

Gli effetti tettonici del terremoto del 28 dicembre 1908 dalle fonti coeve

The tectonic effects of the 28 December 1908 earthquake from contemporary sources

COMERCI Valerio, VITTORI Eutizio, BLUMETTI Anna Maria,
BRUSTIA Elisa, DI MANNA Pio, GUERRIERI Luca, LUCARINI Mauro, SERVA Leonello

RIASSUNTO - In occasione del centenario del terremoto del 1908, con l'obiettivo di ricostruire il quadro più completo possibile degli effetti procurati sull'ambiente dal sisma, è stata eseguita una ricerca delle descrizioni e testimonianze lasciateci dalle fonti del tempo, quali giornali, riviste, Gazzetta Ufficiale, rapporti tecnici specifici e libri. Sono state raccolte, catalogate e georiferite, tramite GIS, 509 descrizioni riguardanti 365 effetti del terremoto sull'ambiente, 121 variazioni di quota del terreno rilevate da livellazione geometrica e 390 descrizioni relative solo al maremoto (vedi COMERCI *et alii*, 2015).

In questa nota analizziamo quegli effetti che abbiamo interpretato essere dovuti, almeno in parte, a movimenti tettonici. Questi ultimi hanno interessato entrambe le sponde dello Stretto, che sono state oggetto di subsidenza, come mostrato anche dai dati di livellazione geometrica. Alcune descrizioni catalogate, pur non consentendo di localizzare specifici eventi di fagliazione superficiale, lasciano supporre che tali fenomeni si siano verificati.

Se da una parte, i dati analizzati non hanno permesso di individuare con certezza la fagliazione *primaria* indotta dalla struttura sismogenica in superficie, dall'altra, essi non sono sufficienti per escludere che il fenomeno sia avvenuto, vista anche la elevata Magnitudo del terremoto. E' inoltre possibile che la fagliazione *primaria* sia avvenuta nei settori sommersi dello Stretto.

PAROLE CHIAVE:Terremoto del 1908, Effetti ambientali, Effetti tettonici, Subsidenza, Faglie, Messina, Calabria

ABSTRACT - On the occasion of the centenary of the 1908 earthquake, with the aim of reconstructing the most complete picture possible of the effects induced on the environment, related descriptions and testimonies were searched for in the sources of that time, e.g. newspapers, magazines, Official Gazette, specific technical reports and books. A number of descriptions (509) relating to 365 effects of the earthquake on the environment, 121 ground elevation changes detected by geometric leveling and 390 descriptions relating only to the tsunamis were collected, cataloged and georeferenced through GIS (see COMERCI *et alii*, 2015).

In this note we analyse that subset of the effects that we have interpreted to be due, at least in part, to tectonic movements. The latter affected both sides of the Strait, subject to subsidence. The catalogued descriptions, despite not allowing to locate specific surface faulting events, are suggestive that actual tectonic phenomena may have occurred, also based on the leveling data carried out before and right after the event. If on the one hand, the analyzed data did not allow to identify with certainty the primary faulting induced by the seismogenic structure on the surface, on the other hand, they are not sufficient to exclude that the phenomenon has occurred, given the high Magnitude of the earthquake and the lack of information in the collected sources. It is also possible that the causative fault has determined surface faulting in the submerged sectors of the Strait, so far escaped to recognition.

KEY WORDS: 1908 earthquake, Environmental effects, Tectonic effects, Subsidence, Faults, Messina, Calabria

1. - INTRODUZIONE

Il terremoto del 28 dicembre 1908 costituisce uno spartiacque per la storia di Messina, Reggio Calabria e la regione circostante. Prima, Messina era una città industriale e un porto conosciuto in Europa e nel Mediterraneo; dopo, una città rasa al suolo, in cui, nella parte bassa, rimasero in piedi solo le abitazioni costruite più recentemente (FRANCHI, 1909). Sulla base della registrazione del microsismografo Vicentini dell'Osservatorio di Messina (RIZZO 1909, 1911), alle ore 5:20:27 (CET) avvenne la prima scossa, seguita circa 5 minuti dopo da una seconda (ODDONE, 1909), a cui ne seguirono poi altre (RIZZO, 1909). Tra 7 e 10 minuti dopo la prima scossa, uno tsunami distruttivo investì entrambe le coste dello Stretto, raggiungendo i massimi run-up di 11,70 m a Sant'Alessio, in Sicilia, e di 13 m a Pèllaro, in Calabria (PLATANIA, 1909a, b). Secondo DE STEFANO (1987), le vittime del terremoto e dello tsunami furono almeno 80000. Il numero esatto non può essere conosciuto perché l'archivio municipale di Messina fu distrutto da un incendio e anche i dati anagrafici di Reggio Calabria andarono perduti. Secondo MERCALLI (1909), a Messina le vittime furono 65000, corrispondenti al 42% degli abitanti (da un censimento del 1900), mentre a Reggio Calabria furono più di 25000, corrispondenti al 44,9% della popolazione. Molte persone, inoltre, rimaste senza casa e prospettive, emigrarono nelle Americhe senza lasciare traccia negli archivi, cosa che ha contribuito alle incertezze sul numero dei morti. Comunque, il numero di vittime potrebbe essere anche superiore al dato stimato da DE STEFANO.

Il quadro del danneggiamento fu localmente amplificato dagli effetti che il terremoto indusse sull'ambiente. Essi possono essere distinti in effetti *primari*, ossia dovuti a tettonica, consistenti in deformazioni permanenti della superficie topografica come la fagliazione superficiale e il sollevamento o la subsidenza di porzioni di territorio, ed effetti *secondari*, dovuti allo scuotimento prodotto dalle onde sismiche, consistenti in frane, fratture, liquefazioni, sinkholes, variazioni idrologiche, ecc. (SERVA *et alii*, 2016). Ad essi si aggiunsero gli effetti indotti dalle

onde di tsunami che furono ingenti su entrambe le coste dello Stretto. Una descrizione approfondita di tutti i tipi di effetti indotti sull'ambiente dal terremoto, come riportati dai testimoni coevi, compresa la loro distribuzione spaziale, è fornita in COMERCI *et alii* (2015). Tale articolo è accompagnato da un'appendice che riporta tutte le descrizioni raccolte, divise per effetto e categoria di effetto, insieme all'indicazione della località (con coordinate geografiche) e il riferimento alla fonte.

La presente nota pone l'attenzione solo sugli effetti che possano avere avuto un'origine tettonica e quindi essere classificati come *primari*. Tali effetti sono stati numerosi e sono anche state individuate delle descrizioni associabili a fenomeni di fagliazione superficiale; purtroppo, non è stato possibile definire la loro esatta ubicazione.

2. - INQUADRAMENTO SISMOLOGICO E GEODINAMICO

Nonostante 110 stazioni sismiche abbiano registrato il forte terremoto nel mondo (l'evento del 1908 è stato tra i primi terremoti strumentali), ci sono delle incertezze sull'esatta ubicazione dell'epicentro sismico. Infatti, a causa dei limiti tecnologici dell'epoca, solo 11 sismogrammi registrati in 6 stazioni, di cui 5 in Germania e una in Russia sono stati ritenuti utilizzabili da PINO *et alii* (2000). Con tali dati è stato possibile definire la magnitudo ma la limitata distribuzione geografica delle suddette stazioni (all'interno di un troppo piccolo angolo azimutale) rispetto all'epicentro impedisce un'affidabile analisi sismologica (PINO, 2008). Nella maggior parte delle ricostruzioni, l'epicentro è stato ubicato in mare, nello Stretto di Messina (OMORI, 1909; BARATTA, 1910; RYAN & HEZEN, 1965; SCHICK, 1977; BOTTARI *et alii*, 1986; BOSCHI *et alii*, 1989; DE NATALE & PINGUE, 1991; VALENSISE & PANTOSTI, 1992). Successivamente, MICHELINI *et alii* (2006) hanno proposto la sua ubicazione nella parte bassa dello Stretto, di fronte la costa Calabria (fig. 1).

Il meccanismo focale fu principalmente estensionale, con il piano orientato NNE-SSO. Sulle carat-

teristiche del piano di rottura la comunità scientifica non è giunta tuttora ad una ipotesi di consenso, essendo state proposte nel tempo come faglie sismogeniche sia strutture vergenti ad est che ad ovest (OMORI 1909; SCHICK, 1977; CAPUTO *et alii*, 1981; GASPARINI *et alii* 1982; GHISSETTI, 1984, 1992; MULARGIA & BOSCHI 1983; BOTTARI *et alii*, 1986, 1989; CAPUANO *et alii*, 1988; BOSCHI *et alii*, 1989; DE NATALE & PINGUE, 1991; VALENSISE & PANTOSTI, 1992; TOR-

TORICI *et alii*, 1995; MONACO & TORTORICI, 2000; PINO *et alii*, 2000, 2009; AMORUSO *et alii*, 2002; CATALANO, *et alii*, 2003, 2008; VALENSISE *et alii*, 2008; ARGNANI *et alii*, 2009; BONINI *et alii*, 2011; POLONIA *et alii*, 2012; ALOISI *et alii*, 2013; MESCHIS *et alii*, 2019).

Sulla base della distribuzione ed entità del danneggiamento agli edifici, l'epicentro macrosismico è stato ubicato a nordest della città di Reggio Calabria (fig. 1).

