

IL TERREMOTO E LE FALDE ACQUIFERE, COSA È SUCCESSO

CON IL MONITORAGGIO AUTOMATICO DEI LIVELLI DELLE ACQUE SOTTERRANEE È STATO POSSIBILE QUANTIFICARE GLI EFFETTI SULLE FALDE DELL'EMILIA-ROMAGNA INDOTTI DAGLI EVENTI SISMICI DI MAGGIO-GIUGNO 2012. ARPA EMILIA-ROMAGNA PARTECIPA A UN PROGETTO NAZIONALE SULLA PREVISIONE DEI TERREMOTI.

In concomitanza con la sequenza sismica iniziata con il terremoto del 20 maggio 2012 alle ore 4.04 locali, sono stati osservati numerosi fenomeni che hanno interessato le acque sotterranee e le acque superficiali (su questo argomento v. *box* a pag. 75). In particolare sono stati osservati oltre 700 casi di liquefazione dei terreni (*Annals of Geophysics*, 2012) la cui origine è dovuta alla presenza di sedimenti molto fini in acquiferi di bassa profondità, saturi in acqua e localmente confinati da lenti argillose. Si tratta di zone nelle quali in passato vi erano alvei fluviali (paleo-alvei) oggi sepolti con sedimenti più fini e recenti.

A pochi giorni dalla prima scossa sismica sono stati misurati manualmente i livelli delle falde in alcuni pozzi della rete di monitoraggio regionale, e valori anomali (livelli più alti della serie storica di misure) sono stati riscontrati nella zona di San Carlo, in comune di S. Agostino (Fe), dove il fenomeno della liquefazione è stato particolarmente accentuato.

Una quantificazione più precisa degli effetti sui livelli delle falde a seguito degli eventi sismici è stata possibile elaborando i dati di monitoraggio automatico dei livelli delle falde. Arpa Emilia-Romagna

effettua il monitoraggio dei livelli delle acque sotterranee su circa 600 stazioni in manuale e su 40 stazioni in automatico, con centraline in grado di acquisire i dati di livello, temperatura e in alcuni casi anche conducibilità elettrica con una frequenza oraria e di trasmettere in automatico le informazioni al centro di acquisizione dati.

Delle 40 centraline ne sono state selezionate 5, quelle più significative nella zona di interesse, 3 delle quali più prossime all'area colpita dagli eventi sismici. Si tratta di stazioni in acquiferi confinati, ubicate a Bondeno (FE80-00 e FE81-00), Mirandola (MO80-00), e quelle relativamente più lontane a Camposanto sul Panaro (MO43-01) e Castello d'Argile (BOF9-00).

In *figura 1* sono ubicate le 5 stazioni automatiche di monitoraggio rispetto ai corpi idrici sotterranee (Regione Emilia-Romagna, 2010); sono stati inoltre ubicati gli epicentri degli eventi sismici aventi magnitudo maggiore di 4.5, in totale 13, dal 15 maggio al 15 giugno 2012, numerati in ordine cronologico a partire dal primo evento di magnitudo 5.9 avvenuto il 20 maggio.

Nel *box* di pag. 74 si riportano, per

ciascuna delle 5 stazioni di monitoraggio, i dati orari di soggiacenza della falda (profondità del livello dell'acqua rispetto al piano campagna), di temperatura, di conducibilità elettrica dove presente. Sono stati riportati inoltre gli eventi sismici con la relativa intensità.

Dall'analisi dei dati risulta evidente l'innalzamento delle falde subito dopo gli eventi sismici principali del 20 e del 29 maggio, la cui intensità è variabile a seconda della distanza dagli ipocentri dei due sismi principali che sono avvenuti a profondità molto diverse: il primo (20 maggio) a 6.3km e il secondo (29 maggio) a 10.2km. Va osservato che l'epicentro del primo evento sismico principale (evento 1) si trova circa equidistante tra le stazioni di monitoraggio di Bondeno (FE80-00 e FE81-00) e la stazione di Mirandola (MO80-00), mentre quello del secondo evento sismico principale (evento 7) è molto vicino alla stazione di Mirandola (MO80-00).

