



LO TSUNAMI DI MESSINA DEL 1908

Una recente revisione dei dati raccolti dopo il catastrofico evento ha permesso di individuarne la causa in una frana sottomarina

ANDREA BILLI ET AL.

L 28 DICEMBRE 1908, ALLE ORE 5 E 20 CIRCA, un terremoto catastrofico colpì lo Stretto di Messina seminando distruzione e morte nelle città di Messina e Reggio Calabria e nei villaggi vicini (Figure 1a e 1b). Non appena la scossa terminò, alcuni dei sopravvissuti fuggirono dalle case diroccate e cadenti e si rifugiarono nelle adiacenti spiagge nella speranza di trovare un luogo sicuro lontano dagli edifici pericolanti. Pochi minuti dopo il terremoto, però, uno tsunami si abbatté con violenza lungo le coste calabresi e siciliane dello Stretto penetrando nell'entroterra per alcune centinaia di metri e causando nuovamente distruzione e morte tra coloro che erano sopravvissuti al sisma (Figure 1c e 1d). Al termine degli eventi tragici si contarono non meno di 60.000 morti. Nonostante le numerose ricerche scientifiche condotte sulla catastrofe calabro-messinese, la causa dello tsunami è rimasta incerta per circa un secolo così come incerte sono le cause di molti altri tsunami sia storici sia recenti.

Gli tsunami (termine giapponese che significa «onda del porto») sono onde marine anomale, in alcuni casi capaci di abbattersi sulle coste sotto forma di giganteschi muri d'acqua che provocano distruzione e morte oltre a ingenti danni ambientali quali la devastazione delle barriere coralline, la contaminazione delle falde acquifere, l'erosione delle spiagge e la distruzione degli ecosistemi costieri. Solo pochi tsunami sono però sufficientemente alti ed energici da poter provocare effetti di tale entità; molto più frequentemente gli tsunami raggiungono al massimo alcuni centimetri di altezza e vengono registrati solo dai mareografi o da strumenti appositi.

Gli tsunami possono essere generati dalla deformazione del fondale marino (soprattutto da spostamenti verticali dello stesso) in occasione di grandi terremoti (deformazione cosismica), da frane sottomarine o costiere, da eruzioni vulcaniche sottomarine o dalla caduta in mare di grandi meteoriti. La combinazione di due tra le cause sopra menzionate, quali per esempio un terremoto e una frana o un'eruzione vulcanica e una frana, è stata in alcuni casi documentata o ipotizzata. Studiare e comprendere le cause e la meccanica degli tsunami è di fondamentale importanza per assistere gli enti nazionali ed internazionali preposti al monitoraggio degli tsunami nella mitigazione dei rischi connessi con tali eventi.

La deformazione cosismica del fondale marino è considerata da molti come la causa principale della maggior parte degli tsunami.



LIBRARY OF CONGRESS

Alcuni sopravvissuti del terremoto di Messina del 1908 in attesa di soccorsi

Sebbene tale ipotesi sia fondata su numerosi indizi ed evidenze, la connessione causale tra terremoti e tsunami è almeno in parte fittizia e dovuta al fatto che sia i terremoti sia i successivi tsunami sono spesso ampiamente documentati dai loro effetti e accuratamente misurati da appositi strumenti (sismografi e mareografi). Al contrario, le frane sottomarine, la cui causa è spesso un terremoto, sono difficilmente documentabili e dunque solo raramente considerate come cause degli tsunami. I dati forniti dal catalogo storico degli tsunami del NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) mettono in luce alcune incongruenze riguardanti le cause degli tsunami. In tale catalogo, selezionando gli tsunami verificatisi a causa di terremoti tra il 1900 ed il 2008 (considerando solo gli eventi con attendibilità massima delle informazioni) si ottengono 450 casi, mentre selezionando per lo stesso periodo di tempo gli tsunami causati da frana si ottengono 45 casi (anche in questo caso considerando solo gli eventi con attendibilità massima delle informazioni). Per i casi sopra menzionati di tsunami indotti da terremoti, se si

