

IL TERREMOTO DEL 1905 IN CALABRIA: REVISIONE DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI EFFETTI E DELLE IPOTESI SISMOGENETICHE

Paolo Galli^{1,2} & Diego Molin¹

¹Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, Roma (paolo.galli@protezionecivile.it)

²CNR - Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, Roma

RIASSUNTO: Galli P. & Molin D., *Il terremoto del 1905 in Calabria: revisione della distribuzione degli effetti e delle ipotesi sismogenetiche*. (IT ISSN 0394-3356, 2009).

Il terremoto dell'8 settembre del 1905 è sempre stato un evento un po' negletto dalla storiografia sismologica italiana, oscurato dagli effetti del catastrofico evento del 1908; eppure è il terremoto per il quale è stato calcolato il più alto valore strumentale della magnitudo in Italia (tra $M_I=7.9$ e $M_S=7.47$). Per questo lavoro sono state recuperate tutte le fonti già citate nei precedenti studi, oltre a molte altre sconosciute, tra cui una relazione ministeriale molto voluminosa, che nel complesso hanno permesso di ricostruire la distribuzione degli effetti per 895 località dell'Italia meridionale in termini di scala MCS. Il quadro che ne deriva è percettivamente diverso da quelli precedentemente delineati e permette di avanzare ipotesi in parte inedite sugli scenari sismogenetici della Calabria. In particolare, 1) la grande estensione dell'area di danneggiamento, 2) l'apertura verso il Tirreno del piano quotato, 3) l'insorgenza di un debole maremoto e la sua natura bipolare, 4) l'assenza del purché minimo indizio di fagliazione di superficie a terra, 5) e il confronto con la distribuzione degli effetti di altri terremoti profondi del basso Tirreno ci conducono ad ipotizzare la presenza di una sorgente sub-crostante nell'offshore del Monte Poro.

ABSTRACT: Galli P. & Molin D., *The 1905 earthquake in Calabria: a review of effects distribution and of the seismogenetic hypotheses*. (IT ISSN 0394-3356, 2009).

In the first hours of the night of September 8th, 1905, the villages of Mt. Poro (southern Calabria) and many others along the Tyrrhenian edge of Calabria, were struck by the most powerful earthquake even occurred in Italy (at least in terms of recorded magnitude: $M_I=7.9$, DUNBAR et al., 1992; $M_S=7.47$; MARGOTTINI et al., 1993; GRUPPO DI LAVORO CPTI, 1999), that caused around 600 casualties. In this paper, thanks to hundreds original sources collected in archives and library all over Italy, but particularly to a huge, unpublished contemporary government report, we reevaluated the macroseismic intensity distribution (MCS scale) for 895 localities in southern Italy (Fig. 7; see details in GALLI AND MOLIN, 2007). The resulting framework of effects differs perceptively from those presented by previous Authors, allowing to hypothesize an unedited hypothesis as far as the Calabrian seismogenetic scenarios are concerned.

Firstly, the earthquake had a very large damage area, typical of deep event, the 7th MCS degree extending well beside 170 km in a NE-SW direction (Fig. 8), that is more than the neighbour epochal earthquake of February 5, 1783. The maximum intensity reached 10-11 MCS in the Mt. Poro villages (Fig. 1), but differently from the others strong Apenninic earthquakes, in the mesoseismic area the highest intensities (10-11 MCS) alternated to very low effects (6-7 MCS). The macroseismic framework is also complicated by the presence of environmental effects (landslides and liquefaction, surficial breaks; Figg. 10-12) affecting 25% of the damaged municipalities (85% of villages with $I_s \geq 10$ MCS). On the other hand, microtremors analyses performed in the most damaged localities showed a scarce relationship between disruption level and frequency peaks falling in the range of engineering interest (i.e., suggesting low site amplification effects; Fig. 13).

From the seismogenetic point of view, no surficial trace of coseismic faulting have been observed in the mesoseismic area, notwithstanding the magnitude value would imply a source dimension (~50 km length) and a coseismic slip (> 1m) well detectable for a inland crustal structure (e.g. along the faults quoted in previous papers; see TORTORICI et al., 1995; GALLI AND BOSI, 2002; CUCCI AND TERTULLIANI, 2006). Moreover, the intensity distribution is clearly opened toward the Tyrrhenian Sea, where along the coasts a weak tsunamis was also observed after the earthquake (Figg. 8-9).

Therefore, 1) the very large damage extension, 2) the opening of isoseismal lines toward the sea, 3) the occurrence of a bipolar tsunami, 4) the lack of inland surface faulting and 5) the comparable shape and effects distribution of others studied deep-Tyrrhenian earthquakes (Fig. 4) allow us to hypothesize the presence of a sub-crustal source in the Mt. Poro offshore, responsible for the 1905 event. In facts, it is well known that the Calabrian Arc is subducted by an active, Ionian lithospheric slab that, in the offshore of the Tyrrhenian coast dips ~70° toward NW. Most of the slab seismicity (Figg. 5-6) is due to down-dip compression mechanisms (events $M > 7$ at depth > 150 km), but it is possible that also the hinge of the slab, due to flexural-extension processes, might release high values of magnitude, such the one recorded for the 1905 earthquake (Fig. 14).

Parole chiave: terremoto, macrosismica, Calabria, subduzione litosferica.

Keywords: earthquake, macroseismics, Calabria, plate subduction.

1. INTRODUZIONE

Il terremoto della notte tra il 7 e l'8 settembre del 1905 interessò gran parte dell'Italia meridionale, danneggiando quasi tutta la Calabria e parte del Messinese. La scossa principale fu accompagnata da un debole maremoto lungo le coste tirreniche calabresi e fu seguita da un periodo sismico composto da varie centinaia di eventi. Questo terremoto è un evento "anomalo" nel contesto sismotettonico non solo della Calabria, ma dell'intera catena appenninica, sia per la

grande energia liberata e per la distribuzione irregolare degli effetti macrosismici, sia anche per la sua posizione rispetto alla principale fascia sismogenetica dell'arco appenninico-calabro. Innanzitutto, la sua magnitudo è la più grande mai registrata strumentalmente in Italia ($M_I=7.9$, DUNBAR et al., 1992; $M_S=7.47$, MARGOTTINI et al., 1993; CPTI99), maggiore di quella calcolata per il catastrofico evento di Messina del 1908 ($M_S=7.32$, MARGOTTINI et al., 1993; CPTI99). Ebbe, poi, una vastissima distribuzione del danno, con intensità massime di X e X-XI grado MCS (Fig. 1); la sua estensione è con-

frontabile solo con quella del terremoto del 1908, sebbene quest'ultimo colpì un patrimonio edilizio già fortemente compromesso dai danni prodotti, e in parte solo provvisoriamente riattati, dallo stesso evento del 1905 e da altri precedenti, tra cui quello del 16 novembre 1894 ($I_0=VIII-IX$; vedi anche in BARATTA, 1909). Nel terremoto del 1905 alla vastità del danneggiamento si sovrappone la complessa distribuzione degli effetti, in particolare nell'area mesosismica del Monte Poro. Infatti, diversamente da terremoti caratterizzati da energia anche minore (p.e., 27 marzo 1638 e 5 febbraio 1783, entrambi con $M_w=6.9$), nella supposta area epicentrale non si ebbe uniformità di danno, ma a paesi distrutti si alternarono altri con danni modesti (p.e., Zungri, X MCS a soli 4 km da Mesiano, VI-VII MCS). Infine, a fronte dell'elevatissima energia associabile all'evento, non si segnalano effetti di fagliazione di superficie, tantomeno nella presunta area epicentrale del Monte Poro.

Nel presente lavoro, a partire dal quadro sismogenetico regionale ed analizzando la distribuzione degli effetti di scuotimento (comprensivi dei possibili effetti geologici di amplificazione) si cercherà di definire meglio i parametri del terremoto. A questo proposito, lo studio macrosismico dell'evento è stato sviluppato utilizzando nuove fonti, prevalentemente inedite, recuperate presso l'Archivio Centrale dello Stato di Roma e anche presso vari archivi della Calabria². Dalle indagini svolte, emerge un quadro complessivo del terremoto percettibilmente differente da quello noto sino ad oggi, tanto da consentire di formulare un'ipotesi inedita relativamente alla sua possibile sorgente.

¹Le edizioni CPTI99 (GRUPPO DI LAVORO CPTI, 1999; CPTI04 e CPTI08 le edizioni successive) e CPTI04 forniscono un'intensità epicentrale $I_0=XI$ MCS ($I_{max}=X-XI$), mentre in CPTI08 $I_0=X$ MCS ($I_{max}=X$ MCS). Tutte le indicazioni parametriche su terremoti contenute in questo lavoro si riferiscono alle diverse edizioni del CPTI se non diversamente indicato.

²Le schede sulle singole località, comprensive della descrizione degli effetti (per oltre un migliaio di pagine) sono consultabili su richiesta presso gli autori.

2. QUADRO SISMOTETTONICO DELLA CALABRIA

2.1 Il contesto geodinamico

Secondo la vasta letteratura disponibile, nell'Arco Calabro sono contemporaneamente in atto processi di subduzione tra due placche litosferiche, di arretramento flessurale della cerniera di quella in subduzione, di sollevamento regionale, di estensione crostale nel settore tirrenico e compressione in quello ionico, di vulcanismo *offshore*, oltre ad un altissimo livello di sismicità. Strutturalmente, l'arco Calabro è la terminazione meridionale della catena a pieghe e sovrascorrimenti appenninica e possiede, complessivamente, un'età eocenico-tortoniana (AMODIO MORELLI, *et al.*, 1976). La sua messa in posto è stata condizionata dalla complessa interazione tra la placca Africana e quella Europea, a partire da quando una porzione del margine Alpino (il futuro Arco Calabro-Peloritano) è collisa sovrascorrendo sul margine Africano (AMODIO MORELLI *et al.*, 1976; VAN DIJK & OKKES, 1991; CATALANO *et al.*, 1993), venendone poi insieme subdotta da un paleo oceano Ionico, le cui porzioni superstiti affiorano nello Ionio centrale, tra i fronti delle Ellenidi ed il prisma d'accrezione calabro (CATALANO *et al.*, 2000 e bibliografia citata). La migrazione verso SE dell'Arco Calabro sopra la catena appenninica è avvenuta tramite elementi di svincolo caratterizzati da estese fasce di taglio a nord (Linea di Sangineto; AMODIO MORELLI *et al.*, 1976. Fascia NW-SE del Pollino; SCHIATTARELLA, 1998) ed a sud (Linea Salina-Lipari-Vulcano, Tindari-Letojanni e scarpata di Malta, con cinematica trascorrente destra; TORTORICI, 1982). Il processo di collisione tra le placche ha comportato la consumazione della litosfera oceanica ionica al di sotto dell'Arco Calabro in migrazione verso SE, come testimoniato ancor oggi dalla presenza di uno *slab* in subduzione verso NW, ben delineato dal piano di Benjoff associato (PETERSCHMITT, 1956; AMATO *et al.*, 1993). La geometria dello *slab* è comunque molto complessa, così come tra poco descritto. A occidente dello *slab*, in risposta al continuo arretramento flessurale verso SE della cerniera della placca in subduzione, si è progres-



Fig. 1 - A sinistra, la vecchia piazza di Zammarò, frazione di San Gregorio d'Ippona, nei pressi di Vibo Valentia. La distruzione in questo paese è stata valutata pari a X-XI grado nella scala MCS, rappresentando la I_{max} osservata per il terremoto. La vicina frazione di Mezzocasale e San Gregorio d'Ippona stesso ebbero effetti valutabili all'VIII MCS (foto E. Navone). A destra, veduta delle rovine di Piscopio, uno dei paesi maggiormente danneggiati dal terremoto ($I_s=X$ MCS).

Left panel; the old square of Zammarò (San Gregorio d'Ippona, near Vibo Valentia). We assigned the maximum local intensity at this village ($I_s=10-11$ MCS). It is worth noting that the nearby villages of Mezzocasale and San Gregorio d'Ippona had effects matching with 8 MCS. Right panel; ruins of Piscopio ($I_s=10$ MCS), near Vibo Valentia.

sivamente aperto un bacino di retro-arco, il cui fondo oceanico palesa età via via più recenti verso SE (bacini di Vavilov e Marsili del Tirreno meridionale, rispettivamente ~3.5 Ma e ~1.8 Ma; BECCALUVA *et al.*, 1990). Contestualmente all'estensione tirrenica (da taluni considerata un vero e proprio processo di *rifting*: MONACO E TORTORICI, 1995), a partire dal Miocene superiore (MORETTI E GUERRA, 1997) il complesso sistema di sovrascorrimenti imbricati dell'Arco Calabro è stato anch'esso sottoposto a distensione crostale, manifestatasi principalmente con grandi faglie normali che, specialmente dalla fine del Pleistocene inferiore, hanno guidato l'apertura di bacini N-S e NE-SW (GHISSETTI, 1981; TORTORICI *et al.*, 1995; GALLI E BOSI, 2002 E 2003), sia lungo il settore interno dell'Arco (bacini del Crati, del Mesima, di Gioia Tauro e dello Stretto di Messina), che nel settore ionico (bacino di Crotona). A partire almeno dal Pleistocene medio, la Calabria è andata soggetta ad un rapido processo di sollevamento, con ratei medi di 0.6 mm/a a nord, sino a 1.3 mm/a a sud (Dumas e Raffy, 2004), come testimoniato dall'impressionante scalinata di terrazzi marini che orlano gran parte delle coste calabre (MIYAUACHI *et al.*, 1994; CAROBENE, 2003; DUMAS *et al.*, 2005) e di superfici sommitali relitte che rasano le cime dei massicci della Calabria meridionale.

2.2 Sismicità dell'Arco Calabro

La sismicità della Calabria è di livello molto elevato, non solo nel contesto della catena Appenninica, ma anche dell'intero Mediterraneo. A partire dall'evento che secondo Strabone distrusse gran parte di Reggio nel 91 a.C., ben altri venti terremoti con $M > 6.0$ hanno colpito la regione. Tuttavia, dall'analisi dei cataloghi sismici emerge che la quasi totalità di questi terremoti è, in realtà, limitata agli ultimi quattro secoli, con soli quattro eventi prima dell'anno mille e quindici tra il mille ed il milleseicento, mentre dei ventuno terremoti con $M_w > 6.0$, ben 16 sono concentrati in meno di 300 anni, tra il 1626 ed il 1908. In termini di energia liberata, tutto ciò equivale a dire che ben il 90% dell'energia liberata dalle sorgenti sismogenetiche calabresi negli ultimi ventuno secoli è apparentemente concentrata in meno di tre. Di fatto, quello che accadde in Calabria tra il 1638 ed il 1908 è stata una sequenza sismica senza paragoni, almeno nell'ultimo millennio. Ricerche effettuate in diversi archivi calabresi, nell'Archivio di Stato di Napoli, in quello Segreto Vaticano e tra le fonti "giornalistiche" dell'epoca hanno confermato questa ipotesi (CAMASSI e CASTELLI, 2004; SCIONTI e GALLI, 2005); di fatto, a parte notizie riguardanti un evento sconosciuto di elevata energia ($M = 6.2$), avvenuto nel 1744 nel crotonese (SCIONTI *et al.*, 2006), non è emerso null'altro di paragonabile a ciò che accadde dopo il '600. Resta, ovviamente, il ragionevole dubbio su ciò che potrebbe essere accaduto nei primissimi secoli del secondo millennio e nel corso dell'intero primo millennio, entrambi oggettivamente avari o mancanti del tutto di fonti.

Quello che sappiamo in più rispetto alle tradizionali fonti storiche riguardo alla sismicità pregressa proviene, invece, da analisi di carattere paleosismologico ed archeosismologico che hanno permesso di individuare una serie di grandi terremoti ($M_w \geq 6.5$) generati dalle faglie investigate e "gemelli", in alcuni casi, di terremoti devastanti avvenuti in epoca moderna. Tra questi, quelli che precedettero l'evento del 9 giugno 1638

in Sila all'alba del II e del I millennio a.C., ripetutosi nuovamente in epoca bizantina (VII secolo; GALLI e BOSI, 2003; GALLI *et al.*, 2007); o quello del IV secolo d.C. avvenuto sulla stessa faglia che generò la catastrofe del 5 febbraio 1783, identificabile con un evento mal definito in catalogo (poco prima del 374 d.C.; GALLI e BOSI, 2002): od altri nella zona del Monte Pollino, attualmente considerata pressoché asismica, ma soggetta nel IV millennio a.C. e nell'Alto Medioevo (600-900 d.C.) a due forti terremoti (MICHETTI *et al.*, 1997; CINTI *et al.*, 2002); o, infine, quello che distrusse l'antico insediamento romano di Capo Colonna (Crotona) nella metà del III secolo d.C. (GALLI *et al.*, 2006a).

Quello che è possibile evincere allo stato delle attuali conoscenze (Fig. 2) è che gran parte della sismicità della Calabria si concentra lungo il versante tirrenico della penisola. Nella Stretta di Sibari ed a nord della stessa, a meno degli eventi paleosismici legati alla faglia del Monte Pollino, la sismicità è pressoché assente (Stretta e versante ionico) o di basso livello (fascia Castrovillari-Lagonegro; GALLI *et al.*, 2001). I primi grandi terremoti si incontrano lungo la fascia pedemontana della Sila settentrionale, nella zona di Rossano con gli eventi del 951 e, soprattutto, del 1836 ($M_w = 6.2$; $I_0 = X$ MCS; GALLI *et al.*, 2009).

La media valle del Crati è, invece, sede "storica" di una lunga sequenza che, a partire da fine settecento, nell'arco di un secolo, ha colpito duramente i paesi di entrambi i versanti da nord verso sud (1767, 1835, 1854, 1870, tutti con $X \geq I_0 \geq VIII-IX$ MCS). Questa sequenza, caratterizzata da eventi con magnitudo prossima a 6, ha avuto un catastrofico prodromo il 27 Marzo del 1638, quando un terremoto di $M_w = 6.8$ ($I_0 = XI$ MCS) devastò i bacini dell'alto Crati e del Savuto. Esiste poi un forte evento datato al 1184, attualmente posto in Valle del Crati, ma con un'area di danneggiamento mai appieno definita, a causa della scarsità delle fonti medievali.

Un'altra fascia fortemente sismica si estende in direzione NW-SE dall'interno del massiccio silano alla zona di Crotona. Ai forti terremoti storici del 9 giugno 1638 ($M_w = 6.8$; $I_0 = IX-X$ MCS; GALLI e BOSI, 2003), del 1744 ($M_w = 6.2$; $I_0 = IX$ MCS; SCIONTI *et al.*, 2006) e del 1832 ($M_w = 6.6$; $I_0 = IX-X$ MCS; GALLI *et al.*, 2009), si aggiungono altri eventi derivati da analisi paleo/archeosismiche, sia relativi alla struttura del 1638 (faglia dei Laghi; GALLI *et al.*, 2007), che alla zona di Capo Colonna (GALLI *et al.*, 2006a).

La Stretta di Catanzaro è sede di una sismicità devastante, culminata con gli eventi del 28 marzo 1638 ($M_w = 6.6$; $I_0 = XI$ MCS; GALLI e BOSI, 2003) e del 28 marzo del 1783 ($M_w = 6.9$; $I_0 = X$ MCS). Il primo concorse alla distruzione totale dei paesi sul versante sudoccidentale della Sila (Lametino), mentre il secondo atterrò tutti i paesi del versante nordorientale delle Serre. Furono preceduti da altri eventi con $M > 5.5$ tra fine '500 e primi del '600 (1599, 1609, 1626; SCIONTI *et al.*, 2006), che dettero inizio, in un certo qual modo, alla grande sequenza sismica conclusasi nel 1908.

La Calabria meridionale è caratterizzata da un'elevatissima sismicità sia lungo tutto il versante tirrenico delle Serre - con i terremoti del 1659 ($M_w = 6.5$; $I_0 = X$ MCS), 1743 ($M_w = 5.9$; $I_0 = VIII$ MCS; SCIONTI *et al.*, 2006) e 1783 (7 febbraio $M_w = 6.6$, $I_0 = X-XI$), tutti a nord e sud di Soriano Calabro - sia lungo quello dell'Aspromonte -

con l'evento epocale del 5 febbraio 1783 ($M_w=6.9$; lo XI MCS), i suoi "gemelli" paleosismici (p.e., ~372 d.C.; GALLI e BOSI, 2002) ed i terremoti del 1894 ($M_w=6.0$; lo=VIII-IX) e del 1928 ($M_w=5.9$; lo=VII-VIII).

Per quanto riguarda il terremoto di Reggio del 91 a.C., citato da Strabone, nulla si può dire riguardo la sua reale localizzazione epicentrale e la distribuzione degli effetti, sebbene compaia in CPTI04 con lo=IX-X e $M_{aw}=6.3$ (e con le coordinate epicentrali di Reggio Calabria). E' tuttavia importante notare che nell'area mesosismica del 1905, a Vibo Valentia, è stata di recente rinvenuta una lapide che attesta restauri alle mura romane della città nel corso del I secolo a.C. (SANGINETO, 1989). E' possibile che tali restauri si riferiscano agli effetti di qualche evento sismico piuttosto che a riparazioni per vetustà (la deduzione della colonia romana a Vibo e la costruzione delle mura urbane era avvenuta solo il secolo precedente), configurando il terremoto del 91 a.C. come uno dei possibili candidati.

Infine, sempre in Calabria meridionale, ma con incerta posizione epicentrale, hanno avuto origine i due più forti terremoti mai occorsi in Italia peninsulare, nel 1905 e nel 1908 ($M_w=7.3$; lo=XI MCS). Entrambi questi eventi generarono un maremoto, quello del 1908 dagli effetti devastanti lungo le coste settentrionali della Sicilia orientale e della Calabria a sud dello Stretto (Platania, 1909). Gli effetti di quello del 1905, di entità molto minore, saranno invece descritti più avanti.

Quello che si nota, inoltre, dalla Fig. 2 è che il Monte Poro-Capo Vaticano, ovvero l'area più danneggiata dal terremoto del 1905, non contiene al suo interno né terremoti ad esso paragonabili, né altri eventi degni di nota, ad eccezione di quello del 1928 (Fig. 3), tra poco descritto. Le località del Monte Poro non hanno inoltre mai subito estese distruzioni, neppure ad opera di terremoti con origine esterna all'area. Si pensi a Tropea, una della città con una storia documentaria più ricca e continua di tutta la Calabria negli ultimi mille anni, che oltre ai risentimenti dovuti ai forti eventi già descritti del 1638, 1783 e 1908, ha subito moderati danni solo nel 1687 a causa di un terremoto di presunta origine locale, (lo=Is=VII MCS). Vibo Valentia stessa, seppur molto prossima alle strutture sismogenetiche dei terremoti devastanti del 1783 e 1659 (per i quali non ebbe a soffrire più di un VIII MCS), ha subito solo lievi danni in occasione di terremoti di possibile origine locale, come quelli del 1869 e 1735 (VI-VII MCS).