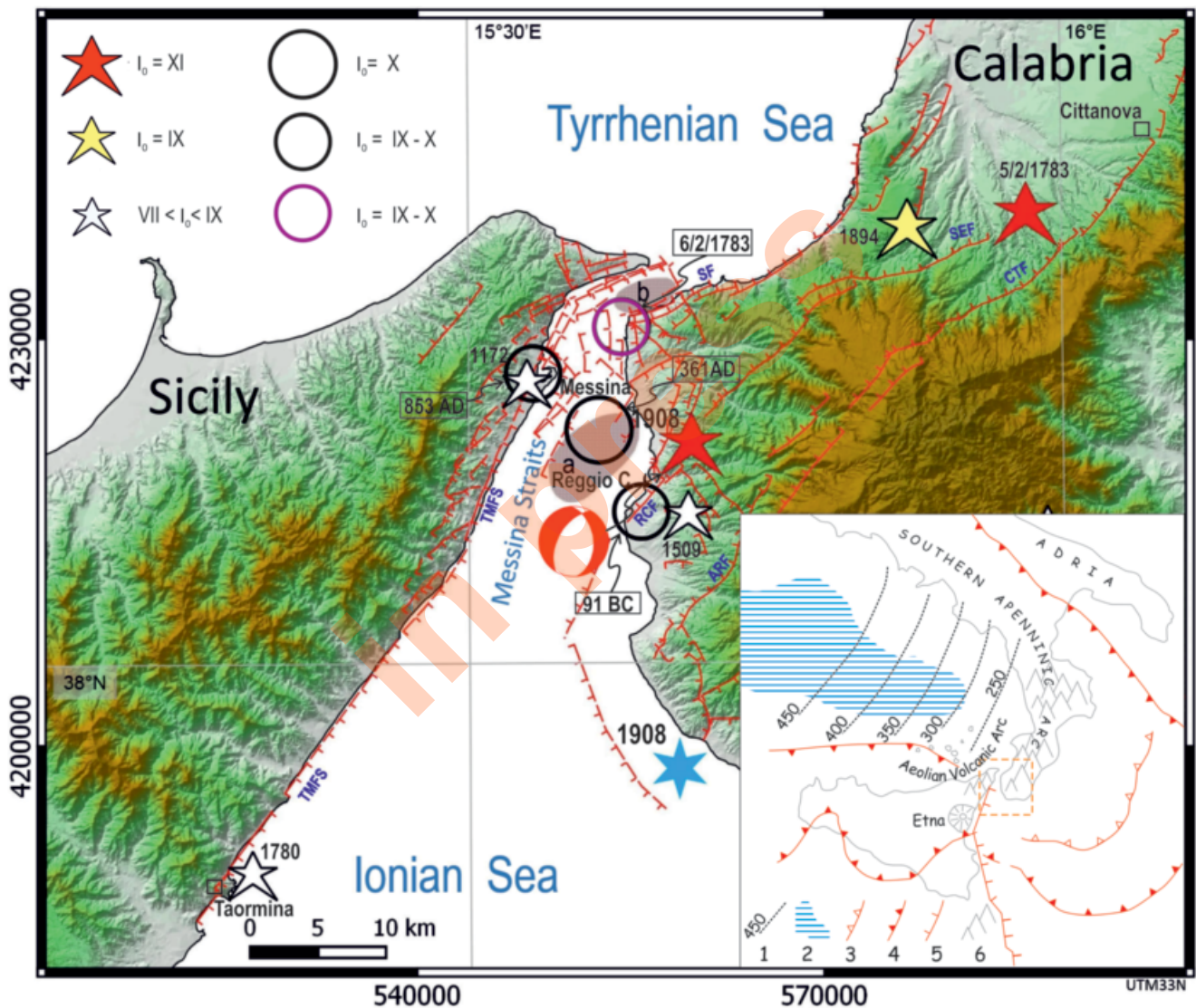


Fig. 1 - Stretto di Messina con gli epicentri dei terremoti storici (stelle da CPTI15, ROVIDA *et alii* 2019); cerchi da CFTI5Med, GUIDOBONI *et alii* 2018. La stella blu è l'epicentro da MICHELINI *et alii* (2006). Il meccanismo focale è da AMORUSO *et alii* (2002). Le aree in grigio (a) e (b) nello Stretto sono le aree epicentrali secondo OMORI (1909) (a) e BARATTA (1910) (a, b). ARF Armo Fault, CTF Cittanova Fault, RCF Reggio Calabria Fault, SF Scilla Fault, SEF S. Eufemia Fault, TMFS Taormina-Messina Fault System. Lo schema tettonico nel riquadro è basato su PATACCA & SCANDONE (2004) e DOGLIONI *et alii* (2012). 1 Isobate dello slab del Tirreno meridionale; 2 Bacino di retro-arco del Tirreno (crosta oceanica); 3 Arco Calabro esterno; 4 Fronte Quaternario del thrust Apenninico, della Calabria, e della Sicilia; 5 Scarpata Ibleo-Maltese; 6 Catena orogenica Calabro-Peloritana. Da COMERCI *et alii*, 2015.

- Messina Strait with the epicentral location of the main historical earthquakes (stars: from CPTI5, Rovida *et alii* 2019); circles: from CFTI5Med, Guidoboni *et alii* 2018; blue star: epicenter from Michelini *et alii*, 2006). Focal mechanism from Amoroso *et alii* (2002). The grey areas in the Strait are the epicentral areas according to Omori (1909) (a) and Baratta (1910) (a, b). ARF Armo Fault, CTF Cittanova Fault, RCF Reggio Calabria Fault, SF Scilla Fault, SEF S. Eufemia Fault, TMFS Taormina-Messina Fault System. The tectonic scheme in the box is based on Patacca & Scandone (2004) and Doglioni *et alii* (2012). 1 Isobaths of the southern Tyrrhenian slab; 2 Tyrrhenian back-arc basin (oceanic crust); 3 External Calabrian Arc; 4 Quaternary Apenninic, Calabrian and Sicilian thrust fronts; 5 Iblean-Maltese scarp; 6 Calabrian-Peloritan orogenic chain. After COMERCI *et alii* (2015).

Dalla figura 1 si può notare come l'area dello Stretto, storicamente oggetto di forti terremoti, sia ubicata in un settore geodinamicamente molto attivo. In particolare, essa rappresenta la zona di trasferimento tra la compressione dell'*offshore* settentrionale della Sicilia verso nord e il sovrascorimento dell'Arco Calabro verso sudest sulla crosta oceanica ionica. Ne risulta, nello Stretto, un regime tettonico distensivo e transtensivo destro (DOGLIONI *et alii*, 2012 e riferimenti citati).

3. - RICERCA DA FONTI STORICHE E CLASSIFICAZIONE DEGLI EFFETTI INDOTTI SULL'AMBIENTE

Nel 2008, a 100 anni dal terremoto, abbiamo collezionato tutte le descrizioni degli effetti indotti sull'ambiente riportate, nei giorni e nei mesi successivi all'evento, in giornali, riviste, Gazzetta Ufficiale, rapporti tecnici specifici e libri. Abbiamo raccolto 509 descrizioni relative a 365 effetti del terremoto sull'ambiente (molte descrizioni si riferiscono allo stesso effetto), 121 variazioni di quota del terreno (dalla livellazione geometrica effettuata da LOPERFIDO, 1909) e altre 390 descrizioni relative solo al maremoto. Tali effetti sono stati catalogati e geori-

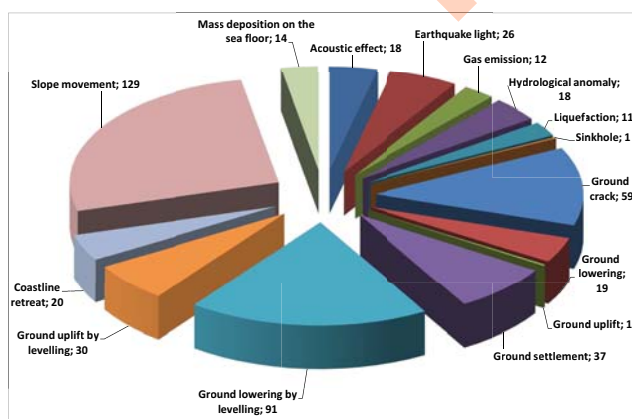


Fig. 2 - Le 15 categorie in cui sono stati classificati i 486 effetti catalogati, di cui 365 derivano da fonti coeve al terremoto e 121 dalla livellazione geometrica eseguita da LOPERFIDO (1909). Da COMERCI *et alii*, 2015.

