

Bollettino Sismico Italiano 2010

Quaderni di
Geofisica



115



Quaderni di Geofisica

Editorial Board

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (INGV - RM1)

Luigi Cucci (INGV - RM1)

Nicola Pagliuca (INGV - RM1)

Umberto Sciacca (INGV - RM1)

Alessandro Settimi (INGV - RM2)

Aldo Winkler (INGV - RM2)

Salvatore Stramondo (INGV - CNT)

Gaetano Zonno (INGV - MI)

Viviana Castelli (INGV - BO)

Marcello Vichi (INGV - BO)

Sara Barsotti (INGV - PI)

Mario Castellano (INGV - NA)

Mauro Di Vito (INGV - NA)

Raffaele Azzaro (INGV - CT)

Rosa Anna Corsaro (INGV - CT)

Mario Mattia (INGV - CT)

Marcello Liotta (Seconda Università di Napoli, INGV - PA)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 095 7165844

redazionecen@ingv.it

Bollettino Sismico Italiano 2010

Italian Seismic Bulletin 2010

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

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

Bollettino Sismico Italiano 2010

Questo lavoro descrive lo stato della Rete Sismica Nazionale Italiana e le principali caratteristiche della sismicità in Italia nell'anno 2010. In quell'anno la rete era costituita da 313 sensori velocimetrici e 107 accelerometri; furono localizzati, in Italia e nelle regioni e mari circostanti, oltre 14500 terremoti, con un valore complessivo di magnitudo minima di completezza $M_C = 1.6$. Gran parte della sismicità si presenta in forma di *cluster*, cioè in gruppi di eventi concentrati nello spazio e nel tempo: nel 2010 oltre il 70 % dei terremoti localizzati in Italia appartiene ad oltre 430 *cluster*. La selezione di gruppi di eventi con almeno 20 terremoti di qualunque magnitudo, oppure con almeno 10 terremoti di cui uno di magnitudo 2.5 o superiore, oppure con almeno due terremoti dei quali almeno uno con magnitudo 3.5 o superiore, conduce per il Bollettino Sismico Italiano 2010 ad una lista di 48 *cluster* significativi. Il Bollettino Sismico Italiano (BSI) include anche eventi sismici di origine antropica, causati da esplosioni in cava; analizzando il bollettino degli ultimi 7 anni abbiamo individuato 16 aree estese in cui sono presenti attività estrattive; tuttavia la presenza di cave sul territorio è talmente diffusa che certamente tale elenco non può essere considerato esaustivo. Le aree d'estrazione spesso coincidono con regioni ad alto tasso di sismicità. Le registrazioni dei terremoti generati da esplosione mostrano spesso caratteristiche peculiari (primo impulso compressivo e presenza di una fase sismica secondaria a bassa frequenza). Queste caratteristiche non sono evidenti in tutte le registrazioni generate da esplosioni, e quindi non sono sufficienti per escludere la totalità di tali eventi dal bollettino. Allo stato attuale il BSI include una percentuale non trascurabile di eventi di piccola magnitudo generati da attività umane, valutata intorno al 5% per il 2010.

This paper describes the status of the Italian National Seismic Network and the main features of the Italian seismicity in 2010. In that year the network counted 313 velocimeters and 107 accelerometers. More than 14500 earthquakes were located in Italy and surrounding areas and seas, with an average minimum magnitude of completeness $M_C = 1.6$. Most of that seismicity appears in cluster (a spatio-temporal concentration of seismic events): in 2010 more than 70% of the located Italian earthquakes belongs to about 430 cluster. We selected all the cluster with at least 20 events of any magnitudes, and all the cluster with at least 10 events and at least one event of magnitude 2.5 or greater, and cluster with at least two events and one of magnitude 3.5 or greater, ending up with a list of 48 significant cluster. The Italian Seismic Bulletin contains also seismic events originated by anthropic activities (quarry explosions). Through the analysis of the last 7 years of data from the bulletin, we pinpointed 16 areas with extended extractive activities. Nevertheless the presence of quarries in Italy is so widespread that our list can be considered by no means complete. Extraction areas frequently coincide with regions affected by high seismicity rate. Records due to explosion quakes can show distinguishing characteristics (compressive first onset and a low frequency secondary phase). However, these markers are not present in all the artificial events, and are not sufficient to exclude the totality of the explosions from the bulletin. Nowadays the BSI incorporates, together with true tectonic earthquakes, a significant portion of low magnitude events due to explosions, evaluated about 5% in 2010.

Introduzione

Il Bollettino Sismico Italiano (BSI) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è il risultato dell'analisi sistematica dei segnali sismici eseguita dagli analisti sismologi del Centro Nazionale Terremoti (CNT). Le localizzazioni

del BSI vengono pubblicate in due distinti siti web: il primo, con indirizzo <http://bollettinosismico.rm.ingv.it/> mette a disposizione degli utenti i dati (dal 1-1-2002 al 30-4-2012) in forma di file ASCII contenenti la lista delle localizzazioni con i parametri ipocentrali e i dati di fase in formato GSE 2.0. Le stesse localizzazioni sono contemporaneamente pubblicate

(dal 16 Aprile 2005 a oggi) sul sito <http://iside.rm.ingv.it/> [ISIDe Working Group, 2010]. ISIDe (Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base) fornisce l'interfaccia che consente di selezionare gli eventi in base al tempo origine, alla magnitudo e all'area geografica. Il sito, insieme con le localizzazioni del BSI, pubblica anche i parametri ipocentrali forniti in tempo quasi-reale dal servizio di sorveglianza sismica effettuato presso la sede di Roma dell'INGV. Queste ultime localizzazioni sono pubblicate anche nella pagina <http://cnt.rm.ingv.it/> dell'INGV, limitatamente ai terremoti di magnitudo maggiore o uguale a 2. Nella pagina ISIDe, al momento della pubblicazione del BSI, i parametri ipocentrali elaborati presso la sala di monitoraggio sismico vengono sostituiti con quelli ottenuti grazie alla revisione effettuata dagli analisti del bollettino stesso.

1. Procedure per la produzione del Bollettino Sismico Italiano

Nel corso degli anni le procedure di analisi dei dati hanno subito alcune variazioni importanti. I parametri ipocentrali pubblicati fino al 15 Aprile 2005 erano ottenuti tramite il programma di localizzazione *IPO* [Basili, et al. 1984]. Dal 16 Aprile 2005 venne adottato un nuovo sistema di analisi interattiva basato sul software *SisPick!* [Bono, 2004]. Allo stato attuale il servizio di sorveglianza svolto presso la sede dell'INGV di Roma utilizza AIDA, un complesso sistema di analisi in tempo reale e revisione interattiva dei terremoti sviluppato dal CNT [Mazza et al, 2012]; tale sistema include *Earthworm* per l'analisi automatica [Johnson et al, 1995], il database *Mole* per la memorizzazione veloce dei parametri di evento e di fase [Quintiliani e Pintore, 2013] e *Sispick! 2.0* per la revisione interattiva delle forme d'onda [Bono, 2008].

L'analisi della sismicità è condotta sulla base della lista di terremoti riconosciuti in tempo reale dal sistema automatico *Earthworm*. I parametri ipocentrali sono calcolati tramite *Ipop*, un algoritmo iterativo di localizzazione messo a punto presso il CNT, in cui la convergenza verso la soluzione è guidata da una serie di considerazioni euristiche che attribuiscono pesi diversi ai dati in funzione del residuo e della distanza della stazione dall'ipocentro. L'inversione avviene tramite *Singular Value Decomposition* stabilizzata con l'algoritmo di Levenberg-Marquardt [Levenberg, 1944; Marquardt, 1963].

Il modello crostale adottato è costituito da 2 strati omogenei e un semispazio, con rapporto $V_p/V_s = 1.732$ (Tab. 1). Lo spessore totale della crosta è di 38 chilometri. Per una analisi della qualità delle localizzazioni si veda il capitolo 7.

Le magnitudo locali degli eventi del BSI 2010 sono calcolate, per tutti gli eventi ai quali sia associata almeno un'ampiezza Wood-Anderson, utilizzando la relazione per l'attenuazione ottenuta da Hutton e Boore per la California [1987]:

$$M_L = \log(A_0) + 1.110 \log(r/100) + 0.00189(r - 100) + 3.0$$

dove A_0 è la metà della massima elongazione picco-picco in millimetri di un sismogramma Wood-Anderson e r è la distanza ipocentro-stazione espressa in chilometri. I sismogrammi Wood-Anderson sono ottenuti sinteticamente utilizzando segnali da sensori orizzontali broadband e very broad-band. Per il calcolo della magnitudo vengono utilizzate le stazioni a distanza ipocentrale maggiore di 10 km e minore di 600 km. Allo scopo di eliminare l'effetto di eventuali valori anomali di magnitudo, la M_L di un evento è calcolata come media dei valori di magnitudo di stazione, pesati secondo il metodo di Huber [Huber, 1981]. La relazione di Hutton-Boore si è rivelata inadeguata per una corretta valutazione delle magnitudo in Italia e una completa revisione delle magnitudo del BSI è in fase di realizzazione. Si veda a tal proposito l'appendice A del Bollettino Sismico Italiano 2009 [Arcoraci et al., 2009] e Gasperini [2002].

Per una piccola percentuale di eventi, per i quali non siano disponibili ampiezze Wood-Anderson sintetiche, viene fornita nel BSI la magnitudo M_d calcolata in base alla durata del segnale [Console et al., 1988]. Ciò può accadere quando non siano disponibili registrazioni di stazioni oltre i 10 km di distanza epicentrale, oppure quando le registrazioni siano affette da incompletezza del segnale significativo.

2. La Rete Sismica Nazionale nel 2010

Nel 2010 hanno contribuito al BSI 322 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

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

Tabella 1 Il modello di velocità delle onde P ed S è costituito da due strati crostali a velocità costante e un semispazio. Il rapporto V_p/V_s è ovunque 1.732.

Table 1 P and S velocity model used in the location procedures for the Bollettino Sismico Italiano. Two crustal layers are superimposed to and half-space. The V_p/V_s ratio is 1.732.

state inoltre installate un certo numero di stazioni temporanee in occasione di alcune sequenze sismiche.

La tabella 2 riporta la composizione strumentale della RSNI nel 2010.

La figura 1 mostra lo stato della RSNI nel 2010, anno in cui sono stati attivati 36 nuovi canali di acquisizione dati, sia in seguito a nuove installazioni, sia attraverso il collegamento al CNT di stazioni di altre reti sismiche locali. Sette dei nuovi canali sono solo accelerometrici.

Nel Friuli Venezia Giulia è stata installata una stazione in provincia di Pordenone (STAL); in Val d'Aosta, in provin-

cia di Aosta, sono stati realizzati e resi operativi due nuovi siti (CIRO e SATI). Nel Veneto, in provincia di Verona, è stata effettuata una nuova installazione (ZEN8), una in Liguria in provincia di La Spezia (PLMA), quattro in Lombardia (BAG8, BOTT, CAPR e ORZI), tutte in provincia di Brescia, e una in Piemonte (RRL) in provincia di Torino. In Emilia Romagna sono state installate due nuove stazioni: BRIS in provincia di Ravenna e IMOL in provincia di Bologna. In Toscana sono stati attivati sei nuovi canali di acquisizione per le stazioni di MCIV e TRIF in provincia di Grosseto, FROS in provincia di Siena, SASS in provincia di

Numero totale di stazioni	322	comprese 3 chiuse a fine 2010
Nuove installazioni 2010	36	
Totale velocimetri	313	
Velocimetri verticali	22	
Velocimetri a 3 componenti	291	
Stazioni accelerometriche (Episensor)	107	di cui 9 solo accelerometriche
Stazioni RSNI e RING	120	
Sensori in pozzo (^)	4	
Stazioni fondo marino (#)	1	
Totale stazioni fuori dai confini	20	1 NOA; 11 ETH; 4 MN; 4 AO
Stazioni Geofon (in Italia)	1	MATE
Trillium-240s	8	
Trillium-120s	21	
Trillium-40s	163	
S-13	16	solo verticale
SS1-Ranger	6	solo verticale
Le3D-5s	30	
Le3D-20s	1	
Le3D-1s	10	
L4-C-3D	6	
CMG-3T-100s	2	
CMG-1T-360s	1	
CMG40-30s	3	
CMG40-60s	4	
KS-2000	2	
STS1-VBB	1	
STS2-120s	38	
Malin	1	

Tabella 2 Composizione strumentale della Rete Sismica Nazionale Italiana nel corso del 2010. I simboli tra parentesi si riferiscono all'Allegato A. Informazioni sulla rete GPS dell'INGV sono reperibili in RING (<http://ring.gm.ingv.it>).

Table 2 Instruments of the Italian National Seismic Network during 2010. Bracket characters refer to Allegato A. Information on the GPS stations are available at RING (<http://ring.gm.ingv.it>).

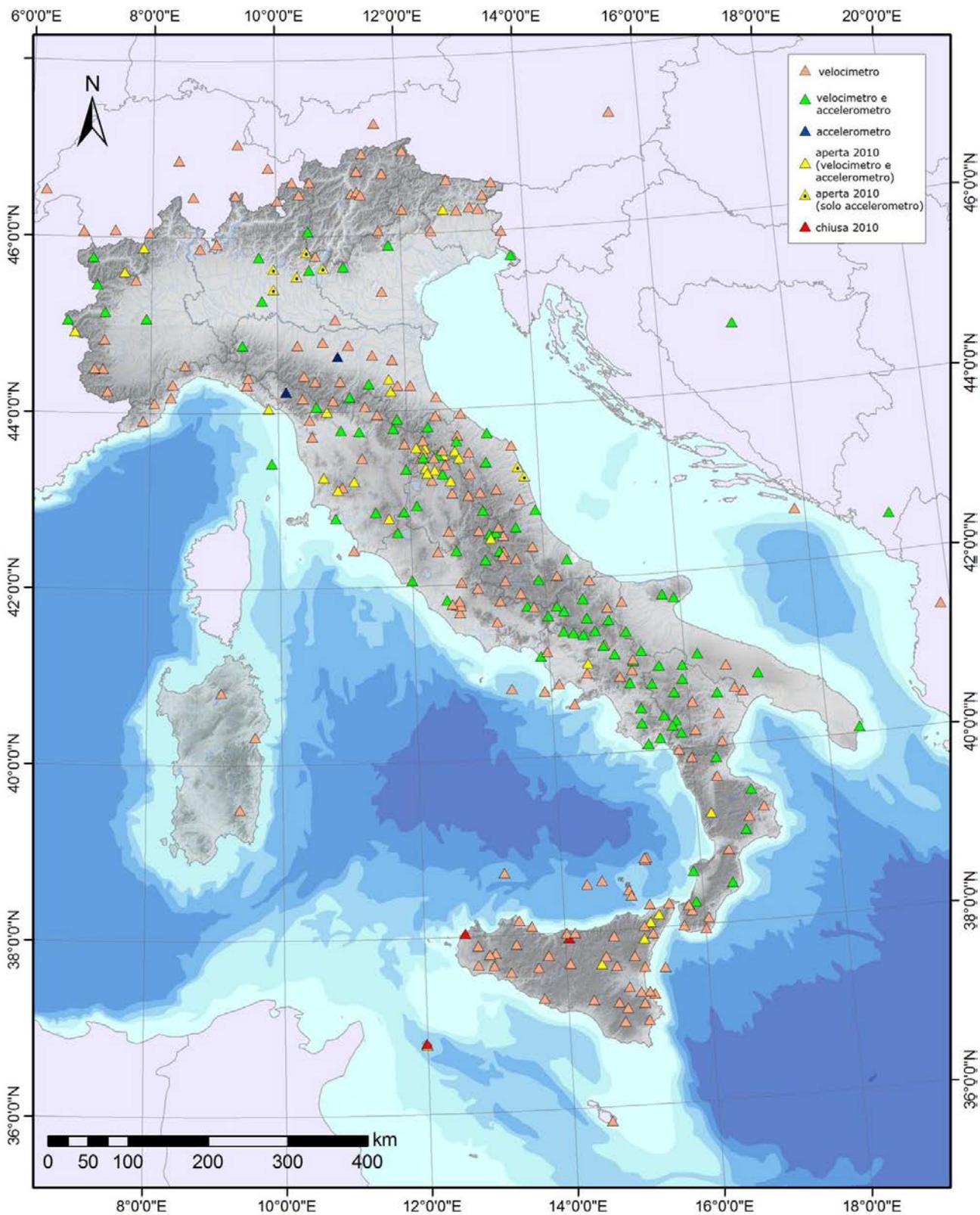


Figura 1 Mappa delle stazioni della Rete Sismica Nazionale Italiana operanti nel corso del 2010. I triangoli verdi indicano le stazioni che hanno operato per tutto l'anno, in giallo le stazioni installate o collegate al CNT durante il 2010, in blu le stazioni equipaggiate con il solo accelerometro, in arancione le stazioni dotate solo di velocimetro e in rosso le stazioni dismesse nel 2010.

Figure 1 Map of the Italian National Seismic Network operating during 2010. Green triangles show the position of the seismic stations that operated during the whole 2010, yellow triangles show the new installations or connections, blue triangles seismic stations with accelerometer only, orange triangles seismic stations with velocimeter only and red triangles are the stations dismissed during 2010.

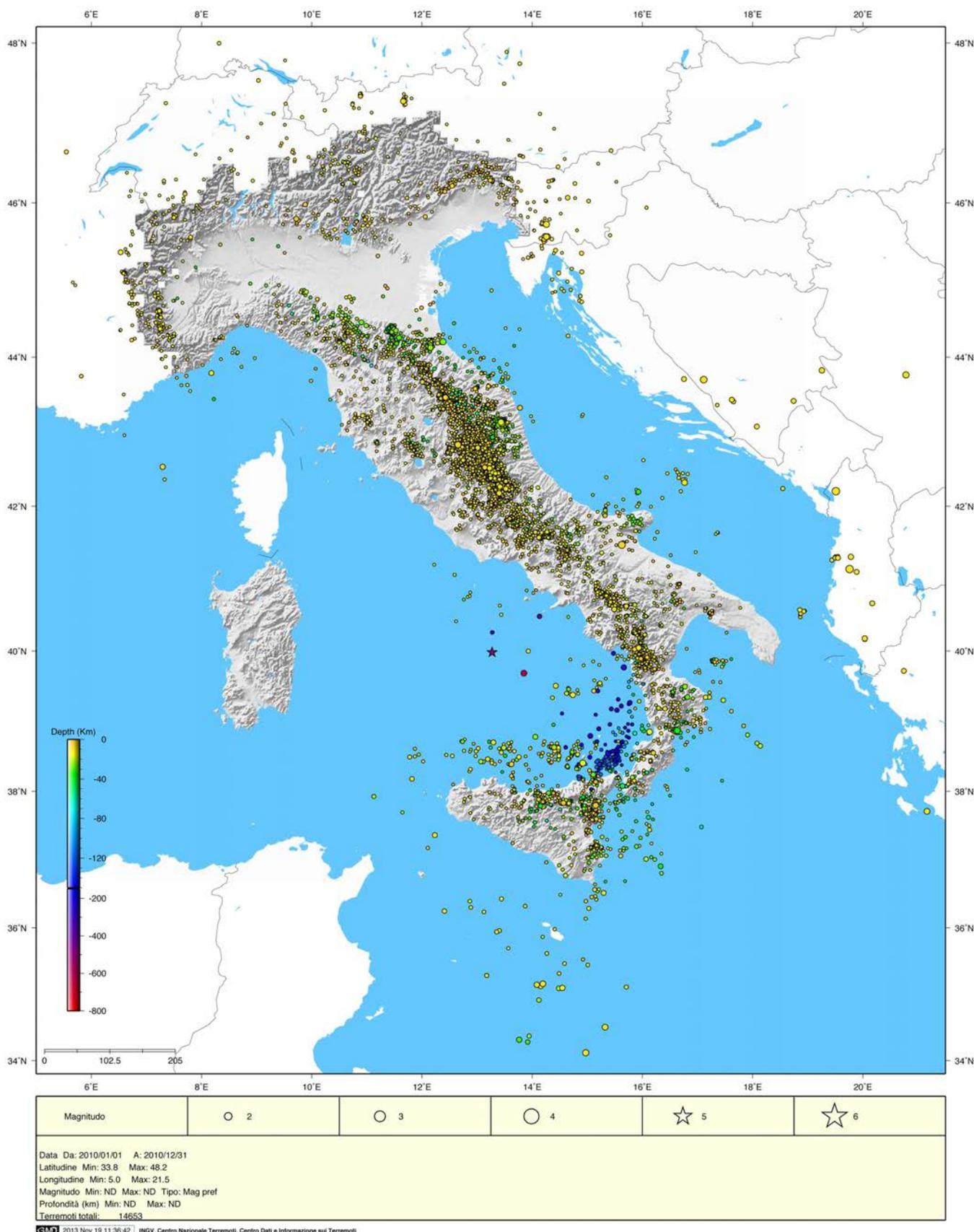


Figura 2 Mappa della sismicità italiana nell'anno 2010, estratta dal Bollettino Sismico Italiano. I parametri ipocentrali e la mappa sono ricavabili in <http://ISide.rm.ingv.it/> [Mele et al., 2010a].

Figure 2 Map of the Italian seismicity recorded in 2010, extracted from the Italian Seismic Bulletin. Hypocentral parameters and the map are available at <http://ISide.rm.ingv.it/> [Mele et al., 2010a].

Pisa, POPM in provincia di Pistoia e SSP9 in provincia di Arezzo. I segnali di altre sei stazioni della rete Alto-Tiberina, tutte installate in Umbria in provincia di Perugia, sono stati inseriti nell’acquisizione in tempo reale presso la sala di monitoraggio sismico di Roma: ATBU, ATCA, ATCC, ATLO, ATMI e ATVA (<http://taboo.rm.ingv.it/>). Nelle Marche sono state installate quattro nuove stazioni, due in provincia di Ancona (CIMA e SSFR), una in provincia di Ascoli Piceno (CADA) e una nella provincia di Pesaro-Urbino (FRON). In Abruzzo è stato selezionato un nuovo sito di stazione in provincia dell’Aquila (RM33), uno in Campania in provincia di Benevento (PAOL) e uno in Calabria in provincia di Cosenza (CAR1). Infine cinque nuove stazioni sono state rese operative in Sicilia: MCSR e MPNC (in provincia di Messina), CAGR (in provincia di Enna), ECTS (in provincia di Catania) e PTMD (in provincia di Trapani). Nel corso del 2010 hanno smesso di fornire dati al servizio nazionale di sorveglianza sismica le stazioni di Castelbuono (CSLB), Erice (ERC) e Pantelleria (PTS).