Il terremoto del 1928 ($M_s=5.85$, Fig. 3), che danneggiò seriamente sia Sant'Onofrio (VIII MCS), che Gioia Tauro, Mileto, Seminara e Soriano (VII-VIII MCS), fu caratterizzato da un'area di risentimento vastissima (il VII MCS si estese, seppur in modo assai discontinuo, per oltre 70 km, tra lo Ionio ed il Tirreno. Dati inediti degli scriventi). Cavasino (1935), valutando la distribuzione della massima intensità aperta verso il Tirreno, ne pone l'epicentro tra Stromboli e Capo Vaticano. Di certo, vista la distribuzione degli effetti e la loro vastità ed intensità, il terremoto ebbe un'origine profonda (p.e., 40 km; POSTPISCHL, 1985; 100 km in PETERSCHMIT, 1956), analogamente a quanto potrebbe essere accaduto nel 1905.

Si riporta, infine, il caso del terremoto del 13 aprile 1938, molto profondo (~290 km), ma che a causa della grande energia liberata ($M_b=7.1$) fu ugualmente risentito in una vasta area della Calabria e della Sicilia (vedi



Fig. 2 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti con $M_w>5$ modificati da CPTI04 e relative date. Con una diversa campitura sono rappresentati gli eventi provenienti da ricerche archeosismiche ed analisi paleosismologiche (vedi testo). Il terremoto del 1905 è riportato nella posizione ipotizzata in questo lavoro. Le linee corrispondono a strutture sismogenetiche primarie (a tratto più spesso quelle investigate tramite tecniche paleosismologiche ed alle quali sono state sicuramente attribuiti i principali terremoti storici, oltre ad altri preistorici). 1, faglia del M. Pollino; 2, faglie del Crati; 3, faglia di Rossano; 4, faglia del Cecita; 5, faglia dei Laghi; 6, faglia di Piano Lago-Decollatura; 7, faglie di Feroleto-Sant'Eufemia; 8, faglia delle Serre; 9, faglia di Cittanova; 10, faglie di Armo-Reggio Calabria (Mod. da GALLI e SCIONTI, 2006).

Earthquakes distribution in Calabria (mod. From CPTI, 2004. $M_w>5.0$; grey circle are paleoseismic events; see GALLI ET AL., 2008) and primary seismogenetic faults (bold certain, i.e. investigated by paleoseismological analyses). 1, Mt. Pollino fault; 2, W-Crati fault system; 3, Corigliano-Calopezzati fault; 4, Cecita fault; 5, Lakes fault; 6, Piano Lago-Decollatura fault; 7, Catanzaro Straits faults. 8, Serre fault system; 9, Cittanova fault; 10, Reggio Calabria fault system.

AGAMENNONE, 1938; CALOI e GIORGI, 1951). La Fig. 4 ne mostra la distribuzione degli effetti che, rispetto all'epicentro strumentale calcolato da CALOI e GIORGI (1951) e ANDERSON e JACKSON (1987) è molto sbilanciata verso sudest ed allungata in direzione ~NE-SW (dati inediti degli scriventi). Lo scuotimento indotto da questo evento, originatosi ovviamente nella litosfera ionica in subduzione, sembra essere stato guidato e condizionato dalla geometria dello slab in profondità, così come discusso nei prossimi capitoli.

2.2.1 Sismicità da dati strumentali

Il quadro fornito dalle registrazioni strumentali negli ultimi 20 anni circa (*Catalogo della sismicità italiana 1981-2002*, in seguito CSI; CASTELLO *et al.*, 2006) appare sostanzialmente differente da quello desumibile dalle ricerche storiche e dai dati paleosismologici. Paradossalmente, osservando la distribuzione degli epicentri ripresi dal CSI, è il massiccio silano, storicamente "silente" per eccellenza (e per mancanza di centri abitati!), a mostrare la maggiore densità di eventi nella regione (Fig. 5A). In realtà, per un così breve periodo di osservazione, la distribuzione degli epicentri inseguite sostanzialmente le diverse sequenze sismiche verificatesi nel frattempo, caratterizzate da moltissimi *foreshocks* ed *aftershocks* di bassa magnitudo legati agli eventi principali, anch'essi di bassa energia.

E' ben evidente, per esempio, la sequenza del settembre 1998 al confine calabro-lucano ($M_w=5.6$; $I_s=VII$ MCS), mentre più confusamente si individuano le sequenze della Sila Greca dell'aprile 1996 ($M_w=4.8$; $I_s=VI-VII$) o altre nel Cosentino, Vibonese e Reggino.

Ciò che mettono chiaramente in evidenza i sei pannelli della Fig. 5 è l'esistenza di una sismicità molto profonda e geometricamente organizzata nel basso Tirreno, prerogativa quasi esclusiva di questo tratto della catena appenninica. Tale sismicità dipinge in

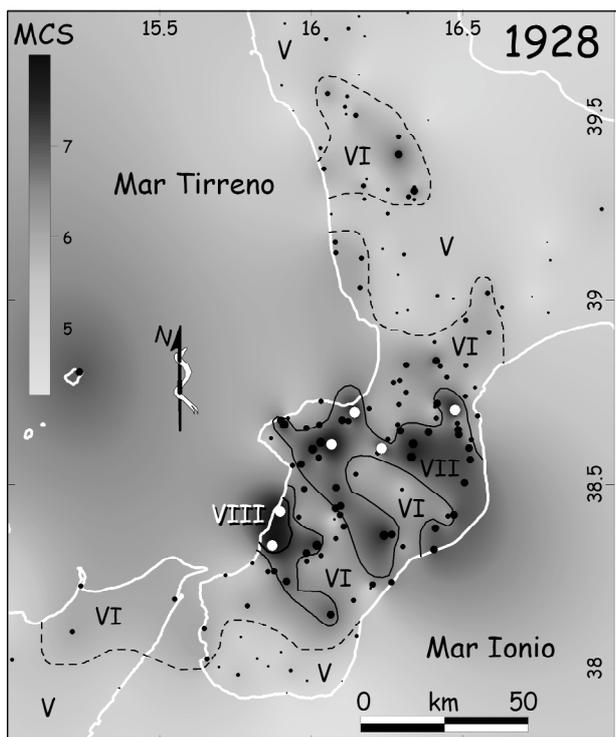


Fig. 3 - Distribuzione degli effetti del terremoto del 1928 ($I_s > V$ MCS; dati inediti degli scriventi). E' importante notare la vastità del risentimento di questo evento, il cui epicentro è posto da CAVASINO (1935) nel Tirreno meridionale, mentre secondo CPTI04 ricade presso Nicotera, che non ebbe, peraltro, danni di rilievo.

Intensity datapoint distribution for the 1928 earthquake ($I_s > 5$ MCS; unpublished data). It is worth to note the vastity of the 5-6th MCS degree extension. According to Cavasino (1935) the epicentre falls in the southern Tyrrhenian Sea, whereas CPTI04 locates it close to the village of Nicotera (which was not affected by damage; see inset in Fig. 7 for location).

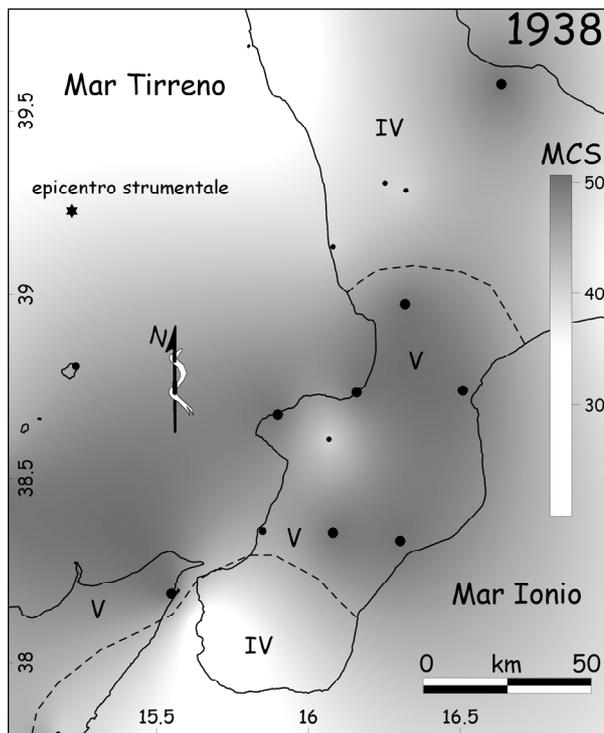


Fig. 4 - Distribuzione degli effetti ($I_s > III$ MCS; dati inediti degli scriventi) dovuti al terremoto profondo (~290 km) del Basso Tirreno nel 1938 ($M_b=7.1$). E' interessante notare come lo scuotimento più elevato sia confinato in una fascia NE-SW, ben più a sudest dell'epicentro strumentale e sulla proiezione in superficie dello slab in subduzione verso NW (si vedano i capitoli successivi).

Intensity datapoint distribution for the 1938 earthquake ($I_s > 3$ MCS; unpublished data). The event ($M_b=7.1$) had a very deep focus (~290 km), within the subducting Ionian slab. It is worth noting that the strongest surficial shaking is confined in a NE-SW belt located southwest from the instrumental hypocenter, i.e. toward the upward dip of the subducting slab.

profondità l'immagine della litosferica ionica in subduzione verso NW, come nel seguito descritto.

2.3 Sismicità dello slab del basso Tirreno

La geometria dipinta dagli eventi profondi in sezione (Fig. 6) restituisce l'immagine di un corpo che si immerge con un'elevata pendenza (circa 70°) proprio al di sotto della Calabria e che già al di sotto dell'*offshore* di Capo Vaticano ha raggiunto i 200 km di profondità. Lateralmente, il piano di Benioff s.s. è limitato a non più di 200 km ed appare, nel settore settentrionale, interrotto tra i 100 ed i 200 km di profondità (Fig. 6; vedi anche in CHIARABBA *et al.*, 2005).

La geometria in profondità dello slab è complessivamente ben delineata nello spazio dalla distribuzione regionale delle anomalie delle onde P (PIROMALLO e MORELLI, 2003): lo slab appare molto stretto (circa 170 km) al di sotto della Calabria meridionale, a sud della Stretta di Catanzaro, allargandosi in profondità, al di sotto di 200-250 km, sotto l'appennino meridionale. Qui i meccanismi focali disponibili in letteratura (ANDERSON e JACKSON, 1978; FREPOLI *et al.*, 1996) mostrano compressione *down-dip*, significando che lo slab non sta più giocando un ruolo attivo di trazione della placca verso il basso, come potrebbe succedere invece ancora a sud, dove alcuni meccanismi mostrano distensione *down-*

dip, almeno al di sopra dei 150 km di profondità (IANNACONE *et al.*, 1985; lo *slab* affonda sotto il proprio stesso peso?). Più a nordest, infine, lo *slab* tende a “sdraiarsi” al di sotto di 500-600 km di profondità, conferendo alla litosfera ionica subdotta nel Tirreno una forma complessivamente concava.

In sezione, ciò è stato reso evidente nelle immagini tomografiche relative alle anomalie delle onde P; le tre sezioni di Fig. 6 mostrano, chiaramente, un corpo con anomalie positive immergente verso NW (sinistra), caratterizzato da una buona continuità al di sotto della Calabria meridionale (Fig. 6C), ma con una discontinuità al di sopra dei 250 km in Calabria centrale (Fig. 6B) e, soprattutto, in Calabria settentrionale (Fig. 6A). Questa immagine dello *slab* è il retaggio della sua lunghissima migrazione verso SE (300-400 km) avvenuta negli ultimi 10 milioni di anni, che ha comportato, come già menzionato, la progressiva apertura del bacino Tirrenico (MALINVERNO e RYAN, 1986; PATACCA *et al.*, 1990; GUEGUEN *et al.*, 1997).

Diversamente dai terremoti generati nelle zone di subduzione dell'Oceano Pacifico ed Indiano, in genere caratterizzate da ratei di convergenza altissimi se confrontati con quelli in atto nell'Arco Calabro (svariati cm/anno, contro gli 0.4-0.5 cm/anno), la sismicità associata allo *slab* calabro è, in genere, di bassa o moderata magnitudo (Figg. 5-6). Tuttavia, nel secolo scorso (1910, 1938 e 1956), nel basso Tirreno sono stati registrati eventi per i quali è stata calcolata una $M_w \geq 6.2$. Questi terremoti, a causa della loro profondità (200-300 km), non hanno però dato che modesti risentimenti in superficie, come il citato evento del 1938, i cui effetti sembrano guidati verso la superficie dalla geometria NW-immersa dello *slab* e, forse, limitati nei quadranti nordorientali (Fig. 4) dalla discontinuità laterale dello *slab*.

2.4 Strutture sismogenetiche note dell'Arco Calabro

Le strutture responsabili

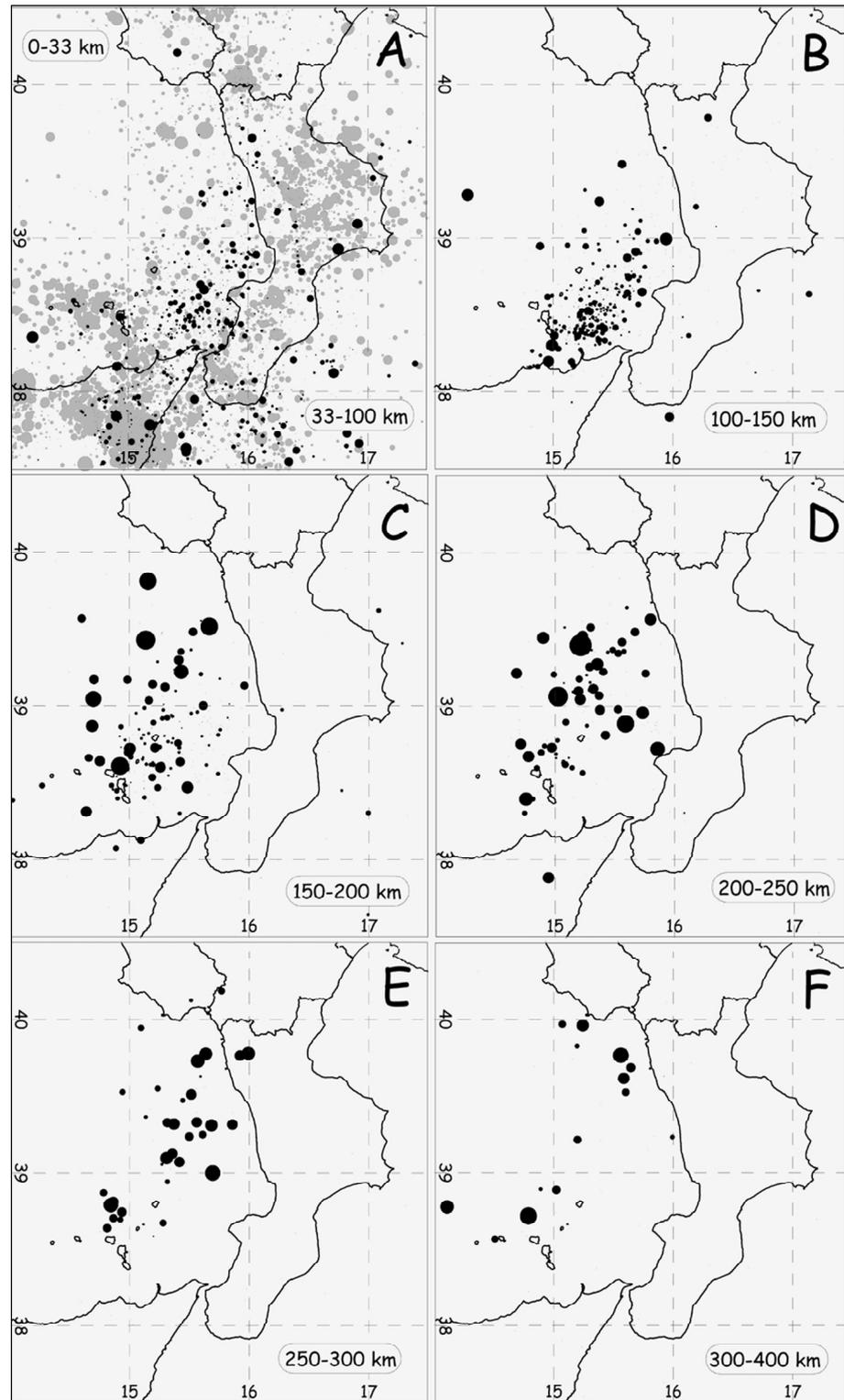


Fig. 5 - Distribuzione della sismicità degli ultimi 20 anni in Calabria e zone limitrofe (da Castello *et al.*, 2006 e da dati inediti della rete ENEL-ISMES di Gioia Tauro). I sei pannelli riportano gli eventi suddivisi per profondità crescente (in A, in grigio, da 0 a 33 km), a partire da $M > 2$. È evidente una “deriva” verso NW degli ipocentri con la profondità, a testimonianza dell’approfondimento dello *slab* litosferico ionico.

*Seismicity distribution of the past 20 years in Calabria and neighbouring areas (from Castello *et al.*, 2006 and unpublished data of the ENEL-ISMES seismic network of Gioia Tauro). Each of the six panels shows $M > 2$ earthquakes as a function of depth (grey circles in panel a are 0-33 km events). Note the deepening of foci going toward NW which depicts the subducting Ionian slab.*

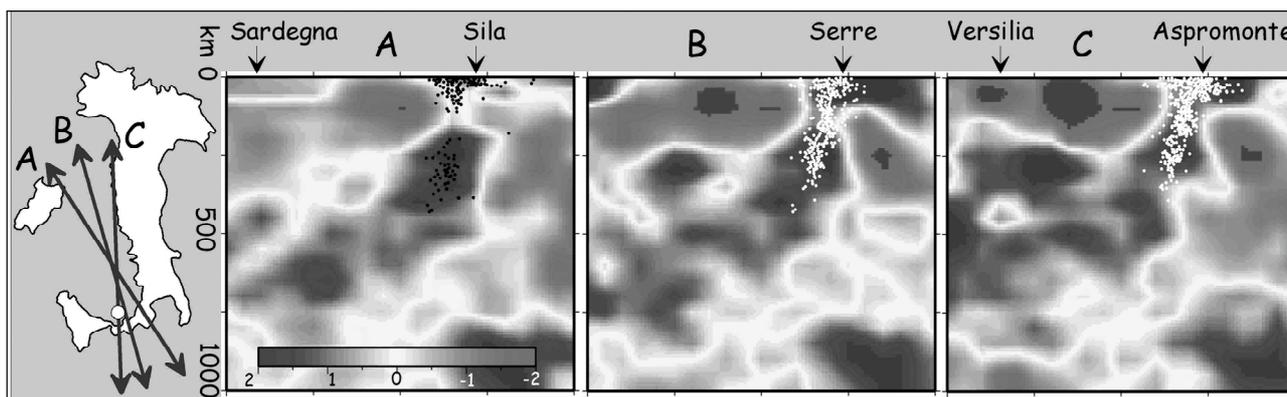


Fig. 6 - Sezioni tomografiche al di sotto dell'Arco Calabro. Le tre immagini mostrano, in termini di variazioni percentuali, le anomalie di velocità delle onde P. La sezione A mostra un corpo con anomalie positive (quindi più veloce e rigido; i.e., lo *slab* litosferico ionico in subduzione), ma interrotto al di sopra dei 200 km. Nelle sezioni B e C, invece, entrambe ubicate a sud della Stretta di Catanzaro, lo *slab* sembra sostanzialmente continuo sino a grandi profondità. Sulle sezioni sono stati proiettati i terremoti rilocalizzati da Chiarabba et al. (2005; ogni sezione contiene gli eventi in una fascia di 30+30 km); è possibile notare l'interruzione della sismicità profonda nella sezione A tra i 100 e 200 km di profondità, che ribatte l'assenza del corpo con anomalie positive e la sostanziale continuità nelle sezioni B e, specialmente C (da tomografie cortesemente elaborate da C. Piromallo).

Tomographic sections beneath the Calabrian Arc (see index map on the left). The three panels show, in terms of percentual differences, the P-waves velocity anomalies, together with the recent seismicity (from Chiarabba et al., 2005; seismicity projected from a belt of 30+30 km across each profile). Section A (crossing inland the Sila Massif in Calabria) shows positive anomalies (i.e., a cold and stiff body, as the lithospheric slab), which are interrupted over 200 km of depth. In sections B and C, both passing south to the Catanzaro Straits (crossing inland the Serre and Aspromonte ridge in Calabria), the slab looks substantially continuous at depth. Note the seismicity gap in section A between ~100-200 km of depth, fitting with the lack of positive anomalies (detached slab?); conversely, seismicity is continuous in sections B-C, testifying active processes within the entire subducting slab.

dei più grandi terremoti calabresi degli ultimi quattro secoli e, presumibilmente di quelli precedenti e futuri, sono quasi tutte riconducibili a faglie crostali distensive od oblique diversamente orientate ed affioranti lungo tutta la penisola, dal Monte Pollino a nord allo Stretto di Messina a sud. Come anticipato, queste strutture sono state, in taluni casi, ben identificate ed investigate tramite studi paleosismologici, i quali hanno permesso di attribuire loro terremoti sconosciuti e non, occorsi nelle ultime migliaia di anni (GALLI et al., 2008; Fig. 2). La cinematica prevalentemente normale di quasi tutte queste faglie, oltre che dai dati geologici di campagna, è altresì testimoniata dai numerosi meccanismi focali calcolati nel corso degli ultimi decenni (VANNUCCI e GASPARINI, 2004; NERI et al., 2004, per la Calabria meridionale). Restano una serie di terremoti "orfani" della propria struttura sismogenetica, tra cui alcuni dei più grandi in termini energetici. Oltre ai dubbi relativi agli eventi del marzo 1638 e marzo 1783, nulla di definitivo si conosce infatti sul terremoto catastrofico del 1908 (causato da una faglia posta da tutti gli autori a mare, ma con svariate ipotesi) e quello del 1905, appunto.

2.4.1 La sorgente del 1905 negli studi precedenti

Per il terremoto del 1905 sono noti in letteratura due diversi meccanismi focali: il primo, elaborato da RIUSCETTI e SCHICK (1975), presenta un piano verticale N20°, mentre il secondo, calcolato da MARTINI e SCARPA (1983) mostra una coppia di piani trascorrenti, ma ruotati rispetto al primo (i.e., NW-SE e NE-SW).

Dal punto di vista geologico, GALLI e BOSI (2002), seppur in assenza di indizi di attività recente, hanno ipoteticamente indicato nell'intero sistema di faglie che disseca il Monte Poro l'espressione superficiale complessa della sorgente del 1905. TORTORICI et al. (2002), lasciano invece intendere che tale struttura possa esse-

re una faglia normale NE-SW al largo di Tropea, individuata in un lavoro precedente da FABBRI et al. (1980). CUCCI e TERTULLIANI (2006) optano, tra le faglie del Monte Poro, per quelle che bordano a sud l'intero promontorio (c.d. faglie di Nicotera e Coccorino), la cui prosecuzione a mare potrebbe essere stata la causa del maremoto.

Diversi autori si sono, poi, cimentati nello studio dei terrazzi marini del Monte Poro, con l'intenzione, non secondaria, di ricavarne informazioni sulla possibile tettonica in atto e, quindi, sulla sismogenesi. L'intero promontorio è, infatti, caratterizzato da una scalinata di superfici terrazzate, interpretabili come antiche spianate di abrasione marina, sviluppatesi durante i periodi di alto stazionamento del livello mare (i.e., durante un picco eustatico interglaciale) e quindi sollevate centinaia di metri insieme a tutto l'Arco Calabro nel corso dell'intero Pleistocene. Ma se da un lato tutti gli autori sono concordi nel riconoscere un sollevamento differenziale delle antiche linee di costa tra le varie parti del promontorio (maggiore procedendo da NE a SW), non vi è assolutamente accordo sul numero, estensione ed età delle successioni terrazzate né, conseguentemente, sui ratei e cronologia delle faglie che, secondo alcuni autori, le disarticolano.