- The 486 catalogued effects have been classified in 15 categories; 365 effects are from sources coeval with the earthquake and 121 from the geometric levelling carried out by Loperfido (1909). After COMERCI *et alii* (2015).

feriti in un GIS. I quotidiani del tempo da cui abbiamo reperito dati sono L'Ora, Il Messaggero, Corriere della Sera, Il Mattino, Giornale di Sicilia, Domenica del Corriere. Inoltre abbiamo analizzato la Gazzetta Ufficiale e i rapporti tecnici post-evento elaborati da BARATTA (1909, 1910), CORTESE (1923), CREMA (1909), BLASERNA *et alii* (1909), DI STEFANO (1909), FRANCHI (1909), LUIGGI (1909), GOR'KJIMEYER (1909), MARTINELLI (1909), ODDONE (1909), MERCALLI (1909), OLDHAM (1909), MARZOLO (1909), NOVARESE (1909), OMORI (1909), PLATANIA (1909), TARAMELLI (1909), RICCIARDI (1909), RICCÒ (1909), RIZZO (1911), SABATINI (1909), ALIQUÒ' TAVERRITI (1958), SOCIETÀ' FOTOGRAFICA ITALIANA (1909), LOPERFIDO (1909), alcuni dei quali padri o vere istituzioni della geologia e sismologia a livello mondiale. Questo fu, infatti, il primo grande evento sismico in Europa (solo due anni prima era avvenuto il grande terremoto di San Francisco) ad essere oggetto di una vasta indagine tecnico-scientifica, compiuta da vari studiosi in modo indipendente e con disponibilità di registrazioni strumentali. Tra i vari rapporti tecnici, tutti molto interessanti e spesso di elevata qualità, è doveroso ricordare, in particolare, il volume di Mario Baratta, *La catastrofe sismica calabro-messinese, 28 dicembre 1908*, un compendio di dati e conoscenze, su quel terremoto, di enorme valore scientifico.

Le molte centinaia di descrizioni relative ad effetti sismoindotti sull'ambiente, sono state raggruppate in 33 diverse tipologie e quindi classificate nelle 15 categorie di effetti riportate in figura 2. Ad esempio, alla categoria degli *Slope movement* appartengono le seguenti diverse tipologie: *Cracks in paved surfaces associated to slope movement in rock*, *Cracks in paved surfaces associated to slope movement in soil*, *Cracks in rock associated to landsliding*, *Cracks in soil associated to landsliding*, *Ground lowering associated to landsliding in soil*, *Ground uplift associated to landsliding*, *Mass deposition on the sea floor*, *Slope movement in rock*, *Slope movement in soil*.

Dei 365 effetti, 198 ricadono in Calabria e 152 in Sicilia (ma di questi ultimi 104 solo a Messina), 1 a Malta e 14 in mare. Escludendo gli effetti a Messina e Reggio Calabria (137), in Calabria abbiamo evidenza di 165 effetti ed in Sicilia di 48. La maggior

parte degli effetti sono stati rilevati nelle aree abitate e lungo le coste, poiché in tali zone si concentrarono i sopralluoghi e si diffusero maggiormente le informazioni, mentre per le zone più interne, più difficili da raggiungere e meno abitate, si evidenzia una carenza di dati nelle fonti analizzate. Per ulteriori informazioni si rimanda a *COMERCI et alii* (2015).

4. - EFFETTI TETTONICI

Tra tutti i 486 effetti catalogati, senza ombra di dubbio, i 121 relativi alle misurazioni di livellazione geometrica effettuate dall'Ing. Loperfido dell'Istituto Geografico Militare (LOPERFIDO, 1909) rappresentano la maggiore evidenza di effetto tettonico del

terremoto (fig. 3). Lungo la costa calabrese, da Gioia Tauro a Melito di Porto Salvo, Loperfido ripeté a pochi mesi dal terremoto le misure effettuate durante la precedente campagna del 1907-1908 (quindi di poco precedente all'evento sismico). Fu un'occasione importante per rilevare le variazioni topografiche avvenute. Nonostante si possa intuire che qualche singola misura possa essere stata affetta da problemi del caposaldo, alcuni dei quali ubicati su terreni poco stabili, nel complesso le misure mostrano un andamento coerente, con valori di abbassamento maggiori man mano che dai due caposaldi terminali a monte di Messina e a Gioia Tauro ci si sposta verso la costa tra Messina e Reggio Calabria, dove si sono misurati gli abbassamenti maggiori, superiori al mezzo metro (fino a 71 cm a Messina).

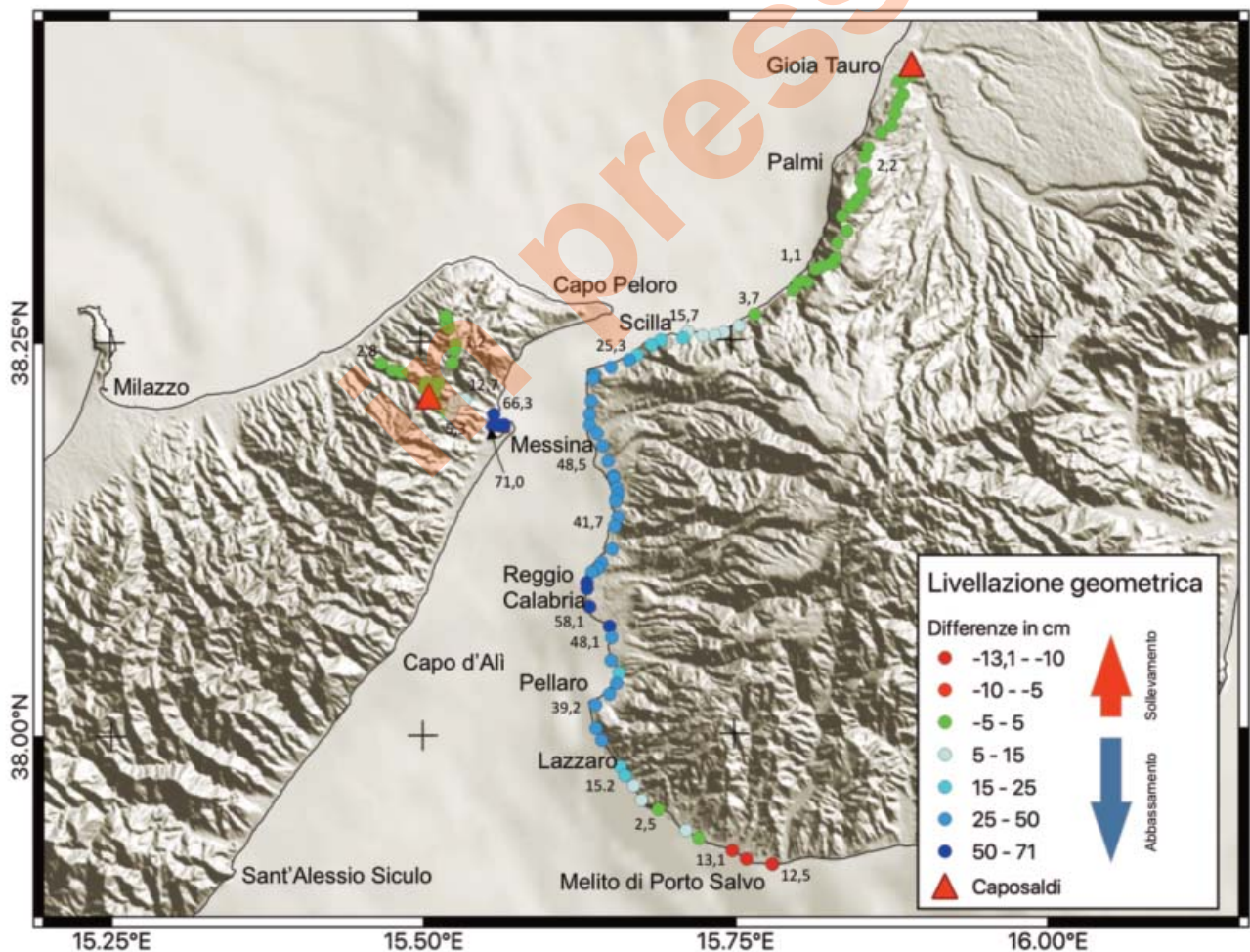


Fig. 3 - Misure delle livellazioni geometriche di LOPERFIDO (1909), che ha ripetuto le livellazioni della campagna del 1907-1908 in Calabria e della campagna del 1898-1899 in Sicilia.

- Geometric levelling measurements carried out by Loperfido (1909), who repeated after the earthquake the 1907-1908 campaign in Calabria and the 1898-1899 campaign in Sicily

Tutta la costa calabra da Lazzàro a Scilla sembra aver subito una generale subsidenza che non può che essere attribuita a tettonica, almeno come tendenza generale, se non completamente nei valori specifici, vista la possibile influenza dei fattori locali citati sopra.

Oltre a tali evidenze, abbiamo individuato anche 56 testimonianze che descrivono abbassamenti del terreno. Di seguito alcuni esempi di tali descrizioni riferite a luoghi lungo la costa calabra.

