23 settembre 2016

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Gruppo operativo EMERSITO

RAPPORTO PRELIMINARE SULLE ATTIVITÀ SVOLTE DAL GRUPPO OPERATIVO EMERSITO A SEGUITO DEL TERREMOTO DI AMATRICE Mw 6.0 (24 AGOSTO 2016, ITALIA CENTRALE)

FIRST REPORT ON THE EMERSITO TASK FORCE ACTIVITIES AFTER THE Mw 6.0 AMATRICE EARTHQUAKE (AUGUST 24th, 2016, CENTRAL ITALY)

EMERSITO working group:

Cultrera Giovanna[1], D'Alema Ezio[2], Amoroso Sara[3], Angioni Barbara[1], Bordoni Paola[1], Cantore Luciana[3], Cara Fabrizio[1], Caserta Arrigo[4], Cogliano Rocco[5], D'Amico Maria[2], Di Giulio Giuseppe[3], Di Naccio Deborah[3], Famiani Daniela[1], Felicetta Chiara[2], Fodarella Antonio[5], Lovati Sara[2], Luzi Lucia[2], Massa Marco[2], Mercuri Alessia[1], Milana Giuliano[1], Pacor Francesca[2], Pischiutta Marta[1], Pucillo Stefania[5], Puglia Rodolfo[2], Riccio Gaetano[5], Tarabusi Gabriele[1], Vassallo Maurizio[3]

[1]Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Sezione Roma1-Roma, Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italia
[2]Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Sezione di Milano, Via Alfonso Corti 12, 20133 Milano, Italia
[3]Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Sezione Roma1-L'Aquila, Via Arcivescovado 8, 67100 L'Aquila, Italia
[4]Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Sezione CNT-Roma, Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italia
[5]Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Sezione Roma1-Grottaminarda, Contrada Ciavolone, 83035 Grottaminarda (AV), Italia

Citare come: *EMERSITO working group (2016). Rapporto preliminare sulle attività svolte dal gruppo operativo EMERSITO a seguito del terremoto di Amatrice Mw 6.0 (24 agosto 2016, Italia centrale) doi: 10.5281/zenodo.151655*

EMERSITO

Abstract (English version)

On August 24, 2016, at 01:36 UTC (03:36 local time) a M_W6.0 earthquake struck an extensive portion of the Central Apennines (Italy). It was followed by a large aftershock (M_W5.3, August 24 at 02:33 UTC) and, up to now, 15 earthquakes with magnitude equal to or greater than 4.0 were localized between the towns of Norcia and Amatrice by the Italian National Seismic Network, operated by the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).
Due to the significant mainshock magnitude and the widespread damaging level of buildings, the Emersito task force has been activated by INGV. The aim of Emersito is to carry out and coordinate the monitoring surveys to identify possible local site effects caused by particular geological and geomorphological features. In a first step of the seismic emergency, the main activity of Emersito consists on installation and maintaining of a temporary seismic network in the epicentral area. In this case, the task force installed the Seismic Network for Site Effect Studies in Amatrice Area (http://www.fdsn.org/networks/detail/XO_2016/) including 22 stations distributed over 4 municipalities (Amandola, Civitella del Tronto, Montereale, Capitignano) *and equipped by velocimetric and accelerometric sensors. The identification of the sites where stations have been installed was mainly driven by the proximity to the epicentral area (without interfere with the rescue operation) and by the available seismic microzonation studies, geological maps at different representation scales, ground motion parameters distribution and real time seismicity.*

Abstract (versione italiana)

