



## **RAPPORTO PRELIMINARE SULLE ATTIVITÀ SVOLTE NEL PRIMO MESE DI EMERGENZA DAL GRUPPO OPERATIVO SISMIKO A SEGUITO DEL TERREMOTO DI AMATRICE Mw 6.0 (24 AGOSTO 2016, ITALIA CENTRALE)**

### *SISMIKO working group:*

Milena Moretti<sup>1</sup>, Silvia Pondrelli<sup>2</sup>, Lucia Margheriti<sup>1</sup>, Luigi Abruzzese<sup>1</sup>, Mario Anselmi<sup>3</sup>, Paola Baccheschi<sup>1</sup>, Andrea Bono<sup>1</sup>, Augusto Bucci<sup>1</sup>, Mauro Buttinelli<sup>3</sup>, Marco Capello<sup>4</sup>, Vincenzo Cardinale<sup>1</sup>, Angelo Castagnozzi<sup>1</sup>, Marco Cattaneo<sup>1</sup>, Gianpaolo Cecere<sup>1</sup>, Lauro Chiaraluce<sup>1</sup>, Cimini Giovanni Battista<sup>1</sup>, Rocco Cogliano<sup>3</sup>, Gianfranco Colasanti<sup>1</sup>, Marco Colasanti<sup>1</sup>, Fabio Criscuoli<sup>1</sup>, Ezio D'Alema<sup>5</sup>, Ciriaco D'Ambrosio<sup>1</sup>, Peter Danecek<sup>1</sup>, Gaetano De Luca<sup>1</sup>, Giovanni De Luca<sup>1</sup>, Luigi Falco<sup>1</sup>, Massimo Fares<sup>1</sup>, Massimo Frapiccini<sup>1</sup>, Alberto Frepoli<sup>1</sup>, Edoardo Giandomenico<sup>1</sup>, Lucian Giovanni<sup>1</sup>, Carlo Giunchi<sup>4</sup>, Aladino Govoni<sup>1</sup>, Chiara Ladina<sup>1</sup>, Valentino Lauciani<sup>1</sup>, Alfonso Giovanni Mandiello<sup>1</sup>, Simone Marzorati<sup>1</sup>, Marco Massa<sup>5</sup>, Antonino Memmolo<sup>1</sup>, Franco Migliari<sup>1</sup>, Felice Minichiello<sup>1</sup>, Giancarlo Monachesi<sup>1</sup>, Raffaele Moschillo<sup>1</sup>, Shane Murphy<sup>3</sup>, Nicola Mauro Pagliuca<sup>3</sup>, Davide Piccinini<sup>4</sup>, Ulderico Piccolini<sup>1</sup>, Stefano Pintore<sup>1</sup>, Sandro Rao<sup>1</sup>, Gilberto Saccorotti<sup>4</sup>, Andrea Serratore<sup>6</sup>, Marcello Silvestri<sup>1</sup>, Stefano Silvestri<sup>1</sup>, Massimiliano Vallocchia<sup>1</sup>, Luisa Valoroso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Centro Nazionale Terremoti

<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Sezione di Bologna

<sup>3</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Sezione Roma 1 - Sismologia e Tettonofisica

<sup>4</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Sezione di Pisa

<sup>5</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Sezione di Milano

<sup>6</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV, Amministrazione Centrale

**Citare come:** *SISMIKO working group (2016). Rapporto preliminare sulle attività svolte dal gruppo operativo SISMIKO a seguito del terremoto di Amatrice Mw 6.0 (24 agosto 2016, Italia centrale) doi: 10.5281/zenodo.157546.*



## Riassunto

Alle ore 01:36 UTC (03:36 ora locale) di mercoledì 24 agosto 2016, un terremoto di magnitudo locale ( $M_L$ ) 6.0 ( $M_W$  6.0) ha colpito un vasto settore dell'Appennino centrale compreso tra i Monti della Laga e la zona sismogenetica della Valnerina [Gruppo di Lavoro INGV sul terremoto di Amatrice, 2016 a; 2016b]. Il terremoto ha causato quasi 300 vittime e notevoli danni agli edifici storici ed alle attività economiche in un'area, al confine tra l'Umbria, il Lazio, l'Abruzzo e le Marche, classificata tra quelle a più alto rischio sismico in Italia. L'evento è stato registrato dalla Rete Sismica Nazionale (RSN [<http://doi.org/10.13127/SD/X0FXNH7QFY>]) e localizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) vicino all'abitato di Accumoli in provincia di Rieti (Coordinate: 42.70° N, 13.23° E, 8.0 km di profondità [Fonte Dati: ISIDe [ISIDe Working Group (2010); pagina web dell'evento: <http://cnt.rm.ingv.it/event/7073641>]. La densità e la copertura della RSN nell'area epicentrale, ha permesso di ben vincolare sia l'epicentro sia l'entità dell'evento principale nonché delle repliche più significative che lo hanno seguito seguito tra cui l'evento di  $M_L$ 5.3 (24/08/2016 - 02:33:29).

Tuttavia, al fine di ottenere localizzazioni più accurate, in particolare in termini di profondità ipocentrale, è stato immediatamente attivato SISMICO, ovvero il coordinamento delle reti sismiche mobili INGV in emergenza [Moretti et al., 2012; 2016; Pondrelli et al., 2016]. Dopo aver valutato il funzionamento delle stazioni permanenti e considerando l'andamento della sismicità sviluppatasi nelle prime ore dopo la scossa principale, SISMICO ha predisposto un intervento che ha visto in totale l'installazione di 18 stazioni temporanee, di cui 13 trasmesse in tempo reale, ad integrazione della RSN (Figura 1). La geometria della rete sismica temporanea è stata sin dalle prime ore dell'intervento condivisa con il gruppo di emergenza dell'INGV Emersito [EMERSITO working group, 2016] e con il gruppo di rete mobile dell'*Italian Strong Motion Network* (RAN) del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (DPC) [<http://ran.protezionecivile.it/IT/>]. Nei successivi giorni, hanno raggiunto l'area epicentrale anche i colleghi del *British Geological Survey* (BGS) e della Scuola di Geoscienze presso l'Università di Edimburgo, che sin dalle prime ore di emergenza hanno manifestato interesse per la sequenza dando la loro disponibilità per l'installazione di una rete Broad Band (BB) ad integrazione di quella INGV (Figura 1).

