

Bollettino Sismico Italiano 2012

Quaderni di Geofisica

139



Quaderni di Geofisica

Direttore Responsabile

Silvia MATTONI

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (INGV-RM1)

Raffaele AZZARO (INGV-CT)

Mario CASTELLANO (INGV-NA)

Viviana CASTELLI (INGV-BO)

Rosa Anna CORSARO (INGV-CT)

Mauro DI VITO (INGV-NA)

Marcello LIOTTA (INGV-PA)

Mario MATTIA (INGV-CT)

Milena MORETTI (INGV-CNT)

Nicola PAGLIUCA (INGV-RM1)

Umberto SCIACCA (INGV-RM2)

Alessandro SETTIMI (INGV-RM2)

Salvatore STRAMONDO (INGV-CNT)

Andrea TERTULLIANI (INGV-RM1)

Aldo WINKLER (INGV-RM2)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860068

redazionecen@ingv.it

in collaborazione con:

Barbara Angioni (RM1)

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



Bollettino Sismico Italiano 2012

Italian Seismic Bulletin 2012

Corrado Castellano, Luca Arcoraci, Patrizia Battelli, Michele Berardi,
Alessandro Marchetti, Lucia Margheriti, Franco Mele,
Anna Nardi e Antonio Rossi

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

Bollettino Sismico Italiano 2012

In questo lavoro viene presentato lo stato della Rete Sismica Nazionale Italiana (RSNI) e viene analizzata la sismicità in Italia nel corso del 2012. In questo anno la RSNI risulta costituita da 413 stazioni sismiche, appartenenti all'INGV e ad altre reti locali e regionali, una parte delle quali fornisce il segnale in tempo reale al Centro Nazionale Terremoti (CNT) di Roma.

Il Bollettino Sismico Italiano (BSI) del 2012 è costituito da 18221 terremoti localizzati; una parte rilevante di questa sismicità appartiene alla grande sequenza sismica emiliana che ha colpito principalmente le province di Modena, Ferrara, Reggio Emilia, Bologna, Mantova e Rovigo, causando vittime, centinaia di feriti e danni gravissimi al patrimonio artistico, all'edilizia rurale e industriale, oltre che a quella di uso civile (Fig. 1). Il 20 Maggio alle ore 02:03 UTC un terremoto di M_L 5.9 (M_W 5.8), preceduto alcune ore prima da uno di M_L 4.1, diede inizio alla sequenza sismica. Il 29 Maggio alle ore 07:00 UTC, un altro forte terremoto (M_L 5.8, M_W 5.6) colpì il settore occidentale dell'area interessata dalla prima parte della sequenza sismica. Nel corso del 2012 la sequenza ha fatto registrare circa 3100 eventi sismici.

Nel 2012 sono state individuate altre 27 sequenze sismiche oltre a quella emiliana. Tra di esse riveste particolare importanza quella che ha interessato la zona del Pollino, iniziata già nel 2009, e proseguita per tutto il 2012: l'evento più forte è del 25 ottobre 2012 con magnitudo M_L pari a 5.0 (M_W 5.2). La magnitudo minima di completezza media del BSI 2012 risulta essere M_C 1.4.

Il BSI 2012 contiene circa 350 eventi di origine antropica, per la massima parte esplosioni in cava, registrati in aree già note in base all'analisi della sismicità degli anni precedenti e in due nuove aree individuate. Vengono inoltre analizzate le registrazioni prodotte da una frana di crollo, fenomeno erosivo e gravitativo molto diffuso nel nostro paese, specialmente nell'arco alpino.

The Italian National Seismic Network (RSNI) in 2012 is described together with the seismicity occurred in Italy. In this year the RSNI has 413 seismic stations, belonging INGV and other local and regional networks, a part of which provides the signal in real time to the National Earthquake Center (CNT) in Rome.

The Italian Seismic Bulletin (BSI) 2012 contains 18221 located earthquakes; a significant portion of this seismic activity belongs to the largest Emilian seismic sequence which mainly affected the provinces of Modena, Ferrara, Reggio Emilia, Bologna, Mantua and Rovigo, causing casualties, hundreds injured and serious damage to the artistic heritage, to rural and industrial construction, as well as to private homes (Fig. 1). On May 20 at 02:03 UTC an earthquake of M_L 5.9 (5.8 M_W) began the seismic sequence, preceded a few hours earlier by a 4.1 M_L . On May 29, at 07:00 UTC, another strong earthquake (M_L 5.8, 5.6 M_W) struck the western sector of the area affected by the earthquake sequence. In 2012 the Emilian seismic sequence counted about 3100 earthquakes.

In addition to the Emilia, we identified in 2012 other 27 seismic sequences. Among them, the sequence that affected the Pollino area is of particular interest; already started in 2009, continued throughout 2012: the strongest event occurred on October 25th, a magnitude 5.0 M_L (5.2 M_W) earthquake. The minimum magnitude of completeness of the BSI in 2012 is 1.4 M_C .

We have identified, in the seismicity of 2012, two new areas subject to anthropogenic activities, mostly quarry explosions. The BSI 2012 contains about 350 events of this type. We also analyze recordings produced by a collapse landslide, a phenomenon related to erosion widespread in our country, especially in the Alps.



Figura 1 La Torre dell'Orologio di Finale Emilia (Modena) dopo il terremoto del 20 Maggio 2012.
Figure 1 The Torre dell'Orologio of Finale Emilia (Modena) after the May 20th 2012 earthquake.

1. La Rete Sismica Nazionale nel 2012

Nel 2012 hanno contribuito al Bollettino Sismico Italiano (BSI) 413 stazioni sismiche permanenti; esse includono tutte le stazioni della Rete Sismica Nazionale Italiana (RSNI) e numerose stazioni di altri enti italiani ed esteri con cui l'INGV ha instaurato collaborazioni per lo scambio di segnali. Durante l'anno sono state inoltre installate un certo numero di stazioni temporanee; in particolare in occasione della sequenza sismica iniziata nel maggio 2012 in Emilia-Romagna e per la sequenza del Pollino. La tabella 1 riporta la composizione strumentale della RSNI nel 2012. La figura 2 mostra lo stato della RSNI nel 2012, anno in cui sono stati attivati 64 nuovi canali di acquisizione dati sia in seguito a nuove installazioni sia attraverso il collegamento al CNT di stazioni di altre reti sismiche locali ed estere. Trentasette dei nuovi canali sono solo accelerometrici.

In Trentino Alto Adige è stata installata una stazione in provincia di Trento (LUSI); nel Veneto sono state effettuate

due nuove installazioni, una in provincia di Verona (OPPE) e una in provincia di Vicenza (SANR), entrambe con il solo accelerometro. In Lombardia sono stati selezionati cinque nuovi siti di stazione, tutti equipaggiati con il solo sensore accelerometrico: MERA in provincia di Lecco, LEOD e CNCS in provincia di Brescia, MNTV in provincia di Mantova e MILN in provincia di Milano. Sempre in Lombardia, in provincia di Mantova, è stata installata la nuova stazione di SERM dotata sia di sensore velocimetrico sia accelerometrico.

In Liguria sono stati realizzati e resi operativi due nuovi siti: uno in provincia di Genova (GORR) e uno in provincia di Imperia (MGRO).

In Emilia-Romagna sono stati attivati quattro nuovi canali di acquisizione per le stazioni di GRAM e NEVI (solo accelerometro), entrambe in provincia di Parma, di CAVE in provincia di Modena e di FERB (sensori sismometrico e accelerometrico in pozzo) in provincia di Ferrara. In Toscana sono state installate due nuove stazioni: EQUI in provincia di Massa Carrara e RUFI in provincia di Firenze.

Numero totale di stazioni	413	comprese 7 dismesse nel 2012
Nuove installazioni 2012	64	di cui 25 nuove acquisizioni da collaborazioni con enti stranieri
Totale velocimetri	376	
Velocimetri verticali	13	
Velocimetri a 3 componenti	363	
Stazioni accelerometriche	150	di cui 37 solo accelerometriche
Stazioni RSNI e RING	124	
Sensori in pozzo (^)	9	
Stazioni fondo marino (#)	1	
Totale stazioni fuori dei confini	43	4 HL; 11 ETH; 8 MN; 2 AO; 3 AC; 2 CR; 1 RD; 3 SL; 1CZ; 2 FR; 1 RO; 1 SS; 3 TT
Stazioni Geofon	2	In Italia la stazione MATE
Trillium-240s	10	
Trillium-120s	29	
Trillium-40s	184	
S-13	8	solo verticale
SS1-Ranger	5	solo verticale
Le3D-5s	34	2 sensori accoppiati con Malin in pozzo (BAT1 e BAT2)
Le3D-20s	6	
Le3D-1s	16	
L4-C-3D	5	
CMG-3T-100s	2	
CMG-1T-360s	1	
CMG40-30s	7	
CMG40-60s	8	
CMG-3TB	1	
KS-2000	1	
STS1-VBB	5	
STS2-120s	51	
Malin	5	
Episensor	143	
CMG-5TB	1	
SF3000	8	

Tabella 1 Composizione strumentale della Rete Sismica Nazionale Italiana nel corso del 2012. Informazioni sulla rete GPS dell'INGV sono reperibili in RING [<http://ring.gm.ingv.it>].

Table 1 Instruments of the Italian National Seismic Network installed during 2012. Information on the GPS stations are available at RING [<http://ring.gm.ingv.it>].

Cinque nuovi canali di acquisizione sono stati attivati nelle Marche per le stazioni accelerometriche di: FEMA e MDAR in provincia di Macerata, MNTP in provincia di Fermo, PCRO e MMUR in provincia di Ancona. In Umbria sono state acquisite cinque nuove stazioni: ARRO in provincia di Terni e ATSC, BAT1, BAT2 e BAT3 (sensori sismometrici in pozzo, profondità 180, 201 e 250 m) in provincia di Perugia. Nel Lazio, in provincia di Latina, è stata installata la stazione LATB (sensore sismometrico in pozzo). Un nuovo sito di stazione è stato selezionato in Campania, in provincia di

Avellino (BIOG). Otto nuove stazioni sono state rese operative in Sicilia: tre in provincia di Messina (AIO, IST3 e MCPD), due in provincia di Agrigento (CLTA e LPDG), una in provincia di Palermo (PETRA), una in provincia di Catania (HBSP) e infine una in provincia di Siracusa (HPAC). Sempre in Sicilia, in provincia di Catania, è stata riattivata la stazione di Capo Mulini Mare (SN1) con strumentazione posizionata sul fondale marino. Ancora in territorio nazionale, ma nella Repubblica di San Marino, è stato selezionato il nuovo sito di stazione di RSM2.

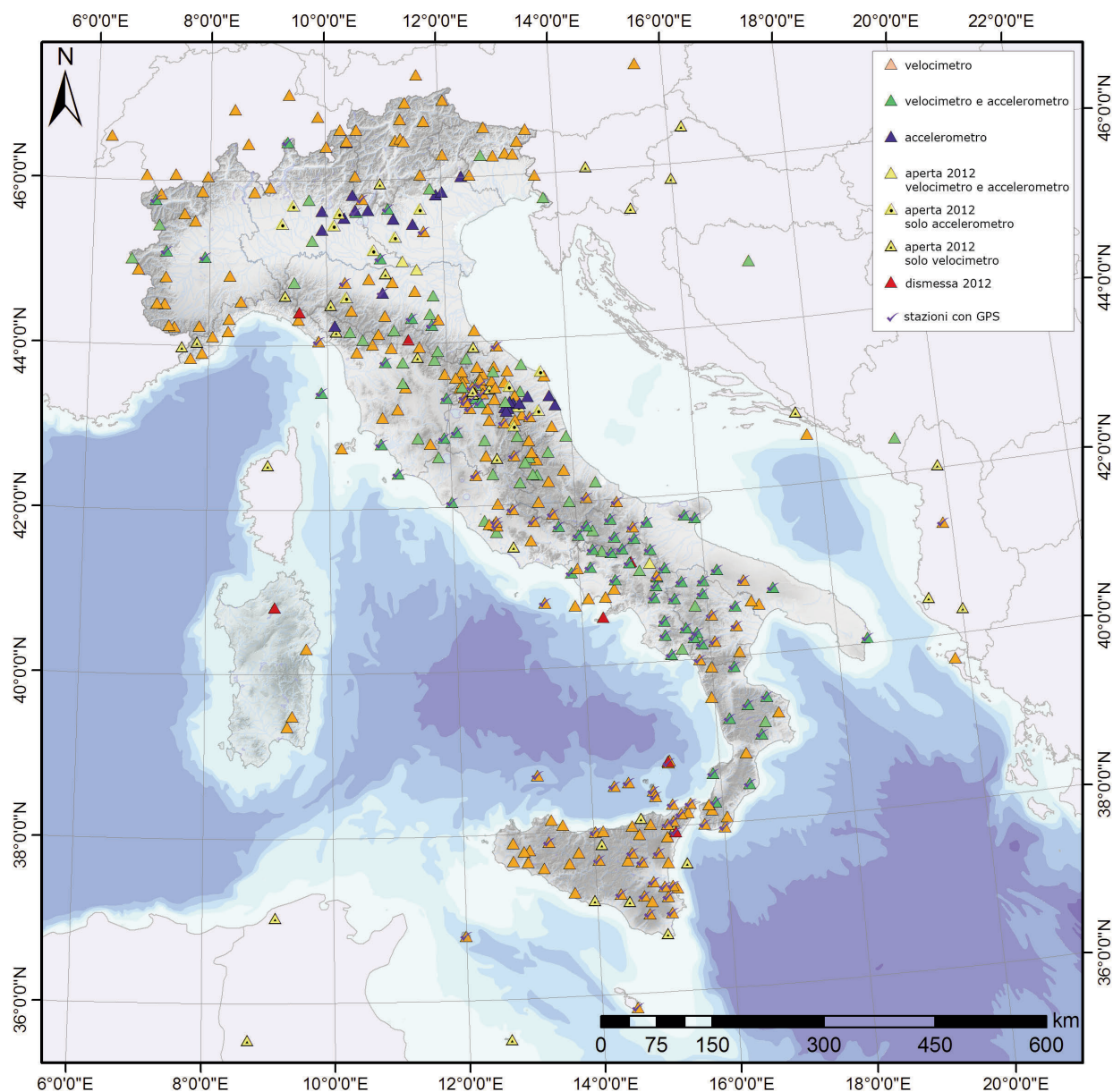


Figura 2 Mappa delle stazioni della Rete Sismica Nazionale Italiana operanti nel corso del 2012. Le stazioni che hanno operato per tutto il 2012 sono indicate da triangoli verdi se dotate di velocimetro e accelerometro, in arancione se con il solo velocimetro, in blu se equipaggiate con il solo accelerometro. I triangoli gialli indicano le nuove stazioni installate e quelli rossi le stazioni dismesse nel 2012. Il segno di spunta indica una stazione con il GPS della rete RING [<http://ring.gm.ingv.it>].

Figure 2 Map of the Italian National Seismic Network operating during 2012. Green triangles show the stations that operated during the whole 2012, equipped with both velocimeter and accelerometer, orange triangles show stations with velocimeter only, blue triangles with accelerometer only. Yellow triangles show new stations installed, and red triangles show stations dismissed during 2012. The checkmark identifies station with GPS antenna of the RING network [<http://ring.gm.ingv.it>].

Al di fuori dei confini nazionali è stato realizzato il collegamento di altre venticinque stazioni sismometriche: BOJS, KOGS e LJU in Slovenia, PUK, TPE e VLO in Albania, PGT2 in Corsica, STON e ZAG in Croazia, DIVS in Serbia, VRI in Romania, VTS in Bulgaria, DPC nella Repubblica Ceca, EBR in Spagna, RENF e SAOF in Francia, ARG, IDI, ITM e KLV in Grecia, MALT in Turchia, RTC in Marocco, THTN, TATN e TAMR in Tunisia.

A seguito del terremoto del 20 maggio, e della relativa sequenza in Emilia-Romagna, e anche per la sequenza del Pollino, sono state installate 27 stazioni temporanee della Rete di Pronto Intervento (SISMIKO) dell'INGV (si veda l'Allegato B per l'elenco completo dei siti e Moretti et al. [2013] e Margheriti et al. [2013]).

Nel corso del 2012 hanno smesso di fornire dati al servizio nazionale di sorveglianza sismica le stazioni di Mongiuffi-Melia (MMME), Oschiri (OSKI), Scurtabò (SC2M), Sant'Agata (SEI) e Stromboli 5 (STR5).

2. I sistemi per l'analisi real-time dei segnali sismici attivi nel 2012

Per un decennio, a partire dal 2002, i segnali della Rete Sismica Nazionale furono acquisiti ed analizzati in tempo reale utilizzando un sistema di elaborazione ideato e sviluppato presso l'INGV denominato *BackNet-Tellus* [Amato et al., 2006]. Tale sistema è rimasto operativo anche per i primi quattro mesi del 2012. All'inizio di maggio 2012 entrò in funzione un nuovo sistema di analisi, archiviazione e distribuzione dati sismici denominato AIDA [Mazza et al., 2012]. Esso costituisce a tutt'oggi lo strumento primario per la sorveglianza sismica in Italia. AIDA è basato su tre strumenti principali:

- i protocolli e i software SeedLink e ArcLink per il trasferimento dei segnali dalle stazioni al centro di elaborazione del CNT e per la loro archiviazione;
- il software Earthworm [Johnson et al., 1995] divenuto uno standard per l'analisi in tempo reale della sismicità su scala regionale;
- il sistema di data-base multipli SeisNet, SeisEv e MoleDB [Quintiliani e Pintore, 2013], realizzati presso il CNT per l'archiviazione dei dati parametrici.

I fattori che determinano la capacità di una rete sismica di riconoscere segnali sismici, ovvero la capacità di rilevare e localizzare un terremoto, sono molteplici; la bontà della strumentazione e la buona qualità delle installazioni sono condizioni primarie per una buona rete. Tuttavia anche il software per l'elaborazione automatica svolge un ruolo importante e oramai irrinunciabile, soprattutto per le reti sismiche costituite da un grandissimo numero di sensori. Per una rete come la RSNi che conta oltre 400 stazioni e un totale di oltre 1700

segnali acquisiti in continuo, la revisione totalmente manuale della sismicità diventa improponibile. Salvo casi rari ed eccezionali dovuti a terremoti molto piccoli, gli eventi vengono riconosciuti dal sistema automatico di elaborazione e l'intervento umano, pur sempre necessario, si concentra sull'integrazione e il miglioramento dei parametri di fase e di evento che il sistema automatico ha già prodotto da sé.

Le caratteristiche principali che determinano la capacità di un sistema di rilevare e localizzare un terremoto sono:

- sensibilità dell'algoritmo che riconosce i segnali di origine sismica (*detection*);
- precisione nella determinazione del tempo di arrivo delle fasi sismiche (*picking*);
- capacità di associazione di diverse fasi sismiche in un evento ed infine;
- robustezza dell'algoritmo di localizzazione.

Il sistema AIDA divenne operativo dopo molti mesi di sperimentazione e ottimizzazione degli algoritmi di *detection* e *triggering* del sistema Earthworm [Mele et al., 2010a]. Nel complesso, l'algoritmo di *detection* e *picking* delle fasi, che fa parte del sistema Earthworm, risultò meno sensibile rispetto all'algoritmo utilizzato nel precedente sistema BackNet-Tellus, ma più preciso nella determinazione dell'inizio del segnale significativo. Inoltre il sistema Earthworm è dotato di un algoritmo di associazione delle fasi sismiche che è in grado di risolvere, tranne poche eccezioni, anche le situazioni più critiche che si vengono a presentare, ad esempio, durante crisi sismiche intense. La sequenza dell'Emilia nel 2012 è uno di questi casi emblematici dell'evoluzione di una crisi sismica in Italia: improvvisamente inizia un periodo di sismicità intensa che in pochi giorni si estende a faglie limitrofe e apre un fronte attivo che può raggiungere l'estensione di alcune decine di chilometri. In queste situazioni è possibile che si verifichino scosse di terremoto quasi contemporanee (a distanza di pochi secondi o poche decine di secondi l'una dall'altra) con epicentri spazialmente vicini ma non coincidenti. È in queste occasioni che la precisione dell'algoritmo di *picking* e la capacità di associare correttamente gruppi di fasi sismiche, eventualmente generate da eventi diversi, fanno di Earthworm un sistema estremamente affidabile.

Il sistema BackNet-Tellus era dotato di un algoritmo di *detection* più sensibile, e ciò a volte favorì la sua capacità di rilevare segnali sismici immersi nel rumore di fondo, generati da eventi di piccolissima magnitudo. Tuttavia l'algoritmo era meno preciso e meno capace di discriminare eventi successivi, ravvicinati nel tempo, durante le sequenze sismiche. Il confronto tra i due sistemi mostrò che, nel periodo di osservazione, il numero di eventi riconosciuti dai due sistemi differiva solo di poche unità, con pochissimi eventi di piccola magnitudo riconosciuti ora solo dall'uno, ora solo dall'altro sistema, ma con tempi di arrivo e localizzazioni del sistema Earthworm nel complesso più vicini alla soluzione manuale e quindi più pre-

cisi. L'andamento nel tempo della magnitudo minima di completezza M_c per il 2012 (si vedano le Fig. 6 e 7 nel seguito) non mostra variazioni che siano chiaramente imputabili all'uso del nuovo software. Le variazioni principali di M_c sono legate all'inizio, all'evoluzione e al termine delle due principali sequenze sismiche occorse in quell'anno, che hanno superato, al loro culmine, la magnitudo 5.

3. La sismicità italiana nel 2012

La sismicità del 2012 è stata caratterizzata in larga parte dalla grande sequenza sismica localizzata nella pianura padana emiliana, lombarda e veneta, prevalentemente tra le province di Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia, Bologna e Rovigo (Fig. 9 e Fig. 23), anche se il risentimento è stato

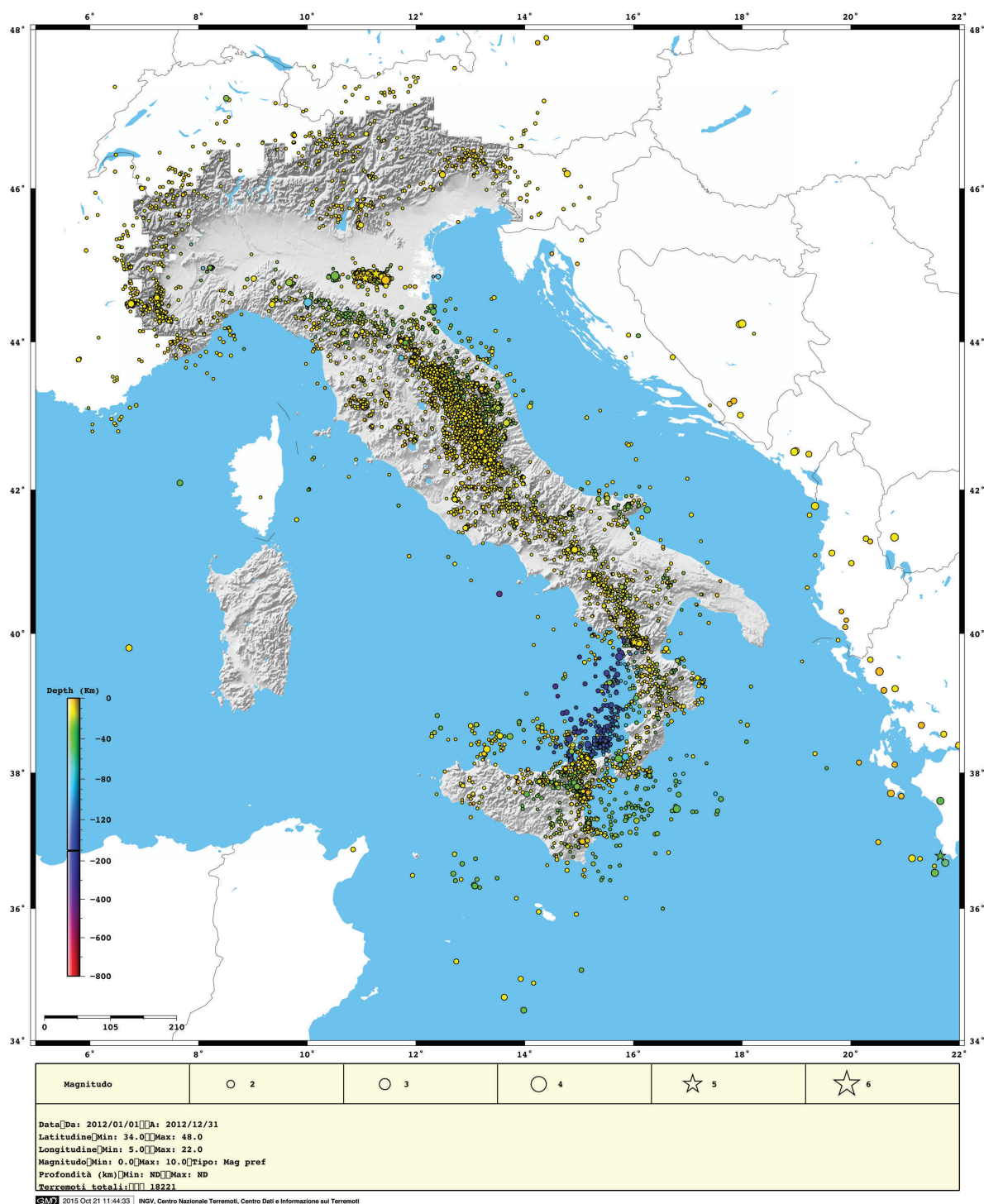


Figura 3 Mappa della sismicità italiana estratta dal Bollettino Sismico Italiano del 2012. I parametri ipocentrali e la mappa sono ricavabili in <http://ISide.rm.ingv.it/> [Mele et al., 2010a, ISide working group, 2016].

Figure 3 Map of the Italian seismicity recorded in 2012, extracted from the Italian Seismic Bulletin. Hypocentral parameters and the map are available at <http://ISide.rm.ingv.it/> [Mele et al., 2010a, ISide working group, 2016].

molto più vasto e ha compreso tutto il territorio dell'Italia centro-settentrionale. Questa sequenza sismica verrà analizzata nel paragrafo 4.3 ed è stata ampiamente studiata in una serie di lavori: Scognamiglio et al. [2012]; Moretti et al. [2012]; Tertuliani et al. [2012]; EMERGEO Working Group [2013]; Govoni et al. [2014]; Chiarabba et al. [2014]; Carannante et al. [2015]. I terremoti più forti dell'anno sono proprio quelli relativi alla sequenza sopra menzionata; il primo è avvenuto il 20 maggio e ha avuto una magnitudo M_L pari a 5.9 (M_w 5.8) mentre il secondo, avvenuto il 29 maggio, ha avuto una M_L pari a 5.8 (M_w 5.6).

L'evento sismico più profondo è stato localizzato nella porzione più settentrionale della zona di subduzione del Mar Tirreno [Chiarabba et al., 2008], dove il piano di scorrimento tra le due placche interessate immerge più in profondità; in questa area in passato sono stati localizzati terremoti anche oltre i 600 chilometri di profondità ipocentrale. L'evento in questione è avvenuto il 12 luglio ad un centinaio di chilometri ad W della penisola sorrentina, ha avuto una M_L pari a 3.7 e una profondità ipocentrale di circa 440 km (Fig. 3).

Nel corso del 2012, oltre alla sequenza sismica emiliana, ne sono avvenute altre 27 che hanno interessato tutta la catena

appenninica, il settore centro-occidentale delle Alpi e la Sicilia orientale. Di rilievo il periodo sismico del Pollino [De Gori et al., 2014], iniziato già nel 2009, che ha raggiunto il suo culmine nel 2012 con un terremoto di magnitudo M_L 5.0 (M_w 5.2).

Un'altra sequenza sismica particolare è quella iniziata il 25 gennaio (n° 5 in Tab. 3 e Fig. 11) con un evento di M_L 5.0 (M_w 4.9) nel settore emiliano della pianura padana (tra le province di Reggio Emilia e Parma), immediatamente ad W dell'area interessata dalla grande sequenza sismica emiliana iniziata a maggio.

Infine ricordiamo un altro evento sismico particolare avvenuto il 27 gennaio nell'Appennino tosco-emiliano (in provincia di Parma) di M_L 5.2 (M_w 4.9) e localizzato ad una profondità ipocentrale di oltre 70 km.

Il BSI del 2012 contiene 18221 eventi sismici localizzati in Italia e nelle zone di confine (Fig. 3); per il 93% di questi è stata stimata la magnitudo locale M_L utilizzando la legge di attenuazione di Hutton e Boore [1987], mentre per il rimanente 7% è stata calcolata la magnitudo durata (M_d), utilizzando la relazione di Console et al. [1988]. Per una cinquantina di eventi è stato calcolato il momento tensore usando la tecnica del Time Domain Moment Tensor (TDMT

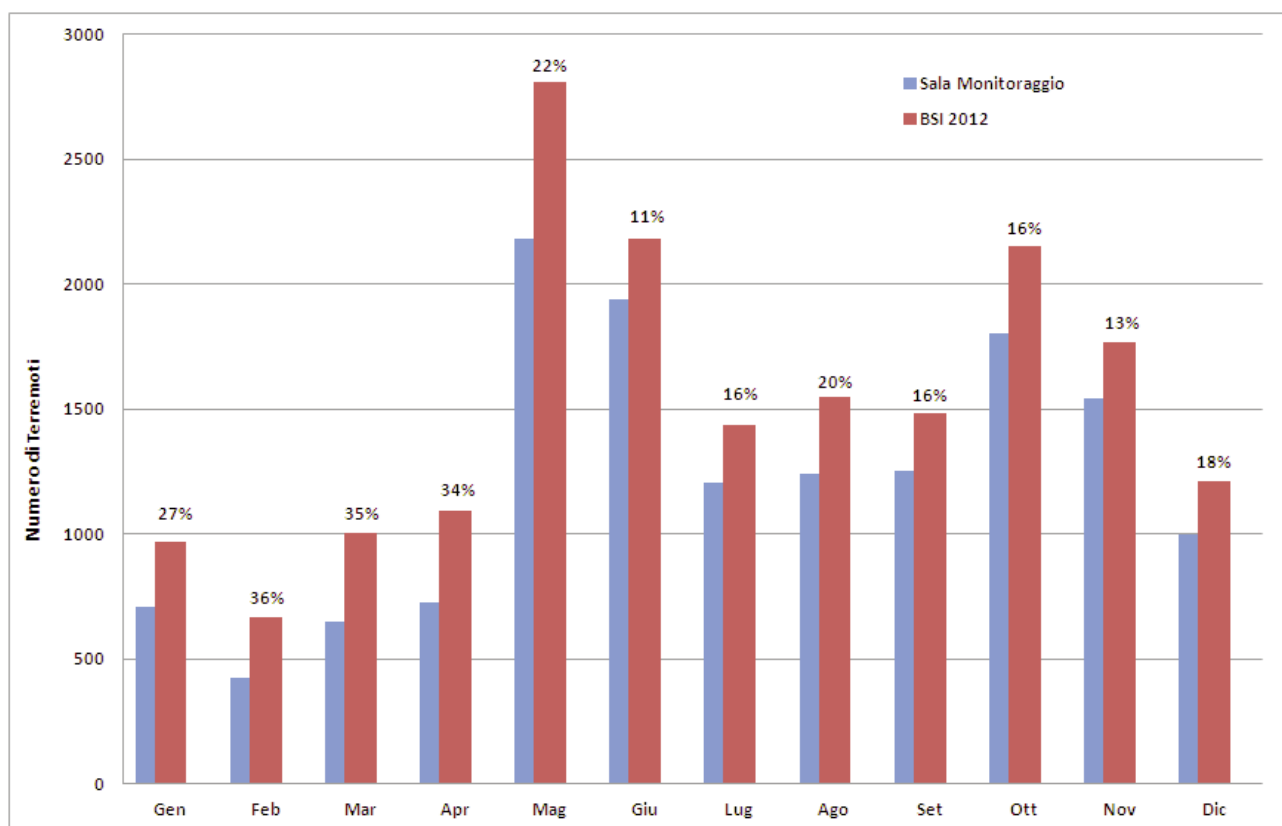


Figura 4 Distribuzione mensile del numero di terremoti presenti nel BSI 2012 (in rosso) e di quelli localizzati nella sala di monitoraggio sismico del CNT di Roma (in blu). La percentuale si riferisce alla differenza tra i due valori rispetto al numero totale di eventi del BSI.
Figure 4 Monthly distribution of earthquakes reported in the BSI (in red) compared to the number of seismic events located at the earthquake monitoring centre of the Centro Nazionale Terremoti (CNT) in Rome (in blue) during year 2012. The percentage refers to the difference between the two values, with respect to the BSI total number of events.