Il 24 agosto 2016, alle 01:36 UTC (03:36 ora locale) un terremoto di magnitudo momento (M_W) pari a 6.0 ha interessato una porzione significativa dell'Appennino Centrale, seguito dopo circa un'ora da un terremoto di M_W5.3. Ad oggi, la Rete Sismica Nazionale gestita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha localizzato 15 eventi sismici con magnitudo uguale o superiore a 4.0 tra le città di Norcia e di Amatrice.
A causa della magnitudo del *mainshock* e del livello di danneggiamento riscontrato, l'INGV ha attivato il gruppo operativo Emersito, il cui obiettivo è di svolgere e coordinare le campagne di monitoraggio per individuare effetti di sito imputabili a particolari caratteristiche geologiche e geomorfologiche. Durante le prime fasi di un'emergenza sismica, l'attività principale del gruppo operativo consiste nell'installazione e nel mantenimento di una rete sismica temporanea nella zona colpita dal terremoto.
Nel caso specifico della sequenza dell'Italia Centrale, la rete sismica di Emersito (temporary Seismic Network for Site Effect Studies in Amatrice Area, http://www.fdsn.org/networks/detail/XO_2016/) include 22 stazioni dotate di sensori velocimetrici e accelerometrici e installate nei comuni di Amandola (FM), Civitella del Tronto (TE), Montereale (AQ) e Capitignano (AQ). La scelta dei siti d'installazione è stata guidata principalmente dalla prossimità con l'area epicentrale (per non intralciare le operazioni di soccorso), dalla disponibilità di studi di microzonazione sismica e di carte geologiche a differenti scale di rappresentazione, dalla distribuzione dei parametri di scuotimento del suolo e della sismicità in tempo reale.

Introduzione

Emersito è una task force operativa a livello nazionale, trasversale alle sezioni INGV (sez. Roma1 - sede di Roma, L'Aquila, Grottaminarda; sez. Milano - sede di Milano). Scopo principale di Emersito è quello di "svolgere e coordinare le campagne di monitoraggio per gli effetti di sito a seguito di eventi sismici di forte magnitudo, o che comunque hanno dato luogo a un danneggiamento imputabile anche all'amplificazione del moto sismico in superficie" (Decreto Direttore Generale INGV n. 337 e Allegati; http://istituto.ingv.it/l-ingv/amministrazione-trasparente-1/contenuti-at-vari/decreti/anno-2015-decreti-presidente-e-direttore-generale).
L'installazione di stazioni sismiche temporanee, in caso di sequenze sismiche rilevanti, è fondamentale non solo per fini di sorveglianza sismica ma anche e soprattutto per le fasi di post emergenza (per esempio per la valutazione dello scuotimento differenziale in correlazione con il danneggiamento e per gli studi di microzonazione), e per successive attività di ricerca nei settori della pericolosità sismica, della sismotettonica e della fisica dei terremoti.

È noto che le caratteristiche dello scuotimento del terreno sono fortemente influenzate, oltre che dalla sorgente del terremoto e dal percorso di propagazione, dalle condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali che modificano il moto sismico. Tali modificazioni sono note come effetti di sito.
Le osservazioni e gli studi teorici hanno permesso di distinguere tre tipologie principali di effetti di sito, essenzialmente dovuti a:

- presenza e geometria di depositi superficiali di materiali sciolti;
- particolari conformazioni topografiche;
- discontinuità laterali nella struttura del sottosuolo (effetti 2D e/o 3D).

Per la quantificazione degli effetti di sito risulta necessaria la conoscenza delle caratteristiche lito-stratigrafiche e geomorfologiche del sito oggetto di studio, in quanto portano ad una modifica dell'ampiezza, frequenza e durata dell'azione sismica.

Gli effetti di sito causati dalla presenza di formazioni geologiche poco compatte (alluvioni, depositi sedimentari, ecc.) su formazioni più rigide, si traducono in un'amplificazione delle onde sismiche che è tanto più grande quanto maggiore è il contrasto di proprietà meccaniche tra i diversi strati. Quando le formazioni sono caratterizzate da una struttura a piani orizzontali, ovvero di tipo 1D, questi effetti coinvolgono prevalentemente onde di volume; quando esistono eterogeneità laterali, come nel caso di variazioni di spessore nei sedimenti o piccole valli alluvionali, la geometria del problema si sviluppa necessariamente a livello 2D o 3D e gli effetti possono coinvolgere anche le onde di superficie che si generano su tali discontinuità. Le interferenze, a cui tutte queste onde danno luogo, provocano dei fenomeni di risonanza che si differenziano a seconda della geometria e delle proprietà meccaniche delle strutture che li generano.
Gli effetti sull'amplificazione del moto sismico legati alle discontinuità del profilo stratigrafico e ai depositi superficiali sono documentati da numerose registrazioni in molti terremoti.
Per quanto riguarda gli effetti topografici, anche se esistono poche evidenze strumentali rispetto ai casi precedenti, è stata recentemente osservata una correlazione tra distribuzione dei danni e presenza di rilievi, creste e avvallamenti che causano fenomeni di focalizzazione o de-focalizzazione delle traiettorie di propagazione delle onde incidenti.

