

Terremoto in Emilia Romagna:  
Le attività del Pronto Intervento  
Sismico durante il primo mese di  
emergenza. Modalità e tempistica

# Quaderni di Geofisica

Novi di Modena

110



# Quaderni di Geofisica

## **Direttore**

Enzo Boschi

## **Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

[redazionecen@ingv.it](mailto:redazionecen@ingv.it)

# Terremoto in Emilia Romagna: le attività del Pronto Intervento Sismico durante il primo mese di emergenza. Modalità e tempistica

## Emergency Structure activities performed after Emilia Romagna earthquake: report on first month

Milena Moretti<sup>1</sup>, Luigi Abruzzese<sup>1</sup>, Paolo Augliera<sup>2</sup>, Riccardo Azzara<sup>3</sup>, Andrea Bono<sup>1</sup>, Paola Bordoni<sup>3</sup>, Augusto Bucci<sup>1</sup>, Stefano Cacciaguerra<sup>4</sup>, Fabrizio Cara<sup>3</sup>, Simona Carannante<sup>1</sup>, Vincenzo Cardinale<sup>1</sup>, Angelo Castagnozzi<sup>1</sup>, Marco Cattaneo<sup>1</sup>, Adriano Cavaliere<sup>4</sup>, Gianpaolo Cecere<sup>1</sup>, Claudio Chiarabba<sup>1</sup>, Lauro Chiaraluca<sup>1</sup>, Maria Grazia Ciaccio<sup>3</sup>, Rocco Cogliano<sup>3</sup>, Gianfranco Colasanti<sup>1</sup>, Marco Colasanti<sup>1</sup>, Fabio Criscuoli<sup>1</sup>, Giovanna Cultrera<sup>3</sup>, Ezio D'Alema<sup>1</sup>, Ciriaco D'Ambrosio<sup>1</sup>, Stefania Danesi<sup>4</sup>, Pasquale De Gori<sup>1</sup>, Giovanni De Luca<sup>1</sup>, Alberto Delladio<sup>1</sup>, Martina Demartin<sup>1</sup>, Giuseppe Di Giulio<sup>3</sup>, Emanuela Ercolani<sup>4</sup>, Licia Faenza<sup>1</sup>, Luigi Falco<sup>1</sup>, Andrea Fiaschi<sup>5</sup>, Pietro Ficeli<sup>7</sup>, Antonio Fodarella<sup>3</sup>, Diego Franceschi<sup>1</sup>, Gianlorenzo Franceschina<sup>2</sup>, Massimo Frapiccini<sup>1</sup>, Lucian Giovani<sup>1</sup>, Aladino Govoni<sup>1,6</sup>, Luigi Improta<sup>3</sup>, Chiara Ladina<sup>1</sup>, Valentino Lauciani<sup>1</sup>, Barbara Lolli<sup>4</sup>, Sara Lovati<sup>2</sup>, Francesco Pio Lucente<sup>1</sup>, Lucia Luzi<sup>2</sup>, Alfonso Mandiello<sup>1</sup>, Carlo Marcocci<sup>1</sup>, Lucia Margheriti<sup>1</sup>, Simone Marzorati<sup>1</sup>, Marco Massa<sup>2</sup>, Salvatore Mazza<sup>1</sup>, Giuliano Milana<sup>3</sup>, Felice Minichiello<sup>1</sup>, Giancarlo Monachesi<sup>1</sup>, Andrea Morelli<sup>4</sup>, Raffaele Moschillo<sup>1</sup>, Francesca Pacor<sup>2</sup>, Davide Piccinini<sup>3</sup>, Ulderico Piccolini<sup>1</sup>, Maurizio Pignone<sup>1</sup>, Stefano Pintore<sup>1</sup>, Silvia Pondrelli<sup>4</sup>, Stefania Pucillo<sup>3</sup>, Matteo Quintiliani<sup>1</sup>, Gaetano Riccio<sup>3</sup>, Antonio Rovelli<sup>3</sup>, Simone Salimbeni<sup>4</sup>, Laura Sandri<sup>4</sup>, Giulio Selvaggi<sup>1</sup>, Andrea Serratore<sup>7</sup>, Marcello Silvestri<sup>1</sup>, Luisa Valoroso<sup>1</sup>, Gianfranco Vannucci<sup>4</sup>, Lucia Zaccarelli<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano/Pavia – Sismologia Applicata all'Ingegneria)

<sup>3</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Sismologia e Tettonofisica)

<sup>4</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna)

<sup>5</sup>Fondazione Prato Ricerche

<sup>6</sup>OGS (Istituto Nazionale Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Centro Ricerche Sismologiche)

<sup>7</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Amministrazione Centrale)

# Terremoto in Emilia Romagna: le attività del Pronto Intervento Sismico durante il primo mese di emergenza. Modalità e tempistica

**A**lle ore 02.03 UTC di domenica 20 maggio 2012, la Rete Sismica Nazionale (RSN [Amato and Mele, 2008; Delladio, 2011]) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha registrato un evento sismico di magnitudo locale 5.9 che è stato avvertito in gran parte dell'Italia centro-settentrionale; l'evento è stato localizzato sotto la valle del Po in Emilia ( $44.89^\circ$  N,  $11.23^\circ$  E e 6.3 km di profondità).

Subito dopo la scossa principale, è stato attivato il Pronto Intervento Sismico dell'INGV al fine di installare una rete sismica temporanea ad integrazione delle stazioni permanenti già presenti in area epicentrale. Grazie alla collaborazione fra le sedi INGV di Ancona, Arezzo, Bologna, Irpinia (Grottaminarda), Milano, Pisa e Roma sono state installate 44 stazioni temporanee, di cui 10 in trasmissione *real-time* con la sala di sorveglianza sismica della sede di Roma. Contemporaneamente altre 38 stazioni sismiche temporanee sono state inoltre installate dal Dipartimento della Protezione Civile – DPC (16 stazioni *strong motion*), dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS (8 stazioni *stand-alone*) e da enti francesi (14 stazioni *stand-alone*).

In una seconda fase, l'8 giugno 2012, è stato attivato anche il Centro Operativo Emergenza Sismica (COES [Moretti et al., 2010a]), all'interno della Direzione di Comando e Controllo (Di.Coma.C.) del DPC predisposto presso l'Agenzia della Protezione Civile Regionale dell'Emilia Romagna (Bologna). L'allestimento e il coordinamento della struttura sono stati realizzati grazie alla collaborazione tra il Centro Nazionale Terremoti (CNT) e la Sezione di Bologna. Il COES ha garantito la comunicazione costante e diretta con i funzionari DPC presenti nell'area epicentrale. Allo stesso tempo, la struttura è stata proposta come supporto logistico per tutti i colleghi dell'INGV impegnati in attività nella zona epicentrale (reti sismiche Mobili, EMERSITO, GPS, EMERGEQ, QUEST) e per sostenere il servizio dedicato alla "Comunicazione e Informazione" promosso a favore delle popolazioni colpite, degli operatori della protezione civile e dei volontari di soccorso.

In questo lavoro saranno descritte le attività svolte nel primo mese di emergenza, le modalità e le tempistiche dell'intervento, le strutture coinvolte.

**O**n May 20th 2012 (Sunday) an earthquake (ML 5.9) hit Northern Italy at 02:03 UTC,. The National Seismic Network [Amato and Mele, 2008; Delladio, 2011] of the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) located the hypocenter below the Po Valley in the Emilia region ( $44.89^\circ$  N,  $11.23^\circ$  E, 6.3 km depth).

Just after the mainshock, the INGV structure of rapid response for seismic emergency has been activated in order to install a temporary seismic network as a complementary of existing permanent network in the epicentral area. The INGV installed 44 temporary stations, ten of these transmitting in real time to seismic monitoring room in Rome. Further 38 temporary seismic stations (16 provided by National Civil Protection Department - DPC, 8 provided by the National Institute of Oceanography and Experimental Geophysics - OGS and 14 provided by French colleagues) have been installed in the epicentral area. The final configuration was obtained by coordination among INGV and other agencies.

The Centro Operativo Emergenza Sismica (COES) [Moretti et al., 2010a] was activated relatively late, on June 8th 2012, because the INGV branch in Bologna located close to the epicentral area, was in the early days fulfilling the COES tasks. The COES ensured continuous and direct communication with the DPC officers present in the epicentral area. At the same time, the structure has been proposed as logistic support to all the INGV colleagues engaged in activities in the epicentral area (mobile seismic networks, EMERSITO, GPS, EMERGEQ, QUEST) and to the service dedicated to the education and information promoted in favor of affected populations, civil defense operators as well as rescue volunteers.

In this paper we will describe the activities carried out during the first month of emergency, the method and timing of the intervention, and finally the structures involved.

## Introduzione

Alle ore 02.03 UTC (04.03 locali) di domenica 20 maggio 2012 la Rete Sismica Nazionale (RSN [Amato and Mele, 2008; Delladio, 2011]) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha registrato un evento sismico di magnitudo locale ( $M_L$ ) 5.9 nel distretto sismico "Pianura Padana emiliana" ben risentito in tutta la penisola centro-settentrionale. Nelle successive 72 ore sono stati localizzati dalla sala di sorveglianza sismica della sede romana dell'INGV circa 300 eventi di cui 68 di  $M_L \geq 3.0$  (13 di  $M_L \geq 4.0$ ).

Il Pronto Intervento Sismico dell'INGV [Govoni et al., 2008; Moretti et al., 2010b] si è subito attivato per predisporre l'installazione di una rete sismica temporanea a integrazione delle stazioni permanenti già presenti in area epicentrale. In situazioni di emergenza sismica, l'inserimento di ulteriore strumentazione ha il duplice obiettivo di migliorare nell'immediato per scopi di protezione civile la determinazione dei parametri ipocentrali laddove è possibile installare stazioni sismiche che trasmettono dati in tempo reale alla sala di sorveglianza sismica, e di fornire un monitoraggio più dettagliato dell'area interessata dalla sequenza per studi successivi. Si è infatti riscontrato l'effetto e l'importanza di rinfittire la rete negli studi di maggior dettaglio *off-line* delle sorgenti sismiche, dell'evoluzione spazio-temporale della sequenza e per caratterizzare attraverso la microsismicità le strutture di faglia che si sono attivate durante la sequenza e le proprietà del mezzo circostante.

L'installazione della rete temporanea è stata il risultato di un'ottima sinergia fra le sedi INGV di Ancona, Arezzo, Bologna, Irpinia (Grottaminarda), Milano, Pisa e Roma. Non è mancata la disponibilità delle altre sedi INGV di Catania, L'Aquila e Napoli. Tuttavia, per la distanza delle sedi dalla zona epicentrale, si è preferito rinunciare al loro intervento considerando importante avere personale e mezzi per gestire un'eventuale altra emergenza. Questa scelta si è dimostrata corretta visto, ad esempio, il verificarsi di una scossa di  $M_L = 4.3$  nell'area calabrese del Pollino il 28 maggio alle ore 01.06 UTC, zona già interessata nei mesi precedenti da una consistente sismicità.

In una seconda fase è stato attivato anche il Centro Operativo Emergenza Sismica (COES [Moretti et al., 2010a]), a seguito del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile (DPC) n. 2637 del 2 giugno 2012<sup>1</sup>, con il quale è stata costituita la Direzione di Comando e Controllo (Di.Coma.C.<sup>2</sup>) presso l'Agenzia della Protezione Civile Regionale dell'Emilia Romagna (Bologna). L'allestimento e il coordinamento della struttura sono stati realizzati grazie

alla collaborazione tra il Centro Nazionale Terremoti (CNT), la sezione che normalmente gestisce il COES, e la Sezione di Bologna sita nel capoluogo della regione colpita dall'emergenza [Moretti e Pondrelli, 2013].

In questo lavoro saranno descritte le modalità e le tempistiche dell'intervento dell'intera struttura emergenziale durante il primo mese di attività. Nella gestione di una emergenza si possono distinguere diverse fasi; di queste le prime 72 ore e poi le primissime settimane, sono sicuramente le più importanti. In tale periodo di tempo si concentrano le maggiori attività come le installazioni delle reti temporanee, si prendono accordi con il DPC per l'allestimento del presidio INGV in area epicentrale e si hanno contatti con i colleghi degli enti stranieri che a loro volta installano strumentazione. Il coordinamento di tutte queste attività non sono operazioni casuali bensì il risultato di procedure concordate e di diverse esercitazioni. Il primo mese di emergenza è quindi molto importanti da riportare anche a nostra memoria per capire cosa non è andato bene in modo da modificare e migliorare le procedure previste. Gli aspetti tecnici delle singole strutture coinvolte nell'intervento, sono oggetto di lavori dedicati.

## 1. Sismicità storica e classificazione sismica dell'area

Negli ultimi anni, l'area compresa fra Mirandola e Ferrara si è caratterizzata per una sismicità scarsa e sporadica localizzata soprattutto lungo la fascia in compressione al bordo della Pianura Padana [ISIDe 2005-2012<sup>3</sup>, Mele et al., 2007; 2011]. Nei mesi antecedenti e prossimi all'inizio della sequenza, ci sono stati alcuni eventi sismici che sono stati risentiti dalla popolazione. In particolare il 25 gennaio un terremoto  $M_L = 4.9$  è stato registrato nel Reggiano, a una profondità di circa 30 km, mentre il 27 gennaio si è registrato un altro evento  $M_L = 5.4$ , a una profondità di circa 60 km, nel Parmense. Entrambi questi eventi sono avvenuti nell'area pede-appenninica, la più attiva degli ultimi 30 anni in Emilia. Nella zona che si è attivata a maggio l'unico evento sismico rilevante in tempi recenti è avvenuto il 17 luglio 2011 di  $M_L = 4.7$ , nei pressi della località di Sermide (MN). Dopo di esso non ci sono stati eventi significativi ad eccezione della scossa di  $M_L = 4.1$  avvenuta un paio d'ore prima del *mainshock* nella stessa area (Tabella 1).

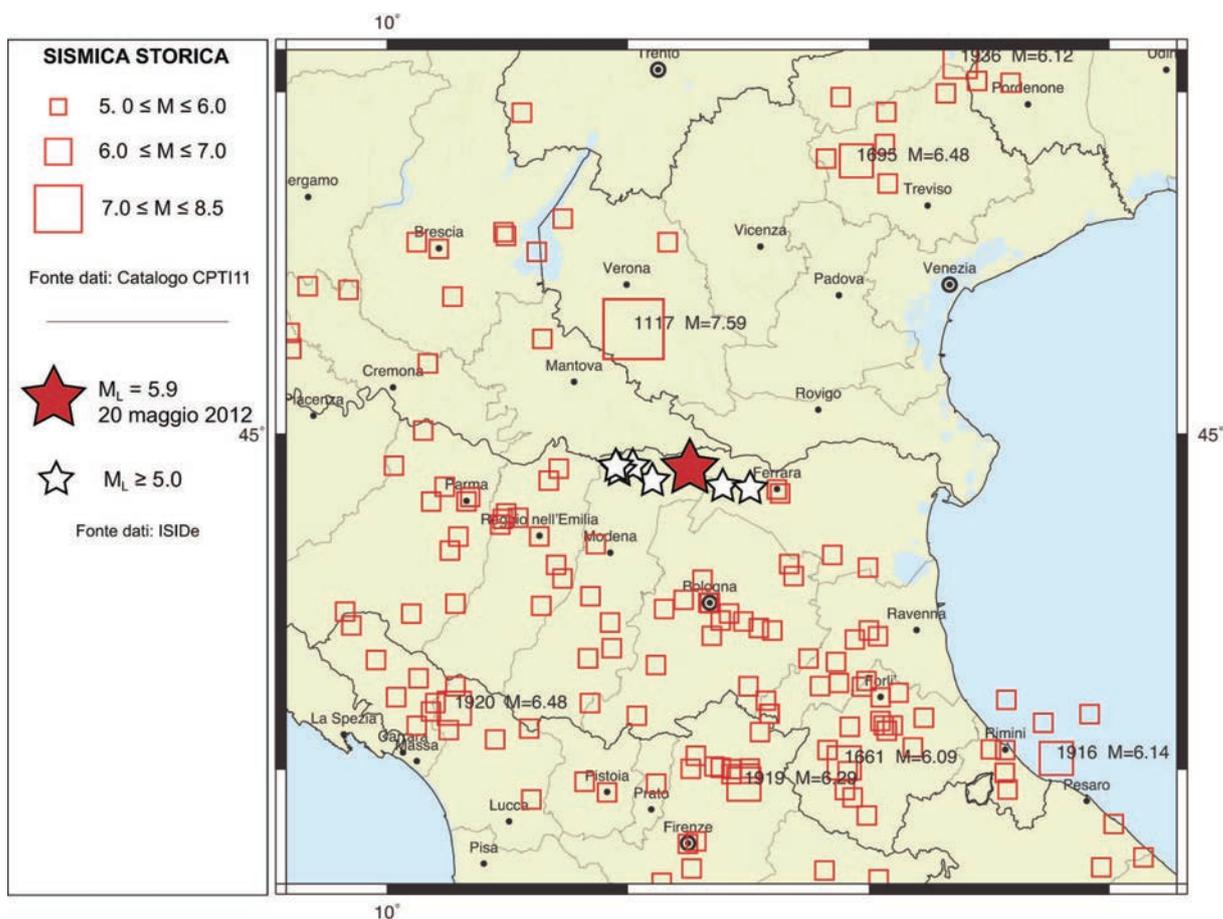
Dal punto di vista storico le informazioni contenute nei cataloghi sismici riportano una sismicità relativamente moderata, simile a quella di altri settori della Pianura Padana [Catalogo CPTI11<sup>4</sup>, Rovida et al., 2011]. Ricordiamo alcuni

<sup>1</sup>[http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view\\_prov.wp?contentId=LEG33129](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_prov.wp?contentId=LEG33129)

<sup>2</sup>Di.Coma.C.: è l'organismo di coordinamento delle componenti e delle strutture operative del Servizio nazionale della Protezione Civile, a supporto delle attività del Capo del DPC.

