo oggi per quanto riguarda la disciplina dell'ingegneria strutturale ed in particolare l'ingegneria sismica. Vorrei partire dalla pubblicazione, in ambito internazionale, di articoli alcuni che riguardano il ruolo dell'ingegneria sismica nei processi BIM. Seismic performance analysis and BIM (Gionfriddo, Salcè³) e BIM & Earthquake Engineering: Enabling structural engineers to design & build strong structures (dal Portale AECCafe⁴) sono due esempi caratteristici che vale la pena di leggere per farsi una idea di quale appare essere lo stato dell'arte.

Prendiamo ad esempio BIM & Earthquake Engineering, in esso si dice che il BIM permette allo strutturista di realizzare migliore sicurezza Sismica. È vero? Una definizione un po' superficiale, dettata da qualche maestro del marketing forse. L'ingegnere strutturista non ha bisogno del BIM per un corretto dimensionamento ad azioni sismiche. Tuttavia il coordinamento digitale può aiutare a non perdere dettagli, soprattutto da discipline che parlano molto poco con gli strutturisti come quella degli impiantisti ed in genere degli installatori di elementi non strutturali. L'articolo accenna anche al (Building) Code Checking. Davvero il controllo delle prescrizioni sismiche (rispetto della gerarchia delle resistenze, staffatura e armatura minima, tanto per fare due esempi, lo vuole fare il BIM coordinator? Viene da dire che ben venga, se se ne assume la responsabilità. Tuttavia il building code checking è una attività racchiusa nelle competenze dell'ingegnere strutturista e spesso necessita di quel engineering judgement per i molti casi e situazioni speciali laddove un sistema automatico di controllo non da risultati ottimali. Circa poi la possibilità di produrre un modello analitico (il modello che permette la descrizione matematica alla base

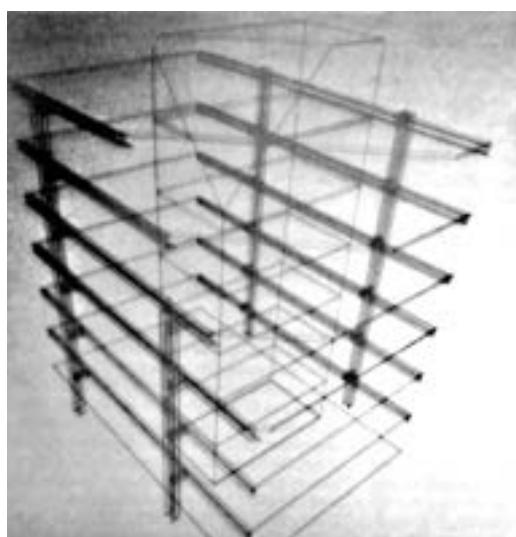


Figura 1
BDS (1972) primo tool
software di BIM.

¹ Ing. Paolo Segala, Coordinatore della Sezione Software di ISI - Ingegneria Sismica Italiana, NAFEMS e Socio di CSPfea s.c. - segala@cspfea.net

² Si consulti Les A. Piegl, Editor, Fundamental Development of Computer-Aided Geometric Modeling, edito da Academic Press, 1993, al Capitolo 10: Conceptual Modeling a cura di Charles M. Eastman.

³ Joshua Gionfriddo EIT, Leo Salcè LEED AP, pubblicato al link: goo.gl/yCEMd.

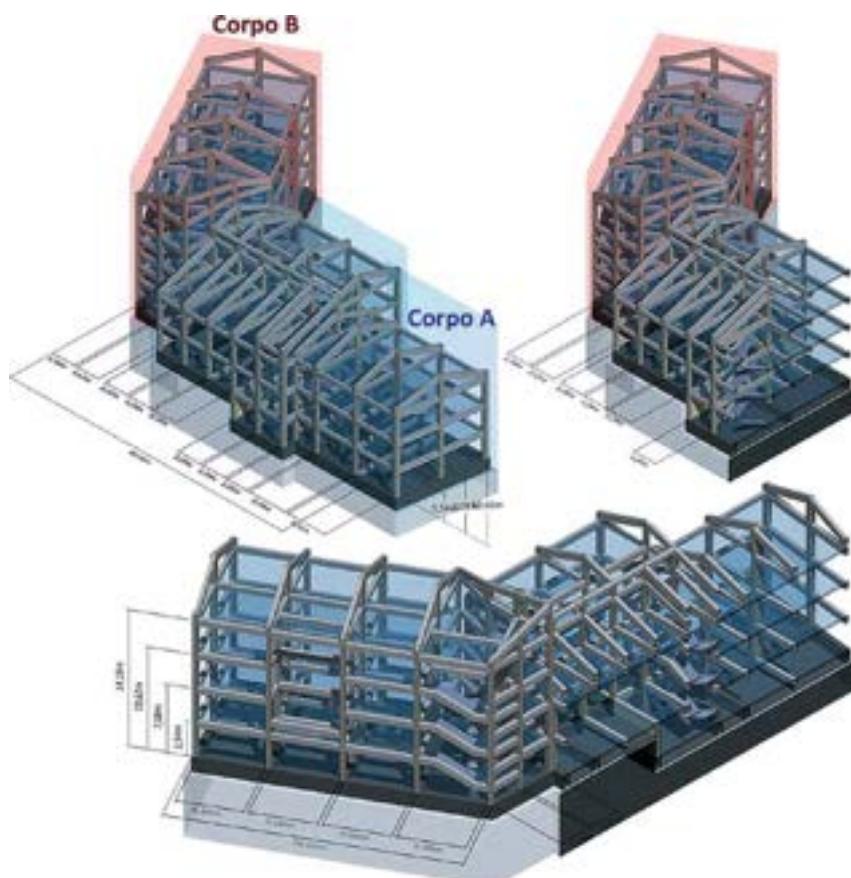
⁴ Consultabile al link: goo.gl/YxKZhY.

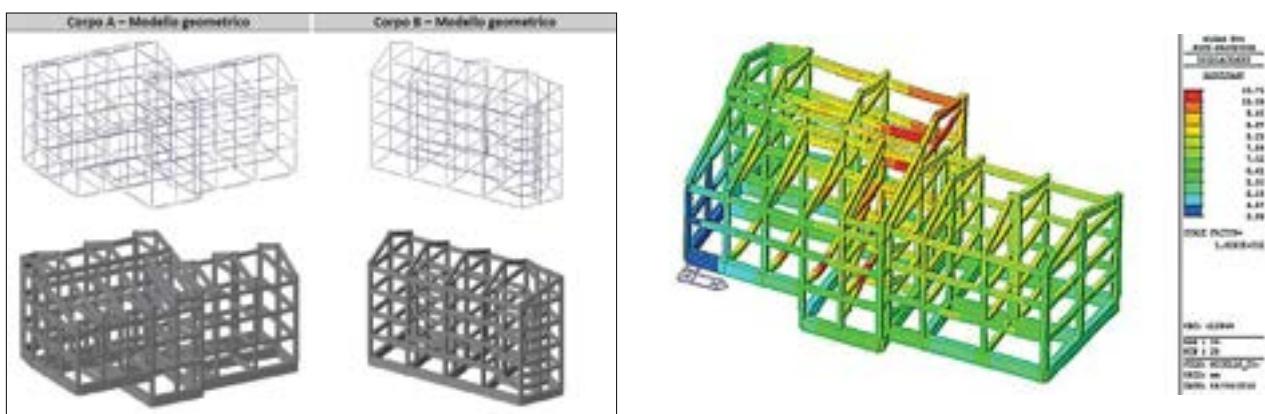
delle analisi numeriche) mediante un tool di BIM Authoring (Revit, Allplan, AECOsim, e molti altri) implementato da un operatore terzo, si tratta di un reale vantaggio per la sicurezza sismica? La creazione di un modello analitico che rappresenti il comportamento sismico oggetto di studio (statica, dinamica, termica, reologica, costruzione per fasi, murature esistenti, etc.) è una delle operazioni per la quale è necessario il totale e completo controllo da parte dell'analista.

2. In quali aree il BIM può dare valore aggiunto all'ingegneria Sismica

È auspicabile che questa domanda trovi risposta tra gli ingegneri strutturisti prima che ci si trovi ad affrontare aspettative fuorvianti da parte di coordinatori di progetto e coordinatori BIM la cui priorità non è certo la struttura. E pertanto si dovrà rispondere alla questione di chi spetti dire quali informazioni dell'analisi strutturale sismica debbono arricchire il modello informativo condiviso (Figura 2). Davvero interessano al BIM coordinator i dettagli di una armatura del nodo trave colonna per la gerarchia delle resistenze? A chi ha già pratica di tool di authoring non suonerà strana la domanda: i BIM authoring tool sono in grado di incamerare dettagli di rebar senza affondare nelle limitazioni di RAM e Processori?

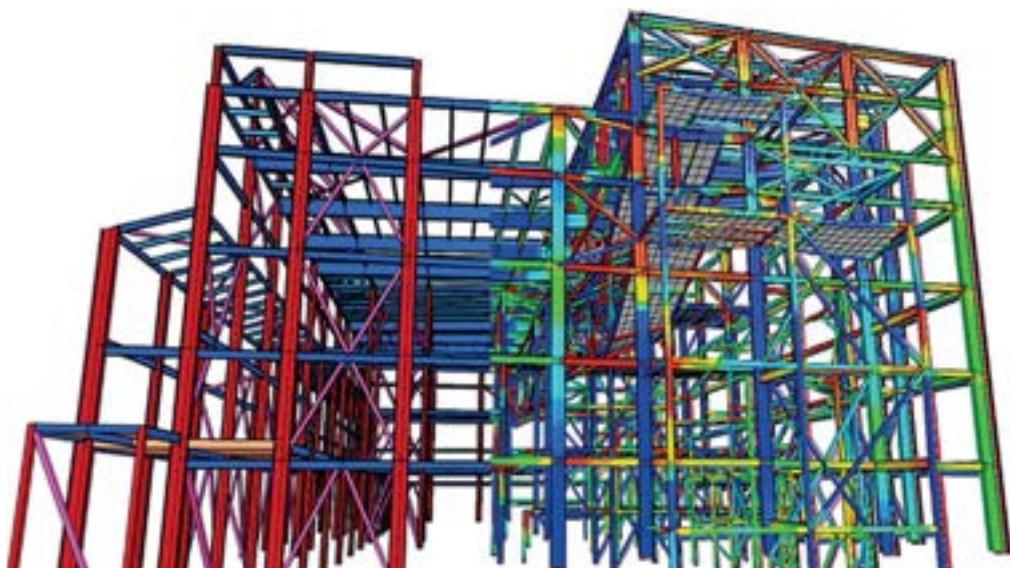
Figura 2
Interazione tra BIM tool e
software strutturale (Tesi ing.
Raffaele Stabile, Università
Napoli Federico II).





Se poi, tra i BIM uses, il Committente richieda anche il Facility Management, è necessario decidere (prima che lo faccia qualcun altro) quali informazioni strutturali di quelle usate per la simulazione e il design dovranno essere reperibili al Facility Manager. Quali altri aspetti possono essere considerati strategici per un modello informativo condiviso delle strutture ai fini della sicurezza sismica? Gli scenari sono molteplici, sempre che un governante illuminato intendersse iniziare una politica puntuale di controllo del rischio sismico (edificio per edificio). Si va dai sistemi di pre warning che permettano lo stop di impianti a rischio all'inizio di uno scuotimento, con controlli incrociati per evitare falsi allarmi dovuti a scuotimenti antropici. Per arrivare a sistemi post disaster warning che permettano di decidere rapidamente quali edifici evacuare in funzione di una misura on site della sollecitazione sismica effettiva (con black box connesse mediante sistemi IoT) e della risposta del fabbricato (misurata da analoghe black box) comparata con un modello analitico. Si arriva al tema assicurativo dei risarcimenti: un tema già sul tavolo per il settore PLANT, Figura 3, ma in via di grande espansione futura per edifici ed infrastrutture).

Figura 3
MIDAS Plant.



3. Dove è necessario innovare?

Il BIM per l'ingegneria strutturale non manca certo di problematiche ancora aperte; ne elenco cinque.

1. I software di analisi strutturale, essendo lo strumento principale dello strutturista, non possono essere vincolati a quelli offerti nella suite BIM: ogni strumento di analisi ha specifiche peculiarità e validazioni ed è impensabile appiattire le possibilità d'uso al software offerto in bundle con lo strumento di BIM Authoring. In ambito meccanico esiste un analogo dilemma risolto con software di analisi che si collegano agli standard CAD mediante dei workbench.
 2. Il BIM non aiuta gli strutturisti a fare costruzioni sicure, si tratta solo di slogan pubblicitari; tuttavia gli strutturisti devono accrescere le proprie conoscenze come gestori di procedure di interoperabilità e data mining. Gli strutturisti devono acquisire competenze nella preparazione di BIM Execution Plan almeno per quanto riguarda il loro BIM use.
 3. Il BIM non pare utile per fare ottimizzazione strutturale. Infatti pur essendo una feature avanzata presente in alcuni software di calcolo strutturale, come in MIDAS⁵, operante anche su migliaia di Combinazioni di Calcolo, viene utilizzata ancora poco preferendo invece una ottimizzazione basata sull'engineering judgement. Tuttavia la progettazione con gli Eurocodici e le NTC prevede, di fatto, migliaia di combinazioni, risultando spesso arduo comprendere quale può essere la combinazione giusta sulla quale effettuare l'ottimizzazione: uno strumento automatico crea incertezza nell'ingegnere strutturista.
 4. Un file format aperto, basato sul formato IFC, per le analisi Sismiche, è assente. Di tale implementazione bene cerebbero anche le Pratiche Strutturali da consegnare agli Enti competenti per le autorizzazioni. Ingegneria Sismica Italiana ha trattato il problema⁶ e la Sezione Software di ISI ha attivato un Gruppo di Lavoro sull'argomento. A breve sono attesi importanti sviluppi.
 5. È opportuno, e potenzialmente offre vantaggi competitivi, sviluppare competenze pratiche di coding mediante l'uso di API, Shell (ad esempio MIDAS MGT), strumenti (Figura 4) di visual logic to design workflow quali Dynamo, Grasshopper e Generative Components⁷. Tali competenze sono ancora molto affidate a terze parti specializzate.

4. Le aree applicative e i trend attuali

Vi sono quattro aree applicative dove si sta notando un trend di sviluppo concreto nell'interazione tra Modello Informativo BIM e Modello Analitico Sismico-Strutturale. In questi contesti si può parlare di **bim use** :

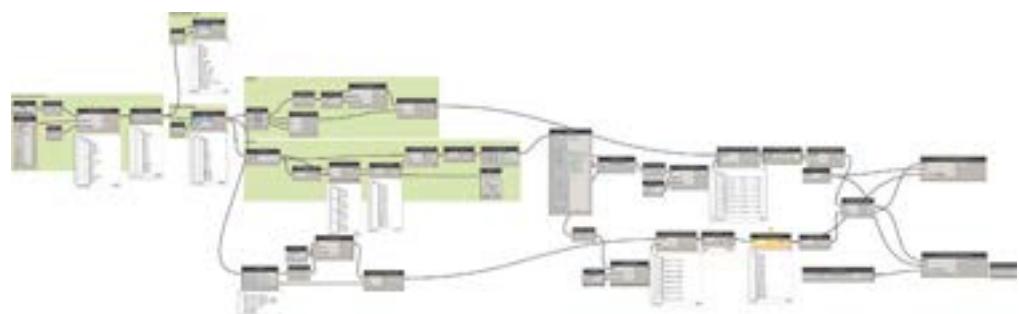
1. Nuove costruzioni, Edifici;
 2. Costruzioni esistenti, heritage (Figura 5), retrofitting design;
 3. Costruzioni esistenti: il BIM per la mitigazione del rischio sismico;
 4. Infrastrutture (nuove ed esistenti);

Cerchiamo, in poche righe di segnalare le opportunità che stanno nascendo.

5 Nuove costruzioni Edi ci

Su questo campo di battaglia si segnalano i maggiori contrasti tra progettisti architettonici, che generalmente assumono il comando del modello informativo, e gli strutturisti (Figura 6). Il maggior tema di sviluppo riguarda l'interoperabilità tra software di BIM Authoring e software di analisi strutturale (Figura 7). Per mille motivi tali link sono per lo più one way con l'aspettativa di un round trip del quale non si comprende ancora quali reali esigenze vi siano, come ho spiegato precedentemente. Come già detto, il Building Code Check su strumenti di BIM Authoring o di Code Checking ha poco senso perché lo eseguono egregiamente i software strutturali. Il ritorno al modello BIM dei dettagli di rebar e ed altri particolari sembra invece

Figura 4
Script di Dynamo, con
dipendenze relazionali
matematiche tra i vari dati di
input ricavati dal le MIDAS
(*.mgt) e dalle tabelle (*.XLS)
create da MIDAS Gen.



⁵ Per vedere in azione uno Steel Optimal Design si veda il seguente goo.gl/WnbRJ.

6 Si consultino gli Atti del Convegno ISI. La revisione delle Norme Tecniche analizzata dal mondo delle software house al link: goo.gl/46GK59.

⁷ Si consultino gli Atti del Convegno ISI "La revisione delle Norme Tecniche analizzata dal mondo delle software house", ai link: goo.gl/4oGkS9.

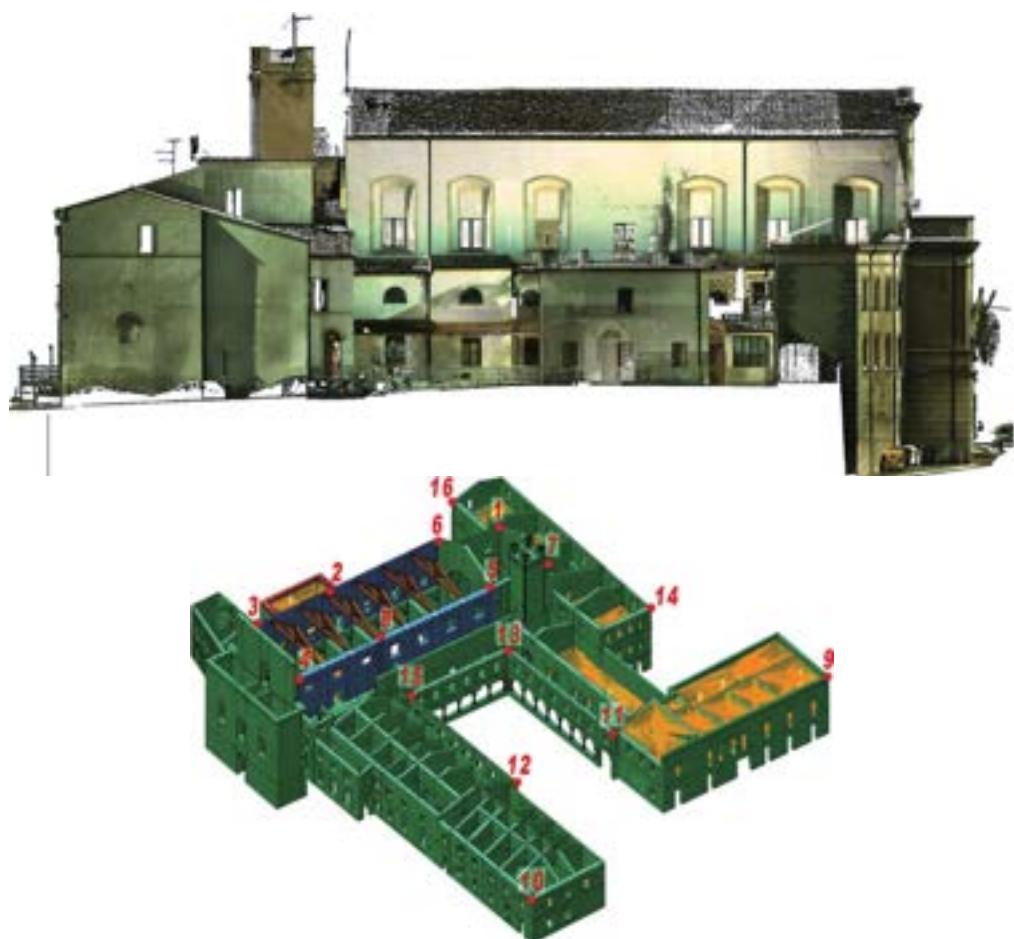


Figura 5
BIM e Beni culturali
(Prof. Lenci et al., Università Politecnica delle Marche),
dal Cloud Point al FEM.
Convento di San Francesco ad Alto, Ancona.

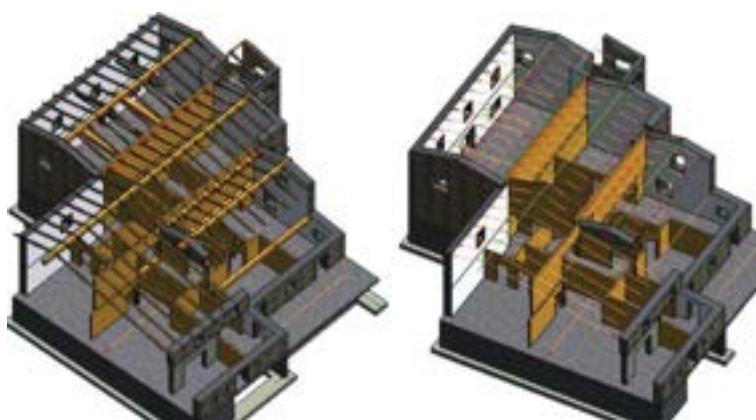


Figura 6
BIM to FEM (Progetto Casa 21, Prof. Ronca, Ing. Zichi, Politecnico Milano).

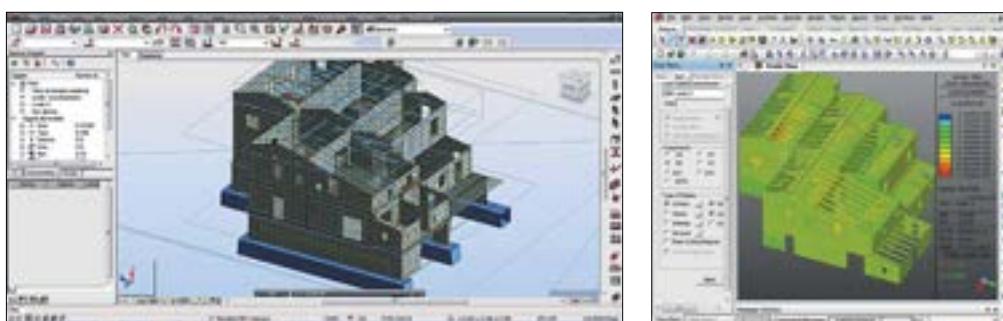
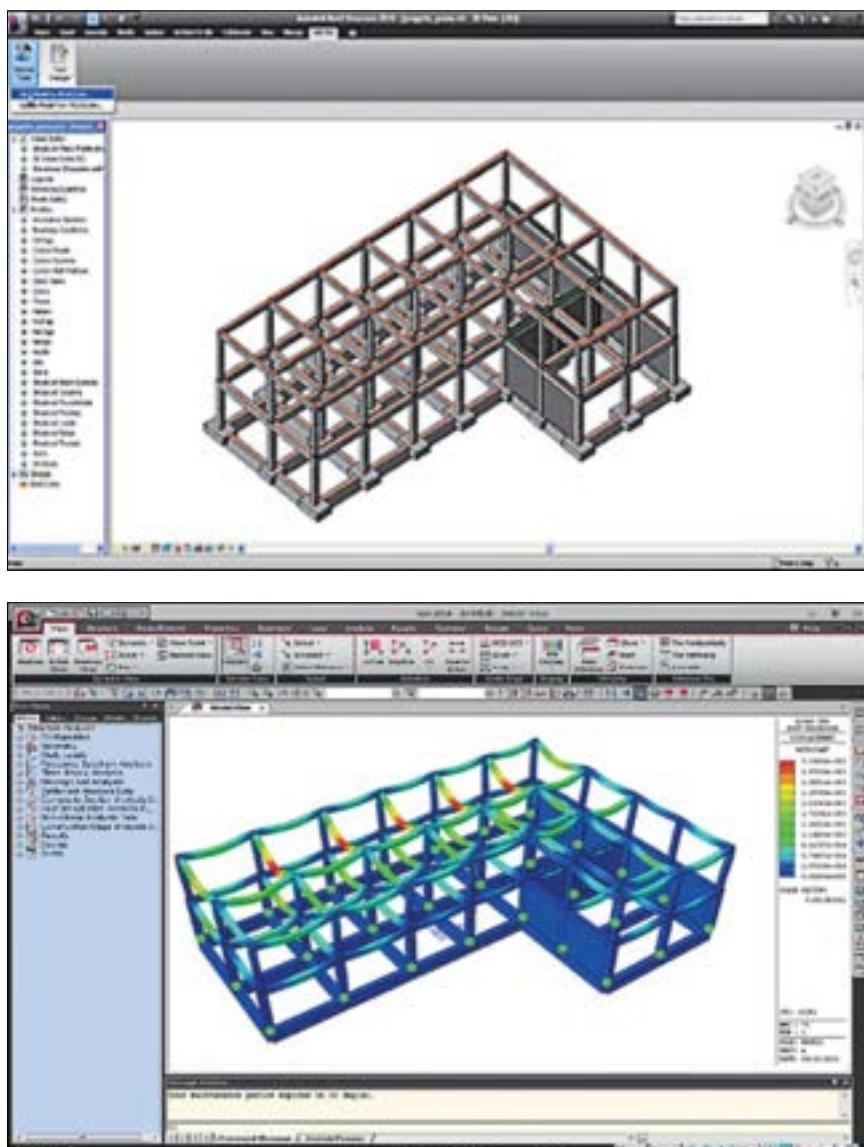


Figura 7

Collegamento diretto tra software BIM e strutturale.



più interessante se orientato verso il fabbricatore (specie nelle strutture in acciaio dove vi è una fase di manufacturing). La comunicazione e condivisione di parametri tra architetto - impiantista - strutturista è, da ciò che ho potuto raccogliere, l'aspetto più innovativo. Questa interazione è all'ordine del giorno nel settore dell'ingegneria Impiantistica dove peraltro si sono sviluppati strumenti specifici (AVEVA Production, Intergraph-Hexagon SmartPlant, Bentley AutoPIPE, MIDAS Plant), anche se manca in molti di questi strumenti una vera interazione impianto-struttura per l'analisi strutturale, soprattutto sismica. Tuttavia per la grande maggioranza dei lavori nell'ingegneria civile, l'interazione tra struttura ed elementi non strutturali (così critica nell'ingegneria sismica), è ancora un tema aperto, senza soluzioni soddisfacenti⁸.

Gli esempi nei quali il tema è l'interazione tra Modello Informativo ed Ingegneria Strutturale non mancano. Invito il lettore ad approfondire questo tema consultando, tra gli altri, il lavoro di Carlo Zanchetta⁹ dell'Università di Padova, di Stefano Converso¹⁰ dell'Università di Roma 3, di Massimo Mantoan¹¹.

⁸ Si veda un Video introduttivo sul ruolo del BIM rispetto all'ingegneria strutturale a questo Link: https://www.youtube.com/watch?v=VeREv8J_OYE.

⁹ Si consulti il Numero 0 di Information Modeling, a pag. 4, a questo http://www.structural-modeling.it/page_ip_im_num1/index.html e il relativo Video: <https://www.youtube.com/watch?v=8nXiS42YpVc>.

¹⁰ Si consulti il Numero 0 di Information Modeling, a pag. 22, a questo Link: http://www.structural-modeling.it/page_ip_im_num1/index.html.

¹¹ Tra le iniziative, segnalo un Corso sul BIM per gli strutturisti al seguente Link <https://goo.gl/oBHceW>

6. Costruzioni esistenti, heritage, retrofitting design

Per quanto attiene il retrofitting design e la sua relazione col processo BIM c'è molto da esplorare. In primis sulla relazione tra modelli geometrici (basati su acquisizioni ormai economiche di nuvole di punti, Figura 8) per giungere ai modelli analitici. I modelli analitici possono discostarsi anche di molto dalle geometrie rilevate quando si intenda schematizzare le strutture a telaio equivalente, tuttavia per geometrie irregolari o complesse appare sempre più chiaro che le analisi vadano affrontate con geometrie al continuo mediante mesh composte da elementi finiti 2D (plate/shell) o 3D (tetra o brick). Ancora una volta sono gli ingegneri a rincorrere affannosamente la tecnologia Point Cloud avendo il compito di creare geometrie tridimensionali dalle nuvole di punti per poi ottenere mesh con rendimenti adeguati e warping accettabili. Rhinoceros e software 3D similari sono strumenti chiave per conseguire questi risultati, specie se collegati in cascata con meshatori di qualità come MIDAS FX+. Le questioni da affrontare in sede di coordinamento BIM con le altre discipline sono: come agganciare una geometria con il relativo modello analitico? È necessario il cosiddetto round trip? Forse solo per gli elementi di rinforzo, ma come?

7. Costruzioni esistenti: il BIM per la mitigazione del rischio sismico

Un database informativo sia degli elementi strutturali che di quelli non strutturali, organizzato nel contesto di lavoro BIM, può essere il punto di partenza per lavorare con modelli probabilistici (basati su curve di fragilità per ciascun tipo di componente) che valutino le perdite attese. La Nuova Zelanda sembra tra i Paesi in testa a questo modo di concepire il BIM. Un buon riferimento è costituito da Filiatrault et al., Potential of Building Information Modeling for Seismic Risk Mitigation in Buildings (consultabile al link: goo.gl/iFHb81).

Con un database informativo contenente le fragilità di ciascun componente dell'edificio è immaginabile uno strumento di autodiagnosi che permetta, immediatamente dopo un evento sismico, di valutare i possibili danni localizzati sull'edificio permettendo di orientare le verifiche e controlli e riducendo le perdite di tempo in una situazione di emergenza.

Una ulteriore funzione, stiamo tuttavia spingendoci ai margini del BIM per entrare nell'Internet Of Things, è quella di attivare una rete di sensori ed attuatori che, controllati da remoto, sulla base di modelli numerici sviluppati per l'edificio in questione, permettano l'attivazione e disattivazione di impianti rilevanti ai fini del rischio sismico.

8. Infrastrutture (nuove ed esistenti)

Quale ruolo nella vulnerabilità sismica del Infrastructure Information Modeling (IIM o InfraBIM)? Si registra al momento un interesse tra le committenze di infrastrutture per una formalizzazione dei processi BIM nella progettazione, costruzione e mantenimento di infrastrutture. Questo anche sulla spinta del nuovo Codice Appalti e delle nuove UNI 11337. Sulle infrastrutture il tema sarebbe d'attualità! Il legame tra BIM e calcolo strutturale, per non parlare del calcolo di vulnerabilità sismica, in questo settore è ancora agli inizi. Alcuni prodotti software sono già in grado di gestire processi BIM per le infrastrutture tuttavia molta strada è necessaria per arrivare ad incorporare tools di simulazione.

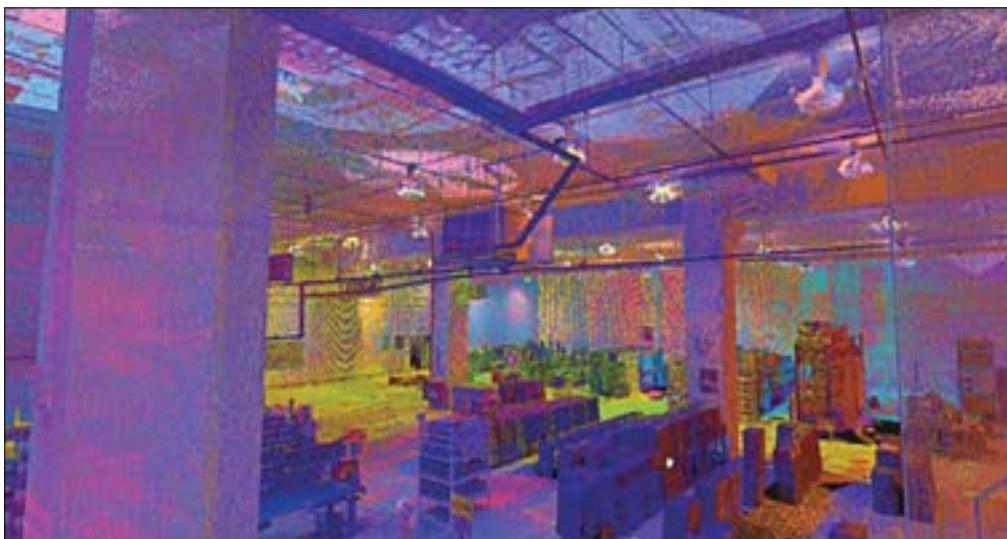


Figura 8
Rilievo con nuvola di punti di un complesso industriale (Bentley Point Cloud).

9. Conclusioni

Il tema costituisce una incredibile opportunità che merita di essere affrontata dagli strutturisti. La formazione e la scelta di strumenti software è un passaggio fondamentale inevitabile.

Per concludere potrei dire che il BIM non aiuta a creare edifici sismicamente più sicuri, ma l'ingegneria sismica può aiutare a creare Modelli BIM efficaci ed utili quando il sisma è una azione importante per il fabbricato.

Dopo i terremoti del 2016: alcuni interrogativi sulla riduzione del rischio sismico

Massimiliano Stucchi¹, Renato Fuchs¹, Carlo Meletti² ■

Cominciamo con una domanda: il rischio sismico complessivo in Italia è in diminuzione o in aumento? Una quarantina di anni fa un Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici affermò in un congresso che, tanto che fossero rimasti in uso gli edifici vecchi, il gelo del terremoto avrebbe continuato a colpire. Da allora il quadro edilizio dovrebbe essere ringiovanito e quindi migliorato; le zone sismiche coprono tutto il territorio e le normative sono migliori; il gelo dovrebbe colpire di meno, in teoria. Chi ha visitato l'Aquilano nel 2009 potrebbe optare forse per la diminuzione: chi ha visitato Amatrice e dintorni nel 2016 opterebbe forse per il contrario. Quindi la domanda successiva è: siamo in grado in qualche modo di valutare se il rischio sismico italiano complessivo sta diminuendo o aumentando?

In questo lavoro si vogliono analizzare e discutere alcuni snodi delle attuali politiche di riduzione del rischio sismico.

I terremoti del 2016 e 2017 hanno portato con sé lutti, distruzioni, rinnovata attenzione e domanda di previsione e/o early warning; e ovviamente polemiche di varia natura, non ultima quella sui presunti errori di determinazione dei parametri dei terremoti, fatta addirittura oggetto di una interrogazione parlamentare, che ha contribuito a distogliere una parte di attenzione pubblica dalle condizioni degli edifici di Ischia.

A valle dei terremoti, superata la fase di emergenza, i governi hanno messo in campo le modalità di impegno tradizionali, che consistono nel (promettere di) prendere in carico da parte dello Stato (ovvero della nanza pubblica, ovvero della comunità) il 100% dei costi di ricostruzione di prime case, edifici dedicati ad attività produttive, ecc., bene ciò esteso per la prima volta nella storia della Repubblica anche alle seconde case, con la motivazione che si voleva evitare lo spopolamento dei borghi colpiti. Il tutto in maniera del tutto indipendente da qualsiasi verità di responsabilità dei proprietari, ovvero se gli edifici da ricostruire fossero adeguati o meno alla normativa sismica, almeno a quella in vigore al momento della costruzione/ristrutturazione; e se i suddetti edifici non fossero stati indeboliti da operazioni avventate. Verranno inoltre risarciti anche gli edifici ristrutturati ammessi a spese della comunità - al bene ciò del rimborso del 36% o 50% per le ristrutturazioni convenzionali o del 65% per gli interventi di risparmio energetico, anche senza che questo bene ciò sia stato concesso a fronte di una qualsivoglia verità sismica (non è richiesto, nemmeno nelle zone ad alta pericolosità sismica). E non è nemmeno chiaro se tale rimborso continuerà ad essere erogato anche in presenza del risarcimento post-terremoto. In realtà, verranno risarciti, come è inevitabile, anche gli edifici pubblici e privati già oggetto di ristrutturazione antisismica (la scuola di Amatrice, per fare un esempio, o il campanile di Accumoli), sempre a spese della comunità che in questo modo li paga due volte.

Ma questi edifici, in che misura erano antisismici? Vale la pena di osservare che nonostante l'elevata pericolosità della zona colpita dai terremoti in questione, nota da tempo, i Comuni maggiormente colpiti sono stati inseriti in zona sismica in momenti molto differenti (Figura 1).

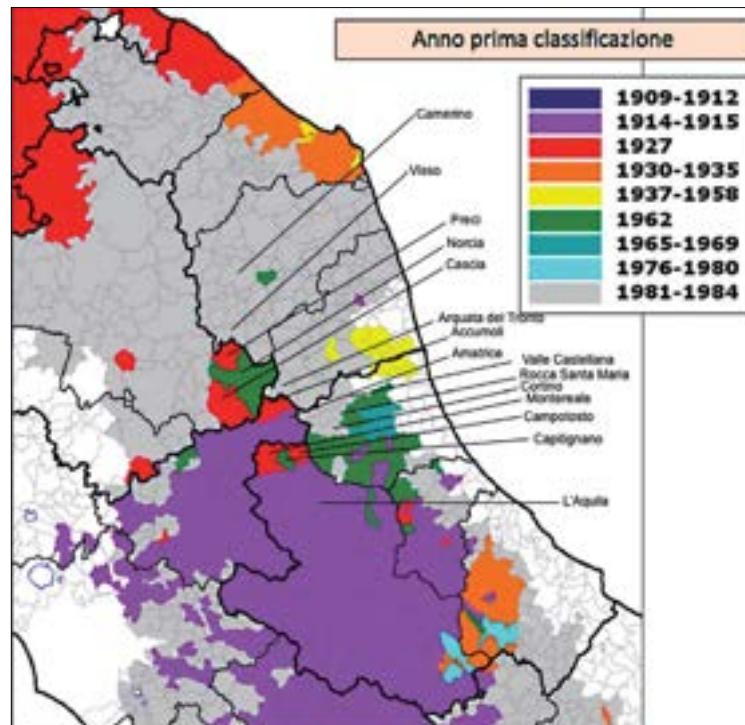
Per quanto riguarda la zona colpita nel 2016/2017, il Comune di Amatrice è inserito in zona sismica 3 dal 1916, ovvero all'indomani del terremoto del Fucino del 1915. Fino al 2003 era in zona 2; dal 2003 in zona 1 (Le zone sismiche 1 e 2 sono state differenziate solo nel 1927). Percorso analogo è stato seguito dai Comuni di Accumoli, Cascia, Preci, Montereale, Campotosto, con l'unica differenza che sono stati inseriti in zona sismica nel 1927. Sorprendentemente, invece, il Comune di Norcia è stato inserito in zona 2 soltanto nel 1962, pur trovandosi collocato nelle vicinanze di comuni classificati nel 1927 (!!), a dispetto del fatto che fu proprio il terremoto del 1859 che stimolò lo Stato della Chiesa a promulgare una normativa sismica abbastanza severa; poi nel 2003 venne inserito in zona 1. Lo stesso vale per Capitignano, il piccolo comune verde in Figura 1 in mezzo a 2 rossi, nell'Abruzzo settentrionale. Tutti i Comuni della Regione Marche, viceversa, e in particolare Arquata del Tronto, furono inseriti in zona 2 soltanto nel 1984. Analogamente avvenne per i Comuni abruzzesi di Valle Castellana, Rocca S. Maria e Cortino.

Il confronto fra questa mappa e la distribuzione dei danni veri e propri in occasione dei terremoti del 2016/2017, oppure - al limite - con quelli rilevati dopo il 24 agosto 2016 prima degli altri eventi forti, pone qualche interrogativo. Ci si sarebbe potuto (dovuto?) attendere che gli edifici delle zone colpite avessero offerto un livello di resistenza diverso rispetto a quanto in relazione (sia pure in modo complesso) alla data di classificazione, senza dimenticare la distribuzione degli interventi di ristrutturazione seguiti, nella zona di Norcia, al terremoto del 1979 e nella zona di Visso-Camerino a quello del 1997. Le cose non sembrano essere

¹ Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica - Eucentre, Pavia.

² INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Pisa.

Figura 1
Anno di prima classificazione sismica per i Comuni del Centro Italia.



andate in questo modo: il centro storico di Norcia, ad esempio, non è stato danneggiato gravemente, chiese a parte, mentre ad esempio il paese di San Pellegrino di Norcia, per giunta parzialmente ricostruito dopo il terremoto del 1979, è andato di nuovo distrutto. Una frazione di edifici non piccola ma significativa, inoltre, aveva subito il terremoto del 1997 e non era stata ristrutturata (Figura 2).

Questo fatto da un lato sembra dare ragione alla tradizionale prassi governativa di non mettere in relazione il risarcimento dei danni con il rispetto delle norme sismiche, cosa che non sarebbe del tutto irragionevole. Dall'altro lato, pone un interrogativo più sostanzioso: no al 2003, anno in cui tutto il territorio italiano fu inserito in una delle 4 zone sismiche, sia pure con tutte le deroghe possibili che durarono fino al 2009, il decreto di sicurezza sismica sembrava essere legato in maniera preponderante all'eventuale mancato o ritardato inserimento in zona sismica del relativo comune. Come abbiamo visto i danni provocati dagli ultimi terremoti non sembrano confermare questa tesi; inoltre, numerose dichiarazioni di ingegneri che sono seguite ai terremoti stessi sembrano affermare (o confermare) la scarsa efficacia delle normative precedenti una determinata data. È verosimile questa ipotesi o la pessima risposta sismica di un numero ingente di edifici ci è da ascrivere prevalentemente al buco nero rappresentato dalle modalità di costruzione/manutenzione, e agli interventi successivi a volte maldestri (es. Figura 3). E che dire delle ristrutturazioni antisismiche (la scuola di Amatrice per fare un esempio, o il campanile di Accumoli, o altri interventi ancora) che sono andate distrutte?

Figura 2
Edificio non ristrutturato dopo il 1997: a sinistra, immagine da Google Street View (2011); a destra, immagine dopo il 30 ottobre 2016 (Gualdo, frazione di Castel Sant'Angelo sul Nera).



Parallelamente alle questioni legate alla ricostruzione, accanto al solito codazzo di convegni sulla ricostruzione (come e dove , com era dov era , etc.) qualche cosa sembra essersi mosso. È stato varato il nuovo Dipartimento Casa Italia , con compiti ambiziosi nonostante una certa nebulosità dei programmi. Si deve notare che, da 40 anni almeno (terremoti del Friuli del 1976), circolano cifre relative ai costi della messa in sicurezza del patrimonio edilizio italiano, cifre che vengono riprese, aggiornate o ricalcolate dopo ogni terremoto distruttivo. La domanda che aleggia e che viene poco approfondita riguarda chi



Figura 3
Edificio con catena tagliata per far posto a una canna fumaria (Gualdo, frazione di Castel Sant'Angelo sul Nera, novembre 2016).

dovrebbe sostenere questi costi: la risposta più scontata è lo Stato , risposta che oltre a provenire dalla ben nota tendenza nazionale a scaricare le responsabilità e gli oneri su altri sembrerebbe trovare la sua legittimazione in alcuni argomenti:
a) la tradizione, ricordata più sopra e tutta italiana, secondo la quale è lo Stato che si occupa della ricostruzione;
b) i sensi di colpa, ovvero la cattiva coscienza dello Stato stesso, che potrebbe sentirsi responsabile dei ritardi con cui la gran parte del territorio è stato inserito in zona sismica e/o della scarsa efficacia delle normative, e/o della scarsa efficacia dei controlli, e/o della scarsa educazione offerta in materia;
c) il perdurare (o i intensi carri?) di una visione fatalistica della catastrofe sismica come problema ineluttabile o comunque di ordine superiore alle possibilità dei singoli.

In una direzione apparentemente contraria a quanto sopra si muove quello che oggi si chiama sismabonus ovvero, in modo poco felice, Casa Sicura ; uscito in tutta fretta dal cassetto del Ministro Del Rio dove giaceva da un paio di anni - all'indomani del terremoto di Amatrice ed è divenuto legge.

Il sismabonus ha il pregio di rimettere il problema nelle mani dei proprietari degli edifici, sia pure offrendo un consistente rimborso da parte del solito Stato. È un meccanismo che fonda la speranza di successo sulla ipotesi che si instauri di un circolo virtuoso promosso sia dalla consapevolezza dei proprietari, sia dalla possibilità di una maggiore valorizzazione finanziaria dell'edificio più sicuro . Restano molti dubbi sulla possibilità che il circolo virtuoso si instauri e, qualora ciò avvenga, sui tempi necessari, a fronti di ulteriori possibili catastrofe che si possono verificare in tempi brevi.

Esiste inoltre un'enorme deficit di informazione al pubblico (le varie interviste agli ingegneri promotori dell'operazione sembrano composte in linguaggio-macchina); ad esempio, quanto guadagna un cittadino in sicurezza passando dalla classe D alla C, oppure alla B, domande importanti per chi deve decidere un investimento. Un po come la scarsa comprensibilità, in termini operativi e di aumentata sicurezza, degli interventi di miglioramento e di adeguamento ; un po come le difficoltà di comprendere che un edificio agibile dopo un terremoto non significhi che è antisismico. Su questi aspetti c'è una grande carenza di informazione: né certo aiuta la pubblicazione di un sito web del MIUR tramite il quale si può ottenere la risposta sì o no al quesito se una determinata scuola sia antisismica (un pessimo esempio di didattica: l'utente è indotto a credere

che antisismico signi chi sicuro al 100%, e viceversa; inoltre, l'unico parametro considerato è l'anno di costruzione dell'edificio in relazione alla data di classificazione sismica del Comune). A quando l'insegnamento stabile a scuola di nozioni di base su terremoti e costruzioni (Educazione sismica), senza che lo studente volenteroso debba affidarsi a Twitter, Facebook o qualche sito poco affidabile, laddove gli sforzi di "Io non rischio non arrivano"?

Ma soprattutto restano alcuni interrogativi fondamentali:

- i) che cosa succede agli edifici i cui proprietari, per scelta o mancanza di risorse (da dimostrare), decidono di non procedere alla verifica sismica e alle relative azioni di miglioramento della sicurezza? Se la risposta sarà, nei fatti, che in caso di terremoto se ne occuperà ancora lo Stato, questo rappresenterà un disincentivo al sismabonus, così come lo rappresenta ad esempio - il fatto che le poche polizze di assicurazione sismica non possono nemmeno essere detratte dalle imposte;
- ii) come farà lo Stato a incentivare sé stesso, per quanto riguarda gli edifici di sua proprietà, il cui censimento di vulnerabilità prescritto nel 2003 è ancora in alto mare (e sarebbe utile avere qualche informazione riassuntiva)?

Va detto che molti addetti ai lavori sostengono che l'operazione Sismabonus andrebbe accompagnata dalla definizione di una politica assicurativa: qualcuno dice nei confronti degli edifici che usufruiscono degli incentivi, altri nei confronti di quelli che non ne hanno usufruito. È noto che questo problema è stato affrontato diverse volte negli ultimi vent'anni, senza successo: qualcuno sostiene per l'opposizione dei lobbyisti, qualcuno per l'opposizione dei contribuenti che pagano già abbastanza tasse. Il Governo Monti emanò un Decreto in materia che non venne convertito in legge. E così il carico della ricostruzione resta sulle spalle del Paese tutto: e chi paga una assicurazione non può nemmeno detrarla dalle tasse.