La valutazione degli effetti di sito, e quindi la conoscenza delle condizioni lito-stratigrafiche e topografiche del sito in esame, costituiscono un elemento di grande importanza per determinare la risposta sismica locale, soprattutto per il territorio italiano, caratterizzato da eterogeneità verticali e laterali dei terreni, con contrasti di velocità delle onde di taglio in alcuni casi rilevanti.

Il 24 agosto alle 01:36 UTC (03:36 ora locale) un terremoto di M_L6.0 (M_W6.0) ha colpito una vasta porzione dell'Appennino centrale tra i comuni di Norcia e Amatrice (Gruppo di Lavoro INGV sul terremoto di Amatrice, 2016). L'epicentro è stato localizzato in prossimità del comune di Accumoli e l'area epicentrale si estende al confine tra le regioni Marche, Lazio, Umbria e Abruzzo interessando una stretta fascia, parallela all'asse appenninico (Figura 1).

Durante la prima fase dell'emergenza (24 – 25 agosto 2016), la task force Emersito ha selezionato alcuni siti prossimi all'area epicentrale per l'installazione della rete sismica temporanea. In particolare, sono state individuate aree urbanizzate, logisticamente semplici da raggiungere e dove sono presenti situazioni geologiche e strutturali che possono aver dato luogo a effetti di sito.
Per la ricerca dei siti sono stati utilizzati: cartografia geologica disponibile (scala 1:100.000, fogli L'Aquila e Norcia, messi a disposizione da Emergeo), studi di microzonazione delle 4 regioni coinvolte (Lazio, Umbria, Abruzzo, Marche), valori di *Peak Ground Acceleration* del *mainshock*, sismicità in tempo reale, posizione delle stazioni delle reti temporanee (Sismiko) e permanenti (Rete Accelerometrica Nazionale-RAN gestita dal Dipartimento di Protezione Civile e Rete Simica Nazionale-RSN operata dall'INGV). Per la condivisione delle informazioni e dei criteri di selezione tra le sedi coinvolte, ci si è avvalsi del supporto di un Sistema Informativo Territoriale (Arcgis on-line) appositamente predisposto e contenente parte delle informazioni sopra citate (Figura 1).

I criteri di selezione hanno portato ad individuare 4 comuni (Amandola, FM; Civitella del Tronto, TE, Montereale, AQ, e Capitignano, AQ) dove installare la rete sismica temporanea composta da un totale di 22 stazioni. La strumentazione è stata installata nel periodo 26-31 agosto e sarà rimossa, indicativamente, a partire dalla metà di settembre, per essere spostata nel territorio del comune di Amatrice nell'ambito delle attività del Centro di Microzonazione Sismica.

Emersito ha inoltre collaborato con i colleghi del Centro Nazionale Terremoti che hanno installato 5 stazioni sismiche nel comune di Acquasanta Terme (AP).

