

Fenomeni geologici inusuali in Emilia-Romagna

Giovanni Martinelli

ARPA Emilia-Romagna, Sezione di Reggio Emilia, Via Amendola 2, 42100 Reggio Emilia

Nel territorio della regione Emilia-Romagna sono stati segnalati fenomeni naturali poco frequenti che hanno richiamato l'attenzione popolare e dei media. Questi fenomeni in buona parte sono sempre esistiti ma le condizioni attuali di antropizzazione del territorio sono state in grado di cancellarle. La ricerca storica evidenzia che in più occasioni sono stati osservati fenomeni ora quasi o del tutto dimenticati. In occasione della sequenza sismica del 2012 alcuni fenomeni dimenticati sono nuovamente stati osservati. Nel territorio sono presenti acque termali, emissioni gassose, emissioni di petrolio nativo, fenomeni di sprofondamento naturale, fenomeni di aumento locale di temperatura nei suoli. L'amplificazione mediatica attuale e alcune sue esagerazioni rende necessaria una fase di nuova alfabetizzazione tramite forme di più consapevole coscienza del territorio.

Introduzione

Esiste una classe di fenomeni geologici di breve durata e con bassa frequenza di accadimento che è stata scarsamente studiata negli ultimi decenni. Essa comprende la emissione improvvisa di gas o acque dal sottosuolo, la formazione di scavamenti o di cedimenti della superficie topografica a rapida evoluzione, l'accensione spontanea di gas provenienti dal sottosuolo, l'accadimento di fenomeni luminosi nell'atmosfera. Molti fenomeni di questa natura occorsi nel territorio Italiano o nel mondo antico sono stati studiati e riferiti con attenzione essenzialmente nella letteratura scientifica storica o addirittura antica riferita spesso o ai terremoti e ai loro effetti come descritto da Ossequente nei suoi *Prodigi* (Gusso, 2005) o da Plinio il Vecchio (Plinio, 1984; penelope.uchicago.edu/Thayer/I/Roman/Texts/Pliny_the_Elder/home*.html). Altri fenomeni di carattere artificiale con esiti di ordine geologico sono stati riferiti solo in epoca industriale. Comprendono la subsidenza, gli effetti delle correnti vaganti, il malfunzionamento di pompe per pozzi ecc. Alcuni dei fenomeni descritti sono oggetto di trattazione specialistica nella corrente letteratura scientifica tuttavia sono esistiti anche tentativi di classificazione analitica e sistematica come quella condotta dalla Smithsonian Institution negli anni 1968-1975 (siarchives.si.edu/research/faCSLP.html ; jebkinnison.com/2014/04/26center-for-short-lived-phenomena/). Per cercare di meglio comprendere questi fenomeni appare opportuno richiamare alcune informazioni di carattere storico che hanno già evidenziato questi tipi di accadimenti nel territorio della regione Emilia-Romagna.

La documentazione storica sui fenomeni geologici inusuali in Emilia-Romagna

Le principali fonti bibliografiche relative alla segnalazione di fenomeni naturali di carattere inusuale anche di carattere non geologico accaduti in epoche recenti sull'intero territorio Italiano fanno riferimento ai censimenti effettuati da Cordier (Cordier, 1996; Cordier, 1999) e da Centini (Centini, 2003). La fenomenologia geologica è stata approfondita da Boschi et al.(1995) e da Boschi et al.(1997) soprattutto per gli effetti sull'ambiente dovuti ai terremoti. Ricerche storiche più recenti hanno permesso di meglio descrivere alcuni fenomeni di carattere geologico soprattutto per gli aspetti relativi alla cultura popolare del territorio dell'Emilia-Romagna (Pancaldi e Tampellini, 2013; Baldini, 2014). Nella tradizione popolare esistono forme ricorrenti di memoria di alcuni fenomeni relativi alla dinamica dei fluidi sotterranei soprattutto associati a terremoti e descritte, ad es. da Plinio il Vecchio (Plinio, 1984). Ciò è particolarmente riscontrabile in aree vulcaniche o in contesti geologici di carattere geotermico. In questi ultimi casi non è raro rintracciare notizie sulla fuoriuscita di fluidi anche caldi dal sottosuolo, oppure di cambiamento della composizione chimica o di temperatura delle acque di sorgenti in particolare in ambienti geotermici (De Rossi, 1879, Mercalli, 1883; Baratta, 1901). Negli ambienti non geotermici e tipici dei grandi bacini sedimentari esistono anche segnalazioni di fenomeni di minore intensità ma ugualmente in grado di attrarre l'attenzione di cronisti storici. Ad esempio Baldini (2014) nel commentare alcune persistenze popolari nel ricordo di eventi sismici dell'area romagnola riferisce alcuni fenomeni di carattere luminoso:

“Dal tramontare del sole sino all'ora di notte osservano, **se si vedono strisce nella estremità circondaria dell'aria, che portino un colore giallo, che essi chiamano color di zolfo**; o nero a foggia di travi, dalle quali cose desumono indizii sicuri di terremoti: come pure se vedono nebbie tendenti a colore zolfureo indicano gli stessi effetti; siccome pure quando vedono scintillare la stella di Marte da loro detta di Martedì, che sta nella vicinanza della sfera del sole anche questo porta simili funeste conseguenze” (Placucci, 1818).