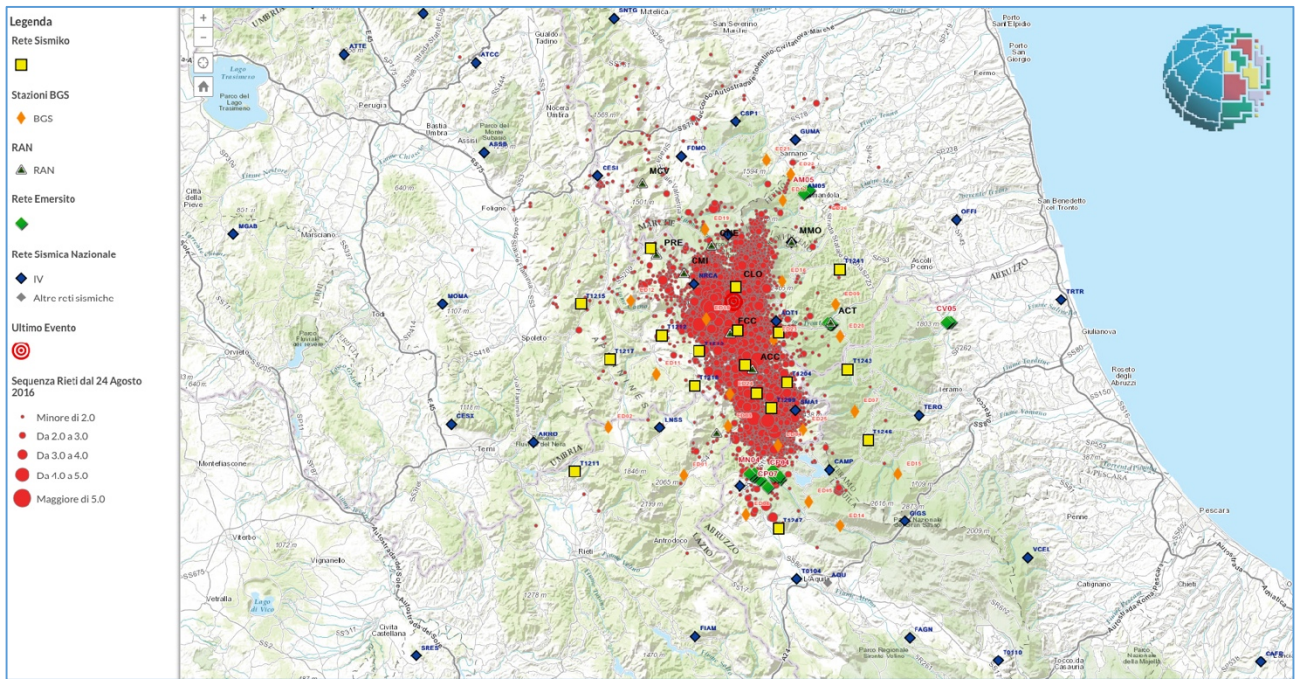
Tutti dati acquisiti dalle stazioni strettamente SISMICO, sono disponibili presso l'*European Integrated Data Archive* (EIDA; <http://eida.rm.ingv.it/> [Mazza et al., 2012]). Le circa 1600 forme d'onda accelerometriche (e relativi metadati) registrate dalle stazioni temporanee SISMICO con trasmissione in tempo reale, sono inoltre disponibili e scaricabili dalla banca dati accelerometrica dell'INGV Strong Motion Database (ISMD; <http://ismd.mi.ingv.it> [ISMD working group 2016]).

## Introduzione

SISMIKO è una *task force* operativa che prevede il coordinamento a livello nazionale delle Reti Sismiche Mobili di Pronto Intervento [Moretti et al., 2012; 2016, Pondrelli et al., 2016] e coinvolge le diverse Sezioni INGV che si occupano normalmente del monitoraggio sismico del territorio nazionale. Le reti sismiche di Pronto Intervento costituiscono un'importante componente nel quadro delle azioni che l'INGV intraprende durante le emergenze sismiche. L'installazione di stazioni sismiche temporanee ad integrazione delle reti permanenti aumenta infatti la capacità di detezione dei terremoti e la qualità delle loro localizzazioni consentendo nell'immediato di definire con maggiore precisione il fenomeno in corso e fornendo dei dati di ottima qualità e dettaglio per per studi *off line* di sismotettonica e fisica dei terremoti. Gli scopi principali di SISMIKO, forte della comunione delle esperienze scientifiche e tecnologiche a disposizione, non riguardano solo l'incremento della capacità e dell'efficacia di monitoraggio, ma anche la definizione di politiche comuni e l'implementazione di procedure per la condivisione, l'archiviazione e la distribuzione del dato delle reti temporanee ai fini del servizio di sorveglianza sismica e della ricerca scientifica. SISMIKO nasce alla fine del 2011 e dà i primi importanti risultati già nell'emergenza sismica che nel maggio del 2012 segue il terremoto di  $M_L$  6.0 in Italia Settentrionale [Moretti et al., 2012; 2013].

Subito dopo l'accadimento dell'evento sismico di  $M_L$  6.0 che la notte del 24 agosto 2016 alle ore 1.36 UTC ha interessato l'area al confine tra l'Umbria, il Lazio, l'Abruzzo e le Marche, come codificato nell'ambito della Convenzione vigente fra il DPC e l'INGV (2012-2020), sono state allertate tutte le anime che compongono il coordinamento SISMIKO. Da subito si sono resi disponibili tutte le sedi INGV afferenti al gruppo di emergenza, ma nelle prime ore sono state attivate quelle più prossime all'area epicentrale ovvero Ancona, Grottaminarda, L'Aquila e Roma. Da esse sono partite a poche ore dal *mainshock*, 5 squadre per un totale di 14 unità di personale; le prime squadre hanno raggiunto l'area epicentrale tra le 7.00 e le 8.00 del mattino, ora locale. Durante la prima giornata sono state installate 10 stazioni, di cui 6 in acquisizione *realtime*. Nei giorni successivi, si sono susseguite ulteriori installazioni, anche in considerazione dell'andamento della sismicità in corso fino ad un totale di 18 stazioni (quadrati gialli in Figura 1) coinvolgendo nei primi 5 giorni di emergenza più di 40 unità di personale in area epicentrale. Sin dalle prime ore dell'emergenza, SISMIKO si è coordinato per la definizione della geometria della rete temporanea con i colleghi INGV del gruppo EMERSITO che tra il 26 e il 31 agosto hanno installato 22 stazioni nei comuni di Amandola, in provincia di Fermo nelle Marche, Civitella del Tronto, in provincia di Teramo, e Montereale e Capitignano, in provincia de L'aquila, in Abruzzo (rombi verdi in Figura 1 [EMERSITO working group, 2016]). Altre 10 stazioni accelerometriche sono state nel frattempo installate tra il 24 e il 26 agosto dal gruppo di rete mobile della RAN gestita dal DPC (triangoli verdi in Figura 1).

In Figura 1 assieme alla distribuzione areale delle 50 stazioni temporanee sopra elencate ad integrazione della RSN (rombi blu) sono rappresentate le stazioni BB installate dai colleghi del BGS nelle prime due settimane di settembre (rombi arancioni viola).



**Figura 1.** Mappa della rete sismica temporanea installata da SISMICO (quadrati gialli) tra il 24 e 30 agosto 2016 ad integrazione della RSN (rombi blu). Sono inoltre presenti le 22 stazioni di EMERSITO (rombi verdi) e le 25 stazioni BB del *British Geological Survey* (BGS; rombi arancioni) e le 10 RAN-DPC temporanee (triangoli verdi). La sismicità (in rosso) è aggiornata al 23 settembre 2016.

### **Coordinamento SISMICO: l'organizzazione**

Le attività del coordinamento SISMICO sono codificate in un protocollo interno INGV e prevedono delle azioni da svolgere in caso di emergenza, partendo dall'SMS che i coordinatori nazionali di tutti i gruppi di emergenza INGV ricevono per la comunicazione dei parametri preliminari automatici dell'evento a dopo pochi minuti dal suo accadimento. Tuttavia, molte sono le azioni predisposte in attività ordinaria per consentire un'attivazione rapida delle squadre per l'installazione delle stazioni temporanee, la disposizione della trasmissione dei dati in acquisizione in tempo reale verso i centri di competenza di Roma, Ancona, Milano e Grottaminarda compresa la loro archiviazione ed eventualmente l'inserimento nei sistemi di acquisizione in uso presso il servizio di sorveglianza sismica di Roma [Pondrelli et al., 2016].