3. La sismicità italiana nel 2010

Nel corso del 2010 il terremoto più forte avvenuto in Italia, di magnitudo M_L 5.4, è anche uno dei terremoti più profondi registrati nell’anno: si è verificato il 3 novembre alle ore 18:13 GMT nel Tirreno meridionale, ad una profondità di circa 500 km, in corrispondenza dell’area di subduzione che si estende al di sotto del mar Tirreno meridionale [Chiarabba et al., 2008]. Sempre nel basso Tirreno è avvenuto il terremoto più profondo, di magnitudo M_L 4.0, il cui ipocentro è stato calcolato a circa 615 km di profondità. Il terremoto crostale maggiore (M_L 4.5) è avvenuto il 17 settembre alle 12:20 UTC nei pressi di Foggia e ha generato isolate repliche. L’attività sismica nell’area dell’aquilano-reatino, interessata dal forte terremoto del 6 aprile 2009, è proseguita nel corso del 2010 con un numero elevato di eventi (circa 4300). In un’area limitrofa, nei pressi del comune di Montereale, si è attivata una nuova sequenza sismica, la maggiore dell’anno per numero di eventi, composta da

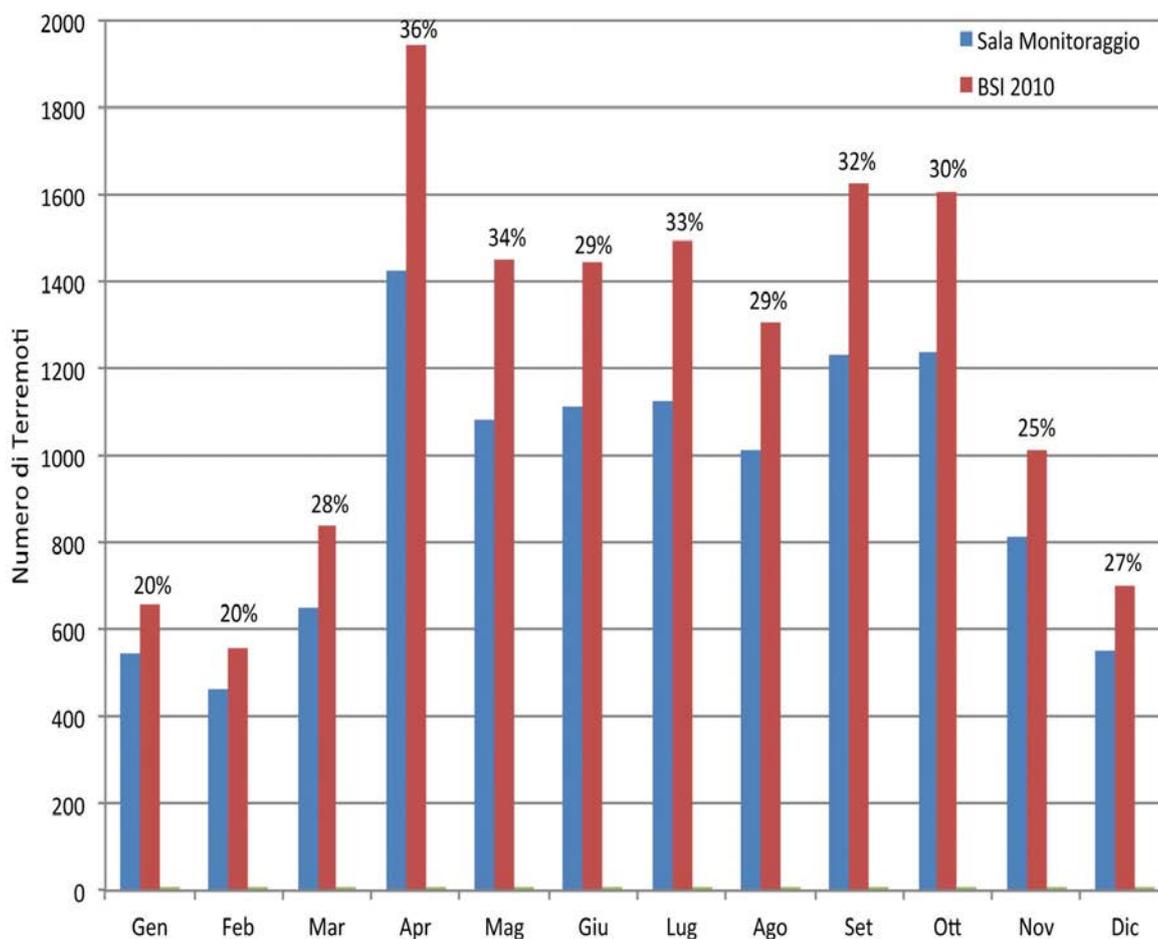


Figura 3 Distribuzione mensile del numero di eventi localizzati per il 2010 nel BSI (in rosso) e in sala di monitoraggio sismico del CNT di Roma (in blu). La percentuale si riferisce allo scarto tra i due.

Figure 3 Monthly distribution of earthquakes located and reported in the BSI (in red) compared to seismic events recorded at the earthquake monitoring centre of the Centro Nazionale Terremoti (CNT) in Rome (in blue) during year 2010. The percentage refers to the difference between the two.

oltre 2000 terremoti con magnitudo massima M_L 3.6. Altre due sequenze presso Ascoli Piceno (267 eventi) e Catanzaro (24 eventi) hanno raggiunto la magnitudo M_L 4.2.

Altri sciami sismici hanno generato un numero molto alto di terremoti, illustrati in dettaglio nel capitolo relativo alle sequenze sismiche.

Nel BSI del 2010 sono stati localizzati 14653 terremoti (Fig. 2). Di questi circa l'11% ha una profondità ipocentrale fissa (1665 eventi). Questa percentuale sale al 30% se consideriamo gli eventi sismici di magnitudo maggiore o uguale a 3.0 (56 su 181). Questa stima è notevolmente influenzata dai terremoti fuori dai confini italiani che avvengono anche a distanze dove la lettura delle fasi S (S_n in particolare) è spesso difficile; ne consegue che, in fase di localizzazione, la profondità ipocentrale di questi eventi regionali, esterni alla rete sismica, viene fissata a priori.

Nel BSI 2010 sono presenti 104191 fasi P e 81885 fasi S. Sono inoltre presenti 16644 fasi sismiche appartenenti ad eventi associati ma non localizzati, così distribuite:

618 (~ 3%) Pg e Sg, 5891 (~ 35%) Pn e Sn e 10135 (~ 60%) fasi telesismiche (P, PKP).

La figura 3 mostra il confronto mensile tra il numero di terremoti localizzati nella sala di monitoraggio sismico della sede dell'INGV di Roma e il numero di terremoti presenti nel BSI 2010. Nell'intero anno 2010 è presente nel BSI circa il 29% di eventi in più rispetto agli eventi localizzati durante l'attività di sorveglianza sismica effettuata presso la sala operativa di Roma. Le differenze maggiori si hanno nei mesi di aprile (+36%) e maggio (+34%). Nel mese di aprile è iniziato uno sciame sismico nella zona dell'Alta Valtiberina la cui fase più acuta si è protratta per un paio di mesi. Abbiamo calcolato la magnitudo Richter M_L [Richter, 1935 e 1958] per il 96% degli eventi presenti nel BSI 2010; al restante 4% di eventi, è stato assegnato un valore di magnitudo in base alla durata del segnale (M_d) calcolato applicando la relazione di Console et al. [1988]. Il BSI 2010 contiene 3577 eventi di magnitudo minore o uguale a 1.0, circa il 24% del numero totale di terremoti localizzati nell'anno.

La figura 4 mostra il numero cumulato di terremoti presenti nel BSI nel corso del 2010. Si nota un aumento di sismicità nel mese di aprile, in corrispondenza dello sciame sismico avvenuto nella zona dell'Alta Valtiberina (provincia di Arezzo).

La figura 5 mostra la distribuzione cumulata e non-cumulata dei terremoti, avvenuti nel 2010, in funzione della magnitudo. La magnitudo minima di completezza M_c per

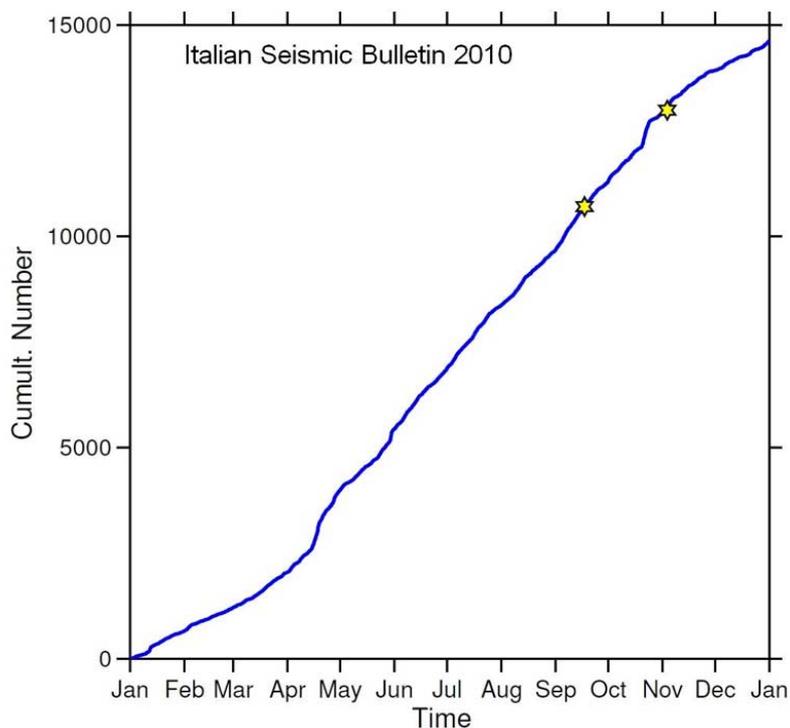


Figura 4 Numero cumulato di terremoti presenti nel BSI 2010. Le stelle indicano gli eventi di magnitudo $M_L \geq 4.5$.

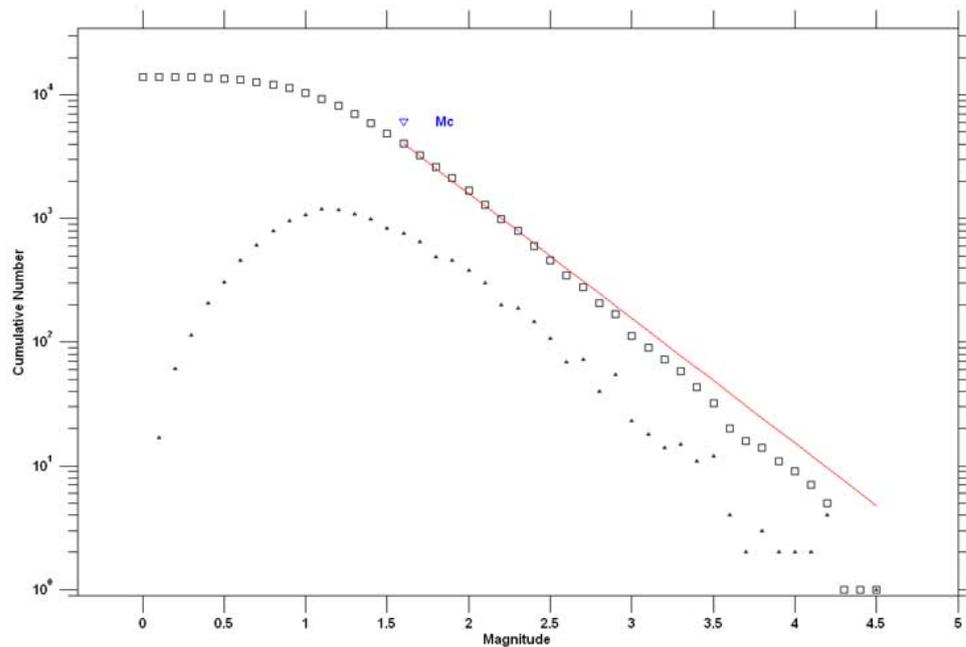
Figure 4 Cumulative number of earthquakes in BSI 2010. The stars show earthquakes with $M_L \geq 4.5$.

l'intero anno è 1.6, con $b = 1.01 \pm 0.01$ e $a = 5.22$; essa è stata calcolata con il metodo della massima verosimiglianza utilizzando il software ZMAP [Wiemer, 2001]. Da questo calcolo 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). Sono stati esclusi anche la sismicità di confine e circa 750 eventi riconducibili probabilmente ad attività antropica legata ad esplosioni in cave estrattive.

La figura 6 mostra l'andamento della M_c nel corso del 2010; si può osservare una diminuzione sensibile del suo valore nel periodo agosto-settembre; i minimi di magnitudo di completezza sembrano quindi corrispondere con possibili minimi del rumore di fondo legati alla ridotta attività antropica in corrispondenza del periodo di ferie estive.

4. Sequenze sismiche del 2010

Per l'individuazione delle sequenze sismiche italiane del 2010 abbiamo utilizzato l'algoritmo di *declustering* di Reasenberg [1985] che, analizzando spazialmente e temporalmente tutti gli eventi sismici, individua i *cluster* corrispondenti ai criteri di selezione imposti e genera un evento equivalente rappresentativo della sequenza. L'evento equivalente ha coordinate ipocentrali calcolate come media pesata delle



Maximum Likelihood Solution
 b-value = 1.01 +/- 0.01, a value = 5.22, a value (annual) = 5.22
 Magnitude of Completeness = 1.6

Figura 5 Gutenberg-Richter cumulata (quadrati) e non-cumulata (triangoli) calcolata sull'intero BSI 2010. I valori di a, b e Mc (Magnitudo minima di Completezza) sono stati calcolati utilizzando il software ZMAP [Wiemer, 2001]. La magnitudo minima di completezza apparente è 1.6, come nel 2009.
Figure 5 Cumulative (squares) and non-cumulative (triangles) Gutenberg-Richter distribution based on the whole BSI 2010. The values of a, b and Mc (Minimum Magnitude of Completeness) were calculated using the software ZMAP [Wiemer, 2001]. The apparent minimum magnitude of completeness is 1.6, as in 2009.

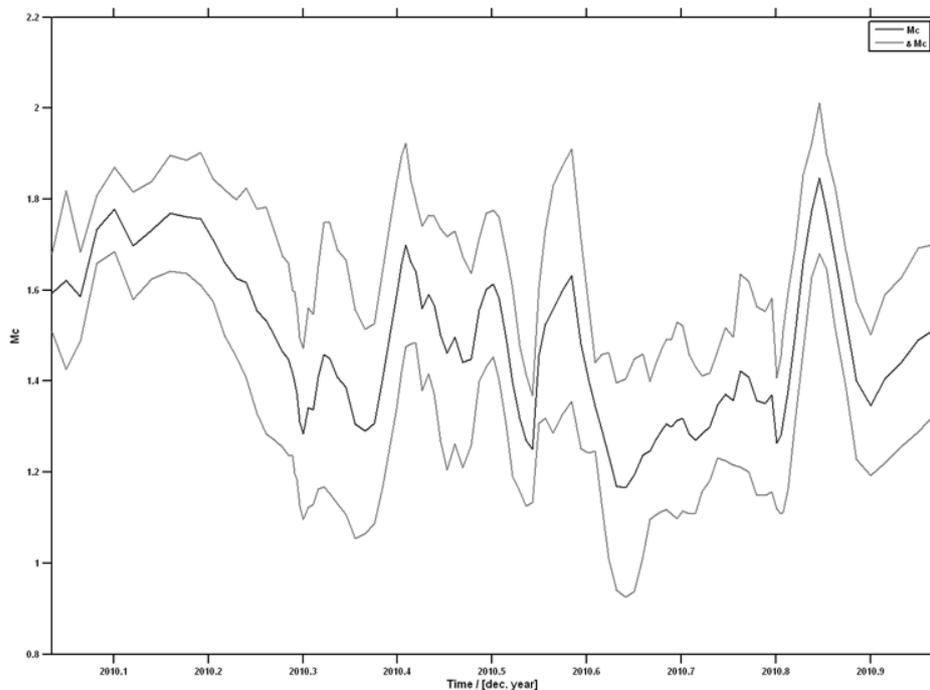


Figura 6 Andamento della magnitudo di completezza Mc nel corso del 2010 e relativo errore calcolati utilizzando il software ZMAP [Wiemer, 2001]. Il tempo è espresso in anni e decimi di anno.
Figure 6 Magnitude of completeness Mc during 2010 and its error computed using the software ZMAP [Wiemer, 2001]. Time is expressed in years and tenths of a year.

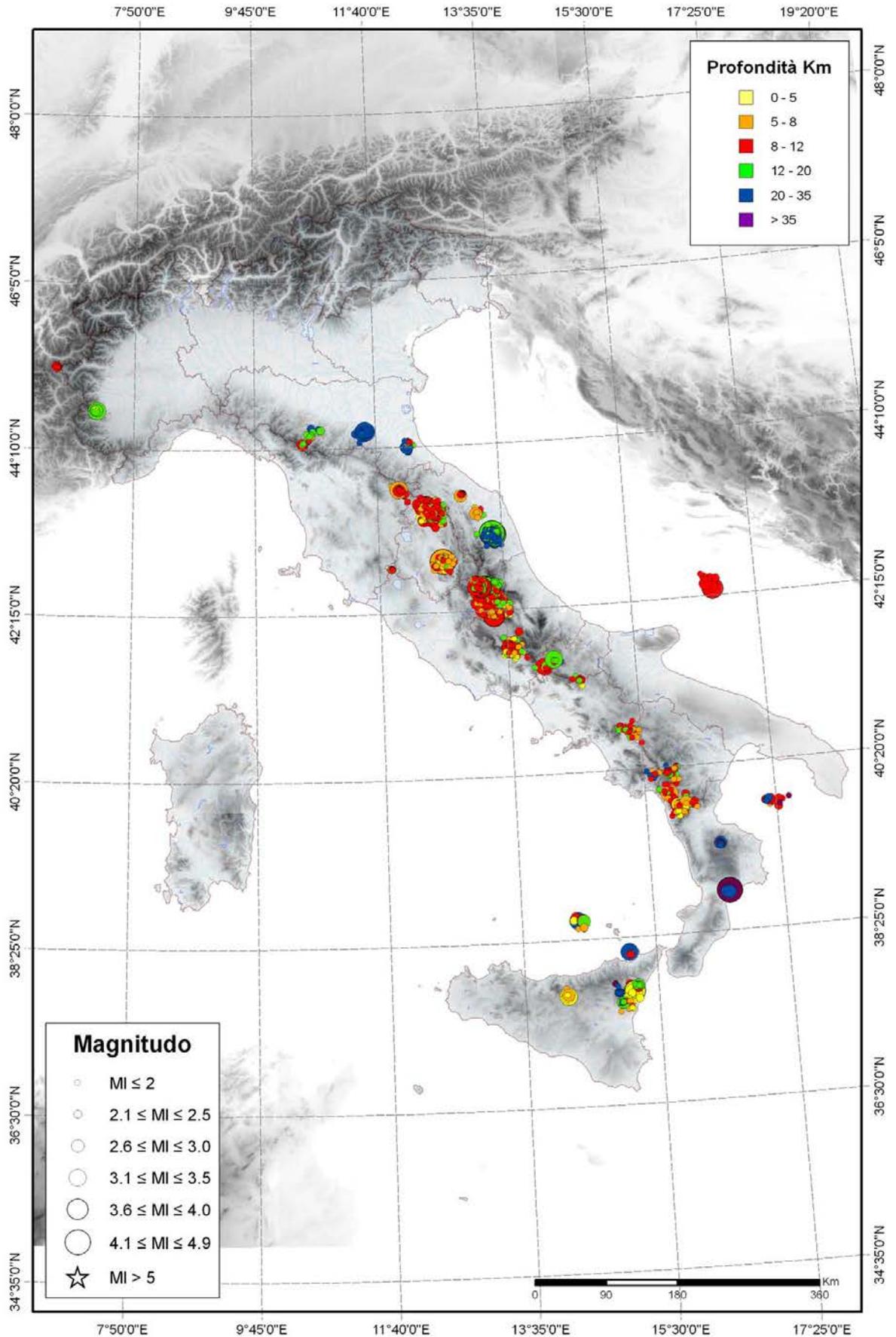


Figura 7 Mappa delle sequenze sismiche individuate applicando l'algoritmo di declustering di Reasenberg nel BSI 2010.
Figure 7 Map of seismic sequences identified in BSI 2010, by applying the declustering algorithm of Reasenberg.

coordinate degli eventi della sequenza; la magnitudo equivalente è ottenuta calcolando il momento sismico totale rilasciato dalla sequenza.

Per semplicità di esposizione con il termine sequenza indichiamo un gruppo di eventi sismici individuato dall'algoritmo di Reasenber, prescindendo quindi dalla presenza di un mainshock all'interno del gruppo. La figura 7 mostra le principali sequenze sismiche individuate nel 2010.

4.1 Criteri di selezione

Il data set iniziale utilizzato è ottenibile dalla pagina web <http://ISIDe.rm.ingv.it> [Mele et al., 2010a]. Prima di applicare l'algoritmo di *declustering* di Reasenber [1985] abbiamo escluso preventivamente tutti i probabili eventi di natura antropica (esplosioni in cava; vedi capitolo 5), i terremoti con

profondità ipocentrale ≥ 38 km e la sismicità esterna alla RSNI. Inoltre abbiamo escluso circa 4300 terremoti della sequenza sismica dell'aquilano-reatino, iniziata nel 2009, ricadenti nell'area delimitata dalle coordinate: Lat. 42.1 N – 42.7 N, Lon. 13.1 E – 13.7 E.

Analogamente abbiamo escluso e trattato separatamente circa 1900 eventi di un'altra sequenza sismica avvenuta tra aprile e dicembre 2010 nella Valtiberina (area interessata: Lat. 43.22 N – 43.58 N, Lon 12.20 E – 12.70 E). Dei rimanenti 6757 eventi, 4303 risultano appartenere a 495 cluster. Da questa prima lista abbiamo selezionato 40 sequenze sismiche (Tab. 3) che soddisfano almeno uno dei seguenti due criteri: (1) almeno 10 terremoti di cui perlomeno uno di magnitudo $M_L \geq 2.5$, oppure (2) almeno 20 terremoti prescindendo dal valore di magnitudo.

