

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, dispiego 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 finalizzato 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 fin dal principio dal Dipartimento della Protezione Civile (Progetto Esecutivo DPC-EUCENTRE 2005-2008) per il quale si configurava 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 esercitative (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 fino 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 finalità 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, fino a 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 finalità 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 Accomodation) 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.

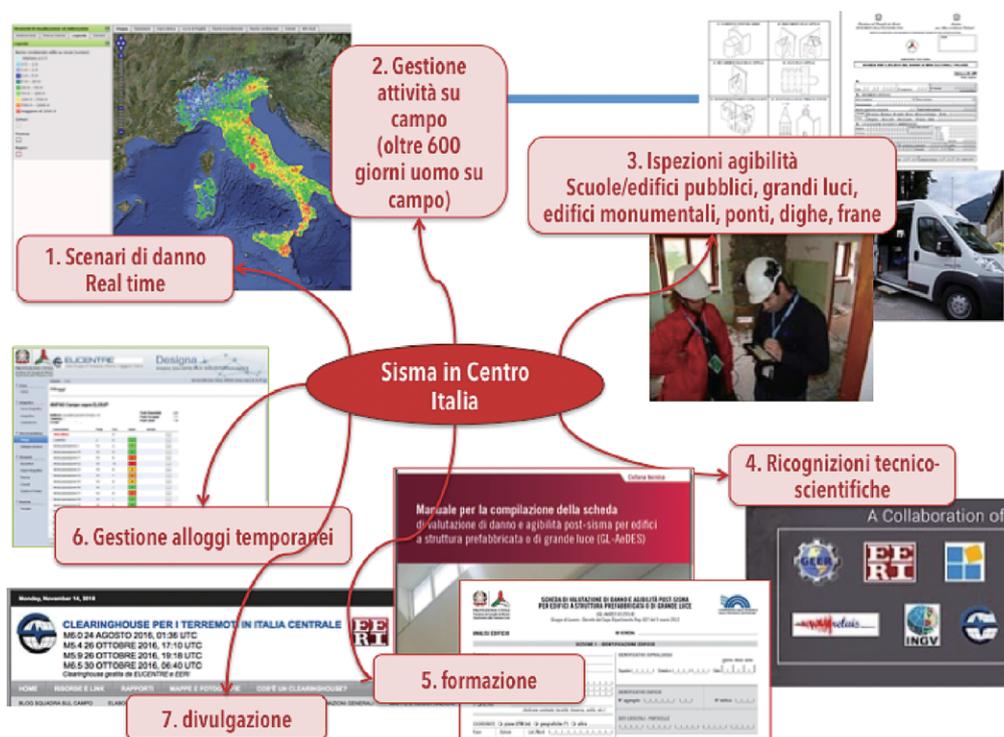


Figura 4
Attività condotte dalla Fondazione a seguito del Sisma in Centro Italia del 24/08/16.

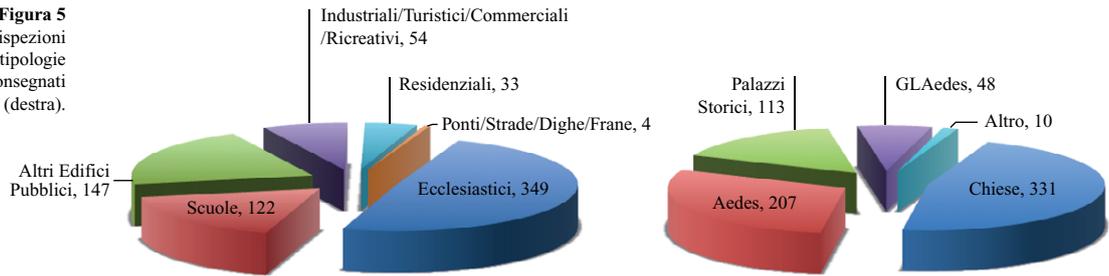
Nel corso dei nove mesi di intensa attività su campo, le squadre della Fondazione hanno condotto più di 700 ispezioni (Figura 5), distribuite sulle quattro regioni colpite dal sisma. La maggior parte delle verifiche sono state effettuate sugli edifici monumentali, sulle strutture scolastiche, sugli edifici 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 statuari della Fondazione.