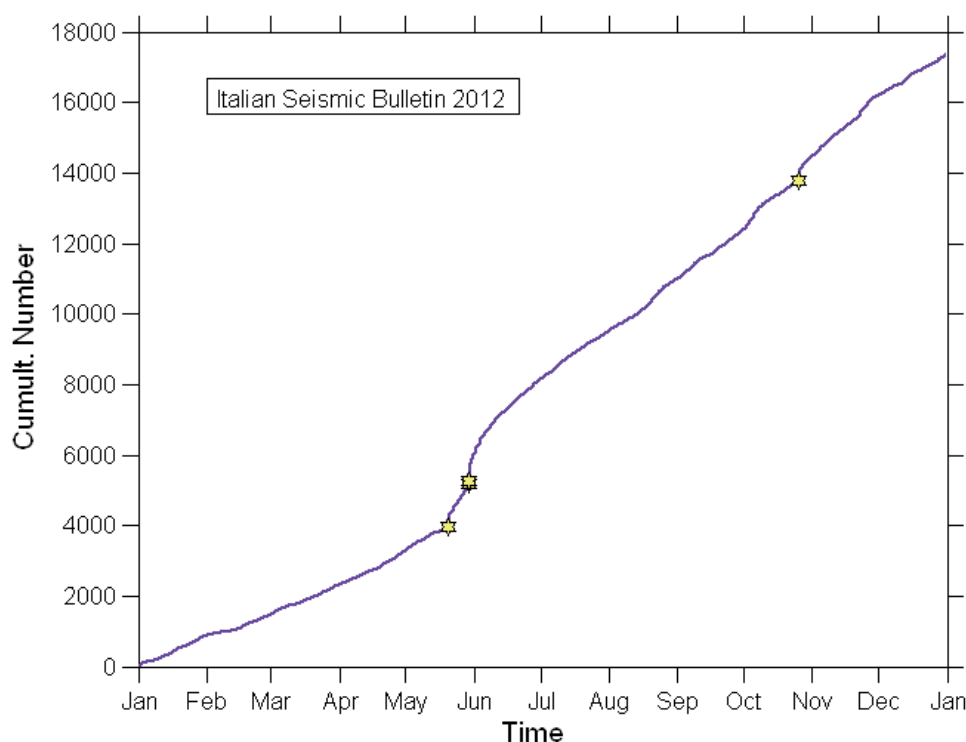


Figura 5 Numero cumulato di terremoti presenti nel BSI 2012. Le stelle indicano i terremoti di magnitudo $M_L > 5.0$.
Figure 5 Cumulative number of earthquakes in BSI 2012. Stars show earthquakes with $M_L > 5.0$.

[Dreger and Helmberger, 1993; Dreger, 2003]) nella versione implementata presso l'INGV [Scognamiglio et al., 2009; 2010].

La differenza in percentuale dei valori di magnitudo M_L calcolati nel 2012 rispetto al 2011 (97%) si può spiegare considerando le due grandi sequenze sismiche avvenute nel corso dell'anno e il conseguente utilizzo più frequente della magnitudo M_d , per valutare la grandezza di differenti eventi sismici temporalmente molto ravvicinati.

Il BSI 2012 contiene poco più di 4200 eventi di magnitudo minore o uguale a 1.0, che rappresentano circa il 23% del totale dei terremoti localizzati nell'anno. Anche questa diminuzione rispetto alla percentuale del BSI 2011 (circa un terzo del totale) è giustificabile con la presenza di sequenze sismiche importanti e alla conseguente perdita di eventi di bassa magnitudo, soprattutto a ridosso dei terremoti di magnitudo maggiore.

Il numero mensile di terremoti localizzati nella sala di monitoraggio sismico della sede dell'INGV di Roma e di quelli presenti nel BSI 2012, è messo a confronto in figura 4. Le differenze percentuali maggiori (intorno al 30%) si hanno nei primi quattro mesi dell'anno, quando era attivo il sistema di acquisizione *Backnet-Tellus* [Amato et al., 2006]. Dal primo maggio 2012 si è invece passati ad un sistema di acquisizione basato sul software open source *Earthworm* [Johnson et al., 1995]; su quest'ultimo risultano in acquisizione un numero decisamente maggiore di stazioni rispetto

a *Backnet-Tellus* (compresi molti canali accelerometrici) che ha permesso di aumentare la capacità di detezione della RSNI e di compensare i differenti settaggi nelle soglie di *trigger* (ad esempio la coincidenza di tre stazioni su *Backnet* rispetto a quella con quattro stazioni utilizzata da *Earthworm*). Da notare il deciso aumento di sismicità nei mesi di maggio–giugno e ottobre–novembre, dovuti alla sequenza sismica emiliana e alla sequenza del Pollino.

Il numero cumulato di terremoti contenuti nel BSI 2012 è mostrato in figura 5; sono evidenti le variazioni di pendenza dell'andamento della curva in occasione della sequenza emiliana di maggio e di quella, seppur minore, del Pollino a novembre. Le stelle gialle indicano gli eventi sismici di magnitudo locale maggiore di 5.0.

La magnitudo minima di completezza M_c del 2012 è molto condizionata dalle sequenze sismiche già menzionate; se si osserva il suo andamento nel corso del 2012 (Fig. 6) sono evidenti i due picchi a maggio–giugno e novembre dove il valore va ben oltre il 2 nel primo e poco al di sotto nel secondo caso. Per avere una stima più attendibile del valore di M_c sono stati tolti dal BSI poco più di 3100 terremoti ricadenti in un'area delimitata dalle coordinate geografiche Lat 44.7 – 45.0 Lon 10.8 – 11.6 appartenenti alla sequenza sismica emiliana. Il nuovo risultato è quello mostrato in figura 7 dove, nonostante sia sempre evidente il picco verso fine anno dovuto alla sequenza sismica del Pollino, l'andamento complessivo risulta oscillante tra 1.2 e 1.6.

Su questo *dataset* ridotto è stata calcolata, con il metodo della massima verosimiglianza utilizzando il software ZMAP [Wiemer, 2001], la magnitudo minima di completezza M_c che per l'intero anno è 1.4, con $b = 0.93 \pm 0.01$ e $a = 5.12$; la distribuzione cumulata e non-cumulata, in funzione della magnitudo, dei terremoti avvenuti nel 2012 è mostrata in figura 8. È utile ricordare che dal *dataset* iniziale sono stati esclusi preventivamente i terremoti con profondità ipocentrale ≥ 38 km, corrispondente al valore medio della profondità della Moho nel modello a strati piani e paralleli utilizzato per la localizzazione dei terremoti del BSI (vedi Tab. 2), la sismicità di confine e circa 350 eventi di probabile natura antropica legata ad esplosioni in cave estrattive.

Si ricorda che il valore di M_c per gli anni 2009 e 2010 è stato pari a 1.6 mentre per il 2011 è stato di 1.5. Il valore di magnitudo minima di completezza $M_c = 1.4$ va quindi interpretato; esso si riferisce al catalogo BSI 2012 nella sua interezza (fatta esclusione per la sequenza emiliana) e deve essere considerato come il risultato di una media di valori variabili sia nel tempo sia nello spazio. Le figure 6 e 7 mostrano che la M_c oscilla nel corso dell'anno da valori minimi intorno a 1.2 a valori massimi che superano la magnitudo 2, durante le due sequenze principali. Nel caso della sequenza emiliana il periodo di parziale oscuramento dei terremoti di magnitudo piccola dura oltre due mesi. Inoltre il valore di M_c dell'intero catalogo è il risultato di una media non solo nel tempo, ma

Spessore (km)	Velocità P (km/s)	Velocità S (km/s)
11.1	5.00	2.89
26.9	6.50	3.75
semispazio	8.05	4.65

Tabella 2 Modello di velocità utilizzato per le localizzazioni del BSI 2012, costituito da due strati crostali a velocità costanti e un semispazio. Il rapporto V_p/V_s è ovunque 1.732.

Table 2 Velocity model used in the locations of the BSI 2012: two homogeneous crustal layers over a homogeneous half-space. The V_p/V_s ratio is everywhere 1.732.

anche nello spazio: l'intero set di dati include infatti aree ad altissima densità di sensori, come l'Alta Val Tiberina, dove la M_c raggiunge probabilmente valori vicini a $M_L = 1$, e altre aree meno coperte dalla rete in cui la M_c è presumibilmente superiore a 2.

4. Sequenze sismiche del 2012

Le sequenze sismiche principali presenti nel BSI 2012 sono state individuate utilizzando l'algoritmo di *declustering* di Reasenbergs [1985] a cui sono stati aggiunti una serie di criteri

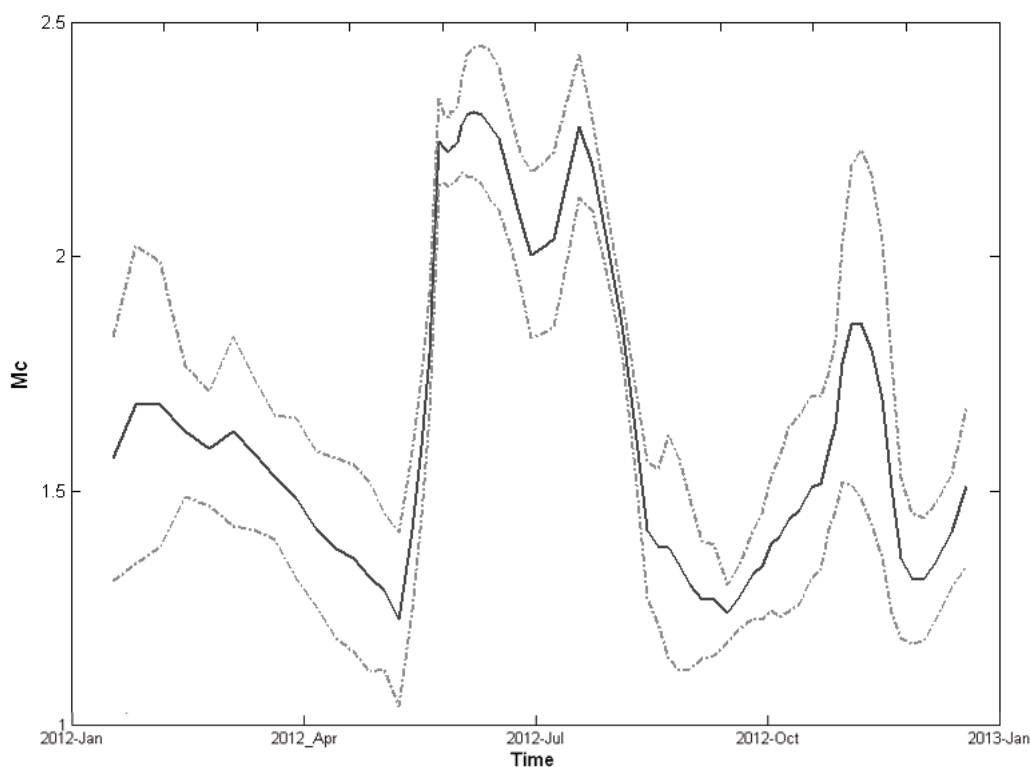


Figura 6 Andamento temporale della magnitudo di completezza M_c nel corso del 2012 e relativo errore calcolati utilizzando il software ZMAP [Wiemer, 2001].

Figure 6 Variation of the magnitude of completeness M_c during 2012 and its error computed using the software ZMAP [Wiemer, 2001].

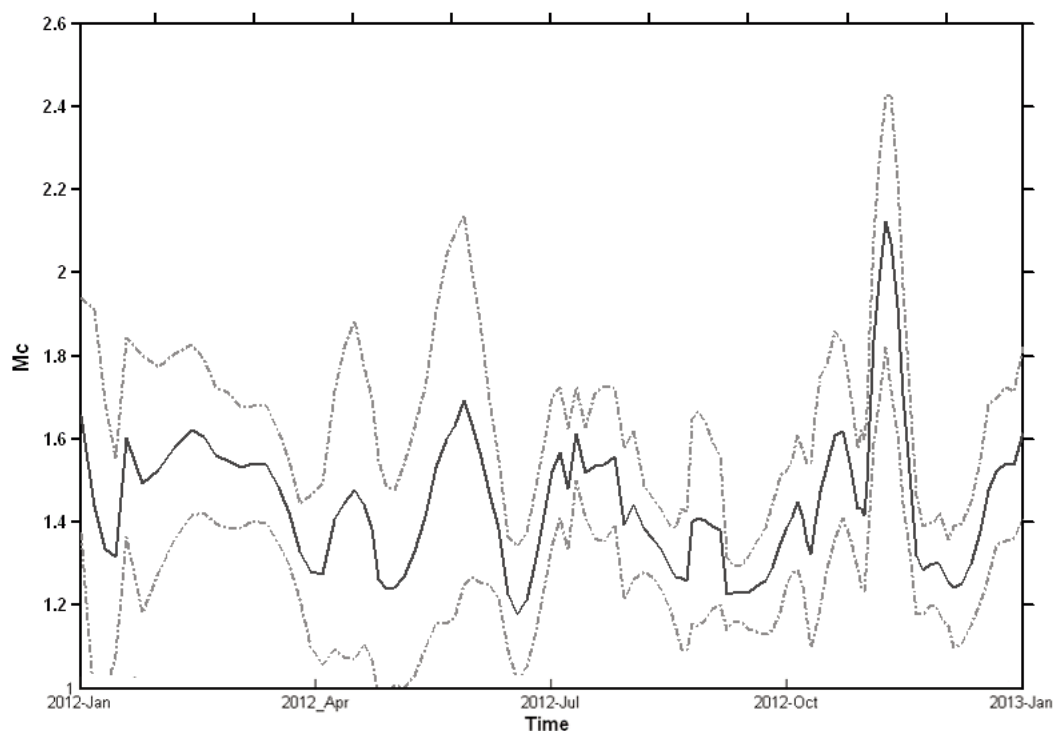
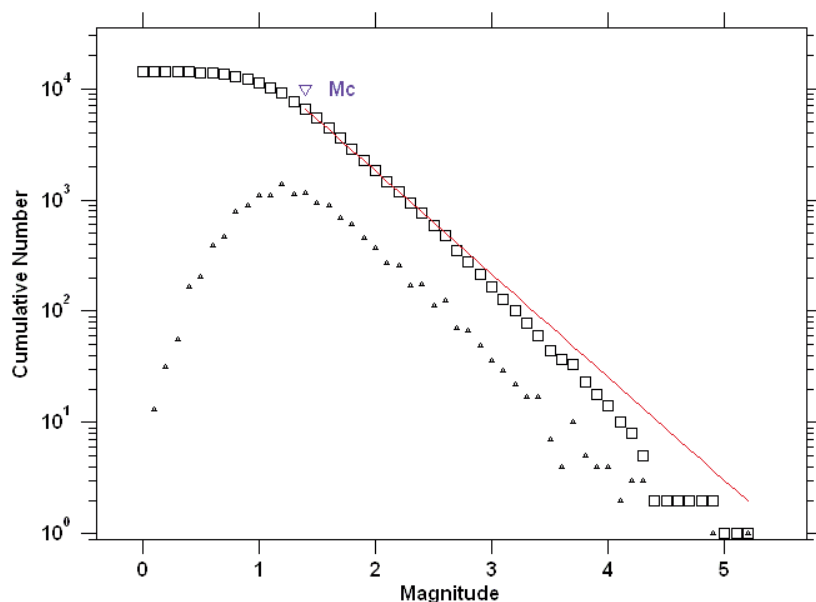


Figura 7 Andamento temporale della magnitudo di completezza M_c nel corso del 2012 e relativo errore calcolati utilizzando il software ZMAP [Wiemer, 2001]. In questo grafico sono stati tolti circa 3100 terremoti (del BSI) relativi alla sequenza sismica emiliana ricadenti nell'area delimitata dalle coordinate geografiche Lat 44.7 – 45.0, Lon 10.8 – 11.6.

Figure 7 Variation of the magnitude of completeness M_c during 2012 and its error computed using the software ZMAP [Wiemer, 2001]. In this graph we removed about 3100 earthquakes (of BSI) related to the Emilian earthquake sequence located within the area bounded by geographical coordinates Lat 44.7 – 45.0, Lon 10.8 – 11.6.



Maximum Likelihood Solution
b-value = 0.927 $\pm$ 0.01, a value = 5.12, a value (annual) = 5.12
Magnitude of Completeness = 1.4

Figura 8 Gutenberg-Richter cumulata (quadrati) e non-cumulata (triangoli) calcolata sull'intero BSI 2012. I valori di a, b e M_c (Magnitudo Minima di Completezza) sono stati calcolati utilizzando il software ZMAP [Wiemer, 2001]. La magnitudo minima di completezza apparente è 1.4.

Figure 8 Cumulative (squares) and non-cumulative (triangles) Gutenberg-Richter distribution of the whole BSI 2012. The values of a, b and M_c (Minimum Magnitude of Completeness) have been calculated using the software ZMAP [Wiemer, 2001]. The apparent minimum magnitude of completeness is 1.4.

di selezione, definiti dagli analisti del BSI e illustrati nel sottoparagrafo successivo. Si ricorda che con il termine sequenza si indica un gruppo di eventi sismici individuato tramite l'algoritmo di Reasenber, prescindendo quindi dalla presenza di un *mainshock* all'interno del gruppo.

L'algoritmo analizza spazialmente e temporalmente tutti gli eventi sismici, individuando eventuali *cluster* che vengono rappresentati da un evento equivalente. Due eventi vengono associati in un cluster se vicini temporalmente e spazialmente. Il periodo di associabilità di ogni evento varia da 2 a 10 giorni a seconda della loro magnitudo; spazialmente, due eventi di magnitudo M1 e M2 sono associati nello stesso cluster se la distanza tra i due ipocentri è inferiore alla somma dei raggi r_1 e r_2 delle faglie circolari equivalenti ai due terremoti secondo il modello di Kanamori e Anderson [1975]. La distanza minima di associazione viene corretta tenendo conto degli errori orizzontali e verticali di localizzazione, che in

questa analisi delle sequenze sono stati posti arbitrariamente a 5 chilometri per tutta la sismicità italiana del 2012.

Le coordinate ipocentrali dell'evento equivalente sono calcolate come media pesata delle coordinate degli eventi maggiori della sequenza, mentre la magnitudo equivalente si ottiene dal calcolo del momento sismico totale rilasciato dal cluster.

Le sequenze sismiche individuate nel 2012 sono mostrate nella figura 9.

4.1. Criteri di selezione

Dal BSI 2012 (scaricabile dalla pagina web <http://ISIDe.rm.ingv.it> [Mele et al., 2010a; ISIDE working

group, 2016]) costituito inizialmente da 18221 eventi, sono stati esclusi preventivamente tutti i probabili eventi di natura antropica (circa 350 esplosioni in cava; capitolo 5), i terremoti con profondità ipocentrale ≥ 38 km e la sismicità di confine. Al dataset così selezionato è stato applicato l'algoritmo di declustering di Reasenberg [1985]; il risultato di questa prima elaborazione ha prodotto 38 cluster per un totale di 8592 terremoti associati; per individuare le sequenze sismiche da questa prima lista sono state selezionate quelle che soddisfano almeno uno dei seguenti due criteri:

- almeno 10 terremoti di cui almeno uno di magnitudo $M_L \geq 2.5$;
- almeno 20 terremoti a prescindere dalla loro magnitudo.

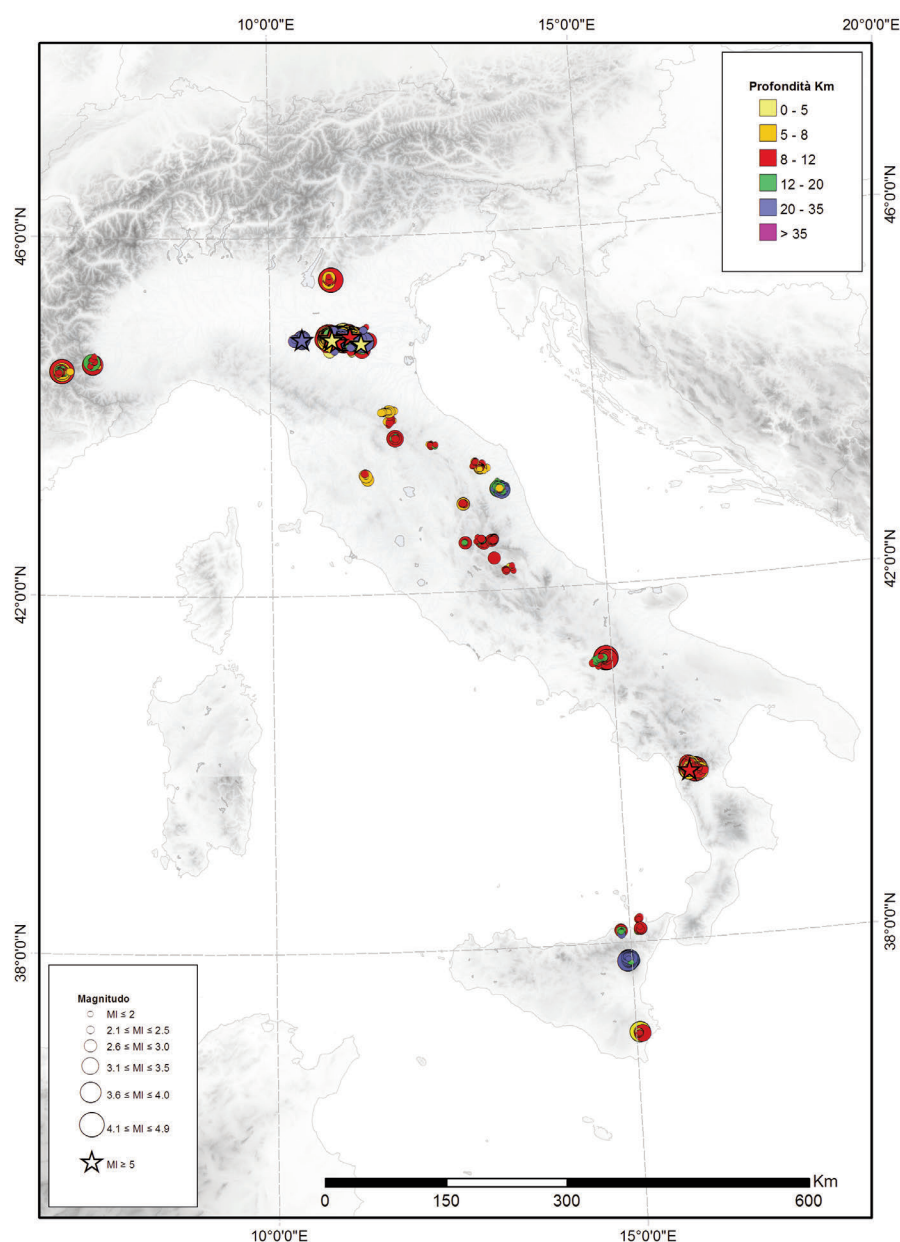


Figura 9 Eventi appartenenti alle sequenze sismiche individuate nel BSI 2012 utilizzando l'algoritmo di declustering di Reasenberg [1985]. Il colore indica la profondità degli eventi; la dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo.

Figure 9 Events of the seismic sequences identified in BSI 2012 by applying the declustering algorithm of Reasenberg [1985]. The colours show the depth of the earthquakes; the size of the symbols is proportional to the magnitude.

Il risultato finale è la lista delle 27 sequenze sismiche (Tab. 3). Sono stati inoltre identificati come *cluster* i gruppi di terremoti costituiti da almeno un evento di magnitudo M_L 3.5 o superiore, e aventi meno di 10 eventi associati; in totale sono

risultati 11 *cluster* (Tab. 7, paragrafo 4.4). Infine tre sequenze sismiche (n° 9, 26 e 27 in Tab. 3) sono state individuate da un'analisi di dettaglio all'interno della sismicità diffusa descritta nel paragrafo 4.3.

n°	Area epicentrale Provincia (Comune)	1° evento	Durata (giorni)	n° ev.	Evento equivalente				Evento di magnitudo massima		Evento secondo in magnitudo	
		tempo origine			Lat. N	Lon. E	Prof.	M_L	Tempo or.	M_L	Tempo or.	M_L
1	Forlì-Cesena	120101 01:11	3.024	31	43.95	11.85	8.97	3.11	120102 22:47	2.5	120103 06:38	2.5
2	Provincia di Cosenza (Castrovillari)	120101 03:27	504.789	3957	39.90	16.04	8.01	5.04	121025 23:05	5.0	120528 01:06	4.2
3	Rieti-L'Aquila	120115 08:01	16.044	30	42.55	13.17	11.67	3.13	120118 15:59	2.8	120116 06:13	2.7
4	Verona	120124 19:41	33.233	33	45.53	10.95	8.78	4.25	120124 23:54	4.2	120125 07:26	3.0
5	Parma	120125 08:06	5.6	16	44.85	10.49	27.45	4.95	120125 08:06	5.0	120125 17:43	3.5
6	Ascoli Piceno-Macerata	120226 17:57	52.594	99	43.14	13.49	22.23	3.76	120410 22:37	3.4	120310 04:26	3.2
7	Confine italo-francese	120226 22:37	166.99	121	44.50	06.74	10.15	4.31	120226 22:37	4.2	120302 07:15	3.5
8	L'Aquila	120229 00:20	6.747	27	42.37	13.34	9.76	3.18	120306 18:16	2.7	120229 01:30	2.4
9	Macerata-Perugia	120415 06:55	13.419	74	42.98	12.92	8.85	3.52	120421 01:53	2.9	120419 14:23	2.6
10	Macerata (Cingoli)	120418 06:55	20.631	206	43.38	13.20	7.22	3.54	120424 12:10	3.0	120424 12:22	2.9
11	Provincia di Siracusa	120625 10:57	35.201	65	36.98	15.04	9.12	3.80	120627 01:14	3.6	120627 02:48	3.3
12	Siena	120626 19:13	16.65	30	43.31	11.45	8.70	3.23	120707 19:55	2.8	120705 17:47	2.7
13	Largo di Milazzo (ME)	120629 06:14	14.344	21	38.25	15.14	9.50	2.87	120708 00:42	2.3	120708 05:16	2.2
14	Messina (Barcellona Pozzo di Gotto)	120703 12:16	43.838	30	38.13	15.14	10.66	3.34	120727 02:43	3.0	120727 09:38	3.0
15	Pesaro-Urbino (Sant'Angelo in Vado)	120711 11:20	6.597	32	43.65	12.46	10.84	2.64	120711 15:20	1.9	120711 15:46	1.9
16	Ancona (Cupramontana)	120813 10:33	14.5	61	43.44	13.12	8.38	2.95	120818 14:43	2.4	120419 01:21	2.2
17	L'Aquila (Provincia)	120815 19:00	13.666	29	42.22	13.53	10.41	2.89	120824 05:59	2.3	120826 15:47	2.2
18	Ascoli Piceno-Macerata	120816 14:27	8.745	22	43.14	13.47	19.11	3.05	120817 05:40	2.4	120817 05:40	2.4
19	Forlì-Cesena	120819 00:33	6.394	30	44.04	11.80	8.5	3.22	120820 07:14	2.7	120825 10:00	2.6
20	Arezzo	120905 16:40	2.726	26	43.75	11.92	11.25	3.27	120905 16:43	3.1	120905 17:06	2.9

n°	Area epicentrale Provincia (Comune)	1° evento	Durata (giorni)	n° ev.	Evento equivalente				Evento di magni- tudo massima		Evento secondo in magnitudo	
		tempo origine			Lat. N	Lon. E	Prof.	M _L	Tempo or.	M _L	Tempo or.	M _L
21	Rieti	120917 05:48	1.180	23	42.55	12.92	12.21	3.08	120917 19:46	2.7	120917 23:54	2.7
22	Messina (Capo d'Orlando)	120923 23:28	46.826	66	38.12	14.88	12.74	3.34	121007 07:50	2.7	121004 08:44	2.6
23	Benevento	120926 06:39	26.055	59	41.16	14.86	11.29	4.23	120927 01:08	4.1	120927 08:35	3.7
24	Confine italo-francese (Cuneo)	121003 09:20	47.135	131	44.62	07.24	12.85	3.81	121003 09:20	3.7	121005 19:10	3.1
25	Etna (Bronte)	121122 09:10	23.572	87	37.80	14.96	28.12	4.26	121122 11:25	4.0	121122 09:10	3.9
26	L'Aquila (Lago di Campotosto)	121211 13:43	15.435	96	42.57	13.35	10.29	3.56	121213 01:56	2.6	121224 07:00	2.6
27	Rieti-L'Aquila	121227 12:23	7.246	23	42.57	13.17	12.44	3.17	121227 18:38	2.5	121227 21:54	2.4

Tabella 3 Elenco cronologico delle sequenze di eventi individuati nel BSI 2012 con l'algoritmo di Reasenber [1985]. La tabella riporta il numero d'ordine della sequenza, il nome dell'area interessata dalla stessa, il tempo origine del primo evento della sequenza, la durata della sequenza in giorni e frazioni di giorno, il numero di eventi associati con magnitudo $M_L \geq 1.5$, i parametri del terremoto equivalente che riassume le caratteristiche mediate della sequenza, il tempo origine e la magnitudo dei due eventi maggiori della sequenza.

Table 3 Chronological list of seismic sequences detected in BSI 2012 with the Reasenber algorithm [1985]. The table reports the sequence identification number, the toponym of the area struck by the sequence, the origin time of the first event, the duration of the sequence in days, the number of events with magnitude $M_L \geq 1.5$, the parameters of the equivalent earthquake, the origin time and magnitude of the two major earthquakes in the sequence. The magnitude of the equivalent earthquake is obtained computing the total moment release of the sequence.

4.2. Principali sequenze sismiche nel 2012

Procedendo sul territorio italiano da nord verso sud descriviamo brevemente le sequenze sismiche del 2012 riportando i dati salienti per ciascuna sequenza (localizzazione, data e intervallo temporale, numero di terremoti ed eventi principali). Rimandiamo la descrizione della sequenza emiliana al paragrafo 4.3.

4.2.1. Alpi occidentali

L'arco alpino nel corso del 2012 è stato interessato da due sequenze sismiche avvenute al confine italo-francese (Fig. 10; sequenze n° 7 e 24; si veda anche Tab. 3). La sequenza n° 7 è quasi interamente ubicata in territorio francese (un solo terremoto risulta localizzato in territorio italiano) ed è iniziata il 26 febbraio. È stata una delle sequenze temporalmente più lunghe di tutto l'anno (più lunghe sono state soltanto quelle dell'Emilia Romagna e del Pollino) ed è durata quasi sei mesi con un totale di 121 eventi sismici localizzati. Il terremoto di magnitudo più forte è stato quello che ha dato inizio alla sequenza di magnitudo locale M_L 4.2 e la profondità media dell'intera sequenza è stata di circa 10 km.

La seconda sequenza dell'area (n° 24 in Fig. 10) ha interessa-

to la provincia di Cuneo. Meno lunga della precedente (circa 47 giorni) ma con un numero maggiore di terremoti (131 in totale). L'evento più forte è stato di magnitudo M_L 3.7 e una profondità media di quasi 13 km.