Ogni sede INGV afferente a SISMICO ha strumentazione e/o personale dedicato e/o disponibile per interventi in emergenza (Figura 2).

Per far sì che in caso di evento sismico i dati delle stazioni temporanee sia archiviato e quindi utilizzato il più presto possibile, il coordinamento SISMICO ha stabilito la pre-registrazione delle stazioni nel database delle stazioni sismiche INGV [Moretti et al., 2014] con delle sigle costituite da 5 caratteri alfanumerici significativi, “TZZYY” dove la lettera T sta ad indicare “Temporary”, mentre ZZ è un numero che progressivamente indica l'emergenza affrontata (i.e in Emilia nel 2012 venne utilizzato ZZ= 08 [Moretti et al., 2013]) e YY è un numero relativo al sito occupato che identifica anche la sede INGV che ha installato la stazione (00 - 10 Irpinia, 11 - 30 Roma, 31 - 40 Milano, 41 - 45 Ancona, 46 - 55 Pisa, 56 - 60 L'Aquila, 61 - 70 Napoli, 71 - 80 Catania, 81 - 99 altri).



**Figura 2.** Sedi INGV afferenti al coordinamento SISMICO con strumentazione e /o personale dedicato e/o disponibile agli interventi in emergenza.

ZZ è un numero che progressivamente indica l'emergenza affrontata (i.e in Emilia nel 2012 venne utilizzato ZZ= 08 [Moretti et al., 2013]) e YY è un numero relativo al sito occupato che identifica anche la sede INGV che ha installato la stazione (00 - 10 Irpinia, 11 - 30 Roma, 31 - 40 Milano, 41 - 45 Ancona, 46 - 55 Pisa, 56 - 60 L'Aquila, 61 - 70 Napoli, 71 - 80 Catania, 81 - 99 altri).

Prima dell'emergenza in corso, erano già configurate e quindi “in ascolto” dal sistema di acquisizione pronte per essere utilizzate in tempi brevi, un certo numero di sigle T12YY (vedi Tabelle 1 e 2).

### **La rete sismica temporanea e la strumentazione installata**

Il 24 agosto, a poche ore dalla scossa principale, sono state attivate 5 squadre partite dalle sedi di Ancona (1), Grottaminarda (3), L'Aquila (1) e Roma (1) per un totale di 14 unità di personale partite intorno alle 6.00 ora locale.

La squadra di Ancona ha raggiunto la zona epicentrale poco dopo le 7.00 del mattino iniziando subito la ricerca dei siti. La principale difficoltà fronteggiata dalla squadra è stata trovare dei siti con una buona copertura GPRS/UMTS che garantisca la trasmissione in tempo reale delle 3 stazioni temporanee che sono state installate durante la giornata. Le stazioni sono a 6 componenti e ubicate sul lato settentrionale e orientale della sequenza di partenza. La prima installazione riguarda la stazione T1243 in Località Ceppo nel Comune di Rocca Santa Maria, in provincia di Teramo, è stata completata intorno 08:40 UTC. In Tabelle 1 e 2 alcuni dettagli delle stazioni. La copertura GPRS/UMTS è stato in realtà una difficoltà per molte delle installazioni che prevedevano la trasmissione del dato; problema che generalmente si accentua nelle prime ore dopo un forte

terremoto a causa di possibili malfunzionamenti dei ripetitori locali e/o di un sovraccarico delle celle di trasmissione.

Dalla sede di Grottaminarda sono invece partite due squadre di cui una attrezzata anche per il supporto tecnico ad eventuali interventi alle stazioni permanenti della RSN (vedi più avanti). Le 3 stazioni temporanee installate sono a 3 componenti, tutte in trasmissione UMTS e ubicate nei dintorni di Amatrice in provincia di Rieti, al centro della sequenza sismica in atto. La prima installazione riguarda la stazione T1201 in Località Domo nel Comune di Amatrice, è stata completata intorno 15:30 UTC. In Tabelle 1 e 2 alcuni dettagli delle stazioni.

Infine dalla sede di Roma è partita una squadra con 4 stazioni a 6 componenti che sono state installate in acquisizione locale nel versante occidentale della sismicità. La prima installazione riguarda la T1211 a Morro Reatino, in provincia di Rieti, effettuata intorno alle 7.30 UTC lungo la strada che porta da Roma verso l'area epicentrale.

Durante la giornata, sono state anche svolte delle attività per il ripristino di alcune stazioni della RSN che nelle prime ore della sequenza avevano presentato problemi di alimentazione e di trasmissione dei dati, ovvero ad AQT1, (nel comune di Arquata Terme, AP), NRCA (Norcia, PG), SMA1 (San Martino, AQ) e LNSS (Leonessa, RI). Tali attività hanno interessato essenzialmente il personale di Grottaminarda, L'Aquila e Ancona.

Il 25 e il 26 agosto, sono proseguite le attività da parte di 5 squadre delle sedi di Ancona (1), Grottaminarda (2), L'Aquila (1) e Roma (2). Sono state installate ulteriori 5 stazioni, di cui 2 in tempo reale, e visitate quelle in acquisizione locale posizionate il giorno precedente per il recupero dei dati. Tra queste, una nota riguarda la stazione T1244 nella frazione di Spelonga, comune di Arquata del Tronto (AP) che è stata installata a circa 1.5 km da AQT1 che continuava a presentare problemi e il cui sito sarebbe rimasto irraggiungibile per un periodo di tempo considerevole.

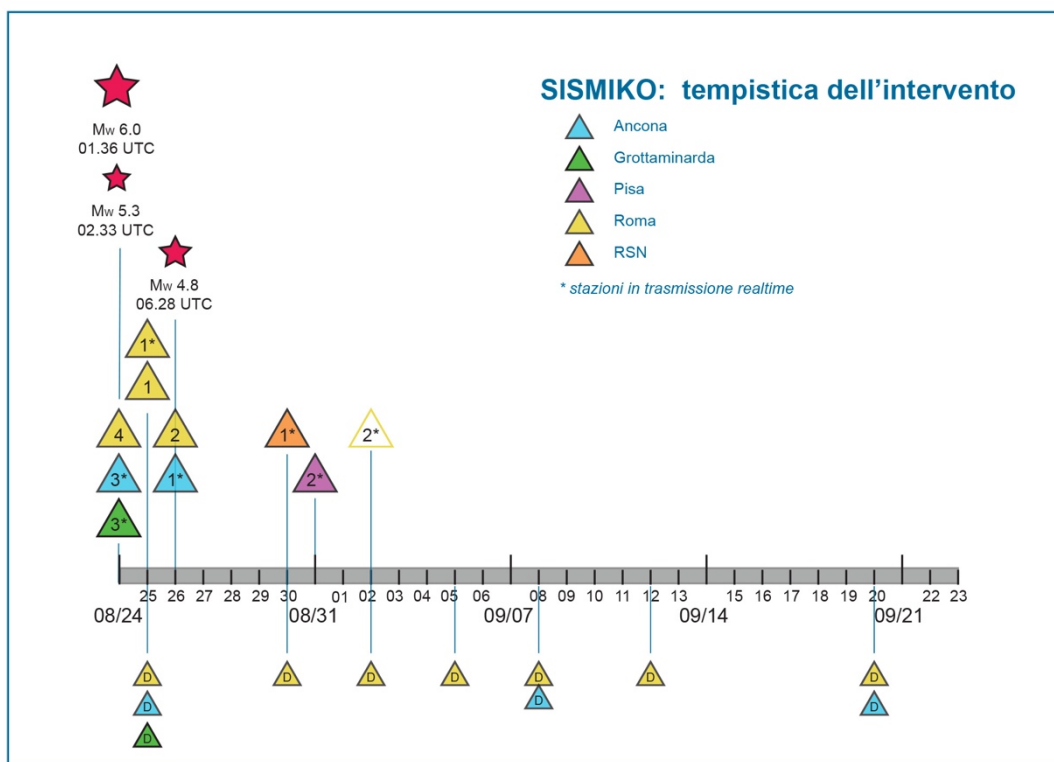
In considerazione dell'evoluzione della sismicità, nella tarda giornata del 26 agosto è stato disposto un ulteriore intervento portato a termine nella giornata di domenica 28 da una squadra della sede INGV di Pisa. Le due stazioni BB sono state installate nella parte a sud della sequenza.

