

## STIMA RAPIDA DELLA $M_W$ PER LA MICROSISMICITÀ REGISTRATA NELL'AREA DI COLLALTO (TV)

L. Moratto<sup>1</sup>, A. Lanzoni<sup>1,2</sup>, E. Priolo<sup>1</sup>, M.A. Romano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS, Trieste, Italy

<sup>2</sup> Università di Trieste, Trieste, Italy

L'iniezione e l'estrazione di fluidi nel sottosuolo può far variare la pressione dei fluidi in profondità rendendo instabili eventuali faglie e aumentando la possibilità di innescare terremoti. Lo studio della sismicità locale, e in particolare della microsismicità, nelle aree in cui tali attività sono sviluppate, sono elementi essenziali per discriminare tra eventi naturali e terremoti eventualmente indotti. In questo contesto, la magnitudo da momento ( $M_W$ ) è un parametro chiave sia per valutare il bilancio energetico e gli sforzi coinvolti nel processo di rottura del terremoto, sia per valutare accuratamente il rischio sismico correlato. Disporre di procedure rapide per la stima della  $M_W$  è estremamente importante, dato che questa grandezza fornisce una stima accurata dell'energia sismica effettiva rilasciata durante un terremoto, anche in caso di piccoli eventi (Moratto *et al.*, 2017).

In questo studio abbiamo stimato la  $M_W$  per la microsismicità registrata in oltre sei anni attorno al sito di stoccaggio sotterraneo di gas presente nell'area di Collalto (Italia nord-orientale) che è monitorata da una rete sismica dedicata - RSC (Priolo *et al.*, 2015). L'area di Montello-Collalto, dove viene svolta questa attività industriale, è densamente popolata e caratterizzata da un rilevante rischio sismico (Romano *et al.*, 2019).

In questo studio abbiamo applicato l'approccio proposto da Atkinson *et al.* (2014) basato sull'uso di spettri di risposta per i quali è stato proposto un rapporto di scalatura con  $M_W$  pari a  $3/2$ . In questo lavoro, abbiamo innanzitutto verificato sperimentalmente che questa relazione è valida analizzando i segnali verticali registrati da una specifica stazione per una sequenza sismica avvenuta nel 2015 nell'area di studio. Poi, abbiamo esteso la procedura originariamente proposta da Moratto *et al.* (2017) per l'Italia nord-orientale al fine di rendere più efficace la stima di  $M_W$  per la microsismicità ( $M_W < 1.5$ ) utilizzando lo spettro di risposta calcolato a un periodo più corto, cioè a 0.1 s (SA01). Nonostante la stima di  $M_W$  derivata da SA01 sia caratterizzata da una maggiore incertezza, questo sviluppo ci consente di stimare il momento sismico fino a un valore minimo di magnitudo di 0.4. Inoltre, abbiamo introdotto all'interno della procedura la correzione relativa alla risposta di sito per eliminare gli effetti di amplificazione locale e la distorsione spettrale dovuta all'installazione in profondità dei velocimetri del pozzo. Questa

ulteriore correzione migliora significativamente i risultati finali, come evidenziato dal confronto con la magnitudo da momento stimata da Moratto *et al.* (2019) per un sottoinsieme di eventi.

Utilizzando questo nuovo approccio, abbiamo stimato  $M_w$  per 1659 dei 1773 terremoti presenti nel catalogo originale, con una percentuale di successo del 94%. L'intervallo di magnitudo stimata varia dall'originale  $-1.8 \leq M_L \leq 3.8$  a  $0.4 \leq M_w \leq 3.5$ .

La regressione ortogonale evidenzia che  $M_w$  e  $M_L$  sono correlate linearmente con un coefficiente angolare di  $2/3$ , analogamente a quanto osservato in altre aree, ma con un valore di intercetta sull'asse  $M_L$  pari a 0.82, che è un valore leggermente maggiore rispetto a quello calcolato da Moratto *et al.* (2017) per l'Italia nord-orientale. Questa modesta variazione può essere correlata o alle diverse proprietà di attenuazione del mezzo di propagazione tra le due aree di interesse, considerando la banda di frequenza più elevata e l'intervallo di distanza più breve intrinseche adottate in questo studio, o ad alcune differenze nelle procedure utilizzate per stimare  $M_L$  dalle reti sismiche della RSC e dell'OGS per l'Italia nord-orientale. In ogni caso, il fattore di scala di  $2/3$  è in accordo con il valore previsto dai modelli teorici e con quanto osservato negli studi precedenti, e conferma l'efficacia della procedura proposta nello stimare  $M_w$  dai valori di SA anche per i microterremoti. I residui di magnitudo in funzione della distanza rimangono perlopiù costanti, tranne a distanza ipocentrale minore di 10 km, dove gli effetti di near-field (non considerati in questo studio) possono avere un impatto importante.