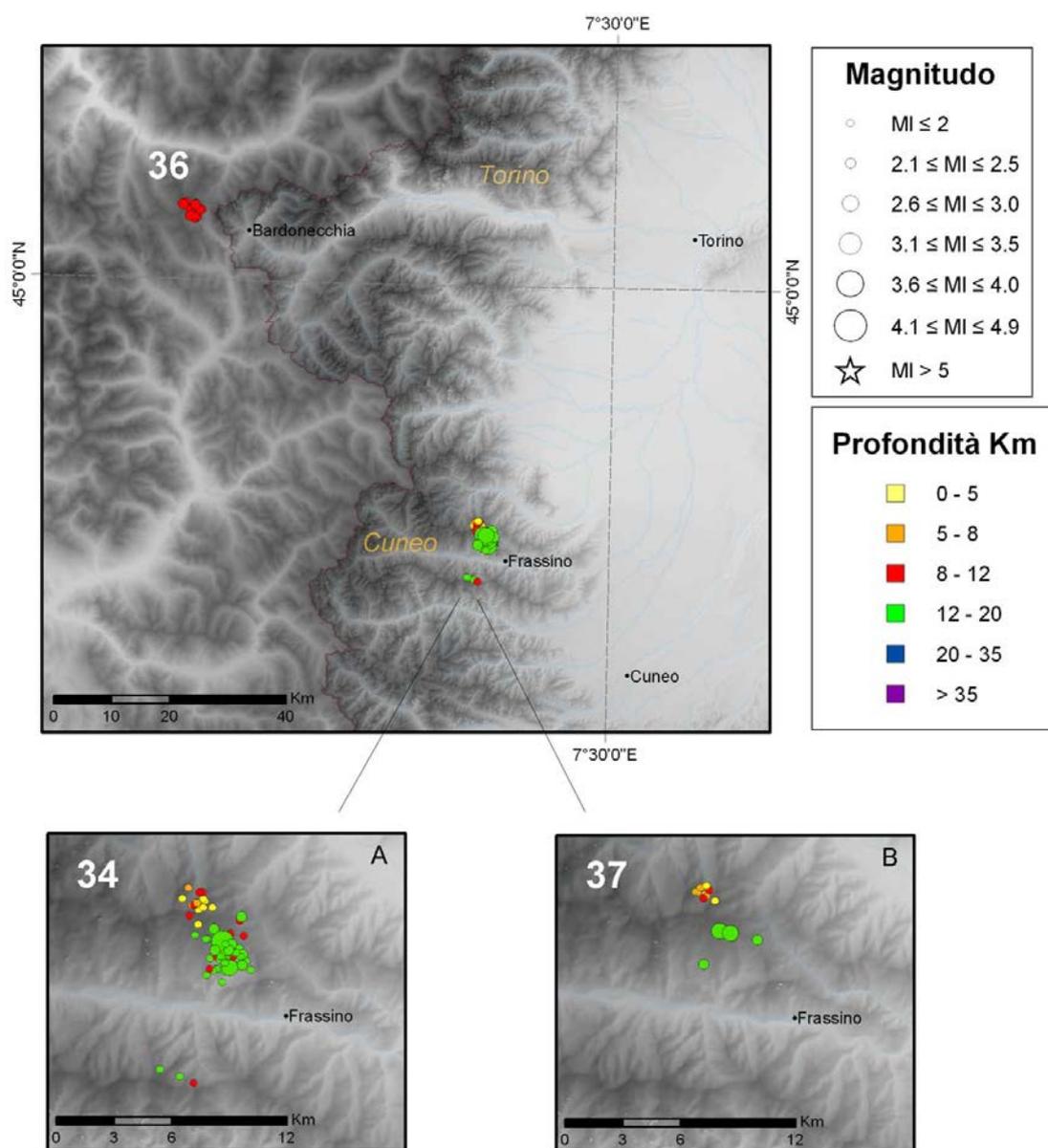


Figura 8 Sequenze sismiche avvenute nel 2010 al confine italo-francese e nella provincia di Cuneo.
Figure 8 Seismic sequences occurred in 2010 at the French-Italian border and in the province of Cuneo.

n°	Area epicentrale Provincia (Comune)	1°evento	Durata (giorni)	n° ev.	Evento equivalente				Evento di magnitudo massima		Secondo in magnitudo	
		Tempo or.			Lat. N	Lon. E	Prof.	M _L	Tempo or.	M _L	Tempo or.	M _L
1	Ascoli (Montappone)	100107 16:11	141.654	267	43.13	13.44	22.33	4.64	100112 13:35	4.2	100112 08:25	4.1
2	L'Aquila/Rieti (Monteale)	100226 02:54	307.641	2131	42.53	13.19	9.64	4.42	100831 07:12	3.6	101020 06:47	3.4
3	Massa Martana	100305 04:48	47.981	78	42.77	12.57	8.38	3.32	100307 16:59	2.7	100305 15:16	2.4
4	Potenza (Lagonegro)	100311 03:29	81.821	135	40.22	15.88	9.58	3.38	100325 17:30	3.2	100510 21:53	2.3
5	Frosinone/L'Aquila	100312 06:19	37.108	37	41.80	13.66	8.61	2.53	100418 08:54	2.0	100320 03:45	1.8
6	Catania	100330 12:45	29.278	25	37.81	15.15	10.40	4.11	100402 20:04	4.0	100403 00:05	3.4
7	Alta Valtiberina	100401 17:17	274.138	1865	43.43	12.44	7.48	4.2	100415 01:47	3.8	100417 01:21	2.8
8	Golfo di Taranto	100417 13:03	50.56	23	39.85	17.34	14.97	3.27	100619 21:34	2.5	100619 21:34	2.5
9	Massa Martana	100428 17:54	52.918	89	42.77	12.59	8	3.17	100620 15:56	2.8	100605 05:17	2.4
10	Frosinone/L'Aquila	100508 13:40	147.448	107	41.79	13.63	8.53	3.32	100908 01:55	2.7	100611 18:33	2.6
11	Palermo (Gangi)	100511 08:35	5.020	16	37.79	14.19	5.43	3.45	100511 08:35	3.2	100511 09:00	2.9
12	Modena (Pievepelago)	100515 05:21	1.164	15	44.21	10.51	11.49	2.93	100515 11:28	2.5	100515 05:48	2.4
13	Isernia (Venafro)	100528 15:00	28.707	124	41.56	14.15	11.12	3.52	100529 15:04	3.3	100529 17:11	2.4
14	Bologna (Sasso Marconi)	100529 07:58	58.144	106	44.34	11.46	27.90	3.77	100530 16:10	2.9	100531 17:33	2.9
15	Mare Adriatico (largo del Gargano)	100604 18:44	6.383	10	42.40	16.71	10	3.96	100604 18:44	3.9	100604 20:53	2.9
16	Messina (Golfo di Patti)	100606 16:49	0.078	8	38.22	15.11	12.75	3.52	100606 16:49	3.5	100606 18:08	2.2
17	Salerno/Avellino	100607 01:21	70.226	62	40.79	15.28	11.58	3.14	100703 09:53	2.7	100703 10:44	2.6
18	Ancona (Pergola)	100609 12:35	17.171	48	43.59	12.98	9.12	3.18	100613 22:28	3.0	100614 16:08	2.4
19	Ascoli (Montappone)	100617 02:07	3.153	24	43.13	13.46	19.68	2.76	100620 04:04	2.3	100617 04:13	1.9
20	Modena (Pievepelago)	100621 20:16	8.776	22	44.34	10.66	17.15	2.82	100622 23:15	2.1	100630 14:54	2.1
21	Massa Martana	100625 13:18	47.498	20	42.77	12.70	8.54	2.5	100625 13:18	2.2	100707 16:57	1.9
22	Catania	100627 07:42	22.090	26	37.65	15.01	12.48	3.02	100717 08:29	2.6	100717 08:30	2.4
23	Catania	100628 23:37	2.864	28	37.79	14.93	30.53	3.05	100630 21:02	2.3	100630 22:16	2.3
24	Forli-Cesena	100705 20:18	14.433	49	44.18	12.17	15.08	3.23	100715 05:53	2.9	100706 10:14	2.5
25	Arezzo (Caprese Michelangelo)	100708 11:53	73.805	91	43.66	12.01	8.65	3.53	100810 22:27	3.2	100811 21:40	3.0
26	Cosenza (Longobucco)	100718 00:15	2.883	18	39.40	16.55	35.94	2.99	100718 11:13	2.7	100718 11:45	2.4
27	Isole Eolie	100727 21:05	9.055	10	38.61	14.40	9.18	3.64	100728 00:55	3.4	100801 19:42	3.0
28	Benevento/ Campobasso	100809 01:49	16.790	33	41.39	14.64	9.24	2.81	100812 10:29	2.4	100817 06:59	2.0
29	Isernia	100818 02:26	2.208	181	41.62	14.27	13.37	3.20	100818 14:17	3.1	100818 04:21	2.5
30	Massa Martana	100823 06:54	96.476	143	42.82	12.65	6.95	4.22	100828 07:08	4.1	100828 19:43	3.1
31	Macerata (Cingoli)	100901 09:14	64.080	73	43.36	13.20	6.74	3.31	101022 10:16	2.7	100919 08:56	2.5

n°	Area epicentrale Provincia (Comune)	1°evento		Durata (giorni)	n° ev.	Evento equivalente				Evento di magnitudo massima		Secondo in magnitudo	
		Tempo or.				Lat. N	Lon. E	Prof.	M _L	Tempo or.	M _L	Tempo or.	M _L
32	Cosenza (Pollino)	100909 06:00	95.907	146	39.86	15.99	7.48	3.53	101020 05:12	2.9	100922 21:04	2.5	
33	Salerno (Padula)	100920 06:41	18.658	25	40.26	15.75	16.50	2.41	101008 09:45	1.7	100921 17:23	1.6	
34	Cuneo (Frassino)	101014 02:12	13.053	71	44.60	07.23	11.38	3.58	101024 11:29	3.1	101023 22:05	2.9	
35	Catanzaro	101014 12:04	7.506	24	38.86	16.62	35.25	4.25	101015 05:21	4.2	101019 12:55	2.9	
36	Confine italo-francese	101031 20:25	0.931	14	45.10	06.58	9.81	3.08	101101 09:25	2.5	101101 11:17	2.4	
37	Cuneo (Frassino)	101109 10:43	4.585	17	44.62	07.22	9.75	3.20	101112 04:46	2.7	101111 22:00	2.6	
38	Viterbo (Acquapendente)	101125 06:27	0.422	26	42.75	11.85	8.58	2.87	101125 07:29	2.1	101125 07:56	2.1	
39	Bologna (Sasso Marconi)	101204 11:46	6.503	21	44.34	11.46	26.73	3.65	101205 08:17	3.2	101206 02:48	3.1	
40	Cosenza (Pollino)	101224 02:46	6.755	10	39.86	16.09	6.93	2.99	101224 02:46	2.9	101226 21:48	2.0	

Tabella 3 Elenco cronologico dei cluster di eventi individuati nel BSI 2010 con l' algoritmo di Reasenber [1985]. La tabella riporta il numero d'ordine del cluster, il nome dell'area interessata dalla sequenza, 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 $M_L \geq 1$, i parametri del terremoto equivalente che riassume le caratteristiche mediate della sequenza, il tempo origine e la magnitudo dei due eventi maggiori della sequenza. La magnitudo dell'evento equivalente è ottenuta sommando il rilascio di momento sismico totale della sequenza. Abbiamo selezionato i cluster con almeno 10 eventi e almeno un terremoto di magnitudo $M_L \geq 2.5$, i cluster con almeno 20 eventi di qualunque valore di magnitudo. I cluster con almeno due eventi e almeno un terremoto di magnitudo $M_L \geq 3.5$ sono riportati in tabella 4.

Table 3 . Chronological list of cluster detected in BSI 2010 with the Reasenber algorithm [1985]. The table reports the cluster 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 $M_L \geq 1$, 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. We selected cluster with at least 10 earthquakes and at least an event of magnitude $M_L \geq 2.5$, cluster with at least 20 events of any value of magnitude. Table 4 shows the cluster with at least two earthquakes and at least one earthquake of magnitude $M_L \geq 3.5$.

In tabella 4 (vedi paragrafo 4.4) riportiamo i cluster con almeno un evento di magnitudo $M_L \geq 3.5$ o superiore che sono però esclusi dall'analisi delle sequenze perché costituiti da meno di 10 eventi.

con magnitudo massima $M_L \geq 2.5$ e profondità media di circa 10 km (Fig. 8; sequenza n° 36; si veda anche Tab. 3). Nella stessa figura mostriamo (riquadri 8A e 8B) due

4.2 Principali sequenze sismiche nel 2010

Procedendo da nord verso sud descriviamo brevemente le sequenze sismiche del 2010 riportando i dati salienti per ciascuna sequenza (localizzazione, data e intervallo temporale, numero di terremoti ed eventi principali).

4.2.1 Alpi occidentali

La prima sequenza presa in considerazione è stata registrata al confine nord-occidentale della penisola italiana, nel periodo compreso tra ottobre e novembre. Essa ha generato quattordici eventi in meno di 24 ore, tutti localizzati al confine francese, nei pressi del comune di Bardonecchia,

n°	Area epicentrale	n° ev.	Evento di magnitudo massima				
			Tempo or.	Lat. N	Lon. E	Prof.	M _L
1	Messina/Enna	3	1001051947	37.834	14.566	5.3	3.5
2	Tirreno meridionale	2	1001091424	39.381	14.736	14.5	3.8
3	Largo del Golfo di Noto	2	1005082223	36.517	15.296	10	3.6
4	Bergamo (San Pellegrino Terme)	4	1005110213	45.797	9.718	3.3	3.5
5	Largo di Palermo	3	1006130703	38.392	13.623	5	3.6
6	Vulcano/Lipari	2	1008161254	38.410	14.919	16.9	4.2
7	Cesena	3	1009050707	44.126	12.156	23.5	3.8
8	Foggia	3	1009171220	41.472	15.263	6	4.5

Tabella 4 Elenco dei cluster più significativi (numero di eventi inferiore a 10) non inseriti tra le sequenze 2010, con almeno un evento di magnitudo $M_L \geq 3.5$.

Table 4 List of most significant cluster (less than 10 events) not included among the sequences 2010, with at least one event of magnitude $M_L \geq 3.5$.

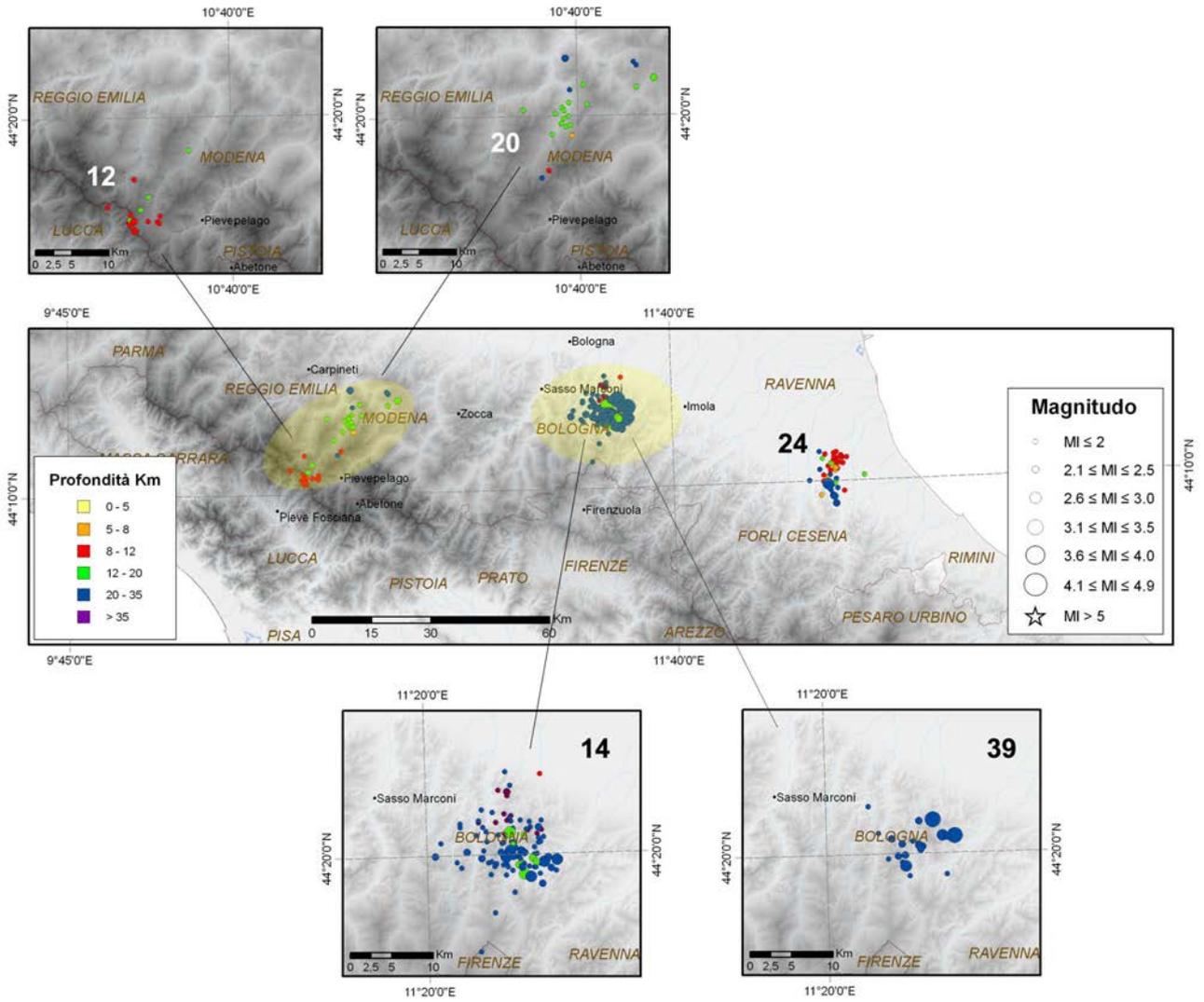


Figura 9 Sequenze sismiche avvenute nel 2010 in Emilia-Romagna.
Figure 9 Seismic sequences occurred during 2010 in the Emilia-Romagna region.

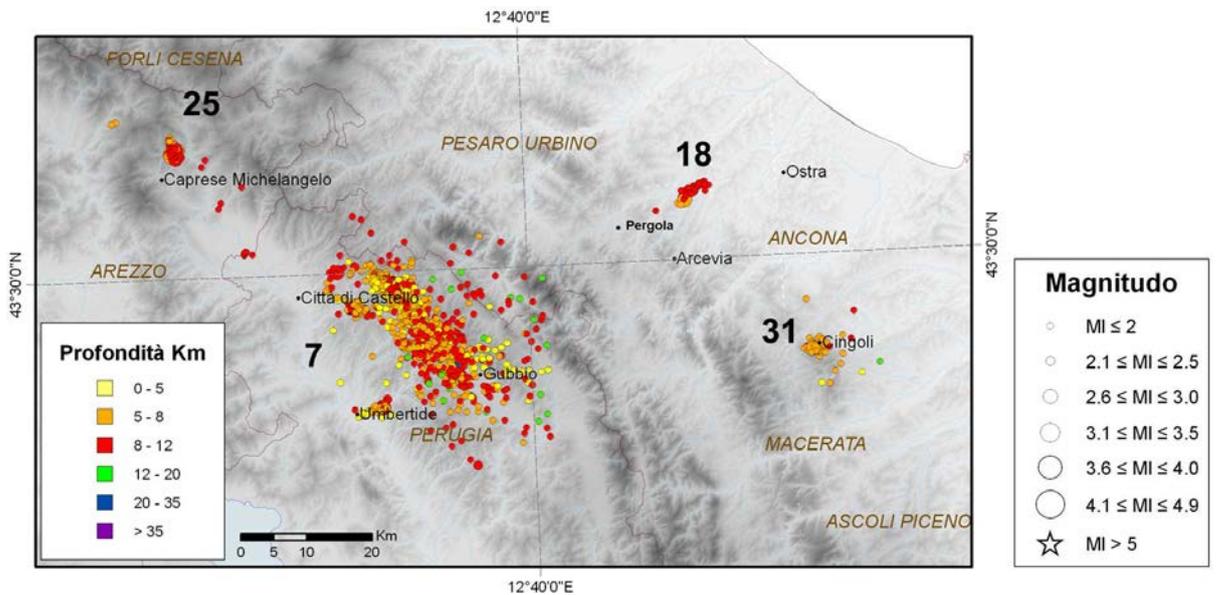


Figura 10 La lunga sequenza della Valtiberina (1865 terremoti) e i cluster delle province di Arezzo, Ancona e Macerata.
Figure 10 The long sequence of the Tiber valley (1865 earthquakes) and cluster of the provinces of Arezzo, Ancona and Macerata.

sequenze avvenute in provincia di Cuneo tra ottobre e novembre (sequenze n° 34 e 37, e Tab. 3). La prima (n° 34) è composta da 71 eventi con magnitudo massima M_L 3.1 e profondità media di circa 11 km; la seconda (n° 37), più piccola, è costituita da 17 eventi con magnitudo massima M_L 2.7 e profondità media di circa 9 km. Pur coincidenti spazialmente, le due sequenze sono separate temporalmente da circa un mese di quiescenza sismica.

4.2.2 Appennino tosco-emiliano-romagnolo

Le sequenze che hanno interessato la regione Emilia-Romagna nel corso del 2010 sono cinque (Fig. 9). Due (n° 12 e 20) si sono verificate rispettivamente a maggio e giugno nel territorio modenese. La prima ha prodotto 15 terremoti in poco più di 24 ore (magnitudo massima M_L 2.5 e profondità media 11 km); la seconda conta 22 terremoti con magnitudo massima inferiore (M_L 2.1), ma con profondità media più elevata (circa 17 km).

Due sequenze hanno invece interessato il territorio bolognese: la prima a fine maggio (n° 14) ha fatto registrare ben 106 terremoti con magnitudo massima M_L 2.9. Nel mese di dicembre la seconda (n° 39) ha generato 21 terremoti con magnitudo massima M_L 3.2. Entrambe le sequenze sono state caratterizzate da profondità elevata (intorno ai 30 km) identificata dal colore blu dei punti in figura 9. L'ultima sequenza dell'Emilia-Romagna (n° 24) ricade nella provincia di Forlì-Cesena: 49 terremoti in due settimane nel mese di luglio con magnitudo massima M_L 2.9 e profondità media di 15 km.

4.2.3 Appennino centrale

In provincia di Arezzo, nei pressi del comune di Caprese Michelangelo, è stata registrata a partire dal mese di luglio

una sequenza di 91 terremoti con magnitudo massima M_L 3.2 e profondità media inferiore ai 10 km (Fig. 10 e Tab. 3; sequenza n° 25).

Nelle vicinanze del comune di Pergola (provincia di Ancona) si è avuta nel mese di giugno una sequenza di 48 terremoti (n° 18 in Fig. 10; vedi anche Tab. 3) con picco massimo di magnitudo M_L 3.0. Ad eccezione delle sequenze dell'aquilano-reatino, iniziate già nel 2009, la sequenza più lunga del 2010 ha interessato la Valtiberina (n° 7 in Fig. 10; vedi anche Tab. 3). Per 274 giorni la zona è stata interessata da ben 1865 terremoti registrati dalla RSNI. Tale densità di eventi risente anche della presenza nella zona di numerose stazioni sismiche installate in occasione del progetto TABOO (<http://taboo.rm.ingv.it/>) relativo a specifici studi di deformazione della faglia Alto-Tiberina. Gli eventi, con profondità media di circa 7 km, hanno raggiunto la magnitudo massima il giorno 15 aprile con un evento di magnitudo M_L 3.8. Durante i mesi di settembre-ottobre è stata registrata un'altra sequenza in territorio marchigiano nell'area del comune di Cingoli (n° 31 in Fig. 10 e Tab. 3). I terremoti registrati sono stati 73 con magnitudo massima M_L 2.7 e profondità media di circa 7 km. Da notare che l'area in questione è caratterizzata anche da una sismicità di tipo antropico, legata all'attività estrattiva tra i comuni di Cingoli e Treia (provincia di Macerata). Tale attività è stata individuata già a partire dal 2008 [Mele et al., 2010b; Arcoraci et al., 2012] e non è stata inclusa nella sequenza n° 31 (per maggiori informazioni a riguardo si veda il capitolo 5).

