

ANALISI DI STABILITÀ E VALUTAZIONE DI PERICOLOSITÀ RELATIVA A EVENTI DI FRANA SOTTOMARINA CAPACI DI GENERARE MAREMOTI NELL'AREA DI GELA E DI CAPO RIZZUTO

G. Pagnoni¹, F. Zaniboni¹, M.A. Paparo¹, A. Armigliato¹, S. Tinti¹, A. Argnani², M. Rovere², T. Gauchery²

¹ DIFA, Università di Bologna, Bologna, Italy

² ISMAR-CNR, Bologna, Italy

Utilizzando i risultati del progetto EASME-HRSM, di cui il CNR è coordinatore per la zona Centro Mediterranea, sono state riconosciute diverse evidenze di trasporto di massa lungo i margini continentali ed in particolare lungo le scarpate situate a poca distanza dalle coste italiane. L'analisi dei dati ha portato all'individuazione di due aree su cui concentrare lo studio della pericolosità legata a frane sottomarine, capaci di generare maremoti, cioè il Golfo di Gela e la zona di Capo Rizzuto. Per queste zone abbiamo elaborato complessivamente tre scenari di maremoto, due per la prima ed uno per la seconda.

Nella prima zona sono state riconosciute alcune nicchie di distacco collocate lungo l'estesa scarpata a sud della costa siciliana meridionale (denominata Gela Basin Margin, GBM), che si caratterizza per una elevata pendenza e si sviluppa da una profondità di 200 m fino ad 800 m, andando ad interrompere l'ampio plateau che si estende tra le coste siciliane e quelle maltesi. L'area è caratterizzata da numerose frane sottomarine di varie dimensioni, alcune delle quali emergono chiaramente dai dati batimetrici acquisiti dal CNR con ecoscandaglio multifascio.

I lavori di Minisini *et al.* (2007) e Kuhlmann *et al.* (2017) descrivono dettagliatamente la morfologia della parte settentrionale del GBM e ne ricostruiscono la complessa dinamica di franamento, evidenziando la presenza di due frane che, per la vicinanza e per le caratteristiche, sono denominate Twin Slides. Per la valutazione della pericolosità da tsunami, si è scelto di studiare la più settentrionale delle due frane, denominata Northern Twin Slide (NTS), posizionata a una trentina di chilometri a sud della costa del Golfo di Gela e con un volume di poco inferiore a 0.5 km³.

Il secondo scenario elaborato per il golfo di Gela riguarda una frana con un volume di circa 1.5 km³, collocata nella parte più meridionale del GBM, a circa 40 km a nord dell'isola di Gozo (arcipelago di Malta). La presenza di un ampio deposito ai piedi del pendio e l'esistenza di una nicchia semicircolare a una profondità di circa 200 m, con diametro di 7 km, sono le tracce più evidenti di almeno un evento di frana.

Nell'area marina prospiciente Capo Rizzuto, in Calabria, l'analisi di alcuni profili sismici e della morfologia del fondale marino ha permesso riconoscere la dislocazione di una massa di circa 25 km³ che, per tipologia di movimento, può essere classificata come una frana di tipo rotazionale.

L'approccio utilizzato per sviluppare gli scenari prevede differenti fasi che comprendono la generazione della frana, la sua evoluzione, la tsunamigenesi e la propagazione del maremoto. Nei casi in esame, in primo luogo si è proceduto alla ricostruzione del corpo di frana e della morfologia pre-evento, utilizzando le evidenze batimetriche (nicchie) e i depositi. Si è poi studiato la stabilità del pendio mediante una variante del metodo dell'Equilibrio Limite (v. Paparo e Tinti, 2017) e si è ricavata la soglia di PGA (Peak Ground Acceleration) sufficiente ad attivare la frana. Nella fase successiva abbiamo simulato il moto della frana mediante il modello numerico UBO-BLOCK1. Infine abbiamo calcolato la propagazione del maremoto con il modello UBO-TSUFDF e prodotto mappe di pericolosità sulla base delle altezze massime raggiunte dalle onde lungo la costa.

