

MONITORAGGIO SISMICO DELLO STOCCAGGIO DI GAS DI COLLALTO (TV) – L'ESPERIENZA DI OLTRE 6 ANNI

E. Priolo, M.A. Romano, L. Peruzza, M. Romanelli, M. Garbin, D. Sandron

CRS (Sezione Centro Ricerche Sismologiche), OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale), Udine e Trieste, Italy

Collalto stoccaggio è una delle 15 concessioni per lo stoccaggio di gas in giacimento attive in Italia. Tutte queste concessioni sfruttano giacimenti naturali di gas esauriti che vengono riempiti ad una pressione minore o uguale di quella originaria.

La concessione di Collalto, affidata a Edison Stoccaggio Spa, si trova nell'omonima località della Regione Veneto (Fig. 1), in un'area caratterizzata da pericolosità sismica medio-elevata (Gruppo di Lavoro MPS, 2004) e sede di terremoti storici con $M > 6$ (Rovida *et al.*, 2016), caratteristica non infrequente nel territorio italiano.

Il serbatoio naturale si trova a circa 1,5-1,6 km di profondità, ed è costituito da rocce porose e permeabili sigillate da formazioni impermeabili piegate ad anticlinale, in cui il gas metano è rimasto intrappolato fino al momento del suo ritrovamento e successivo sfruttamento per produzione. Le attività di stoccaggio, che a Collalto sono in essere dal 1994, sono gestite secondo cicli stagionali che prevedono l'iniezione di gas durante la primavera-estate, quando l'offerta è maggiore della domanda, e la sua estrazione in autunno-inverno, quando il fabbisogno energetico aumenta soprattutto per l'uso di riscaldamento.

Alla fine del 2011 l'impianto di stoccaggio di Collalto è stato potenziato per aumentare la capacità di immagazzinamento del serbatoio, attraverso l'incremento della pressione del gas fino al 100% del suo valore iniziale (160 bar). A seguito di questo potenziamento, che pure rispetta le condizioni originarie del giacimento, il Ministero dell'Ambiente ha prescritto la realizzazione di un monitoraggio sismico locale, con lo scopo di verificare l'eventuale insorgenza di sismicità indotta.

La Rete Sismica di Collalto è l'infrastruttura di monitoraggio sismico realizzata e gestita dall'OGS nell'area della concessione di stoccaggio di Collalto (OGS-RSC Working Group, 2012; Priolo *et al.*, 2015). Si tratta di una rete sismica di elevata qualità (registrata con codice EV dalla Federazione Internazionale delle Reti di Sismografi Digitali – FDSN) composta da 10 stazioni (codici stazione ED, Fig. 1) tutte dotate di sensori sismometrici collocati in pozzo,