<sup>3</sup><http://iside.rm.ingv.it>

<sup>4</sup><http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>



**Figura 1** Distribuzione della sismicità storica negli ultimi mille anni di magnitudo maggiore o uguale a 5.0, (Catalogo CPTI11 [Rovida et al., 2011]). La stella in rosso indica l'epicentro del terremoto di  $M_L = 5.9$  delle 02.03 UTC del 20 maggio 2012; le stelle bianche altri forti eventi della sequenza emiliana del 2012.

**Figure 1** Distribution of historical seismicity in the last thousand years with magnitude greater than or equal to 5.0 (Database CPTI11 [Rovida et al., 2011]). The red star indicates the epicenter of the earthquake of May 20, 2012  $M_L = 5.9$  (02:03 UTC), the white stars other major events of the Emilia 2012 sequence.

noti terremoti di magnitudo prossima a 5.5 nell'area interessata dalla sequenza sismica in corso: nel ferrarese (1346, 1561 e 1570), nell'area di Finale Emilia e Bondeno (1574, 1639, 1908, 1986), nel mantovano (1901) e nella zona di Cento (1922). In Figura 1 è riportata la distribuzione della sismicità negli ultimi 1000 anni di magnitudo maggiore o uguale a 5.0 come da Catalogo CPTI11 [Rovida et al., 2011]. In riferimento alle sequenze sismiche storiche, è interessante menzionare quella che il 17 novembre 1570 colpì la città di Ferrara ( $M_W = 5.46$ ) con 4 forti scosse che provocarono molti danni, sia alla città sia a numerose località limitrofe, e causarono alcune decine di vittime [Figura 2, Database macrosismico italiano DBMI11<sup>5</sup>, Locati et al, 2011]. Fu una sequenza lunga, molto complessa e con numerose repliche, compresa quella del 17 marzo 1574 che produsse qualche danno a Finale Emilia ( $M_W = 4.72$ ). Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale<sup>6</sup>, i comuni interessati dalla sequenza sismica ricadono essenzial-

mente in zona sismica 3, ovvero di scuotimenti modesti ( $0.05 \leq g \leq 0.15$ ), ma quasi in transizione con la zona sismica 2 ovvero quella in cui possono verificarsi terremoti abbastanza forti ( $0.15 < g \leq 0.25$ ), posta subito a sud degli epicentri. In Figura 3 la mappa di pericolosità sismica relativa all'area oggetto di studio [Gruppo di Lavoro MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2005, n. 3519, All. 1b].

## 2. Il terremoto del 20 maggio e la descrizione del primo mese della sequenza sismica

La sequenza sismica in Emilia ha avuto inizio il 20 maggio 2012 con il terremoto delle 02.03 UTC di  $M_L = 5.9$ . Il sisma è stato localizzato utilizzando i dati della RSN dell'INGV nel distretto sismico<sup>7</sup> denominato "Pianura Padana emiliana" con coordinate 44.89 N 11.23 E ed una profondità ipocentrale pari a 6.3 km.

<sup>5</sup><http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

<sup>6</sup><http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>

<sup>7</sup>I distretti sismici italiani sono stati definiti sulla base di considerazioni geografiche, sismologiche e amministrative.

DATA – ORA (UTC)	$M_L$	LAT	LON	PROFONDITÀ
2012-05-19 23:13:27.000	4.1	44.898	11.258	6.2
2012-05-20 02:03:52.000	5.9	44.889	11.228	6.3
2012-05-20 02:06:30.000	4.8	44.886	11.189	7.7
2012-05-20 02:07:31.000	5.1	44.863	11.370	5.0
2012-05-20 02:11:46.000	4.3	44.840	11.367	7.8
2012-05-20 02:12:42.000	4.3	44.823	11.218	20.4
2012-05-20 02:21:53.000	4.1	44.892	11.155	5.0
2012-05-20 02:25:05.000	4.0	44.871	11.348	10.0
2012-05-20 02:35:37.000	4.0	44.876	11.548	10.0
2012-05-20 02:39:10.000	4.0	44.894	11.261	5.2
2012-05-20 03:02:50.000	4.9	44.860	11.095	10.0
2012-05-20 09:13:21.000	4.2	44.879	11.241	3.1
2012-05-20 13:18:02.000	5.1	44.831	11.490	4.7
2012-05-20 13:21:06.000	4.1	44.882	11.383	2.4
2012-05-20 17:37:14.000	4.5	44.876	11.382	3.2
2012-05-21 16:37:31.000	4.1	44.851	11.348	10.4
2012-05-23 21:41:18.000	4.3	44.868	11.251	4.8
2012-05-25 13:14:05.000	4.0	44.883	11.108	10.0
2012-05-27 18:18:45.000	4.0	44.882	11.158	4.7
2012-05-29 07:00:03.000	5.8	44.851	11.086	10.2
2012-05-29 07:07:21.000	4.0	44.854	10.992	10.0
2012-05-29 07:09:54.000	4.1	44.926	11.036	10.4
2012-05-29 08:25:51.000	4.5	44.901	10.943	3.2
2012-05-29 08:27:23.000	4.7	44.854	11.106	10.0
2012-05-29 08:40:58.000	4.2	44.892	10.962	5.3
2012-05-29 09:30:21.000	4.2	44.892	11.053	1.2
2012-05-29 10:55:57.000	5.3	44.888	11.008	6.8
2012-05-29 11:00:02.000	4.9	44.873	10.950	11.0
2012-05-29 11:00:25.000	5.2	44.879	10.947	5.4
2012-05-29 11:07:05.000	4.0	44.876	11.076	15.0
2012-05-31 14:58:21.000	4.0	44.880	10.867	5.8
2012-05-31 19:04:04.000	4.2	44.891	10.980	8.7
2012-06-03 19:20:43.000	5.1	44.899	10.943	9.2
2012-06-12 01:48:36.000	4.3	44.880	10.888	10.8

**Tabella 1** Elenco degli eventi di  $M_L \geq 4.0$  durante il primo mese di emergenza sismica. In giallo sono evidenziati i terremoti di  $M_L \geq 5.0$ .

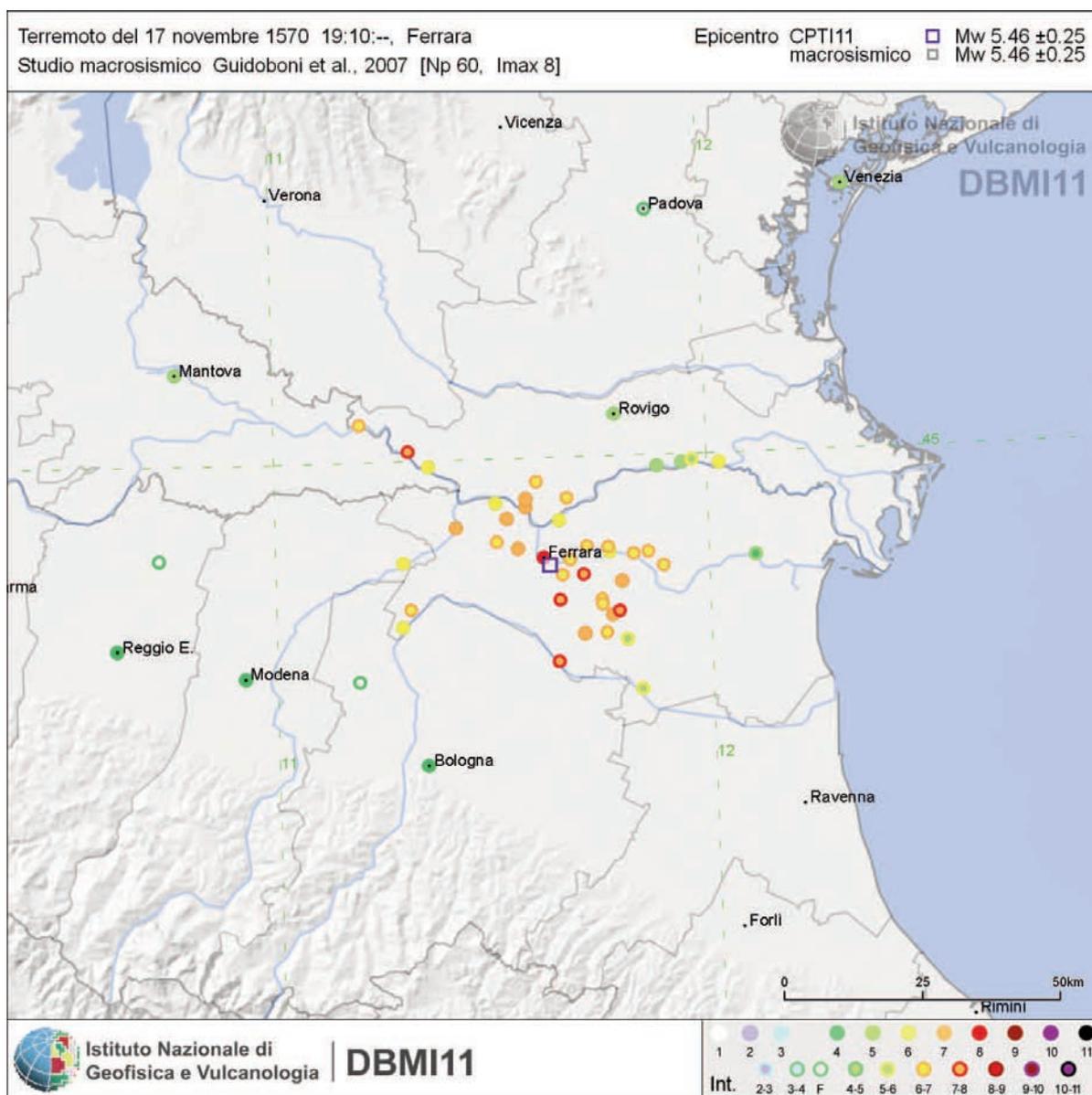
**Table 1** List of events of  $M_L \geq 4.0$  during the first month of the seismic sequence. In yellow are highlighted the earthquakes of  $M_L \geq 5.0$ .

La scossa è stata preceduta da un evento di  $M_L = 4.1$  all'incirca nella stessa area, alle 23:13 UTC del 19 maggio, ma nel corso delle settimane precedenti l'area non era stata interessata da sismicità rilevante. Andando indietro fino al 2005, si osserva ancora una sismicità scarsa e sporadica lungo la fascia in compressione al bordo della Pianura Padana (Fonte dati: ISIDE).

Il *mainshock* è stato seguito solo dopo pochi minuti da un evento di  $M_L = 5.1$  e poi durante tutta la giornata da diversi terremoti di magnitudo maggiore di 4.0, tra cui, il più energetico, l'evento di  $M_L = 5.1$  delle ore 13.18 UTC. In Figura 4a viene mostrata la distribuzione della sismicità dal 1° gennaio al 28 maggio 2012.

Il 29 maggio alle ore 7.00 UTC è avvenuta una nuova forte scossa ( $M_L = 5.8$ ) che ha interessato questa volta la parte più a ovest dell'area colpita dalla sequenza. Ad essa sono seguiti nelle successive 24 ore, più di 150 terremoti di cui 63 di  $M_L \geq 3.0$  (11 di  $M_L \geq 4.0$  e 3 di  $M_L \geq 5.0$ ). In Figura 4b, viene mostrata la distribuzione della sismicità dal 1° gennaio al 31 maggio 2012.

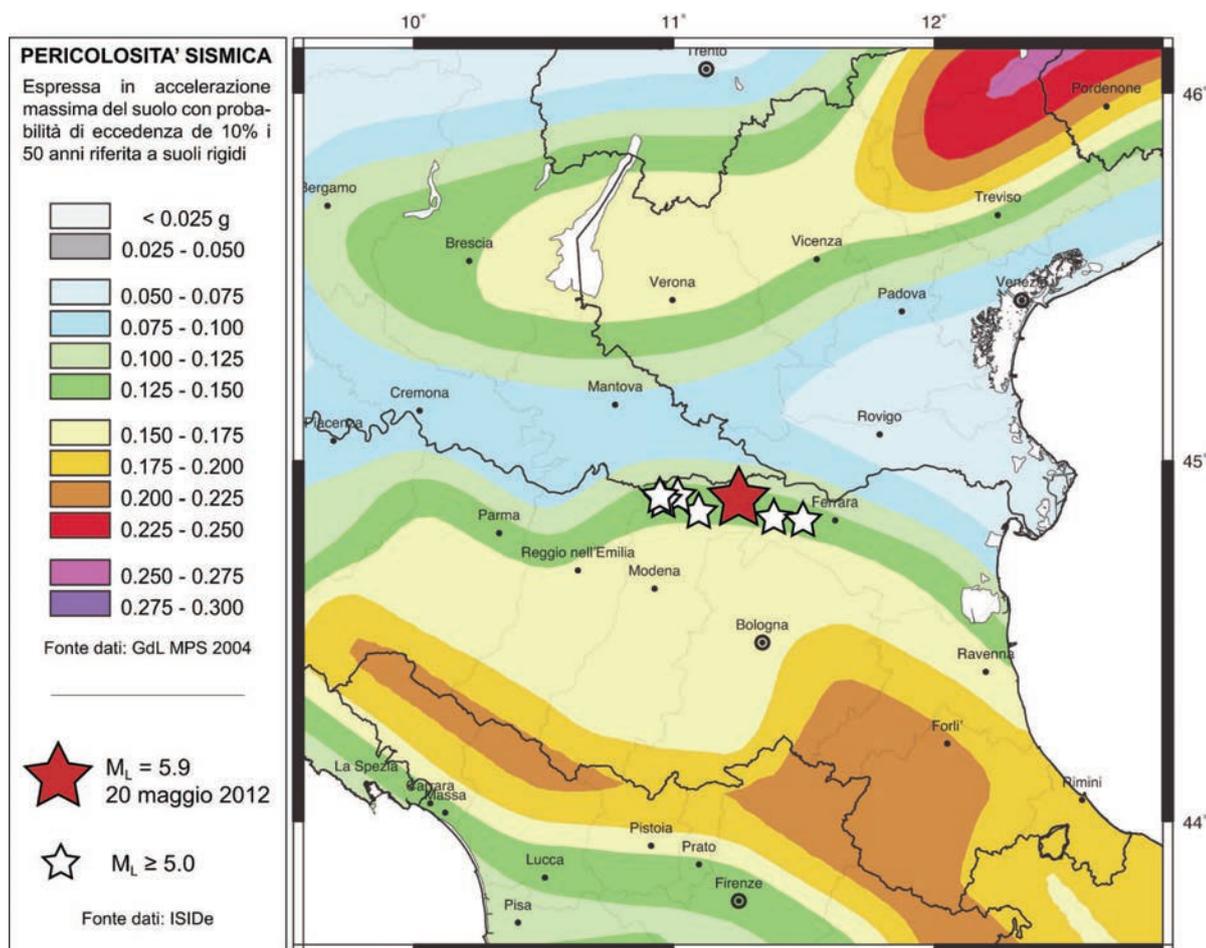
Il mese di giugno, fino al giorno 20, è stato caratterizzato da una progressiva diminuzione della sismicità ad eccezione della scossa di  $M_L = 5.1$  del giorno 3 (ore 19.20 UTC) e di un picco con oltre 90 eventi il giorno successivo. In Figura 4c è riportata la distribuzione della sismicità dal 1° gennaio al 20 giugno mentre in Figura 5 è mostrato, per lo stesso periodo,



**Figura 2** Distribuzione degli effetti prodotti dal terremoto di Ferrara del 1570 (Fonte dati DBMI11 [Locati et al., 2011]).  
**Figure 2** Distribution of the effects produced by the earthquake of 1570 in Ferrara (Database DBMI11 [Locati et al., 2011]).

<sup>8</sup>“Convenzione-quadro quinquennale tra l’Agenzia regionale di Protezione civile e l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) per il supporto tecnico, scientifico ed informativo nelle attività di protezione civile di competenza regionale: previsione, prevenzione, pianificazione e gestione delle emergenze relative al rischio. 19/11/2008-21/12/2013”. Bollettino Ufficiale Regione Emilia Romagna 08/10/2008.

<sup>9</sup><http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+2/sec21/projects/NERA/>



**Figura 3** Carta di pericolosità sismica nazionale [GdL MPS, 2004] dell'area interessata dalla sequenza sismica in atto. La stella rossa indica l'epicentro del terremoto di  $M_L = 5.9$  delle 02.03 UTC del 20 maggio 2012. Le stelle bianche tutti gli altri eventi di  $M_L \geq 5.0$ .  
**Figure 3** National seismic hazard map [GdL MPS, 2004] area affected by seismic sequence in place. The red star indicates the epicenter of the earthquake of  $M_L = 5.9$  of 02:03 UTC on May 20, 2012. The white stars all the other events of  $M_L \geq 5.0$ .

l'andamento giornaliero della sismicità per magnitudo superiori o uguale a 2.0 (in totale circa 1500 terremoti).