I codici numerici per lo studio della stabilità e del moto della frana, per il calcolo degli impulsi che generano lo tsunami e per la simulazione della propagazione dello tsunami sono stati sviluppati dallo Tsunami Research Team dell'Università di Bologna. Il codice UBO-BLOCK1 calcola il moto della frana, vista come un insieme di blocchi interagenti che si possono deformare conservando tuttavia il volume (Tinti *et al.*, 1997). Ad ogni time step il codice fornisce posizione, velocità e accelerazione di ogni blocco, permettendo quindi di conoscere la posizione, l'area occupata e l'altezza della frana. Il movimento della frana sul fondo marino trasferisce energia all'acqua producendo onde di maremoto. Formalmente, la variazione della profondità marina indotta dal passaggio della frana, filtrata sulla base dello spessore della colonna d'acqua e dell'estensione del footprint, determina il sollevamento o abbassamento del livello del mare e perciò stesso il maremoto (Zaniboni *et al.*, 2016). Il codice UBO-TSUFDF implementa un metodo numerico alle differenze finite per la risoluzione delle equazioni di Navier-Stokes non lineari in approssimazione di acqua bassa (Tinti e Tonini, 2013), e calcola la generazione e propagazione del maremoto fino alle coste. Il lavoro presentato utilizza la tecnica delle griglie innestate per lo studio della pericolosità nelle aree considerate. Le griglie a maggior risoluzione (50 m) sono utilizzate per coprire sia la zona sorgente che le aree costiere dove si focalizza maggiormente l'energia del maremoto. Nel restante dominio si è ritenuto sufficiente utilizzare un passo di griglia di 250 m.

I primi risultati riguardanti la pericolosità sulle coste della Sicilia meridionale evidenziano che le caratteristiche batimetriche del bacino influenzano fortemente la concentrazione dell'energia dello tsunami su alcuni tratti della zona sudorientale del golfo di Gela e delle coste ad ovest del golfo stesso.

Questo studio rientra nelle attività del progetto SPOT (Sismicità Potenzialmente innescabile Offshore e Tsunami) ideato e finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico italiano, con il supporto tecnico del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, per supportare le Autorità italiane nell'applicazione della Direttiva Europea sulla sicurezza delle operazioni in mare nel settore degli idrocarburi (2013/30/EU) e dei decreti italiani che ne derivano (Di Bucci *et al.*, 2107).

Bibliografia

- Di Bucci D., Antoncicchì I., Ciccone F., Teofilo G., Terlizze F., Argnani A., Ligi M., Rovere M., Basili R., Coltelli M., Lorito S., Borzi B., Germagnoli F., Di Ludovico M., Lignola G.P., Prota A.; 2017: *The SPOT project (potentially triggerable offshore seismicity and tsunamis): a first appraisal of the possible impact of oil and gas platforms on the seismic and tsunami risks along the Italian coasts*. Geingegneria Ambientale e Mineraria, 152, 3, 132-138.
- Minisini D., Trincardi F., Asioli A., Canu M., Fogliani F.; 2007: *Morphologic variability of exposed mass-transport deposits on the eastern slope of Gela Basin (Sicily channel)*. Basin Research 19, 217-240, doi: 10.1111/j.1365-2117.2007.00324.x.
- Minisini D., Trincardi F.; 2009: *Frequent failure of the continental slope: The Gela Basin (Sicily Channel)*. J. Geophys. Res., 114, F03014, doi:10.1029/2008JF001037.

- Paparo M.A., Tinti S.; 2017: *Analysis of Seismic-Driven Instability of Mt. Nuovo in the Ischia Island, Italy*. Bull. Seism. Soc. Am., 107, 750-759.
- Tinti S, Bortolucci E, Vannini C.; 1997: *A block-based theoretical model suited to gravitational sliding*. Nat. Hazards 16:1–28.
- Tinti S., Tonini R.; 2013: *The UBO-TSUFDF tsunami inundation model: validation and application to a tsunami case study focused on the city of Catania, Italy*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 1795–1816.
- Zaniboni F., Armigliato A., Tinti S.; 2016: *A numerical investigation of the 1783 landslide-induced catastrophic tsunami in Scilla, Italy*. Nat. Hazards (2016) 84:S455–S470.