I dati evidenziano che immediatamente dopo l'evento sismico del 20 maggio si

1 Terreni interessati dal fenomeno della liquefazione delle sabbie a seguito del sisma.

è verificato un aumento del livello delle falde di circa 1.60 m a Mirandola, 0.60 m a Terzana di Bondeno e 0.20 m a Pilastrini di Bondeno. Le stazioni di monitoraggio collocate più lontane (MO43-01 e BOF9-00) non presentano un aumento immediato del livello delle falde. In generale le anomalie di livello osservate in occasione dei terremoti possono essere di tipo positivo (innalzamento del livello dell'acqua come nel caso osservato in Emilia-Romagna) e negativo (abbassamento del livello dell'acqua). Ciò dipende rispettivamente dal fatto che in ogni terremoto esistono acquiferi ospitati in aree soggette a compressione e acquiferi ospitati in aree soggette a dilatazione. La dimensione dell'anomalia riscontrabile è generalmente correlabile alla distanza dall'ipocentro del terremoto e alle caratteristiche dell'acquifero ed è generata da un fenomeno noto come consolidamento non drenato (Wang e Manga, 2012).



FOTO: REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Non sono state registrate variazioni significative di temperatura, né prima né dopo gli eventi sismici. I media hanno riportato che le acque di svariati pozzi, di carattere freatico, sono improvvisamente diventate calde oltre i 30°C, inducendo a ritenere che questo fenomeno fosse connesso alla risalita di acque calde dalle profondità per effetto dei terremoti. I numerosi interventi di verifica effettuati sul campo da diversi enti di controllo hanno permesso di appurare che il fenomeno è indotto da malfunzionamenti delle

pompe provocati dalla presenza di sabbia in pozzo, risospesa a seguito degli eventi sismici. Fenomeni di questo tipo accadono spesso nella gestione dei pozzi indipendentemente dai fenomeni sismici. Il malfunzionamento delle pompe per il prelievo dell'acqua dai pozzi ha pertanto provocato il riscaldamento artificiale dell'acqua; si è quindi trattato di fenomeni non direttamente connessi con gli eventi sismici e tanto meno di risalita in superficie di acque calde profonde. In pozzi profondi monitorati nella

zona sono state riscontrate anomalie di carattere geochimico. Il contributo dei tecnici di Arpa su questi argomenti è descritto in *Annals of Geophysics* (2012) in tre articoli relativi alle anomalie di carattere geochimico nei fluidi profondi della zona, alle variazioni di livello riscontrate in pozzi della rete di controllo – riassunte in questo articolo – e alla evidenziazione di faglie.

L'analisi di tutti i dati registrati da ulteriori strumenti e raccolti da vari enti o