Piacerebbe capire perché non si riesca ad avviare una seria politica di riduzione del rischio sismico che non si basi solo su interventi volontari (il progenitore del Sismabonus è in vigore da due anni, niente qui - in maniera discutibile - solo nelle zone a maggior pericolosità sismica: qualche cifra sarebbe interessante, anche se dovrebbe comunque servire a aiutare l'edilizia). In Abruzzo si discute di introdurre una sorta di certificato di sicurezza per esercizi pubblici, a partire da alberghi e bed and breakfast: ma il tutto su base volontaria. Perché non si riesce a affrontare il problema sotto l'aspetto della pubblica incolumità? E, soprattutto, ci rendiamo conto che, a parte delle nobili ed efficaci campagne di educazione, sensibilizzazione ecc., manca una informazione precisa, generalizzata e costante sugli aspetti della sicurezza degli edifici? E che sarebbe assolutamente necessario andare in una zona non colpita da un terremoto recente a spiegare, a Sindaci, amministratori, abitanti in generale che quello che è successo a Amatrice e Norcia può succedere anche lì da loro, con dimensioni analoghe?

Certo le lobby sono potenti: il Ministro Del Rio ha cercato di forzare la situazione creatasi dopo il crollo di Torre Annunziata, questa estate, annunciando che verrà reso obbligatorio il fascicolo di fabbricato, ma segnalando nel contempo con drammatica trasparenza la debolezza delle istituzioni contro le lobby stesse. Non approfondiamo qui gli aspetti tecnici e le ragioni per i quali una parte degli ingegneri considera impraticabile questa operazione per la maggior parte degli edifici esistenti, ragioni che forse stanno alla base anche del ritardo con cui viene eseguita la verifica sismica degli edifici di uso pubblico, prevista dalla Ordinanza PCM 3274 del 2003, o addirittura del fatto che alcuni la giudicano inopportuna, in assenza di risorse per il miglioramento della sicurezza. Tuttavia queste perplessità sembrano segnalare dopo Amatrice e Norcia una fase di moderata rassegnazione o un certo pessimismo nella categoria degli ingegneri sulle reali possibilità di ridurre il rischio sismico in modo significativo; pessimismo legato a fattori esterni alla categoria (costi, ritardi, burocrazia, abusivismo, condoni, ecc.) ma forse anche interni (inefficienza di normative pregresse, stato delle competenze medie, omertà non trascurabile, ecc.). Il sismabonus è una buona cosa, ma che questo strumento da solo possa determinare una riduzione significativa del rischio sismico in Italia in tempi non biblici sembra poco credibile.

Dobbiamo quindi rassegnarci a che il "agello del terremoto" continui a colpire per molto tempo?



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.

In collaborazione con:



FORMAZIONE PROFESSIONALE CONTINUA EUCENTRE IN COLLABORAZIONE CON RELUIS

Continua nel 2017 la collaborazione tra la Fondazione Eucentre e ReLUIS per l'organizzazione di corsi brevi su temi specialistici della progettazione in zona sismica. Oltre ai classici corsi brevi della durata di due giorni, si propongono momenti formativi denominati Seminari, della durata di un giorno, con l'obiettivo di creare incontri di approfondimento su argomenti specifici. I corsi sono rivolti a professionisti, tecnici, mondo industriale e funzionari di enti pubblici, operanti nel campo dell'ingegneria sismica.

Formazione

10 Seminari all'anno sui principali temi dell'ingegneria sismica. Eucentre prevede per i Sostenitori delle agevolazioni all'interno della formazione in base alla tipologia di sostenitori.

Special

- Sconto del 20% su attività formative di Eucentre per una persona a Corso.
- Per ogni pubblicazione della Fondazione edita da Eucentre (ex IUSS Press) acquistata dal Sostenitore durante il periodo della Convenzione, il Sostenitore ne riceverà una di prezzo equivalente o inferiore a titolo di omaggio a scelta tra quelle disponibili.

Silver

- Sconto del 20% su attività formative di Eucentre.
- Un corso gratis per un partecipante all'anno.
- Per ogni pubblicazione della Fondazione edita da Eucentre (ex IUSS Press) acquistata dal Sostenitore durante il periodo della Convenzione, il Sostenitore ne riceverà una di prezzo equivalente o inferiore a titolo di omaggio a scelta tra quelle disponibili.

Gold

- Sconto del 30% su attività formative di Eucentre.
- Un corso gratis per 2 partecipanti all'anno.
- Per ogni pubblicazione della Fondazione edita da Eucentre (ex IUSS Press) acquistata dal Sostenitore durante il periodo della Convenzione, il Sostenitore ne riceverà una di prezzo equivalente o inferiore a titolo di omaggio a scelta tra quelle disponibili.

Platinum

- Vantaggi da definire a seguito di trattativa specifica.

Biblioteca

Special

- Libero accesso alla biblioteca specialistica con supporto per ricerche.

Silver

- Libero accesso alla biblioteca specialistica con supporto per ricerche.

Gold

- Libero accesso alla biblioteca specialistica con supporto per ricerche.

Platinum

- Vantaggi da definire a seguito di trattativa specifica.



**Inserzionisti
Pubblicità**



PROGETTAZIONE SISMICA²

2017

Contenuti

"Progettazione Sismica" è una rivista dedicata ai temi della progettazione antisismica da un punto di vista professionale, in cui sono privilegiati i contenuti progettuali ed applicativi. L'obiettivo è quello di colmare la distanza tra i mondi professionale, industriale, accademico ed istituzionale. La rivista dà spazio inoltre ad alcune rubriche a scopo essenzialmente informativo redatte in maniera continuativa da organi competenti con la finalità di fornire notizie autorevoli e mantenere un forte collegamento tra professione, università, ministeri e centri di ricerca.

Target

"Progettazione Sismica" si rivolge al mondo della progettazione e in particolare a professionisti, funzionari, industria delle costruzioni, accademici e studenti.

Contributi

- Editoriali
- Ricerca
- Progetto
- Recensioni

Scontistica

Sconto del 10% ai corsi di Formazione per gli autori di Progettazione Sismica.

Sconto sul cartaceo per chi fa parte di un Ente o un Ordine che ha siglato la collaborazione biennale con Progettazione Sismica.

Contatti

Giulia Fagà

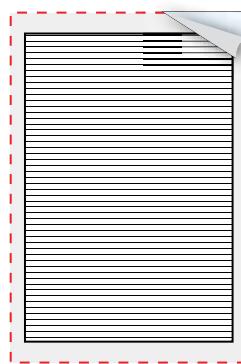
Redazione Progettazione Sismica
Via Adolfo Ferrata, 1 - 27100 Pavia
Tel: (+39) 0382.5169894
E-mail: giulia.faga@progettationsismica.it

Realizzazione pagine pubblicitarie

Realizzazione grafica 300,00
Realizzazione grafica **Enti Sostenitori*** 270,00
Materiale minimo richiesto: logotipo aziendale, testo, immagini (eps, tiff, jpeg).

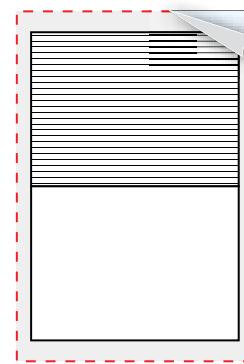
Spazi Pubblicitari

Formati: eps, .tiff, .jpeg e .pdf
Risoluzione di stampa: 300 dpi **minima**
Metodo di colore: quadricromia (cmyk).



Pagina intera

Dimensioni al vivo
mm 210x297



½ pagina orizzontale

Dimensioni al vivo
mm 148,5x210

Tariffe pubblicitarie a numero

Pagina tabellare a colori..... 600,00
Pagina tabellare a colori **Enti Sostenitori*** 480,00
½ pagina a colori 360,00
½ pagina a colori **Enti Sostenitori*** 280,00

**Con l'acquisto di 3 spazi sconto 20% sulla terza uscita.
Per formati pubblicitari ad-hoc contattare la redazione.**

* condizioni speciali riservate ad aziende che hanno aderito all'iniziativa "Enti Sostenitori" della Fondazione Eucentre.



Π^2_σ

www.progettationsismica.it

Ricerca

Danni riscontrati nel Maceratese dopo il Sisma del 2016

Damage found in Macerata after the 2016 earthquake

Lorenzo Longhi¹ ■

Sommario

I terremoti del centro Italia del 2016 hanno colpito una zona molto vasta, interessando direttamente le regioni Lazio, Abruzzo, Marche e Umbria. L'area dell'Appennino centrale è sempre stata soggetta a forti terremoti, che hanno direttamente influenzato le modalità costruttive rinvenibili in loco. Duranti i sopralluoghi condotti nel Maceratese sono stati riscontrati i danni tipici delle strutture in muratura e in calcestruzzo non progettate per resistere a forti terremoti, ed è stata direttamente verificata in loco la efficacia della maggior parte degli interventi presi dopo il sisma del 1997 in Umbria, accorgimenti che hanno permesso di evitare il crollo di edifici limitandone il danno, che altrimenti sarebbe stato disastroso. Nell'articolo viene presentato in dettaglio il tipico quadro di danneggiamento, riscontrato durante le verifiche di agibilità post-sisma con schede AEDES effettuate dall'autore nel Comune di Pievebovigiana e viene affrontata una prima discussione sui possibili effetti degli interventi raccomandati dal Decreto Ministeriale del MIT n° 65 del 07 Marzo 2017 cosiddetto Sismabonus.

Parole chiave: terremoto, AEDES, sopralluoghi, agibilità, sismabonus.

Abstract

In 2016 earthquakes hit a very large area in center Italy, located between Lazio, Abruzzo, Marche and Umbria regions. In past centuries the Appennini mountains area was shocked by large earthquakes, which had a large influence upon structural design and construction practices. During post-earthquake Safety Surveys in Macerata Area typical unreinforced masonry damage was observed, also some concrete buildings didn't perform as required to withstand strong accelerations. The effectiveness of some measures taken after 1997 Umbria earthquake was also directly verified: those structural reinforcements are proven crucial to prevent collapse or large damage.

In this article typical structural damaged is described, and a first analysis of possible effects and outputs of the Sismabonus edict Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, (2009), Circolare 617 del 02/02/2009, Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008 [http://cslp.mit.gov.it/index.php?option=com_content&task=view&id=79&Itemid=20\[1\]](http://cslp.mit.gov.it/index.php?option=com_content&task=view&id=79&Itemid=20[1]) proposed reinforcement.

Keywords: earthquake, AEDES, survey, usability assessment, sismabonus.

1. Introduzione

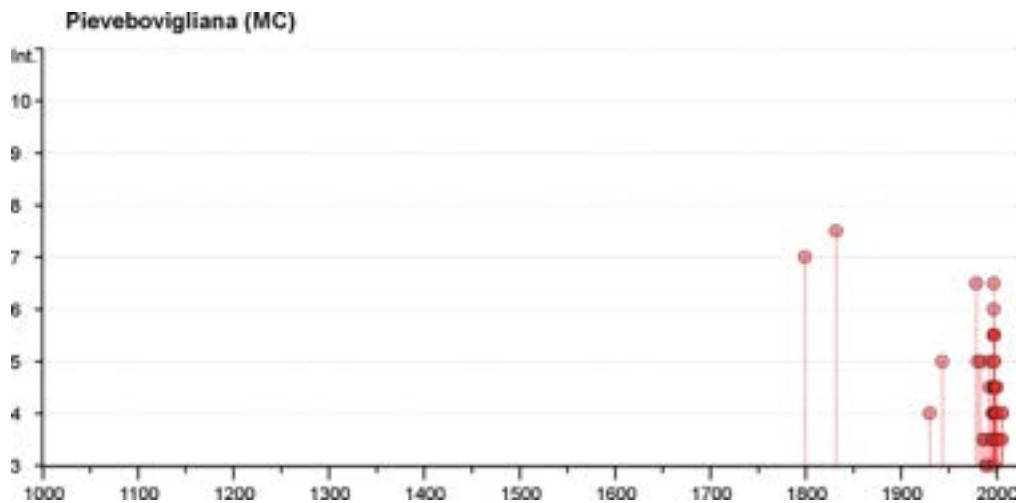
Nel presente articolo viene effettuata una prima descrizione dei danni alle strutture rinvenuti a seguito dei terremoti del centro Italia nel comune di Pievebovigiana, provincia di Macerata. Quanto riportato è stato riscontrato a seguito di una campagna di sopralluoghi speditivi atti a verificare o meno l'agibilità delle strutture danneggiate dai sismi del 24 Agosto e del 26 e 30 Ottobre. Quel che si leggerà in seguito rappresenta la situazione verificata nel mese di Dicembre 2016, pertanto quanto presentato non può considerare gli effetti degli eventi sismici di Gennaio 2017, che sebbene localizzati più a Sud potrebbero aver rilievo sui quadri di danneggiamento riscontrati.

I sopralluoghi sono stati eseguiti tutti nel medesimo Comune dell'entroterra Maceratese, che come molti altri comuni dell'Ap-

¹ Funzionario Ufficio Autorizzazioni Sismiche Comune di Bologna, Membro Commissione Sismica Regione Lombardia, Coordinatore Commissione Strutture Ordine Ingegneri Provincia di Bologna - lorenzo.longhi@ordingbo.it

Figura 1

La sismicità storica del Comune di Pievebovigiana, l'assenza di dati antecedenti il XIX secolo deve essere interpretata come tale e non come mancanza di eventi sismici.



pennino, si compone di più frazioni sparse su un territorio di circa 27 chilometri quadrati. Alcune di queste frazioni sono localizzate, a differenza del capoluogo, in sommità o su forte pendio, il che potrebbe aver contribuito ad amplificare l'azione sismica per effetti locali. Dall'ordinanza della Presidenza del Consiglio dei ministri 3274/2003 è possibile verificare che il comune di Pievebovigiana è classificato a media sismicità (zona 2), storicamente l'area ha risentito di numerosi terremoti di diversa intensità che hanno certamente influenzato le caratteristiche del costruito più moderno.

Si è ritenuta significativa l'esperienza di rilievo dei quadri fessurativi e della valutazione delle agibilità essendo il comune di Pievebovigiana sufficientemente vicino (circa 20 chilometri) all'epicentro dell'evento del 26 Ottobre 2016. Le testimonianze raccolte in loco hanno confermato che gli eventi di Ottobre sono stati quelli con effetti più forti e rovinosi per le strutture. Sono stati effettuati circa 50 sopralluoghi nel corso di una intera settimana, secondo le indicazioni ricevute dall'ufficio tecnico del Comune: durante le visite è stata raccolta una importante documentazione fotografica con le lesioni riscontrate: quanto presentato è una sintesi del lavoro svolto.

2. La risposta sismica di edifici

A seguito dei sopralluoghi è risultata direttamente agibile (esito A) una percentuale inferiore al 10% delle unità strutturali: si tratta per la maggior parte di edifici di recente costruzione o ristrutturazione o comunque di edifici costruiti garantendo sin dall'origine il rispetto della normativa sismica, tramite l'inserimento di sistemi controventanti. L'esito E è stato quello più frequente, non potendo gli edifici esaminati garantire la sicurezza nemmeno con interventi di rinforzo di pronto intervento.

2.1 Strutture in muratura

Una prima importante risorsa deve essere effettuata per differenziare le tipologie di edifici in murature riscontrate: le differenti modalità costruttive hanno fortemente caratterizzato i quadri di danneggiamenti riscontrati. Sono rinvenibili in loco murature realizzate con mattoni e malta di calce di discrete qualità, murature in pietrame, murature realizzate con blocchetti in calcestruzzo, murature realizzate con paramenti non collegati o male ammortati.

Gli edifici in muratura realizzati con strutture verticali di buona fattura, come ad esempio mattoni pieni e malta di calce, hanno

Figura 2

Alcune lesioni sono state riscontrate anche in fabbricati in costruzione al momento del sisma.



manifestato un discreto comportamento sotto sisma, manifestando le tipiche lesioni diagonali sui maschi murari maggiormente sollecitati. Non sono stati rilevati, almeno negli edi ci esaminati nel corso dei sopralluoghi, collassi parziali, pertanto le inagibilità dichiarate si caratterizzano per una elevata estensione del livello di danneggiamento riscontrato. Tale comportamento è stato probabilmente garantito anche dalla discreta rigidezza dei solai di piano che hanno contribuito al funzionamento scatolare della struttura.



Figura 3
Il danneggiamento delle strutture murarie è localizzato nella zona del primo piano, si noti la disposizione irregolare delle aperture rispetto al piano sottostante e a quello superiore (a sinistra).

Figura 4
Estese lesioni diagonali su tutta la facciata dell'edi ciò: questo tipo di danneggiamento è tipico delle strutture murarie con discreta qualità riscontrate in loco (a destra).

Gli edi ci, caratterizzati da murature storiche, realizzate con pietra a vista, spesso irregolare e malta di scarsa qualità hanno manifestato collassi più o meno gravi, spesso con espulsione di materiale verso l'esterno dovuta all'assenza di collegamento trasversale tra i paramenti murari. Anche strutture di pregio e di recente ristrutturazione, se realizzate con tale tecnologia, hanno manifestato problemi analoghi seppur in maniera minore: è il segno della debolezza e della scarsità di risorse che tali edi ci hanno nei confronti della azione sismica.

Interventi impiantistici o opere non strutturali hanno avuto fortissima influenza rispetto alla resistenza alle azioni orizzontali: ciò conferma l'elevata attenzione che deve essere posta durante la esecuzione delle opere. Tale concetto è peraltro riportato esplicitamente nella normativa che pone particolare attenzione alla possibile interazione tra impianti e struttura resistente. Nicchie, canne fumarie, cavedi, tracce di impianti sulle murature, fonometrie dovrebbero quanto più possibile essere evitate sugli edi ci esistenti o quando impossibile essere progettate per garantire di non peggiorare la risposta sismica delle strutture.



Figura 5
Collasto di parte della muratura esterna per mancanza di collegamento con lo strato interno: anche in strutture relativamente di recente ristrutturazione tale modalità costruttiva si è rivelata vulnerabile. Nel caso in esame si nota pietrame dalla forma fortemente arrotondata. La zona immediatamente adiacente invece pare intatta (a sinistra).

Figura 6
Questo singolare danneggiamento non è stato immediatamente interpretabile, ad una visione più approfondita sono stati notati alcuni mattoni anneriti da combustione al di sotto della lesione: era presente un camino al piano terra con la canna fumaria all'interno della muratura. In sommità è visibile un leggero disallineamento del coperto del fabbricato (a destra).

2.2 Strutture in calcestruzzo

Gli edifici in calcestruzzo esaminati presentano un'età di realizzazione più recente rispetto agli edifici in muratura situati nel comune oggetto dei sopralluoghi. Come noto tali strutture si caratterizzano per una più marcata distinzione tra elementi sismoresistenti e secondari, che spesso in fase di progettazione porta lo strutturista a trascurare il contributo irrigidente degli elementi in muratura: tamponamenti di chiusura esterni e tramezzi interni. Sarebbe possibile considerare il contributo che le murature di tamponamento offrono nella resistenza alle azioni orizzontali: esiste la possibilità di considerare al posto del paramento murario una biella, di spessore correlato alla tipologia di muratura, da inserire all'interno della modellazione agli

Figura 7

Edificio in calcestruzzo di tre piani con finestre a nastro; il danno è localizzato in corrispondenza della reale altezza del pilastro. Poiché la finestra non arriva a contatto con i pilastri in calcestruzzo tale scelta ha permesso di salvare le strutture (a sinistra).

**Figura 8**

Edificio in calcestruzzo: dettaglio delle lesioni diagonali sui tramezzi in corrispondenza del vano scale (a destra).

**Figura 9**

Edificio in calcestruzzo, particolare del danneggiamento del nodo di angolo (non conformato): praticamente assente la staffatura nel nodo (a sinistra).

**Figura 10**

È stata rilevata ingente espulsione di materiale a terra, in alcuni punti ben oltre lo strato coprifero (a destra).



elementi nascosti. Diventa estremamente complicato, nella valutazione della sicurezza di una struttura esistente, fare tale tipo di operazione, per la difficoltà che si incontrano nella conoscenza del dettaglio costruttivo con cui le murature sono state realizzate. Anche nella progettazione ex-novo di una struttura in calcestruzzo, volendo inserire tali elementi nella modellazione, più di una cautela deve essere presa, vista la possibilità di modi che all'organismo strutturale. Per tali motivi si condividono le semplici prescrizioni della normativa e le speciali cautele che devono essere prese nelle seguenti e note situazioni:

Finestre a nastro, che possono causare incrementi di sollecitazioni lungo la effettiva luce libera del pilastro;

Irregolare distribuzione dei tamponamenti, con possibilità di trovarli solo lungo un solo lato del pilastro;

Assenza dei tamponamenti ad un piano, con il rischio di causare un collasso per piano debole.

La pericolosità di tali situazioni è provata da alcuni tipici quadri di danno riscontrabili ogni volta che si manifesta un evento sismico, la stessa scheda AEDES ha una sezione dedicata all'irregolare disposizione delle tamponature e una alla regolarità strutturale, sottolineando implicitamente come tali elementi secondari abbiano reale importanza nel comportamento sismico delle strutture. Il fabbricato di Figura 7 oggetto di sopralluogo è un edificio in calcestruzzo di tre piani fuori terra, di non recente realizzazione.

ne. Sono state riscontrate all'interno, in particolare nella zona del vano scale, numerose lesioni diagonali (vedi Figura 8) sulle murature, segno del reale contributo che tali elementi hanno svolto durante le scosse. All'esterno si notano evidenti danni in corrispondenza delle nestre a nastro al piano terra, piano soggetto alle azioni taglienti maggiori.

In corrispondenza del nodo di angolo (Figura 9 e Figura 10) si nota un significativo danno al nodo del telaio, che pare non sufficientemente staffato. Ricordiamo che la normativa vigente non richiede (al momento della redazione del presente articolo) la verifica dei nodi in calcestruzzo per strutture progettate in bassa duttilità.

2.3 Danneggiamenti rilevati su strutture storiche

Come era lecito aspettarsi, gli edifici di più antica realizzazione sono quelli che hanno risentito maggiormente degli eventi sismici, presentando crolli più o meno estesi, in alcuni casi rovinosi delle fabbriche murarie. I principali fattori di tale comportamento sono stati la scarsa qualità delle malte utilizzate e la mancanza di collegamento tra i paramenti murari, che hanno provocato spacciamimenti (nel migliore dei casi) o il collasso di parte delle strutture verticali, spesso trascinandosi dietro le strutture di copertura. La maggior parte delle strutture esaminate, hanno presentato i segni di precedenti terremoti e degli interventi messi in atto per tentare di mitigare gli effetti: numerose catene sono state riscontrate sulle murature verticali, alcune delle quali posizionate, come da testimonianze ricevute, a seguito del sisma di Umbria e Marche del 1997.

L'efficacia di tali elementi è stata riscontrata praticamente per tutte le situazioni: particolarmente significative alcune situazioni dove, nello stesso edificio (si veda la Figura 12), sono state riscontrate lesioni gravi solo nelle zone in cui tali elementi non erano stati posizionati.



Figura 11
Estesi crolli su fabbricato storico, di elevata qualità architettonica: si tratta di una abitazione collegata ad una chiesa medievale. La presenza di paramenti non collegati, la scarsa qualità della malta e delle connessioni hanno provocato il collasso (a sinistra).



Figura 12
Torretta di complesso storico: gli interventi messi in atto negli anni precedenti ne hanno scongiurato il crollo. Nei punti ove sono presenti le catene le lesioni sono contenute, mentre è ben visibile il meccanismo di ribaltamento della sommità della parete nel punto dove le catene sono assenti. In sommità pare realizzato un cordolo, che parzialmente ha contribuito ad evitare il collasso (a destra).

Figura 13
Figura 13 Immediatamente visibile il positivo effetto delle catene sul fabbricato di sinistra: gli interventi eseguiti ne hanno scongiurato il crollo. Le catene sono state posizionate sotto alla quota di gronda (in basso).

Nei fabbricati dove invece tali elementi non sono stati inseriti, sono stati notati meccanismi locali e/o collassi parziali, a partire dalle zone con meno sforzo normale, che hanno risentito della spinta del coperto o del solaio di sottotetto non contrastata (vedi Figura 15). Minore, invece, l'efficienza avuta dai cordoli, spesso per la non buona qualità delle murature sottostante, cordoli in cemento armato paiono aver effetti controproducenti per il loro elevato peso senza garantire una reale connessione dei maschi murari (si veda Figura 14).

Gli edifici storici hanno risentito inoltre delle modifiche e degli sviluppi avvenuti nel corso del tempo: ampliamenti, parziali demolizioni, ristrutturazioni hanno spesso portato alla creazione di aggregati di edifici, difficilmente inquadrabili in unità strutturali. Diretta conseguenza di tali situazioni sono le irregolarità strutturali riscontrate: edifici di diverse altezze contigui,

Figura 14

Dettaglio collasso fabbricato accessorio della chiesa, cordolo in calcestruzzo in primo piano.



Figura 15

Evidente è lo scivolamento del coperto del fabbricato, con espulsione di materiale con scarsa qualità del legante. Non sono visibili catene all'esterno in grado di contrastare il ribaltamento fuori dal piano (a sinistra).

Figura 16

Collasso del tetto della chiesa e di parte delle strutture murarie (a destra).



sfalsamenti, irregolarità nella distribuzione dei solai e nelle loro rigidezze.

Tali punti hanno spesso causato l'innescio del danneggiamento, causando un generale indebolimento delle strutture, spesso dovuto a meccanismi locali.

4. Possibili effetti del decreto Sismabonus sulle strutture esaminate

In concomitanza temporale con l'esecuzione dei sopralluoghi, cominciavano a circolare le prime ipotesi sull'entrata in vigore delle Linee guida per la classificazione della vulnerabilità sismica dei fabbricati, definitivamente approvate con DM 65/2017.

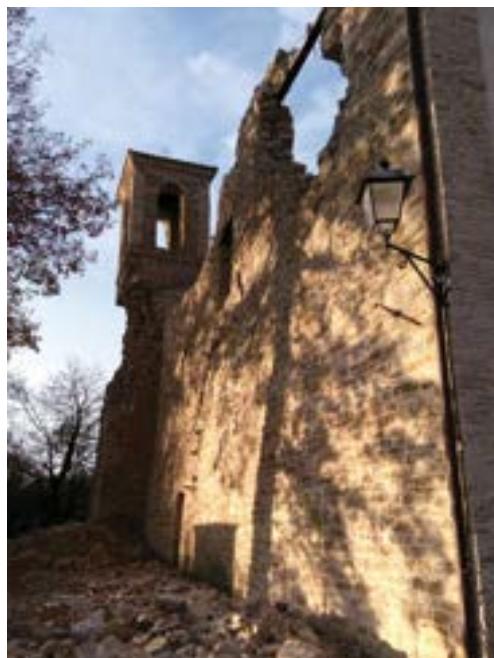


Figura 17
Dettaglio della foto precedente: si evidenzia il danneggiamento dovuto all'accostamento di strutture di altezze differenti (a sinistra).

Figura 18
Gravissimi danni al campanile, nonostante l'inserimento di alcune catene sotto la cella campanaria, tali strutture sono state tra le più colpite della zona oggetto di sopralluoghi (a destra).

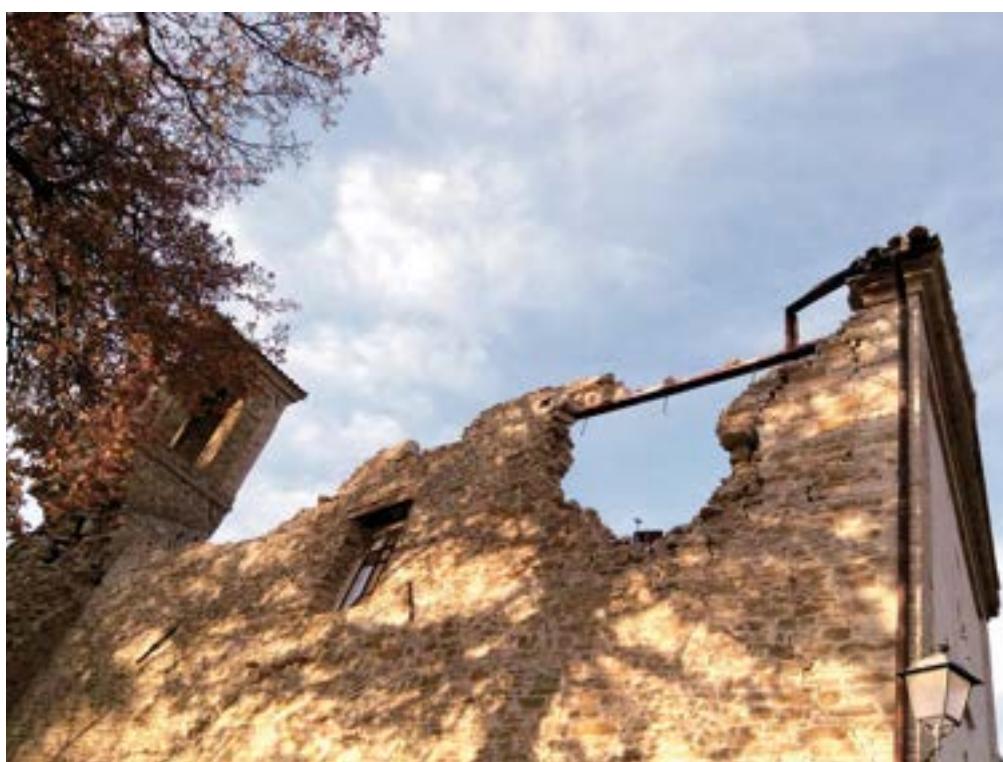


Figura 19
Particolare del cordolo in acciaio e delle connessioni alla struttura muraria sottostante: la scarsa qualità della muratura non ha permesso di realizzare il desiderato vincolo in sommità. Si nota qualche isolata catena nelle vicinanze della nestra vetrata.

Le linee guida approvate, a cui si rimanda per ogni approfondimento, prevedono due metodologie di calcolo tra cui il cosiddetto metodo sempli cato.

Ci si propone di veri care la presenza o meno delle vulnerabilità a cui porre rimedio, per l applicazione del metodo sempli cato, negli edi ci illustrati nel presente articolo.

Per gli edi ci in calcestruzzo armato è possibile eseguire interventi locali di rinforzo per passare ad una migliore classe di rischio, se la struttura presenta telai in entrambe le direzioni. Gli interventi obbligatori sono i seguenti:

- con namento di tutti i nodi perimetrali non con nati;
- opere volte a scongiurare il ribaltamento di tutte le tamponature;
- ripristino delle zone danneggiate e/o degradate.

Esaminando l edi cio in calcestruzzo presentato nel precedente paragrafo, si nota immediatamente che i meccanismi di danno temuti si sono puntualmente veri cati: abbiamo danneggiamento di alcuni nodi perimetrali (Figura 9), incipiente ribaltamento di alcune tamponature esterne, ormai sciolte dal telaio (Figura 7), espulsione di calcestruzzo con danneggiamenti localizzati (Figura 10).

Leggermente più complessa l applicazione dell approccio sempli cato per gli edi ci in muratura: in estrema sintesi a seconda delle caratteristiche costruttive si assegna una classe di vulnerabilità, che può essere corretta al ribasso in caso di peculiarità negative riscontrabili. Veri cata la sismicità del sito, si assegna una classe X* di rischio sismico. Per il passaggio di classe sono da prevedere una serie di interventi locali, sull intera costruzione, in grado di porre rimedio alle criticità della struttura. Ricordando che il Comune di Pievebovigiana è classi cato in zona 2 a media sismicità (con una accelerazione su suolo rigido pari a circa 0.211 per lo SLV per gli edi ci di civile abitazione) e che gli edi ci oggetto di sopralluogo hanno strutture murarie che vanno dalla pietra sbozzata a paramenti realizzati con mattoni e calce di discreta qualità, si avrebbero classi di vulnerabilità globale da V6 (edi cio di Figura 11) a V4 (edi cio di Figura 3). Le classi di rischio sismico di partenza sarebbero dunque quelle da D* a F* e per il passaggio di una classe le linee guida raccomandano una serie di interventi, legati alle criticità riscontrate. Valutando ad esempio il collasso manifestato dall edi cio di Figura 5, gli interventi proposti per ottenere una classe di vulnerabilità V5 sarebbero in particolare:

- Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate;
- Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate;
- Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni;
- Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti;
- Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (facoltativo).

Tutti gli interventi che le linee guida propongono per questa classe di vulnerabilità hanno come obiettivo quello di evitare meccanismi locali, per rendere il comportamento della struttura il più possibile globale .

Per concludere ricordiamo che le linee guida nella de nzione della classe di vulnerabilità non permettono di assumerne a seguito di ulteriori indagini una migliore rispetto a quella indicata come più probabile: eventuali scostamenti vanno intesi soltanto in senso peggiorativo. Tale scelta non deve essere interpretata come possibilità di non aumentare il grado di approfondimento delle indagini, che in ogni caso sono necessarie. Si tenga presente che la stessa Tabella correttiva dei parametri meccanici delle mura ture, proposta in circolare, al suo interno presenta sia valori migliorativi che peggiorativi, da assumere a seguito delle indagini.

Tabella C8A.2.2 della Circolare applicativa 617/2009 con i Coef cienti correttivi dei parametri meccanici: la conoscenza della qualità muraria permette di ottenere risultati più affidabili e realistici

	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco Armato*
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1.5		1.3	1.5	0.9	2	2.5
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e	1.4	1.2	1.2	1.5	0.8	1.7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1.3		1.1	1.3	0.8	1.5	1.5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1.5	1.5		1.5	0.9	1.7	2
Muratura a blocchi lapidei squadrati lapidei squadrati	1.2	1.2		1.2	0.7	1.2	1.2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1.5	1.5		1.3	0.7	1.5	1.5

5. Conclusioni

I sopralluoghi condotti per le verifiche di agibilità con schede AEDES hanno confermato le tipiche vulnerabilità riscontrabili su fabbricati non progettati per resistere alle azioni sismiche, i quadri di danneggiamento già verificati durante i precedenti eventi sismici sono stati nuovamente osservati. La peculiarità tipica riscontrata è stata una scarsa qualità costruttiva di molti edifici in muratura realizzati con malta di cattiva qualità che, unita spesso alla presenza di paramenti non collegati, ha portato a collassi parziali e al manifestarsi di meccanismi locali.

Si conferma la possibile efficacia degli interventi proposti nelle linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni, ovviamente già tarati sui meccanismi locali riscontrati negli eventi passati. L'auspicio è quello di sviluppare maggior senso critico e di sensibilizzare l'intero sistema edile verso la prevenzione e la Sicurezza Sismica, aspetto che dovrebbe essere predominante e tenuto in debita considerazione in ogni intervento sull'esistente.

Si ringraziano la Regione Emilia-Romagna, la Protezione Civile, il Comune di Bologna e il Comune di Pievebovigiana per aver reso possibile questa esperienza.

Bibliografia

- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016) - DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geoscienze e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- Mariani M. (2016) - Sisma Emilia 2012 dall'evento alla gestione tecnica dell'emergenza, Edizioni Pendragon.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2008) - Decreto Ministeriale del 14/01/2008, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni http://cslp.mit.gov.it/index.php?option=com_content&task=view&id=66&Itemid=20.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2009) - Circolare 617 del 02/02/2009, Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008 http://cslp.mit.gov.it/index.php?option=com_content&task=view&id=79&Itemid=20.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2017) - Decreto Ministeriale numero 58 del 28/02/2017 e Decreto ministeriale numero 65 del 07/03/2017, *Sisma Bonus: Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni nonché le modalità per l'attestazione, da parte di professionisti abilitati, dell'efficacia degli interventi effettuati* <http://www.mit.gov.it/comunicazione/news/linee-guida>.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds) 2016 - CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geoscienze e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.

L'Autore

Lorenzo Longhi

Laureato nel 2005 con 100/100 in Ingegneria Civile, indirizzo Strutture, presso l'Università di Bologna, inizia la sua attività professionale come progettista di opere strutturali, aumentando la sua esperienza presso alcune importanti società di Ingegneria.

Nel 2007 la sua tesi di Laurea è risultata vincitrice del premio triennale assegnato da AICAP per le migliori tesi italiane sul calcestruzzo strutturale. Vincitore nel 2010 di concorso pubblico si occupa di Sicurezza Sismica presso il Comune di Bologna, come funzionario della Struttura Tecnica Competente in materia Sismica.

Ha partecipato come volontario ai rilievi di agibilità per i sismi dell'Aquilano (2009), dell'Emilia (2012) e del Centro Italia (2016).

Dal 2016 è membro della Commissione Sismica della Regione Lombardia come esperto di progettazione strutturale in zone sismiche.

Nel 2016 ha conseguito il Diploma di Specializzazione in Management delle Amministrazioni Pubbliche conferito congiuntamente dalla Scuola Nazionale della Amministrazione della Presidenza del Consiglio e da SDA Bocconi.

Inoltre abilitato come coordinatore per la sicurezza nei cantieri, come responsabile del servizio di protezione e prevenzione ed è iscritto all'elenco dei certificatori energetici dell'Emilia-Romagna.

Relatore in numerosi seminari e convegni, ha pubblicato il volume "Sicurezza Sismica" sulle modalità di controllo e verifica della progettazione strutturale.

Presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna ha fondato nel 2008 la Commissione Giovani insieme ad alcuni colleghi, organizzando numerose iniziative per incentivare la partecipazione attiva dei nuovi iscritti.

Dal 2013 è coordinatore del Gruppo di Lavoro Strutture, sviluppando approfondimenti normativi, eventi e momenti di incontro sui temi della Vulnerabilità Sismica e dell'impiego di materiali strutturali innovativi.

Mantieniti collegato con
**Progettazione
Sismica**



follow us



www.progettazionesismica.it

Analisi della risposta sismica degli elementi non-strutturali durante il terremoto del Centro Italia

The 2016 Central Italy Earthquake: Seismic behaviour of non-structural elements

Daniele Perrone¹, Roberto Nascimbene², Luigi Di Sarno³ ■

Sommario

I danni subiti dagli elementi non-strutturali rappresentano una parte significativa delle perdite economiche osservate a seguito degli eventi sismici. Il danneggiamento degli elementi non-strutturali non solo comporta ingenti perdite economiche ma può compromettere l'immediata funzionalità degli edifici, questo aspetto risulta particolarmente importante per le strutture di importanza strategica come, per esempio scuole, ospedali, caserme e centri di protezione civile. Nel contesto normativo Italiano ed Europeo non sono fornite specifiche indicazioni per adeguare e/o migliorare le prestazioni sismiche degli elementi non-strutturali, a tale carenza normativa può essere attribuita parte delle scarse prestazioni osservate anche durante i più recenti eventi sismici su territorio nazionale. Nel presente lavoro sono brevemente descritti i principali danni osservati negli elementi non-strutturali durante le ispezioni post-sisma effettuate a seguito del recente terremoto avvenuto nel Centro Italia (agosto-ottobre 2016). Le prestazioni sismiche degli elementi non-strutturali sono state descritte fornendo una valutazione critica delle carenze progettuali che hanno portato ad un inadeguato comportamento sismico, focalizzando l'attenzione anche su alcuni esempi di buona pratica progettuale.

Parole chiave: elementi non-strutturali, danni, terremoto Centro Italia.

Abstract

The damage observed in non-structural elements represents a significant part of the earthquake related losses. The non-structural elements without seismic design generally exhibit damage at low seismic intensities and can significantly affect the immediate functionality of buildings. This issue is of paramount importance for critical facilities such as schools and hospitals. In the Italian and European context are not provided specific provisions in order to perform the seismic design of the non-structural elements, to this issue can be partially due the poor seismic performance observed during past earthquakes. In this work the main damage to non-structural elements observed during the 2016 Central Italy Earthquake are briefly discussed. The seismic performance is discussed providing a critical evaluation of the main deficiencies causing the damage of the non-structural elements.

Keywords: Non-structural elements, damage, 2016 Central Italy Earthquake.

1. Introduzione

I recenti eventi sismici che hanno colpito il Centro Italia tra agosto ed ottobre 2016 hanno messo in evidenza ancora una volta l'elevata vulnerabilità del patrimonio edilizio italiano. La sequenza sismica che ha recentemente colpito il Centro Italia ha lasciato alle proprie spalle numerosissime vittime ed ingenti perdite economiche, prevalentemente connesse alle inadeguate prestazioni sismiche degli edifici. Da una prima stima dei danni, è stato osservato che una cospicua parte delle perdite economiche è connessa al danneggiamento degli elementi non-strutturali. Recenti studi statistici hanno analizzato i dati raccolti a seguito di numerosi eventi sismici avvenuti nel mondo ed hanno messo in evidenza come in molti casi il danneggiamento degli elementi non-strutturali sia uno dei fattori dominanti nell'ottica della valutazione delle perdite totali (Bachman, 2004; Kircher, 2003). Compromettendo la funzionalità degli edifici, ed in particolare modo degli edifici strategici, le perdite connesse al danneggiamento degli elementi non-strutturali possono essere sia di natura diretta che indiretta. Chiari esempi dell'influenza delle prestazioni sismiche degli elementi non-strutturali sulla funzionalità degli edifici sono stati osservati durante il recente terremoto che ha colpito il Cile nel 2012. L'industria enologica rappresenta una delle principali attività economiche di alcune

¹ Assegnista di ricerca Post-Doc, Scuola Universitaria Superiore IUSS Pavia.

² Ricercatore, Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica - Eucentre, Pavia.

³ Ricercatore, Università degli studi del Sannio.

regioni del Cile, per tale motivo Zareian et al. hanno studiato i danni nelle aziende vinicole a seguito del terremoto avvenuto nel 2012 (Zareian et al., 2012). I danni agli elementi non-strutturali osservati da Zareian et al. sono stati ingenti e hanno coinvolto numerose tipologie di elementi, dal danneggiamento delle scaffalature si passa a danni più seri ai serbatoi utilizzati per la fermentazione e la produzione del vino. Questi danni hanno messo in ginocchio l'economia del paese per un considerevole periodo di tempo provocando non solo perdite di natura economica ma anche sociale. Durante lo stesso terremoto il principale scalo aereo, costituito dall'aeroporto di Santiago del Cile, è stato chiuso per diversi giorni a causa degli ingenti danni alle controsostegni ed agli impianti di condizionamento (Miranda et al., 2012); allo stesso tempo anche quattro ospedali hanno completamente perso la loro funzionalità (Miranda et al., 2012). Significativi danni agli elementi non-strutturali sono stati osservati anche durante i recenti eventi sismici che hanno colpito in Italia l'Aquila nel 2009 e l'Emilia nel 2012. In particolare, durante il terremoto dell'Aquila i principali danni osservati agli elementi non-strutturali hanno riguardato il danneggiamento nel piano e fuori dal piano delle tamponature in muratura (Braga et al., 2011). Il terremoto dell'Emilia Romagna è stato invece caratterizzato da ingenti danni al settore industriale del territorio, sia per il danneggiamento di numerosi edifici prefabbricati (danni prevalenti alle tamponature) che per il danneggiamento delle scaffalature utilizzate per stoccare i materiali derivanti dalle diverse lavorazioni industriali (Ercolino et al., 2012). In entrambi gli eventi sismici, il patrimonio edilizio usato come scuole è stato significativamente danneggiato, soprattutto nelle componenti non strutturali (tramezzature, tomponi, controsoffitti, impianti di illuminazione). Danneggiamenti simili sono stati rilevati anche in numerosi ospedali, specialmente quelli con struttura in muratura portante, la cui vulnerabilità strutturale (e non strutturale) è particolarmente elevata e non sono stati oggetto, nel corso degli anni pregressi, di interventi di miglioramento controllato ovvero di adeguamento sismico (Masi et al., 2015).

I danni riportati dagli elementi non-strutturali, in particolare nel territorio italiano ed europeo, sono spesso il risultato di una scarsa attenzione dedicata a tale problematica dai codici normativi (Perrone e Nascimbene, 2017). A livello europeo non sono attualmente disponibili indicazioni specifiche che forniscano ai progettisti indicazioni precise e/o oggettive sulla progettazione sismica degli elementi non-strutturali, sia dal punto di vista della valutazione della domanda che delle verifiche da effettuare. A questo si deve aggiungere che la ricerca nell'ambito delle prestazioni sismiche degli elementi non-strutturali si è sviluppata recentemente, di conseguenza ulteriori sforzi da parte dei ricercatori sono ancora necessari per colmare il gap attualmente presente tra le conoscenze in ambito strutturale e quelle in materia di elementi non-strutturali (Perrone e Nascimbene, 2017; Filiault e Sullivan, 2014; Cosenza et al. 2015; Di Sarno et al., 2015). L'importanza degli elementi non-strutturali nella valutazione delle perdite conseguenti un evento sismico è stata dimostrata ancora una volta dal recente evento sismico avvenuto nel Centro Italia. Nel presente studio sono stati analizzati i principali danni occorsi agli elementi non-strutturali. Sulla base dei dati raccolti durante i sopralluoghi post-sisma è stata effettuata una valutazione critica delle principali cause che hanno comportato il danneggiamento degli elementi non-strutturali; sono stati inoltre messi in evidenza i casi in cui l'adozione di semplici accorgimenti abbia consentito di prevenire il danneggiamento dei vari elementi soggetti all'azione sismica.

2. La sequenza sismica nel Centro Italia ed i rilievi post-sisma

La sequenza sismica avvenuta tra agosto e ottobre 2016 in Centro Italia ha dimostrato ancora una volta l'elevata pericolosità sismica a cui è soggetto il territorio Italiano. Quattro scosse principali hanno colpito il centro Italia tra agosto e ottobre 2016. Il primo evento sismico è avvenuto il 24 agosto con epicentro nei pressi del paese di Accumoli ed intensità pari a 6.0 in termini di momento magnitudo. Nei giorni successivi centinaia di scosse di bassa intensità si sono susseguite fino al 26 ottobre quando due scosse di intensità rispettivamente pari a 5.4 e 5.9 si sono verificate tra le 17.10 e le 19.18; in questo caso l'epicentro è stato localizzato nei pressi di Norcia (Michele et al., 2016). Il giorno 30 ottobre si è verificata la scossa di intensità maggiore, caratterizzata da un momento magnitudo pari a 6.5 (PGA verticale 0.54g). Grazie all'estesa rete accelerometrica installata in Italia e gestita dal Dipartimento della Protezione Civile e dall'Istituto Nazionale di Geoscienza e Vulcanologia è stato possibile registrare migliaia di segnali sismici che sono stati elaborati al fine di descrivere accuratamente gli spostamenti e le accelerazioni spettrali così come i principali parametri che descrivono l'azione sismica (Iervolino et al., 2016).

Gli ingenti danni provocati dalla sequenza sismica hanno reso necessaria una task force al fine di valutare l'agibilità di centinaia di edifici. Le principali unità coinvolte nelle ispezioni post-sisma sono state il Dipartimento della Protezione Civile, la Rete di Laboratori Universitari in Ingegneria Sismica (ReLUIS), la fondazione EUCENTRE e allo stesso tempo gli Ordini Professionali che hanno coordinato l'invio di numerose squadre di tecnici quali cati alla redazione delle schede di agibilità. Al fine di fornire un'idea del significativo sforzo che è stato messo in atto, in Figura 1 sono riportate le informazioni relative ai sopralluoghi effettuati dalla fondazione EUCENTRE. La Fondazione EUCENTRE ha effettuato circa 700 ispezioni, la maggior parte delle quali sono state rivolte alla valutazione di edifici di importanza strategica (scuole, ospedali ed edifici pubblici) e di edifici storici ed ecclesiastici. Dalle ispezioni è risultato che gli edifici che hanno maggiormente risentito della sequenza sismica sono stati gli edifici ecclesiastici, che hanno presentato una maggiore percentuale di edifici inagibili.