Alcuni fenomeni sono stati osservati al di fuori del contesto geologico dell'Emilia-Romagna tuttavia sono stati ugualmente riferiti in cronache locali. In particolare l'autore della Cronaca Varignana relativa all'area Bolognese, descrivendo il terremoto del 5 Dicembre 1456 di Mw=7.2 del Molise, riferisce fenomeni relativi a segnali indicatori dell'occorrenza dei terremoti come l'intorbidamento dell'acqua dei pozzi, al comportamento di animali, o a particolari comportamenti dell'atmosfera:

“El primo quando l'acqua del pozzo vene torbida, e questo adivene per gli venti che voglino uscire fuori de la terra; El secondo, **quando gli oxelli (uccelli) s'adunano insieme et non vano volando in alto**, ma stano menenchonuxi (malinconici) et cercano le chaverne e boschi per forteza; El terzo, quando per alchuni zurni sta l'aiere quieta, non traendo nyente de vento; El quarto, quando el sole è tramontato essendo l'agliere chiara e bella senza alchuna nebia, dopo el tramontare del sole vene sopra dove è tramontato el sole **uno arco d'una nuvola bianca**; El quinto, **quando la luna è velata d'intorno de nuvoli de più choluri**, essendo l'agliere chiara e bella senza alchuna nuvola, ovvero nebia. Questi signi significano tremuoti grandi li quali stano longo tempo a venire da una volta a l'altra” (Sorbelli, 1910).

Secondo il Buoni (1571) **in concomitanza con i terremoti esistono fenomeni di gorgogliamento e di intorbidamento delle acque dei pozzi** e per supportare le proprie osservazioni cita osservazioni simile effettuate da Girolamo Cardano.

Secondo il Chronicon del Cantinelli (Torraca, 1911; Pancaldi e Tampellini, 2013) in occasione del terremoto della Valle Padana del 25 Gennaio 1280 di Mw=4.5 **furono osservati fenomeni luminosi**.

Altri fenomeni luminosi sono stati riferiti da Cherubino Gherardacci (1596) riferito da Pancaldi e Tampellini (2013) in occasione del terremoto del Modenese del 20 Luglio 1399 di Mw=5.1:

“alli vinti, e il di seguente di Luglio, alle cinque hore di notte in Bologna, fu un grandissimo Terremoto, che pareva, che il mondo tutto volesse ruinare; la Torre del Commune di maniera si crollò, che la campana grossa senza essere tocca, suonò tre, o quattro colpi gagliardi, e **nell'aria apparve un Trave di fuoco ardente**, che con grandissimo spavento ne andava al Ciel volando, e le mura dell'Orto del Palazzo per diece pertiche si risenti, e in molti luochi s'aperse, e cascarono di molti merli del detto Palazzo, con la ruina di molte case”.

Altri fenomeni luminosi sono stati osservati in occasione della sequenza sismica del 1505 nel Bolognese, il cui evento principale del 2 Marzo fu caratterizzato da Mw=5.5 (Ciuccarelli e Guidoboni, 2003).

Mario Baratta (1901) a proposito del terremoto di Ferrara del 1570 scrive che “ fra gli effetti prodotti da questo terremoto devonsi notare i rombi sotterranei, i bagliori repentini nell'atmosfera, il gonfiamento improvviso delle acque del Po, certe elevazioni ed avvallamenti del suolo fuori Porta San Pietro e San Paolo, alla torre della Fossa ed altrove nei Polesini di San Giorgio e di San Giovanni Battista, ove **avvennero pure emissioni violente di acqua nerastra e di arena**”. E' opportuno ricordare che fenomeni di liquefazione delle sabbie sono stati osservati in occasione della sequenza sismica del 2012 in Emilia.

In occasione del terremoto del Riminese del 14 Aprile 1672 di Mw=5.6 furono osservati fenomeni di emissione gassosa dal sottosuolo riferiti da un autore anonimo (Distinta Narrazione del Terremoto commentato da Tonini, 1848) e riferito da Pancaldi e Tampellini (2013) e da Baldini (2014) **“Credesi però e con fondamento che queste sulfuree esalazioni sboccassero in mare: giacchè dalla marina appena seguito il terremoto, s'alzò un rinforzato vento conducendo un poco di grandine bianca e molle**, e non a guisa di carboni estinti e senza l'accompagnamento di fiamme e vista di gente armata in aria che duellasse, come alcuno ha sognato”.