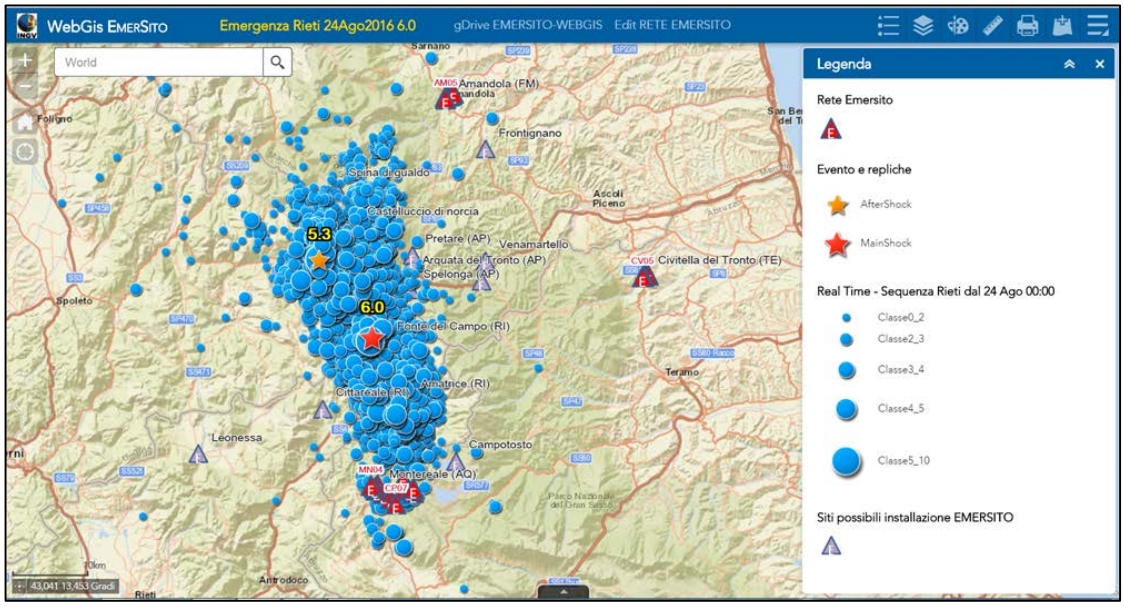


Figura 1. Livelli informativi della distribuzione della sismicità relativa alla sequenza del Centro Italia (dal 24 agosto al 5 settembre 2016) e della localizzazione delle aree selezionate per l'intervento di Emersito. Visualizzazione tramite ArcGis on-line.

Strumenti di acquisizione

Il parco strumentale è costituito da acquisitori Reftek e Quanterra, equipaggiati con sensori velocimetrici (Lennartz 5s) e accelerometrici (Episensor); sul totale di 22 stazioni, 5 sono in acquisizione *real-time*.
Tenendo conto delle posizioni delle diverse sedi da cui sono partite le squadre d'intervento, si è deciso di suddividere l'installazione delle stazioni secondo quanto riportato in Tabella 1. In Tabella 2 si riportano le coordinate delle singole stazioni e le caratteristiche della strumentazione.

Tabella 1. Suddivisione delle stazioni di registrazione.

Comune	# stazioni installate	Sedi
Montereale	6	Roma + L'Aquila
Capitignano	6	Roma + L'Aquila
Civitella del Tronto	5	Grottaminarda
Amandola	5	Milano

In accordo con quanto previsto dall'organizzazione di Emersito, è stata richiesta l'assegnazione di un codice identificativo della rete sismica temporanea. In data 29 agosto 2016 la *Federation of Digital Seismograph Networks* (FDSN, http://www.fdsn.org) ha assegnato il codice XO alla rete di Emersito per l'emergenza di Amatrice 2016: "XO (2016-2017): Seismic Network for Site Effect Studies in Amatrice Area (Central Italy) http://www.fdsn.org/networks/detail/XO_2016/". La registrazione dei codici di stazione è stata richiesta e successivamente accettata *dall'International Seismological Centre* (ISC) in data 6 settembre 2016 (http://goo.gl/Llses1).
Tutti i dati in continuo saranno disponibili sul portale EIDA appena finita la fase d'acquisizione.

Tabella 2. Stazioni Emersito installate a seguito dell'emergenza sismica (codice di rete XO).