proietta in un grafico (Figura 2) l'altezza massima dell'onda di tsunami in funzione della magnitudo (scala Richter) del terremoto causativo, si osserva che alcuni tsunami sono caratterizzati da altezze massime dell'onda particolarmente rilevanti (fino a 15 m circa) anche nel caso di terremoti causativi caratterizzati da magnitudo inferiore od uguale a 7,0 (vedi dati contrassegnati con il punto interrogativo in Figura 2), che secondo alcuni centri internazionali di allerta tsunami costituisce la soglia minima per considerare il terremoto come potenziale sorgente di uno tsunami pericoloso. A tal proposito, Ward scrive che è necessario un terremoto di magnitudo pari almeno ad 8,0 per generare uno tsunami con altezza dell'onda pari almeno a 2 m e che un terremoto con magnitudo inferiore a 7,5 difficilmente potrà generare uno tsunami con altezza dell'onda superiore al sollevamento cosismico del fondale marino che lo ha generato (circa 1 m per un terremoto di magnitudo 7,0). Ne consegue che, molto probabilmente, nella banca dati del NOAA alcuni tsunami sono erroneamente considerati come indotti dalla deformazione cosismica del fondale



Figura 1. Foto d'epoca. (a) Lungomare di Messina con la Palazzata sulla sinistra e la statua di Poseidone, dio del mare e dei terremoti, sulla destra, alcuni anni prima del 1908. (b) Lungomare di Messina subito dopo il terremoto del 1908. (c) Effetti dello tsunami del 1908. Una tipica barca da pesca è stata sollevata e portata sul lungomare. (d) Effetti dello tsunami del 1908. Un convoglio ferroviario è finito in mare.

marino. Se escludiamo tale causa, la più probabile fra quelle possibili è da ricercarsi nelle frane sottomarine.

Fra i casi recenti in cui all'iniziale ipotesi di uno tsunami da terremoto si è successivamente sostituita la quasi certezza di uno tsunami da frana, ricordiamo l'evento della Papua Nuova Guinea del 17 luglio 1998. In quella data, un violento tsunami colpì la regione di Sissano lungo la costa settentrionale dell'isola della Nuova Guinea, causando la morte di circa 2.000 persone, spazzando via tre villaggi costieri e danneggiandone severamente altri quattro. Lo tsunami colpì la costa all'incirca venti minuti dopo un terremoto di magnitudo 7,1 verificatosi nel tratto del Mare di Bismarck antistante Sissano. Lo tsunami fu immediatamente oggetto di numerosi studi da parte di geologi e geofisici che si sono divisi

sulle cause, ipotizzando alcuni una frana sottomarina e altri il sollevamento cosismico del fondale marino. Nel 1999 è stata condotta una campagna oceanografica nella regione antistante Sissano al fine di comprendere la causa dello tsunami. Lungo la scarpata continentale sottomarina sono stati individuati gli indizi inequivocabili di una frana, ovvero una recente nicchia di distacco e un accumulo di materiale al piede della scarpata stessa. Questo studio ed altri recenti hanno permesso di comprendere meglio la meccanica degli tsunami causati da frana e di individuarne alcuni sintomi caratteristici. In particolare, uno tsunami da frana si può riconoscere da una o più delle seguenti evidenze: (1) l'area origine dello tsunami può essere considerevolmente diversa da quella epicentrale del terremoto; (2) la quota di risalita massima dell'onda di tsunami lungo le coste

è molto elevata (nel punto più vicino alla frana) ma decade rapidamente allontanandosi dalla zona di massima risalita; (3) nell'area origine dello tsunami si trovano tracce inequivocabili di una frana (per esempio una nicchia di distacco lungo la scarpata continentale sottomarina e l'accumulo di materiale franato al piede della scarpata stessa); (4) nell'area origine dello tsunami si verifica la rottura di cavi sottomarini per telecomunicazioni.