4.2.2. Prealpi venete e Appennino settentrionale

Nel veronese è stata registrata una sequenza (n° 4 in Fig. 11 e in Tab. 3) durata circa un mese, iniziata a partire dal 24 gennaio per un totale di 33 terremoti. L'evento di magnitudo massima è stato di M_L 4.2 e tutti i terremoti sono stati localizzati ad una profondità piuttosto superficiale (meno di 9 km in media). Più profonda (quasi 30 km in media) la serie di terremoti registrati nelle vicinanze della città di Parma (n° 5 in Fig. 11 e in Tab. 3). È stata una sequenza molto breve durata poco meno di 6 giorni (con un totale di 16 eventi) ma che ha mostrato uno dei terremoti più forti (dopo quelli della sequenza emiliana e del Pollino) dell'intero 2012, registrato esattamente il 25 gennaio alle ore 08:06 (GMT) con una magnitudo M_L 5.0.

Due le sequenze che hanno interessato la provincia di Forlì-Cesena. La prima a gennaio e la seconda ad agosto (n° 1 e 19 in Fig. 12 e in Tab. 3). Entrambe brevi (rispettivamente circa

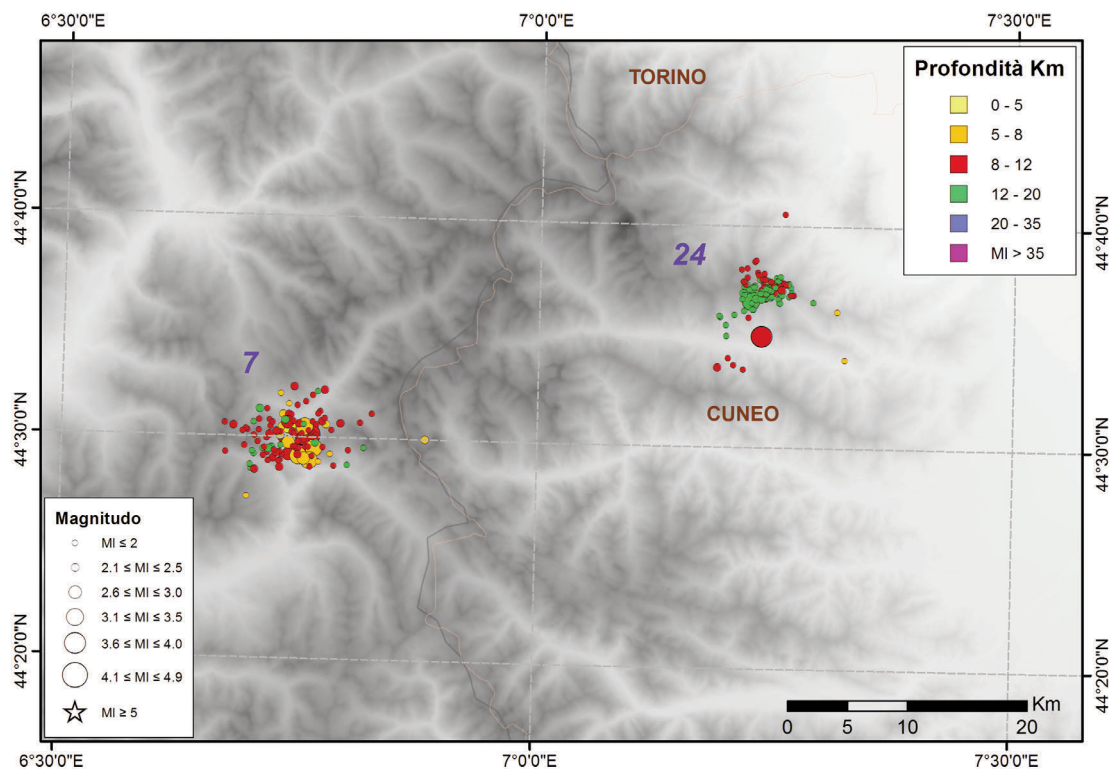


Figura 10 Sequenze sismiche al confine italo-francese. La n° 7 in territorio francese e la n° 24 nella provincia di Cuneo.
Figure 10 Seismic sequences occurred at the Italian-French border. The n° 7 in France and n° 24 in the province of Cuneo.

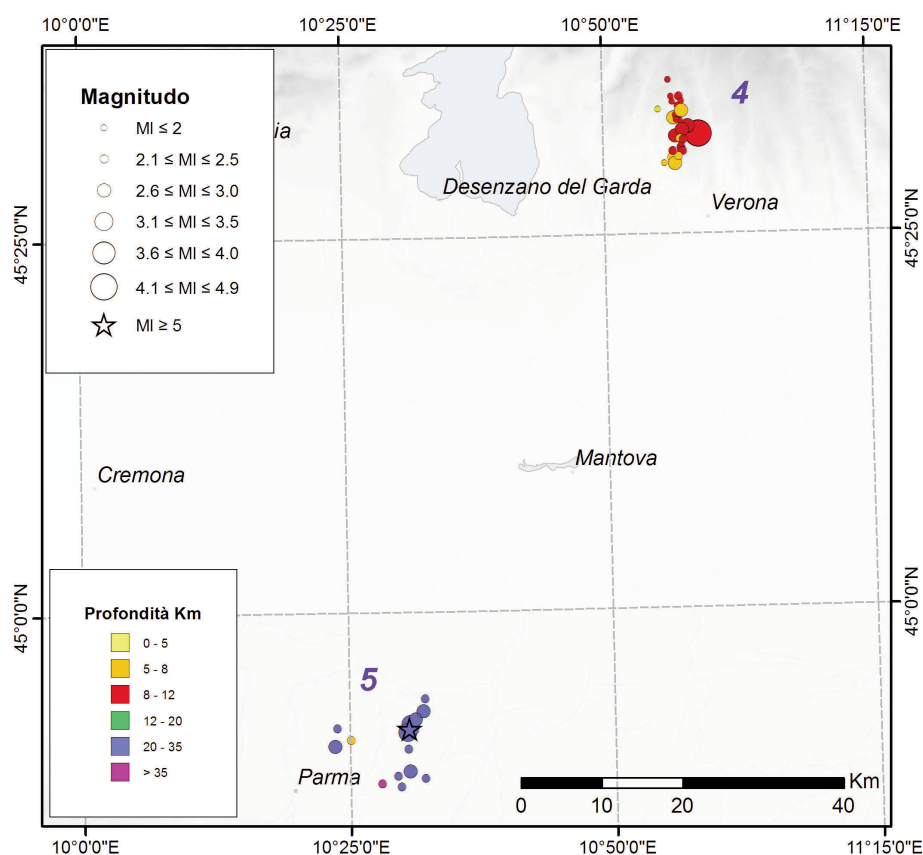


Figura 11 Sequenze sismiche avvenute nel 2012 nelle province di Verona e Parma. In particolare, per quella emiliana, si nota l'evento di magnitudo M_L 5.0 avvenuto il 25 gennaio alle ore 08:06 (GMT).
Figure 11 Seismic sequences occurred in 2012 in the provinces of Verona and Parma. In particular, near Parma, is noticeable the event of magnitude M_L 5.0 occurred on January 25 at 08:06 (GMT).

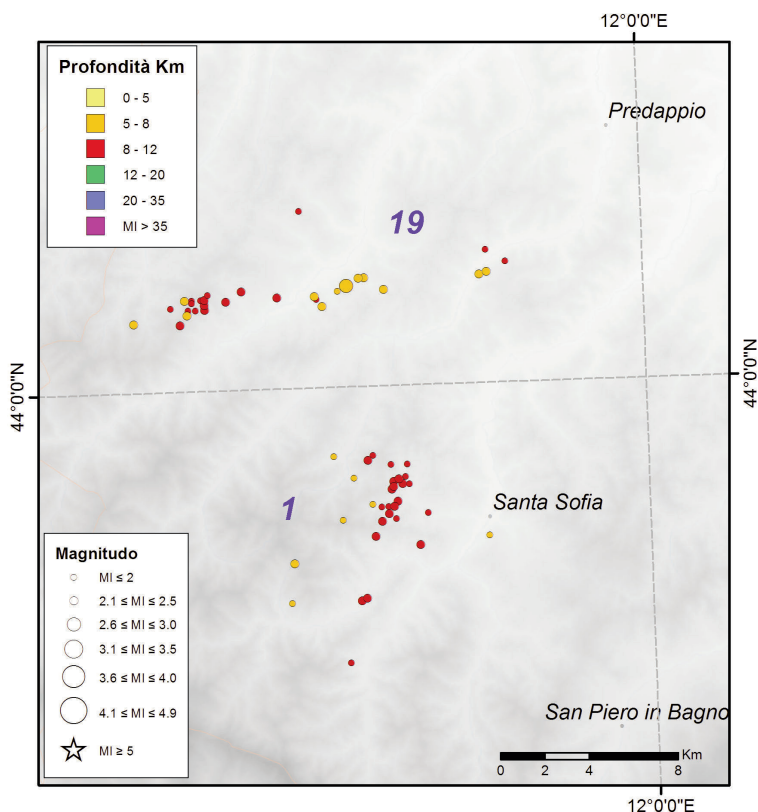


Figura 12 Sequenze sismiche avvenute nel 2012 nella provincia di Forlì-Cesena. Durata delle sequenze, numero di terremoti, magnitudo e profondità sono comparabili.

Figure 12 Seismic sequences occurred in 2012 in the province of Forlì-Cesena. Length of the sequences, number of earthquakes, magnitude and depths are comparable.

3 e 6 giorni) ed equivalenti per numero di terremoti localizzati (31 e 30) risultano anche comparabili rispetto alla profondità media che è inferiore ai 10 km. Di M_L 2.5 e 2.7 gli eventi più forti registrati.

4.2.3. Appennino centrale

Come già descritto per gli anni precedenti del BSI, gran parte delle sequenze sismiche si concentrano in Italia centrale e, più in particolare, lungo la catena appenninica. Ben 16 delle 27 sequenze del 2012 si sono verificate all'interno di questo ampio settore. A cominciare dalla provincia di Arezzo dove nel mese di settembre, in poco meno di 3 giorni, si sono verificati ben 26 eventi sismici nei pressi del comune di Pieve Santo Stefano (Fig. 13 sequenza n° 20). M_L 3.1 è il terremoto di magnitudo massima della sequenza stessa. Una quarantina di km ad ESE, precisamente nelle vicinanze del comune di Sant'Angelo in Vado (prov. di PU), si è verificata la sequenza n° 15 (Fig. 13) composta da 32 terremoti per una magnitudo massima M_L 1.9. La durata dell'intera sequenza è stata di poco più di 6 giorni ed è stata registrata durante il mese di luglio 2012.

La Regione Marche è quella che ha mostrato il maggior numero di sequenze di tutto il 2012 (ben 6). Nella figura 14 ne vengono rappresentate due relative alle province di Ancona e Macerata (sequenze n° 16 e 10 in Fig. 14 e in Tab. 3). Proprio nelle vicinanze del comune di Cupramontana

(prov. di AN) si è verificata nel mese di agosto una sequenza di 61 terremoti durata circa due settimane. Basso la magnitudo della sequenza con un massimo di M_L 2.4 e una profondità media inferiore ai 10 km. La sequenza n° 10 è avvenuta in prossimità del comune di Cingoli (prov. di MC). Più grande come numero di terremoti (206 in circa 20 giorni) ha avuto il picco massimo nel terremoto del 24 aprile con una magnitudo M_L 3.0 e una profondità media di circa 7 km.

Al confine tra le province di Ascoli Piceno e Macerata sono state registrate due sequenze con coordinate geografiche pressoché identiche, anche se avvenute in due diversi periodi dell'anno (sequenze n° 6 e 18 in Fig. 15 e Tab. 3). Numericamente più consistente (99 terremoti) la sequenza n° 6 cominciata il 26 febbraio e protrattasi per circa 50 giorni. Magnitudo massima M_L 3.4 e profondità media di 22 km. La sequenza n° 18 si è verificata nel mese di agosto per poco più di una settimana. Ventidue gli eventi registrati in questo lasso di tempo per una magnitudo massima M_L 2.4 e una profondità comparabile con la sequenza di febbraio (circa 20 km).

Altra sequenza che ha interessato il comune di Macerata (in questo caso al confine con il comune di Perugia) è stata quella verificatasi ad aprile per circa due settimane (sequenza n° 9 in Fig. 16 e Tab.3). Ben 74 i terremoti localizzati in questo breve lasso temporale con una magnitudo massima M_L 3.0 e profondità che si attestano quasi tutte intorno ai 9 km.

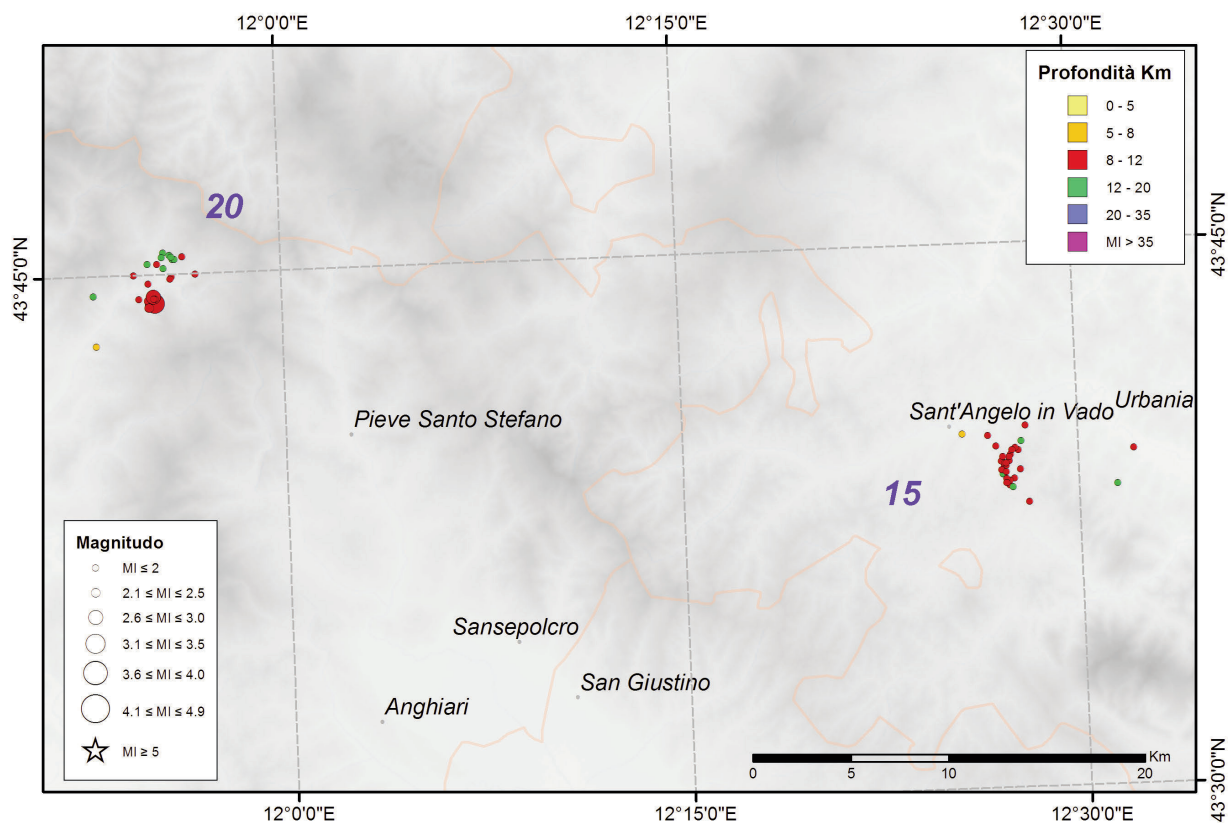


Figura 13 Sequenze sismiche avvenute nel 2012 tra le province di Arezzo (Toscana) e Pesaro-Urbino (Marche).
Figure 13 Seismic sequences occurred in 2012 between the provinces of Arezzo (Tuscany) and Pesaro-Urbino (Marche).

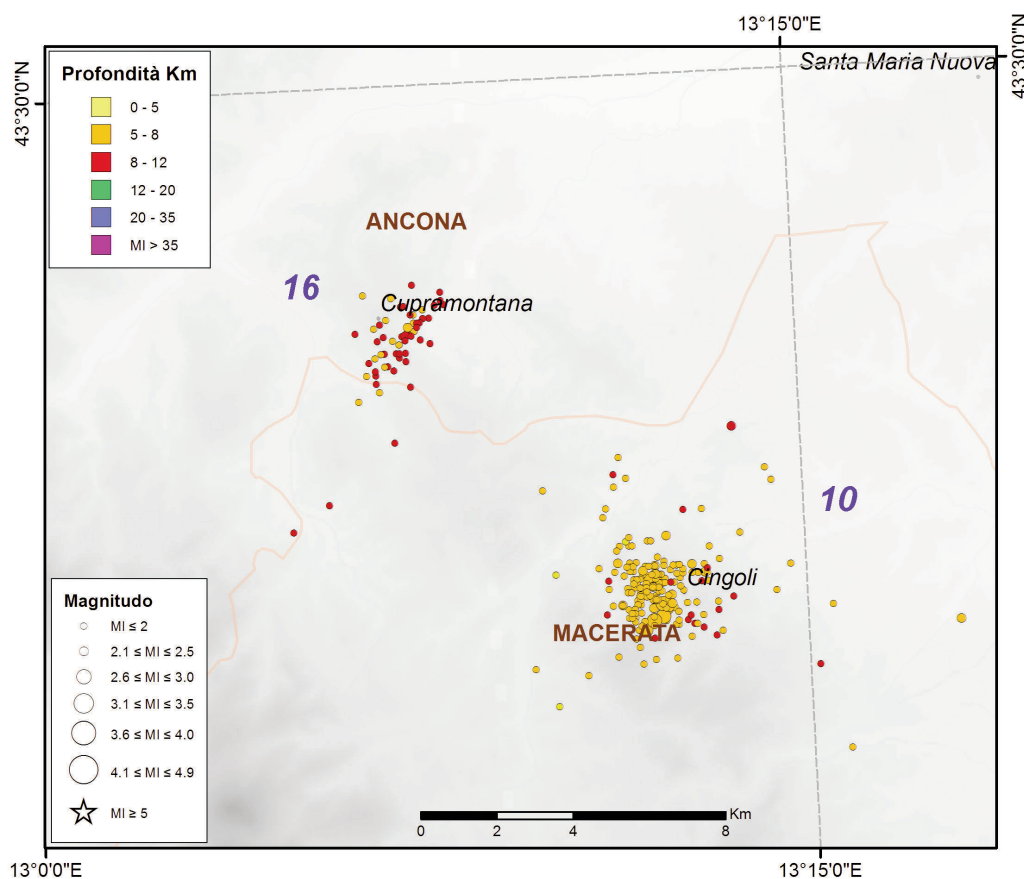


Figura 14 Sequenze marchigiane nelle province di Ancona e Macerata.
Figure 14 Seismic sequences occurred in the provinces of Ancona and Macerata (Marche).

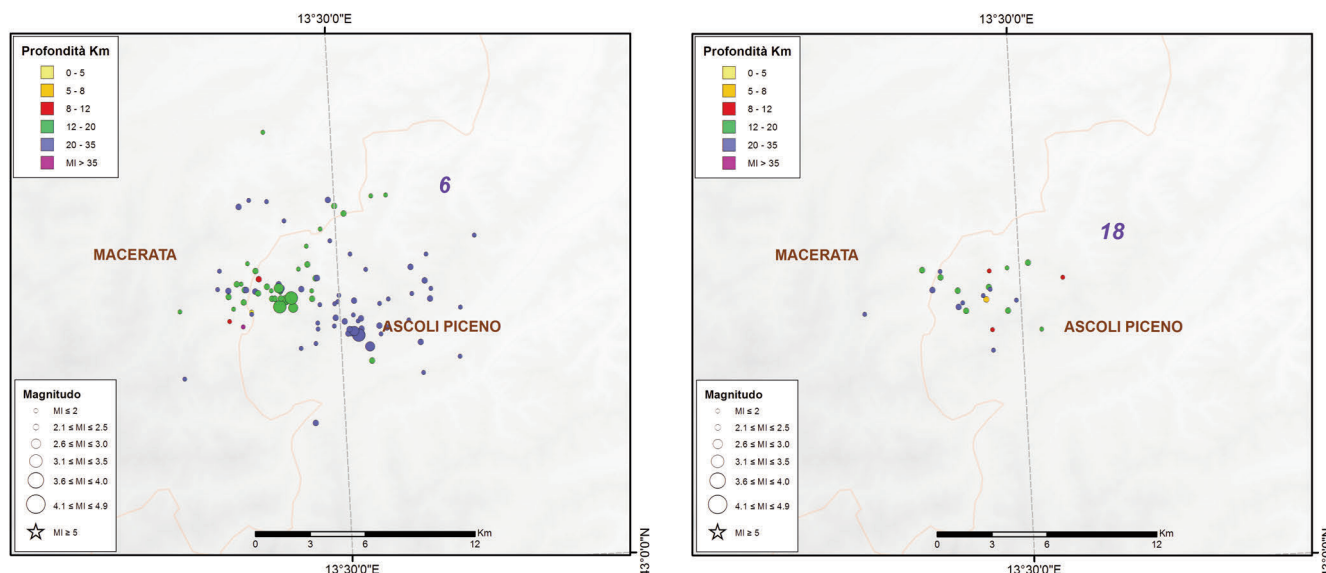


Figura 15 Sequenze marchigiane al confine tra le province di Ascoli Piceno e Macerata. La n° 6 avvenuta nei mesi di febbraio-marzo e la n° 18 nel mese di agosto 2012.

Figure 15 Seismic sequences occurred between the provinces of Ascoli Piceno and Macerata (Marche). The n° 6 took place in the period February-March 2012 and the n° 18 in the month of August 2012.

Tutta in territorio toscano, tra i comuni di Siena, Monteroni d'Arbia, Asciano e Rapolano Terme, risulta la sequenza n° 12 (Fig. 17 e Tab. 3). Trenta terremoti in poco più di 15 gior-

ni, a cavallo tra giugno e luglio 2012. La magnitudo massima della sequenza è stata di M_L 2.8, mentre la profondità media risulta di poco inferiore ai 10 km.

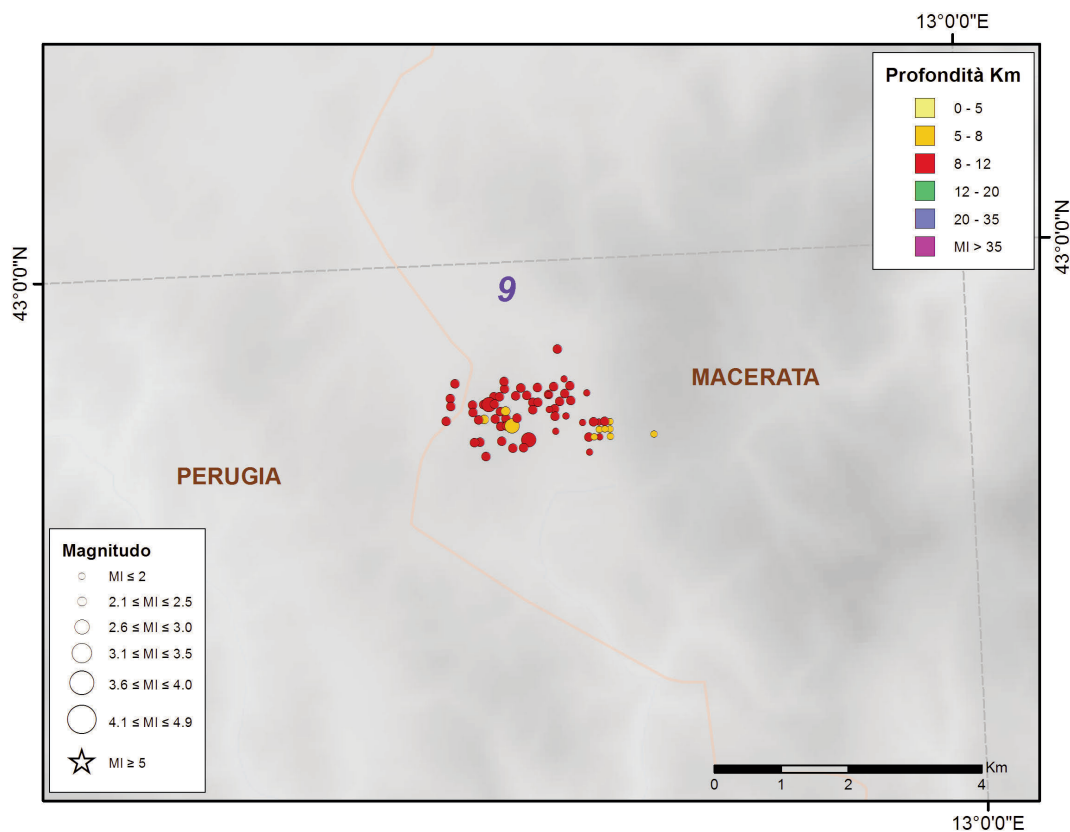


Figura 16 Sequenza sismica al confine tra Macerata e Perugia, per un totale di 74 terremoti localizzati.

Figure 16 Seismic sequence on the border between Macerata and Perugia, with 74 localized earthquakes.

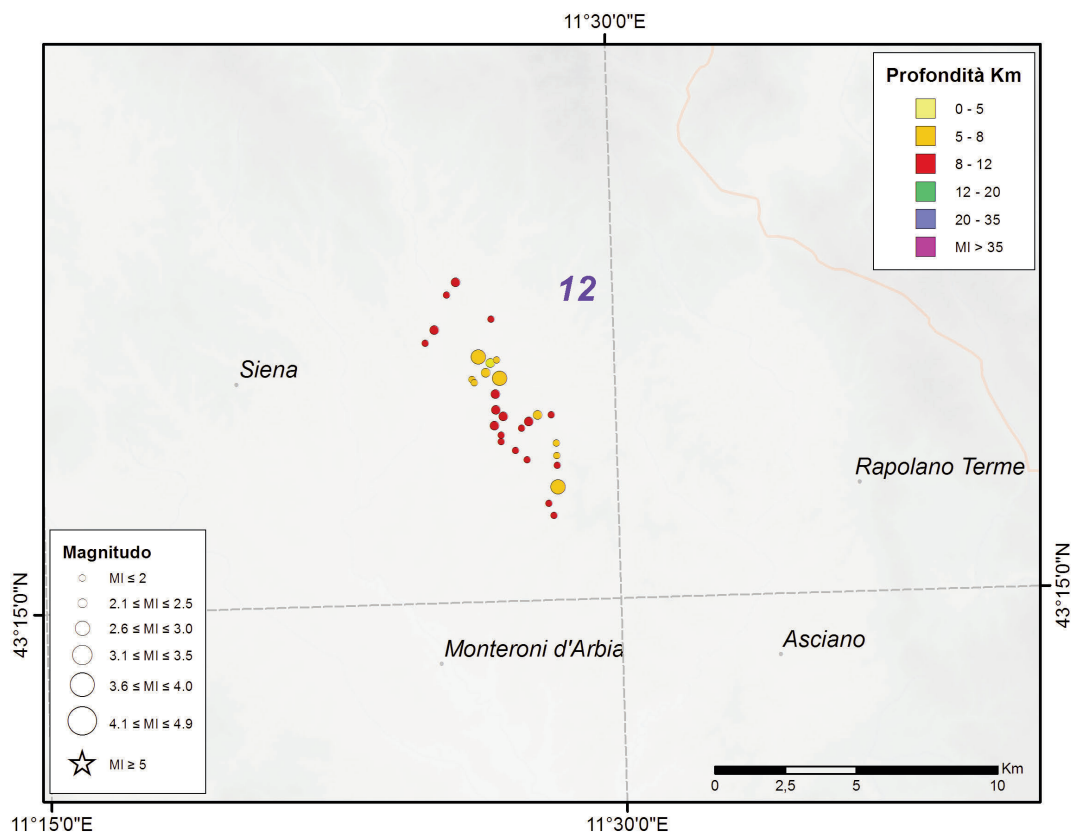


Figura 17 Sequenza sismica nei pressi del comune di Siena.
Figure 17 Seismic sequence near the municipality of Siena.

Ben 6 sequenze sono rappresentate nella figura 18. Procedendo da ovest, troviamo la sequenza contrassegnata con il n° 21 che è stata quella più breve di tutto il 2012. In poco più di 24 ore la Sala di Monitoraggio Sismico dell'INGV

di Roma ha registrato e localizzato 23 terremoti. Il più forte (ma anche il secondo temporalmente) risulta di magnitudo M_L 2.7. Poco sopra i 12 km la profondità media della sequenza. Due le sequenze tra il comune di Rieti e quello

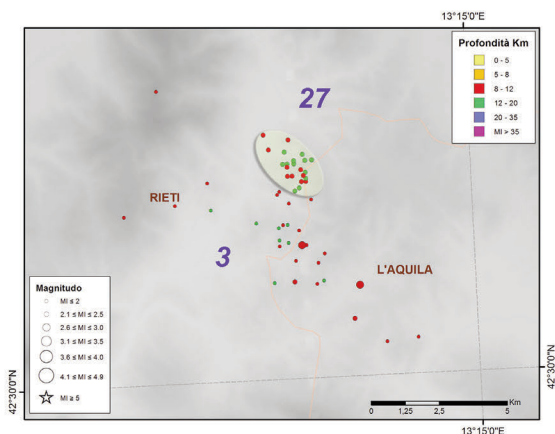
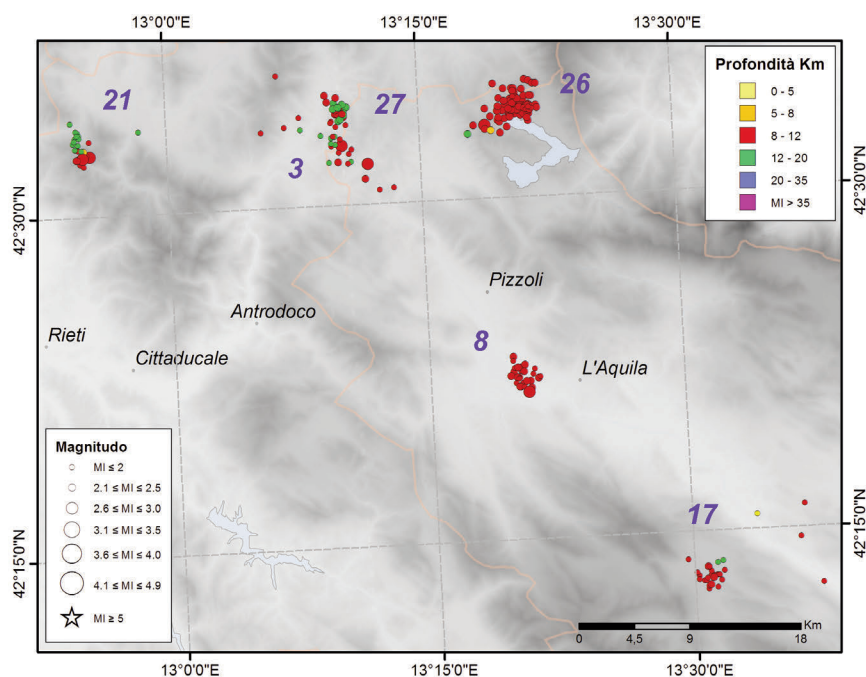


Figura 18 Sei sequenze dell'Italia centrale. Nel dettaglio a destra le sequenze n° 3 e 27; il settore colorato delimita gli eventi appartenenti alla n° 27.