A Reggio Calabria: «*Presso la stazione del ferry-boat l'abbassamento permanente del suolo è maggiore di 1 metro; si vedono le banchine danneggiate e sprofondate. Il binario di regresso dal molo si abbassò ancora di più e le vetture ferroviarie rimasero in parte sommerse, in un posto dove la quota del binario era 1,25 m, prima del disastro*» (PLATANIA, 1909a);

A Reggio Calabria: «*E' avvenuto sicuramente un parziale cedimento della spiaggia; infatti, si è staccato dalla panchina, che serve da marciapiedi lungo la spiaggia, il terrapieno della ferrovia, che è verso mare, di parecchi centimetri, talora di due decimetri, per un tratto di almeno 200 m. Un palo che serviva di caposaldo per le istruzioni militari e trovavasi a 15 m. entro terra, ora è inclinato, in mare, a 40 m. dalla spiaggia*» (TARAMELLI, 1909);

«*La costa prospiciente Reggio si è in modo incontestabile abbassata*» (BARATTA, 1910);

A Reggio Calabria: «*Una fontana detta dei Nove Canoli, si abbassò quasi al livello del mare, di almeno m. 0,60*»;

«*Le livellazioni di precisione compiute dall'Istituto geografico militare dopo il terremoto, lungo la spiaggia calabrese hanno dimostrato un movimento generale di abbassamento da Villa San Giovanni a Lazzàro (L'abbassamento massimo di 0.58143 m. corrisponde al caposaldo 269, collocato sul ponticello presso il Casello ferroviario 469.875, sulla conoide fra il Calopinace e la fiumara di Sant'Agata, a piccola distanza dalla spiaggia), e confermato con una prova strumentale e numerica ciò che in più luoghi l'osservazione diretta aveva messo in evidenza*» (NOVARESE, 1909);

A Lazzàro: «*Il Sig. Filippo Crea mi mostrò la sua noria in un pozzo che adesso è profondo m 4,50. Prima del terremoto i secchi non si empivano bene d'acqua, sicchè egli aveva in animo di aggiungere una maglia; dopo il disastro egli tolse 3 maglie e i secchi si riempiono. Ogni maglia essendo lunga 32 cm, ciò indicherebbe un abbassamento di suolo di circa un metri*» (PLATANIA, 1909a);

«*Nella costruzione del nuovo tronco Bagnara-Favazzina fu constatato che i capisaldi esistenti sul vecchio piano del ferro che sarà presto abbandonato, hanno le loro quote sul livello del mare elevate di circa un metro di meno di quella originariamente segnata*» (BARATTA, 1910).

Da tali descrizioni di abbassamenti del terreno non si può dedurre con certezza la causa del fenomeno e non si possono escludere effetti locali di compattazione dei sedimenti sciolti, o frane a cui gran parte della costa calabra è soggetta. Basti pensare all'improvvisa scomparsa nel 1562 di Punta Calamizzi, l'antico porto di Reggio, sebbene la deviazione del torrente Calopinace potrebbe aver causato una rapida erosione del promontorio. Infine, bisogna anche considerare l'impatto non secondario delle onde di tsunami. In ogni caso, è pur vero che le descrizioni puntuali concordano con il fenomeno di abbassamento generale della costa calabra testimoniato dalla livellazione di Loperfido.

Altre numerose evidenze che, almeno in parte, possono essere ragionevolmente interpretate come effetti tettonici, sono quelle descritte presso l'area del porto di Messina e della «penisola falcata». E' chiaro che dove i fenomeni sono più eclatanti ci può essere il maggiore concorso anche di altri effetti, quali liquefazione, espansione laterale, frane, ecc.

Secondo BARATTA (1910): «... risulta che l'intera penisola falcata per costipamento ed assettamento de' suoi materiali, in seguito al violentissimo fenomeno sismico, si è abbassata non però da per tutto in modo eguale: verso il centro, ove il fenomeno sembra sia stato più accentuato, raggiunse cm 40-50».

PLATANIA (1909) indica un evidente abbassamento del ponte San Diego «falsabraga» presso la Cittadella. In fig. 4 è possibile vedere come le luci del ponte risultavano completamente interrato dopo il terremoto.

Sempre riguardo alla Cittadella, BARATTA (1910) riferisce: «(...) non è solo la violenza del terremoto che ha fatto riaprire vecchie lesioni, ma sono gli assettamenti degli edifici in seguito ai cedimenti di una parte del sottosuolo che ne sopporta le fondazioni».

TARAMELLI (1909) riporta: «*Presso alla marina poi, appunto dove la fontana del Nettuno rimase incolume, il lastricato si sommerse per lungo tratto e tuttora è sotto al livello*

marino almeno per 40 metri».

Secondo CANNELLI *et alii*, in uno studio del 2013, il mareografo sito nel porto di Messina, sebbene danneggiato dallo tsunami, sembra aver registrato una subsidenza di 40 cm.

In merito alla litologia della penisola falcata, Franchi (1909) riporta che «... una roccia consistente e tenace

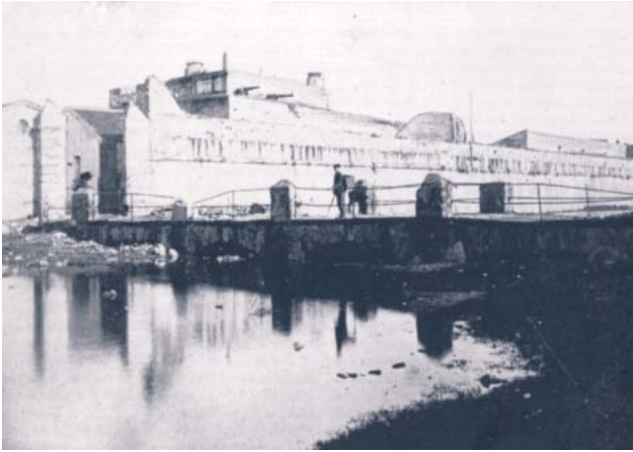


Fig. 4 - Le luci del ponte San Diego «falsabraga», presso la Cittadella di Messina, completamente ostruite (PLATANIA, 1909).

- The light spans of the bridge San Diego "falsabraga", in the Messina Citadel, resulted completely clogged (PLATANIA, 1909).



Fig. 5 - I depositi competenti tipo "Panchina" conglomeratica recente, scoperti dallo tsunami presso il Bastione Don Blasco. E' possibile osservare le cavità circolari lasciate dagli scavi effettuati per ricavare delle macine (FRANCHI, 1909).

- Recent well cemented "Panchina" type conglomeratic deposits were brought to light by the tsunami at the Don Blasco bastion. Note the circular cavities left by the excavations carried out to obtain millstones (FRANCHI, 1909).

affiora in molti punti del contorno esterno della falce ... E' una puddinga molto tenace ad elementi medi non superiori a una nocca». La definisce «Panchina» e cita lo Spallanzani che nel suo «Viaggio alle due Sicilie» narra che in affioramenti arenacei furono ritrovate frecce di ferro, medaglie antiche ed ossa umane. Invece, gli affioramenti di conglomerato ben cementato, per la loro durezza, venivano cavati per fare le mole. Tale panchina fu messa in vista dalle onde dello tsunami nei pressi del Bastione Don Blasco (fig. 5). Inoltre, sempre secondo FRANCHI: «... Queste constatazioni rendono assai probabile l'esistenza della stessa panchina sotto gran parte della falce». In effetti, solo la presenza di rocce consistenti può giustificare l'esistenza stessa della penisola falcata. Pertanto, è ragionevole ritenere che gli abbassamenti cosismici osservati (su un'area abbastanza estesa della costa) siano stati indotti da subsidenza tettonica, oltre che dai concomitanti effetti secondari già citati.

Inoltre, FRANCHI (1909) riporta: «L'ufficio Mantenimento delle Ferrovie dello Stato a Messina ha trovato un abbassamento costante di m. 0,47 in tutto il piano del ferro della stazione dei Ferry-Boats al ponte sullo Zaera, e la livellazione eseguita dall'Istituto Geografico Militare dimostra un'abbassamento di m. 0,37 in tutta la parte bassa della città. La lanterna del Forte S. Raineri si sarebbe abbassata di m 0,51 secondo le osservazioni dell'ing. Pascucci del genio Civile» e «Sulla parte meridionale del piccolo delta di quella fiumara (Portalegni) era stata di recente impiantata la ferriera Gioia Tedeschi, il cui alto camino distava 120 m dal mare; il tronco inferiore rimasto del camino è ora completamente circondato dall'acqua, e inclinato verso mare, rispetto al quale si è abbassato di un paio di metri». Anche BARATTA (1910) riporta: «Alla foce del torrente Portalegni, si è avuto un vero abbassamento del suolo, benissimo accusato dalla sommersione delle costruzioni dello stabilimento Gioia e Tedeschi e dalle rotture determinatesi per cedimento del sottosuolo nei colossali muraglioni del bastione di Don Blasco» (fig. 6). Bisogna, comunque, considerare che gli effetti in tale area sono il risultato combinato dell'azione esercitata anche dalle onde del maremoto.

Nella fig. 7, oltre a venire riportati tutti i siti dove sono stati osservati o misurati (tramite livellazione geometrica) abbassamenti, i siti dove si sono riscontrati cedimenti, fratture e arretramenti della costa,



Fig. 6 - La ferriera Gioia e Tedeschi (a sinistra) raggiunta del mare dopo gli effetti combinati di terremoto e maremoto e (a destra) i danni subiti dal Bastione Don Blasco (FRANCHI, 1909).