I 26 terremoti registrati in circa dieci ore nei pressi del comune di Acquapendente, in provincia di Viterbo (n° 38 in Fig. 11), costituiscono una delle sequenze temporalmente più brevi di tutto il 2010. La magnitudo degli even-

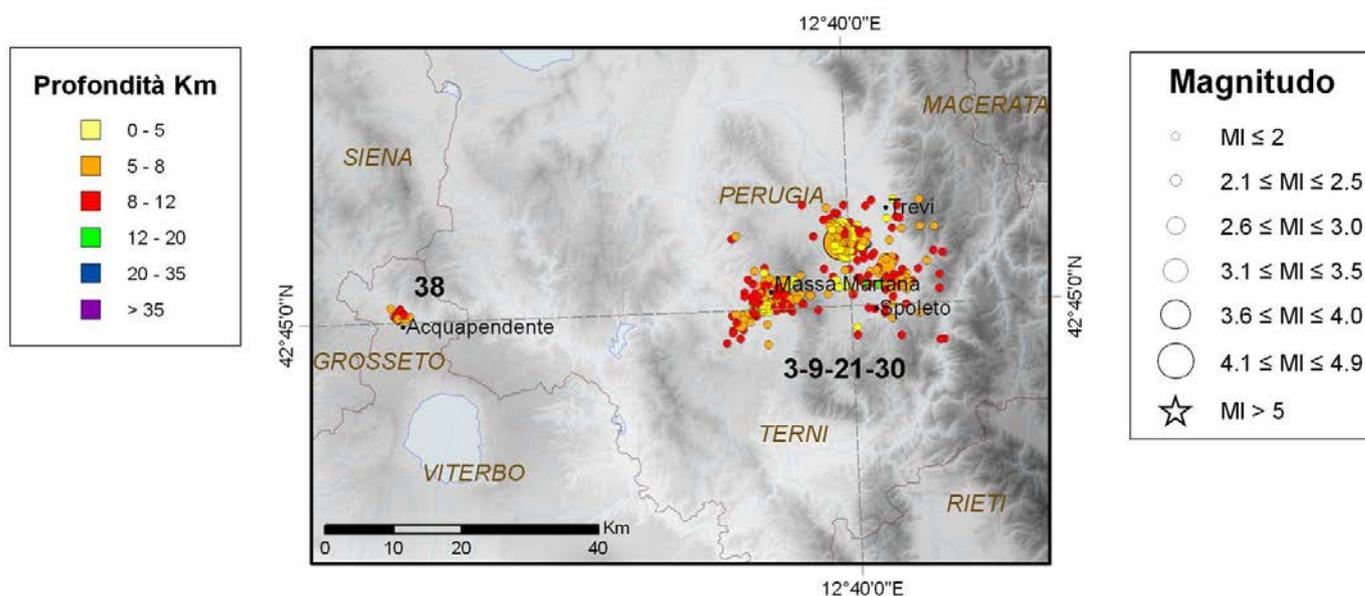


Figura 11 Terremoti nella provincia di Viterbo e le 4 sequenze nei pressi di Massa Martana del 2010.
Figure 11 Earthquakes in the province of Viterbo and the Massa Martana four sequences of 2010.

ti, piuttosto bassa, ha raggiunto il valore massimo M_L 2.1. Una lunga attività sismica è stata invece registrata nella provincia di Perugia, nelle vicinanze del comune di Massa Martana, dove abbiamo individuato ben 4 sequenze (n° 3, 9, 21 e 30 in Fig. 11 e Tab. 3) che hanno interessato il territorio per gran parte dell'anno. A partire dal mese di marzo, sono stati registrati un totale di 330 eventi con profondità, nella grande maggioranza dei casi, inferiore ai 10 km; l'evento di massima magnitudo è avvenuto il 28 agosto (M_L 4.1).

Due sequenze hanno interessato alcuni comuni tra le province di Fermo e Macerata (Fig. 12). La prima, una delle più lunghe del 2010 (n° 1; Fig. 12 e Tab. 3), ha raggiunto il valore di magnitudo equivalente più alto dell'anno (M_L 4.6), è durata 141 giorni nel periodo gennaio-maggio, con un totale di 267 eventi e profondità media di circa 22 km [Govoni et al., 2012]. La seconda sequenza (n° 19), più piccola e concentrata nel tempo, è avvenuta nel mese di giugno (24 terremoti in totale in poco più di tre giorni; M_L massima 2.3 e profondità media di circa 20 km).

4.2.4 Appennino centro-meridionale

Diverse sequenze sono avvenute nell'Appennino centro-meridionale (Fig. 13). La sequenza n° 2, che ha interessato le province di Rieti e L'Aquila per tutto il 2010, si è attivata subito a nord della sequenza catastrofica avvenuta nell'aquilano

nel 2009. Essa è concentrata nei pressi del comune di Montereale, ha generato 2131 terremoti con magnitudo massima M_L 3.6. Gli eventi sono localizzati a pochi chilometri dalla sequenza dei Monti Reatini, iniziata nei pressi del comune di Cittareale nel 2009 e proseguita nel 2010 [Chiaraluce et al., 2011]; sebbene le due sequenze siano probabilmente associabili a strutture sismogenetiche diverse, non è stato possibile separare i terremoti in modo completamente automatico a causa della probabile dispersione di alcuni epicentri dovuta a errori di localizzazione. L'assegnazione di questi terremoti all'una o all'altra sequenza è stata effettuata manualmente. Anche il confine tra le province di Frosinone e L'Aquila è stato interessato nel corso del 2010 da un'intensa sismicità. In questa area è stato possibile individuare due sequenze distinte temporalmente (n° 5 e 10 in Fig. 13A e 13B e in Tab. 3) che si sono susseguite in un periodo abbastanza lungo dell'anno (da marzo ad aprile la prima e da maggio fino a ottobre la seconda). In entrambi i casi si è trattato di sismicità di piccola magnitudo (evento di magnitudo massima M_L 2.7), ma con un elevato numero di terremoti (144 eventi complessivi). Durante il 2010 sono occorse nel territorio della provincia di Isernia due sequenze (n° 13 e 29 in Fig. 13). La prima è avvenuta tra maggio e giugno nei pressi di Venafrò, con un elevato numero di terremoti (124) e magnitudo massima M_L 3.3. La seconda è avvenuta nel mese di agosto, più spostata verso il capoluogo di provincia, e costituita da 18 terremoti con

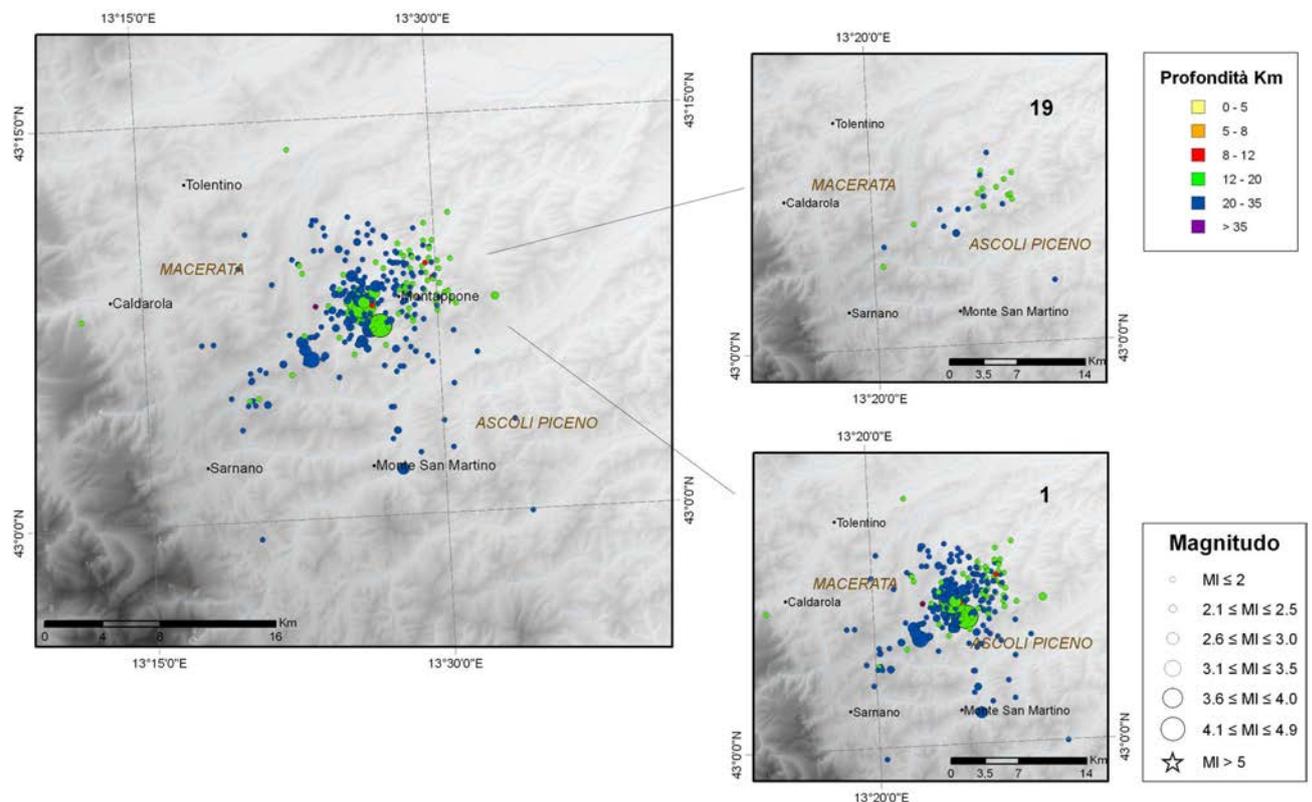


Figura 12 Sequenze sismiche avvenute nel 2010 al confine tra le province di Fermo e Macerata.
Figure 12 Seismic sequences occurred in 2010 near the border between the provinces of Fermo and Macerata.

magnitudo massima M_L 3.1.

In figura 13 viene riportata anche un'altra sequenza (n° 28) avvenuta proprio al confine tra le province di Benevento e Campobasso; essa ha prodotto nel mese di agosto 33 terremoti con magnitudo massima M_L 2.4.

La figura 13 mostra anche la sequenza verificatasi nel mese di giugno nel mare Adriatico al largo del promontorio del Gargano (n° 15), costituita da 10 eventi registrati in sei giorni, con magnitudo massima M_L 3.9.

4.2.5 Appennino meridionale e Sicilia

La figura 14 mostra le sequenze localizzate nel salernitano, nella zona del Pollino, tra la Basilicata e la Calabria, e nel golfo di Taranto.

La prima sequenza (n° 17), al confine nord-occidentale della

provincia di Salerno, registrata tra i mesi di giugno e agosto, è costituita da 62 terremoti con magnitudo massima M_L 2.7. Sempre in provincia di Salerno è avvenuta, durante il mese di settembre e in poco più di diciotto giorni, una piccola sequenza di venticinque terremoti (n° 33) con magnitudo massima M_L 1.7 e profondità media di 16 km.

Il cluster di eventi n° 4, evidenziato in figura 14 dall'area ellittica in giallo, include in sé due sequenze spazialmente distinte che l'algoritmo di Reasenberg non ha separato: una parte di epicentri è distribuito tra Moliterno e Latronico, in provincia di Potenza; un secondo gruppo è stato localizzato tra Lauria, comune in provincia di Potenza e Pedali, comune in provincia di Cosenza. Nel complesso il cluster di eventi è durato quasi tre mesi e ha prodotto 135 terremoti con magnitudo massima M_L 3.2.

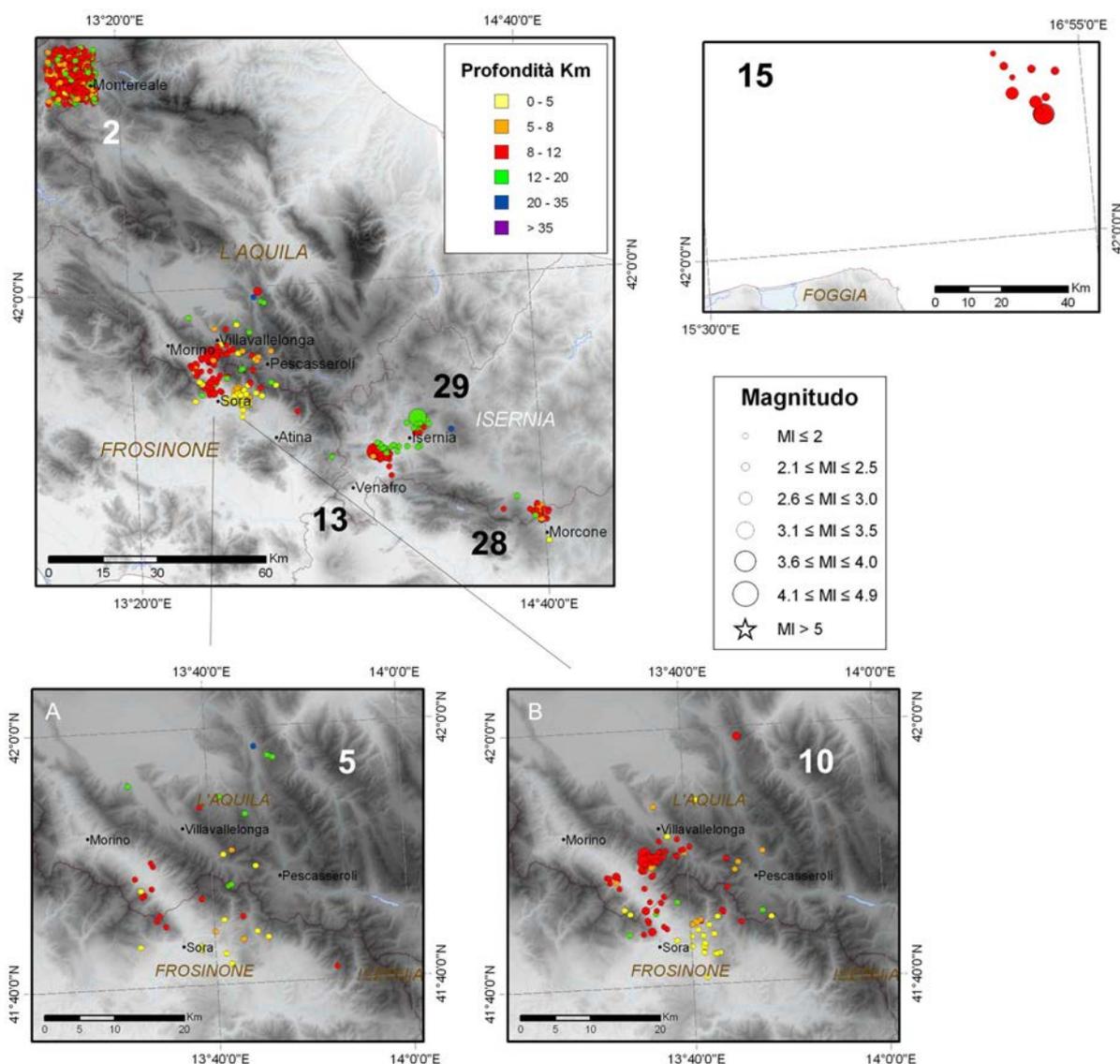


Figura 13 Cluster di terremoti avvenuti nell'Appennino centro-meridionale (n° 2, 5, 10, 13, 28 e 29) e di fronte al promontorio del Gargano (n° 15). All'estremità nord-occidentale dell'area, nei pressi di Montereale, è visibile la sequenza n° 2 dei Monti Reatini (2131 terremoti durante il 2010).

Figure 13 Cluster of earthquakes in the central-southern Apennines (n° 2, 5, 10, 13, 28 and 29) and offshore the Gargano Promontory (n° 15). The Monti Reatini seismic sequence (n° 2) is shown in the north-western portion of the figure, close to the town of Montereale (2131 earthquakes during 2010).

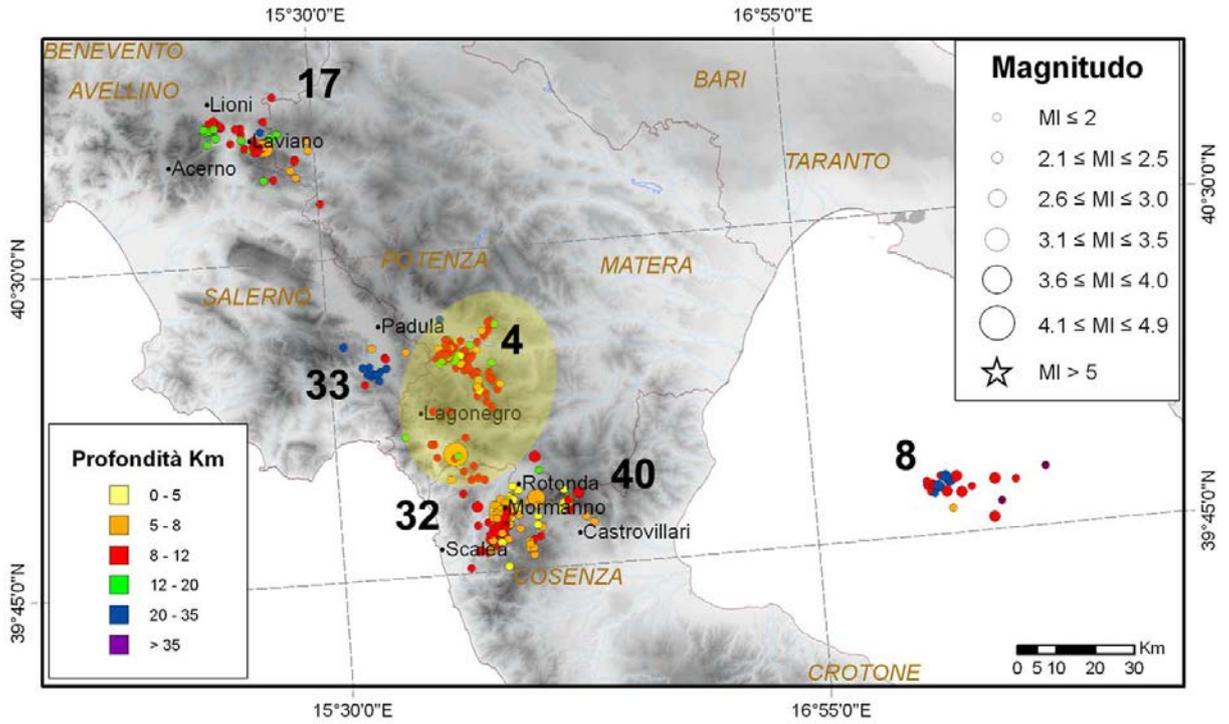


Figura 14 Cluster di terremoti avvenuti nell'Appennino meridionale e nel Golfo di Taranto durante il 2010.
Figure 14 Cluster of earthquakes occurred in the southern Apennines and in the Gulf of Taranto in 2010.

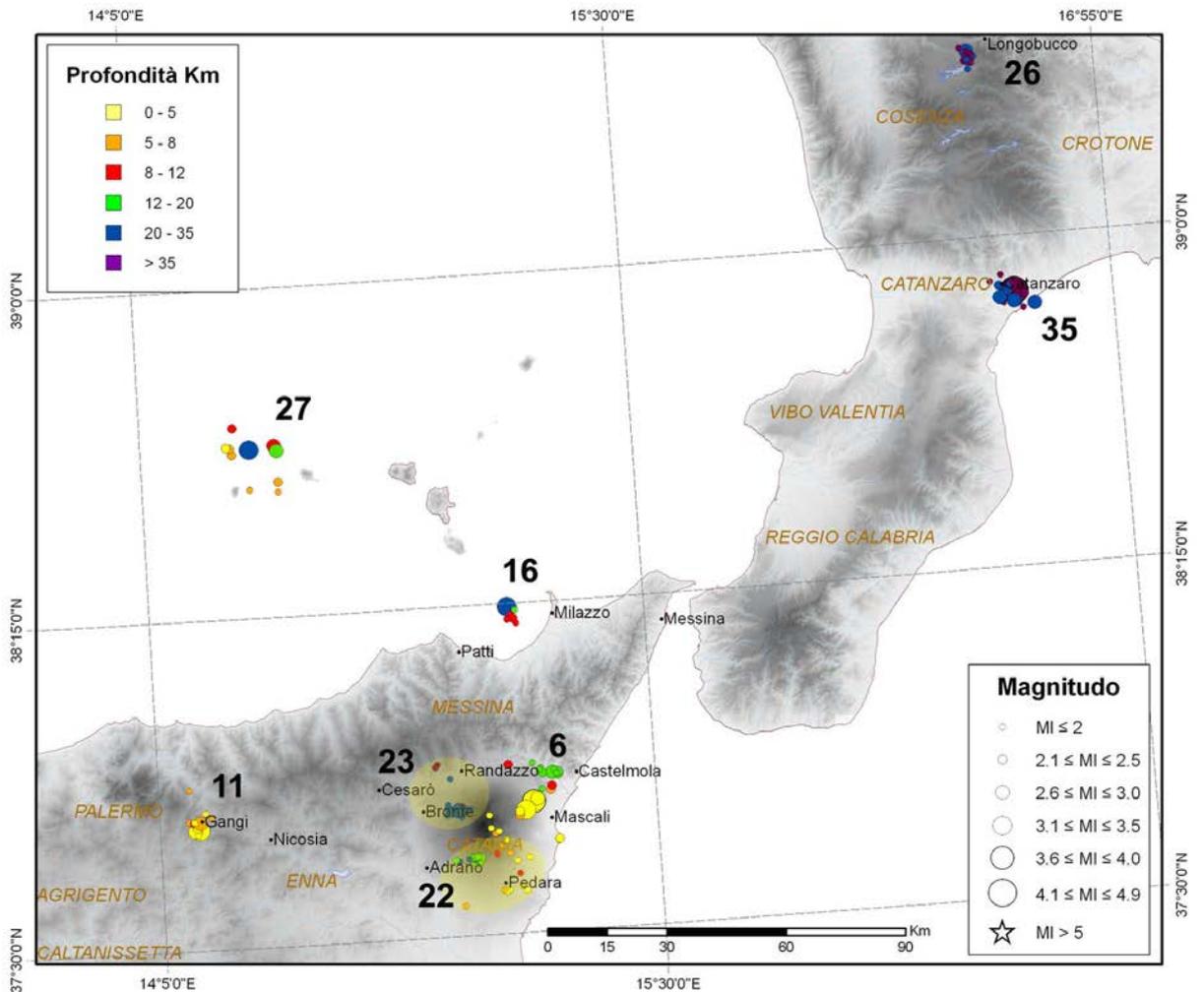


Figura 15 Sequenze sismiche avvenute nel 2010 nella Calabria meridionale e in Sicilia.
Figure 15 Seismic sequences occurred during 2010 in southern Calabria and Sicily.

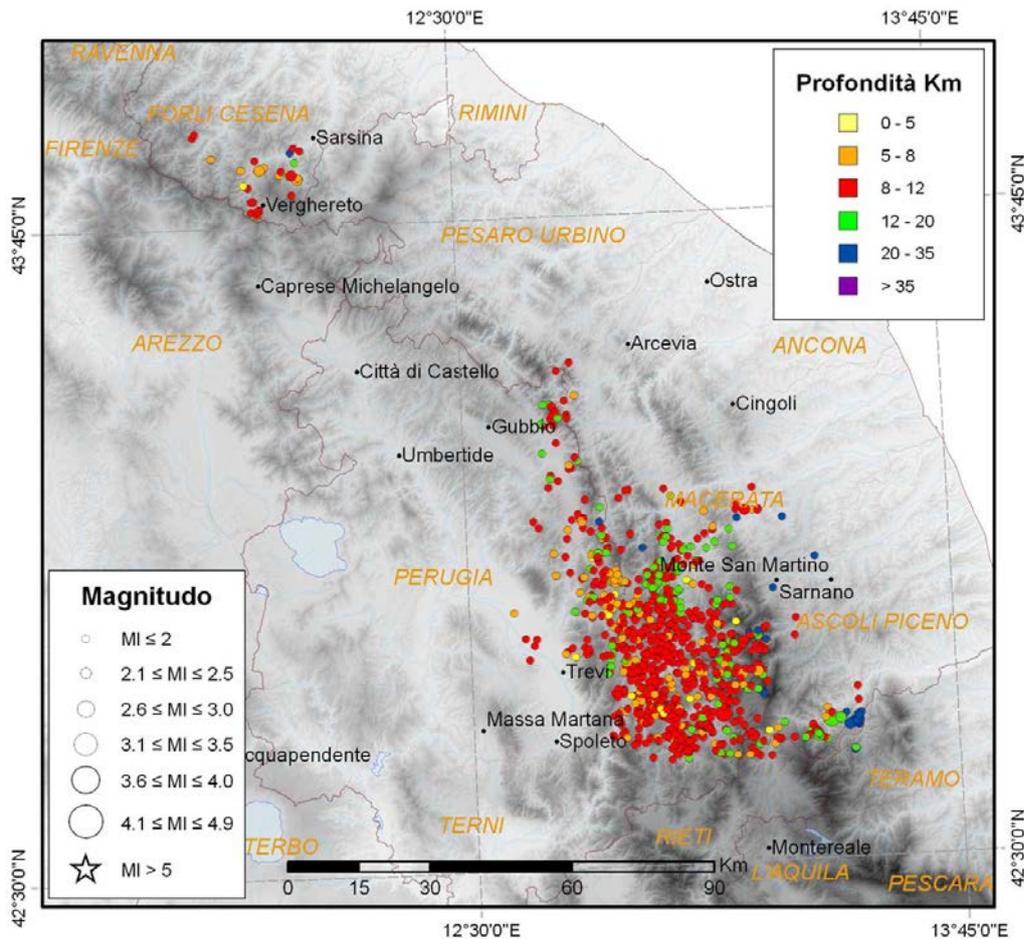


Figura 16 Clusterizzazione di eventi a piccola magnitudo dal BSI 2010, ai confini tra le province di Perugia, Macerata, Ascoli Piceno, Teramo e Forlì-Cesena.