Figure 18 Six sequences of central Italy. In detail to the right the sequences n° 3 and 27; the colored area delimits seismic events belonging to the sequence n° 27.

dell'Aquila (sequenze n° 3 e 27 in Fig. 18 e nel riquadro a fianco). La prima in ordine temporale (n° 3), avvenuta nel mese di gennaio, è caratterizzata da 30 eventi sismici in circa 16 giorni con una magnitudo massima di M_L 2.8. La seconda (n° 27), localizzata leggermente più a nord, e occorsa proprio alla fine dell'anno nel mese di dicembre, mostra 23 terremoti in poco più di una settimana e una magnitudo massima di M_L 2.5. Entrambe le sequenze hanno avuto una profondità media intorno ai 12 km.

Molto concentrata la sequenza che ha interessato sempre la provincia dell'Aquila in prossimità del lago di Campotosto (n° 26 in Fig. 18 e Tab. 3). Novantasei piccoli terremoti in poco più di due settimane con una magnitudo massima di M_L 2.6 e una profondità media di circa 10 km. Proprio in prossimità del comune dell'Aquila è la sequenza n° 8 iniziata il 29 febbraio 2012. Ventisette eventi in meno di 7 giorni. Massima magnitudo M_L 2.7 e profondità media inferiore ai 10 km. Ultima sequenza della figura 18, anch'essa ricadente all'interno della provincia aquilana è la n° 17. Caratteristiche simili a quelle appena descritte con un numero di eventi pari a 29 in due settimane circa. Magnitudo massima pari a M_L 2.3 e profondità media di poco superiore ai 10 km.

4.2.4. Appennino meridionale e arco calabro

Due sole sequenze hanno interessato, nel corso del 2012 l'Appennino meridionale, entrambe significative (quella

calabrese in particolare) ed entrambe fortemente risentite dalla popolazione. La sequenza occorsa nei pressi del comune di Benevento è durata circa un mese, a cavallo tra settembre e ottobre (n° 23 in Fig. 19 e Tab. 3). Cinquantanove gli eventi localizzati con una magnitudo massima di M_L 4.1 (M_L 3.7 il secondo evento più forte) e profondità media intorno agli 11 km.

Quasi 4000 terremoti sono stati registrati nel 2012 per la sequenza del Pollino (n° 2 in Fig. 20 e Tab. 3), già iniziata nel 2010 e proseguita con un andamento spazio-temporale variabile anche nel 2011 [De Gori et al., 2014; Berardi et al., 2016]. L'evento più forte localizzato nel 2012 è stato quello del 25 ottobre alle ore 23:05 UTC, un terremoto di magnitudo M_L 5.0 risentito in tutta la provincia di Cosenza e in particolare nell'area intorno al comune di Castrovillari (CS). La profondità media della sequenza è stata di 8 km.

4.2.5. Sicilia

Cinque sequenze hanno interessato la regione siciliana nel 2012 e tutte localizzate in corrispondenza del versante orientale dell'isola.

In figura 21 sono rappresentate ben quattro di queste sequenze (n° 13-14-22-25 in Fig. 21 e Tab. 3). La sequenza n° 13 è l'unica localizzata in mare di tutto il 2012. Pochi chilometri a largo di Milazzo (prov. di ME) sono stati registrati, nei mesi tra giugno e luglio, 21 terremoti ad una profon-

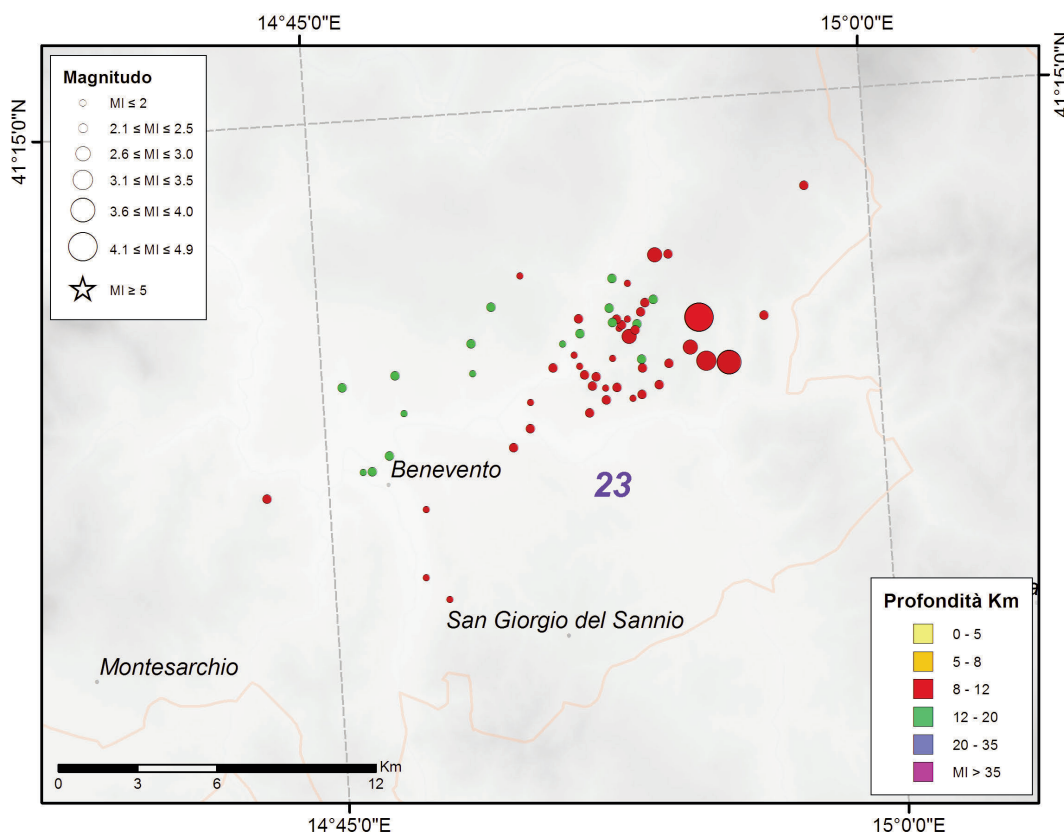


Figura 19 Sequenza sismica nei pressi del comune di Benevento. L'evento di magnitudo massima è stato di magnitudo M_L 4.1.
Figure 19 Seismic sequence near the municipality of Benevento. The maximum magnitude event was of M_L 4.1.

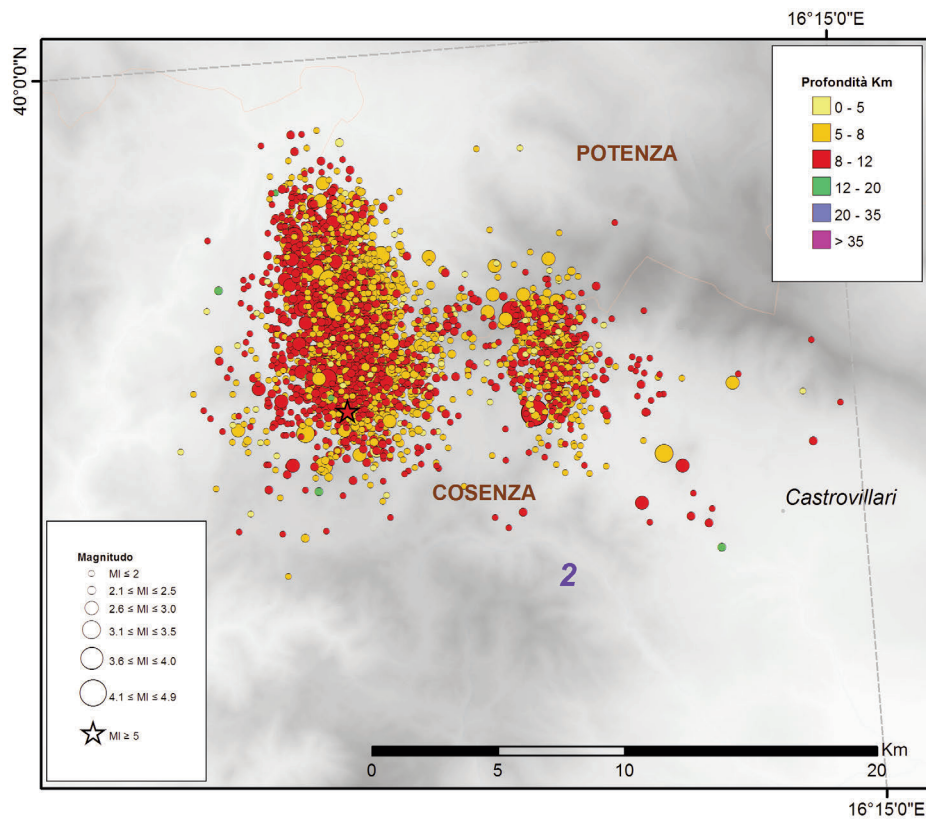


Figura 20 Sequenza di terremoti avvenuti nei pressi del comune di Castrovillari (CS) per una delle sequenze più significative del 2012 (cominciata già nel 2010). L'evento di magnitudo più forte è stato di M_L 5.0.

Figure 20 Seismic sequence occurred near the municipality of Castrovillari (CS), which represents one of the most significant sequences of 2012 (started in 2010). The strongest magnitude event was M_L 5.0.

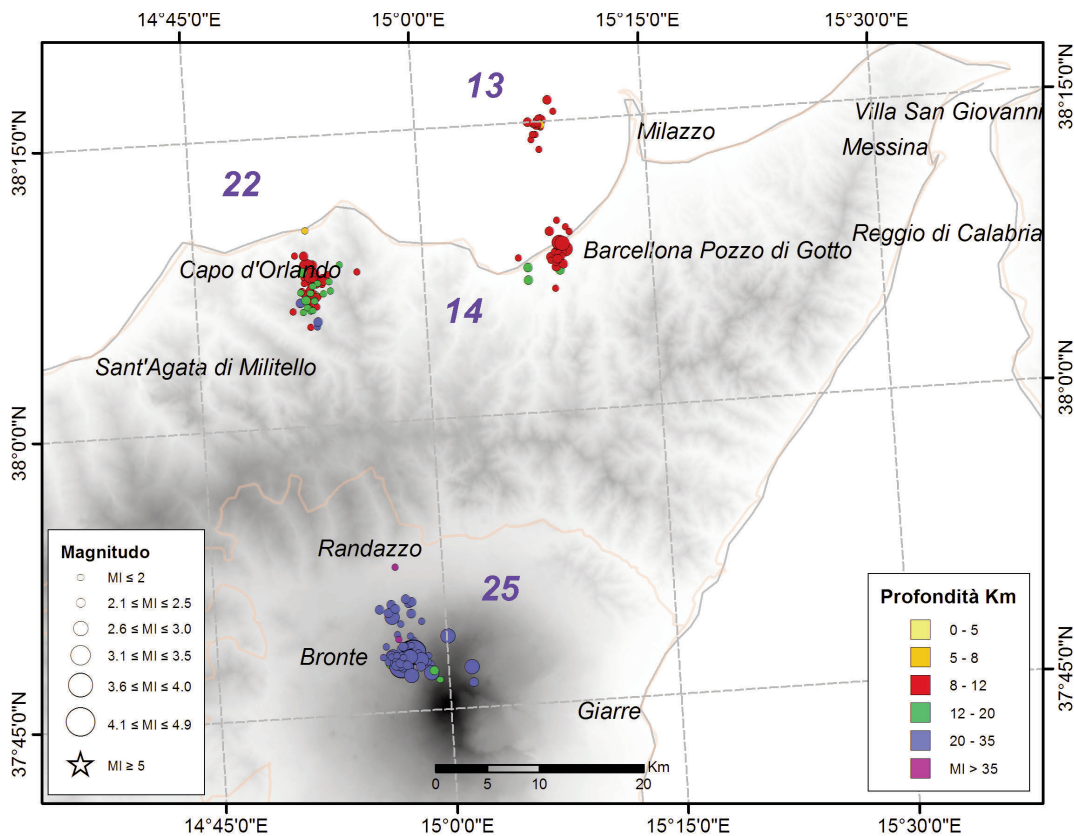


Figura 21 Sequenze avvenute nella regione siciliana. In particolare la sequenza n° 25 è risultata quella con la profondità media più alta (circa 30 km) di tutto il 2012.

Figure 21 Sequences occurred in Sicily. In particular the sequence n° 25 was the one with the highest average depth (about 30 km) in 2012.

dità media di 9,5 km. M_L 2.3 la magnitudo più alta associata a questa sequenza. Poco a sud sulla costa, in prossimità del comune di Barcellona Pozzo di Gotto (prov. di ME), troviamo la sequenza n° 14, anch'essa avvenuta durante l'estate tra luglio e agosto 2012. Trenta eventi con una magnitudo massima M_L 3.0 e profondità media di poco superiore ai 10 km. Piuttosto consistente la sequenza che si è verificata, a partire dalla fine di settembre, tra i comuni di Capo d'Orlando e Sant'Agata di Militello sempre nella provincia di Messina (n° 22 in Fig. 21). Quasi 50 giorni nei quali sono stati registrati e localizzati 66 eventi sismici con una magnitudo massima di M_L 2.7. Poco più di 12 km la profondità media della sequenza. Alle pendici dell'Etna, vicino ai comuni di Bronte e Randazzo, è stata registrata la sequenza n° 25. Tale sequenza risulta essere quella con profondità media più alta di tutto il 2012. Ottantasette eventi in una ventina di giorni localizzati mediamente a circa 30 km di profondità. M_L 4.0 l'evento più forte registrato il 22 novembre.

Nella figura 22 viene rappresentata anche l'ultima sequenza registrata in Sicilia tra giugno e luglio 2012 (n° 11 in Fig. 22 e Tab. 3). Risulta ricadere in provincia di Siracusa con sessantacinque terremoti in 35 giorni e una magnitudo massima di M_L 3.6; la profondità media è di circa 9 km.

4.3. La sequenza sismica emiliana

Iniziata il 18 maggio 2012, la sequenza sismica emiliana ha interessato le province di Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia, Bologna e Rovigo; le sei scosse localizzate e riportate nel BSI (*foreshocks*, Tab. 4) sono avvenute prima dell'evento principale (*mainshock*); tra queste la più forte è stata il 19 maggio alle 23:42 UTC con M_w pari a 4.0 (M_L 4.1).

Il 20 maggio 2012 alle ore 02:03:50 UTC un evento di M_L pari a 5.9 (M_w 5.8), ha colpito le province di Modena e Ferrara e molti altri paesi della Pianura Padana, causando danni ingenti e vittime. La sequenza ha avuto altri 13 eventi significativi con magnitudo M_L maggiore di 4.5 (Tab. 5), tra cui una scossa di entità simile alla principale, M_L pari a 5.8 (M_w 5.6), il 29 maggio alle 07:00:02 UTC che ha purtroppo causato ulteriori vittime.

Nel 2012 nell'area interessata dalla sequenza (Lat: 44.7 – 45.0; Lon: 10.8 – 11.6) sono stati 3112 (Fig. 23) i terremoti localizzati e riportati nel BSI, di cui 854 con magnitudo $M_L \geq 2.5$ e 14 con $M_L > 4.5$ (Tab. 5). Come per tutta la sismicità del 2012 anche gli eventi della sequenza emiliana sono stati analizzati attraverso l'algoritmo di *declustering* di Reasenber [1985]; le caratteristiche della sequenza sono riassunte in tabella 6, e la stessa sequenza è riportata in figura 9 insieme alle altre del 2012.

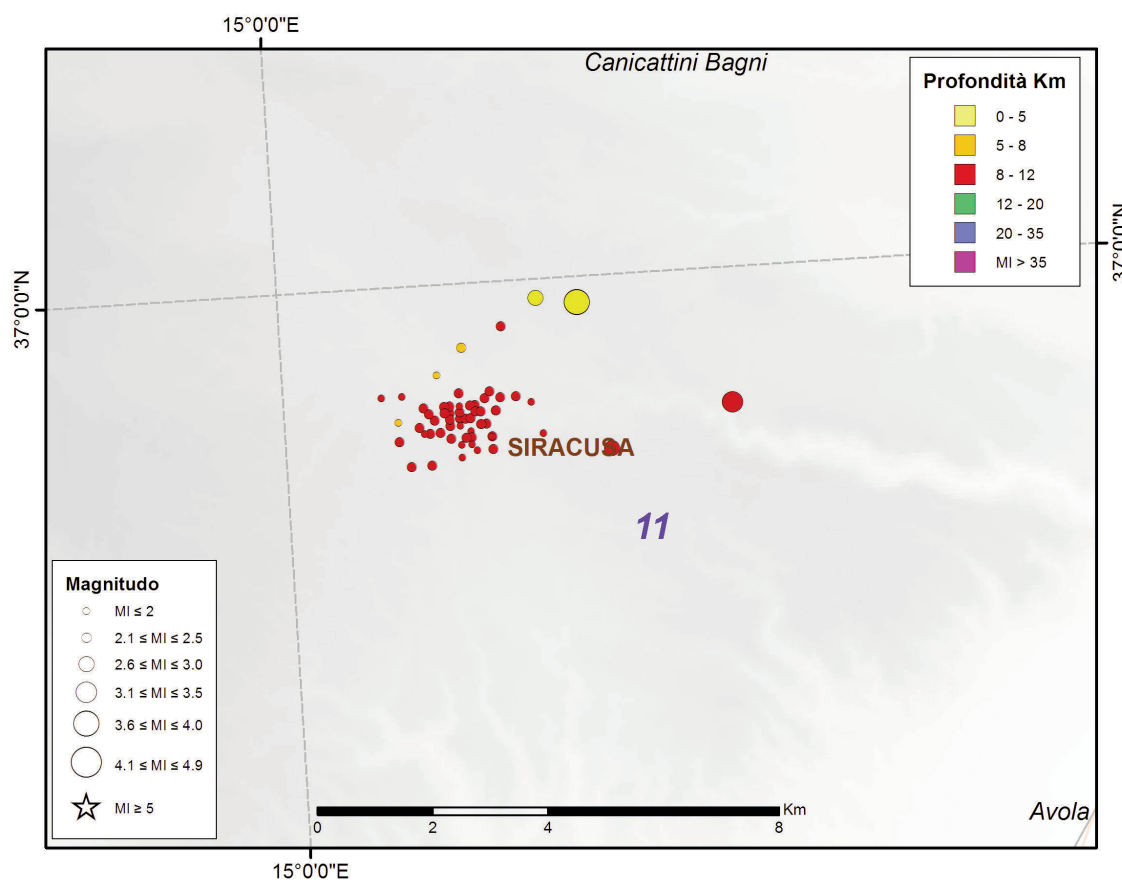


Figura 22 Sequenza sismica in provincia di Siracusa avvenuta tra giugno e luglio 2012.
Figure 22 Seismic sequence in the province of Syracuse occurred between June and July 2012.

Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo
2012-05-20 01:41:35.240	44.883	11.288	8.0	1.8 -- M_L
2012-05-19 23:42:51.990	44.903	11.293	10.7	2.2 -- M_L
2012-05-19 23:13:25.620	44.911	11.247	9.3	4.0 -- M_w
2012-05-19 17:09:31.820	44.924	11.153	6.5	2.6 -- M_L
2012-05-18 19:44:41.000	44.917	11.255	10.5	1.8 -- M_L
2012-05-18 19:40:15.960	44.926	11.167	8.5	2.9 -- M_L

Tabella 4 Foreshocks della sequenza emiliana; gli eventi sono ordinati a partire dal più recente.
Table 4 Foreshocks Emilian sequence; events are sorted from newest.

Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	M_L	M_w
2012-06-03 19:20:43390	44.886	10.95	8.7	5.1	4.7
2012-05-29 11:00:22990	44.866	10.976	7.2	5.1	
2012-05-29 11:00:01680	44.856	10.941	8.7	5.0	
2012-05-29 10:55:56550	44.865	10.98	4.4	5.3	5.3
2012-05-29 08:27:22650	44.883	11.042	6.0	4.6	
2012-05-29 08:25:51.480	44.865	10.948	7.9	5.0	
2012-05-29 07:00:02.880	44.842	11.066	8.1	5.8	5.6
2012-05-20 17:38:14.380	44.880	11.253	3.7	4.6	
2012-05-20 13:18:01.770	44.814	11.441	3.4	5.1	4.9
2012-05-20 03:02:47.900	44.860	11.152	9.1	5.0	
2012-05-20 02:07:28.950	44.874	11.27	6.1	5.0	
2012-05-20 02:06:26.470	44.905	11.165	4.3	4.8	
2012-05-20 02:06:12.500	44.879	11.120	5.0	4.8	
2012-05-20 02:03:50.170	44.896	11.264	9.5	5.9	5.8

Tabella 5 Eventi della sequenza sismica emiliana con $M_L > 4.5$ riportati nel BSI 2012. Gli eventi sono ordinati a partire dal più recente.

Table 5 Emilia seismic sequence events with $M_L > 4.5$ reported in BSI 2012. The events are sorted from newest.

Area epicentrale Provincia (Comune)	1° evento	Durata (giorni)	n° ev.	Evento equivalente				Evento di magnitudo massima		2° evento in magnitudo	
	Tempo origine			Lat. N	Lon. E	Prof.	M_L	Tempo origine	M_L	Tempo origine	M_L
Pianura padana emiliana	120518 19:40	241.243	3112	44.86	11.13	7.59	6.12	120520 02:03	5.9	120529 07:00	5.8

Tabella 6 Parametri calcolati con l'algoritmo di Reasenber per la sequenza emiliana.
Table 6 Parameters estimated with the Reasenber algorithm for Emilia sequence.

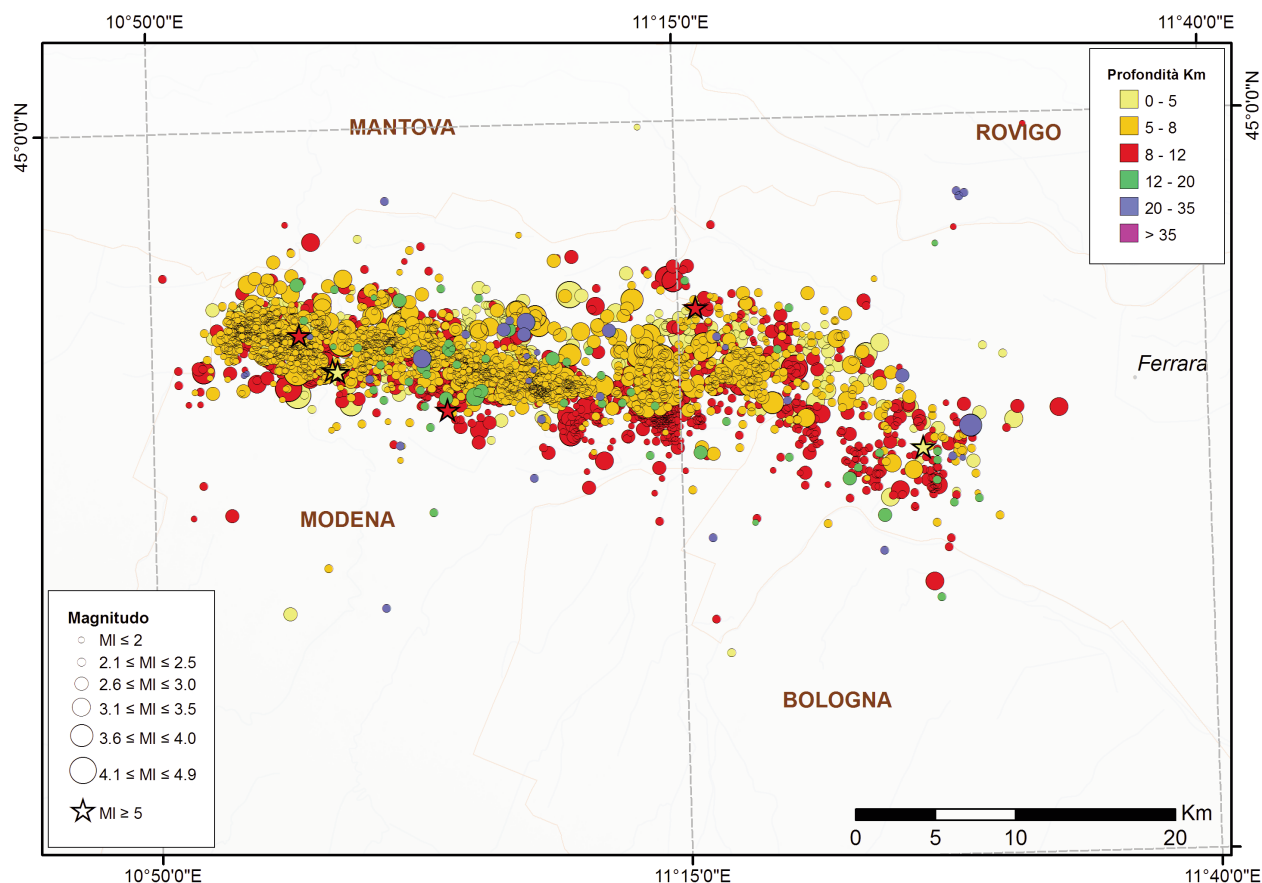


Figura 23 Sequenza di terremoti avvenuti nella Pianura padano-emiliana e lombarda nel 2012. L'evento di magnitudo maggiore è stato di M_L 5.9.

Figure 23 Sequence of earthquakes occurred in the Po Plain (Emilia-Romagna and Lombardia) in 2012. The strongest magnitude event was M_L 5.9.

La sequenza sismica dell'Emilia-Romagna è stata analizzata e studiata in diversi lavori [Moretti et al., 2012; Scognamiglio et al., 2012; Govoni et al., 2014; Chiarabba et al., 2014; Carannante et al., 2015]. Per considerazioni di carattere sismotettonico sulla sequenza stessa si rimanda pertanto il lettore a tali lavori; in questo paragrafo descriviamo in dettaglio come sono stati calcolati i parametri ipocentrali e la magnitudo degli eventi sismici della sequenza che si trovano all'interno del BSI, e quindi in ISIDe [Mele et al., 2016].

La fase di revisione del BSI 2012 per quanto riguarda la sequenza emiliana è stata effettuata in modo inconsueto dal momento che sono stati coinvolti molti degli analisti del bollettino nell'analisi congiunta dei dati della RSNI e delle stazioni sismiche temporanee installate durante la sequenza. Per utilizzare al meglio il lavoro fatto, si è deciso quindi di inserire nel bollettino le localizzazioni derivanti da tale analisi congiunta, e pubblicati anche in Govoni et al. [2014]. Ai parametri ipocentrali e alle magnitudo in tal modo calcolate, così come alle letture dei tempi di arrivo delle fasi P ed S, sono state quindi associate le corrispondenti forme d'onda presenti nel data-base della RSNI e le letture automatiche delle ampiezze per la determinazione della magnitudo. Le localizzazioni riportate nel BSI 2012 utilizzano quindi i dati

delle stazioni della rete sismica mostrata in figura 24. Queste stazioni sono state installate durante l'emergenza a partire dal 20 maggio; i tempi delle installazioni sono descritti in Moretti et al. [2012]; Criscuoli et al. [2013] e Moretti et al. [2013].

Nelle prime ore della sequenza non vi erano ancora stazioni temporanee installate; quindi le localizzazioni delle prime repliche (fino almeno alle 11:50 UTC del 20 maggio 2012) sono ottenute con le sole stazioni della RSNI, così come per gli eventi successivi al 1 luglio 2012 che non risultano pertanto inclusi nella pubblicazione di Govoni et al. [2014]. Inoltre alcuni eventi, in rari casi anche significativi, del periodo 20 maggio-31 luglio non sono inclusi nell'analisi fatta da Govoni et al. [2014] perché le localizzazioni risultavano non sufficientemente accurate, mentre sono state analizzate e incluse dagli analisti del BSI. Il caso più significativo è quello dell'evento del 2012-05-29 alle 11:00:22990 UTC che è avvenuto dopo solo pochi secondi da un terremoto di magnitudo simile. Nel data-base del Centro Nazionale Terremoti (cnt.rm.ingv.it) le localizzazioni, integrate con quelle del lavoro di Govoni et al. [2014], sono individuabili in quanto riportano come autore "Bollettino Sismico Italiano INGV integrato con i dati della Rete Sismica di emergenza".

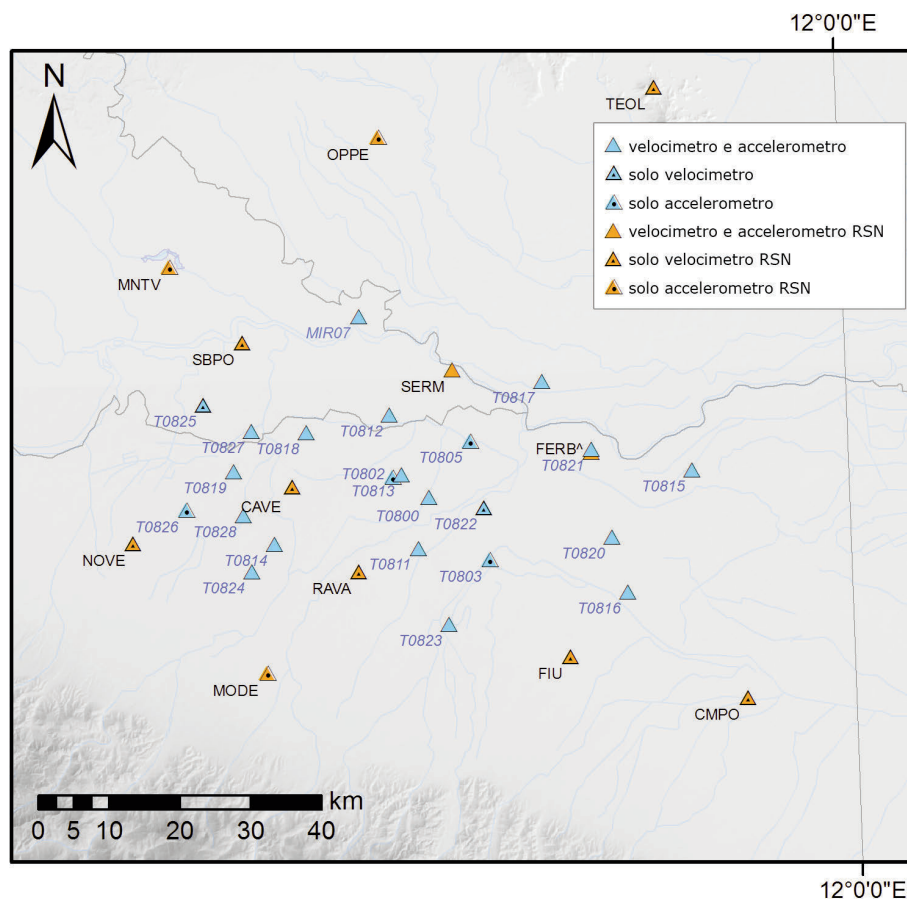


Figura 24 Mappa della rete sismica che ha operato durante la sequenza emiliana; per i tempi di installazione delle stazioni temporanee vedi Moretti et al. [2012].

Figure 24 Map of the seismic network deployed during the Emilia seismic sequence. For details on the timing of the deployment of the temporary stations (light blue triangles) see Moretti et al. [2012].

