Friuli Venezia Giulia - Italy

Gruppo Comunale di Protezione Civile di Pozzuolo del Friuli

Andamento del rilascio di energia sismica in regione Friuli Venezia Giulia dal 1998 al 2012

Considerazioni preliminari

Di Riccardo Rossi

Il fondatore della FESN – Friuli Experimental Seismic Network, Giovanni Rotta, scomparso nel febbraio 2007, ha iniziato a registrare con metodi digitali gli eventi rilevati dalla propria stazione sismica, nell'agosto 1998. Da allora, numerosi sono stati gli eventi sismici rilevati dalla rete, sia verificatisi in regione che in altre località.

Lo sviluppo di sensori, sia pure amatoriali, ma di elevata dinamica, ha poi permesso di registrare e analizzare eventi sempre più lontani con maggiore chiarezza.

L'interesse primario della FESN, tuttavia, è rivolto, da sempre, verso gli eventi accaduti in Regione Friuli Venezia Giulia. Spesso, confrontando i dati rilevati dalle nostre stazioni con quelli delle altre reti accreditate, è stato possibile rinvenire eventi di piccolissima entità che non vengono riportati negli elenchi ufficiali. A volte questo accade a causa della loro esiguità. Piccole scosse locali possono non essere state registrate da altre stazioni. Sono necessari, infatti, i tracciati di almeno tre stazioni per permettere di ricostruire le caratteristiche principali dell'evento risalendo all'epicentro e all'ipocentro. In altri casi, il successivo controllo approfondito da parte dei tecnici permette di riempire queste lacune integrando i dati pubblicati in prima istanza.

I dati sismici raccolti dalla FESN, pur costituendo un patrimonio di cui il nostro gruppo è fiero, poneva dei dubbi circa la possibilità, da parte di un gruppo amatoriale, di elaborare tali dati al fine di ricavarne qualcosa di utile. L'analisi primaria svolta dal nostro gruppo, infatti, si limita allo studio della forma d'onda, al confronto con quella di altre stazioni, al calcolo della magnitudo e dell'epicentro. L'analisi amatoriale permette, sempre tramite il confronto, anche una certa valutazione delle prestazioni dello strumento autocostruito e della risposta del sito. Ulteriori interessanti informazioni derivano dagli eventi molto lontani, cosiddetti "telesismi". Questi ultimi evidenziano in particolare le onde sismiche superficiali chiamate Onde di Love e di Raileigh.

Al fine di effettuare uno studio basato sui dati raccolti, si è pensato quindi di verificare l'andamento della sismicità in regione dal momento della costituzione della prima stazione di rilevamento FESN alla fine del 2012, sfruttando un punto di vista un po' insolito rispetto a quanto è possibile rinvenire solitamente in rete.

L'analisi che si è pensato di effettuare, infatti, riguarda la quantità di energia effettivamente rilasciata dagli eventi sismici durante il periodo di funzionalità della rete FESN, quindi dall'agosto 1998 ad una data vicina all'attuale. Si è deciso quindi di utilizzare quale termine finale il mese di dicembre 2012.

Inizialmente si era pensato di utilizzare solo i dati rilevati dalla rete FESN, ritenendo di sommare solo le quantità di energia rilasciata dagli eventi pari a 2 della scala Richter o superiori. L'ipotesi su cui si era basata tale decisione iniziale, riguarda il fatto che un evento di almeno 2 Richter, accaduto in regione, debba essere stato rilevato dalla rete nella maggioranza dei casi. Inoltre si era considerato che eventi

con energie minori non avrebbero portato a risultati sostanzialmente molto diversi, in quanto energie di così bassa entità non sarebbero servire a modificare in modo significativo l'andamento che si desiderava evidenziare.
In seconda analisi, invece, si è ritenuto di utilizzare i dati reperibili in rete, in considerazione che tali dati sono stati oggetto di analisi più approfondita e, soprattutto, sono il frutto di una rete costituita da strumenti calibrati, cosa che, al momento, una rete amatoriale costituita da strumenti disomogenei autocostruiti, non può permettersi.
La sola eccezione riguarda l'anno 2012, i cui dati derivano dalle rilevazioni FESN verificati, con riferimento alla magnitudo, e localizzazione, con quelli del CRS.

Fig. 1 - *Sensore sismico autocostruito (geofono)*

Fonte: FESN – Friuli Venezia Giulia

Il dataset di dati utilizzati dallo studio, quindi, è stato quello messo a disposizione dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale (OGS) di Trieste, elaborato dal Centro di Ricerche Sismologiche di Udine, rilevato dal sito web di riferimento www.crs-inogs.it.
I dati forniti dal CRS comprendono gli eventi registrati dalla rete sia all'interno che all'esterno della regione FVG, quindi il primo passaggio necessario è stato quello di escludere gli eventi esterni alla zona da considerare.
Si è quindi utilizzato un foglio elettronico su cui riportare i dati da elaborare e successivamente, in funzione della magnitudo dell'evento, si è calcolato il valore dell'energia liberata in Erg, sfruttando la formula elaborata da Richter e Gutenberg, che per primi indicarono la relazione esistente tra magnitudo ed energia $\log ES = 11,8 + 1,5M$.
Dopo aver ottenuto i valori in Erg, si è proceduto alla somma delle energie sismiche rilasciate mensilmente dall'agosto 1998 al dicembre 2012.
I valori numerici in Erg però, si sono presentati di notevole dimensione e, a causa di alcuni eventi di particolare energia, la loro trasposizione in un grafico non forniva una visualizzazione più congrua di quanto si desiderava evidenziare.
Al fine di ottenere una visualizzazione più consona, si sono quindi convertiti i valori di energia liberata mensilmente espressi in Erg in scala logaritmica.
In questo modo, i valori ottenuti sono risultati più gestibili e i grafici ottenuti mostrano in modo chiaro l'andamento del valore della sismicità in termini di energia rilasciata.
Ciò che è risultato molto interessante, è che a seguito di un evento rilevante, o comunque di un periodo breve in cui è stata rilasciata una notevole quantità di energia, nei successivi mesi, l'andamento medio dell'energia in regione sembra scendere in modo graduale, come se effettivamente, a livello locale, vi fosse un qualche tipo di fenomeno di riequilibrio dell'intero sistema di faglie presenti all'interno della regione.