Infine, il 30 agosto è stata installata la stazione temporanea T1299 in trasmissione satellitare da parte del personale che si occupa del mantenimento della RSN. La stazione, a 6 canali, è stata installata nei pressi della località Casale Bucci, nel comune di Amatrice, a copertura della zona a sud della sequenza, raddoppiando SMA1 anche in considerazione dei problemi avuti con la continuità della copertura UMTS.

Da ricordare che il 2 settembre, durante un giro di manutenzione della strumentazione e scarico dei dati, la T1216 e la T1217 in acquisizione locale sono state trasformate in *realtime* ottimizzando notevolmente la copertura della zona a NW e quindi migliorando la qualità delle localizzazioni di sala sismica.

In totale sono state quindi installate 18 stazioni di cui 13 in trasmissione *realtime* ai centri di competenza.

In Figura 3 uno schema di sintesi sulla tempistica degli interventi nel primo mese di attività mentre in Figura 4 due esempi di installazione di stazioni temporanee. In Figura 6 la mappa delle stazioni SISMOKO distinte per colori a seconda del gruppo che ha realizzato l'installazione. Infine nelle Tabelle 1 e 2 alcune dettagli delle stazioni temporanee.



**Figura 3**, Tempistica della installazione e della manutenzione della rete temporanea SISMOKO del primo mese di emergenza. Le stelle rosse mostrano gli eventi maggiori. I numeri all'interno dei triangoli, diversamente colorati a seconda della sede INGV che ha svolto l'attività, indicano le stazioni installate durante la giornata. Con l'asterisco sono evidenziate quelle in trasmissione realtime e, nel caso della T1216 e T1217 prima in acquisizione locale, quando sono state dotate di router UMTS (il 2 settembre). I triangoli nella parte in basso del *timeline*, indicano le missioni di controllo e scarico dati delle stazioni.



**Figura 4**. Esempi di stazioni sismiche temporanee. A sinistra: T1201 nella frazione Domo di Amatrice (RI). A destra: T1216 nella frazione Castelvecchio del commune di Preci (PG).



SIGLA	LOCALITA'	PROV	LAT	LON	ALT	TIPO ACQUISIZIONE
T1201	Amatrice, Fraz. Domo	RI	42.657300	13.250800	934	<i>realtime</i>
T1202	Accumoli, Fraz. Villanova	RI	42.703517	13.224867	1267	<i>realtime</i>
T1204	Amatrice, Fraz. Cossito	RI	42.676000	13,3167..	1508	<i>realtime</i>
T1211	Morro Reatino	RI	42.532852	12.855145	979	<i>standalone</i>
T1212	Cascia, Fraz. Avendita	PG	42,751556	13.044636	869	<i>standalone</i>
T1213	Norcia, Fraz. Savelli di Norcia	PG	42.724918	13.125775	860	<i>standalone</i>
T1214	Arquata del Tronto, Loc. Forche Canapine	AP	42.759537	13.208697	1490	<i>standalone</i>
T1215	Vallo di Nera, Fraz. Meggiano	PG	42.80188	12.868511	695	<i>realtime</i>
T1216*	Preci, Fraz. Castelvechio	PG	42.890667	13.019000	620	<i>realtime*</i>
T1217*	Poggiodoro	PG	42.711902	12.931333	1004	<i>realtime*</i>
T1218	Civita	PG	42.669983	13.115224	1184	<i>standalone</i>
T1241	Roccafluvione, Fraz. Osoli	AP	42.85635	13.43116	664	<i>realtime</i>
T1242	Castelluccio di Norcia	PG	42.82925	13.20436	1451	<i>realtime</i>
T1243	Rocca Santa Maria, Loc. Ceppo	TE	42.696557	13.44839	1120	<i>realtime</i>
T1244	Arquata del Tronto, Fraz. Spelonga	AP	42.75697	13,29779	950	<i>realtime</i>
T1246	Crognaleto	TE	42.58331	13,49295	1134	<i>realtime</i>
T1247	Pizzoli	AQ	42.44157	13.29834	836	<i>realtime</i>
T1299	Amatrice, Loc. Casale Bucci	RI	42.634223	13.282205	940	<i>realtime</i>

**Tabella 1.** Elenco delle 18 stazioni temporanee installate da SISMICO in occasione dell'emergenza. Le due stazioni T1216 e T1217, evidenziate con l'asterisco, sono state trasformate in trasmissione *realtime* il 2 settembre 2016.