- The iron foundry Gioia and Tedeschi (left) after the combined effects induced by the earthquake and the tsunami waves, and (right) the damage suffered by the Don Blasco bastion. (FRANCHI, 1909).

viene indicato anche un lineamento (MEL, MESSINA Lineament, *Comerci et alii*, 2015) che delimita ad ovest i depositi Olocenici e lungo il quale l'area costiera appare bruscamente ribassata rispetto alla zona pedemontana. Il MEL potrebbe corrispondere alla faglia attiva che taglia Messina in direzione sud-sudovest – nord-norddest proposta da GHISETTI (1979), CIARANFI *et alii* (1983) e da NERI *et alii* (2006), facente parte del sistema Taormina-Messina che borda la costa siciliana da sud di Taormina a nord di Messina. Tale sistema tettonico potrebbe far parte di una struttura a graben simile a quella proposta da GHISETTI (1984) che controllerebbe, attraverso faglie distensive che si riattiverebbero con forti terremoti, l'evoluzione delle sponde dello Stretto, rispetto ai sollevamenti relativi di Sicilia e Calabria. Le caratteristiche sinsedimentarie di formazioni come, ad esempio, le Ghiaie e Sabbie di Messina, che presentano lungo entrambi i versanti dello Stretto una clinostratificazione ad alto angolo, con valori medi di inclinazione di 20°-25° verso lo Stretto, via via più bassi nella parte alta, sembrano confermare un tale stile evolutivo tettonico.

Tra le centinaia di descrizioni di effetti catalogati, soltanto due possono essere considerate riferirsi esplicitamente a fagliazione superficiale. Sono quelle di ODDONE (1909): «Presso la costa, tra un labirinto di macerie e rottami, si vedono un po' dappertutto minacciose fa-

glie e scalature fino ad 80 cm., avvallamenti e sprofondamenti di tratti di via per una larghezza di tre metri, fenditure lunghe centinaia di metri, larghe fino a 50 cm., profonde, e tutte generalmente parallele alla costa del mare» e «... Difatti qua e là essa vinse la gravità e la coesione, lanciando oggetti in aria, producendo faglie e dislocamenti nel terreno». Anche quella di TARAMELLI (1909): «Quantunque sia prematuro ed esagerato l'attribuire col Carbone Griò e con altri le rovine di Villa San Giovanni, di Reggio e di Messina e di altri paesi litorali ad uno scivolamento od abbassamento complessivo del suolo verso lo Stretto, pure è indiscutibile che a Reggio, almeno verso il Porto a destra della Fiumara dell'Annunziata, forse a Villa S. Giovanni, e certamente a Messina alla Dogana ed alla Palazzata lungo il Porto, parecchie costruzioni apparentemente solidissime risentirono l'affondamento della spiaggia e soffrirono lesioni per le faglie e frane del sottosuolo» è compatibile con fenomeni di fagliazione superficiale, anche se gli effetti descritti non possono essere catalogati come tali. Tra gli altri effetti catalogati non ne abbiamo individuato nessuno che possa essere considerato una inequivocabile evidenza di fagliazione superficiale. Gli effetti descritti nelle seguenti citazioni, ad esempio, sono stati catalogati come *secondari*, dovuti allo scuotimento sismico (anche perché a volte sono citate fuoriuscite di acqua e sabbia dalle fratture, tipiche dei fenomeni di liquefazione), ma, anche in tali casi, non è possibile escludere a priori una componente tettonica.

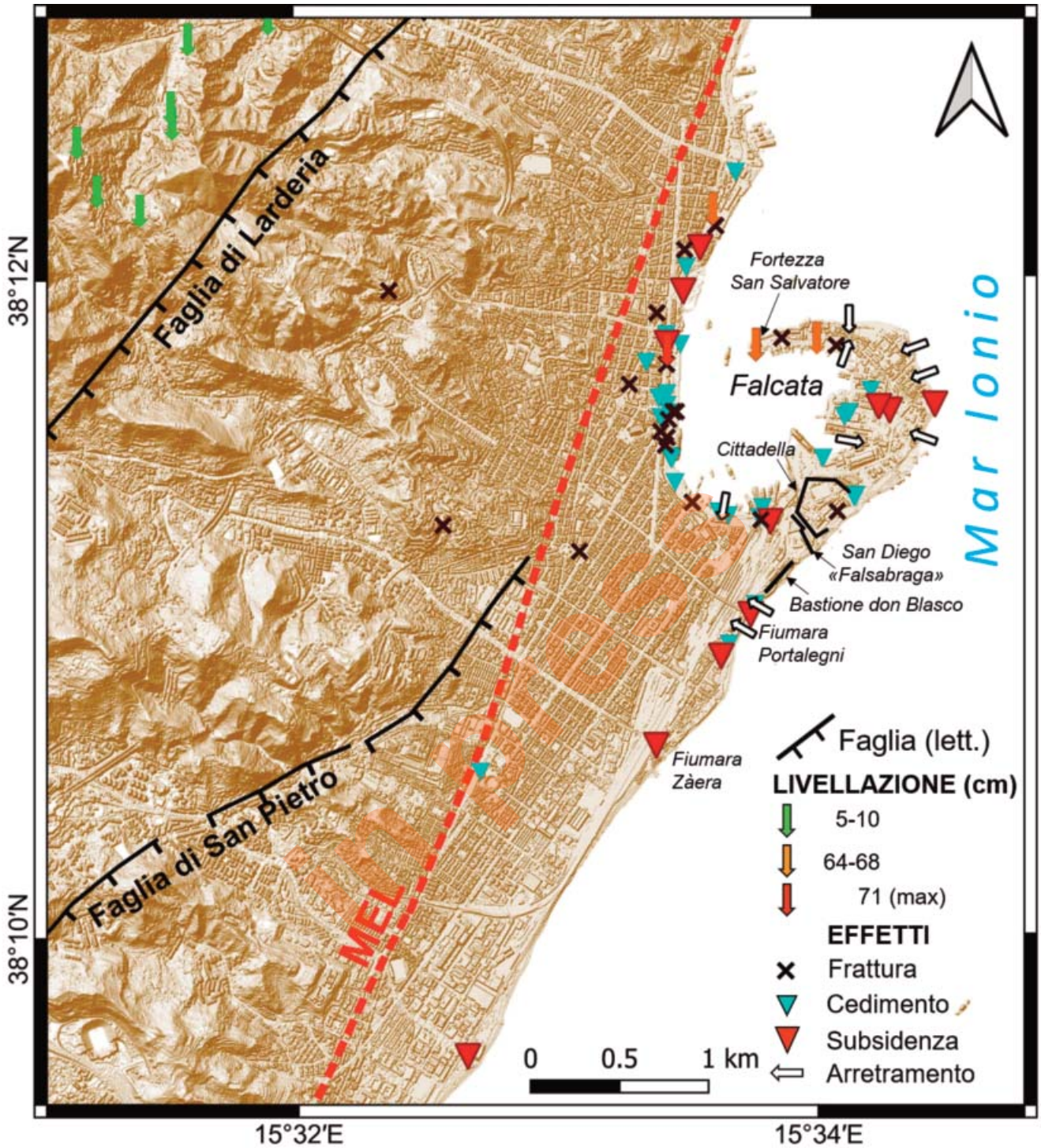


Fig. 7 - Selezione di effetti ambientali indotti dal terremoto nel territorio di Messina. Effetti di subsidenza sono stati descritti nelle fonti storiche (triangoli rossi) e misurati tramite livellazione geometrica (freccie verticali). Viene mostrata anche l'ubicazione di effetti di cedimenti locali, di fratture e di arretramenti della costa. Il Messina lineament (MEL) coincide con la netta scarpata morfologica che segna il passaggio tra i depositi Olocenici e quelli più antichi. Base topografica: Lidar risoluzione ca. 4m (ATA2012) della Regione Siciliana.

- Selection of the environmental effects induced by the earthquake on the Messina territory. Subsidence effects have been described by historical sources (red triangles) and measured through geometrical levelling (vertical arrows). Note also the location of local settlements, fractures and coastline retreats. The Messina lineament (MEL) matches the clear morphological scarp delimiting the Holocene deposits from the older sediments. Basemap: Lidar with resolution of about 4 m (ATA2012) of the Sicilian Region.

SABATINI (1909): «*La via Marina (di Messina, n.d.r.) è poi tutta sconvolta da fratture numerose (in un tratto ne contai dieci o dodici) con dislivelli fino a 50 - 60 centimetri*».

BARATTA (1910): «*In occasione del terremoto (il Forte San Salvatore nella Falcata di Messina, n.d.r.) rimase interessato da una grande fenditura la quale si inizia alla porta esterna (...). La fenditura accennata si prolunga longitudinalmente ed il terreno, ove questo è scoperto, oppure i fabbricati sovrastanti ce ne fanno conoscere il decorso. (...); nel pavimento del terrazzo di fronte all'ingresso la lesione principale è larga cm 50; ve ne sono però altre meno ampie, alcune delle quali di vecchia data si sono in questa occasione riaperte. La grande fenditura longitudinale giunge fino all'estrema cisterna (b) situata in prossimità del fanale. (...) la fenditura dunque ha risparmiato la cisterna, e, dopo aver deviato, si prolunga irraggiando fino all'esterno del forte; (...) infine la banchina è rimasta avvallata verso mare (...) Nella strada che da Faro Inferiore conduce a Granatari si trova, specie verso il Pantano, una fenditura longitudinale ed altre più o meno estese con abbassamento di circa 70 cm.: i muri pendono tutti verso l'interno, cioè a SW.*».