#	Codice	Luogo	Lat.	Lon.	Quota	Acquisitore	Sensore_1	Sensore_2	Acquisizione
1	AM01	Torre del Podestà, Amandola	42.980556	13.358708	549	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Realtime
2	AM02	Istituto Tecnico, Amandola	42.979597	13.353573	516	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Realtime
3	AM03	Ospedale, Amandola	42.981622	13.362768	511	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Realtime
4	AM04	Base Costone dell'Ospedale Amandola	42.983345	13.365007	455	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Realtime
5	AM05	Campo sportivo Amandola	42.977404	13.352786	464	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Realtime
6	CV01	Falsabraga in Fortezza, Civitella del Tronto	42.772736	13.666229	642	Q330	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
7	CV02	Presso Torrione Porta Napoli in Largo Vinciguerra, Civitella del Tronto	42.773104	13.669496	600	Q330	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
8	CV03	Via Salinello, Civitella del Tronto	42.772644	13.672969	540	Q330	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
9	CV04	Edificio privato in via Roma 88, Civitella del Tronto	42.772273	13.666690	585	Q330	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
10	CV05	Parte terminale di via del Parnaso, Civitella del Tronto	42.771551	13.663721	605	Q330	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
11	CP01	Campo Calcio, Capitignano	42.52458	13.28758	885	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
12	CP02	Via delle Repubblica, Mopolino, Capitignano	42.52389	13.29596	898	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
13	CP04	Parte alta Mopolino, Via del Fosso, Capitignano	42.52529	13.30163	957	REFTEK130	LE3D-5S	---	Locale
14	CP05	Via di Sopra, Capitignano	42.52052	13.30267	925	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
15	CP06	Campetto sotto chiesa, Paterno, Capitignano	42.53498	13.28591	900	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
16	CP07	Asilo, San Giovanni Paganica,Montereale	42.50748	13.27508	842	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
17	MN02	Piè di Colle, Sig. Trocchi, Montereale	42.51393	13.26704	827	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
18	MN03	Piè di Colle, Sig. Di Loreto, Montereale	42.51916	13.25532	823	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
19	MN04	Isola Ecologica, Montereale	42.52906	13.23519	977	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
20	MN06	ex municipio accanto stazione RAN, Montereale	42.52400	13.24480	923	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
21	MN08	Ex prefettura, Montereale	42.52624	13.24125	916	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale
22	MN09	Campo Calcio, Montereale	42.52987	13.24546	827	REFTEK130	LE3D-5S	EPISENSOR	Locale

Siti d’installazione

Tutti gli interventi sono stati effettuati in piena collaborazione con le autorità locali. Di seguito, sono brevemente descritte le principali caratteristiche delle 4 aree d’intervento.

Amandola (FM): effetti topografici e danneggiamento

Nella località di Amandola, distante circa 30 km a NE dall'area epicentrale (Figura 1), sono stati riscontrati alcuni crolli, danni alle abitazioni del centro storico e all’ospedale. Il paese si estende lungo un alto topografico, orientato in direzione SO-NE, costituito da arenarie poco cementate alla cui base si trovano depositi alluvionali.
In Figura 2 è riportata la localizzazione delle 5 stazioni installate ad Amandola. Le stazioni sono state collocate lungo la cresta e la base al fine di investigare possibili effetti topografici. In particolare, si è scelto di monitorare il sito dove è ubicato l’ospedale con l’installazione della stazione AM03 (Figura 3).



Figura 2. Localizzazione delle stazioni installate ad Amandola.



Figura 3. Installazione della stazione AM03 presso l'ospedale di Amandola.

Le stazioni sono collegate a un server remoto che acquisisce i dati in real-time; la stazione AM05 invia i dati alla sala sismica dell'INGV a integrazione della RSN. L'acquisizione in real-time ha permesso l'immediata visualizzazione della registrazione dell'evento sismico delle 10:18 UTC del 03 settembre 2016 di M_W4.3, localizzato a circa 17 km a sud-ovest di Amandola (Figura 4).