L'agibilità degli edifici è stata spesso inquinata dai danni agli elementi non-strutturali. Le ispezioni hanno consentito di identificare le principali tipologie di elementi non-strutturali che sono stati soggetti a danneggiamento. In particolare è stato

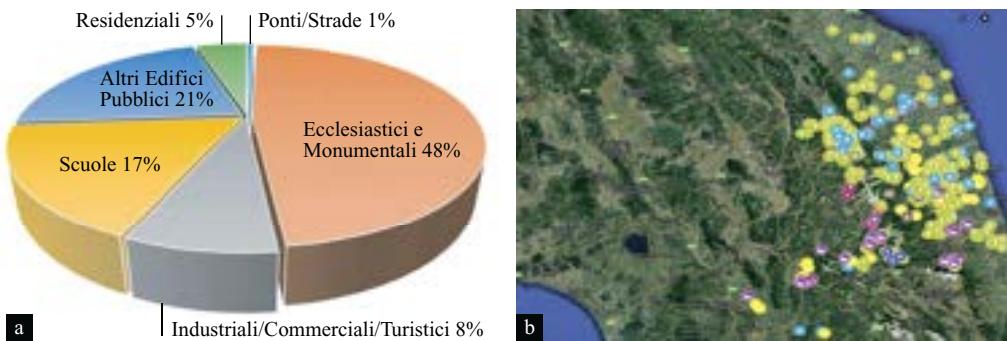


Figura 1
Ispezioni effettuate dalla Fondazione EUCENTRE a seguito del terremoto del centro Italia (Casarotti, 2016).
a) Tipologia di edifici ispezionati.
b) Distribuzione territoriale delle ispezioni.

osservato che i danni hanno riguardato prevalentemente le tamponature, i controselli, i rivestimenti, le scaffalature ed i contenuti. Sono stati inoltre osservati danneggiamenti peculiari delle tipologie costruttive presenti nel territorio colpito dal sisma. In particolare, sono stati riportati significativi danni alle volte non-strutturali in camorcanna e alle tegole presenti sui tetti. Nel seguito sarà fornita una breve descrizione dei principali danni osservati durante il sisma distinguendo tra edifici con differenti destinazioni d'uso.

3. Prestazioni sismiche degli elementi non-strutturali

Gli elementi non-strutturali possono essere tradizionalmente classificati in due principali categorie, elementi sensibili alle accelerazioni ed elementi sensibili agli spostamenti. Un classico esempio di elementi sensibili agli spostamenti di interpiano riguarda il comportamento nel piano delle tamponature, mentre elementi tipicamente sensibili alle accelerazioni possono essere ad esempio le canne fumarie, antenne ovvero i contenuti presenti negli edifici. Entrambe le tipologie di elementi non-strutturali possono generalmente essere riscontrate in qualsiasi tipologia di edificio. Tuttavia, la destinazione d'uso degli edifici fa sì che determinate tipologie di elementi non-strutturali possano trovarsi in alcuni edifici con maggiore frequenza e rivestano delle funzioni più importanti ai fini della funzionalità dell'edificio stesso. Ci sono poi elementi che sono tipici esclusivamente di determinate tipologie di edifici, come ad esempio gli stucchi e gli affreschi che sono presenti negli edifici storici o ecclesiastici, oppure le apparecchiature mediche che possono trovarsi nelle strutture sanitarie. Sulla base di queste considerazioni, nelle sezioni successive del presente lavoro, i danni agli elementi non-strutturali sono stati esaminati distinguendo tra edifici con diverse destinazioni d'uso. Molte tipologie di danneggiamento si sono riscontrate indistintamente in edifici adibiti a diverse destinazioni d'uso; le descrizioni riportate di seguito faranno riferimento alle tipologie di danneggiamento più frequenti osservate negli edifici esaminati.

3.1 Edifici residenziali

Le ispezioni post-sisma hanno evidenziato gli ingenti danni, sia di natura strutturale che non-strutturale, riportati dagli edifici ad uso residenziale. In merito alle problematiche di natura non-strutturale, si sono rivelati innumerevoli danni agli elementi di tamponatura nelle strutture in calcestruzzo armato (Figura 2). I danni alle tamponature sono stati tipicamente osservati nella maggior parte degli eventi sismici di una certa rilevanza che hanno colpito il territorio italiano, come anche osservato da Braga et al. (2011). Le tamponature sono generalmente realizzate con laterizi forati e giunti di malta connessi direttamente alla maglia strutturale. A causa delle deformazioni di interpiano generate dall'azione sismica, le tamponature tendono in un primo momento a disconnettersi dalla maglia strutturale e successivamente, per deformazioni della struttura maggiori, ad agire da puntoni diagonali che irrigidiscono la struttura impedendone la deformazione (Perrone et al., 2016). Tale meccanismo fa sì che si generino delle fessure diagonali che coinvolgono l'intero pannello; in alcuni casi si osservano anche dei collassi parziali che riguardano gli spigoli del pannello murario.

Gli studi sperimentali condotti da alcuni ricercatori hanno consentito di riprodurre in laboratorio il progressivo danneggiamento osservato durante gli eventi sismici (Pujol e Fick, 2010; Pavese et al., 2016). I risultati delle campagne sperimentali hanno permesso di definire differenti stati limite per i pannelli di tamponatura e di valutare quali sono gli spostamenti di interpiano che comportano il raggiungimento di tali stati limite (Sassun et al., 2015). I codici normativi Italiani ed Europei non forniscono precise indicazioni su come mitigare i danni alle tamponature; un utile riferimento in tal senso può essere costituito dalla norma americana FEMA E-74 (2012). Le indicazioni fornite dalla FEMA E-74 suggeriscono di non connettere direttamente il pannello murario al telaio strutturale ma di lasciare un opportuno spazio libero affinché il pannello non interagisca con la struttura a seguito delle deformazioni indotte dal sisma; il gap deve essere stimato in funzione delle deformazioni strutturali valutate per le azioni sismiche di progetto. Si deve far presente che l'utilizzo di tale tecnica, che si rivela molto spesso di difficile applicazione soprattutto negli edifici esistenti, richiede anche l'adozione di opportuni accorgimenti al fine di prevenire

Figura 2

Tipici danni alle tamponature.



il collasso fuori dal piano dei pannelli. È importante allo stesso tempo rilevare che questa tecnica di mitigazione, così come altre tecniche di mitigazione utilizzate per gli elementi on-strutturali, possono incidere le prestazioni energetiche degli edifici, creando, per esempio, dei punti termici. Negli ultimi anni alcuni ricercatori si sono impegnati nello studio di metodologie di semplice applicazione che possano prevenire il danneggiamento delle tamponature. Morandi et al. hanno sviluppato una promettente metodologia che prevede la costruzione dei pannelli di tamponatura mediante l'adozione di giunti scorrevoli in grado di assecondare le deformazioni strutturali prevenendo il danneggiamento del pannello (Morandi et al., 2017). Le deformazioni subite dai pannelli, così come le accelerazioni di piano, hanno spesso innescato il distacco delle rivestiture esterne presenti sui pannelli stessi (intonaci, rivestimenti e Pitturazioni); seppur di minore entità, tale problematica può seriamente mettere a rischio l'incolumità dei passanti.

Una terza tipica tipologia di danneggiamento osservata in molteplici edifici residenziali, ma non solo, ha riguardato il danneggiamento delle canne fumarie e la caduta di tegole. In Figura 3 è riportato un classico esempio di danneggiamento di una canna fumaria, tale problematica è spesso connessa alla fragilità della muratura utilizzata nella loro realizzazione e all'assenza di opportuni sistemi che ne impediscono le oscillazioni o quanto meno ne prevengano il collasso. Come prevedibile, questa tipologia di danneggiamento è stata particolarmente risentita da canne fumarie snelle in muratura, elementi quindi caratterizzati da elevata snellezza geometrica, ovvero notevole altezza e ridotta sezione trasversale. La caduta dall'alto delle tegole ha riguardato molteplici edifici ed è spesso il risultato di una quasi totale assenza di collegamento tra i vari elementi che compongono il tetto (Figura 4). Durante le ispezioni è stata spesso rilevata la presenza di tegole completamente sconnesse e di elementi in pietra anche essi svincolati dalla struttura del tetto.

3.2 Edifici pubblici

Gli edifici pubblici, in particolare quelli classificati come strategici, rivestono un ruolo fondamentale nell'emergenza post-sisma e per tale motivo devono garantire la piena operatività già dalle prime ore successive all'evento sismico. Qualora non vi siano state problematiche di natura strutturale che abbiano completamente compromesso l'agibilità degli edifici, i danni riportati agli elementi non-strutturali ne hanno spesso limitato la piena operatività. Oltre ad innumerevoli danni alle tamponature, la cui tipo-

Figura 3

Tipici danni alle tamponature (a sinistra).

**Figura 4**

Caduta di tegole da tetti a falda (a destra).



logia è simile a quella descritta nella sezione precedente per gli edifici residenziali, gli altri elementi non-strutturali che hanno spesso risentito di significativi danneggiamenti sono stati i controsoffitti, impianti di illuminazione a soffitto e le scaffalature. Gli ingenti danni ai sistemi di controsoffittatura sono una diretta conseguenza della totale assenza di una adeguata progettazione antisismica. Le ispezioni effettuate hanno messo in evidenza come, nella maggior parte dei casi, le maglie principali e secondarie che costituiscono il supporto per i pannelli siano connesse alla struttura mediante dei semplici collegamenti verticali; senza l'adozione di controventi in grado di assorbire le azioni orizzontali. I danni sono spesso concentrati nelle zone perimetrali a causa della rottura dei rivetti e alla conseguente instabilizzazione delle griglie principali e secondarie generalmente realizzate in alluminio (Figura 5).

L'innescarsi del danneggiamento in corrispondenza delle zone perimetrali è stato riscontrato anche durante le prove sperimentali (Pourali et al., 2015; Badillo-Almaraz et al., 2006). Questo comportamento è generalmente dovuto alla scarsa cura dei particolari costruttivi; in particolar modo, le non adeguate prestazioni rilevate sono conseguenti ad un inadeguato distanziamento tra le pareti perimetrali e le griglie che compongono la controsoffittatura e all'assenza di sufficienti supporti verticali in corrispondenza delle estremità. È importante sottolineare come evidenze sperimentali, confermate anche in caso di eventi sismici, abbiano indicato che l'innescarsi in un primo danneggiamento che comporti la caduta dei pannelli può instaurare un fenomeno di danneggiamento progressivo. I pannelli del controsoffitto fungono infatti da elementi di stabilizzazione per le snelle griglie che compongono il sistema di controsoffittatura, la loro caduta potrebbe provocare l'instabilizzazione delle griglie ed il conseguente danneggiamento progressivo dell'intera controsoffittatura. In merito ai principali dettagli costruttivi che possono prevenire il danneggiamento dei sistemi di controsoffittatura, alcuni codici normativi internazionali forniscono precise indicazioni sia per la prevenzione del danneggiamento nelle zone perimetrali che per l'installazione di un idoneo sistema di controventatura. In tal senso un utile riferimento è costituito ancora una volta dalla norma FEMA E-74 (2012), così come da una linea guida neozelandese (AWCI, 2015). Gli edifici pubblici, come per esempio scuole, uffici amministrativi, archivi di stato e biblioteche sono spesso caratterizzati dalla presenza di grandi archivi in cui è depositata importante documentazione. I danni riscontrati durante i rilievi post-sisma



Figura 5
Tipico danneggiamento dei sistemi di controsoffittatura in edifici pubblici.



Figura 6
Ribaltamento di una scaffalatura in un edificio pubblico.

hanno messo in evidenza il frequente ribaltamento delle scaffalature a causa delle significative accelerazioni di piano (Figura 6). Allo stesso tempo sono stati anche riscontrati alcuni esempi di buona pratica che hanno evidenziato come l'adozione di semplici dettagli costruttivi possa impedire il danneggiamento delle scaffalature. In Figura 8 sono riportati due esempi di come prevenire efficacemente il fenomeno del ribaltamento. Qualora si abbiano delle scaffalature posizionate in corrispondenza di murature perimetrali è sufficiente collegare le scaffalature ai muri adiacenti (Figura 7a); nel caso in cui vi siano delle scaffalature parallele è necessario collegarle tra loro mediante elementi orizzontali di opportune dimensioni (Figura 7b). L'efficacia di questa tipologia di intervento è stata confermata dall'instabilizzazione degli elementi orizzontali a causa delle sollecitazioni a cui sono stati sottoposti (Figura 7b); la semplice sostituzione dei canali consentirà di ripristinare la conformatazione precedente al sisma. È importante sottolineare che nel caso in cui si effettui un collegamento tra le scaffalature e le murature perimetrali occorre tenere in conto delle forze concentrate aggiuntive agenti sulle murature; questa verifica è necessaria per prevenire eventuali fenomeni fuori dal piano dei pannelli murari.

Figura 7

Esempi di buona pratica per prevenire il ribaltamento delle scaffalature.

- a) Collegamento al muro perimetrale.
- b) Collegamento di scaffalature parallele.



3.3 Edifici ospedalieri

Le strutture ospedaliere hanno avuto in generale prestazioni sismiche molto carenti soprattutto durante gli eventi sismici di agosto e poi anche successivamente ad ottobre 2016, tanto è che molti presidi ospedalieri, che avevano inizialmente riportato solo danni ad alcuni componenti non-strutturali sono stati dichiarati inagibili ovvero sono completamente colllassati. Molti dei presidi ospedalieri presso i quali sono stati effettuati i sopralluoghi tecnici post-sisma hanno evidenziato conformazioni piano-altimetriche molto complesse, tenendo anche conto della orografia del sito e soprattutto caratterizzati da diverse epoche e materiali di costruzioni adottati. Per esempio, nel caso dell'Ospedale F. Grifoni, posto lungo la strada di accesso del Comune di Amatrice, nel Reatino, sono state rilevate due parti costituenti completamente diverse (vedi Figura 8): il nucleo più vecchio dell'Ospedale, avente tre piani fuori terra, era realizzato in muratura portante, mentre la parte di più recente realizzazione, con circa sei piani fuori terra, era costituito da una struttura in c.a. A seguito della prima sequenza sismica del 24 agosto, la parte in muratura ha riportato estesissimi danni ai componenti non-strutturali (soffitte, tramezzature interne, ribaltamento di mobiletti, apparecchiature mediche) e significativi danni anche alle murature portanti (vedi Figura 8a), specialmente lungo il perimetro esterno. La parte dell'Ospedale Grifoni costituita da struttura in c.a., ha riportato, dopo il primo evento danni limitati alle pareti di tompagno, architravi di legno e nester con estesi danni alle componenti non-strutturali interne (vedi Figura 8c). Si precisa che non è stato possibile procedere per questo complesso ospedaliero ad un completo esame dei danni alle componenti non-strutturali interne, in quanto l'intera struttura è stata sottoposta a sequestro giudiziario. Le informazioni raccolte sullo stato interno sono state quelle desunte dalla descrizione della locale postazione dei Vigili del Fuoco che avevano ispezionato in precedenza la struttura. La struttura ospedaliera, a seguito degli eventi sismici di ottobre 2016, è stata completamente demolita in quanto anche la parte in c.a. ha generato collassi parziali che hanno invalidato la sicurezza statica dell'intero complesso sanitario. Di particolare rilevanza è anche il caso dell'ospedale di Amandola, in provincia di Fermo, (vedi Figura 9) che si compone di numerosi corpi di fabbrica, di cui alcuni realizzati con struttura portante in muratura ed alcuni con struttura in c.a., di più recente costruzione. Tale struttura ospedaliera è stata inizialmente solo parzialmente chiusa ma, a seguito degli eventi di ottobre 2016 essa è stata totalmente chiusa al pubblico, restando solo attivi alcuni uffici amministrativi posti ai primi piani della struttura in c.a.



Figura 8

Danni rilevati all’Ospedale F. Grifoni di Amatrice a seguito del terremoto del 24 agosto 2016.

a) Parte con struttura portante in muratura: danneggiamento alle pareti perimetrali esterne.
b) Parte con struttura portante in c.a.: danneggiamento ai tompongi.

c) Parte con struttura in c.a.: danni rilevati agli elementi non strutturali lungo le facciate.

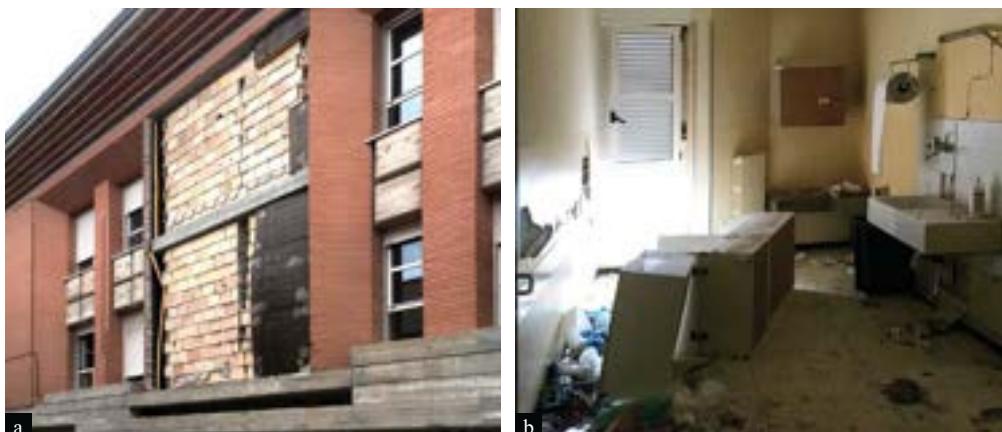


Figura 9

Danni rilevati all’Ospedale di Amandola a seguito degli eventi sismici di agosto 2016.

a) Parte con struttura portante in c.a.: danneggiamento alle pareti perimetrali esterne.
b) Parte con struttura portante in c.a.: collasso delle scaffalature.

c) Parte con struttura in c.a.: danni rilevati alle travi testaletto comuni a molti ambienti interni.



Dall’esame del danneggiamento riportato nella Figura 9 emerge chiaramente la struttura ha perso subito la funzionalità dal momento che, come si vede per esempio dalla Figura 9a, sono prevalentemente i paramenti esterni della muratura a doppia fodera ad essere collassati fuori piani. Peraltra va rilevato che nel caso di specie, la soluzione tecnologica adottata per la realizzazione della fodera in mattoni esterne è del tutto inadeguata, tenuto conto anche della snellezza geometrica della fodera

stessa. Non sono, infatti presenti collegamenti e fissi tra il paramento esterno e quello interno ovvero tra la fodera e la struttura in c.a., sia in orizzontale che in verticale.

I dettagli costruttivi adottati per collegare i mobili alle pareti sono risultati altresì inadeguati (vedi Figura 9b) visto che gran parte delle attrezature interne si sono ribaltate o sono cadute sul pavimento.

Tutte gli ambienti destinati alle residenze sanitarie assistite (RSA) sono risultate, così come le stanze per le degenze, inagibili, già a seguito dell'evento sismico del 24 agosto 2016. Sono stati infatti rilevati diffusi stati fessurati, accompagnati anche da numerosi distacchi di intonaco e suppellettili connesse, alle pareti divisorie interne realizzate con blocchi di laterizio forato (vedi Figura 9c). In tal caso, tenuto conto che la struttura in c.a. presenta un comportamento di tipo mensolare, per la presenza di pilastri e travi prevalentemente a spessore, e quindi caratterizzato da notevole deformabilità laterale, le deformazioni indotte dalle componenti orizzontali del sisma hanno causato notevoli spostamenti di interpiano e conseguenti rotture delle tramezzature interne alla struttura. Le sale operatorie, poste nella parte dell'ospedale con struttura in c.a., non hanno avuto distacchi o grossi danni alle lampade scialitiche. Presso la struttura ospedaliera di Amandola sono stati successivamente agli eventi sismici di ottobre 2016 eseguiti ulteriori sopralluoghi che hanno evidenziato la presenza di interventi temporanei con cinture di protezione in materiale sintetico per evitare il ribaltamento di tutti i paramenti esterni delle pareti delle facciate. L'Ospedale non è risultato operativo a seguito degli eventi di ottobre 2016.

I sopralluoghi eseguiti in altri ospedali dell'area marchigiana, per esempio nei presidi di Camerino, San Severino Marche e Tolentino, hanno evidenziato un assenza quasi totale di danneggiamento alle parti strutturali e limitatissimi danneggiamenti ai componenti non-strutturali sensibili agli spostamenti, a valle del terremoto di agosto 2016. Con gli eventi sismici successivi, alcune strutture sono state completamente chiuse anche in questo caso, in quanto oltre ai danni ai componenti non strutturali si è rilevato un diffuso stato di danneggiamento anche alle parti strutturali, in particolare alle travi ed alle colonne; tale per esempio è stato il caso dell'Ospedale San Salvatore di Tolentino

3.4 Edifici storici ed ecclesiastici

Le statistiche condotte a valle degli innumerevoli sopralluoghi effettuati hanno evidenziato che gli edifici storici ed ecclesiastici sono tra quelli che maggiormente hanno risentito del sisma, come dimostrato dall'elevato numero di inagibilità riscontrate. Gli edifici storici ed ecclesiastici sono spesso caratterizzati dalla presenza di volte non-strutturali in camorcanna sulla cui superficie interna sono presenti affreschi di notevole valore artistico. Le volte in camorcanna sono una tipologia costruttiva caratteristica della zona colpita dal sisma; esse sono realizzate da stuoie di canne intrecciate ed ancorate a centinature in legno a loro volta collegate alle travi dei solai o alle murature perimetrali (Figura 10). All'estradosso è steso un intonaco di calce e gesso applicato in via liquida per garantire la sua infiltrazione tra le canne.

Numerosi danni sono stati riscontrati a questa tipologia di volta a causa dell'interazione tra le volte e gli elementi strutturali a cui esse sono collegate. La frequente presenza di molle nei supporti verticali che sostengono le volte ha generalmente garantito una buona risposta nei confronti delle azioni verticali; tuttavia, il diretto collegamento non le strutture ha scaturito notevoli danni a seguito dovuti alle azioni orizzontali (Figura 11).

Un altro tipico danneggiamento osservato negli edifici storici, e in particolare in quelli ecclesiastici, è relativo al distacco di stucchi e ornamenti presenti all'interno delle strutture (Figura 12). La caduta di questi elementi può seriamente compromettere l'incolumità degli occupanti a causa del loro peso non trascurabile. In caso di elementi molto sporgenti e pesanti i danni sono tipicamente connessi alle accelerazioni di piano; allo stesso tempo, anche le deformazioni e fessurazioni strutturali, riducendo il grado di vincolo, possono contribuire al distacco di questi elementi.

Figura 10
Esempio di volte in camorcanna.





Figura 11
Tipici danni alle volte in camorcanna.



Figura 12
Distacco di stucchi ed ornamenti.

Se all'interno della struttura una delle principali cause di pericolo per i incolumità degli occupanti è rappresentata dalla caduta di stucchi e ornamenti, all'esterno seri problemi possono essere provocati dal ribaltamento di appendici quali ad esempio le vele presenti in alcune strutture storiche ed in molte chiese. In Figura 13a è riportato un tipico esempio di danneggiamento delle vele campanarie connesso al distacco di elementi di muratura che compongono l'arco della vela. Il rinforzo delle appendici riportato in Figura 13b è un classico esempio di come prevenire il ribaltamento delle appendici garantendo dei vincoli supplementari che impediscono le oscillazioni fuori dal piano. Il provvedimento riportato in Figura 13b è stato realizzato a seguito della prima scossa sismica e ha garantito un buon comportamento a seguito delle scosse successive. In realtà, come nel caso degli edifici residenziali, anche per questa tipologia di edifici sono stati riscontrati significativi problemi dovuti alla caduta dall'alto di tegole.

3.5 Edifici industriali

I danni osservati agli edifici industriali hanno riguardato numerose tipologie di elementi non-strutturali. Ai danni riportati dalle tamponature si associano quelli relativi ai rivestimenti esterni presenti in un gran numero di edifici (Figura 14a). Anche i danni alle controsoffitte sono stati osservati in molti edifici; in questo caso sono state spesso riscontrate tipologie di controsoffitte realizzate mediante pannelli in c.a. di notevoli dimensioni (Figura 14b). Il danneggiamento di questi elementi è ancora una volta connesso all'assenza di adeguati collegamenti tra il sistema di controsoffitte e la struttura.

I danni alle tubazioni rappresentano un altro classico esempio di danneggiamento che è stato rilevato nelle strutture industriali e che può seriamente compromettere l'operatività delle strutture e la continuità nella catena produttiva (Figura 15). I danni riscontrati sono ancora una volta conseguenza della mancanza di adeguati dettagli costruttivi, come ad esempio l'utilizzo di opportuni sistemi di controventatura per attenuare le vibrazioni e ridurre gli spostamenti; in particolar modo in corrispondenza di cambi di direzione delle tubazioni. Un'altra problematica riscontrata negli impianti riguarda l'assenza di giunti flessibili in corrispondenza di attraversamenti di murature o di giunti strutturali. I danni sono spesso concentrati in corrispondenza dei giunti di tubazione che, come osservato anche durante delle indagini sperimentali (Tian, 2014), rappresentano il punto critico degli impianti. Nel contesto Italiano ed Europeo non sono fornite specifiche indicazioni atte a ridurre gli spostamenti e le accelerazioni a cui sono soggette le tubazioni; per tale motivo utili riferimenti sono costituiti dalla normativa americana FEMA E-74 (2012) e dalla NFPA

Figura 13

Comportamento sismico di appendici e vele presenti in edifici storici ed ecclesiastici.
a) Danni alle vele campanarie.
b) Conformato di appendici in edifici storici.



Figura 14

Tipici danneggiamenti osservati in edifici industriali.
a) Danneggiamento di rivestimenti esterni.
b) Danneggiamento di controsoffitte pesanti.



13 (2010) nel caso specifico degli impianti sprinkler. Tali normative forniscono specifiche indicazioni in merito alla progettazione del sistema di supporto e agli interassi massimi da rispettare per i supporti longitudinali, trasversali e verticali.

Le scaffalature rappresentano un elemento fondamentale negli edifici industriali. In Figura 16a è riportata la conseguenza del collasso delle scaffalature in un edificio industriale adibito alla produzione di oggetti in ceramica. Come si può notare, le perdite economiche connesse al collasso delle scaffalature sono ingenti e non sono solo connesse alla rottura della scaffalatura ma in particolar modo alla perdita del materiale stoccati al suo interno. Allo stesso tempo sono stati anche osservati esempi di buona pratica progettuale, come riportato in Figura 16b. In questo caso l'adozione di adeguate connessioni alla base e di controventi tra i montanti verticali hanno garantito delle buone prestazioni sismiche prevenendo sia la rottura della scaffalatura

Figura 15

Tipici danni alle tubazioni.





a



b

Figura 16
Prestazioni sismiche delle scaffalature in edifici industriali.
a) Perdite dovute al collasso di una scaffalatura.
b) Scaffalature con adeguati dettagli antisismici.



Figura 17
Esempio di danneggiamento di un recipiente in azienda agricola.

che il danneggiamento del materiale al suo interno.

Un altro aspetto molto importante riguarda il comportamento degli elementi impiantistici e dei serbatoi/recipienti. In Figura 17 è riportato il danneggiamento di un recipiente utilizzato per lo stoccaggio del fertilizzante in una azienda agricola. Il danneggiamento di tale serbatoio è prevalentemente dovuta alle inadeguate connessioni alla base e all'assenza di adeguati controventi.

4. Conclusioni

La valutazione delle perdite a seguito di un evento sismico, così come l'immediata operatività nell'emergenza post-sisma, sono significativamente influenzate dalle prestazioni degli elementi non-strutturali. Nel presente lavoro sono stati brevemente descritti i principali danneggiamenti osservati negli elementi non-strutturali a seguito della sequenza sismica avvenuta nel Centro Italia tra agosto e ottobre 2016. I danni riscontrati sono la diretta conseguenza dell'assenza di una adeguata progettazione sismica degli elementi non-strutturali dovuta, in buona parte, all'assenza nel contesto Italiano ed Europeo di adeguati codici normativi che forniscano delle chiare linee guida nella progettazione degli interventi di mitigazione del rischio. I danni osservati hanno riguardato differenti tipologie di elementi non-strutturali; a partire dai danni alle tamponature, sono stati osservati comunque danni anche ai sistemi di controfattura, alle scaffalature, agli stucchi ed ornamenti, alle canne fumarie ed alle appendici. Dai rilievi effettuati è stato riscontrato che qualora siano stati adottati degli idonei accorgimenti di mitigazione del rischio, questi hanno risposto adeguatamente consentendo la prevenzione del danneggiamento degli elementi non-strutturali. Sulla base di queste considerazioni appare evidente che sia gli enti legislativi che i professionisti debbano prendere atto dell'esistenza di tale problematica e soprattutto valutare caso per caso la necessità di adottare provvedimenti specifici per la protezione sismica degli elementi non-strutturali, in particolarmente nel caso delle strutture strategiche, quali, per esempio, le strutture sanitarie, le scuole, le caserme e tutti gli edifici adibiti a sedi di protezione civile.

Negli ultimi anni la ricerca teorico-sperimentale ha fatto significativi passi in avanti, mettendo a disposizione della comunità scientifica e dei tecnici progettisti utili strumenti per lo studio delle prestazioni sismiche degli elementi non-strutturali; nonostante questo, sono necessari ulteriori sforzi per introdurre nella consueta pratica professionale la progettazione sismica degli elementi non-strutturali.

Bibliografia

- AWCI (2015) - Code of practice for design, installation and seismic restraint of suspended ceiling, Association of Wall & Ceiling Industries, New Zealand.
- R.E Bachman (2004) - The ATC 58 Project, Plan for Non-structural Components, Performance-Based Seismic Design: Concepts and Implementation, Peer Report 2004/05, Pacific Engineering Research Centre, University of California, Berkeley, California.
- H. Badillo-Almaraz, A.S. Whittaker, A.M. Reinhorn, G.P. Cimellaro (2006) - Seismic fragility of suspended ceiling systems, Report MCEER-06-0001.
- F. Braga, V. Manfredi, A. Masi, A. Salvatori, M. Vona (2011) - Performance of non-structural elements in RC buildings during the L'Aquila, 2009 Earthquake, Bulletin of Earthquake Engineering 9:307-324.
- C. Casarotti (2016) - Rapporto attività svolta nell'ambito dell'emergenza sismica in centro Italia a seguito degli eventi del 24/08/2016, Report EUCENTRE, Pavia, Italy.
- E. Cosenza, L. Di Sarno, G. Maddaloni, G. Magliulo, C. Petrone (2015) - Shake table tests. For the seismic fragility evaluation of hospital rooms, Earthquake Engineering and Structural Dynamics 44 (1) (2015) 23-40.
- L. Di Sarno, C. Petrone, G. Magliulo, G. Manfredi (2015) - Dynamic response analysis of typical medical components. Engineering Structures 100(1) (2015) 442-454.
- M. Ercolino, C. Petrone, O. Coppola, G. Magliulo (2012) - Report sui danni registrati a San Felice sul Panaro (Mo) in seguito agli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 v1.0, available online: <http://www.reluis.it/> (2012).
- FEMA E-74 (2012) - Reducing the risks of nonstructural earthquake damage - A practical guide, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- A. Filiatrault, T.J. Sullivan (2014) - Performance-based seismic design of nonstructural building components: The next frontier of earthquake engineering, Earthquake engineering and earthquake vibration 13 (1) (2014) 17-46.
- I. Iervolino, G. Baltzopoulos, E. Chioccarelli, A. Suzuki (2016) - Preliminary study on strong motion data of the 2016 Central Italy seismic sequence V6, ReLUIS-INGV Workgroup, available at <http://www.reluis.it>.
- C Kircher (2003) - It makes Dollars and Sense to Improve Non-structural System Performance, ATC-29-2.
- A. Masi, G. Santarsiero, L. Di Sarno (2015) - La sicurezza sismica delle strutture ospedaliere: Valutazioni di vulnerabilità e strategie di intervento, Ingenio N.29 gennaio 2015, ISSN:2307-8928.
- M. Michele, R. Di Stefano, L. Chiaraluce, M. Cattaneo, P. De Gori, G. Monachesi, D. Latorre, S. Marzorati, L. Valoroso, C. Ladina, C. Chiarabba, V. Lauciani, M. Fares (2016) - The Amatrice 2016 seismic sequence: a preliminary look at the mainshock and aftershocks distribution, Annals of geophysics, DOI:10.4401/ag-7277.
- E. Miranda, G. Mosqueda, G. Retamales, G. Peckan (2012) - Performance of nonstructural components during the 27 February 2010 Chile Earthquake, Earthquake Spectra 28(S1): S453-S471.
- P. Morandi, R. Milanesi, R. G. Magenes (2017) - Innovative seismic solution for clay masonry with sliding joints: principles and details, Proceeding of the 16 World Conference on Earthquake Engineering, Chile.
- NFPA (2010) - NFPA 13: Automatic Sprinkler Systems Handbook, National Fire Protection Association Quincy, MA.
- A. Pavese, I. Lanese, R. Nascimbene (2016) - Seismic vulnerability assessment of an inclined reinforced concrete frame structure designed for gravity loads, Journal of earthquake engineering, DOI: 10.1080/13632469.2016.1172372.
- D. Perrone, M. Leone, M.A. Aiello (2016) - Evaluation of the influence on the elastic period of existing RC frames, Engineering Structures 123: 419-433.
- D. Perrone, R. Nascimbene (2017) - Performance sismiche degli elementi non-strutturali: considerazioni sulla domanda sismica e sui dati sperimentali attualmente disponibili, Progettazione sismica Vol.8, N.1, Anno 2017. DOI 10.7414/PS.8.1.49-58 -<http://dx.medra.org/10.7414/PS.8.1.49-58>.
- A. Pourali, R.P. Dhakal, G.A. MacRae (2015) - Shake table tests of perimeter-fixed suspended ceilings, Proceeding of the 2015 NZSEE Conference, New Zealand.
- S. Pujol, D. Fick (2010) - The test of a full-scale three-story RC structure with masonry infill walls, Engineering Structures 32(10):3112-3121.
- K. Sassun, T.J. Sullivan, P. Morandi, D. Cardone (2015) - Characterising the in-plane seismic performance of infill masonry, Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering 49(1).
- Y. Tian, A. Filiatrault, G. Mosqueda (2014) - Experimental Seismic Fragility of Pressurized Fire Suppression Sprinkler Piping Joints, Earthquake Spectra 30(4):1733-1748.
- F. Zareian, C. Sampere, V. Sandoval, D.L. McCormick, J. Moehle, R. Leon (2012) - Reconnaissance of the Chilean Wine Industry Affected by the 2010 Chile Offshore Maule Earthquake, Earthquake Spectra 28(S1):S503-S512.

Gli Autori

Daniele Perrone

Daniele Perrone è assegnista di ricerca Post-Doc presso l'Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia (IUSS Pavia). Si è laureato nel 2010 in Ingegneria Civile e ha conseguito il dottorato di ricerca in Ingegneria dei Materiali e delle Strutture nel 2013 presso l'Università del Salento. La sua attività di ricerca è prevalentemente rivolta alla valutazione della domanda sismica sugli elementi non strutturali e alla valutazione della loro fragilità sismica nonché allo studio del comportamento sismico delle strutture esistenti in c.a. e muratura. Dal 2016 è membro dell'associazione SPONSE (International Association for the seismic performance of non-structural elements).

Roberto Nascimbene

Laureato in Ingegneria Civile presso l'Università di Pavia, ha conseguito il Dottorato nel 2003 in Soil Modelling for maximal speed optimum design presso la medesima Università. All'interno del Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica (Eucentre) di Pavia è responsabile dell'area di ricerca Analisi Strutturale e della Formazione Professionale. È inoltre Docente incaricato presso la Facoltà

di Ingegneria dell'Università di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura e membro del Consiglio dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia per il quadriennio 2013-2017. Ha pubblicato numerosi articoli su rivista ed a convegni nazionali ed internazionali, di cui è stato anche relatore, ed è coautore del libro *Progettare i gusci* (ISBN 978-88-6198-061-7). Svolge le attività di relatore in seminari e corsi in svariati ambiti fra i quali analisi, modellazione e verifiche sismica di edifici esistenti in c.a., codici normativi internazionali per le strutture, analisi della vulnerabilità sismica dei serbatoi in acciaio.

Luigi Di Sarno

Laureato in Ingegneria Edile presso l'Università di Napoli, ha conseguito il Dottorato nel 2001 in *Vibration Control of High-Rise Buildings Under Environmental Actions* presso l'Università degli Studi di Salerno. Ha ottenuto il Master of Science in Earthquake Engineering and Structural Design (nel 2000) ed il Master in Structural Steel Design (nel 2001) presso l'Imperial College of Science, Technology and Medicine di Londra, UK. Ha poi svolto un'attività biennale di Post-Dottorato all'University of Illinois a Urbana-Champaign, USA. Nel 2003 è risultato vincitore in Italia di un assegno di ricerca dell'ENEA sullo studio di nuovi materiali e tecnologie per la mitigazione del rischio sismico del patrimonio costruito. Dal 2005 è in servizio presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi del Sannio, Benevento, come Ricercatore di Tecnica delle Costruzioni. È co-autore del libro *Fundamentals of Earthquake Engineering*, pubblicato, in seconda edizione, nel 2015 da Wiley and Sons, UK. Ha pubblicato oltre 200 articoli su rivista, convegni nazionali ed internazionali, di cui è stato anche relatore. Svolge le attività di relatore in seminari e corsi aventi ad oggetto analisi, modellazione e verifiche sismica di edifici esistenti in c.a., strutture metalliche e composte acciaio-calcestruzzo, sistemi di isolamento sismico e dissipazione, soprattutto per strutture ed infrastrutture strategiche, componenti non strutturali ospedalieri.



6DLAB Eucentre

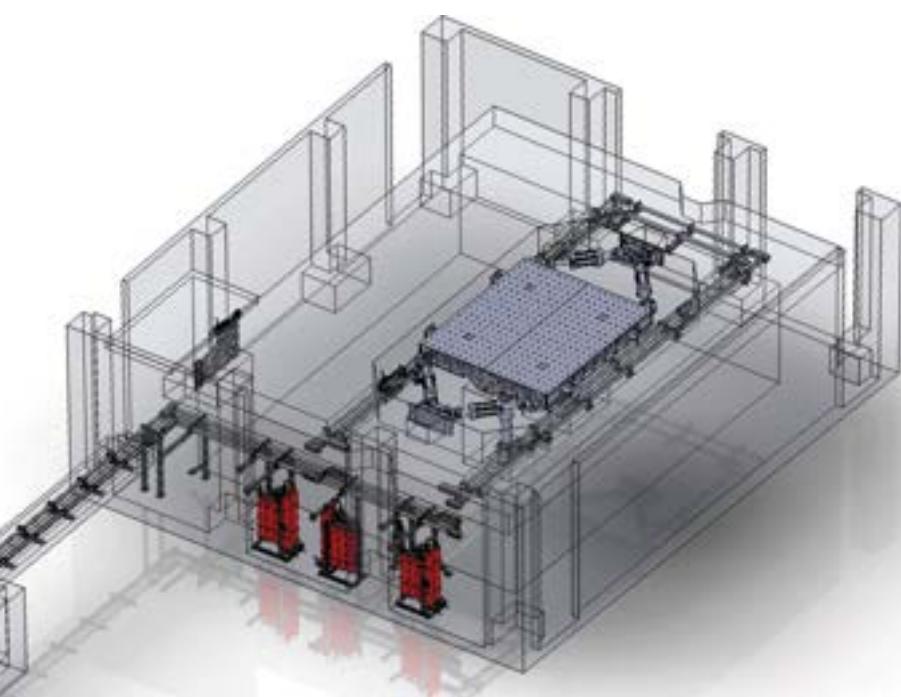
Eucentre ha progettato e realizzato un importante ampliamento dei suoi laboratori, che prevede l'installazione di una nuova tavola vibrante, sviluppata principalmente per l'esecuzione di prove dinamiche su elementi non strutturali o di test sismici su sistemi strutturali di massa limitata. Le prestazioni di questa struttura di prova saranno progressivamente incrementate dai 4 gradi di libertà attuali fino ai 6 gradi di libertà della fase evoluta.

Dati tecnici Tavola Vibrante 4 gradi di libertà

Spostamento in X	+/- 250 mm
Spostamento in Z	140 mm
Massa massima per provino	30 ton
Velocità di Picco	0,5 m/sec
Forza di Picco in X	2000 kN

Dati tecnici Tavola Vibrante 6 gradi di libertà

Spostamento in X	+/- 500 mm
Spostamento in Y	+/- 500 mm
Spostamento in Z	140 mm
Massa massima per provino	30 ton
Velocità di Picco	2,0 m/sec
Forza di Picco in X e Y	1400 kN



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.

www.eucentre.it

Comportamento degli edifici in muratura nella sequenza sismica dell'Italia centrale del 2016 - Parte 1: Quadro generale

Performance of masonry buildings in the seismic sequence of Central Italy 2016 - Part 1: Overview

Alfredo Fragomeli¹, Alessandro Galasco¹, Francesco Graziotti², Gabriele Guerrini², Stylianos Kallioras³, Guido Magenes^{1,2}, Daniele Malomo², Martina Mandirola¹, Carlo F. Manzini¹, Beatrice Marchesi¹, Riccardo R. Milanesi², Paolo Morandi¹, Andrea Penna^{1,2}, Andrea Rossi³, Annalisa Rosti², Maria Rota¹, Ilaria E. Senaldi², Umberto Tomassetti², Serena Cattari⁴, Francesca da Porto⁵, Luigi Sorrentino⁶ ■

Sommario

La sequenza sismica del 2016-2017 dell'Italia centrale ha avuto inizio il 24 agosto 2016, seguita da altri tre eventi principali, l'ultimo dei quali avvenuto il 18 gennaio 2017. Questa sequenza ha provocato danni significativi in una porzione molto vasta dell'Italia centrale, a cavallo tra le quattro regioni di Lazio, Umbria, Marche e Abruzzo. Nella zona colpita, le strutture in muratura costituiscono una porzione significativa del costruito esistente. Questo articolo ha l'obiettivo di descrivere e commentare il comportamento sismico degli edifici residenziali in muratura ordinaria, partendo da un'analisi critica dei danni osservati in seguito agli eventi della sequenza sismica. Nell'area interessata, che è caratterizzata da una storia sismica densa di eventi di elevata intensità, il costruito esistente è caratterizzato prevalentemente da edifici in muratura di pietra con orizzontamenti lignei e/o volte. A causa di eventi sismici relativamente frequenti anche nel recente passato (Valnerina 1979, Umbria-Marche 1997, L'Aquila 2009), in diversi edifici si è potuta riscontrare la presenza di interventi di consolidamento e presidi antisismici, che hanno in alcuni casi limitato il danneggiamento. Tuttavia, le proprietà spesso scadenti dei materiali utilizzati (malte) e un livello di manutenzione inadeguato di vecchi edifici, spesso non abitati in modo continuativo, hanno determinato un comportamento sismico largamente insoddisfacente in molti siti. Sotto questo aspetto, si è riscontrata anche una sistematica differenza tra i danni subiti da comuni, anche vicini, ma appartenenti a regioni diverse, con una diversa storia. Come in altri eventi recenti, gli edifici moderni in muratura, sia pure in numero limitato nella zona, hanno mostrato danni molto limitati.

Parole chiave: vulnerabilità, progettazione sismica, interventi di consolidamento, muratura di pietra, muratura di mattoni, muratura in blocchi.

Abstract

The seismic sequence of 2016-2017 in central Italy started on the 24th of August 2016. This event was followed by three other main events, the last of which occurred on the 18th of January 2017. This sequence induced severe damage in a very wide area of central Italy, spanning across the four regions of Lazio, Umbria, Marche and Abruzzi. Masonry structures constitute a significant percentage of the building stock in the affected area. This paper aims at describing and commenting the seismic behavior of residential unreinforced masonry buildings, starting from a critical analysis of the damages observed after the seismic events of the sequence. The existing building stock of the area is mainly characterized by stone masonry buildings with wooden floors and/or with vaults. Thanks to the occurrence of relatively frequent seismic events of significant intensity even in the recent past (Valnerina 1979, Umbria-Marche 1997, L'Aquila 2009), the damage in several buildings was limited by the presence of strengthening intervention or aseismic devices. However, in many sites, the seismic behavior was largely unsatisfactory, due to the use of very poor materials (mortar) and due to the inadequate maintenance conditions of old buildings. Along these lines, significant differences could be observed in the damage level occurred in nearby municipalities, belonging to different regions, with a different history. Similarly to what occurred in other recent events, very limited damage was instead observed in case of modern masonry buildings, although they are only few in the affected area.

Keywords: Vulnerability, seismic design, strengthening, stone masonry, brick masonry, block masonry.

¹ Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica - Eucentre, Pavia.

² Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università degli Studi di Pavia, Pavia.

³ Programma ROSE, UME School, IUSS, Pavia, Italy.

⁴ Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale, Università degli Studi di Genova, Genova.

⁵ Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Pavia, Padova.

⁶ Dipartimento di Ingegneria Struturale e Geotecnica, Sapienza Università di Roma, Roma.

1. Introduzione

La sequenza sismica che ha interessato l'Italia centrale nel 2016 ha avuto inizio il 24 agosto, con un terremoto di magnitudo momento M_w 6.0 con epicentro localizzato nel comune di Accumoli. Questo evento è stato seguito da innumerevoli altre scosse, di cui le principali sono avvenute il 26 ottobre in prossimità di Castelsantangelo sul Nera (M_w 5.9), il 30 ottobre vicino a Norcia (M_w 6.5) e il 18 gennaio 2017 in prossimità di Capitignano (M_w 5.5). La Figura 1 riporta le mappe di scuotimento in accelerazione massima del terreno (PGA) prodotte dall'Istituto Nazionale di Geoscienza e Vulcanologia (<http://shakemap.rm.ingv.it>) per le quattro scosse di cui sopra, mentre Figura 2 riporta le corrispondenti mappe di scuotimento in intensità strumentale Mercalli Cancani Sieberg (MCS, ottenute applicando le relazioni di conversione di Faenza and Michelini, 2010, 2011).

La sequenza sismica ha prodotto danni consistenti in una zona molto ampia dell'Italia centrale, interessando ben quattro diverse regioni: Lazio, Umbria, Marche e Abruzzo.