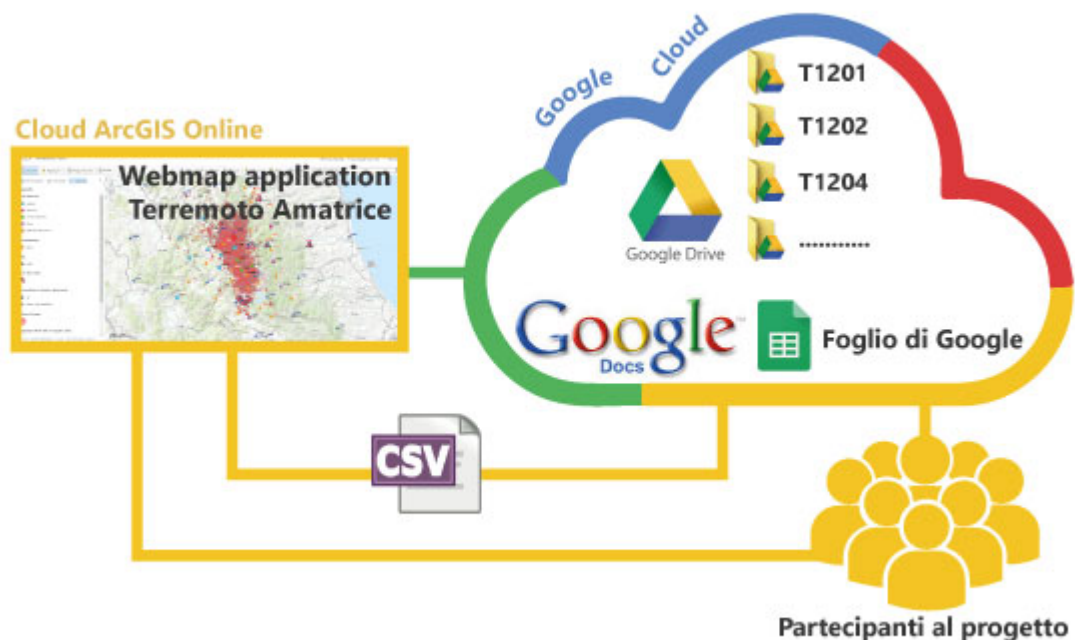
SIGLA	ACQUISITORE	Veloc	Accel	CAMPIONAMENTO	START	INIZIO DELL'ACQUISIZIONE
T1201	Nanometric -Taurus		Episensor	---/100	24/08/16	15:26:49.1900
T1202	Nanometric -Taurus	Le 3Dlite		100/---	24/08/16	16:30:05.6000
T1204	Nanometric -Taurus	Le 3Dlite		100/---	24/08/16	17:14:11.6000
T1211	Refttek 130-S	Le 3Dlite	Episensor	125/125	24/08/16	07:38:44.0000
T1212	Refttek 130-S	Le 3Dlite	Episensor	125/125	24/08/16	11:05:35.0000
T1213	Refttek 130-S	Le 3Dlite	Episensor	125/125	24/08/16	13:07:41.0000
T1214	Refttek 130-S	Le 3Dlite	Episensor	125/125	24/08/16	15:40:50.0000
T1215	Refttek 130-S	Le 3Dlite	Episensor	125/125	25/08/16	10:52:03.0000
T1216	Refttek 130-S	Le 3Dlite	Episensor	125/125	26/08/16	17:18:03.0000
T1217	Refttek 130-S	Le 3Dlite	Episensor	125/125	26/08/16	14:54:58.0000
T1218	Refttek 130-S	Le 3Dlite	Episensor	125/125	25/08/16	17:18:35.0000
T1241	GAIA2	Trillium120c	Episensor	100/200	24/08/16	11:20:20.0002
T1242	GAIA2	Trillium120c	Episensor	100/200	24/08/16	14:42:02.9300
T1243	GAIA2	Trillium120c	Episensor	100/200	24/08/16	09:19:10.8702
T1244	GAIA2	Le 3Dlite	Episensor	100/200	26/08/16	13:26:14.9102
T1246	Guralp Cmg6td 30s	BB (interno)		100/---	28/08/16	12:00:00.0000
T1247	Guralp Cmg6td 30s	BB (interno)		100/---	28/08/16	14:00:00.0000
T1299	GAIA2	LE3D-1S	Episensor	100/200	30/08/16	15:01:40.0002

**Tabella 2.** Tipo di strumentazione installata da SISMICO stazioni temporanee installate in occasione dell'emergenza.

### Un web GIS per il coordinamento SIMIKO

L'implementazione di un servizio web GIS, basato sul servizio di *cloud mapping* sviluppato e ospitato da ESRI (<https://www.arcgis.com/home/index.html>) e sul *cloud computing* di Google, ha permesso di coordinare gli interventi in area epicentrale e, allo stesso tempo, di condividere l'evoluzione delle attività di campagna con i diversi gruppi di intervento. Per il coordinamento SIMIKO è stata creata, infatti, un *web application* dedicato all'emergenza dove, al fine di semplificare la condivisione delle informazioni nell'ambito dei diversi gruppi operativi, si è pensato di far interagire tutti gli utenti attraverso un foglio di lavoro condiviso tramite Google (Google docs); piattaforma già utilizzata dall'INGV per il servizio di posta, cloud, ecc.

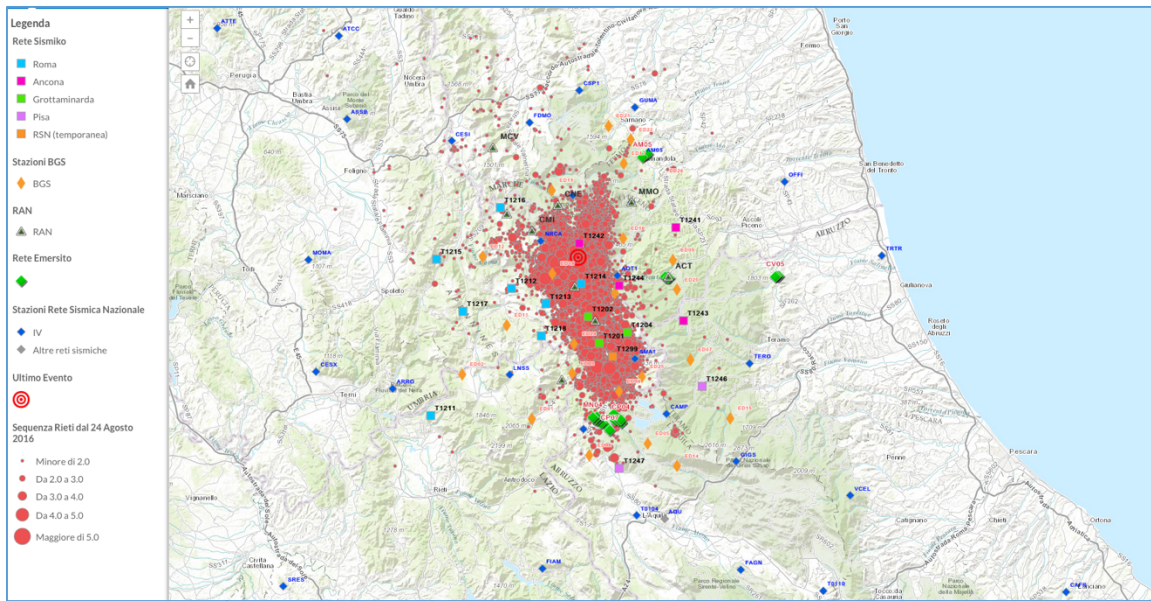
La Figura 5 presenta uno schema che mostra l'intera architettura *software*.



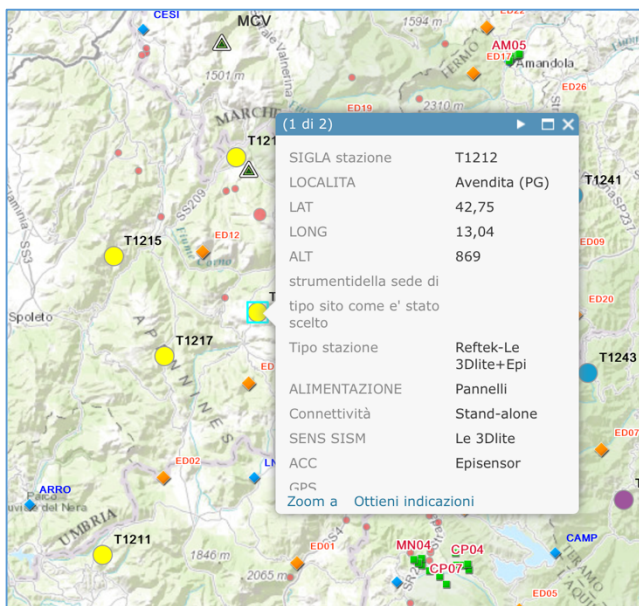
**Figura 5.** Architettura di ArcGIS on-line con integrazione Google Doc e Google Drive.

Ogni utente aveva il compito di compilare e tenere aggiornato un foglio di lavoro condiviso, che esportato in formato *comma-separated values* (CSV), ha permesso la visualizzazione delle informazioni inserite, nel layer "SISMIKO" del progetto ArcGIS Online.