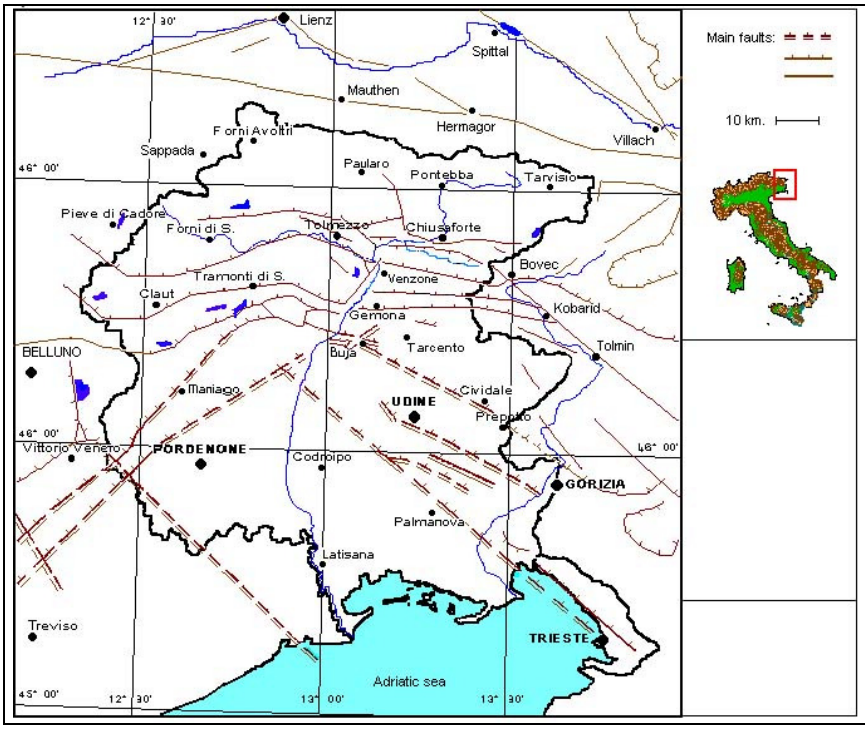

Fig. 2 – *Faglie presenti in Friuli Venezia Giulia*

Fonte: FESN – Friuli Venezia Giulia

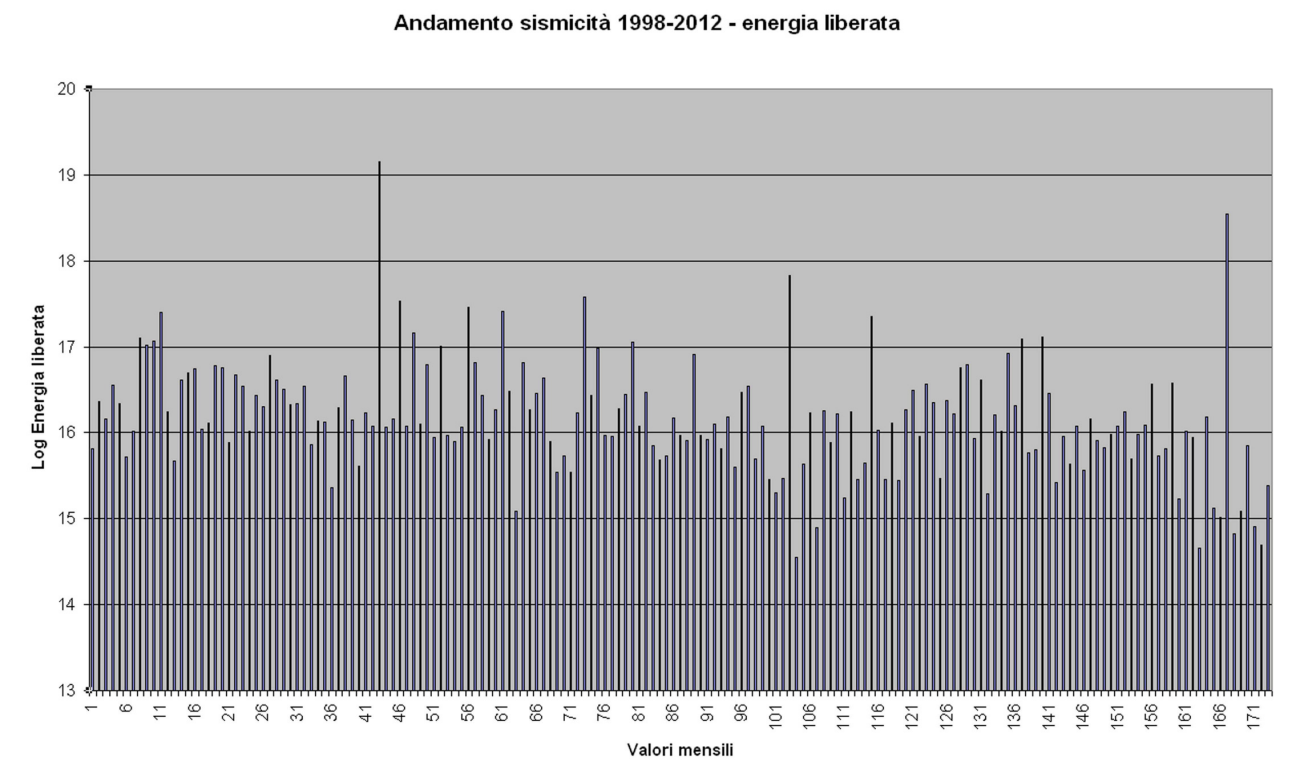

Fig. 3 – *Andamento della sismicità rilevata in regione Friuli Venezia Giulia dall'agosto 1998 al dicembre 2012, espressa in valore di logaritmo della quantità di Erg su base mensile.*