Secondo MIYAUCHI et al. (1994), le superfici marine sono dodici, databili da oltre un milione di anni a circa 80000 anni fa; le diverse quote alle quali esse si rinvenivano testimonierebbero un sollevamento a duomo, cui si sovrappone, a partire dal tardo Pleistocene medio, un sollevamento regionale con tassi di 0.9-1.1 mm/anno. Sul Monte Poro il sollevamento differenziale è poi evidenziato dalla quota del terrazzo Eutirreniano (i.e., stadio 5e, ~125000 anni), che si riconosce a 50 m s.l.m. a Vibo Marina ed a 120 m a Capo Vaticano. Per questi autori, infine, le faglie normali che interessano il pro-

monitorio Vaticano non sono più attive posteriormente al Pleistocene Medio.

CUCCI e TERTULLIANI (2006) riconoscono invece undici terrazzi, tra 70000 e 80000 anni fa. Pur stimando un tasso di sollevamento regionale simile a MIYAUCHI *et al.* (1994) durante il Pleistocene superiore (~1 mm/anno), età ed attribuzione altimetrica di molti terrazzi sono in disaccordo con questi autori; inoltre, la faglia di Coccorino risulterebbe attiva durante la formazione dei terrazzi, con ratei di movimento di ~0.15 mm/anno. Per questo motivo, unitamente ad altre considerazioni generali sulla distribuzione delle intensità e sulla generazione dello *tsunami*, CUCCI e TERTULLIANI (2006) tendono ad identificare questa faglia come quella responsabile del terremoto del 1905.

Secondo TORTORICI *et al.* (2003), infine, i terrazzi del promontorio Vaticano sono solo sette, databili tra i 330 ka e 60 ka fa, e la loro attribuzione crono-altimetrica, stimata anche sulla base di datazioni assolute inedite, è in totale disaccordo con i precedenti autori. La loro quota attuale sarebbe la sommatoria del sollevamento regionale e, soprattutto, di quello dovuto alle faglie normali che bordano il promontorio sui lati NW, SE e SW, innalzandone il blocco centrale e basculandolo a NE. Il terrazzo Tirreniano 5e è portato, ad esempio, sino a 300 m s.l.m. nel *footwall* della faglia di Coccorino (contro i 160 m massimi di MIYAUCHI *et al.*, 1994), alla quale si attribuiscono ratei di movimento sino a 2.5 mm/anno, mentre i ratei complessivi di sollevamento (tettonico più regionale) raggiungono talora i 4 mm/anno. Data l'attività che questi autori conferiscono alle faglie del Monte Poro, come già anticipato, il terremoto del 1905 sarebbe legato a questo sistema di faglie ed in particolare a strutture NE-SW al largo di Tropea.

In conclusione, è però importante sottolineare che tutte queste ipotesi non sono suffragate né da dati geologici sull'attività tardo pleistocenica-olocenica di queste faglie, né dalla distribuzione del piano quotato in relazione alla geometria delle faglie indicate (e sicuramente relativamente a quelle di Coccolino, Nicotera e delle supposte strutture al largo di Tropea), né, infine, dall'osservazione di alcun indizio di fagliazione di superficie in occasione del terremoto, fenomeno questo che, tenuto conto della magnitudo, avrebbe dovuto essere di grande entità (>1 m) e, quindi, di immediata visibilità nelle faglie a terra.

Resta l'indubbio sollevamento differenziale (*tilting*) dell'intero promontorio, avvenuto almeno sino a tutta la parte alta del Pleistocene superiore, ma di cui poco si può dire per il Pleistocene superiore-Olocene. A nostro avviso, esso è comunque difficilmente imputabile al solo *uplift* operato dalle faglie che bordano a SW il Monte Poro, che ne potrebbero essere, anzi, la conseguenza (i.e., tettonica gravitativa). Considerando la lunghezza d'onda del fenomeno, ovvero che il *tilting* delle superfici si esplica lungo almeno 40 km in direzione NE-SW, è forse possibile pensare ad una causa più profonda, quantomeno a livello litosferico.

Infine, PIATANESI e TINTI (2002) forniscono una modellazione del maremoto del 1905 a partire da tre diverse ipotesi sismogenetiche tratte dalla letteratura (Faglie di Lamezia-Catanzaro, di Capo Vaticano e di Vibo Valentia) che tuttavia non soddisfano completamente le osservazioni dell'epoca.

3. STUDIO MACROSISMICO

3.1. Fonti informative

Lo studio macrosismico del terremoto è stato condotto incrementando la base informativa risultante nei lavori più recenti (BOSCHI *et al.*, 2000; GUERRA e SAVAGLIO, 2006).

In Bibliografia sono riportate solo le opere citate nel testo, mentre quelle che hanno fornito informazioni utili nelle valutazioni delle intensità – e che sono state inserite nel *database* delle informazioni macrosismiche – e i riferimenti a documenti d'archivio citati, sono consultabili in GALLI e MOLIN (2007).

3.1.1 La Relazione Governativa “scomparsa”

La relazione - che dovrebbe rappresentare dal punto di vista macrosismico, microsismico e geologico-tettonico lo studio principale sul terremoto e sul relativo periodo sismico - non è stata al momento ancora reperita. E' citata da MONTI (1907), da RIZZO (1907) e da TARAMELLI (1909). E' possibile che i lavori di tale Commissione non si siano mai conclusi a causa del sopraggiungere del grande terremoto della Calabria e della Sicilia del 28 dicembre 1908 che, interessando fortemente le città di Messina e Reggio di Calabria, produsse una quantità di rovine e soprattutto di vittime enormemente superiore a quelle prodotte dal terremoto del 1905 e che quindi richiese il contributo anche di tutti gli studiosi dell'epoca.

3.1.2 Studi a carattere sismologico

Il terremoto del 1905 è presente in tutti i cataloghi sismici nazionali (p.e., CAVASINO, 1931; 1935; POSTPISCHL, 1985; CAMASSI e STUCCHI, 1997; CPTI99 e CPTI04) e regionali della Calabria (p.e., MERCALLI, 1910; CARROZZO *et al.*, 1975). In generale, le pubblicazioni a carattere scientifico prodotte all'epoca del terremoto non sono numerose; tra queste:

- la monografia di RIZZO (1907), che può essere considerata il lavoro base per lo studio macrosismico del terremoto; riporta informazioni sul risentimento di 608 località relative, soprattutto, alle allora tre province della Calabria (Cosenza, Catanzaro e Reggio di Calabria) e, con meno dettaglio, alle province delle altre regioni meridionali, del Molise e del Lazio meridionale;
- i lavori di BARATTA (1906, 1906a e 1907) riguardanti, il primo, osservazioni sui danni prodotti dal terremoto nei centri abitati della zona di Vibo Valentia, il secondo, considerazioni sulla distribuzione topografica dei danni nell'ambito dell'intera regione calabrese ed, il terzo, l'analisi dei comportamenti edilizi finalizzata alla ricostruzione delle località più fortemente danneggiate;
- la relazione di MERCALLI (1906) letta all'Accademia Pontaniana il 25 novembre 1906; costituisce una breve sintesi dei risultati di carattere sismologico derivanti dalle indagini effettuate da Mercalli stesso nell'ambito della Commissione scientifica nominata dal Ministero della Pubblica Istruzione;
- lo studio di PLATANIA (1907) sul maremoto e più in generale sui fenomeni di mare prodotti dal terremoto. Poche anche le pubblicazioni successive, quali:
- la scheda riassuntiva delle principali caratteristiche del terremoto prodotta da CAVASINO (1935), utilizzan-

do il lavoro di RIZZO (1907) ed i materiali fornitigli dal prof. Giovanni Agamenzone; da notare che la scheda contiene anche un elenco dei comuni interessati (n. 518) con i relativi valori d'intensità secondo la scala MERCALLI (1902); non vengono invece considerati i comuni in cui si ha notizia che il terremoto non è stato avvertito;

- le schede sintetiche sul terremoto riportate nelle tre edizioni del Catalogo dei forti terremoti in Italia (BOSCHI *et al.* 1995, 1997 e 2000) accompagnate da un elenco località/intensità relativo a 822 centri abitati. All'atto della stesura del presente lavoro, tali schede costituiscono lo studio macrosismico più recente e completo;
- il volume commemorativo del terremoto curato da GUERRA E SAVAGLIO (2006), costituito da numerosi articoli riguardanti vari aspetti dell'evento, da quelli tecnico-scientifici, a quelli storici, agli interventi di soccorso, ecc.; alcuni di questi articoli contengono informazioni utilizzabili nello studio macrosismico.

3.1.3 Fonti "ufficiali"

Riguardano essenzialmente le risposte istituzionali ed amministrative dello Stato. Nei primi mesi dopo il terremoto il governo emise vari decreti-legge con provvedimenti a favore dei comuni della Calabria danneggiati dal terremoto. Successivamente, tenendo conto di tali decreti, fu emanata la "Legge 25 giugno 1906, n. 255, relativa ai provvedimenti a favore della Calabria", che contiene gli elenchi dei comuni "danneggiati", ai quali andavano applicate le disposizioni della legge stessa. Da notare che il primo elenco dei comuni "danneggiati" fu pubblicato con il Decreto del 22 settembre 1905 (GU, 1906) e che successivamente vi furono vari disegni di legge e altri decreti (CD, 1906a, 1906b, 1906c, 1906d, 1906e, 1907) finalizzati ad aggiornare tale elenco, generalmente aggiungendo altri comuni; gli aggiornamenti riguardarono non solo comuni della Calabria, ma anche della provincia di Messina (GU, 1906b).

Di rilievo il lavoro di PULLINI *et al.* (1906), pubblicato nel Giornale del Genio Civile (Ministero dei Lavori Pubblici), che riporta informazioni a carattere generale di vario genere e fornisce una carta della Calabria con i comuni interessati dal terremoto suddivisi in "Comuni parzialmente distrutti, o che subirono danni gravissimi", "Comuni che subirono danni gravi" e "Comuni che subirono danni meno gravi".

In generale queste fonti non hanno portato contributi direttamente utilizzabili nella valutazione delle intensità; hanno tuttavia fornito elenchi di comuni danneggiati, ai quali furono applicate le varie disposizioni per i soccorsi, ed un elenco di comuni per i quali erano necessari interventi per il consolidamento di frane minaccianti centri abitati (GU, 1906a).

Altre fonti informative che si possono definire "ufficiali" sono costituite dalle pubblicazioni dell'Ufficio Centrale di Statistica (ISTAT, 1902 e 1985), che forniscono i dati sulla popolazione raccolti con il Censimento del 1901, suddivisi per comune e frazioni di comune. Tali dati risultano molto utili per definire il contesto su cui agì il terremoto.

3.1.4 Documentazione d'archivio

I documenti inediti utilizzati provengono per lo più dall'Archivio Centrale dello Stato di Roma, di Vibo Valentia ed in minor misura da quelli di Cosenza,

Catanzaro e Reggio di Calabria, dall'Archivio Arcivescovile di Santa Severina, dall'Archivio Storico Diocesano di Mileto e dagli Archivi Comunale e Vescovile di Crotona. Nel complesso i documenti d'archivio hanno portato un contributo di informazioni decisamente importante per qualità e quantità, superiore o almeno paragonabile a quello fornito dal complesso delle altre fonti³.

In sintesi, la documentazione inedita utilizzata nella valutazione delle intensità può essere, in ordine all'importanza delle informazioni riportate, così suddivisa:

- a) *Relazione della Commissione nominata con Decreto di S.E. il Presidente del Consiglio Ministro dell'Interno in data 26 gennaio 1906* (ACS 1, 1906); molto voluminosa, costituisce la più importante fonte informativa disponibile e riporta la situazione al 31 gennaio 1906 degli interventi effettuati sugli edifici danneggiati; da segnalare che tra i vari allegati di cui è composta figura:
 - l'elenco generale dei comuni calabresi danneggiati dal terremoto suddivisi in tre categorie: "Comuni danneggiatissimi ed in parte distrutti", "Comuni molto danneggiati" e "Comuni danneggiati";
 - il "Quadro riassuntivo dei lavori di costruzione di baracche e riparazioni di case nei Comuni danneggiati e delle relative spese impegnate e da impegnare"; in questo importantissimo allegato per ogni comune viene indicato, specificando se da parte del Genio Civile o del Genio Militare, il numero di case "riparate" o "in corso" di riparazione o "da riparare"; inoltre, si forniscono i numeri di case "puntellate" o "demolite in parte";
 - il "Quadro riassuntivo delle spese fatte ed impegnate nei singoli Comuni per riparazioni di edifici pubblici" suddivisi in: Chiese, Scuole, Tribunali e Preture, Municipi, Uffici Poste e Telegrafi, Uffici di Finanza, Caserme dei R. Carabinieri, Cimiteri, Ospizi di Beneficenze, Fontane, Strade e Baracche ferroviarie;
- b) *Relazione sull'erogazione delle somme raccolte dalla pubblica e privata beneficenza e di quelle iscritte nel bilancio del Ministero dell'Interno a sollievo dei danneggiati dal terremoto del 1905 – Lavori di demolizione, puntellamento e riparazione degli edifici danneggiati* (ACS 3, 1907); riguarda separatamente le tre province di Reggio di Calabria, Catanzaro e Cosenza e riporta le informazioni suddivise per comune e per "edifici di proprietà privata" ed "edifici pubblici"; come si può notare dal titolo, fornisce informazioni simili a quelle del documento precedente, ma aggiornate al 30 giugno 1907;
- c) "prime notizie" (ACS 4-43, 1905), in genere composte da telegrammi delle Prefetture diretti al Ministero dell'Interno; in generale contengono informazioni sugli effetti del terremoto nei centri abitati (danni, vittime, feriti), domande di soccorso urgente, provvedimenti immediati presi dai Prefetti, ecc.; in generale riportano informazioni molto utili, anche se spesso parziali;

³Da ricordare che per il terremoto del 1905 non sono disponibili le "cartoline sismiche" pervenute all'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica di Roma (UCMG), solitamente conservate presso l'archivio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

- d) documenti inediti dell'Archivio Centrale dello Stato (ACS 74-84, 1905-1909) generalmente riguardanti richieste di sussidi per riparazione di chiese ed altri edifici di culto;
- e) documenti inediti dell'Archivio Centrale dello Stato (ACS 44-73, 1905-1911), dell'Archivio di Stato di Catanzaro (ASCa 1-4, 1905-1909), dell'Archivio di Stato di Cosenza (ASCo 1-2, 1905-1906), dell'Archivio di Stato di Reggio di Calabria (ASRc 1, 1906) e dell'Archivio Storico Diocesano di Mileto (ASDM 1, 1905), ripresi da BOSCHI *et al.* (1997); si tratta di documenti riguardanti richieste da parte dei comuni per essere inclusi nell'elenco dei paesi danneggiati, o descrizioni di effetti relativi a singoli comuni ed anche a singoli edifici, quasi sempre a chiese;
- f) documenti inediti dell'Archivio di Stato di Vibo Valentia (ASVv 1-27, 1905-1908); si tratta dei documenti resi disponibili dall'Archivio stesso in occasione della mostra organizzata in occasione del centenario del terremoto; sono stati utilizzati ed inclusi in Bibliografia solo quelli utili per le valutazioni d'intensità; si tratta di scritti di vario genere (lettere, suppli- che, verbali comunali, delibere, ecc.), quasi sempre riferiti a singoli comuni o località, che informano sugli effetti prodotti dal terremoto;
- g) documenti inediti dell'Archivio Arcivescovile di Santa Severina (AASs 1-25, 1905-1911); riguardano interventi alle chiese della Diocesi, quali perizie di danni, lavori da effettuare per le riparazioni, distribuzione di sussidi, verbali di riunioni, ecc.;
- h) documenti inediti dell'Archivio Comunale di Crotone (ACKr 1-5, 1905-1906) e dall'Archivio Vescovile di Crotone (AVKr 1-3, 1906) riguardanti interventi per riparare danni prodotti dal terremoto ad edifici di Crotone; tale documentazione è raccolta nella relazione di Galli *et al.* (2005);
- i) *Relazione della Commissione d'inchiesta pel terremoto delle Calabrie* (ACS 2, 1907) al Presidente del Consiglio e Ministro dell'Interno; contiene informazioni di vario genere riguardanti la provenienza dei fondi, la distribuzione dei sussidi, i compiti assegnati al Genio Civile e Militare, l'azione dei Comitati di Soccorso, accuse e lagnanze contro l'opera governativa, ecc.; riporta inoltre quadri riassuntivi delle spese e degli interventi e saltuariamente descrizioni di danneggiamenti in singoli comuni.

Da quanto sopra appare evidente l'importanza delle relazioni di cui ai punti a) e b), relazioni che rappresentano in assoluto le due più importanti fonti sul terremoto, sia per la quantità che per la qualità delle informazioni riportate.

3.1.5 Giornali

Le informazioni macrosismiche derivanti dalle notizie giornalistiche sono abbondanti solo nella settimana successiva all'evento, per lasciar poi posto ad altre tipologie, come quelle sugli interventi di soccorso e sulle raccolte di fondi, con lunghi elenchi di enti e di persone che hanno contribuito. Considerando che molto spesso le notizie sui giornali sono ripetitive, sono state consultate in modo sistematico le due o tre settimane dopo il terremoto del *Giornale di Sicilia* di Palermo, *Il Mattino* di Napoli, *La Nazione* di Firenze, *Corriere della Sera* di Milano, *Il Giornale d'Italia* e *La Tribuna* di Roma. Per gli stessi motivi, altre testate (*La*

Discussione di Napoli, *L'Orsa* di Palermo, *Il Gazzettino* di Venezia, *L'Avanti*, ecc.) sono invece state consultate solo parzialmente.

Riguardo ai giornali locali, sono stati compulsati alcuni numeri de *La Rivista Vibonese*, della *Cronaca* di Calabria e del *Corriere Calabrese*. Molto importante, inoltre, il numero speciale del giornale "Monteleone", pubblicato l'8 settembre 2005 per commemorare il terremoto; vi si descrivono gli effetti nei centri abitati del Vibonese, le vittime, i primi soccorsi, gli enti e le persone che più si adoperarono per le riparazioni e la ricostruzione. Di interesse per le numerose immagini sui danni prodotti dal terremoto sono anche alcune corrispondenze dei settimanali *La Domenica del Corriere* e *L'Illustrazione Italiana*, entrambi stampati a Milano.

Nel complesso, le notizie derivanti dai giornali, essendo generalmente originali, sono risultate molto utili, sia per la quantità di informazioni, sia per la possibilità di effettuare confronti con altri tipi di fonti. Tuttavia, bisogna precisare che a volte le notizie pubblicate nei giorni immediatamente successivi all'evento non sono risultate affidabili quanto le corrispondenze degli inviati speciali che visitarono i luoghi maggiormente colpiti dal terremoto nei giorni immediatamente successivi all'8 settembre. Le testimonianze di alcuni di questi inviati sono state successivamente raccolte in volumi, come ad esempio quelle importantissime di MALAGODI (1905), JARICCI (1905) e COTRONEO (1906), dalle quali si evince che gli stessi viaggiavano a volte in treno, più frequentemente in automobile o in carrozza, spesso aggregati alle colonne dei soccorsi o alle visite di importanti personaggi pubblici (il Re, vari ministri e parlamentari, vescovi, ecc.).

3.1.6 Storie locali ed altre opere

Si tratta di cronache locali, raccolte di immagini, commemorazioni del terremoto, ecc., per le quali non è stata svolta alcuna ricerca sistematica e quindi risultano nel complesso poco numerose. D'altra parte, le informazioni che si ricavano sono spesso limitate e non originali, in quanto generalmente riprese da altre opere. Da ricordare, per la quantità di documenti fotografici, PUGLIESE (1996) ed *Immagini dal terremoto 1905-2005* (2005), quindi, per descrizioni degli effetti in singole località, ANELLI (2005) per Castrolibero, DE MEDICI (1989) per Martirano, KOSTNER (2002) per Aiello, RE (2006) per San Martino di Finita, TRIPODI (1945) per Sant'Eufemia in Aspromonte, MAYDA (1918) e COVELLI (1918) per Crotone, anche se le descrizioni sono, in genere, minime. Da ricordare, infine, le varie relazioni sull'opera dei Comitati di Soccorso (p.e., BIANCONCINI, 1906; CERE, 1906; NAVA, 1907), che si erano costituiti in alcune grandi città italiane. Un resoconto complessivo sull'opera dei Comitati di Soccorso è riportata in ACS 2 (1907). In queste opere, oltre alle descrizioni sugli interventi effettuati e ai rendiconti delle spese, occasionalmente si riportano informazioni sui danni prodottisi relativamente a località o a singole costruzioni, informazioni risultate utili nel ricostruire il quadro degli effetti in singoli centri abitati.

3.2 Quadro generale degli effetti prodotti dal terremoto

Il terremoto fu risentito con effetti più o meno gravi in un'area molto vasta, che comprende la Sicilia nord-orientale, la Calabria, la Basilicata, la Campania, la

Puglia, il Molise occidentale ed in piccola parte il Lazio meridionale (Fig. 7)⁴. La scossa principale, verificatasi l'8 settembre alle ore 1.43.11 (GMT), fu seguita da numerosissime repliche, alcune delle quali incrementarono i danni, anche se generalmente in modo non molto sensibile. Secondo CAVASINO (1935): "... all'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica si ebbe notizia di 219 repliche fino a tutto dicembre 1905, di altre 95 verificatesi durante l'anno 1906, ed 82 nel 1907. Di tali repliche alcune furono comuni a tutta l'area disastrosa della grande scossa; altre, invece, furono avvertite solamente nel Monteleonese [area di Vibo Valentia], ovvero solamente nel Cosentino. ...". In MONTI (1906) e MARTINELLI (1909; 1910) sono riportati solo i tempi in cui sono avvenute queste repliche, ma non le informazioni sul risentimento nei centri abitati.

Riguardo al numero delle vittime, in GALLI e MOLIN (2007, appendice A) sono riportati i dati raccolti suddivisi per comune e, quando possibile, per frazione di comune ed in Tab. 1 i dati complessivi e, quando possibile, per provincia. Da precisare che non sono considerate le informazioni fornite dai giornali, in quanto spesso appaiono esagerate, anche quando si rimanda a fonti governative o ufficiali. Si può facilmente notare che non sono disponibili dati precisi ed inoltre che in quasi nessuna opera vengono indicate chiaramente le fonti informative. Fa eccezione solo il lavoro di SAVAGLIO (2006), i cui dati derivano da una recente ed approfondita indagine nei registri dello Stato Civile e negli atti parrocchiali delle località più fortemente interessate dal terremoto. I dati forniti da ACS 3 (1907), come probabilmente quelli di varie altre opere, dovrebbero derivare da fonti governative o enti locali, quali Prefetture, Carabinieri, Comuni, Province, ecc.