Per ogni simbolo presente sulla mappa (Figura 6), è disponibile una finestra di pop-up che visualizzava le informazioni di dettaglio relative alla singola stazione (Figura 7).



**Figura 6.** L'applicazione realizzata con il servizio ArcGIS On-Line per il coordinamento SISMICO (aggiornata al 23 settembre). Le stazioni di SISMICO sono distinte per colore a seconda della sede di competenza della strumentazione installata.



**Figura 7.** Visualizzazione del pop-up relativo al sito T1212.

Il pop-up oltre a rendere visibile la sigla, la località, le coordinate, il tipo di alimentazione, il tipo di connettività, etc, per ogni stazione installata permette di visualizzare elementi multimediali prodotti durante le installazioni come fotografie, animazioni, documentazione tecnica, link a pagine web il tutto condiviso all'interno del cloud Google Drive. In questo modo tutti i membri del gruppo hanno accesso alle informazioni e documenti prodotti in tempo reale, utili all'installazione e alla manutenzione delle stazioni.

Ogni utente può, inoltre, utilizzare gli strumenti presenti nell'applicazione, come

zoom, legenda, layer, mappe di base, strumento misura, condividi mappa, stampa, ecc.

Altre caratteristiche del progetto sono: la possibilità di visualizzare la rete installata dal gruppo EMERSITO (rombi verdi); seguire l'andamento della sequenza sismica in tempo reale (cerchi rossi); confrontare le reti di emergenza installate con le reti permanenti RSN (rombi blu), RAN (permanente e temporanea, triangoli verdi) e della rete temporanea BGS (rombi arancioni).

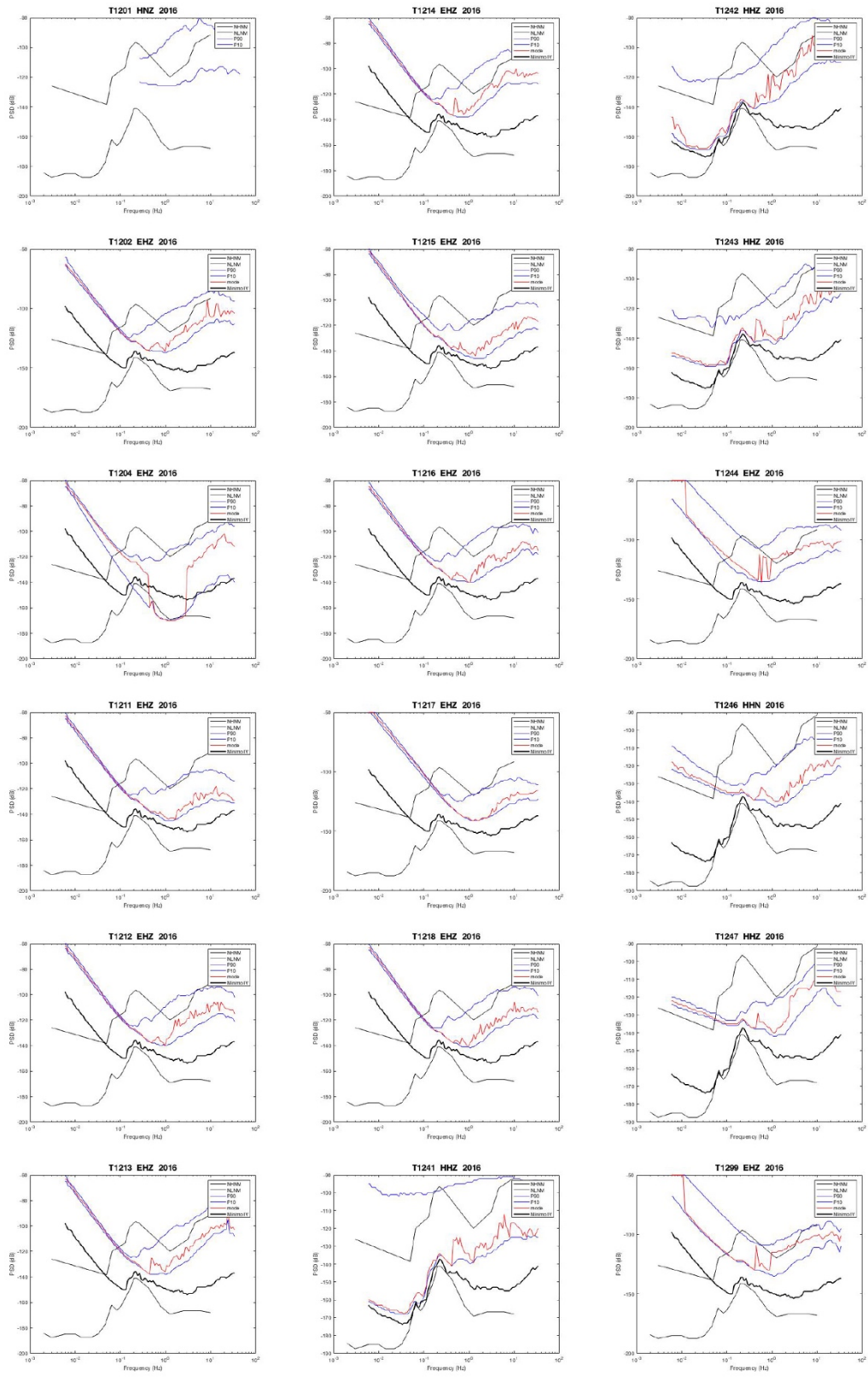
### ***Acquisizione dei dati in tempo reale e analisi preliminari***

La pre-configurazione delle stazioni temporanee nel sistema di gestione delle stazioni della RSN, Seisface [Pintore et al., 2012; Moretti et al., 2014], ha consentito di inserire più velocemente i nuovi dati nel sistema di acquisizione. L'inserimento è stato quasi immediato per quanto riguarda l'archiviazione dei dati nell'archivio di forme d'onda EIDA, mentre è stata più cauta e graduale l'integrazione nel sistema utilizzato per il servizio di sorveglianza sismica presso la sede INGV di Roma volendo garantire la continuità e la qualità del servizio stesso. In ogni caso avere da subito la disponibilità del dato delle stazioni temporanee trasmesse in *realtime* assieme a quelli delle stazioni permanenti attive in area epicentrale è stato considerato un ottimo risultato che ha consentito di effettuare delle migliori analisi della sequenza in tempo reale. Inoltre, dal 9 settembre si è settimanalmente provveduto ad integrare anche il dataset delle stazioni in sola acquisizione locale, dopo la oramai consueta conversione nel formato internazionale *Standard for Exchange of Earthquake Data* (SEED [Mazza et al., 2012]) adoperato in EIDA.

La mattina del 24 agosto le prime stazioni ex-novo che hanno trasmesso i dati, sono state le 3 del team di Ancona che sono entrate prima nel server della propria sede contribuendo in poco tempo alle analisi automatiche che vengono prodotte ordinariamente. In particolare la T1243 è stata usata la prima volta nella localizzazione automatica di un evento alle 08:45:30 UTC; la T1241 alle 11:20:36 UTC e la T1242 alle 14:42:59 UTC. Nel contempo la T1243, è stata integrata anche nel sistema di sorveglianza sismica della sede di Roma e utilizzato per la prima volta nell'evento di  $M_L$  3.1 delle 15:39:32 [<http://cnt.rm.ingv.it/event/7116751>].