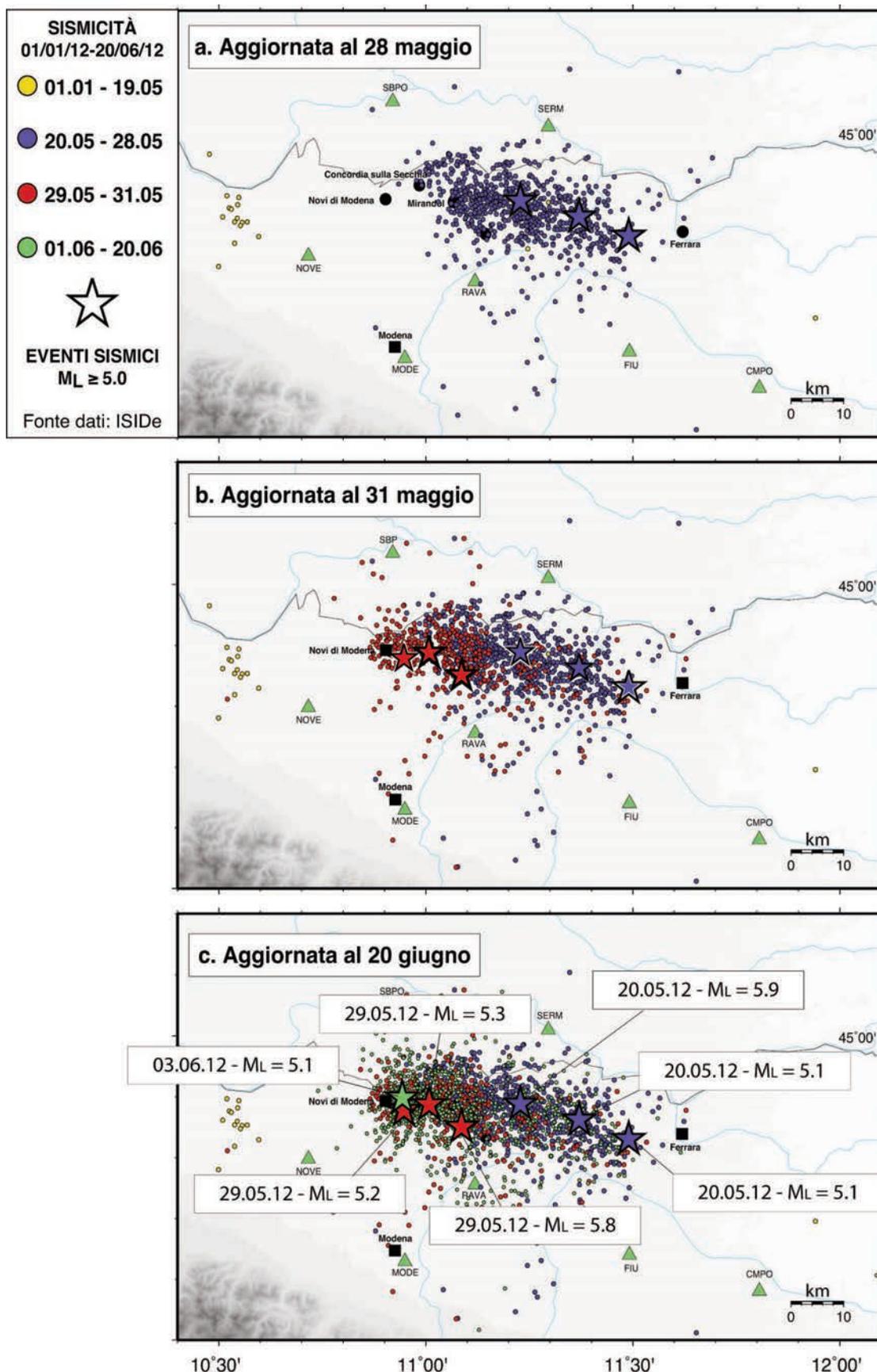
La Tabella 1 mostra l'elenco dei terremoti più forti durante il primo mese di sequenza: 34 eventi  $M_L \geq 4.0$  di cui 7 di  $M_L \geq 5.0$ .

### 3. Il Pronto Intervento Sismico: attivazione e attività

L'INGV è fornito di una struttura di Pronto Intervento Sismico [Govoni et al, 2008; Moretti et al., 2010b] costituita da una rete sismica temporanea che in occasione di eventi sismici rilevanti viene installata in area epicentrale, in tempi relativamente brevi, consentendo un sostanziale miglioramento del monitoraggio dell'area colpita dal terremoto. La rete sismica temporanea è un'integrazione di più anime dove la parte in *real-time*, sia in trasmissione radio-satellitare sia UMTS, assicura il sostanziale miglioramento delle localizza-

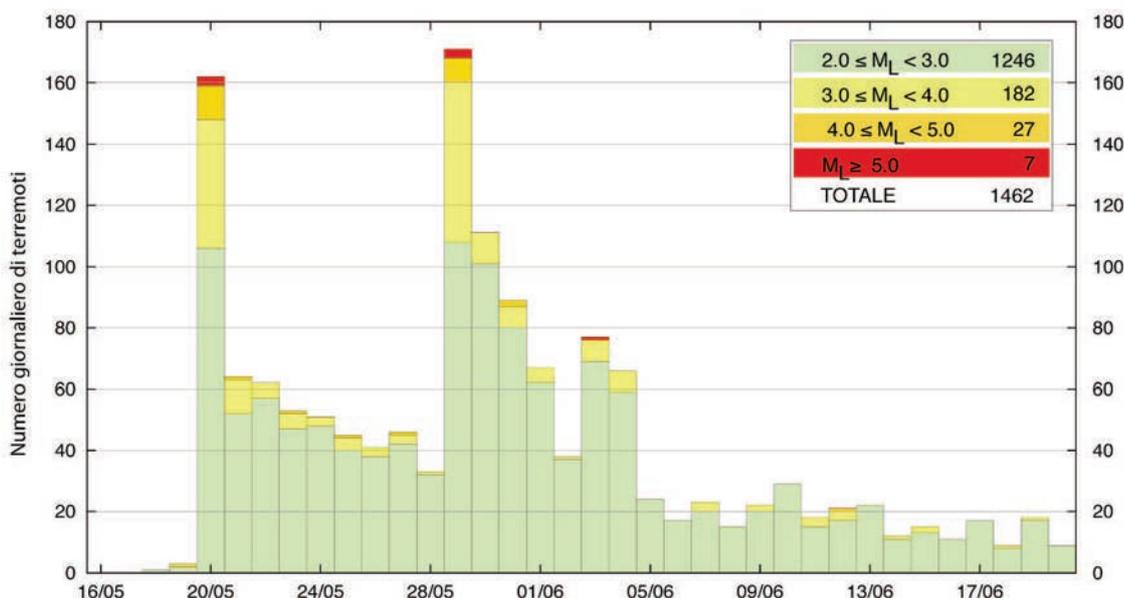
zioni in tempo reale e delle relative elaborazioni mentre quella in registrazione in locale garantisce l'acquisizione di dati ad alta risoluzione per migliorare le conoscenze scientifiche dell'area interessata. Alla rete sismica temporanea si aggiunge il COES ovvero il presidio tecnico, logistico, scientifico e informativo dell'INGV in area epicentrale [Moretti et al., 2010a].

L'intervento in Emilia Romagna è avvenuto dopo pochi mesi dall'esercitazione sul rischio sismico svoltasi a fine settembre 2011 nel Comune di Santa Sofia in provincia di Forlì - Cesena [Moretti et al., 2013] organizzata dall'INGV in collaborazione con l'Agenzia di Protezione Civile della Regione Emilia Romagna e nell'ambito della convenzione<sup>8</sup> esistente fra i due enti. A tale evento hanno preso parte molte delle sedi INGV coinvolte nel monitoraggio sismico nelle sue diverse forme (Ancona, Arezzo, Bologna, Irpinia, Milano, Pisa, Roma). A seguito di questa esperienza, durante la quale sono state testate alcune procedure di intervento in caso di forte evento sismico in territorio italiano, tutti i gruppi INGV che si



**Figura 4** Evoluzione della distribuzione della sismicità durante il primo mese della sequenza sismica. In giallo è evidenziata la sismicità dal 1° dell'anno fino all'inizio della sequenza sismica; in blu dal 20 al 28 maggio; in rosso dal 29 al 31 maggio, dopo le nuove forti scosse della mattina del 29 [Fonte dati: ISIDe]. I triangoli verdi rappresentano le stazioni permanenti della RSN.

**Figure 4** Evolution of seismicity in the first month of the seismic sequence. In yellow, seismic monitoring from 1 January to 20 May. In blue, seismicity of the May 20 to 28; in red, seismicity of the May 29-31, after the large earthquakes of the 29 May [Data source: ISIDe]. The green triangles show the permanent stations of the RSN.



**Figura 5** Andamento giornaliero della sismicità dal 16 maggio al 20 giugno 2012 [Fonte dati: ISIDe]. La sismicità è mostrata con una soglia di magnitudo maggiore di 2.0, dal 16 maggio al 31 dicembre 2012, nell'area di latitudine 44.5 - 45.3 e longitudine 10.7 - 11.8.  
**Figure 5** Number of earthquakes per day from May 16 to June 20, 2012 [Data source: ISIDe]. The seismicity is shown with a threshold of magnitude greater than 2.0, from 16 May to 31 December 2012, in the latitude of 44.5 - 45.3 and longitude of 10.7 - 11.8.

occupano di reti temporanee hanno sentito l'esigenza di avviare un processo per un coordinamento delle attività, denominato "Sismiko", e di istituire delle procedure comuni di cui avvalersi in caso di necessità. In Figura 6 sono riportate le sedi INGV afferenti a Sismiko. Questo percorso effettuato durante l'ultimo anno ha comportato, nel caso del terremoto in Emilia, una più veloce reazione rispetto al passato di tutte le componenti coinvolte e una più facile gestione dell'intervento.

Sismiko rientra nel quadro del progetto europeo "Network of European Research Infrastructures for Earthquake Risk Assessment and Mitigation" (NERA<sup>9</sup>), nell'ambito del quale si è avviato il coordinamento di una rete temporanea di pronto intervento europea. In tale ambito, l'esperienza, il personale e la strumentazione di istituti europei quali GeoForschungsZentrum - GFZ di Potsdam, Swiss Federal Institute of Technology - ETH di Zurigo, ISTerre University Joseph Fourier and CNRS di Grenoble, GeoAzur di Nizza e INGV, si sono associati al fine di definire una organizzazione per coordinare i futuri sviluppi in questo settore. Proprio in tale contesto si è sviluppato l'intervento dei colleghi francesi in occasione dell'emergenza oggetto di tale lavoro. Grazie al progetto NERA e agli accordi precedentemente presi, è risultato più agevole lo scambio di informazioni a livello europeo<sup>10</sup> e il coordinamento per la distribuzione dei dati con i colleghi francesi.

### 3.1 La rete temporanea

Subito dopo il *mainshock* registrato dalla sala di sorveglianza sismica INGV di Roma, è stato attivato il Pronto Intervento Sismico [Govoni et al., 2008; Moretti et al., 2010b], come codificato nell'Allegato A dell'Accordo Quadro DPC-INGV 2012-2021 (art. 5)<sup>11</sup>; contestualmente sono stati avvisati i colleghi afferenti al coordinamento Sismiko.

Alle ore 8:00 locali circa, 2 unità di personale di Ancona avevano già raggiunto l'area epicentrale; con loro una stazione temporanea per la trasmissione UMTS ed un accelerometro da aggiungere alla stazione in pozzo SERM della RSN (Figura 4). Nel frattempo una squadra costituita da 3 unità di personale ed equipaggiata di 4 stazioni sismiche a 6 componenti, è partita intorno alle 7.00 locali dalla sede INGV di Roma; nel pomeriggio è stata raggiunta da una seconda squadra costituita da 2 unità di personale e dotata di ulteriori 4 stazioni a 6 componenti. I colleghi di Milano, dopo un controllo ad alcune stazioni della Rete Accelerometrica Italia Settentrionale (RAIS [Augliera et al., 2011]), hanno installato in giornata 3 stazioni a 6 canali trasmesse in UMTS. Nel frattempo presso le sedi di Ancona e Milano altre unità di personale hanno provveduto a configurare i server per le nuove dotazioni e per la trasmissione dei dati dai centri remoti alla sala sismica di Roma. I colleghi di Bologna, pur essendo sprovvisti di strumentazioni hanno messo a disposizione la loro conoscenza diretta del territorio, agevolando l'installazione delle stazioni temporanee.

<sup>10</sup>[http://www.nera-eu.org/content/mm\\_files/do\\_798/NERA-WP4-Webpage-Update.pdf](http://www.nera-eu.org/content/mm_files/do_798/NERA-WP4-Webpage-Update.pdf)

<sup>11</sup><http://istituto.ingv.it/1-ingv/progetti/allegati-convenzioni-dpc/accordo-quadro-2012-2021-allegato%20A.pdf>

Nel frattempo è stata attivata anche la rete sismica temporanea in telemetria satellitare (Re.Mo.Tel. [Abruzzese et al., 2011]) gestita dai colleghi dell'Osservatorio di Grottaminarda.

Tutti gli altri colleghi di Pisa, Arezzo, Napoli, L'Aquila e Catania sono rimasti a disposizione per eventuali altri interventi.

La geometria della rete è stata definita in sinergia tra le varie sedi coinvolte e completata in pochi giorni in considerazione anche dell'evolversi della sequenza e della distribuzione della RSN (triangoli verdi in Figura 7).

La definizione e la successiva implementazione della geometria della rete temporanea è stata organizzata presso la sede di Roma, in condivisione con i colleghi dell'INGV per gli studi degli effetti di sito (EMERSITO, vedi Paragrafo 3.2) e con quelli dell'OGS di Udine (quadrati in fucsia in Figura 7), dell'Università di Ferrara e del DPC (quadrati in arancione in Figura 7).

In Allegato A, maggiori dettagli sulle installazioni temporanee INGV.

### 3.2 EMERSITO: la rete temporanea per lo studio per gli effetti di sito

In occasione del terremoto della Pianura Padana emiliana, come già accaduto per gli eventi sismici più importanti registrati in Italia negli ultimi anni, i colleghi del gruppo di lavoro EMERSITO dell'INGV sono intervenuti durante l'emergenza con l'installazione di stazioni sismiche temporanee [Bordoni et al., 2012].

L'intervento, concordato con il servizio geologico della regione Emilia Romagna, il Dipartimento delle Protezione Civile e l'Università di Modena e predisposto in sinergia con il coordinamento SismiKo, è stato finalizzato allo studio dell'amplificazione del moto sismico legata alla presenza di importanti coltri superficiali di terreni alluvionali anche recenti.

In totale sono stati definiti 3 transetti, 2 composti da 8 stazioni ciascuno ed ubicati in 2 differenti aree entrambe all'interno della vasta zona epicentrale, e uno di 6 sezioni posizionante nella località di San Carlo dove sono stati osservati fenomeni di liquefazione e fratturazione superficiale [EMERGEO working group, 2012]:

- transetto MIR: orientato in direzione circa N-S nella zona di Mirandola (MO), si estende da Ostiglia a Medolla;
- transetto CAS: più orientale rispetto al transetto MIR, si estende in direzione SSW-NNE da Sant'Agostino (MO) ad Occhiobello (RO);

- transetto SCA: taglia il transetto CAS in direzione O-E nel Comune di San Carlo (FE).

I siti scelti sono stati selezionati tenendo anche conto dei danni alle strutture (capannoni industriali), delle evidenze di liquefazione, della presenza di paleo alvei e di dorsali rocciose sepolte.

In Allegato A, le tabella A3 e A4, mostrano i dettagli (strumentazione installata, località, coordinate, ecc) delle stazioni sismiche di EMERSITO.

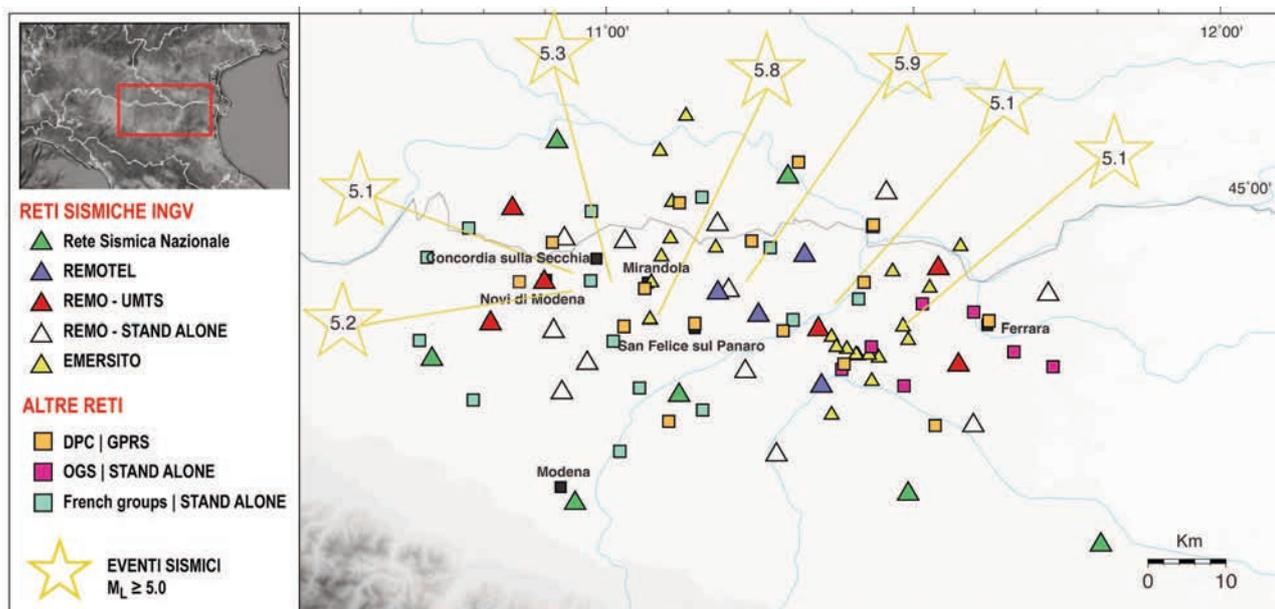
### 3.3 Tempistica dell'intervento

#### 20 maggio

Il personale della sede di Ancona appena giunto in area epicentrale ha aggiunto un accelerometro alla stazione SERM della RSN ed installato la stazione temporanea T0822; entrambe erano connesse tramite UMTS alla sede di Ancona dove nel frattempo sono state apportate le opportune modifiche ai server di acquisizione dati per rendere il flusso di dati



Figura 6 La mappa mostra gli afferenti e le loro disponibilità relativamente al coordinamento denominato SismiKo.  
Figure 6 The map shows the afferent and their availability to coordination called SismiKo.