Secondo SAVAGLIO (2006), le percentuali più elevate di vittime si verificarono nei comuni di Piscopio (25.7%; attualmente frazione di Vibo Valentia; Fig. 1), San Gregorio d'Ippona (10.7%) e Stefanaceni (9.50%), anche se, riferendosi al censimento del 1901 (ISTAT, 1902), le percentuali che si ottengono sono decisamente meno elevate (rispettivamente, 4.6%, 4.8% e 3.6%

⁴Si veda già in Rizzo (1907), la carta delle "linee isosismiche" secondo la scala Mercalli (1902) a 10 gradi, allora in uso. Dalla stessa carta si può anche osservare che le intensità più elevate (X grado) hanno interessato località situate a nord e a sud del Golfo di Sant'Eufemia e le intensità un po' meno elevate (IX grado) varie altre località dell'area a sud di Cosenza, della Stretta di Catanzaro e dell'area del Monte Poro. Notevoli estensioni mostrano poi le aree di VIII, VII e VI grado, tanto da interessare quasi tutta la Calabria e la parte nord-orientale del Messinese).

per Stefanaceni). Le donne rappresentarono il 65% delle vittime, in considerazione del fatto che molti uomini erano emigrati o dormivano all'aperto in campagna per sorvegliare i raccolti o erano imbarcati su pescherecci. Nel complesso, il numero delle vittime appare limitato rapportato alla grande diffusione di crolli e distruzioni; ciò potrebbe essere legato all'allarme prodotto dai foreshocks (p.e., il 6 settembre a Briatico le persone ne furono destate; BARATTA, 1906), avvenuti sino all'ora antecedente al *mainshock* (BARATTA, 1906; MERCALLI, 1906; CAVASINO, 1935).

L'entità e la diffusione dei danni agli edifici furono particolarmente forti, con diffusi crolli e distruzioni, nell'area di Monte Poro e lungo il litorale tirrenico del Golfo di Sant'Eufemia, mentre i danni moderati e leggeri interessarono quasi tutta la Calabria, il settore nord-orientale della provincia di Messina, le isole Eolie e varie località situate per lo più nei settori meridionali delle province di Potenza ed in minor misura di Salerno. La principale caratteristica del danneggiamento è rappresentata da una distribuzione molto irregolare, con centri abitati pressoché distrutti situati vicino ad altri con danni moderati o leggeri (MERCALLI, 1906; BARATTA, 1906A; RIZZO, 1907; ACS 2, 1907)⁵.

Un quadro complessivo del danneggiamento e delle vittime è riassunto nelle Tabelle 2 (ACS 3, 1907) e 3 (ACS 1, 1906) che rispecchiano abbastanza bene i dati raccolti nell'ambito del presente lavoro.

Gli interventi descritti riguardano la riparazione, il puntellamento e la demolizione, parziale o totale, di case generalmente adibite ad uso abitazione. Da ricordare, inoltre, che in nessuna di queste importanti relazioni, né in PULLINI ET AL. (1906), in cui si riportano dati simili a quelli di Tab. 2, e neppure in altre opere vengono forniti in modo sistematico dati sugli edifici crollati.

⁵"... I danni arrecati dal terremoto alle case furono di importanza diversa, non solo nelle tre provincie calabresi, non solo nei vari paesi di ogni provincia, ma persino nelle contrade di uno stesso paese. Così, ad esempio, in provincia di Catanzaro si ebbero comuni o frazioni quasi completamente distrutti, ... di fronte a comuni rimasti quasi illesi ...; e così un quartiere di Monteleone rimase seriamente danneggiato, mentre le altre parti della città poco o nulla ebbero a risentire delle scosse. La maggior intensità del disastro si manifestò nella penisola di Capo Vaticano, nel circondario di Monteleone, ma anche in altre regioni si fece sentire in modo assai energico, come nella contrada tra Aiello e Martirano al confine delle provincie di Cosenza e Catanzaro, fra Palmi e Melicuccà, in provincia di Reggio, e presso Maida ed Olivadi, in provincia di Catanzaro. ..."

Tab. 1 - Numero delle vittime causate dal terremoto dell'8 settembre 1905 secondo i dati disponibili.

	Cotroneo	Mercalli	Lucifero	Pullini	ACS 3	Rizzo	Baratta	Taramelli	Mercalli	Cavas.	Savaglio
Provincia	1906	1906	1906	1906	1907	1907	1907	1909	1910	1935	2006
Cosenza	46	-	30	-	47	47	-	-	-	-	-
Catanzaro	491	-	480	-	480	485	-	-	-	-	-
Reggio di C.	1	-	1	-	2	1	-	-	-	-	-
Totale	538	557	511	600	529	533	557	557	557	557	509

Nelle Tabelle 2-3 appaiono chiaramente i maggiori danni sofferti dalla provincia di Catanzaro rispetto a quella di Cosenza e in molto maggior misura rispetto a quelli della provincia di Reggio di Calabria. Molto indicativo a questo proposito risulta il numero delle vittime (Tab. 2), dieci volte superiore nella provincia di Catanzaro rispetto a quello della provincia di Cosenza, mentre risulta estremamente limitato in provincia di Reggio di Calabria.

3.3 Stima delle intensità

Allo scopo di meglio utilizzare le informazioni macrosismiche contenute nelle numerose opere consultate, presso gli scriventi è stato costruito un apposito *database*, nel quale per ogni comune vengono riportati:

- i quadri sintetici degli effetti sull'uomo, sui fabbricati, sul terreno e sulle acque, compilati in base alle informazioni disponibili ed utilizzati nelle stime delle intensità;
- le stime di intensità effettuate in questo lavoro ed in quelli precedenti;
- dati di carattere amministrativo attuali e all'epoca del terremoto; in particolare, vi figura per ogni centro abitato (capoluogo e frazioni di comune) il numero di abitanti, secondo il censimento della popolazione del 1911 (ISTAT, 1902 e 1985);
- le informazioni macrosismiche disponibili stralciate integralmente dalle opere originali;
- le descrizioni disponibili sul maremoto, anch'esse stralciate integralmente dalle opere originali.

Dal *database* sono stati estratti i dati riportati nelle Appendici A, B e C (consultabili in GALLI e MOLIN, 2007)⁶. I dati sul maremoto, nel complesso non abbondanti, sono invece riportati nel relativo paragrafo.

La stima delle intensità (I_s) nei centri abitati interessati dal terremoto è stata effettuata utilizzando la

scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS, 1930)⁷. È da ricordare, tuttavia, che all'epoca praticamente tutte le costruzioni erano in muratura e che osservazioni effettuate da vari autori (MERCALLI, 1906; BARATTA, 1906, 1906B e 1907; RIZZO, 1907; PULLINI *et al.*, 1906; VULCANO E MAZZA, 2006) indicano per i paesi più danneggiati, un diffuso cattivo stato di conservazione degli edifici, un frequente utilizzo di materiali molto scadenti ed una non buona esecuzione d'opera. Queste considerazioni e l'osservazione di fotografie di case distrutte o danneggiate (PUGLIESE, 1996; Immagini dal terremoto 1905-2005, 2005), fanno ritenere che in grande maggioranza le costruzioni debbano essere state caratterizzate da vulnerabilità molto elevata.

Per quanto riguarda l'applicazione della scala MCS (1930) è da precisare che si è tenuto conto dei cinque livelli di danno e delle percentuali di edifici danneggiati, che si deducono dalle specifiche dei gradi riportate nelle tabelle della scala stessa. Si precisa inoltre che, come da tempo è pratica comune in Italia, si è assegnato il VI grado in presenza di danni di livello 1 diffusi a circa metà degli edifici ed il V-VI grado nei casi di danni di livello 1 poco diffusi.

Le difficoltà incontrate nelle valutazioni d'intensità sono dovute alla presenza di informazioni incomplete,

⁶Tali dati riguardano la mortalità osservata per comune e, se possibile, per frazione di comune (Appendice A), gli effetti cosismici sul terreno e nelle acque superficiali e sotterranee (B), l'elenco dei comuni e frazioni di comune interessati dal terremoto con relativo valore di intensità (C; "piano quotato").

⁷L'impiego della recente scala macrosismica europea (EMS, 1998) non risulta praticabile, in quanto non sono quasi mai disponibili informazioni adeguate sulle tipologie edilizie presenti nelle varie località, sullo stato di conservazione degli edifici e quindi sulla vulnerabilità degli edifici.

Tab. 2 - Quadro riassuntivo del danneggiamento secondo ACS 3 (1907); situazione al 30 giugno 1907. Il totale in lire d'epoca dei danni potrebbe corrispondere a circa 200 milioni di euro.

Provincia di	Comuni danneggiati	Abitati danneggiati	Popolazione dei Comuni danneggiati	Danni alle persone		Ammontare approssimativo dei danni alle proprietà
				Morti	Feriti	
Cosenza	107	287	374.374	47	222	20.500.000
Catanzaro	135	279	453.778	480	1598	21.000.000
Reggio di Calabria	86	187	363.617	2	57	7.000.000
totali	328	753	1.191.769	529	1877	48.500.000

Tab. 3 - Quadro riassuntivo degli interventi post-terremoto effettuati sulle abitazioni dal Genio Civile e dal Genio Militare nelle province di Catanzaro, Cosenza e Reggio di Calabria, secondo ACS 1 (1906); situazione al 31 gennaio 1906.

Provincia di	riparate o in corso	Numero delle case	
		da riparare	demolite
Cosenza	4.706	9.485	2.293
Catanzaro	9.528	7.736	3.360
Reggio di Calabria	3.560	4.093	1.042
totali	17.794	21.314	6.695

sintetiche o, talvolta, contrastanti. In particolare, per questo terremoto la maggior parte delle informazioni dettagliate sui danni alle abitazioni e agli edifici pubblici derivano dalle relazioni in ACS 1 (1906) e ACS 3 (1907). In entrambe si specificano i numeri di case “riparate” o “in corso” di riparazione o “da riparare”; di case “puntellate” e di case “demolite” in tutto o in parte, ossia i numeri di case sulle quali si era intervenuti o si doveva intervenire con riparazioni e restauri; non si specificano, come già osservato, i numeri di case “crollate” per le quali non erano previsti interventi, se non lo sgombero delle macerie che intralciavano i lavori, o la viabilità. Con questo tipo di informazioni a disposizione si è così operato:

- le case “riparate” o “in corso” di riparazione o “da riparare” sono state considerate affette da danni di livello 2 (danni moderati);
- le case “puntellate” sono state considerate come affette da danni di livello 3 (danni gravi, ma gli edifici risultano recuperabili);
- la case “demolite” in tutto o in parte sono state considerate come affette da danni di livello 4 (danni così gravi che gli edifici non sono più recuperabili);
- le quantità di crolli (danni di livello 5), non segnalate in ACS 1 (1906) e ACS 3 (1907), sono state riprese o stimate considerando le informazioni riportate in altre fonti.

Nei casi in cui si dispone solo di valori d’intensità secondo la scala MERCALLI (1902) non accompagnati dalla relativa descrizione degli effetti, casi tutti provenienti dal lavoro di RIZZO (1907), si è così operato:

- i valori caratterizzati da $I_s \leq V$ grado Mercalli sono stati considerati pari ad analoghi valori secondo la scala MCS;
- i valori caratterizzati da $I_s = VI$ o al VII grado Mercalli sono stati considerati pari rispettivamente al V-VI e VI-VII grado MCS, in quanto si è osservato che RIZZO (1907) assegna il VI grado Mercalli anche in assenza di danni ed il VII Mercalli con danni moderati poco diffusi.

Da notare che generalmente i valori caratterizzati da $I_s > VII$ MCS sono sempre accompagnati da descrizioni degli effetti, anche se a volte molto brevi.

Inoltre, ai pochi comuni per i quali è disponibile, come unica informazione, la richiesta di inclusione nell’elenco dei comuni danneggiati per godere dei benefici della Legge 25 giugno 1906, n. 255 (CD, 1906a, 1906b, 1907), è stato assegnato un incerto V-VI grado MCS per analogia con altri comuni per i quali, oltre alla richiesta di inclusione, sono disponibili anche descrizioni degli effetti.

Il quadro dei dati d’intensità disponibili è riportato nell’Appendice C di GALLI e MOLIN (2007). Nel complesso vi figurano 895 centri abitati, appartenenti a 840 comuni. Da Tab. 4, nella quale è sintetizzata la composizione del “piano quotato” secondo classi d’intensità, si può osservare la presenza di numeri relativamente

elevati di centri abitati per le classi d’intensità comprese tra il V e l’VIII grado; ciò appare collegabile al fatto che per le località della Calabria, dove il terremoto ha prodotto quasi sempre danni agli edifici più o meno gravi, si posseggono informazioni per quasi tutti i comuni e parte delle frazioni, mentre per le altre regioni, dove gli effetti sono stati meno importanti, le informazioni sono molto più parziali e poco diffuse.

Il numero delle località è molto aumentato rispetto alle 608 segnalate da RIZZO (1907), alle 518 di CAVASINO (1935; che considera solo i capoluoghi comunali e non segnala i risentimenti negativi NF), alle 822 di BOSCHI *et al.* (2000). Il confronto tra le stime delle intensità risulta possibile solo con BOSCHI *ET AL.* (2000), in quanto espressi secondo la stessa scala. Su 819 casi in cui sono disponibili dati in entrambi i dataset, in 389 casi (47%) sono stati assegnati gli stessi valori d’intensità (265 casi per $I_s = V$ grado, 105 tra il V-VI e l’VIII grado e 19 tra l’VIII-IX ed il X-XI grado); in 352 casi (43%), sono stati assegnati valori più bassi, con differenze fino a due gradi; in 55 casi (7%) sono stati assegnati valori più elevati, con differenze fino a due gradi e mezzo; in 22 casi (3%) non è stato assegnato alcun valore, ma solo le indicazioni di danni singoli o non specificati (D) e di risentimento generico (F); tali indicazioni sono presenti in un solo caso in BOSCHI *et al.* (2000). Nei 429 casi in cui le stime d’intensità sono variate in più o in meno, la maggior parte (88%) riguardano I_s comprese tra il V-VI e l’VIII grado, mentre solo in 24 casi I_s comprese tra l’VIII-IX ed il X-XI grado.

3.4 Campo macrosismico

In Fig. 7 è rappresentato il campo macrosismico derivante dal piano quotato riportato integralmente in GALLI e MOLIN (2007, Appendice C), da cui si evince che il terremoto ha prodotto danni gravi o gravissimi (I_s compresa tra VII-VIII e X-XI grado MCS) in numerosi centri abitati dell’intera fascia tirrenica calabra; molti altri punti, generalmente di VII-VIII ed VIII grado, sono presenti anche all’esterno di questa fascia, lungo i versanti della Valle del Crati e nella Piana di Gioia Tauro, ma isolati tra più numerosi punti d’intensità inferiore. All’interno della fascia sono invece presenti anche pochi punti di intensità più modeste, comprese tra VI-VII e VII MCS. Nel resto della Calabria, nella parte nord-orientale della provincia di Messina, nelle Isole Eolie e, in casi sporadici, nelle parti meridionali delle province di Potenza e Salerno, il terremoto ha causato danni moderati o leggeri (intensità comprese tra V-VI e VII MCS). In Puglia, Campania e Basilicata fu per lo più solo avvertito da parte delle persone, così come in buona parte della Sicilia centro-orientale e del Molise occidentale ed in qualche località del Lazio meridionale.

Nonostante la citata irregolarità della distribuzione delle intensità, l’andamento generale del campo macrosismico (aree a mare a parte) è dunque caratterizzato da una propagazione NNE-SSW. L’area mesosismica

Tab. 4- Distribuzione del numero di centri abitati per classi d’intensità (I_s) secondo i dati raccolti (NF e F, non avvertito e avvertito).

	Classi d’intensità (MCSx10)																				
	NF	F	20	25	30	35	40	45	50	D	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
Num. centri abitati	88	5	20	2	50	2	32	2	104	34	80	98	82	131	56	60	14	17	7	8	2

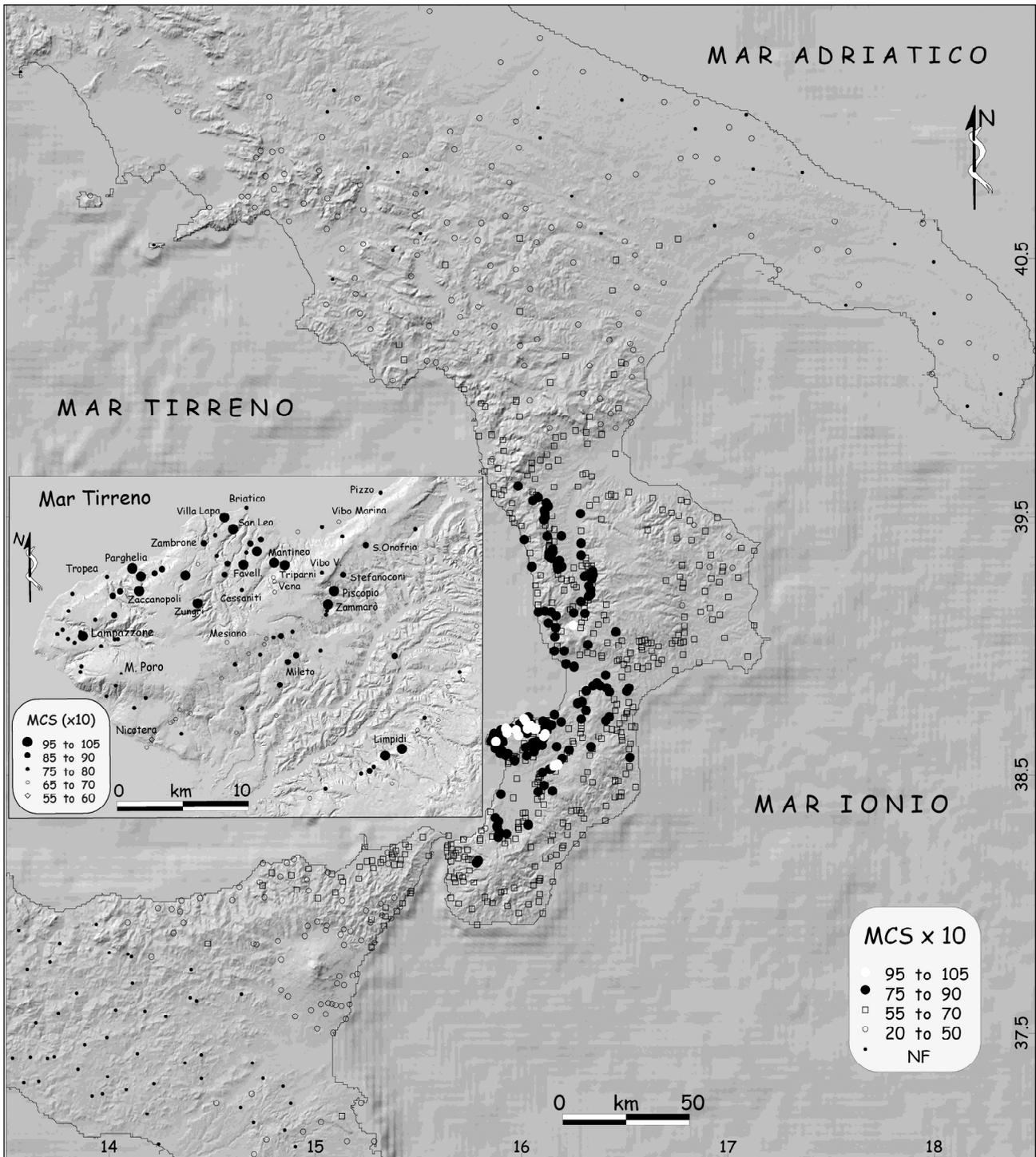


Fig. 7 - DTM dell'area di risentimento del terremoto del 1905 e relativa distribuzione delle intensità. Nel riquadro, particolare dell'area del Monte Poro (dalle basi al 1:25.000 IGMI). Il piano quotato completo del terremoto è pubblicato in GALLI e MOLIN (2007).

DTM of the region affected by the 1905 earthquake, and MCS intensity datapoint distribution according to the data reported in GALLI and MOLIN (2007). The inset shows the detail of the most damaged area (Mt. Poro; from 1:25.000 scale maps).

($I_s \geq VIII$ MCS) si estende per 60-70 km e contiene sei dei dieci punti con $I_s \geq X$ MCS e vari altri attorno al IX grado, concentrati nell'area compresa tra Parghelia e Vibo Valentia (comuni di Cessaniti e Briatico; vedi riquadro in Fig. 7). Anche l'area contenente la grandissima parte dei punti con $I_s \geq VII$ MCS si sviluppa maggior-

mente in direzione NNE-SSW, lungo il tratto compreso tra lo Stretto di Messina ed il confine tirrenico settentrionale della Calabria, per una lunghezza di circa 180 km (Fig. 8); la direzione ortogonale, comprendendo grosso modo la Stretta di Catanzaro quasi per intero ad est e l'isola di Stromboli ad ovest, si sviluppa per 110

km circa. All'interno di quest'area – ma esternamente a quella mesosismica s.s. - sono presenti due centri abitati (Martirano e Limpidi) con $I_s = X$ MCS, uno (Melicuccà fr. di Dinami) con $I_s = IX-X$ grado e due altri (Castrolibero e Olivadi) con $I_s = IX$ MCS: le elevate intensità delle prime tre località sono dovute alla presenza di fenomeni franosi all'interno dei centri abitati, mentre non si hanno informazioni per le ultime due.

Una vasta area contenente quasi tutti i punti con

$I_s \geq VI$ MCS (Figg. 7-8) sembra svilupparsi maggiormente in direzione NNE-SSW, tra il litorale ionico siciliano di Forza d'Agrò e la parte meridionale della provincia di Potenza (Maratea, San Severino Lucano), per una lunghezza di circa 280 km. La distanza lungo la direzione ortogonale non risulta invece stimabile, in quanto gli estremi ricadono nel mar Ionio ad est e nel Tirreno ad ovest; al suo interno si notano relativamente pochi punti con $I_s > VI$ MCS, tra i quali uno solo (Simbario) di VIII grado e meno di una decina $\geq VII$ grado.

Le dieci località con intensità più elevate ricadono in aree dove a brevi distanze sono presenti altre località interessate da effetti molto meno gravi, corrispondenti al VII o all'VIII grado MCS. Ne deriva che per questi centri abitati è ipotizzabile l'intervento di fenomeni franosi e/o di effetti amplificazione locale (vedi più avanti punto 3.7), oppure la presenza di un patrimonio edilizio estremamente vulnerabile e/o sensibile alla frequenza dominante del terremoto.

3.5 Il maremoto

Come più volte detto, il terremoto del 1905 innescò anche un maremoto che colpì prevalentemente le coste tirreniche, come dettagliatamente descritto da PLATANIA (1907), in quello che forse può essere considerato uno dei primi lavori scientifici descrittivi di un maremoto.

Le località per le quali furono riportate osservazioni sono, tuttavia, molto poche a causa del fatto che il fenomeno avvenne in piena notte e fu di entità relativamente modesta. Esso fu segnalato da testimoni solo a Briatico, Milazzo, Pizzo, Scalea, Tropea, Bivona, Porto Santa Venere (Vibo Marina) e a Marina di Catanzaro. Fu poi registrato analiticamente dai mareografi di Messina, Ischia, Napoli (Arsenale e Mandracchio) e Civitavecchia, che segnalano anche l'ora di arrivo della prima onda (p.e., alle 3.20 a Ischia e alle 3.45 a Civitavecchia) e l'ampiezza massima (tra 7 e 18 cm), come dettagliatamente discusso in PLATANIA (1907).