TARAMELLI (1909): «*Poi, scendendo a Contrada Biagi e a S. Corrado (...); non solo i fabbricati, ma lo stesso terreno è fortemente lesionato, e si vedono ad ogni passo spacchi e smottamenti, (...). Tali fessure e lesioni si verificarono nella spiaggia sabbiosa, in minori proporzioni, anche fuori dei conoidi, a Cannitello, (...), a Ganzirri, (...).*».

GAZZETTA UFFICIALE (1909): «*Il prof. Riccò, direttore dell'Osservatorio Etneo, ritornato a Catania da Messina, assicura di avere riscontrato grandi fratture sui monti paralleli alla costa*».

BARATTA (1910): «*Quivi (a Reggio Calabria, n.d.r.) inoltre si sono aperte varie fenditure decorrenti tutte in senso parallelo o quasi alla linea di spiaggia, alcune delle quali erano larghe anche circa mezzo metro (...) Nel bel mezzo della massicciata stradale della via Marina al momento del terremoto si è aperta una lunga fenditura, con decorso allo incirca parallelo alla spiaggia (...).*».

MERCALLI (1909): «*Parallelamente alla costa, lungo la strada provinciale e tra questa e il terrapieno della ferrovia restarono spaccature superficiali visibili sopra alcune centinaia di metri di lunghezza, e in generale aventi pochi centimetri di larghezza. Se tale larghezza in pochi punti raggiunge 2 a 3 decimetri, ciò si deve alla eterogeneità del materiale di riempimento artificiale*».

NOVARESE (1909): «*Dove le circostanze lo permisero, si notavano ancora al momento delle osservazioni, cioè parecchi mesi dopo il disastro, tracce di spaccature parallele al lido nel terreno prossimo al mare*».

SABATINI (1909): «*Numerose fratture, generalmente parallele alla riva, furono constatate nel suolo presso Pellarò. Molte si continuano nelle lesioni delle case o degli argine delle fiumare, come per esempio nella Fiumara di S. Giovanni a nord-nord-est dell'abitato (...) Nelle vigne a monte della casa comunale esistevano ancora molte fratture del suolo il giorno della mia ultima visita, che avvenne il 29 aprile dell'ultimo scorso. Tali spaccature, già in gran parte richiuse (...) si seguivano ancora per parecchi metri, con larghezza fino a 10 centimetri. Parecchie di tali fratture ebbero in origine 50 centimetri di larghezza, con profondità di alcuni metri. Non tutte queste lesioni erano parallele alla riva, ma solo il maggior numero. Qualcuno mi affermò che esse continuavano sino a Motta San Giovanni. E mi si mostrò con sorpresa il fatto che sui loro orli era depositata della sabbia marina*».

OCCHIUTO (1909): «*Lungo la via nazionale che unisce Mileto a Rosarno, in vicinanza dei fiumi, mi fu riferito che si scorgevano delle lunghe fessure*».

5. - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La raccolta di informazioni sugli effetti ambientali indotti dal terremoto del 1908, riportate dalle fonti coeve, non ha consentito di individuare e localizzare specifici fenomeni di fagliazione superficiale cosismica, anche se alcune descrizioni lasciano supporre che tali fenomeni si siano verificati. Tra tutti gli effetti catalogati, molti sono compatibili con la fagliazione superficiale, ma non possono essere inequivocabilmente attribuiti a tale categoria di effetti. Una sola descrizione fa esplicito riferimento a faglie in superficie ma è troppo generica sulla sua ubicazione. A tal proposito, comunque, è opportuno considerare che a quel tempo la consapevolezza che i terremoti siano generati dallo scorrimento relativo di porzioni di crosta lungo le faglie non era consolidata tra tutti gli studiosi. Si riteneva, infatti che i terremoti avessero una origine vulcanica o che derivassero da esplosioni nel sottosuolo. Fu a seguito del terremoto del 1891 a Mino-Owari (Nobi) in Giappone, che il prof. B.

Koto dell'Università di Tokio, osservando gli evidenti effetti di fagliazione superficiale (spostamento orizzontale fino a 8 metri e rigetto verticale fino a 2-3 metri) in numerosi siti, ipotizzò, per la prima volta, un'origine dovuta al repentino scorrimento lungo la faglia (KOTŌ, 1892 ; BOLT, 2006). Il concetto che i terremoti si generano lungo faglie si affermò dopo il terremoto di San Francisco del 1906, con il rapporto che pubblicò REID nel 1910 (BRYANT, 2013), e il concetto fu assimilato in Italia solo successivamente. Dobbiamo aspettare addirittura gli anni '80, con gli studi condotti dall'allora ENEA-DISP (Energia Nucleare ed Energie Alternative/Direzione Sicurezza e Protezione; SERVA *et alii*, 1986; SERVA, 1987), affinché la connessione diretta tra eventi sismici e faglie osservate in superficie si affermi in Italia e si consolidi a livello Europeo.

Pertanto, nel 1908 il termine «faglia» non doveva essere ancora in uso nella sua piena accezione. Nonostante questo, come precedentemente descritto, abbiamo riscontrato l'uso del termine «faglia» in TARAMELLI (1909) e ODDONE (1909). Ambedue indicano fenomeni tettonici lungo le due sponde dello Stretto, che sono state entrambe affette da fenomeni di subsidenza, come dimostrato dai dati di livellazione geometrica di LOPERFIDO (1909). Le loro descrizioni forniscono una rappresentazione generale dello scenario post-sismico, ma non consentono, purtroppo, di individuare specifici elementi tettonici. Ciononostante, la descrizione che ci ha lasciato ODDONE, in particolare, lascia presupporre che fenomeni di fagliazione superficiale siano avvenuti. I dati di livellazione geometrica di LOPERFIDO (1909), fornendo valori di abbassamento fino a 70 cm, sono in ottimo accordo con quelli di Oddone (fino a 80 cm) e di altri autori e, oltretutto, compatibili con la magnitudo del terremoto (e.g., WELLS & COPPERSMITH, 1994; SERVA *et alii*, 2016). Tali movimenti potrebbero essere stati causati, oltre che dalla faglia sismogenica, anche da faglie secondarie (che si rimobilizzano, in genere, in occasione di terremoti moderati e forti), al netto dei contributi, purtroppo difficilmente distinguibili, indotti anche da frane e dalle onde di maremoto. Inoltre, per la sponda Reggina, non si può non tenere conto anche dei fenomeni erosivi des-

critti da BARATTA (1909): «*Riguardo poi alle mutazioni verificatesi nella linea di costa occorre ripetere che, a mio modo di vedere il terremoto ed il maremoto in generale non hanno fatto altro che accelerare l'opera di lenta immersione che si andava verificando nel litorale reggino, e dovuta a cedimenti e ad assetto delle masse alluvionali. Narra infatti il De Stefano che ai due lati del cospicuo delta fatto dalla fiumara di Lazzaro la spiaggia si andava già prima sempre assottigliando, tanto che alcune casette solo pochi anni innanzi abbastanza distanti dalla battaglia, si erano rese inabitabili, essendo così vicine ai flutti da venire flagellate nei giorni di mareggiata. E l'ing. Cortese, che ebbe agio di percorrere per diversi anni la regione durante i lavori di rilievo della carta geologica delle Calabrie, potè ancora nel 1881 osservare nei pressi dello stesso paese un pozzetto a circa 20 m dalla spiaggia: negli anni successivi trovò la distanza sempre più diminuita e quindi vide il mare bagnare il piede del parapetto che poscia scomparve del tutto. Presso Pèllaro fu notato che un agrumeto in pochi anni ebbe l'estreme piante dal lato della marina bagnate dalle onde. Ho già accennato ad analogo fenomeno che presentano la costa circostante alla città di Reggio e la spiaggia di Pentimele. Questi fenomeni per altro qualche volta si sono determinati con grande rapidità, ed a quanto risulta, senza l'intervento di cause sismiche, (...)*».

Purtroppo i dati che abbiamo raccolto non possono essere dirimenti nell'individuazione della faglia sismogenica del 1908. Se da una parte, essi non hanno permesso di individuare con certezza la fagliazione primaria indotta dalla struttura sismogenica in superficie, dall'altra, non sono comunque sufficienti per escludere che il fenomeno sia avvenuto, considerati i deficit di informazioni nelle fonti, precedentemente descritti, e anche l'elevata Magnitudo del terremoto. Non si può neanche escludere che fenomeni di fagliazione superficiale siano avvenuti sott'acqua nello Stretto. Inoltre, una dislocazione tettonica nel fondo dello Stretto potrebbe aver generato lo tsunami, o quantomeno aver contribuito alla sua formazione (GERARDI *et alii*, 2008).

Poiché, in genere, gli effetti sismoindotti si verificano maggiormente sull'*hangingwall* piuttosto che sul *footwall* di una faglia lungo cui si è generato un terremoto, la maggiore distribuzione degli effetti in Calabria rispetto che in Sicilia (COMERCI *et alii*, 2015) potrebbe far supporre che la faglia sismogenica del

1908 appartenga al sistema di faglie che borda la costa siciliana (o a una faglia cieca) con immersione verso est. Comunque, sempre sulla base dei dati reperiti, non si può escludere neanche l'ipotesi che la faglia sismogenica sia la Armo (fig.1), proposta da ALOISI *et alii* (2013) e appartenente al sistema di faglie responsabili del terremoto del 1783; la maggior parte degli effetti, infatti, ricade anche nell'*hangingwall* del piano immergente verso nordovest della faglia di Armo. Nel complesso, quindi, la questione dell'individuazione della struttura sismogenica non appare risolvibile sulla base delle fonti storiche, ma risulta evidente che si siano riattivati sistemi di faglie, probabilmente su entrambi i lati dello Stretto, con risvolti rilevanti per la valutazione dell'hazard da fagliazione superficiale nell'ambito degli studi di microzonazione sismica.