**Figura 7** Mappa delle reti sismiche temporanee installate ad integrazione delle stazioni della RSN presenti in area epicentrale (SBPO, SERM, RAVA, NOVE, MODE, FIU, CMPO, triangoli verdi). Le stelle mostrano gli epicentri degli eventi di  $M_L \geq 5.0$ . Nella legenda a sinistra, sono indicati i significati dei simboli in mappa. In Allegato A i dettagli relativi alle stazioni sismiche temporanee INGV.  
**Figure 7** Map of the seismic stations deployed after May 20th. Triangles represent INGV stations: permanent, green, and other temporary; squares are other institute's stations; stars are the earthquakes with magnitude greater than 5.0. See Annex A for details on the INGV temporary seismic stations.

disponibile per la sala sismica di Roma. Alle ore 08:48 (UTC) è iniziato il flusso dati della stazione SERM e dalle ore 10:36 (UTC) quello della stazione T0822, prima verso la sede di Ancona e poi verso la sala sismica di Roma. A partire dalle 13:00 (UTC) entrambe le stazioni hanno contribuito alla determinazione dei parametri ipocentrali e della magnitudo degli eventi localizzati presso la sala di sorveglianza sismica di Roma [Marzorati et al., 2012a; b].

Il personale della sede di Milano appena giunto in area epicentrale ha provveduto all'installazione di 3 stazioni a 6 canali della quali una in acquisizione in locale e 2 trasmesse in UMTS in tempo reale verso la propria sede e da qui verso Roma.

Il personale di Roma, nel frattempo giunto in area epicentrale, in collaborazione con i colleghi di Bologna ha provveduto dalle 13.00 UTC ad installare 4 delle 6 stazioni a disposizione in modalità *stand-alone*.

### 21 maggio

I colleghi della sede Irpinia insieme alle 4 stazioni hanno montato il centro stella ovvero il nodo centrale della rete Re.Mo.Tel [Abruzzese et al., 2011] dove è installato il sistema di trasmissione dati satellitare (Libra VSAT *Nanometrics*) che consente il collegamento radio-satellitare con la sede Irpinia; da qui altro personale qualificato ha provveduto al ri-direzionamento del flusso dei dati verso la sede centrale di Roma. Il personale di Roma ha provveduto ad installare ulteriori 3 stazioni *stand-alone* e a verificare il corretto funzionamento della strumentazione predisposta il giorno precedente.

Nel frattempo il gruppo EMERSITO ha disposto il loro proprio d'intervento, ovvero installare 16 stazioni sismiche a 3 o 6 canali (sia accelerometri sia velocimetri) lungo 2 transetti, il primo da Occhiobello (RO) a Sant'Agostino (MO), il secondo da Ostiglia a Medolla, nella zona di Mirandola (MO) (Figura 7).

### 22-24 maggio

Completamento dei 2 transetti di EMERSITO, trasformazione della T0821 da *stand-alone* a *real-time* e installazione dell'ultima stazione della Re.Mo.

### 27-28 maggio

L'evolversi della sequenza durante la prima settimana, ha suggerito l'installazione di 2 ulteriori stazioni per migliorare la geometria della rete a sud e sud-ovest (T0823 e T0824).

### 29-30 maggio

A seguito delle forti scosse durante la mattina del 29 maggio, la rete è stata implementata con ulteriori 4 stazioni nella zona a ovest: 2 in registrazione locale (T0827 e T0828), installate dal personale di Roma e 2 trasmesse in UMTS (T0825 e T0826), installate dal personale di Ancona. Inoltre come previsto nei giorni precedenti dal gruppo di EMERSITO, è stato predisposto un altro transetto costituito da 6 stazioni con acquisizione locale, nella zona a est tra la Località di Casumaro e il comune di San Carlo in provincia di Ferrara.

### Coordinamento con gli altri Enti

Come già riportato, la geometria della rete sismica temporanea è stata definita anche in considerazione di installazioni da parte di altri enti. Dal 21 maggio l'OGS, in accordo con l'Università di Ferrara, ha installato 8 stazioni a 3 componenti in acquisizione locale (Figura 7), il DPC<sup>12</sup> ha occupato 16 siti con stazioni accelerometriche in *trigger* (Figura 7).

Nell'ambito del coordinamento previsto nel progetto europeo NERA, durante il primo fine settimana di giugno, i colleghi francesi dell'IPG di Strasbourg, dell'IPGS, di CEREGE, dell'IPG Paris, Géosciences Azur dopo una consultazione con il coordinamento di Roma e con il supporto del personale INGV, hanno installato, 14 stazioni a complemento della rete già esistente (Figure 7 e A1 in Allegato A).

Riassumendo, in totale sono state installate 82 stazioni, di cui:

- N° 12 *stand-alone* INGV;
- N° 10 *real-time* INGV di cui 6 UMTS, e 4 Radio-satellitare;
- N° 22 *stand-alone* INGV per lo studio degli effetti di sito (EMERSITO [Bordoni et al., 2012]);

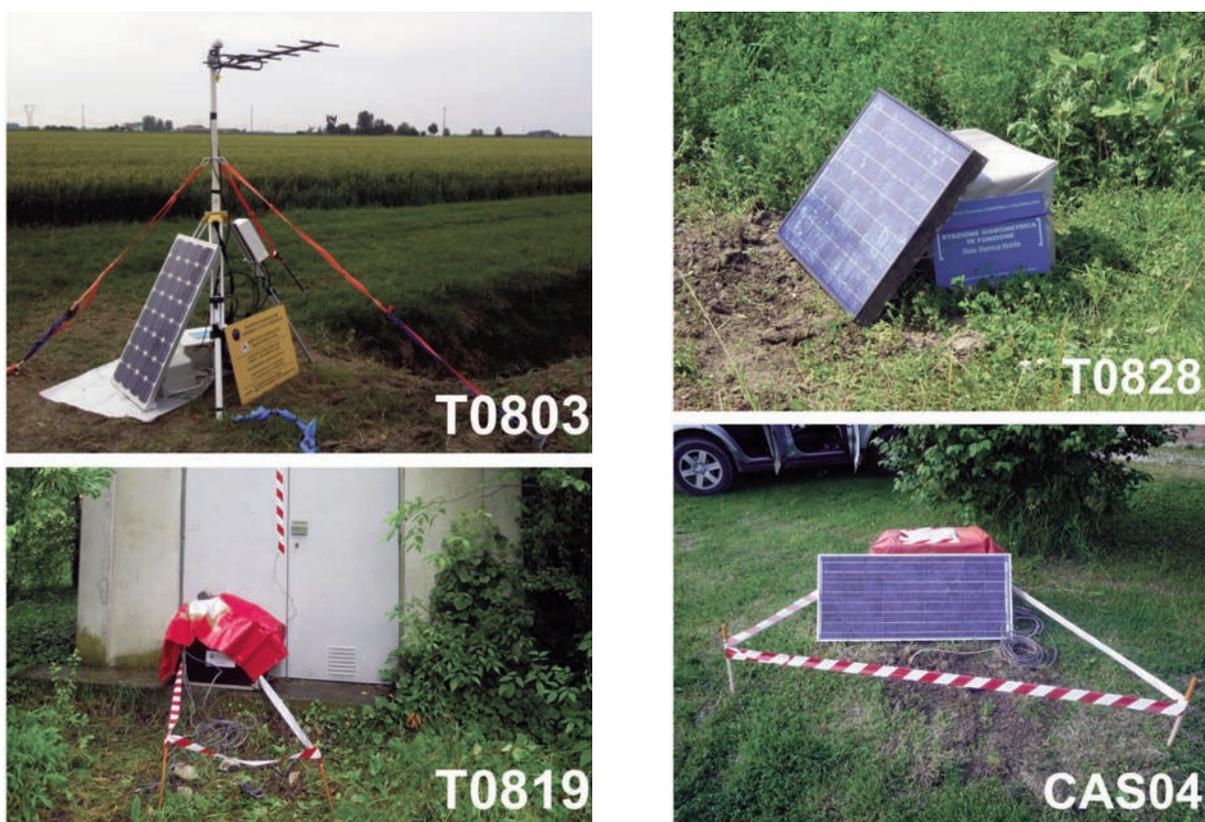
- N° 16 *real-time* in *trigger* DPC;
- N° 8 *stand-alone* OGS;
- N° 14 *stand-alone* team francesi.

In Figura 8 alcuni esempi di installazione di stazioni temporanee.

### 3.4 Modifiche della geometria della rete

Durante la seconda settimana di luglio è stata predisposta la parziale disinstallazione dei transetti del gruppo di EMERSITO e lo spostamento della T0820. Per garantire una buona copertura della rete temporanea, si è deciso di mantenere comunque in attività i siti CAS04, MIR01, MIR05, MIR07 e MIR08. Nei siti di MIR01 MIR05 e MIR08 sono stati sostituiti gli acquisitori con dei Reftek 130-1 mentre la MIR07 è stata trasformata con acquisizione in tempo reale (con la strumentazione della T0820).

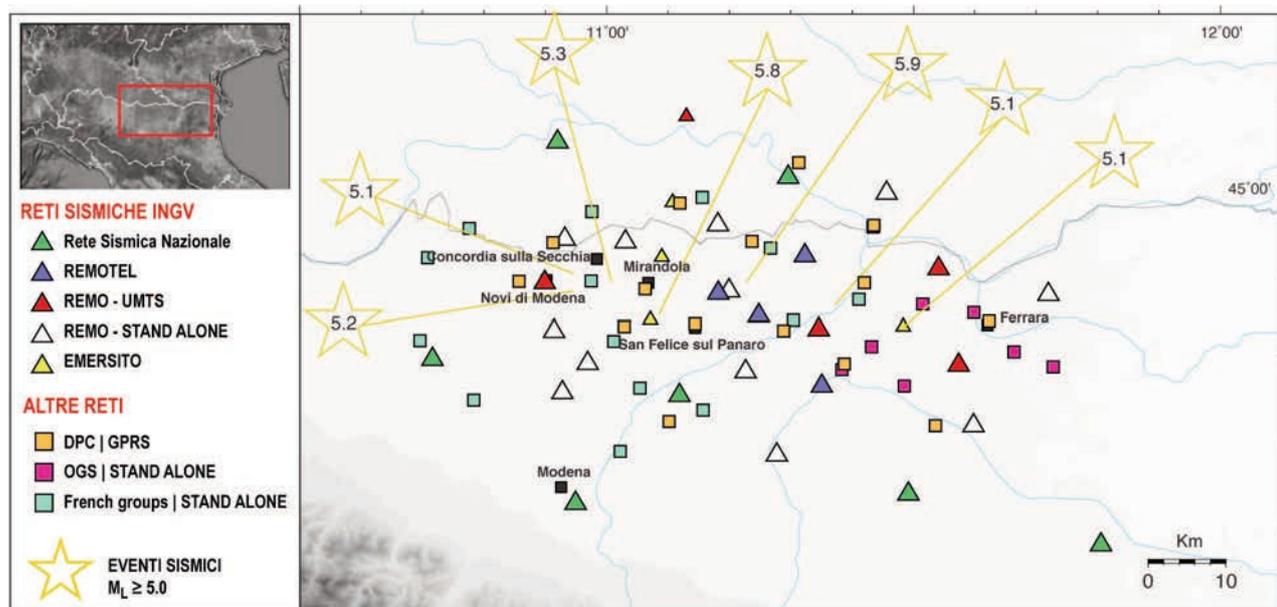
Tra la fine del mese di luglio e l'inizio di agosto, sono state disinstallate le stazioni in trasmissione UMTS T0825 e



**Figura 8** Alcuni esempi di installazione. A sinistra, dall'alto verso il basso: una stazione della Re.Mo.Tel. in trasmissione radio-satellitare (T0803); una stazione della Re.Mo. in trasmissione UMTS predisposta dai colleghi di Milano (T0819). A destra, dall'alto verso il basso: una stazione della Re.Mo. in acquisizione locale (T0828); una stazione del gruppo EMERSITO per gli studi di effetti di sito (CAS04).

**Figure 8** Pictures of the seismic deployments in the Po plain showing the stations recording standalone and station connected in real time with the seismic monitoring room in Roma. To left, top to bottom: a station of the satellite transmission (Te.Mo.Tel., T0803), a station transmitting UMTS (Re.Mo. of the Milano, T0819). To right, top to bottom: a station stand-alone (Re.Mo., T0828) and a station for studies of site effects (EMERSITO, CAS04).

<sup>12</sup>report scaricabile: [http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/report\\_DPC\\_2\\_Emilias\\_EQSBis.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/report_DPC_2_Emilias_EQSBis.pdf)



**Figura 9** Mappa dopo la modifica delle reti sismiche temporanee effettuate tra la fine di luglio e l'inizio di agosto.  
**Figure 9** Updated map of the temporary stations between late July and early August.

T0826, mentre le stazioni della Re.Mo. e della Re.Mo.Tel. sono rimaste in acquisizione fino alla fine di settembre. In Figura 9 e in Figura A2 (Allegato A) la geometria della rete temporanea modificata come sopra indicato.

### 3.5 Archiviazione, gestione e condivisione dei dati acquisiti e le ri-localizzazioni

I dati delle reti temporanee INGV e EMERSITO, come definito nell'ambito del coordinamento Sismiko e come oramai da prassi, saranno inseriti nell'archivio di forme d'onda EIDA (Progetto: *European Integrated Data Archive*) che utilizza il protocollo ArcLink per rendere accessibili tutti i dati sismologici alla comunità scientifica attraverso un unico portale in formato *standard* [Mazza et al., 2011; 2012; Moretti e Govoni, 2011]. I dati, reperibili attraverso il portale EIDA<sup>13</sup> (Figura 10), sono forniti in formato SEED (*Standard for the Exchange of Earthquake Data*) ed organizzati secondo le specifiche adottate dalla RSN dell'INGV.

Durante la redazione del presente lavoro (prima metà di luglio), sono già presenti in EIDA e disponibili senza restrizioni tutti i dati in continuo acquisiti in tempo reale, e il primo mese di attività della Re.Mo. Tutte le stazioni T08?? sono state registrate presso il sito dell'*International Seismological Centre* (ISC<sup>14</sup>). Per i siti con trasmissione in tempo reale, che possono presentare interruzioni a causa di problemi di trasmissione, si provvederà a colmare i buchi tramite il recupero della registrazione locale, sempre presente in parallelo alla trasmissione.

I dati acquisiti da EMERSITO, verranno anch'essi inseriti in EIDA ma inizialmente saranno riservati al gruppo di lavoro

o comunque rilasciati su richiesta.

I colleghi dell'OGS hanno condiviso i loro dati registrati in continuo, inizialmente riservati ad un gruppo ristretto di lavoro, attraverso il loro sito OASIS<sup>15</sup>.

I dati delle postazioni temporanee della rete mobile del DPC confluiscono sin dal 20 maggio automaticamente nel database della Rete Accelerometrica Nazionale (RAN) insieme a quelli delle postazioni permanenti. I parametri ipocentrali e la stima della magnitudo definiti dal DPC per i due *main-shocks* sono disponibili sul sito web ufficiale del DPC; in seguito saranno pubblicati anche quelli degli altri eventi di magnitudo maggiore di 5.0.

I dati acquisiti dai colleghi francesi saranno resi disponibili attraverso il loro portale dedicato RESIF<sup>16</sup>.

Relativamente alla definizione dei parametri ipocentrali, della stima della magnitudo e nella comprensione della sequenza sismica, l'integrazione della RSN con le stazioni temporanee ha portato a un chiaro miglioramento nella qualità del dato. Una prima relazione sulla qualità dei dati acquisiti dalle stazioni sismiche temporanee e trasmessi in *real-time*, sono descritti in Marzorati et al. [2012a; 2012b]. Tramite delle procedure sviluppate ad *hoc* dai colleghi dell'Osservatorio di Ancona per la Rete Sismometrica Marchigiana [D'Alema et al., 2011] ed implementate per la sequenza sismica in corso, sono stati analizzati in tempo reale il corretto funzionamento della trasmissione dei dati stessi e il controllo di qualità del segnale sismico, in modo da indicare il più rapidamente possibile alle squadre impegnate nelle operazioni di campagna eventuali interventi di manutenzione.

<sup>13</sup><http://eida.rm.ingv.it/>

<sup>14</sup><http://www.isc.ac.uk>

<sup>15</sup><http://oasis.crs.inogs.it/>

<sup>16</sup><http://www.resif.fr/portal>

Per dimostrare l'efficienza del dato ottenuto dall'integrazione dei *dataset*, sono stati localizzati gli eventi, con il modello di velocità in uso presso la sala di sorveglianza sismica di Roma, considerando differenti *subset* di stazioni sismiche: con la sola RSN (in verde nelle Figure 11 e 12), con la RSN integrata con le stazioni temporanee telemetrate (in azzurro nelle Figure 11 e 12) e la RSN con le stazioni telemetrate e Re.Mo. (in arancione nelle Figure 11 e 12).