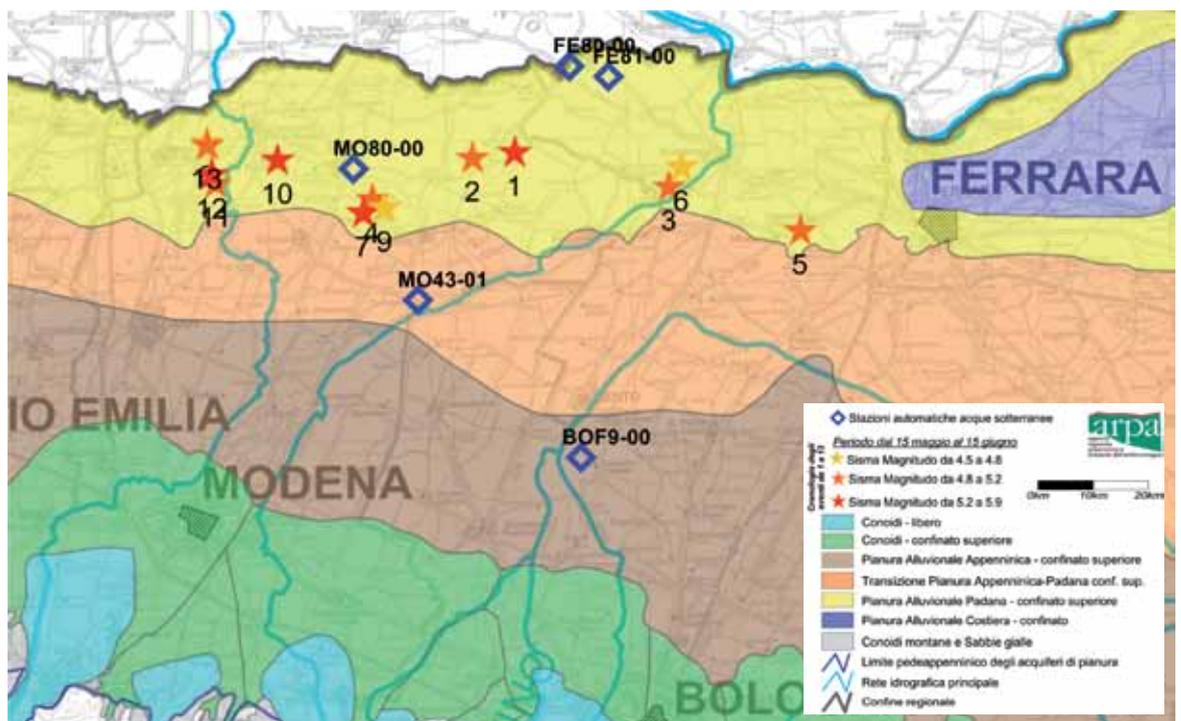


FIG. 1
EVENTI SISMICI E
MONITORAGGIO
DELLA PIEZOMETRIA

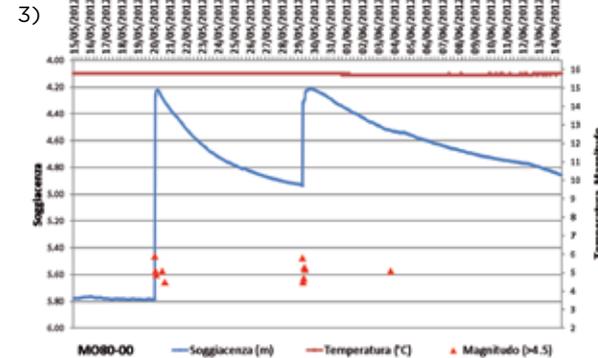
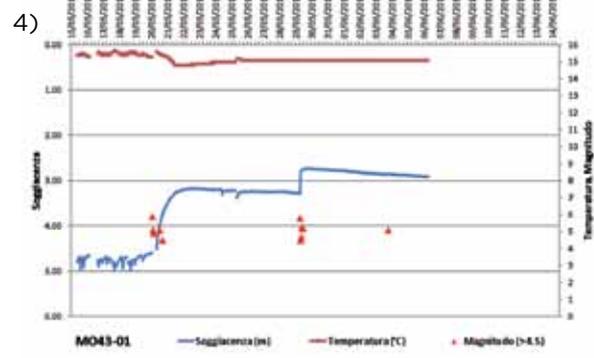
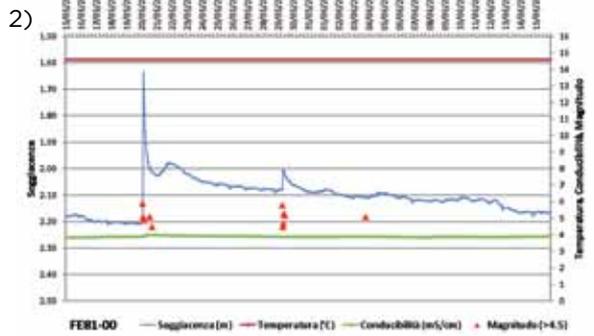
Ubicazione stazioni automatiche di monitoraggio della piezometria, epicentri dei principali eventi sismici e delimitazione corpi idrici sotterranei (dati magnitudo fonte Ingv).

TERREMOTO E ACQUE DI BALDA

DATI RELATIVI ALLE FALDE ACQUIFERE

Dati acquisiti dalle diverse stazioni automatiche di monitoraggio della piezometria dei corpi idrici sotterranei: per ciascuna delle 5 stazioni, sono riportati i dati orari di soggiacenza della falda (profondità del livello dell'acqua rispetto al piano campagna), di temperatura, di conducibilità elettrica dove presente. Sono stati riportati inoltre gli eventi sismici di magnitudo maggiore di 4.5.