BIBLIOGRAFIA

- ALOISI M., BRUNO V., CANNAVÒ F., FERRANTI L., MATTIA M., MONACO C. & PALANO M. (2013) - *Are the source models of the M 7.1 1908 Messina Straits earthquake reliable? Insights from a novel inversion and a sensitivity analysis of levelling data*, *Geophysical Journal International*, **192**, Issue 3, 1 March 2013, Pages 1025–1041, <https://doi.org/10.1093/gji/ggs062>.
- AMORUSO A., CRESCENTINI L. & SCARPA R. (2002) - *Source parameters of the 1908 Messina Straits, Italy, earthquake from geodetic and seismic data*. *Geophys J Res* 107(B4):2080. doi:10.1029/2001JB000434.
- ARGNANI A., BRANCOLINI G., BONAZZI C., ROVERE M., ACCAINO F., ZGUR F. & LODOLO E. (2009) - *The results of the Taormina 2006 seismic survey: possible implications for active tectonics in the Messina Straits*. *Tectonophysics* **476**: 159-169.
- BAKER V.R. (2006) - *Water and the evolutionary geological history of Mars*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **125**, 357-369.
- BARATTA M. (1909) - *Il terremoto calabro-siculo del 28 dicembre 1908*. *Boll. Soc. Geogr. Ital.* **10**(4):852-82, 980-1019.
- BARATTA M. (1910) - *La catastrofe sismica calabro-messinese. 28 Dicembre 1908*. Società Geografica Italiana, Roma. **2**, 426.
- BLASERNA P. (1909) - *Relazione generale. Relazione della Commissione Reale incaricata di designare le zone più adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri precedenti*. Roma.
- BOLT B.A. (2006) - *Earthquakes: 2006 Centennial Update*. W.H. Freeman and Company, 2006.
- BONINI L., DI BUCCI D., TOSCANI G., SENO S. & VALENSISE G. (2011) - *Reconciling deep sismogenic and shallow active faults through analogue modeling: the case of the Messina Straits (southern Italy)*. *J Geol Soc Lond* **168**, 191-199.
- BOSCHI E., PANTOSTI D. & VALENSISE G. (1989) - *Modello di sorgente per il terremoto di Messina del 1908 ed evoluzione recente dell'area dello Stretto*. Atti 8 Convegno GNGTS. pp 245-258
- BOTTARI A., CARAPEZZA E., CARAPEZZA M., CARENI P., CEFALI F., LO GIUDICE C. & PANDOLFO C. (1986) - *The 1908 Messina Strait Earthquake in the regional geostructural framework*. *J Geodyn* **5**, 275-302.
- BOTTARI A., CAPUANO P., DE NATALE G., GASPARINI P., NERI G., PINGUE F. & SCARPA R. (1989) - *Source parameters of earthquakes in the Strait of Messina, Italy, during this century*. *Tectonophysics* **166**, 221-234.
- BRYANT W.A. (2013) - *Fault*. In: Bobrowsky PT (ed) *Encyclopedia of Natural Hazards*. Springer Science+ Business Media, Dordrecht, pp 317-321.
- CANNELLI V., MELINI D. & PIERSANTI A. (2013) - *New insights on the Messina 1908 seismic source from postseismic sea level change*. *Geophys J Int* **194**, 611-622. doi:10.1093/gji/ggt134.
- CAPUANO P., DE NATALE G., GASPARINI P., PINGUE F. & SCARPA R. (1988) - *A model for the 1908 Messina Straits (Italy) earthquake by inversion of levelling data*. *Bull Seism Soc Am* **78**(6), 1930-1947.
- CAPUTO M., PIERI L., BARBARELLA M., GUBELLINI A., RUSSO P. & CONSOLE R. (1981) - *Geophysical and geodetic observations in the Messina Straits*. *Tectonophysics* **74**, 147-154.
- CATALANO S., DE GUIDI G., MONACO C. & TORTORICI L. (2003) - *Long-term behaviour of the Late Quaternary normal faults in the Strait of Messina region: structural and morphological constraints*. *Quat Int* 101-102, 81-91.
- CATALANO S., DE GUIDI G., MONACO C., TORTORICI G. & TORTORICI L. (2008) - *Active faulting and seismicity along the Siculo-Calabrian Rift Zone (Southern Italy)*. *Tectonophysics* **453**, 177-192.
- CIARANFI N., GHISETTI F., GUIDA M., IACCARINO G., LAMBIASE S., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G., TORRE M., TORTORICI L. & VEZZANI L. (1983) - *Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale*. C.N.R., Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Progetto Finalizzato Geodinamica, 515, 62 p.
- COMERCI V., VITTORI E., BLUMETTI A. M., BRUSTIA E., DI MANNA P., GUERRIERI L., LUCARINI M. & SERVA L. (2015) - *Environmental effects of the December 28, 1908, Southern Calabria-Messina (Southern Italy) earthquake*. *Nat Hazards* (2015) 76:1849–1891. DOI 10.1007/s11069-014-1573-x.
- CORTESE E. (1923) - *Sulle rive dello Stretto di Messina*. *Boll Soc Geol It* **42**, 226-234.
- CREMA C. (1909) - *Riunione annuale della Società Geologica Italiana in Sicilia*. *Boll R Com Geol It* **4**(40), 346-354.
- DE NATALE G. & PINGUE F. (1991) - *A variable slip fault model for the 1908 Messina Straits (Italy) earthquake, by inversion of levelling data*. *Geophys J Int* **104**, 73-84.
- DI STEFANO G. (1909) - *Osservazioni sulle comunicazioni verbali del Prof. Ricciardi*. Resoconto dell'Adunanza Generale invernale (Rendiconti). *Boll Soc Geol It* **28**, 30-34.