Dall'insieme delle notizie reperite il fenomeno fu complessivamente poco invasivo lungo le coste, provocando minimi danni a piccole imbarcazioni e capanne, nessuna vittima e nessun ferito. Molte barche e navi in

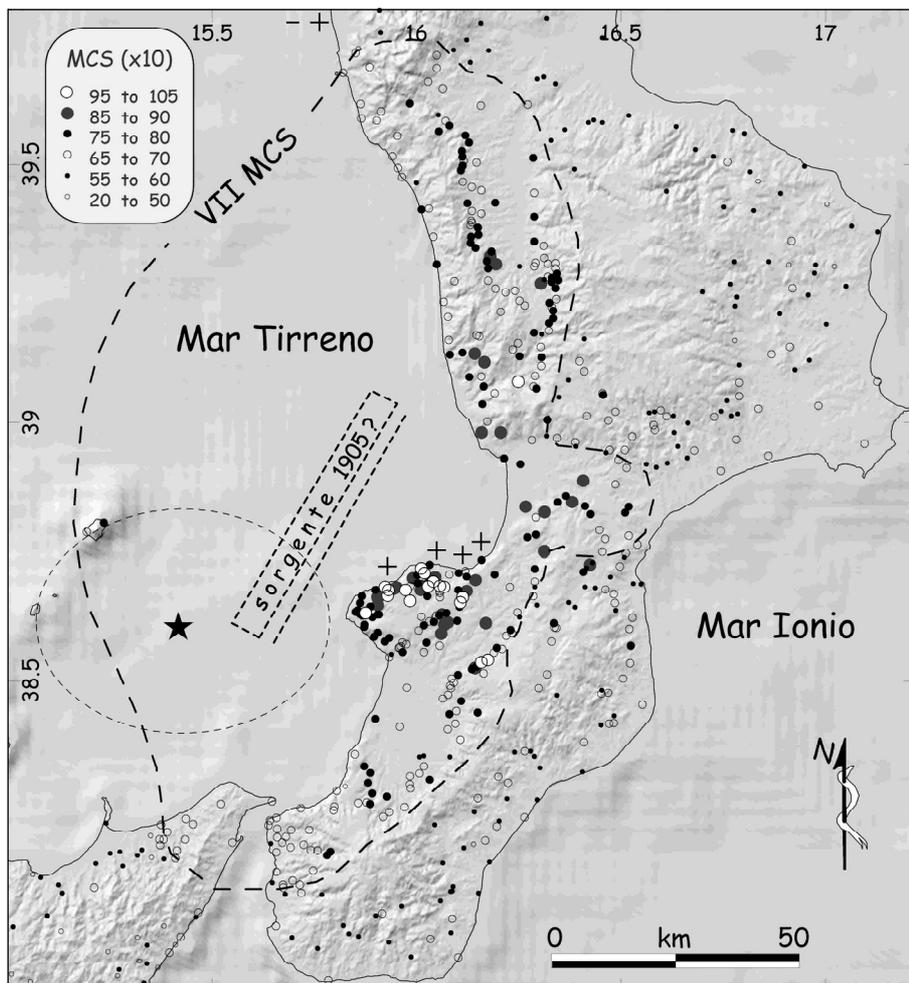


Fig. 8 - Immagine digitale del terreno dell'area colpita dai maggiori effetti nel corso del terremoto del 1905 e relativa distribuzione delle intensità. La linea a tratteggio delimita l'area all'interno della quale si sarebbero verificati effetti riconducibili al VII grado MCS e superiori; tale area è estesa per circa 180 km in senso NNE-SSW (N.B., ad ovest la distribuzione è ancorata ai soli punti delle isole Eolie ed è quindi approssimativa). In posizione baricentrica ad essa, ed al centro della sorgente ipotizzata entro e parallelamente allo slab (box a tratteggio), è posizionato il possibile epicentro del terremoto. L'ellisse a tratteggio è l'area all'interno della quale MICHELINI *et al.* (2006) hanno calcolato l'epicentro strumentale (la stella rappresenta il massimo della probabilità); nella nostra ipotesi potrebbe corrispondere alla zona di enucleazione della rottura, che si sarebbe propagata poi verso NE. Il simbolo "+" lungo le coste indica le località ove fu osservata l'onda di maremoto con primo impulso positivo ("+" dove fu preceduta dal ritiro delle acque, i.e., a Scalea).

DTM of the mesoseismic area of the 1905 event, and MCS intensity datapoint distribution (see analytic data in GALLI and MOLIN, 2007). The dashed isoseismal line labelled VII MCS envelops the area affected by $I_s \geq 7$ MCS, being NNE-SSW extended for ~180 km (to the west the intensity distribution is anchored only to the Eolie Islands only). The dashed box in the middle of the 7th MCS area suggests the possible seismogenic source location for the 1905 earthquake. The dashed ellipse represents the possible area of the 1905 epicenter according to Michelini *et al.* (2006). The black star is their maximum probability point, which could be the enucleation point for the large rupture depicted by our the dashed box. Symbol + along the Calabrian coast indicates positive first-impulse tsunamis wave (- + indicates the Scalea shore, where the sea firstly retreated).

navigazione od all'ancora nei porti del Tirreno meridionale ebbero la percezione di un urto sullo scafo (dovuto all'arrivo delle onde di compressione) e di movimenti insoliti del mare, mentre fu riportata la notizia che in diverse località molti pesci furono spiaggiati. Nell'ora del terremoto, a Briatico alcuni pescatori prossimi a riva furono portati sulla loro barchetta 8 metri entro la spiaggia (PLATANIA, 1907). A Milazzo, invece, la banchina del porto fu invasa dal mare (PLATANIA, 1907). Tra Pizzo e Tropea, in concomitanza dell'evento sismico, sulle spiagge si verificò una "crescente marea di diversi metri" (Platania, 1907), a luoghi profonda sino a 5 metri (Il Giornale d'Italia, 11/09/1905). Sempre a Tropea, alcune baracche situate sulla spiaggia furono portate in mare da una marea alta almeno due metri e poi allontanate da riva di 3-4 miglia (PLATANIA, 1907).

L'effetto apparentemente più invasivo, seppur privo di danni, avvenne lungo la spiaggia di Scalea, dove si narra che il mare ingredì "tranquillissimo" per oltre 30 metri. Secondo la Delegazione di Porto di Scalea, all'ora del terremoto "si avvertì un improvviso abbassamento del livello del mare, che pochi momenti dopo si rialzò, spingendosi agitato sul lido, dove pose pericolo ad alcune barche pescherecce tirate a secco" (Il Giornale d'Italia, 10/09/1905; Platania, 1907). Altre fonti riportano un'ingressione "furiosa" del mare per oltre 20 metri, "trasportando e capovolgendo alcune barche" (Giornale di Sicilia, 10/09/1905) oppure "portando seco in alto un battello che era tirato sul lido, e mettendo in pericolo molte altre barche più grandi poste anche esse in secco" (Il Mattino, 10/09/1905). L'altezza dell'onda di run-up, localmente, sembra aver raggiunto i 6 metri sopra la scogliera (Rizzo, 1907), imputabili, probabilmente, all'altezza raggiunta dall'onda di frangente.

Infine, nella zona di Vibo Marina (Fig. 9), oltre alle segnalazioni di pesci e tonni gettati sulla spiaggia a Bivona (La Tribuna, 19/09/1905), il mare avanzò sul lido di Porto S. Venere di circa 6 metri, spiaggiando varie barche (BARATTA, 1906). Secondo la relazione di Giuseppe Marcello (Direttore dell'Osservatorio Meteorologico di Pizzo; in Rizzo, 1907), "I pescatori ... cessata la scossa, furono atterriti da un altro fenomeno: le acque del mare, che prima era calmissimo, si addentrarono sulla spiaggia di Bivona, per una lunghezza di trenta e più metri, spingendo fin là una barca peschereccia tirata a secco a pochi passi dal lido, quindi le onde si ritirarono."

Sullo Ionio, l'unico fenomeno è segnalato alla Marina di Catanzaro, dove la spiaggia fu invasa dalle acque che strapparono una boa d'ancoraggio (Rizzo, 1907; Il Mattino, 10/09/1907).

Oltre a ciò ed alle oscillazioni del livello del mare che interessarono ciclicamente molte località del Tirreno per tutta la giornata, Platania (1907) riporta dettagliatamente la rottura del cavo telegrafico Milazzo-Lipari, avvenuta contemporaneamente al terremoto circa 12 km ad E dell'estremità S di Vulcano.

Il quadro che si ottiene, come già anticipato, è quello di un maremoto nemmeno lontanamente confrontabile con quello catastrofico del 1908. Gli effetti più rilevanti furono osservati a Scalea, ma forse solo perché da poco era terminata una festa che aveva tenuti svegli gli abitanti (Il Giornale di Sicilia, 10/09/1905). In ogni caso, la percezione dell'avvenimento da parte dei testimoni indica un innalzamento rapido del livello del mare di ~1-2 metri (preceduto solo a Scalea da un breve ritiro), con ingressione nella spiaggia di 5-30 m, a seconda della configurazione altimetrica della stessa. Tra le località del Vibonese

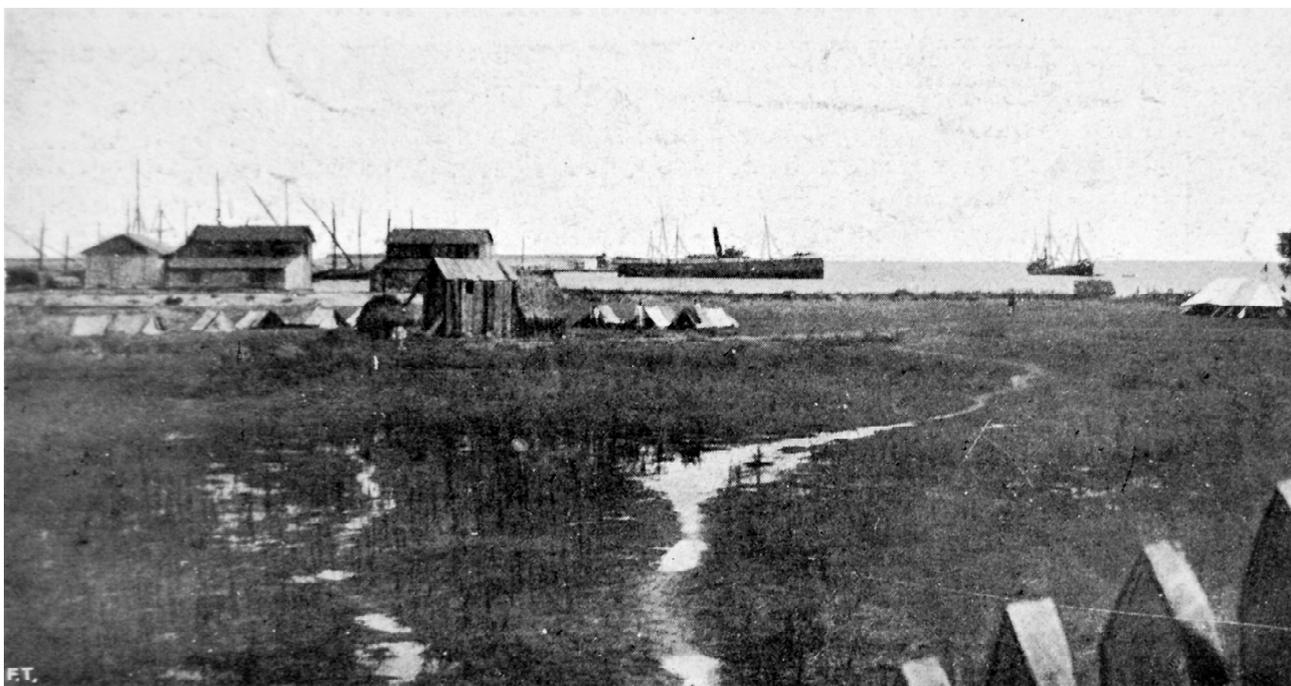


Fig. 9 - Veduta di Porto Santa Venere con il vapore dei soccorsi di Genova ormeggiato. In primo piano, alle spalle della duna costiera, è visibile un'area di ristagno formatasi, probabilmente, in seguito all'ingressione dell'onda di maremoto.

View of Porto Santa Venere, with the Genoa rescue ship moored. In foreground, behind the coastal dune with the provisional tents, note the stagnant water remained after the tsunamis-wave ingression.



Fig. 10 - Distribuzione dei fenomeni di probabile liquefazione e delle variazioni del regime idrico delle acque sotterranee.

Distribution of earthquake-induced liquefactions and others effects on the hydrological rate.

(Tropea, Briatico, Bivona e Pizzo) e Scalea, lungo costa non sono note altre segnalazioni, così come tra le stesse e Milazzo. Negative, inoltre, sono le segnalazioni dalle Eolie (notizie dell'Ufficio di Porto di Lipari, in PLATANIA, 1907). Sullo Ionio, poi, si è a conoscenza della sola notizia sul lido di Catanzaro Marina.

Ipotizzando per quest'ultimo caso un'origine locale, dovuta forse ad una frana sottomarina innescata nel Golfo di Squillace dallo scuotimento (analogamente a quanto ipotizzabile per la rottura del cavo telegrafico sottomarino a Vulcano) e considerando gli effetti sulle coste si ha l'impressione che la deformazione del fondo marino non fu di grande entità, specialmente confrontandola con quella connessa alle grandi dimensioni che dovette avere la sorgente sismogenetica. Questo fatto, come discusso in seguito, potrebbe rappresentare una delle numerose evidenze indirette della profondità della sorgente stessa.

3.6 Effetti cosismici sul terreno e nelle acque sotterranee e superficiali

Gli effetti cosismici (vedi Appendice B in GALLI E MOLIN, 2007), rappresentati soprattutto da fenomeni franosi, rotture del terreno, variazioni al regime idrico delle acque sotterranee, intorbidamenti e liquefazioni di depositi granulari, furono diffusissimi: nel complesso si ha notizia che interessarono ben 110 comuni, ovvero il 25% di tutti i comuni che subirono danni agli edifici, anche se molto lievi ($I_s \geq V-VI$ grado MCS). Con l'aumentare della gravità dei danni aumenta anche la percentuale dei comuni interessati da effetti cosismici; ad esempio, per i comuni caratterizzati almeno da danni moderati ($I_s \geq VII$ MCS) la percentuale sale al 37%, per i comuni interessati da distruzioni ($I_s \geq VIII-IX$ MCS) al 58% e per i comuni con effetti disastrosi ($I_s \geq X$ MCS) all'86%. Gli effetti cosismici, particolarmente se rappresentati da fenomeni franosi, nei numerosi casi in cui hanno interessato direttamente i centri abitati, hanno ovviamente aumentato il danneggiamento e quindi influito sulle valutazioni delle intensità.

Contestualmente al terremoto, furono segnalati molti fenomeni verosimilmente riconducibili agli effetti che le sovrappressioni interstiziali generate dallo scuotimento ciclico indussero nei terreni granulari saturi confinati, ovvero liquefazioni.

I casi in cui sono state descritte aperture nel terreno, con fuoriuscita d'acqua – spesso zampillante – associata a sabbia, ghiaia e limo, sono riferibili a 21 località (Appendice B in GALLI e MOLIN, 2007; Fig. 11), tutte situate all'interno dell'area di VII grado MCS, mentre solo pochissime ricadono in area propriamente mesosismica. Gran parte dei casi associabili a liquefazioni era già riportata in BERARDI *et al.* (1991) e GALLI (2000). Tra i casi inediti, meritano di essere ricordati quelli avvenuti nella zona tra Rosarno e Melicucco e segnalati in una corrispondenza da Reggio Calabria del Giornale d'Italia del 18 settembre 1905, nella quale Melicucco è erroneamente trascritto in Melicuccà; il fenomeno viene così descritto: "... A Melicuccà [Melicucco] ... lateralmente alla via Nazionale che conduce a Rosarno si osservano degli zampilli d'acqua. In contrada "Annegato" un lungo tratto di terreno, estendendosi per circa 2000 metri quadrati, è coperto da una specie di fango cinereo; i crepacci sono frequentissimi e taluni hanno la forma di crateri romboidali, da cui sgorgano acqua e fango in grande abbondanza. Questi crateri, ad una profondità di circa 50 centimetri, invece di seguire la perpendicolare, prendono risolutamente un'altra direzione, che pare debba essere parallela alla superficie del terreno. ... In certi punti riscontransi sorgive filiformi e una quantità straordinaria di buche della forma di quelle che costruiscono le formiche. In contrada "Scafapesca" sono delle fenditure lunghe 250 metri. Nell'altra di "Survareto" i crepacci hanno una larghezza di circa tre metri. In contrada "Barcotto", poi le acque di un fosso sono scomparse ricomparando negli agrumeti vicini. Alle "Granatare" una sorgiva, pure scomparsa, è riapparsa nientemeno che ad una altezza di oltre 15 metri. ...". Da notare la vastità degli effetti osservati in Contrada Annegato, dove il sottosuolo per un'ampia zona è andato evidentemente soggetto ad un fenomeno areale di liquefazione, risultandone coperto da acqua e depositi fuoriusciti da numerosi "crateri" non dissimili, nella descrizione, da quelli che si formarono

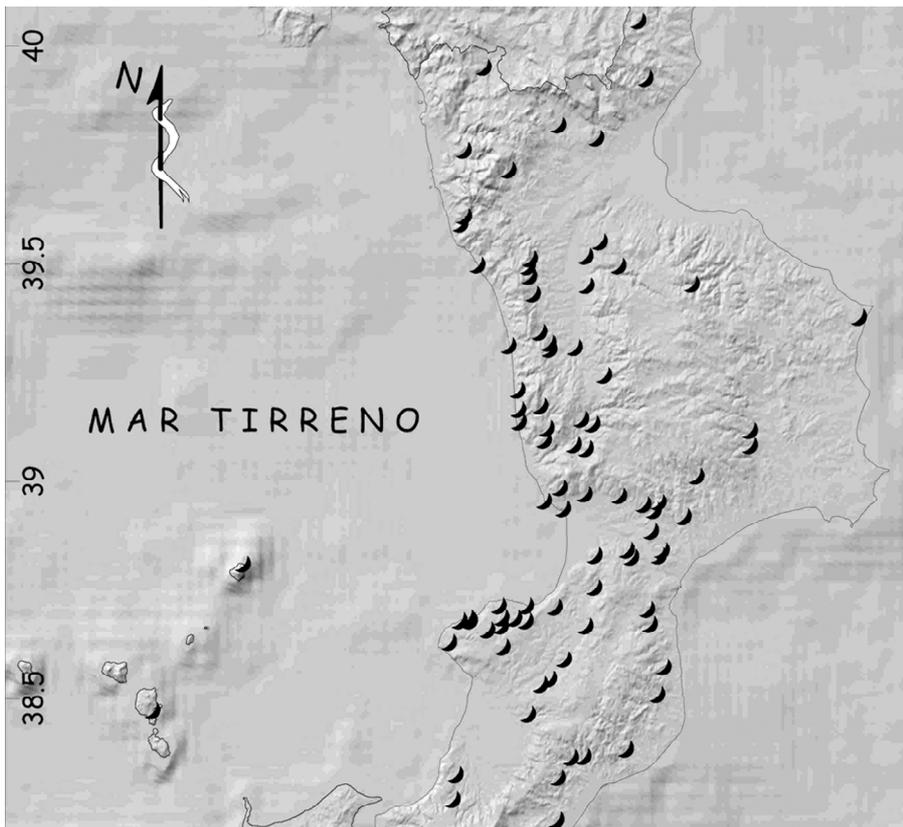


Fig. 11 - Distribuzione areale delle fratture nel terreno e delle frane in occasione del terremoto del 1905.

Location of landslides and surficial breaks occurred during the 1905 earthquake.

nella stessa zona in occasione del terremoto del 5 febbraio 1783 (SARCONI, 1784).

Molto diffusi furono gli effetti prodotti dal terremoto sul regime idrico delle acque sotterranee (Fig. 10), effetti per lo più costituiti da variazioni di portata e in qualche caso di temperatura in numerose sorgenti, da comparsa o scomparsa di altre, da intorbidamenti delle acque notati soprattutto negli acquedotti, nelle fontane pubbliche ed anche nei corsi d'acqua. Come si può osservare in figura, questi effetti si verificarono anche in aree interessate da intensità piuttosto modeste (VI grado MCS circa).

Numerose sono, poi, le descrizioni di rotture e fenditure nel terreno, alcune esplicitamente riconducibili a fenomenologie franose, altre associate a liquefazioni di sabbie e altre ancora di genesi incerta. A questo proposito è importante sottolineare che nessuna delle rotture di superficie prodotte dal terremoto, per geometria, lunghezza e rigetto è compatibile con fenomeni di fagliazione di superficie. L'assenza di tali fenomeni viene chiaramente indicata anche da MERCALLI (1906), secondo il quale *"Pare che il terremoto calabrese non sia stato accompagnato da nessuna dislocazione permanente del suolo in senso orizzontale o verticale."*

Da ricordare, tuttavia, un fenomeno particolare che si verificò lontanissimo dall'area epicentrale, lungo la costa ionica di Cirò, dove si aperse una fenditura larga pochi centimetri, ma lunga circa un chilometro. La stessa si è riaperta numerose altre volte nel tempo, anche in assenza di qualsivoglia evidente causa esterna

innescante, sino al Luglio 2004, quando ha interessato, danneggiandolo, il centro abitato di Cirò Marina (GALLI *et al.*, 2006b). Nel complesso, l'effetto cosmico più frequente è rappresentato dai movimenti franosi, osservati in quasi un centinaio di località. In generale, tuttavia, si tratta quasi sempre di movimenti piuttosto limitati, distribuiti in tutta la Calabria (Fig. 11), con una maggiore incidenza nei versanti occidentali ed orientali della Catena Costiera, nei margini sud-occidentali della Sila e nell'area del Monte Poro; abbastanza frequenti anche attorno ai massicci delle Serre e dell'Aspromonte. La scarsa presenza di estesi movimenti franosi ed in particolare di frane di scivolamento è forse da collegare al fatto che il terremoto avvenne a fine estate, al termine di un periodo secco. Le frane più importanti furono tuttavia quelle che interessarono i centri abitati di Aiello Calabro, di Martirano e di Triparni, in quanto concorsero in modo significativo al danneggiamento degli edifici e alla morte o al ferimento di numerose persone.

Ad Aiello Calabro (Fig. 12) si verificò il distacco di grandi massi dallo sperone roccioso, alto circa trecento metri, soprastante al paese e su cui sorgeva il castello; i massi investirono varie case, distruggendole e provocando la morte di varie persone. Da un sopralluogo effettuato da due tenenti dell'esercito (Corriere della Sera del 27 settembre 1905) risultò che lo sperone era anche interessato da una notevole spaccatura, con grave pericolo per il paese e per tutta la vallata sottostante.

Secondo testimonianze di contemporanei (DE MEDICI, 1989), l'abitato di Martirano fu interessato da più frane, tra le quali una enorme fece precipitare in basso parte della collina su cui sorgeva *"il quartiere popolare chiamato Verdesca"*, che andò completamente distrutto (16 delle 17 vittime del comune Martirano, infatti, erano abitanti di quel quartiere). Secondo il quotidiano La Tribuna del 19 settembre 1905 e DE MEDICI (1989), il 18 settembre una forte replica si produsse un'altra grande frana, probabilmente nella stessa area su cui sorgeva il rione Verdesca.