In occasione del terremoto del Riminese del 25 Dicembre 1786 di Mw=5.6 furono osservati importanti fenomeni luminosi descritti **da Vannucci (1787):” I lampi che da giorni, stranamente, si vedevano guizzare in cielo, cessarono del tutto il 23 Dicembre 1786. Il giorno dopo, si fecero sentire a Rimini due leggere scosse di terremoto, che non spaventarono più di tanto la popolazione...**Il cielo, coperto di nubi immobili e di colore bronzeo, rimase tale fino verso alla mezzanotte santa, quando, a detta dei testimoni, **si vide alzarsi sul mare (appena calmatosi da una burrasca) una lunga colonna di di fumo e fuoco che rese le nubi rosseggianti e fiammeggianti, così che dopo un'ora il cielo, sopra la città, appariva pieno zeppo di fuoco”**.

In mare verso **Rimini furono avvistati due altissimi coni di fuoco “in forma di pagliai”, che dirigevano verso terra le loro punte.** Notizie su questi ultimi fenomeni luminosi sono state riferite e confermate anche da altre fonti (Comastri, 1986; Guidoboni, 1986).

La documentazione storica riferisce quindi di fenomeni luminosi, di cambiamenti nelle caratteristiche delle acque dei pozzi, e di fenomeni di liquefazione successivi alle scosse più importanti. Molti fenomeni luminosi sono stati classificati e studiati da Galli (1910) che aveva già intuito la distinzione tra fenomeni di carattere elettrico dovuto a ionizzazione e fenomeni di combustione di gas metano.

Fenomeni preesistenti alla sequenza sismica del 2012 descritti nella letteratura scientifica

Il territorio della regione Emilia-Romagna ospita alcune emergenze geologiche descritte nella letteratura scientifica; alcune di esse, trascurate per decenni, sono ritornate famose a causa del rinnovato interesse per i fluidi sotterranei dovuto agli eventi sismici del 2012. Tra esse esistono alcune sorgenti caratterizzate da temperatura significativamente più alta rispetto alla media climatologica locale. Si tratta di Bobbio, Ferriere, Porretta e Bagno di Romagna in cui le acque sotterranee fanno parte di circuiti geotermici noti da molto tempo. Alcune variazioni nelle caratteristiche dei fluidi di Porretta in concomitanza con eventi sismici locali sono state studiate da Albarello et al. (1991) e da Ciancabilla et al. (2007). Esistono inoltre vulcanetti di fango dovuti alla emissione di argille miste ad acque salate e a metano note anche perché in alcuni casi in Italia e Azerbaijan è stato notato un aumento dell'attività eruttiva a seguito di eventi sismici locali (Martinelli e Panahi, 2005; Mellors et al., 2007). Nel territorio della Regione Emilia-Romagna sono note anche emissioni metanifere di tipo secco, piccole emissioni di petrolio nativo, fenomeni di gorgogliamento di gas metano in acque di pozzi (Scicli, 1972; Martinelli et al., 2012), fuochi fatui dovuti a incendi di carattere perenne (Cremonini et al., 2008), suoli caratterizzati da temperatura anomala (Spinelli, 1893 a; Spinelli, 1893 b), fenomeni di degassamento in ambiente marino (Scicli, 1972; Curzi, 2011) sinkholes negli ambienti di bassa pianura nelle province di Parma, Modena, Bologna e Ferrara. Nelle zone di montagna sono inoltre note sorgenti non calde ma a volte dotate di composizione chimica non consueta che hanno determinato il sorgere di culti salutiferi in analogia ad altre zone d'Italia. Cordier (1996), Cordier (1999) e Centini (2003) ricordano inoltre anche fenomeni non geologici relativi alla dinamica del comportamento animale e in grado di suscitare curiosità di carattere popolare. Si tratta di voli periodici di formiche che si verificano tutti gli anni ai primi di Settembre nei territori di Nibbiano (Piacenza), Pianoro (Bologna) e Vetto (Reggio Emilia). Tutti i fenomeni elencati esistono da moltissimo tempo e sono stati osservati nel territorio regionale indipendentemente da fasi sismicamente attive.