- DOGLIONI C., LIGI M., SCROCCA D., BIGI S., BORTOLUZZI G., CARMINATI E., CUFFARO M., D'ORIANO F., FORLEO V., MUCCHINI F. & RIGUZZI F. (2012) - *The tectonic puzzle of the Messina area (Southern Italy): Insights from new seismic reflection data*. *Sci Rep* **2**, 970. doi:10.1038/srep00970.
- FRANCHI S. (1909) - *Il terremoto del 28 dicembre 1908 a Messina in rapporto alla natura del terreno ed alla riedificazione della città*. *Boll R Com Geol It* **10**(4), 111-157.
- GASPARINI C., IANNAACONE G., SCANDONE P. & SCARPA R. (1982) - *Seismotectonics of the Calabrian arc*. *Tectonophysics* **84**, 267-286.
- GAZZETTA UFFICIALE DEL REGNO D'ITALIA, 1908.01.08, n. **5**, p. 83.
- GERARDI F., BARBANO M.S., DE MARTINI P.M. & PANTOSTI D. (2008) - *Discrimination of tsunami sources (earthquake versus landslide) on the basis of historical data in eastern Sicily and southern Calabria*. *Bull Seismol Soc Am* **98**(6), 2795-2805.
- GHISETTI F. (1979) - *Relazioni tra strutture e fasi trascorrenti e distensive lungo i sistemi Messina-Fiumefreddo, Tindari-Letojanni e Alia-Malvagna (Sicilia nord-orientale); uno studio microtettonico*. *Geologica Romana* **18**, 23-58.
- GHISETTI F. (1984) - *Recent deformations and the seismogenic source in the Messina Strait (Southern Italy)*. *Tectonophysics* **109**, 191-208.
- GHISETTI F. (1992) - *Fault parameters in the Messina Strait (Southern Italy), and relations with the seismogenic source*. *Tectonophysics* **208**, 117-133.
- GORK'J M. & MEYER M.W. (2005) - *Tra le macerie di Messina*. Coll. Cammei, GBM, Messina (Italian version of Zemletrjasenie v Kalabrii I Sicilii 15/28 Dekabrja 1908, Znanie, Sankt Peterburg 1909).
- GUIDOBONI E., FERRARI G., MARIOTTI D., COMASTRI A., TARABUSI G., SGATTONI G. & VALENSISE G. (2018) - *CFIT5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>.
- KOTŌ B. (1892) - *On the cause of the Great Earthquake in Central Japan, 1891*. *Journal of the College of Science, Imperial University* **5**, part 3 (1892): 295-353.
- LOPERFIDO A. (1909) - *Livellazione geometrica di precisione*. In: BLASERNA P. (ed) *Relazione della Commissione Reale incaricata di designare le zone piu` adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri precedenti*. Tipografia della R. Accademia dei Lincei Roma.
- LUIGGI L. (1909) - *Quel che ho veduto all'alba del terremoto calabro-siculo del 1908*. *Nuova Antologia di Lettere, Scienze e Arti* **5** (141, maggio-giugno): 297-317.
- MARTINELLI G. (1909) - *Osservazioni preliminari sul terremoto calabro-messinese del mattino del 28 dicembre 1908*. *Boll Bimensuale della Soc Meteor Ital, Torino* **28**(3).
- MARZOLO P. (1909) - *Relazione sui risultati degli scandagli eseguiti nello Stretto di Messina da alcune R. Navi e Torpediniere nel primo trimestre 1909*. In: BLASERNA P. (ed) *Relazione della Commissione Reale incaricata di designare le zone piu` adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri precedenti*. Tipografia della R. Accademia dei Lincei, Roma.
- MERCALLI G. (1909) - *Contributo allo studio del terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908*. Estratto dagli Atti del R. Istituto d'Incoraggiamento di Napoli, Cooperativa Tipografica, Napoli **7**(VI).
- MESCHIS M., ROBERTS G.P., MILDON Z.K. *et alii* (2019) - *Slip on a mapped normal fault for the 28th December 1908 Messina earthquake (Mw 7.1) in Italy*. *Sci Rep* **9**, 6481 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42915-2>.
- MICHELINI A., LOMAX A., NARDI A., ROSSI A., PALOMBO B. & BONO A. (2006) - *A modern re-examination of the locations of the 1905 Calabria and the 1908 Messina Straits earthquakes*. *Seismol Res Lett* **77**(2), 213.
- MULARGIA F. & BOSCHI E. (1983) - *The 1908 Messina earthquake and related seismicity*. In: KANAMORI H., BOSCHI E. (eds) *Earthquakes: observation, theory and interpretation*. In: *Proceedings of the international school of physics "E. Fermi"*, Course LXXXV, Varenna. North-Holland, Amsterdam, pp 493-518.
- MONACO C. & TORTORICI L. (2000) - *Active faulting in the Calabrian Arc and eastern Sicily*. *J Geodyn* **29**, 407-424.
- NERI G., OLIVA B., ORECCHIO B. & PRESTI D. (2006) - *A possible Seismic Gap within a Highly Seismogenic Belt Crossing Calabria and Eastern Sicily, Italy*. *Bull Seismol Soc Am* **96**(4A), 1321-1331.
- NOVARESE V. (1909) - *Il terremoto del 28 dicembre in Reggio Calabria e provincia*. *Boll R Comitato Geologico d'Italia, Roma* **4**, 424-496.
- OCCHIUTO B. (1909) - *Effetti della scossa principale*. *Bollettino Sismologico dell'Osservatorio Morabito nel seminario di Mileto (Calabria)*. Anno 1, num. 11 e 12. Supplemento al *Boll di Dicembre 1908*.
- ODDONE E. (1909) - *Appunti fisici per lo studio del terremoto di Sicilia e Calabria*. In: *Annali della Soc degli Ing ed Arch Italiani*, fasc 7. Roma.
- OLDHAM R.D. (1909) - *The Italian earthquake of December 28, 1908*. *Geogr J* **33**(2), 185-188.
- OMORI F. (1909) - *Preliminary report on the Messina-Reggio earthquake of Dec. 28, 1908*. *Bull Imp Earth Invest Comm* **3**(2), 37-46.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (2004) - *The Plio-Pleistocene thrust belt-foredeep system in the Southern Apennines and Sicily (Italy)*. In: CRESCENTI U., D'OFFIZI S., MERLINO S., SACCHI L. (eds) *Special volume of the Italian Geological Society for the IGC 32 Florence-2004*. Societa` Geologica Italiana, Roma.
- PLATANIA G. (1909a) - *Il maremoto dello Stretto di Messina del 28 dicembre 1908*. *Boll Soc Sismol Ital* **13**, 369-458.
- PLATANIA G. (1909b) - *I fenomeni marittimi che accompagnarono il terremoto di Messina del 28 Dicembre 1908*. *Riv Geogr Ital* **16**(3), 154-161.
- PINO N.A., GIARDINI D. & BOSCHI E. (2000) - *The December 28, 1908, Messina Straits, southern Italy, earthquake: waveform modelling*

- of regional seismograms.* J Geophys Res **105**(B11), 25473-25492.
- PINO N.A. (2008) - *La sorgente sismica: I sismogrammi del terremoto del 1908 analizzati oggi.* In: BERTOLASO G., BOSCHI E., GUIDOBONI E., VALENSISE G. (eds) Il terremoto e il maremoto del 28 dicembre 1908: analisi sismologica, impatto, prospettive. INGV-DPC, Roma, Bologna, pp 137-160.
- PINO N.A., PIATANESI A., VALENSISE G. & BOSCHI E. (2009) - *The 28 December 1908 Messina Straits Earthquake (Mw 7.1): a Great Earthquake throughout a Century of Seismology.* Seismol Res Lett **80**(2), 243-259.
- POLONIA A., TORELLI L., GASPERINI L. & MUSSONI P. (2012) - *Active faults and historical earthquakes in the Messina Straits area (Ionian Sea).* Nat Hazards Earth Syst Sci **12**, 2311-2328.
- RAMSAY J.G. & HUBER M. (1987) - *The techniques of Modern Structural Geology.* Volume 2: Folds and Fractures. Academic Press, London, 500 pp.
- REID H.F. (1910) - *The Mechanics of the Earthquake, The California Earthquake of April 18, 1906, Report of the State Investigation Commission,* Vol. 2, Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C. 1910.
- RICCIARDI L. (1909) - *Il vulcanismo nel terremoto calabro-siculo del 28 dicembre 1908.* Boll Soc Nat Napoli **23**, 65-120.
- RICCO` A. (1909) - *Terremoto del Messinese e della Calabria al 28 Dicembre 1908.* Boll Accad Gioenia ScNat, Serie 2, fasc 6. Catania, pp 3-7.
- RIZZO G.B. (1909) - *Relazione sul terremoto di Messina e della Calabria nel 28 dicembre 1908.* In: BLASERNA P., Relazione della Commissione Reale incaricata di designare le zone piu` adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri precedenti. Tipografia della R. Accademia dei Lincei, Roma.
- RIZZO G.B. (1911) - *Sulla propagazione dei movimenti prodotti dal terremoto di Messina del 28 Dicembre 1908.* Mem R Acc Sc, Torino, Serie 2(61), 355-417.
- ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B. & GASPERINI P. (2019) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0.* Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>.
- RYAN W.B.F. & HEZEN B.C. (1965) - *Ionian sea submarine canyons and the 1908 Messina turbidity current.* Geol Soc Am Bull **76**, 915-932.
- SABATINI V. (1909) - *Contribuzione allo studio dei terremoti calabresi.* Boll R Com Geol It, Serie IV **10**(3), 235-345.
- SCHICK R. (1977) - *Eine seismotektonische Bearbeitung des Erdbebens von Messina im Jahre 1908.* Geol Jahrb **11**, 3-74.
- SERVA L., BLUMETTI A.M. & MICHETTI A.M. (1986) - *Gli effetti sul terreno del terremoto del Fucino (13.11.1915). Tentativo di interpretazione della evoluzione tettonica recente di alcune strutture.* Mem. Soc. Geol. Ital., **35**, 893- 907.
- SERVA L. (1987) - *Un metodo per una migliore comprensione della sismicità di un'area (Conca del Fucino).* Notiziario ENEA-DISP: Sicurezza e Protezione. Anno 5, n. **14**, 55-63, Roma.
- SERVA L., VITTORI E., COMERCI V., ESPOSITO E., GUERRIERI L., MICHETTI A.M., MOHAMMADIOUN B., PORFIDO S. & TATEVOSSIAN R. (2016) - *Earthquake hazard and the Environmental Seismic Intensity (ESI) scale.* Pure and Applied Geophysics, **173** (5), 1479-1515, DOI 10.1007/s00024-015-1177-8.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2011) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, F. 99 Iseo.* ISPRA, Roma.
- SOCIETA` FOTOGRAFICA ITALIANA (1909) - *Messina e Reggio prima e dopo il terremoto del 28 dicembre 1908.* Firenze, 437 p.
- TARAMELLI T. (1909) - *Relazione sull'operato della sottocommissione incaricata di visitare i luoghi del terremoto Calabro-Siculo del 28 dicembre 1908.* In: BLASERNA P. (ed) Relazione della Commissione Reale incaricata di designare le zone piu` adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri precedenti. Tipografia della R. Accademia dei Lincei, Roma, pp 89-112.
- TORTORICI L., MONACO C., TANSI C. & COCINA O. (1995) - *Recent and active tectonics in the Calabrian Arc (Southern Italy).* Tectonophysics **234**, 37-49.
- VALENSISE G. & PANTOSTI D. (1992) - *A 125 Kyr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake (Ms 7 1/2).* Terra Nova **4**, 472-483.
- VALENSISE G., BASILI R. & BURRATO P. (2008) - *La sorgente del terremoto del 1908 nel quadro sismo tettonico dello Stretto di Messina.* In: BERTOLASO G., BOSCHI E., GUIDOBONI E., VALENSISE G. (eds) Il terremoto e il maremoto del 28 dicembre 1908: analisi sismologica, impatto, prospettive. INGV-DPC, Roma, Bologna, pp 161-182.
- WEGENER A. (1912) - *Die Entstehung der Kontinente.* Geol. Runds., **3**, 277-292.
- WELLS D. & COPPERSMITH K.J. (1994) - *New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement.* Bull Seism Soc Am **84**(4), 974-1002.