Nelle campagne di Triparni, secondo RIZZO (1907), si produssero grandi fenditure nel terreno, una delle quali probabilmente interessò anche il centro abitato, dato che *"la piazza del paese fu come inghiottita e si formò un precipizio"*. Tale precipizio era ben visibile anche nei giorni successivi, quando venne visitato dal ministro Ferrarsi (Giornale di Sicilia dell'11-12 settembre 1905). Altre frane avvennero in alcuni paesi dell'area mesosismica, contribuendo ad aumentarne il grado di distruzione; tra questi sono da ricordare Mantineo,

costruito lungo uno sperone roccioso, e Fiteli, San Leo (Vecchio) e Zungri, costruiti, pro parte, sul ciglio di un antico terrazzo marino.

3.7 I possibili casi di amplificazione locale

A prescindere dai danni conseguenti all'innescio di fenomeni gravitativi (frane), gli effetti di amplificazione locale del moto sismico possono divenire predominanti su quelli indotti dal solo scuotimento atteso su substrato rigido. Un metodo speditivo, ancorché approssimativo, per stabilire se un luogo possa essere caratterizzato da frequenze predominanti è quello di registrare i microtremori indotti dalle oscillazioni della Terra e di processarli secondo la tecnica di NAKAMURA (1989; MUCCIARELLI *et al.*, 1996; GALLI e NASO, 2008). In taluni casi, conoscendo (o assumendo) la velocità delle onde di superficie (V_s) dei terreni superficiali è possibile, mediante la cosiddetta legge del quarto dell'onda ($V_s = \sqrt{4H}$) ricavare anche informazioni sullo spessore (H) di questi terreni, ovvero sulla profondità del cosiddetto *bedrock* sismico.

E' stato dunque condotto un rilievo speditivo in alcuni dei paesi colpiti dal terremoto, al fine di verificare se sussistessero indizi di amplificazione locale dovute alle condizioni di sito. Sono stati investigati sia abitati con elevato risentimento macrosismico, sia altri generalmente limitrofi con i primi, ma con un basso grado MCS, per un totale di 16 paesi. In alcuni di questi sono state condotte più misure, ubicate in diverse zone degli stessi.

La maggior parte dei paesi del Vibonese è costruita sulla superficie dei terrazzi marini del Monte Poro. Solo alcuni sono ubicati su crinali, come Mantineo e Triparni o Martirano nel lontano Reventino. In genere, i terrazzi sono scolpiti direttamente sul substrato granitico e/o sulle coperture trasgressive mioplioceniche (generalmente in giacitura piano-parallela),

mostrando esigui o nulli spessori di depositi marini e coltri metriche alluvio-colluviali, anche sulle superfici sommitali. I risultati ottenuti sono stati, nei limiti della validità del metodo e dell'esiguo numero di misure effettuate, abbastanza sorprendenti. A parte alcune conferme sulla mancanza di frequenze predominanti di abitati costruiti direttamente su roccia, come Tropea - che non mostra alcun picco in nessun campo di frequenze e che non ebbe, di fatto, distruzioni (né nel 1905, né, in genere, nei terremoti precedenti. Fig. 13A) - molti luoghi, per i quali era lecito attendersi un effetto di sito, non hanno mostrato picchi significativi nel campo delle frequenze di interesse ingegneristico. Zamarò, per esempio, dove si registrò uno dei più alti livelli di distruzione (X-XI MCS), e Piscopio (IX-X) mostrano entrambi un picco molto chiaro e stabile nelle diverse misure intorno a 0.9 Hz (Fig. 13B), corrispondente, com'è facile immaginare, ad edifici dotati di un lungo periodo di oscillazione (~1 sec.), ben diversi dalle basse casette che andarono distrutte allora (Fig. 2). In questo caso, il picco potrebbe corrispondere ad una discontinuità abbastanza profonda, quale quella realmente esistente a circa 100 m al di sotto del terrazzo ove sorge Zamarò, tra i calcari miocenici sottostanti e la successione argilloso-sabbiosa pliocenica ($V_s \sim 400$ m/sec) su cui il terrazzo stesso è scolpito. Triparni (X-XI MCS), edificato lungo un crinale calcareo-arenaceo, mostra un picco ricorrente tra le frequenze di 1.8-2.5 Hz, corrispondente ad edifici troppo alti (15-25 m) rispetto a quelli esistenti all'epoca, rendendo quindi poco verosimile la correlazione tra picco d'amplificazione e distruzioni. Stesse considerazioni possono essere fatte per Favelloni, il cui picco è stabile intorno a 2.2 Hz. Sul ciglio di un terrazzo di fronte alle rovine di Briatico Vecchio (abbandonato in seguito al terremoto del 1783), sorgeva San Leo Vecchio, anch'esso raso al suolo (X MCS) ed abbandonato a seguito del terremoto

del 1905. Le misure effettuate mostrano tutte una funzione addirittura piatta (Fig. 13C), a significare l'assenza di amplificazione in tutto lo spettro, così come nella vicina e scomparsa Villa Lapa (X MCS), che seguì pari destino. In entrambe le situazioni, il terrazzo è direttamente scolpito sul substrato argilloso-sabbioso.

D'altra parte Parghelia (IX-X MCS), a soli due chilometri da Tropea, mostra, in quattro diversi punti dell'abitato, un picco ben evidente tra le frequenze di 5.8 e 8.4 Hz (Fig. 13D). Tali frequenze, in campo ingegneristico, sono compatibili con edifici ad uno o due piani e potrebbero spiegare l'elevato livello di distruzione proprio delle casette più basse rispetto agli edifici più alti e al campanile della chiesa, tuttora in piedi. Così anche per Zaccanopoli (IX-X MCS), che ha mostrato un analogo picco tra 7-8 Hz. In questi casi, può avere

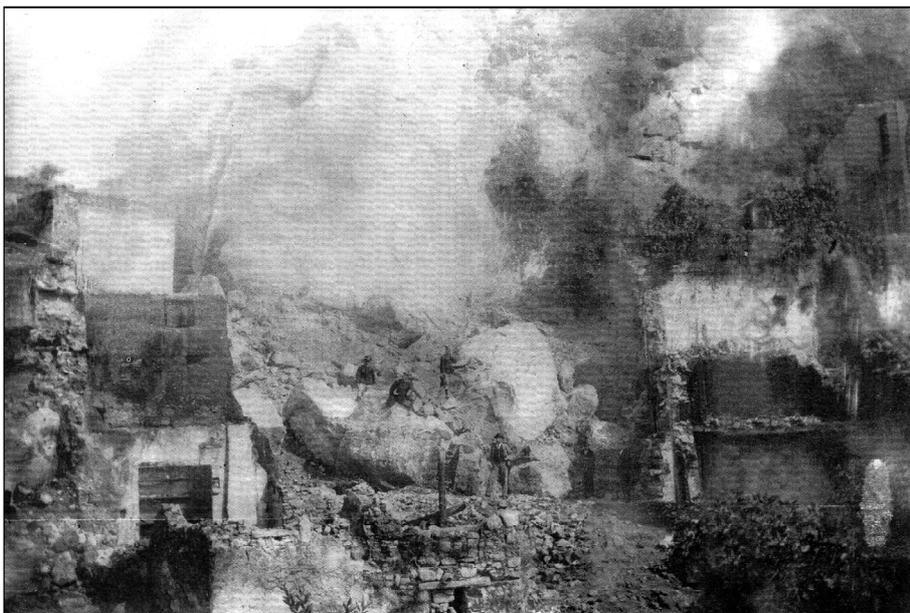


Figura 12 - Ajello Calabro: frana per distacco di grossi massi (al centro della foto) dalla rupe (sullo sfondo) che sovrasta il centro abitato.

Mega-rock avalanches inside the houses of Ajello Calabro (central Calabria). Note the enormous boulders fallen from the cliff visible in the background.

avuto un ruolo decisivo il forte contrasto di impedenza tra il *bedrock* granitico e la copertura sabbioso-conglomeratica del terrazzo ($V_s \sim 200-300$ m/sec), che, nel caso di Parghelia, è resa più potente (~ 10 m) dalla presenza del piccolo conoide su cui il paese è in parte costruito.

Anche Zungri (X MCS), mostra un picco intorno a 6 Hz, corrispondente ad edifici di 1-2 piani, come la maggior parte di quelli effettivamente crollati. Mesiano, invece, posto a quattro chilometri da Zungri e che non ebbe quasi danni (VI MCS), mostra uno spettro abbastanza piatto. Di fatto esso sorge, a meno di una sottile copertura continentale, direttamente su granito.

A San Giovanni (IX-X MCS), situato tra Zungri e la costa tirrenica, gli unici edifici antichi superstiti sono piccole case ad un piano costruite con mattoni di fango essiccato. Le misure condotte hanno evidenziato un picco netto a 3.5 Hz, che corrisponde ad edifici di almeno due-tre piani, paragonabili a quelli effettivamente crollati. Il paese sorge su un terrazzo scolpito su sabbie mioceniche, spesso localmente 30-40 m, al di sopra del *bedrock* granitico. Anche in questo caso, il forte contrasto di impedenza tra graniti e sabbie ($V_s \sim 400-500$ m/sec) può avere giocato un ruolo dominante nella definizione del picco.

Per riassumere, le misure effettuate hanno mostrato una discreta correlazione tra il contenuto in frequenza e livello di danno solo in qualche paese del settore occidentale del Monte Poro, mentre per la zona nordorientale l'elevatissimo grado di danneggiamento sembra essere dovuto al reale scuotimento indotto dal terremoto, pur in assenza di particolari effetti di sito⁸.

3.9 Parametrizzazione del terremoto del 1905

Epicentro. Sulla base del piano quotato elaborato in questo lavoro e delle considerazioni di carattere sismotettonico, il terremoto ha avuto probabilmente origine nel Tirreno, poco ad ovest del Golfo di Sant'Eufemia e a nord del litorale di Briatico. I dati strumentali dell'epoca non sono, ad oggi, utilizzabili al fine di effettuare stime precise delle coordinate epicentrali; tuttavia, il baricentro dell'area di VII-VIII MCS (Fig. 8) indica, grossomodo, un punto con coordinate 38.8 N e 15.7 E. Tale localizzazione è poco a NE di quella sperimentalmente calcolata da Michelini et al. (2006; 38.6 N e 15.4 E) che, tenuto conto della grande estensione della sorgente, potrebbe rappresentare l'enucleazione della rottura sul piano di faglia.

Magnitudo. Si è già detto che la magnitudo è la più elevata mai calcolata per un evento strumentale in Italia. Duda (1965) fornisce la stima più alta tra quelle pubblicate in letteratura ($M_I=7.9$), includendo l'evento in una lista dei più forti terremoti mai avvenuti tra il 1897 ed il 1964. KARNIK (1969), sulla base di due registrazioni, calcola $M_I=7.3$ ($M_I=7.6$ sulle onde di volume PH e SH, che considera, tuttavia, sovrastimata), mentre RIUSCETTI e SHICK (1975) pubblicano un valore di $M=7.0$. Una suc-

cessiva rivalutazione è in Margottini et al. (1993), i quali, sempre sulla base di due registrazioni, calcolano una $M_s=7.47$. Tale valore è stato mutuato da CAMASSI E STUCCHI (1997) e da CPT199, mentre in CPT104 esso è stato parametrizzato assumendo il valore ibrido di "Ma"

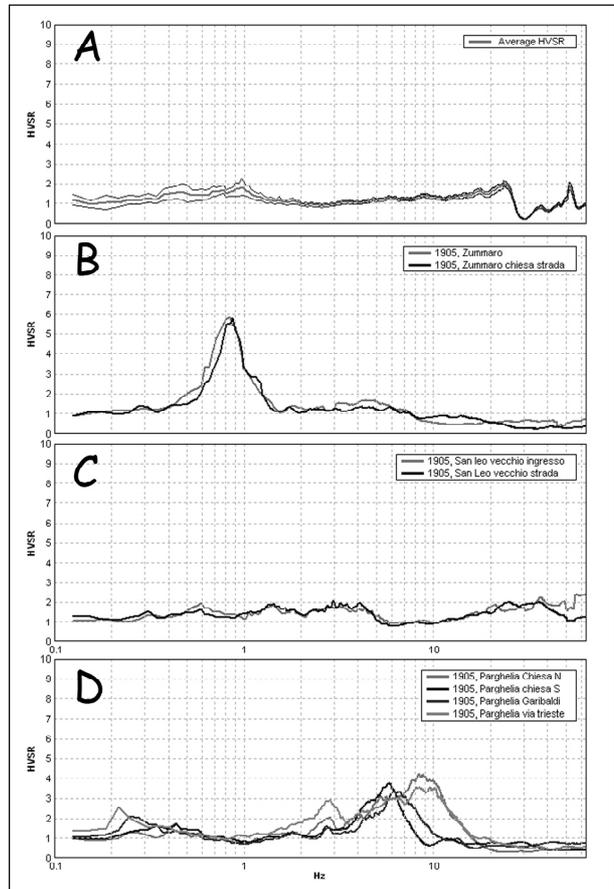


Fig. 13 - A, funzione di amplificazione ottenuta col metodo dei microtremori in vicinanza del duomo normanno di Tropea. La città è fondata direttamente su un terrazzo marino scolpito su calcareniti e lo spettro non mostra particolari picchi di amplificazione in nessun campo di frequenze. B, funzione di amplificazione ottenuta a Zammarò (X-XI MCS). Il picco evidente intorno a 0.9 non ha valenza ingegneristica e non può aver contribuito alla distruzione dell'abitato. Un picco analogo è stato rilevato a Piscopio (IX-X MCS). C, funzioni di amplificazione ottenute a San Leo Vecchio. Come per Tropea anche questo sito non mostra frequenze predominanti; nonostante ciò il paese fu raso al suolo e quindi abbandonato. D, funzioni di amplificazione ottenute a Parghelia. I diversi picchi tra le frequenze 5.8-8.4 potrebbero giustificare l'elevata distruzione di cassette a 1-2 piani della vecchia Parghelia.

A, amplification function obtained by means of microtremors analyses near the Norman Cathedral of Tropea ($I_s=7-8$), very close to the possible source. The town is founded on a marine terrace directly carved on calcarenites, as shown by the absence of any frequency peak. B, amplification function obtained for Zammarò ($I_s=10-11$ MCS). The peak at 0.9 Hz has not any engineering meaning (it would match with very high building) as far the level of disruption reached by this village is concerned. C, amplification function in San Leo Vecchio ($I_s=10$ MCS); similarly to Tropea this site shows no amplification in any frequency range, but conversely, this village was destroyed and abandoned. D, amplification function at Parghelia ($I_s=9-10$ MCS). The different peaks between 5.8-8.4 Hz could account for the high level of disruption of 1-2 store buildings in the old settlement of this village.

⁸Resta inteso che solamente incrociando le funzioni di amplificazione ottenute tramite un'estesa campagna di registrazione di microtremori con i dati geologico-tecnici di sottosuolo di ciascun paese sarebbe possibile addivenire a risultati più certi e definitivi.

di CPTI99 ($M_w=7.06$). A titolo di confronto, abbiamo tentato di stimare il valore della magnitudo anche sulla durata della più vicina registrazione (Ischia, a ~230 km con durata di ~1h25'). Pur nella consapevolezza dei limiti insiti in questo metodo relativamente al caso in oggetto (a causa dell'eccessiva distanza e dell'alto valore di magnitudo), tramite la formula di Lee et al. (1972: $M_d = -0.87 + 2 \log T_{sec} + 0.0035 D_{km}$), abbiamo calcolato $M_d=7.46$, un valore di fatto coincidente con quello di MARGOTTINI et al. (1993).

Infine, la magnitudo stimata a partire dalla distribuzione ed intensità degli effetti macrosismici è stata valutata $M_e=6.88$ in CPTI99. Tale valore è salito a $M_w=6.73$ in CPTI08, ed a $M_w=7.26$ utilizzando un diverso algoritmo di inversione macrosismica. Comunque, data la netta apertura verso mare del piano quotato, la verosimile localizzazione dell'epicentro stesso a mare e la probabile notevole profondità ipocentrale, non abbiamo creduto applicabile l'utilizzo di alcun algoritmo (p.e., BAKUN e WENTWORTH, 1997) alla distribuzione delle intensità da noi ottenuta.

Intensità. Similmente, l'intensità epicentrale (I_0) non è secondo noi definibile, in quanto l'epicentro ricade in mare e la distribuzione delle intensità nel settore a terra più fortemente colpito (area di Briatico-Cessaniti-Vibo Valentia; $I_s \geq X$ grado in sei casi) risulta molto irregolare con presenza di vari punti con $I_s \sim IX$ grado e, in qualche caso, inferiore all' $VIII$ MCS⁹.

Profondità. A parte RIZZO (1906a) che, sulla base delle velocità di propagazione delle onde sismiche, fornisce un valore della profondità ipocentrale di circa 50 km, non esistono stime strumentali attendibili sulla profondità dell'evento. In mancanza di altri dati, è interessante notare che MERCALLI (1906), sintetizzando i racconti dei testimoni in zona mesosismica, descrive chiaramente che il terremoto fu avvertito in tre fasi ben distinte. La prima con una spiccata componente verticale, la seconda ondulatoria e la terza, responsabile delle distruzioni, vorticosa. Stante la diversa velocità di propagazione delle onde P e S, assumendo che la fenomenologia delle prime due fasi descritte corrisponda, rispettivamente, agli impulsi delle onde di volume e di taglio (il terzo, distruttivo, alle onde di superficie), l'intervallo tra i due arrivi potrebbe dare informazioni sulla distanza tra l'ipocentro e la zona di osservazione (i.e., i paesi del Monte Poro). Purtroppo, MERCALLI (1906) riporta la durata totale dello scuotimento (circa 40''; vedi anche RIZZO, 1907; BARATTA, 1906) e l'intervallo tra le prime due fasi (1''-2''; vedi anche Baratta, 1906), ma non la durata della prima fase. Stimando per difetto in qualche secondo (3''-5'') la durata di quest'ultima (percepita dagli abitanti di Monteleone come un triplice sussulto; BARATTA, 1906) e sommando l'intervallo occorso per l'arrivo della seconda fase, si ottiene un ritardo corrispondente ad una distanza minima di 50 km tra la sorgente e i paesi del Monte Poro (i ritardi P-S valgono, grossolanamente 7-8 km/sec.). Se il Monte Poro fosse realmente l'epicentro del terremoto, questa distanza corrisponderebbe alla profondità del terremoto;

ma assumendo che il vero epicentro sia stato poco al largo della costa, il valore minimo ottenuto deve essere decurtato di qualche chilometro (i.e., la distanza orizzontale). In sintesi, volendo dare credito a questa ricostruzione (ed a RIZZO, 1906a), il terremoto ebbe comunque un'origine profonda, se rapportato ai normali terremoti crostali dell'Appennino (10-20 km).

4. IPOTESI SISMOGENETICHE E CONCLUSIONI

Si è detto che sulla sorgente sismogenetica del terremoto del 1905 non esiste un'ipotesi convincente o basata su osservazioni certe. Né esistono dati geologici sull'attività tardo pleistocenica-olocenica delle faglie del Monte Poro né, tantomeno, dati paleosismologici. Neppure può essere ritenuta attendibile la localizzazione della sorgente riportata in DISS WORKING GROUP (2006), basata sull'inversione del piano quotato contenuto in BOSCHI et al. (2000) e centrata, di conseguenza, sul Monte Poro stesso. Sicuramente, considerando i valori calcolati per la magnitudo (7.9M7.3), la sorgente deve avere avuto dimensioni ragguardevoli, non meno di 50 km di lunghezza, il doppio dell'intero promontorio Vaticano. Di conseguenza, considerate sia le notizie (negative) raccolte relativamente agli effetti di superficie, che la mancanza di indizi sull'attività recente delle faglie normali del Monte Poro, è possibile escludere che il terremoto sia stato originato da qualcuna di queste. Inoltre, in caso di terremoto crostale legato a faglie dirette, una così elevata energia, oltre ad estesi fenomeni di fagliazione di superficie (non verificatisi, come detto), avrebbe generato un livello di distruzione in area epicentrale (in genere nell'*hanging wall* della faglia) molto più vasto ed omogeneo di quello osservato, senza continue cadute e risalite del grado di intensità. E' più probabile, quindi, che la sorgente sia stata sufficientemente profonda da non provocare né fagliazione di superficie né distruzione omogenea in area epicentrale.

D'altra parte, la presenza di blande onde di maremoto è forte indizio di deformazione cosismica del fondo marino. Tuttavia, gli effetti descritti (estensione ed altezza del *run-up*; PLATANIA, 1907), non sono certo compatibili con una fagliazione sottomarina lunga decine di chilometri e, presumibilmente, con rigetti maggiori di un metro, come quelli associabili ad una faglia crostale normale di $M > 7$ ¹⁰. In sostanza, mentre è ragionevole pensare che la sorgente sia effettivamente ubicata a mare¹¹ e sia capace, quindi, di indurre deformazioni permanenti istantanee del fondo, è di nuovo necessario ritenere che sia stata sufficientemente profonda da non generare fagliazione estesa dello stesso.

Alla luce di quanto sopra esposto, è possibile ora

¹⁰Basti pensare all'altezza devastante raggiunta dal maremoto del 1908, con *run-up* sino a 9 m (PLATANIA, 1909).

¹¹A questo proposito è interessante notare che, a parte le localizzazioni epicentrali nel golfo di Sant'Eufemia (RIUSCETTI e SCHICK, 1975; POSTPISCH, 1985), un riesame dei dati strumentali riprocessati con specifiche tecniche (MICHELINI et al., 2006) ha collocato al largo di Capo Vaticano l'epicentro, o meglio, l'enucleazione della rottura lungo la struttura del terremoto.

⁹Per eventuali esigenze di calcolo della pericolosità sismica regionale, a nostro avviso il valore a cui fare riferimento potrebbe essere $I_0=XI$ MCS.

avanzare un'ipotesi inedita, secondo la quale la sorgente del terremoto del 1905 potrebbe essere ubicata nella parte superiore dello *slab* litosferico ionico in subduzione verso NW. Va ricordato che raramente i terremoti *intraslab* sono presi in considerazione nella valutazione della pericolosità sismica. Tuttavia, quelli che avvengono entro poche decine di chilometri di profondità, contrariamente a quelli molto profondi¹², possono mantenere un potere distruttivo anche a grandi distanze dall'ipocentro. Per esempio, in America Latina i terremoti *intraslab* hanno provocato nello scorso secolo molti più danni e vittime dei terremoti interplacca¹³.

Nel 1905, la rottura potrebbe avere interessato la parte superiore dello *slab* in un'area compresa tra il Golfo di Sant'Eufemia e l'*offshore* di Capo Vaticano, probabilmente nella zona di massima flessura dello *slab* stesso e ad una profondità indicativa di 40-50 km (Figg. 8, 14). Tuttavia, possiamo solo immaginare quale sia stata l'origine della rottura all'interno della litosfera in subduzione. E' possibile, innanzitutto, escludere un sovrascorrimento connesso a zone di forte accoppiamento tra la placca a tetto e a letto (per esempio sul piano basale di scollamento interno alla transizione fragile-duttile del prisma di accrescimento), da immaginarsi, nel caso, sempre sul versante ionico della Calabria.