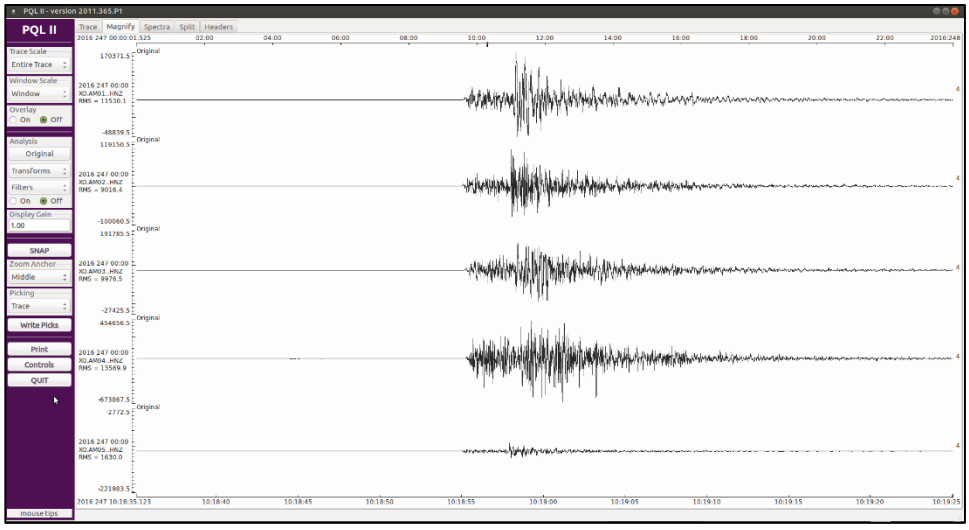


Figura 4. Tracce della componente verticale dei 5 accelerometri installati ad Amandola che hanno registrato il terremoto M_W 4.3 occorso alle 10:18 UTC il 03 settembre 2016.

Montereale e Capitignano (AQ): effetti topografici e di bacino, zona di faglia

I comuni di Montereale e Capitignano distano circa 20 km dall'epicentro del *mainshock* e sono prossimi alle localizzazioni degli eventi più a sud della sequenza (Figura 1). Nei due centri l'evento principale e le scosse più energetiche hanno causato lievi danni ad alcune strutture.
In figura 5 si riporta la localizzazione delle 12 stazioni stand-alone installate per lo studio di effetti topografici e di bacino, nonché per verificare l'influenza di una zona di faglia che è stata evidenziata dallo studio di microzonazione del comune di Capitignano. La Figura 6 mostra l'installazione delle stazioni MN08 e CP06 rispettivamente a Montereale e Capitignano.
I dati sono scaricati periodicamente (Figura 7) dal personale de L'Aquila.

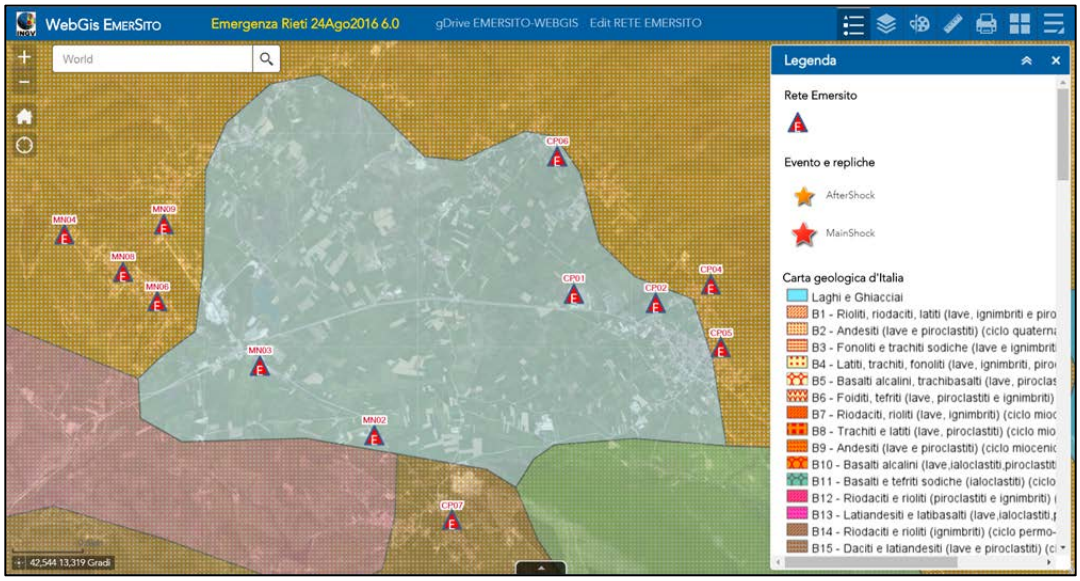


Figura 5. Stazioni installate nell'area Montereale-Capitignano. I colori indicano le diverse litologie in base alla Carta Geologica d'Italia (scala 1:500.000; GeoPortale Nazionale http://www.pcn.minambiente.it/GN): alternanze di arenarie e marne arenacee del Miocene superiore (quadrettato arancione); marne e marne calcaree detritiche, scaglia cinerea Eocene-Oligocene (quadrettato marroncino); detriti, depositi alluvionali e fluvio-lacustri (celeste).