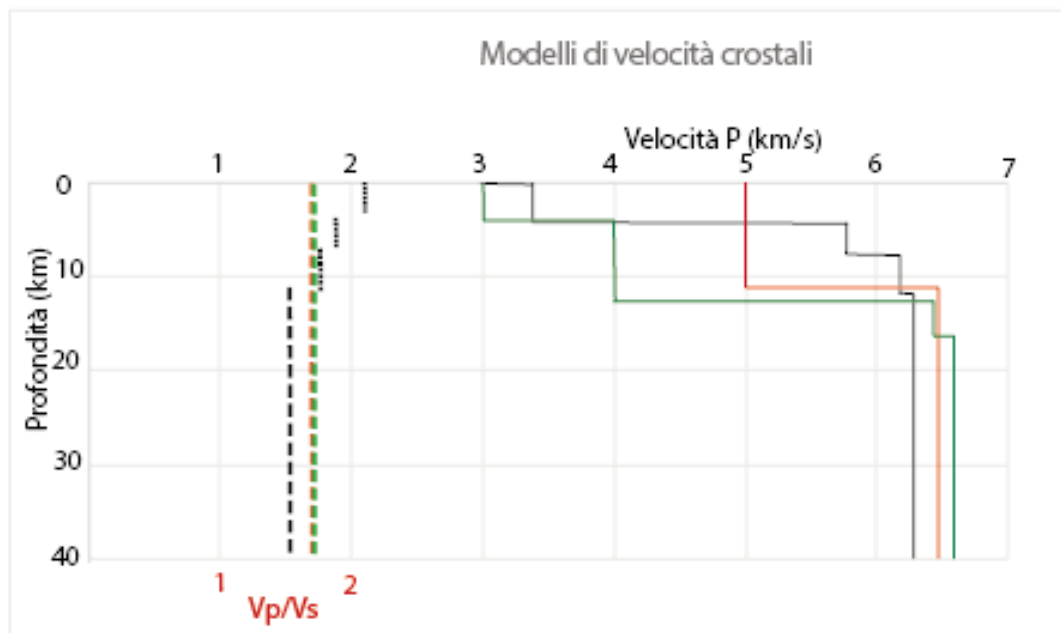


Figura 25 Modelli di velocità utilizzati nelle procedure di localizzazione. La linea continua nera rappresenta la velocità delle onde P nella crosta utilizzata in Govoni et al. [2014] e la linea nera tratteggiata il corrispettivo V_p/V_s calcolato nei vari strati. Le linee verdi continue e tratteggiate rappresentano il modello di velocità utilizzato dagli analisti del bollettino per la sequenza dell'Emilia; le linee rosse continue e tratteggiate rappresentano il modello di velocità standard usato nel BSI (Tab. 2).

Figure 25 Velocity models used in the location procedures. The black solid line is the Govoni et al. [2014] V_p model and the dashed black line is the correspondent V_p/V_s ; the green solid line is the model used by the BSI analysts in the Emilia sequence and the dashed line is the respective V_p/V_s ; the red solid and dashed lines represent the standard velocity model used in BSI (Tab. 2).

Le localizzazioni riportate in Govoni et al. [2014] sono state calcolate utilizzando un modello di velocità crostale specifico, calcolato a partire dai dati stessi. Le localizzazioni del BSI per la sequenza emiliana utilizzano anche esse un modello di velocità crostale diverso dal modello standard (Tab. 2); in figura 25 sono riportati i modelli di velocità delle onde P con i rispettivi rapporti velocità onde P/velocità onde S (V_p/V_s) per i due modelli in questione e anche per il modello standard del BSI (Tab. 2); i modelli utilizzati per le localizzazioni della sequenza emiliana presentano la parte superficiale più lenta, inoltre quello calcolato in Govoni et al. [2014] ha anche un rapporto V_p/V_s variabile con la profondità e piuttosto alto negli strati più superficiali.

Il BSI contiene una lista ragionevolmente completa delle scosse che si sono succedute nella sequenza sismica emiliana; tuttavia, come già descritto nei paragrafi precedenti, la soglia di completezza per questa sequenza resta piuttosto alta a causa della forte antropizzazione dell'area che rende comunque difficile, specialmente nelle ore diurne, la detezione di eventi di magnitudo inferiori a $M_L = 2$.

4.4. Sismicità diffusa

Come osservato nei precedenti anni [Mele et al., 2010b; Arcoraci et al., 2012; Battelli et al., 2013; Berardi et al., 2016] anche nel 2012 l'area appenninica centrale è stata interessata da quella che viene abitualmente definita sismicità diffusa (Fig. 26). Si tratta di migliaia di piccoli terremoti (circa 1600 eventi sismici con magnitudo massima M_L 3.0 e profondità media intorno ai 10 km) che insistono su un'area abbastanza ristretta ma non così circoscritta (spazialmente e temporalmente) da definire un'unica sequenza, così come quelle individuate in questo lavoro attraverso l'algoritmo di *declustering*. Per poter confinare gli eventi rappresentati nella figura 26 è stata applicata sempre la procedura di Reasenberg al dataset, attribuendo però valori inferiori agli errori di localizzazione (2 km in orizzontale e 5 km in verticale).

Passando ad un'analisi descrittiva della sismicità diffusa per il 2012 osserviamo un *cluster* di terremoti che ha interessato in particolare un'area al confine tra Umbria e Marche nei pressi dei comuni di Città di Castello e Fabriano. Più a sud, tra i comuni di Foligno e Spoleto, un *cluster* ancora più significativo.

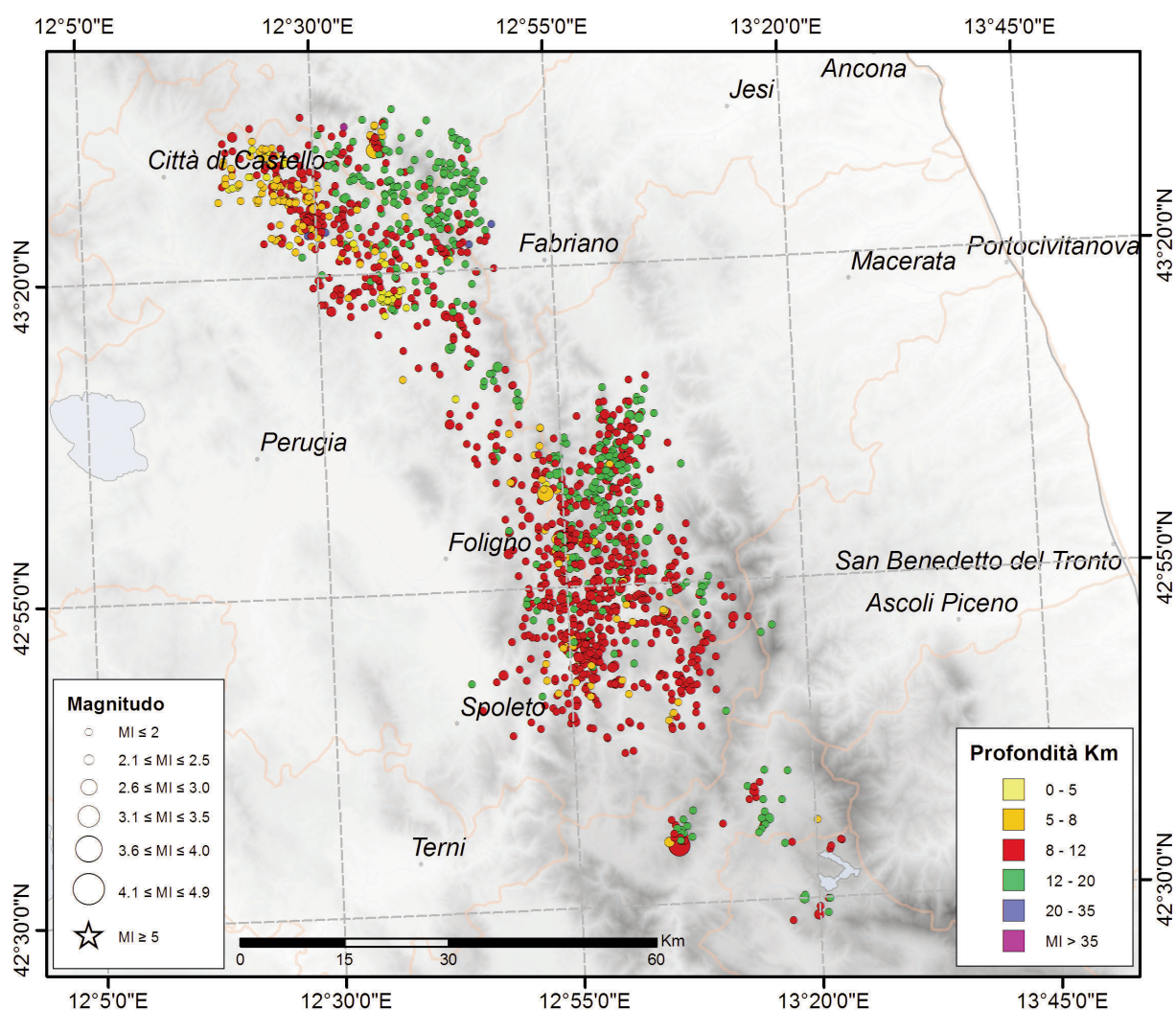


Figura 26 Sismicità diffusa del BSI 2012 nell'Appennino centrale.
Figure 26 Widespread seismicity of BSI 2012 in central Apennines.

4.5. Cluster significativi

In questo paragrafo vengono elencati una serie di piccoli raggruppamenti di eventi (*cluster*) individuati con l'algoritmo di Reasenbergh che, a causa del loro basso numero di repliche (minore di 10), non vengono considerati sequenze: sono caratterizzati da una magnitudo massima uguale o superiore a M_L 3.5 e devono avere almeno due eventi temporalmente e spazialmente ravvicinati. La tabella 7 mostra gli 11 *cluster* più significativi del 2012; uno di questi, il n° 10, scartato dall'algoritmo di Reasenbergh a causa degli errori di localizzazione troppo alti, è stato recuperato successivamente considerando la magnitudo del *mainshock* (M_L 4.5).

È stato escluso dalla lista della tabella 7, in quanto molto distante dalle coste italiane, un altro *cluster* avvenuto tra il 14 e il 15 settembre nel canale di Sicilia, formato da quattro eventi di cui due di magnitudo M_L 3.8 e 3.9.

Il *cluster* più significativo tra quelli riportati in tabella 7 è il

n° 1, avvenuto nell'Appennino settentrionale, e precisamente nella zona della Val di Taro (provincia di Parma). L'evento in questione ha avuto un vasto risentimento in tutta l'Italia centro-settentrionale (<http://mappe.haisentitoilterremoto.it/2221279330/index.html>) sia per il valore di magnitudo (M_L 5.2, M_W 4.9) sia per la notevole profondità ipocentrale (circa 70 km).

Un altro terremoto rilevante è il n° 7, avvenuto sulla costa di fronte a Ravenna; ha avuto una magnitudo M_L pari a 4.5 (M_W 4.0) e una profondità ipocentrale di circa 30 km. Anche questo evento è stato notevolmente risentito in tutto il settore orientale dell'Italia centro-settentrionale (<http://mappe.haisentitoilterremoto.it/7223159280/index.html>) a causa della profondità ipocentrale; essendo inoltre avvenuto non molto distante dall'area interessata dalla sequenza sismica emiliana, ha destato molta preoccupazione nella popolazione.

n°	Area epicentrale	n° ev.	Evento di magnitudo massima				
			Tempo origine	Lat. N	Lon. E	Prof.	M_L
1	Val di Taro	5	1201271453	44.523	10.009	72.4	5.2
2	Tirreno meridionale (Ustica)	9	1202252034	38.537	13.548	10.0	3.9
3	prov. di Alessandria	6	1202291534	44.834	9.016	15.0	3.7
4	Irpinia	8	1203030104	40.821	15.187	15.9	3.7
5	Appennino ligure	2	1203051515	44.494	9.354	10.8	4.2
6	in mare al largo di Palermo	5	1204130621	38.345	13.304	9.2	4.1
7	Ravenna	8	1206060408	44.400	12.322	31.1	4.5
8	zona est di Roma (Pantano)	2	1207091513	41.871	12.714	10.8	3.5
9	Isole Eolie	4	1208301109	38.309	14.866	23.6	3.5
10	Val di Taro – Val Trebbia	12	1210031441	44.783	9.67	23.8	4.5
11	zona Ascoli Piceno	8	1212050118	42.915	13.662	17.5	4.0

Tabella 7 Elenco dei cluster più significativi del 2012 con almeno un evento di magnitudo $M_L \geq 3.5$ e con un numero di eventi inferiore a 10, non inclusi nella tabella 3.

Table 7 List of most significant clusters in 2012 with at least one event of magnitude $M_L \geq 3.5$ and less than 10 events, not included in table 3.

5. Esplosioni in cava

Anche nel corso del 2012, così come per gli anni precedenti, l'utilizzo del software *Zmap* [Wiemer, 2001] sui dati del BSI ha permesso l'individuazione di alcune nuove aree caratterizzate da sismicità di tipo antropico.

Una di queste, mostrata in figura 27, si trova vicino al comune di Albiano, a pochi chilometri da Trento, e come si può osservare, quasi tutti gli eventi (dataset: 1 maggio 2012 – 1 dicembre 2015) si trovano concentrati a ridosso di una serie di cave estrattive situate nelle colline intorno al suddetto comune (Lat 46.09 N – 46.24 N, Lon 10.99 E – 11.26 E). Se si osserva poi l'istogramma orario di questi eventi (Fig. 28), appare del tutto evidente che la distribuzione degli stessi si concentra in due fasce orarie: 10-12 e 14-17 GMT, mentre nel resto della giornata la sismicità è praticamente assente; le magnitudo sono comprese tra M_L 0.6 e 2.0.

Nella figura 29 è mostrata la registrazione di uno di questi eventi antropici registrati dalla stazione sismica di LUSI, installata vicino Riva del Garda (TN), che si trova a circa 25 km dalla zona estrattiva. Si può notare l'inizio compressivo (verso l'alto) del primo arrivo come ci si aspetta nel caso di una esplosione e poi un segnale monocromatico che non evidenzia variazioni in ampiezza. La durata della registrazione è di circa 30 secondi.

La seconda area soggetta ad attività di tipo antropico è

mostrata in figura 30 e si trova in provincia di Cuneo, tra i comuni di Bagnasco e Pievetta. L'attività registrata tra il maggio 2012 e il dicembre 2015 è abbastanza scarsa ma l'istogramma di figura 31 evidenzia che i 24 eventi localizzati sono avvenuti praticamente tutti in orario diurno, tra le 6 e le 10 GMT. Le localizzazioni ipocentrali ricadono nell'area di coordinate: Lat 44.22 N – 44.31 N, Lon 8.00 E – 8.05 E, mentre le magnitudo sono comprese tra i valori di 0.6 e 1.5. Infine la figura 32 mostra i sismogrammi (circa 30 secondi) della componente verticale di uno di questi eventi, di probabile natura antropica, registrato dalle stazioni sismiche dell'Università di Genova di GBOS, in provincia di Cuneo, e di MGRO, in provincia di Imperia. Le due stazioni distano dalle aree di cava, rispettivamente 15 e 30 km. Anche in queste registrazioni le caratteristiche più evidenti sono l'inizio impulsivo e la monocromaticità del segnale.

Illustriamo adesso un evento peculiare riconducibile ad una probabile esplosione, del quale però non risultano notizie ufficiali. L'evento in questione è avvenuto il 31 agosto alle ore 13:22 ora locale e localizzato a circa 3 km al largo della costa della Sicilia settentrionale, in particolare nel mare prospiciente i comuni di Acquadolci e Sant'Agata di Militello, in provincia di Messina. Nella figura 33 si possono osservare le componenti verticali di alcune stazioni sismiche che hanno registrato l'evento: MSFR San Fratello (ME), MNO Monte Soro (ME), PLLN Pollina (PA), IACL Alicudi (ME), IFIL

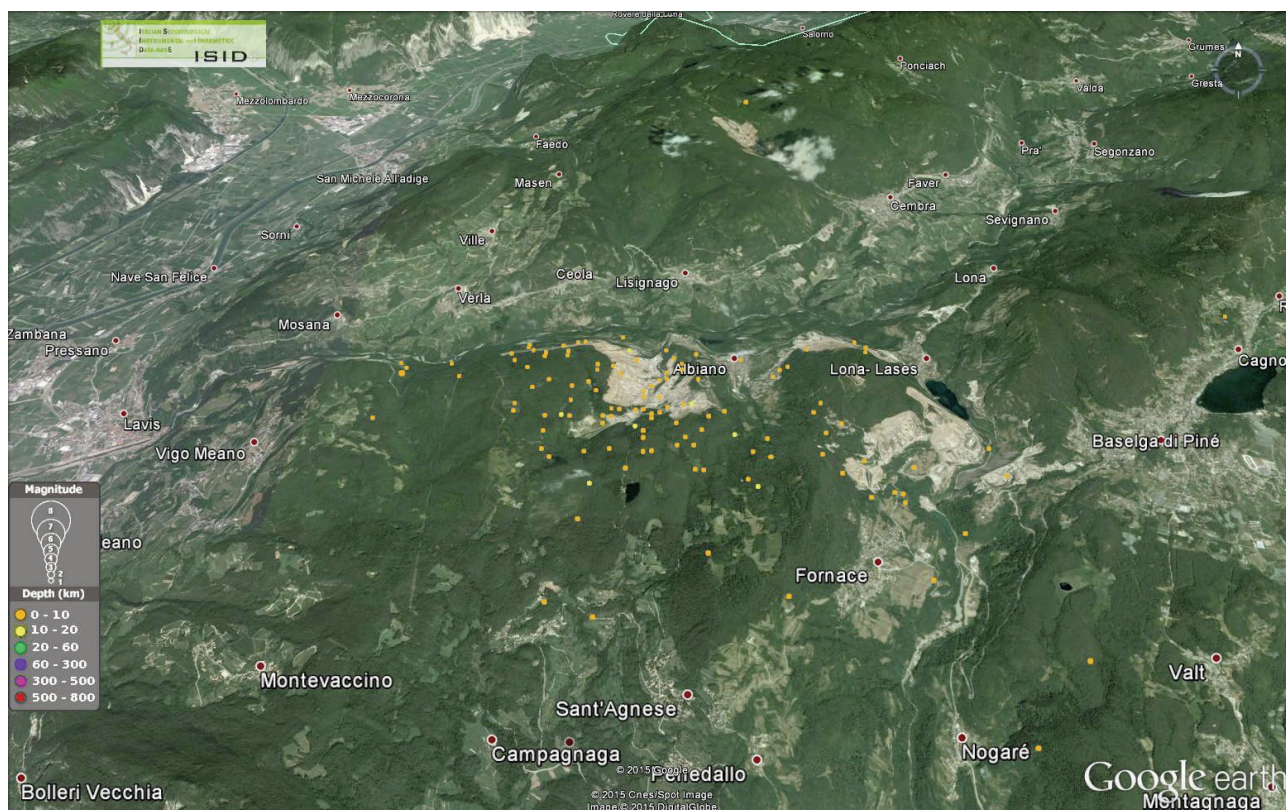


Figura 27 Cluster di eventi di probabile natura antropica presenti nel BSI 2012 localizzati intorno al comune di Albiano, a pochi km da Trento (immagine elaborata con Google Earth).

Figure 27 Cluster of events of probable anthropic nature in the BSI 2012 located near Albiano, few km from Trento (processed image with Google Earth).

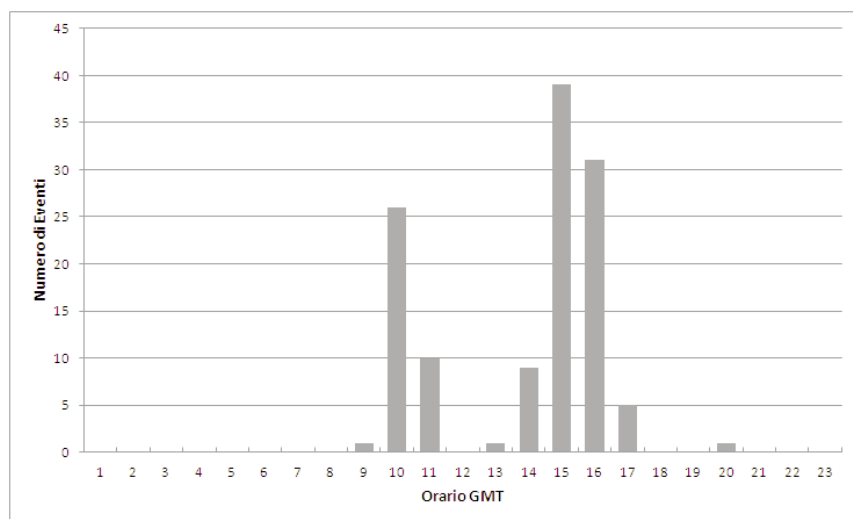


Figura 28 Istogramma della distribuzione oraria degli eventi avvenuti dal 1 maggio 2012 al 1 dicembre 2015 nel comune di Albiano, vicino Trento. L'attività serale e notturna è molto ridotta, se comparata con l'attività diurna.

Figure 28 Hourly distribution of events from (2012/05/01 – 2015/12/01) located in quarry areas near Albiano (Trento). We find an extremely reduced activity during evening and night hours, if compared to diurnal activity.

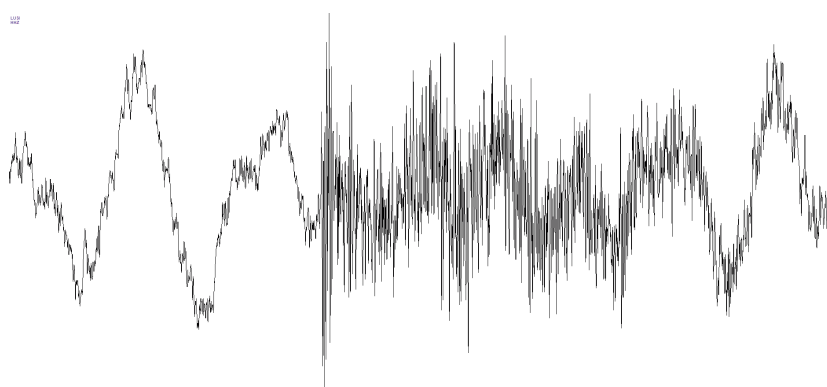


Figura 29 Sismogramma della componente verticale della stazione sismica di LUSI generato da una esplosione in cava a cielo aperto nei pressi di Albiano (prov. di TN). L'onda P iniziale, ad alta frequenza, è seguita da un segnale monocromatico.

Figure 29 Seismogram (vertical component) of the station LUSI due to an explosion in a quarry close to Albiano (Trento). The initial P phase is followed by a monochromatic signal.

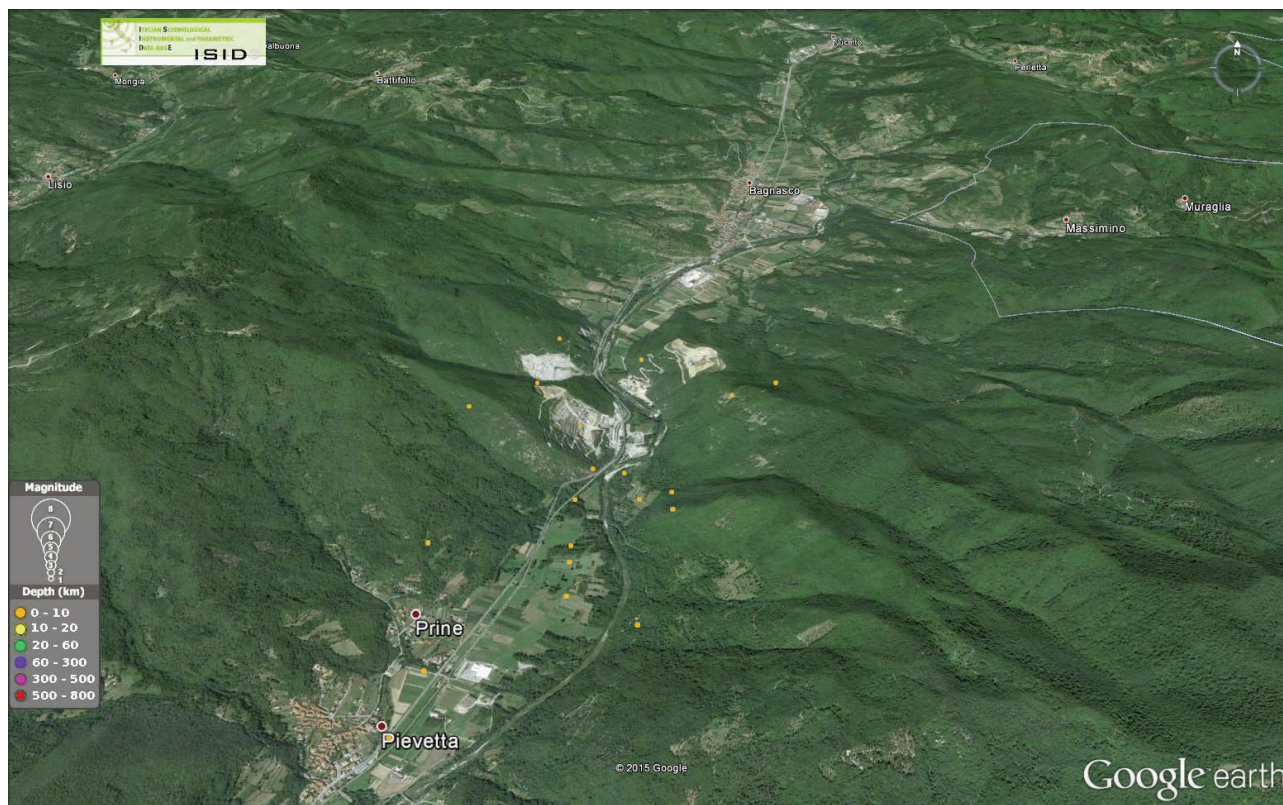


Figura 30 Mappa delle cave situate tra i comuni di Bagnasco e Pievetta (Cuneo) e localizzazione degli eventi di natura antropica (immagine elaborata con Google Earth).

Figure 30 Map of quarries located between the towns of Bagnasco and Pievetta (Cuneo) and location of anthropogenic events (processed image with Google Earth).

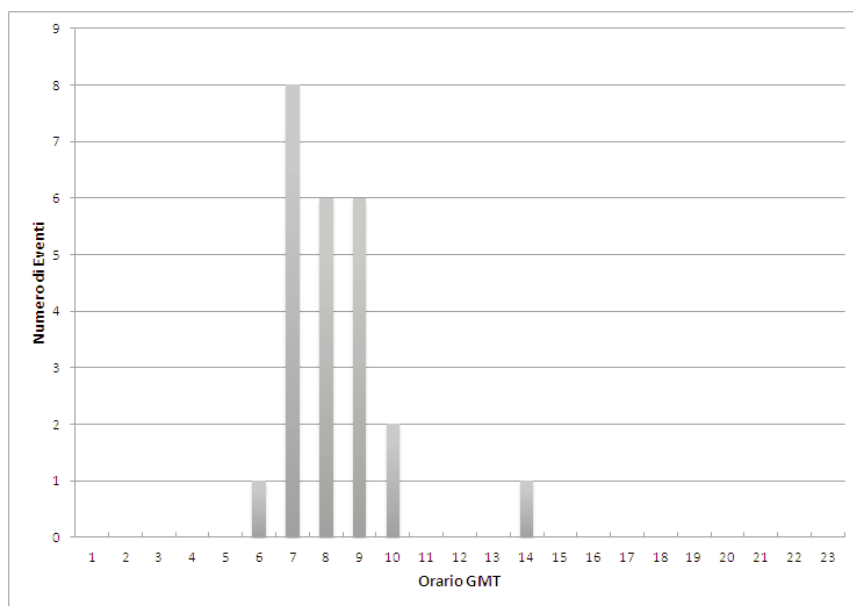


Figura 31 Istogramma della distribuzione oraria degli eventi avvenuti dal 1 maggio 2012 al 1 dicembre 2015 in una zona di cave estrattive situata tra i comuni di Bagnasco e Pievetta, in provincia di Cuneo.

Figure 31 Hourly distribution of events from (2012/05/01 – 2015/12/01) located in quarry areas near Bagnasco and Pievetta (Cuneo).

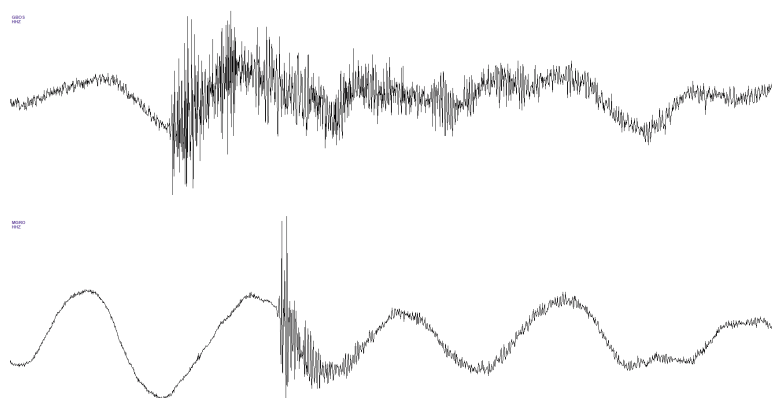


Figura 32 Sismogramma della componente verticale delle stazioni sismiche di GBOS (Cuneo) e MGRO (Imperia) generato da una esplosione in cava vicino al comune di Bagnasco (CN).

Figure 32 Seismogram (vertical component) of the stations GBOS (CN) and MGRO (IM) due to an explosion in a quarry area close to Bagnasco, Cuneo.

Filicudi (ME), ILLI Lipari (ME) e IVPL Vulcano Piano (ME). Dall'osservazione dei sismogrammi quello che si nota è che l'esplosione è ben registrata dalle stazioni ubicate sulla costa settentrionale siciliana mentre si vede appena alle stazioni delle Isole Eolie. Si riconoscono le caratteristiche di un segnale generato da una esplosione: inizio impulsivo e compressivo (verso l'alto) con prevalenza di alta frequenza che però si attenua quasi subito. Il resto della registrazione è dominato da un segnale monocromatico a bassa frequenza. La particolarità evidente è che nelle registrazioni delle stazioni eoliane, più che lo scoppio, è visibile, dopo circa 20-30 secondi, un segnale ad alta frequenza che potrebbe essere identificato come un'onda T. Questo tipo di onde, registrate normalmente dalle stazioni sismiche installate vicino alla costa, sono onde di compressione che viaggiano però nell'acqua, invece che nella roccia, e hanno una velocità di propagazione molto bassa, circa 1,5 km/sec. Quando le onde sismiche generate da un terremoto si propagano all'interno dell'acqua del mare in un intervallo di profondità particolare, ove a causa della salinità e della densità dell'acqua si ha una inversione del gradiente di velocità di propagazione delle onde, esse vengono intrappo-

late in una zona specifica, detta canale SOFAR, e riescono a propagarsi a grandi distanze (<http://www.earth.northwestern.edu/people/emile/PDF/EAO169.pdf>). Una volta giunte però ad una nuova zona di costa, l'energia intrappolata si attenua rapidamente; per questo le onde T sono registrate prevalentemente da stazioni sismiche poste lungo la costa.

6. Frane

I fenomeni franosi sono molto diffusi nel nostro Paese sia sull'arco alpino sia in molte zone dell'Appennino; diverse possono essere le cause che generano sia movimenti di versante in materiali sciolti sia crolli e distacchi di porzioni più o meno grandi di materiali lapidei in aree soggette a dissesto idrogeologico e sottoposte all'erosione legata ai fenomeni atmosferici.

Analizziamo in questo capitolo una delle frane più rilevanti avvenuta nell'arco alpino nel corso del 2012 e precisamente sul versante svizzero, nel Canton Ticino, vicino alla località di Preonzo, a circa 17 km dal confine italiano.