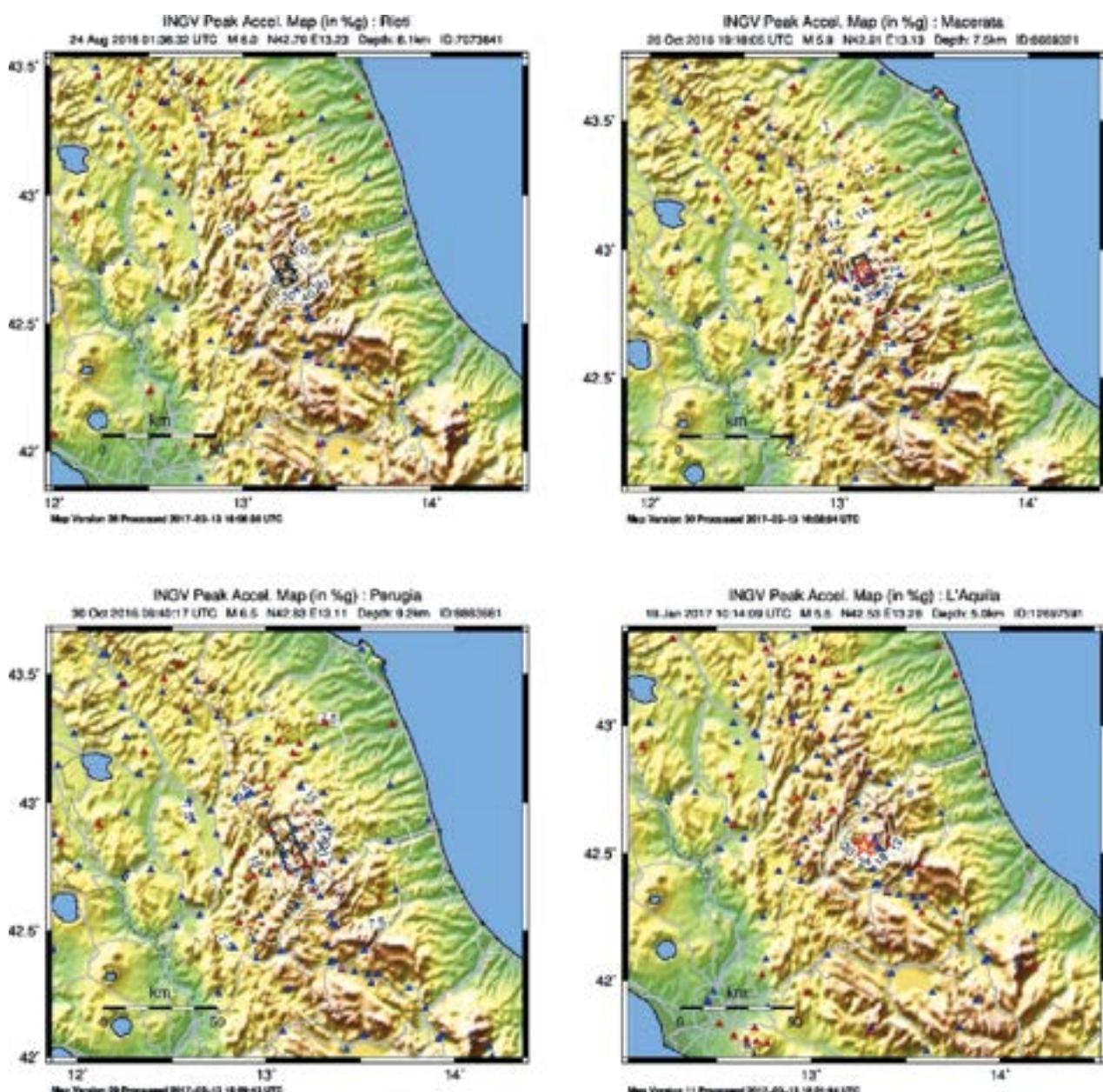
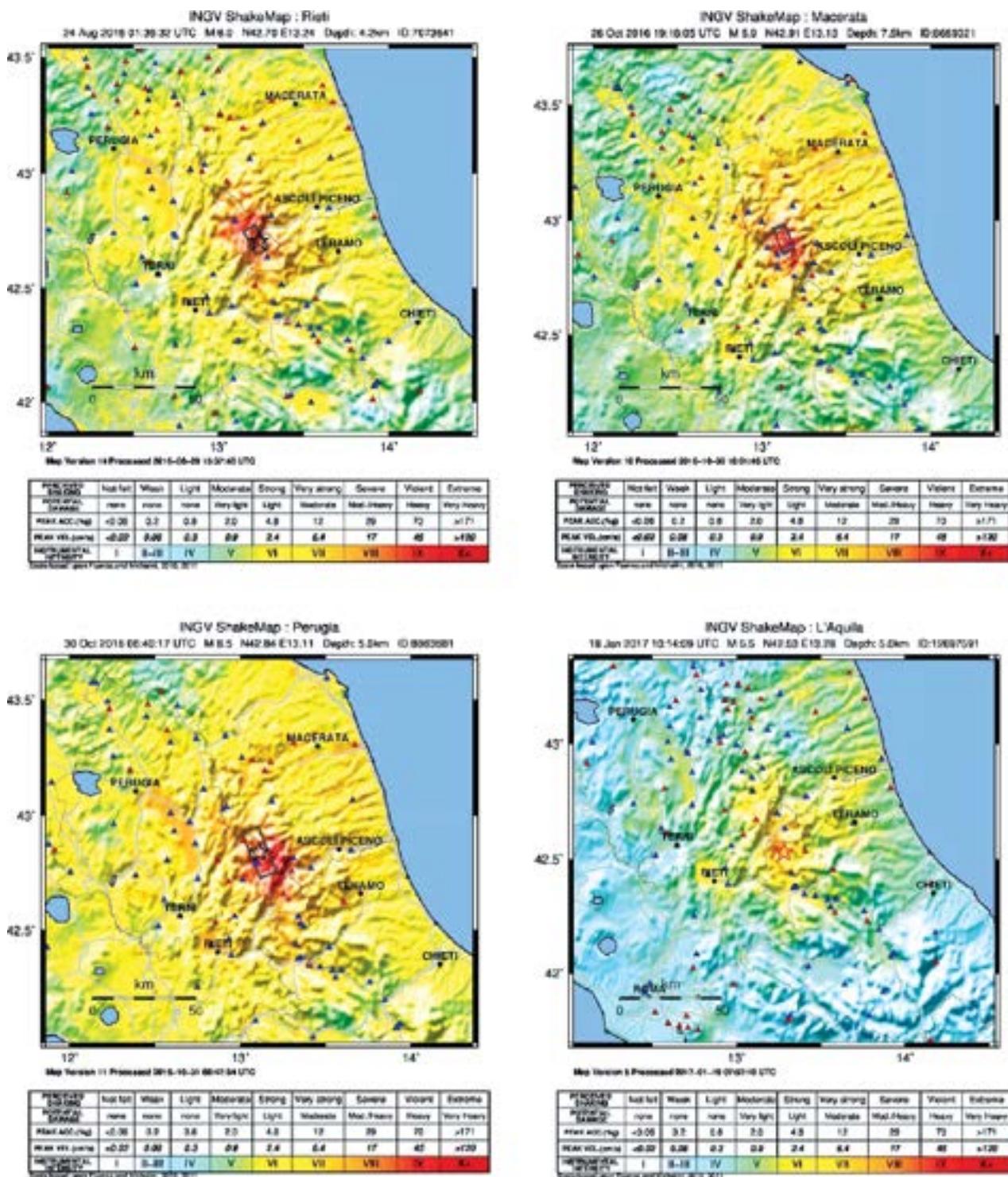


Figura 1

Mappe di scuotimento in PGA per i quattro eventi principali della sequenza: M_w 6.0 del 24 agosto 2016, M_w 5.9 del 26 ottobre 2016, M_w 6.5 del 30 ottobre 2016 e M_w 5.5 del 18 gennaio 2017 (<http://shakemap.rm.ingv.it>).

**Figura 2**

Mappe di scuotimento in intensità strumentale MCS per i quattro eventi principali della sequenza: M_w 6.0 del 24 agosto 2016, M_w 5.9 del 26 ottobre 2016, M_w 6.5 del 30 ottobre 2016 e M_w 5.5 del 18 gennaio 2017 (<http://shakemap.rm.ingv.it>).

Dopo la prima scossa del 24 agosto, dopo le scosse del 26 e 30 ottobre e dopo la scossa del 18 gennaio, sono stati effettuati rilievi macroseismici, al fine di attribuire ad ogni località colpita da ciascun evento sismico un valore di intensità, secondo la scala macroseismica europea (EMS, Grünthal 1998). Tali valori sono riportati in Tabella 1, per le località maggiormente colpite dalle scosse di agosto e di ottobre, mentre non si riportano i risultati del rilevo effettuato dopo la scossa di gennaio (Arcoraci et al., 2017), in quanto non sono riportati valori aggiornati per le località in Tabella 1.

La tabella mostra come il danno sia divenuto via via più severo al procedere della sequenza, come dimostrato dai valori progressivamente crescenti dell'intensità macrosismica attribuita ai diversi comuni. Per esempio, alla località di Castelluccio di Norcia, era stata assegnata una intensità macrosismica di VI-VII dopo la scossa di agosto, che è diventata pari a IX-X dopo le scosse di ottobre.

Tabella 1 - Valori di intensità macrosismica (EMS) osservata a seguito degli eventi del 24 agosto (Albini et al., 2016) e dopo le scosse del 26 e del 30 ottobre (Arcoraci et al., 2016) e valori di PGA e $S_a(0.3s)$, stimati a partire dalle mappe di scuotimento (<http://shakemap.rm.ingv.it>), per alcune delle località più colpite dai quattro eventi principali della sequenza sismica dell'Italia centrale.

Località	I EMS		PGA [g]				$S_a(0.3s)$ [g]			
	24/08	30/10	24/08	26/10	30/10	18/01	24/08	26/10	30/10	18/01
Amatrice	X	XI	0.59	0.07	0.36	0.36	1.03	0.17	0.54	0.55
Salletta (Amatrice)	X	-	0.78	0.10	0.43	0.18	1.59	0.23	0.70	0.33
Retrosi (Amatrice)	VIII	IX	0.47	0.06	0.32	0.29	0.78	0.14	0.48	0.46
Sant Angelo (Amatrice)	IX-X	-	0.73	0.08	0.38	0.24	1.32	0.19	0.58	0.38
San Capone (Amatrice)	-	-	0.77	0.10	0.41	0.16	1.55	0.22	0.71	0.28
Pescara d/T (Arquata d/T)	X	XI	0.43	0.18	0.50	0.12	0.82	0.27	1.03	0.15
Vezzano (Arquata d/T)	VII	VII-VIII	0.32	0.14	0.49	0.12	0.59	0.21	0.91	0.14
Arquata d/T	VIII-IX	IX-X	0.25	0.13	0.45	0.10	0.45	0.17	0.76	0.10
Illica (Accumoli)	IX	X-XI	0.76	0.11	0.51	0.13	1.54	0.23	0.94	0.25
Accumoli	VIII	X	0.76	0.11	0.50	0.12	1.54	0.23	0.94	0.28
Castelsantangelo s/N	-	IX	0.26	0.47	0.44	0.05	0.45	1.03	0.91	0.07
Castelluccio (Norcia)	VI-VII	IX-X	0.36	0.33	0.50	0.10	0.65	0.56	1.14	0.14
San Pellegrino (Norcia)	VII-VIII	IX-X	0.38	0.20	0.55	0.06	0.76	0.26	1.30	0.14
Preci	VI	VII-VIII	0.25	0.28	0.35	0.04	0.42	0.59	0.70	0.05
Camerino	-	VII-VIII	0.06	0.15	0.18	0.02	0.09	0.20	0.39	0.03
Tolentino	-	VII	0.09	0.10	0.10	0.02	0.15	0.16	0.33	0.04
Ussita	-	-	0.26	0.49	0.39	0.04	0.40	1.04	0.73	0.06
Pieve (Ussita)	-	VIII	0.26	0.51	0.39	0.04	0.40	1.04	0.73	0.06
Visso	VI	VIII-IX	0.25	0.50	0.42	0.04	0.41	0.95	0.68	0.05
Borgo S.Antonio (Visso)	-	VIII-IX	0.23	0.47	0.39	0.04	0.38	0.89	0.65	0.05
Of da	-	-	0.07	0.06	0.09	0.02	0.12	0.10	0.14	0.07
Falerone	V	V	0.07	0.07	0.06	0.04	0.12	0.12	0.12	0.07
Caldarola	-	VII-VIII	0.11	0.16	0.16	0.02	0.18	0.24	0.33	0.04
Amandola	VI	VII	0.09	0.17	0.11	0.01	0.13	0.21	0.19	0.02
Cossignano	-	-	0.04	0.03	0.05	0.02	0.08	0.06	0.11	0.04
Sarnano	V-VI	V-VI	0.08	0.13	0.11	0.36	0.13	0.21	0.21	0.02
Pieve Torina	-	VIII	0.13	0.28	0.28	0.18	0.30	0.30	0.46	0.04

La Tabella 1 riporta inoltre i valori di PGA e di accelerazione spettrale in corrispondenza di un periodo di 0.3 s ($S_a(0.3\text{ s})$), derivati dalle mappe di scuotimento prodotte dall'INGV per i comuni colpiti. Si osserva come la scossa del 24 agosto abbia prodotto valori di PGA compresi tra 0.04 g e 0.78 g, con valori di accelerazione spettrale a 0.3s compresi tra 0.08 g e 1.59 g. La scossa del 26 ottobre ha invece prodotto valori di scuotimento generalmente più bassi, con PGA tra 0.03 g e 0.51 g, con $S_a(0.3\text{ s})$ tra 0.06 g e 1.04 g. Tuttavia, in alcune località (ad es. Castelsantangelo sul Nera e Ussita), lo scuotimento è stato decisamente più severo di quello risentito il 24 agosto. La scossa del 30 ottobre ha prodotto PGA tra 0.05 g e 0.55 g, con $S_a(0.3\text{ s})$ tra 0.11 g e 1.3 g. Invece, la scossa del 18 gennaio ha generato un scuotimento più lieve, con PGA tra 0.01 g e 0.36 g e $S_a(0.3\text{ s})$ tra 0.02 g e 0.55 g per le località riportate in Tabella 1.

Secondo quanto riportato dai media, la scossa principale ha causato 241 vittime ad Accumoli e Amatrice e 51 ad Arquata del Tronto. Nonostante non siano state diffuse statistiche ufficiali al riguardo, la maggior parte delle vittime è legata ai danni e/o collassi di edifici in muratura ordinaria, la cui vulnerabilità è stata già messa in rilievo in altri terremoti italiani recenti, tra cui quello del 1997 in Umbria-Marche (Spence e D'Ayala 1999), quello del 2002 in Molise (Decanini et al. 2004), quello del 2009 a L'Aquila (D'Ayala and Paganoni 2011) e del 2012 in Emilia (Bracchi et al., 2012; Penna et al. 2014).

Questo articolo si concentra sulla valutazione del comportamento sismico degli edifici residenziali in muratura ordinaria, partendo da una descrizione del costruito delle aree colpite, per poi passare alla discussione ed interpretazione dei danni osservati. In particolare, si metteranno in rilievo le criticità emerse per quanto riguarda dettagli costruttivi e materiali utilizzati e l'effetto (in alcuni casi bene, in altri meno efficace) di interventi recenti di consolidamento a seguito di eventi sismici precedenti.

2. Caratteristiche degli edifici nelle zone colpite

Esaminando i dati rilevati dall'ultimo censimento ISTAT del 2011 nelle province appartenenti al cosiddetto cratere sismico, si può notare come la maggioranza degli edifici residenziali sia costituita da edifici in muratura portante con una percentuale che supera in media il 61% del totale di edifici censiti (Figura 3). Per quanto riguarda l'epoca di costruzione degli edifici residenziali, i dati censuali mostrati in Figura 3 indicano che la maggioranza degli edifici in muratura sono antecedenti al 1918 o costruiti in buona parte nel 1960, mentre gli edifici realizzati con struttura portante in cemento armato risalgono agli anni 70 e 80. Si tratta in maggioranza di edifici di due o tre piani di altezza, in media oltre il 40% e il 30% rispettivamente, e in generale in buono stato di conservazione (Figura 4).

Considerando alcuni tra i comuni più colpiti dagli eventi sismici dell'agosto e ottobre 2016, si nota come la presenza di edifici in muratura sia prevalente rispetto ad altre tipologie costruttive, con diffusione superiore al 85% per i comuni di Norcia, Visso, Amatrice e Accumoli, e che l'epoca di realizzazione sia antecedente al 1960 in media per il 60% degli edifici residenziali, di cui circa la metà antecedente i primi decenni del XX secolo (Figura 5).

Dall'elaborazione dei dati raccolti nei rilievi di agibilità post-sisma a seguito dei terremoti dell'Abruzzo del 1984, Umbria-Marche 1997 e L'Aquila 2009 (Rosti, 2016; Rosti et al., 2017), che hanno riguardato anche zone interessate dagli eventi sismici del 2016, è risultato che, su un campione di circa 150000 edifici rilevati, più dell'83% è costituito da strutture in muratura, di cui il 50.2% in muratura a tessitura irregolare o di cattiva qualità e di altezza inferiore ai 5 piani (Tabella 2 e Figura 6).

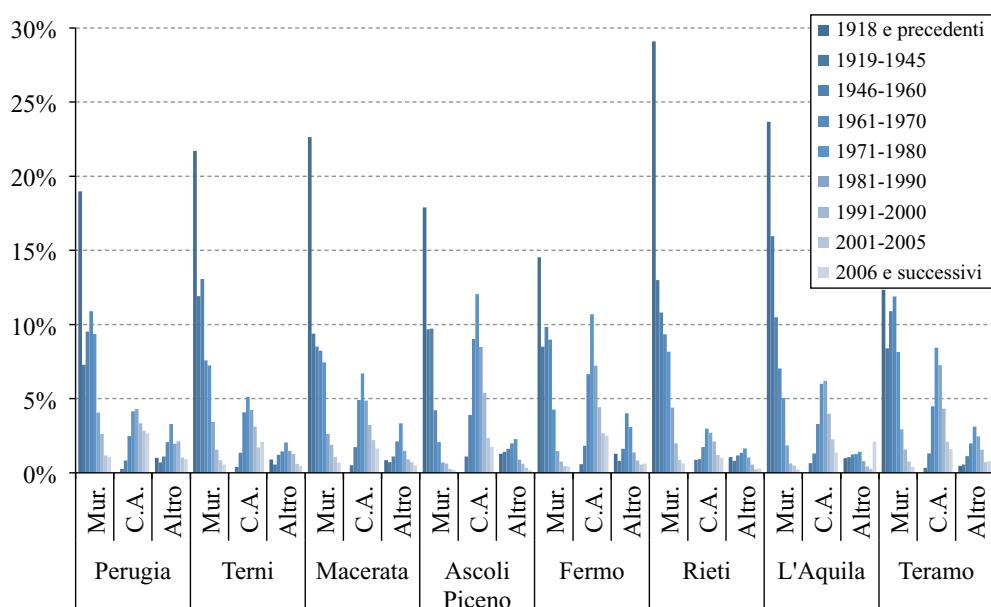


Figura 3
Censimento 2011: Tipologia costruttiva rispetto all'anno di costruzione a livello provinciale (ISTAT, 2011).

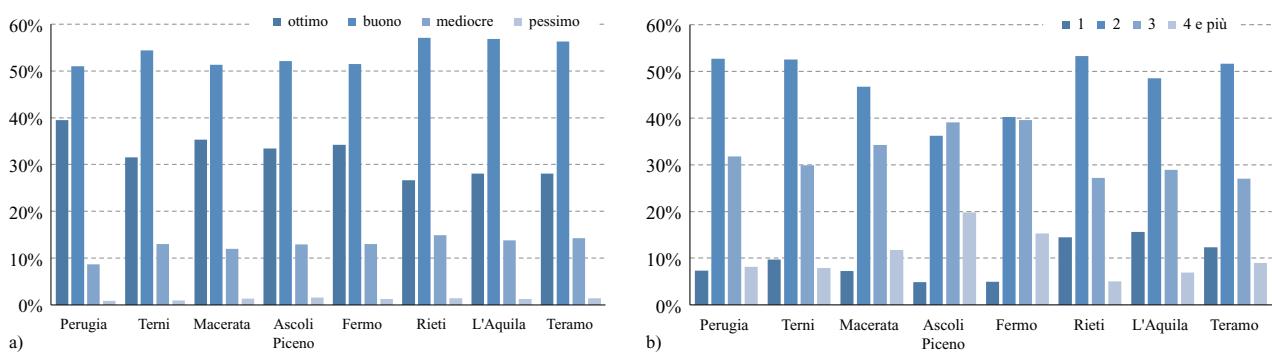


Figura 4
Suddivisione degli edifici della zona del cratere in funzione dello stato di conservazione (a) e del numero di piani fuori terra (b), a livello provinciale (ISTAT 2011) (in basso).

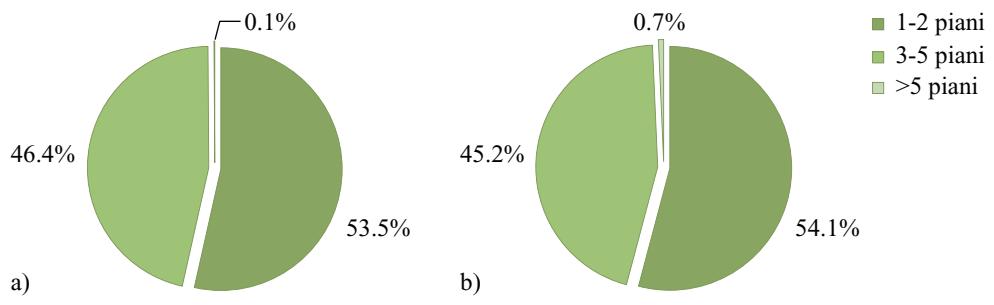
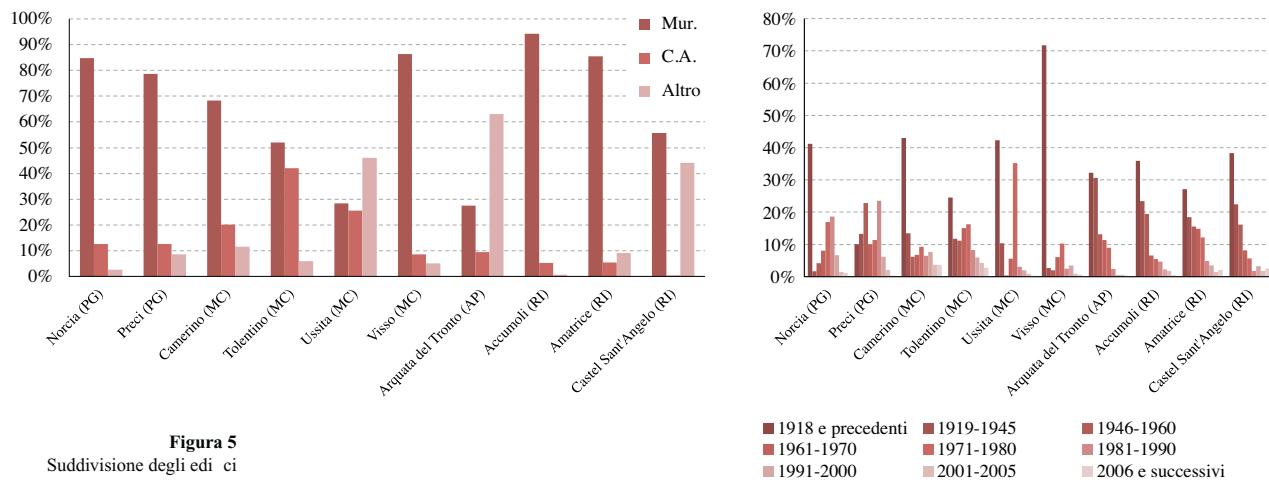


Tabella 2 - Sintesi dei dati raccolti nei rilievi di agibilità post-sisma in seguito ai terremoti di Abruzzo 1984, Umbria-Marche 1997 e L'Aquila 2009: elaborazione dei dati riguardo al numero di piani e tipologie costruttive.

Nº Piani	Mista	C.A.	Muratura a tessitura irregolare o di cattiva qualità	Muratura a tessitura regolare e di buona qualità	Acciaio
1-2	4286	6172	40757	26969	589
3-5	3397	10258	35331	22502	23
>5i	37	1015	79	346	1
Totali	7720	17445	76167	49817	613

Le località interessate dalla sequenza sismica del 2016 sono prevalentemente centri abitati di limitate dimensioni, con una popolazione spesso al di sotto dei 5000 abitanti. La loro collocazione su pendici o in sommità di rilievi collinari o montagnosi ha determinato lo sviluppo urbano nei secoli, con assetti viari in uenzati dalla morfologia del terreno, in alcuni casi di dimensioni ridotte e spesso con orientamento parallelo alle linee di pendenza. I centri storici sono generalmente costituiti da aggregati urbani lineari sorti seguendo l'andamento delle strade. All'interno dei centri storici convivono sia edifici in stato di forte degrado o abbandono preesistente, sia costruzioni che hanno subito interventi di manutenzione o consolidamento in seguito ad eventi sismici precedenti, come nel caso di Norcia e alcuni comuni limitrofi. Edifici di costruzione più recente sono il risultato dell'espansione intorno ai centri storici originari (Figura 7, a) o di un loro prolungamento lungo le direttive viarie principali (Figura 7 b) o, in genere, sono stati realizzati in aree adiacenti ma morfologicamente differenti (Figura 7 c).

I rilievi svolti dagli autori tra l'agosto 2016 e il maggio 2017 hanno confermato quanto le caratteristiche delle murature degli edifici siano eterogenee e dipendenti non solo dall'epoca di costruzione ma anche dal luogo in cui essi sorgono. Nei centri storici, gli edifici più antichi sono realizzati prevalentemente in muratura in pietrame disordinata o a conci sbizzarriti, con tessitura irregolare (Figura 8), in prevalenza costituiti da due o tre paramenti, soprattutto nei centri collocati tra i Monti della



Figura 7
Vista aerea dei comuni di:
(a) Norcia (PG);
(b) Amatrice (RI);
(c) Accumoli (RI) -
fonte: Google Earth.



Figura 8
Esempi di viste frontalì di
paramenti murari in pietra
con tessitura irregolare a
Castelsantangelo sul Nera (a)
e Amatrice, frazione Retrosi
(b).

Laga e la Valnerina. Gli elementi utilizzati sono generalmente non squadrati, di dimensioni variabili e forma irregolare, oppure ciottoli di ume (Figura 9 e Figura 10). Le murature sono spesso realizzate con leganti scadenti e con scarsità di diatoni di collegamento tra i paramenti stessi (Figura 10).

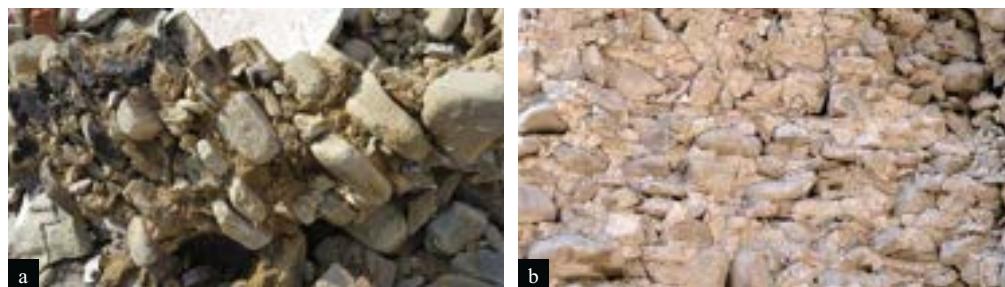


Figura 9
Sezione longitudinale di
paramenti murari in pietra
con tessitura irregolare
ad Amatrice, frazione
Sant Angelo (a) e Amatrice
(b).

Figura 10

Sezioni trasversali di paramenti murari in pietra con tessitura irregolare e malta con leganti di scarsa qualità (Amatrice, frazione Sant'Angelo).



Anche nei casi in cui la muratura in pietra sia di tessitura irregolare, si è notata la presenza di pietre cantonali, soprattutto negli edifici di testata degli aggregati urbani o in edifici isolati (Figura 11), la cui funzione è quella di garantire un migliore collegamento tra pareti disposte ortogonalmente tra loro. Murature in pietra con tessitura regolare e materiali di buona qualità, perlomeno nei paramenti esterni, sono stati utilizzati in edifici di particolare pregio o che rivestivano funzioni pubbliche o religiose. Nei centri abitati posti nelle zone collinari del Fermano e del Maceratese, gli edifici costruiti nel XIX secolo sono per la maggior parte caratterizzati da una muratura in mattoni pieni a più teste o a sacco (Figura 11) invece che in pietra. Per quanto concerne gli edifici costruiti nel XX secolo, è ricorrente l'uso di muratura in pietra listata (Figura 12) oppure realizzata con blocchi di pietra tenera, per esempio in tufo, per edifici costruiti nel secondo dopoguerra (spesso in presenza di solai in cemento armato come mostrato in Figura 12). Nelle aree di espansione, soprattutto tra il 1970 e il 1990 sono stati realizzati edifici con telai in cemento armato tamponati con muratura in blocchi di laterizio o di calcestruzzo aerato autoclavato (Figura 13).

Figura 11

Presenza di pietre cantonali ad Accumoli (a) e Preci (b); Muratura in mattoni pieni a sacco da (c).





a



b

Figura 12
(a) Muratura in pietra listata (Ilicca); (b) Muratura in blocchi di tufo (Amatrice, frazione Saletta).



a



b

Figura 13
Edifici con telaio in c.a. con tamponature in blocchi in laterizio pluristrato a Camerino (a) ed edifici con telaio in c.a. con tamponature in blocchi di calcestruzzo aerato autoclavato monostrofato (b), ad Amatrice.

Figura 14
Solai lignei: travi appoggiate su paramento interno ad Amatrice (a) e travi appoggiate sull'intera sezione muraria ad Accumoli (b); volte in muratura al piano terra di alcuni edifici di Amatrice (c) (in basso).



a



b



c

Per quanto riguarda gli edifici in pietra più antichi, i solai e i tetti sono generalmente realizzati con strutture lignee resistibili. Le travi lignee, nel caso di muratura in pietra, poggiano nella maggioranza dei casi sul paramento più interno, anche se sono state rilevate delle eccezioni (Figura 14). In alcuni centri abitati, come per esempio Amatrice, il piano terra degli edifici, spesso adibito a deposito o ad attività commerciali, è caratterizzato dalla presenza di volte in muratura (Figura 14). Negli edifici di pregio, come palazzi e ville, oltre che nelle chiese, l'uso di volte anche decorate, realizzate in muratura o in camorcanna, è più frequente (Figura 15).

Molte delle località interessate dalla sequenza sismica del 2016, in particolare sia Amatrice e i Monti della Laga, sia Norcia e la Valnerina, avevano già subito danni anche consistenti in seguito a diversi terremoti di cui si ha notizia a partire dal XIV secolo. Norcia è fra i primi esempi in Italia di normativa edilizia di tipo antisismico, varata a seguito del terremoto del 1859, in cui si danno disposizioni relative alla costruzione di nuovi edifici. La legge imponeva che le costruzioni non dovessero superare i due piani, le porte e le finestre dovesse essere realizzate secondo specifiche norme. Era necessario che

Figura 15

(a) Volte in muratura decorate a Tolentino (Palazzo Sangallo); (b) Volte non strutturali realizzate in camorcanna a Falerone.



il materiale da costruzione utilizzato fosse di ottima qualità: era proibito l'utilizzo dei ciottoli dei fiumi per le costruzioni e i muri dovevano avere spessore di almeno 60cm con profilo a scarpa (Reale et al., 2004). A seguito dell'entrata in vigore di tali norme, oltre a quelle successive, in comuni come Norcia, Ussita e Visso si nota un uso diffuso di catene, sia metalliche che lignee, queste ultime inserite nello spessore della muratura, a livello di tutti i solai allo scopo di migliorare la connessione tra pareti e limitare l'attivazione di meccanismi di ribaltamento fuori piano (Figura 16).

In anni più recenti, successivamente al terremoto del 1979 della Valnerina molti edifici in muratura sono stati rinforzati, anche se in alcuni casi con dettagli costruttivi non adeguati. Come già rilevato a seguito dei terremoti Umbria-Marche del 1997 e L'Aquila del 2009, solai e coperture lignee sono stati sostituiti con diaframmi in latero-cemento, con l'aggiunta di cordoli in cemento armato, in alcuni casi realizzati in breccia, nonostante la qualità muraria degli edifici su cui si è intervenuto non fosse adeguata per questo tipo di intervento. Per esempio, la Figura 17 mostra diversi interventi di consolidamento succedutisi nel tempo nello stesso edificio: oltre a catene lignee inserite all'interno dello spessore murario durante la costruzione dell'edificio, si nota la presenza di catene metalliche a cui si aggiungono i solai con travi in acciaio realizzati al di sopra delle volte in muratura e una copertura di recente realizzazione in latero-cemento con cordolo perimetrale, quest'ultimo con scarso o assente collegamento con la muratura sottostante.

Figura 16

Uso sistematico di catene metalliche a Visso (a) e Ussita (b).



Figura 17

Interventi di consolidamento su solai e coperture; inserimento di catene metalliche e presenza di catene lignee all'interno dei paramenti murari ad Amatrice (a); cordolo sommitale in cemento armato ad Amatrice (b).



In alternativa alla sostituzione dei solai originali con diaframmi in latero-cemento, in alcuni casi le strutture lignee originali sono state recentemente consolidate con travi o capriate metalliche collegate a cordoli in acciaio (Figura 18).

Tra gli interventi effettuati a seguito del terremoto del 1979 in Valnerina, frequente è stata l'applicazione di intonaci armati. Questo tipo di consolidamento è risultato molto diffuso a Norcia e nelle località vicine. In Figura 19 sono mostrati alcuni esempi di applicazione in cui, tuttavia, la posa dell'intonaco ha interessato le pareti murarie ad esclusione dei cantonali, come invece sarebbe teoricamente più opportuno per una migliore prestazione dell'intervento di consolidamento (anche se la risposta osservata è comunque molto soddisfacente).



Figura 18
Uso di elementi metallici in copertura.



Figura 19
Applicazioni di intonaco armato a Norcia (a) e (b) e Preci (c).

3. Meccanismi di danno osservati

3.1 Meccanismi di danno osservati negli edifici in pietra

Gli edifici storici ed antichi in pietra rappresentano una buona parte del costruito esistente nell'area colpita dagli eventi sismici del 2016 e 2017. I danni osservati hanno in generale mostrato la considerevole vulnerabilità di queste costruzioni, data la presenza di carenze strutturali che riguardano la composizione muraria, frequentemente costituita da pietrame informe, malta di scarsa qualità e assenza di monoliticità trasversale, e la mancanza di adeguate connessioni tra muri perpendicolari e/o tra le pareti e la struttura di copertura.

L'assenza di integrità strutturale è un tipico fattore di vulnerabilità negli edifici in pietra. Quando i muri non sono adeguatamente collegati alle estremità, sotto l'azione sismica ciascuna parete tende a vibrare in modo indipendente. In queste condizioni, le pareti perpendicolari alla direzione del moto tendono a vibrare fuori piano e a instabilizzarsi, se non addirittura a collassare. In diversi casi, la mancanza di integrità strutturale è stata evidenziata dal danneggiamento e/o dalla separazione delle pareti alle intersezioni (Figura 20 e Figura 21). In Figura 20, le lesioni di distacco della facciata hanno un andamento tendenzialmente verticale, per la mancanza di adeguata connessione della facciata con le pareti ortogonali. In Figura 21, invece, le lesioni di distacco coinvolgono una porzione del muro perpendicolare. L'occorrenza di questi meccanismi è in linea anche da fattori quali la presenza e disposizione delle aperture, l'orientamento dei solai, l'eventuale presenza di muri portanti interni perpendicolari alla facciata e la loro connessione con la facciata stessa (Ayala and Paganoni, 2011).

Numerosi sono i casi di collasso fuori piano di intere facciate di edifici, come mostrato dalla Figura 22. In Figura 22 (a), il ribaltamento della facciata ha coinvolto un solo muro ortogonale, data la posizione di estremità della costruzione rispetto all'aggregato. Si osserva che un ulteriore elemento di vulnerabilità è rappresentato dalla considerevole distanza tra due muri portanti. Inoltre, nonostante il crollo degli orizzontamenti intermedi, la volta del pian terreno non sembra essersi danneggiata.



Figura 20
Distacchi della facciata ad Accumoli (a) e (b) e Vezzano, frazione di Arquata del Tronto, (c) e (d)(in alto).



Figura 21
Distacco della facciata con coinvolgimento del muro ortogonale (Castelsantangelo sul Nera)(a destra).

La Figura 22 (b e c) illustra il collasso fuori piano di un edificio situato ad Accumoli. Si osserva la mancanza di adeguata connessione trasversale nella sezione muraria. Inoltre, il carico è trasferito dalle strutture orizzontali sui soli paramenti interni. In molti casi, il ribaltamento fuori piano ha interessato soltanto la porzione superiore della facciata (Figura 23). In questi casi, l'interazione tra il muro e la struttura di copertura riveste un ruolo fondamentale. Negli edifici più antichi, la presenza di strutture di copertura lignee, talvolta spingenti e senza alcuna capacità di contrastare il collasso fuori piano della porzione superiore delle pareti, può rappresentare un ulteriore causa di collasso parziale. Anche la presenza e disposizione delle aperture hanno influenzato il tipo di meccanismo di collasso (Figura 23, d, e).

In diversi casi, inoltre, si è verificato il distacco e collasso delle angolate, confermando l'assenza di adeguata connessione alle estremità (Figura 24).

Come già accennato, l'elevata vulnerabilità degli edifici in pietra, con numerosi casi di crolli parziali e totali, è stata causata principalmente dalla composizione muraria. La maggior parte dei danni più gravi è imputabile alla mancanza di adeguata connessione trasversale nella tessitura muraria, alla cattiva apparecchiatura dei paramenti e alle pessime caratteristiche della muratura, generalmente costituita da pietrame dalla forma irregolare e da malta di scarsa qualità. La Figura 25 mostra l'instabilità fuori piano del paramento esterno di un edificio in pietra, situato nel centro storico di Visso e un caso di mancanza di connessione trasversale tra due paramenti in pietra.



a



b



c

Figura 22
Ribaltamento fuori piano dell'intera facciata con coinvolgimento del muro ortogonale a Pieve, frazione di Ussita (a) e crollo fuori piano dell'intera facciata ad Accumoli (b) e (c).



a



b



c



d



e

Figura 23
Meccanismi di ribaltamento fuori piano della sommità della facciata ad Amatrice (a), Castelsantangelo sul Nera (b), Visso (c) e (d) e Preci, Abbazia S. Eutizio (e) (a sinistra e in basso).



a



b



c

Figura 24
Danni alle angolate a Illica, Accumoli (a), all'Ospedale Grifoni di Amatrice (b) e in un edificio di Amatrice (c).

Figura 25

Instabilità fuori piano del paramento esterno di un edificio a Visso (a) e mancanza di connessione trasversale tra i paramenti di un edificio a Sant'Angelo, frazione di Amatrice (b).



La Figura 26 riporta ulteriori esempi in cui si evidenziano le pessime caratteristiche della muratura, quali la scadente qualità della malta, la presenza di pietrame di forma irregolare e varie dimensioni e la mancanza di connessione trasversale nella sezione muraria. La muratura di scadente qualità, disregandosi, ha reso in alcuni casi inefficace la presenza di catene e cordoli perimetrali in c.a. (Figura 27).

Figura 26

Crolli per insufficiente qualità della muratura a Sant'Angelo, frazione di Amatrice, (a) e (b) e nella scuola elementare di Caldarola (c).





Figura 27
Esempio di inefficienza dei cordoli dovuto alla scarsa qualità della muratura (Amatrice).

Altri danni sono stati causati dall'inadeguata connessione tra la struttura di copertura e i muri sottostanti e/o dall'interazione della copertura con le pareti. La Figura 28 (a) e (b) mostra coperture lignee collassate all'interno della costruzione. In particolare, in Figura 28 (b) il fuori piombo dei muri perimetrali è evidente. Un altro esempio di danno, causato dall'interazione tra la copertura ed i muri perimetrali e, probabilmente, dovuto alla spinta esercitata dai puntoni della copertura sulle pareti in corrispondenza delle intersezioni, è illustrato in Figura 28 (c).

Diverse costruzioni hanno riportato danni nel piano, con lesioni di vario grado ed estensione nei maschi e nelle fasce murarie (Figura 29). Interessante è il caso di alcuni edifici nel centro storico di Vissos, in cui la presenza di adeguati incatenamenti ha inibito l'attivazione di meccanismi di collasso fuori piano, consentendo lo sviluppo di meccanismi nel piano.



a



b

Figura 28
Esempi di collasso della copertura a Borgo Sant'Antonio, frazione di Vissos, (a) ed Amatrice (b); danno per interazione tra la copertura e le pareti perimetrali a Castelsantangelo sul Nera (c).



c

Figura 29
Meccanismi di danno nel piano ad Amatrice (a), Sant'Angelo di Amatrice (b), Visso (c) e Accumoli (d).



Anche costruzioni che hanno mostrato un buon comportamento sismico hanno tuttavia presentato danni localizzati. Nel caso dell'edificio in Figura 30, si osserva il distacco delle cornici lapidee delle aperture e dei blocchi in pietra concia nelle fasce murarie, non adeguatamente ammorsati al pietrame irregolare.

Figura 30
Distacco di cornici lapidee in corrispondenza delle aperture ad Accumoli.



In fine, un aspetto critico legato alla vulnerabilità sismica dei centri storici riguarda il comportamento degli aggregati, in cui si ha spesso interazione tra corpi di fabbrica adiacenti, che produce danni locali dovuti al martellamento tra gli stessi (Figura 31). In alcuni casi, si sono evidenziati meccanismi di collasso fuori piano della facciata (Figura 32) e danneggiamenti nel piano (Figura 33) anche negli edifici in pietra più moderni. Diversamente, il collasso dell'edificio mostrato in Figura 34 è avvenuto per la formazione di un piano debole a livello del garage.



Figura 31
Interazione tra corpi di fabbrica adiacenti ad Illicia, Accumoli (a) e Preci (b) (a sinistra).



Figura 32
Danni fuori piano di edifici in pietra moderni a Norcia (a) ed Amatrice (b)(in basso).

Figura 33

Danni fuori piano di edifici in pietra moderni a Norcia (a) ed Amatrice (b).



Figura 34

Collasso dell'edificio per la formazione di un piano debole al piano seminterrato (Norcia).



3.2 Meccanismi di danno osservati negli edifici in muratura di mattoni

Molto diffusi, nelle zone oggetto dei sopralluoghi, sono gli edifici residenziali in muratura in mattoni di calcestruzzo (Figura 35), tufo (Figura 36) e, in alcuni casi, laterizio. Tali costruzioni consistono, in genere, in congiurazioni strutturali a due o più piani fuori terra in cui sono presenti cordoli di piano in c.a. e, in alcuni casi, solai dotati di una certa rigidezza nel proprio piano, anche se non sempre provviste di tutti i dettagli costruttivi tali da garantirne un adeguato comportamento scatolare. Gli edifici hanno subito, nella maggior parte dei casi, meccanismi di danno dominati da una risposta nel piano delle pareti, con formazione di lesioni mono- o bi-diagonali per taglio nei maschi (Figura 37) e, meno frequentemente, nelle fasce murarie. In alcuni casi, tali lesioni sono risultate accompagnate da attivazione di meccanismi locali di ribaltamento. In altre situazioni, gli edifici hanno subito un danneggiamento caratterizzato da lesioni orizzontali a livello degli orizzontamenti (Figura 38), probabilmente causato dallo scorrimento di un piano rispetto a quello sottostante, a seguito di elevata differenza nella distribuzione di rigidezza/resistenza in elevazione.

Figura 35

Edificio residenziale in muratura in mattoni di calcestruzzo in frazione Saletta, comune di Amatrice: lesioni causate da probabile scorrimento del piano superiore rispetto al piano terra.





a



b

Figura 36
Edificio in muratura in mattoni di tufo sito a Saletta, frazione di Amatrice, con lesioni diagonali a taglio nei letti di malta con probabile incipiente attivazione di meccanismi locali di ribaltamento ed espulsione di cunei di muratura; dettaglio del cordolo di piano in c.a. (b).



a



b

Figura 37
Edifici residenziali in muratura in mattoni di diversi materiali (laterizio, calcestruzzo, tufo) a Norcia: lesioni diagonali a taglio nei maschi murari.



c



d



e



f



Figura 38
Edificio residenziale in muratura in mattoni a San Pellegrino, frazione di Norcia, oggetto di recente soprelevazione in muratura in laterizio: lesione continua a livello dell'ultimo orizzontamento causata da probabile scorrimento del piano superiore in differente tecnologia rispetto alla porzione sottostante, più rigida.

3.3 Meccanismi di danno osservati negli edifici in muratura moderna in blocchi

Gli edifici in muratura moderna dovrebbero essere concepiti, progettati e realizzati, al fine di inibire le principali fonti di vulnerabilità tipiche delle strutture in muratura storica, nel rispetto delle prescrizioni riportate nelle norme antisismiche, che promuovono l'utilizzo di blocchi di forma regolare e con sufficiente robustezza, limitano la snellezza delle pareti, impongono la realizzazione di connessioni efficaci all'intersezione tra i muri e tra i muri ed i solai e le coperture, attraverso l'esecuzione di cordoli in c.a. adeguatamente armati e continui a livello di ogni piano ed a livello di copertura favorendo così un comportamento scatolare di insieme, una sufficiente rigidezza nel piano dei diaframmi ed una certa regolarità della struttura.

La percentuale di edifici realizzati in muratura moderna in blocchi presenti in zona è relativamente ridotta rispetto al costruito in muratura storica in pietra, in muratura in mattoni ed alle strutture a telaio in c.a. con tamponamenti. Nel corso dei sopralluoghi effettuati sono stati individuati alcuni casi studio, rappresentati da edifici residenziali di recente costruzione. Si presentano per primi i casi di due edifici residenziali a tipologia monofamiliare, siti nella frazione San Capone di Amatrice. Entrambi gli edifici, ancora in fase di costruzione al momento degli eventi sismici, sono stati realizzati in muratura ordinaria a due piani fuori terra; le strutture murarie dei due edifici sono in blocchi in laterizio a foratura verticale di medio/grande spessore, con una percentuale di foratura di circa il 45%-50%, letti di malta ordinari e giunti verticali riempiti sull'intero spessore.

Il primo edificio, illustrato in Figura 39, è inserito in un aggregato di costruzioni in muratura storica. La struttura è caratterizzata dalla presenza di cordoli ed architravi in c.a., di un solaio intermedio in latero-cemento, rigido nel proprio piano, e di una copertura leggera in legno, non spingente. L'edificio, pur irregolare nella disposizione delle aperture, non risulta aver riportato alcun tipo di danneggiamento, a fronte del collasso completo di uno degli edifici ad essa adiacenti e dell'elevato livello di danno riscontrato, durante il sopralluogo, nel costruito della frazione.

Il secondo edificio, illustrato in Figura 40, è invece isolato. I solai intermedio e di copertura sono realizzati in latero-cemento e sono quindi rigidi nel proprio piano e la struttura risulta sostanzialmente regolare in pianta ed in elevazione, pur la presenza di alcuni sfalsamenti negli allineamenti murari, con la sola eccezione di un corpo laterale ad un piano, addossato alla costruzione principale; anche in questo caso sono presenti nell'edificio cordoli di piano ed architravi in c.a. al di sopra delle aperture. Non è stato rilevato danno di alcun tipo nei muri interni, in quelli esterni e nei componenti non strutturali, con la sola eccezione di una leggera lesione orizzontale, localizzata all'interfaccia fra il cordolo sommitale di copertura e la struttura muraria sulla facciata esterna, in corrispondenza di un angolo della costruzione.