Figure 16 Clustering of low magnitude earthquakes extracted from the BSI 2010, at the border between the provinces of Perugia (Umbria), Macerata and Ascoli Piceno (Marche), Teramo (Abruzzo) and Forlì-Cesena (Emilia Romagna).

Due sequenze hanno interessato la zona del Pollino tra i comuni di Rotonda (PZ), Mormanno, Laino Borgo, Castrovillari e Scalea (CS). La prima (n° 32) è costituita da 146 eventi con magnitudo massima M_L 2.9; solo dieci eventi appartengono alla seconda (n° 40), con magnitudo massima M_L 2.9.

Nella stessa figura 14 è possibile osservare la sequenza n° 8 nel Golfo di Taranto, costituita da poco più di 20 eventi, con profondità media di circa 15 km e magnitudo massima M_L 2.5.

Ancora in Calabria sono avvenute altre due sequenze (Fig. 15). La prima (n° 26) ha interessato la provincia di Cosenza nei pressi del comune di Longobucco (18 terremoti in meno di 3 giorni con magnitudo massima M_L 2.7); la seconda (n° 35) è stata localizzata nelle vicinanze di Catanzaro, è costituita da 24 eventi con profondità media piuttosto elevata (circa 35 km) e magnitudo massima M_L 4.2.

In provincia di Catania sono state registrate tre sequenze (n° 6, 22 e 23 in Fig. 15 e Tab. 3). Il cluster n° 6 è iniziato il 2 aprile con un terremoto di magnitudo M_L 4.0 (25 terremoti in un mese circa). Occorre tuttavia notare che il cluster n° 6 include

probabilmente due sequenze contemporanee ma separate: la prima, che comprende i terremoti di magnitudo maggiore, è localizzata a bassa profondità nella parte nord-orientale dell'edificio vulcanico; la seconda, leggermente più a nord-ovest, è stata localizzata a profondità maggiori di 15 chilometri.

Anche i cluster n° 22 e n° 23 mostrati in figura 15 includono diverse sequenze contemporanee, non facilmente separabili con un algoritmo automatico. I due cluster sono avvenuti quasi contemporaneamente, verso la fine di giugno. Il cluster 22, costituito da 26 eventi di piccola magnitudo occorsi in ventidue giorni (magnitudo massima M_L 2.6), include una sequenza localizzata a ovest di Adrano, con epicentri intorno ai 15 chilometri di profondità, e un secondo gruppo di eventi allineati dalla sommità dell'Etna in direzione sud-est fino a Pedara, con localizzazioni piuttosto superficiali (profondità inferiori ai 12 chilometri). Il cluster n° 23 è anch'esso costituito da una sequenza vera e propria avvenuta a oltre 20 chilometri di profondità sotto il versante nord-occidentale dell'Etna, verso Bronte, e da altri ipocentri localizzati a nord dell'edificio vulcanico (23 terremoti con magnitudo massima M_L 2.3).

Nel mese di maggio il comune di Gangi, in provincia di Palermo, è stato interessato da una sequenza durata 5 giorni che ha prodotto 16 terremoti a bassa profondità (profondità media di circa 5 km) con magnitudo massima M_L 3.2 (n° 11 in Fig. 15 e Tab. 3).

Una sequenza verificatasi al largo della costa settentrionale della provincia di Messina, nel Golfo di Patti e Milazzo (n° 16 in Fig. 15 e Tab. 3) ha fatto registrare in poche ore 8 eventi con magnitudo massima M_L 3.5.

L'ultima sequenza registrata in Sicilia, avvenuta nel luglio 2010 (n° 27 in Fig. 15), ha riguardato le Isole Eolie. La sequenza è costituita da dieci terremoti con una magnitudo massima M_L 3.4; gli ipocentri appaiono dispersi su profondità variabili da 5 a oltre 20 chilometri; tuttavia tale variabilità è probabilmente legata alla scarsa copertura azimutale.

4.3 Sismicità diffusa

È stata individuata sismicità diffusa in due aree: nell'Appennino umbro-marchigiano, uno dei settori del territorio italiano con più alto rateo di sismicità di fondo, e in provincia di Forlì-Cesena (Fig. 16). In queste zone il riconoscimento di sequenze sismiche specifiche appare difficoltoso, come già messo in evidenza nel BSI del 2008 e del 2009, poiché i terremoti occorsi nell'area ricoprono tutto l'arco temporale del 2010.

In particolare abbiamo rilevato una sismicità diffusa, nel periodo da gennaio a dicembre, tra le province di Perugia, Macerata, Ascoli Piceno e Teramo, costituita da 987 eventi con magnitudo massima M_L 3.4 (6 dicembre 2010). Nel settore più a nord, nella provincia di Forlì-Cesena, tale attività di fondo è quantificabile in 35 eventi con magnitudo massima M_L 2.5 e magnitudo minima 1.

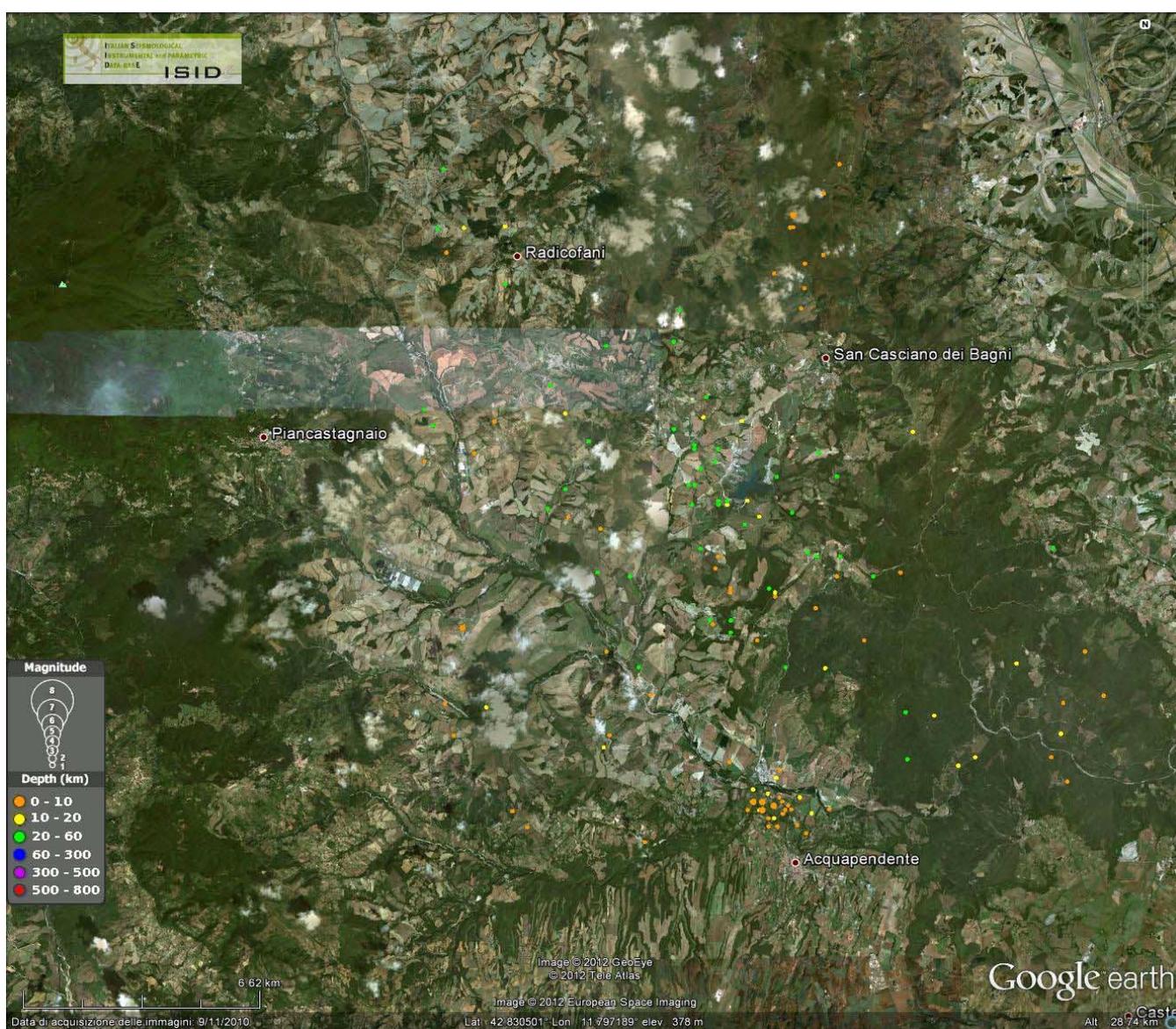


Figura 17 Serie di eventi di probabile natura antropica presenti nel BSI 2010 avvenuti in un'area immediatamente ad E del Monte Amiata. La maggior parte di essi ha una profondità ipocentrale apparente di oltre 20 km (classe verde). Il piccolo cluster di circa 25 eventi localizzato a NW del comune di Acquapendente (VT) è costituito da terremoti tettonici avvenuti il 25 novembre 2010 tra le 06:30 e le 10:30 GMT.

Figure 17 Series of events probably due to anthropic activity in the BSI 2010 occurred in an area immediately to the E of Mount Amiata. Most of them have an apparent depth of more than 20 km (green class). The small cluster of about 25 events located NW of the town of Acquapendente (VT) is due to tectonic earthquakes occurred on November 25th, 2010 between 06:30 and 10:30 GMT.

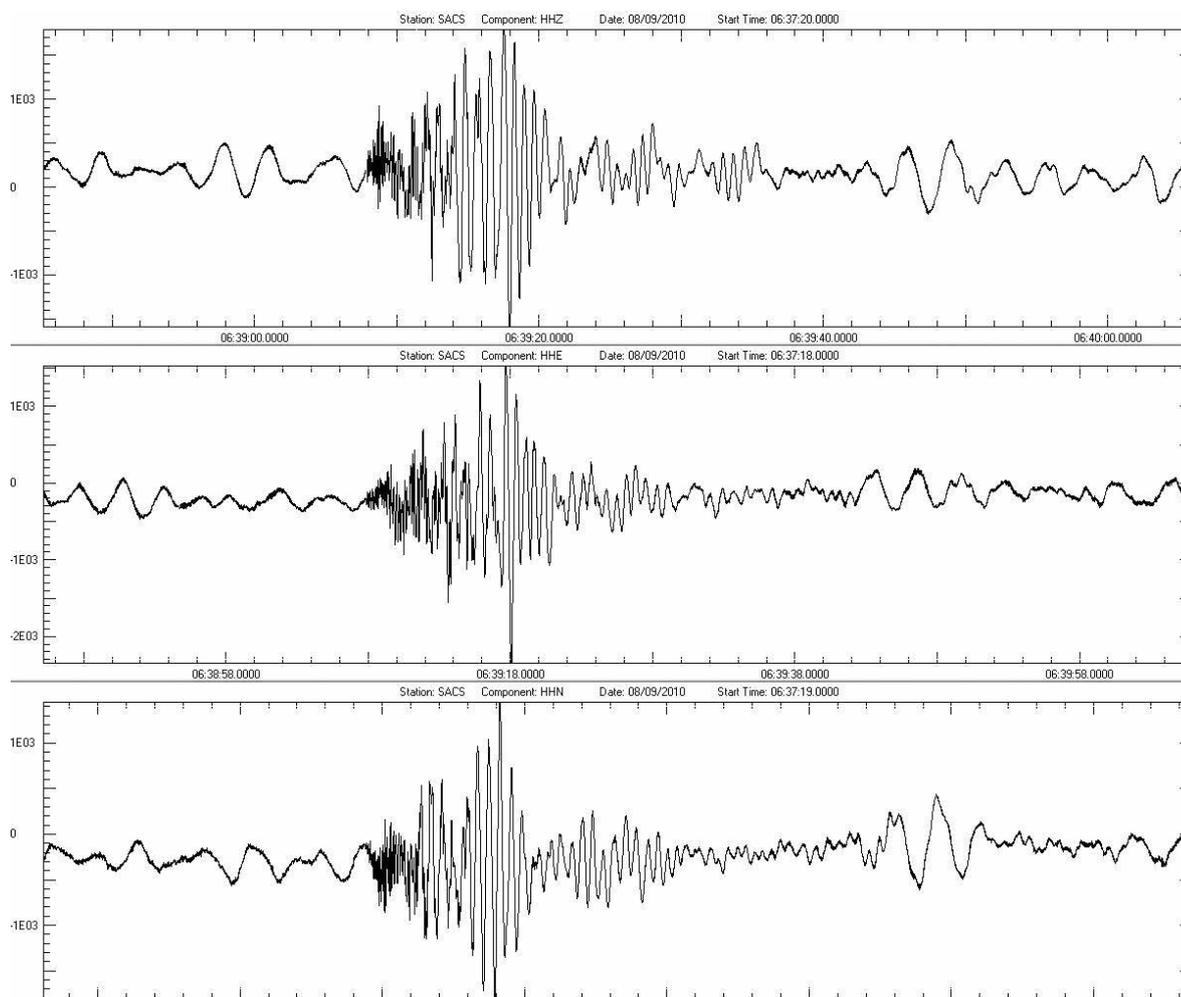


Figura 18 Registrazione digitale delle 3 componenti della stazione sismica di SACS (San Casciano dei Bagni, SI) di un evento di probabile natura antropica.

Figure 18 3-components digital recording of the seismic station SACS (San Casciano dei Bagni, SI) of an event due to probable anthropic activity.

4.4 Cluster significativi

La tabella 4 riporta i *cluster* di terremoti più rilevanti, già selezionati con l'algoritmo di Reasenberg, ma esclusi dalla lista delle sequenze perché costituiti da pochi eventi (meno di 10). In questo caso abbiamo selezionato i *cluster* con almeno 2 eventi e magnitudo massima uguale o superiore a M_L 3.5. La metà di questi *cluster* è avvenuta in mare o vicino alla costa (n° 2, 3, 5 e 6).

Il *cluster* più significativo di questa selezione è stato registrato in prossimità di Foggia il 17 settembre 2010 (n° 8 in Tab. 4, magnitudo massima M_L 4.5), con vasto risentimento anche nelle regioni circostanti (<http://www.haisentitoilterremoto.it/repository/2214121000/mcs.jpg>); il secondo in ordine di magnitudo è avvenuto presso le isole Eolie il 16 agosto 2010 (n° 6 in Tab. 4; magnitudo massima M_L 4.2) (<http://www.haisentitoilterremoto.it/repository/2213660540/mcs.jpg>).

5. Esplosioni in cava

Il BSI 2010 contiene un certo numero di eventi di origine antropica che vengono localizzati erroneamente come terremoti di origine tettonica; essi sono dovuti a esplosioni in zone estrattive (circa 750 nel 2010, cioè il 5% dei terremoti presenti nel BSI). L'analisi del BSI per l'anno 2010 riconferma la presenza di eventi di origine antropica nelle aree già individuate da Mele et al. [2010b] utilizzando il software ZMAP [Wiemer, 2001]; l'algoritmo evidenzia le zone in cui il rapporto tra la sismicità diurna e quella notturna è anomalo. Nel corso del 2010 sono state individuate due nuove aree dove sono localizzati eventi di probabile natura antropica. La prima zona si trova immediatamente ad E del complesso vulcanico del Monte Amiata, circoscritta dai comuni di Piancastagnaio (SI), Radicofani (SI), San Casciano dei Bagni (SI) e Acquapendente (VT) (Fig. 17).

Abbiamo individuato circa 120 eventi avvenuti dal 16 aprile 2005 a tutto il 2010 che hanno una probabile origine antropica; a causa della non ottimale geometria della RSNI in quest'area, le localizzazioni appaiono non clusterizzate. La profondità apparente media è di circa 20 chilometri (determinata da erronea interpretazione dell'arrivo di onde superficiali come fasi S crostali); la magnitudo massima è M_L 2.1. Gli orari di registrazione sono compresi, per la maggior parte degli eventi, tra le 5 e le 10 GMT (tra le 6 e le 11 locali).

La figura 18 mostra uno di questi eventi registrato dalla stazione della RSNI più vicina agli epicentri (SACS: San Casciano dei Bagni, SI). Si può notare che l'inizio dell'evento è caratterizzato da un segnale ad alta frequenza a cui segue, dopo 3-4 secondi, una fase a bassa frequenza, molto probabilmente un'onda superficiale. La figura 19 mostra, in dettaglio, la parte iniziale del sismogramma dove è visibile l'inizio compressivo del primo arrivo, tipico di una esplosione.

Sempre nella figura 17 è visibile un piccolo *cluster* di circa 26 eventi (sequenza n° 38 in Tab. 3) iniziato il 25 novembre 2010, localizzato immediatamente a NW del comune di Acquapendente (VT). Gran parte di questi eventi è avvenuta

tra le ore 6:30 e le 10:30 GMT; altri quattro eventi sono avvenuti tra le 14:30 e le 16:30. La magnitudo massima è stata M_L 2.1. Le profondità ipocentrali sono comprese tra 5 e 10 km. In figura 20 è possibile notare la presenza di uno stabilimento industriale subito a nord del *cluster*; questo indizio, unito agli orari in cui sono avvenute le scosse, ci ha indotto ad ipotizzare inizialmente che gli eventi fossero di natura antropica. Tuttavia, se osserviamo la registrazione di uno di questi terremoti effettuata a SACS (Fig. 21), la differenza di questo sismogramma con la registrazione della esplosione mostrata in figura 18 appare evidente; nella registrazione del terremoto naturale l'inizio della fase S è chiaramente individuabile e il contenuto in frequenza sia della fase P che della S appare caratteristico di un evento di natura tettonica. Inoltre tra i primi arrivi delle componenti Z di altre stazioni sismiche vicine è possibile trovare anche alcuni primi impulsi non compressivi, quindi non compatibili con eventi di tipo esplosivo. Come verifica ulteriore abbiamo analizzato l'intera registrazione continua del segnale sismico della stazione SACS nel giorno di inizio della sequenza e abbiamo individuato alcuni micro-terremoti anche in orario notturno.

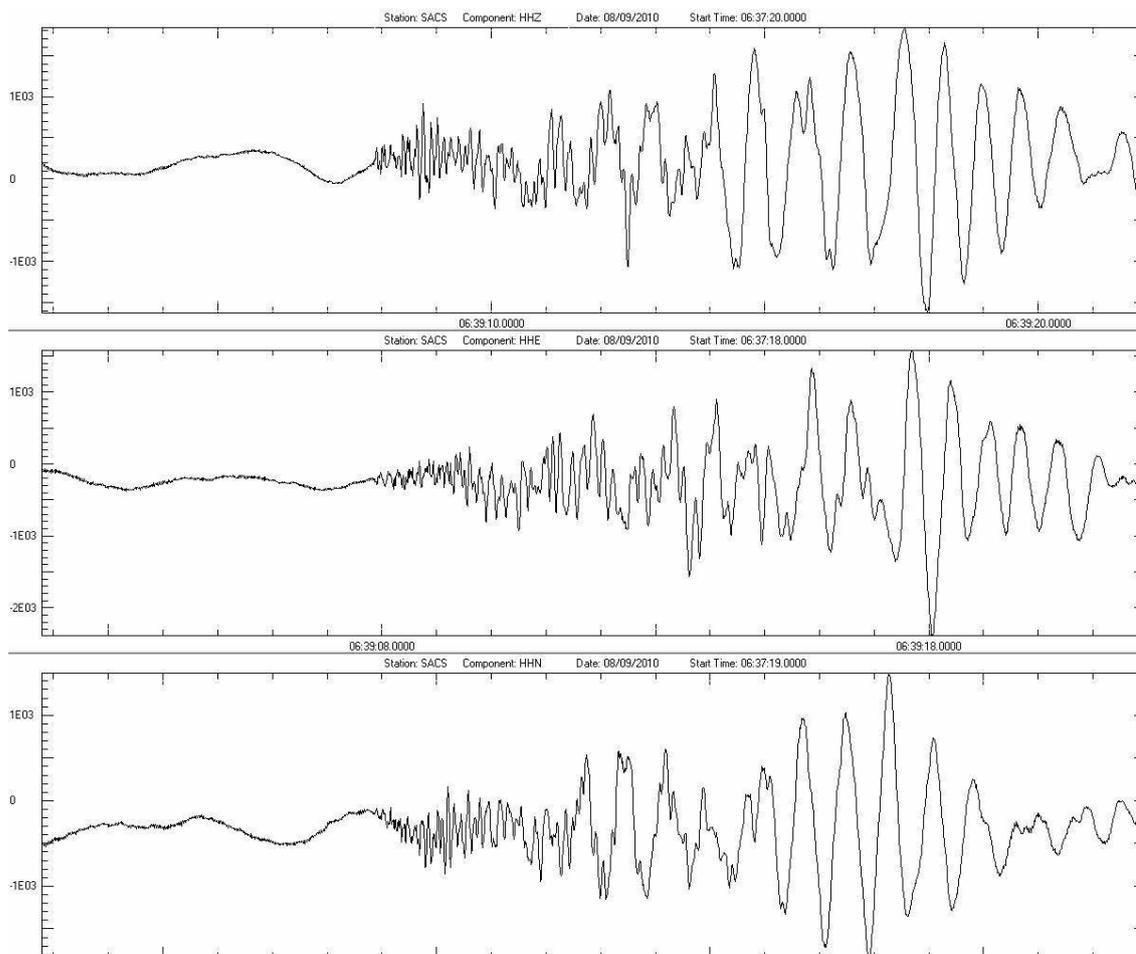


Figura 19 Dettaglio del primo arrivo della registrazione digitale delle 3 componenti della stazione sismica di SACS (San Casciano dei Bagni, SI) di un evento di probabile natura antropica.

Figure 19 Details of an event due to anthropic activity recorded at the 3-component seismic station SACS (San Casciano dei Bagni, SI).