Contemporaneamente alla T1243, sono state inserite nel sistema di monitoraggio sismico centrale anche 2 stazioni permanenti della Rete regionale Marchigiana, gestita dalla sede INGV di Ancona, e qui già in acquisizione. Le due stazioni, MC2 (Monte Cornaccione in provincia di Macerata) e MMO1 (Montemonaco, Ascoli Piceno) sono state selezionate per la buona copertura che garantivano nella zona a nord e nord est della sequenza.

Alle stazioni temporanee fino ad ora descritte e via via state integrate nel sistema di sorveglianza sismica (Tabelle 1 e 2) c'è da aggiungere dal 7 settembre una ulteriore installazione effettuata dal gruppo di emergenza EMERSITO il 30 agosto ad Amandola (FM) presso il campo Campo sportivo comunale (coordinate: Lat 42.977404°N, Lon 13.352786, 464m s.l.m). In Figura 8, un confronto tra le *Probability Density Function* (PDF) calcolate per ogni stazione della rete SISMICO.



**Figura 8.** PDF calcolate per ogni stazione temporanea SISMICO relativa alla componente verticale calcolata dalla *Power Spectral Density* (PSD) nell'ultimo mese. La modalità del PDF rappresentano un buon stimatore della parte fissa del rumore di fondo per la stazione. Il 80% dei dati è compreso nell'intervallo tra 10 ° e 90 ° percentile del PDF. Il minimo rumore INGV è un riferimento più utile.

### ***Analisi preliminari dei dati acquisiti dalle stazioni SISMO***

Diversi sono i vantaggi legati all'integrazione delle stazioni temporanee nell'analisi dei dati che sono state prodotte sin dalle prime ore dell'emergenza.

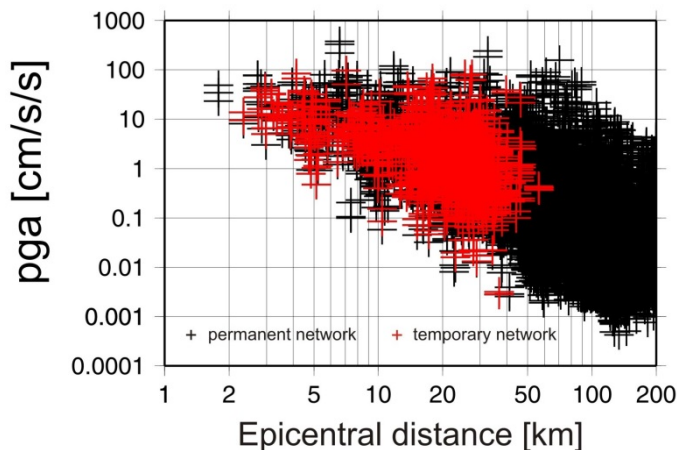
Le 14 stazioni temporanee in tempo reale (T1201-02-04-15-16-17-41-42-43-44-46-47-99) via via aggiunte nel sistema di sorveglianza sismica, hanno avuto l'atteso risultato di abbassare la soglia di detezione della rete, aumentato la quantità di terremoti localizzati dal sistema migliorando anche la qualità delle determinazioni ipocentrali.

Questo ha significato anche un fondamentale contributo nelle ri-localizzazioni che il Bollettino Sismico Italiano (BSI; [Nardi et al., 2015] dell'INGV sta svolgendo in queste settimane, utilizzando i dati recuperati delle stazioni in registrazione locale (T1211-12-13-14-18 e le 16-17 prima della loro conversione in tempo reale). Gli interpretatori del BSI sono fortemente impegnati nella ri-localizzazione di tutte le scosse rilevate dal sistema automatico e non localizzate in sala di sorveglianza a partire dagli eventi più significativi della sequenza ( $M_L \geq 3.5$ ). Maggiori dettagli nel *"Rapporto preliminare sulle attività svolte dal gruppo bollettino sismico italiano a seguito del terremoto di Amatrice Mw 6.0 (24 agosto 2016), Italia centrale"* [BOLLETTINO SISMICO ITALIANO – Gruppo di lavoro Amatrice (2016)].

Nel frattempo, la vicinanza della zona interessata dalla sequenza sismica in corso all'area normalmente monitorata dalla rete sismica marchigiana, ha consentito di utilizzare le abituali procedure automatiche in uso presso la sede INGV di Ancona per l'ordinario monitoraggio della regione, per effettuare l'analisi dei dati della sequenza in tempo reale, semplicemente aggiungendo le stazioni temporanee man mano che i loro dati risultavano disponibili. Questo è stato possibile fin dalle prime ore a differenza di quanto accaduto durante la sequenza sismica in Emilia del 2012, per la quale il gruppo di lavoro di Ancona aveva dovuto attivare procedure specifiche ad hoc per acquisire i dati delle stazioni (fisse e temporanee) dell'area e per applicarvi procedure di analisi automatica e controllo di qualità [Marzorati et al., 2012]. Di conseguenza, il maggior sforzo è stato dedicato a mantenere nella massima efficienza il sistema di analisi in tempo reale per una prima localizzazione degli eventi e la successiva procedura di recupero dati ad analisi più approfondita, effettuata in tempo differito. In particolare, le forme d'onda continue sono analizzate tramite un algoritmo STA/LTA di segnali filtrati passa-banda, unito ad un controllo di coincidenza basato sulla definizione di sotto-reti di stazioni chiave. Il superamento della soglia di coincidenza è controllato da pesi assegnati ad ogni singola componente delle stazioni sismiche, sulla base del loro livello medio di rumore, in modo da accentuare l'influenza delle stazioni migliori: questo permette di mantenere bassi valori di soglia STA/LTA, e quindi alta sensibilità, senza aumentare eccessivamente la probabilità di falsi allarmi dovuti a coincidenze casuali. Gli eventi così riconosciuti vengono quindi analizzati da una procedura automatica iterativa di *phase picking* e localizzazione. Il nucleo di questo sistema automatico è chiamato RSNI-picker [Spallarossa et al., 2014; Scafidi et al., 2016]; il *picker*, basato sull'cosiddetto *"Aikake information criterion"*, è inserito in una procedura iterativa di

localizzazione e controllo, che permette di ridurre fortemente l'evenienza o comunque l'influenza di false letture. Inoltre, una procedura calibrata sul confronto con dati di *pickings* manuali permette di assegnare ad ogni lettura un peso che dovrebbe essere confrontabile con quelli assegnati da un operatore umano esperto. La procedura ha permesso di localizzare automaticamente 4174 eventi nell'intervallo di tempo 24-31 agosto, e 7245 nell'intervallo 1-20 settembre.

Infine, dal 24 agosto 2016 (01:36:32 UTC) al 26 settembre 2016 (ultimo aggiornamento) la banca dati accelerometrica dell'INGV, ISMD ha analizzato e pubblicato in tempo quasi reale (<http://ismd.mi.ingv.it/>) oltre 21.300 forme d'onda accelerometriche relative a 121 terremoti di magnitudo compresa tra 3.0 e 6.0 avvenuti durante la sequenza. In particolare circa 1600 registrazioni accelerometriche sono relative esclusivamente a stazioni installate in area epicentrale da SISMICO. Come mostrato in Figura 9, le installazioni di SISMICO hanno fortemente contribuito a collezionare un *dataset* di qualità di registrazioni *strong motion* in campo vicino (in rosso). Tutti i dati accelerometrici delle stazioni SISMICO in *realtime* (vedi Tabella 2) sono visualizzabili e scaricabili, ad oggi, mediamente in un tempo compreso tra circa 1 e 2 ore dal tempo origine di ciascun terremoto, nei formati SAC (unità counts, non processato) ed ASCII (cm/s<sup>2</sup>, processato) a tutti gli utenti senza alcuna limitazione. Per ogni terremoto analizzato sono selezionati dal dato continuo 5 minuti di segnale accelerometrico a partire dal tempo origine fornito dal Centro Nazionale Terremoti (CNT, <http://cnt.rm.ingv.it/>).