Fenomeni accaduti in occasione della sequenza sismica dell'Emilia nel 2012

In occasione della sequenza sismica dell'Emilia del 2012 sono stati osservati alcuni fenomeni luminosi ascrivibili a probabile ionizzazione di gas atmosferici nella zona epicentrale. Si tratta di luci “a mezz'aria”, secondo i testimoni, osservate nella zona di Massa Finalese il 20 Maggio 2012 analoghe ad alcuni fenomeni luminosi descritti nella letteratura storica. Inoltre sono state osservate variazioni nella composizione chimica delle acque di svariati pozzi il cui livello è anche cambiato a seguito delle scosse principali (Marcaccio e Martinelli, 2012; Italiano et al., 2012; Italiano et al., 2012-bis). Sono stati segnalati oltre 700 fenomeni di liquefazione (e.g. Bertolini e Fioroni, 2012) in tutto analoghi a quelli già osservati in occasione della sequenza sismica del Ferrarese del 1570 (Baratta et al., 1901; Guidoboni et al., 1995). Durante la sequenza sismica si è rinnovato l'interesse per alcuni fenomeni già preesistenti da tempo come le cosiddette “terre calde di Medolla” descritte dal chimico Spinelli (1893 a ; 1893 b) e originate, secondo la letteratura scientifica, da reazioni biochimiche di tipo esotermico negli strati superficiali del terreno. Sono stati nuovamente censiti fenomeni di sinkholes (collapsi nei suoli) noti nella letteratura scientifica (e.g. Bonori et al., 2000). Alcuni sono risultati di neo-formazione ma la grande maggioranza risulta preesistente agli eventi sismici del 2012. E' stata osservata la moria di pesci di grandi dimensioni nei canali di bonifica della zona epicentrale del 2012 attribuibile agli effetti delle onde generate dal sisma sulla vescica natatoria o a fenomeni di ipossia dovuti al rilascio di gas poveri in ossigeno presenti nei sedimenti dei canali a seguito dello scuotimento. Nel corso del 2013 sono stati osservati gorgogliamenti di gas a San Giovanni del Dosso (Mantova) e a Campagnola Emilia (Reggio Emilia). In entrambi i casi si è trattato di gas di origine atmosferica espulsi verso la superficie dalle variazioni di livello della falda freatica e pertanto riconducibili all'ambito della normalità naturale. Durante la sequenza sismica del 2012 è stato registrato un incremento nella frequenza dei guasti alle pompe utilizzate nei pozzi per acqua. Il fenomeno, già osservato nel 1998 a Bentivoglio (Bologna) e in occasione della sequenza sismica Umbra del 1997-1998 a Sellano e a Ponte Felcino, è noto in ambiente industriale agli installatori di pompe e ai Vigili del Fuoco. Si tratta di granuli di sabbia che interferiscono con la valvola

di non ritorno dell'acqua nei sistemi sommersi delle pompe per acqua. Il malfunzionamento obbliga la pompa a girare a vuoto e l'energia meccanica viene dissipata in calore. In questi casi la temperatura dell'acqua può raggiungere i 30-40 C. Anche altre tipologie di guasto sono state registrate nel passato come responsabili dei fenomeni osservati (Tedeschi, 2012, comunicazione personale). I casi accaduti durante la sequenza sismica del 2012 sono tutti rientrati dopo l'estrazione della pompa dal pozzo e la sua sostituzione. Va inoltre osservato che i fenomeni di riscaldamento rapido delle acque sotterranee di origine profonda prima degli eventi sismici risultano ignoti nei bacini sedimentari. Le anomalie relative ai fluidi sotterranei verificate prima degli eventi sismici sono state oggetto di lavori di revisione nel recente passato ad opera di numerosi autori come Hauksson (1981 e bibliografia citata), Friedmann (1985 e bibliografia citata), Kissin e Grinevsky (1990 e bibliografia citata), Toutain e Baubron (1999 e bibliografia citata), Hartmann e Levy (2005 e bibliografia citata), Cicerone et al. (2009 e bibliografia citata). Per quanto noto non risultano essersi verificate anomalie termiche presismiche di origine profonda in bacini sedimentari analoghi alla valle Padana. Risultano possibili in ambienti geotermici o di carattere vulcanico. Si tratta quindi di fenomeni non esattamente di origine naturale ma dovuti alla presenza della tecnologia umana e dei suoi difetti costruttivi. Dopo gli eventi principali della sequenza sismica del 2012 in Emilia e in particolare nel 2013 i media hanno dato risalto anche a fenomeni di emissione di acque calde salate con vistosa presenza di metano in varie località come Ambrogio di Copparo o Serravalle di Berra ecc. Si tratta di pozzi per estrazione del metano dopo la separazione dall'acqua perforati nel periodo 1940-1950. I pozzi sono caratterizzati da profondità tra i 400 e i 500 metri e sono stati abbandonati dopo alcune norme di divieto di estrazione negli anni 60 e 70 del secolo scorso. Fenomeni di ossidazione e deterioramento della testa pozzo sono comunemente ritenuti responsabili delle fughe di acqua e gas come riscontrabile presso l'Ufficio Nazionale Minerario Idrocarburi e Geotermia del Ministero per lo Sviluppo Economico, Sezione di Bologna. Si tratta di fenomeni che avvengono costantemente secondo la frequenza di 4-5 pozzi l'anno nell'ambiente Padano, indipendentemente dall'occorrenza dei terremoti. L'origine del fenomeno è artificiale e per questo motivo non esistono analoghe segnalazioni nella letteratura di carattere storico-archivistico.