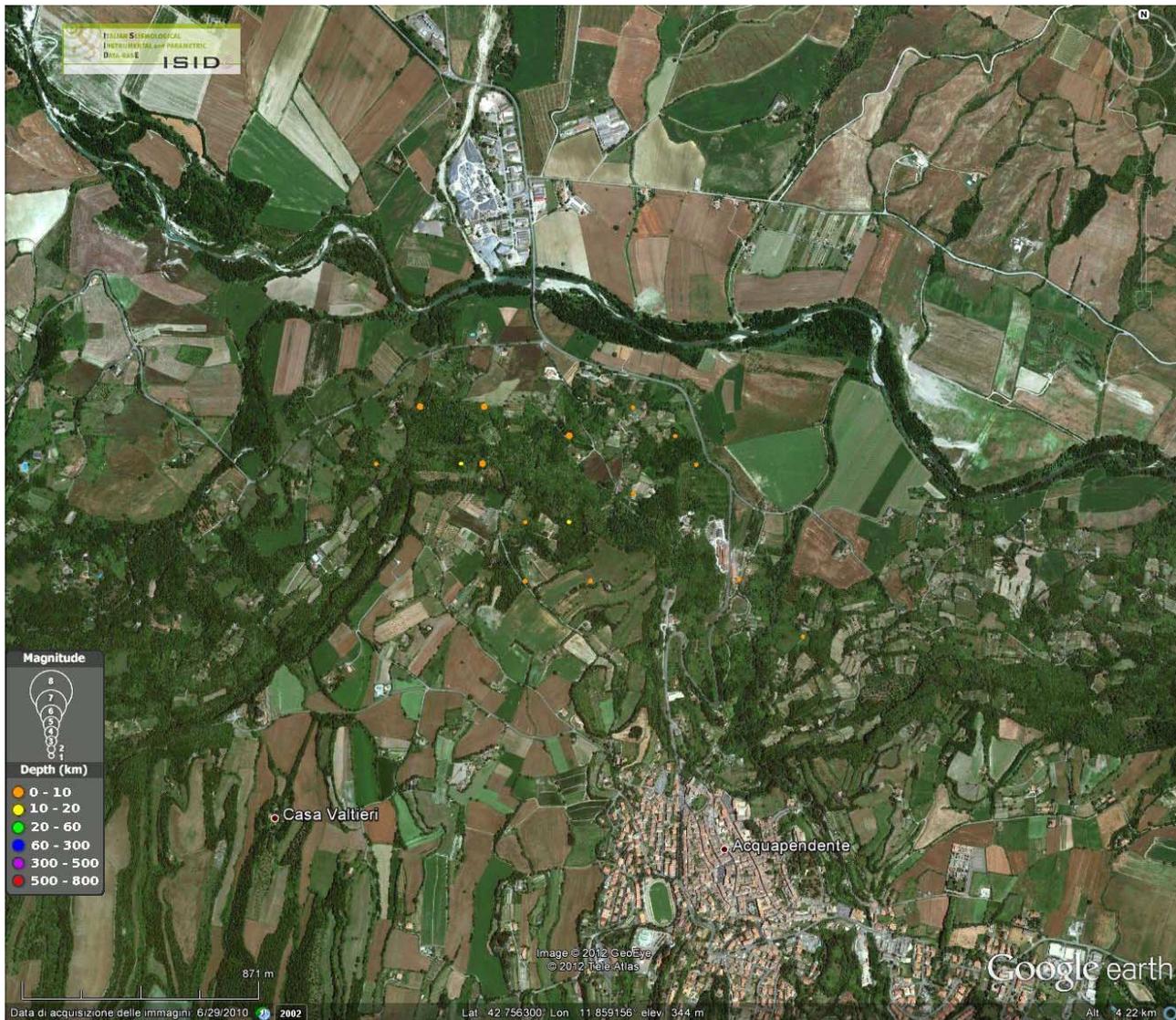


Figura 20 Dettaglio del cluster di eventi avvenuto il 25 novembre 2010 (sequenza n° 38 in Tab. 3) e localizzato tra il comune di Acquapendente (VT) e uno stabilimento industriale.

Figure 20 Detail of the cluster occurred on November 25, 2010 (sequence n° 38 in Tab. 3) and located between Acquapendente (VT) and an industrial plant.

Queste evidenze ci fanno dunque supporre che il *cluster* sia classificabile come insieme di eventi legati a cause naturali e non ad attività umane estrattive o di altra natura.

La seconda area, con eventi che hanno una probabile origine antropica, si trova pochi chilometri a nord di Gubbio (PG), zona in cui sono visibili tramite *Google Earth* alcune cave. Gli eventi in questione (Fig. 22) avvengono principalmente tra le 7 e le 9 GMT, sono localizzati ad una profondità apparente inferiore ai 10 km e hanno magnitudo massima M_L 1.5. La vicinanza della stazione ATFO (Monte Foce) con le cave visibili sulle pendici dello stesso monte che ospita la strumentazione sismica, potrebbe spiegare l'inizio sincronico e la sostanziale sovrapposizione di onde ad alta frequenza di tipo P con onde a bassa frequenza, probabilmente superficiali. Nel solo BSI 2010 sono stati individuati circa 20 eventi di questo

tipo; la loro ricerca è resa difficile dalla notevole sismicità di fondo dell'area (si veda il paragrafo 4.3). Inoltre non si può escludere la possibilità che alcune di queste registrazioni siano dovute non alle numerose cave presenti nei pressi di Gubbio, ma piuttosto all'attivazione di macine delle vicine cementerie (nelle immediate vicinanze del Monte Foce).

In alcuni casi il riconoscimento della natura di un evento registrato non è immediatamente possibile solo dall'osservazione del sismogramma; ci sono casi in cui è molto difficile discriminare i terremoti di origine tettonica dagli eventi di natura antropica.

La tabella 5 mostra un elenco (certamente non esaustivo) delle aree individuate da Mele et al. [2010b] e in questo lavoro, dove sono presenti eventi di natura antropica inclusi nel BSI degli ultimi anni.

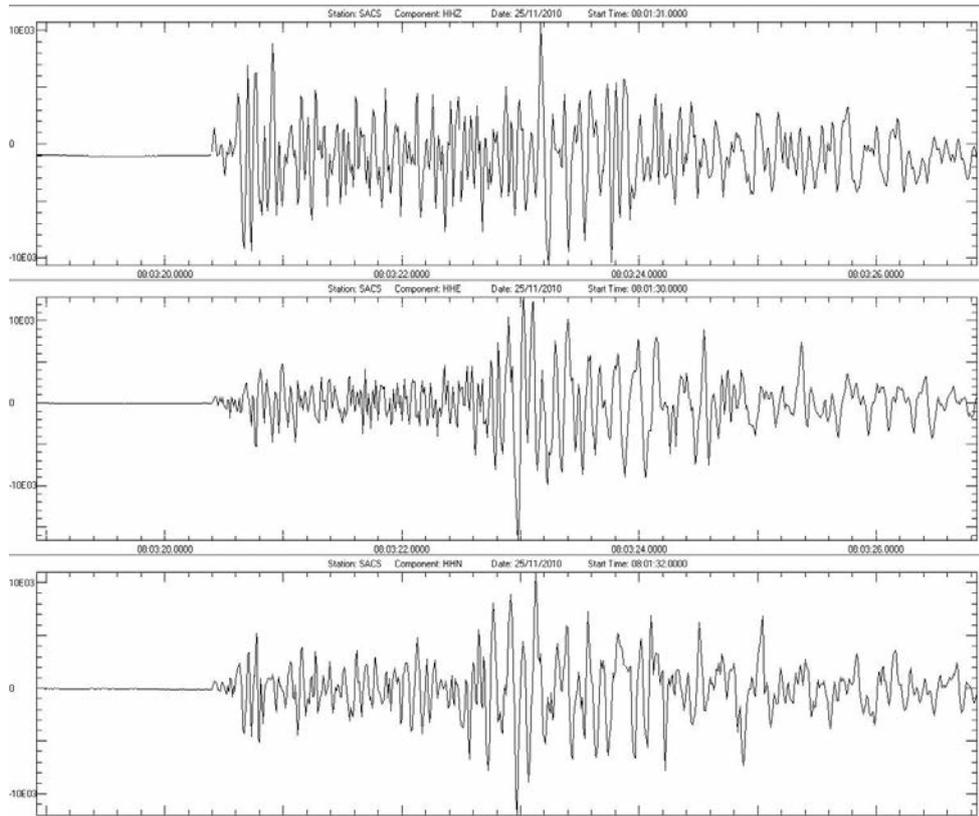


Figura 21 Dettaglio del primo arrivo della registrazione digitale delle 3 componenti della stazione sismica di SACS (San Casciano dei Bagni, SI) di un evento avvenuto il 25 novembre 2010 poco a N del comune di Acquapendente (VT).

Figure 21 Details of an earthquake due to tectonic activity recorded at the 3-component seismic station SACS (San Casciano dei Bagni, SI) on November 25th, 2010 just N of Acquapendente (VT).

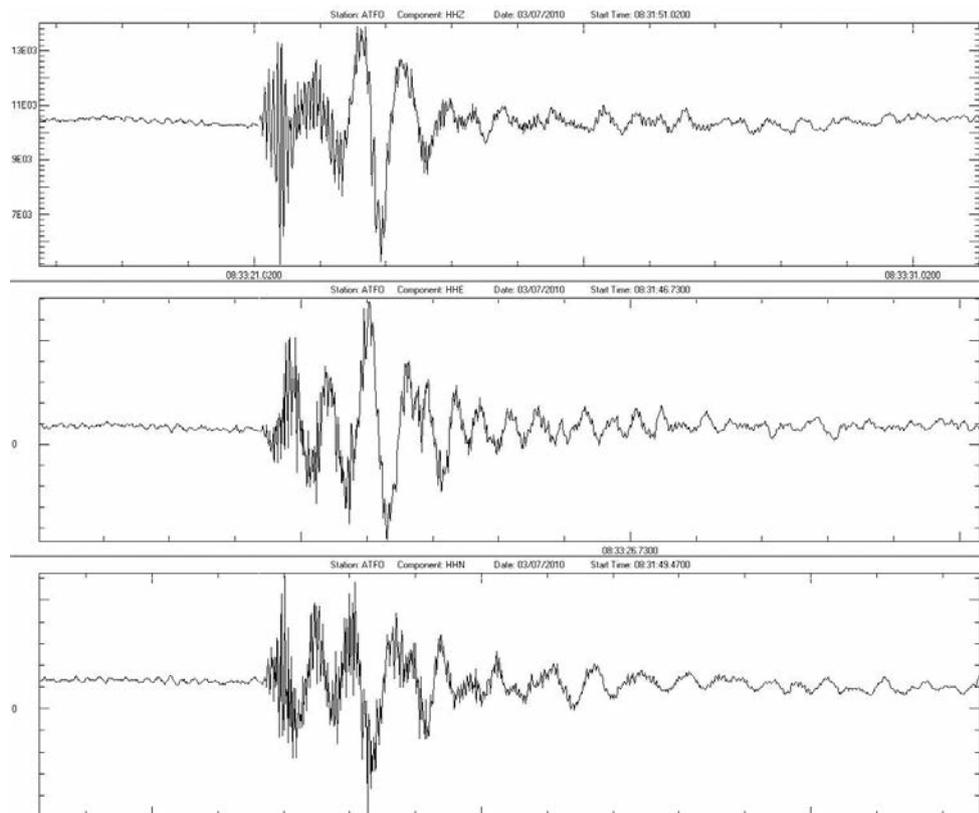


Figura 22 Evento di natura antropica registrato dalla stazione sismica di ATFO (Monte Focce, Gubbio, PG).

Figure 22 Anthropic event recorded by the seismic station ATFO (Monte Focce, Gubbio, PG).

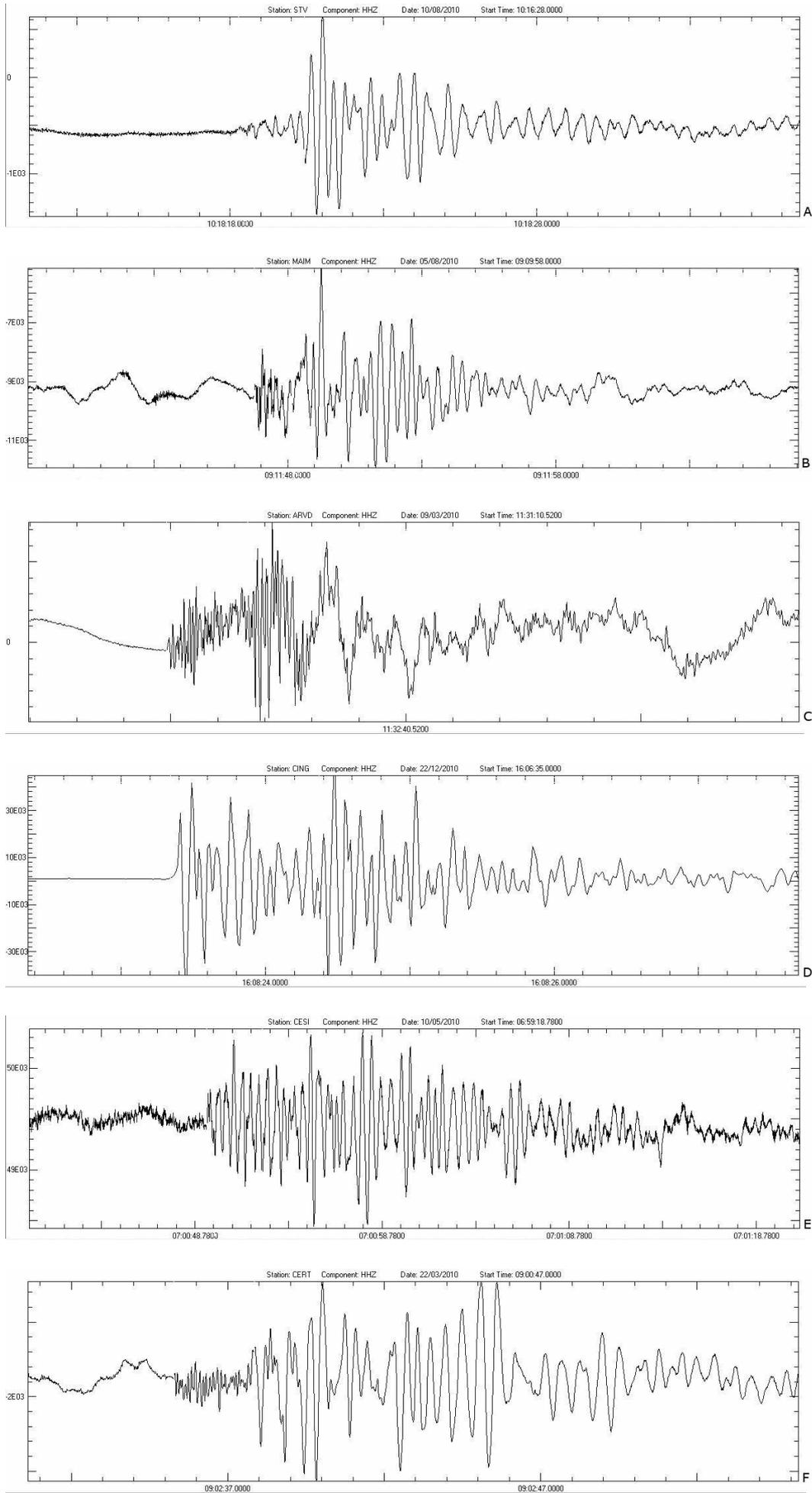
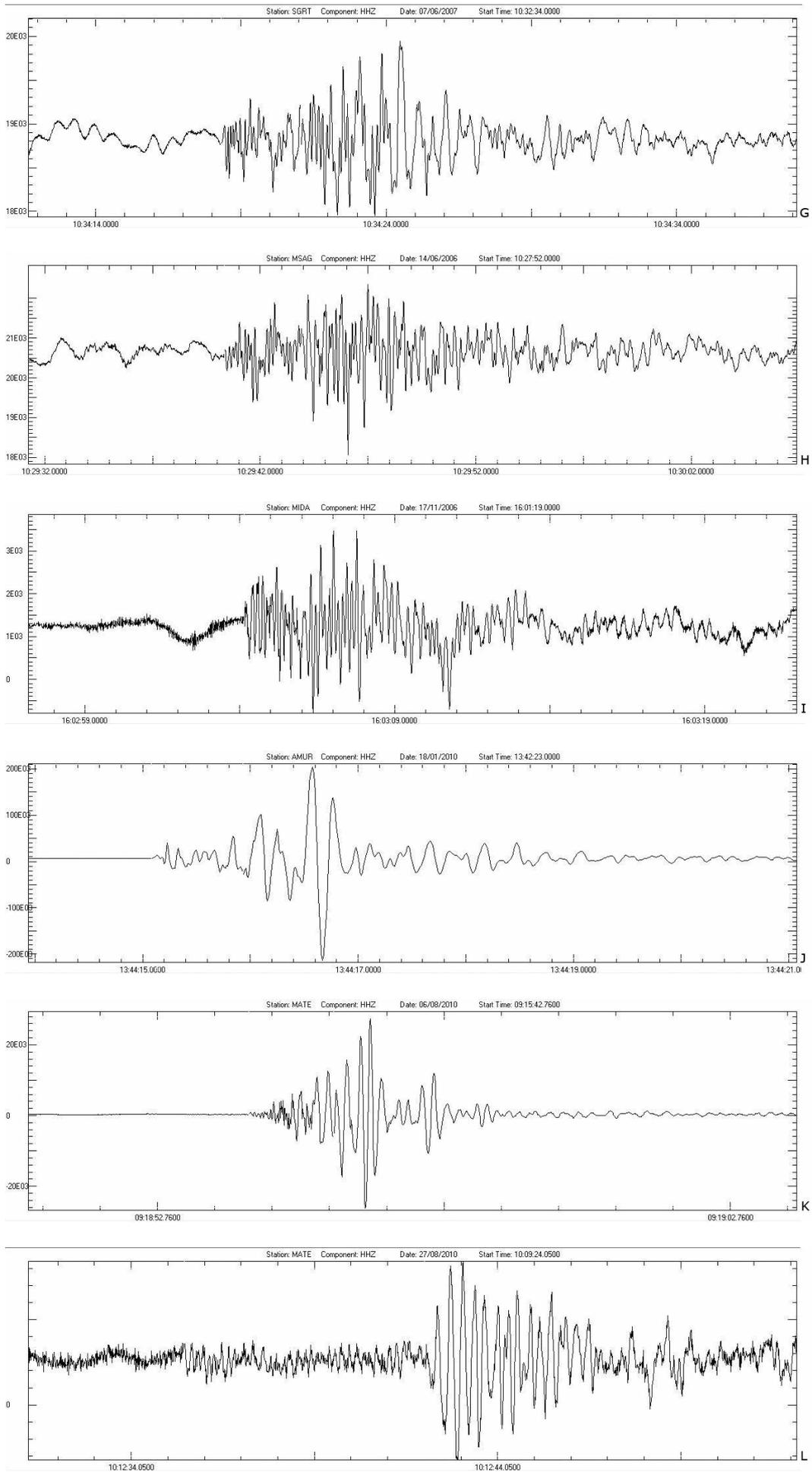


Figura 23 continua >>
 Figure 23 continue >>



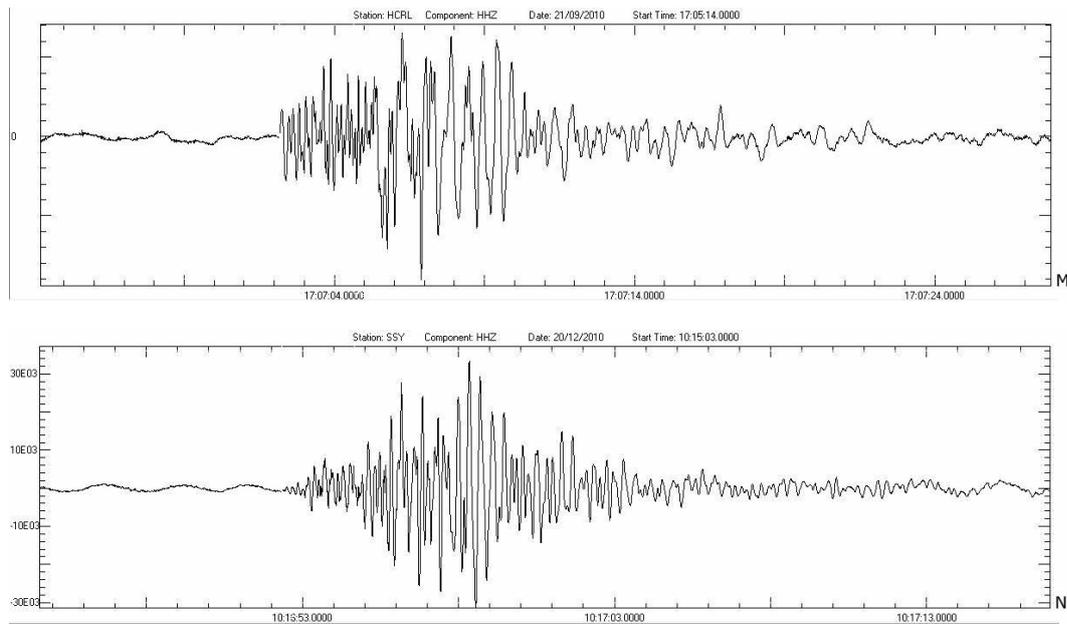


Figura 23 Sismogrammi digitali (solo componente verticale) di eventi registrati dalle stazioni sismiche più vicine alle 14 aree con attività antropica, già individuate da Mele et al. [2010b]. Le lettere (angolo destro inferiore) individuano l'area, come riportata in tabella 5.
Figure 23 Digital seismograms (vertical component) recorded at stations close to 14 areas with anthropic activity identified by Mele et al. [2010b]. Capital letters at the right-lower corner identify the areas as reported in table 5.

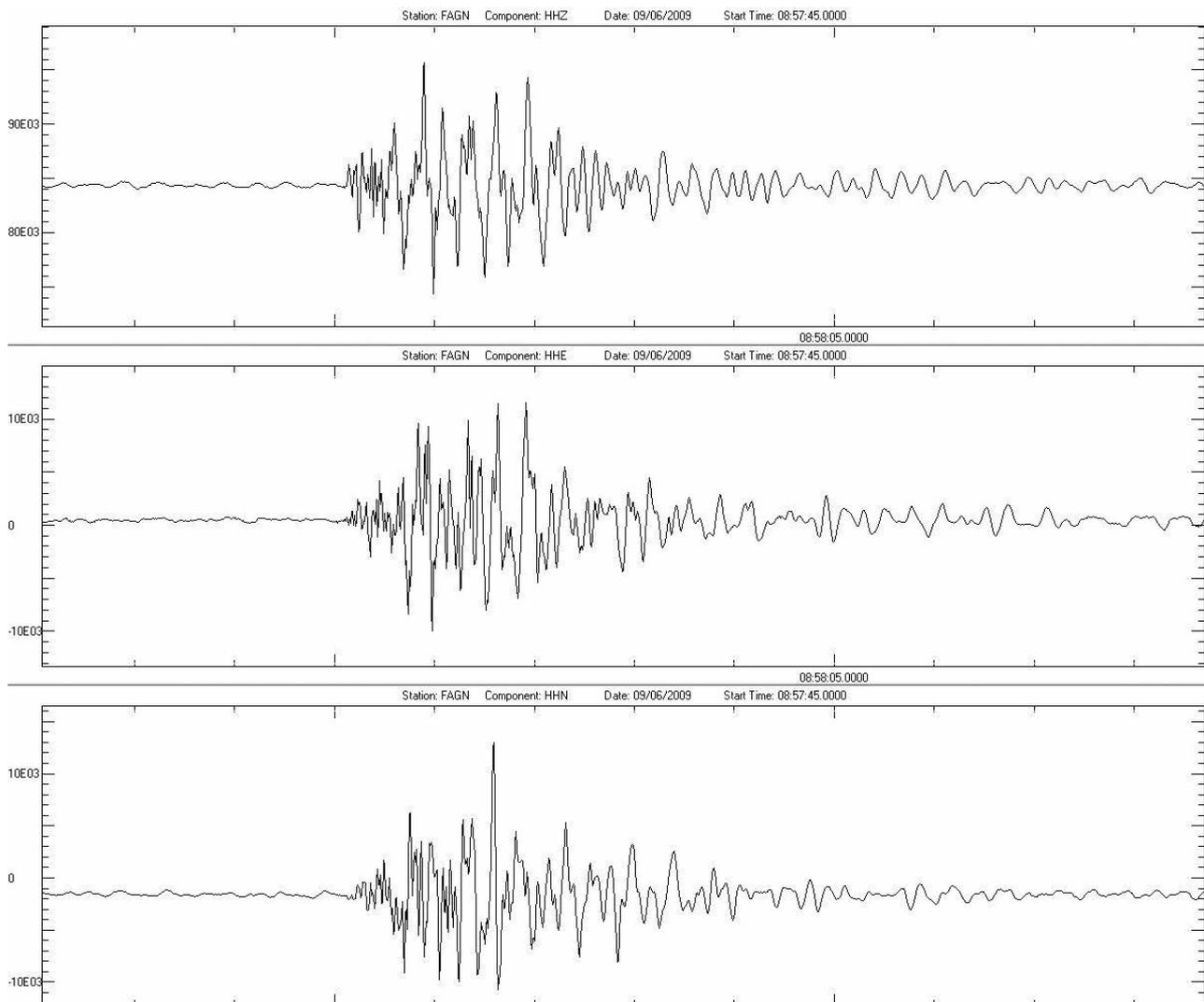


Figura 24 Esempio di un terremoto della sequenza sismica dell'aquilano registrato dalla stazione di FAGN (Fagnano, AQ) che evidenzia la somiglianza con gli eventi di natura antropica (H, I e M in Fig. 23).
Figure 24 Example of an earthquake of the L'Aquila seismic sequence, recorded by the seismic station of FAGN (Fagnano, AQ), which shows strong similarity with some events caused by anthropic activity (H, I and M in Fig. 23).