Come accennato nell'introduzione, a cento anni dalla catastrofe calabro-messinese, la causa dello tsunami è incerta e perlopiù ascritta alla deformazione cosismica del fondale marino. Al fine di valutare tale ipotesi, abbiamo riconsiderato attentamente i dati che alcuni studiosi dell'epoca raccolsero con estrema cura nelle settimane e mesi successivi al disastro. Tra gli altri, Mario Baratta, insigne geografo e sismologo, raccolse in un manoscritto pubblicato nel 1910 una mole di dati di eccezionale valore riguardanti gli effetti del terremoto e dello tsunami. Nonostante che per anni, fino a tempi recentissimi, tale manoscritto sia stato la fonte principale di informazioni per gli studiosi della catastrofe calabro-messinese, alcuni dei dati qui pubblicati sono rimasti per circa un secolo perlopiù inesplorati. Tramite interviste effettuate tra i sopravvissuti alla catastrofe, Baratta determinò con sufficiente accuratezza l'intervallo temporale tra l'arrivo del terremoto e quello dello tsunami in 23 tra città e villaggi ubicati lungo la costa ionica di Sicilia e Calabria. Assumendo un innesco più o meno contemporaneo del terremoto e dello tsunami e considerando le leggi che regolano la velocità degli tsunami in mare aperto in funzione della profondità, è stato possibile convertire gli intervalli temporali riportati da Baratta in distanze dall'area origine dello tsunami. Tale area è stata successivamente definita individuando la zone di massima concentrazione delle intersezioni tra le circonferenze aventi come centro i 23 siti riportati da Baratta e come raggio le rispettive distanze dall'area sorgente dello tsunami (Figura 3a). Tale procedura, comunemente denominata tracciamento inverso dell'onda di tsunami, è stata spesso utilizzata per individuare l'area sorgente di tsunami storici e ha permesso, in questo caso, di definire il tratto di Mar Ionio antistante Taormina e Giardini Naxos (l'area contrassegnata con il colore rosso scuro in Figura 3a) come quello più probabile per l'origine dello tsunami del 1908. Si tratta di un'area posta circa 50 km a sud dell'area da molti ipotizzata come epicentro del terremoto del 1908 ed ubicata nei pressi di Reggio Calabria. Il risultato ottenuto con il tracciamento inverso dell'onda di tsunami suggerisce, dunque,

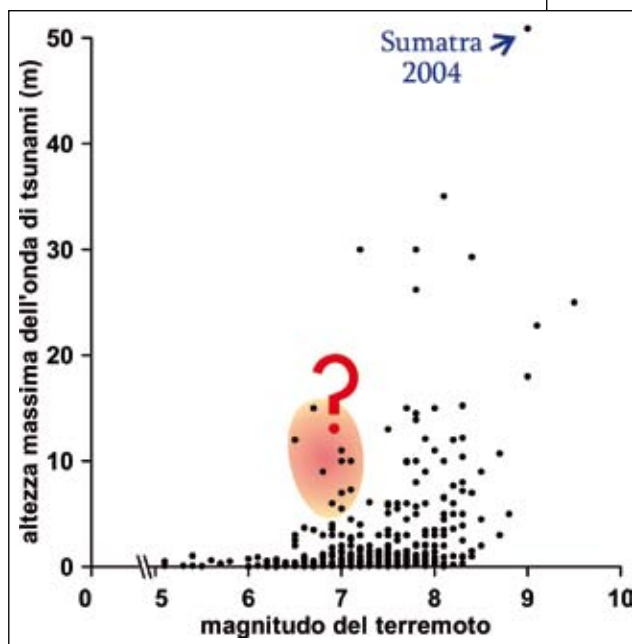


Figura 2. Magnitudo del terremoto (scala Richter) in funzione dell'altezza massima dell'onda di tsunami ipotizzato come associato al terremoto. I dati sono estratti dalla banca dati del Noaa e si riferiscono al periodo 1900-2008. I dati contrassegnati con il punto interrogativo mostrano un'altezza massima dell'onda di tsunami apparentemente non compatibile con la magnitudo del terremoto causativo. Si noti che l'altezza massima dell'onda di tsunami può indicare, in alcuni casi la quota massima di risalita dello tsunami lungo la costa, in altri l'altezza massima dell'onda così come misurata da strumenti mareografici.

che la causa del terremoto e quella dello tsunami furono differenti in quanto spazialmente separate. L'ipotesi di una sorgente dello tsunami nei pressi di Giardini Naxos è inoltre fortemente corroborata dai dati riguardanti la distribuzione lungo la costa ionica di Sicilia della quota di risalita dello tsunami. Nei pressi di Giardini Naxos e nelle località vicine (Nizza), infatti, i valori di risalita dello tsunami furono massimi (circa 10 m) e si attenuarono rapidamente andando sia verso nord sia verso sud (Figura 3b). Come accennato in precedenza, tale attenuazione è tipica degli tsunami da frana mentre gli tsunami da terremoto mantengono quasi inalterata la quota di risalita lungo la costa anche per centinaia di chilometri (vedi ad esempio lo tsunami di Sumatra del 2004).