Si potrebbe perciò ipotizzare che la liberazione di energia rilevante in una singola zona, possa comportare un aumento delle tensioni presenti negli altri gruppi di faglie attive, tensioni che si liberano generando il rilascio di altra energia sismica che tende a diminuire nei mesi successivi.

L'andamento medio annuale presenta un'altra evidenza. Appare, soprattutto negli ultimi anni una diminuzione costante dell'energia rilasciata.

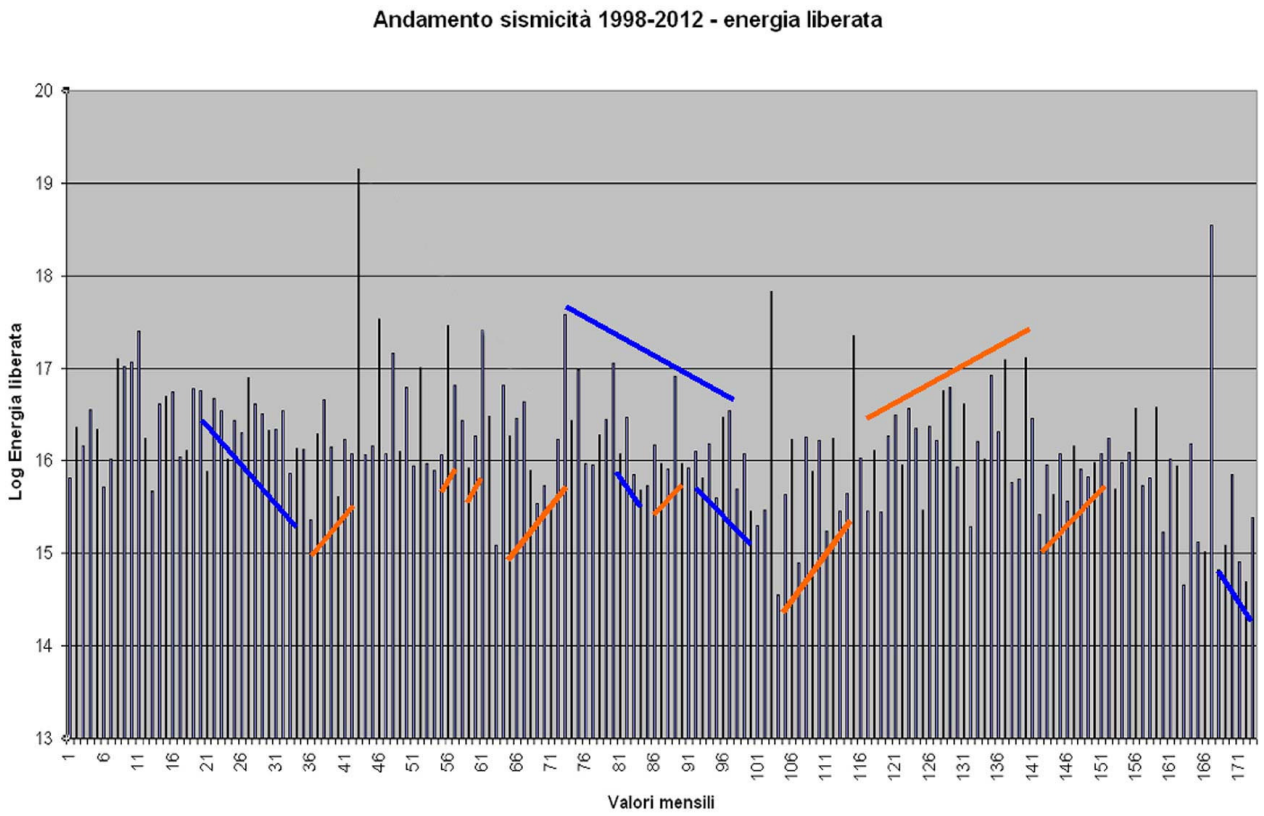

Fig. 4 – *Evidenziazione degli andamenti della sismicità precedenti e successivi alla liberazione di quantità di energie rilevanti.*

Questo andamento, sembra coerente con la teoria che prevede che, dopo un evento rilevante (es. maggio 1976), l'energia rilasciata debba lentamente attenuarsi, fino a raggiungere un livello di fondo quasi costante, mentre un successivo aumento possa indicare la possibilità dell'avvicinarsi di un altro evento distruttivo.