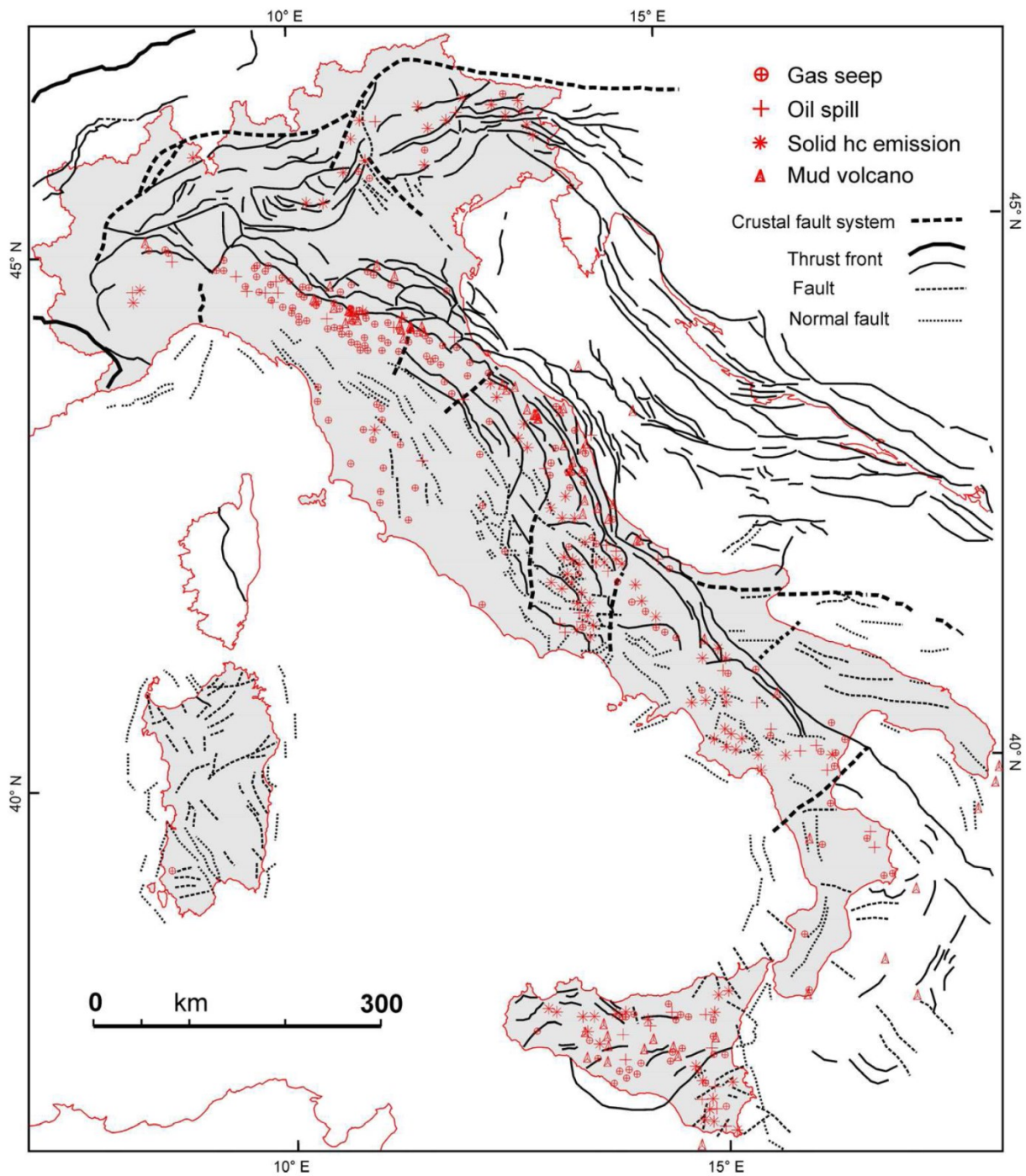
Fenomeni osservati e previsione dei terremoti

Durante e poco dopo la sequenza sismica del 2012 sono state pubblicate dai media considerazioni circa la possibilità di prevedere almeno gli eventi principali del 2012. Per cercare di verificare le concrete possibilità operative di previsione dei terremoti il Dipartimento per la Protezione Civile ha promosso il Progetto di Ricerca della serie S3 sulla "Previsione a breve termine dei terremoti" (<<https://sites.google.com/site/ingvdpc2012progettos3/home>>). Il Progetto è stato diretto dal Prof. Dario Albarello dell'Università di Siena e ha visto coinvolte 10 Unità di Ricerca. L'Unità di Ricerca 1 è stata coordinata da Giovanni Martinelli di ARPA Emilia-Romagna ed è stata dedicata ai fluidi del sottosuolo e alle possibilità di previsione dei terremoti che possono derivare dall'osservazione sistematica di vari parametri dei fluidi sotterranei. Nell'occasione sono stati sistematizzati in una banca dati tutti i dati registrati in Italia negli ultimi 40 anni da ricercatori o da Enti utilizzabili per queste finalità. E' inoltre stata effettuata una revisione completa della intera letteratura scientifica internazionale pubblicata sull'argomento. Anche il Report sui fluidi sotterranei è consultabile al sito web del Progetto cliccando nella colonna di sinistra le parole "Project Documents". Purtroppo il Progetto S3 non ha evidenziato alcun precursore a breve termine di carattere chimico o fisico di tipo attendibile utilizzabile praticamente per la emanazione di eventuali allarmi. La ricerca prosegue per verificare le eventuali possibilità di previsione a Medio Termine, cioè nell'ambito di una forcella temporale di qualche anno. I risultati saranno pubblicati con le stesse modalità.