Procedendo per esclusione, si potrebbe pensare ad altri diversi meccanismi, tra cui:

- una zona di taglio trasversale nello *slab*, collegata alla profonda discontinuità che la tomografia sismica e la distribuzione dei terremoti evidenziano a nord e sud della Stretta di Catanzaro (p.e., una *tear fault* profonda);
- la distensione *down-dip* dovuta allo *slab-pull* nella porzione superiore della subduzione a sud della Stretta di Catanzaro;
- nel caso tale forza non sussistesse più, compressione *down-dip* a cui lo *slab* sarebbe allora interamente sottoposto nella sua discesa "forzata" nel mantello, forse accentuata dalla spinta orizzontale che que-

st'ultimo esercita nel suo movimento relativo verso est (DOGLIONI *et al.*, 1999);

- la distensione a cui la parte superiore della placca è sottoposta nella zona di flessura anzidetta (p.e., a causa dei meccanismi di *flexural extension* descritti in BRADLEY e KIDD, 1991; SENO e YAMANAKA, 1998).

Di fatto, anche se generalmente i grandi terremoti distruttivi legati ai processi di subduzione sono quelli che avvengono tra placche in forte convergenza tra loro, forti eventi connessi al semplice *bending* dello *slab* sono altrettanto noti nel mondo (KANAMORI, 1971; LYNNEs e LAY, 1988; SENO e YAMANAKA, 1998). Tra l'altro, seppur possano essere cessati i processi di convergenza che sono stati alla base della subduzione ionica, lo *slab* del basso Tirreno è sicuramente uno di quelli che presenta la maggior curvatura e pendenza (~70°), oltre che un impressionante arretramento flessurale dell'asse della flessura. Inoltre, per quanto forti eventi associati a *tsunamis* siano avvenuti sia per eventi di *down-dip compression* (e *down-dip extension*) che di taglio *intraslab*¹⁴, considerando l'elongazione NE-SW dell'area di massimo danneggiamento, è più ragionevole pensare ad una sorgente similmente orientata piuttosto che ad una struttura subverticale trascorrente quale, appunto, un'ipotetica *tear fault* nel Golfo di Sant'Eufemia. E tra queste, per motivi geometrici, una legata al *bending* dello *slab* è forse quella che meglio giustifica il coinvolgimento anche della crosta sovrastante la piastra litosferica e, quindi, la deformazione del fondo marino. A questo proposito, volendo dar credito alla soluzione del meccanismo focale del terremoto del 1905 fornita da RIUSCETTI e SCHICK (1975; se ne veda la proiezione nella sezione perpendicolare allo *slab* in Fig. 14), si può osservare che gli assi T sono contenuti nello *slab*, allineandosi alla direzione della sua immersione (estensione *down-dip*), con un possibile piano di taglio subverticale ribassante ad ovest. Tale cinematica è, inoltre, coerente alle polarità del maremoto (innalzamento del livello marino nel *footwall* e ritiro nell'*hangingwall*).

Concludendo, dunque, qualunque ne sia stato il meccanismo *intraslab*, la concomitanza della grande estensione della sorgente e la sua profondità, unite all'elevato contenuto di energia nelle alte frequenze potrebbero avere:

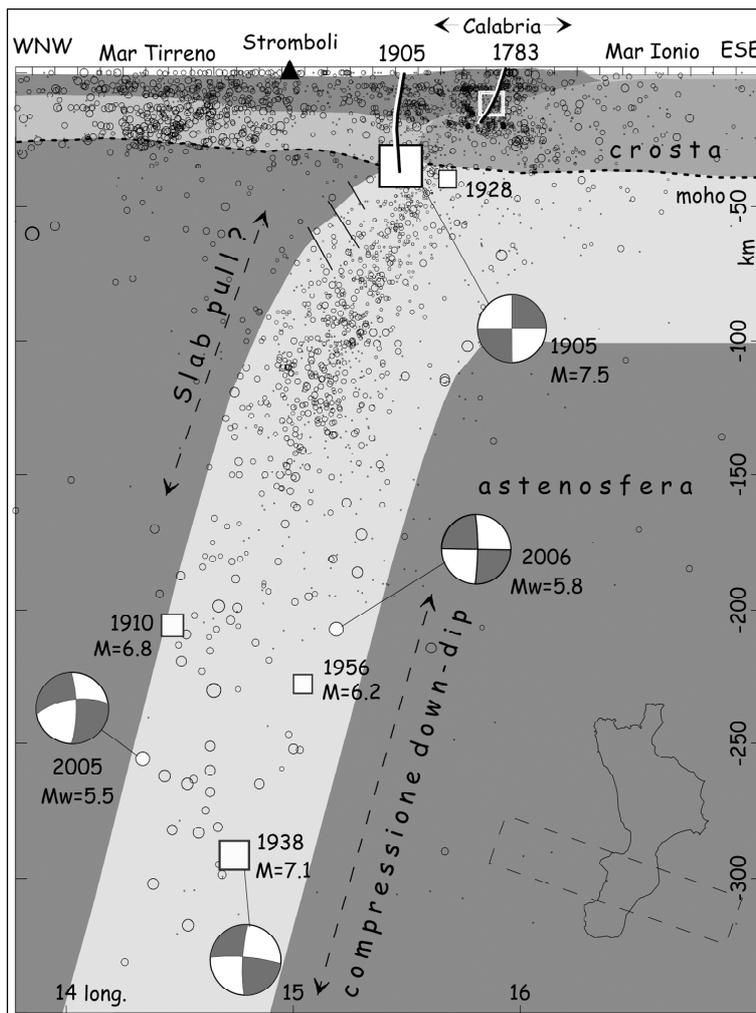
- causato le distruzioni nei paesi più prossimi alla sorgente (area del Monte Poro) - ed in particolare delle abitazioni più basse e nei luoghi caratterizzati da coperture sottili soffici su substrato roccioso (entrambi più sensibili alle alte frequenze; i.e., 3-8 Hz);
- generato una vasta area di danneggiamento regionale, orientata NE-SW e parallela alla sorgente ed all'estensione laterale dello *slab* (con isolate riprese dell'intensità dovute all'innescio di fenomeni franosi, come ad Ajello, Martirano ed altri luoghi);
- indotto un'estesa, blanda deformazione bipolare del fondo marino, responsabile del debole maremoto registrato sulle coste tirrenica della Calabria, con primi impulsi positivi nel lato rialzato (costa del vibonese) e negativo in quello ribassato (zona di Scalea).

¹²Per esempio, il citato evento nel basso Tirreno del 1938, avvenuto a 290 km di profondità.

¹³Sempre in America Latina, nel 1931 un terremoto *intraslab* di M=7.8 ubicato a 40 km di profondità, causò gravissime distruzioni nello Stato di Oaxaca, in Messico (SINGH *et al.*, 2000). E così anche in occasione dei terremoti di Orizaba del 1974 (M=7.3 a 82 km di profondità), di Huajuapán de Leon del 1980 (M=7.1, a 65 km) e di Tehuacán del 1999 (M=7.4 a 40 km), tutti caratterizzati da cinematica normale *intraslab*. In Giappone, nel 2003, un terremoto *intraslab* a 70 km di profondità (Mw=7.0) ha prodotto un risentimento in un'area vastissima ed un valore di PGA superiore ad 1g in cinque stazioni accelerometriche poste a 100 km dall'epicentro (ASSIMAKI e STEIDL, 2007). Infatti, a parità di magnitudo calcolata, questi terremoti hanno un livello di energia nel campo delle alte frequenze sistematicamente più alto, giustificando così i maggiori effetti macrosismici che essi possono comportare rispetto agli altri terremoti (SINGH *et al.*, 2000; KIRBY, 2001; CHOY *et al.*, 2002; IGLESIAS *et al.*, 2002). Questa "anomalia" nel contenuto in alte frequenze sembra essere legata al maggior valore dello stress-drop alla sorgente, che i terremoti *intraslab* possiedono rispetto agli altri (ATKINSON e HANKS, 1995). Tuttavia, le sorgenti di questi eventi rimangono un'incognita per i "geologi del terremoto", in quanto difficilmente rompono in superficie e, ancor meno, sembrano riconducibili ad una singola faglia, ma piuttosto alla deformazione di più strutture (KIRBY e WANG, 2002).

¹⁴Per quest'ultimo caso, si rammenta il terremoto del 30/11/1987 in Alaska (Ms=7.4), con probabile rottura di una *tear fault* nella placca pacifica in subduzione (QUINTANAR *et al.*, 1995) e generazione di uno *tsunami* lungo le coste nordamericane con ampiezza massima di circa 0.5 m.

Fig. 14 - Immagine schematica dello slab litosferico ionico in subduzione al di sotto del bacino tirrenico attraverso la Calabria meridionale (~38.5° N). La sismicità (proiettata in una fascia di 50 km a cavallo della sezione) è desunta da POSTPISCHL (1985; intervallo sino al 1980), dalla rete temporanea installata negli anni '90 dall'ISMES nella Piana di Gioia Tauro, dal Catalogo CSI (CASTELLO *et al.*, 2006) e INGV (2003-2004). Nel settore ionico è stato assunto uno spessore litosferico di ~90 km (~30 km in quello tirrenico), con una crosta di 20-25 km (contro i 10-15 km nel settore tirrenico), in accordo con PONTEVIVO e PANZA (2006). Sono evidenziati i terremoti di elevata energia del 1910, 1956 e 1938; inoltre, a titolo esemplificativo, oltre a quello del 1938 (da Anderson e Jackson, 1987), sono riportati i meccanismi focali (CMT) ridotti sul piano della sezione degli eventi profondi del 5 maggio 2005 e 26 ottobre 2006 (entrambi distintamente risentiti in superficie). Questi eventi, come molti altri ad analoga profondità, mostrano compressione *down-dip*. Il meccanismo del 1905 è, invece, mutuato da RIUSCETTI e SCHICK (1975). La distribuzione della sismicità e dello stress in atto in questo limitato settore dello slab a sud della stretta di Catanzaro potrebbero indicare ancora trazione attiva nella parte sommitale (*slab pull*) o, quantomeno, flessurazione ed arretramento della cerniera e compressione certa più in profondità (*down-dip compression*). Nella zona di cerniera dello slab è possibile che, a causa della pronunciata flessura (*bending*), accentuata forse dal movimento relativo del mantello verso ~E (vedi DOGLIONI *et al.*, 1999), predominino meccanismi di *flexural-extension*, associati a grandi rilasci di energia. Forse il terremoto del 1928 ed anche quello del 1905 sono originati in questa zona, mentre la crosta sovrastante è interessata da distensione NW-SE, guidata dalle grandi faglie normali che bordano i massicci delle Serre e dell'Aspromonte, responsabili dei terremoti del febbraio 1783.



Sketch of the subducting Ionian lithosphere beneath the Calabrian Arc and the Tyrrhenian Basin (see bottom-right index map for profile location). Seismicity (projected in a 50-km wide belt across the section) is from POSTPISCHL (1985; up to 1980), from ENEL-ISMES Gioia Tauro network (period of the 90s), from CSI (CASTELLO *et al.*, 2006) and INGV (2003-2004). According to PONTEVIVO and PANZA (2006), in the Ionian sector (right) we assumed a ~90 km-thick lithosphere (30 km in the Tyrrhenian area), with a crust 20-25 km-thick (vs 10-15 km in the Tyrrhenian area). Note the $M > 6.2$ deep earthquakes of 1910, 1956 and 1938. Besides the 1938 focal mechanism (ANDERSON and JACKSON, 1987), the May 5, 2005 and October 26, 2006 CMT solutions are also shown (all mechanisms are viewed on the section plane); both these events were strongly felt at surface in Sicily and Calabria. The 1905 focal mechanism is from RIUSCETTI and SCHICK (1975). The seismicity and stress distribution in this sector of the slab (i.e.,

south of the Catanzaro Straits) may indicate active slab-pull in the upper portion, whereas down-dip compression is, instead, certain at larger depth. In the hinge zone of the slab (just in the Tyrrhenian offshore of Calabria), which should be subjected to a fast SE-retreating, due to the strong bending of the upper sector of the slab, flexural-extension mechanisms should dominate, being associated to large energy releases. Perhaps, the 1928 earthquake, and maybe the 1905 too originated in this region due to flexural-extension processes. Conversely, the overlying crust is here subjected to NW-SE extension, driven by the primary normal faults which bounds the Serre and Aspromonte Range, and which were responsible for the catastrophic earthquakes of February 5 and 7, 1783 (see in GALLI *et al.*, 2007).

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Carlo Doglioni e Paolo Scandone per aver condiviso con noi le loro idee sulla subduzione tirrenica e per averci incoraggiato in merito alla nostra ipotesi sismogenetica. Grazie al Tetsuzo Seno per le informazioni sui meccanismi di *bending* dello slab. Grazie a Veronica Scionti e ad Antonio Tripodi, per averci facilitato le ricerche nell'Archivio di Vibo Valentia. Grazie anche a Mirella Sebastiano, per averci messo al corrente delle sue ricerche in Archivio Centrale di Stato,

a Felice Muscaglione per le notizie sul Vibonese e ad Annarita Peperoni per le ricerche storiche sui terremoti profondi. Grazie a Gaetano De Luca, che ci ha aiutato a calcolare la magnitudo sulla durata del sismogramma. Grazie infine al personale della Biblioteca della Camera dei Deputati, per l'efficienza e la disponibilità con la quale ci hanno assistito. Claudia Piromallo (INGV) ha generosamente elaborato le sezioni tomografiche presentate. Due anonimi e benevoli revisori hanno, infine, fornito utili e costruttivi suggerimenti nonché numerose correzioni, non solo di forma.

Il piano quotato completo del terremoto – edito da GALLI e MOLIN (2007), ma non riproducibile in questa sede per evidenti motivi di spazio – comprensivo dell'intensità MCS e delle coordinate per 875 località, oltre ad altri dati analitici sul danneggiamento, sulla mortalità e sugli effetti ambientali, è disponibile al sito internet: <http://ilmiolibro.kataweb.it/libro.asp?id=14201>

5. BIBLIOGRAFIA CITATA

- AGAMENNONE G. (1938) - *Studio macrosismico del terremoto Calabro siculo del 13 aprile 1938*. Boll. Soc. Sism. Ital., **36**, 83-98.
- AMATO A., ALESSANDRINI B., CIMINI G.B., FREPOLI A. AND SELVAGGI G. (1993) - *Active and remnant subducted slabs beneath Italy: evidence from seismic tomography and seismicity*. Annali di Geofisica, **36**, 201-214.
- AMODIO MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERRONE V., PICCARRETA G., RUSSO M., SCANDONE P., ZANETTIN LORENZONI E., & ZUPPETTA A. (1976) - *L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene appenninico Maghrebide*. Mem. Soc. Geol. It., **17**, 1-60.
- ANDERSON H., JACKSON J. (1987) - *The deep seismicity of the Tyrrhenian sea*. Geophys. J. R. Astron. Soc., **91**, 613-637.
- ANELLI A. (2005) - *A ricordo del centenario 1905-2005 – Il catastrofico terremoto dell'8 settembre 1905*. In "Ricordo del catastrofico terremoto dell'8 settembre 1905, Amm. Comunale di Castrolibero, pp. 16.
- ASSIMAKI D. E STEIDL J. (2007) - *Inverse analysis of weak and strong motion downhole array data from the Mw7.0 Sanriku-Minami earthquake*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, **27**, 73-92.
- ATKINSON G.M. E HANKS T.C. (1995) - *A high-frequency magnitude scale*. Bull. Seism. Soc. Am. **85**, 825-833.
- BAKUN W.H. E WENTWORTH C.M. (1997) - *Estimating earthquake location and magnitude from seismic intensity data*. Bull. Seism. Soc. Am. **87**, 1502-1521.
- BARATTA M. (1906) - *Il grande terremoto calabro dell'8 settembre 1905. Osservazioni fatte nei dintorni di Monteleone*. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali in Pisa, Memorie, **22** (1906), 57-80.
- BARATTA M. (1906a) - *Il grande terremoto calabro dell'8 settembre 1905. Alcune considerazioni sulla distribuzione topografica dei danni*. Pisa. Estratto da Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., **16** (1906-1907), pp. 8.
- BARATTA M. (1906b) - *I terremoti di Calabria*. Bollettino della Società Geografica Italiana, a. 40, s. IV, **7**(1906), 432-459.
- BARATTA M. (1910) - *La catastrofe sismica calabro-mesinese (28 dicembre 1908)*. 2 voll. Roma.
- BARATTA M. (1907) - *Le nuove costruzioni in Calabria dopo il disastroso terremoto dell'8 settembre 1905*. Boll. Soc. Sism. It., **12**, 249-337.
- BECCALUVA L., BONATTI E., DUPUY C., FERRARA G., INNOCENTI F., LUCCHINI F., MACERA P., PETRINI R., ROSSI P.L., SERRI G., SEYLER M., E SIENA F. (1990) - *Geochemistry and mineralogy of volcanic rocks from ODP Sites 650, 651, 655, and 654 in the Tyrrhenian Sea*. In: K.A. Kastens J. Mascle et al. (Eds.): *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **107**, 75-92.
- BERARDI R., MARGOTTINI C., MOLIN D. AND PARISI A. (1991) - *Soil liquefaction: case histories in Italy*. Tectonophysics, **193**, 141-164.
- BIANCONCINI P. (1906) - *Relazione del Comitato di Soccorso emiliano-romagnolo per il terremoto in Calabria delli 8 Settembre 1905*. Pp. 141. Bologna.
- BOSCHI E., FERRARI G., GASPERINI P., GUIDOBONI M., SMIRIGLIO G. E VALENSISE G. (a cura di) (1995) - *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980*. Istituto Nazionale di Geofisica - SGA storia geofisica ambiente, pp. 973. Ozzano Emilia.
- BOSCHI E., GUIDOBONI M., FERRARI G., MARIOTTI D., VALENSISE G. E GASPERINI P. (a cura di) (2000) - *Catalogne of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997*. Annali di Geofisica, **43**(4), August 2000, CD-ROM.
- BOSCHI E., GUIDOBONI M., FERRARI G., VALENSISE G. E GASPERINI P. (a cura di) (1997) - *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*. Istituto Nazionale di Geofisica - SGA storia geofisica ambiente, pp. 644. Ozzano Emilia.
- BRADLEY D.C., KIDD W.S.F. (1991) - *Flexural extension of the upper continental crust in collisional foredeeps*. Geol. Soc. of Am., **103**, 1416-1438.
- CALOI P. E GIORGI M. (1951) - *Studio del terremoto delle isole Lipari del 13 aprile 1938*. Annali di Geofisica, **4**, 9-26.
- CAMASSI R. E STUCCHI M. (a cura di) (1997) - *NT4.1 un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno*. Versione NT4.1.1 luglio 1997, pp. 66. Milano.
- CAMASSI, R. V. CASTELLI (2004) - *Looking for new earthquake data in the 17th-18th cent. European news-sellers network*. J. of Earthquake Eng., **7**, 1-25.
- CAROBENE L. (2003) - *Genesi, età, sollevamento ed erosione dei terrazzo marini di Crosia-Calopezzati (Costa ionica della Calabria-Italia)*. Il Quaternario, **16**, 43-90.
- CARROZZO M.T., COSENTINO M., FERLITO A., GIORGETTI F., PATANÈ G. AND RIUSCETTI M. (1975) - *Earthquakes Catalogne of Calabria and Sicily (1783-1973)*. CNR, Quaderni de "La Ricerca Scientifica", **93**, pp. 216.
- CASTELLO B., SELVAGGI G., CHIARABBA C., AMATO A. (2006) - *CSI Catalogo della sismicità italiana 1981-2002*, versione 1.1. INGV-CNT, Roma, <http://www.ingv.it/CSI/>
- CATALANO R., DOGLIONI C. AND MERLINI S. (2000) - *On the Mesozoic Ionian basin*. Geophys. J. Int., **143**, 1-24.
- CATALANO R., MONACO C., & TANSI C. (1993) - *Pleistocene strike-slip tectonics in the Lucanian Apennine (Southern Italy)*. Tectonics, **12**, 656-665.
- CAVASINO A. (1931) - *Note sul catalogo dei terremoti distruttivi dal 1501 al 1929 nel bacino del Mediterraneo*. Pubblicazioni della Commissione Italiana per lo studio delle grandi calamità, **2**, 25-60.
- CAVASINO A. (1935) - *I terremoti d'Italia nel trentacinquennio 1899-1933*. Mem. R. Uff. Centr. Meteor. e Geof., **4**, s. 3, Appendice, pp. 266.
- CD (1906a) - *Camera dei Deputati. Legislatura XXII, Sessione 1904-909, Raccolta degli atti stampati per ordine della Camera, vol. 14, n. 387, Disegno*