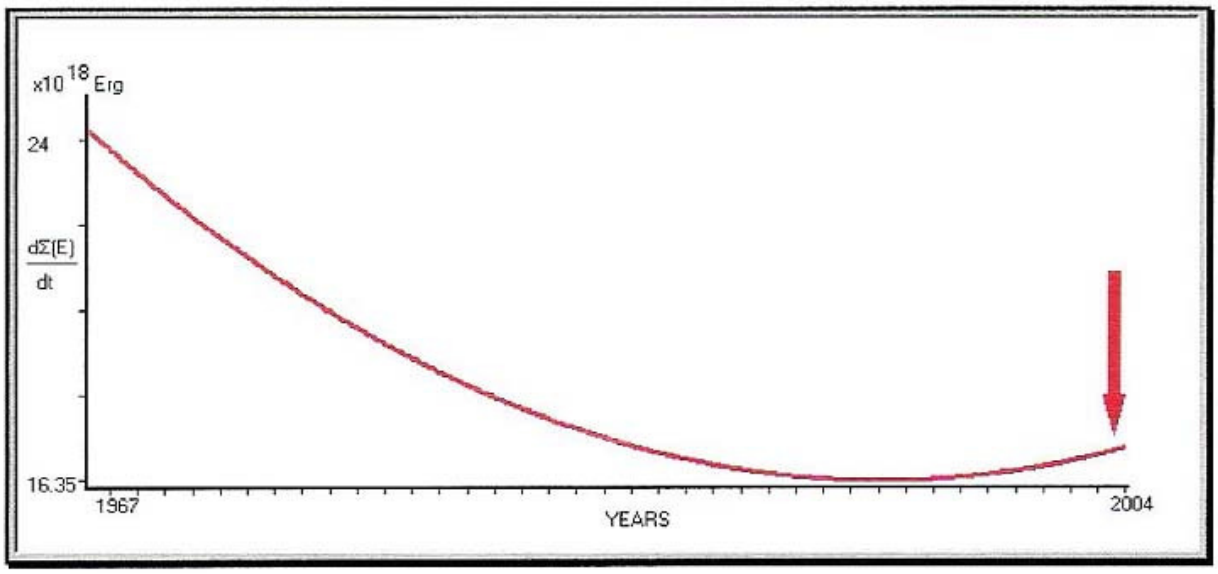

Fig. 5 - *Andamento dell'intensità sismica in Grecia – Isola di Lefkada Evento del 14.08.2004 di Ms 6.4 Richter*
Fonte: Thanassoulas 2010

Osservando il grafico relativo all'energia liberata mensilmente, si può notare un picco coincidente con il mese di febbraio 2002. In quel mese, si è verificata una sequenza sismica avvenuta nei pressi del Monte Sernio, il cui evento principale è stato quello di magnitudo pari a 4.9 della scala Richter, precisamente il 14.02.2002.

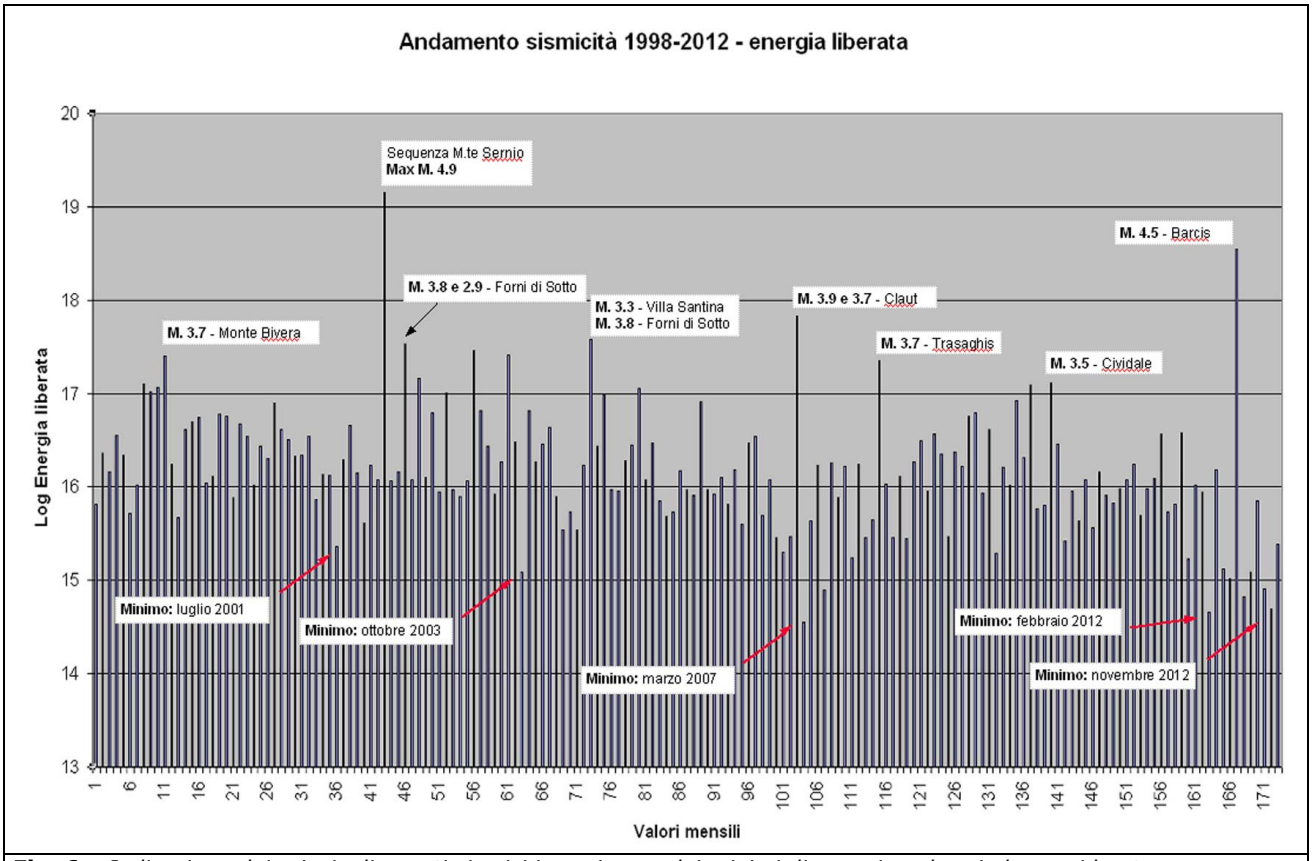

Fig. 6 – *Indicazione dei principali eventi sismici in regione e dei minimi di energia nel periodo considerato.*