L'area sorgente dello tsunami posta a circa 50 km dalla probabile area epicentrale del sisma (Figura 3a) ci ha indotto a escludere l'ipotesi di uno tsunami da terremoto e ci ha ripresentato il problema di quale fu la reale causa di un tale fenomeno distruttivo. Al fine di verificare le ipotesi possibili, abbiamo consultato il materiale oceanografico disponibile per l'area

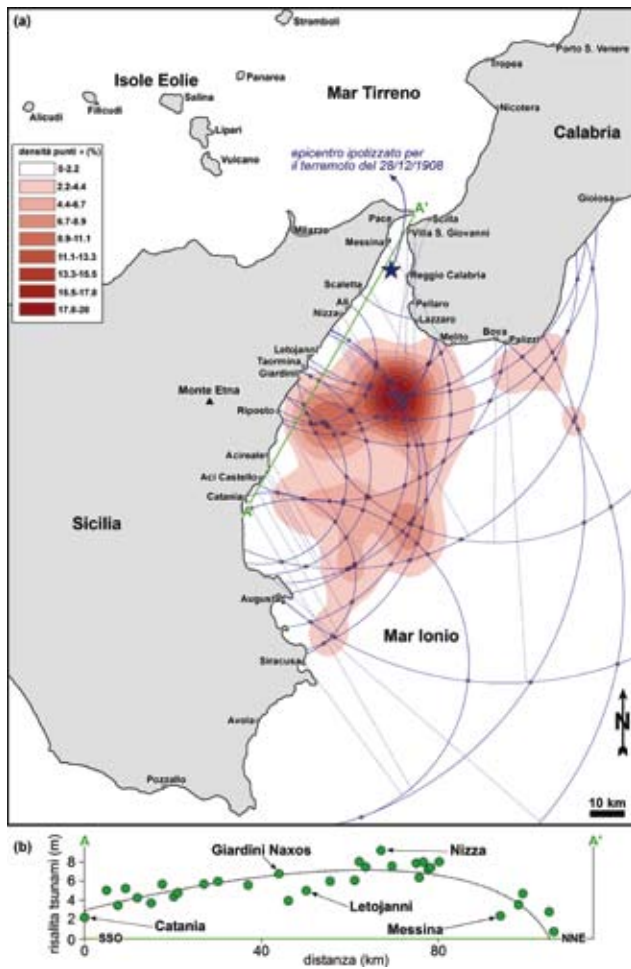


Figura 3. (a) Tracciamento inverso dell'onda di tsunami del 1908 ottenuto considerando i tempi di arrivo dello tsunami sulle coste siculo-calabresi. L'area probabile di origine dello tsunami è quella contrassegnata in rosso scuro. (b) Distribuzione lungo la costa ionica di Sicilia (traccia A-A' in verde) della quota di risalita dello tsunami del 1908. Figure modificate da Billi et al. (2008).

di studio. La carta fisica del fondale del Mar Ionio (carta batimetrica di Figura 4a) elaborata dai geologi marini del Cnr nel 2004 mostra chiare evidenze di una grossa frana sottomarina proprio nel tratto di mare antistante Giardini Naxos. In quest'area, il margine della scarpata continentale è inciso da una profonda rientranza interpretabile come una nicchia di distacco di una frana. In corrispondenza di tale nicchia, al piede della scarpata, le curve di livello caratterizzate da una geometria concava (invece che convessa) verso la scarpata indicano la presenza di materiale d'accumulo interpretabile come l'effetto di una frana staccatasi dalla scarpata stessa, probabilmente in corrispondenza della nicchia osservata (Figura 4a). L'analisi della sezione sismica a rifles-

sione CROP-M31 acquisita in corrispondenza della frana ipotizzata ha confermato tale ipotesi mostrando la presenza di un corpo caotico non stratificato al piede della scarpata sottomarina antistante Giardini Naxos e interpretabile come una frana (Figura 4b). Le informazioni disponibili non permettono di datare tale frana, ma la sostanziale assenza di sedimenti al di sopra della stessa (Figura 4b) suggerisce che si possa trattare di una frana recente.