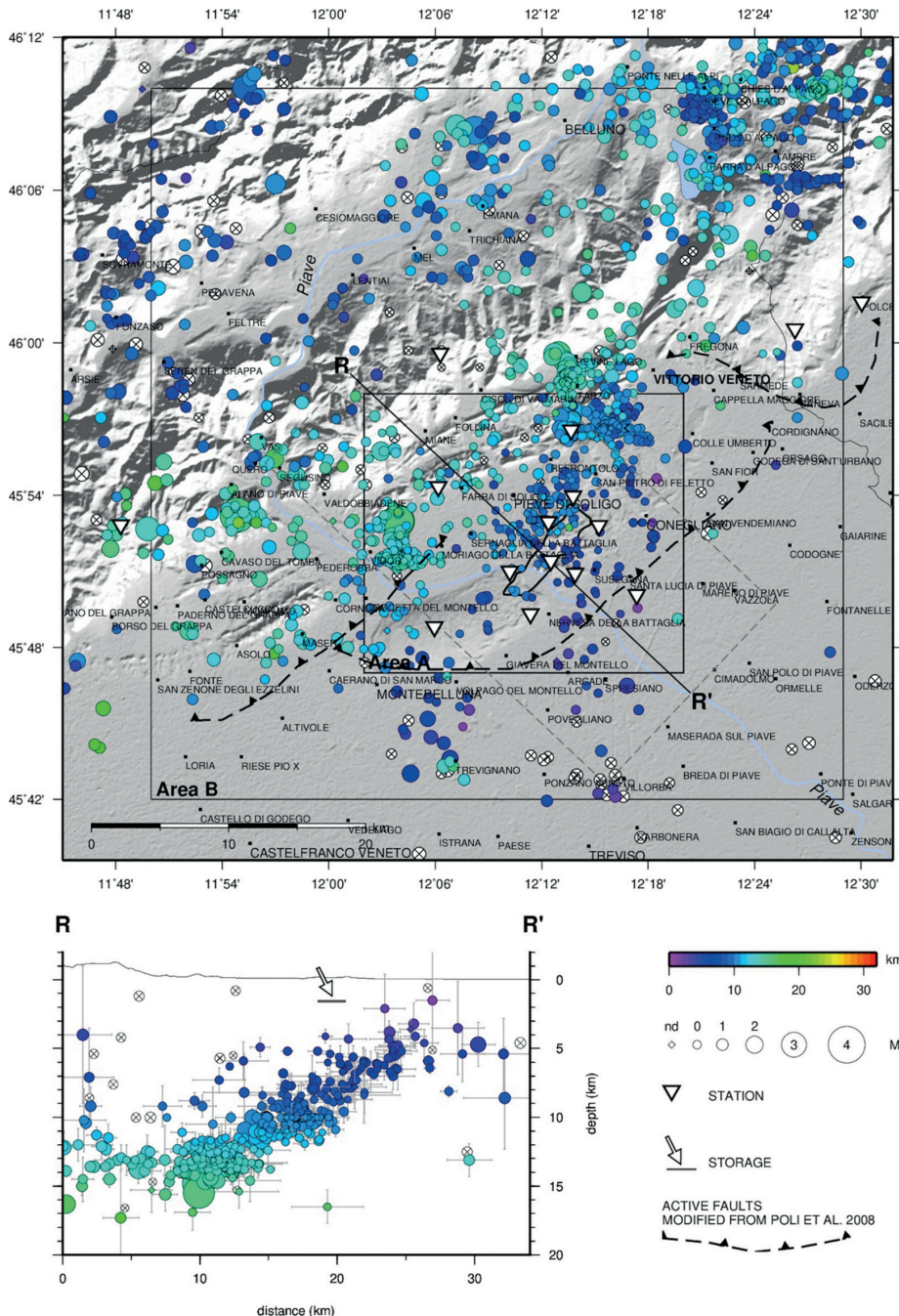


Fig. 1 - Sismicità localizzata dalla RSC nel periodo 1/1/2012-31/3/2018 rappresentata in mappa e in sezione. I cerchi rappresentano gli eventi per i quali è stata stimata la magnitudo; i rombi, quelli per i quali non è stato possibile stimare la magnitudo. La dimensione e il colore dei simboli che rappresentano gli eventi, ne indicano rispettivamente la magnitudo e la profondità. I cerchi bianchi crociati rappresentano gli eventi con errore statistico di localizzazione > 3 km in orizzontale o > 5 km in verticale. In pianta: i triangoli rappresentano le stazioni sismiche; la linea nera continua, al centro dell'area A, indica la proiezione superficiale del serbatoio di stoccaggio (dati da Edison Stoccaggio S.p.A.); la linea nera tratteggiata racchiude la sismicità rappresentata nella sezione in basso. In sezione: la freccia indica il serbatoio di stoccaggio; le croci sovrapposte ai cerchi indicano l'errore statistico di localizzazione degli eventi sismici; la linea rossa tratteggiata racchiude l'area con raggio di 3 km dal serbatoio di stoccaggio di Collalto.

e nella metà dei casi dotate di accelerometri posti in superficie. 9 stazioni sono attrezzate con sensori velocimetrici a periodo esteso ($T = 10$ s o 30 s) installati in pozzo a profondità variabili tra 14 e 155 m. 4 di queste stazioni hanno accelerometri in superficie. Una stazione è equipaggiata con un sismometro a banda larga ($T = 120$ s) e un accelerometro, entrambi installati in un pozzo ispezionabile a 5 m di profondità. Tutte le stazioni trasmettono i dati in continuo in tempo reale, con campionamento a 200 Hz per i sismometri e 100 Hz per gli accelerometri.