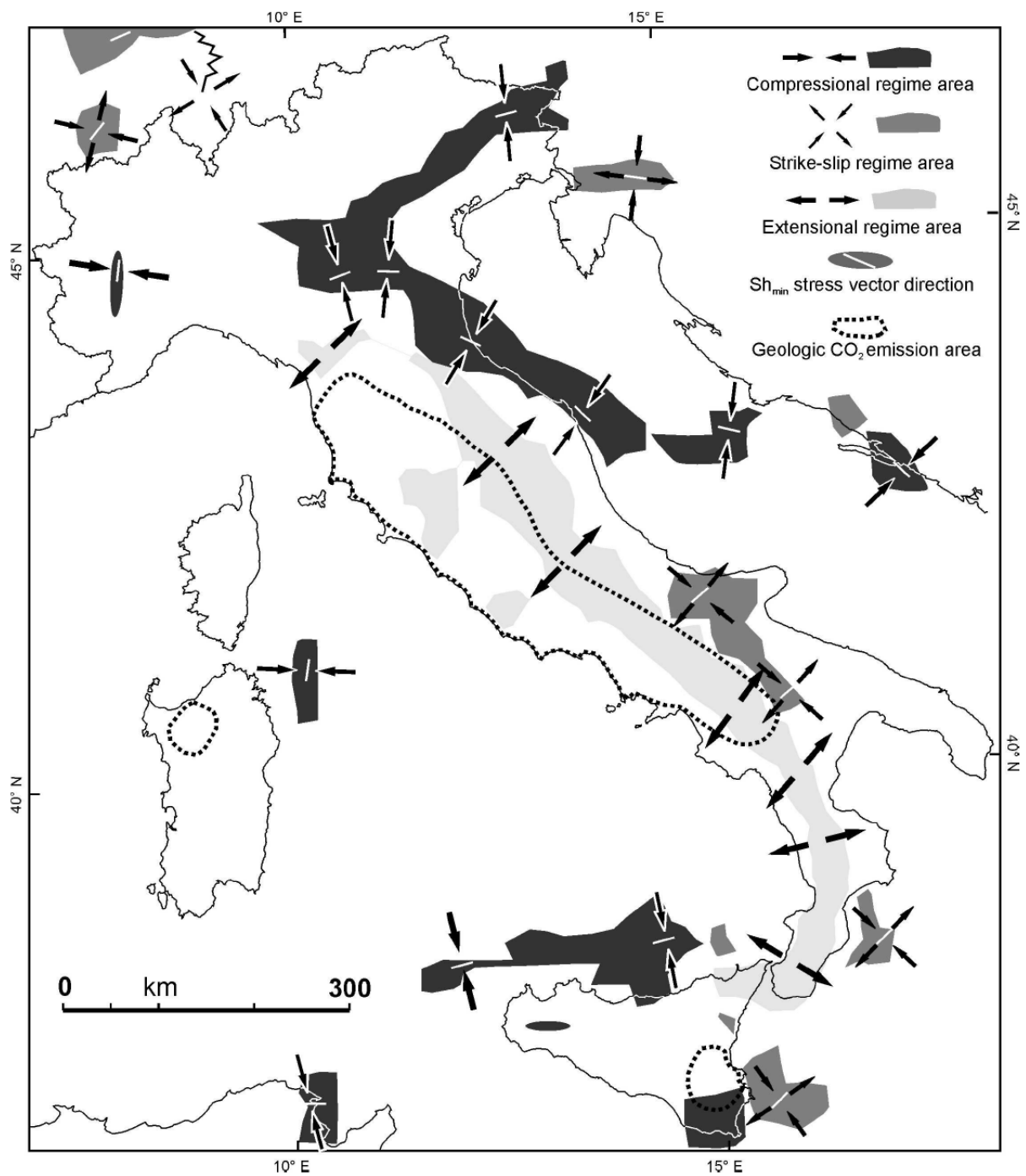
Conclusioni

Esiste una vasta gamma di fenomeni inusuali di carattere naturale nel territorio dell'Emilia-Romagna. I fenomeni inusuali osservati coinvolgono essenzialmente l'ambiente geologico e, nella realtà scientificamente comprovabile, risultano del tutto noti. La forte artificializzazione del territorio ha provocato la cancellazione o la captazione o deviazione di emissioni gassose, di emissioni di petrolio nativo o di sorgenti di acque dalla composizione poco frequente. L'inquinamento luminoso dovuto a strade e città ha provocato la rarefazione di testimonianze di eventuali fenomeni luminosi osservabili in epoca storica. Fenomeni del tutto "normali" fino agli anni 50 del secolo scorso sono diventati rarissimi e destano curiosità quando vengono registrati o enfatizzati dai media. E' auspicabile che nelle norme di programmazione territoriale del futuro (PSC ecc.) venga considerato l'obbligo di segnalazione, nella relazione geologica, di emissioni gassose e di idrocarburi in genere e la descrizione di eventuali presenze di acque caratterizzate da composizioni chimiche poco frequenti. Risulta anche opportuno reperire notizie sulla ubicazione di pozzi per idrocarburi dispersi o dimenticati a seguito di eventi bellici ecc. Forme più evolute e informate di sensibilità popolare

potranno così contribuire a una migliore conoscenza del territorio sempre utile nelle emergenze e nei periodi di quiete sismica.