Figura 6. Installazione della stazione MN08 (a sinistra) a Montereale e CP06 (a destra) a Capitignano.

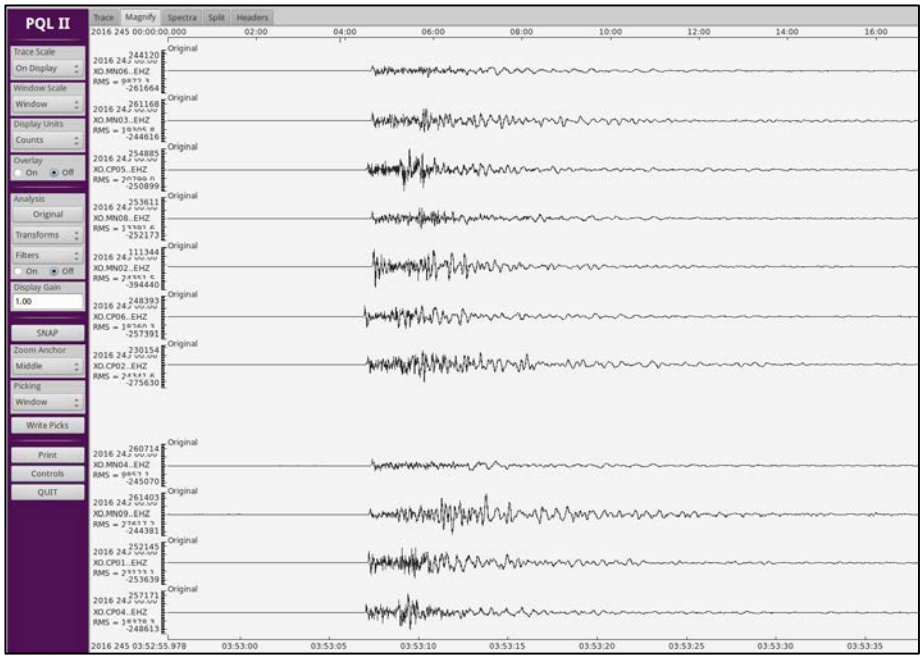


Figura 7. Tracce della componente verticale di 11 velocimetri installati a Montereale e Capitignano che hanno registrato il terremoto M_L 3.6 occorso alle 03:53 UTC il 01 settembre 2016 nella zona di Rieti.

Civitella del Tronto (TE): effetti topografici

Il sito di Civitella del Tronto, distante circa 30-40 km a est dall'area epicentrale, è una località del teramano in cui non si sono verificati danni significativi alle strutture ma solo lesioni di lieve entità.
Il paese è ubicato su un rilievo topografico isolato, debolmente allungato in direzione SO-NE, costituito da arenarie alla base e da travertino in sommità. Il Comune ha da poco completato lo studio di microzonazione sismica su tutto il territorio comunale, così come validato dalla Regione Abruzzo. Sono state installate 5 stazioni per analizzare la variazione della risposta sismica locale (Figura 8). Le immagini di Figura 9 mostrano l'installazione delle stazioni CV05 e CV06.