Le stazioni della RSC sono molto ravvicinate sopra il serbatoio, con un'inter-distanza di 3-4 km, mentre si diradano nell'area circostante, per integrarsi gradualmente con le stazioni delle altre reti (regionale e nazionale) ivi esistenti.

Questa configurazione, nel suo insieme, conferisce alla rete caratteristiche di elevate sensibilità e dinamica, indispensabili per la rilevazione di eventi sia forti sia deboli nell'area di maggiore interesse per il rilevamento della sismicità eventualmente indotta (area A, centrata sul serbatoio ed estesa 20 km x 20 km) e in un'area più ampia di interesse per il riconoscimento della sismicità naturale (area B, estesa 50 km x 50 km, che include alcuni terremoti storici con $M > 6$), e un potere di risoluzione adeguato a localizzare la microsismicità nello stretto intorno del serbatoio.

La RSC è in funzione dal 1/1/2012, e le sue caratteristiche hanno anticipato molti di quelli che saranno i requisiti tecnici descritti nelle Linee Guida (LG) ministeriali per i monitoraggi nell'ambito delle attività antropiche (MiSE, 2014). Infatti, ad eccezione di alcuni dettagli di ordine minore come ad esempio la presenza in tutti i siti-stazione di un accelerometro, la rete è ampiamente conforme a molti dei principali requisiti stabiliti dalle LG, quali: 1) l'efficienza con cui viene svolto il monitoraggio della microsismicità intorno al giacimento; 2) l'istituzione di un servizio di reperibilità attivo H24; 3) la disseminazione di dati (registrazioni in continuo e catalogo dei terremoti) e informazioni aggiornate riguardanti il monitoraggio sismico tramite sito web dedicato (<http://rete-collalto.crs.inogs.it>). Non a caso, l'esperienza dell'OGS a Collalto costituisce un modello di monitoraggio a cui sia le LG sia successivi progetti fanno riferimento.

In oltre 6 anni di acquisizione, dal 1/1/2012 al 31/3/2018, la RSC ha localizzato in tutta l'area monitorata 1706 terremoti, la maggior parte dei quali caratterizzati da profondità ipocentrale variabile tra 5-15 km (Fig. 1). Le localizzazioni sono basate su picking manuale dei tempi di arrivo delle fasi P e S. In particolare, le posizioni ipocentrali dei 642 eventi localizzati in area A (Fig. 1) hanno in media (\pm deviazione standard) $RMS = 0,09$ s ($\pm 0,07$ s), $GAP = 190$ (± 74) ed $ERR = 0,9$ km ($\pm 1,0$ km) sia in orizzontale, sia in verticale.

La magnitudo locale degli eventi localizzati nell'area di Fig. 1 varia tra $-1,8 \leq M_L \leq 3,8$, ed è stimata applicando la legge di attenuazione calibrata per l'Italia nord-orientale da Bragato e Tento (2005) e correzioni di stazione calcolate a posteriori sui dati rilevati. La magnitudo di completezza stimata è $M_c = 0,2$ in area A e $M_c = 0,6$ in area B, e conferma l'elevata capacità della rete di rilevare e localizzare microterremoti.

Per quanto riguarda la possibile esistenza di una correlazione tra la sismicità rilevata dalla RSC e l'attività di stoccaggio, sono stati valutati diversi aspetti.