- 1) Bondeno, stazione FE 80-00
- 2) Bondeno, stazione FE 81-00
- 3) Mirandola, stazione MO 80-00
- 4) Camposanto sul Panaro, stazione MO 43-01
- 5) Castello d'Argile, stazione BO F9-00



da operatori privati nella zona epicentrale potrà permettere una descrizione più dettagliata dei fenomeni osservati. Arpa Emilia-Romagna ha recentemente deliberato la propria partecipazione al progetto S3 sulla "Previsione dei terremoti in Italia" promosso dal Dipartimento della Protezione civile in collaborazione con l'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia e con altre istituzioni scientifiche. L'Unità di ricerca che studia il comportamento dei fluidi profondi è coordinata da Arpa Emilia-Romagna e il progetto prevede, tra l'altro, la raccolta

dei dati relativi ai livelli delle acque sotterranee e alla loro composizione chimica per il periodo di esistenza della serie storica e la raccolta dei dati relativi ai fenomeni che hanno interessato le fasi fluide in occasione degli eventi sismici. In questa occasione potranno essere sistematizzati i dati rilevati anche da Arpa Emilia-Romagna o da altri soggetti sulle acque sotterranee e superficiali.

Marco Marcaccio, Giovanni Martinelli
Arpa Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Annals of Geophysics, 2012, "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.

Wang C.Y., Manga M., 2010, *Earthquakes and Water*, Springer, Heidelberg, 225 pp.

Regione Emilia-Romagna, 2010. DGR n. 350.

TERREMOTO E ACQUE SUPERFICIALI

ANCHE IL PO HA “SENTITO” IL TERREMOTO

Durante il quotidiano lavoro di monitoraggio dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua dell'Emilia-Romagna, ci siamo accorti di alcune variazioni dei livelli idrometrici avvenute in concomitanza degli eventi sismici principali. In particolare si sono osservate variazioni significative sul fiume Po, nel tratto compreso fra le stazioni idrometriche di Sermide e Pontelagoscuro, e sul Cavo Napoleonico, soprattutto in corrispondenza della scossa di magnitudo maggiore del 20 maggio 2012 delle 4:03. Nella *figura sottostante* riportiamo per esempio l'idrogramma relativo alle 2 stazioni idrometriche situate a Pontelagoscuro che misurano il livello del fiume Po con due tipi di sensori indipendenti che sfruttano diversi principi di misurazione, quindi si esclude un errore strumentale. La curva verde si riferisce all'idrometro a ultrasuoni che esegue una lettura ogni 10 minuti, mentre la curva viola si riferisce all'idrometro a pressione che effettua una lettura ogni mezz'ora. Entrambi i sensori mostrano una risalita del fiume di circa 8 cm, che inizia nell'intorno dell'orario della scossa principale per poi esaurirsi circa 6 ore dopo. L'orario indicato nell'asse x, che rappresenta l'asse del tempo, si riferisce all'orario solare, quindi occorre sommare 1 ora per avere quello locale, mentre gli orari indicati dentro la figura per facilitarne la lettura sono già stati convertiti in orari locali. La spiegazione di queste variazioni osservate sui corsi d'acqua, pur essendo quasi certamente un effetto cosmico (ovvero una conseguenza del terremoto), al momento non è chiara. Sono state formulate alcune ipotesi sentendo anche il parere di

colleghi dell'Ingv e del Servizio Geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna. Al momento si esclude che il segnale rilevato dai sensori possa essere dovuto al passaggio di un'onda libera (tipo tsunami per intenderci) la cui velocità non sarebbe compatibile con la durata osservata. Ci sono invece alcune ipotesi che riguardano la deformazione relativa fra il letto del fiume e i piloni di ancoraggio degli strumenti oppure un massiccio afflusso di acqua in alveo dalla falda.

Federico Grazzini, Arpa Emilia-Romagna



L'ATTIVITÀ DI ARPA NEI COMUNI REGGIANI COLPITI DAL SISMA

Gli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 hanno interessato il territorio di alcuni comuni della provincia di Reggio Emilia: uno dei più colpiti è stato quello di Reggiolo. Su una popolazione di 9400 abitanti, le persone che hanno usufruito di strutture di emergenza allestite dalla Protezione Civile sono state circa 700; altre hanno trovato alloggio presso parenti o allestito tende e camper presso aree cortilive private.