Figura 39

Edificio residenziale in muratura moderna in blocchi, inserito in aggregato strutturale a San Capone, frazione di Amatrice: visione di insieme (a) e (b), dettaglio della struttura muraria e del solaio intermedio (c) e dettaglio della copertura lignea e del cordolo sommitale in c.a. (d).



Il terzo caso, illustrato in Figura 41, è rappresentato da un edificio residenziale in aggregato a tre piani fuori terra, sito nella frazione San Pellegrino di Norcia. La struttura, realizzata in muratura portante in laterizio, presenta cordoli di piano in c.a., copertura lignea non spingente su due livelli differenti e risulta priva di giunti strutturali all'interfaccia con gli edifici aggregati. Il danno rilevato nella muratura è infatti tipico del fenomeno di martellamento fra i diversi corpi strutturali: lesioni orizzontali a livello degli orizzontamenti, lesioni localizzate per schiacciamento della muratura in corrispondenza della zona di contatto, lesioni diagonali nei maschi murari del livello superiore per effetto della concentrazione della richiesta di spostamento interpiano.



Figura 40
Edificio residenziale isolato in muratura moderna in blocchi a San Capone (Amatrice): visione di insieme (a), danno rilevato all'interfaccia fra cordolo sommitale e muratura (b), dettaglio dell'architrave continuo al di sopra delle aperture nella parete di facciata al piano terra (c), muratura (d), solaio (e) e dettaglio della copertura (f).



Figura 41
Edificio residenziale in muratura moderna in blocchi, inserito in aggregato strutturale a San Pellegrino (Norcia): visione d'insieme (a) e dettaglio del danno dovuto a martellamento (b).

3.4 Meccanismi di danno osservati negli elementi non strutturali

3.4.1 Danni alle tamponature

Le tamponature, siano esse inserite in strutture in c.a. (come nella maggioranza dei casi) o in acciaio, rappresentano uno degli elementi di vulnerabilità dell'edificio. In aggiunta, sono spesso presenti in strutture che non sono state progettate considerando la loro esistenza e, quindi, il loro comportamento in caso di sisma. Inoltre, di sovente si aggiungono dimensioni progettuali e/o costruttive che spesso sfociano in dettagli inadeguati. I danni rilevati nei tamponamenti sono stati quindi diffusi e, in alcuni casi, severi e tali da mettere in discussione la salvaguardia della vita degli occupanti.

I tamponamenti presenti nelle zone colpite dal sisma sono principalmente realizzati in aderenza con gli elementi della struttura e composti sia da un singolo paramento che da una muratura a doppio strato. La muratura a singolo paramento è in alcuni casi realizzata in tipologia leggera, cioè composta da elementi fragili con caratteristiche meccaniche scadenti, come per esempio il caso di blocchi leggeri a fori orizzontali, in altri con una tipologia robusta, in cui gli elementi sono caratterizzati da spessori maggiori, anche con fori verticali, e forniscono una resistenza e stabilità più elevata. Le pareti composte da due paramenti presentano uno strato interno ed uno esterno, che in certi casi è risultato essere incluso all'interno della cornice del telaio, in altri casi disallineato o esterno rispetto alla cornice trave/pilastro, come, per esempio, nelle murature faccia a vista. I tipici meccanismi di danneggiamento dei tamponamenti sono rappresentati da rotture nel piano e fuori piano. Mentre i modi fuori piano sono spesso rappresentati dal collasso e/o dall'espulsione della tamponatura (o di un paramento), ed a volte causati da una riduzione della resistenza fuori piano per via di un danneggiamento pregresso nel piano, la risposta sismica nel piano delle pareti può portare a un ventaglio più ampio di criteri di rottura, come per esempio rotture per taglio-scorrimento della muratura, rotture per fessurazioni diagonali della muratura, rotture locali agli angoli dei pannelli, danneggiamenti locali negli elementi della struttura in c.a. a causa dell'interazione con i tamponamenti.

Inoltre, un aspetto che appare evidente è che la risposta ed il danneggiamento nel piano delle pareti sono governati dalla domanda di spostamento interpiano imposta sulla struttura dall'azione sismica. I danni osservati hanno infatti principalmente interessato i piani inferiori/intermedi dell'edificio, dove generalmente i drift interpiano sono maggiori, soprattutto per strutture a telaio. La risposta sismica fuori piano è invece principalmente governata dalla resistenza e stabilità fuori piano della tamponatura, con l'accelerazione sismica che risulta massima ai piani alti degli edifici.

Nella Figura 42 sono riportati esempi di collassi per espulsione fuori piano del paramento esterno faccia a vista, dovuti a insufficienti dettagli costruttivi e non adeguati collegamenti con la struttura e/o il paramento interno.

Figura 42

Esempi di espulsione fuori piano del paramento esterno ad Amandola (a), Amatrice (b e c) e Norcia (d).



In altri casi, come quelli riportati in Figura 43, sono stati osservati sia collassi fuori piano del paramento esterno, che danni severi ai piani inferiori classificabili come rotture nel piano del paramento interno ed espulsioni fuori piano del paramento esterno, probabilmente dovute alla riduzione di resistenza per danneggiamenti nel piano severi.

Figura 43

Esempi di danni riscontrati a tamponature a doppio paramento con danni e collassi in entrambi i paramenti ad Amatrice (a), Visso (b) e Norcia (c) e (d).





In Figura 44 sono riportate le foto di tre edifici con tamponatura a singolo paramento, in cui sono stati osservati danni nel piano ed espulsioni fuori piano, probabilmente causati da azioni sismiche combinate nel piano/fuori piano.



Figura 44
Esempi di danni riscontrati
a tamponamenti a singolo
paramento con danni nel
piano e collassi fuori dal piano
ad Arquata del Tronto (a) e
Norcia (b) e (c).

Figura 45
Esempi di danni riscontrati agli elementi in cemento armato di edifici di Norcia, dovuti all'interazione tra la tamponatura e la struttura.

In alcuni casi, l'interazione con il telaio in cemento armato ha causato il meccanismo di "colonna tozza", con danni locali ai pilastri della struttura per via dell'aumento del taglio locale agente, dovuto alla presenza di tamponamenti di altezza inferiore all'interpiano (Figura 45).

3.4.2 Danni ad altri elementi non strutturali

Così come le tamponature, anche le partizioni interne o tramezze sono elementi molto vulnerabili alle azioni sismiche, soprattutto in assenza di adeguate connessioni e dettagli costruttivi (Figura 46). Il comportamento delle tramezze è assimilabile a quello delle tamponature leggere a singolo paramento. Sono stati osservati danni e collassi, sia in strutture gravemente danneggiate sia, in alcuni casi, in edifici che hanno presentato danni strutturali lievi.

Uno degli esempi più comuni di danno non strutturale osservato, sia negli edifici storici che in quelli in tecnologia moderna, consiste nel collasso dei comignoli, prefabbricati (Figura 47 (a)) o in muratura (Figura 47 (b) e (c)). A causa dello scuotimento, i comignoli tendono a separarsi in blocchi che poi ruotano o scorrono rigidamente uno rispetto all'altro, spesso fino al collasso, che può essere causa di danni al circondario o a strutture adiacenti (Figura 47 (d) ed (e)) e può costituire un pericolo per l'incolumità pubblica.

Figura 46

Esempi di danni alle tramezze di edifici localizzati ad Amatrice (a) e Castelsantangelo sul Nera (b).



Figura 47

Esempi di danni e collassi di comignoli ad Amatrice (a), Calderola (b), Cossignano (c e d), Norcia (e).



L'evento sismico ha mostrato anche casi di collasso di controsoffature (siano esse di recente realizzazione, quindi per esempio in cartongesso, o meno recenti, come per esempio in incannucciato o camorcanna). La Figura 48 riporta un esempio di controsoffatura moderna, non adeguatamente collegata alla struttura portante.

I coppi del manto di copertura possono essere un ulteriore elemento di pericolo per l'incolumità delle persone, soprattutto in caso di manutenzione inadeguata e in mancanza di saggi degli stessi (Figura 49). È stato inoltre riscontrato l'utilizzo diffuso di fermacoppi, ovvero pietre semplicemente appoggiate lungo il manto di copertura per impedire lo spostamento dei coppi. Tali pietre possono rappresentare un elemento aggiuntivo di pericolo (Figura 49 (b)).

Come già riportato in precedenza, sono stati inoltre rilevati danni ad elementi decorativi e cornicioni, dovuti ad un ancoraggio insufficiente con la struttura e danni agli elementi strutturali adiacenti (Figura 50).



Figura 48
Esempio di collasso di una controsoffatura in cartongesso a Sarnano.



Figura 49
Esempi di danni rilevati in un manto di copertura di un edificio a Castesantangelo sul Nera (a) e presenza di fermacoppi in un edificio a Pieve Torina (b).



Figura 50
Esempio di danni ad elementi decorativi osservati ad Accumoli.

4. Conclusioni

L'articolo presenta una descrizione del danno subito dagli edifici residenziali in muratura ordinaria, durante la sequenza sismica dell'Italia centrale del 2016-2017. La sequenza ha interessato una zona molto ampia del territorio, che si estende su ben quattro regioni (Lazio, Umbria, Marche e Abruzzo), la cui diversa storia ha determinato un diverso sviluppo del costruito. Si osserva infatti come, ad esempio a Norcia, il susseguirsi di eventi sismici significativi negli anni (1859, 1979, 1997) abbia determinato la predominanza di caratteristiche costruttive migliori rispetto ad altri comuni adiacenti, anche attraverso la realizzazione di interventi di consolidamento successivi.

Negli edifici esistenti in muratura di pietra, si è riscontrata, come già in eventi passati, una sistematica vulnerabilità nei riguardi di meccanismi di collasso fuori dal piano, a seguito dell'utilizzo di dettagli costruttivi inadeguati. Tuttavia, in questa sequenza sismica è stata molto frequente in alcune aree l'attivazione di meccanismi di tessitura, dovuti alla bassissima qualità muraria. Anche in questo evento, si sono potuti osservare casi di edifici caratterizzati da murature assai scadenti, su cui sono stati eseguiti interventi di consolidamento che hanno mostrato una limitata efficacia.

I risultati dei rilievi post-sismici effettuati hanno evidenziato una prestazione sismica soddisfacente degli edifici in muratura moderna in blocchi che, seppure presenti in numero limitato, se caratterizzati da una densità muraria sufficiente, materiali di buona qualità e dettagli costruttivi corretti, non hanno mostrato danni significativi neppure nelle zone di massimo scuotimento. Concezioni strutturali non completamente rispondenti a questi criteri hanno evidenziato invece una debolezza intrinseca.

Il danno diffuso agli elementi non strutturali, sia negli edifici in muratura strutturale, sia in quelli in c.a., ha evidenziato ancora una volta la necessità di porre maggior attenzione alla progettazione e al consolidamento di questi elementi, che concorrono in modo significativo al danno economico e al rischio per l'incolta delle persone.

Nella seconda parte di questo lavoro saranno presentate con maggiore dettaglio le condizioni di danneggiamento riscontrate nei comuni maggiormente colpiti, illustrando le differenze significative dovute alle diverse caratteristiche dell'azione sismica e del costruito.

Bibliografia

- Albini P., Arcoraci L., Berardi M., Bernardini F., Bignami C., Brizuela B., Camassi R., Castelli V., Castellano C., D'Amico S., D'Amico V., Del Mese S., Ercolani E., Fodarella A., Graziani L., Locati M., Leschiutta I., Maramai A., Pessina V., Piscini A., Rossi A., Rovida A., Sbarra M. (2016) - QUEST - Rilievo macrosismico in EMS98 per il terremoto di Amatrice del 24 agosto 2016, Report finale 10/10/2016 (<http://quest.ingv.it/index.php/rilievi-macrosismici/13-rapporto-sul-rilievo-macrosismico-ems98-per-il-terremoto-di-amatrice-del-24-agosto-2016/>).
- Arcoraci L., Berardi M., Bernardini F., Buffarini G., Camassi R., Castellano C., D'Amico V., Del Mese S., Ercolani E., Graziani L., Hailemikael S., Locati M., Leschiutta I., Maramai A., Martini G., Paciello A., Paolini S., Pessina V., Rossi A., Rovida A., Stucchi M., Verrubbi V. (2016) - QUEST - Rilievo macrosismico per i terremoti nell'Italia centrale, Aggiornamento dopo le scosse del 26 e 30 ottobre 2016, Aggiornamento al 21 dicembre 2016 (<http://quest.ingv.it/index.php/rilievi-macrosismici/31-norcia-30-10-2016-mw-6-5-rilievo-macrosismico-per-i-terremoti-nell-italia-centraleaggiornamento-dopo-le-scosse-del-26-e-30-ottobre-2016/>).
- Arcoraci L., Bernardini F., Camassi R., Castellano C., Del Mese S., Ercolani E., Fodarella A., Graziani L., Locati M., Maramai A., Paolini S., Pessina V., Rossi A., Stucchi M., Verrubbi V. (2017) - QUEST - Rilievo macrosismico in EMS98 per la sequenza sismica in Italia Centrale: aggiornamento dopo il 18 gennaio 2017 (http://quest.ingv.it/images/rilievi_macrosismici/QUEST_report%2018%20gennaio_17ErrCorr.pdf).
- Bracchi S., da Porto F., Galasco A., Graziotti F., Liberatore D., Liberatore L., Magenes G., Mandriola M., Manzini C.F., Masiani R., Morandi P., Palmieri M., Penna A., Rosti A., Rota M., Sorrentino L., Tondelli M. (2012) - Comportamento degli edifici in muratura nella sequenza sismica del 2012 in Emilia, Progettazione Sismica, No. 03, pp. 141-161.
- D'Ayala D., Paganoni S. (2011) - Assessment and analysis of damage in L'Aquila historic city centre after 6th April 2009, Bulletin of Earthquake Engineering, 9:81-104.
- Decanini L., De Sortis A., Goretti A., Langenbach R., Mollaioli F., Rasulo A. (2004) - Performance of Masonry Buildings During the 2002 Molise, Italy, Earthquake, Earthquake Spectra, Vol. 20, No. S191-S220
- Faenza L., Michelini A. (2010) - Regression analysis of MCS intensity and ground motion parameters in Italy and its application in ShakeMap, Geophys. J. Int., 180(3), 1138-1152.
- Faenza L., Michelini A. (2011) - Regression analysis of MCS intensity and ground motion spectral accelerations (SAs) in Italy, Geophys. J. Int., 1-16.
- Grünthal G. (1998) - European macroseismic scale 1998. Cahiers du centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, 1-99.
- ISTAT (2011) Istituto Nazionale di Statistica. 15° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni. <http://dati-censimentopopolazione.istat.it/>.
- Penna A., Morandi P., Rota M., Manzini C.F., da Porto F., Magenes G. (2014) - Performance of masonry buildings during the Emilia 2012 earthquake, Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 12, No. 5, pp. 2255-2273.
- Reale C., Scheibel B., Vignoli F., et al. (2004) - Il Regolamento edilizio di Norcia del 1860: fra storia sismica e storia urbanistica. In: XI Convegno nazionale L'ingegneria sismica in Italia, Genova, 25-29 gennaio. SGE, Padova, p paper C1-08
- Rosti A. (2016) - A contribution to the seismic vulnerability assessment of URM buildings, Tesi di dottorato, UME Graduate School, IUSS Pavia.
- Rosti A., Rota M., Penna A., Magenes G. (2017) - Statistical treatment of empirical damage data collected after the main Italian seismic events (1980-2009), 16th World Conference on Earthquake Engineering, Santiago del Cile.
- Spence R., D'Ayala D. (1999) - Damage assessment and analysis of the 1997 Umbria-Marche earthquakes, Struct Eng Int Assoc Bridg Struct Eng 9:229-233.

Gli Autori

Alfredo Fragomeli

Alfredo Fragomeli, nato a Napoli nel 1990 e cresciuto a Roccella Jonica, ha conseguito la laurea in Ingegneria Civile presso l'Università della Calabria, specializzandosi in ambito strutturale presso l'Università degli studi di Pavia. Comincia la sua attività di ricerca nell'ambito della valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture in muratura presso l'IST di Lisbona, proseguendo presso Eucentre, con il quale si impegna inoltre come tecnico volontario nelle missioni di sopralluogo per conto della Protezione Civile in seguito agli eventi sismici in centro Italia. Lavora attualmente in ambito strutturale infrastrutturale in azienda leader nel settore.

Alessandro Galasco

Alessandro Galasco si è laureato con lode all'Università di Genova, dove ha poi conseguito il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Strutturale. È autore di un programma di calcolo per le strutture in muratura, chiamato Tremuri, che è stato da subito utilizzato in ambito accademico dove a tutt'oggi è impiegato in varie università italiane e straniere. La versione commerciale del programma, sviluppata successivamente, è molto diffusa a livello professionale in Italia e in altri paesi europei. Dopo il conseguimento del dottorato di ricerca, è stato titolare di assegni di ricerca presso l'Università di Pavia e collabora con la Fondazione Eucentre di Pavia nell'area Muratura e Monumenti. È autore e coautore di pubblicazioni scientifiche e di testi dedicati al mondo professionale. Esercita inoltre la professione sia in qualità di consulente sia di progettista.

Francesco Graziotti

Francesco Graziotti è ricercatore di Tecnica delle Costruzioni presso il dipartimento di ingegneria civile ed architettura dell'Università di Pavia. Ha conseguito il Master of Science in ingegneria strutturale presso l'Università di California a San Diego ed il dottorato di ricerca in ingegneria sismica e sismologia presso l'Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia. Dal 2010, anno di inizio del suo dottorato, i suoi studi si sono rivolti all'interpretazione del comportamento sismico di strutture in muratura. In questi anni ha avuto modo di collaborare all'esecuzione di molte prove di laboratorio (statiche e dinamiche) e di mettere a punto modelli numerici per l'interpretazione del comportamento sismico di tali strutture. Sta attualmente collaborando con la fondazione Eucentre nell'ambito di un progetto sulla valutazione della vulnerabilità di costruzioni esistenti nella regione di Groningen (Paesi Bassi) soggette a rischio sismico indotto da estrazione di gas naturale.

Gabriele Guerrini

Gabriele Guerrini è assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia, dove collabora anche con la Fondazione Eucentre. Ha conseguito le lauree triennale e magistrale in Ingegneria Civile all'Università di Bologna, per poi specializzarsi con un master e un dottorato di ricerca in Ingegneria Strutturale presso il campus di San Diego dell'Università della California. I suoi interessi di ricerca e professionali riguardano principalmente l'analisi e la progettazione sismica delle strutture mediante approccio performance-based, con particolare riferimento a: costruzioni in muratura nuove ed esistenti, anche di interesse storico; strutture in cemento armato normale e precompresso; strutture composte acciaio-calcestruzzo; soluzioni a danno contenuto, quali sistemi auto-ricentranti e isolamento sismico; sperimentazione su materiali, componenti e sistemi strutturali; dinamica e analisi non lineare delle strutture.

Stylianos Kallioras

Stylianos Kallioras è nato ad Atene, Grecia, nel 1990 e si è laureato in Ingegneria Civile, indirizzo Strutture, presso l'Università di Patras nel 2014. Ha conseguito il Master in Ingegneria Sismica (MEEES) presso la UME Graduate School di Pavia e l'Università di Grenoble Alpes, Francia nel 2016. Attualmente è dottorando di ricerca della UME Graduate School in Ingegneria Sismica e Sismologia (ROSE). I suoi interessi principali riguardano la valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture in muratura mediante prove di laboratorio dinamiche e statiche e modellazione numerica.

Guido Magenes

Guido Magenes si è laureato in Ingegneria Civile presso l'Università di Pavia, ha conseguito un Master of Science presso la University of California San Diego, USA e un Dottorato di Ricerca in Ingegneria delle Strutture, consorzio Politecnico di Milano/Università di Pavia. Attualmente è Ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia e Responsabile della sezione Muratura della Fondazione Eucentre. Ha oltre 25 anni di esperienza di ricerca, teorica e sperimentale, nel campo del comportamento statico e sismico di strutture in muratura e in cemento armato e relative tecniche e strategie di rinforzo/riabilitazione. È stato responsabile di numerosi progetti di ricerca finanziati da enti pubblici e da vari soggetti industriali. È autore di oltre 200 pubblicazioni scientifiche e per i suoi contributi nel campo delle strutture in muratura è stato invitato a presentare keynote lectures a diverse conferenze internazionali.

Daniele Malomo

Daniele Malomo nasce il 25/09/1989 a Roma, dove consegna nel 2015, presso l'Università degli Studi di Roma La Sapienza, la laurea magistrale in Ingegneria Edile-Architettura U.E. con il massimo dei voti. Elabora una tesi sperimentale sulle strutture voltate in pietra da taglio, in collaborazione con altre realtà accademiche, tra cui il Politecnico di Bari, l'Università di Roma Tre e la Princeton University. Nell'ottobre del 2015 viene ammesso al corso di dottorato in Ingegneria Civile e Architettura, sotto la supervisione del Prof. Andrea Penna. La sua ricerca riguarda la micro-modellazione della muratura, basato su un approccio agli elementi discreti. Nel 2017 svolge attività sul campo per il Sisma Centro Italia per conto di Eucentre, rilevando il danno e la vulnerabilità per più di 80 strutture storiche. Nello stesso anno è Visiting PhD student presso la Cambridge University, con cui collabora attivamente su tematiche inerenti la modellazione di strutture in muratura non armata.

Martina Mandriola

Martina Mandriola, si è laureata, con lode, in Ingegneria Civile, indirizzo Strutture, all'Università degli Studi di Pavia nel 2010. Nel 2014 ha conseguito il Master in Ingegneria Sismica presso la ROSE School di Pavia. Dal 2011 collabora con l'Eucentre dove si occupa, in particolare,

di tematiche legate allo sviluppo di modelli semplificati a telaio equivalente per la simulazione numerica della risposta sismica degli edifici in muratura a singolo e doppio paramento e simulazione di prove sperimentali eseguite sia su componenti strutturali sia su provini di edifici in scala reale (prove dinamiche su tavola vibrante). È stata coinvolta in campagne di rilievo del danno, dell'agibilità e della vulnerabilità degli edifici (soprattutto monumentali e strategici) a seguito degli eventi sismici che hanno colpito l'Emilia Romagna nel maggio-giugno 2012 e il Centro Italia nell'agosto-ottobre 2016 e gennaio 2017. È autrice/coautrice di diverse pubblicazioni scientifiche.

Carlo Filippo Manzini

Carlo Filippo Manzini svolge da oltre 10 anni attività di ricerca nell'ambito della valutazione del comportamento sismico delle strutture in muratura. In particolare, si occupa di modellazione numerica e di sviluppo di software per la valutazione della risposta sismica degli edifici in muratura (è co-autore del codice SAM II, motore di calcolo del software commerciale ANDILWall) e per l'analisi e la verifica assistita, ai sensi delle norme nazionali ed europee, di elementi strutturali e non strutturali in muratura e di applicativi finalizzati alla elaborazione dati ed alla restituzione grafica di prove sperimentali pseudo-statistiche e dinamiche. È inoltre coinvolto nell'attività didattica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pavia, svolgendo seminari didattici ed assistenza alla didattica nell'ambito del Corso di Tecnica delle Costruzioni. Ha inoltre partecipato alle attività emergenziali di valutazione post-sisma a seguito dei terremoti dell'Aquila (2009) e dell'Emilia (2012).

Beatrice Marchesi

Beatrice Marchesi è nata a Broni (PV) nel 1991 e si è laureata in Ingegneria Civile, indirizzo Strutture, presso l'Università degli Studi di Pavia nel 2016. Attualmente collabora come ricercatrice presso la Fondazione Eucentre di Pavia. Le sue principali mansioni riguardano la progettazione di prove di laboratorio dinamiche e statiche su edifici residenziali e componenti in muratura del costruito olandese e la restituzione ed elaborazione dei dati sperimentali raccolti. Ha partecipato alle attività di rilievo del danno ad edifici di culto colpiti dalla sequenza sismica del 2016-2017 dell'Italia centrale sotto il coordinamento congiunto del Dipartimento della Protezione Civile, del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo e del consorzio Reluis.

Riccardo Raimondo Milanesi

Riccardo Raimondo Milanesi è assegnista di ricerca presso il DICAR dell'Università di Pavia, dove svolge soprattutto ricerca sperimentale e numerica sul comportamento sismico delle tamponature. Ha conseguito il dottorato di ricerca in Understanding and Managing the Extremes presso lo IUSS di Pavia occupandosi della risposta sismica delle tamponature, con particolare attenzione all'ideazione e allo sviluppo di un tamponamento antisismico a giunti scorrevoli, per il quale è stato ottenuto un brevetto. Iscritto all'Albo dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia.

Paolo Morandi

Paolo Morandi è assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura dell'Università di Pavia. Ha ottenuto il dottorato di ricerca (2006) ed il Master di II livello (2003) in Ingegneria sismica presso la ROSE School di Pavia, dopo aver conseguito la Laurea in ingegneria civile (2001) presso l'Università di Pavia. Dal 2003 collabora con la Fondazione Eucentre. I suoi principali interessi professionali e di ricerca scientifica riguardano lo studio numerico e sperimentale della risposta sismica degli edifici in muratura portante ed in c.a. con tamponature. Coinvolto nella redazione di vari documenti normativi al livello nazionale e internazionale (attualmente è delegato italiano del WG2 del CEN TC250/SC6 EN 1996-3), è autore/coautore di più di 60 pubblicazioni scientifiche in ambito nazionale ed internazionale nel campo dell'ingegneria sismica ed è coautore del solutore SAMII, software per l'analisi non lineare e la verifica sismica degli edifici in muratura e c.a.

Andrea Penna

Andrea Penna, laureato in Ingegneria Civile (Strutture) all'Università di Genova e Dottore di Ricerca in Ingegneria Sismica al Politecnico di Milano, è stato assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica dell'Università di Genova prima di divenire Ricercatore alla Fondazione Eucentre. Attualmente è Professore Associato di Tecnica delle Costruzioni presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia. I suoi interessi di ricerca si concentrano principalmente sulla risposta sismica delle strutture in muratura nuove ed esistenti (con e senza interventi di consolidamento), dei monumenti e dei centri storici, spaziando dalla modellazione numerica (coautore del programma TREMURI) alla ricerca sperimentale. È stato coinvolto in varie missioni sul campo a seguito di eventi sismici in Italia e all'estero. È autore di oltre 150 pubblicazioni scientifiche ed è stato keynote speaker in alcune conferenze internazionali.

Andrea Rossi

Andrea Rossi, nato nel 1987 a Reggio Emilia, è studente di dottorato della UME Graduate School presso lo IUSS di Pavia, dopo aver già conseguito il Master universitario di II livello in Ingegneria Sismica (ROSE) presso la stessa sede nel 2015. Ha ottenuto a pieni voti la laurea magistrale in Ingegneria Civile presso l'Università degli Studi di Parma nel 2012. I suoi interessi riguardano principalmente lo studio degli edifici in muratura, sia portante che di tamponamento, per valutarne la risposta e la loro vulnerabilità nei confronti dell'azione sismica. Ha seguito diverse prove in laboratorio per la caratterizzazione meccanica della muratura ed anche di tipo dinamico su tavola vibrante su edifici in muratura portante non armata in scala reale. Attualmente è coinvolto nella modellazione numerica di strutture a telaio in cemento armato con pareti di tamponamento in muratura.

Annalisa Rosti

Annalisa Rosti si è laureata con lode nel 2012 in ingegneria civile (indirizzo strutture) presso l'Università di Pavia. Nel 2014 ha conseguito il diploma di Master in ingegneria sismica presso la scuola di Comprensione e Gestione delle Situazioni Estreme (UMESchool, IUSS Pavia). Ha conseguito il titolo di dottore di ricerca in ingegneria sismica nel dicembre 2016 presso l'Istituto di Studi Superiori (IUSS) di Pavia. Attualmente collabora con il settore di ricerca Strutture in muratura presso Fondazione Eucentre.

Maria Rota

Maria Rota si è laureata con lode in Ingegneria Civile (indirizzo Strutture) presso l'Università degli Studi di Pavia nel 2002. Nel 2004 ha conseguito un master di II livello in Ingegneria Sismica presso l'Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia (IUSS) e nel 2007 ha conseguito il dottorato in Ingegneria Sismica presso lo IUSS Pavia. È stata quindi assegnista di ricerca dell'Università di Pavia (Dipartimento di Meccanica Strutturale) e attualmente è ricercatrice presso la Fondazione Eucentre (dal 2011), sezione strutture in muratura. La sua ricerca riguarda principalmente la valutazione della risposta sismica e delle affidabilità di strutture in muratura esistenti tenendo conto delle diverse incertezze, la previsione della vulnerabilità sismica del costruito a partire da dati empirici e da modelli analitici e la definizione dell'input sismico per analisi dinamiche non lineari. È autrice di oltre 70 pubblicazioni scientifiche.

Ilaria Senaldi

Ilaria Senaldi si è laureata nel 2007 in Ingegneria Edile-Architettura e nel 2012 ha conseguito il dottorato di Ricerca (PhD) in Ingegneria Sismica presso l'Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia (IUSS). Attualmente è assegnista di ricerca Post-Doc presso il DiCAR dell'Università degli Studi di Pavia. La sua attività di ricerca è rivolta allo studio della vulnerabilità sismica di edifici esistenti in muratura e alla valutazione dell'inenza ed efficacia di interventi di consolidamento. Ha partecipato a diverse campagne sperimentali con prove su tavola vibrante di edifici in muratura e si è occupata dell'analisi e interpretazione dei dati acquisiti riguardante le prove dinamiche. Un ulteriore ambito di ricerca riguarda lo studio della risposta sismica di aggregati edilizi esistenti in muratura. Ha preso parte a rilievi di agibilità in seguito ai terremoti di L'Aquila del 2009 e Christchurch (NZ) del 2010-2011.

Umberto Tomassetti

Umberto Tomassetti è un dottorando presso il dipartimento di ingegneria civile ed architettura dell'Università di Pavia. Ha conseguito il Master of Science in ingegneria sismica e sismologia presso lo IUSS di Pavia e la laurea magistrale in ingegneria edile-architettura presso l'Università degli studi di Pavia.

Il suo ambito di ricerca è volto all'interpretazione del comportamento sismico di strutture in muratura. In questi anni ha avuto modo di collaborare all'esecuzione di molte prove di laboratorio (statiche e dinamiche) presso il laboratorio Eucentre e di mettere a punto modelli numerici per l'interpretazione del comportamento sismico di tali strutture.

Serena Cattari

Serena Cattari, nata a Genova il 28 agosto 1978, Dottore di Ricerca in Ingegneria Strutturale e Geotecnica (Università di Genova, 2007), dal 2011 è Ricercatore a Tempo Determinato presso la Scuola Politecnica dell'Università di Genova (affiliazione Dip. DICCA).

L'attività di ricerca è rivolta alle seguenti principali tematiche: ingegneria sismica; valutazione della sicurezza sismica secondo approcci prestazionali e affidabili; modellazione di costruzioni esistenti in muratura e miste muratura-c.a., ordinarie e monumentali; analisi di vulnerabilità sismica a larga scala per costruzioni esistenti.

È autrice di oltre 100 pubblicazioni scientifiche e dal 2006 collabora allo sviluppo del codice di calcolo Tremuri. Ha partecipato a numerosi progetti nazionali ed internazionali e dal 2003 al rilievo dei danni sismici in occasione dei recenti terremoti italiani. Ha partecipato alla redazione del documento CNR DT 212 per la valutazione affidabilità della sicurezza sismica.

Francesca da Porto

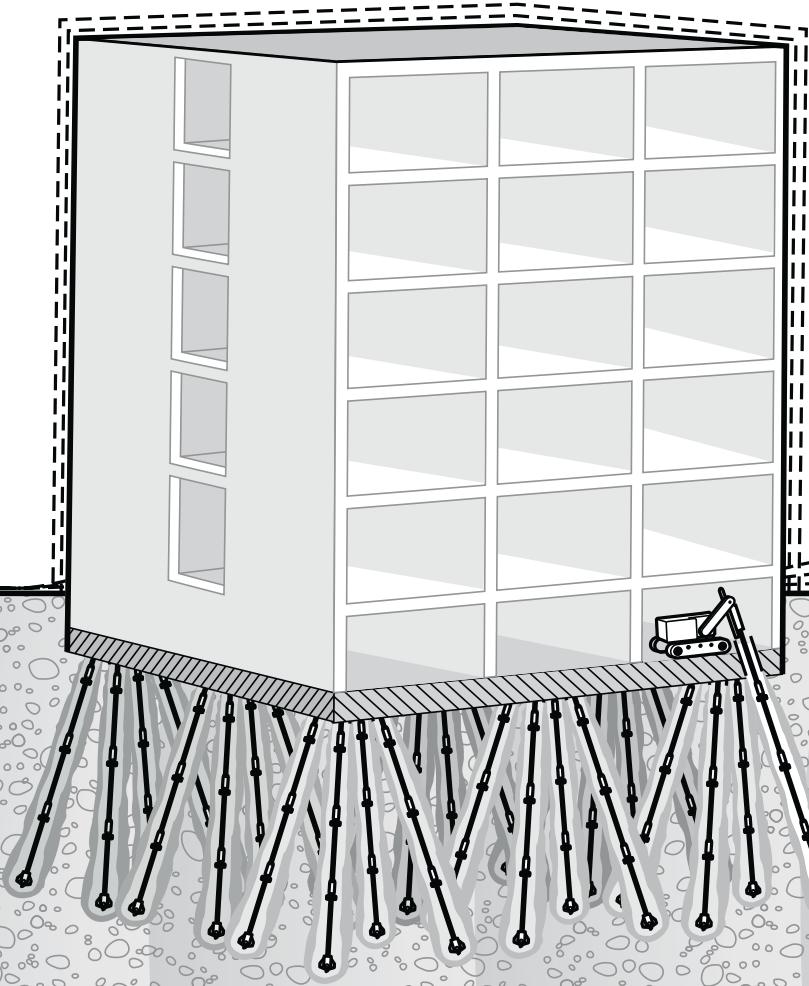
Laureata in Ingegneria edile a Padova nel 2000 e dottore di ricerca nel 2005 presso l'Università di Trento, ha svolto attività di ricerca anche presso l'Universitat Politècnica de Catalunya, lo U.S. Department of Interior e lo Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Lubiana. È professore associata di Tecnica delle Costruzioni presso l'Università di Padova, dove svolge anche il ruolo di Prorettore all'Edilizia. Autrice di circa 200 articoli scientifici, ha coordinato progetti europei ed è titolare di finanziamenti pubblici e privati. Ha svolto intense attività di supporto alla gestione delle emergenze sismiche, in collaborazione con Protezione Civile, ReLUIS e MIBACT. È revisore scientifico di molte riviste scientifiche e valutatore di diverse agenzie di finanziamento internazionali. È vicepresidente della Commissione Ingegneria strutturale - SC 6 dell'UNI, delegato nazionale presso il CEN e membro di uno dei project team per la riscrittura degli eurocodici.

Luigi Sorrentino

Luigi Sorrentino ha conseguito il dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture presso Sapienza, dove attualmente è Ricercatore di Tecnica delle Costruzioni. Ha preso parte ai progetti di ricerca del consorzio ReLUIS (Rete Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica) sin dalla sua costituzione. Ha partecipato a scambi scientifici con istituzioni accademiche e di ricerca Europa, Asia, Oceania, America. Gli interessi di ricerca riguardano primariamente la prestazione sismica delle costruzioni in muratura. È revisore delle principali riviste di ingegneria sismica e ingegneria strutturale. È membro del Gruppo di Lavoro 1, costruzioni in muratura, per la revisione dell'Eurocodice 8 - Costruzioni in zona sismica.

Adeguamento sismico

Micropali TITAN per l'adeguamento sismico delle costruzioni



- Sistema omologato
- Soluzioni permanenti
- Progettazione sicura
- Posa facile e veloce anche in spazi ristretti
- Carichi di compressione, trazione e ciclici

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 Fagà¹, Davide Bellotti¹, Antonella Di Meo¹ ■

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 17th, 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).

¹ 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 direttive 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'edificio 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.

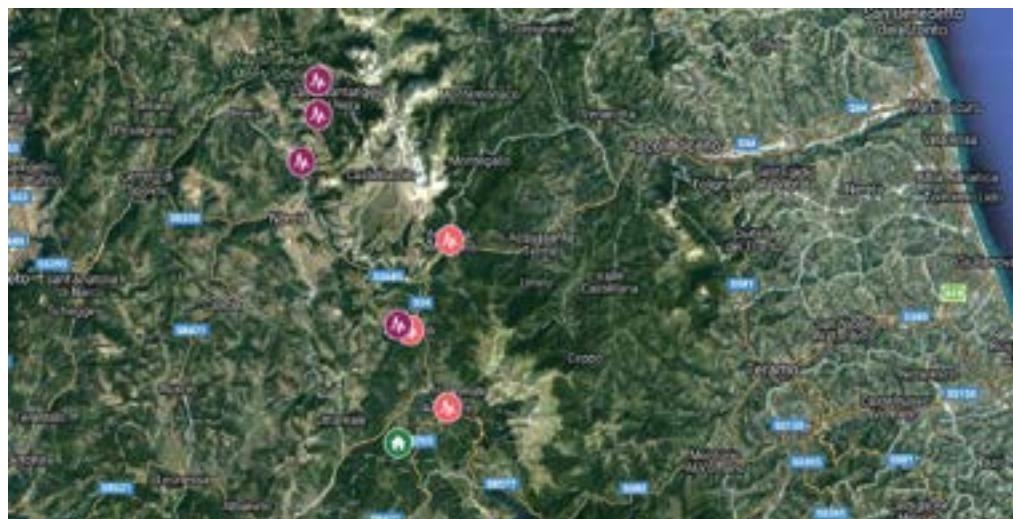
Tabella 1 - Dati censimento edifici (Censimento ISTAT 2011)

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.

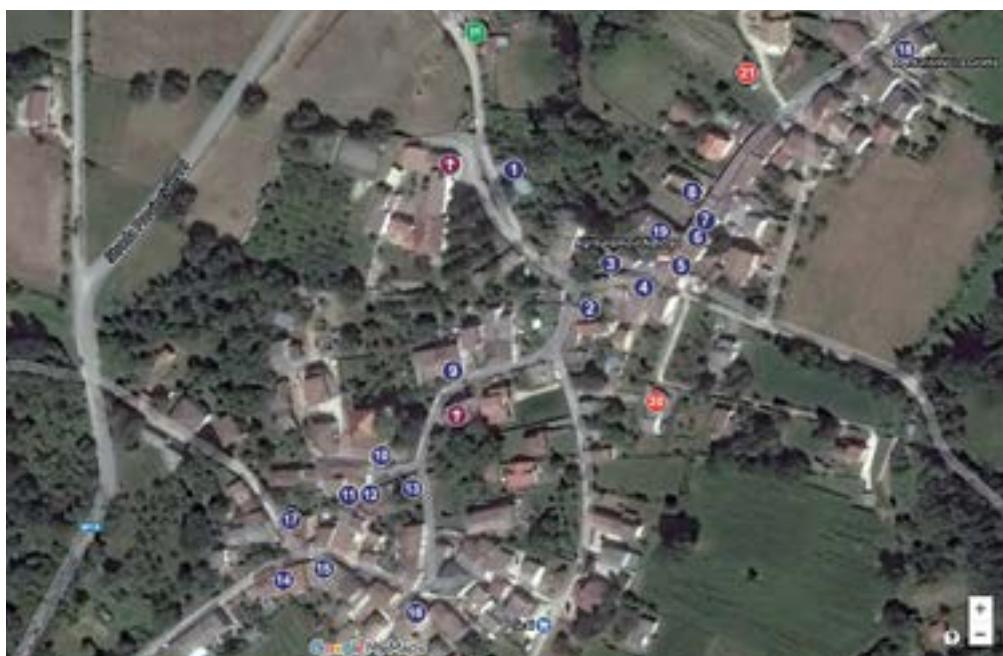


Figura 3
Mappa dei sopralluoghi effettuati.

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 isolato a due piani (Figura 4, Figura 5) a pianta irregolare.



Figura 4
Edificio isolato a due piani 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 fessione 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 con gurazione 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 avendo 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 con gurazione che la risposta alle sollecitazioni. L'edificio 9 presenta infatti delle lesioni dovute all'irregolarità tra elementi adiacenti di diversa natura e non ammortati adeguatamente. L'edificio 9 mostra anche delle lesioni ad andamento diagonale in corrispondenza di un maschio murario del secondo piano, appena sopra l'ampliamento dell'edificio.

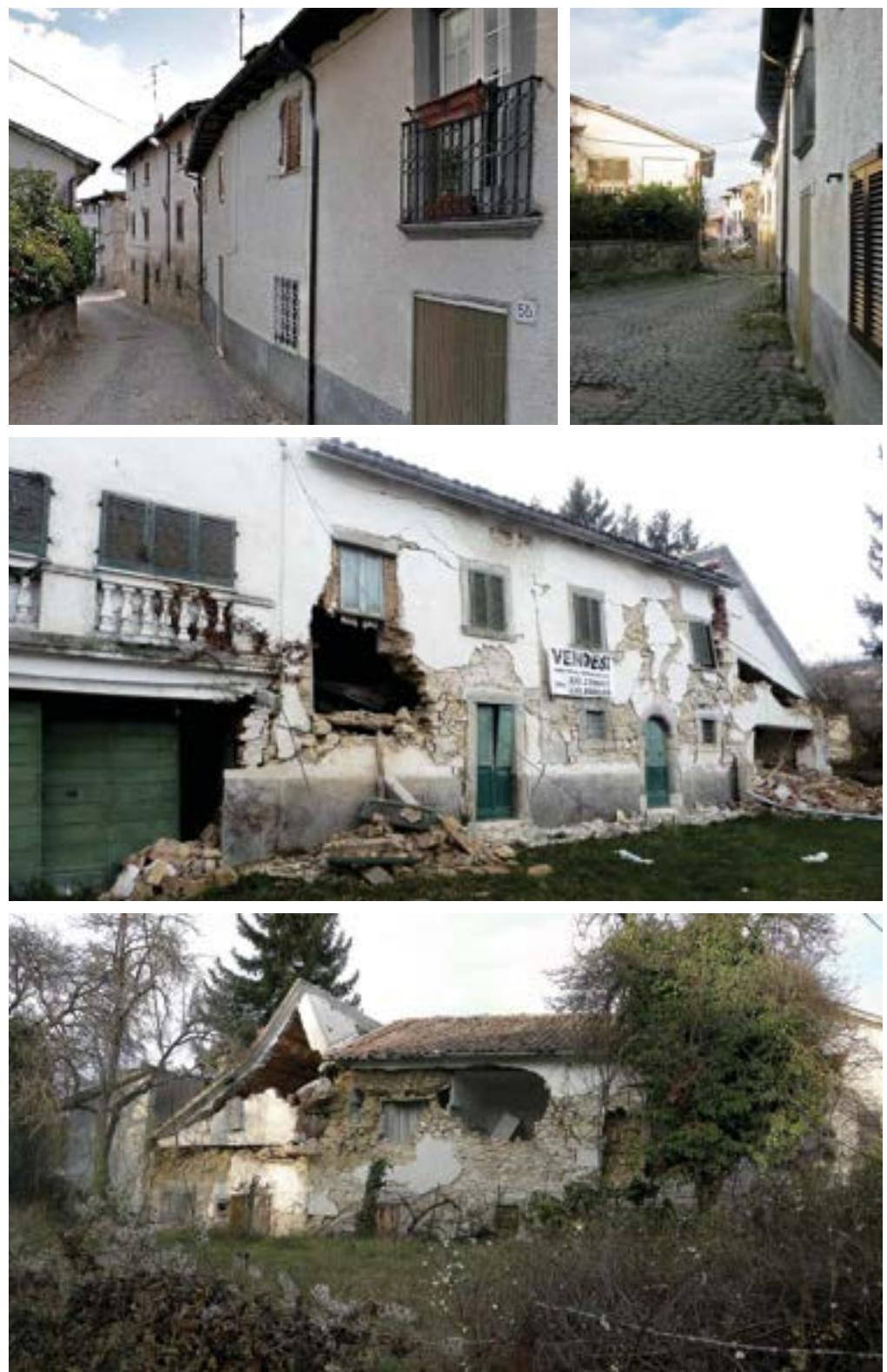
Anche l'edificio 19 (Figura 16), edificio isolato di due piani fuori terra è stato oggetto negli anni di sopraelevazioni in corrispondenza dei due estremi, dove originariamente vi erano due terrazze. A seguito degli eventi sismici questa struttura ha

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 inef cace poco ammorsato alla muratura sottostante in laterizio. Ledi ciò 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 edi ci 1 (Figura 20), 2 (Figura 21), 6 (Figura 22), 12 (Figura 23) e 17 (Figura 24).

Di particolare interesse sono le lesioni osservate negli edi ci 6 (Figura 22) e 12 (Figura 23). L'edi ci 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'edi ci 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 edi ci 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'edi ci 6). Gli edi ci presentano anche numerose lesioni ad andamento diagonale dei maschi murari, delle fasce e danni dovuti ad irregolarità tra edi ci adiacenti.

Figura 20
Edi ci 1 pre sisma e post sisma in data 1/12/2016.



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



Figura 22
Edi ci 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.

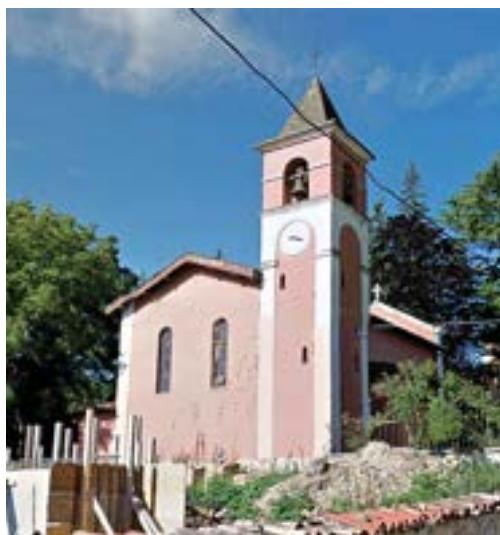


Figura 28
Chiesa di San Sebastiano
pre-sisma e post sisma in data
1/12/2016.



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 Edi ci senza evidenza di danno esterna

Nel confronto della Figura 31 è possibile osservare gli edi ci che si affacciano sulla via prima dei due eventi del 24 agosto e del 30 ottobre e dopo tali date. Di particolare interesse è 1 edi cio 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. Ledi cio 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 Edi cio 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 edi ci appartenenti alla frazione Scai di Amatrice, in seguito agli eventi sismici del 24 agosto e del 30 ottobre 2016. La maggior parte degli edi ci presenti nella frazione è stata realizzata prima degli anni ottanta e la quasi totalità di essi è costituita da edi ci 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 edi ci, 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 circostan-

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 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 Rme 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 grande 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.