L'evento principale è stato preceduto solo da un *foreshock* di magnitudo pari a M. 2.5 della scala Richter, avvenuto circa cinque minuti prima di quello principale.
Successivamente, la sismicità della zona, conclusasi nel mese di aprile dello stesso anno, ha visto il verificarsi di un'altra ventina di scosse successive (*aftershocks*), il cui massimo è stato con l'evento del 2.7 Richter, sempre del 14.02.2002.
L'energia complessiva liberata in regione, successivamente all'evento del Monte Sernio, si è quindi ridotta nel tempo fino a raggiungere il limite minimo verificatosi durante il mese di gennaio 2003.
Nel marzo 2003, si sono verificati altri due eventi significativi sempre sul Monte Sernio pari a 3.3 e 3.7 Richter, entrambi accaduti il 11.03.2003.
E' interessante notare che l'energia mensile liberata, prima degli eventi di cui sopra, evidenzi un aumento, corrispondente al mese di Febbraio 2003, anche se gli eventi sono localizzati in diversi ambiti della regione, quindi in apparenza scollegati dall'evento del Monte Sernio.

Successivamente, il rilascio di energia si è rivelato più vario, con un minimo in corrispondenza del mese di ottobre 2003 e nel mese di aprile 2004.
Dopo l'aprile 2004, l'energia rilasciata è aumentata abbastanza rapidamente fino ad un massimo verificatosi nel mese di agosto 2004 con due scosse sismiche: Villa Santina 3.3 Richter e Forni di Sotto pari a 3.8 Richter.
Un altro minimo si è toccato nel mese di ottobre 2005, mentre nel dicembre dello stesso anno un evento con epicentro registrato a Malborghetto ha fatto seguito ad un leggero aumento dell'energia rilasciata avvenuto nel mese precedente, ma con un numero esiguo di eventi.
Nel febbraio 2007, una considerevole quantità di energia è stata rilasciata a Claut con due eventi pari a 3.9 e 3.7 Richter entrambi accaduti nella giornata del 26 di quel mese.
Prima di quei due eventi il grafico non riporta aumenti significativi. Anzi, il mese successivo si verifica un ulteriore minimo di energia.

Mediando il rilascio di energia degli eventi accaduti nei successivi mesi, si evidenzia un aumento progressivo medio il cui culmine è avvenuto nel mese di dicembre 2009, con la scossa avvenuta il giorno 21 a Cividale di magnitudo pari a 3.5.
L'andamento successivo sembra indicare una progressiva graduale diminuzione delle energie fino all'evento del giugno 2012 di Barcis, avvenuto il giorno 9, di magnitudo pari a 4.5 Richter. Particolarmente rilevante il fatto che l'evento di Barcis sia stato l'unico evento rilevato in regione in quel mese. Non solo, il mese di giugno 2012 è stato l'unico mese del periodo considerato in cui sia stato rilevato un solo evento. Tutte le altre mensilità sono state più ricche, con un minimo di due eventi, sempre nel corso del 2012, nei mesi di febbraio e luglio.
L'evento di Barcis, sembra apparire anomalo soprattutto se si considera, l'andamento su base annua. Infatti la tendenza annuale pare evidenziare un costante calo, diminuzione contrastata da quell'unico evento che però caratterizza l'intero anno e che quindi lo pone in controtendenza.