3.1 Attività in sede

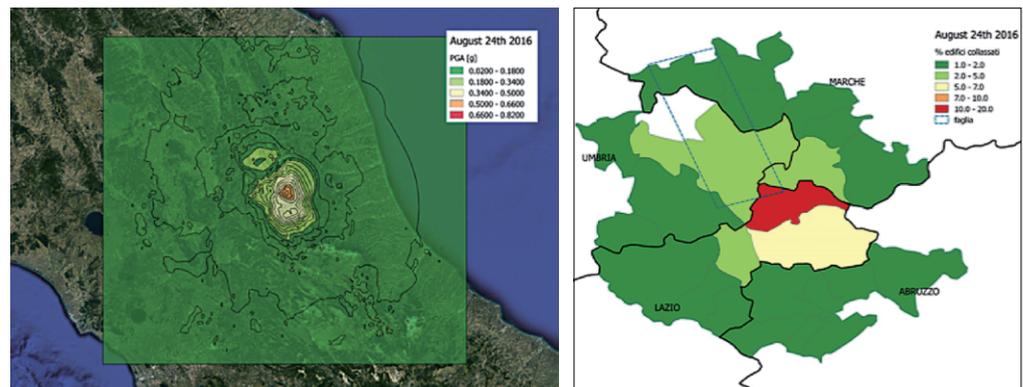
Per l'edilizia residenziale, per le scuole e per le infrastrutture sono stati prodotti gli scenari di danno per le scosse principali, i.e., 24 agosto 2016 con Mw 6.1, 26 ottobre 2016 con Mw 5.4, 26 ottobre 2016 con Mw 5.9, 30 ottobre 2016 con Mw 6.5. Per ciascuna di queste scosse sono state considerate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

Figura 5
Tipologie di ispezioni condotte (sinistra) e tipologie di moduli ispettivi consegnati (destra).



di faglia e utilizzando le mappe di scuotimento fornite da INGV (Istituto Nazionale di Geofisica 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 espressa 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.

Figura 6
Mappa di scuotimento (sinistra) e corrispondente scenario di danno (destra) in termini di percentuale di edifici crollati per la scossa del 24 agosto 2016.



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 M_w 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 \pm 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.

L'esito 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 verifiche 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 verifica 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 fine 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).

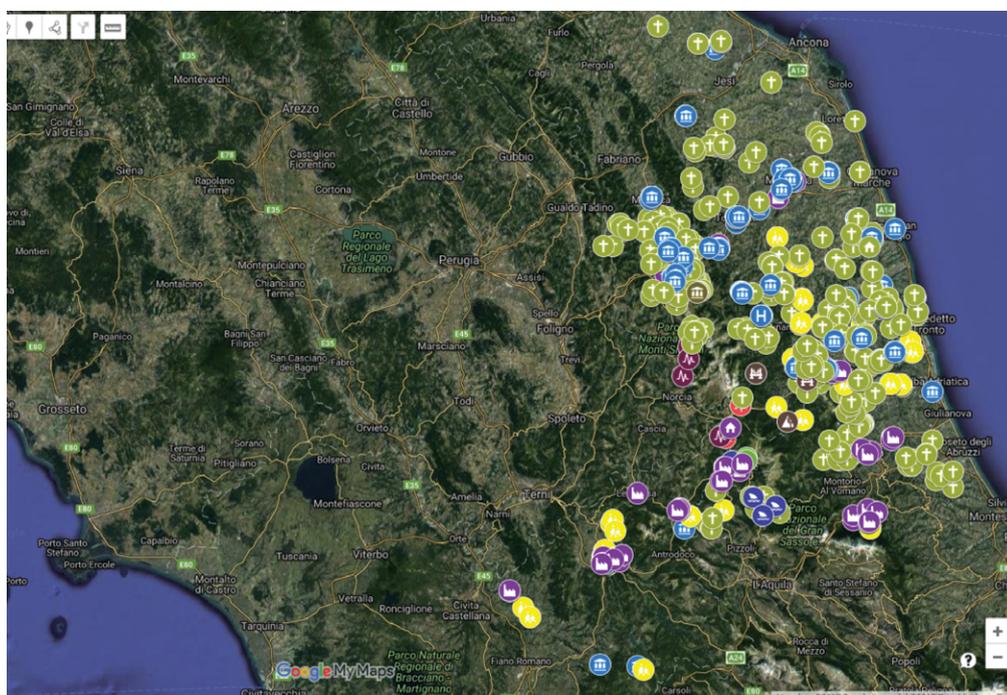
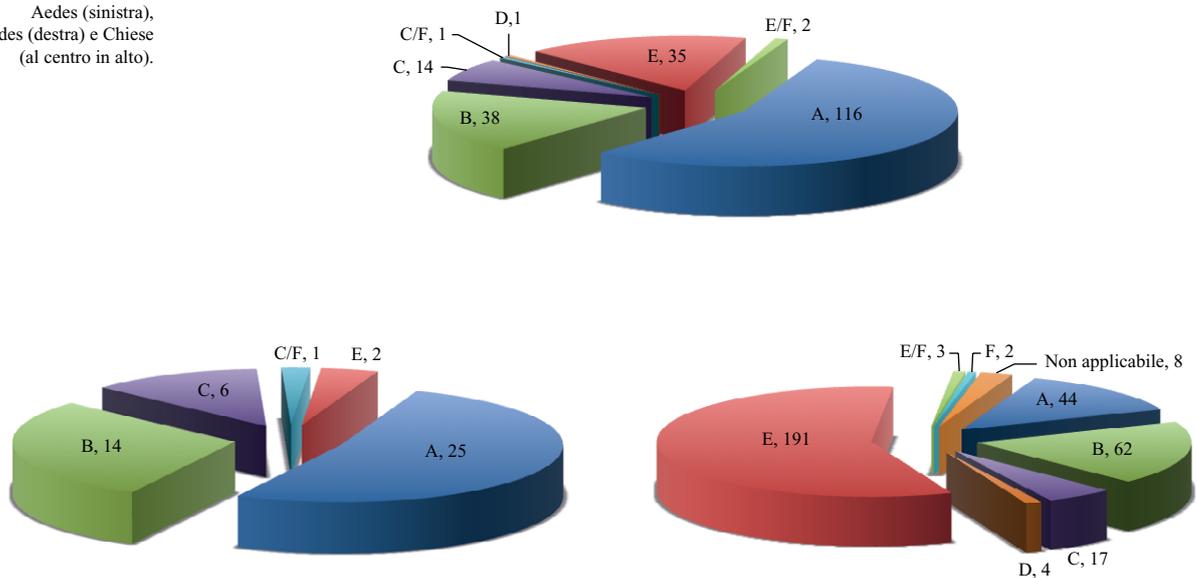