Baratta scrisse che, nel 1908, alcune decine di minuti dopo il sisma, i cavi telegrafici che collegavano Malta alla Grecia si ruppero. Nei primi anni sessanta, due ricercatori americani, Ryan ed Heezen, approfondirono tale tematica con metodi oceanografici. Acquisendo dati batimetrici (profondità del fondale marino) nell'area compresa tra la Sicilia, Malta e la Grecia, i due ricercatori compresero che i cavi telegrafici si erano spezzati in una piana batiale (a una profondità di oltre 3.000 m), in corrispondenza di alcuni canyon sottomarini che si estendono dallo Stretto di Messina verso il Mar Mediterraneo centro-orientale (verso la Cirenaica) e la cui inclinazione è da ovest verso est. Al fine di comprendere cosa poteva aver spezzato i cavi telegrafici nel 1908, furono prelevate alcune carote di sedimento superficiale nell'area dove era avvenuta la rottura. Si trovò che la porzione sommitale (e dunque più giovane) delle carote era costituita da circa 2 m di materiale sabbioso, la cui deposizione in una piana batiale non può avvenire se non tramite una frana originatasi nei pressi di un continente (la Sicilia nel caso in esame). Le analisi mineralogiche condotte su tali sabbie suggeriscono come area d'origine per le stesse il margine ionico di Sicilia: più precisamente, la mineralogia delle sabbie prelevate è compatibile con quella delle rocce affioranti sui Monti Peloritani lungo la costa ionica di Sicilia (Messina). L'ipotesi di una frana sabbiosa quale causa della rottura dei cavi sottomarini è inoltre corroborata dai documenti compilati dagli operai che provvidero alla sostituzione dei cavi segnalando il ritrovamento di sedimento sabbioso all'interno dei cavi laddove gli stessi si erano spezzati.

In conclusione, le informazioni riguardanti i tempi di arrivo e la quota di risalita dello tsunami lungo la costa (Figura 3), le evidenze batimetriche e geofisiche (Figura 4), e i dati oceanografici raccolti da Ryan e Heezen negli anni Sessanta dimostrano che lo tsunami del 1908 non fu generato direttamente dal sisma che distrusse gran parte degli abitati dello Stretto (Figura 1) ma, molto probabilmente, da una frana sottomarina. Se tale ipotesi è vera, la frana che

la carta batimetrica del Mar Ionio e la sezione sismica a riflessione CROP-M31 (Figura 4) permettono di individuare nel tratto di mare antistante Giardini Naxos è, a nostro parere, da considerarsi come la più probabile causa dello tsunami del 1908. Una modellazione numerica elaborata al computer dagli autori di questo articolo per studiare la variazione del campo di sforzi generata dal terremoto del 1908 nell'area dello Stretto di Messina ha confermato l'ipotesi che la frana possa essere stata innescata proprio dal terremoto.

I risultati dello studio sopra descritto mettono in evidenza l'importanza della ricerca di base e dell'accurata raccolta di dati che, anche cento anni dopo la loro raccolta, possono risultare determinanti nella soluzione di problemi complessi quali quelli connessi con la sorgente di uno tsunami catastrofico. L'ipotesi di una frana quale causa dello tsunami del 1908 costituisce un punto di partenza per nuovi studi oceanografici e sismologici nell'area dello Stretto di Messina finalizzati alla mitigazione dei rischi naturali in quest'area.

Andrea Billi, Renato Fucicello, Liliana Minelli, Claudio Faccenna, Dipartimento di Scienze Geologiche, Università Roma Tre
Giancarlo Neri, Barbara Orecchio e Debora Presti, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Messina

Si ringrazia L. Da Riva per la revisione delle bozze e L. Serva per il consenso a pubblicare la Figura 4.