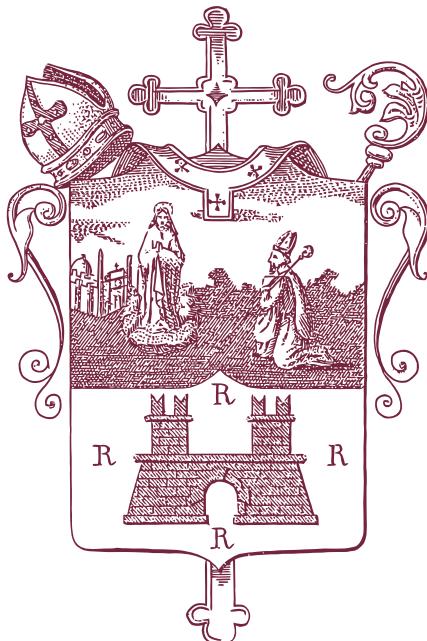
Si occupa inoltre della validazione di software non lineari ad elementi finiti di calcolo strutturale, dell'analisi, progetto e verifica di interventi di adeguamento sismico per edifici esistenti.

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'abito 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.



Auditorium

Chiesa dei Santi Giacomo e Filippo

La Chiesa dei Santi Giacomo e Filippo, completamente restaurata e trasformata in Auditorium, si propone come sede tecnologicamente avanzata per eventi in una cornice istituzionale che combina arte, storia e funzionalità. Una struttura unica che richiama immediatamente i valori architettonici del barocco, dotata delle più moderne tecniche audio video, con una capienza di circa 100 posti a sedere.

Per informazioni e prenotazioni:

Collegio Riboldi - Via Luigi Porta, 10 - 27100 Pavia

Tel. (+39) 0382.5169891 - Cell. 349.4768032

E-mail: info@collegoriboldi.it Sitoweb: www.collegoriboldi.it



EUCENTRE e l'emergenza sismica: attività preparatorie e supporto in emergenza durante il Sisma in Centro Italia

EUCENTRE and seismic emergency: technical preparedness activities and response after the Central Italy earthquake

Chiara Casarotti¹, Alberto Pavese², Simone Peloso¹, Barbara Borzi¹ ■

Sommario

Il modulo ASA (Advanced Seismic Assessment) è un servizio di intervento tecnico nel post terremoto, che la Fondazione EUCENTRE ha sviluppato negli anni attraverso una serie di progetti pilota nazionali ed europei, di esercitazioni su campo e di esperienze dirette in seguito agli ultimi tre grandi eventi sismici che hanno colpito l'Italia dal 2009. Il sistema è costituito da un servizio gestito nella sede di Pavia per quanto riguarda gli scenari di danno e parte della logistica, e da un'unità mobile dislocata sul territorio impiegata per la valutazione delle strutture danneggiate.

Il recente sisma in Centro Italia ha visto la Fondazione coinvolta per circa otto mesi su diversi fronti, dal supporto tecnico su campo al Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, alle attività di ricognizione tecnico-scientifica in collaborazione con istituti di ricerca di fama internazionale, alle attività divulgative e informative. L'esperienza ha ancora una volta messo in evidenza da un lato le indiscutibili potenzialità del sistema, e dall'altro una serie di spunti di riflessione per il miglioramento dello stesso e della gestione tecnica emergenziale.

Parole chiave: sisma Italia 2016, ispezioni post-terremoto, modulo di valutazione avanzata, scenari di danno, sistema di gestione territoriale.

Abstract

The ASA (Advanced Seismic Assessment) module is a post-earthquake technical intervention service, that the EUCENTRE Foundation developed over the years through a series of national and European pilot projects, field exercises and direct experiences after the last major seismic events that struck Italy since 2009. The system consists of a service managed at the headquarters in Pavia for the development of damage scenarios and for part of the logistic, and of a mobile unit on field for the damage assessment.

After the Central Italy earthquake, the Foundation has been involved for about eight months on several activities, including on-field technical support to the Department of National Civil Protection, joint reconnaissances with internationally renowned research institutes, and dissemination activities.

Once again, the experience showed the unquestionable potentialities of the system on one hand and, on the other, suggested improvements both for the service itself and for the technical emergency management.

Keywords: Italy earthquake 2016, post-earthquake survey, Advanced Seismic Assessment module, damage scenarios, territorial management system.

1. Introduzione

La Fondazione EUCENTRE gestisce un complesso sistema di supporto tecnico durante l'emergenza sismica che è stato sviluppato e perfezionato negli anni, a partire dal 2005, attraverso progetti pilota, attività esercitative in contesti reali e simulati, dispiegati a seguito di terremoti reali. L'idea nasce con la Fondazione stessa, il cui impegno istituzionale di Centro di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale è quello di svolgere le funzioni di supporto tecnico-scientifico nel campo del rischio sismico sui tre fondamentali aspetti di prevenzione, stand-by e reazione alle emergenze.

La parte del servizio focalizzata principalmente alla valutazione numerico-sperimentale di strutture complesse e/o strategiche, ma pensata anche per il supporto alle attività di valutazione ordinaria, è stata sostenuta in principio dal Dipartimento della Protezione Civile (Progetto Esecutivo DPC-EUCENTRE 2005-2008) per il quale si congegnavano inizialmente come supporto

¹ Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica - Eucentre, Pavia.
² Università degli Studi di Pavia.

operativo in termini di risorse umane e di metodi numerici. Oggi è diventato una vera e propria risorsa (capacity) intesa in accordo alla definizione del Meccanismo Europeo di Protezione Civile (OJ L 314, 1.12.2007; 2008/73/CE, Euratom), come tipologia di servizio indipendente per la risposta rapida a situazioni di emergenza, codificato in termini di compiti, capacità, componenti principali, autonomia e approntamento. Il primo importante passo è stato il progetto pilota STEP (DG Environment, 2007), nell'ambito del quale è stata sviluppata la capacità tecnica e tecnologica dell'Unità Mobile per la valutazione strutturale post terremoto (Casarotti et al., 2009). Nel successivo progetto DRHOUSE (DG ECHO, 2010; Dolce et al., 2011; Dolce et al., 2017), per il quale EUCENTRE era responsabile del sottomodulo ASA (Advanced Structural Assessment, (Casarotti e Pavese, 2012)), tale sistema è stato integrato con una serie di componenti studiati per soddisfare le necessità relative all'autonomia, alla gestione degli aspetti logistici e sanitari per il dispiego a largo raggio, al coinvolgimento dei professionisti volontari, alle procedure operative di approntamento, standby, attivazione e gestione delle fasi emergenziali per il modulo. L'ultimo passo di questo percorso è il progetto MATILDA (DG ECHO, 2014), attualmente in corso, che rende il modulo internazionale condividendo le competenze sviluppate in Italia con gli organismi Sloveno e Croato di supporto alla gestione emergenziale.

Negli anni il servizio è stato testato in numerose attività esercitativa (e.g. a Patrasso (Dolce et al., 2013) o nel contesto dell'esercitazione internazionale ModEX a Tritolwerk (2016), Figura 1), di training sia del personale interno sia dei professionisti volontari ed è stato soprattutto impiegato nell'ambito dell'emergenza degli ultimi tre grandi eventi sismici che hanno colpito l'Italia: L'Aquila nel 2009 (Casarotti et al., 2009; Casarotti et al., 2010), l'Emilia nel 2012 (Casarotti et al., 2013; Earthquake Clearinghouse, 2012), e la recente prolungata sequenza sismica che ha coinvolto il Centro Italia tra l'agosto del 2016 ed il gennaio del 2017 (Earthquake Clearinghouse, 2017).

Le modalità di dispiego ed il tipo di coinvolgimento sono sempre legati alle diverse condizioni operative che il contesto emergenziale richiede: in caso di dispiego sul territorio nazionale l'intervento è in genere prolungato per l'intera durata dell'emergenza, o no a quando vi è richiesta da parte del Dipartimento della Protezione Civile, con ricambio di squadre, supporto dall'unità centrale anche dal punto di vista logistico, ed un assetto più fluido ed adattabile alle necessità in divenire, mentre nel caso di dispiego a largo raggio la missione è concepita per essere più intensiva ed indipendente dall'unità centrale.

Per quanto riguarda il sistema di gestione territoriale, il Dipartimento di Protezione Civile dal 2009 ha finanziato lo sviluppo di piattaforme GIS web based per interfacciare dati di vulnerabilità su strutture e infrastrutture del territorio nazionale. L'obiettivo era inizialmente la creazione di mappe di rischio, cioè mappe di supporto per l'identificazione delle condizioni più critiche. La funzionalità è stata poi allargata alla valutazione degli scenari in tempo reale nell'ipotesi di accadimento di un terremoto. Nel corso degli anni gli strumenti per il calcolo degli scenari si sono notevolmente evoluti soprattutto rispetto al calcolo dello scenario di scuotimento: nelle prime versioni era consentita solo l'identificazione puntuale della sorgente sismica, successivamente sono state implementate diverse relazioni di attenuazione, non considerare la faglia nella modellazione dell'attenuazione stessa. Attualmente è anche possibile importare scenari di scuotimento quali ad esempio le shake maps prodotte dall'INGV ad integrazione dei dati delle registrazioni. Con la funzionalità di mettere a disposizione strumenti di calcolo degli scenari sempre più in linea con lo stato dell'arte della ricerca in questo campo, è stato inoltre integrato il motore di calcolo OpenQuake come meglio precisato nel seguito. Nel corso degli 8 anni di attività anche le base dati sono state arricchite e i sistemi presentano ora un'interfaccia grafica di facile consultazione che permette l'accesso all'ingente mole di dati disponibili a livello nazionale per le valutazioni di vulnerabilità.

La piattaforma è stata impiegata non solo nel corso della recente emergenza sismica, ma anche a supporto delle esercitazioni della Protezione Civile (Calabria 2011, Pollino 2012) e per le valutazioni degli scenari di danno ipotizzando l'attivazione di faglie nelle aree con sciame sismico significativo.

Figura 1
Unità Mobile di Valutazione strutturale durante l'esercitazione ModEX a Tritolwerk (Austria, giugno 2016).



2. Le attività preparatorie per il supporto tecnico in emergenza

Il sistema è costituito da un servizio gestito nella sede di Pavia per quanto riguarda il sistema di gestione territoriale per gli scenari di danno e la gestione di supporto alle attività su campo, e da un'unità mobile dislocata sul territorio impiegata per la valutazione delle strutture danneggiate.

2.1 La piattaforma di gestione territoriale

La piattaforma è finalizzata alla definizione del rischio sismico di strutture ed infrastrutture del territorio nazionale, ed include edilizia residenziale, nota con il dettaglio minimo del territorio comunale, scuole, elementi del sistema viabilistico, porti, aeroporti e dighe. Dalla home page della piattaforma l'utente ha accesso ai servizi webgis che gestiscono i dati di esposizione, vulnerabilità e pericolosità per le valutazioni di rischio sismico (vedi Figura 2). Le mappe generate permettono di inquadrare le situazioni più critiche e quindi di orientare gli interventi prioritari.

Tutti i servizi webgis consentono inoltre la valutazione dello scenario di danno in tempo reale: nell'ipotesi di accadimento di un evento sismico è possibile calcolare a run-time lo scenario di scuotimento utilizzando relazioni di attenuazione fra le più recenti pubblicate in letteratura, oppure caricando le shake maps che includono anche i dati delle registrazioni accelerometriche. Lo scenario di scuotimento viene quindi combinato con la vulnerabilità sismica delle strutture, per ottenere in tempo reale lo scenario di danno. In alternativa alle routine di calcolo proprietarie della Fondazione, nei servizi webgis che integrano lo strumento di valutazione dello scenario di danno è stato implementato anche OpenQuake, il motore di calcolo open source sviluppato dalla Fondazione GEM (Global Earthquake Model), utilizzato e testato da più di 80 paesi nel mondo.

Il sistema svolge quindi una duplice funzione: da un lato, grazie alle valutazioni di rischio in tempo di pace, fornisce uno strumento decisionale utile a stabilire le priorità di intervento nell'ambito dei piani di mitigazione del rischio sismico, dall'altro è di supporto alla gestione emergenziale, permettendo di valutare l'impatto del terremoto in termini di danno atteso grazie agli scenari prodotti in tempo reale.

2.2 Il modulo di valutazione strutturale su campo

Il modulo di valutazione strutturale dei danni comprende diversi elementi. Dalla sede centrale viene fornito supporto sia a livello logistico-gestionale, sia a livello tecnico per approfondimenti e pareri esperti legati alle diverse tematiche settoriali.

Figura 2
home page della piattaforma di gestione territoriale.



Nella zona critica invece operano: (1) i valutatori organizzati in squadre operative su campo, (2) gli esperti di prove sperimentali, che si avvalgono del supporto tecnologico e strumentale offerto dal Laboratorio Mobile sia per l'esecuzione di indagini su strutture, terreni e materiali, sia per la gestione dei dati acquisiti (database e trasmissione), (3) un nodo di coordinamento locale che svolge anche la funzione di collegamento con il coordinamento delle operazioni (costituito dalla Protezione Civile Nazionale per la realtà italiana).

L'Unità Mobile su campo è un sistema ad elevata funzionalità operativa che consente una rapida e completa raccolta, archiviazione, analisi e trasmissione dei dati, ed è in stretto collegamento con l'Unità Centrale in sede come ulteriore supporto esperto. L'apparecchiatura sperimentale dell'Unità Mobile include, a titolo di esempio, termocamera, sonda televisiva, pacometri, sclerometri, dispositivi per prove soniche e ultrasoniche sui materiali, accelerometri, geofoni, inclinometri, apparecchiature per test con martinetti piatti, un sistema dedicato di acquisizione dati. La dotazione strumentale del sistema ispettivo è completata un SAPR (sistema aeromobile a pilotaggio remoto), utile per l'ispezione di punti altrimenti inaccessibili.

Per quanto riguarda il sistema di gestione e trasmissione dati, la struttura del database EUCENTRE è stata sviluppata per memorizzare e gestire i dati acquisiti ed elaborati durante i rilievi e le prove sperimentali. Per eseguire la raccolta dati su campo, indipendentemente dalle mutevoli condizioni di connettività, l'Unità Mobile è stata dotata di un database interno, mirror locale ridotto della banca dati principale collocata presso la sede di Pavia. La funzione di centro di comunicazione è stata pensata per le attività di interscambio e condivisione dati verso terzi, garantite dalle diverse soluzioni implementate nell'architettura dell'Unità Mobile: Wi-Fi, per il trasferimento dei dati tra i gruppi di ispettori e sperimentatori operanti su campo e il database dell'Unità Mobile, 4G e connessione satellitare, per l'aggiornamento delle informazioni trasmesse sul cloud e per il collegamento tra l'Unità Mobile e l'Unità Centrale, o con chiunque in grado di collegarsi tramite un sistema di videoconferenza. Lo schema operativo, illustrato in Figura 4, prevede una prima fase di ispezione visiva della struttura, nella quale il valutatore raccoglie le informazioni tipologiche e dimensionali, e in base alle caratteristiche di vulnerabilità del manufatto e del danno apparente stima a livello preliminare lo stato della struttura e le eventuali necessità di approfondimento sperimentale. Segue la fase di prove di caratterizzazione della struttura e dei materiali funzionale alla modellazione semplificata per la valutazione della capacità residua (e.g. (Casarotti et al., 2009; Casarotti et al., 2010). Al termine della valutazione viene aggiornata la banca dati e trasmesso l'esito all'ente di competenza.

Figura 3
Unità di Valutazione strutturale: schema operativo.



La componente tecnica del modulo, costituita dalle dotazioni strumentali e da quelle ispettive, è completata dalla dotazione logistica del campo base, pensato per essere all'occorrenza installato all'interno di una struttura di accoglienza internazionale. L'intero sistema è poi regolato a livello organizzativo dalle procedure operative che definiscono le azioni del modulo nelle varie fasi, dall'implementazione una-tantum, alle operazioni di mantenimento periodico, alle successive fasi del dispiego, secondo gli scenari dettati dalle condizioni emergenziali specifiche.

3. L'operatività nell'ambito del sisma in Centro Italia

La Fondazione EUCENTRE, in qualità di centro di ricerca in ingegneria sismica, di centro di competenza del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, ed in relazione alla propria attività di collaborazione con il consorzio ReLUIS (Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica), ha condotto una serie di attività di diversa natura in seguito all'evento sismico occorso in centro Italia il 24 agosto 2016 (Figura 4).

Nel rispetto delle procedure di coinvolgimento operativo da parte del DPC, EUCENTRE ha attivato i responsabili della piattaforma di gestione territoriale per la produzione degli scenari di danno in diversi contesti, ha messo a disposizione il modulo di intervento per la valutazione strutturale, ed ha incaricato i programmatori del sistema DESIGNA (Distributed Environment to Support Individual and General Need Accommodation) perché venisse attivato e personalizzato in relazione alle necessità sorte per la gestione degli alloggi temporanei. Sempre su richiesta di DPC, EUCENTRE ha inoltre contribuito alla formazione delle squadre per la compilazione delle schede Grandi Luci.



Figura 4
Attività condotte dalla Fondazione a seguito del Sisma in Centro Italia del 24/08/16.

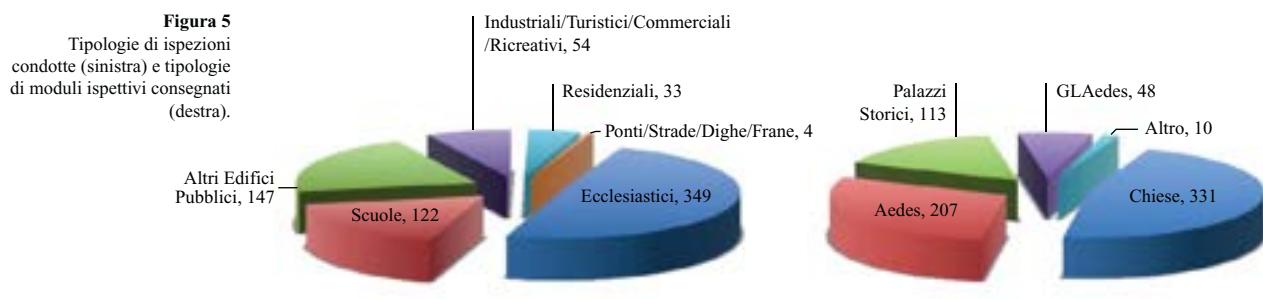
Nel corso dei nove mesi di intensa attività su campo, le squadre della Fondazione hanno condotto più di 700 ispezioni (Figura 5), distribuite sulle quattro regioni colpite dal sisma. La maggior parte delle verifiche sono state effettuate sugli edifici monumentali, sulle strutture scolastiche, sugli edifici pubblici e sulle strutture produttive. Come tipologia di schede sono state compilate soprattutto schede Chiese, schede Palazzi/Palazzi Fast (D.P.C.M 23 febbraio 2006 - G.U. 7/3/2006, n. 55), schede Aedes (D.P.C.M 8 luglio 2014 - G.U. 18/10/2014, n. 243) e schede Grandi Luci (D.P.C.M. 14 gennaio 2015 - G.U. 14/3/2015 n. 61). Da fine agosto 2016 a maggio 2017 sono stati dispiegati 652 giorni uomo di personale su campo, grazie al contributo di tutte le sezioni secondo le rispettive competenze.

Nel seguito si riporta un quadro complessivo delle attività condotte da EUCENTRE nell'ambito dell'emergenza sismica legata agli eventi del Centro Italia del 2016, comprensivo anche di una serie di attività autosostenute in accordo con gli obiettivi statutari della Fondazione.

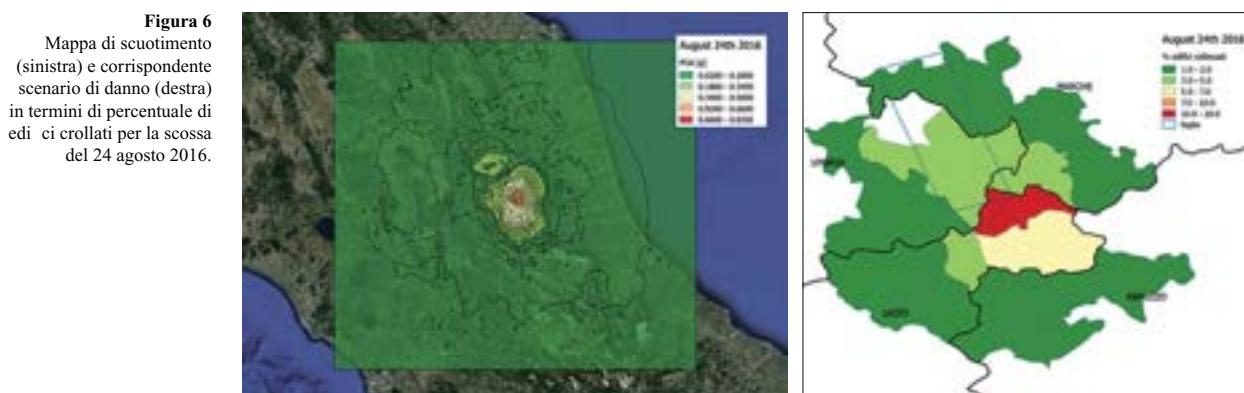
3.1 Attività in sede

Per l'edilizia residenziale, per le scuole e per le infrastrutture sono stati prodotti gli scenari di danno per le scosse principali, i.e., 24 agosto 2016 con Mw 6.1, 26 ottobre 2016 con Mw 5.4, 26 ottobre 2016 con Mw 5.9, 30 ottobre 2016 con Mw 6.5.

Per ciascuna di queste scosse sono state considerate varie ipotesi di modellazione dello scenario di scuotimento ipotizzando in tempo reale la sorgente come puntiforme, e successivamente approfondendo i risultati modellando la faglia e il meccanismo



di faglia e utilizzando le mappe di scuotimento fornite da INGV (Istituto Nazionale di Geosismica e Vulcanologia), non appena disponibili. Le Figura 6 riporta lo scenario di danno realizzato con la mappa di scuotimento della scossa del 24 agosto 2016: viene mostrata la shake map e la mappa di scenario espresso in termini di percentuale di edifici crollati. Non sono al momento disponibili dati di danno osservato raccolti durante l'attività ispettiva, ma, sulla base delle missioni condotte su campo, si può dire in via preliminare che gli scenari numerici sembrano abbastanza rappresentativi dell'evidenza su campo.



L'edilizia residenziale è stata oggetto di numerosi scenari esplorativi per i quali l'INGV ha fornito le sorgenti, i meccanismi di sorgente e la massima magnitudo attesa. In particolare le strutture sismogenetiche per le quali è stata considerata l'attivazione sono: Vettore Bove, Gorzano e Montereale. Tali sorgenti sono state modellate per magnitudo Mw attese di 6.1 e di 7, ipotizzando diverse geometrie delle corrispondenti faglie. Il gran numero di scenari prodotti per l'edilizia residenziale (184 per la precisione) è infatti legato al fatto che gli strumenti sviluppati da EUCENTRE consentono di valutare diverse combinazioni di parametri, ed in particolare: i. è possibile selezionare fra varie relazioni di attenuazione (Cauzzi e Faccioli, 2008; Boore e Atkinson, 2008; Akkar e Bommer, 2010; Bindi, 2001), ii. l'incertezza dello scuotimento legata alla previsione della relazione di attenuazione viene considerata calcolando lo scenario per lo spettro medio e medio ± deviazione standard, iii. la sorgente può essere modellata come puntiforme in prima battuta ma anche tenendo conto delle dimensioni della faglia, oppure utilizzando scenari di scuotimento calcolati esternamente al webgis quali quelli provenienti dalle mappe di scuotimento.

Lesito degli scenari è stato reso disponibile utilizzando una reportistica di scenario automaticamente esportata dal servizio webgis nel formato stabilito di concerto con il Dipartimento della Protezione Civile in sede di sviluppo di tali strumenti. Sono stati inoltre messi a disposizione i seguenti dati:

- Database veri che sismiche delle scuole di Umbria e Lazio esportati in Excel;
- Dati sui ponti della SS4 (Via Salaria), in buona parte noti in dettaglio in quanto oggetto di verifiche sismica nel 2009 ad opera di ANAS. Tali dati nell'ambito di una convenzione DPC-EUCENTRE sono stati informatizzati per consentirne una modellazione FE in automatico per il calcolo delle curve di fragilità;
- Dati sulle dighe ubicate nelle aree colpite dal sisma.

Uno degli aspetti cruciali dato il contesto emergenziale è stato proprio quello dell'immediata fruibilità dei dati, possibile solo grazie ai database relazionali alla base delle applicazioni webgis sviluppate durante le attività preparatorie.

3.2 Attività su campo

Fin dal 24 agosto 2016 le procedure interne di attivazione dell'emergenza sono state avviate per la gestione ed il coordinamento delle attività in sede e su campo. A questo scopo è stata garantita la presenza di un riferimento EUCENTRE nella sala dei Centri di Competenza presso la Di.Coma.C a Rieti, a disposizione per essere interpellata direttamente nella predisposizione delle strategie di intervento in cui la Fondazione è stata coinvolta e per favorire un piano organico rispetto alle altre unità nel quadro del coordinamento DPC. La stessa persona costituiva il riferimento per le squadre EUCENTRE su campo e l'interfaccia con i coordinatori delle attività Reluis.

Nella fase che ha preceduto l'ondata di scosse di novembre ottobre 2016 la Fondazione si è essenzialmente concentrata su scuole, edifici pubblici e chiese, per un totale di 193 sopralluoghi. Nella fase successiva, da novembre 2016 a maggio 2017, sono stati condotti 516 sopralluoghi di diversa natura: rilievi Aedes su scuole, edifici pubblici e di altra destinazione d'uso, rilievi GLA-edes, conferme Esito su edifici già ispezionati prima della scossa, Gruppi Tecnici di Supporto, ricognizioni di frane, ponti, dighe, rilievi su edifici monumentali. Le attività sono state condotte principalmente nelle Marche, e in misura minore in Lazio ed Abruzzo (Figura 7), su strutture di natura e tipologia costruttiva diversa, e di destinazione d'uso eterogenea (Tabella 1). Le proporzioni tra gli esiti sono state piuttosto diverse a seconda del tipo di edificio ispezionato (Figura 8).

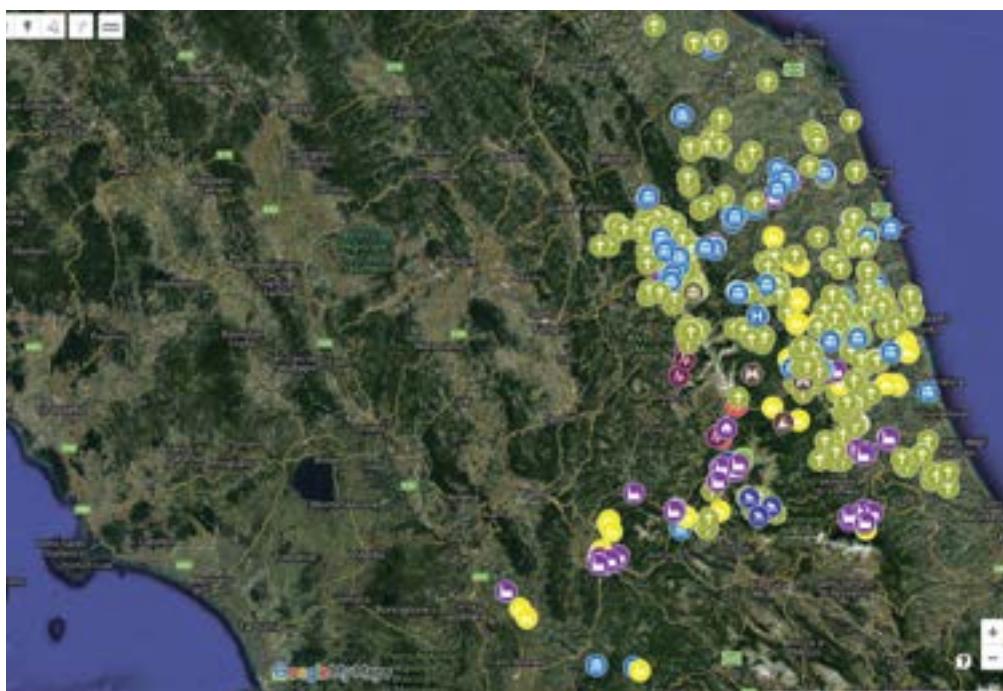
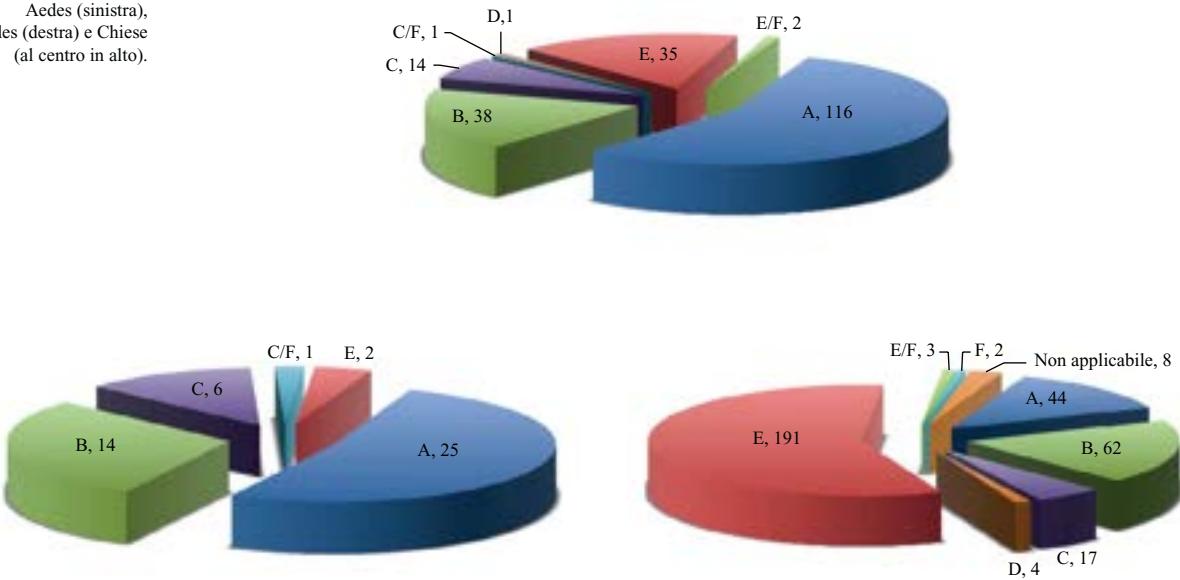


Figura 7
Mappa dei sopralluoghi effettuati.

Tabella 1 - Destinazioni d'uso e tipo di ispezione condotta

	Aed	CE	chiese	GL	GTS	manufatti	palazzi	palazzi Fst	report	Importo totale
Altro ed. pubblico	63		2	16		1	2	63		147
Commerciale		3								3
Ecclesiastico			329				5	15		349
Frana/geo/diga									1	1
Ponte/viadotto								1	2	3
Produttivo	6			19						25
Residenziale	7						1	25		33
Ricettivo	15			2				1		18
Ricreativo	5			3						8
Scolastico	108	5		8	1		1	8	105	122
Importo totale	207	5	331	48	1	1	8	105	3	709

Figura 8
Distribuzione esiti di schede
Aedes (sinistra),
GL-Aedes (destra) e Chiese
(al centro in alto).



Le verifiche di agibilità degli edifici monumentali nelle zone colpite sono state condotte sotto il coordinamento congiunto del Dipartimento della Protezione Civile e del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, in collaborazione con il consorzio Reluis.

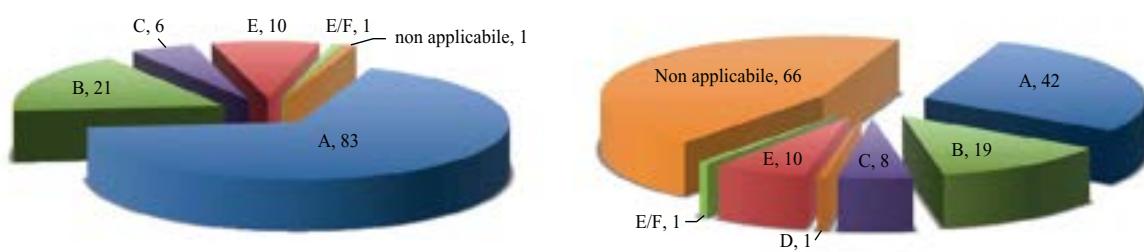
Nel primo ciclo di ispezioni (prima del 26 ottobre 2016), una squadra congiunta EUCENTRE-Università degli Studi di Pavia è stata messa a disposizione ogni settimana. Sono state ispezionate in totale 93 chiese e 1 palazzo nelle province di Ascoli Piceno, Macerata, Fermo, L'Aquila e Teramo. Nel secondo ciclo di ispezioni (da dal 23 gennaio 2017 al 17 marzo 2017), la Fondazione ha garantito la presenza settimanale di almeno 2 squadre. I sopralluoghi sono stati condotti su 238 chiese e 112 palazzi, compilando schede chiese e schede palazzi (palazzi fast per la maggior parte). Per questi ultimi è stato solo rilevato il danno, senza valutazione di agibilità. Come mostrato in Figura 8 (destra), il 61% delle chiese per le quali è stato emesso un esito era inagibile.

Da novembre 2016 a gennaio 2017 è stata operativa su campo anche una squadra GL (Grandi Luci), che si è occupata essenzialmente di strutture a grande luce e di alcune strutture afferenti di tipo produttivo, ricettivo, o commerciale per le quali è stata redatta una Aedes standard.

Sono state ispezionate in tutto 48 strutture a grande luce, di diverse destinazioni d'uso. Come si vede in Figura 8 (centro), il 52% delle strutture ispezionate era pienamente agibile.

La maggior parte delle schede Aedes compilate (82%) erano relative ad edifici scolastici o pubblici (Tabella 1). Gli esiti relativi sono stati prevalentemente di piena agibilità (il 68% delle scuole ed il 52% degli edifici pubblici per i quali è stato emesso un esito), mentre solo il 9% ed il 13% rispettivamente sono risultati completamente inagibili (Figura 9).

Figura 9
Esiti di agibilità su scuole
(sinistra) ed edifici pubblici
(destra).



3.3 Attività scienti che, tecniche e divulgative

Per completare il quadro complessivo del ruolo rivestito da EUCENTRE nell'ambito della recente emergenza sismica si riportano una serie di attività condotte dalla Fondazione su base volontaria in quanto oggetto dei propri obiettivi statutari. Tra queste, di maggiore rilevanza sono state le cognizioni tecnico-scienti che, in collaborazione con noti istituti di ricerca di fama internazionale.

Dal 5 all 8 settembre 2016, EUCENTRE ha partecipato alla prima cognizione geotecnica post-evento all'interno della squadra dell'associazione internazionale GEER (Geotechnical Extreme Events Reconnaissance) nelle province di Rieti, Ascoli Piceno, L'Aquila e Perugia. Le attività condotte nell'ambito dei sopralluoghi sono riportate in report tecnico sintetico pubblicato poco dopo l'evento (Stewart e Lanzo, 2016) e in un report più dettagliato (Lanzo e Stewart, 2016) contenente elaborazioni successive.

Dal 12 al 16 settembre 2016, EUCENTRE si è unita a EERI (Earthquake Engineering Research Institute) e al consorzio Reluis per una visita tecnica di cognizione danni in Italia Centrale, come parte del programma Learning from Earthquakes (LFE), per studiare l'impatto del terremoto di Amatrice del 24 agosto 2016. Al termine della missione la squadra ha condiviso l'esperienza in un seminario web sulla cognizione danni, disponibile sul sito della Clearinghouse dedicata (Earthquake Clearinghouse, 2017). Un ulteriore missione è stata condotta dal 8 al 12 maggio 2017, per valutare gli effetti causati dall'ondata di scosse avvenuta tra ne ottobre 2016 e gennaio 2017.

Dal 18 al 21 ottobre 2016, EUCENTRE ha poi affiancato il team AFPS (Association Française du Génie Parasismique) nella cognizione post-evento condotta nelle province di Rieti, Ascoli Piceno e L'Aquila, sulle dighe di Scandarello, Poggio Cancelli, Rio Fucino e Sella Pedicata. I risultati della missione sono stati inseriti nelle sezioni Dams e Retaining walls, rockfall barriers, and road embankments del report GEER (Lanzo e Stewart, 2016), e nella sezione sulle dighe del report AFPS (Balguj et al., 2017).

EUCENTRE si è unito agli esperti in geotecnica sismica, geologia, sismologia e geomatica della squadra GEER Italia-Stati Uniti che ha effettuato la fase principale dei rilievi di frane condotti con droni e LIDAR dal 30 novembre al 5 dicembre 2016 nelle aree colpite dalla sequenza sismica. Le attività condotte nell'ambito dei sopralluoghi sono riportate in un primo rapporto tecnico sintetico (Lanzo e Stewart, 2017) e in uno di dettaglio (Stewart e Lanzo, 2017).

All'inizio di dicembre 2016 il Dipartimento della Protezione Civile, per conto del Commissario alla Ricostruzione Errani, ha chiesto al consorzio Reluis di svolgere con massima urgenza un'attività di valutazione sulla possibilità di ripristino/adequamento delle scuole classificate con esito E, con l'obiettivo di supportare le decisioni in merito alla riattivazione dei servizi scolastici interrotti. Le squadre congiunte Università di Pavia-EUCENTRE hanno valutato quattro scuole a Force, Faleroni, Montalto nelle Marche e Acquasanta Terme.

In ne, la Fondazione EUCENTRE si è attivata su una serie di fronti anche di natura divulgativa connessi all'emergenza sismica, ed in particolare: i. aggiornamenti periodici sul proprio sito istituzionale relativamente all'attività in corso, seguiti con interesse dalla comunità nazionale e internazionale per quasi 34000 accessi da agosto 2016 a marzo 2017, ii. Clearinghouse in versione italiano e inglese, in collaborazione con EERI, e.g. sito web di raccolta di rapporti scientifici, articoli, media, etc., diretto alla comunità tecnico-scientifica e nutrita dalla stessa, per più di 8000 accessi nello stesso periodo, iii. seminario web sulla cognizione danni della missione EERI e seminario I terremoti dell'Italia Centrale dell'Agosto-Ottobre 2016, prezioso momento di condivisione e discussione con i colleghi di INGV.

4. Conclusioni

Come accaduto per i grandi eventi sismici che hanno colpito l'Italia nell'ultimo decennio, anche in seguito al terremoto di Amatrice la Fondazione EUCENTRE è stata operativa sul fronte dell'emergenza sia in qualità di Centro di Competenza della Protezione Civile Italiana, sia nell'ambito di altre attività di natura tecnico-scientifica e divulgativa.

Nei nove mesi successivi all'evento, in funzione delle necessità e delle richieste, le molteplici attività condotte parte in sede e parte su campo hanno incluso produzione di scenari di danno, attività di natura numerico-sperimentale, diagnostica e valutazioni speditive e approfondite su strutture e infrastrutture, cognizione danni.

L'esperienza su campo di EUCENTRE e dei colleghi coinvolti nell'emergenza ha ancora una volta messo in evidenza da un lato le indiscutibili potenzialità del sistema, e dall'altro una serie di spunti di riflessione per il miglioramento dello stesso e della gestione tecnica emergenziale, sia per quanto riguarda gli strumenti di supporto alle decisioni sia per quanto riguarda le operazioni su campo.

Sul fronte degli strumenti di supporto alle decisioni è possibile potenziare le piattaforme per la definizione del rischio sismico e dello scenario di danno arricchendo la base dati, in particolare anche in relazione all'inserimento di altre infrastrutture strategiche come ospedali, caserme dei vigili del fuoco, impianti industriali a rischio di incidente rilevante, nonché le componenti delle condizioni limite di emergenza (Bramerini e Castenetto, 2016). In questo modo lo scenario di danno potrebbe divenire l'input per un'analisi di network attualmente implementata solo per gli elementi del sistema viabilistico e per un sistema che integra la viabilità, i porti e gli aeroporti. Una via percorribile per l'arricchimento della base dati potrebbe essere l'apertura

della piattaforma ad una comunità di utenti che possano da un lato fruirne e dall'altro correggerne o arricchirne i contenuti. Le previsioni dello scenario di scuotimento bene ceranno della valutazione degli effetti di ampli cazione locale valutati a partire dagli studi di microzonazione sismica nanziati a livello nazionale sulla base dell'Art. 11 del D.L. 28/04/2009 [23], la cui integrazione è attualmente in corso.

Nel caso dell'edilizia residenziale, soprattutto per il calcolo dello scenario di danno, sarebbe opportuno incrementare il dettaglio del database di esposizione con i dati sulla dislocazione spaziale degli edifici e con informazioni che ne consentano una migliore descrizione della vulnerabilità. Allo stato attuale di sviluppo, infatti, gli edifici sono considerati solamente in termini di composizione del patrimonio edilizio del comune.

Inoltre, l'integrazione del fenomeno di accumulo del danno nei modelli di valutazione della vulnerabilità sarebbe un passo fondamentale soprattutto nel caso di scosse successive con magnitudo elevata e addirittura superiore a quella della prima, così come accaduto in Italia centrale il 30 ottobre 2016, per consentire di modellare l'inevitabile cambiamento della risposta strutturale di un edificio provocato da scosse precedenti.

Un ulteriore passo avanti sarebbe l'inserimento nella piattaforma dei dati sul valore economico del patrimonio edilizio esistente, in modo da arricchire gli scenari con la valutazione delle perdite legate al danno diretto ed, in ipotesi di valutazioni di network, indiretto. Con questo tipo di valutazioni, il campo degli stakeholders potenzialmente interessati all'utilizzo della piattaforma si estenderebbe al mondo delle compagnie assicurative, nonché agli enti governativi che devono allocare le risorse per la ricostruzione.

Sul fronte dell'operatività su campo invece, una delle esigenze emerse con maggiore importanza è quella dell'allineamento degli strumenti di rilievo del danno alla tecnologia moderna attualmente a disposizione ordinaria della maggior parte dei tecnici nazionali. Su questo tema, la Fondazione ha iniziato un importante lavoro di debug sulla app android della scheda Aedes implementata in passato, in quanto strumento semilavorato al momento più vicino alle possibili esigenze su campo. Il futuro tuttavia si ritiene essere quello della completa informatizzazione attraverso webapp di tutte le schede in uso (Aedes, GL-Aedes, Beni culturali, etc.). L'importante vantaggio della webapp è di poter essere utilizzata sui diversi sistemi operativi (Android, macOS, windows mobile, etc.), mantenendo comunque la possibilità di restare indipendente dalle condizioni di connettività attraverso il salvataggio in locale. L'informatizzazione degli strumenti di raccolta dati, affiancata ad un opportuno sistema di gestione, porterebbe vantaggi molto significativi in una condizione emergenziale, tra i quali ad esempio: i. la possibilità di accreditamento dei tecnici in remoto, ii. l'assegnazione informatizzata delle ispezioni, iii. Lo scambio dati (contatti ispezioni, indirizzi, etc.) su piattaforma cloud, iv. l'implementazione automatica dei controlli di completezza di base attraverso messaggi di errore, vi. l'implementazione automatica dei controlli di logica attraverso messaggi di alert, vii. la consegna delle schede in tempo reale, viii. l'archiviazione automatica dei dati; viii la produzione in automatico delle statistiche dei dati rilevati e delle relative mappature sul territorio. In questo modo i tempi di burocrazia e dispersione territoriale dei tecnici verrebbero ridotti a favore dell'incremento delle ispezioni, le risorse dedicate all'archiviazione manuale dei dati potrebbero essere reindirizzate, la possibilità di errore random associata all'immissione manuale verrebbe azzerata, gli errori legati a schede compilati in modo incompleto sarebbero impediti alla sorgente. Il tecnico ispettore, al quale verrebbero anche segnalate le eventuali incongruenze logiche di compilazione da rettificare o confermare in base alla propria valutazione, potrà correggere la scheda prima di inviarla elettronicamente.

In un momento storico in cui già tante pratiche scambiate con la pubblica amministrazione sono possibili, se non obbligatorie, in forma telematica, la gestione di privacy, sicurezza e autenticazione sono problematiche di cui tener conto ma ampiamente gestibili con la tecnologia odierna. Si ritiene che la possibilità di predisporre un sistema di questo tipo in tempo di pace abbia ormai raggiunto tempi sufficientemente maturi. Si osserva inoltre che tale sistema, come in tanti casi di pratiche gestite dalla pubblica amministrazione, non sarebbe incompatibile con la persistenza del metodo cartaceo per quei tecnici (a nostro avviso in numero sempre minore) che si trovassero a proprio agio con il sistema attuale, ed in generale per coloro che avessero la necessità di un confronto all'atto della consegna dei moduli: il peso legato alla gestione del cartaceo sarebbe significativamente ridotto a favore di un incremento di efficienza nella gestione globale. Occorre infatti tener presente che le schede, con tutte le dovute considerazioni sullo stato di emergenza in cui sono redatte, restano una perizia di responsabilità del destinatario quale tecnico specializzato e formato con il diritto/dovere di emettere il giudizio che ritiene più opportuno sulla struttura ispezionata in prima persona, e salvo eventuali errori di incompletezza non dovrebbe aver motivo di modificare la scheda, soprattutto se supportato da strumenti di controllo opportuni.

Un ulteriore problematica emersa è quella dell'apparentemente insufficiente numero di tecnici formati a disposizione per la compilazione delle schede Aedes di base. Essendo il protocollo di formazione sul tema ormai molto ben definito in termini di durata e contenuti, una buona soluzione potrebbe essere quella di registrare dei moduli di corso telematici, evitando la necessità di impiegare personale dedicato e di doverne gestire la logistica nelle varie sedi, quindi riducendo radicalmente i costi di formazione all'origine. Questo consentirebbe di allargare il bacino di utenza dei professionisti sia dal punto di vista economico sia in termini logistici, poiché un numero decisamente maggiore di professionisti riuscirebbe a seguire il corso in modo accessibile rispetto all'organizzazione della propria attività. Se si ritenesse di imprescindibile importanza mantenere la possibilità di confronto diretto con gli uditori, si potrebbero creare dei punti di assistenza virtuale per l'eventuale supporto

tecnico all'utenza, ad esempio regionali o in gestione ai centri universitari. Occorre infatti tener presente che non si tratta di formazione di personale inesperto, ma di aggiornamento di tecnici professionisti, se parliamo di ingegneri e architetti. Qualche anno fa questo tipo di approccio sarebbe stato poco funzionale per diverse ragioni, ma si ritiene che i tempi siano ormai maturi, sia perché i corsi sono stati ampiamente perfezionati, sia perché la tecnologia mette oggi a disposizione mezzi largamente testati e funzionanti.

Fermo restando il riconoscimento al grande lavoro svolto come sempre dai molti soggetti coinvolti al veri carri di questi drammatici eventi, si ritiene che oggi vi sia la possibilità di ampio margine di miglioramento del sistema attraverso strumenti di preparazione, gestibili in tempo di pace a costi relativamente contenuti, utilizzando da un lato il coinvolgimento dei diversi possibili stakeholder, dall'altro sfruttando appieno le potenzialità offerte dal progresso tecnologico.

5. Ringraziamenti

Il lavoro compiuto nel corso dei nove mesi di attività in seguito al sisma in Centro Italia è stato in buona parte supportato dal punto di vista finanziario dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale e dal Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, che gli autori ringraziano.