Figura 7
Mappa dei sopralluoghi effettuati.

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	–	–	–	–	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.

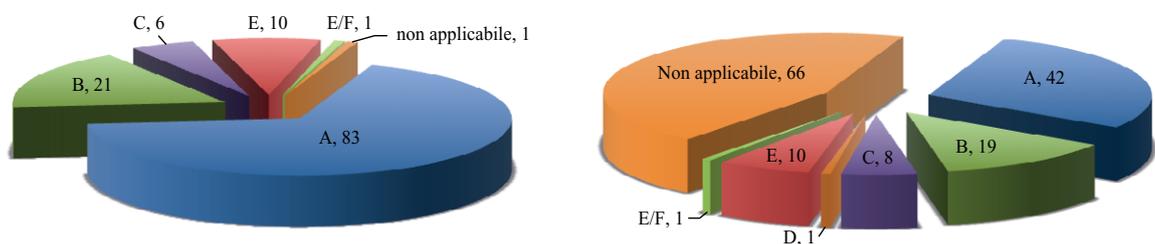
Nel primo ciclo di ispezioni (prima del 26 ottobre 2016), una squadra congiunta EUCENTRE-Università degli Studi di Pavia è stata messa a disposizione ogni settimana. Sono state ispezionate in totale 93 chiese e 1 palazzo nelle province di Ascoli Piceno, Macerata, Fermo, L'Aquila e Teramo. Nel secondo ciclo di ispezioni (da dal 23 gennaio fino 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 agibile.

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 scientifiche, 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 statuari. Tra queste, di maggiore rilevanza sono state le ricognizioni tecnico-scientifiche, in collaborazione con noti istituti di ricerca di fama internazionale.

Dal 5 all'8 settembre 2016, EUCENTRE ha partecipato alla prima ricognizione 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 (Steeart 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 ricognizione 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 ricognizione 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 fine ottobre 2016 e gennaio 2017.

Dal 18 al 21 ottobre 2016, EUCENTRE ha poi affiancato il team AFPS (Association Française du Génie Parasismique) nella ricognizione post-evento condotta nelle province di Rieti, Ascoli Piceno e L'Aquila, sulle dighe di Scandarello, Poggio Cancelli, Rio Fucino e Sella Pedicate. 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 (Balgiu et al., 2017).

EUCENTRE si è infine 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/adeguamento 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, Falerone, Montalto nelle Marche e Acquasanta Terme.

Infine, 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 nutrito dalla stessa, per più di 8000 accessi nello stesso periodo, iii. seminario web sulla ricognizione 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, ricognizione 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 beneficerebbero della valutazione degli effetti di amplificazione locale valutati a partire dagli studi di microzonazione sismica finanziati 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 provato 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; ix. 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 compilate 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 firmatario 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'altra 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 flessibile 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 verificarsi 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 flessibilità 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 infine 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., Combesure D., Duchez 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 Brammerini 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 l'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 a struttura 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-briefing-on-october-28-2016/
- 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 modifica 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 fini 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/geerfiles/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/geerfiles/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 modificazioni, 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/geerfiles/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/geerfiles/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 pilota 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 fibrorinforzati e le nuove tecniche costruttive basate sull'uso 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.