Emissioni spontanee di idrocarburi in Italia (Martinelli et al., 2012)



Delimitazione delle aree in Italia caratterizzate da emissioni spontanee di CO₂ confrontate con il campo di stress (Martinelli et al., 2012).



Bondeno (FE), 2 Giugno 2013. Emissione di metano in un foro provocato da un sondaggio a 30 metri di profondità. Il gas fuoriesce e si incendia con facilità.



Immagine scattata a Maiano di Podenzano (PC) nel Luglio del 2003. Si tratta di un pozzo per idrocarburi “dimenticato” degli anni Trenta. Il pozzo è profondo 900 metri e raggiunge il Pliocene. Nella stessa zona ne esistono 48. Pozzi di questo genere sono noti in tutto il territorio regionale. L’eruzione del pozzo è avvenuta in assenza di eventi sismici. Foto Andrea Dadomo (2003).

Bibliografia

Albarello D., Ferrari G., Martinelli G., Mucciarelli M.(1991) Well-level variation as a possible seismic precursor: a statistical assessment from Italian historical data. *Tectonophysics*, 193, 385-395.

Baldini E.(2014) *Tenebrosa Romagna*. Società Editrice Il Ponte Vecchio, Cesena, 349 p.

Baratta M. (1901) *I terremoti d’Italia*. Torino, 951 p. (Ristampa anastatica Arnaldo Forni Editore).

Bertolini G., Fioroni C.(2012) Aerial inventory of surficial geological effects induced by the recent Emilia earthquake (Italy): preliminary report. *Annals of Geophysics*, 55, 705-711.

Bonori O., Ciabatti M., Cremonini S., Di Giovambattista R., Martinelli G., Maurizzi S., Quadri G., Rabbi E., Righi P.V., Tinti S., Zantedeschi E. (2000) Geochemical and geophysical monitoring in tectonically active areas of the Po Valley (Northern Italy). Case histories linked to gas emission structures. *Geogr.Fis. Dinam. Quat.*, 23, 3-20.

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G., Valensise G. (1995) *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980 (1)*. ING-SGA, Roma, 973 p.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P. (1997) *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 (2)*. ING-SGA, Roma, 644 p.

- Buoni J.A.(1571) Del terremoto, dialogo di Jacopo Antonio Buoni medico ferrarese distinto in quattro giornate, Modena.
- Centini M.(2003) I luoghi di guarigione, Armenia Editore, Milano, 248 p.
- Ciancabilla N., Ditta M., Italiano F., Martinelli G. (2007) The Porretta thermal springs (Northern Apennines): seismogenic structures and long-term geochemical monitoring. *Annals of Geophysics*, 50, 513-526.
- Cicerone R.D., Ebel J.E., Britton J. (2009) A systematic compilation of earthquake precursors. *Tectonophysics*, 476, 371-396.
- Ciuccarelli C., Guidoboni E. (2003) Terremoti e sequenze sismiche dal XVI al XVII secolo. In: Boschi E. Guidoboni E. "I terremoti a Bologna e nel suo territorio dal XII al XX secolo". INGV, Editrice Compositori, Bologna, 53-86.
- Comastri A. (1986) Un terremoto in cerca di spiegazione: la teoria elettricista di Giuseppe Vannucci. In Guidoboni E., Ferrari G. "Il terremoto di Rimini e della costa romagnola: 25 dicembre 1786. Analisi e interpretazione. 63-78, SGA, Bologna
- Cordier U.(1996) Guida ai luoghi misteriosi d'Italia. Edizioni Piemme. Casale Monferrato, 619 p.
- Cordier U. (1999) Guida ai luoghi miracolosi d'Italia. Edizioni Piemme. Casale Monferrato, 499 p.
- Cremonini S., Etiope G., Italiano F., Martinelli G.(2008) Evidence of possible enhanced peat burning by deep-origin methane in the Po River delta plain (Italy). *The Journal of Geology*, 116, 401-413.
- Curzi P.V.(2012) Central Adriatic geology and fishing. ARACNE Editrice, Roma, 274 p.
- De Rossi M.S. (1879) La meteorologia endogena. Ed. Fratelli Dumolard, Milano, 359 p. (ristampa anastatica Arnaldo Forni Ed.)
- Friedmann H.(1985) Anomalies in the Radon Content of Spring Water as Earthquake Precursor Phenomena. *Earthquake Prediction Research*, 1, 179-189.
- Galli I. (1910) Raccolta e classificazione di fenomeni luminosi osservati nei terremoti. Società Tipografica Modenese, Modena, 230 p.
- Gherardacci C.(1596) Historia di Bologna, Bologna, 1596.
- Guidoboni E.(1986) Natale 1786. In Guidoboni E., Ferrari G. (1986) Il terremoto di Rimini e della costa romagnola: 25 Dicembre 1786. Analisi e interpretazione. SGA, Bologna, 293 p.
- Gusso M.(2005) Giulio Ossequente. Prodigii. Mondadori, 292 p.
- Hartmann J., Levy J.K.(2005) Hydrogeological and Gasgeochemical Earthquake Precursors- A Review for Applications. *Natural Hazards*, 34, 279-304.
- Hauksson E.(1981) Radon content of groundwater as an earthquake precursor:evaluation of worldwide data and physical basis. *Journal of Geophysical Research*, 86 (B10), 9397-9410.
- Italiano F., Liotta M., Martelli M., Martinelli G., Petrini R., Riggio A., Rizzo A.L., Slejko F., Stenni B.(2012) Geochemical features and effects on deep-seated fluids during the May-June 2012 southern Po Valley seismic sequence. *Annals of Geophysics*, 55, 815-821.
- Italiano F., Martinelli G., Petrini R., Slejko F., Stenni B. (2012-bis) Fluids geochemistry and faulting activity during the Emilia seismic sequence. Gruppo Nazionale Geofisica Terra Solida, 99-103.
- Kissin I.G., Grinevsky A.O.(1990) Main features of hydrogeodynamic earthquake precursors. *Tectonophysics*, 178, 277-286.