Abbiamo infine stimato, per il nuovo dataset, la relazione frequenza-magnitudo per valutare la magnitudo di completezza ( $M_c$ ) e i parametri della Gutenberg-Richter (valori  $a$  e  $b$ ) utilizzando  $M_w$ , e confrontato i risultati ottenuti con quelli basati su  $M_L$ . La differenza riscontrata nella stima di tutti i parametri, ma soprattutto del valore  $b$ , ci spinge ad evidenziare le possibili conseguenze che possono derivare dall'uso di  $M_w$  anziché  $M_L$ , o, peggio, dal mescolare i due tipi di magnitudo, nella valutazione della pericolosità sismica (Deichmann, 2017). Poiché  $M_L$  porta a stimare la dimensione della porzione di faglia soggetta a rottura in maniera non consistente se applicata alla microsismicità o a terremoti più forti (Deichmann, 2018), ne consegue che è preferibile stimare i parametri della relazione Gutenberg-Richter ( $a$  e  $b$ ), nonché la magnitudo di completezza, esclusivamente sulla base della relazione frequenza- $M_w$ . Ricordiamo che disporre di una stima affidabile del valore del coefficiente  $b$  è importante anche per discriminare la sismicità indotta da quella naturale (Stabile *et al.*, 2014; Goebel *et al.*, 2016).

Sottolineiamo, infine, che la nostra procedura può entrare a far parte delle analisi standard effettuate in tempo reale nell'ambito del monitoraggio di attività industriali in grado di innescare sismicità, soprattutto quando svolte in regioni tettonicamente attive; tale procedura infatti potrebbe essere un fondamentale aiuto nell'interpretare l'origine della microsismicità, supportando più efficacemente eventuali processi decisionali (come ad esempio i protocolli a semaforo).

## Bibliografia

- Atkinson G.M., Greig W.D. and Yenier E.; 2014: Estimation of moment magnitude (M) for small events (M<4) on local networks. *Seismol. Res. Lett.*, **85**, 1116-1124.
- Deichmann N.; 2017: Theoretical basis for the observed break in ML/Mw scaling between small and large earthquakes. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **107**, 505-520.
- Deichmann N.; 2018: The relation between ME, ML and Mw in theory and numerical simulations for small to moderate earthquakes. *J. Seismol.*, **22**, 1645-1668.
- Goebel T.H.W., Hosseini S.M., Cappa F., Hauksson E., Ampuero J.P., Aminzadeh F. and Saleeby J.B.; 2016: Wastewater disposal and earthquake swarm activity at the southern end of the Central Valley, California. *Geophys. Res. Lett.*, **43**, 1092-1099.
- Moratto L., Saraò A. and Priolo E.; 2017: Moment magnitude ( $M_w$ ) estimation of weak seismicity in Northeastern Italy. *Seism. Res. Lett.*, **88**, 1455-1464.
- Moratto L., Romano M.A., Laurenzano G., Colombelli S., Priolo E., Zollo A., Saraò A. and Picozzi M.; 2019: Source parameter analysis of microearthquakes recorded around the underground gas storage in the Montello-Collalto Area (Southeastern Alps, Italy). *Tectonophysics*, **762**, 159-168.

- Priolo E., Romanelli M., Plasencia Linares M.P., Garbin M., Peruzza L., Romano M.A., Marotta P., Bernardi P., Moratto L., Zuliani D. and Fabris P.; 2015: Seismic monitoring of an underground natural gas storage facility: The Collalto Seismic Network. *Seism. Res. Lett.*, **86**, 109–123.
- Romano M.A., Peruzza L., Garbin M., Priolo E. and Picotti V.; 2019: Microseismic Portrait of the Montello Thrust (Southeastern Alps, Italy) from a Dense, High-Quality Seismic Network. *Seism. Res. Lett.*, **90**, 1502-1517.
- Stabile T.A., Giocoli A., Lapenna V., Perrone A., Piscitelli S. and Telesca L.; 2014: Evidence of Low-Magnitude Continued Reservoir-Induced Seismicity Associated with the Pertusillo Artificial Lake (Southern Italy). *Bull. Seism. Soc. Am.*, **104**, 1820–1828.