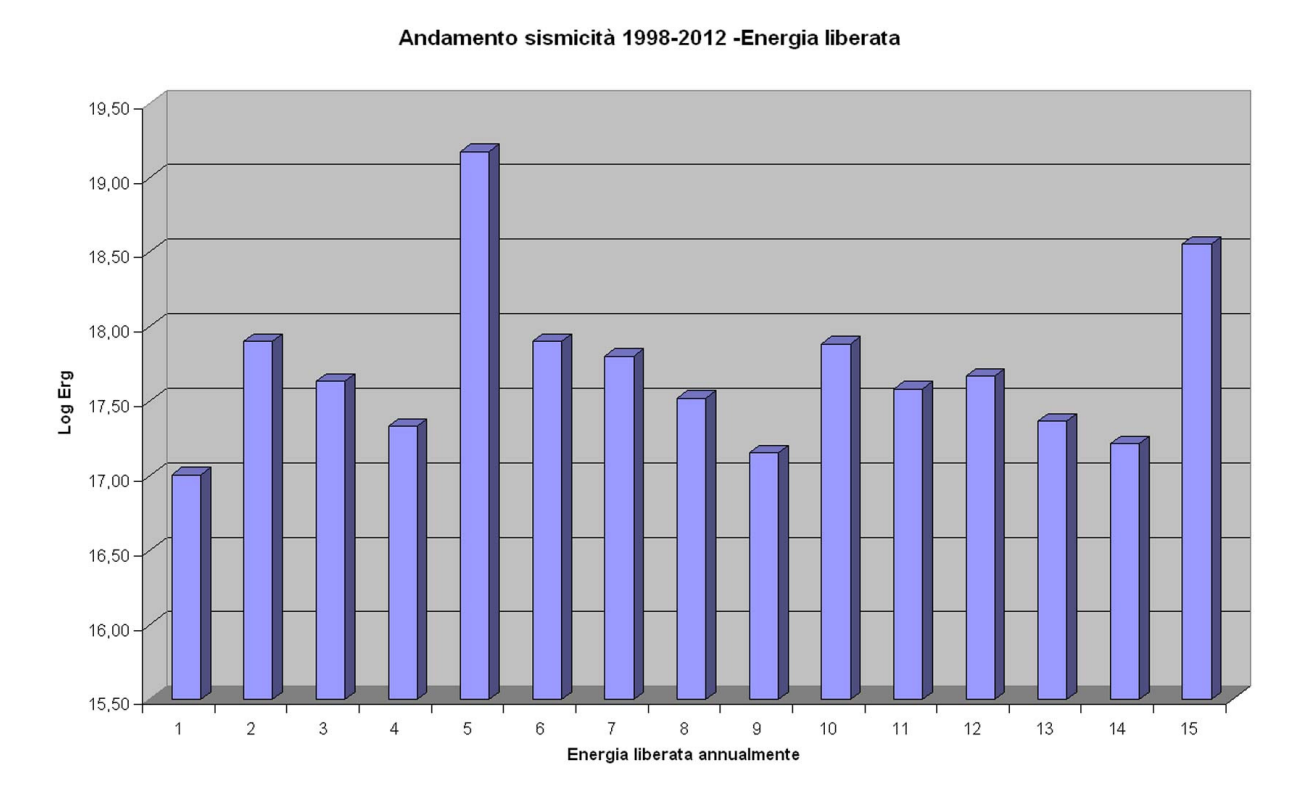

Fig. 7 – *Andamento della sismicità rilevata in regione Friuli Venezia Giulia dall'agosto 1998 al dicembre 2012, espressa in valore di logaritmo della quantità di Erg su base annuale*

Al fine di cercare un'interpretazione plausibile per quanto sembra suggerire l'andamento della sismicità osservata dal punto di vista delle energie rilasciate, si può considerare l'ipotesi di un'interazione complessa, all'interno della regione Friuli Venezia Giulia, della parte sommitale della placca apula altrimenti detta microplacca adriatica, la quale sembra muoversi in forma abbastanza compatta.
Pare emergere infatti il fatto che la placca adriatica, nel complesso movimento indicato anche dagli studi recenti ottenuti dai dati GPS, si muova generando contemporaneamente tensioni in diversi punti della regione, e con un moto discontinuo che probabilmente dipende dalle sollecitazioni delle altre placche che interagiscono con essa a livello più esteso.

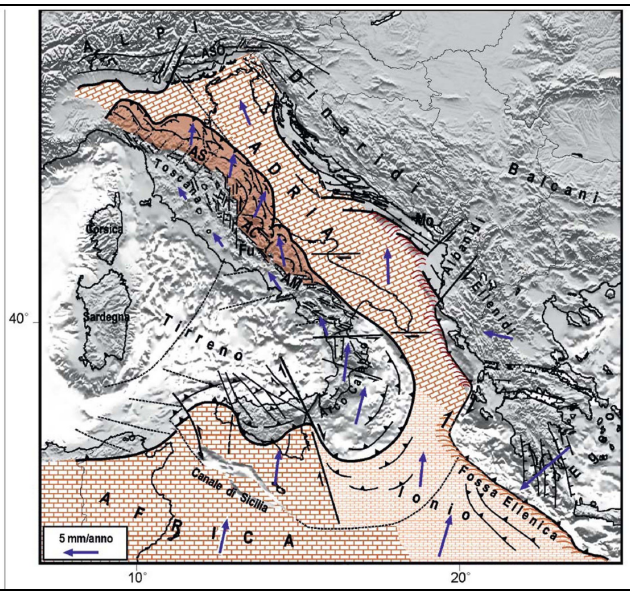

Fig. 8 – *Struttura della placca adriatica (Placca Apula)*
Fonte: E. Mantovani - Atti del GNGTS 2012

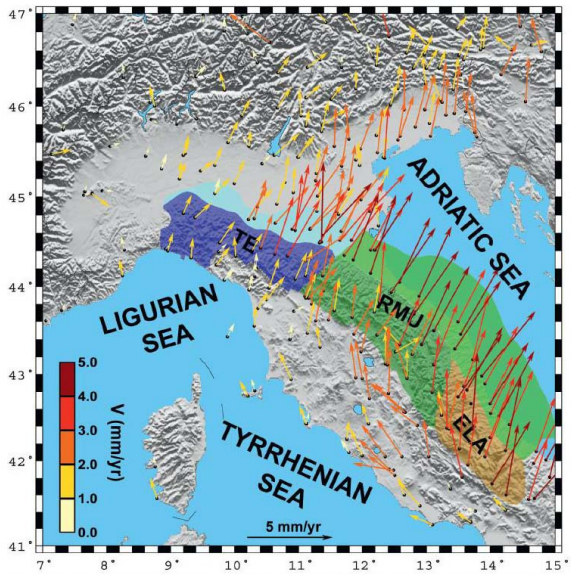

Fig. 9 – *Velocità residuali GPS rilevate con riferimento alla placca eurasiatica*
Fonte: N. Cenni et al. – Atti del GNGTS 2012

Osservando il grafico dell'andamento mensile, diversi punti sembrano indicare un aumento delle energie. Aumento che pare rivelarsi come precursore di eventi di maggior energia accaduti entro uno o due mesi dall'aumento stesso. In altri punti però tale aumento non ha preceduto ulteriori rilasci di energia rilevante.
Un'ulteriore considerazione può derivare dall'andamento più generale. Sembra infatti che dal 1998 ad oggi, le quantità medie di energia rilasciata siano pressoché costanti, permettendo di intuire che, almeno a livello annuale, quella rilevata sia una specie di energia minima costante, lasciando pensare che lo stato attuale del periodo sia caratterizzato dal rilascio di basse energie corrispondente al periodo mediano posto tra due eventi rilevanti. Questo periodo, in genere, può essere contrastato da eventi di media intensità (come la scossa di Barcis del giugno 2012) che però tendono a segnalare il progressivo accumulo di energia che successivamente potrebbe sfociare in un evento più rilevante e distruttivo.