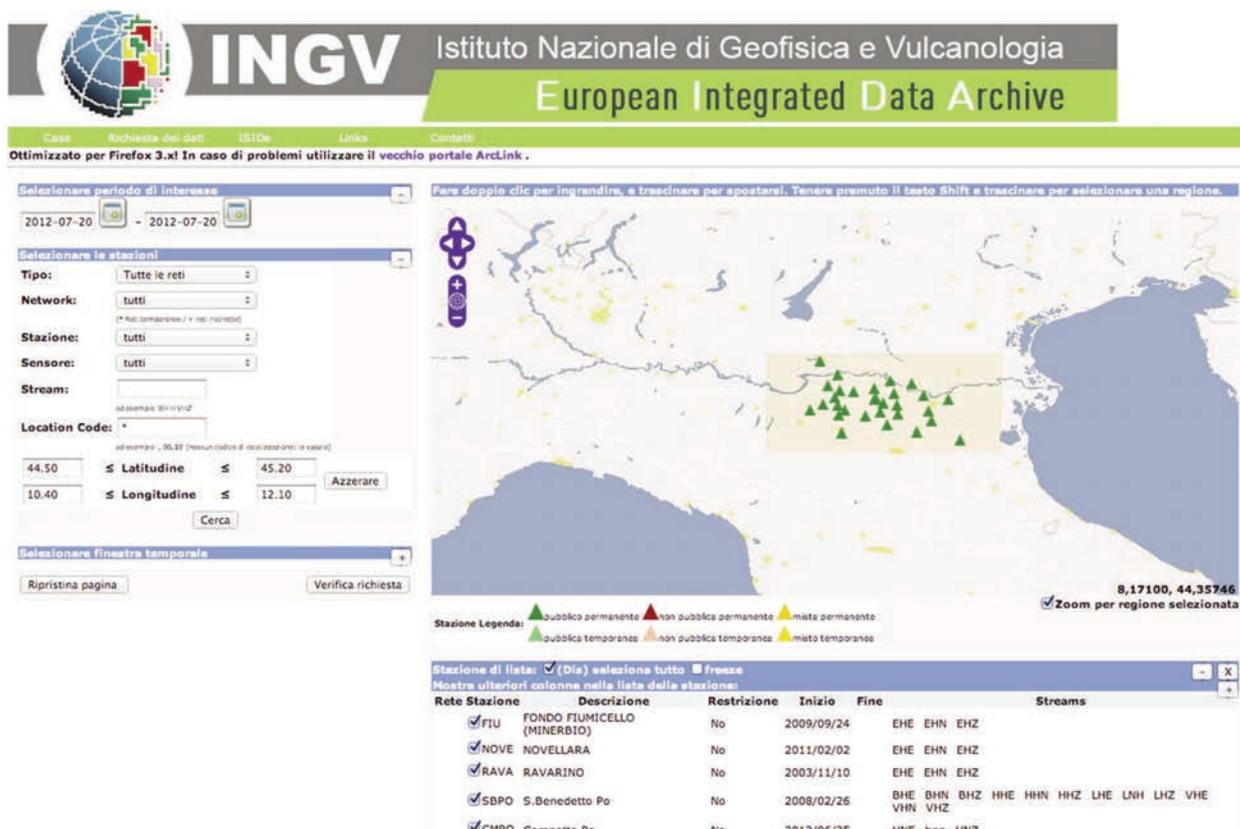
In Figura 11 sono messi a confronto le 2390 localizzazioni in termini di rms (*root-mean-square*), errori orizzontali e verticali, residuo fasi P e S, numero di fasi e gap azimutale. Osservando ad esempio gli istogrammi relativi al rms (Figura 11a in alto), si nota come utilizzando le sole stazioni della RSN si ottiene un gran numero di eventi con rms prossimo a zero, un risultato che indica soluzioni ipocentrali mal vincolate. L'integrazione delle stazioni temporanee in area epicentrale consente di ottenere localizzazioni più realistiche con degli rms che presentano una distribuzione gaussiana e che sono strettamente dipendenti dal modello di velocità utilizzato, in particolare dalla non adeguatezza del modello 1D a rappresentare la struttura di velocità 3D. La migliore localizzazione viene dimostrata

anche dalla distribuzione del gap azimutale che decresce mediamente da 120 a 50 gradi circa grazie al numero più alto di fasi utilizzate (Figura 11b in basso) e dal miglioramento mostrato dagli errori associati all'ipocentro. Quest'ultimo aspetto è evidente dalla distribuzione dei parametri ERRH e ERRZ in Figura 11a (al centro e in basso) in cui si osserva come gli errori ipocentrali siano inferiori al chilometro per la maggior parte dei casi di localizzazioni prodotte con il *dataset* completo (gli istogrammi hanno moda prossima allo zero).

Per confrontare le localizzazioni ottenute, abbiamo selezionato con lo stesso criterio, i risultati ottenuti con i tre *dataset* (Figura 12). I criteri selettivi per un singolo evento sono i seguenti:

- almeno 3 fasi P e 3 fasi S;
- Gap massimo di 180°;
- rms massimo di 1.0 sec;
- errori di localizzazione entro 2 km.

I 3 *dataset* risultanti si compongono così di 376, 1382 e 1972 eventi, dimostrando ancora come la possibilità di utilizzare un numero maggiore di stazioni, e quindi di fasi P ed S, aumenta sia la qualità che la quantità dei dati finali.



**Figura 10** Screenshot del sito EIDA dove è possibile scaricare le forme d'onda in formato SEED di tutte le stazioni della RSN, Re.Mo. e Re.Mo.Tel. in acquisizione nell'area interessata dalla sequenza sismica. In mappa è evidenziata l'area d'interesse e le stazioni presenti del database.

**Figure 10** Screenshot of EIDA website. From the website you can download the waveforms in SEED format of all the stations of the RSN, Re.Mo. and Re.Mo.Tel. acquisition in the area affected by seismic sequence. Map is highlighted in the area of interest and the stations in the database.

#### 4. Attivazione del Centro Operativo Emergenza Sismica (COES)

Il COES, presidio tecnico-scientifico dell'INGV in area epicentrale [Moretti et al., 2010a], è stato attivato relativamente in ritardo rispetto all'inizio dell'emergenza in Emilia. Tale decisione è stata presa in considerazione della presenza di una sede INGV, quella di Bologna, nella regione colpita dal terremoto. La sede poteva infatti fungere da supporto tecnico-logistico per le squadre impegnate nelle operazioni in campagna. Inoltre la presenza di personale competente e disponibile a ricoprire le regolari funzioni che caratterizzano il COES (supporto tecnico-logistico verso i colleghi INGV e scientifico-informativo verso l'esterno) ha inizialmente favorito tale soluzione.

Solo a seguito del decreto del Capo del DPC n. 2637 del 2 giugno 2012<sup>17</sup>, con il quale è stata costituita la Di.Coma.C. presso l'Agenzia della Protezione Civile Regionale dell'Emilia Romagna sita in Bologna, si è stabilita l'attivazione del COES (Decreto del Presidente dell'INGV n° 328) nell'ambito dell'emergenza Emilia. La struttura, funzionante dal pomeriggio dell'8 giugno 2012, è stata inserita come centro di competenza all'interno della Funzione Tecnica di Valutazione.

Le modalità con cui ha operato il COES a Bologna sono state molto simili, anche se in versione ridotta, a quelle utilizzate durante l'esperienza aquilana nel 2009 [Moretti et al., 2009; 2011; Nostro et al., 2010]. Come previsto nell'Allegato Tecnico A della convenzione decennale DPC-INGV (art. 5), il COES è stato predisposto per garantire la comunicazione e l'informazione scientifica diretta e continua al DPC presente in area epicentrale attraverso il collegamento H24 con la sala di sorveglianza sismica della sede INGV di Roma. Ciò è stato possibile attraverso l'installazione di una postazione fornita dello stesso sistema di localizzazione e visualizzazione degli eventi in tempo reale che è regolarmente in uso presso la sala di sorveglianza a Roma.

L'informazione scientifica è stata garantita dall'8 giugno stesso, attraverso due aggiornamenti quotidiani sull'andamento della sequenza sismica in atto (Allegato B). Le modalità di comunicazione, la frequenza dell'aggiornamento, la modalità di consegna e la configurazione del comunicato, sono state concordate tra i coordinatori del COES e i responsabili della Funzione Tecnica di Valutazione.

I *report* giornalieri, ottimizzati con il passare dei giorni, sono stati redatti basandosi sull'aggiornamento automatico prodotto dal gruppo di lavoro "Bollettini e Relazioni"<sup>18</sup>. Ogni aggiornamento ha incluso la mappa della sequenza sismica dal 16 maggio, la mappa della sismicità delle ultime 24 ore, l'andamento quotidiano della sismicità – numero di eventi e momento sismico rilasciato - ed un elenco degli eventi delle precedenti 24 ore giornata assieme ad una comunicazione dove viene descritta la situazione della giornata (Allegato B).

I *report*, elaborati dal turnista presente al COES, venivano inviati tramite email all'Ufficio Informazioni DPC e alla Funzione Tecnica di Valutazione a cui, contestualmente, veniva consegnato anche in formato cartaceo per il solo aggiornamento pomeridiano. Quando si è reso necessario, per esempio in caso di variazioni dell'attività sismica della sequenza, oltre ai due aggiornamenti quotidiani sono stati forniti dei comunicati prodotti specificamente.

Oltre a queste funzioni di comunicazione ed informazione scientifica, la struttura si è proposta come punto di riferimento per tutti i colleghi INGV impegnati nelle attività in area epicentrale (reti sismiche mobili, EMERSITO, GPS, Emergeo, QUEST, ecc) e per il servizio di "Comunicazione e Informazione" promosso a favore delle popolazioni colpite, degli operatori di protezione civile, dei volontari del soccorso. In accordo con i dirigenti INGV e della Funzione Tecnica di Valutazione, si è stabilito che la presenza del personale INGV al COES venisse garantita durante il normale orario di lavoro e anche fuori dal suddetto orario, qualora situazioni di emergenza e urgenza lo richiedessero. La turnazione del personale, è stata predisposta inizialmente fino al 30 giugno ma quasi subito protratta fino a fine luglio anche in considerazione della durata dell'emergenza come prevista dal decreto del 2 giugno 2012.

Da lunedì 11 giugno, l'ufficio destinato al COES è stato condiviso con il personale della Reluis<sup>19</sup> e con il gruppo "Divulgazione Terremoto" del DPC con il quale sia l'INGV che la Reluis collaborano nelle attività di "Comunicazione e Informazione" rivolte alla popolazione colpita dall'emergenza. In Figura 13, la panoramica dell'ufficio e dei particolari della postazioni occupate dal COES. Per maggiori dettagli in merito alle attività del COES vedi Moretti e Pondrelli [2013].

#### Note e ringraziamenti

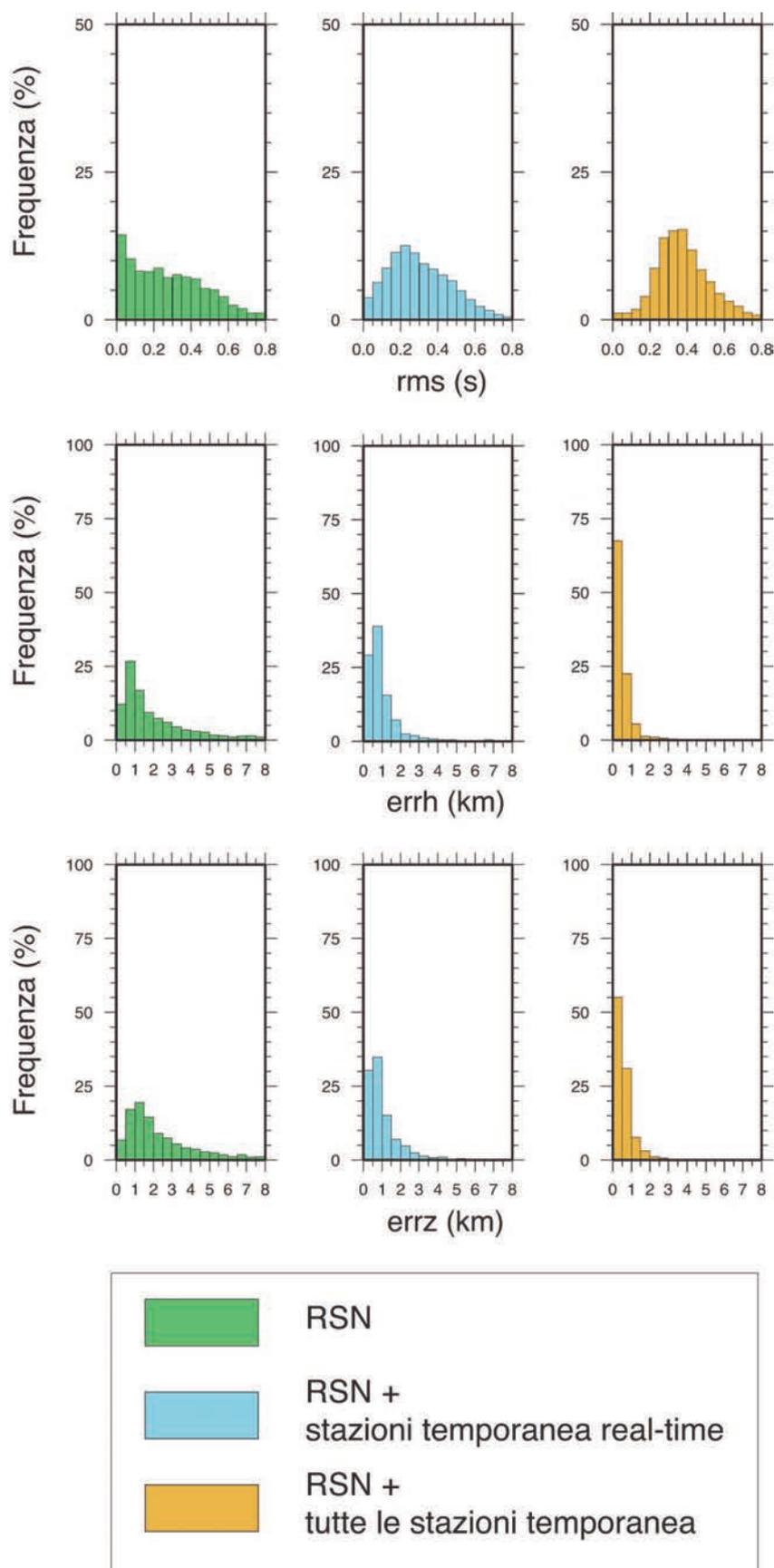
Il presente lavoro rappresenta una sintesi del lavoro svolto per circa un mese da oltre 70 persone di cui circa la metà con contratto a tempo determinato. Ci sembra importante sottolineare come tutti hanno contribuito per la buona riuscita dell'intervento non solo con la solita e, anzi, rinnovata passione e professionalità, ma soprattutto con un grande senso di responsabilità, nonostante le difficoltà in cui verte in questi mesi il nostro ente.

Inoltre i risultati ottenuti sono il frutto di attività di implementazione e di miglioramento, non solo di tipo tecnologico e scientifico ma anche organizzativo, che negli ultimi anni sono stati portati avanti da tantissimi colleghi di molte delle sedi dell'INGV che in questa emergenza non sono stati direttamente coinvolti. Impossibile nominarli tutti, ma non è solo un dovere quanto un piacere ringraziarli sentitamente.

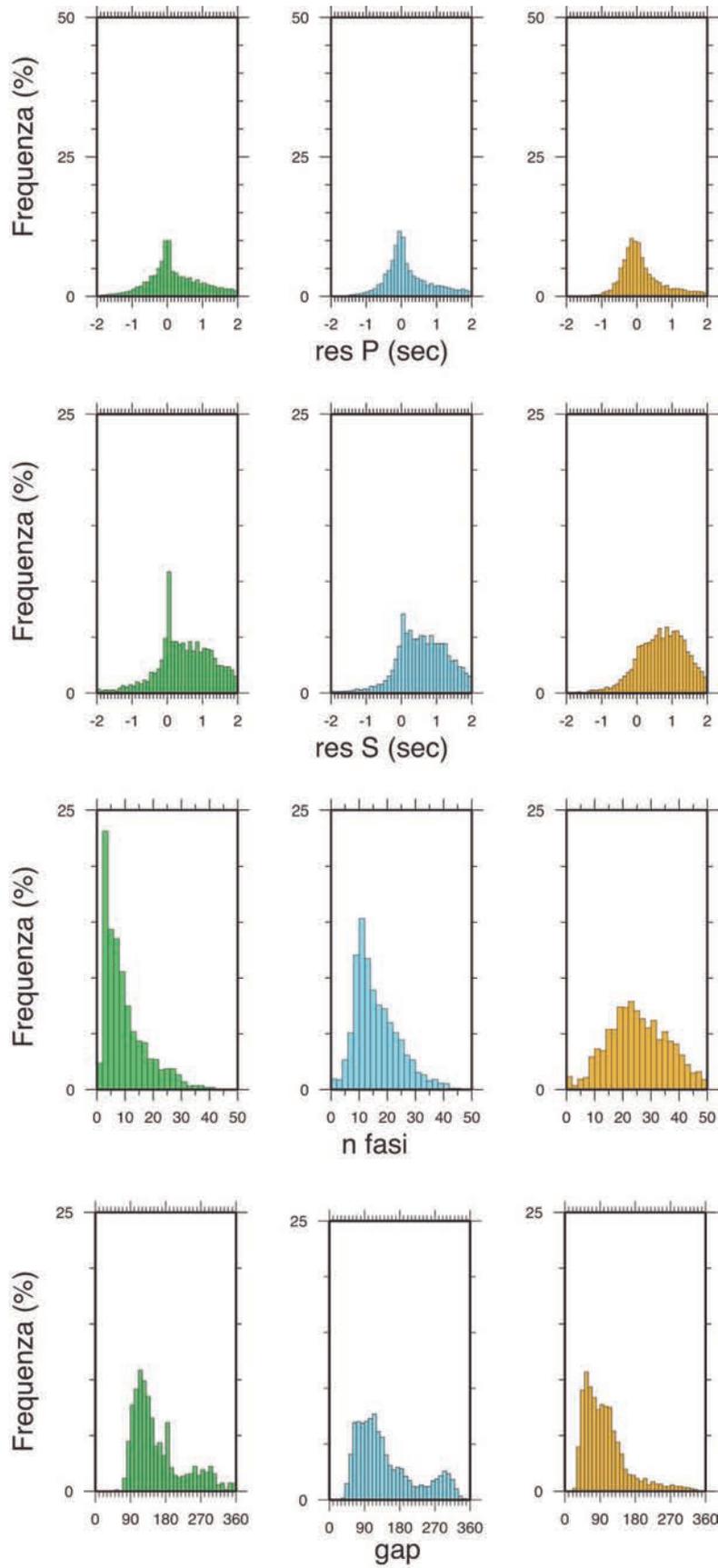
<sup>17</sup><http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/decretoDicomac.pdf>

<sup>18</sup>Componenti del GdL: Raffaele Di Stefano, Licia Faenza, Aladino Govoni, Valentino Lauciani, Matteo Quintiliani, Laura Scognamiglio; Coordinatore: Stefano Pintore.