Un sentito ringraziamento va anche al personale della Fondazione che ha operativamente dimostrato ampia disponibilità e possibilità nella gestione del lavoro su campo condotto senza orari in qualsiasi tipo di condizione ambientale, in aggiunta all'attività ordinaria che in sede non è sostanzialmente mai stata interrotta. Si ringrazia in fine il personale che pur non avendo competenze utili all'attività in situ ha fornito il supporto richiesto dalla sede.

Bibliografia

- Akkar S., Bommer J.J. (2010) - Empirical equations for the prediction of PGA, PGV, and spectral accelerations in Europe, the Mediterranean Region, and the Middle East, Seismological Research Letters, 81(2), 195-206.
- Balgiu A., Combescure D., Ducheze A., Dujarric C., Taillefer N., Tesser L. (2017) - AFPS preliminary report of the field survey in central Italy, after the earthquake of August 24 2016, 16th World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017, Santiago Chile, January 9-13 2017, paper N° 5007.
- Bindi D., Pacor F., Luzi L., Puglia R., Massa M., Ameri G., Paolucci R. (2011) - Ground motion prediction equations derived from the Italian strong motion database, Bull Earthquake Eng (2011) N. 9, pp. 1899-1920.
- Boore D.M., Atkinson G.M. (2008) - Ground motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 and 10.0 s, Earthquake Spectra, 24, 99-138.
- Fabrizio Bramerini e Sergio Castenetto (a cura di) (2016) - Commissione tecnica per la microzonazione sismica, Manuale per l'analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano, versione 1.1, Betmultimedia, Roma.
- Casarotti C., Dacarro F., Pavese A., Peloso S. (2009) - Mobile Unit for fast experimental post-earthquake vulnerability assessment. XIII Convegno ANIDIS, Bologna, Italy.
- Casarotti C., Pavese A., Peloso S. (2009) - Seismic Response of the San Salvatore Hospital of Coppito (L'Aquila) during the 6th April 2009 earthquake, Progettazione Sismica, issue 3, Special Abruzzo, Italian (163-176) and English (159-172).
- Casarotti C., Peloso S., Pavese A. (2010) - Seismic response of the hospital facilities during the 2009 Abruzzi earthquake, 14th European Conference On Earthquake Engineering (14 ECEE 2010), paper #673, Ohrid, Macedonia, 30 Aug - 03 Sept 2010.
- Casarotti C., Pavese A., Peloso S. (2012) - Valutazione delle strutture nella fase post terremoto. Il modulo sviluppato da Eucentre e le attività sul campo, Progettazione Sismica, issue 3, (37-48).
- Casarotti C., Pavese A. (2012) - DRHOUSE project: the ASA module for the post earthquake structural assessment, 4th International Disaster and Risk Conference IDRC Davos 2012, Davos, Switzerland, Aug 2012.
- Cauzzi C., Faccioli E. (2008) - Broadband (0.05 to 20 s) prediction of displacement response spectra based on worldwide digital records, Journal of Seismology, Vol. 12, n. 4, pp. 453-475.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 23 febbraio 2006 (2006) - Approvazione dei modelli per il rilevamento dei danni, a seguito di eventi calamitosi, ai beni appartenenti al patrimonio culturale. (GU Serie Generale n.55 del 07-03-2006).
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 8 luglio 2014 (2014) - Istituzione del Nucleo Tecnico Nazionale (NTN) per il rilievo del danno e la valutazione di agibilità nell'emergenza post-sismica e approvazione dell'aggiornamento del modello per il rilevamento dei danni, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica e del relativo manuale di compilazione. (14A07921) (GU Serie Generale n.243 del 18-10-2014).
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 14 gennaio 2015 (2015) - Approvazione della Scheda di valutazione di danno e agibilità post-sisma per edifici in legno prefabbricata o di grande luce GL-AeDES e del relativo Manuale di compilazione. Modifica della Scheda AeDES, di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 8 luglio 2014. (15A01918) (GU Serie Generale n.61 del 14-03-2015).
- DG ECHO (2010) - DRHOUSE - Development of Rapid Highly-specialized Operative Units for Structural Evaluation, EC, GA 070405/2010 /565717/SUB/C3.
- DG ECHO (2014) - MATILDA - Multinational Module on damage assessment and countermeasures, EC, GA ECHO/SUB/2014/693835.
- DG Environment (2007) - STEP - Strategies and Tools for Early Post-Earthquake Assessment, EC, GA 070402/2007/460822.
- Dipartimento della Protezione Civile (2008) - Progetto Esecutivo DPC-EUCENTRE 2005-2008, Strumenti innovativi per la valutazione sperimentale del danno e della vulnerabilità sismica delle strutture, rapporto conclusivo.

- Dolce M., Goretti A., Pavese A., Ponticelli L. (2011) - Il Macromodulo Build-Safe del Progetto Europeo DrHouse, L'Ingegneria Sismica in Italia (ANIDIS 2011), Bari.
- Dolce M., Goretti A., Pavese A., Ponticelli L. (2012) - The Build-Safe Macromodule of the DrHouse Project, 15th World Conference On Earthquake Engineering (15 WCEE 2012), paper n. 5376, Lisbon, Portugal, Sept 2012.
- Dolce M., Goretti A., Pavese A., Casarotti C., Ponticelli L., Bolognese C. (2013) - DrHouse Project. The Patras, Greece, exercise of the Build-Safe macromodule, L'Ingegneria Sismica in Italia (ANIDIS 2013), Padova.
- Earthquake Clearinghouse (2012) - Clearinghouse per il Terremoto in Emilia, versioni italiana e inglese (accesso in data 20/06/17) www.eqclearinghouse.org/2012-05-20-italy-it
- Earthquake Clearinghouse (2017) - Clearinghouse per il Terremoto in Centro Italia, versioni italiana e inglese (accesso in data 20/06/17) www.eqclearinghouse.org/2016-08-24-italy-it
- Earthquake Clearinghouse (2017) - (accesso in data 20/06/17) www.eqclearinghouse.org/2016-08-24-italy/2016/10/21/italy-earthquake-webinar-brie
- EU Official Journal L 314 (2007) - 2007/779/EC, Euratom: Council Decision of 8 November 2007 establishing a Community Civil Protection Mechanism (recast). 01/12/2007, 0009:0019.
- Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea (2008) - Decisione della commissione del 20 dicembre 2007 recante modi ca della decisione 2004/277/CE, Euratom per quanto concerne le modalità di applicazione della decisione 2007/779/CE, Euratom del Consiglio che istituisce un meccanismo comunitario di protezione civile (Testo rilevante ai ni del SEE), (2008/73/CE, Euratom), 24/1/2008.
- Lanzo G., Stewart J.P. (2016) - Engineering Reconnaissance of the 24 August 2016 Central Italy Earthquake. Version 2, GEER Association Report N. GEER-050B www.geerassociation.org/administrator/components/com_geer_reports/geer_les/GEER_Central_Italy_Report_Version_2.pdf, (accesso in data 20/06/17), DOI:10.18118/G61S3Z.
- Lanzo G., Stewart J.P. (2017) - Engineering Reconnaissance following the October 2016 Central Italy Earthquakes, GEER Association Report N. GEER-050C www.geerassociation.org/administrator/components/com_geer_reports/geer_les/GEER_Report_Central_Italy_October_Earthquakes.pdf, (accesso in data 20/06/17), DOI:10.18118/G6S88H.
- Legge 24 giugno 2009, n. 77 (2009) - Conversione in legge, con modi cazioni, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile. (09G0088), GU 147 del 27 giugno 2009.
- ModEX (2016) - ModEX in Tritolwerk / Austria June 2016, video ufficiale, 8-11 giugno 2016 www.youtube.com/watch?v=WjLWX2EXRg0
- Stewart J.P., Lanzo G. (2016) - Engineering Reconnaissance following the 2016 M6.0 Central Italy Earthquake: Ver 1, GEER Association Report N. GEER-050A www.geerassociation.org/administrator/components/com_geer_reports/geer_les/Central_Italy_GEER_Report_Ver1.pdf, (accesso in data 20/06/17), DOI:10.18118/G65K5W.
- Stewart J.P., Lanzo G. (2017) - Engineering Reconnaissance following the October 2016 Central Italy Earthquakes, Version 2, GEER Association Report N. GEER-050D www.geerassociation.org/administrator/components/com_geer_reports/geer_les/GEER_2017_Report_Ver_2.pdf, (accesso in data 20/06/17), DOI:10.18118/G6HS39.

Gli Autori

Chiara Casarotti

Chiara Casarotti è primo ricercatore presso la Fondazione EUCENTRE dal 2011, dove è responsabile scientifico del sistema di prova per dispositivi di isolamento e dissipazione, e coordinatore delle attività di risposta alle emergenze. Nel 2004 ha conseguito master e dottorato in ingegneria sismica presso l'Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia (IUSS) e l'Università degli Studi di Pavia, e nel 2005 ha lavorato come post-doc presso l'Università della California a San Diego. I suoi principali interessi scientifici riguardano la ricerca sperimentale applicata nel campo dell'ingegneria sismica, la risposta dinamica delle strutture in c.a. e i sistemi di isolamento sismico. Dal 2009 si occupa della gestione delle emergenze e della risposta rapida in caso di eventi sismici, sia nell'ambito di progetti piloti sui moduli del Meccanismo Europeo di protezione civile, sia nell'ambito di progetti per la Protezione Civile Nazionale, e in seguito a terremoti reali.

Alberto Pavese

Alberto Pavese svolge da oltre 25 anni attività di ricerca teorica e sperimentale nel campo della risposta sismica di strutture in c.a. e con isolamento sismico e dei metodi sperimentali per l'ingegneria sismica e strutturale. È stato responsabile del progetto e realizzazione delle attrezzature sperimentali di TREESLab, il Laboratorio sperimentale della Fondazione Eucentre, che comprende la più grande tavola vibrante Europea ed uno dei più grandi simulatori dinamici per prove 3D su dispositivi di isolamento sismico. È autore di oltre 110 pubblicazioni scientifiche.

I suoi principali interessi nel settore della ricerca riguardano il comportamento ciclico di strutture esistenti in cemento armato, le tecniche di rinforzo basate sull'uso di materiali boroforizzati e le nuove tecniche costruttive basate sull'uso di pannelli. Nel campo dell'isolamento sismico i suoi interessi riguardano il comportamento dei dispositivi di isolamento e smorzamento aggiunto e la risposta e il progetto di strutture con isolamento alla base. Altri suoi interessi si riferiscono allo sviluppo di metodi sperimentali innovativi e progettazione di strutture sperimentali di prova per l'ingegneria sismica e strutturale. Ha coordinato numerosi progetti di ricerca in ambito nazionale ed internazionale.

Simone Peloso

Simone Peloso svolge da oltre 10 anni attività di ricerca teorica e sperimentale nel campo dell'ingegneria sismica. Negli anni passati è inoltre stato coinvolto nell'attività didattica della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Pavia: in particolare, dal 2008 al 2011 è stato Professore a Contratto per il Corso di Fondamenti di Tecnica delle Costruzioni .

I suoi principali interessi nel settore della ricerca riguardano i metodi sperimentali, l'analisi dati e l'interpretazione del comportamento delle strutture, i sistemi di monitoraggio, l'identificazione dinamica e gli algoritmi di automatici per l'analisi modale operazionale e, in fine, i metodi semplificati per la valutazione della risposta sismica di strutture in cemento armato.

Simone Peloso è inoltre stato coinvolto nelle attività emergenziali successive ai sismi di Salò (2004), Aquila (2009), Emilia (2012) e Centro Italia (2016) avendo sia ruolo di coordinamento delle squadre ispettive gestite da Eucentre che svolgendo in prima persona valutazioni di strutture critiche, residenziali e produttive.

Barbara Borzi

Barbara Borzi è primo ricercatore presso Eucentre dove coordina la sezione Vulnerabilità e gestione territoriale. Le principali attività di ricerca riguardano: (i) la valutazione del rischio sismico a scala urbana o territoriale di strutture ed infrastrutture, (ii) l'implementazione di metodi analitici per la valutazione della vulnerabilità a scala urbana, (iii) la modellazione del comportamento non lineare di strutture soggette ad azione sismica, e (iv) l'implementazione di metodologie semplificate per l'analisi da adottarsi quando sono noti pochi dati oppure quando l'onere computazionale dell'analisi di dettaglio non può essere gestito.



**Diventa Nostro Autore e riceverai uno Sconto del 10%
per i Corsi di Formazione Eucentre-ReLUISt.**

Per accedere ai template per i contributi consulta il
sito Eucentre o contatta la Redazione.

www.eucentre.it/progettazione-sismica2/

PROGETTAZIONE SISMICA²

Il Coordinamento dall'emergenza al post sisma: l'esperienza dell'Associazione Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze

Coordination from the emergency to post-earthquake: the experience of the Association Engineers for the Prevention and Emergencies

Patrizia Angeli¹, Cristhian Clementi², Dora De Mutiis³, Marco Cagnizi⁴, Roby Baldin⁵, Emanuela Ferro⁶, Chiara Fedeli⁷, Francesco Antonicoli⁸ ■

Sommario

L Ufficio di Coordinamento CNI-IPE è deputato alla mobilitazione, all accreditamento, alla composizione, alla pianificazione delle attività delle squadre di rilevamento, nonché al supporto tecnico e logistico in raccordo con la Funzione Agibilità e Censimento Danni del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile.

Guardando al futuro è necessario che il modello sviluppato in piena emergenza venga consolidato e reso ancora più efficace da una stretta collaborazione con il Dipartimento nazionale della Protezione Civile sia in tempo di pace sia in emergenza.

Ciò può essere pienamente raggiunto solo attraverso l inserimento delle professioni tecniche in Sistema , cioè nel centro di coordinamento nazionale nella Sala Situazione Italia del Dipartimento della Protezione civile (DPCM 3/12/2008, G.U. 19/02/2009) al pari delle altre componenti e strutture operative del Servizio nazionale della protezione civile che concorrono alla gestione dell emergenza ai sensi dell art. 6 della L. 225/92..

Parole chiave: coordinamento ispezioni, CNI-IPE, agibilità, censimento danni, terremoto centro Italia.

Abstract

The CNI-IPE Coordination Office is deputed to mobilize, accredit, compose and to plan activities of survey teams as well as to give technical and logistical support in connection to the damage assessment's functions of the National Department of Civil Protection. Looking ahead, the developed emergency model needs to be consolidated and it should be made even more effective by close collaboration with the National Civil Protection Department, both during seismic peace time and in emergency phase. This can be fully achieved only by introducing the technical professions into System , that is the National Coordination Center in the Italy Situation Room of the Department of Civil Protection (DPCM 3/12/2008, G.U. 19/02/2009) just like the other components and operational structures of the National Civil Protection Service that contribute to the management of emergency in accordance with the Law 225/92 (art. 6).

Keywords: coordination Earthquake Damage Inspection, CNI-IPE, usability assessment, census damage, Central Italy earthquakes.

1. Il ruolo di IPE all interno del sistema di protezione civile

L'Associazione Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze nasce ufficialmente il 7 gennaio 2016. A poco più di un anno dalla costituzione formale (in realtà IPE operava già dal 2014) l'associazione, che rappresenta il braccio operativo del Consiglio Nazionale degli Ingegneri, ha dovuto affrontare una delle emergenze più devastanti della storia del nostro paese. La Legge 225/92 Istituzione del Servizio nazionale di Protezione Civile, all'art. 6 comma 2 stabilisce infatti che gli Ordini professionali concorrono all'attività di protezione civile ed è proprio per questo che furono siglati un apposito Accordo Quadro di Collaborazione tra la Presidenza del Consiglio dei Ministri, il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) nazionale e il Consiglio na-

¹ Presidente IPE - Responsabile Ufficio di Coordinamento.

² Responsabile supportoattività squadre e procedure informatiche.

³ Responsabile formazione squadre AeDES.

⁴ Responsabile logistica e attività FAST.

⁵ Responsabileformazione squadre FAST.

⁶ Responsabileformazione squadre FAST.

⁷ Responsabile attività Data Entry e supporto alla segreteria tecnica Funzione Censimento Danni della Di.Coma.C.

⁸ Responsabile attività e controllo Data Entry e supporto alla segreteria tecnica Funzione Censimento Danni della Di.Coma.c.

zionale Ingegneri (CNI) già nel 2009 a seguito del sisma di L'AQUILA e un successivo Protocollo di Intesa nel 2011 quando la Federazione degli Ingegneri delle Marche decise che sarebbe stato importante non disperdere l'esperienza fatta dagli ingegneri nel terremoto aquilano e quindi formare con specifici corsi, in tempo di pace, un numero elevato di tecnici così da rispondere in modo massiccio e strutturato in caso di calamità. Sulla base di questi accordi istituzionali sono iniziate le attività di formazione capillare, dapprima nelle Marche e successivamente in altre Regioni, e l'impostazione di un modello di intervento sempre più coordinato, nel quale gli Ingegneri hanno evidenziato un ruolo cardine dapprima nella gestione tecnica dell'emergenza sismica del 2012 in Emilia Romagna e ancora più messo in luce e collaudato in occasione del Sisma Centro Italia 2016.

Il coinvolgimento degli Ingegneri in questo sisma è stato di una entità tale che, per la prima volta, riconoscendo l'importante ruolo svolto nella gestione dell'emergenza al servizio della collettività, il CNI, e quindi IPE, è stato invitato a partecipare alla parata nazionale del 2 giugno a Roma in occasione della Festa della Repubblica, sbandando insieme alle componenti del Servizio Nazionale di Protezione Civile di fronte alle più alte cariche istituzionali italiane.

Certamente guardando al futuro è necessario che il modello sviluppato in piena emergenza venga consolidato e reso ancora più efficace da una stretta collaborazione con il Dipartimento nazionale della Protezione Civile sia in tempo di pace sia in emergenza. Ciò può essere pienamente raggiunto solo attraverso l'inserimento delle professioni tecniche in Sistema, cioè nel centro di coordinamento nazionale nella Sala Situazione Italia del Dipartimento della Protezione civile (DPCM 3/12/2008, G.U. 19/02/2009) al pari delle altre componenti e strutture operative del Servizio nazionale della protezione civile che concorrono alla gestione dell'emergenza ai sensi dell'art. 6 della L. 225/92.

Il riconoscimento dei risultati ottenuti va a migliaia di professionisti volontari guidati dal presidente nazionale Patrizia Angeli, ininterrottamente mobilitati sul campo dall'indomani della prima scossa del 24 agosto 2016, che ha colpito ben quattro regioni dell'Italia centrale. Una sequenza sismica del tutto atypica per intensità, per estensione territoriale e per frequenza, se è vero che ad oggi sono state registrate oltre 69.000 scosse. Pur nell'evidente difficoltà di coordinare in tempi brevi un numero considerevole di volontari, per di più in una zona così ampia, la risposta di IPE è stata rapida e massiva, tanto che a distanza di poche ore dal sisma si è subito costituito un Ufficio di Coordinamento (UC), sul modello di quanto già sperimentato in Emilia Romagna nel 2012, presso l'Ordine degli Ingegneri di Rieti, grazie all'immediata disponibilità della sede offerta dal Presidente Ing. Antonio Miluzzo. È stato parallelamente attivato da IPE un apposito Ufficio Stampa, di cui è responsabile il giornalista Cristiano Boggi, deputato alle azioni di informazione e comunicazione.

Figura 1
Riunione di coordinamento a Roma presso la sede del CNI con tutti gli Ordini di Italia.



Con nota del Capo Dipartimento Ing. Fabrizio Curcio in data 24/08/2016 inviata al Consiglio Nazionale Ingegneri è stata richiesta la mobilitazione immediata e non a cessate esigenze di tecnici idonei per le attività di gestione tecnica, censimento danni ed agibilità post evento delle costruzioni secondo quanto disposto dal DPCM 8 luglio 2014 istitutivo del Nucleo Tecnico Nazionale e che approvava la nuova scheda AeDES con il relativo manuale.

Grazie all'attività altamente coordinata, moltissimi ingegneri agiblitori formati, provenienti da tutta Italia, sono stati messi a disposizione della Direzione Comando e Controllo (DICOMAC) del DPC nazionale per svolgere i turni settimanali di verifiche degli edifici. Uno sforzo organizzativo notevole reso possibile solo grazie allo staff dell'Ufficio di Coordinamento, composto in larga misura da giovani ingegneri e da professionisti esperti come l'Ing. Angelo Masi, delegato CNI. L'Ufficio di Coordinamento è stato, quindi, dapprima composto oltre che da figure istituzionali quali il Presidente dell'Ordine ospitante, il Presidente

della Federazione degli Ingegneri del Lazio, Ing. Alfredo Del , il Delegato CNI, il Presidente di IPE anche da gure fortemente operative quali gli Ingegneri Lorena Rinaldi e Cristhian Clementi. Tuttavia l'uf ciò ha dovuto incrementare sensibilmente le proprie unità a seguito dell'ampliarsi del fenomeno sismico acquisendo quindi 1 Ing. Marco Cagnizi, 1 Ing. Chiara Fedeli, 1 Ing. Dora De Mutiis, 1 Ing. Francesco Antonicoli e i due giovani collaboratori Roby Baldin ed Emanuela Ferro.

L'uf ciò si è occupato della mobilitazione degli Agibilitatori Aedes e, successivamente alle scosse del 26 e 30 ottobre 2016, della massiccia mobilitazione di centinaia di tecnici FAST, dell'attività di Data Entry per l'informatizzazione delle schede e dell'attività di Supporto alla segreteria tecnica della DICOMAC. Per tutti è stato necessario gestire, con il supporto dell'amministrazione del CNI, anche la logistica e la dotazione ai tecnici della divisa per la riconoscibilità sul territorio.

Dall'inizio delle operazioni più di 3800 tecnici, provenienti da tutta Italia, hanno lasciato le proprie attività per un minimo di otto giorni consecutivi, rendendosi spesso disponibili per più turni, mossi dal desiderio di mettere le proprie competenze al servizio delle popolazioni colpite dall'emergenza e aiutarle a rientrare prima possibile nelle proprie case. La componente degli ingegneri tra i tecnici volontari operativi risulta essere la più numerosa messa in campo dai vari Consigli Nazionali e Collegi professionali. Spesso i tecnici esperti strutturisti AeDES sono stati inseriti anche nei GTS (Gruppi tecnici di sostegno) a supporto dei Sindaci dei comuni colpiti dal terremoto nelle attività di valutazione delle misure urgenti per mettere in sicurezza edifici a tutela dell'incolumità pubblica e al fine di ripristinare i servizi essenziali. Il GTS è composto da almeno un tecnico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, un rappresentante del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali, un tecnico designato dal Comune e un tecnico individuato dalla Funzione Censimento danni e Verifiche Agibilità post-evento della stessa DICOMAC. Lagire all'interno del sistema di protezione civile, come prestatori di opera tecnica a titolo volontario e gratuito, garantisce inoltre un requisito fondamentale per la buona riuscita della successiva fase di ricostruzione, che è la terzietà del giudizio tecnico rispetto alle procedure di finanziamento degli interventi di ricostruzione. Il Consiglio Nazionale degli Ingegneri ha investito moltissimo, in risorse ed energie, nel progetto di costituzione del Nucleo Tecnico Nazionale (NTN), previsto dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 8 luglio 2014, in modo da realizzare una task force di Tecnici Specialisti che possano entrare in campo velocemente e adeguatamente formati per affrontare le campagne di rilevamento del danno e dell'agibilità post evento.

2. Attività di coordinamento e gestione procedure in emergenza

In emergenza si ha poco tempo per pensare. L'emergenza è crisi, sia per le popolazioni colpite dagli eventi calamitosi sia per tutti coloro che si occupano di gestirla. Ci si pongono poche domande, si deve concludere in fretta e nella maggior parte dei casi la risposta alla domanda quando? è ora! . Bisogna essere risoluti in ogni cosa che si fa, il rischio di fallire è altissimo



Figura 2
La formazione e l'accoglienza dei tecnici AeDES a Rieti (a sinistra).



Figura 4
La formazione e l'accoglienza dei tecnici FAST a Rieti (a sinistra).

Figura 5
Il momento dell'accreditamento dei tecnici a Rieti (a destra).

Figura 6
L'attività dell'UC
in preparazione
dell'accreditamento dei
tecnici a Rieti.



e le uniche cose sulle quali si può fare affidamento sono, il proprio bagaglio culturale e a volte anche l'istinto. Bisogna essere molto abili nello scegliere la soluzione che più probabilmente non sarà destinata all'insuccesso. Purtroppo il sisma del 2016 ci ha colto di sorpresa; non erano infatti state individuate in tempo di pace le procedure necessarie a gestire una così grande mole di attività. L'unico bagaglio che era a disposizione era il modello di gestione del terremoto emiliano del 2012 che aveva, con successo, consentito di gestire una emergenza ben più contenuta pur nella sua tragicità. La grande crescita è stata l'informatizzazione di tutte le procedure; essa è stata di vitale importanza e ha permesso di ad ora la corretta gestione tecnica dell'emergenza. Si è lavorato su molti fronti trasversali a tutte le attività da svolgere. La scelta e lo sviluppo delle soluzioni informatiche hanno riguardato principalmente le seguenti tematiche:

- *Reperimento delle disponibilità dei tecnici per le attività di sopralluogo e informatizzazione schede* È stato predisposto un form, appoggiandosi agli strumenti di Google, per consentire ai tecnici di manifestare la propria disponibilità. Pur sembrando un'attività estremamente semplice in realtà si è rivelata più complessa di quanto immaginato in quanto i dati ottenuti spesso risultavano da una parte incoerenti e dall'altra non immediatamente fruibili per le finalità dell'Ufficio di Coordinamento. Sono state investite, quindi, molte energie e tempo per il trattamento e la gestione automatizzata dei dati al fine della loro ottimizzazione e di poter ottenere di volta in volta con estrema rapidità un prodotto immediatamente leggibile ed utilizzabile.
- *Gestione logistica delle strutture alberghiere* La composizione delle squadre ed il numero esatto di queste risultava definitivo solo alla fine dell'accreditamento. Solamente, quindi, dopo la registrazione delle presenze si poteva dare corso all'organizzazione della logistica per garantire il pernottamento dei tecnici nelle strutture alberghiere convenzionate. Ci si è trovati a dover organizzare e garantire il pernottamento contemporaneamente ad alcune centinaia di ingegneri in una o due ore massimo. Al crescere del cratere e all'aumentare dei tecnici coinvolti si è dovuta sviluppare una procedura informatica che consentisse la gestione di questa fase. L'automazione è stata una discriminante fondamentale che ha permesso di garantire il risultato di questa attività.
- *Mobilitazione dei tecnici attraverso sms* Sono stati generati e inviati in maniera massiva messaggi di testo personalizzati. Anche qui la messa a punto di una procedura informatica ha consentito di poter gestire numeri considerevoli di squadre e di far pervenire loro le informazioni necessarie per la loro mobilitazione rispettando le tempistiche imposte dalla turnazione.
- *Raccolta materiale fotografico* È stato richiesto dal DPC alle squadre AeDES di consegnare unitamente alla scheda cartacea il materiale fotografico dell'edificio ispezionato. Inizialmente la raccolta avveniva manualmente, era supervisionata e c'era un apposito spazio dove i tecnici venivano accolti. In seguito agli eventi di ottobre 2016 quando l'estensione territoriale del danneggiamento si è enormemente allargata su 4 Regioni, non è stato più possibile accentrare la consegna delle fotografie a Rieti, presso la DICOMAC, e quindi si è organizzata la raccolta via web fornendo uno spazio per l'upload dei dati.
- *Trattamento dei dati* Le procedure informatiche hanno permesso in generale di incrociare i dati da più fonti consentendo in molte occasioni di ottenere un risultato formalmente completo senza bisogno di impiegare personale aggiuntivo, e rendendo più agevole il lavoro dell'Ufficio di Coordinamento.
- *Creazione della piattaforma per i rimborsi* Ai tecnici che effettuano l'attività sul campo viene riconosciuto il rimborso delle spese. La gestione delle relative pratiche è stata posta in carico all'Ufficio di Coordinamento in raccordo con la sezione romana CNI. Si è, quindi, reso necessario progettare e realizzare una piattaforma informatica, fruibile di tutte le esperienze dei mesi precedenti, indispensabile per consentire una gestione efficiente ed agevolata delle pratiche relative ai rimborsi degli oltre 4000 tecnici volontari aventi diritto. La piattaforma si appoggia ad uno spazio web nel quale sono stati sviluppati ed implementati dei tools per il trattamento dati e per la comunicazione diretta con il singolo tecnico riguardo lo stato di avanzamento della propria pratica.
- *Statistiche* I dati collezionati verranno poi trattati ai fini statistici, permettendo di riflettere in modo critico sulle precedenti fasi e di produrre proposte concrete per la gestione di future emergenze.



Figura 7
Il coordinamento sul campo
(a sinistra).

Figura 8
La sede della DICOMAC a
Rieti (a destra).

3. L'attività degli agibilitatori e la compilazione delle schede AeDES

Una delle primissime attività che vengono avviate a seguito del sisma, è quella di rilievo del danno agli edifici e la valutazione della loro agibilità. Per questa delicata attività, la Protezione Civile e il Consiglio Nazionale Ingegneri hanno avviato da tempo uno specifico percorso formativo per costituire una task force di tecnici altamente specializzati nella redazione delle ormai note schede AeDES (schede di 1° livello per il rilevamento del danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post sismica).

Gli ingegneri agibilitatori AeDES sono stati destinati sostanzialmente a 3 tipologie di attività:

- schedatura AeDES - per edifici ordinari
- schedatura GL-AeDES - per edifici prefabbricati e di grandi luci
- rilevamento GTS - gruppi tecnici di sostegno a supporto dei Comuni per la salvaguardia dell'incolumità pubblica e il ripristino dei servizi essenziali.

Di norma l'attività è condotta in squadre composte da due Ingegneri entrambi formati e si svolge con turnazioni in campo solitamente di 8 giorni.



Figura 9
Figura 9 L'attività delle
squadre sul campo (AeDES
COC Amatrice) (a sinistra).

Figura 10
L'attività dei gruppi tecnici di
supporto (GTS)(a destra).



Figura 11
Il momento della consegna
e verifica delle schede in
DICOMAC.

Le eccezionalità di questo sisma ha reso necessario mobilitare un gran numero di tecnici provenienti da tutta Italia. Il gran numero di sopralluoghi da effettuare e di repliche sismiche, l'ampiezza del territorio colpito e la sovrapposizione degli eventi, ha reso indispensabile una organizzazione estremamente rigorosa delle attività già nella fase di mobilitazione fino a quella di rientro a casa delle squadre intervenute.

La mobilitazione è stata effettuata tramite una procedura informatizzata, messa a punto e implementata in piena emergenza, ciò ha consentito anche la costruzione e l'aggiornamento in tempo reale del data-base dei tecnici in campo per la pianificazione delle attività di sopralluogo in raccordo con la funzione agibilità del DPC. L'intera procedura è stata messa a punto e gestita dall'Ufficio di Coordinamento CNI-IPE ed ha consentito la gestione di un elevato numero di partecipanti nonché l'esecuzione di grandissima parte dei sopralluoghi effettuati complessivamente.

L'attività, svolta in stretto raccordo con la DICOMAC, parte dalla acquisizione delle disponibilità, prosegue con la mobilitazione, la destinazione delle squadre sul campo e la continua assistenza tecnica e logistica ai tecnici durante tutto il periodo di operatività. Inizialmente la mobilitazione è stata svolta grazie all'ausilio degli Ordini e delle Federazioni degli Ingegneri presenti nel territorio nazionale, successivamente, con l'aumentare delle richieste di sopralluogo da parte dei Comuni colpiti dal sisma, rendendosi necessaria una immediata risposta, la gestione è stata centralizzata direttamente dall'Ufficio di Coordinamento, che ha messo a punto un sistema di modulistica on-line, accessibile direttamente dai tecnici mobilitati dal Consiglio Nazionale Ingegneri attraverso comunicazioni massive inviate a tutti gli iscritti agli Albi dallo stesso CNI. Questo ha consentito di velocizzare i passaggi e consentire un flusso di informazioni più snello ed idoneo a rispondere all'emergenza che incalzava. Dopo aver acquisito settimanalmente le disponibilità si procede alla fase di mobilitazione, consistente nell'invio, al singolo tecnico, di sms di pre-allerta volti a verificare la conferma delle disponibilità a partire.

Sulla base delle conferme pervenute viene composta la squadra abbinando opportunamente i componenti in base alle diverse esigenze (provincia di provenienza, tipologia e durata del turno, disponibilità di automezzo proprio) e viene costruito il file delle squadre in partenza e condiviso con i responsabili della mobilitazione e della logistica.

Per chi effettua sopralluoghi per la prima volta in questo sisma, è prescritta una procedura di accreditamento (consegna dei moduli e delle dichiarazioni richieste) a Rieti che prevede anche la frequenza di un corso di refresh di circa 3 ore tenuto dai funzionari del Dipartimento.

Una volta assegnato il numero di squadra e il tesserino di riconoscimento, vengono forniti gli ultimi ragguagli ai tecnici che dunque sono pronti a iniziare la propria attività che verrà scrupolosamente seguita nel corso del turno dall'UC. Le squadre dopo l'accreditamento alla DICOMAC, in base alle richieste pervenute all'UC da parte della Funzione Agibilità, sono assegnate ai Centri di Coordinamento Regionali (CCR-COR), che provvedono a destinarle ai Centri Operativi Comunali (COC) presso cui opereranno.

Tale procedura è stata modificata negli ultimi mesi per consentire, a chi aveva già effettuato almeno un turno completo, di prendere servizio direttamente presso il CCR-COR di destinazione; in questo caso il tecnico si reca direttamente sul posto assegnatogli, dove consegna un apposito modulo di estensione dell'attività, gli viene attribuito, se necessario, un nuovo numero di squadra, iniziando subito dopo i sopralluoghi.

Il workflow per la procedura AEDES può dunque essere sintetizzato nei seguenti passi:

- implementazione del data-base dei tecnici formati a livello nazionale (unico riferimento per la verifica dei requisiti formativi);
- verifica delle disponibilità pervenute dai volontari tramite modulo compilato online e anche per tramite degli Ordini, delle Federazioni e dei Responsabili Operativi delle Sezioni Operative di IPE attivate;
- verifica dei requisiti tecnici e formativi;
- attivazione della procedura di mobilitazione tramite sms ed e-mail;
- contatto telefonico per verifica della disponibilità e dettagli operativi, assistenza e supporto per gli aspetti tecnico-organizzativi inerenti la mobilitazione;
- formazione delle squadre in base alle diverse esigenze e disponibilità (primi turni, turni successivi lunghi, turni successivi brevi, disponibilità auto);
- organizzazione dei turni settimanalmente strutturati;
- redazione dell'elenco delle squadre e caricamento dei dati su piattaforma cloud;
- raccordo con i responsabili della mobilitazione e della logistica per invio condiviso delle comunicazioni alle squadre;
- assistenza telefonica ai volontari pre e post mobilitazione;
- verifica delle presenze da trasmettere agli ordini professionali per rilascio dei CFP (crediti formativi professionali);
- stesura di comunicazioni specifiche destinate ai volontari relativamente alle disposizioni normative e relativi aggiornamenti a cui attenersi.

Ogni squadra riesce ad effettuare una media di 5/6 sopralluoghi al giorno compresa la compilazione delle relative schede AEDES, numero che può variare a seconda della configurazione del territorio e della configurazione dell'insediamento urbano. Una parte del lavoro è svolto sul campo attraverso i sopralluoghi, volti a verificare se persistono le condizioni di agibilità degli immobili visionati, per passare subito dopo all'attività di desk, svolta di norma all'interno dei COC, consistente nel riportare tutti i dati e il

giudizio di agibilità all'interno della scheda AeDES, strutturata in modo da uniformare i parametri e il metodo che conducono all'espressione della valutazione di agibilità. L'agibilitatore, se è necessario, indica all'interno della scheda anche i provvedimenti urgenti da mettere in atto per la sicurezza pubblica. In fine l'elenco degli esiti e dei provvedimenti di primo intervento vengono consegnati al Comune, che procederà dunque alle ordinanze conseguenti. L'originale delle schede viene consegnato dai tecnici agibilitatori alla DICOMAC per un capillare controllo dei contenuti e dunque si procede alla conservazione e all'informatizzazione.

Negli ultimi mesi la consegna delle schede avviene presso i centri di coordinamento (CCR-COR) assegnati poiché le squadre non hanno l'obbligo di rientrare a Rieti.

Un'attività di enorme responsabilità, quella degli agibilitatori, che vale la pena ricordare è svolta su base volontaria a titolo gratuito, se si escludono vitto e alloggio e l'indennità per il mancato guadagno recentemente introdotta che spetta solo ai professionisti che abbiano coperto almeno 10 giorni di attività su due turni di sopralluoghi e che abbiano percepito reddito nell'anno 2014 (UNICO 2015). Un'esperienza totalizzante, toccante emotivamente, che non lascia spazio ad altri pensieri, se non quello di aver fatto il proprio dovere di cittadino e d'ingegnere, operando per la sicurezza e la protezione della vita umana. Dovendo fare un bilancio dell'attività, questo risulta certamente positivo, moltissima la partecipazione. Certamente è necessario in un prossimo futuro implementare le procedure costruite in emergenza al fine di renderle ancora più efficienti, vicine alle esigenze del singolo e della collettività, poiché costruire bene la risposta dell'intero sistema è essa stessa il primo investimento in prevenzione.

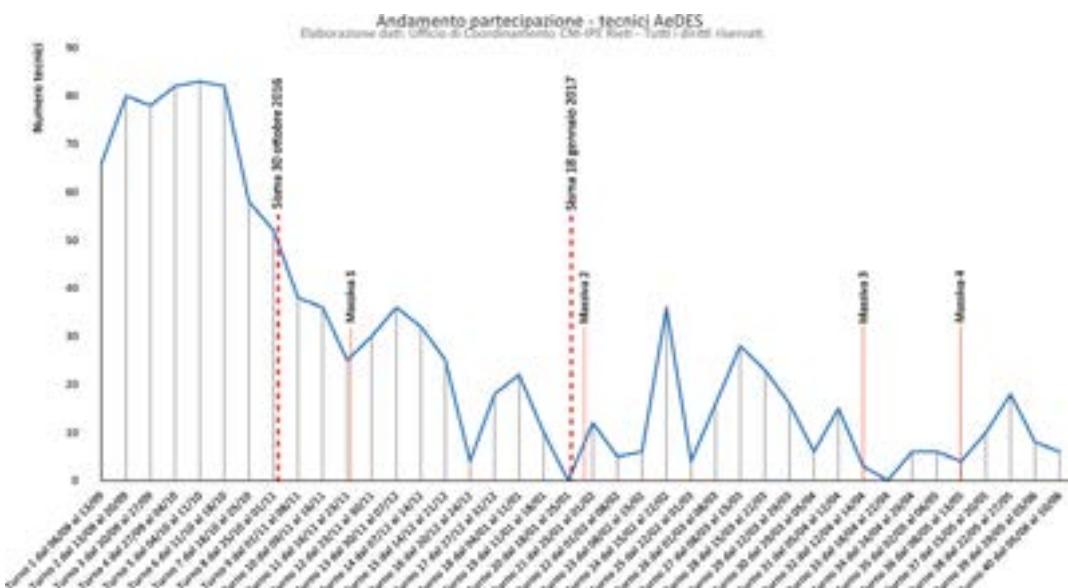


Figura 12
Partecipazione dei tecnici all'attività di compilazione delle schede AeDES - Come è possibile notare dall'andamento temporale di tale dato, il numero di professionisti presenti per ogni turno ha subito un drastico calo con l'entrata in vigore dell'Ordinanza del DPC n. 422 del 16 dicembre 2016, concernente l'apertura alla compilazione delle schede AeDES anche ai tecnici non formati da apposito corso. Con Massiva viene indenziata la collocazione temporale di invio delle note da parte del CNI ai propri iscritti, nelle quali si richiede partecipazione e supporto alle popolazioni colpite.

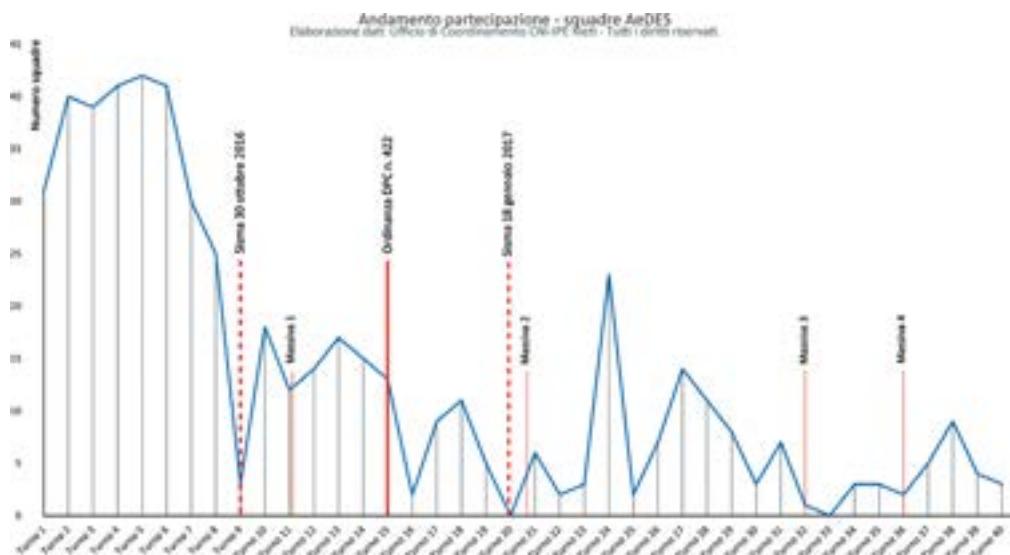


Figura 13
Partecipazione squadre AeDES - L'andamento ricalca sostanzialmente quello dei singoli tecnici, formanti solo in rare eccezioni squadre composte da tre elementi. Non si è proceduto a rappresentare graficamente l'andamento delle rinunce alla mobilitazione in quanto il numero delle stesse è stato pressoché nullo, ad ulteriore conferma dell'importanza di un'adeguata formazione in materia emergenziale.

4. L'introduzione delle procedure speditive: le schede FAST

L'attività FAST, acronimo di rilevamento sui Fabbricati per l'Agibilità Sintetica post-Terremoto, è stata introdotta dall'ordinanza del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale n. 405 del 10/11/2016 in seguito alle repliche susseguitesi nell'ultima decade del mese di ottobre, determinanti un aumento esponenziale delle aree interessate e degli edifici danneggiati dal sisma. Tale procedura, finalizzata ad individuare le condizioni per la concessione delle soluzioni abitative di breve termine, prevede la rapida ricognizione di singole unità strutturali effettuata mediante la compilazione di apposita scheda. Questo, attribuito dai tecnici rilevatori al termine del sopralluogo, consta di un giudizio volto a selezionare gli edifici agibili rispetto a quelli non utilizzabili immediatamente.

L'attività dell'Ufficio di Coordinamento CNI-IPE, in relazione a quanto introdotto, è stata ed è ad oggi determinante per la gestione di un elevato numero di partecipanti, rivelatosi fondamentale per l'esecuzione di una consistente quota parte dei sopralluoghi richiesti nelle zone colpite.

L'Ufficio si occupa della mobilitazione e della dislocazione sul territorio delle squadre, offrendo una continua assistenza logistica ai tecnici durante tutto il periodo di operatività, di concerto con la Funzione Agibilità del Dipartimento di Protezione Civile. Di seguito si sintetizzano le attività svolte nei riguardi della procedura FAST, distinte per fasi.

In prima istanza, le disponibilità pervenute vengono acquisite tramite un procedimento informatizzato. Nelle settimane immediatamente successive all'attivazione della procedura, i singoli Ordini provinciali hanno provveduto alla raccolta delle richieste di partecipazione da parte dei propri iscritti, comunicandole successivamente all'Ufficio di Coordinamento. In un secondo momento, si è optato per una strategia differente: i professionisti dichiarano la propria disponibilità a partecipare alle attività di sopralluogo, su base settimanale, tramite la compilazione di un modulo online; all'interno dello stesso, trova posto un'apposita sezione informativa comprendente documentazione utile in materia, coadiuvata dalla normativa di riferimento. L'output di questa prima fase è rappresentato da un database contenente i nominativi dei tecnici disposti a prendere parte alle attività, facilmente ordinabile per categorie in base ad uno o più criteri ritenuti discriminanti (turno di partecipazione, provincia di provenienza).

Acquisiti tali dati è possibile procedere alla mobilitazione dei partecipanti, con comunicazioni tramite e-mail e sms previo tempo, contenenti informazioni riguardo il luogo e l'ora di incontro, al fine di permettere la migliore organizzazione logistica per l'arrivo a Rieti.

In base alle conferme ricevute si delinea un elenco contenente la composizione delle squadre, formate da due tecnici ciascuna, alle quali viene assegnato uno tra i centri di coordinamento regionali in relazione alle necessità comunicate all'Ufficio di Coordinamento dalla Funzione Censimento Danni oltre che una tra le strutture alberghiere compatibili con tale dislocazione. In loco viene effettuato dai tecnici un corso tenuto dai funzionari del Dipartimento, al fine di formare ed informare i partecipanti, essendo per la maggior parte alla prima esperienza in contesti emergenziali. Contestualmente, si procede all'acquisizione della modulistica di accreditamento, necessaria per registrare gli stessi, per dotarli del tesserino di riconoscimento e dell'eventuale copertura assicurativa richiesta.

Al termine del corso di formazione, l'Ufficio provvede a comunicare alla squadra il centro di coordinamento regionale assegnato, e contemporaneamente, alla consegna della divisa di riconoscimento.

Si fornisce in fine l'assistenza per imprevisti e problematiche emersi durante il turno di operatività, come ad esempio la partenza anticipata di uno o entrambi i componenti di una squadra, rispetto al termine previsto.

Valutando il percorso intrapreso, emergono alcune criticità.

Sebbene il cambio di strategia per la raccolta delle disponibilità abbia comportato alcune difficoltà di adattamento, essendo avvenuto in concomitanza ad uno dei periodi di maggior partecipazione, è risultato ad oggi più aderente alle necessità, in quanto caratterizzato da un contatto diretto con i soggetti interessati.

Un ulteriore incertezza riscontrata è stata la diffusa rinuncia dei tecnici registrata durante la fase di mobilitazione, rispetto all'ampia disponibilità dichiarata dagli stessi, se pur richiesta in modo certo. Tale discrepanza ha comportato non poche difficoltà agli attori del processo, e in aggiunta, ai cittadini richiedenti il sopralluogo, dilatando più volte le tempistiche previste per l'ultimazione degli stessi.

Concludendo, la procedura FAST, nata in risposta al notevole aggravarsi della situazione emergenziale già in atto, ha rappresentato per l'Ufficio di Coordinamento una sfida di considerevole difficoltà, noti a posteriori i numeri delle professionalità, mobilitate e gestite. Tale attività, a differenza della compilazione delle schede con procedura AeDES è stata in grado di raccogliere una maggiore affluenza, potendo contare su un bacino d'utenza più ampio. Nonostante questo, se si fosse accesa nell'intera comunità una sentita sensibilizzazione sul tema, precedentemente allo stato di emergenza, si sarebbe potuta registrare una partecipazione ancora più ampia e consapevole.