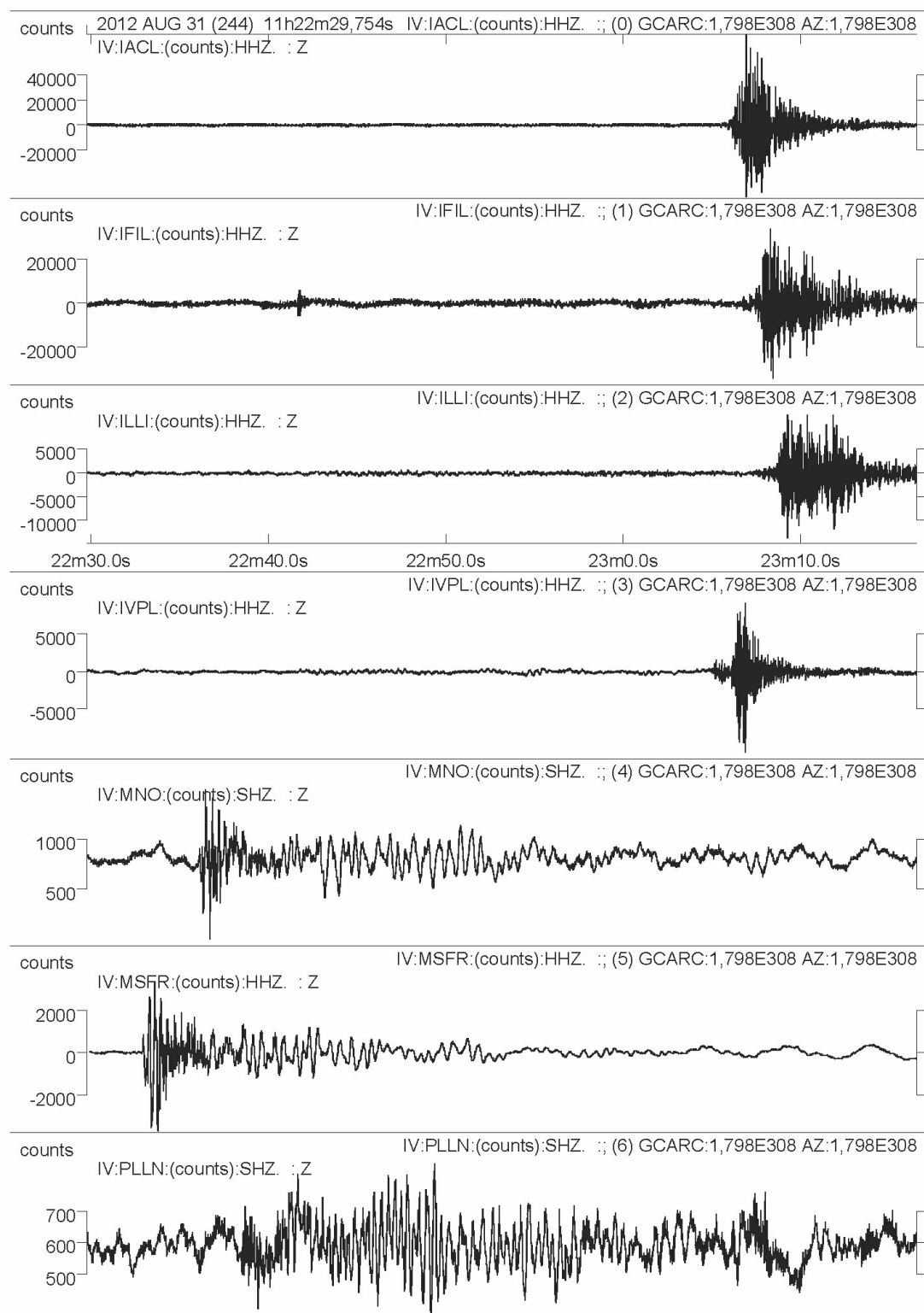


Figura 33 Registrazioni della componente verticale per le stazioni sismiche di MSFR San Fratello (ME), MNO Monte Soro (ME), PLLN Pollina (PA), IACL Alicudi (ME), IFIL Filicudi (ME), ILLI Lipari (ME) e IVPL Vulcano Piano (ME), generate da una esplosione avvenuta al largo della costa siciliana settentrionale.

Figure 33 Recordings of the vertical component of the seismic stations of MSFR San Fratello (ME), MNO Monte Soro (ME), PLLN Pollina (PA), IACL Alicudi (ME), IFIL Filicudi (ME), ILLI Lipari (ME) and IVPL Vulcano Piano (ME), generated by an explosion occurred off the northern coast of Sicily.



Figura 34 Parte sommitale del Monte Valegion dove si evidenziano le enormi fratture che si sono prodotte nella fase iniziale del movimento franoso.

Figure 34 The summit of Mount Valegion where we highlight the huge fractures that are produced at the outset of landslide.

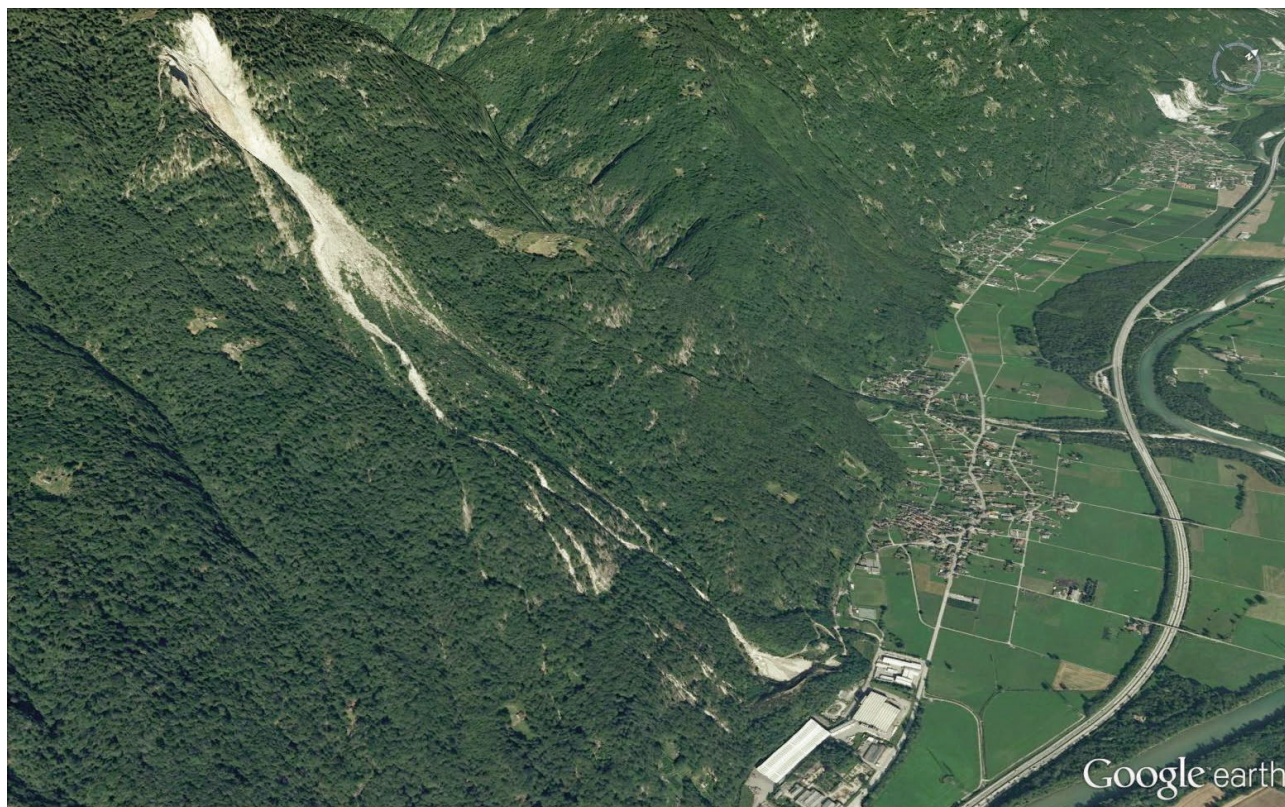


Figura 35 Frana del Monte Valegion del 15 maggio 2012 (immagine elaborata con Google Earth).

Figure 35 Landslide of Mount Valegion of May 15, 2012 (processed image with Google Earth).



Figura 36 Frana del Monte Valegion del 15 maggio 2012 (veduta dal basso).
Figure 36 Landslide of Mount Valegion of May 15, 2012 (view from below).

Durante la notte del 15 maggio, un versante del Monte Valegion (circa 1500 m s.l.m.), notevolmente fratturato sulla cima (Fig. 34), e già noto per eventi simili in passato, ha iniziato a scivolare a causa di una serie di eventi franosi minori per poi concludersi con il crollo più imponente intorno alle 6:30 (ora locale). Si stima che il volume totale del materiale distaccatosi sia di circa 700-800 mila metri cubi (Fig. 35 e 36). La frana è stata registrata da molte stazioni sismiche dell'INGV ubicate nel settore alpino e da quelle della rete sismica Svizzera del SED di Zurigo. Nella figura 37 si possono osservare i sismogrammi della componente verticale di TUE (Stuetta, SO) della RSNI e delle stazioni svizzere di FUSIO e MUGIO; le tre stazioni sono distanti circa 35 km dal settore montuoso interessato dal movimento franoso.

Come evidenziato da Berardi et al. [2016], il sismogramma tipico di una frana differisce da quello di un terremoto di origine tettonica per la presenza di un primo arrivo emergente, che rispecchia l'inizio lento della frana, a cui segue la fase più energetica del crollo principale, seguita infine dalla fase di messa a riposo. Caratteristica è anche la simmetria del segnale registrato così come il contenuto in frequenza di questo tipo di segnali caratterizzato dall'assenza di alte frequenze, specialmente nella parte iniziale del sismogramma.

Per evidenziare meglio queste caratteristiche, si può osservare la figura 38 dove i segnali delle tre stazioni sismiche sono

stati filtrati utilizzando un filtro Butterworth passa-banda con corner frequency tra 1 e 10 Hz e 2 poli. L'eliminazione dei microsismi mette in risalto la classica forma simmetrica della frana con primi arrivi emergenti; la durata della registrazione dell'evento è di circa un minuto.

7. Sintesi della sismicità analizzata nel 2012

Vengono di seguito riportate in tabella 8 le principali caratteristiche della sismicità analizzata per il BSI 2012.

Dal confronto dei valori riportati nella sintesi della sismicità del 2012 rispetto a quelli degli anni precedenti [Mele et al., 2010b; Arcoraci et al., 2012; Battelli et al., 2013; Berardi et al., 2016] si evidenzia un costante aumento del numero di stazioni sismiche operative che negli anni hanno contribuito a migliorare il monitoraggio del territorio italiano e ad abbassare conseguentemente la soglia di detezione degli eventi e la magnitudo degli stessi. Al miglioramento di questi numeri ha contribuito anche l'utilizzo nel corso del 2012 del nuovo sistema di acquisizione automatica *Earthworm*. Un dato interessante è quello del numero di sequenze sismiche individuate nel corso degli anni che risulta piuttosto variabile; si passa dalle 27 del 2009 e del 2012 alle 48 del 2010 e 46 del 2011.

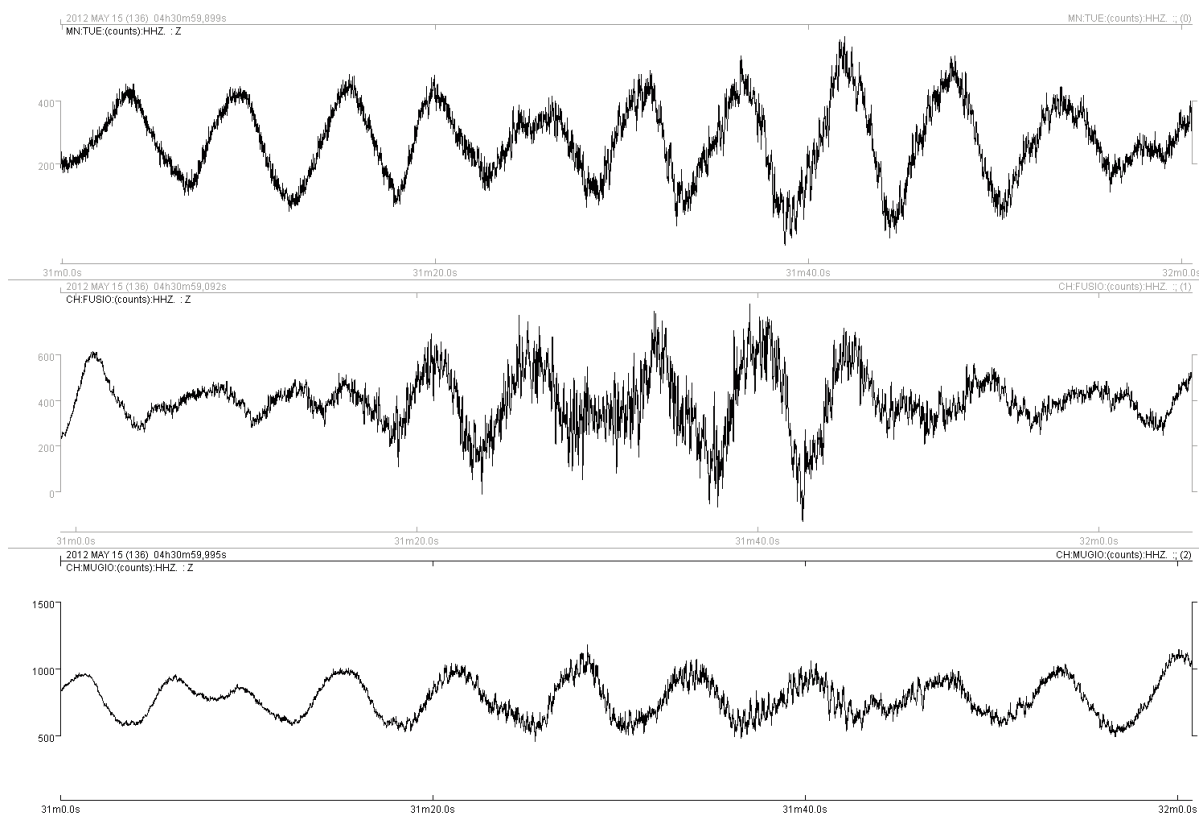


Figura 37 Sismogrammi digitali della componente verticale della stazione sismica TUE (Stuetta, SO) della RSNI e delle stazioni sismiche FUSIO e MUGIO del SED, relativi alla frana del Monte Veleion (15 maggio 2012).
Figure 37 Digital record (vertical component) of the landslide of Monte Veleion registered at station TUE (Stuetta, SO) of the Italian National Seismic Network and of SED stations FUSIO and MUGIO (2012/05/15).

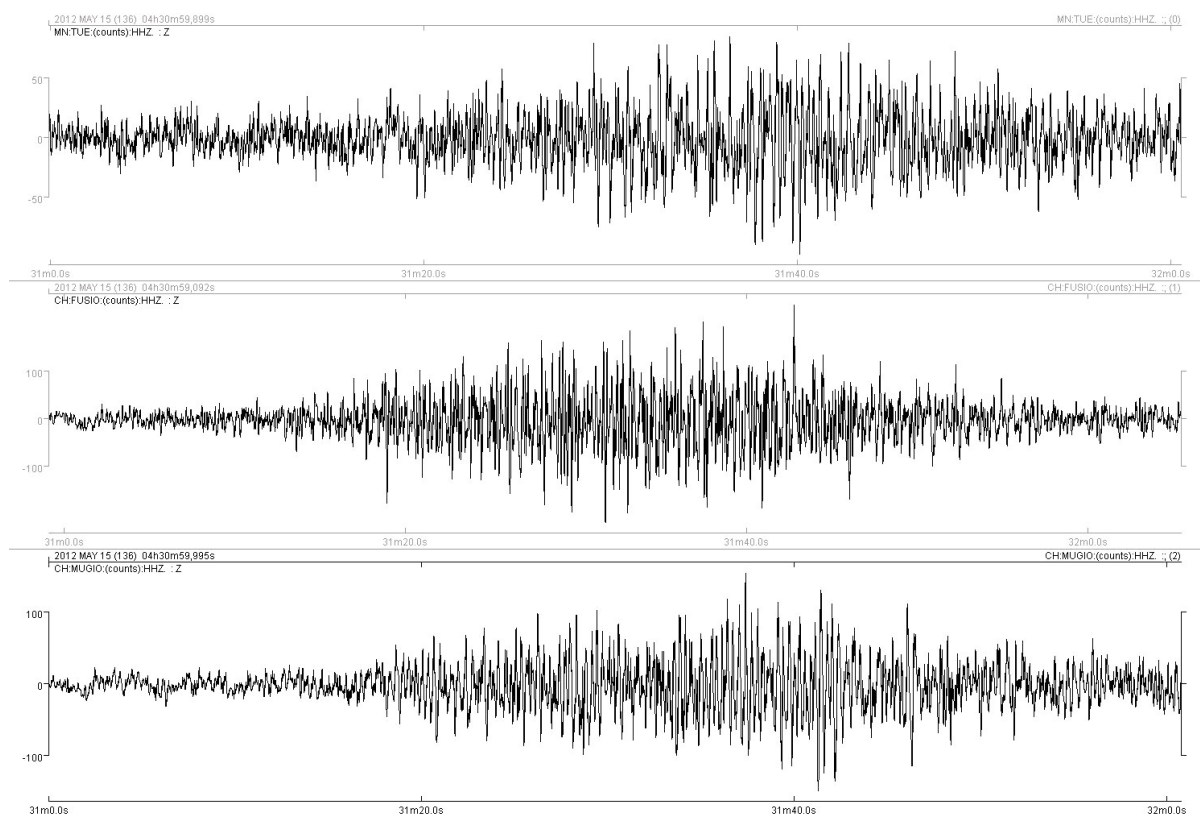


Figura 38 Sismogrammi digitali filtrati della componente verticale della stazione sismica TUE (Stuetta, SO) della RSNI e delle stazioni sismiche FUSIO e MUGIO del SED, relativi alla frana del Monte Veleion.
Figure 38 Filtered digital record (vertical component) of the landslide of Monte Veleion at station TUE (Stuetta, SO) of the Italian National Seismic Network and of SED stations FUSIO and MUGIO.

Tabella riassuntiva		
Rete Sismica Nazionale Italiana (RSNI)	413 stazioni sismiche (vedi tabella 1 e allegato A per dettagli)	
Terremoti localizzati	18221	
Magnitudo massima	5.9 M_L (evento del 20 maggio della sequenza emiliana)	
	5.8 M_L (evento del 29 maggio della sequenza emiliana)	
Distribuzione degli eventi in classi di magnitudo	$0 < M_L \leq 1$	4263
	$1 < M_L \leq 2$	10185
	$2 < M_L \leq 3$	3368
	$3 < M_L \leq 4$	345
	$4 < M_L \leq 5$	55
	$M_L > 5$	5
Magnitudo di completezza (M_C)	1.4 (escludendo la sequenza dell'Emilia-Romagna)	
Numero di sequenze	27 (oltre a quella dell'Emilia-Romagna)	
Principali sequenze	Emilia-Romagna (par. 4.3)	
	Pollino (sequenza n° 2 in tabella 3)	
Eventi di origine antropica	350 ca	

Tabella 8 Sintesi della sismicità del BSI 2012.
Table 8 Synthesis of the seismicity in the BSI 2012.

8. Qualità delle localizzazioni

Nella figura 39 viene mostrata la mappa delle localizzazioni del BSI 2012 per gli eventi di $M_L \geq 2.0$; essi sono rappresentati con un simbolo che è funzione della qualità della localizzazione, della magnitudo e della profondità ipocentrale. Così come riportato da Amato e Mele [2008], per stimare la qualità della localizzazione si utilizza una unica scala di valori $Q = Q1 + Q2$, variabile da -5 a +5; questo parametro

Q combina insieme due fattori di qualità, del tutto simili a quelli usati in *Hypoinverse-2000* [Klein, 2002]. Questi due indici sono $Q1$ (Tab. 9) che tiene conto degli errori formali ottenuti al termine della localizzazione (RMS dei residui ed errori orizzontale e verticale della localizzazione) e $Q2$ (Tab. 10) che tiene conto delle caratteristiche geometriche della distribuzione delle stazioni intorno all'epicentro (gap azimutale e distanza della stazione più vicina confrontata con la profondità ipocentrale).

Qualità $Q1$	RMS pesato	Errore orizzontale	Errore verticale	Numero pesato di fasi (WNP)	Score $Q1$
A	< 0.45 s	< 2 km	< 4 km	≥ 3	1.5
B	< 0.90 s	< 5 km	< 10 km	≥ 3	0.5
C	< 1.50 s	< 10 km	< 10 km	≥ 3	-0.5
D	≥ 1.50 s	≥ 10 km	≥ 10 km	< 3	-1.5

Tabella 9 Parametro di qualità $Q1$ utilizzato per classificare le determinazioni ipocentrali in funzione della bontà della soluzione e degli errori formali. Le condizioni poste per le classi A, B e C sono da considerare tutte necessarie. Un terremoto ha qualità D se non viene rispettata anche solo una delle condizioni necessarie per l'assegnazione della classe C; quindi ciascuna condizione espressa per la classe D è sufficiente. Il valore WNP (Weighted Number of Phases) viene calcolato come somma dei pesi relativi assegnati alle fasi usate per la localizzazione (ogni peso può assumere valori da 0.0 a 1.0).

Table 9 Quality ranking $Q1$ used to class hypocenters according to goodness-of-fit and formal errors. The conditions for classes A, B and C are all necessary. An earthquake has quality D if at least one of the conditions necessary to obtain class C is not verified. The WNP value (Weighted Number of Phases) results from the sum of the relative weights (which values range between 0.0 and 1.0) assigned to the associated arrival times.

Qualità Q2	Massimo gap azimutale	Distanza stazione più vicina	Numero pesato di fasi (WNP)	Score Q2
A	$< 90^\circ$	$< 10 \text{ km o } < \text{Depth}$	≥ 6	3
B	$< 135^\circ$	$< 20 \text{ km o } < 2 * \text{Depth}$	≥ 6	1
C	$< 180^\circ$	$< 100 \text{ km}$	≥ 6	-1
D	$\geq 180^\circ$	$\geq 100 \text{ km}$	< 6	-3

Tabella 10 Parametro di qualità Q2 usato per classificare gli ipocentri in funzione della geometria delle stazioni utilizzate per la localizzazione, della distanza dall'epicentro della stazione più vicina (eventualmente paragonata con la profondità dell'ipocentro) e del numero pesato di fasi. Tutte le condizioni per le classi A, B e C sono da considerarsi necessarie per quella classe. Ciascuna condizione per la classe D è sufficiente.

Table 10 Quality ranking Q2 used to class hypocenters according to stations geometry, distance of the closest station from the epicenter, and weighted number of phases. All the conditions for classes A, B and C are necessary. An earthquake has quality D if one or more conditions D are verified.

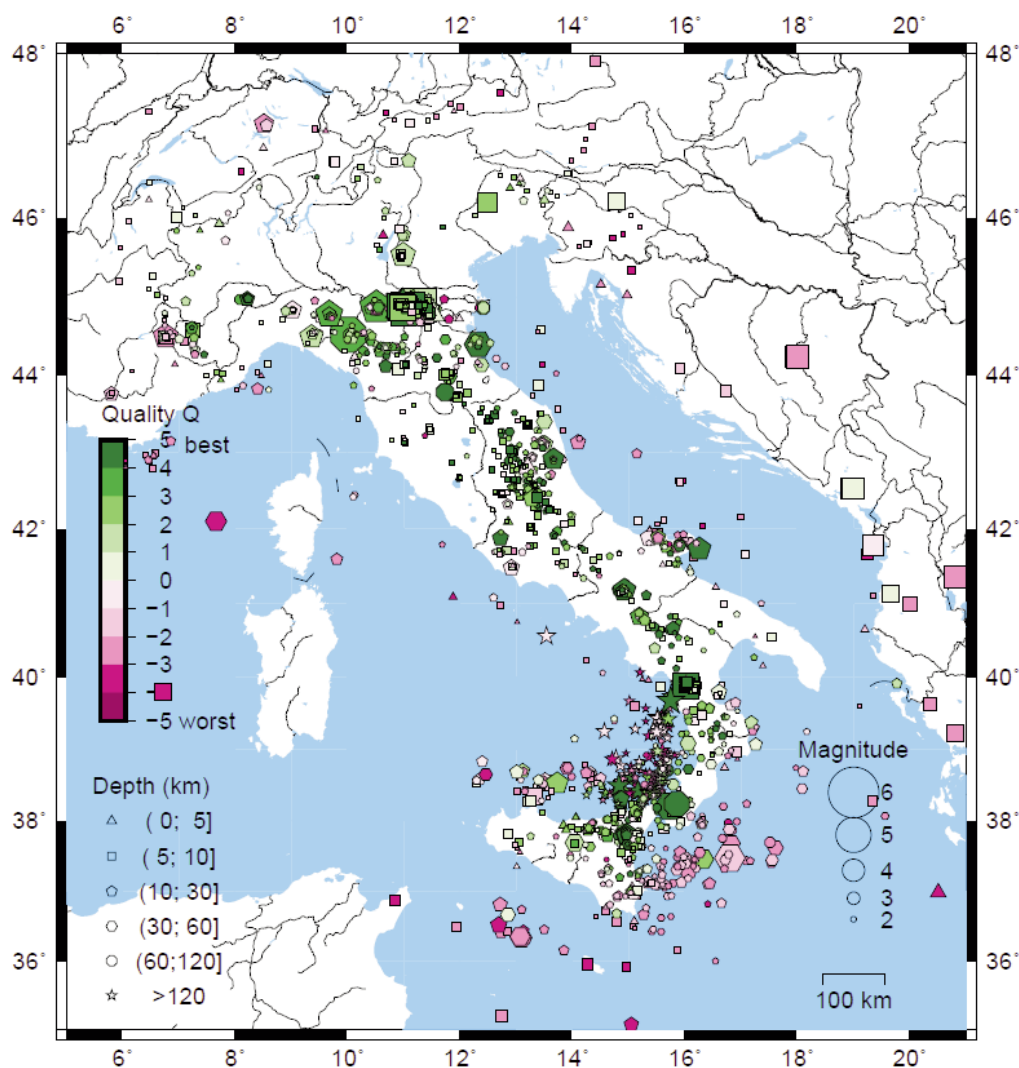


Figura 39 Mappa dei terremoti registrati dalla RSNI nel 2012 con magnitudo $M_L \geq 2.0$. La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, il colore indica la qualità della localizzazione, la forma indica la profondità. La maggior parte delle localizzazioni in area peninsulare risulta di buona qualità; al contrario le localizzazioni dei terremoti che ricadono in mare e al di fuori dei confini nazionali, quelle nella parte più meridionale della Sicilia occidentale (province di Ragusa e Siracusa), gli eventi presso i confini sloveno, austriaco e francese, e quelli nell'area del Promontorio del Gargano hanno spesso scarsa qualità. Le localizzazioni degli eventi della sequenza emiliana, grazie all'installazione di stazioni temporanee supplementari, risultano ben vincolate.

Figure 39 Map of the earthquakes with magnitude $M_L \geq 2.0$, recorded by the RSNI in 2012. The size of the symbols is proportional to the magnitude, the color indicates the quality of the location, the shape indicates the depth. The majority of locations in the peninsular area has good quality; localizations have often poor quality when earthquakes occurred offshore, or outside national borders, as soon as in the southern part of western Sicily (provinces of Ragusa and Syracuse) and near the border with Slovenia, Austria and France or in the Gargano Promontory. The locations of the events of the Emilia sequence, thanks to the installation of additional temporary seismic stations, are well constrained.

Come già evidenziato nel BSI 2011 [Berardi et al., 2016], i terremoti con epicentro in mare hanno localizzazioni di scarsa qualità, così come quelli ricadenti in aree di confine, nonostante i protocolli di scambio di dati in tempo reale con le reti francesi, svizzere e austriache. Anche le localizzazioni dei terremoti in area garganica e in Sicilia occidentale rimangono ancora scarsamente definite mentre la sequenza sismica emiliana, grazie anche all'installazione di stazioni temporanee supplementari in zona epicentrale, risulta ben vincolata.

Analisti del BSI per l'anno 2012

Luca Arcoraci
Patrizia Battelli
Michele Berardi
Corrado Castellano
Giulio Lozzi
Andrea Malagnini
Alessandro Marchetti
Cinzia Melorio
Giorgio Modica
Anna Nardi
Mario Pirro
Antonio Rossi
Sabina Spadoni

Hanno inoltre partecipato all'analisi dei dati della sequenza emiliana: Pasquale De Gori, Massimo Di Bona, Francesco Pio Lucente, Luigi Improta, Claudio Chiarabba, Lucia Margheriti, Nicola Piana Agostinetti, Rita Digiovambattista, Diana Latorre, Mario Anselmi, Milena Moretti, Maria Grazia Ciaccio, Davide Piccinini.

Ringraziamenti

Si ringraziano Aladino Govoni e Carlo Marcocci per l'integrazione nel BSI dei dati della Rete Mobile relativi alla sequenza emiliana.

Si ringrazia Antonio Avallone per le informazioni sulle stazioni GPS della rete RING.

Le figure 2, 3 e 39 sono state realizzate con lo strumento grafico GMT [Wessel and Smith, 1991].

Le figure 27, 30 e 35 sono state realizzate con il software Google Earth.

Acknowledgments

We thank Aladino Govoni and Carlo Marcocci for integration in the BSI of the Mobile Network data of the Emilian sequence.

We thank Antonio Avallone for information on GPS stations

network RING.

Figures 2, 3 and 39 have been realized using the GMT free software [Wessel and Smith, 1991].

Figures 27, 30 and 35 have been realized using the Google Earth software.

Bibliografia

- Amato, A., Badiali, L., Cattaneo, M., Delladio, A., Doumaz, F., e F. Mele, (2006). *The real-time earthquake monitoring system in Italy*. In: Les risques telluriques, N. Olin Ed., Géosciences, 4, september 2006, (http://www.brgm.fr/sites/default/files/somm-revue_geosciences4.pdf).
- Amato, A., e F. Mele, (2008). *Performance of the INGV National Seismic Network from 1997 to 2007*. Annals of Geophysics, 51 (2-3), 417 - 431.
- Arcoraci, L., Battelli, P., Castellano, C., Marchetti, A., Mele, F., Nardi, A., Pirro, M., e A. Rossi, (2012). *Bollettino Sismico Italiano 2009*. Quaderni di Geofisica, 99, INGV, Roma, 49 pp.
- Battelli, P., Arcoraci, L., Berardi, M., Castellano, C., Marchetti, A., Mele, F., Nardi, A., e A. Rossi, (2013). *Bollettino Sismico Italiano 2010*. Quaderni di Geofisica, 115, INGV, Roma, 52 pp.
- Berardi, M., Arcoraci, L., Battelli, P., Castellano, C., Marchetti, A., Mele, F., Nardi, A., e A. Rossi, (2016). *Bollettino Sismico Italiano 2011*. Quaderni di Geofisica, 134, INGV, Roma, 51 pp.
- Carannante, S., Argnani, A., Massa, M., D'Alema, E., Lovati, S., Moretti, M., Cattaneo, M., e P. Augliera, (2015). *The May 20 (MW 6.1) and 29 (MW 6.0), 2012, Emilia (Po Plain, northern Italy) earthquakes: New seismotectonic implications from subsurface geology and high-quality hypocenter location*. Tectonophysics, 655, 2015, 107-123, doi:10.1016/j.tecto.2015.05.015
- Chiarabba, C., De Gori, P., e F. Speranza, (2008). *The Southern Tyrrhenian Subduction Zone: Deep geometry, magmatism and Plio-Pleistocene evolution*. Earth and Planet. Sci. Lett., 268, 408-423.
- Chiarabba, C., De Gori, P., Improta, L., Lucente, F. P., Moretti, M., Govoni, A., Di Bona, M., Margheriti, L., Marchetti, A., e A. Nardi, (2014). *Frontal compression along the Apennines thrust system: The Emilia 2012 example from seismicity to crustal structure*. J. Geodyn., DOI: 10.1016/j.jog.2014.09.003
- Console, R., De Simoni, B., e A. Di Sanza, (1988). *Riesame della relazione magnitudo-durata*. Atti VII° Convegno. G.N.G.T.S., Roma, 51-62.
- Criscuoli, F., Giovani, L., Govoni, A., Margheriti, L., e M. Moretti, (2013). *Terremoto in Emilia Romagna (2012): Le attività della rete sismica mobile stand-alone (RE.MO.)*.