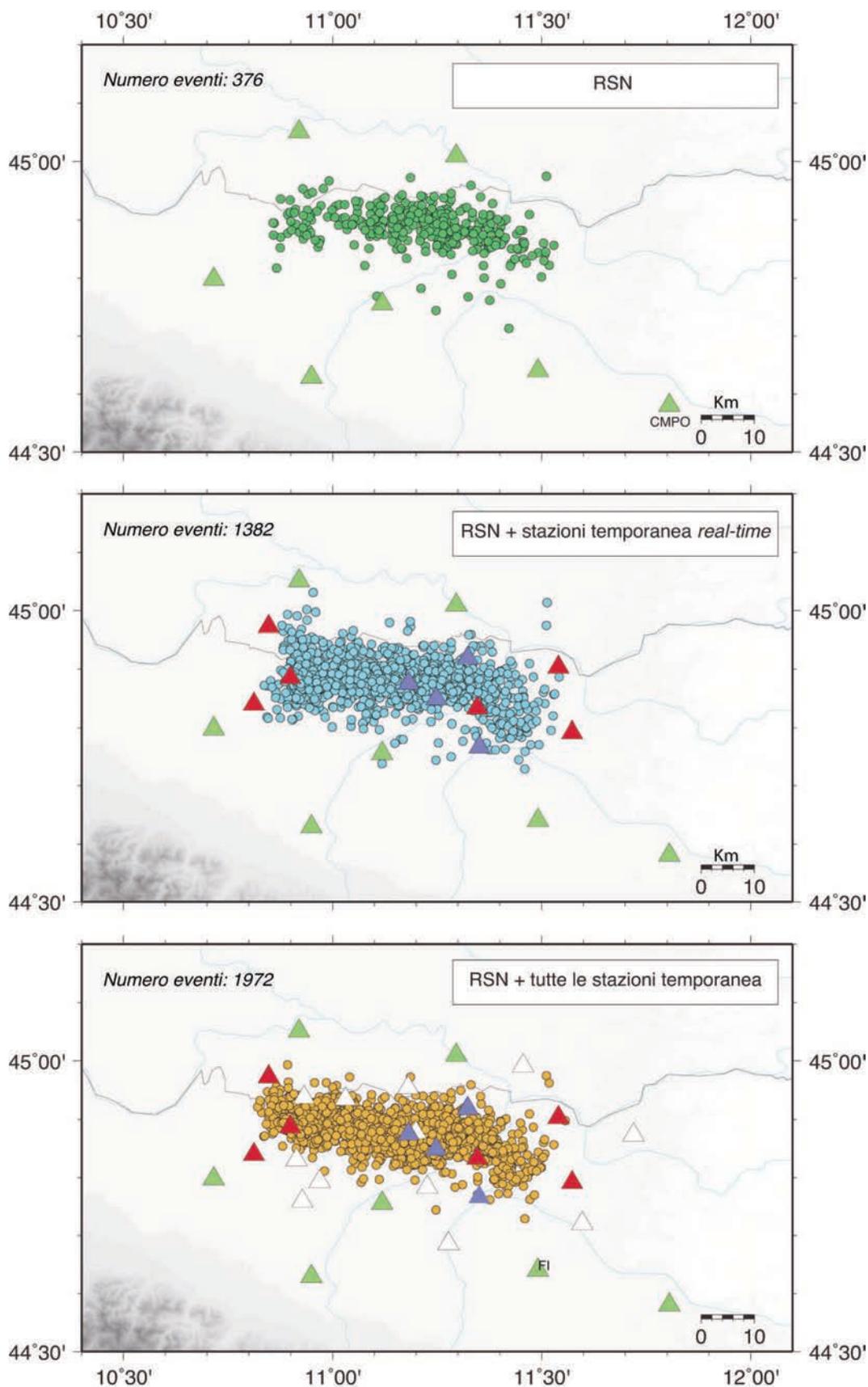
<sup>19</sup><http://www.reluis.it/>



**Figura 11a** Alcuni parametri di localizzazioni prodotti con i dati acquisiti dalla sola RSN (in verde), dalla RSN integrata con le reti sismiche temporanee in *real-time* (in azzurro) e integrata con tutte le stazioni temporanee Re.Mo. (in arancione). I *dataset* messi a confronto relativi al primo mese di emergenza sismica, sono costituiti da 2390 eventi localizzati con lo stesso modello di velocità in uso presso la sala di sorveglianza sismica di Roma. Nel dettaglio sono confrontati i valori di rms e gli errori verticali ed orizzontali nelle localizzazioni. **Figure 11a** Histograms showing the quality of hypocentral determinations in terms of RMS, GAP, ECC, locating the same dataset with different subsets of seismic stations: RSN data (green), RSN and temporary seismic networks transmitted in real-time data (in blue); RSN and real-time temporary stations and Re.Mo. (in orange). The earthquake dataset (2390 events) has been recorded in the first month, after the occurrence of the mainshock. To compute the hypocentral determinations we adopted the same velocity model used to locate the Italian seismicity for surveillance purpose.



**Figura 11b** Nel dettaglio sono confrontati i valori di residui sulle fasi P ed S, il numero delle fasi totale e i gap azimutali.  
**Figure 11a** The same as Figure 11a but for P and S residuals, number of phases and azimuthal gap.



**Figura 12** Dall'alto verso il basso, sono mostrate le distribuzioni delle localizzazioni prodotte con il modello di velocità della sala di sorveglianza sismica, con 3 diversi subset di stazioni sismiche: sola RSN, RSN con stazioni temporanee telemetrate e RSN con stazioni temporanee telemetrate e Re.Mo. Per ogni dataset, sono mostrate le relative stazioni utilizzate; per la loro simbologgiatura vedi la Figura 7.

**Figure 12** Maps of epicentral locations determined using the three different subsets of stations: RSN (top), RSN and telemetered (middle); RSN and temporary stations (bottom). We plot in each map the stations used to locate the seismicity (for symbols, see Figure 7).



**Figura 13** In alto, una panoramica della stanza che il COES ha condiviso con la Reluis e con il gruppo di “Divulgazione Terremoto” del DPC. In basso a sinistra, personale INGV in turno al COES, mentre a destra, la postazione con il sistema di acquisizione utilizzato nella sala di sorveglianza sismica dell’INGV.

**Figure 13** The top picture shows an overview of the room hosting the COES in sharing with Reluis and the "Disclosure Earthquake" teams of the DPC. Bottom, left INGV people during the COES shift, and to the right, the location with the acquisition system used seismic monitoring room in Rome.

Ringraziamo tutti i colleghi del coordinamento Sismiko di Arezzo, Catania, Gibilmanna, L'Aquila e Napoli che hanno prontamente dato la disponibilità ad intervenire in Emilia e sono rimasti sempre a disposizione per eventuali nuove installazioni sia in area epicentrale che in zona Pollino interessata da diversi mesi da una minore sequenza sismica e colpita il 28 maggio da un evento di  $M_L = 4.3$ .

Ringraziamo per la collaborazione: l'OGS, in particolare Enrico Priolo, Marco Romanelli e Carla Barnaba, il DPC (contatto: Dott.ssa Elisa Zambonelli), l'Università di Ferrara e i colleghi francesi dell'IPG di Strasbourg, dell'IPGS, di CEREGE, dell'IPG Paris, Géosciences Azur (contatto Dott.ssa Anne Deschamps). L'implementazione delle stazioni francesi è stato sostenuto dal *National Institute for earth sciences and astronomy* (INSU).

Le attività di sviluppo e la realizzazione dell'infrastruttura sono stati supportati dal Dipartimento di Protezione Civile Nazionale.

## Bibliografia

- Abruzzese L., De Luca G., Cattaneo M., Cecere G., Cardinale V., Castagnozzi A., D'Ambrosio C., Delladio A., Demartin M., Falco L., Franceschi D., Govoni A., Memmolo A., Migliari F., Minichiello F., Moretti M., Moschillo R., Pignone M., Selvaggi G., Zarrilli L., (2011). *La Rete sismica Mobile in telemetrata satellitare (Re.Mo.Tel.)*. Rapporti Tecnici INGV, 177, 28 pp.
- Amato A. and Mele F. M., (2008). *Performance of the INGV National Seismic Network from 1997 to 2007*. *Annals of Geophysics*, 51, 2/3, pp. 417-431.
- Augliera P., Massa M., D'Alema E., Marzorati S., (2011). *RAIS: a real time strong-motion network in northern Italy*. *Annals of Geophysics*, 54, 1, 23-34, doi: 10.4401/ag-4855.
- Bordoni P., Azzara R., Cara F., Cogliano R., Cultrera G., Di Giulio G., Fodarella A., Milana G., Pucillo S., Riccio

- G., Rovelli A., Augliera P., Luzi L., Lovati S., Massa M., Pacor F., Puglia R., Ameri G., (2012). *Site effects in epicentral area of the 2012 Emilia seismic sequence from EMERSITO, the rapid response network for seismic effect studies.* "The Emilia (northern Italy) seismic sequence of May-June, 2012: preliminary data and results" edited by Marco Anzidei, Alessandra Maramai and Paola Montone, vol. 55, n. 4, 2012; pp. 599-607, 10.4401/ag-6153.
- D'Alema E., Cattaneo M., Frapiccini M., Marzorati S., Monachesi G., Ferretti M., (2011). *Rete Sismometrica Marchigiana e sua integrazione con la RSN e Rete AVT.* In: Cattaneo M. e Moretti M., eds. Riassunti estesi I° Workshop Tecnico "Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico" Roma 20 | 21 dicembre 2010, Miscellanea INGV, 10, pp. 19-21.
- Delladio A., (2011). *Monitoraggio sismico del territorio nazionale.* In: Cattaneo M. e Moretti M., eds. Riassunti estesi I° Workshop Tecnico "Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico" Roma 20 | 21 dicembre 2010. Miscellanea INGV, 10, pp. 11-16.
- EMERGEIO working group, (2012). *Rilievi geologici di terreno effettuati nell'area epicentrale della sequenza sismica della Pianura Padana Emiliana del maggio-giugno 2012. Rapporto Preliminare del 04/06/2012.* <http://emergeio.ingv.it/images/emergeio/Emergeio04062012.pdf>.
- Govoni A., Abruzzese L., Amato A., Basili A., Cattaneo M., Chiarabba C., Delladio A., Monachesi G., Moretti M., Selvaggi G., Boschi E., (2008). *Sequenze sismiche: La nuova struttura di Pronto Intervento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.* 27° Convegno Nazionale GNGTS - Trieste 6-8 ottobre 2008.
- Gruppo di Lavoro MPS, (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Locati M., Camassi R. e Stucchi M., a cura di, (2011). *DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano.* Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.
- Marzorati S., Carannante S., Cattaneo M., D'Alema E., Frapiccini M., Ladina C., Monachesi G., (2012a). *Emergenza sismica 2012 in Emilia Romagna: attività sperimentali di supporto alla Rete Sismica Mobile INGV svolte dal personale della sede di Ancona.* Rapporti Tecnici INGV, 236, 42pp.
- Marzorati S., Carannante S., Cattaneo M., D'Alema E., Frapiccini M., Ladina C., Monachesi G. and Spallarossa D., (2012b). *Automated control procedures and first results from the temporary seismic monitoring of the 2012 Emilia Sequence.* "The Emilia (northern Italy) seismic sequence of May-June, 2012: preliminary data and results" edited by Marco Anzidei, Alessandra Maramai and Paola Montone, vol. 55, n. 4, 2012; pp. 575-581, doi: 10.4401/ag-6116.
- Mazza S., Basili A., Bono A., Lauciani V., Mandiello A.G., 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.* "The Emilia (northern Italy) seismic sequence of May-June, 2012: preliminary data and results" edited by Marco Anzidei, Alessandra Maramai and Paola Montone, vol. 55, n. 4, 2012; pp. 541-548, doi: 10.4401/ag-6145.
- Mazza, S., Bono, A., Lauciani, V., Marcocci, C., Mandiello, A., Margheriti, L., Mele, F., Moretti, M., Pintore, S., Quintiliani, M., Scognamiglio, L., Selvaggi, G., (2011). *L'archiviazione e la distribuzione dei dati sismologici del CNT e l'integrazione dei dati della RSM.* In: Cattaneo M. e Moretti M., eds. Riassunti estesi I° Workshop Tecnico "Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico" Roma 20 | 21 dicembre 2010. Miscellanea INGV, 10, pp. 131-134.
- Mele F., Basili A., Bono A., Lauciani V., Mandiello A., Marcocci C., Mazza S., Pintore S., Quintiliani M., Scognamiglio L. e Selvaggi G., (2011). *La base di dati ISIDE: stato attuale e possibili sviluppi.* In: Cattaneo M. e Moretti M., eds. Riassunti estesi I° Workshop Tecnico "Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico" Roma 20 | 21 dicembre 2010. Miscellanea INGV, 10, pp. 128-130.
- Mele F., Castello B., Marchetti A., Marcocci C., Moro R., (2007). *ISIDE, Italian Seismological Instrumental and parametric Databases: una pagina web per interrogare il Bollettino Sismico Italiano.* 26° Convegno Nazionale GNGTS, 13-15 novembre, Roma.
- Moretti M., A. Govoni, C. Nostro, F. La Longa, M. Crescimbene, M. Pignone, G. Selvaggi and COES Working Group, (2009). *The new emergency structure of the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia during the L'Aquila 2009 seismic sequence: the contribution of the COES (Seismological Emergency Operation Center - Centro Operativo Emergenza Sismica).* AGU Fall Meeting, 14-18 December, San Francisco, California, USA.
- Moretti M., Govoni A., Basili A., Amato A., Doumaz F., Vinci S., Selvaggi G., (2010a). *Progettazione e realizzazione del Centro Operativa Emergenza Sismica (COES).* Rapporti Tecnici INGV, 172, 19 pp.
- Moretti M., Govoni A., Colasanti G., Silvestri M., Giandomenico E., Silvestri S., Criscuoli F., Giovani

- L., Basili A., Chiarabba C., Delladio A., (2010b). *La Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti*. Rapporti Tecnici INGV, 137, 61 pp.
- Moretti M. e Govoni A., (2011). *La Rete Sismica Mobile del CNT e la Co.Re.Mo*. In: Cattaneo M. e Moretti M., eds. Riassunti estesi I° Workshop Tecnico "Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico" Roma 20 | 21 dicembre 2010. Miscellanea INGV, 10, pp. 51-54.
- Moretti M., Nostro C., Govoni A., Pignone M., La Longa F., Crescimbene M., Selvaggi G., (2011). *L'intervento del Centro Operativo Emergenza Sismica in occasione del terremoto del 2009 a L'Aquila*. Quaderni di Geofisica INGV, 92, 29 pp.
- Moretti M., Cattaneo M, Pondrelli S., Margheriti L., Govoni A., Nostro C., Camassi R., Selvaggi G. "Santa Sofia" Team, (2013). *Pianificazione e preparazione dell'emergenza. L'esercitazione a Santa Sofia (FC) – 26-30 settembre 2011: un esempio di gestione di una crisi sismica*. Quaderni di Geofisica INGV, 108, 27 pp.
- Moretti M. e Pondrelli S., (2013). *Terremoto in Emilia Romagna (2012). Le attività del Centro Operativo Emergenza Sismica*. Rapporti Tecnici INGV, 249, 38 pp.
- Nostro C., Camassi R., Moretti M., La Longa F., Crescimbene M., Govoni A., Pignone M., Selvaggi G., (2010). *Is it possible to attenuate some "post-seismic vibrations" among the public? Experience from the Mw 6,3 L'Aquila earthquake*. ESC 2010, Montpellier, 6 -10 settembre 2010.
- Rovida A., Camassi R., Gasperini P. e Stucchi M., a cura di, (2011). *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>.