In questa situazione di grave emergenza, il 26 luglio la Protezione civile provinciale e il sindaco del Comune di Reggiolo hanno avanzato la richiesta ad Arpa di avere a disposizione del personale di supporto all'attività lavorativa dell'Ufficio Tecnico per l'espletamento delle attività amministrative legate alla gestione dell'emergenza sismica. Il direttore della sezione Arpa di Reggio Emilia ha dato la disponibilità di tre operatori per il periodo richiesto. I tecnici Arpa designati, alternandosi a seconda delle esigenze di servizio, hanno prestato l'attività richiesta nei periodi dal 30 luglio al 9 agosto e dal 28 al 30 agosto, quasi sempre con una presenza contemporanea di due operatori.

Si è trattato di organizzare, assieme ad altri tecnici messi a disposizione da altri enti, i sopralluoghi Aedes (Agibilità e danno nell'emergenza sismica) delle squadre di tecnici forniti dalla Protezione civile regionale, quasi tutti provenienti da altre province. I sopralluoghi sono stati affidati a squadre di rilevatori esperti e sono stati finalizzati alla compilazione di una scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica, così come previsto dai decreti vigenti. In specifico, per organizzare i sopralluoghi da assegnare ai tecnici verificatori, è stato necessario rintracciare i proprietari dei fabbricati attraverso visure catastali e anagrafiche e ricognizioni sul campo, fissare gli appuntamenti per i sopralluoghi e, a volte, accompagnare i tecnici verificatori. La conoscenza del territorio degli operatori Arpa ha permesso di snellire buona parte delle pratiche trattate. Un'altra attività svolta con un tecnico del Servizio di igiene pubblica dell'Azienda Usi è stata quella delle verifiche/predisposizione delle ordinanze sindacali di inagibilità.

In conclusione, sono stati effettuati dai Vigili del Fuoco, Comune e Protezione civile circa 1800 sopralluoghi, rilevando circa 800 fabbricati (produttivi e residenziali) totalmente inagibili o

gravemente danneggiati. La stessa residenza comunale è stata dichiarata inagibile e pertanto gli uffici sono stati trasferiti in container e tende situati in piazza.

È stata un'esperienza molto impegnativa, sia in termini di tempo che di condizioni climatiche, ma l'aspetto più significativo ha riguardato la percezione del disagio, delle difficoltà e della sofferenza di tanti cittadini che si rivolgevano alle istituzioni. Con questo sprone, sono stati condivisi l'impegno e la volontà degli operatori di ogni ente coinvolto ad affrontare la grave situazione nel modo più celere ed efficace possibile, consapevoli che il nostro lavoro poteva rappresentare un valido contributo all'intera collettività e rendeva Arpa solidale con gli abitanti del territorio colpito da questa grave calamità.

Successivamente a tale impegno, Arpa ha proceduto con le attività istituzionali di propria competenza previste dalle ordinanze emanate dal Commissario regionale per le aree colpite dal terremoto e nei comuni individuati dal DI 74/2012.

In particolare, gli operatori del distretto Nord del Servizio territoriale, con sede a Novellara, hanno effettuato le attività sotto elencate, ancora in corso:

- controlli smaltimento macerie in attuazione dell'art. 17 del DI 6 giugno 2012 n. 74 e delle direttive della Giunta regionale
- 5 controlli presso la discarica Sabar, dove sono stoccati 6.804 quintali di rifiuti
- 3 controlli presso ditte private autorizzate al deposito e trattamento rifiuti speciali
- controlli smaltimento amianto su richiesta dell'Azienda Usi, con un campionamento di pavimento della scuola materna di Guastalla, stabile da demolire
- ricognizione dei rischi potenziali negli impianti che detengono sostanze pericolose nei territori colpiti dal sisma, con compilazione scheda elaborata da Arpa da condividere successivamente con la Protezione civile provinciale (8 controlli).

Rubens Busana, Silvana Foroni, Marco Manicardi
Sezione provinciale di Reggio Emilia, Arpa Emilia-Romagna