Martinelli G., Cremonini S., Samonati E. (2012) Geological and Geochemical Setting of Natural Hydrocarbon Emissions in Italy. In: Al-Megren H.(Ed.) "Advances in Natural Gas Technology". Consultabile on line al sito <http://www.intechopen.com/books/advances-in-natural-gas-technology/geological-and-geochemical-setting-of-natural-hydrocarbon-emissions-in-italy>.

Marcaccio M., Martinelli G.(2012) Effects on the groundwater levels of the May-June 2012 Emilia seismic sequence. *Annals of Geophysics*, 55, 811-814.

Martinelli G., Panahi B.(Ed.)(2005) *Mud Volcanoes, Geodynamics and Seismicity*. NATO Science Series, 51, Springer, Dordrecht, 288 p.

Mellors R.J., Kilb D., Aliyev A., Gasanov A., Yetirmishli G.(2007) Correlations between Earthquakes and Large Mud Volcano Eruptions. *Journal of Geophysical Research*, 112, B04304, doi: 10.1029/2006JB004489

Mercalli G.(1883) *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. Francesco Vallardi Editore, Milano, 376 p. (ristampa anastatica Arnoldo Forni Editore).

Pancaldi P., Tampellini A.(2013) *Quando "trano li taramoti"*. Maglio Editore, San Giovanni in Persiceto, 143 p.

Placucci M. (1818) *Usi e pregiudizj de' contadini della Romagna*. Edizioni Barbiana, Forlì, 215 p. (Edizione anastatica Forni Ed., Sala Bolognese).

Plinio il Vecchio (1984) *Naturalis Historia*, 5 vol., Editore Giardini, 1342 p.

Scioli A. (1972) *L'attività estrattiva e le risorse minerarie della Regione Emilia-Romagna*. Artioli Ed., Modena, 736 p.

Sorbelli A. (Ed.) (1910) *Corpus chronicorum Bononiensium, Rerum Italicarum Scriptores*, 2ª Edizione, tomo XVII, parte I, vol.II, Cronaca B, Varignana, 249-250, Città di Castello.

Spinelli A.(1893) Una salsa e terre calde in Medolla-I. *Il Panaro*, 30 Marzo 1893.

Spinelli A (1893) Una salsa e terre calde in Medolla-II. *Il Panaro*, 30 Aprile 1893.

Tonini L. (1848) Distinta Narrazione del Terremoto seguito nella Città di Rimini in Giovedì Santo li 14 Aprile 1672. In: Tonini L."Storia civile e sacra riminese". Tip. Danesi, Rimini.

Torraca F. (1911) *Petri Cantinelli Chronicon*, Lapi Editore, Città di Castello, 296 p.

Toutain J.-P., Baubron J.-C. (1999) Gas geochemistry and seismotectonics: a review. *Tectonophysics*, 304, 1-27.

Vannucci G. (1787) *Discorso Istorico Filosofico sopra il tremuoto che nella notte del dì venendo il 25 dicembre dell'anno 1786, dopo le ore 9 d'Italia, scosse orribilmente la città di Rimini, e varj paesi vicini, edizione terza, Cesena*.

Siti web (ultima consultazione il 22 giugno 2014)

siarchives.si.edu/research/faCSLP.html

jebkinnison.com/2014/04/26center-for-short-lived-phenomena/

penelope.uchicago.edu/Thayer/I/Roman/Texts/Pliny_the_Elder/home*.html

<http://www.intechopen.com/books/advances-in-natural-gas-technology/geological-and-geochemical-setting-of-natural-hydrocarbon-emissions-in-italy>

<https://sites.google.com/site/ingvdpc2012progettos3/home>