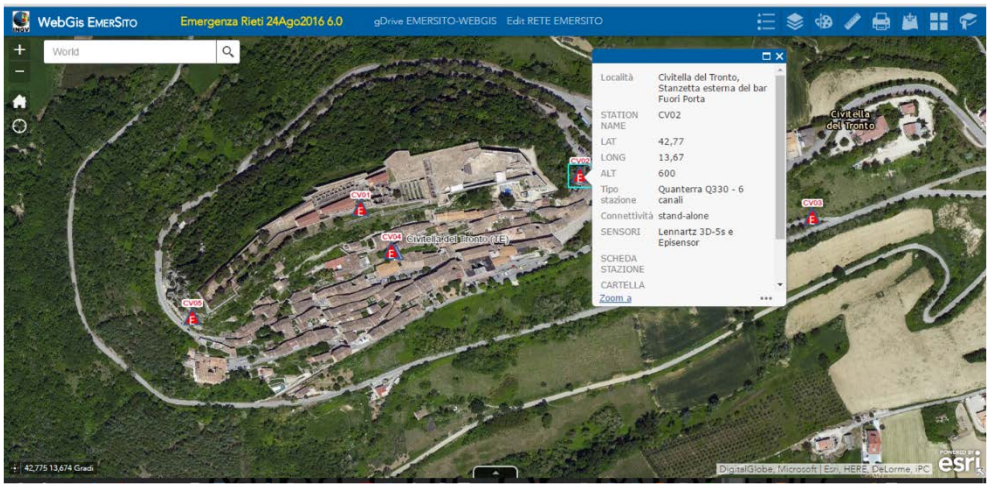


Figura 8. Localizzazione delle stazioni installate nell'area di Civitella del Tronto.



Figura 9. Installazione delle stazioni CV05 (a sinistra) e CV06 (a destra) a Civitella del Tronto.

Collaborazione con altri gruppi

I colleghi INGV del CNT (sede di Roma e di Rende: Fawzi Doumaz, William Thorossian, Arrigo Caserta, Antonio Costanzo, Sergio Falcone, Carmelo La Piana, Anna Gervasi, Mario Minasi) hanno selezionato, in collaborazione con Emersito, l'area del comune di Acquasanta Terme, dove sono state installate 5 stazioni sismiche a partire dall'1 settembre (Tabella 3). Ciascuna stazione è equipaggiata con acquisitori Centaur, velocimetri Trilium 20s e accelerometri Titan. Tutte le stazioni hanno i sensori interrati ed è stata realizzata una rete radio per trasmissione dati con punto accentratore nella sala consiliare del Comune, dove è posizionato il server di acquisizione che invia a Roma e a Cosenza i dati acquisiti.

Tabella 3. Stazioni sismiche installate a Acquasanta Terme (AP).

Codice	Località	Lat.	Lon.	Quota	Acquisizione
T1181	Chiesa S. Giovanni Battista	42.769491	13.410504	407	Rete
T1182	Hotel Italia Terme	42.770297	13.408991	374	Rete
T1183	frazione Cagnano	42.769945	13.415289	507	Locale
T1187	S. Vito frazione di Acquasanta Terme	42.771345	13.405475	459	Rete
T1188	Cagnano, frazione di Acquasanta Terme	42.770120	13.412830	477	Rete

Esclusione di responsabilità e limiti di uso delle informazioni

L'INGV, in ottemperanza a quanto disposto dall'Art.2 del D.L. 381/1999, svolge funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica del territorio nazionale, provvedendo all'organizzazione della rete sismica nazionale integrata e al coordinamento delle reti sismiche regionali e locali in regime di convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile. L'INGV concorre, nei limiti delle proprie competenze inerenti la valutazione della Pericolosità sismica e vulcanica nel territorio nazionale e secondo le modalità concordate dall'Accordo di programma decennale stipulato tra lo stesso INGV e il DPC in data 2 febbraio 2012 (Prot. INGV 2052 del 27/2/2012), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile.

In particolare, questo documento ha finalità informative circa le osservazioni e i dati acquisiti dalle Reti di monitoraggio e osservative gestite dall'INGV.

L'INGV fornisce informazioni scientifiche utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili al momento della stesura dei documenti prodotti; tuttavia, in conseguenza della complessità dei fenomeni naturali in oggetto, nulla può essere imputato all'INGV circa l'eventuale incompletezza ed incertezza dei dati riportati.

L'INGV non è responsabile dell'utilizzo, anche parziale, dei contenuti di questo documento da parte di terzi e di eventuali danni arrecati a terzi derivanti dal suo utilizzo.

La proprietà dei dati contenuti in questo documento è dell'INGV.

Quest'opera è distribuita con Licenza

Creative Commons Attribuzione - Non opere derivate 4.0 Internazionale