In figura 23 vengono riportate le registrazioni di alcuni di questi eventi antropici; in particolare vengono mostrate in successione le componenti digitali verticali delle stazioni sismiche più vicine alle prime 14 aree della tabella 5 (le lettere riportate in basso a destra nei sismogrammi si riferiscono alle lettere della tabella 5).

L'analisi di questi sismogrammi consente di evidenziare alcune caratteristiche comuni, utili per discriminare e riconoscere le registrazioni legate a esplosioni in cava. La caratteristica più evidente, comune a quasi tutti i sismogrammi, è l'inizio compressivo della fase P, caratteristica peculiare di una esplosione. In alcuni casi questo inizio è impulsivo, in altri emergente, ma sempre compressivo.

Altra caratteristica comune è la presenza di un secondo arrivo dopo la fase P che, interpretato erroneamente come una fase S, introduce nella localizzazione ipocentrale un errore che si concretizza nella non corretta stima della profondità. Pertanto la profondità non può essere utilizzata come elemento discriminante per individuare le esplosioni. In realtà questo secondo arrivo potrebbe essere dovuto a un'onda P convertita in S in corrispondenza di una eventuale discontinuità superficiale, oppure potrebbe indicare l'arrivo di un'onda superficiale.

Alcune registrazioni mostrano dei segnali monotoni a bassa frequenza (A, D, E, J, L), altre presentano un segnale ad alta frequenza sovrapposto inizialmente ad uno a più bassa frequenza (B, C, F, K), altre ancora (H, I, M) sono molto simili a terremoti di origine tettonica. A tal proposito si osservi la figura 24 che mostra un terremoto della sequenza sismica dell'aquilano, registrato dalla stazione sismica di FAGN (Fagnano, AQ).

6. Sintesi della sismicità analizzata nel 2010

In tabella 6 vengono riportate le principali caratteristiche della sismicità analizzata nel BSI 2010.

	Area geografica	range in latitudine	range in longitudine
A	Borgo San Dalmazzo (CN)	44.20N : 44.35N	07.33E : 07.58E
B	Borgo a Mozzano (LU)	43.90N : 44.00N	10.42E : 10.63E
C	Serra San Quirico (AN)	43.38N : 43.46N	12.97E : 13.02E
D	Cingoli - Treia (MC)	43.28N : 43.36N	13.17E : 13.34E
E	Foligno - Trevi (PG)	42.87N : 42.94N	12.72E : 12.80E
F	Riofreddo - Oricola (RM-AQ)	41.97N : 42.11N	12.85E : 13.10E
G	Casa Gravina (FG)	41.67N : 41.75N	15.46E : 15.58E
H	Foggia (FG)	41.56N : 41.69N	15.57E : 15.73E
I	Isernia (IS)	41.54N : 41.62N	14.11E : 14.47E
J	Masseria Censo (BA)	40.87N : 40.96N	16.55E : 16.69E
K	Matera (MT)	40.64N : 40.72N	16.58E : 16.79E
L	Taranto (TA)	40.48N : 40.64N	17.13E : 17.47E
M	Catania (CT)	37.30N : 37.50N	14.87E : 15.08E
N	Melilli (SR)	37.10N : 37.30N	14.90E : 15.20E
O	Monte Foce-Gubbio (PG)	43:30N : 43:40N	12:54E : 12:70E
P	Monte Amiata (SI-VT)	42.70N : 43.00N	11:70E : 12.10E

Tabella 5 Limiti di sedici aree in cui è presente attività antropica, individuate tramite il software ZMAP nel BSI 2008 da Mele et al. [2010b] e in questo lavoro.

Table 5 Limits of sixteen areas affected by anthropic activities, identified with the ZMAP software in the BSI 2008 by Mele et al. [2010b] and in this work.

7. Qualità delle localizzazioni

Per illustrare l'accuratezza delle determinazioni ipocentrali presenti nel bollettino, adottiamo un parametro di qualità Q proposto da Amato e Mele [2008]. Il parametro combina insieme due altri fattori di qualità, in tutto simili a quelli usati in *Hypoinverse-2000* [Klein, 2002], opportunamente ridefiniti per tenere conto delle caratteristiche geometriche della RSNI. Il primo fattore Q1 tiene conto degli errori formali ottenuti al termine della localizzazione; può assumere quattro valori da -1.5 a +1.5 secondo quanto specificato in tabella 7. Il secondo fattore di qualità Q2 tiene conto delle caratteristiche geometriche della distribuzione delle stazioni intorno all'epicentro; può assumere quattro valori da -3 a +3, secondo le specifiche della tabella 8. Per ogni terremoto viene quindi definito un parametro di qualità $Q = Q1 + Q2$ che può assumere 10 livelli da -4.5 a +4.5. La figura 25 mostra in mappa le localizzazioni del BSI 2010, con indicazione della qualità, della profondità e della magnitudo degli ipocentri.

Rete Sismica Nazionale Italiana (RSNI)	322 stazioni sismiche (vedi tabella 2 per i dettagli)	
Terremoti localizzati	14.653 (104.191 fasi P e 81.885 fasi S)	
Magnitudo massima	M_L 5.4 (Tirreno meridionale a ca. 500 km di profondità)	
	M_L 4.5 (terremoto crostale maggiore in provincia di Foggia)	
Distribuzione degli eventi in classi di magnitudo	$0 < M_L \leq 1$	4.680
	$1 < M_L \leq 2$	8.404
	$2 < M_L \leq 3$	1.425
	$3 < M_L \leq 4$	130
	$M_L > 4$	14
Magnitudo di completezza (M_C)	1.6	
Numero sequenze	40 (vedi figura 7 e tabella 3)	
Principali sequenze	L'Aquila/Rieti (2.131 eventi)	
	Alta Valtiberina (1.865 eventi)	
Eventi di origine antropica	750 (circa 5% sul totale)	

Tabella 6 Sintesi della sismicità del BSI 2010.

Table 6 Synthesis of the seismicity in the BSI 2010.

Qualità Q1	RMS pesato	Errore orizzontale	Errore verticale	Numero pesato di fasi (WNP)	Punteggio 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 7 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 considerarsi 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). Il punteggio mostrato nell'ultima colonna viene sommato al punteggio assegnato al terremoto per la qualità Q2 (specificato nella tabella 8) per definire un valore unico di qualità della localizzazione utilizzato nella mappa di figura 25.

Table 7 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 can range between 0.0 and 1.0) assigned to the associated arrival times. The score shown in the last column is used in combination with Q2 score (see table 8) to define a unique quality scale used in figure 25.

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

Tabella 8 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 8 Quality ranking Q2 used to class hypocenters according to station geometry, distance of the closest station from the epicenter, and weighted number of phases. All the condition for classes A, B and C are necessary. An earthquake has quality D if one or more conditions D are verified.

I terremoti con epicentro in mare hanno localizzazioni di scarsa qualità. Sebbene siano attivi scambi di dati in tempo reale con le reti francesi, svizzere e austriache, gli epicentri in terra

appaiono ancora poco definiti in area di confine sull'arco alpino. Rimangono ancora scarsamente definite le localizzazioni dei terremoti in area garganica e in Sicilia occidentale.

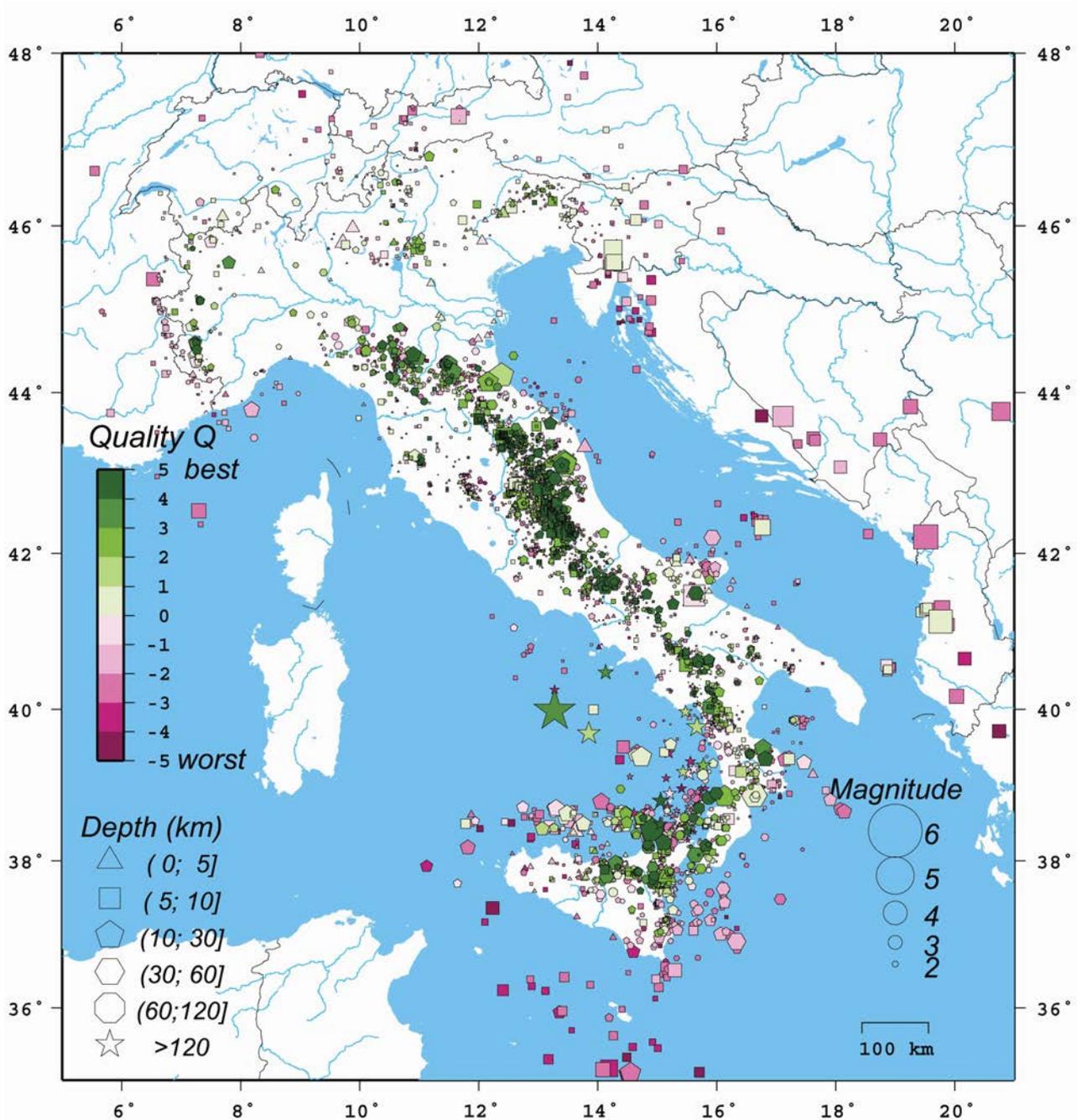


Figura 25 Mappa degli eventi registrati dalla Rete Sismica Nazionale nel 2010. La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, il colore indica la qualità della localizzazione, la forma indica la profondità. La grande maggioranza delle localizzazioni in area peninsulare risulta di buona qualità; hanno spesso scarsa qualità le localizzazioni di terremoti che ricadono in mare, in Sicilia occidentale, nell'area del Promontorio del Gargano e al di fuori dei confini nazionali.

Figure 25 Map of the events recorded during 2010 in Italy. The size, color and shape of the symbols indicate the magnitude, location-quality and depth of the events, respectively. A large majority of earthquakes has a good location-quality in the peninsula. Events with poor location-quality can be found in sea areas, in western Sicily, in the Gargano peninsula and outside the national borders.

Analisti del BSI per l'anno 2010

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

Ringraziamenti

Si ringraziano Antonio Avallone e Diana La Torre rispettivamente per le informazioni sulle stazioni della rete GPS dell'INGV e per le indicazioni relative al capitolo 5. La figura 2 è stata realizzata con lo strumento grafico GMT [Wessel and Smith, 1991].

Acknowledgments

We would like to thank Antonio Avallone and Diana La Torre for providing information on the GPS stations of INGV and information related to chapter 5. Figure 2 has been realized using the GMT free software [Wessel and Smith, 1991].

Bibliografia

Amato A., Mele F. (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., Rossi A. (2012). *Bollettino Sismico Italiano 2009*. Quaderni di Geofisica n. 99, INGV, Roma, 49 pp.

Basili A., Smriglio G., Valensise G. (1984). *Procedure di determinazione ipocentrale in uso presso l'Istituto Nazionale di Geofisica*. GNGTS, Atti III° Convegno, 875-884.

Bono A. (2004). *SisPick! 1.0: Nuovo sistema di analisi sismogrammi per la sorveglianza sismica* (<http://sispick.ingv.it/sispick.ppt>)

Bono A. (2008). *Sispick! 2.0, Sistema interattivo per l'interpretazione di segnali sismici*. Rapporti Tecnici INGV n. 59, Roma, 37 pp.

Console R., De Simoni B., Di Sanza A. (1988). *Riesame della relazione magnitudo-durata*. Atti VII° Convegno. G.N.G.T.S., Roma, 51-62.

Chiarabba C., De Gori P., Speranza F. (2008). *The Southern Tyrrhenian Subduction Zone: Deep geometry, magmatism and Plio-Pleistocene evolution*. Earth and Planet. Sci. Lett., 268, 408-423.

Chiaraluce L., Chiarabba C., De Gori P., Di Stefano R., Improta L., Piccinini D., Schlagenhauf A., Traversa P., Valoroso L., Voisin C. (2011). *The 2009 L'Aquila (central Italy) seismic sequence*. Boll. Geof. Teor. Appl., 52 (3), 367-387.

Gasparini P. (2002). *Local magnitude revaluation for recent Italian earthquakes (1981-1996)*. Journal of Seismology, 6, 503-524.

Govoni A., Monachesi G., Cattaneo M., Moretti M., Delladio A., Frapiccini M. (2012). *La sequenza sismica del 2010 nelle province di Macerata e Fermo e la sperimentazione della trasmissione dei dati in tempo reale via UMTS*. Quaderni di Geofisica, 102, INGV, Roma, 27 pp.

Hutton L. K., Boore M. (1987). *The M_L scale in southern California*. Bull. Seism. Soc. Am., 77, 2074-2094.

Huber P. J. (1981). *Robust statistics*. Wiley, N.Y.

ISIDE Working Group (INGV, 2010-2013). *Italian Seismological Instrumental and parametric database*. <http://iside.rm.ingv.it>

Johnson C. E., Bittenbinder A., Bogaert B., Dietz L., Kohler W. (1995). *Earthworm: A flexible approach to seismic network processing*. Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS), Newsletter 14, 1-4.

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.

Levenberg K. (1944). *A Method for the Solution of Certain Problems in Least Squares*. Quart. Appl. Math., 2, 164-168.

Marquardt, D. (1963). *An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters*, SIAM J. Appl. Math., 11, 431-441.

Mazza S., Basili A., Bono A., Lauciani V., Mandiello A., Marcocci C., Mele F., Pintore S., Quintiliani M., Scognamiglio L., Selvaggi G. (2012). *AIDA - Seismic data acquisition, processing, storage and distribution at the National Earthquake Center*. INGV, Annals of Geophysics, 55 (4), 541-548.

Mele F. M., Marcocci C., Bono A., Marchetti A. (2010a). *ISIDE, Italian Seismic Instrumental and parametric Data base*. INGV, CNT: <http://ISIDE.rm.ingv.it/>.

Mele F., Arcoraci L., Battelli P., Berardi, M., Castellano C., Lozzi G., Marchetti A., Nardi A., Pirro M., Rossi A. (2010b). *Bollettino Sismico Italiano 2008*. Quaderni di Geofisica, 85, INGV, Roma, 45 pp.

Quintiliani M., Pintore S. (2013). *Mole: An Open Near Real-Time Database - Centric Earthworm Subsystem*. Seismol. Res. Lett., 84 (4), 695-701.

- Reasenberg P. (1985). *Second-Order Moment of Central California Seismicity, 1969-1982*. J. Geophys. Res., 90, 5479-5495.
- Richter C. F. (1935). *An instrumental earthquake magnitude scale*. Bull. Seismol. Soc. Am., 25, 1-31.
- Richter C. F. (1958). *Elementary Seismology*. W. H. Freeman and Co., San Francisco, California, 578pp.
- Wessel P., Smith W. H. F. (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.
- Wiemer S., Baer M. (2000). *Mapping and Removing Quarry Blast Events from Seismicity Catalogs*. Bull. Seismol. Soc. Am., 90 (2), 525-530.
- <http://ring.gm.ingv.it>
- <http://zonesismiche.mi.ingv.it>
- <http://www.haisentitoilterremoto.it>
- <http://taboo.rm.ingv.it/>

allegato A

In tabella è riportato l'elenco delle stazioni sismiche i cui segnali sono stati analizzati per produrre il Bollettino Sismico Italiano 2010, con strumentazione installata e istituzione di appartenenza. In giallo vengono indicate le stazioni attivate o connesse al Centro Nazionale Terremoti nel corso del 2010. In rosso vengono indicate le stazioni dismesse o disconnesse nel corso del 2010. Hanno contribuito al BSI le stazioni della Rete Sismica Nazionale (INGV, MedNet, CT, MI, OV) e le stazioni delle seguenti istituzioni italiane e straniere che hanno collaborazioni in atto con l'INGV: Agencija Republike Slovenije za okolje, Seismological Office, Ljubljana, Slovenia (SL); Dip. di Scienze della Terra - Università di Trieste (INGV-RF); GEOFON Global Seismic Network (GEOFON); Institute of Geosciences, Energy, Water and Environment, Tirana, Albania (AC); Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS-NI); Laboratoire de Detection et de Geophysique, Bruyeres-le-Chatel, France (FR); National Observatory of Athens, Geodynamic Institute, Athens, Greece (HL-NOA); Regional Seismic Network of Northwestern Italy, Università di Genova (INGV-IG); RéNaSS, Réseau National de Surveillance Sismique, Strasbourg, France (FR); Rete Sismica dell'Università della Basilicata (BA); Schweizerischer Erdbebendienst (SED), Zurich, Switzerland (ETH); Università della Calabria (INGV-CL); ZAMG, ZentralAnstalt fur Meteorologie und Geodynamik, Vienna, Austria (AO).

The table below lists the seismic stations used to produce the BSI 2010, with installed instruments, and contributing institutions. We mark in yellow the stations activated or connected to the National Earthquake Center during 2010; we mark in red the stations dismissed or disconnected during 2010. The institutions that have contributed to the BSI are: Agencija Republike Slovenije za okolje, Seismological Office, Ljubljana, Slovenia (SL); Dip. di Scienze della Terra - Università di Trieste (INGV-RF); GEOFON Global Seismic Network (GEOFON); Institute of Geosciences, Energy, Water and Environment, Tirana, Albania (AC); Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS-NI); Laboratoire de Detection et de Geophysique, Bruyeres-le-Chatel, France (FR); National Observatory of Athens, Geodynamic Institute, Athens, Greece (HL-NOA); Regional Seismic Network of Northwestern Italy, Università di Genova (INGV-IG); RéNaSS, Réseau National de Surveillance Sismique, Strasbourg, France (FR); Rete Sismica dell'Università della Basilicata (BA); Schweizerischer Erdbebendienst (SED), Zurich, Switzerland (ETH); Università della Calabria (INGV-CL); ZAMG, Zentral Anstalt fur Meteorologie und Geodynamik, Vienna, Austria (AO).