- Rapporti Tecnici INGV, 256, 47 pp.
- De Gori, P., Margheriti, L., Lucente, F.P., Govoni, A., Moretti, M., Pastori, M., Marchetti, A., Di Giovambattista, R., Anselmi, M., De Luca, P., Nardi, A., Piana Agostinetti, N., Latorre, D., Piccinini, D., Passarelli, L., e C. Chiarabba, (2014). *2010-2014 seismic activity images the activated fault system in the Pollino area, at the Apennines-Calabrian arc boundary region*. 33° Conv. Naz. GNGTS, Novembre 2014.
- Dreger, D. S., and D. V. Helmberger, (1993). *Determination of Source Parameters at Regional Distances with Single Station or Sparse Network Data*. Journ. Geophys. Res., 98, 8107-8125.
- Dreger, D.S., (2003). *TDMT_INV: Time Domain Seismic Moment Tensor INVersion*. In: W. K. Lee, H. Kanamori, P. C. Jennings, C. Kisslinger (Eds). International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Vol. 81B, 1627.
- EMERGEO Working Group, (2013). *Liquefaction phenomena associated with the Emilia earthquake sequence of May-June 2012 (Northern Italy)*. Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES), 13, 935-947.
- Govoni, A., Marchetti, A., De Gori, P., Di Bona, M., Lucente, F.P., Improta, L., Chiarabba, C., Nardi, A., Margheriti, L., Agostinetti, N. P., Di Giovambattista, R., Latorre, D., Anselmi, M., Ciaccio, M.G., Moretti, M., Castellano, C., e D. Piccinini, (2014). *The 2012 Emilia seismic sequence (Northern Italy): Imaging the thrust fault system by accurate aftershock location*. Tectonophysics, 622, 44-55.
- Hutton, L.K., e M. Boore, (1987). *The ML scale in southern California*. Bull. Seism. Soc. Am., 77, 2074-2094.
- ISIDe Working Group, (2016). <http://doi.org/10.13127/ISIDe>
- Johnson, C.E., Bittenbinder, A., Bogaert, B., Dietz, L., and W. Kohler, (1995). *Earthworm: a flexible approach to seismic network processing*. IRIS Newsletter, 14, 1-4.
- Kanamori, H., e D.L. Anderson, (1975). *Theoretical basis of some empirical relations in seismology*. Bull. Seism. Soc. Am., 65, 1073-1095.
- Klein, F.W., (2002). *User's Guide to HYPOINVERSE-2000, a Fortran Program to Solve for Earthquake Locations and Magnitudes*. U.S. Geological Survey Open-File Report 02-171, 123 pp.
- Margheriti, L., Amato, A., Braun, T., Cecere, G., D'Ambrosio, C., De Gori, P., Delladio, A., Gervasi, A., Govoni, A., Guerra, I., Lucente, F.P., Moretti, M., e G. Selvaggi, (2013). *Emergenza nell'area del Pollino: le attività della Rete Sismica Mobile*. Rapporti Tecnici INGV, 252, 35 pp.
- Mazza, S., Basili, A., Bono, A., Lauciani, V., Mandiello, A.G., Marocci, C., Mele, F.M., Pintore, S., Quintiliani, M., Scognamiglio, L., e G. Selvaggi, (2012). *AIDA – Seismic data acquisition, processing, storage and distribution at the National Earthquake Center*. INGV, Annals of Geophysics, 55, 4, 2012; doi: 10.4401/ag-6145, 541-548.
- Mele, F., Bono, A., Lauciani, V., Mandiello, A., Marocci, C., Pintore, S., Quintiliani, M., Scognamiglio, L., e S. Mazza, (2010a). *Tuning an Earthworm Phase Picker: Some Considerations on the PICK_EW Parameters*. Rapporti Tecnici INGV, 164, 23 pp.
- Mele, F., Arcoraci, L., Battelli, P., Berardi, M., Castellano, C., Lozzi, G., Marchetti, A., Nardi, A., Pirro, M., e A. Rossi, (2010b). *Bollettino Sismico Italiano 2008*. Quaderni di Geofisica, 85, INGV, Roma, 45 pp.
- Mele, F.M., Moro, R., Marocci, C., e A. Bono, (2016). *ISIDe*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <http://dx.doi.org/10.13127/ISIDe> (<http://ISIDe.rm.ingv.it/>).
- Moretti et al., (2012). *Rapid response to the earthquake emergency of May 2012 in the Po Plain, northern Italy*. Annals of Geophysics, 55, 4, 2012, doi: 10.4401/ag-6152, 583-590.
- Moretti, M., Abruzzese, L., Augliera, P., Azzara, R.M., Bono, A., Bordoni, P., Bucci, A., Cacciaguerra, S., Cara, F., Carannante, S., Cardinale, V., Castagnozzi, A., Cattaneo, M., Cavaliere, A., Cecere, G.P., Chiarabba, C., Chiaraluce, L., Ciaccio, M.G., Coglianò, R., Colasanti, G., Colasanti, M., Criscuoli, F., Cultrera, G., D'Alema, E., D'Ambrosio, C., Danesi, S., De Gori, P., De Luca, G., Delladio, A., Demartin, M., Di Giulio, G., Ercolani, E., Faenza, L., Falco, L., Fiaschi, A., Fondazione Prato Ricerche, Ficeli, P., Fodarella, A., Franceschi, D., Franceschina, G., Frapiccini, M., Giovani, L., Govoni, A., Improta, L., Ladina, C., Lauciani, V., Lolli, B., Mandiello, A., Marocci, C., Margheriti, L., Marzorati, S., Massa, M., Mazza, S., Milana, G., Minichiello, F., Monachesi, G., Morelli, A., Moschillo, R., Pacor, F., Piccinini, D., Piccolini, U., Pignone, M., Pintore, S., Pondrelli, S., Pucillo, S., Quintiliani, M., Riccio, G., Rovelli, A., Salimbeni, S., Sandri, L., Selvaggi, G., Serratore, A., Silvestri, M., Valoroso, L., Vannucci, G., e L. Zaccarell, (2013). *Terremoto in Emilia Romagna: le attività del Pronto Intervento Sismico durante il primo mese di emergenza. Modalità e tempistica*. Quaderni di Geofisica, 110, INGV, Roma, 41 pp.
- Quintiliani, M., e S. Pintore, (2013). *Mole: An Open Near Real-Time Database- Centric Earthworm Subsystem*. Seismol. Res. Lett., 84, 4, 695-701.
- Reasenber, P., (1985). *Second-Order Moment of Central California Seismicity, 1969-1982*. J. Geophys. Res., 90, 5479-5495.
- Scognamiglio, L., Tinti, E., and A. Michelini, (2009). *Real-time determination of seismic moment tensor for Italian*

- region. Bull. Seism. Soc. of Am., 99, 4, 2223-2242.
- Scognamiglio, L., Tinti, E., Michelini, A., Dreger, D.S., Cirella, A., Cocco, M., Mazza, S., e A. Piatanesi, (2010). *Fast Determination of Moment Tensors and Rupture History: What Has Been Learned from the 6 April 2009 L'Aquila Earthquake Sequence*. Seismol. Res. Lett., 81(6), 892-906.
- Scognamiglio, L., Margheriti, L., Mele, F.M., Tinti, E., Bono, A., De Gori, P., Lauciani, V., Lucente, F.P., Mandiello, A., Marcocci, C., Mazza, S., Pintore, S., e M. Quintiliani, (2012). *The 2012 Pianura Padana Emiliana seismic sequence: locations, moment tensors and magnitudes*. Annals of Geophysics 55, 4, doi: 10.4401/ag-6159, 549-559.
- Tertulliani, A., Arcoraci, L., Michele, B., Bernardini, F., Brizuela, B., Castellano, C., Del Mese, S., Ercolani, E., Graziani, L., Maramai, A., Rossi, A., Sbarra, M., e M. Vecchi, (2012). *The Emilia 2012 sequence: a macroseismic survey*. Annals of Geophysics, 55, 4, 679-687.
- Wessel, P. e W.H.F. Smith, (1991). *Free software helps map and display data*. Eos Trans. AGU, 72 (441), 445-446.
- Wiemer, S., (2001). *A software package to analyze seismicity: ZMAP*. Seismol. Res. Lett., 72, 373-382.
- <http://ring.gm.ingv.it>
- <http://www.haisentitoilterremoto.it>

Allegato A

Stazioni della Rete Sismica Nazionale operative nel 2012

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Lon.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte 2012	dismesse 2012
ABSI	Aberst.cld (Samtal)	BZ	Trentino Alto Adige	46.7285	11.3205	1801	STS2-120s			INGV-SI		
ACER	Acerenza	PZ	Basilicata	40.7867	15.9427	690	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
ACOM	Acomizza	UD	Friuli Venezia Giulia	46.5480	13.5137	1788	Trillium-40s			OGS-NI		
AGOR	Agordo	BL	Veneto	46.2829	12.0472	631	STS2-120s			OGS-NI		
AGST	Augusta	SR	Sicilia	37.2565	15.2271	70	Le3D-5s			INGV		
AIO	Antillo	ME	Sicilia	37.9712	15.2330	751	Trillium-40s			MedNet	31/05/12	
ALJA	Alia	PA	Sicilia	37.7490	13.7537	700	Trillium-40s			INGV		
AMUR	Altamura	BA	Puglia	40.9071	16.6041	443	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV		
AOI	Monte Conero	AN	Marche	43.5502	13.6020	530	Trillium-40s			INGV		
APPI	Appiano	BZ	Trentino Alto Adige	46.4787	11.2281	1056	Le3D-5s			INGV		
AQT1	Arquata del Tronto	AP	Marche	42.7738	13.2935	770	Le3D-1s			INGV		
AQU	L'Aquila	AQ	Abruzzo	42.3539	13.4019	729	STS2-120s	Episensor		MedNet		
ARCI	Arcidosso	GR	Toscana	42.8519	11.4754	1080	Trillium-40s	Episensor		INGV		
ARG	Archangelos Rhodes	(GR)	Grecia	36.2160	28.1260	170	Le3D-20s			HL	01/05/12	
ARRO	Arrone	TR	Umbria	42.5792	12.7657	253	Le3D-5s			INGV	18/01/12	
ARSA	Arzberg	(A)	Austria	47.2505	15.5232	577	STS2-120s			AO		
ARVD	Arcevia 2	AN	Marche	43.4981	12.9415	461	Trillium-40s			INGV		
ASOL	Asolo	TV	Veneto	45.8003	11.9023	181		Episensor		INGV		
ASQU	Asqua	AR	Toscana	43.7967	11.7893	860	Trillium-120s	Episensor		INGV		
ASSB	Assisi San Benedetto	PG	Umbria	43.0426	12.6587	734	Trillium-40s			INGV		
ATBU	Serra di Burano	PG	Umbria	43.4757	12.5483	1000	Le3D-5s		si - 1Hz	INGV		
ATCA	Cantone	PG	Umbria	43.5659	12.2661	688	Trillium-40s			INGV		
ATCC	Casa Castalda	PG	Umbria	43.1851	12.6400	557	Le3D-5s			INGV		
ATFO	Monte Focce - Gubbio	PG	Umbria	43.3666	12.5715	960	Trillium-40s		si - 1Hz	INGV		
ATLO	Montelovesco	PG	Umbria	43.3152	12.4073	584	Le3D-5s	Episensor	si - 1Hz	INGV		
ATMC	Monte Cedrone	PG	Umbria	43.4469	12.1928	740	Le3D-5s			INGV		
ATMI	Monte Miggiano	PG	Umbria	43.3342	12.2680	581	Trillium-40s		si - 1Hz	INGV		
ATN	Antennamare	ME	Sicilia	38.1595	15.4647	1130	Le3D-20s			INGV		
ATPC	Poggio Castellaccio	PG	Umbria	43.4807	12.4570	810	Trillium-40s	Episensor		INGV		
ATPI	Pietralunga (Aviosuperficie)	PG	Umbria	43.4507	12.4022	694	Le3D-5s		si (PIET) - 1Hz	INGV		
ATSC	Scheggia	PG	Umbria	43.4240	12.6864	895	Le3D-1s			INGV	29/11/12	
ATTE	Monte Tezio	PG	Umbria	43.1979	12.3536	929	Trillium-40s		si - 1Hz	INGV		
ATVA	Monte Valticella	PG	Umbria	43.2786	12.2853	605	Le3D-5s		si (VALC) - 1Hz	INGV		
ATVO	Monte Valentino	PG	Umbria	42.3821	12.4066	638	Trillium-40s		si (MVAL) - 1Hz	INGV		
BADI	Badiali	PE	Abruzzo	43.5097	12.2443	430	Le3D-5s			INGV		

BAG8	Bagolino	BS	Lombardia	45.8228	10.4664	807	Episensor		INGV		
BAT1^	Gubbio	PG	Umbria	43.3816	12.4357	643	Malin/Le3D-5s		INGV	06/07/12	
BAT2^	Pietralunga	PG	Umbria	43.3704	12.4094	691	Malin/Le3D-5s		INGV	06/07/12	
BAT3^	Pietralunga	PG	Umbria	43.4013	12.4103	580	Malin		INGV	06/07/12	
BDI	Bagni di Lucca	LU	Toscana	44.0624	10.5970	830	Trillium-40s	Episensor	INGV		
BERNI	Berninapass	(CH)	Swizzera	46.4134	10.0231	2310	STS2-120s		ETH		
BHB	Briherasio	TO	Piemonte	44.8352	7.2633	585	Trillium-40s		INGV-IG		
BLOG	Camporeale (Ariano Irpino)	AV	Campania	41.1999	15.1326	623	Trillium-120s	Episensor	INGV	27/09/12	
BLLA	Bellaria	RN	Emilia Romagna	44.1429	12.4703	1	Le3D-1s		INGV		
BLY	Banja Luka	(BiH)	Bosnia-Herzegovina	44.7488	17.1839	256	STS2-120s	Episensor	MedNet		
BNALP	Bannalp	(CH)	Swizzera	46.8705	8.4250	1540	STS2-120s		ETH		
BNI	Bardonecchia	TO	Piemonte	45.0528	6.6763	1407	STS2-120s	Episensor	MedNet		
BOB	Bobbio	PC	Emilia Romagna	44.7679	9.4478	910	Trillium-40s	Episensor	INGV		
BOJS	Bojanci	(SLO)	Slovenia	45.5043	15.2518	252	STS2-120s		SL	01/01/12	
BORM	Bormio	SO	Lombardia	46.4694	10.3764	1235		Episensor	INGV		
BOSI	Bozen-Zivilschutz Zentrale	BZ	Trentino Alto Adige	46.4952	11.3185	242	STS2-120s		INGV-SI		
BOTT	Borticino	BS	Lombardia	45.5494	10.3095	200		Episensor	INGV		
BRES	Bressanone	BZ	Trentino Alto Adige	46.6987	11.7341	2454	Le3D-1s		INGV		
BRIS	Brisighella	RA	Emilia Romagna	44.2245	11.7666	260	Trillium-120s	Episensor	INGV	si - 1Hz	
BRMO	Bormio	SO	Lombardia	46.4760	10.3731	1380	Trillium-40s		INGV		
BSSO	Busso	CB	Molise	41.5461	14.5938	1010	Trillium-40s	Episensor	INGV	si - 0.033 Hz	
BULG	Camerota - Monte Bulgheria	SA	Campania	40.0783	15.3776	815	Trillium-40s	Episensor	INGV	si - 0.033 Hz	
CADA	Capodarco	AP	Marche	43.1942	13.7614	148		Episensor	INGV		
CAFE	Carife	AV	Campania	41.0280	15.2366	1070	Trillium-40s	Episensor	INGV	si - 1Hz	
CAFI	Castiglione Fiorentino	AR	Toscana	43.3292	11.9663	547	Trillium-40s	Episensor	INGV	si - 0.033 Hz	
CAFR	Castel Frentano	CH	Abruzzo	42.2273	14.3470	250	Trillium-40s	Episensor	INGV		
CAGR	Agira	EN	Sicilia	37.6220	14.4999	548	Trillium-40s		INGV		
CAMP	Campotosto	AQ	Abruzzo	42.5358	13.4090	1283	Trillium-120s		INGV		
CAPR	Capriolo	BS	Lombardia	45.6372	9.9345	215		Episensor	INGV		
CARI	Carolei	CS	Calabria	39.2534	16.2114	680	Trillium-40s	Episensor	INGV	si - 1Hz	
CASP	Castiglione della Pescaia	GR	Toscana	42.7908	10.8652	390	Trillium-40s	Episensor	INGV	si - 0.033 Hz	
CAVE	Cavezzo	MD	Emilia Romagna	44.8658	11.0031	18	Trillium-120s		INGV	28/11/12	
CAVT	Castelvetro 2	TP	Sicilia	37.6788	12.7556	158	SSI-Ranger		INGV		
CDCA^	Città Di Castello	PG	Umbria	43.4584	12.2336	50	Le3D-1s	Episensor	INGV		
CDRU	Otati - Civita Di Rura	SA	Campania	40.4896	15.3046	1057	Trillium-40s	Episensor	INGV	si - 0.033 Hz	
CEL	Celeste	RC	Calabria	38.2603	15.8939	702	STS2-120s	Episensor	MedNet	si (CELL) - 1Hz	

CELB	San Piero in Campo - Elba	LI	Toscana	42.7466	10.2107	742	Trillium-40s				INGV	
CELI	Celico	CS	Calabria	39.4027	16.5088	1290	Trillium-120s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
CERA	Filignano	IS	Molise	41.5978	14.0183	800	Trillium-40s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
CERT	Cerreto Laziale	RM	Lazio	41.9490	12.9818	773	Trillium-120s			si - 0.033 Hz	INGV	
CESI	Cesi - Serravalle di Chienti	MC	Marche	43.0049	12.9046	840	Trillium-40s			si - 1Hz	INGV	
CESX^	Cesi	TR	Umbria	42.6100	12.5800	380	Trillium-240s				INGV	
CET2	Cetraro	CS	Calabria	39.5288	15.9546	675	Trillium-40s				INGV	
CGL	Punta Serpeddi	CA	Sardegna	39.3660	9.2960	1050	Le3D-5s				INGV	
CGRP	Cima Grappa	PN	Friuli Venezia Giulia	45.8807	11.8047	1757	STS2-120s	Episensor			OGS-NI	
CIGN	Sant'Elia a Pianisi	CB	Molise	41.6542	14.9050	350	Trillium-40s			si - 1Hz	INGV	
CIMA	Civitanova Marche	AN	Marche	43.3053	13.6701	163		Episensor			INGV	
CING	Cingoli	MC	Marche	43.3756	13.1954	626	Trillium-40s	Episensor			INGV	
CIRO	Champorcer	AO	Valle d'Aosta	45.6019	7.5682	2516	Trillium-40s				INGV-IG	
CLTA	Licata	AG	Sicilia	37.1580	13.9620	246	Trillium-40s				INGV	18/10/12
CLTB	Caltabellotta	AG	Sicilia	37.5786	13.2156	957	STS2-120s				MedNet	
CMPO	Campotto Po	FE	Emilia Romagna	44.5808	11.8056	2	Trillium-40s	Episensor			INGV	
CMPR	Campora	SA	Campania	40.3181	15.3030	732	Trillium-40s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
CNCS	Concesio	BS	Lombardia	45.6060	10.2170	126		Episensor			INGV	23/01/12
CORI	Corinaldo	AN	Marche	43.6318	13.0000	237	Le3D-1s				INGV	
CORL	Corleone	PA	Sicilia	37.8943	13.3038	660	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV	
CPGN	Carpegna	PU	Marche	43.8011	12.3205	1400	Le3D-1s	Episensor			INGV	
CRAC	Craco	MT	Basilicata	40.3650	16.4350	384	Le3D-5s			si - 1Hz	INGV	
CRE	Caprese Michelangelo	AR	Toscana	43.6189	11.9517	1215	Trillium-40s				INGV	
CRJA	Costa Raja	TP	Sicilia	37.8016	13.0043	560	SS1-Ranger				INGV	
CRMI	Castelraimondo	MC	Marche	43.2101	13.0580	302		SF3000			INGV	
CRMI	Carmignano	PO	Toscana	43.7900	10.9700	490	Trillium-40s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
CRND	Cornuda	TV	Veneto	45.8361	12.0131	159		Episensor			INGV	
CSNT	Castellina in Chianti	SI	Toscana	43.4731	11.2902	636	Trillium-40s				INGV	
CSP1	Cessapalombo	MC	Marche	43.0918	13.2048	1188	Le3D-1s				INGV	
CTI	Castello Tesino	TN	Trentino Alto Adige	46.0482	11.6497	1180	Trillium-120s				INGV	
CTL8	Castelleone	CR	Lombardia	45.2763	9.7622	60	Malin	Episensor			INGV	
CUC	Castrocuoco	CS	Calabria	39.9938	15.8155	637	STS2-120s			si (CUCC) - 1Hz	MedNet	
DAVOX	Davos	(CH)	Swizzera	46.7806	9.8797	1830	STS2-120s				ETH	
DGI	Dorgali Grotta Ispinigoli	NU	Sardegna	40.3180	9.6067	354	Trillium-40s				INGV	
DIVS	Divcibare	(SRB)	Serbia	44.0981	19.9917	1000	STS1-VBB				MedNet	01/05/12
DIX	Grand Dixence	(CH)	Swizzera	46.0805	7.4040	2400	STS2-120s				ETH	

DOI	San Damiano Macra	CN	Piemonte	44.5042	7.2467	1039	Trillium-40s			INGV		
DPC	Dobruska - Polom	(CZ)	Repubblica Ceca	50.3583	16.4111	760	STS2-120s			CZ	01/05/12	
EBR	Ebro Roquetas	(E)	Spagna	40.8206	0.4933	40	STS2-120s			SS	01/05/12	
ECNV	Catenanuova	CT	Sicilia	37.5956	14.7125	484	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV-CT		
ECTS	Castiglione di Sicilia	CT	Sicilia	37.8820	15.1210	681	Le3D-1s			INGV		
EL6	Elcito	MC	Marche	43.3293	13.1017	978	Le3D-1s			INGV		
EMV	Vieux Emosson	(CH)	Svizzera	46.0632	6.8989	2210	STS2-120s			ETH		
ENR	Entracque	CN	Piemonte	44.2267	7.4203	1040	Trillium-40s			INGV-IG		
EQUI	Equi Terme	MS	Toscana	44.1660	10.1530	350	CMG40T-60s			INGV-IG	06/12/12	
ERBM	Eremo di Bismantova	RE	Emilia Romagna	44.4195	10.4127	933	Le3D-5s			INGV		
ESLN	Serra La Nave	CT	Sicilia	37.6934	14.9744	1787	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV		
FAEN	Faenza	RA	Emilia Romagna	44.2895	11.8770	41	KS-2000			INGV		
FAGN	Fagnano	AQ	Abruzzo	42.2657	13.5838	761	Trillium-40s			INGV		
FAVR	Favara 2	AG	Sicilia	37.2671	13.6669	258	Trillium-40s			INGV		
FDMO	Fiordimonte	MC	Marche	43.0365	13.0873	550	Trillium-240s			INGV		
FEMA	Monte Fena	MC	Marche	42.9621	13.0498	1370		Episensor		INGV	01/05/12	
FERRB^	Ferrara (Casaglia)	FE	Emilia Romagna	44.9000	11.5400	6	CMG-3TB	CMG-5TB		OGS-NI	06/04/12	
FIAM	Fiamignano	RI	Lazio	42.2680	13.1172	1070	Trillium-120s	Episensor		INGV		
FINB	Finale Ligure	SV	Liguria	44.1775	8.3253	85	Trillium-40s			INGV		
FIR	Firenze	FI	Toscana	43.7744	11.2551	40	Trillium-240s	Episensor		INGV		
FIU	Minerbio - Fondo Fiumicello	BO	Emilia Romagna	44.6403	11.4917	12	Le3D-5s			INGV		
FIU1	Fiuminata	MC	Marche	43.1886	12.9316	479		SF3000		INGV		
FIVI^	Fivizzano	MS	Toscana	44.2393	10.1273	380		Episensor		INGV-IG		
FNVD	Fontana Vidola	BO	Emilia Romagna	44.1678	11.1229	950	Trillium-40s	Episensor		INGV		
FOSV	Fossato di Vico	PG	Umbria	43.2948	12.7612	559	Le3D-5s			INGV		
FRE8	Fregona	TV	Veneto	46.0150	12.3552	543		Episensor		INGV		
FRES	Fresagrandinaria	CH	Abruzzo	41.9735	14.6693	414	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV		
FRON	Frontone	PU	Marche	43.5178	12.7257	515	Le3D-5s			INGV		
FROS	Frosini	SI	Toscana	43.2097	11.1562	432	Trillium-40s			INGV		
FSSB	Fossombrone	PS	Marche	43.6931	12.7771	523	Trillium-40s			INGV		
FUORN	Oferpass	(CH)	Svizzera	46.6202	10.2635	2335	STS2-120s			ETH		
FUSIO	Fusio	(CH)	Svizzera	46.4549	8.6631	1480	STS2-120s			ETH		
FVI	Forni Avoltri	UD	Friuli Venezia Giulia	46.5966	12.7804	1024	CMG40T-30s			INGV		
GAG1	Gagliole	MC	Marche	43.2381	13.0674	484		SF3000		INGV		
GALF	Gagliano Castelferrato	EN	Sicilia	37.7107	14.5665	740	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV		
GATE	Gambatesa	CB	Molise	41.5131	14.9102	487	Trillium-40s	Episensor	si - 1Hz	INGV		

GBOS	Grotte Bossea	CN	Piemonte	44.2416	7.8399	897	Trillium-240s				INGV-IG	
GEPI	Gemonia - Piazza del Ferro	UD	Friuli Venezia Giulia	46.2750	13.1386	12	CMG40T-30s				INGV-RF	
GIB	Gibilmanna	PA	Sicilia	37.9903	14.0262	1005	Trillium-120s			si - 1Hz	INGV	
GIMEL	St Georges-Gimel	(CH)	Svizzera	46.5347	6.2658	1130	STS2-120s				ETH	
GIO	Monte San Gregorio	CT	Sicilia	37.5667	15.1083	200	L4-C-3D				INGV	
GIUL	Giuliano Di Roma	FR	Lazio	41.5583	13.2546	566	Trillium-40s				INGV	
GMB	Gambarie	RC	Calabria	38.1681	15.8289	1300	Le3D-20s				INGV	
GORR	Gorreto	GE	Liguria	44.6071	9.2926	609	Trillium-40s				INGV-IG	14/03/12
GRAM	Graiana	PR	Emilia Romagna	44.4913	10.0658	850	CMG40T-60s				INGV-IG	19/12/12
GRI	Girifalco	CZ	Calabria	38.8221	16.4200	510	L4-C-3D				INGV	
GROG	Isola di Gorgona	LI	Toscana	43.4262	9.8920	118	Trillium-40s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
GUAR	Guarcino	FR	Lazio	41.7945	13.3123	741	Trillium-40s			si - 1Hz	INGV	
GUMA	Gualdo di Macerata	MC	Marche	43.0627	13.3352	574	Trillium-120s			si - 1Hz	INGV	
HAGA	Brucoli	CT	Sicilia	37.2850	15.1550	126	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV-CT	
HAVL	Avola	SR	Sicilia	36.9596	15.1220	502	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV	
HBSP	Bosco San Pietro	CT	Sicilia	37.1270	14.4920	255	Trillium-40s				INGV-CT	18/10/12
HCRL	Carlentini	SR	Sicilia	37.2831	15.0325	240	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV	
HLNI	Lentini - Masseria Cucco	SR	Sicilia	37.3485	14.8720	146	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV	
HMDC	Modica	RG	Sicilia	36.9590	14.7831	595	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV	
HPAC	Pachino	SR	Sicilia	36.7085	15.0372	70	Trillium-40s				INGV-CT	21/11/12
HVZN	Vizzini	CT	Sicilia	37.1783	14.7155	787	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV	
IACL	Alicudi	RC	Calabria	38.5330	14.3550	145	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV-CT	
IDI	Anogia	(GR)	Grecia	35.2880	24.8900	750	STS1-VBB				MedNet	01/05/12
IFIL	Filicudi	ME	Sicilia	38.5642	14.5753	277	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV	
ILLI	Lipari	ME	Sicilia	38.4457	14.9483	283	Trillium-40s			si (LOSV) - 1Hz	INGV	
IMI	Imperia	IM	Liguria	43.9105	7.8932	840	Trillium-40s				INGV	
IMOL	Imola	BO	Emilia Romagna	44.3596	11.7425	27	Le3D-1s	Episensor			INGV	
INTR	Introdacqua	AQ	Abruzzo	42.0115	13.9046	924	Trillium-40s	Episensor			INGV	
IST3	Stromboli (Oss. Fiorentini)	ME	Sicilia	38.7992	15.2304	255	Trillium-40s				INGV-CT	18/10/12
ISTR	Ginostra	ME	Sicilia	38.7866	15.1918	103	Trillium-40s				INGV	
ITM	Ithomi	(GR)	Grecia	37.1787	21.9252	400	Le3D-20s				HL	01/05/12
IVPL	Vulcano Piano	ME	Sicilia	38.3763	14.9801	486	Trillium-40s			si (VCSP) - 1Hz	INGV	
JOPP	Joppolo	VV	Calabria	38.6068	15.8856	500	Trillium-40s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
KEK	Kerkira	(GR)	Grecia	39.7130	19.7987	280	STS2-120s				HL	
KLV	Kalavryta Achaia	(GR)	Grecia	38.0437	22.1504	758	STS2-120s				HL	01/05/12
KOGS	Kog	(SLO)	Slovenia	46.4481	16.2503	396	CMG40T-30s				SL	01/05/12