- di legge Calandra-Luzzati: Conversione in legge dei Regi decreti 11, 15 e 22 febbraio 1906, nn. 69, 70 e 71, concernenti la sospensione della riscossione della 1a rata delle due imposte fondiari nei Comuni della Calabria danneggiati dal terremoto [del settembre 1905] e la inclusione di nuovi Comuni nell'elenco dei danneggiati. Seduta del 21 marzo 1906. Roma 1909.
- CD (1906b) - Camera dei Deputati Legislatura XXII, Sessione 1904-909, Raccolta degli atti stampati per ordine della Camera, vol. 15, n. 518, Proposta di legge d'iniziativa del deputato Larizza, Aggiunta all'elenco dei Comuni danneggiati annesso alla legge a favore della Calabria. Seduta del 6 luglio 1906. Roma, 1909.
- CD (1906c) - Camera dei Deputati. Legislatura XXII, Sessione 1904-909, Raccolta degli atti stampati per ordine della Camera, vol. 15, n. 518-A, Proposta di legge d'iniziativa del deputato Larizza, Aggiunta all'elenco dei Comuni danneggiati annesso alla legge a favore della Calabria. Seduta del 6 luglio 1906. Roma, 1909.
- CD (1906d) - Camera dei deputati. Legislatura XXII, Sessione 1904-906, Doc. VIII quinquies, Documenti - Disegni di Legge e Relazioni, Regio decreto col quale si dispone che sia sospesa la riscossione della prima rata 1906 delle imposte e sovrimposte sui terreni e sui fabbricati in comuni danneggiati dal terremoto. Dato a Roma, addì 22 febbraio 1906. Roma 1909.
- CD, 1906e) - Camera dei deputati. Legislatura XXII, Sessione 1904-906, Doc. VIII quinquies, Documenti - Disegni di Legge e Relazioni, Regio decreto che autorizza la sospensione della riscossione della 1a rata 1906 delle imposte e sovrimposte sui terreni e sui fabbricati in Comuni danneggiati dal terremoto. Dato a Roma, addì 15 febbraio 1906. Roma 1909.
- CD (1907) - Camera dei Deputati. Legislatura XXII, Sessione 1904-909, Raccolta degli atti stampati per ordine della Camera, vol. 15, n. 518-A, Relazione della Commissione composta dai deputati: Morando, Turco, Campagna, Ventura, Caputi, Valentino, Scaglione, Dagosto e Larizza, sulla Proposta di legge d'iniziativa del deputato Larizza. Aggiunta all'Elenco dei Comuni danneggiati [dal terremoto del settembre 1905] annesso alla legge a favore della Calabria. Seduta del 27 febbraio 1907. Roma 1909.
- CERE (1906) - *Resoconto finanziario del Comitato esecutivo di Reggio-Emilia a favore delle vittime del terremoto in Calabria nell'anniversario della sciagura*. pp. 14., Reggio-Emilia.
- CHIARABBA C., COVANE L., DI STEFANO R. (2005) - *A new view of Italian seismicity using 20 years of instrumental recordings*. Tectonophysics, **395**, 251-268.
- CHOY G.L., BOATWRIGHT J.H. E KIRBY S.H. (2002) - *The radiated seismic energy and apparent stress of interplate and intraslab earthquakes at subduction-zone environments: Implications for seismic hazard estimation*. In: Kirby S., Wang K. e Dunlop S. (a cura di), *The Cascadia subduction zone and related subduction systems seismic structure, intraslab earthquakes and processes, and earthquake hazards*, U.S. Geological Survey Open-File Report 02-328. 320p.
- CINTI F.R., MORO M., PANTOSTI D., CUCCI L. & D'ADDEZIO G. (2002) - *New constraints on the seismic history of the Castrovillari fault in the Pollino gap (Calabria, southern Italy)*. J. Seismol., **6**, 199-217.
- COTRONEO R. (1906) - In Calabria. In giro su le rovine del terremoto. Pp. 88. Napoli.
- COVELLI G. (1918) - *La Madonna di Crotona*. Crotona.
- CUCCI L. E TERTULLIANI A. (2006) - *I terrazzi marini nell'area di Capo Vaticano (arco calabro): solo un record di sollevamento regionale o anche di deformazione cosismica?* Il Quaternario, **19**, 89-101.
- De Medici M. (a cura di) (1989) - *Martirano Lombardo - Storia di una città nuova*. pp. 159. Roma.
- DISS Working Group (2006) - *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)*, Version 3.0.2: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://www.ingv.it/DISS/>.
- DOGLIONI C., HARABAGLIA P., MERLINI S., MONELLI F., PECCERILLO A., PIROMALLO C. (1999) - *Orogens and slab vs. their direction of subduction*. Earth-Science Reviews, **45**, 167-208.
- DUDA S.J. (1965) - *Secular Seismic Energy Release in the Circum-Pacific Belt*. Tectonophysics, **2**, 409-452.
- DUMAS B. & RAFFY J. (2004) - *Late Pleistocene tectonic activity deduced from uplifted marine terraces in Calabria, facing the Strait of Messina*. Quaternaria Nova, **8**, 79-100.
- DUMAS B., GUEREMY P. E RAFFY J. (2005) - *Evidence for sea-level oscillations by the "characteristic thickness" of marine deposits from raised terraces of Southern Calabria (Italy)*. Quat. Sci. Rev., **24**, 2120-2136.
- DUNBAR P.K., LOCKRIDGE P.A. E WHITEWIDE L.S. (1992) - *Catalog of Significant Earthquakes 2150 B.C. to the present*. NGDC Report SE-49.
- EMS (1998) - *European Macroseismic Scale 1998*. Editor G. Grünthal, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, vol. 15. Luxembourg.
- FABBRI A., GHISETTI F., VEZZANI L. (1980) - *The Peloritano-Calabria range and the Gioia Basin in the Calabrian arc (southern Italy): relationship between land and marine data*. Geologica Romana, **19**, 131-150.
- FREPOLI A., SELVAGGI G., CHIARABBA C. & AMATO A. (1996) - *State of stress in the Southern Tyrrhenian subduction zone from fault-plane solutions*. Geophys. J. Int., **125**, 879-891.
- GALLI P. (2000) - *New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction*. Tectonophysics, **324**, 169-187.
- GALLI P. E BOSI V. (2002) - *Paleoseismology along the Cittanova fault. Implications for seismotectonics and earthquake recurrence in Calabria (southern Italy)*. J. of Geophys. Res., **107**, B3, 10.1029/2001JB000234.
- GALLI P. E BOSI V. (2003) - *The catastrophic 1638 earthquakes in Calabria (southern Italy). New insight from paleoseismological investigation*. J. of Geophys. Res., **108**, B1 10.1029/2002JB01713.
- GALLI P. E MOLIN D. (2007) - *Il terremoto del 1905 della*

- Calabria meridionale. Studio analitico degli effetti ed ipotesi sismogenetiche.* Gruppo Editoriale L'Espresso, <http://ilmiolibro.kataweb.it/libro.asp?id=14201>, 106 pp.
- GALLI P. E NASO G. (2008) - *The "taranta" effect of the 1743 earthquake in Salento (Apulia, southern Italy).* Boll. Geof. Teor. Appl., **49**, 177-204.
- GALLI P. E SCIONTI V. (2006) - *Two unknown $M > 6$ historical earthquakes revealed by paleoseismological and archival researches in eastern Calabria (Southern Italy). Seismotectonic implication.* Terra Nova, **18**(1), 44-49, 10.1111/j.1365-3121.2005.00658.x.
- GALLI P., MOLIN D., CAMASSI R., CASTELLI V. (2001) - *Il terremoto del 9 settembre 1998 nel quadro della sismicità storica del confine calabro-lucano. Possibili implicazioni sismotettoniche.* Il Quaternario, Italian J. of Quaternary Sciences, **14**, 31-40.
- GALLI P., TOLONE A. E SCIONTI V. (2005) - *Tre secoli di eventi sismici a Crotone. I danni agli edifici nelle fonti storiche dal 1605 al 1905. Progetto Urban2 Crotone.* Dip. della Protezione Civile – U. Servizio Sismico Nazionale, pp. 93. Roma.
- GALLI P., RUGA A., SCIONTI V., SPADEA R. (2006a) - *Archaeoseismic evidence for a Late Roman earthquake in the Crotone area (Ionian Calabria, southern Italy): seismotectonic implication.* J. of Seismology, **10**, 443-458.
- GALLI P., PISCITELLI S., ILARDO I., SALUSTRI GALLI C., SCIONTI V., SPINA V. (2006b) - *Individuazione e caratterizzazione con metodi geoelettrici e paleosismologici della dislocazione attiva nel comune di Ciro' Marina. Prima Campagna.* DPC-Ufficio Servizio Sismico Nazionale, pp. 51. Roma.
- GALLI P., SPINA V., ILARDO I., NASO (2009) - *Evidence of active tectonics in southern Italy: the Rossano Fault (northern Calabria).* In P. Guarnieri (ed.): Recent Progress on Earthquake Geology, NOVA Publisher, in press.
- GALLI P., SCIONTI V., SPINA V. (2007) - *New paleoseismic data from the Lakes and Serre faults (Calabria, southern Italy). Seismotectonic implication,* Boll. Soc. Geol. It., **126**, 347-364.
- GALLI P., GALADINI F., PANTOSTI D. (2008) - *Twenty years of paleoseismology in Italy.* Earth-Science Reviews, **88**, 89-117.
- GHISETTI F. (1981) - *Evoluzione neotettonica dei principali sistemi di faglie della Calabria centrale.* Boll. Soc. Geol. It., **99**, 387-430.
- GRUPPO DI LAVORO CPTI (1999) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani.* ING, GNDT, SGA, SSN, pp. 99. Bologna.
- GRUPPO DI LAVORO CPTI (2004) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - versione 2004.* INGV. Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>.
- GRUPPO DI LAVORO CPTI (2008) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - versione 2008 (1901-2006).* INGV. Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI08/>.
- GU (1906) - *Elenco dei comuni danneggiati dai terremoti del settembre 1905, ai quali si sono applicate le disposizioni del regio decreto 22 settembre 1905, n. 506. Legge 25 giugno 1906, n. 255, relativa ai provvedimenti in favore della Calabria.* Gazzetta Ufficiale del Regno d'Italia, **149**, del 27 giugno 1906, allegati n. 2, n. 4 e n. 5.
- GU (1906a) - *Consolidamento di frane minaccianti abitati - Legge 25 giugno 1906, n) - 255, relativa ai provvedimenti a favore della Calabria,* Gazzetta Ufficiale del Regno d'Italia, **149**, del 27 giugno 1906, allegato n) - 6 - tab) - G.
- GU (1906b) - *Regio decreto che estende ad alcuni comuni della provincia di Messina i provvedimenti presi a favore della Calabria.* Gazzetta Ufficiale del Regno d'Italia, n. **185** del 28 agosto 1906.
- GUEGUEN E., DOGLIONI C., FERNANDEZ M. (1997) - *Lithospheric boudinage in the western Mediterranean back-arc basins.* Terra Nova, **9**, 184-187.
- GUERRA I. E SAVAGLIO A. (a cura di) (2006) - *8 settembre 1905 - terremoto in Calabria.* Regione Calabria – Ass. alla Cultura, Università della Calabria – Dip. di Fisica, Deputazione di Storia Patria per la Calabria, pp. 337. Castrovillari.
- IANNACONE G., SCARCELLA G. E SCARPA R. (1985) - *Terremoti intermedi e profondi del Mar Tirreno. Rilocalizzazione con il metodo JHD e meccanismi focali.* Atti del 4° Convegno GNGTS, 145-157.
- IGLESIAS A., SINGH S.K., PACHECO J.F. E ORDAZ M. (2002) - *A Source and Wave Propagation Study of the Copalillo, Mexico, Earthquake of 21 July 2000 (Mw 5.9). Implications for Seismic Hazard in Mexico City from Inslab Earthquakes.* Bull. of the Seism. Soc. of Am., **92**, 1061-1072.
- IMMAGINI DAL TERREMOTO 1905-2005 (2005) - *Nota introduttiva di Giuseppe Luongo,* pp. 56. Castrovillari.
- INGV (2003-2004) - *Terremoti recenti in Italia negli anni 2003 e 2004.* www.ingv.it.
- ISTAT (1902) - *Censimento della popolazione del Regno d'Italia al 10 febbraio 1901.* Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, Direzione Generale della Statistica, vol. 1, pp. 455. Roma.
- ISTAT (1985) - *Popolazione residente e presente dei comuni - censimenti dal 1861 al 1981.* Istituto Centrale di Statistica. Roma.
- JARICCI L. (1905) - *Tra rovine e desolazioni. Episodi completi del terremoto di Calabria 1905.* Napoli.
- KANAMORI H. (1971) - *Seismological evidence for a lithospheric normal faulting. The Sanriku Earthquake of 1933.* Phys. Earth Planet Interiors, **4**, 289-300.
- KÄRNİK V. (1969) - *Seismicity of the European Area.* Part. 1, pp. 364. Dordrecht.
- KIRBY S. (2001) - *Earthquake hazards appraisal for inslab earthquakes in Cascadia and Latin America: challenges and prospects.* Seism. Res. Lett. **72**, 237.
- KIRBY S.H E WANG K. (2002) - *Introduction to a global systems approach to Cascadia slab processes and associated earthquake hazards.* In: Kirby S., Wang K. and Dunlop S. (eds.), The Cascadia subduction zone and related subduction systems. Seismic Structure, Intraslab Earthquakes and Processes, and Earthquake Hazards. U.S. Geological Survey Open-File Report 02-328, Geological Survey of Canada Open File 4350, 182 pp.
- KOSTNER F. (2002) - *La tragedia di Aiello.* pp. 133. Castrovillari.
- LUCIFERO A. (1906) - *Del terremoto di Calabria degli 8*

- settembre 1905 e dei terremoti in generale, narrazioni e considerazioni. pp. 106. Crotone.
- LYNNES C.S. E LAY T. (1988) - *Source process of the great 1977 Sumba earthquake*. J. Geophys. Res., **93**, 13407-13420.
- MALAGODI O. (1905) - *Calabria desolata*. Cosenza (2005).
- MALINVERNO A. E RYAN W.B.F. (1986) - *Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as results of arc migration driven by sinking of the lithosphere*. Tectonics, **5**, 227-245.
- MARGOTTINI C., AMBRASEYS N.N. E SCREPANTI A. (1993) - *La magnitudo dei terremoti italiani del XX secolo*. ENEA, pp. 57. Roma.
- MARTINELLI G. (1909) - *Notizie sui terremoti osservati in Italia durante l'anno 1906*. R. Uff. Centr. Meteor. e Geod., suppl. al Boll. Soc. Sism. It., **13**.
- MARTINELLI G. (1910) - *Notizie sui terremoti osservati in Italia durante l'anno 1907*. R. Uff. Centr. Meteor. e Geod. di Roma, suppl. al Boll. Soc. Sism. It., **14**.
- MARTINI M. E SCARPA R. (1983) - *Earthquakes in Italy in the last century*. In Earthquakes: observation, theory and interpretation, H. Kanamori and E. Boschi (Edts.), Scuola Italiana di Fisica "E. Fermi", 85th Course, pp. 479-492, Bologna.
- MAYDA B. (1918) - *Splendore della misericordia di Maria SS. di Capocolonna ossia i miracoli*. Valle di Pompei.
- MCS (1930) - *Scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg*. In Sieberg (1930), Geologie der Erdbeben, Handboch der Geophysik, **2**, 4, 552-554 (tabb. 102 e 103).
- MERCALLI G. (1902) - *Sulle modificazioni proposte alla scala sismica De Rossi-Forel*. Boll. Soc. Sism. It., **8**, 184-191.
- MERCALLI G. (1906) - *Alcuni risultati ottenuti dallo studio del terremoto calabrese dell'8 settembre 1905*. Atti Acc. Pontaniana, **36** (1906), 1-9. Napoli.
- MERCALLI G. (1910) - *I danni prodotti dai terremoti nella Basilicata e nelle Calabrie*. Estratto dalla Relazione della Sotto Giunta Parlamentare d'Inchiesta sulle condizioni dei contadini nelle provincie meridionali e nella Sicilia, 5(3), Basilicata e Calabria, pp. 17. Roma.
- MICHELINI A., LOMAX A., NARDI A. E ROSSI A. (2006) - *La localizzazione del terremoto della Calabria dell'8 settembre 1905 da dati strumentali*. In Guerra e Savaglio (2006), 225-240
- MICHETTI A., FERRELLI L., SERVA L. & VITTORI E. (1997). *Geological evidence for strong historical earthquake in an aseismic region: the Pollino case (southern Italy)*. J. Geodynamics, **24**, 67-86.
- MIYAUCHI T., DAI PRA G. E SYLOS LABINI S. (1994) - *Geochronology of Pleistocene marine terraces and regional tectonics in the Tyrrhenian coast of south Calabria, Italy*. Il Quaternario, **7**, 17-34.
- MONACHESI, G. AND STUCCHI M. (a cura di) (1997) - *DOM 4.1 an intensity database of damaging earthquakes in the Italian area*. <http://emidius.itim.mi.cnr.it/DOM/home.html>.
- MONACO C. E TORTORICI L. (1995) - *Tettonica estensionale quaternaria nell'Arco Calabro e in Sicilia orientale*. Studi Geol. Camerti (vol. spec.), **2**, 351-362.
- MONTI V. (1907) - *Notizie sui terremoti osservati in Italia durante l'anno 1905*. R. Uff. Centr. Meteor. e Geod. di Roma, pp. 658, Supplemento al Boll. Soc. Sism. It., **12**, pp. 471.
- MORETTI A. E GUERRA I. (1997) - *Tettonica dal Messiniano ad oggi in Calabria: implicazioni sulla geodinamica del sistema Tirreno-Arco Calabro*. Boll. Soc. Geol. It., **116**, 125-142.
- MUCCIARELLI M., BETTINALI F., ZANINETTI A., VANINI M., MENDEZ A. AND GALLI P. (1996) - *Refining Nakamura's technique: processing techniques and innovative instrumentation*. Seismology in Europe, Proceedings of the XXV general assembly of the European Seismological Commission (ESC), Reykjavik 9-14 September 1996: 411-416.
- NAKAMURA Y. (1989) - *A method for dynamic characteristic estimation of subsurface using microtremor on the round surface*. QR of RTRI, **30**, 25-33.
- NAVA C. (1907) - *Come risorsero i paesi della Calabria*. La Lettura, a. 7, n. **12** (1907), 992-998.
- NERI G., BARBERI G., OLIVA G., ORECCHIO B. (2004) - *Tectonic stress and seismogenic faulting in the area of the 1908 Messina earthquake, south Italy*. Geophysical Research Letters, **31**, doi:10.1029/2004GL019742.
- PATACCA E., SARTORI R. & SCANDONE P. (1990) - *Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relations since Late Tortonian times*. Memorie della Società Geologica Italiana, **45**, 425-451.
- PETERSCHMITT E. (1956) - *Quelques donnees nouvelles sur les seismes profonds de la Mer Tyrrhenienne*. Annali di Geofisica, **9**, 305-334.
- PIATANESI A. E TINTI S. (2002) - *Numerical modelling of the September 8, 1905 Calabrian (southern Italy) tsunami*. Geophys. J. Int., **150**, 271-284.
- PIROMALLO C. E MORELLI A. (2003) - *P wave tomography of the mantle under the Alpine-Mediterranean area*. J. Geophys. Res., **108**, B2, 2065, doi: 10.1029/2002JB001757.
- PLATANIA G. (1907) - *I fenomeni in mare durante il terremoto di Calabria del 1905*. Boll. Soc. Sism. It., **12** (1907), 43-81.
- PLATANIA G. (1908a) - *Il maremoto dello Stretto di Messina del 28 dicembre 1908*. Boll. Soc. Sism. It., **13**, 369-458.
- PLATANIA G. (1908b) - *Il terremoto calabrese dell'8 settembre 1905 a Stromboli*. Mem. Cl. Sc. R. Acc. Zelandi, **5** (1905-1906), s. 2a, 79-87.
- PONTEVIVO A. E PANZA G. (2006) - *The lithosphere-asthenosphere system in the Calabrian Arc and surrounding seas - Southern Italy*. Pure appl. Geophys., **163**, 1617-1659.
- POSTPISCHL D. (1985) - (ed.), *Atlas of isoseismal Maps of Italian Earthquakes*. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", **114**, 2A, 164 pp.
- PUGLIESE F. (1996) - *Il terremoto dell'8 settembre 1905 in Calabria* - Immagini e cronache della stampa dell'epoca. Presentazioni di Saverio Di Bella e Wladimiro Settimelli, pp. 223. Firenze.
- PULLINI A., RAVÀ R. E SIMONELLI R. (1906) - *Il terremoto nelle Calabrie del 1905*. Giornale del Genio Civile, a. 44, ottobre 1906, n. **44**, 521-546. Roma.
- QUINTANAR L., MADARIAGA R., DESCHAMPS A. (1995) - *The earthquake sequence of November 1987 and March 1988 in the Gulf of Alaska: a new insight*. Geophys. Res. Lett., **22**, 1028-1032.
- RE D. (2006) - *S. Martino di Finita tra scosse e frane ... Un paese da spostare*. In Guerra e Savaglio

- (2006), 141-154.
- RIUSCETTI M. E SHICK R. (1975) - *Earthquakes and tectonics in Southern Italy*. Boll. Geof. Teor. Appl., **17**, 59-78.
- RIZZO G.B. (1906a) - *Sopra il calcolo della profondità degli ipocentri nei movimenti sismici*. Atti Regia Accademia delle Scienze di Torino, **6**, 1061-1066.
- RIZZO G.B. (1907) - *Contributo allo studio del terremoto della Calabria del giorno 8 settembre 1905*. Atti R. Acc. Peloritana, **22**, 3-86.
- RSC (1905. In *Calabria, in giro su le rovine del terremoto*. Rivista storica calabrese, **13** (1905, s. 4a, parte 4a.. Reggio Calabria.
- SANGINETO A.B. (1989) - *Scavi nell'abitato romano di Vibo Valentia*. Ann. Sc. Norm. Sup. Pisa, S.III, **XIX**, 2, 833-843.
- SARCONI, M. (1784) - *Istoria de' fenomeni del tremoto avvenuto nelle Calabrie, e nel Valdemone nell'anno 1783 posta in luce dalla Reale Accademia delle Scienze, e delle Belle Lettere di Napoli*. Napoli.
- SAVAGLIO A. (2006) - *La gestione della prima emergenza e le vittime della catastrofe*. In Guerra e Savaglio (2006), 57-82.
- SCHIATTARELLA M. (1998) - *Quaternary tectonics of the Pollino Ridge, Calabria-Lucania boundary, southern Italy*. Spec. Publ., Geological Society, London **135**, 341-354.
- SCIONTI V., GALLI P. (2005) - *Nuovi dati sulla sismicità della Calabria nei secoli del Vicereame*. Rogerius - Boll. Ist. Bibl. Cal., **8**(2), 65-84.
- SCIONTI, V., GALLI, P. AND CHiodo, G. (2006) - *The Calabrian seismicity during the Viceroyalty of Naples: sources silence or silent sources? The case of the strong 1744 earthquake*. Boll. Geof. Teor. e Appl., **47**, 53-72.
- SENO T., YAMANAKA Y. (1998) - *Double seismic zones, deep compressional trench—outer rise events and superplumes*. In: Bebout, G.E., Scholl, D.W., Kirby, S.H., Platt, J.P. (Eds.). *Subduction Top to Bottom*, vol. **96**. AGU, Washington, DC, Geophys. Monogr., 347-355.
- SINGH S.K., ORDAZ M., ALCANTARA L., SHAPIRO N.M., KOSTOGLODOV V., PACHECO J.F., ALCOCER S., GUTIERREZ C., QUAAS R., MIKUMO T., OVANDO E. (2000) - *The Oaxaca Earthquake of 30 September 1999 (Mw=7.5) a normal faulting event in the subducted Cocos plate*. Seism. Res. Lett., **71**, 67-78.
- TARAMELLI T. (1909) - *Dei terremoti di Calabria e Sicilia*. Pavia. Estratto da Riv. di Fis. Mat. e Sc. Nat., **10**(n. 109).
- TORTORICI G., BIANCA M., MONACO M., TORTORICI L., TANSI C., DE GUIDI G. E CATALANO S. (2002) - *Quaternary normal faulting and marine terracing in the area of Capo Vaticano and S. Eufemia Plain (Southern Calabria, Italy)*. Studi Geologici Camerti, **2**, 1-16.
- TORTORICI L. (1982) - *Lineamenti Geologico - Strutturali dell'arco Calabro-Peloritano*. Soc. It. Min. Petr., **38**, 927-940.
- TORTORICI L., MONACO C., TANSI C. E COCINA O. (1995) - *Recent and active tectonics in the Calabrian arc (Southern Italy)*. Tectonophysics, **243**, 37-55.
- TRIPODI V. (1945) - *Breve monografia su S. Eufemia d'Aspromonte*. Sant'Eufemia d'Aspromonte.
- VAN DIJK, J. & OKKES M. (1991) - *Neogene tectonostratigraphy and kinematics of Calabrian basins; implications for the geodynamics of the Central Mediterranean*. Tectonophysics **196**, 23-60.
- VANNUCCI G. E GASPERINI P. (2004) - *The new release of the database of Earthquake Mechanisms of the Mediterranean Area (EMMA version 2)*. Ann. Geophys., Suppl. Vol. **47** (1), 307-334.
- VULCANO A. E MAZZA F. (2006) - *Tecniche costruttive in uso agli inizi del '900 in Calabria e loro influenza sugli effetti del terremoto*. In Guerra e Savaglio (2006), 241-253.

Ms. ricevuto il 24 febbraio 2009
 Testo definitivo ricevuto il 10 luglio 2009

Ms. received: February 24, 2009
 Final text received: July 10, 2009