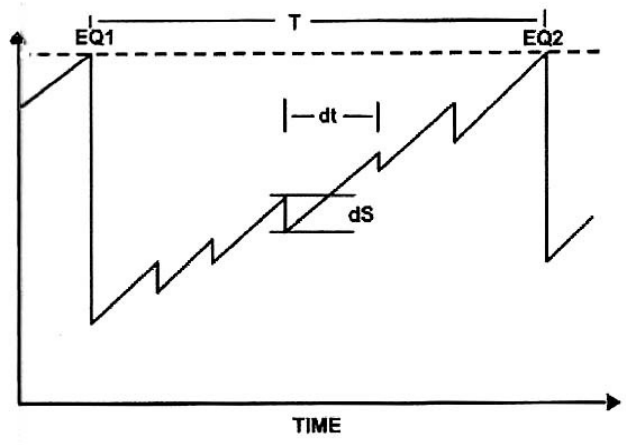

Fig. 9 - Diluizione dei tempi di accadimento di due eventi dovuta alla sismicità minore
Fonte: Hori e Oike 1999

Se consideriamo l'andamento annuale dal 2007 al 2011, invece, notiamo una costante diminuzione dell'energia rilasciata. La diminuzione sarebbe evidente anche nel corso del 2012 se non si tenesse conto dell'evento di giugno.
Va anche altresì considerata l'ipotesi dei gap sismici. L'evento del giugno 2012 di Barcis, si colloca all'interno di un periodo di basso rapporto di energia rilasciata, come si evidenzia nel grafico annuale sopra riportato. Si può ragionevolmente ritenere che l'accumulo di energia sia pressoché costante e che l'evento di Barcis ne sia una conferma, dato che ha rilasciato una parte di energia accumulata in precedenza.

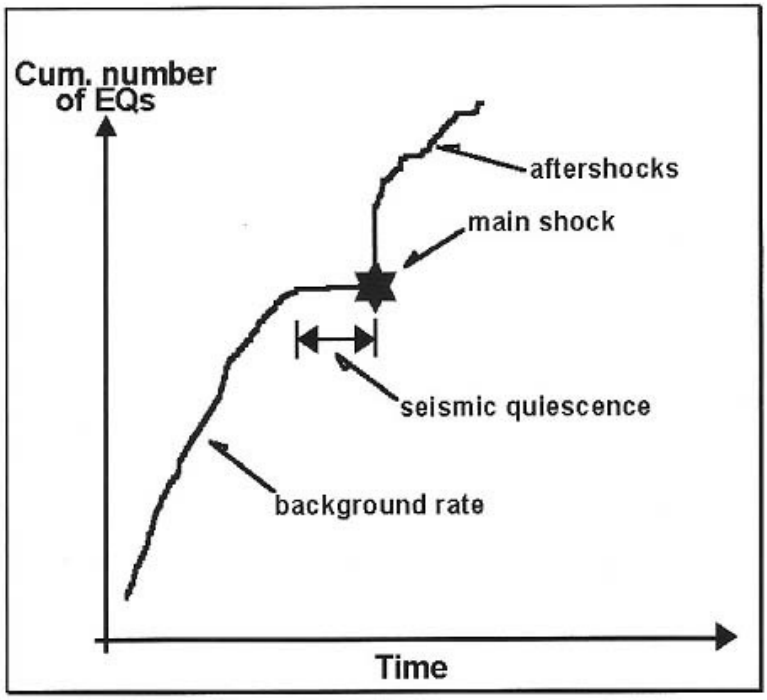

Fig. 10 Esempio di andamento sismico con periodo di quiescenza
Fonte: Mizoue et al. 1978.

In definitiva, lo studio effettuato, evidenzia ancora una vota quanto sia difficile trovare delle corrispondenze che possano identificare possibili incrementi pericolosi dell'attività sismica, nonostante siano abbastanza identificabili, all'interno dell'intervallo di tempo considerato, periodi con aumenti più o meno evidenti o rapidi.
Si desidera evidenziare, tuttavia, che è possibile effettuare questo tipo di studio utilizzando anche dati ottenuti con metodi amatoriali, purché gli strumenti utilizzati abbiano sostenuto un minimo processo di calibrazione, magari solo sulla base di un abbondante numero di confronti tra le risposte strumentali ottenute e i dati ufficiali disponibili in rete. Infatti, non essendo necessaria un'estrema precisione nel calcolo dell'energia rilasciata e conseguentemente nella formazione del grafico, è pur sempre indispensabile una certa omogeneità nei valori dei dati ottenuti.

In conclusione si ritiene importante sottolineare che il tema della prevenzione, da sempre sottovalutato, sia l'unica arma in grado di fornire risposte concrete alla popolazione.
Si rende infatti indispensabile una maggiore consapevolezza, che si può ottenere solo con un aumento della diffusione della cultura sul rischio sismico mediante un'informazione corretta ed estesa.
La prevenzione e l'aumento della consapevolezza, a parere dello scrivente, si può ottenere anche con scelte concrete, adottando, per esempio, un sistema di allertamento costituito da una serie di soglie di attenzione il cui raggiungimento preveda degli opportuni provvedimenti conseguenti.
Di seguito un possibile esempio basato sulla probabilità che un evento sismico si ripeta, ritmicamente nella stessa zona, in seguito all'accumulo di energia dovuta al costante movimento delle placche tettoniche.