Primo in assoluto è la localizzazione ipocentrale degli eventi sismici rispetto alla posizione del serbatoio. Nel catalogo sismico compilato fino ad oggi, tutti i terremoti si trovano a distanza maggiore di 3 km dal bordo del giacimento, eccetto due eventi debolissimi ($M_L -0,5$ e $0,2$) che non consentono di eseguire alcuna valutazione circa una possibile correlazione statistica tra la sismicità locale e le attività di stoccaggio svolte. Considerando che le LG (MiSE, 2014) indicano 2-3 km come la distanza entro cui possono manifestarsi terremoti indotti da attività di stoccaggio, possiamo quindi propendere per un'origine naturale di tutta la sismicità localizzata nell'area monitorata.

In secondo luogo, si può osservare che i picchi del tasso di sismicità rilevati in area A non sono avvenuti sistematicamente durante una particolare fase di attività o uno specifico stato di pressione, ma indifferentemente nei periodi di estrazione o iniezione del gas, oltre che in corrispondenza di valori di pressione diversi tra loro, e né massimi, né minimi.

Inoltre, è stata valutata la possibile correlazione tra i dati di pressione del gas e il tasso di attività sismica rilevato in area A, adottando l'approccio di tipo statistico di cross-correlazione proposto da Oprsal e Eisner (2014). Il valore massimo di cross-correlazione ottenuto pari a 0.2 suggerisce l'indipendenza tra i due processi considerati.

È stata poi applicata la tecnica di modellazione numerica di Wang e Kumpell (2003) per simulare la diffusione della pressione poro-elastica, a partire da un modello di giacimento con geometria molto semplice e assunto in uno stato di sovrappressione (100 bar) rispetto al volume circostante. Le curve di propagazione della sovrappressione di poro ottenute sono state quindi confrontate con l'andamento spazio-temporale della sismicità occorsa in due periodi (aprile-settembre 2014 e aprile-settembre 2015) caratterizzati dall'occorrenza di sequenze sismiche nell'area prossima al serbatoio (Area A, Fig. 1). Il risultato è che in nessuno dei due casi i cluster di sismicità si trovano nella regione spazio-tempo in cui la perturbazione della pressione di poro avrebbe potuto generare sismicità indotta.

L'origine naturale (tettonica) degli eventi localizzati dalla RSC è d'altro canto supportata dal fatto che gli ipocentri si allineano lungo una superficie che si approfondisce da SE verso NO (Fig. 1), e che ragionevolmente corrisponde a uno dei piani di sovrascorrimento presenti nell'area (Burrato *et al.*, 2008; Romano *et al.*, 2015).

Bibliografia

- Bragato P. L. and Tenta A.; 2005: *Local magnitude in northeastern Italy*. Bull. Seismol. Soc. Am., 95 (2), 579–591.
- Burrato P., Poli M. E., Vannoli P., Zanferrari A., Basili R. and Galadini F.; 2008: *Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: An updated view based on geological and seismological evidence*. Tectonophysics, 453, 157–176.
- 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.
- MiSE; 2014: *Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche*. Ministero Sviluppo Economico, Commissione Idrocarburi e Risorse Minerarie (CIRM), 38 pp., unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenda/upload/85_238.pdf.
- OGS-RSC Working Group; 2012: *Rete Sismica di Collalto* - <http://rete-collalto.crs.inogs.it>. Doi:10.7914/SN/EV
- Oprsal I. and Eisner L.; 2014: *Cross-correlation—an objective tool to indicate induced seismicity*. Geophysical Journal International, 196 (3), 1536–1543.
- 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 (1), 109–123 + esupp, doi: 10.1785/0220140087.
- Romano M. A., Peruzza L., Priolo E., Garbin M., Picotti V., Guido F.L. and Ponzà A.; 2015: *Preliminary imaging of active faults in the Montello-Collalto area (Southeastern Alps, Italy) by a high sensitivity seismometric network*. Abstract Volume 6th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archaeoseismology, Miscellanea INGV, vol. 27, 410–413.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B. and Gasperini P. (eds); 2016: *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>
- Wang R. and Kumpel H.J.; 2015: *Poroelasticity: Efficient modelling of strongly coupled, slow deformation processes in a multilayered half-space*. Geophysics, 68(2), 705–717.