KOSI	Kohlent-Tischen	BZ	Trentino Alto Adige	46.4630	11.3778	1604	STS2-120s				INGV-SI	
LADO	San Nicola dell'Alto	KR	Calabria	39.2840	16.9795	488	Le3D-5s				INGV-CL	
LATB^	Latina	LT	Lazio	41.4939	12.9624	0	Malin				INGV	19/11/12
LATE	Latera	VT	Lazio	42.6137	11.8040	610	Trillium-40s	Episensor			INGV	
LAV9	Lanuvio	RM	Lazio	41.6778	12.6989	300	Trillium-40s	Episensor			INGV	
LEOD	Capriano del Colle	BS	Lombardia	45.4582	10.1234	92		Episensor			INGV	23/01/12
LJU	Ljubljana	(SLO)	Slovenia	46.0438	14.5278	396	CMG40T-30s				SL	01/01/12
LNSS	Leonessa	RI	Lazio	42.6029	13.0403	1155	Trillium-40s			si - 1Hz	INGV	
LPDG	Lampedusa (Capo Grecale)	AG	Sicilia	35.5183	12.6302	50	Trillium-40s				INGV	19/09/12
LPEL	Lama dei Peligni	CH	Abruzzo	42.0468	14.1832	760	Trillium-40s			si - 1Hz	INGV	
LSD	Lago Serrù - Ceresole Reale	TO	Piemonte	45.4595	7.1343	2285	Trillium-40s	Episensor			INGV-IG	
LTRZ	Laterza	TA	Puglia	40.6033	16.8191	381	Le3D-5s				INGV	
LUSI	Drena	TN	Trentino Alto Adige	45.9595	10.9436	860	STS2-120s				INGV-SI	02/11/12
MA9	Marino	RM	Lazio	41.7702	12.6593	340	Trillium-240s				INGV	
MABI	Malga Bissina	TN	Trentino Alto Adige	46.0549	10.5140	1853	Trillium-40s				INGV	
MAGA	Magasa	BS	Lombardia	45.7753	10.6286	1265	Trillium-40s			si - 1Hz	INGV	
MAIM	Mastiano	LU	Toscana	43.9142	10.4915	200	Trillium-40s				INGV-IG	
MALT	Malatya	(TR)	Turchia	38.3134	38.4273	1120	STS2-120s				Geofon	01/05/12
MAON	Monte Argentario	GR	Toscana	42.4283	11.1309	237	Trillium-40s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
MATE	Matera	MT	Basilicata	40.6491	16.7044	494	STS2-120s				Geofon	
MCEL	Tramutola - Monticello	PZ	Basilicata	40.3249	15.8019	960	Trillium-40s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
MCIV	Monte Givittella	GR	Toscana	42.7786	11.6765	790	Trillium-40s				INGV	
MCPD	Capo Orlando	ME	Sicilia	38.1199	14.7310	199	Trillium-40s				INGV-CT	18/10/12
MCRV	Calabritto - Monte Cervialto	AV	Campania	40.7826	15.1684	1191	Trillium-40s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
MCSR	Castroreale	ME	Sicilia	38.0646	15.2301	1064	Trillium-40s			si - 0.033 Hz	INGV	
MCT	Montecammarata	AG	Sicilia	37.6186	13.6076	1558	Le3D-20s				INGV	
MDAR	Monte Daria	MC	Marche	43.1927	13.1427	940		Episensor			INGV	01/05/12
MDI	Monte di Nese	BG	Lombardia	45.7697	9.7160	954	Trillium-40s	Episensor			INGV	
MELA	Melanico-S. Croce di Magliano	CB	Molise	41.7059	15.1270	115	Trillium-40s	Episensor		si - 1Hz	INGV	
MERA	Merate	LC	Lombardia	45.7054	9.4291	338		Episensor			INGV	01/05/12
MESG	Mesagne	BR	Puglia	42.5894	17.8504	78	Trillium-40s				INGV	
MEU	Monte Lauro	SR	Sicilia	37.1111	14.8300	986	L4-C-3D				INGV	
MFNL	Monte Finestrelle	TP	Sicilia	37.7908	12.9224	677	SSI-Ranger				INGV	
MGAB	Montegabbione	TR	Umbria	42.9126	12.1121	547	Trillium-40s	Episensor		si - 0.033 Hz	INGV	
MGR	Monigerati	SA	Campania	40.1376	15.5535	288	Trillium-40s	Episensor			INGV	
MGRO	Montegrosso (Planlatte)	IM	Liguria	44.0426	7.8082	1690	Trillium-40s				INGV-IG	10/10/12

MIDA	Miranda	IS	Molise	41.6419	14.2540	950	Trillium-40s	Episensor		INGV		
MIGL	Miglionico	MT	Basilicata	40.6044	16.4410	440	Trillium-40s	Episensor	si (SVTO) - 0.033 Hz	INGV		
MILN	Milano	MI	Lombardia	45.4803	9.2321	125		Episensor		INGV	27/01/12	
MILZ	Milazzo Faro	ME	Sicilia	38.2713	15.2313	0	Trillium-40s		si (MILA) - 1Hz	INGV		
MMGO	Monte Maggiasco	AG	Sicilia	37.6620	12.9767	397	SSI-Ranger			INGV		
MMK	Mattmark	(CH)	Svizzera	46.0517	7.9650	2200	STS2-120s			ETH		
MMME	Mongiuffi-Melia	ME	Sicilia	37.9352	15.2539	959	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV	16/05/12	
MMIN	Mormanno	CS	Calabria	39.8910	15.9904	921	Trillium-40s			INGV		
MMUR	Monte Murano	AN	Marche	43.4418	12.9973	800		Episensor		INGV	01/05/12	
MNO	Monte Soro	ME	Sicilia	37.9310	14.6950	1830	Le3D-5s			INGV		
MNOV	Novara di Sicilia	ME	Sicilia	38.0286	15.1356	835	Trillium-40s		si - 1Hz	INGV		
MNS	Montasola	RI	Lazio	42.3855	12.6811	706	Trillium-40s	Episensor		INGV		
MNTP	Montappone	FM	Marche	43.1374	13.4693	325		Episensor		INGV	16/11/12	
MNTV	Mantova	MN	Lombardia	45.1495	10.7897	36		Episensor		INGV	23/01/12	
MOCO	Bicari - Mt. Cornacchia	FG	Puglia	41.3700	15.1580	1049	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
MODE	Modena - Università	MO	Emilia Romagna	44.6297	10.9492	41		Episensor	si - 1-20Hz	INGV		
MODR	Mondragone	CE	Campania	41.1459	13.8779	345	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
MOMA	Monte Martano	PU	Marche	42.8010	12.5682	1040	Trillium-40s	Episensor		INGV		
MONC	Montucco Torinese	AT	Piemonte	45.0739	7.9271	480	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
MOSI	Gro. montoni-Vinschgau	BZ	Trentino Alto Adige	46.6164	10.5495	1957	STS2-120s			INGV-SI		
MPAG	Monte Paganuccio	PU	Marche	43.6292	12.7595	930	Le3D-5s	Episensor		INGV		
MPAZ	Palizzi	RC	Calabria	37.9531	16.0067	496	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV		
MPG	Monte Pellegrino	PA	Sicilia	38.1617	13.3600	600	Le3D-5s			INGV		
MPNC	San Pier Niceto	ME	Sicilia	38.1465	15.3528	479	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV		
MRB1	Apice - Monte Rocchetta	BN	Campania	41.1227	14.9682	688	Trillium-40s	Episensor		INGV		
MRGE	Morge	AO	Valle d'Aosta	45.7698	7.0610	1660	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
MRLC	Muro Lucano	PZ	Basilicata	40.7564	15.4889	605	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
MRVN	Minervino Murge	BA	Puglia	41.0609	16.1958	610	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
MSAG	Monte Sant'Angelo	FG	Puglia	41.7120	15.9096	890	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
MSC	Monte Massico	CE	Campania	41.1915	13.9713	109	S-13			INGV-OV		
MSCL	Scilla	RC	Calabria	38.2320	15.7900	893	Le3D-20s			INGV-CT		
MSFR	San Fratello	ME	Sicilia	38.0339	14.5916	723	Trillium-40s			INGV-CT		
MSRU	Poggio Scudearu	ME	Sicilia	38.2639	15.5083	408	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV		
MSSA	Maissana	SP	Liguria	44.3163	9.5174	930	Trillium-240s			INGV-IG		
MTCE	Montecelio	RM	Lazio	42.0228	12.7422	388	Trillium-40s			INGV		
MTGR	Montagna Grande	TP	Sicilia	37.8934	12.7593	751	SSI-Ranger			INGV		

MTL1	Matelica	MC	Marche	43.2567	13.0096	353	SF3000	INGV		
MTRZ	Monterenzio	BO	Emilia Romagna	44.3128	11.4248	570	Trillium-40s	INGV		
MTSN	Montesano sulla Marcellana	SA	Campania	40.2663	15.7515	1056	Trillium-40s	INGV		
MTTG	Motta San Giovanni	RC	Calabria	38.0031	15.6999	484	Trillium-40s	INGV		
MUCR	Ucria	ME	Sicilia	38.0430	14.8739	1042	Trillium-40s	INGV		
MUGIO	Muggio	(CH)	Swizzera	45.9219	9.0417	830	STS2-120s	ETH		
MURB	Monte Urbino	PG	Umbria	43.2630	12.5246	845	Trillium-40s	INGV		
NARO	Abbazia di Naro	PU	Marche	43.6108	12.5806	272	Trillium-40s	INGV		
NEGI	Perinaldo	IM	Liguria	43.8462	7.7027	734	CMG40T-60s	INGV-IG		
NEVI	Neviano degli Arduini	PR	Emilia Romagna	44.5834	10.3163	480		INGV	25/05/12	
NL9	Nola	NA	Campania	40.9205	14.5450	75	S-13	INGV-OV		
NOCI	Noci	BA	Puglia	40.7888	17.0644	420	Trillium-40s	INGV		
NOV	Novara di Sicilia	ME	Sicilia	38.0278	15.1367	775	Trillium-40s	INGV-CT		
NOVE	Novellara	RE	Emilia Romagna	44.7982	10.7161	16	Le3D-5s	INGV		
NRCA	Norcia	PG	Umbria	42.8336	13.1143	927	Trillium-40s	INGV		
OC9	Casamicciola	NA	Campania	40.7458	13.9008	123	S-13	INGV-OV		
OFFI	Offida	AP	Marche	42.9350	13.6857	320	Trillium-40s	INGV		
OPPE	Oppeano	VR	Veneto	45.3082	11.1724	20		INGV	01/05/12	
ORI	Oriolo Calabro	CS	Calabria	40.0510	16.4504	375	Trillium-40s	INGV		
ORZI	Orzinuovi	BS	Lombardia	45.4056	9.9307	83		INGV		
OSKI	Oschiri	SS	Sardegna	40.8210	9.1083	896	Trillium-40s	INGV		19/09/12
OSSC	Oss. Polifunz. del Chianti (OPC)	FI	Toscana	43.5236	11.2458	452	Trillium-120s	INGV		
OVO	Osservatorio Vesuviano	NA	Campania	40.8275	14.3967	584	Trillium-240s	INGV-OV		
PALA	Cima Pala	PN	Friuli Venezia Giulia	46.2450	12.9240	1280	STS2-120s	OGS-NI		
PALZ	Palazzo San Gervasio	PZ	Basilicata	40.9441	15.9602	450	Trillium-40s	INGV		
PAOL	Paolisi	BN	Campania	41.0312	14.5675	715	Trillium-120s	INGV		
PARC	Parchiule - Borgo Pace	PU	Marche	43.6486	12.2386	580	Trillium-40s	INGV		
PCP	Pian Castagno - Ponzone	AL	Piemonte	44.5413	8.5452	770	Trillium-40s	INGV-IG		
PCRO	Pietralacroce	AN	Marche	43.6077	13.5323	165		INGV	01/05/2012	
PDG	Podgorica	(MNE)	Montenegro	42.4297	19.2608	40	STS2-120s	MedNet		
PE3	Peglio	PU	Marche	43.6960	12.4963	530	S-13	INGV		
PE9	Pescosannita	BN	Campania	41.2333	14.8333	395	S-13	INGV-OV		20/09/12
PESA	Pesaro	PS	Marche	43.9411	12.8402	221	Trillium-40s	INGV		
PETRA	Petralia Soprana	PA	Sicilia	37.8335	14.1148	1547	Trillium-40s	INGV		26/07/12
PGT2	Pioggia	(F)	Corsica	42.5483	8.9994	1130	STS2-120s	RD		01/01/12
PIE1	Piccia	PS	Marche	43.5357	12.5350	665	Trillium-40s	INGV		

PIGN	Pignataro Maggiore	CE	Campania	41.2000	14.1799	398	Trillium-120s	Episensor	si - 1Hz	INGV	
PIO1	Pioraco	MC	Marche	43.1782	12.9838	460		SF3000		INGV	
PIPA	Pietrapaola	CS	Calabria	39.4851	16.8158	479	Trillium-120s	Episensor	si - 1Hz	INGV	
PLAC	Placanica	RC	Calabria	38.4494	16.4383	602	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV	
PLLN	Pollina	PA	Sicilia	37.9926	14.1431	787	Le3D-5s			INGV	
PLMA	Palmaria - Porto Venere	SP	Liguria	44.0498	9.8537	22	Trillium-240s		si (LASP) - 1Hz	INGV	
PLONS	Plons	(CH)	Svizzera	47.0492	9.3807	1068	STS2-120s			ETH	
POFI	Posta Fibreno	FR	Lazio	41.7174	13.7120	878	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV	
POLC	Polcenigo	PN	Friuli Venezia Giulia	46.0266	12.5005	150	CMG40T-30s			OGS-NI	
POPM	Popiglio	PT	Toscana	44.0045	10.7570	440	CMG40T-60s			INGV-IG	
POZ	Pozzuoli	NA	Campania	40.8203	14.1205	3	L4-C-3D			INGV-OV	
PRMA	Parma Università	PR	Emilia Romagna	44.7637	10.3131	78	Trillium-120s		si (PARM) - 1Hz	INGV	
PSB1	Pescio Sannita	BN	Campania	41.2235	14.8108	551	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV	
PTCC	Patocco	UD	Friuli Venezia Giulia	46.4075	13.3540	700	Trillium-40s			INGV	
PTF	Montebello (Guzzano)	PO	Toscana	43.9603	11.0693	533	S-13			INGV	
PTMD	Pantelleria - Kuddia Mida	TP	Sicilia	36.7885	11.9934	626	Trillium-40s		si (PZIN) - 1Hz	INGV	
PTQR	Pietrquaria	AQ	Abruzzo	42.0219	13.4005	957	Trillium-120s			INGV	
PTRJ	Pietraroja	BN	Campania	41.3641	14.5290	1027	Trillium-240s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV	
PTRP	Pietrapertosa	PZ	Basilicata	40.5215	16.0612	1077	Le3D-5s		si - 1Hz	INGV	
PUK	Puke	(AL)	Albania	42.0426	19.8926	900	Trillium-40s			AC	01/01/12
PZUN	Potenza Università	PZ	Basilicata	40.6458	15.8070	820	STS2-120s	Episensor		MEDNet-BA	
PZZ	Prazzo-Stroppo	CN	Piemonte	44.5068	7.1160	1430	Trillium-40s			INGV-IG	
PZZT	Monte Pizzetto	BO	Emilia Romagna	44.1313	10.8617	1236	Trillium-40s			INGV	
QLNO	Quiliano	SV	Liguria	44.3243	8.3459	547	Trillium-40s			INGV	
RAFF	Raffo Rosso	CT	Sicilia	37.2225	14.3624	310	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV	
RAVA	Ravarino	MO	Emilia Romagna	44.7559	11.1188	15	Le3D-5s			INGV	
RDP	Rocca Di Papa	RM	Lazio	41.7583	12.7167	760	Trillium-40s		si (RDPI) - 1Hz	INGV	
REMY	Saint Remy en Bosses	AO	Valle d'Aosta	45.8378	7.1565	2448	Trillium-40s			INGV	
RENF	Remes	(F)	Francia	48.1190	-1.6350	40	STS2-120s			FR	01/05/12
RESU	Resuttano	CL	Sicilia	37.6468	14.0568	785	Trillium-40s		si - 0.033 Hz	INGV	
RISI	Rein in Taufers-Ahrmtal	BZ	Trentino Alto Adige	46.9480	12.0787	1785	STS2-120s			INGV-SI	
RM32	Poggio Cancelli	RI	Lazio	42.5702	13.2932	1362	Le3D-1s	Episensor		INGV	
RM33	Pellecchia - Montereale	AQ	Abruzzo	42.5090	13.2145	1097	Le3D-5s	Episensor		INGV	
RMP	Roma Monte Porzio	RM	Lazio	41.8111	12.7022	380	Trillium-120s		si (RMPO) - 1Hz	INGV	
RNI2	Rionero Sannitico	IS	Molise	41.7033	14.1524	950	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV	
ROM9	ROMA (Sede INGV)	RM	Lazio	41.8284	12.5155	110	Trillium-120s	Episensor		INGV	

RORO	Rocca Rossa	SV	Liguria	44.1122	8.0662	260	CMG3T-100s				INGV-IG	
ROSI	Ro.kopf-Sterzing	BZ	Trentino Alto Adige	46.9281	11.4118	1917	STS2-120s				INGV-SI	
ROTM	Rocchetta Tanaro	AT	Piemonte	44.8493	8.3527	221	Trillium-40s				INGV-IG	
ROVR	Roverè Veronese	VR	Veneto	45.6468	11.0721	1316	Trillium-120s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	
RRL	Cesana Torinese	TO	Piemonte	44.9208	6.7908	2130	Trillium-40s				INGV-IG	
RSM2	Repubblica di San Marino	(RSM)	Rep. San Marino	43.9377	12.4451	645	Trillium-120s				INGV	18/01/12
RSP	Reno Superiore	TO	Piemonte	45.1482	7.2653	1285	Trillium-40s	Episensor	si (RSPX) - 0.033 Hz		INGV-IG	
RTC	Rabat	(MA)	Marocco	33.9881	-6.8569	50	STS1-VBB				MedNet	01/05/12
RUF1	Rufina	FI	Toscana	43.8380	11.5095	243	Le3D-1s				INGV	06/12/12
SABO	Monte Sabotino	GO	Friuli Venezia Giulia	45.9875	13.6336	621	STS2-120s				OGS-NI	
SACR	S. Croce del Sannio	BN	Campania	41.3974	14.7057	859	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	
SACS	S. Casciano dei Bagni	SI	Toscana	42.8491	11.9097	845	Trillium-120s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	
SALB	San Lorenzo Bellizzi	CS	Calabria	39.8772	16.3460	1188	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	
SALO	Salò	BS	Lombardia	45.6183	10.5243	600	Trillium-120s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	
SAMA	S. Maria delle Mole (Ciampino)	RM	Lazio	41.7805	12.5923	119	Trillium-40s				INGV	
SANR	Sandrigio	VI	Veneto	45.6400	11.6099	51		Episensor			INGV	23/01/12
SAOF	Saorge	(F)	Francia	43.9860	7.5530	595	STS2-120s				FR	01/05/12
SATI	Passo Salati	AO	Valle d'Aosta	45.8753	7.8685	3005	Trillium-40s				INGV-IG	
SBPO	S. Benedetto Po	MN	Lombardia	45.0511	10.9199	10	Trillium-40s	Episensor	si - 1-20Hz		INGV	
SC2M	Scurtabò	SP	Liguria	44.4043	9.5343	664	Trillium-40s				INGV-IG	13/03/12
SCHR	S. Chirico Raparo	PZ	Basilicata	40.1992	16.0759	968	Le3D-5s				INGV	
SCTE	Santa Cesarea Terme	LE	Puglia	40.0724	18.4675	150	Trillium-120s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	
SEF1	Sefro	MC	Marche	43.1468	12.9476	518		SF3000			INGV	
SEI	Sant'Agata	FI	Toscana	44.0543	11.3586	610	S-13				INGV	15/04/12
SENI^	Senigallia	AN	Marche	43.7052	13.2331	10	Le3D-1s	Episensor			INGV	
SERM	Semide	MN	Lombardia	45.0099	11.2958	7	Le3D-1s	Episensor			INGV	19/01/12
SERS	Sersale	CZ	Calabria	39.0359	16.6886	1221	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	
SFI	Santa Sofia	FO	Puglia	43.9048	11.8470	548	Le3D-5s	Episensor			INGV	
SGG	S. Gregorio Matrese	CE	Campania	41.3867	14.3792	880	Trillium-40s	Episensor			INGV-OV	
SGRT	San Giovanni Rotondo	FG	Puglia	41.7546	15.7437	960	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	
SGTA	Sant'Agata di Puglia	FG	Puglia	41.1350	15.3650	890	Trillium-40s	Episensor	si - 1Hz		INGV	
SIRI	Monte Sirino - Moliterno	PZ	Basilicata	40.1821	15.8675	1063	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	
SLCN	Sala Consilina	SA	Campania	40.3900	15.6328	986	Trillium-40s	Episensor	si - 1Hz		INGV	
SMA1	San Martino	RI	Lazio	42.6305	13.3353	1150	Le3D-5s				INGV	
SN1#	Capo Mulini Mare	CT	Sicilia	37.5476	15.3975	-2065	CMG1T-360s				INGV-CT	09/06/12
SNAL	S. Angelo dei Lombardi	AV	Campania	40.9254	15.2091	874	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz		INGV	

SNTG	Esanatoglia	MC	Marche	43.2550	12.9406	650	Trillium-120s	Episensor		INGV		
SOI	Sarno	RC	Calabria	38.0732	16.0542	305	Le3D-5s			INGV		
SOLUN	Solunto	PA	Sicilia	38.0919	13.5326	190	Trillium-120s			INGV		
SOR	Termini di Sorrento	NA	Campania	40.5820	14.3350	497	Trillium-40s			INGV-OV		18/09/12
SSFR	Montelago di Sassoferato	AN	Marche	43.4363	12.7823	750	Trillium-40s			INGV		
SSM1	San Severino Marche	MC	Marche	43.2288	13.1770	240		SF3000		INGV		
SSP9	Sansepolcro	AR	Toscana	43.5739	12.1314	324	Le3D-1s			INGV		
SSY	Sortino	SR	Sicilia	37.1577	15.0737	600	Trillium-40s		si (SSYX) - 0.033 Hz	INGV		
STAL	Staligial	PD	Friuli Venezia Giulia	46.2601	12.7104	625	Trillium-120s	Episensor		INGV		
STON	Ston	(HR)	Croazia	42.8715	17.6990	50	CMG40T-30s			CR	01/01/12	
STR3	Stromboli 3	ME	Sicilia	38.7978	15.2305	195	CMG40T-60s			INGV-OV		
STR4	Stromboli 4	ME	Sicilia	38.7739	15.2115	86	CMG40T-60s		si (SVIN) - 1Hz	INGV-OV		
STR5	Stromboli 5	ME	Sicilia	38.7911	15.2032	632	CMG40T-60s			INGV-OV		20/09/12
STV	Sant'Anna di Valdieri	CN	Piemonte	44.2455	7.3260	930	Trillium-240s			INGV		
T0104	Coppito - Madonna delle Grazie	AQ	Abruzzo	42.3593	13.3395	741	Trillium-120s	Episensor		INGV		
TAMR	Tamra	(TN)	Tunisia	37.0469	9.1091	93	STS2-120s			TT	01/05/12	
TATN	Tataouine	(TN)	Tunisia	32.5787	10.5292	550	STS2-120s			TT	01/05/12	
TEOL	Teolo	PD	Veneto	45.3617	11.6739	370	Trillium-120s		si - 1Hz	INGV		
TERO	Teramo	TE	Abruzzo	42.6228	13.6039	673	Trillium-40s	Episensor		INGV		
THTN	Tala	(TN)	Tunisia	35.5616	8.6881	1095	STS2-120s			TT	01/05/12	
TIP	Timpagrande	KR	Calabria	39.1794	16.7583	789	STS2-120s	Episensor		MedNet		
TIR	Tirana	(AL)	Albania	41.3472	19.8631	247	STS2-120s		si (TIRA) - 0.033 Hz	MedNet		
TOLF	Tolfa	RM	Lazio	42.0641	12.0002	371	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
TPE	Tepelene	(AL)	Albania	40.2947	20.0094	273	CMG40T-60s			AC	20/12/12	
TR9	Trevico	AV	Campania	41.0458	15.2320	1094	L4-C-3D			INGV-OV		
TRAV	Traversella	TO	Piemonte	45.5127	7.7470	990	Trillium-40s			INGV-IG		
TRE1	Treia	MC	Marche	43.3112	13.3128	330		SF3000		INGV		
TREG	Tregnago	VR	Veneto	45.5230	11.1606	342		Episensor		INGV		
TRI	Trieste	TS	Friuli Venezia Giulia	45.7088	13.7642	161	Trillium-40s	Episensor		INGV		
TRIF	Trifonti	GR	Toscana	43.1148	10.9027	596	Trillium-40s			INGV		
TRIV	Trivento	CB	Molise	41.7666	14.5502	598	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
TRTR	Tortoreto Alta	TE	Abruzzo	42.8081	13.9138	160	Trillium-40s	Episensor		INGV		
TUE	Stuetta	SO	Lombardia	46.4722	9.3473	1924	STS2-120s	Episensor	si (STUE) - 1Hz	MedNet		
USI	Ustica	PA	Sicilia	38.7079	13.1791	285	Trillium-40s		si (USIX) - 1Hz	INGV		
VAGA	Valle Agricola	CE	Campania	41.4154	14.2342	795	Trillium-40s	Episensor	si - 0.033 Hz	INGV		
VARE	Varese	VA	Lombardia	45.8677	8.7700	1219	Trillium-40s			INGV		

VCEL	Villa Celiera	PE	Abruzzo	42.3946	13.8406	1185	Le3D-5s				INGV		
VENT	Ventotene	LT	Lazio	40.7948	13.4216	108	Le3D-5s			si - 1Hz	INGV		
VINO	Villanova	UD	Friuli Venezia Giulia	46.2538	13.2755	608	CMG3T-100s				OGS-NI		
VLC	Villa Colle Mandina	LU	Toscana	44.1591	10.3862	562	STS2-120s	Episensor			MedNet		
VLO	Vlore	(AL)	Albania	40.4686	19.4955	80	Trillium-40s				AC	01/01/12	
VMG	Villore del Mugello	FI	Toscana	43.9617	11.5438	450	S-13				INGV		
VOBA	Vobarno	BS	Lombardia	45.6429	10.5040	292		Episensor			INGV		
VRI	Vrancioia	(RO)	Romania	45.8657	26.7277	475	STS2-120s	Episensor			RO	01/05/12	
VSL	Villasalto	CA	Sardegna	39.4960	9.3780	370	STS1-VBB				MedNet		
VTS	Vitosha	(BG)	Bulgaria	42.6180	23.2350	1490	STS1-VBB				MedNet	01/05/12	
VULT	Monte Vulture-Melfi	PZ	Basilicata	40.9549	15.6163	1101	Trillium-40s	Episensor		si - 1Hz	INGV		
VULD	Villavallelonga	AQ	Abruzzo	41.8697	13.6232	1051	Trillium-40s			si (VVLO) - 1Hz	INGV		
WDD	Wield Dalam	(M)	Isola di Malta	35.8373	14.5242	44	STS2-120s			si (MALT) - 1Hz	MedNet		
WTTA	Wartenberg	(A)	Austria	47.2637	11.6363	1764	STS2-120s				AO		
ZAG	Zagreb	(HR)	Croazia	45.8268	15.9868	188	CMG40T-30s				CR	01/01/12	
ZCCA	Zocca	MO	Emilia Romagna	44.3509	10.9765	700	Trillium-40s				INGV		
ZEN8	San Zeno di Montagna	VR	Veneto	45.6378	10.7319	596		Episensor			INGV		
ZOVE	Zovencedo	VI	Veneto	45.4536	11.4876	376		Episensor			INGV		

Allegato B

Stazioni temporanee
installate nel 2012 dal
Gruppo di Pronto Intervento
Sismico dell'INGV

STAZIONI TEMPORANEE 2012											
Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Lon.	H	veloc.	accel.	rete	aperte 2012	dismesse 2012
T0701	Vigianello	PZ	Basilicata	39.9862	16.1161	882		Episensor	INGV	30/05/12	
T0702	Acquaformosa	CS	Calabria	39.7209	16.0835	883	Le3D-Lite		INGV	30/05/12	
T0711	San Lorenzo - Rotonda	PZ	Basilicata	39.9357	16.0618	751	Le3D-5s	Episensor	INGV		21/03/12
T0712	Santa Domenica di Talao	CS	Calabria	39.8205	15.8519	248	Le3D-5s	Episensor	INGV		12/07/12
T0713	Castelluccio Superiore	PZ	Basilicata	40.0085	15.9760	667	Le3D-5s		INGV		13/07/12
T0714	Laino Borgo	CS	Calabria	39.9499	15.9681	303	Le3D-5s		INGV		13/07/12
T0715	Morano Calabro	CS	Calabria	39.8384	16.0683	1044	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV		12/07/12
T0716	Piano Incoronata-Rotonda	PZ	Basilicata	39.9487	16.0224	560	Le3D-5s	Episensor	INGV		13/07/12
T0721	Laino Castello	CS	Calabria	39.9369	15.9769	535	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	26/10/12	
T0724	Tremoli	CS	Calabria	39.8488	15.8765	357	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	27/10/12	
MIR07	sede Polizia Stradale, Ostiglia	MO	Emilia Romagna	45.0810	11.1301	13	Le3D-5s	Episensor	INGV	10/07/12	11/09/12
T0800	Massa Finalese	MO	Emilia Romagna	44.8486	11.2479	9	Trillium-120C	Episensor	INGV	21/05/12	11/09/12
T0802	San Felice sul Panaro	MO	Emilia Romagna	44.8750	11.1816	9		Episensor	INGV	21/05/12	27/08/12
T0803	Dosso - Cento	FE	Emilia Romagna	44.7668	11.3508	10		Episensor	INGV	21/05/12	27/08/12
T0805	Bondeno	FE	Emilia Romagna	44.9187	11.3226	5		Episensor	INGV	22/05/12	27/08/12
T0811	Crevalcore - Palata Pepoli	BO	Emilia Romagna	44.7838	11.2265	10	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	20/05/12	31/07/12
T0812	Poggio Rusco - Stoppiano	MN	Lombardia	44.9547	11.1809	7	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	20/05/12	19/09/12
T0813	Finale Emilia - Massa Finalese	MO	Emilia Romagna	44.8778	11.1992	1	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	20/05/12	
T0814	Carpi - Cortile	MO	Emilia Romagna	44.7933	10.9692	16	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	20/05/12	19/09/12
T0815	Correggio	RE	Emilia Romagna	44.8731	11.7198	2	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	22/05/12	18/09/12
T0816	San Bartolomeo in Bosco	FE	Emilia Romagna	44.7207	11.5976	1	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	21/05/12	18/09/12
T0817	Salara - Veratica	RO	Veneto	44.9916	11.4559	0	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	21/05/12	18/09/12
T0818	Concordia sulla Secchia	MO	Emilia Romagna	44.9348	11.0304	5	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	21/05/12	19/09/12
T0819	Novi di Modena	MO	Emilia Romagna	44.8873	10.8987	19	Le3D-5s	Episensor	INGV	20/05/12	
T0820	Chiesuol del Fosso	FE	Emilia Romagna	44.7912	11.5732	8	Le3D-5s	Episensor	INGV	20/05/12	09/07/12
T0821	Casaglia	FE	Emilia Romagna	44.9035	11.5405	3	Le3D-5s	Episensor	INGV	20/05/12	17/12/12
T0822	Casumaru - Bondeno	FE	Emilia Romagna	44.8328	11.3455	7	Le3D-Lite (1s)		INGV	20/05/12	27/11/12
T0823	Castello d'Argile	BO	Emilia Romagna	44.6862	11.2771	14	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	26/05/12	19/09/12
T0824	Soliera	MO	Emilia Romagna	44.7594	10.9276	72	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	27/05/12	19/09/12
T0825	Gonzaga	MN	Lombardia	44.9730	10.8469	7	Le3D-5s		INGV	29/05/12	09/08/12
T0826	Rio Saliceto - Ca' de Frati	RE	Emilia Romagna	44.8394	10.8113	13		Episensor	INGV	29/05/12	09/08/12
T0827	Moglia	MN	Lombardia	44.9377	10.9319	11	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	30/05/12	19/09/12
T0828	Carpi - Fossoli	MO	Emilia Romagna	44.8308	10.9143	13	Le3D-Lite (1s)	Episensor	INGV	30/05/12	19/09/12

Indice

1. La Rete Sismica Nazionale nel 2012	5
2. I sistemi per l'analisi real-time dei segnali sismici attivi nel 2012	8
3. La sismicità italiana nel 2012	9
4. Sequenze sismiche del 2012	12
4.1 Criteri di selezione	14
4.2 Principali sequenze sismiche nel 2012	16
4.2.1 Alpi occidentali	16
4.2.2 Prealpi venete e Appennino settentrionale	16
4.2.3 Appennino centrale	18
4.2.4 Appennino meridionale e arco calabro	22
4.2.5 Sicilia	22
4.3 La sequenza sismica emiliana	24
4.4 Sismicità diffusa	28
4.5 Cluster significativi	29
5. Esplosioni in cava	30
6. Frane	32
7. Sintesi della sismicità analizzata nel 2012	35
8. Qualità delle localizzazioni	37
Analisti del BSI per l'anno 2012	39
Ringraziamenti - Acknowledgments	39
Bibliografia	39
ALLEGATO A: Stazioni della Rete Sismica Nazionale operative nel 2012	43
ALLEGATO B: Stazioni temporanee installate nel 2012 dal Gruppo di Pronto Intervento Sismico dell'INGV	57

Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Rapporti tecnici

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2017 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>