LIVELLO 1:	Periodo statistico di possibile ritorno di evento rilevante prossimo al termine. Assenza di segnali possibili precursori.	Stato di allerta minimo. Monitoraggio costante della situazione. Effettuazione di prevenzione mediante incontri didattici nelle scuole.
LIVELLO 2:	Oltre il termine di ritorno statistico Episodi sismici occasionali in atto con eventi non superiori a M. 3 Richter Assenza di segnali precursori	Stato di allerta medio. Comunicazioni alla popolazione mediante incontri didattici tenuti da esperti del settore.

LIVELLO 3:	Oltre il termine di ritorno statistico Episodi sismici ripetuti con eventi che raggiungono M. 3 – 3.5 Altri segnali di possibili precursori rilevati ma non evidenti	Stato di allerta medio - alto. Comunicazioni alla popolazione sulle precauzioni possibili e sui comportamenti utili in caso di evento. Invio a predisporre kit di emergenza.
LIVELLO 4:	Oltre il termine di ritorno statistico Sequenza sismica riconosciuta con eventi non superiori a M. 3 – 3.5 Presenza di fenomeni di subsidenza, rilevazioni anomale elettromagnetiche e del gas radon	Stato di allerta elevato. Comunicazioni alla popolazione sui comportamenti utili in caso di evento. Invio a predisporre kit di emergenza. Allertamento squadre comunali di protezione civile, verifiche di operatività, verifica attuabilità piani di emergenza.
LIVELLO 5:	Oltre il termine di ritorno statistico Sequenza sismica riconosciuta con eventi anche superiori a M. 3 – 3.5 Fenomeni di subsidenza - anomalie elettromagnetiche e del gas radon – gap sismici – ecc. Presenza di disturbi nelle radiocomunicazioni Anomalie nel comportamento degli animali	Stato di allerta altissimo. Incontri con la popolazione con diffusione di informazioni complete. Invito perentorio a predisporre kit di emergenza. Allertamento squadre comunali di protezione civile, verifiche di operatività, verifica attuabilità piani di emergenza.

Si ritiene infatti necessario, una volta adottata una coerente serie di livelli di attenzione, poter comunicare alla popolazione l'adozione della procedura, allo stessa stregua di un Piano di Protezione Civile, o meglio integrata nello stesso, e, considerato l'elevato livello di incertezza che attualmente esiste nella previsione di eventi sismici rilevanti, evitare comunicazioni inutili o dannose e sopratutto che non siano comunicate da esperti. Tale presa di posizione potrebbe consentire di iniziare a gestire, nel miglior modo possibile e con la collaborazione di tutti i cittadini, eventuali stati di allerta elevati.

La prevenzione sotto forma di diffusione delle conoscenze, sullo stato dell'arte dei rapporti scientifici connessi ai terremoti e delle contromisure possibili, per ogni livello di preallerta, potrebbe finalmente costituire quel salto di livello culturale che è richiesto a tutti noi per poter giungere più preparati al prossimo appuntamento.

Pozzuolo del Friuli, 12.02.2013

Bibliografia

B. Gutenberg and C.F. Richter, Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, 2nd ed. (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1954), pages 17-19 ("Frequency and energy of earthquakes").
http://wwww.archive.org/stream/seismicityofthee009299mbp/seismicityofthee009299mbp_djvu.txt

Hori, T., Oike, K., 1999. A physical mechanism for temporal variations in seismicity in Southwest Japan related to the great interplate earthquakes along the Nankai trough. Tectonophysics, 308, pp. 83-98.
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040195199000797

Mizoue, M., Nakamura, M., Ishiketa, Y., and Seta., N., 1978. Earthquake prediction from Micro-earthquake observation in the vicinity of Wakayama City, Northwestern part of the Kii Peninsula, Central Japan., In: Progress in Earthquake Prediction Research. Ed. Vogel A., F. Vieweg and Son, Braunschweig, Wiesbaden, pp. 51-85.
https://www.jstage.jst.go.jp/pub/html/AY03S050_en.html

C. Thanassoulas, 2007. Short-term Earthquake Prediction – H. Dounias & Co. Greece, pp 299.

N. Cenni, E. Mantovani, P. Baldi, M. Viti, D. Babbucci, M. Bacchetti and A. Vannucchi, 2012. Horizontal and vertical kinematics in the central and northern Italy from GPS observations: tectonic implications - Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida – Convegno n. 31, pp. 277.

E. Mantovani 2012 - Previsione dei terremoti in Italia: il metodo deterministico come strada maestra – Lectio magistralis - Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida – Convegno n. 31, pp. XVI

A. Rebez (su istigazione di M. Stucchi) Analisi dei tempi medi di ritorno dedotti dai tassi di sismicità PE98 - Progetto 5.1.1 UR OGS TS - 01 ottobre 1999
http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/P511/OGS_TS_Rebez/rel991001.html

I dati relativi agli eventi sismici dal 1998 al 2011 sono stati rilevati dal sito del Centro Ricerche Sismologiche di Udine http://www.crs.inogs.it/ alla pagina “Bollettini”.
I dati relativi agli eventi del 2012 derivano dalle rilevazioni della rete FESN. Magnitudo e localizzazione di tali eventi derivano dai dati del CRS di Udine.