# allegato A

**le stazioni sismiche INGV:  
mappe e tabelle**



SIGLA	LOCALITÀ	LAT	LON	ELE	IN (UTC)
T0800	Massa Finalese, Finale Emilia (MO)	44.848600	11.247900	9	21/05/2012 18.30
T0802	San Felice sul Panaro (MO)	44.875000	11.181600	9	21/05/2012
T0803	Dosso, Cento (FE)	44.766800	11.350780	10	21/05/2012
T0805	Bondeno (FE)	44.918724	11.322612	5	21/05/2012
T0811	Loc. Palata Pepoli, Crevalcore (BO)	44.783768	11.226468	10	20/05/2012 17:20
T0812	Loc Stoppiaro, Poggio Rusco (MN)	44.954678	11.180956	7	20/05/2012 14.12
T0813	Loc. Massa Finalese, Finale Emilia (MO)	44.877766	11.199186	1	20/05/2012 13.10
T0814	Loc. Cortile, Carpi (MO)	44.793297	10.969215	16	20/05/2012 14.00
T0815	Correggio (RE)	44.873112	11.719825	2	22/05/2012 09.30
T0816	San Bartolomeo in Bosco (FE)	44.720657	11.597592	1	21/05/2012 14.30
T0817	Loc. Veratica, Salara (RO)	44.991627	11.455909	0	21/05/2012 16.50
T0818	Loc. Fossa, Concordia sulla Secchia (MO)	44.934845	11.030367	5	21/05/2012 12.35
T0819	Novi di Modena (MO)	44.887300	10.898700	19	20/05/2012
T0820	Chiesuol del Fosso (FE)	44.791200	11.573200	8	20/05/2012
T0821	Loc. Casaglia, Ferrara (FE)	44.903500	11.540500	3	20/05/2012
T0822	Casumaro Bondeno (FE)	44.832820	11.345500	7	20/05/2012
T0823	Castello D'Argile (BO)	44.686180	11.277115	14	26/05/2012 17.45 UTC
T0824	Loc. Limidi di Soliera, Soliera (MO)	44.759354	10.927588	72	27/05/2012 09.40 UTC
T0825	Srd Comunale Curzia 4, Gonzaga (MN)	44.972970	10.846910	7	29/05/12
T0826	Loc. Ca' de Frati, Rio Saliceto (RE)	44.839430	10.811330	13	29/05/12
T0827	Moglia (MN)	44.937672	10.931877	11	30/05/12
T0828	Loc. Fossoli, Carpi (MO)	44.830788	10.914310	13	30/05/12

**Tabella A1.** Elenco delle stazioni temporanee installate durante l'emergenza in Emilia. Sono riportate le coordinate e la data di attivazione delle stazioni. In viola le stazioni in trasmissione satellitare della Re.Mo.Tel. – sede Irpinia [Abruzzese et al., 2011], in grigio in acquisizione locale della Re.Mo. – sede di Roma [Moretti et al., 2010b], in arancione e verde in trasmissione UMTS, rispettivamente delle sedi di Milano ed Ancona. In totale 22 stazioni di cui 10 in *real-time*. La T0822 ha contribuito alle localizzazioni effettuate presso la sala di sorveglianza sismica INGV di Roma sin dalle 13.00 UTC del 20 maggio. La T0821 il giorno 23 maggio alle 13.10 UTC è stata trasformata da acquisizione locale in trasmissione UMTS. La strumentazione utilizzata in ogni sito, è riportata in Tabella A2.

**Table A1.** List of temporary seismic stations installed to study the Emilia aftershock sequence. For each station we report station name, coordinates, activation and removal dates. The color indicates the type of data acquisition/transmission system: purple data real-time transmitted via satellite transmission (Re.Mo.Tel. [Abruzzese et al., 2011]); gray data recorded stand-alone (Re.Mo. [Moretti et al., 2010b]); orange data real-time transmitted via UMTS to the Milan section of INGV; green: data real-time transmitted via UMTS to the Ancona section of INGV. Since 20 May 2012 (13:00 UTC), data transmitted by T0822 station has been used, in addition to the permanent INGV station, to improve the seismic locations of the Emilia sequence for surveillance purpose. Since 23 May 2012 (13:10 UTC) the station T0821 was set from stand-alone to real-time transmission (UTMS). The instrumentation deployed in each recording site is given in Table A2.

SIGLA	LOCALITÀ	ACQUISITORE	SENSORE 1	SENSORE 2	GAIN	SPS
T0800	Massa Finalese, Finale Emilia (MO)	Trident	Trillium 120c	EpiSensor	1	100/ 200
T0802	San Felice sul Panaro (MO)	Trident		EpiSensor	1	80
T0803	Dosso, Cento (FE)	Trident		EpiSensor	1	80
T0805	Bondeno (FE)	Trident		EpiSensor	1	80
T0811	Loc. Palata Pepoli, Crevalcore (BO)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0812	Loc Stoppiaro, Poggio Rusco (MN)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0813	Loc. Massa Finalese, Finale Emilia (MO)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0814	Loc. Cortile, Carpi (MO)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0815	Correggio (RE)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0816	San Bartolomeo in Bosco (FE)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0817	Loc. Veratica, Salara (RO)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0818	Loc. Fossa, Concordia sulla Secchia (MO)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0819	Novi di Modena (MO)	Reftek 130-1	LE 3D/5s	EpiSensor	1	100/ 100
T0820	Chiesuol del Fosso (FE)	Reftek 130-1	LE 3D/5s	EpiSensor	1	100/ 100
T0821	Loc. Casaglia, Ferrara (FE)	Reftek 130-1	LE 3D/5s	EpiSensor	1	100/ 100
T0822	Casumaro Bondeno (FE)	Gaia 2	LE 3Dlite 1s	-----	1	100
T0823	Castello D'Argile (BO)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0824	Loc. Limidi di Soliera, Soliera (MO)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0825	Srd Comunale Curzia 4, Gonzaga (MN)	Gaia 2	LE 3D/5s	-----	1	100
T0826	Loc. Ca' de Frati, Rio Saliceto (RE)	Gaia 2	EpiSensor	-----	1	200
T0827	Moglia (MN)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125
T0828	Loc. Fossoli, Carpi (MO)	Reftek 130-1	LE 3Dlite 1s	EpiSensor	1	125/ 125

**Tabella A2.** Strumentazione utilizzata per le stazioni temporanee e loro parametri strumentali. Per i colori: vedi Tabella A1.

**Table A2.** Instrumentation used for the temporary stations and their instrumental parameters. For colors, see Table A1.

SIGLA	LOCALITÀ	LAT	LON	ELE	IN (UTC)
MIR01	Medolla (MO)	44.844038	11.071097	20	24/05/12
MIR02	Mirandola (MO) - MRN ran	44.886968	11.073191	16	22/05/12
MIR03	Quarantoli, Mirandola (MO)	44.938401	11.104550	10	23/05/12
MIR04	Gavello, Mirandola (RO)	44.927463	11.178325	10	24/05/12
MIR05	Poggio Rusco (MN)	44.980808	11.107172	16	23/05/12
MIR06	Pieve di Coriano (MN)	45.040113	11.087507	13	23/05/12
MIR07	Ostiglia (MN)	45.081006	11.130050	13	23/05/12
MIR08	Quarantoli, Mirandola (MO)	44.916868	11.089485	17	24/05/12
CAS01	Occhiobello (RO)	44.929280	11.577100	5	23/05/2012 con EpiSensor dal 30/05
CAS02	Loc. Ca' Pontoni, Vigarano Mainarda (FE)	44.836032	11.483373	12	23/05/12
CAS03	Settepolesini, Bondeno (FE)	44.899740	11.465930	4	23/05/2012 con EpiSensor dal 30/05
CAS04	Ca' Pontoni, Vigarano Mainarda (FE)	44.880535	11.526858	10	23/05/12
CAS05	San Carlo, Sant'Agostino (FE)	44.802222	11.409715	8	24/05/12
CAS06	Madonna dei Boschi, Poggio Renatico (FE)	44.820308	11.491826	9	24/05/12
CAS07	Sant'Agostino (FE)	44.792920	11.367070	11	22/05/2012 con EpiSensor dal 29/05
CAS08	Poggio Renatico (FE)	44.772600	11.432190	13	22/05/2012 con EpeSensor dal 29/05
SCA01	Centro, San Carlo (FE)	44.803500	11.407000	14	30/05/12
SCA02	Via Riolo, San Carlo (FE)	44,799750	11443390	11	30/05/12
SCA03	Contrada San Carlo, San Carlo (FE)	44.802970	11.427590	11	31/05/12
SCA04	Loc. Casumaro, Via Gazzinella 8, San Carlo (FE)	44.823979	11.366673	11	31/05/12
SCA05	Loc. 4 Torri, Via dei Frutteti 72, San Carlo (FE)	44.809700	11.391680	9	09/06/12
SCA06	Loc. 4 Torri, Via Quattro Torri, San Carlo (FE)	44.812050	11.375010	7	09/06/12

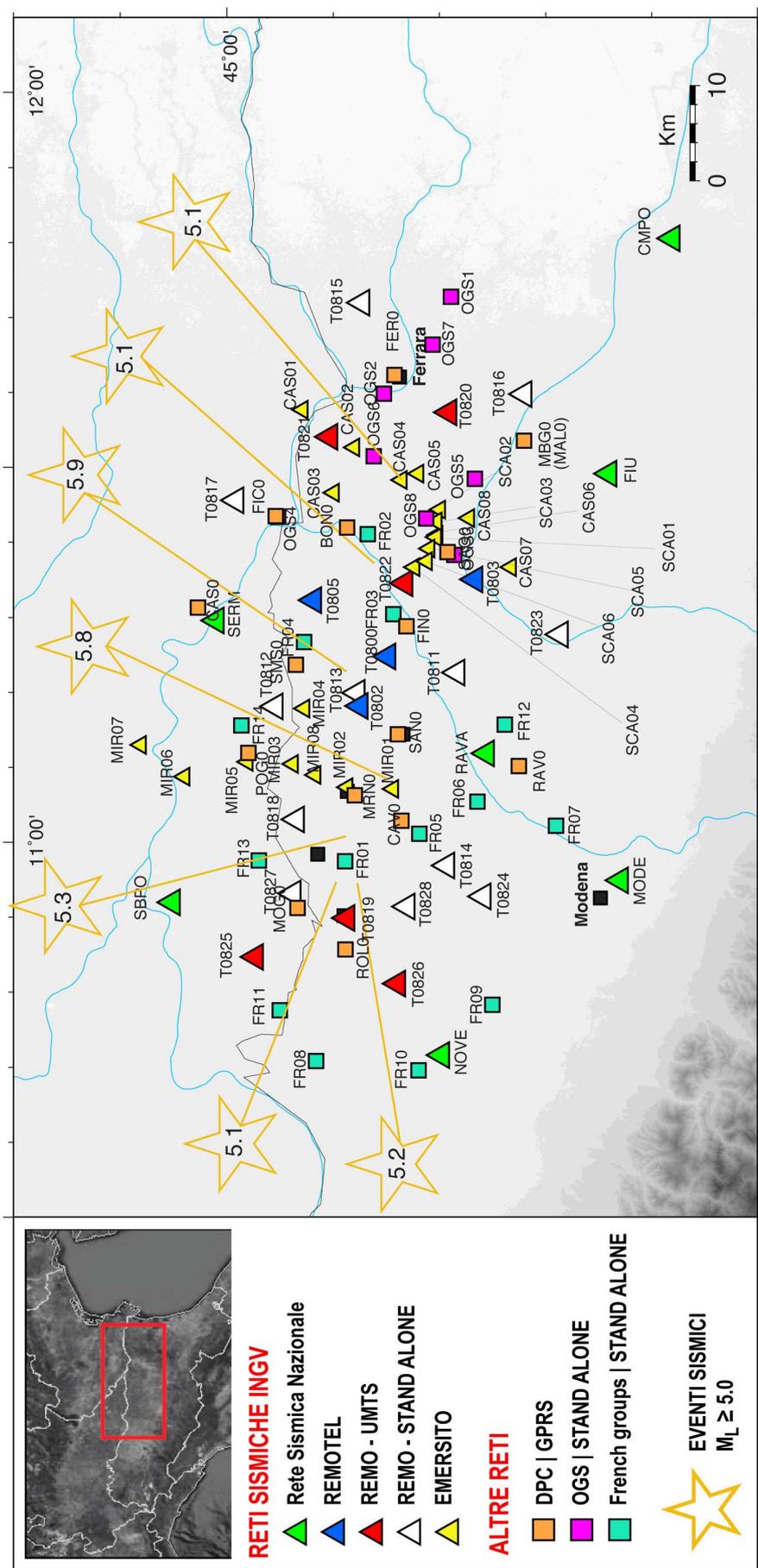
**Tabella A3.** Elenco delle stazioni temporanee installate durante l'emergenza in Emilia dal gruppo di EMERSITO [Bordoni et al., 2012]. Sono riportate le coordinate e la data di attivazione delle stazioni. In marrone le stazioni lungo il transetto MIR a ovest nella zona di Mirandola, da Ostiglia a Medolla, in azzurro il transetto CAS, da Occhiobello (RO) a Sant'Agostino (MO), in rosa il transetto SCA installato dopo i forti eventi del 29 maggio nel Comune di San Carlo. La strumentazione utilizzata in ogni sito, è riportata in Tabella A4.

**Table A3.** List of temporary stations installed in Emilia from EMERSITO [Bordoni et al., 2012]. For each station we report station name, coordinates, activation and removal dates. The color indicates the type of data acquisition/transmission system: brown stations deployed along the west transept MIR in Mirandola, from Ostiglia in Medolla; in the transept blue CAS, from Occhiobello (RO) in St. Augustine (MO); in the transept rose SCA installed after strong events May 29 in the town of San Carlo. The instrumentation used at each site is given in Table A4.

SIGLA	LOCALITÀ	ACQUISITORE	SENSORE 1	SENSORE 2	GAIN	SPS
MIR01	Medolla (MO)	Quanterra Q330	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
MIR02	Mirandola (MO) - MRN ran	Quanterra Q330	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
MIR03	Quarantoli, Mirandola (MO)	Quanterra Q330	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
MIR04	Gavello, Mirandola (RO)	Quanterra Q330	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
MIR05	Poggio Rusco (MN)	Quanterra Q330	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
MIR06	Pieve di Coriano (MN)	Quanterra Q330	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
MIR07	Ostiglia (MN)	Quanterra Q330	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
MIR08	Quarantoli, Mirandola (MO)	Quanterra Q330	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
CAS01	Occhiobello (RO)	Reftek 72A Reftek 130-1 dal 30/05	Le 3D/5s	EpiSensor dal 30/05	1	100/200
CAS02	Loc. Ca' Pontoni, Vigarano Mainarda (FE)	Reftek 130-1	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
CAS03	Settepolesini, Bondeno (FE)	Reftek 72A Reftek 130-1 dal 30/05	Le 3D/5s	EpiSensor dal 30/05	1	100/200
CAS04	Ca' Pontoni, Vigarano Mainarda (FE)	Reftek 130-1	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
CAS05	San Carlo, Sant'Agostino (FE)	Reftek 130-1	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
CAS06	Madonna dei Boschi, Poggio Renatico (FE)	Reftek 130-1	Le 3D/5s	EpiSensor	1	100/200
CAS07	Sant'Agostino (FE)	Reftek 72A Reftek 130-1 dal 29/05	Le 3D/5s	EpiSensor dal 29/05	1	100/200
CAS08	Poggio Renatico (FE)	Reftek 72A Reftek 130-1 dal 29/05	Le 3D/5s	EpiSensor dal 29/05	1	100/200
SCA01	Centro, San Carlo (FE)	Reftek 72A	Le 3D/5s		1	100
SCA02	Via Riolo, San Carlo (FE)	Reftek 72A	Le 3D/5s		1	100
SCA03	Contrada San Carlo, San Carlo (FE)	Reftek 72A	Le 3D/5s		1	100
SCA04	Loc. Casumaro, Via Gazzinella 8, San Carlo (FE)	Reftek 72A	Le 3D/5s		1	100
SCA05	Loc. 4 Torri, Via dei Frutteti 72, San Carlo (FE)	Reftek 72A	Le 3D/5s		1	100
SCA06	Loc. 4 Torri, Via Quattro Torri, San Carlo (FE)	Reftek 72A	Le 3D/5s		1	100

**Tabella A4.** Strumentazione utilizzata per le stazioni temporanee di EMERSITO. Per i colori: vedi Tabella A3.

**Table A4.** Instrumentation used for the temporary stations of EMERSITO. For colors, see Table A3.



**Figura A1.** Mappa delle reti sismiche temporanee installate ad integrazione delle stazioni della RSN (triangoli verdi) presenti in area epicentrale. Le stelle arancioni mostrano gli epicentri degli eventi di  $M_L \geq 5.0$ . Dal 30 maggio 2012<sup>20</sup> la stazione MAL0 sostituisce MBG0 (il quadrato arancione a sud-est).

**Figure A1.** Map of the temporary seismic network installed in addition to the RSN permanent stations (green triangles). The orange stars are the epicenters of events with  $M_L \geq 5.0$ . From May 30, 2012 MAL0 replaces MBG0 (the orange square in the south-east).