5. Data Entry, la digitalizzazione delle schede

La digitalizzazione delle schede AeDES e FAST compilate dai tecnici in fase di rilevamento del danno agli immobili causato dal sisma, viene svolta unicamente a Rieti, presso la sede centrale della DICOMAC.



Figura 14
Riunione di Coordinamento in DICOMAC.

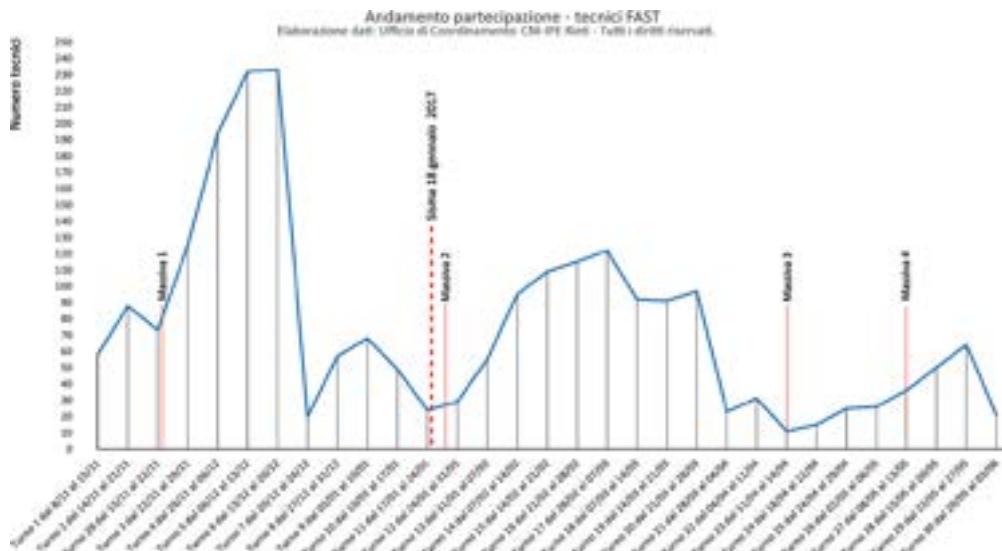


Figura 15
Partecipazione dei tecnici all'attività di compilazione delle schede FAST. Il grafico indica la stretta correlazione tra il numero di professionisti operanti e le quattro lettere massive che il Consiglio Nazionale Ingegneri ha inviato ai propri iscritti, invitandoli a prendere parte alle attività in oggetto.



Figura 16
Rinunce tecnici mobilitati FAST. Nella figura è possibile notare come nonostante fosse stata confermata l'adesione, ad un calo del livello di esposizione mediatica dell'emergenza sismica a livello nazionale, corrisponde un aumento delle disdette. Differentemente dai tecnici AeDES, una informazione/formazione carente determina poca consapevolezza e interesse a partecipare.

Figura 17

Percentuale Rinunce tecnici
mobilizzati FAST - Sintetizzati
per una migliore fruizione,
i dati percentuali rispetto al
totale dei tecnici mobilitati per
ogni turno.

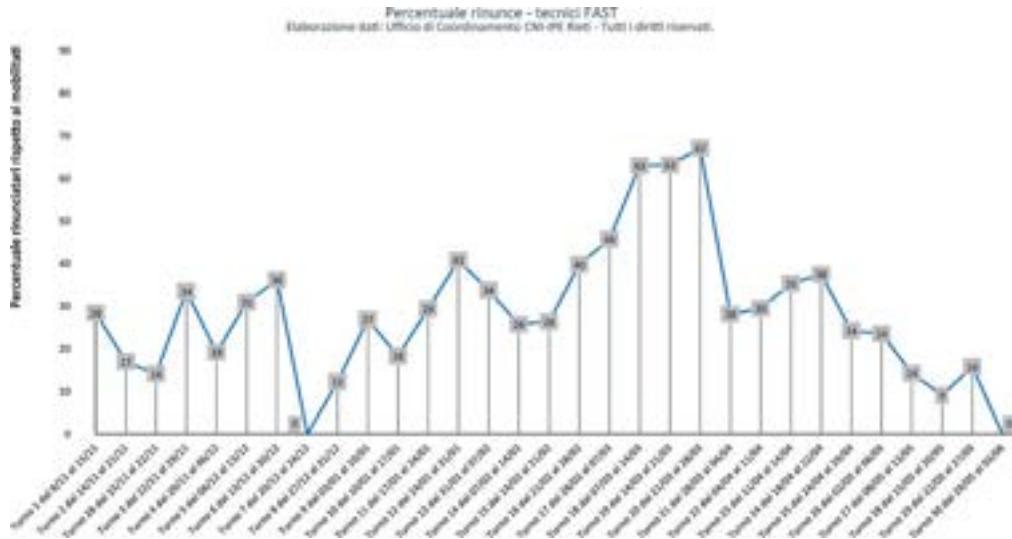


Figura 18

Figura 10
Numero di tecnici FAST per
regione di provenienza.

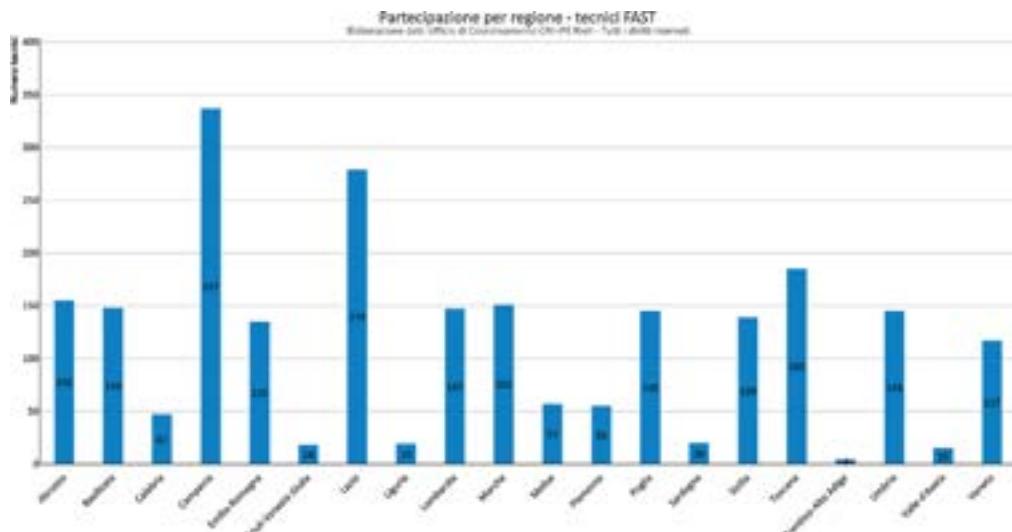
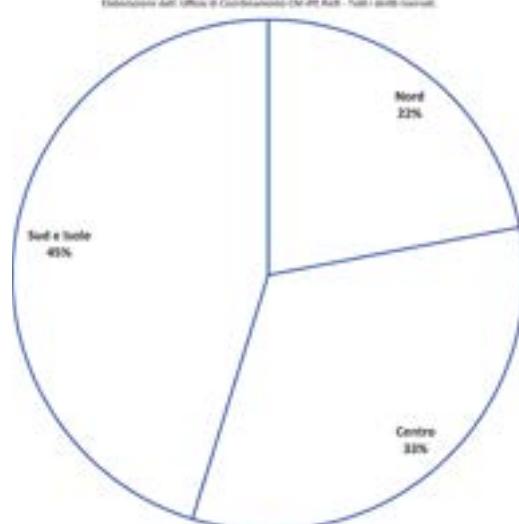


Figura 19

Percentuale di tecnici FAST per macro area di provenienza.



Per lo svolgimento di questa attività, il Dipartimento della Protezione Civile si avvale dell'operato di tecnici volontari, nello specie co ingegneri, geometri ed architetti abilitati all'esercizio della professione, mobilitati attraverso i rispettivi Consigli/ Collegi Nazionali.

Per quanto riguarda gli ingegneri, la mobilitazione è effettuata dall'Ufficio di Coordinamento.

L'attività di Data Entry, a differenza delle altre due attività di sopralluogo (compilazione schede FAST ed AeDES), non ha avuto - no a marzo 2017 - anticipazione delle spese da parte del CNI per cui il professionista partecipante si doveva caricare sia delle spese di viaggio che di vitto e alloggio, quest'ultimo ricercato autonomamente..

Nonostante la necessità di anticipazione delle spese, la partecipazione degli ingegneri non è stata mai indifferente, sebbene sia ovviamente aumentata dal momento in cui il CNI ha provveduto a convenzionarsi con strutture ricettive anticipando esso stesso le spese di vitto ed alloggio.

È stata istituita, successivamente, anche l'attribuzione di crediti formativi professionali, sulla base delle presenze registrate. L'Ufficio di Coordinamento ha raccolto le disponibilità pervenute da parte dei tecnici, in buona parte giovani professionisti, per turni di attività settimanali. La procedura di mobilitazione avviene mediante comunicazione SMS, nella quale si anticipano le essenziali modalità operative.

A coloro che, nei termini previsti, hanno dato l'adesione viene inviata una e-mail di conferma in cui si dettagliano le necessarie istruzioni, in particolare viene trasmesso il modulo di accreditamento, opportunamente predisposto dalla Protezione Civile, e vengono date le indicazioni operative predisposte dall'Ufficio di Coordinamento CNI-IPE riguardanti l'organizzazione logistica dell'attività (data, durata, sede ed orari, luogo di incontro per accreditamento) e tutta la documentazione necessaria all'accreditamento, compreso il richiamo all'osservanza della riservatezza.

Una volta raccolte le adesioni e compilato l'elenco definitivo esso viene inoltrato alla DICOMAC entro i termini prestabiliti. Il lunedì, presso la sede della DICOMAC, si avvia l'attività di accreditamento ed i tecnici vengono dotati del tesserino di riconoscimento, documento equivalente ad un vero e proprio documento di identità che se smarrito deve essere denunciato alle autorità competenti. Contestualmente si provvede alla consegna dei capi di abbigliamento per la riconoscibilità dell'Ente di afferenza. Ad ogni tecnico vengono assegnati una postazione di lavoro ed il login per l'accesso all'uso del software AGITEC che viene preliminarmente illustrato in collaborazione con il personale della Protezione Civile.

Ad ogni tecnico viene assegnato un pacchetto di schede AeDES e FAST da digitalizzare.

Durante il periodo di attività il responsabile dell'Ufficio di Coordinamento CNI-IPE esercita il controllo dell'attività di compilazione, rilascia eventuali chiarimenti e monitora le presenze mediante raccolta giornaliera delle stime ad inizio e fine attività. Redige poi il report presenze da trasmettere agli Ordini professionali per gli adempimenti di rispettiva competenza.

La gestione ed il coordinamento dell'attività hanno presentato alcune criticità principalmente dovute al problema delle rinunce. Si è assistito, infatti, ad un aumento delle rinunce da parte dei tecnici mobilitati anche a ridosso della partecipazione, poiché non pienamente consapevoli che l'attività comportasse un impegno tecnico-amministrativo e non di sopralluogo sul campo. Ciò ha comportato la notevole difficoltà di sostituzione dei tecnici rinunciati in tempi ridotti che in molti casi non è stata possibile. Superati quindi alcuni problemi iniziali, nello svolgimento dei turni si è creato un clima di grande armonia, di fattiva operosità e di collaborazione tra professionisti delle varie categorie professionali ed operatori del volontariato.

Di grande utilità si è dimostrata l'attività di digitalizzazione per i tecnici che dopo un turno Data Entry hanno optato per effettuare un turno FAST che sono stati certamente agevolati per compilare la scheda in modo più spedito e corretto durante il sopralluogo.

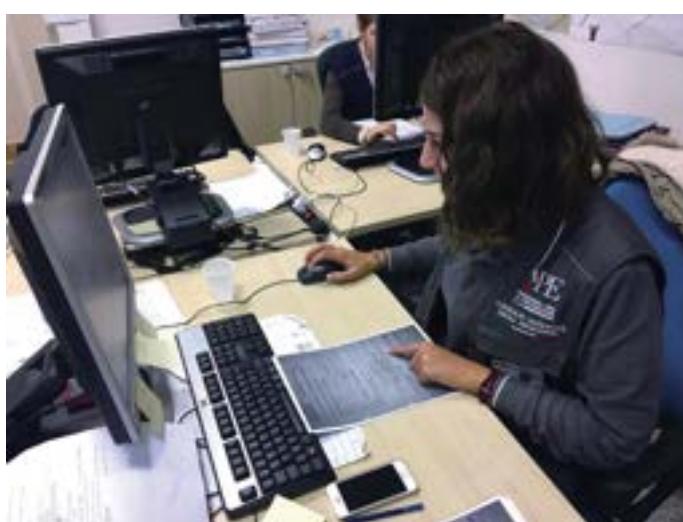


Figura 20
L'attività di data-entry -
informatizzazione dati e
schede.

Figura 21
Partecipazione dei tecnici all'attività di informatizzazione delle schede.



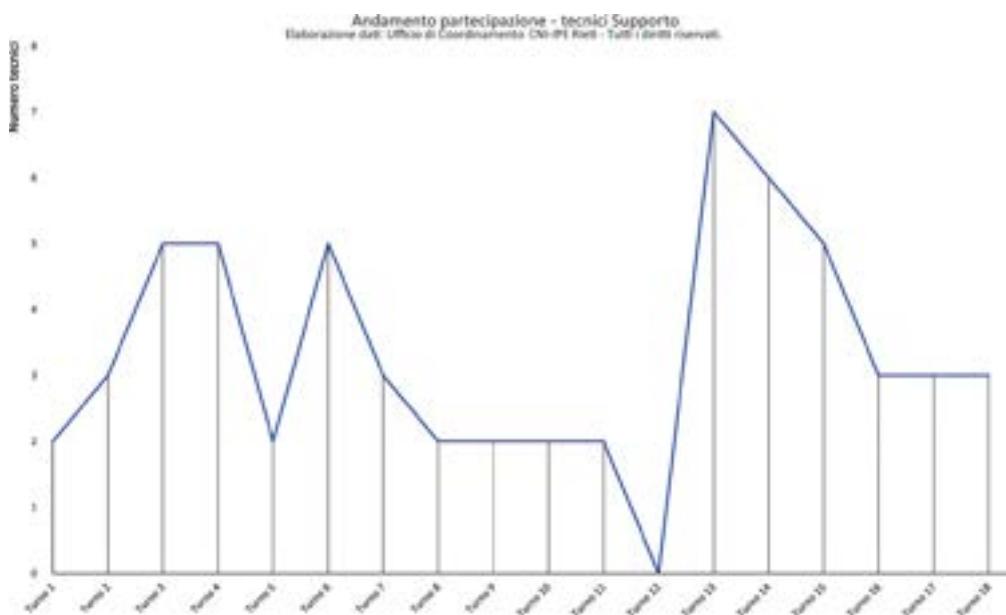


Figura 24
Partecipazione dei tecnici
all'attività di supporto.

to alla digitalizzazione dei moduli di accreditamento dei tecnici partecipanti, l'inserimento degli stessi nel portale AGITEC, la creazione dei tesserini identificativi oltre ad aggiuntivi compiti amministrativi. L'Ufficio di Coordinamento sin dall'inizio dell'emergenza si è sempre raccordato con i volontari Lares, in un clima di grande collaborazione, in particolare nelle fasi di accreditamento delle squadre al fine del raggiungimento del migliore risultato.

7. La complessa gestione della logistica

Di fronte ai tanti aspetti che compongono l'organizzazione di un'emergenza come quella post-sismica, la logistica potrebbe sembrare un aspetto secondario, un aspetto che si può inizialmente trascurare, per poi essere tirato in ballo improvvisamente, solo quando serve.

Ebbene questa emergenza ha dimostrato, e continua a farlo, che non è affatto così. Essendo quattro le regioni coinvolte, il territorio sul quale distribuire le squadre è talmente vasto da non permettere un'organizzazione approssimata ed improvvisata. Né è ragionevole pensare che, se si vuole una ampia partecipazione, si debba lasciare la propria organizzazione ai singoli.

Il Consiglio Nazionale Ingegneri ha scelto di convenzionare alcuni alberghi il più vicini possibile alle zone in cui effettuare i sopralluoghi, anticipando le spese di vitto e alloggio in modo tale da facilitare lo svolgimento delle attività e come forma di incentivo alla partecipazione agevolando il più possibile i tecnici volontari, non costringendoli, così, a sostenere costi eccessivi. Inoltre per rendere riconoscibili i tecnici sul campo, è stato scelto di dotarli del vestiario riportante i loghi di CNI ed IPE. In quest'emergenza, quindi, le componenti principali della logistica sono state due:

- la sistemazione dei tecnici nei vari alberghi convenzionati;
- la dotazione del vestiario agli ingegneri intervenuti come volontari.

Tali attività, entrambe non scontate, hanno richiesto un grande impegno da parte dell'UC ma sicuramente la sistemazione alberghiera è stata di gran lunga la più impegnativa. I tecnici si sono spesso lamentati delle distanze da percorrere ed avrebbero voluto che la struttura alberghiera fosse situata proprio in ogni Comune nel quale andavano ad operare, dovendo percorrere diversi chilometri durante l'intera giornata. Per varie ragioni questo non è stato possibile. Innanzitutto, come la maggior parte degli edifici situati nel cuore del cratere, molte strutture alberghiere non sono più agibili e in secondo luogo perché non è praticabile per il CNI, Ente di diritto pubblico non economico, attivare troppe convenzioni per difendersi di tipo gestionale (vedi obbligo della fatturazione elettronica). Tuttavia il numero degli hotel convenzionati finora non è affatto esiguo, anzi tutt'altro, superando le trenta unità, distribuite nelle quattro regioni più o meno in maniera omogenea.

Inizialmente si è partiti con meno di dieci alberghi, sufficienti sia per la modesta estensione del primo cratere sismico, sia per la presenza della sola attività AeDES, l'unica in atto nella prima fase dell'emergenza; poi con i successivi terremoti che hanno via via allargato il cratere, ovviamente si è dovuto provvedere rapidamente a convenzionare altre strutture, anche a causa dell'introduzione di nuove attività come quella di Data Entry avviata nell'ottobre 2016, la FAST nel novembre dello stesso anno e per ultima l'attività di Supporto alla Struttura di Missione (ex DICOMAC) avviata nel febbraio dell'anno in corso.

Questi due aspetti, l'espansione del cratere e l'introduzione di nuove attività, hanno portato indubbiamente ad un aggravio di lavoro e di conseguenza ad un continuo aggiornamento dell'organizzazione, ritardandola ogni volta per accogliere i nuovi cambiamenti cercando di offrire sempre risposte rapide e concrete. Perciò si è passati, senza aiuti esterni, grazie alla forza della squadra dell'UC, da una gestione di tipo semplice fatta di carta, penna e telefonate, ad una più evoluta automatizzata e informatizzata, che si è rivelata indispensabile per il proseguo di tutte le attività di gestione e per il raggiungimento degli obiettivi prescritti.

Tirando le somme, il periodo più duro e difficile è stato quello immediatamente successivo all'avvio delle attività FAST, durante il quale si è registrato il picco massimo di presenze contemporanee di tecnici AeDES, FAST e Data Entry del CNI, raggiungendo le 360 unità settimanali da mobilitare, accreditare, inviare a destinazione e alle quali, in linea, fornire assistenza 24h. È bene far notare la sovrapposizione temporale di diverse operazioni: mentre si gestivano le numerose presenze sul campo, si è dovuto mobilitare i tecnici del turno successivo e cercare di assegnarli nei vari alberghi, tenendo conto delle disponibilità di camere che di fatto variavano settimanalmente, da far colpire con le destinazioni ai centri di coordinamento regionali assegnati dal DPC, le quali anche se potevano subire variazioni addirittura fino all'ultimo momento, proprio durante l'accordo dei tecnici, come successo più volte. Tutto ciò è avvenuto ad un ritmo serrato, senza respiro, ma senza alcuna esitazione. Senza ombra di dubbio sono stati messi a durissima prova la pazienza, il problem solving, la resistenza allo stress, la capacità di piani fare ed organizzare, la capacità comunicativa, il lavoro di squadra e addirittura il fisico, trasportando il vestiario dalla sede dell'Ordine degli ingegneri di Rieti, posta nel centro storico della città, verso i luoghi dove di volta in volta si sono svolti gli accreditamenti (Questura, Istituto Alberghiero, Consorzio per lo Sviluppo Industriale, Istituto per Geometri di Rieti, Multisala di Macerata e Foligno).

Si può innanzitutto affermare che la gestione di quest'emergenza è stata e continua ad essere un'avventura che lascia il segno, tra luci ed ombre, ma comunque un'esperienza che in pochissimi hanno avuto l'onore e l'onore di provare, con tante emozioni e una fortissima partecipazione umana.

8. Conclusioni

L'esperienza nella gestione dei terremoti aquilano 2009, emiliano 2012 e del Centro Italia 2016 ha insegnato che un'emergenza contenuta nel tempo e nella estensione del territorio può risultare gestibile con azioni manuali pur essendo esse estremamente time-consuming, ma se l'emergenza interessa una vasta area della nazione necessitando della mobilitazione di grandi numeri di tecnici, rendendosi comunque indispensabile l'impiego di un numero adeguato di addetti alla gestione appositamente addestrati, è fondamentale essersi preparati in tempo di pace con una saggia programmazione anche delle dotazioni tecnologiche e con lo sviluppo di procedure informatizzate in grado di rispondere in tempi rapidissimi alle necessità emergenti.

Gli Autori

Patrizia Angeli

Nasce a Fabriano (AN) il 07.06.1958 ed è ivi residente; è coniugata e ha due figli. È Ingegnere Civile Edile, con laurea conseguita presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna nel 1984. È iscritta da luglio 1984 all'Ordine professionale degli Ingegneri della Provincia di Ancona. Esercita la libera professione dall'anno 1984 nel campo ingegneristico con specializzazione in Edilizia Civile, Strutture in Genere, Strutture Prefabbricate, Servizi Connessi, Gestione Tecnica dell'Emergenza Sismica evidenziando spiccate capacità organizzative e relazionali.

Ha maturato una considerevole esperienza nel settore delle verifiche di vulnerabilità sismica di edifici esistenti pubblici, strategici, con particolare riferimento alle scuole, e privati.

Ha specifica esperienza nell'ambito di consulenza, coordinamento, progettazione e direzione lavori degli interventi di ricostruzione post-sisma. È consulente tecnico del Tribunale di Ancona.

È abilitata all'espletamento delle funzioni di coordinatore per la sicurezza ai sensi del D.Lgs. 81/08.

È iscritta nell'elenco del Ministero dell'Interno previsto dal DM 25/03/1985 di cui alla Legge 818/1984 (Prevenzione Incendi).

È abilitata ed iscritta all'Albo dei tecnici competenti in acustica della Regione Marche.

Ha organizzato, gestito e coordinato, per conto del Consiglio Nazionale Ingegneri in raccordo con il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, le attività sul campo delle squadre di tecnici ingegneri che hanno partecipato all'attività di rilievo del danno e agibilità degli edifici per la gestione tecnica dell'emergenza a seguito degli eventi sismici di L'Aquila 2009 e Emilia Romagna 2012. È responsabile e coordinatore di tutte le attività svolte dall'Ufficio di Coordinamento del Consiglio Nazionale Ingegneri e di IPE (Associazione Nazionale Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze) attivato per la gestione tecnica dell'emergenza in seguito al Sisma Centro Italia 2016.

Ha coordinato a livello nazionale, per conto del Consiglio Nazionale Ingegneri, le squadre di ingegneri nell'Esercitazione Internazionale di Protezione Civile TWIST - Tidal Wave In Southern Tyrrhenian Sea svoltasi a Salerno nell'ottobre 2013.

Svolge, in tutta Italia, attività di Organizzazione, Coordinamento, Tutoraggio e Docenze all'interno dei seminari e corsi di aggiornamento professionale organizzati nell'ambito del Protocollo d'intesa tra Consiglio Nazionale Ingegneri e Dipartimento Nazionale della Protezione Civile in Gestione Tecnica dell'Emergenza, rilievo del danno e dell'Agibilità e a seguito di eventi calamitosi.

Ha organizzato e coordinato corsi di aggiornamento professionale in ambito delle costruzioni per gli iscritti agli Ordini degli Ingegneri delle Marche.

È stata Consigliere dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Ancona dall'anno 2000 all'anno 2017.
È stata Coordinatore della Commissione Norme Tecniche, Strutture, Sismica e Protezione Civile dell'Ordine Ingegneri di Ancona.
È stata consigliere della Federazione degli Ordini degli Ingegneri delle Marche dal 2009 al 2016, dove dal 2011 ha ricoperto la carica di Vice Presidente.

Ha partecipato dal 2012 al 2014 alle attività del Gruppo di Lavoro Protezione Civile e Emergenza del Consiglio Nazionale Ingegneri.
Eletta membro del Consiglio Direttivo dell'IPE Associazione Nazionale Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze nel mese di dicembre 2014 è nominata Presidente nel luglio 2015 ed è attualmente in carica.

È componente del Comitato Editoriale e coautore del libro sull'esperienza degli Ingegneri italiani nel rilievo del danno e agibilità a seguito del sisma del 2012 in Emilia Romagna, curato da Consiglio Nazionale Ingegneri, Dipartimento Nazionale della Protezione Civile e Regione Emilia Romagna.

È stata componente del Comitato Editoriale Professionale della rivista Progettazione Sismica edita da IUSS PRESS-PAVIA Direttore Responsabile Prof. Gian Michele Calvi dal 2009 al 2014.

È stata Presidente del Comitato dei Professionisti Sostenitori di Eucentre Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica di Pavia delegata all'interno del Comitato Scienti co dal 2006 al 2010.

Cristian Clementi

È un ingegnere civile libero professionista che si occupa prevalentemente di strutture nel campo dell'edilizia. I suoi interessi mirano prevalentemente agli aspetti legati alla sismica ed in modo particolare all'analisi di vulnerabilità degli edifici siano essi privati o pubblici e al loro adeguamento o miglioramento sismico. Ha collaborato attraverso convenzione con 1 università per l'approfondimento di alcune tematiche legate al comportamento delle strutture sotto l'azione sismica. Nello svolgimento della professione ha scelto anche di sviluppare soluzioni per quanto riguarda la regimentazione dei corsi d'acqua e la loro messa in sicurezza. Nel corso degli anni ha maturato anche radicate capacità nell'ambito informatico e nell'hacking. Ha maturato esperienze anche nell'ambito della progettazione europea. È responsabile del supporto attività squadre e procedure informatiche presso l'Ufficio di Coordinamento del Consiglio Nazionale Ingegneri e di IPE (Associazione Nazionale Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze) attivato per il Sisma Centro Italia 2016. A seguito di tale emergenza sismica ha potuto osservare come i sistemi si muovono e collaborano fra di loro, ha valutato a fondo il potenziale dei gruppi di lavoro, crede fermamente nella collaborazione propositiva e ama spendere il tempo in attività che possano donare vantaggi alla collettività. L'incessante motore che lo spinge è la voglia di mettersi in gioco e la disponibilità a cominciare da zero. Nel medio e lungo periodo continuerà a puntare il suo interesse al campo delle strutture a tutti i livelli.

Dora De Mutiis

Ingegnere libero professionista; dal 1994 matura numerose esperienze, prima in uno studio di architettura-urbanistica-design, quindi come cultore della materia in laboratori universitari di progettazione urbana, specializzandosi poi nel campo della pianificazione territoriale e urbanistica, nella progettazione e gestione di programmi complessi in ambito urbano, di progetti d'area, nell'ambito dei quali promuove e coordina gruppi di lavoro multidisciplinari e percorsi partecipativi. Dal 2010 è direttore operativo della Federazione Ordini Ingegneri Marche con funzioni di coordinamento e promozione delle attività federative. Tutor di uno dei primi moduli formativi per tecnici AEDES svolti in Italia, agibilitatore esperto e specialista in pianificazione e gestione tecnica dell'emergenza. Ha partecipato alle attività a supporto dei Comuni emiliani nel sisma 2012. Componente dell'Ufficio di Coordinamento CNI-IPE attivato dal Consiglio Nazionale Ingegneri e da IPE a seguito del Sisma Centro Italia 2016, partecipa anche alle attività sul campo. Ama tutto ciò che è in divenire, sostenitrice convinta del lavoro di squadra, della forza del gruppo e della condivisione delle idee.

Marco Cagnizi

Nasce a Rieti il 09/01/1991 ed è residente in Poggio Bustone (RI).

È ingegnere Edile Ambientale, con laurea magistrale conseguita presso la Facoltà di Ingegneria della Sapienza Università di Roma, sede distaccata di Rieti nel 2016 con votazione finale 110/110 e lode.

È iscritto da marzo 2017 all'Albo Unico Nazionale degli Ingegneri e all'Ordine professionale degli Ingegneri della Provincia di Rieti.

È abilitato all'espletamento delle funzioni di coordinatore per la sicurezza ai sensi del D.Lgs. 81/08.

Ha competenze avanzate nell'applicazione del CAD e competenze di livello medio nel GIS e nel BIM.

È collaboratore presso lo studio professionale di ingegneria e architettura Di Legnino & Miluzzo associati in Rieti, svolgendo Ingegnere principalmente attività legate alla ricostruzione post-sisma 2016. È responsabile della logistica presso l'Ufficio di Coordinamento del Consiglio Nazionale Ingegneri e di IPE (Associazione Nazionale Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze) attivato per il Sisma Centro Italia 2016.

Roby Baldin

Nato a Rieti il 3 gennaio 1991, laureando in Ingegneria Edile Architettura presso la Sapienza Università di Roma, elabora una tesi di laurea in recupero e risanamento edilizio con studio della vulnerabilità sismica e progetto di relativo adeguamento. Contemporaneamente, partecipa con uno studio di progettazione ad un concorso di idee indetto dal MIUR per la realizzazione di edilizia scolastica innovativa. In collaborazione con il Consiglio Nazionale degli Ingegneri, è membro dal novembre 2016 dell'Ufficio di Coordinamento CNI-IPE di Rieti, a supporto del Dipartimento di Protezione Civile nazionale per la gestione tecnica dell'emergenza sismica; nell'ambito di questa attività, è responsabile della procedura sopralluoghi FAST. Ad oggi, collabora con studi tecnici di progettazione nell'ambito degli interventi di ricostruzione a seguito del sisma che ha colpito il Centro Italia.

Emanuela Ferro

Nata a Scicli (RG) il 30 settembre 1991, laureanda in Ingegneria Edile Architettura presso la Sapienza Università di Roma, redige una tesi di laurea in recupero e riuso di un sito industriale dismesso, con particolare attenzione a tematiche d'ambito strutturale. In colla-

borazione con il Consiglio Nazionale degli Ingegneri, entra a far parte dell'Ufficio di Coordinamento CNI-IPE di Rieti nel dicembre 2016 a supporto del Dipartimento di Protezione Civile nazionale nella gestione tecnica della emergenza sismica, in forza alla sezione procedura sopralluoghi FAST. Nel presente, collabora con studi tecnici di progettazione nell'ambito degli interventi di ricostruzione a seguito del sisma che ha colpito il Centro Italia.

Chiara Fedeli

Nata a Fabriano (AN) il 14/08/1989 ed ivi residente.

È Ingegnere Civile Ambientale, iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Ancona.

Consegue la laurea in Ingegneria Edile-Architettura presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche di Ancona nel 2015.

Discute la Tesi di Laurea dal titolo *La Progettazione di Strutture in Legno Confronto tra le Normative Canadese ed Italiana: Caso Studio di un Edificio Residenziale In Platform Frame In Canada / Design of timber structures comparison between canadian and italian building code: case study of a platform frame residential building in canada*, in Scienza delle Costruzioni, relatore Prof. Ing. Stefano Lenci, correlatore Ing. Francesco Clementi.

Nel Luglio Agosto 2015 è Visitor presso lo Studio Tecnico Blackwell Structural Engineers, di Toronto, Ontario, Canada, dove partecipa al progetto e all'analisi strutturale di un edificio residenziale in legno - platform frame.

Dal gennaio 2016 al marzo 2017 ha collaborato con lo studio Tecnico Ing. Vincenzo Fedeli, partecipando, nel Novembre 2016, al progetto di Variante al Piano di Recupero Centro Storico - Borgo per il Comune di Fabriano, Settore Assetto del Territorio.

Nel Maggio 2016, partecipa al Concorso di ammissione al corso di Dottorato di Ricerca internazionale in Comprensione e Gestione delle Situazioni Estreme, con ammissione alla prova orale per punteggio conseguito da valutazione titoli, presso lo IUSS - Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia.

Dal 10 Ottobre 2016 al 16 Ottobre 2016 partecipa all'attività di informatizzazione delle schede AeDES per il censimento del danno post-sisma, presso la Direzione Comando e Controllo (Di.COMA.C.) Dipartimento Gestione delle emergenze del Dipartimento della protezione civile a Rieti.

Da ottobre 2016 a marzo 2017 è responsabile del Data Entry presso l'Ufficio di Coordinamento del Consiglio Nazionale Ingegneri e di IPE (Associazione Nazionale Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze) attivato per il Sisma Centro Italia 2016 coordinando e gestendo i turni degli ingegneri volontari da mobilitare per le attività di informatizzazione delle schede AeDES ed accreditandoli presso la Di.COMA.C.; da Febbraio 2017 al Marzo 2017, per lo stesso ufficio coordina e gestisce turni per attività di supporto alla funzione Censimento Danni presso la Di.COMA.C.

Dal Marzo 2017 è Tecnico Istruttore presso l'Ufficio Speciale per la Ricostruzione Marche, sede di Macerata, dove svolge attività di istruttoria delle domande di contributo relativamente agli interventi previsti a supporto degli uffici della ricostruzione presenti nei territori colpiti dal sisma e della struttura commissariale.

Nel Maggio 2016 acquisisce il Certificate of TOEFL iBT test; nel Luglio 2007 il Certificate of Completion 4 weeks of English Language Study at International Language School of Canada; nel Luglio 2006 il Certificate Course Level: Upper-Intermediate General English at Oxford House College; nell'Aprile 2006 il Certificate of Preliminary English Test (PET) at University of Cambridge Esol Examinations.

Francesco Antonicoli

Nasce a Rieti (RI) il 07.07.1977 ed è ivi residente, è coniugato ed ha una figlia.

È Ingegnere Edile-Architettura, con laurea conseguita presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di L'Aquila nell'ottobre del 2006 con votazione 106/110.

Consegue l'abilitazione all'esercizio della professione nel 2006 e da allora esercita la libera professione nel campo ingegneristico con specializzazione in Edilizia civile privata e pubblica nell'ambito della Progettazione Strutturale ed Architettonica, nella Direzione dei Lavori privata e nell'ambito della Direzione di cantiere e della contabilità speciale dei lavori pubblici, con maturata esperienza decennale. È abilitato al ruolo di coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione dei lavori ai sensi del D.Lgs 81/08.

È specializzato nel ruolo di Responsabile ed Addetto al Servizio di Protezione e Prevenzione (R.S.P.P.) macrosettori Ateco F3-45 edilizia ed 8 pubblica amministrazione, incaricato sia presso scuole pubbliche che imprese edili.

È consulente tecnico dell'Ufficio (C.T.U.) dal 2007 presso il Tribunale di Rieti.

È perito immobiliare dal 2015 per conto di una società leader nel settore.

È consulente energetico sia nel campo delle certificazioni energetiche che nel campo degli impianti fotovoltaici.

È dal 2006 docente di III Fascia presso le scuole secondarie di I e II grado con vari incarichi di supplenza.

Ha maturato un'esperienza diretta come libero professionista nel terremoto di L'Aquila 2009 nell'ambito della ricostruzione con vari incarichi per riparazione del danno degli edifici sia singoli che in aggregato per committenti private nelle aree del cratere.

Ha da subito messo a disposizione la propria professionalità in un'attività come quella del Data Entry, ossia nell'informatizzazione delle schede AeDES e FAST, a partire dal novembre 2016, rappresentando un punto di riferimento per l'Ufficio di Coordinamento CNI-IPE, sia per la territorialità sia per le specifiche competenze acquisite nell'attività.

È attualmente responsabile della mobilitazione, accreditamento e tutoraggio per l'attività del Data Entry e Supporto alla Struttura di Missione presso l'Ufficio di Coordinamento del Consiglio Nazionale Ingegneri e di IPE (Associazione Nazionale Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze) attivato per il Sisma Centro Italia 2016.

È Consigliere della Cassa Edile di Rieti dal 2016.

È dal 2012 consigliere provinciale dei giovani imprenditori di Unindustria di Rieti, delegato ANCE.

È stato dal 2009 al 2011 consigliere regionale dei giovani imprenditori di Confindustria Lazio.

News

Dal 14 al 16 settembre 2017 a Milano si è tenuto il Convegno IF CRASC 2017 organizzato dall'Associazione Italiana di Ingegneria Forense AIF e dal Politecnico di Milano Dipartimento ABC. Scopo generale dell'edizione 2017 del Convegno è promuovere lo scambio di conoscenze e di esperienze maturate da esponenti del mondo accademico, liberi professionisti, funzionari di amministrazioni pubbliche, operatori di aziende private, giuristi e magistrati, nei rispettivi ambiti di competenza dell'Ingegneria Forense nei settori civile, industriale e dell'informazione.

Gli argomenti di specifico interesse sono stati:

le situazioni in cui è determinante il fattore umano, anche in termini di errori colposi o azioni dolose, commessi nelle fasi di progettazione, esecuzione, gestione e controllo delle opere civili, dei processi industriali e delle reti informatiche ed elettroniche; le situazioni nelle quali sono presenti azioni estreme (come incendi, esplosioni e impatti) e a seguito delle quali possono svilupparsi eventi complessi (come collassi progressivi, disastri a catena e crisi catastrofiche); i criteri olistici di progetto di sistemi, strutture e infrastrutture: robustezza, durata, resilienza, sostenibilità.

Le sessioni del Convegno hanno inoltre trattato le nuove problematiche emerse o diventate rilevanti negli ultimi anni, sia in Italia che all'estero, compresi gli eventi sismici e gli atti di terrorismo. I lavori del Convegno hanno previsto relazioni generali, relazioni ad invito, presentazioni di memorie in sessioni parallele e una tavola rotonda avente ad oggetto l'individuazione delle principali problematiche giuridiche e tecnico-scientifiche di interesse per l'Ingegneria Forense.

EUCENTRE

Convegno IF CRASC 2017a



La 7° International Conference on Advances in Experimental Structural Engineering (7AESE) che si è tenuta a Pavia presso Eucentre dal 6 al 8 settembre 2017 rappresenta un importante evento per ricercatori ed utilizzatori dei metodi sperimentali per condividere esperienze e discutere sulle nuove tecniche e sulle procedure di sperimentazione di sistemi strutturali e/o dispositivi. L'obiettivo della conferenza è quello di portare ad una migliore comprensione di metodi e strumenti per migliorare la caratterizzazione dei fenomeni sì studiati. Qui di seguito vengono riportati i principali temi discussi durante la conferenza:

Controllo strutturale (attivo/passivo).

Applicazione di risultati sperimentali nell'analisi e progettazione strutturale.

Gestione dei dati e sistemi informatici dedicati.

Simulazioni ibride (pseudo-dinamiche, distribuite).

Sviluppo di software innovative per sperimentazione strutturale.

Manutenzione durante il periodo di riferimento.

Modellazione e simulazione numerica per la previsione e interpretazione di risultati sperimentali.

Nuove tecniche di sperimentazione, misura e monitoraggio.

Riduzione dati.

Materiali avanzati per sensori e attuatori.

Standardizzazione di procedure sperimentali.

Monitoraggio della sicurezza strutturale.

Tecnologia di sensori Wireless.

La sera del 7 settembre 2017 durante la conferenza è stato inaugurato il nuovo laboratorio 6D LAB Eucentre. <http://7aese.eucentre.it/>

EUCENTRE

7aese International Conference on Advances in Experimental Structural Engineering

7aese
International Conference on Advances
in Experimental Structural Engineering



EUC'ENTRE

BIM Summit 2017



Il 10 maggio 2017, si è tenuto, presso il Palazzo Mezzanotte di Milano, la terza edizione del BIM Summit, convegno che dal 2013 si pone come punto di riferimento sull'adozione del BIM in Italia.

Il Convegno, ha trattato le recenti evoluzioni del BIM nel nostro Paese, come la trasformazione di metodi, le nuove tecnologie e il ridisegno dei processi.

Dal nuovo assetto normativo derivante dal nuovo Codice Appalti e dalle norme UNI11337, alla nuova certificazione dei sistemi di gestione non a come la digitalizzazione sta cambiando l'industria delle costruzioni.

Questi i principali temi illustrati attraverso i contributi di relatori rappresentanti la committenza pubblica e privata e alcuni tra i maggiori esperti di BIM a livello nazionale e internazionale. La conferenza ha visto anche la presenza della Dott.ssa Ilka May, una tra i massimi esperti di BIM a livello europeo nominata consulente del UE BIM Task Group a Bruxelles, organo per lo sviluppo di un quadro di riferimento comune per il BIM in tutta l'Unione Europea.



EUC'ENTRE

E2forum lab



Il 27 giugno 2017 a Milano presso la sede del Corriere della Sera, si è tenuto il E2 Forum Lab evento promosso da ANIE AssoAscensori, ANACAM , ANICA , organizzato da Messe Frankfurt, in cui Eucentre gura tra gli enti e gli istituti patrocinatori. L'evento rappresenta una tappa di avvicinamento verso la mostra convegno che avverrà nel 2018 e segue l'E2 Forum del 2016.

L'obiettivo dell'evento è stato la sicurezza del trasporto verticale con particolare attenzione alla sicurezza del sistema edificio-impianto. La giornata ha visto interventi tecnici interamente dedicati alla progettazione, all'installazione e alla manutenzione degli ascensori e delle scale mobili con un focus particolare sul comportamento e sulla gestione di impianti di edifici in paesi a rischio sismico.

Durante le presentazioni si è discusso delle prestazioni e dei danneggiamenti che hanno subito questi elementi durante i recenti eventi sismici, e della loro gestione

in caso di evento sismico mediante sistemi di emergenza e di rilevamento sismico.

Architetti, ingegneri, progettisti, tecnici della pubblica amministrazione, immobiliari, amministratori di condominio, costruttori di impianti e fornitori di componenti si sono confrontati, durante le sessioni tecniche e in un area networking dedicata, con i principali player del settore e aggiornati sulle ultime novità normative e tecnologiche.



L'autore scrive

VOLUME

Fabio Dattilo e Cosimo Pulito - con la prefazione del Capo del Corpo Nazionale VVF. Gioacchino Giomi ■

Esempi Applicativi del Codice di Prevenzione Incendi

Editore: EPCEditore - Srl Socio Unico
Anno: 2017
ISBN: 978-88-6310-774-6
Prezzo: Euro 59,00
Formato: 197x270 mm
Pagine: 496

Descrizione

Con l'emanazione delle Regole Tecniche Verticali sugli alberghi, sugli uffici, sulle autorimesse e, prossimamente, sugli edifici scolastici, il D.M. 03/08/2015 Codice di Prevenzione Incendi trova piena applicazione nella maggioranza delle attività sottoposte ai procedimenti di prevenzione incendi. Sviluppare un testo di esercizi nel quale, oltre all'applicazione pratica, si trovano anche le giustificazioni delle scelte adottate, rappresenta il completamento del libro Codice di prevenzione incendi commentato pubblicato all'uscita del decreto. Si tratta di un lavoro che va inteso come un ulteriore contributo alla conoscenza del nuovo modo di fare prevenzione incendi che si vuole fornire al mondo delle professioni: il professionista può trovare utili suggerimenti nella stesura dei progetti conformi al D.M. 03/08/2015. Il testo è frutto del contributo degli esperti del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco che hanno voluto, ancora una volta, mettere a disposizione del mondo professionale le proprie conoscenze al fine di rendere la prevenzione incendi cultura diffusa e mantenere alti standard di sicurezza nel Paese.

ESEMPI APPLICATIVI DEL CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

a cura di Fabio Dattilo e Cosimo Pulito
con la prefazione del Capo del Corpo Nazionale VVF. Gioacchino Giomi



EPC
EDITORE

Autori

a cura di F. Dattilo, ingegnere, Direzione interregionale del Veneto e Trentino Alto Adige, Corpo Nazionale dei Vigili del fuoco
C. Pulito, ingegnere, Direzione regionale del Piemonte, Corpo Nazionale dei Vigili del fuoco

Destinatari

Professionisti, consulenti responsabili e addetti ai servizi di prevenzione e protezione e antincendio, VVF ed enti di controllo. ■



COS'È EUCENTRE

La Fondazione Eucentre, con sede a Pavia, è un ente senza fine di lucro che promuove e sviluppa la ricerca e la formazione nel campo della riduzione del rischio, in particolare sismico.

La creazione di Eucentre è avvenuta nel 2003, su iniziativa dei seguenti soci fondatori: Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, Università degli Studi di Pavia, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia (IUSS).

LE AREE DI RICERCA

- Aerospazio
- Analisi Strutturale
- Elementi non strutturali
- Geotecnica sismica
- Innovazione tecnologica
- Meccanica computazionale
- Azione e progettazione sismica (SIDE)
- Risk Governance
- Scienze ambientali, salute e sicurezza (EHS)
- Analisi multirischio e servizi Copernicus
- Strutture in muratura
- TREES Lab, Metodi sperimentali e isolamento sismico
- Vulnerabilità e gestione territoriale

IL PROGRAMMA "SOSTENITORI DI EUCENTRE"

La Fondazione Eucentre promuove lo sviluppo di accordi di cooperazione duraturi con i professionisti, enti ed ordini professionali al fine di promuovere lo scambio di idee e l'interazione nell'ambito dell'ingegneria sismica.

I vantaggi di Convenzionarsi con Eucentre:

- Sconti sulle attività formative organizzate da Eucentre
- Sconti su prove sperimentali
- Sconti su software di ultima generazione
- Sconti su volumi pubblicati da Eucentre
- Abbonamento gratuito alla rivista Progettazione Sismica
- Sconti per inserzioni pubblicitarie sulla rivista Progettazione Sismica
- Esposizione di materiale aziendale durante eventi e spazio dedicato su sito www.eucentre.it
- Libero accesso alla biblioteca specialistica della Fondazione con supporto per ricerche bibliografiche

I Sostenitori di Eucentre hanno inoltre la possibilità di attivare un abbinamento con le Aree di Ricerca di maggiore interesse al fine di sviluppare sinergie su tematiche di coinvolgimento comune.



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.



WE ARE EUCENTRE

More than a hundred people from all over the world working together on training and research in earthquake engineering and risk mitigation.



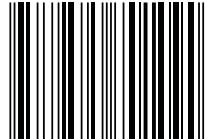


Diventare nostro autore.

Diventare nostro autore è semplice:
basterà contattare la redazione di
Progettazione Sismica, via e-mail
all'indirizzo
giulia.faga@progettazionesismica.it
oppure chiamando al numero
telefonico 0382.5169894.
Per maggiori informazioni e novità
sulla rivista è possibile visitare il
sito **www.progettazionesismica.it**



ISBN 978-88-85701-09-0



9 788885 701090



follow us



www.progettazionesismica.it