Bibliografia

- Baratta, M., 1910. La catastrofe Calabro-Messinese (28 Dicembre 1908). Società Geografica Italiana, Roma, 496 pp.
- Billi, A., Fucicello, R., Minelli, L., Faccenna, C., Orecchio, B., Presti, D., 2008. On the cause of the 1908 Messina tsunami, southern Italy. *Geophysical Research Letters*, 35, L06301.
- Geist, E.L., 1999. Local tsunamis and earthquake source parameters. *Advances in Geophysics*, 39, 117-209.
- López-Venegas, A.M., ten Brink, U.S., Geist, E.L., 2008. Submarine landslide as the source for the October 11, 1918 Mona Passage tsunami: observations and modeling. *Marine Geology*, in stampa.
- Marani, M.P., et alii, 2004. Seafloor bathymetry of the Ionian Sea. *Memorie Descrittive della Carta Geologica D'Italia*, XLIV, 216 pp., APAT, Roma.
- Okal, E.A., Synolakis, C.E., 2004. Source discriminants for near-field tsunamis. *Geophysical Journal International*, 158, 899-912.
- Papadopoulos, G.A., Daskalaki, E., Fokaefs, A., 2007. Tsunamis generated by costal and submarine landslides in the Mediterranean Sea. In: *Submarine Mass Movements and their Consequences*, edited by Lykousis, V., Sakellariou, D., Locat, J., Springer.
- Ryan, W.B.F., Heezen, B.C., 1965. Ionian Sea submarine canyons and the 1908 Messina turbidity current. *Geological Society of*

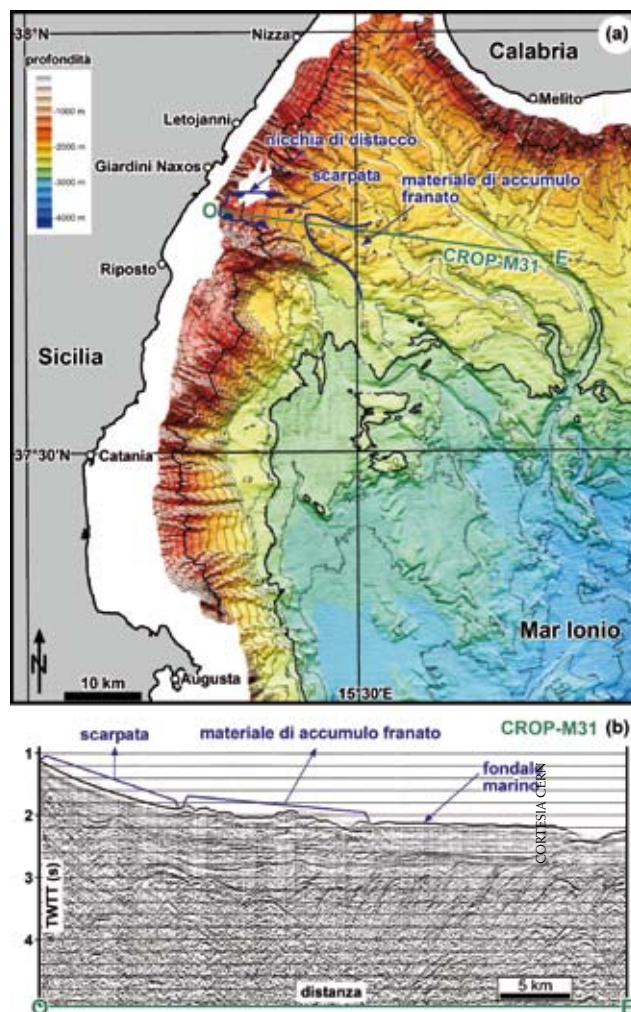


Figura 4. (a) Carta batimetrica del Mar Ionio. Si noti la nicchia di distacco ed il materiale di accumulo franato nel tratto di mare antistante Giardini Naxos. (b) Sezione sismica a riflessione CROP-M31 (traccia O-E in verde scuro). Una sezione sismica a riflessione è simile ad una TAC umana ed è in grado di mostrare la struttura della crosta terrestre fino ad alcune decine di chilometri di profondità. Si noti, nella parte superiore della sezione, la scarpata ed il materiale di accumulo franato. Figure modificate da Marani et al. (2004), Scrocca et al. (2004) e Billi et al. (2008).

America Bulletin, 76, 915-932.

Scrocca, D., et al., 2004. CROP Atlas. 197 pp., APAT, Roma.

Tappin, D.R., Watts, P., McMurtry, G.M., Lafoy, Y., Matsumoto, T., 2001. The Sissano, Papua New Guinea tsunami of July 1998 – offshore evidence on the source mechanism. *Marine Geology*, 175, 1-23.

Valensise, G., Pantosti, D., 1992. A 125 Kyr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake ($M_s 7\frac{1}{2}$). *Terra Nova*, 4, 472-483.

Ward, S.N., 2002. Tsunamis. In: *The Encyclopedia of Physical Science and Technology*, edited by Meyers, R.A., Academic Press.