<sup>20</sup> report scaricabile: [http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/report\\_DPC\\_2\\_Emilια\\_EQSBis.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/report_DPC_2_Emilια_EQSBis.pdf)



# allegato B

**esempio di report  
prodotto dal COES:  
aggiornamento quotidiano  
sulla sequenza sismica**





**Istituto Nazionale di  
Geofisica e Vulcanologia**

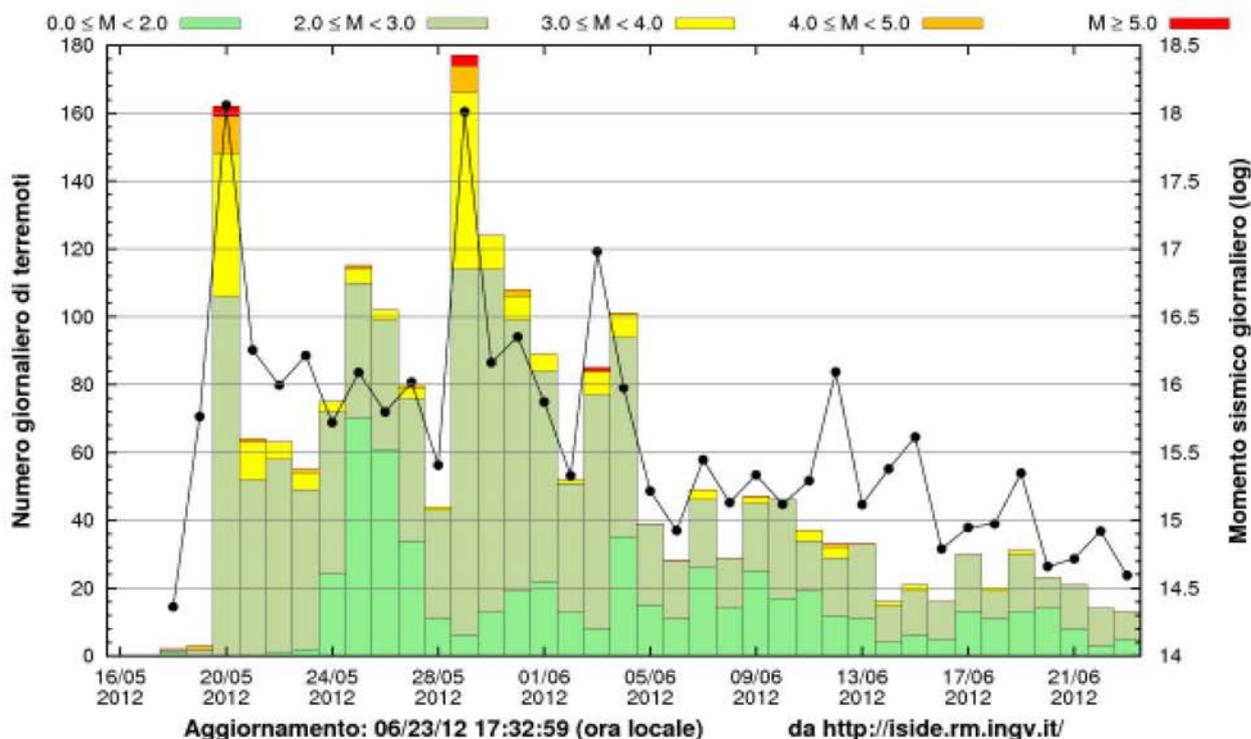
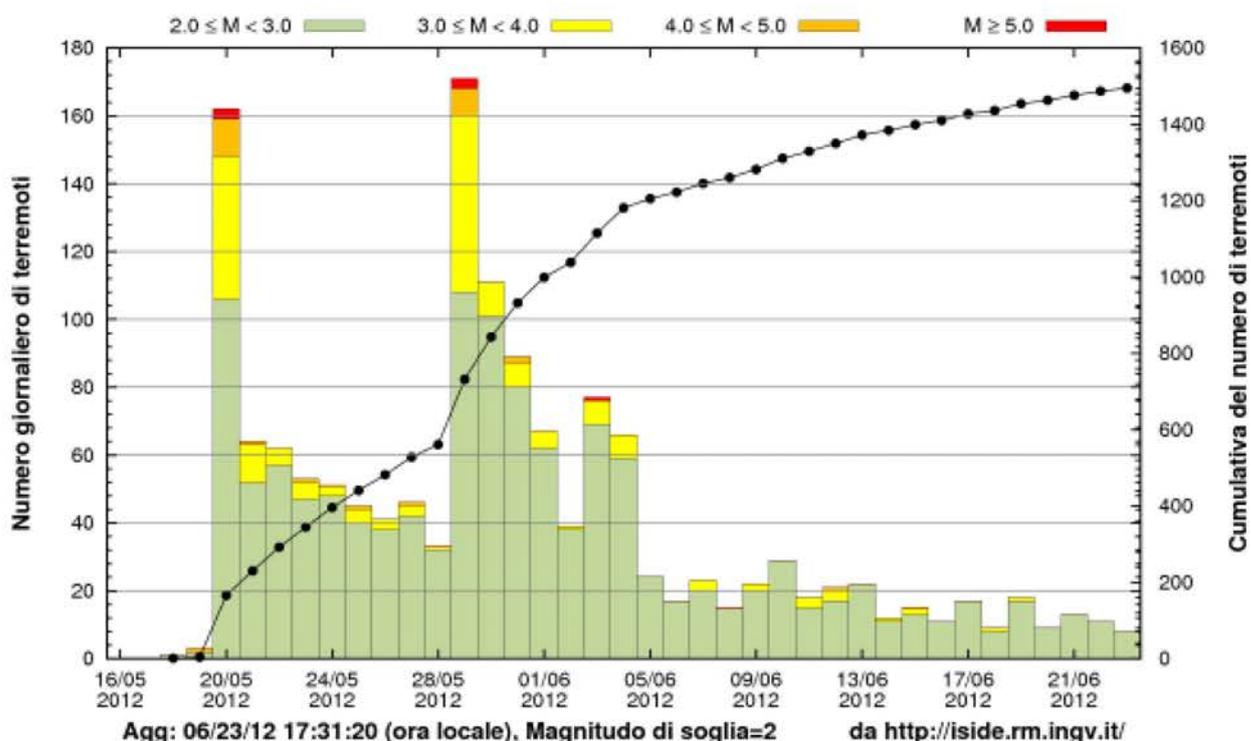
## **TERREMOTO IN EMILIA**

### **Aggiornamento del 23/06/2012 ore 15:30 UTC**

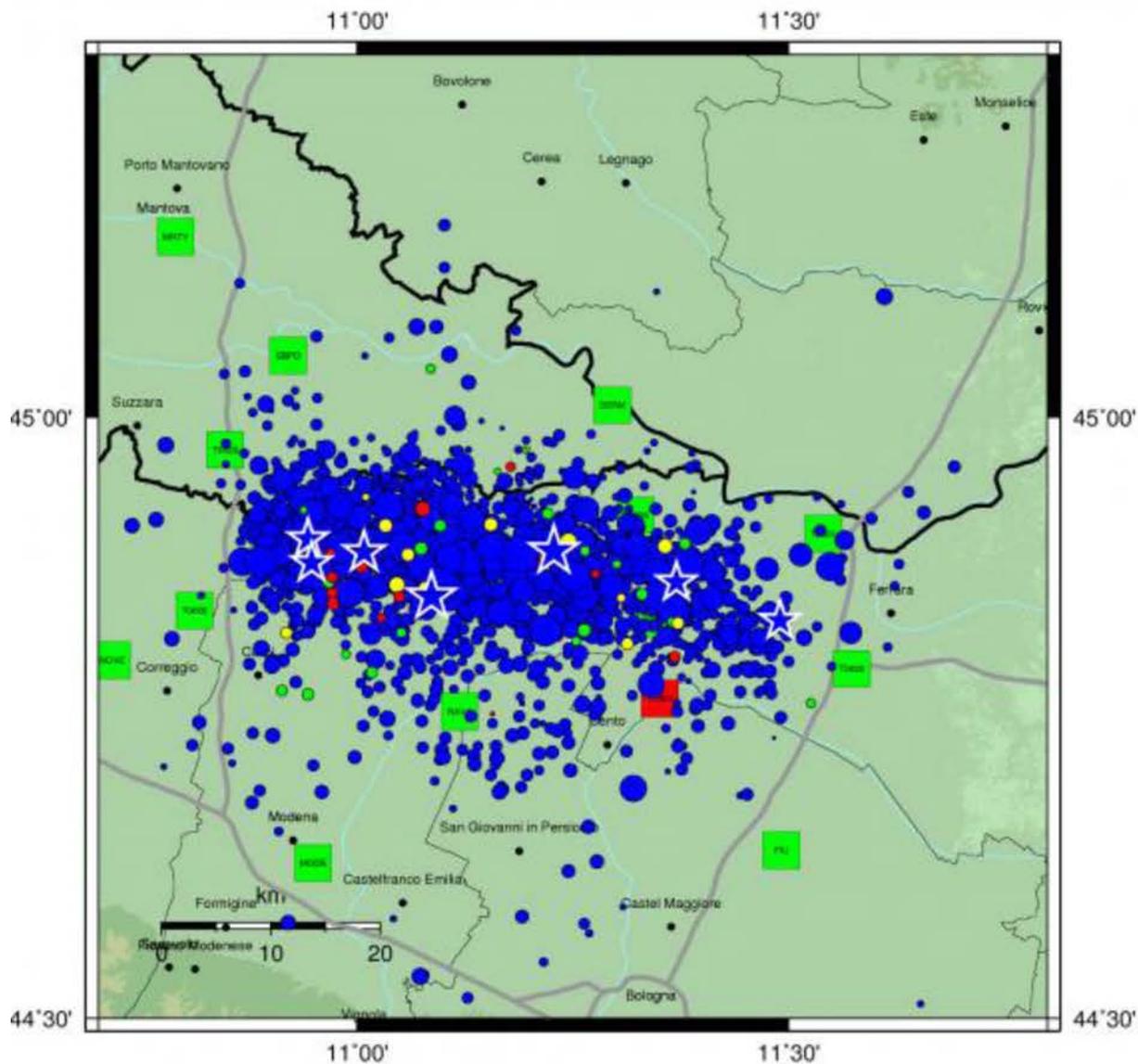
Nella giornata (dalle 00:00 UTC) ci sono stati N° 13 eventi con magnitudo  $M_L < 3.0$ , tra i quali un  $M_L=2.6$  verificatosi alle 05:59 (UTC) in prossimità dei comuni di Mirandola (MO), San Giovanni del Dosso e San Giacomo delle Segnate (MN).

Dopo l'aggiornamento automatico non si è verificato alcun altro evento.

### NUMERO GIORNALIERO DEI TERREMOTI DAL 16 MAGGIO 2012



### MAPPA EPICENTRALE DELLA SEQUENZA SISMICA DAL 16 MAGGIO



Aggiornata al 2012-06-23, 15:30:01 UTC, numero di eventi 2047

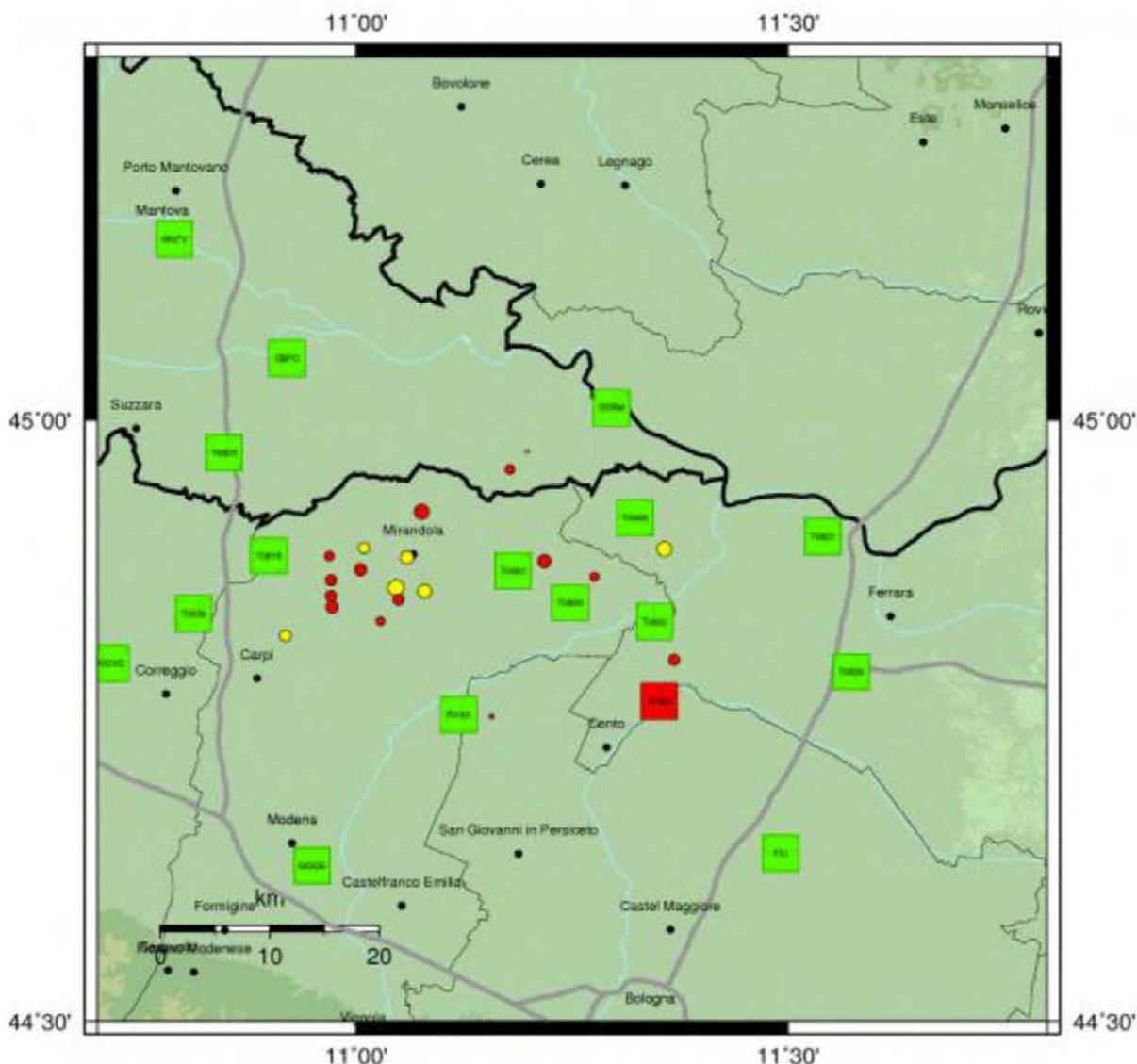
	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	• 13	• 14	• 21	• 1783
3.0 ≤ MI < 4.0	• 0	• 0	• 0	• 182
4.0 ≤ MI < 5.0	• 0	• 0	• 0	• 27
MI ≥ 5.0	★ 0	★ 0	★ 0	★ 7

#### Stato della rete

■ Funzionante    ■ Parzialmente funzionante    ■ Guasta

(<http://iside.rm.ing>)

### MAPPA EPICENTRALE DELLA SISMICITA' DELLE ULTIME 24 ORE



Aggiornata al 2012-06-23, 15:30:01 UTC, numero di eventi 20

	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	• 13	• 7	• 0	• 0
3.0 ≤ MI < 4.0	• 0	• 0	• 0	• 0
4.0 ≤ MI < 5.0	• 0	• 0	• 0	• 0
MI ≥ 5.0	★ 0	★ 0	★ 0	★ 0

#### Stato della rete

■ Funzionante    
 ■ Parzialmente funzionante    
 ■ Guasta

(<http://iside.rm.inqv.it>)

### LISTA DEI TERREMOTI DELLE ULTIME 24 ORE

Tempo Origine (UTC)	Lat.	Lon.	Prof.	Mag.	Zona	Province
2012-06-23 13:26:35	44.754	11.157	7.300	Md 1.2	Pianura_padana_emiliana	MODENA,BOLOGNA
2012-06-23 07:50:19	44.883	11.218	6.500	MI 2.4	Pianura_padana_emiliana	MODENA
2012-06-23 07:35:27	44.801	11.368	14.300	MI 2.1	Pianura_padana_emiliana	MODENA,BOLOGNA,FERRARA
2012-06-23 05:59:08	44.924	11.076	4.800	MI 2.6	Pianura_padana_lombarda	MANTOVA,MODENA
2012-06-23 05:25:47	44.845	10.972	5.400	MI 2.3	Pianura_padana_emiliana	REGGIO EMILIA,MODENA
2012-06-23 05:19:30	44.87	11.276	13.700	MI 1.8	Pianura_padana_emiliana	MODENA
2012-06-23 04:51:19	44.887	10.969	6.100	MI 1.9	Pianura_padana_emiliana	MANTOVA,REGGIO EMILIA,MODENA
2012-06-23 04:25:09	44.959	11.178	8.900	MI 1.9	Pianura_padana_lombarda	MANTOVA
2012-06-23 04:22:33	44.876	11.005	10.600	MI 2.3	Pianura_padana_emiliana	MANTOVA,MODENA
2012-06-23 03:27:00	44.833	11.028	10.000	MI 1.8	Pianura_padana_emiliana	MODENA
2012-06-23 03:08:57	44.854	10.971	10.000	MI 2.1	Pianura_padana_emiliana	REGGIO EMILIA,MODENA
2012-06-23 00:58:14	44.867	10.971	7.600	MI 2.1	Pianura_padana_emiliana	MANTOVA,REGGIO EMILIA,MODENA
2012-06-23 00:09:58	44.851	11.049	5.100	MI 2.1	Pianura_padana_emiliana	MODENA
2012-06-22 21:44:16	44.886	11.059	1.600	MI 2.4	Pianura_padana_emiliana	MANTOVA,MODENA
2012-06-22 21:30:52	44.861	11.046	10.700	MI 2.7	Pianura_padana_emiliana	MODENA
2012-06-22 20:06:38	44.894	11.009	10.000	MI 2.1	Pianura_padana_emiliana	MANTOVA,MODENA
2012-06-22 19:34:50	44.858	11.079	9.200	MI 2.5	Pianura_padana_emiliana	MODENA
2012-06-22 18:50:20	44.974	11.198	6.000	Md 1.1	Pianura_padana_lombarda	MANTOVA,ROVIGO
2012-06-22 16:34:38	44.821	10.918	24.700	MI 2.2	Pianura_padana_emiliana	REGGIO EMILIA,MODENA
2012-06-22 15:30:41	44.893	11.357	5.800	MI 2.6	Pianura_padana_emiliana	MANTOVA,ROVIGO,MODENA,FERRARA
Totale eventi: 20						

Legenda				
0 ≤ M < 2	2 ≤ M < 3	3 ≤ M < 4	4 ≤ M < 5	M ≥ 5



# Indice

<b>Introduzione</b>	5
<b>1. Sismicità storica e classificazione sismica dell'area</b>	5
<b>2. Il terremoto del 20 maggio e la descrizione del primo mese della sequenza sismica</b>	6
<b>3. Il Pronto Intervento Sismico: attivazione e attività</b>	9
3.1 La rete temporanea	11
3.2 EMERSITO: la rete temporanea per lo studio degli effetti di sito	12
3.3 Tempistica dell'intervento	12
3.4 Modifiche della geometria della rete	14
3.5 Archiviazione, gestione e condivisione dei dati acquisiti e le ri-localizzazioni	15
<b>4. Attivazione del Centro Operativo Emergenza Sismica (COES)</b>	17
<b>Note e ringraziamenti</b>	17
<b>Bibliografia</b>	21
<b>Allegato A: Le stazioni sismiche INGV: mappe e tabelle</b>	25
<b>Allegato B: Esempio di report prodotto dal COES: aggiornamento quotidiano sulla sequenza sismica</b>	33

**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**