**Figura 9.** PGA registrate durante la sequenza dalle 67 stazioni sismiche permanenti INGV (nero) e dalle 14 stazioni accelerometriche temporanee installate dai gruppi di emergenza (rosso).

Per ogni stazione sono inoltre disponibili i dati convertiti in velocità e spostamento oltre che gli spettri di risposta. I principali parametri *strong motion* (i.e. picco di massima accelerazione, PGA, velocità, PGV, spostamento PGD, ordinate spettrali a periodi di 0.3s, 1.0s, 3.0s, intensità di Arias, IA, intensità di Housner, IH), sono visualizzabili e scaricabili in forma tabellare. A seguito di ogni installazione di una stazione temporanea di SISMICO il portale fornisce inoltre un'adeguata caratterizzazione di sito geologica, geomorfologica e geofisica necessaria per il corretto utilizzo del dato accelerometrico.

## Bibliografia

- BOLLETTINO SISMICO ITALIANO – Gruppo di lavoro Amatrice (2016). *Rapporto preliminare sulle attività svolte dal gruppo bollettino sismico italiano a seguito del terremoto di Amatrice Mw 6.0 (24 agosto 2016, Italia centrale)*. Doi: 10.5281/zenodo.157545.
- 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.61884.
- Gruppo di Lavoro INGV sul terremoto di Amatrice (2016a). *Primo rapporto di sintesi sul Terremoto di Amatrice MI 6.0 del 24 Agosto 2016 (Italia Centrale)*. Doi: 10.5281/zenodo.61121.
- Gruppo di Lavoro INGV sul terremoto di Amatrice (2016b). *Secondo rapporto di sintesi sul Terremoto di Amatrice MI 6.0 del 24 Agosto 2016 (Italia Centrale)*. Doi: 10.5281/zenodo.154400.
- ISIDe Working Group (2010). *Italian Seismological Instrumental and parametric database*. <http://iside.rm.ingv.it>.
- ISMD Working Group (2016). *INGV Strong Motion database: Dati accelerometrici INGV in tempo quasi reale*. <https://sites.google.com/a/ingv.it/dati-emergenza/attivita-scientifiche/ground-motion>, doi: 10.5281/zenodo.154703.
- Marzorati, S., S. Carannante, M. Cattaneo E. D'Alema M. Frapiccini, C. Ladina, G. Monachesi and D. Spallarossa (2012). *Automated control procedures and first results from the temporary seismic monitoring of the 2012 Emilia sequence*. *Annals of Geophysics*, 55 (4); doi:10.4401/ag-6116.
- Mazza, S., A. Basili, A. Bono, V. Lauciani, A.G. Mandiello, C. Marcocci, F.M. Mele, S. Pintore, M. Quintiliani, L. Scognamiglio and G. Selvaggi (2012). *AIDA – Seismic data acquisition, processing, storage and distribution at the National Earthquake Center, INGV*. *Annals of Geophysics*, 55 (4); doi:10.4401/ag-6145.
- Moretti M., et al. (2012). *Rapid-response to the earthquake emergency of May 2012 in the Po Plain, Northern Italy*. *Annals of Geophysics*, "The Emilia (northern Italy) seismic sequence of May-June, 2012: preliminary data and results" edited by Marco Anzidei, Alessandra Maramai and Paola Montone, Vol. 55, n. 4. 583 – 590, doi: 10.4401/ag-6152.
- Moretti M., et al. (2013). *Terremoto in Emilia: le attività del Pronto Intervento Sismico durante il primo mese di emergenza. Modalità e tempistica*. *Quaderni di Geofisica*, 110.
- Moretti M., Cattaneo C., Cecere G., Govoni A., Margheriti L., Mazza S. (2014). *Integrazione dei dati sismologici delle reti sismiche permanenti e temporanee. Regolamento e procedure*. *Rapporti Tecnici INGV*, 276.
- Moretti M., Margheriti L., Govoni A. (2016). *Rapid response to earthquake emergencies in Italy: temporary seismic network coordinated deployments in the last five years*. in: D'Amico S. (Ed): *Earthquakes and their impacts on Society*, Springer.
- Nardi A., et al. (2015). *Bollettino Sismico Italiano: novità*. 34° GNGTS. Trieste, novembre 2015.
- Pintore S., Marcocci C., Bono A., Lauciani V., Quintiliani M., (2012). *SEISFACE: interfaccia di gestione delle informazioni della Rete Sismica Nazionale Centralizzata*. *Rapporti Tecnici INGV*, 218.
- Pondrelli et al., (2016). *Pianificazione e gestione di un'emergenza sismica: esercitazione INGV del 26 novembre 2015 effettuata nell'ambito della Linea di Attività T5 "Sorveglianza sismica e operatività post terremoto"*. *Quaderni di Geofisica*, in press.
- Scafidi D., Spallarossa D., Turino C., Ferretti G., Vigano' A. (2016). *Automatic P-and S-Wave Local Earthquake Tomography: Testing Performance of the Automatic Phase-Picker Engine RSNIPicker*. *Bulletin of the Seismological Society of America*, doi:10.1785/0120150084, Vol. 106, No. 2, pp. 526-536.
- Spallarossa, D., G. Ferretti, D. Scafidi, C. Turino, and M. Pasta (2014). *Performance of the RSNIPicker*, *Seismol. Res. Lett.* 85, 1243–1254.





## ***Inquadramento, esclusione di responsabilità e limiti di uso dei dati***

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 alla 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, redatto in conformità all'Allegato A del suddetto Accordo Quadro, ha la finalità di informare il Dipartimento della Protezione Civile circa le osservazioni e i dati acquisiti dalle Reti di monitoraggio gestite dall'INGV su fenomeni naturali di interesse per lo stesso Dipartimento.

L'INGV fornisce informazioni scientifiche utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili al momento della stesura delle previste relazioni; 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.

La reportistica fornita dall'INGV non include ipotesi circa accadimenti futuri, o comunque a carattere previsionale, sui fenomeni naturali in corso.

L'INGV non è responsabile dell'utilizzo, anche parziale, dei contenuti di questo documento da parte di terzi, né delle decisioni assunte dal Dipartimento della Protezione Civile, dagli organi di consulenza dello stesso Dipartimento, da altri Centri di Competenza, dai membri del Sistema Nazionale di Protezione Civile o da altre autorità preposte alla tutela del territorio e della popolazione, sulla base delle informazioni contenute in questo documento. L'INGV non è altresì responsabile di eventuali danni arrecati a terzi derivanti dalle stesse decisioni. La proprietà dei dati contenuti in questo documento è dell'INGV. La diffusione anche parziale dei contenuti è consentita solo per fini di protezione civile e in conformità a quanto specificatamente previsto dall'Accordo Quadro sopra citato tra INGV e Dipartimento della Protezione Civile.



*Quest'opera è distribuita con Licenza*

[Creative Commons Attribuzione - Non opere derivate 4.0 Internazionale](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)