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
ABSI	Aberst.ckl (Sarrtal)	(A)	Austria	46,7285	11,3205	1801	STS2-120s			AO		
ACER	Acerenza	PZ	Basilicata	40,7867	15,9427	690	Trillium-40s	Episensor	si	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		
ALJA	Alia	PA	Sicilia	37,7490	13,7537	700	Trillium-40s			INGV		
AMUR	Alfamura	BA	Puglia	40,9071	16,6041	443	Trillium-40s		si	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		
AQU	L'Aquila	AQ	Abruzzo	42,3539	13,4019	729	STS2-120s			MedNet		
ARCI	Arcidosso	GR	Toscana	42,8519	11,4754	1080	Trillium-40s	Episensor		INGV		
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		
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	INGV	27/10/09	
ATCA	Cantone	PG	Umbria	43,5659	12,2661	688	Trillium-40s			INGV	18/05/10	
ATCC	Casa Castalda	PG	Umbria	43,1851	12,6400	557	Le3D-5s			INGV	16/12/09	
ATFO	Monte Focè - Gubbio	PG	Umbria	43,3666	12,5715	960	Trillium-40s		si	INGV		
ATLO	Montelovesco	PG	Umbria	43,3152	12,4073	584	Le3D-5s		si	INGV	11/11/09	
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			INGV	24/11/09	
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)	INGV		
ATTE	Monte Tezio	PG	Umbria	43,1979	12,3536	929	Trillium-40s		si	INGV		
ATVA	Monte Valcinella	PG	Umbria	43,2786	12,2853	605	Le3D-5s		si (VALC)	INGV	11/11/09	
ATVO	Monte Valentino	PG	Umbria	42,3821	12,4066	638	Trillium-40s		si (MVAL)	INGV		
BADI	Badiali	PE	Abruzzo	43,5097	12,2443	430	Le3D-5s			INGV		
BAG8	Bagolino	BS	Lombardia	45,8228	10,4664	807		Episensor		INGV	24/02/10	
BDI	Bagni di Lucca	LU	Toscana	44,0624	10,5970	830	Trillium-40s	Episensor		INGV		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
BERNI	Berninapass	(CH)	Svizzera	46,4134	10,0231	2310	STS2-120s			ETH		
BHB	Bricherasio	TO	Piemonte	44,8352	7,2633	585	Trillium-40s			INGV-IG		
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)	Svizzera	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		
BOSI	Bozen-Zivilschutz Zentrale	BZ	Trentino Alto Adige	46,4952	11,3185	242	STS2-120s			INGV		
BOTT	Botticino	BS	Lombardia	45,5494	10,3095	200		Episensor		INGV	27/10/09	
BRES	Bressanone	BZ	Trentino Alto Adige	46,6987	11,7341	2454	Le3D-5s			INGV		
BRIS	Brisighella	RA	Emilia Romagna	44,2245	11,7666	260	Trillium-120s	Episensor	si	INGV	26/05/10	
BRMO	Bormio	SO	Lombardia	46,4760	10,3731	1380	Trillium-40s			INGV		
BRSN	Barrisano	FC	Emilia Romagna	44,2841	12,0769	20	S-13			INGV		
BSSO	Busso	CB	Molise	41,5461	14,5938	1010	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
BULG	Camerota - Monte Bulgheria	SA	Campania	40,0783	15,3776	815	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
CADA	Capodarco	AP	Marche	43,1942	13,7614	148		Episensor		INGV	13/01/10	
CAFE	Carife	AV	Campania	41,0280	15,2366	1070	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
CAFI	Castiglion Fiorentino	AR	Toscana	43,3292	11,9663	547	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
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	21/05/10	
CAMP	Campotosto	AQ	Abruzzo	42,5358	13,4090	1283	Trillium-120s			INGV		
CAPR	Capriolo	BS	Lombardia	45,6372	9,9345	215		Episensor		INGV	15/03/10	
CAR1	Carolei	CS	Calabria	39,2534	16,2114	680	Trillium-40s	Episensor	si	INGV	02/04/10	
CASP	Castiglione della Pescaia	GR	Toscana	42,7908	10,8652	390	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
CAVT	Castelvetro 2	TP	Sicilia	37,6788	12,7556	158	SS1-Ranger			INGV		
CDCA^	Città Di Castello	PG	Umbria	43,4584	12,2336	50	Le3D-1s	Episensor		INGV		
CDRU	Ottati - Civita Di Ruta	SA	Campania	40,4896	15,3046	1057	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
CEL	Celeste	RC	Calabria	38,2603	15,8939	702	STS2-120s	Episensor	si	MedNet		
CERA	Filignano	IS	Molise	41,5978	14,0183	800	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
CERT	Cerreto Laziale	RM	Lazio	41,9490	12,9818	773	Trillium-120s		si	INGV		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
CESI	Cesi - Serravalle di Chienti	MC	Marche	43,0049	12,9046	840	Trillium-40s		si	INGV		
CESX^	Cesi	TR	Umbria	42,6100	12,5800	380	Trillium-240s			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	INGV	15/03/10	
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	02/03/10	
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			INGV		
CMPR	Campora	SA	Campania	40,3181	15,3030	732	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
CORL	Corleone	PA	Sicilia	37,8943	13,3038	660	Trillium-40s		si	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	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	Carmignano	PO	Toscana	43,7900	10,9700	490	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
CSLB	Castelbuono	PA	Sicilia	37,9375	14,0579	583	SS1-Ranger			INGV		05/10/10
CSNT	Castellina in Chianti	SI	Toscana	43,4731	11,2902	636	Trillium-40s			INGV		
CSSN	Cassano Irpino	AV	Campania	40,8609	15,0239	690	S-13			INGV		
CTI	Castello Tesino	TN	Trentino Alto Adige	46,0482	11,6497	1180	Le3D-5s			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	MedNet		
DAVOX	Davos	(CH)	Svizzera	46,7806	9,8797	1830	STS2-120s			ETH		
DGI	Dorgali Grotta Ispinigoli	NU	Sardegna	40,3180	9,6067	354	Trillium-40s			INGV		
DIX	Grand Dixence	(CH)	Svizzera	46,0805	7,4040	2400	STS2-120s		si	ETH		
DOI	San Damiano Macra	CN	Piemonte	44,5042	7,2467	1039	Trillium-40s			INGV		
ECNV	Catenanuova	CT	Sicilia	37,5956	14,7125	484	Trillium-40s		si	INGV-CT		
ECTS	Castiglione di Sicilia	CT	Sicilia	37,8820	15,1210	681	Le3D-1s			INGV	22/06/10	
EMV	Vieux Emosson	(CH)	Svizzera	46,0632	6,8989	2210	STS2-120s			ETH		
ERBM	Eremo di Bismantova	RE	Emilia Romagna	44,4195	10,4127	933	Le3D-5s			INGV		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
ERC	Erice	TP	Sicilia	38,0376	12,5873	776	S-13			INGV		05/10/10
ESLN	Serra La Nave	CT	Sicilia	37,6934	14,9744	1787	Trillium-40s		si	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		
FIAM	Fiamignano	RI	Lazio	42,2680	13,1172	1070	Trillium-40s	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		
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		
FRES	Fresagrandinaria	CH	Abruzzo	41,9735	14,6693	414	Trillium-40s		si	INGV		
FRON	Frontone	PU	Marche	43,5178	12,7257	515	Le3D-5s			INGV	19/04/10	
FROS	Frosini	SI	Toscana	43,2097	11,1562	432	Trillium-40s			INGV	01/06/10	
FSSB	Fossombrone	PS	Marche	43,6931	12,7771	523	Trillium-40s			INGV		
FUORN	Ofenpass	(CH)	Svizzera	46,6202	10,2635	2335	STS2-120s			ETH		
FUSTO	Fusio	(CH)	Svizzera	46,4549	8,6631	1480	STS2-120s			ETH		
FVI	Forni Avoltri	UD	Friuli Venezia Giulia	46,5966	12,7804	1024	CMG40-30s			INGV		
GALF	Gagliano Castelferrato	EN	Sicilia	37,7107	14,5665	740	Trillium-40s		si	INGV		
GATE	Gambatesa	CB	Molise	41,5131	14,9102	487	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
GEPF	Gemona - Piazza del Ferro	UD	Friuli Venezia Giulia	46,2750	13,1386	12	CMG40-30s		si	INGV-RF		
GIB	Gibilmana	PA	Sicilia	37,9903	14,0262	1005	Trillium-120s			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	L4-C-3D			INGV		
GRFL	Gerfalco	GR	Toscana	43,1472	10,9755	750	S-13			INGV		
GRI	Girfalco	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	INGV		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
GSCL	Gusciola	MO	Emilia Romagna	44,3505	10,5881	674	S-13			INGV		
GUAR	Guarcino	FR	Lazio	41,7945	13,3123	741	Trillium-40s		si	INGV		
GUMA	Gualdo di Macerata	MC	Marche	43,0627	13,3352	574	Trillium-120s		si	INGV		
HAGA	Brucoli	CT	Sicilia	37,2850	15,1550	126	Trillium-40s		si	INGV-CT		
HAVL	Avola	SR	Sicilia	36,9596	15,1220	502	Trillium-40s		si	INGV		
HCRL	Carlentini	SR	Sicilia	37,2831	15,0325	240	Trillium-40s		si	INGV		
HLNI	Lentini - Masseria Cucco	SR	Sicilia	37,3485	14,8720	146	Trillium-40s		si	INGV		
HMDC	Modica	RG	Sicilia	36,9590	14,7831	595	Trillium-40s		si	INGV		
HVZN	Vizzini	CT	Sicilia	37,1783	14,7155	787	Trillium-40s		si	INGV		
IACL	Alicudi	RC	Calabria	38,5330	14,3550	145	Trillium-40s		si	INGV-CT		
IFIL	Filicudi	ME	Sicilia	38,5642	14,5753	277	Le3D-1s		si	INGV		
ILLI	Lipari	ME	Sicilia	38,4457	14,9483	283	Trillium-40s			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	10/08/10	
INTR	Introdacqua	AQ	Abruzzo	42,0115	13,9046	924	Trillium-40s	Episensor		INGV		
IVPL	Vulcano Piano	ME	Sicilia	38,3763	14,9801	486	Trillium-40s		si (VCSP)	INGV		
JOPP	Joppolo	VV	Calabria	38,6068	15,8856	500	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
KEK	Kerkira	(GR)	Grecia	39,7130	19,7987	280	STS2-120s			HL-NOA		
KOSI	Kohlern-Titschen	BZ	Trentino Alto Adige	46,4630	11,3778	1604	STS2-120s			INGV		
LADO	San Nicola dell'Alto	KR	Calabria	39,2840	16,9795	488	KS-2000			INGV-CL		
LATE	Latera	VT	Lazio	42,6137	11,8040	610	Trillium-40s	Episensor		INGV		
LAV9	Lanuvio	RM	Lazio	41,6778	12,6989	300	Trillium-40s			INGV		
LNSS	Leonessa	RI	Lazio	42,6029	13,0403	1155	Trillium-40s		si	INGV		
LPEL	Lama dei Peligni	CH	Abruzzo	42,0468	14,1832	760	Trillium-40s		si	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		
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	INGV		
MAIM	Mastiano	LU	Toscana	43,9142	10,4915	200	Trillium-40s			INGV-IG		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
MAON	Monte Argentario	GR	Toscana	42,4283	11,1309	237	Trillium-40s	Episensor	si	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	INGV		
MCIV	Monte Civitella	GR	Toscana	42,7786	11,6765	790	Trillium-40s			INGV	17/05/10	
MCRV	Calabritto - Monte Cervialto	AV	Campania	40,7826	15,1684	1191	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
MCSR	Castroreale	ME	Sicilia	38,0646	15,2301	1064	Trillium-40s		si	INGV	15/06/10	
MCT	Montecammara	AG	Sicilia	37,6186	13,6076	1558	Le3D-5s			INGV		
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		si	INGV		
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	SS1-Ranger			INGV		
MGAB	Montegabbione	TR	Umbria	42,9126	12,1121	547	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
MGR	Morigerati	SA	Campania	40,1376	15,5535	288	Trillium-40s	Episensor		INGV		
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)	INGV		
MILZ	Milazzo Faro	ME	Sicilia	38,2713	15,2313	0	Trillium-40s		si (MILA)	INGV		
MMGO	Monte Magaggiaro	AG	Sicilia	37,6620	12,9767	397	SS1-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	INGV		
MMN	Mormanno	CS	Calabria	39,8910	15,9904	921	Trillium-40s			INGV		
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	INGV		
MNS	Montasola	RI	Lazio	42,3855	12,6811	706	Trillium-40s	Episensor		INGV		
MOCO	Bicari - Mt. Cornacchia	FG	Puglia	41,3700	15,1580	1049	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
MODE	Modena - Università	MO	Emilia Romagna	44,6297	10,9492	41		Episensor	si	INGV		
MODR	Mondragone	CE	Campania	41,1459	13,8779	345	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
MONC	Monucco Torinese	AT	Piemonte	45,0739	7,9271	480	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
MOSI	Gro. montoni-Vinschgau	BZ	Trentino Alto Adige	46,6164	10,5495	1957	STS2-120s			INGV		
MPAG	Monte Paganuccio	PU	Marche	43,6292	12,7595	930	Le3D-5s	Episensor		INGV		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
MPAZ	Palizzi	RC	Calabria	37,9531	16,0067	496	Trillium-40s		si	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	INGV	10/10/10	
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	INGV		
MRLC	Muro Lucano	PZ	Basilicata	40,7564	15,4889	605	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
MRVN	Minervino Murge	BA	Puglia	41,0609	16,1958	610	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
MSAG	Monte Sant'Angelo	FG	Puglia	41,7120	15,9096	890	Trillium-40s	Episensor	si	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		
MSRU	Poggio Scudearu	ME	Sicilia	38,2639	15,5083	408	Trillium-40s		si	INGV		
MSSA	Maissana	SP	Liguria	44,3163	9,5174	930	Trillium-240s			INGV-IG		
MTCE	Montecello	RM	Lazio	42,0228	12,7422	388	Trillium-40s			INGV		
MTGR	Montagna Grande	TP	Sicilia	37,8934	12,7593	751	SS1-Ranger			INGV		
MTRZ	Monterenzio	BO	Emilia Romagna	44,3128	11,4248	570	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
MTSN	Montesano sulla Marcellana	SA	Campania	40,2663	15,7515	1056	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
MTTG	Motta San Giovanni	RC	Calabria	38,0031	15,6999	484	Trillium-40s		si	INGV		
MUGIO	Muggio	(CH)	Svizzera	45,9219	9,0417	830	STS2-120s			ETH		
MURB	Monte Urbino	PG	Umbria	43,2630	12,5246	845	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
NL9	Nola	NA	Campania	40,9205	14,5450	75	S-13			INGV-OV		
NOCI	Noci	BA	Puglia	40,7888	17,0644	420	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
NOVE	Novellara	RE	Emilia Romagna	44,7982	10,7161	16	Le3D-5s			INGV		
NRCA	Norcia	PG	Umbria	42,8336	13,1143	927	Trillium-40s	Episensor		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		
ORI	Oriolo Calabro	CS	Calabria	40,0510	16,4504	375	Trillium-40s			INGV		
ORZI	Orzinuovi	BS	Lombardia	45,4056	9,9307	83		Episensor		INGV	15/03/10	
OSKI	Oschiri	SS	Sardegna	40,8210	9,1083	896	Trillium-40s			INGV		
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	Episensor	si	INGV		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
PAOL	Paolisi	BN	Campania	41,0312	14,5675	715	Trillium-120s	Episensor	si	INGV	26/02/10	
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		
PDG	Podgorica	(MNE)	Montenegro	42,4297	19,2608	40	STS2-120s	Episensor		MEDNet		
PE9	Pescosannita	BN	Campania	41,2333	14,8333	395	S-13			INGV-OV		
PESA	Pesaro	PS	Marche	43,9411	12,8402	221	Trillium-40s		si	INGV		
PIEI	Pieia	PS	Marche	43,5357	12,5350	665	Trillium-40s			INGV		
PII	Pisa Certosa	PI	Toscana	43,7219	10,5250	66	S-13			INGV		
PIPA	Pietrapaola	CS	Calabria	39,4851	16,8158	479	Trillium-120s	Episensor	si	INGV		
PLAC	Placanica	RC	Calabria	38,4494	16,4383	602	Trillium-40s	Episensor	si	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)	INGV	30/03/10	
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	INGV		
POLC	Polcenigo	PN	Friuli Venezia Giulia	46,0266	12,5005	150	CMG40-30s			OGS-NI		
POPM	Popiglio	PT	Toscana	44,0045	10,7570	440	CMG40-60s			INGV-IG	09/12/10	
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)	INGV		
PSB1	Pesco Sannita	BN	Campania	41,2235	14,8108	551	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
PTCC	Patocco	UD	Friuli Venezia Giulia	46,4075	13,3540	700	Trillium-40s			INGV		
PTMD	Pantelleria - Kuddia Mida	TP	Sicilia	36,7885	11,9934	626	Trillium-40s		si (PZIN)	INGV	20/07/10	
PTQR	Pietr quararia	AQ	Abruzzo	42,0219	13,4005	957	S-13			INGV		
PTRJ	Pietraraja	BN	Campania	41,3641	14,5290	1027	Trillium-240s	Episensor	si	INGV		
PTRP	Pietrapertosa	PZ	Basilicata	40,5215	16,0612	1077	Le3D-5s			INGV		
PTS	Pantelleria	TP	Sicilia	36,8070	11,9930	100	S-13			INGV		05/10/10
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	INGV		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
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)	INGV		
RESU	Resuttano	CL	Sicilia	37,6468	14,0568	785	Trillium-40s		si	INGV		
RISI	Rein in Taufers-Ahrntal	(A)	Austria	46,9480	12,0787	1785	STS2-120s			AO		
RM29	Verrico (Montereale)	AQ	Abruzzo	42,5606	13,2023	1276	Trillium-120s	Episensor		INGV		
RM32	Poggio Cancelli	RI	Lazio	42,5702	13,2932	1362	Le3D-1s	Episensor		INGV		
RM33	Pellescrista - Montereale	AQ	Abruzzo	42,5090	13,2145	1097	Le3D-5s	Episensor		INGV	03/09/10	
RMP	Roma Monte Porzio	RM	Lazio	41,8111	12,7022	380	Trillium-120s		si (RMPO)	INGV		
RNI2	Rionero Sannitico	IS	Molise	41,7033	14,1524	950	Trillium-40s	Episensor	si	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	CMG-3T-100s			INGV-IG		
ROSI	Ro.kopf-Sterzing	BZ	Trentino Alto Adige	46,9281	11,4118	1917	STS2-120s			INGV		
ROVR	Roverè Veronese	VR	Veneto	45,6468	11,0721	1316	Trillium-120s	Episensor	si	INGV		
RRL	Cesana Torinese	TO	Piemonte	44,9208	6,7908	2130	Trillium-40s			INGV-IG	02/03/10	
RSM	Repubblica di San Marino	RSM	Rep. San Marino	43,9303	12,4497	645	Trillium-120s		si (RSMN)	INGV		
RSP	Reno Superiore	TO	Piemonte	45,1482	7,2653	1285	Trillium-40s	Episensor	si (RSPX)	INGV-IG		
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	INGV		
SACS	S. Casciano dei Bagni	SI	Toscana	42,8491	11,9097	845	Trillium-120s	Episensor	si	INGV		
SALB	San Lorenzo Bellizzi	CS	Calabria	39,8772	16,3460	1188	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
SALO	Saiò	BS	Lombardia	45,6183	10,5243	600	Trillium-120s	Episensor	si	INGV		
SAMA	S. Maria delle Mole (Ciampino)	RM	Lazio	41,7805	12,5923	119	Trillium-40s			INGV		
SASS	Sassa	PI	Toscana	43,2581	10,6898	438	Trillium-40s			INGV	17/05/10	
SATI	Passo Salati	AO	Valle d'Aosta	45,8753	7,8685	3005	Trillium-40s			INGV-IG	02/03/10	
SBPO	S. Benedetto Po	MN	Lombardia	45,0511	10,9199	10	Trillium-40s		si	INGV		
SC2M	Scurtabò	SP	Liguria	44,4043	9,5343	664	Trillium-40s			INGV-IG		
SCHR	S. Chirico Raparo	PZ	Basilicata	40,1992	16,0759	968	Le3D-5s		si	INGV		
SCTE	Santa Cesarea Terme	LE	Puglia	40,0724	18,4675	150	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
SDI	San Donato Val Comino	FR	Lazio	41,7100	13,8107	698	S-13			INGV		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
SEI	Sant'Agata	FI	Toscana	44,0543	11,3586	610	S-13			INGV		
SENI^	Senigallia	AN	Marche	43,7052	13,2331	10	Le3D-1s	Episensor		INGV		
SERS	Sersale	CZ	Calabria	39,0359	16,6886	1221	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
SFI	Santa Sofia	FO	Puglia	43,9048	11,8470	548	Le3D-5s	Episensor		INGV		
SGG	S. Gregorio Matese	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	INGV		
SGTA	Sant'Agata di Puglia	FG	Puglia	41,1350	15,3650	890	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
SIRI	Monte Sirino - Moliterno	PZ	Basilicata	40,1821	15,8675	1063	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
SLCN	Sala Consilina	SA	Campania	40,3900	15,6328	986	Trillium-40s	Episensor	si	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		
SNAL	S. Angelo dei Lombardi	AV	Campania	40,9254	15,2091	874	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
SNTG	Esanatoglia	MC	Marche	43,2550	12,9406	650	Trillium-120s			INGV		
SOI	Samo	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		
SSFR	Montelago di Sassoferrato	AN	Marche	43,4363	12,7823	750	Trillium-40s			INGV	23/07/10	
SSP9	Sansepolcro	AR	Toscana	43,5739	12,1314	324	Le3D-1s			INGV	15/12/10	
SSY	Sortino	SR	Sicilia	37,1577	15,0737	600	Trillium-40s		si (SSYX)	INGV		
STAL	Staligial	PD	Friuli Venezia Giulia	46,2601	12,7104	625	Trillium-120s	Episensor		INGV	25/05/10	
STR3	Stromboli 3	ME	Sicilia	38,7978	15,2305	195	CMG40-60s			INGV-OV		
STR4	Stromboli 4	ME	Sicilia	38,7739	15,2115	86	CMG40-60s		si (SVIN)	INGV-OV		
STR5	Stromboli 5	ME	Sicilia	38,7911	15,2032	632	CMG40-60s			INGV-OV		
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		
T0106	Roio Piano	AQ	Abruzzo	42,3069	13,3837	1260	Le3D-1s		si (ROPI)	INGV		
TDS	Terranova da Sibari	CS	Calabria	39,6601	16,3376	244	S-13			INGV		
TEOL	Teolo	PD	Veneto	45,3617	11,6739	370	Trillium-120s		si	INGV		
TERO	Teramo	TE	Abruzzo	42,6228	13,6039	673	Trillium-40s	Episensor		INGV		

Sigla	Denominazione	Prov.	Regione	Lat.	Long.	H	veloc.	accel.	GPS	rete	aperte '10	chiuse '10
TIP	Timpagrande	KR	Calabria	39,1794	16,7583	789	STS2-120s			MedNet		
TIR	Tirana	(AL)	Albania	41,3472	19,8631	247	STS2-120s			MedNet		
TOLF	Tolf	RM	Lazio	42,0641	12,0002	371	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
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		
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	17/05/10	
TRIV	Trivento	CB	Molise	41,7666	14,5502	598	Trillium-40s	Episensor	si	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		si (STUE)	MedNet		
USI	Ustica	PA	Sicilia	38,7079	13,1791	285	Trillium-40s		si (USIX)	INGV		
VAGA	Valle Agricola	CE	Campania	41,4154	14,2342	795	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
VARE	Varese	VA	Lombardia	45,8677	8,7700	1219	Trillium-40s			INGV		
VCEL	Villa Cellera	PE	Abruzzo	42,3946	13,8406	1185	Le3D-5s			INGV		
VENT	Ventotene	LT	Lazio	40,7948	13,4216	108	Le3D-5s		si	INGV		
VINO	Villanova	UD	Friuli Venezia Giulia	46,2538	13,2755	608	CMG-3T-100s			OGS-NI		
VLC	Villa Colle Mandina	LU	Toscana	44,1591	10,3862	562	STS2-120s			MedNet		
VMG	Villore del Mugello	FI	Toscana	43,9617	11,5438	450	S-13			INGV		
VSL	Villasalto	CA	Sardegna	39,4960	9,3780	370	STS1-VBB			MedNet		
VULT	Monte Vulture-Melfi	PZ	Basilicata	40,9549	15,6163	1101	Trillium-40s	Episensor	si	INGV		
VVLD	Villavallelonga	AQ	Abruzzo	41,8697	13,6232	1051	Trillium-40s		si (VVLO)	INGV		
WDD	Wield Dalam	(M)	Isola di Malta	35,8373	14,5242	44	STS2-120s		si (MALT)	MedNet		
WTTA	Wattenberg	(A)	Austria	47,2637	11,6363	1764	STS2-120s			AO		
ZCCA	Zocca	MO	Emilia Romagna	44,3509	10,9765	700	Trillium-40s			INGV		
ZENB	San Zeno di Montagna	VR	Veneto	45,6378	10,7319	596		Episensor		INGV	03/03/10	

Indice

Introduzione	4
1. Procedure per la produzione del Bollettino Sismico Italiano	5
2. La Rete Sismica Nazionale nel 2010	5
3. La sismicità italiana nel 2010	9
4. Sequenze sismiche del 2010	10
4.1 Criteri di selezione	13
4.2 Principali sequenze sismiche nel 2010	15
4.2.1 Alpi occidentali	15
4.2.2 Appennino tosco-emiliano-romagnolo	17
4.2.3 Appennino centrale	17
4.2.4 Appennino centro-meridionale	18
4.2.5 Appennino meridionale e Sicilia	19
4.3 Sismicità diffusa	22
4.4 Cluster significativi	23
5. Esplosioni in cava	23
6. Sintesi della sismicità analizzata nel 2010	30
7. Qualità delle localizzazioni	30
Analisti del BSI per l'anno 2010	33
Ringraziamenti	33
Acknowledgments	33
Bibliografia	33
Allegato A	35

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2013 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia