

Institut français de Naples

Risques sismiques et transformation des paysages littoraux

La scala ESI per una corretta valutazione degli effetti degli tsunami nel Mediterraneo

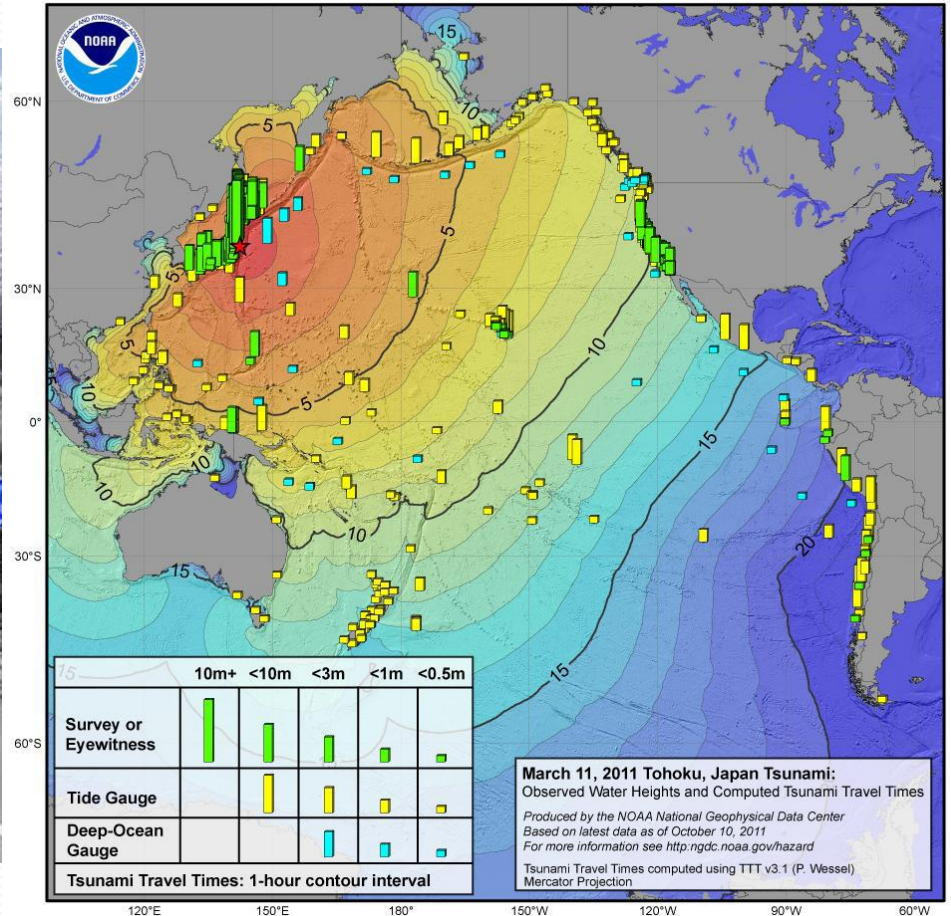
Sabina PORFIDO
CNR-IAMC
Sabina.porfido@iamc.cnr.it

namazu

Namazu 鯰, l'enorme pesce gatto generatore di terremoti e tsunami

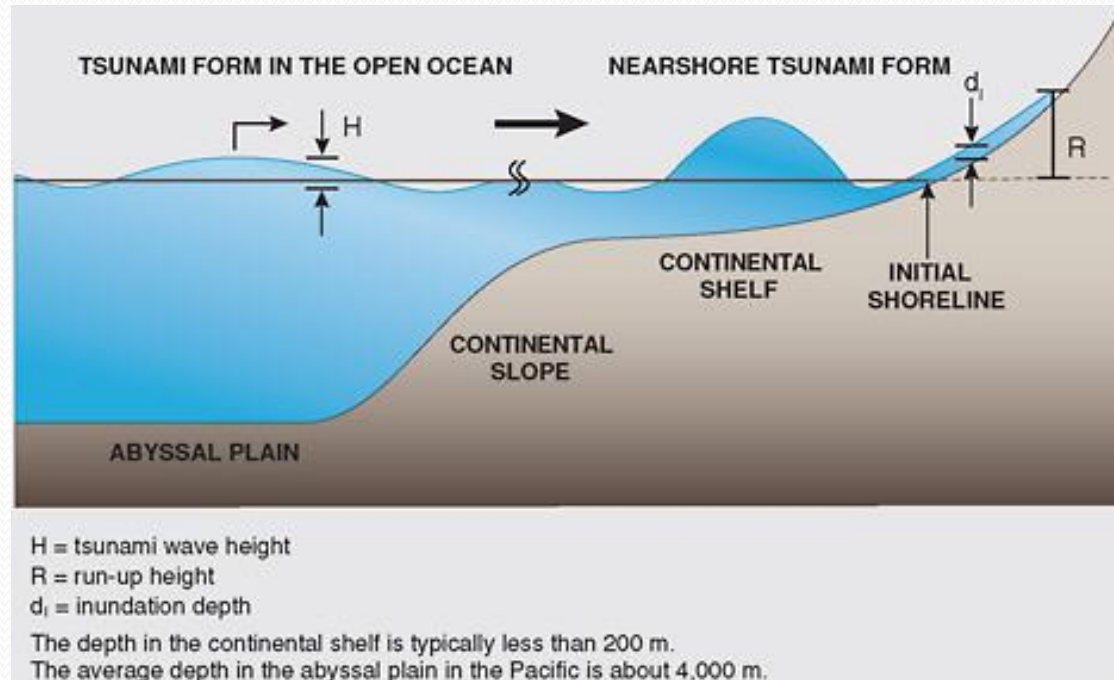


M9.0 –Costa di Honshu, Giappone terremoto e tsunami 2011



Definizione

- A tsunami is a sea wave of local or distant origin that results from large-scale seafloor displacements associated with large earthquakes, major submarine slides, or exploding volcanic islands. ...(USGS)



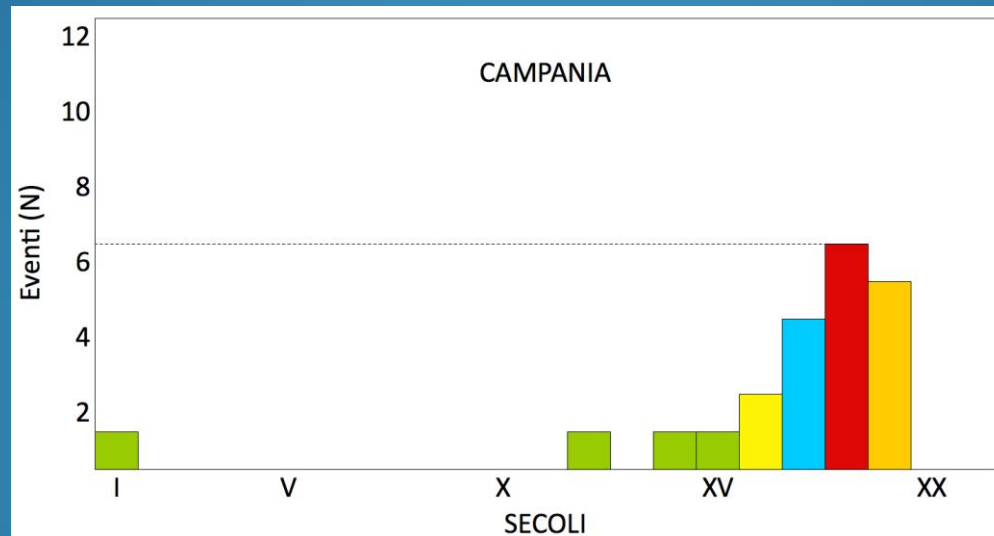
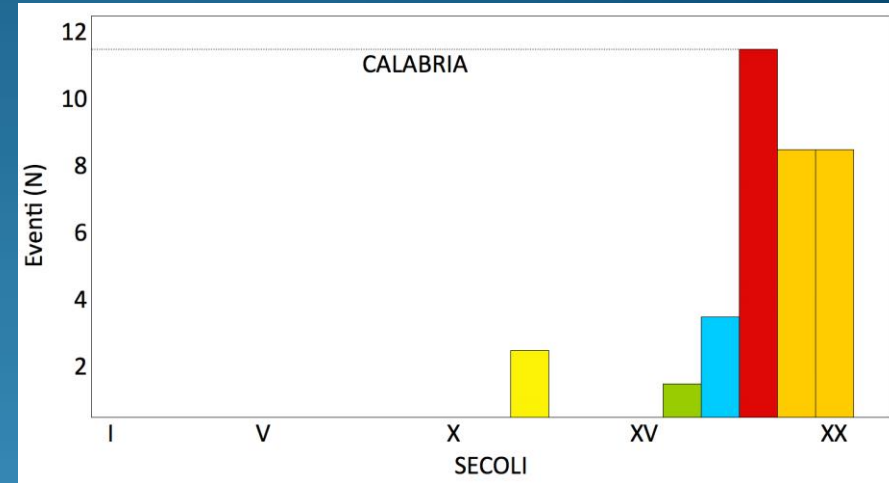
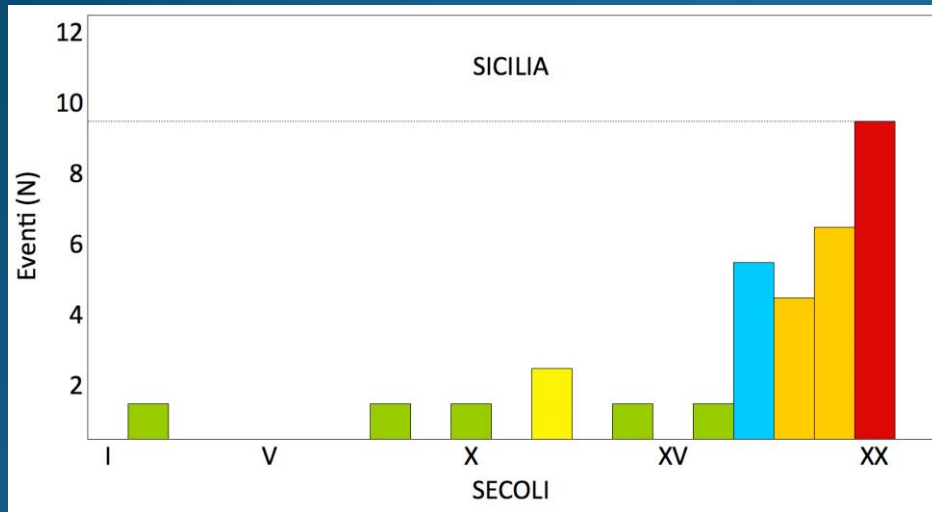
Year	Country	Name	Tsu Int
177	ITALY	ISLAND OF SICILY	6.00
792	ITALY	GULF OF VENICE	3.00
963	ITALY	SICILY	5.00
1169	ITALY	EASTERN SICILY	4.00
1172	ITALY	ISLAND OF SICILY	
1329	ITALY	ISLAND OF SICILY	3.00
1542	ITALY	SICILY, ITALY	
1613	ITALY	MESSINA	4.00
1649	ITALY	MESSINA STRAITS	5.00
1693	ITALY	EASTERN SICILY	2.00
1693	ITALY	ISLAND OF SICILY	4.00
1699	ITALY	CATANIA	4.00
1726	ITALY	NORTHERN SICILY	3.00
1727	ITALY	SICILY CHANNEL	3.00
1783	ITALY	MESSINA STRAITS	
1784	ITALY	MESSINA STRAITS	3.00
1817	ITALY	SICILY CHANNEL	3.00
1818	ITALY	EASTERN SICILY	3.00
1823	ITALY	PALERMO	5.00
1831	ITALY	SCIACCA	1.00
1845	ITALY	ISLAND OF SICILY	
1879	ITALY	STROMBOLI ISLAND	
1916	ITALY	STROMBOLI ISLAND	4.00
1919	ITALY	STROMBOLI ISLAND	4.00
1926	ITALY	AEOLIAN ISLANDS	3.00
1930	ITALY	STROMBOLI ISLAND	3.00
1940	ITALY	NORTHERN SICILY	3.00
1944	ITALY	STROMBOLI ISLAND	4.00
1954	ITALY	STROMBOLI ISLAND	4.00
1988	ITALY	LA FOSSA VOLCANO, VULCANO IS.	
1990	ITALY	EASTERN SICILY	
2002	ITALY	STROMBOLI ISLAND	5.00

Estratto da NOAA

National Geophysical Data Center / World Data Service (NGDC/WDS): Global Historical Tsunami Database. National Geophysical Data Center, NOAA. [doi:10.7289/V5PN93H7](https://doi.org/10.7289/V5PN93H7)
18/10/2015

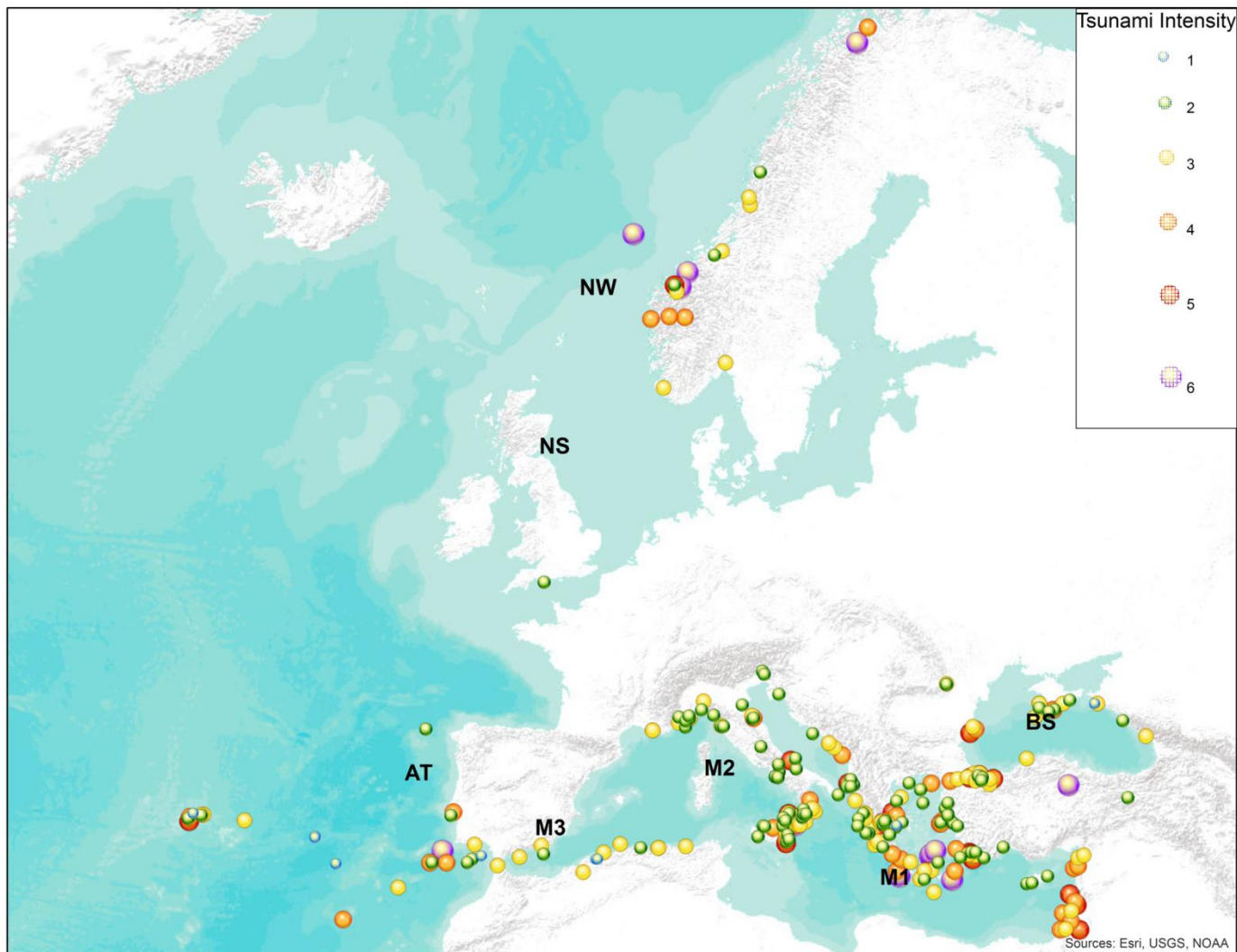
Year	Country	Name	Tsu Int
1114	ITALY	CALABRIAN ARC	3.00
1169	ITALY	CALABRIAN ARC	
1562	ITALY	REGGIO DI CALABRIA	4.00
1638	ITALY	TYRRHENIAN CALABRIA	5.00
1783	ITALY	TYRRHENIAN CALABRIA	3.00
1783	ITALY	TYRRHENIAN CALABRIA	4.00
1783	ITALY	MESSINA STRAITS	
1783	ITALY	TYRRHENIAN CALABRIA	
1783	ITALY	TYRRHENIAN CALABRIA	3.00
1783	ITALY	TYRRHENIAN CALABRIA	
1784	ITALY	IONIAN CALABRIA	5.00
1784	ITALY	TYRRHENIAN CALABRIA	3.00
1822	ITALY	CALABRIAN ARC	
1832	ITALY	CUTRO	3.00
1836	ITALY	ROSSANO	4.00
1868	ITALY	CALABRIAN ARC	
1870	ITALY	CALABRIAN ARC	
1880	ITALY	CALIBRIAN ARC	
1894	ITALY	CALABRIAN ARC	
1903	ITALY	CALABRIAN ARC	2.00
1905	ITALY	CALABRIAN ARC	4.00
1907	ITALY	IONIAN CALABRIA	3.00
1908	ITALY	MESSINA STRAIT, IONIAN SEA	5.00
1925	ITALY	CALABRIAN ARC	
1932	ITALY	CALABRIAN ARC	
1939	ITALY	CALABRIAN ARC	2.00
1941	ITALY	CALABRIAN ARC	2.00

Estratto da NOAA



Geographical distribution of tsunamis reported in the **European-Mediterranean Tsunami Catalogue**

(Maramai et al., 2014, INGV)



European-Mediterranean Tsunami Catalogue (INGV)

- The Mediterranean basin was divided into **3 large regions**:
- **Eastern (M₁)**, M₁ is definitely the most tsunamigenic region of the EM area, with a total of **127 tsunamis** occurred along the coasts of **Albania, Greece, Levantine countries and Marmara Sea**.
- **Central (M₂)** The Mediterranean coast of **France**, the **Italian** and **Croatian** coasts are included in the M₂ region, **with 81 tsunami** events **mainly** concentrated along the **Italian coasts**. This region is one of the most tsunamigenic in the EM area and the majority of tsunamis were triggered by earthquakes.
- **western (M₃)** The M₃ region covers the coasts of **Algeria, Balears islands** and the **Spanish coasts** facing the Alboran Sea. The majority of the **13 events** of this region were generated by the Tell-Atlas thrust system.
- (INGV; Maramai et al., 2014)

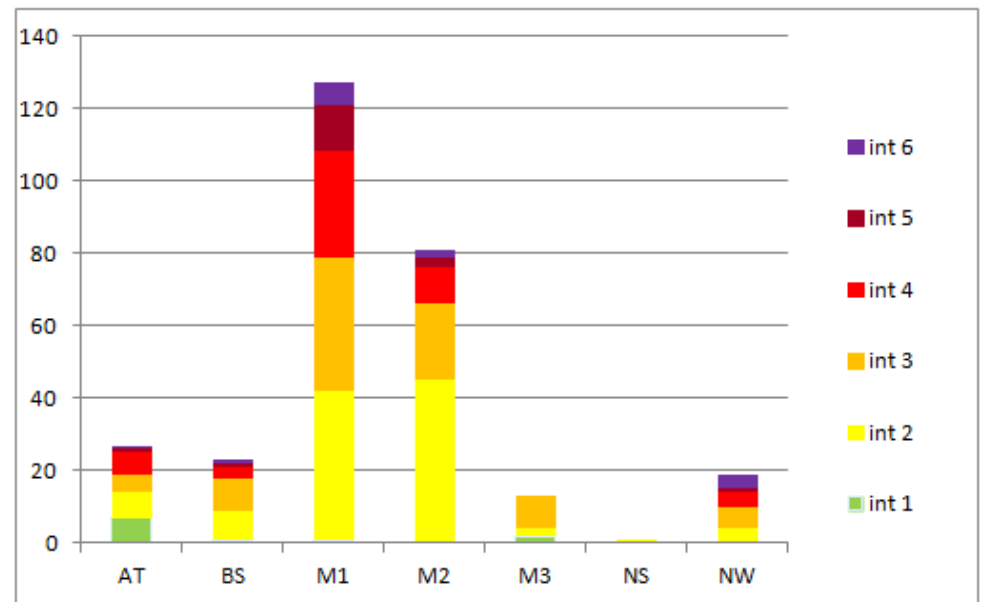
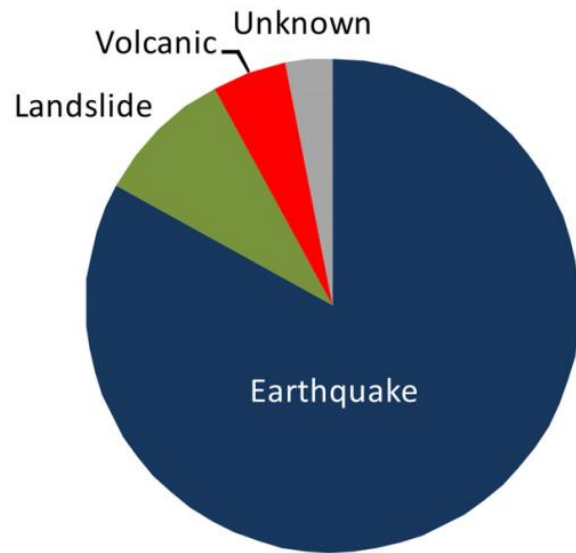
Qualche numero

nel bacino del Mediterraneo almeno **221** tsunami

1/3 ha coinvolto la penisola italiana
innescati da terremoti

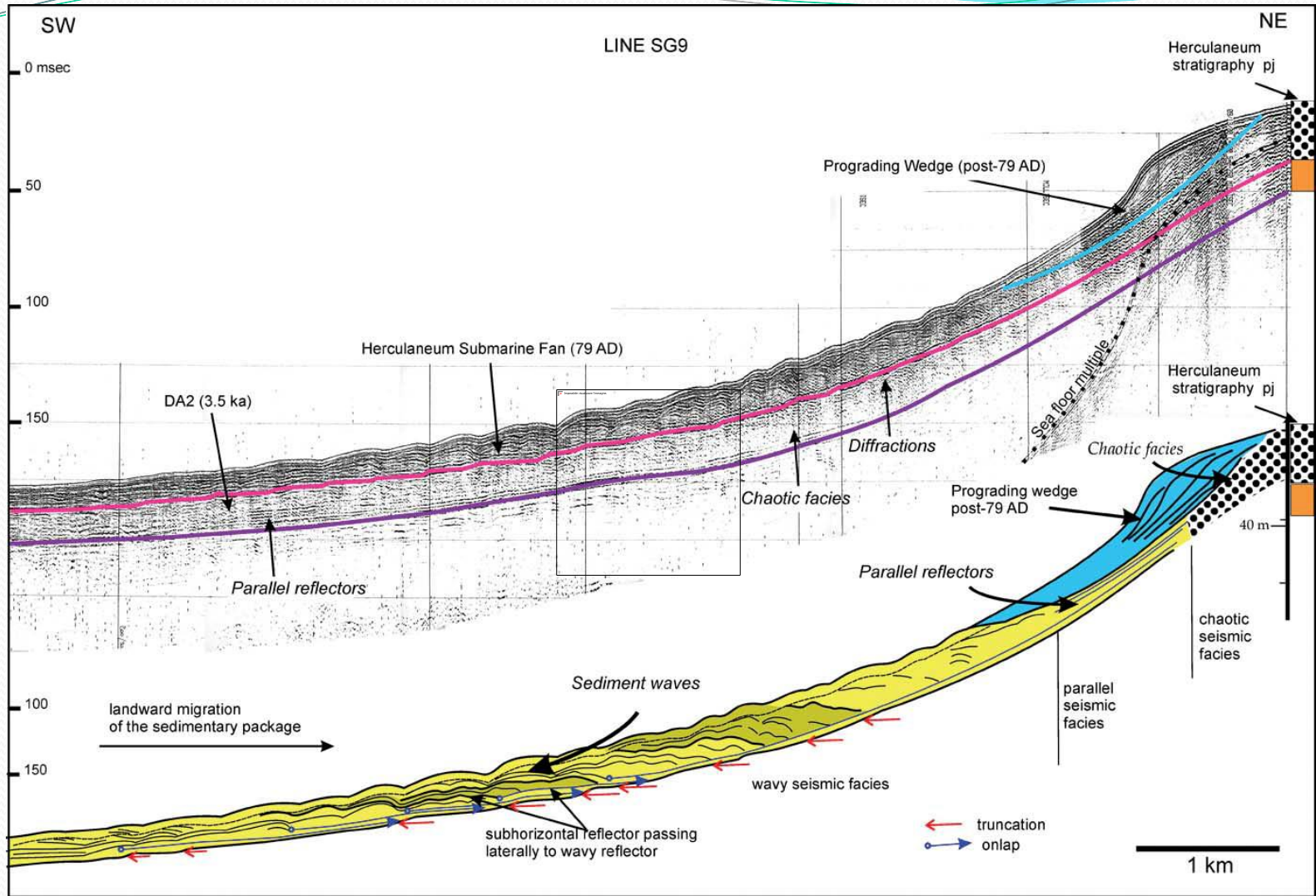
da eruzioni vulcaniche
il resto da frane/eruzioni/oc ause sconosciute

Tsunami generating cause

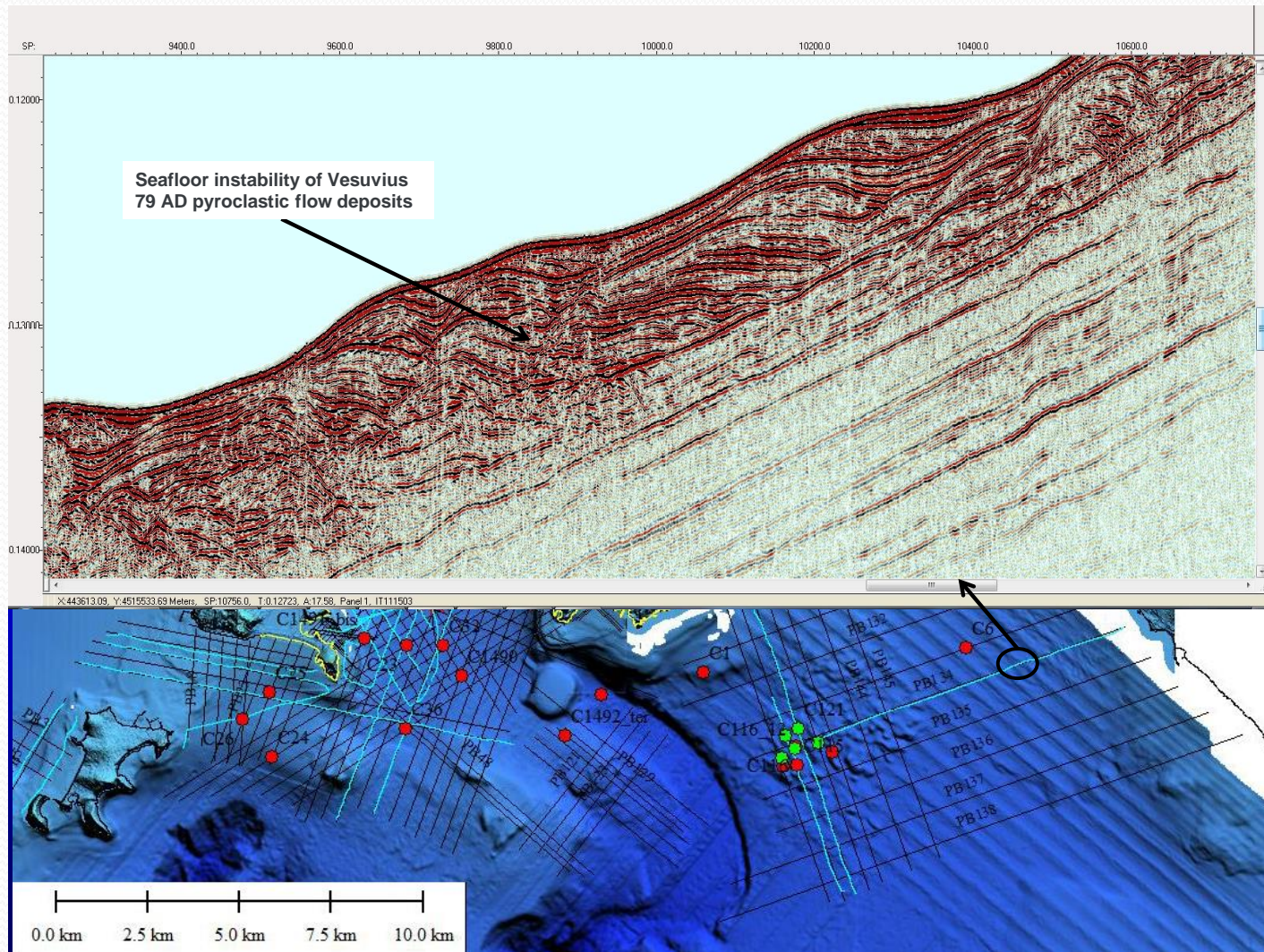


Gli tsunami nel Golfo di Napoli

- tsunami sono riportati nelle fonti storiche: Strabone(64 B.C.–21 A.D. In *Geographica* the fornisce la descrizione di un improvviso collasso di una zona dell'Isola di Ischia con associate onde di tsunami recentemente datate tra ~3 ka B.P. and 2.4 ka B.P.
- l'eruzione del **79 A. D.**,
- Plinio il Giovane, nelle sue famose “epistolae” fornisce una dettagliata ricostruzione dell'eruzione del Vesuvio, da cui si evince anche lo tsunami generato
«...Inoltre vedevamo il mare che si riassorbiva in se stesso e che sembrava quasi fatto arretrare dalle vibrazioni telluriche. Senza dubbio il litorale si era avanzato e teneva prigionieri nelle sue sabbie asciutte una quantità di animali marini....»
- Tsunamis linked alle eruzioni del Somma-Vesuvio negli anni **1631, 1698, 1813 e 1906**



The results of this research may be relevant for studies of eruptive events in close proximity of coastlines and imply that pyroclastic flow-generated tsunamis need to be taken into account for hazard evaluation in the management of the coastal zones. (Milia et al., *Journal of the Geological Society* 2008; v. 165; p. 839-848)

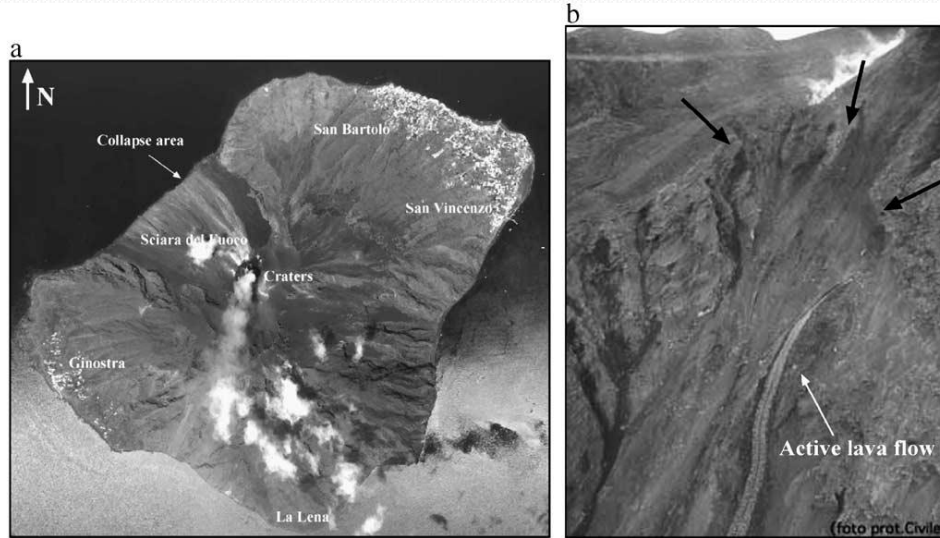


Cortesia di M. Sacchi, 2015

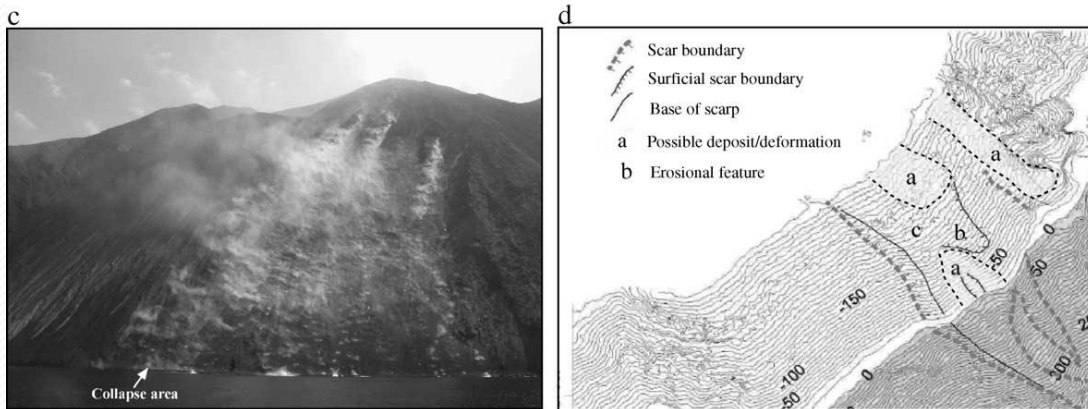
Sicilia

Il più recente tsunami legato all'instabilità dei versanti vulcanici è avvenuto nel **Dicembre 2002 a Stromboli.**

Stromboli 2002



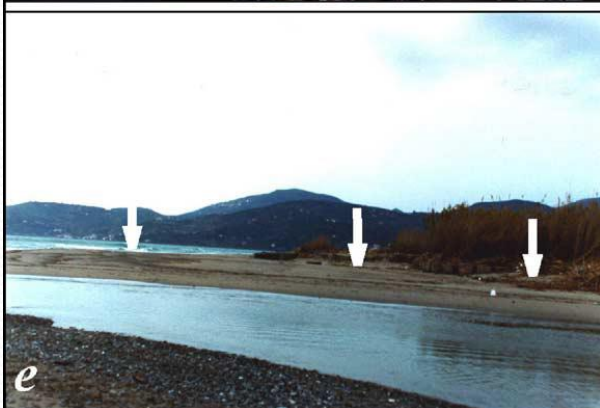
Tsunami osservato nelle Isole Eolie, nell'Isola di Ustica a W, lungo le coste settentrionali della Sicilia e lungo le coste della Calabria e della Campania a Nord (Nappi et al., 2003, Maramai et al, 2005;Tinti et al., 2006;)



A. Maramai et al. / Marine Geology 215 (2005) 93-106

Dicembre 2002 tsunami a Stromboli

- Una prima frana di **17 milioni di m³** coinvolse materiale subaereo e sottomarino, seguito da una seconda frana di **5 milioni di m³** alla **Sciara del Fuoco**
- Entrambi le frane provocarono **tsunami locali** con un **max di run up lungo le coste di Stromboli** ed ebbe effetti limitati anche lungo le coste a distanze superiori ai **200km**.
- maximum run-up di **11 m** lungo le coste di Stromboli,
- Stromboli è un vulcano tsunamigenico (**1916, 1919, 1930** (2 morti) con onde fino a 2-3 m in Calabria a Capo Vaticano, **1944, 1954**) (Tinti et al., 2006;Paris, 2015)



a), b) Stromboli
c) Panarea, d) Salina
e) Fiume Alento
f) Marina di Camerota

Come si misura uno tsunami?

Sieberg-Ambraseys (1962)

La scala per misurare l'Intensità degli tsunami fu pubblicata da **Sieberg (1923)**, e più tardi modificata da **Ambraseys (1962)**, basata su **6 gradi** di Intensità (da **molto debole** a **disastroso**).

Soloviev and Go, 1974 (Valid values: **-5** to **10**)

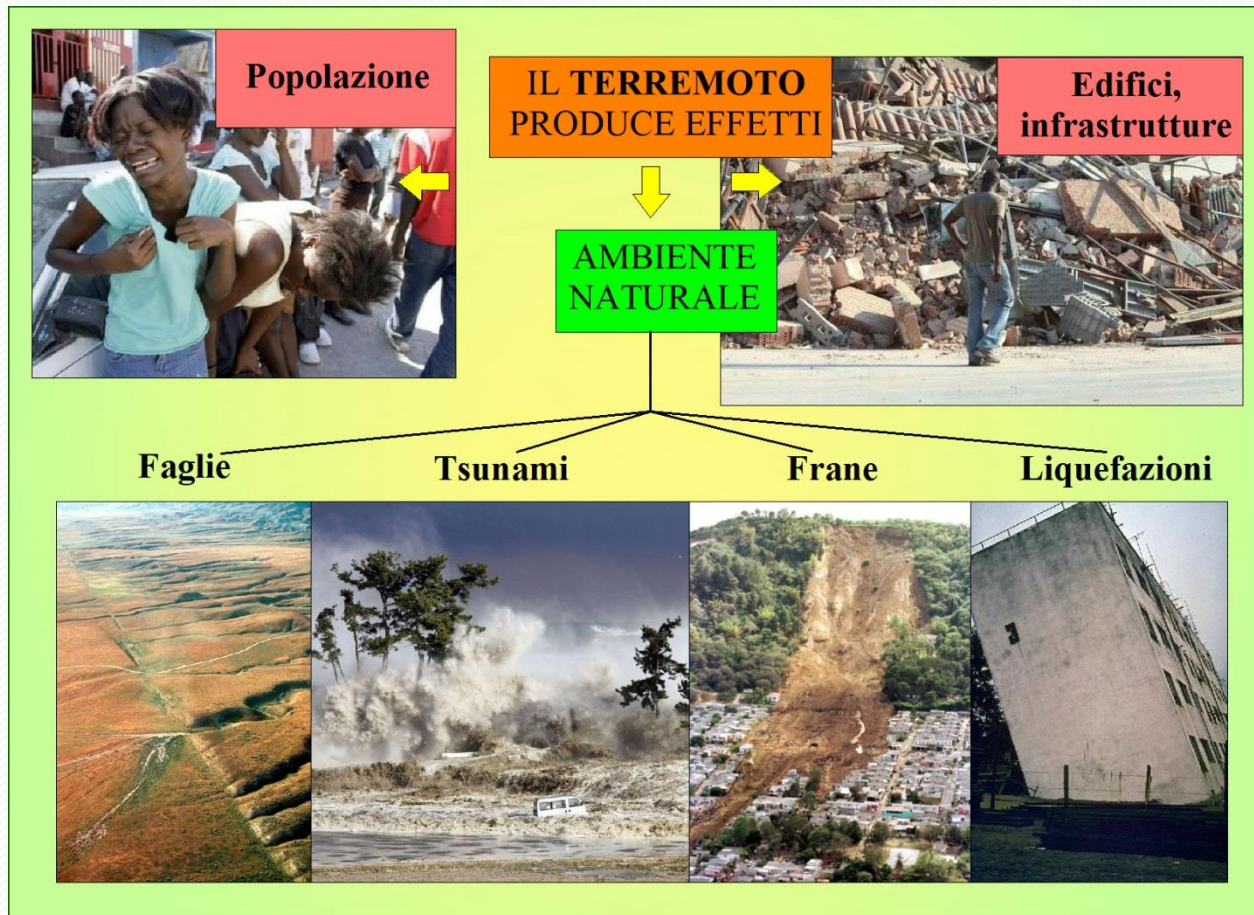
$I = \log_2(2^{1/2} * H)$,
where H is the maximum runup height of the wave)

Papadopoulos-Imamura (2001)

Papadopoulos and Imamura(2001) proposero una nuova scala basata su **12 gradi** simile alla scala macrosismica MM (da **not felt** a **Completely devastating**)

Esi SCALE 2007 (**Michetti et alii, 2007**) basata su **12 gradi** , come le scale macrosismiche tradizionali

intensità



La scala ESI 2007 è strutturata in dodici gradi. Il titolo di ciascun grado riflette la severità del terremoto ed il ruolo degli effetti sull'ambiente. Nella descrizione sono riportate in primo luogo le caratteristiche degli **effetti primari** ossia la **fagliazione superficiale** e le altre **deformazioni di origine tettonica**. Quindi gli **effetti secondari** sono descritti in termini di **area totale di occorrenza**, raggruppate nelle diverse categorie e ordinate in senso crescente a seconda del grado in cui essi iniziano a manifestarsi

CHART OF THE INQUA ENVIRONMENTAL SEISMIC INTENSITY SCALE 2007 - ESI 07
 by The Spanish Working Group (modified from Silva et al., 2008)

ESI 2007	PRIMARY EFFECTS		SECONDARY EFFECTS WITH GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL RECORD				OTHER SECONDARY EFFECTS WITH MINOR GEOLOGICAL RECORD		AFFECTED AREA AND TYPE OF RECORD			
	SURFACE RUPTURES	TECTONIC UPLIFT/SUBSID	GROUND CRACKS	SLOPE MOVEMENTS	LIQUEFACTION PROCESSES	ANOMALOUS WAVES AND TSUNAMIS	HYDROGEOLOGICAL ANOMALIES	TREE SHAKING	Affected AREA	Type of RECORD		
OBSERVED A	I-III	Offset Length	Width Length	ENVIRONMENTAL EFFECTS ARE VERY RARE AND CANNOT BE USED AS DIAGNOSTIC								
	IV	ABSENT	ABSENT	Rare and local	Rare and local	Only dewatered levels (seismites) 1 cm 3 cm 50 cm	cm Temporary sea-level changes dm Waves < 1 m	Temporary level changes Temp. turbidity changes Temporary F+Q changes		Rare and local	Geological frequent and exceptionally geomorphological	
DAMAGING B	VII	Rare and local	Permanent ground dislocations (< 10 cm)	cm mm	mm 10 ³ m ³	1 m	1-2 m	Temp. temperature changes Temp. spring drying		Local within epicentral zone	Geological and geomorphological characteristic and frequently geomorphological	
	VIII	cm hm	< 1 m	dm m	10 ⁻¹ -10 ⁻⁵ m ³	1 m	3-5 m	H ₂ O	100 km ²			
DESTRUCTIVE C	X	dm km	< 10 m	m dm	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶ m ³	0.5 m	> 10 m	Permanent river changes	1,000 km ²	50,000 km ²		
	XI	metric	> 10 m	> 1 m	> 10 ⁴ m ³	0.5 m	> 5 m		5,000 km ²			
VERY DESTRUCTIVE C	XII	10-100 km > 100 km	> 10 m	m	> 10 ⁶ m ³	> 5 m	Tsunamis Giant waves		10,000 km ²			
		Dip and strike-slip offset of coseismic ruptures	Permanent ground dislocation	Width and length of cracks and fractures in soils and rocks	Bulk volume of mobilised material	Dimension of liquified levels and sand boils	Transitory sea-level changes, standing waves and Tsunamis	Base-level changes in springs, rivers, aquifers	Tree branches and tree-trunk falling, rupture, etc...			

Michetti et al., 2007. Environmental Seismic Intensity scale - ESI 2007. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 74, Servizio Geologico d'Italia, APAT, Rome, Italy
 Silva et al., 2008. Catalogue of the geological and environmental effects of earthquakes in Spain in the ESI-2007 Macroseismic scale. Cong. Geol. Esp. Gran Canaria, Spain

La scala ESI 2007

- **Da I a III:** Non ci sono effetti sull'ambiente che possono essere usati come diagnostici per la valutazione del grado di intensità
- **IV AMPIAMENTE AVVERTITO** / Primi inequivocabili effetti sull'ambiente
- **V FORTE** / Effetti ambientali marginali
- **VI LIEVEMENTE DANNOSO** / Effetti ambientali modesti
- **VII DANNOSO** / Significativi effetti sull'ambiente
- **VIII ASSAI DANNOSO** / Estesi effetti sull'ambiente
- **IX DISTRUTTIVO** / Gli effetti sull'ambiente costituiscono una diffusa causa di elevata pericolosità e divengono importanti per la valutazione dell'intensità
- **X MOLTO DISTRUTTIVO** / Gli effetti sull'ambiente rappresentano una causa sostanziale di pericolosità e divengono basilari per la valutazione dell'intensità.
- **XI DEVASTANTE** / Gli effetti sull'ambiente divengono decisivi per la valutazione dell'intensità poiché i danni alle strutture giungono a saturazione
- **XII TOTALMENTE DEVASTANTE** / Gli effetti sull'ambiente sono l'unico strumento per valutare l'intensità

L'échelle d'Intensité Sismique Environnementale – ESI 2007 (Translated: BAIZE S, 2015).

Les *effets primaires* sont directement liés à l'énergie du tremblement de terre et notamment à l'expression en surface de la source sismogénique. La taille des effets primaires est généralement exprimée par deux paramètres : i) La longueur totale de la **rupture de faille en surface** et ii) **le déplacement maximal**. Leur occurrence est le plus souvent associée à une valeur d'intensité minimum de **VIII**, sauf en cas de séismes très peu profonds dans les zones volcaniques. L'ampleur de la déformation tectonique en surface par soulèvement ou subsidence est également prise en compte.

Les *effets secondaires* sont les phénomènes induits par la secousse et sont classés en huit catégories principales.

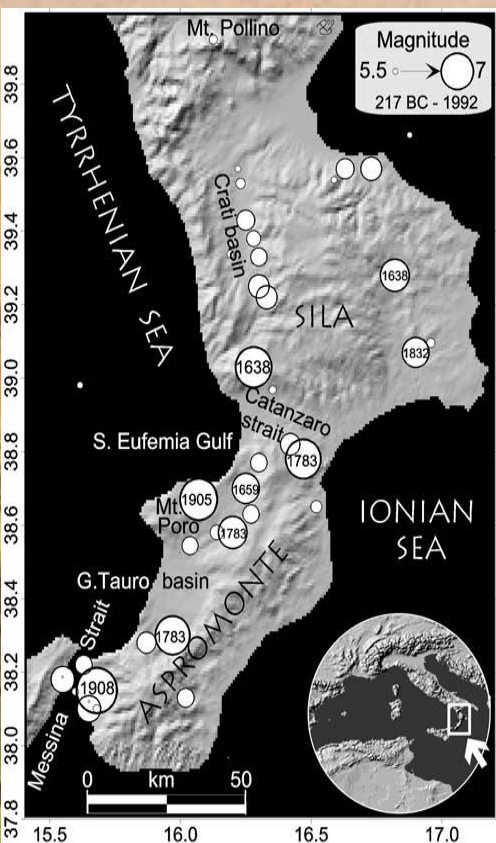
a) Les *anomalies hydrologiques* : b) Les *vagues anormales et tsunamis*, Les *fissures et fractures*, d) Les *mouvements de pente*, Le *tremblement des arbres*, Les *liquéfactions*, Les *nuages de poussière*, Les *sauts de pierres*

Tab. 2.1 - Gamme de valeur des paramètres de failles de surface (effets primaires) et extension superficielle typique des effets secondaires pour chaque degré d'intensité.

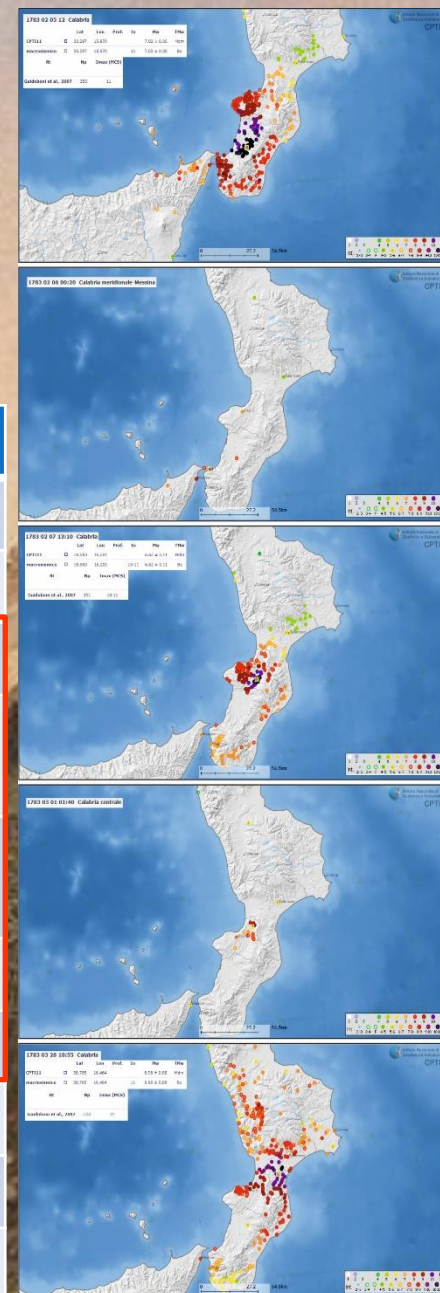
I_0	EFFETS PRIMAIRES		EFFETS SECONDAIRES
	LONGUEUR DE RUPTURE DE SURFACE	DÉPLACEMENT MAXIMAL DE SURFACE / DÉFORMATION	AIRE TOTALE
IV	-	-	-
V	-	-	-
VI	-	-	-
VII	(*)	(*)	10 km ²
VIII	Plusieurs centaines de mètres	Centimétrique	100 km ²
IX	1- 10 km	5 - 40 cm	1000 km ²
X	10 - 60 km	40 - 300 cm	5000 km ²
XI	60 – 150 km	300 –700 cm	10000 km ²
XII	> 150 km	> 700 cm	> 50000 km ²

La sequenza sismica del 1783 in Calabria

✓ una sequenza sismica catastrofica caratterizzata da 5 main shocks tra il 5 Febbraio e il 28 Marzo colpì un'area di 100 x 30 km.



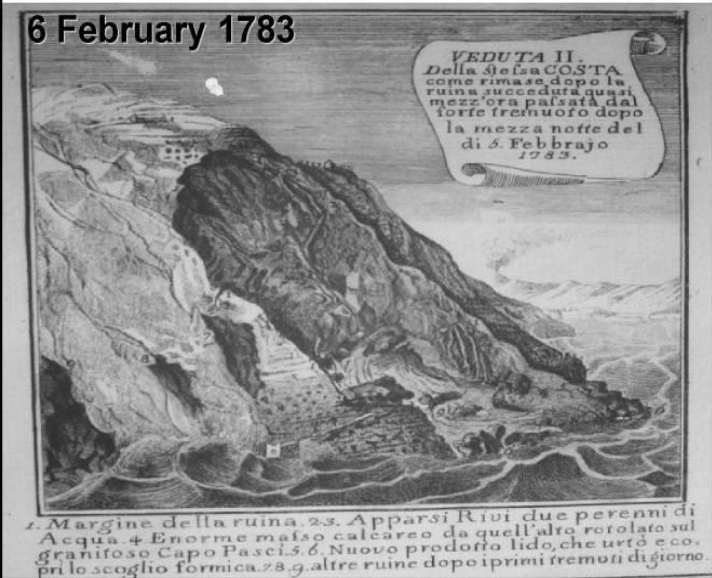
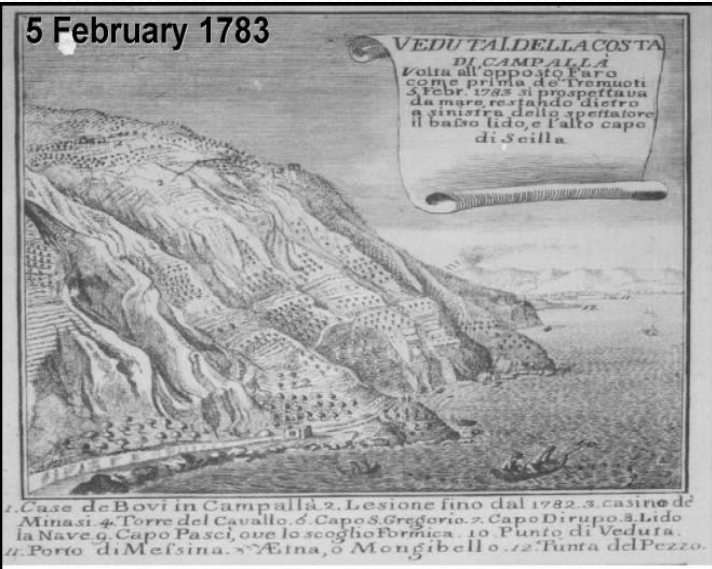
Date	Epicentral area	Maw	I _o
1638 03 27	Calabria	7.0	XI
1638 06 08	Crotonese	6.9	X
1783 02 05	Aspromonte	7.0	XI
1783 02 06	Scilla	5.9	IX-X
1783 02 07	Soriano Calabro	6.6	X-XI
1783 03 01	Central Calabria	6.0	X
1783 03 28	Catanzaro	7.0	XI
1832 03 08	Crotonese	6.5	X
1905 09 08	Mt. Poro	7.0	XI
1908 12 28	Messina Straits	7.1	XI



La sequenza sismica del 1783 in Calabria

6 Feb.

M_{aw}	5.9
Fault segment	Scilla Fault
Strike	N70°



- ✓ Area epicentrale : tra Scilla e Messina
- ✓ tsunami (**max altezza 16 m**) causato dalla frana di M. Paci.

Veduta della costa prima e dopo l'evento sismico (da Minasi A., 1783).

5 February 1783

VEDUTA I. DELLA COSTA DI CAMPALLÀ Volta all'opposto Faro come prima de' Tremuoti 5 Febr. 1783 si prospettava da mare restando dietro a sinistra dello spettatore il basso lido, e l'alto capo di Scilla.



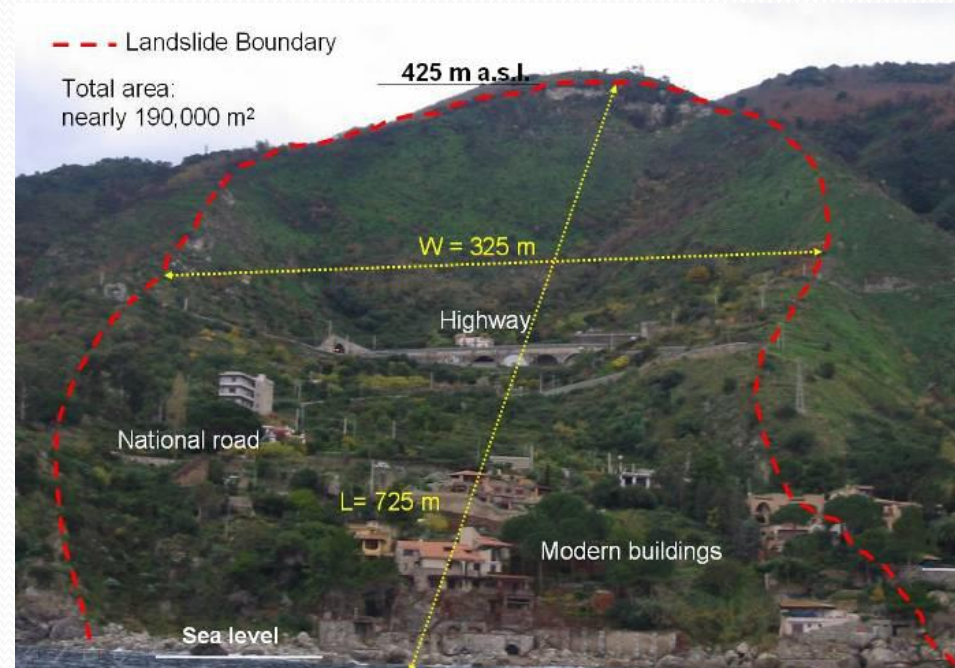
1. Case de' Bovi in Campallà. 2. Lesione fino dal 1782. 3. casine de' Minasi. 4. Torre del Cavallo. 5. Capo S. Gregorio. 7. Capo Dirupo. 8. Lido la Nave. 9. Capo Pasci, ove lo scoglio Formica. 10. Punto di Veduta. 11. Porto di Melfina. 12. Etna, o Mongibello. 12. Punta del Pezzo.

6 February 1783

VEDUTA II. Della stessa COSTA come rima se dopo la ruina succeduta quasi mezz'ora passata dal forte tremuoto dopo la mezza notte del di 5. Febbrajo 1783.



1. Margine della ruina. 2. s. Apparsi Rivi due perenni di Acqua. 4. Enorme masso calcareo da quell'alto rotolato sul granitoso Capo Pasci. 5. 6. Nuovo prodotto lido, che urtò e copri lo scoglio formica. 7. 8. g. altre ruine dopo i primi tremoti di giorno.



View of the Scilla landslide scar area from the Tyrrhenian sea. (Bozzano et al., 2010)



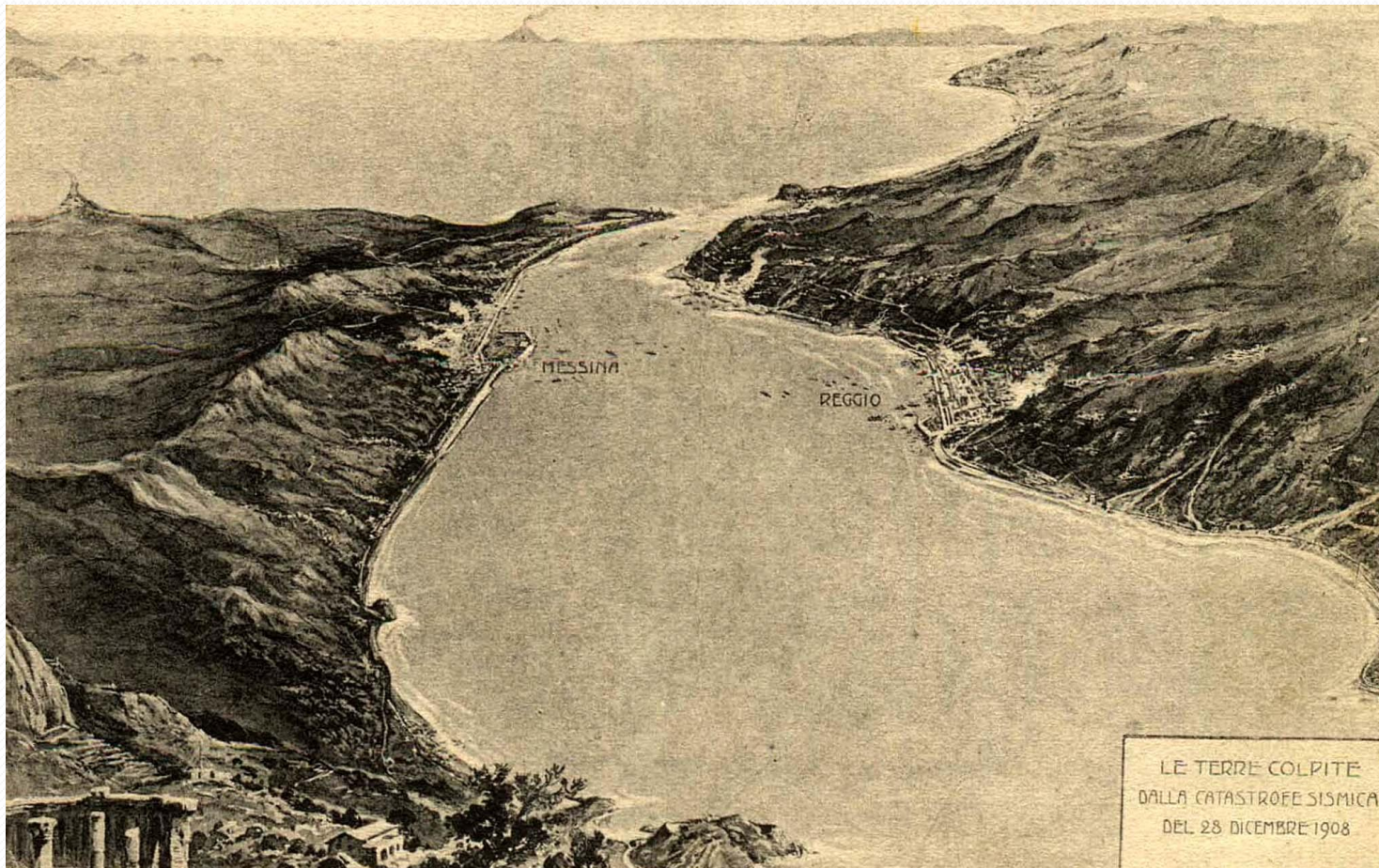
BLUMETTI A.M. - GUERRIERI L. - PORFIDO S.

Tab. 4.1. - MCS and ESI local intensity values for 38 localities affected by EEEs associated to the 5th February 1783 Calabria earthquake. Valori di intensità locali secondo le scale MCS ed ESI per 38 località interessate da EEEs associati al terremoto della Calabria del 5 Febbraio 1783.

	MCS Local intensity	ESI Local Intensity
Santa Cristina di Aspromonte	11	11
San Giorgio Morgeto	10	11
Molochio	11	11
Oppido Mamertina	11	11
Cittanova	11	10
Polistena	10.5	10
Varapodio	11	10
Terranova Sappo Minulio	11	10
Cosoleto Vecchio	11	10
Castellace	11	10
Cinquefrondi	10.5	10

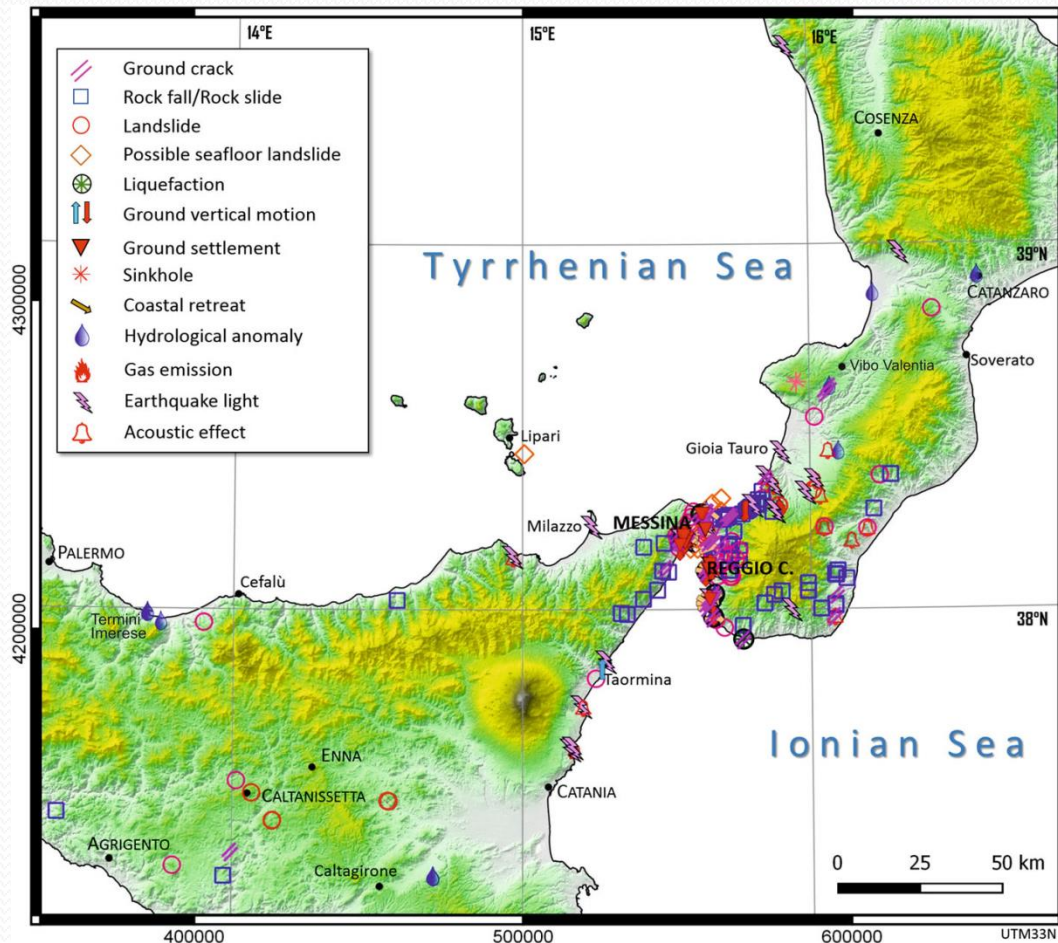
	MCS Local intensity	ESI Local Intensity
San Fili	10	9
Laureana di Borrello	9.5	9
Maropati	10	9
San Procopio	10.5	9
Santa Anna	10	9
Radicena	11	9
Scrofario	11	9
Scido	11	9
Gioia Tauro	10	9
Drosi	10	8
Nicotera	9	8

Terremoto del 1908



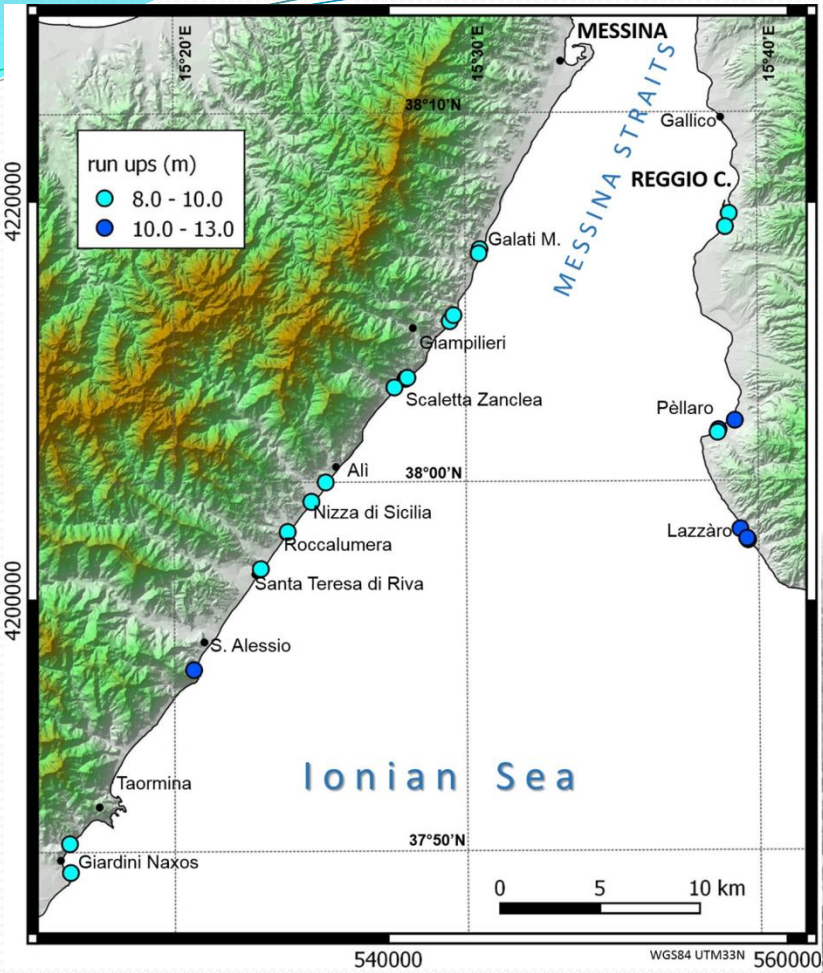
Effetti ambientali del terremoto del 28 Dicembre 1908

The December 28, 1908, earthquake (Mw 7.1, epicentral intensity MCS XI) was the most destructive disaster of the twentieth century in Italy.

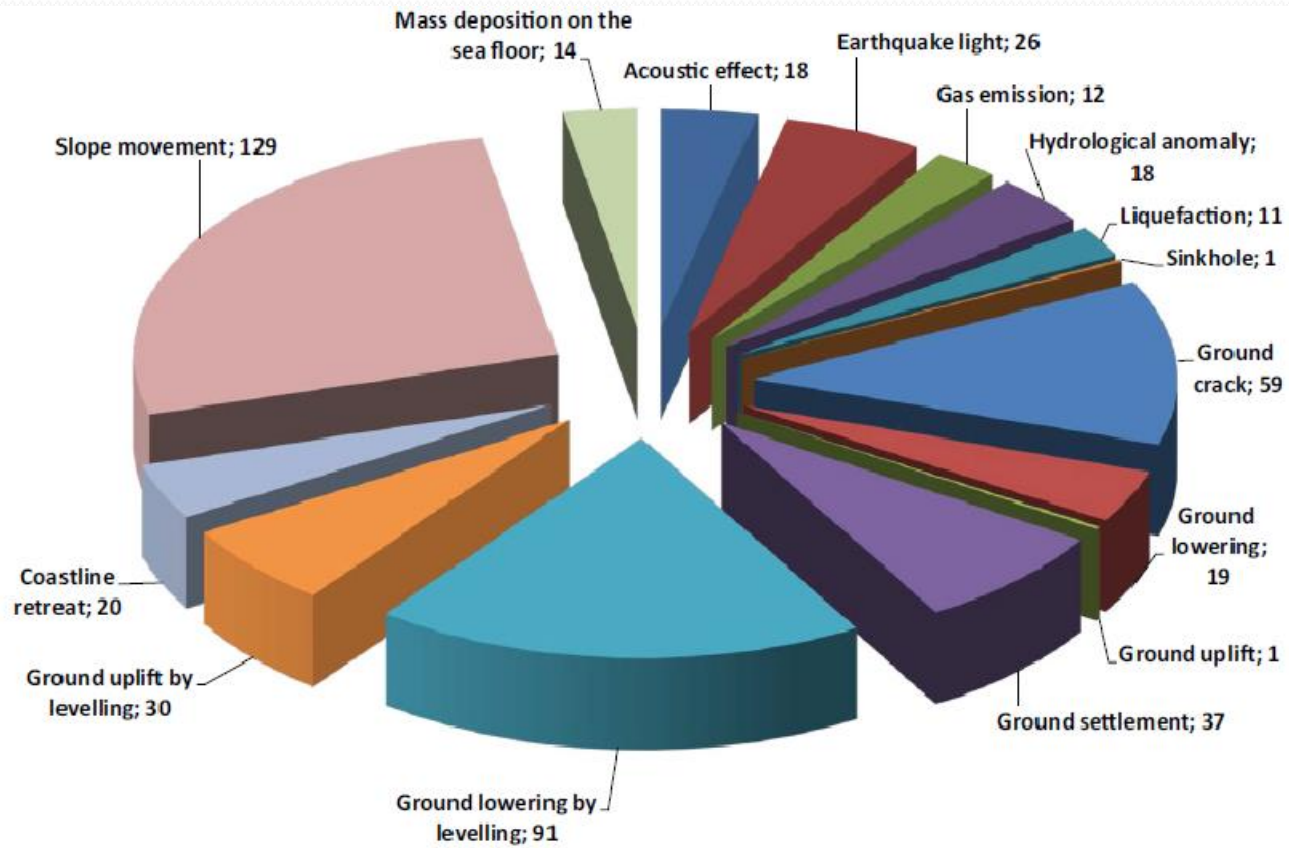


Reggio Calabria and Messina were almost totally destroyed. Few minutes after the earthquake, both sides of the Messina Straits were inundated by a disastrous tsunami, whose effects often overprinted those directly caused by the earthquake

The run-up reached **11.70** m at Sant'Alessio, in Sicily, and **13** m at Pèllaro, in Calabria



Da Comerci et al., 2014 DOI 10.1007/s11069-014-1573-x





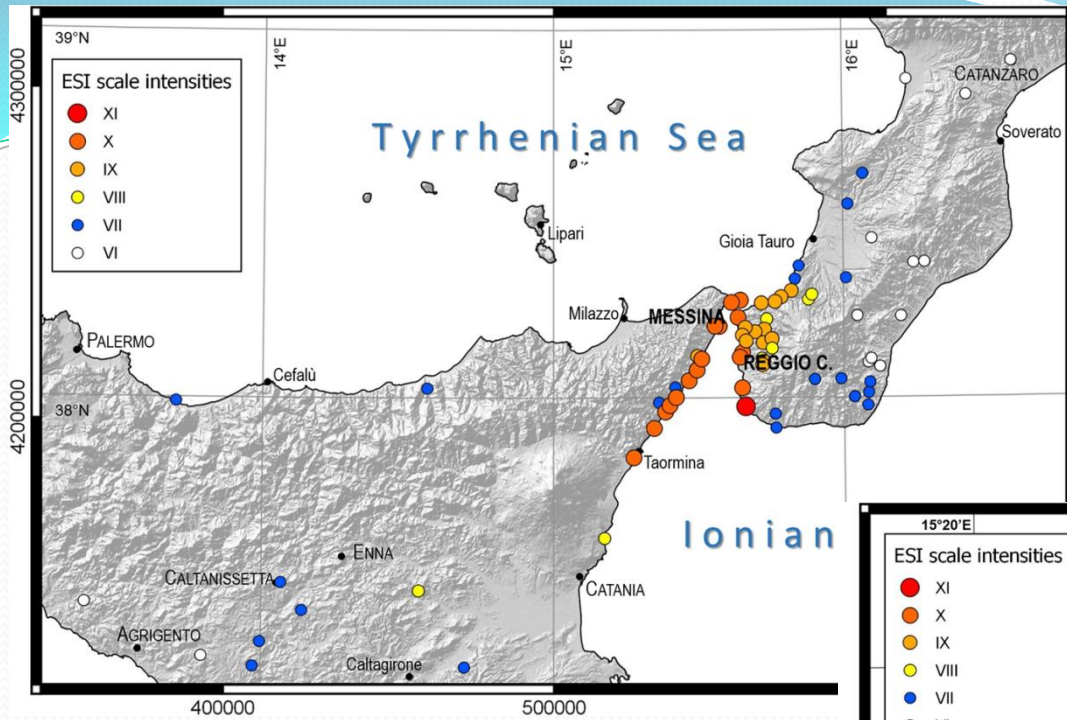
messina - il porto dopo



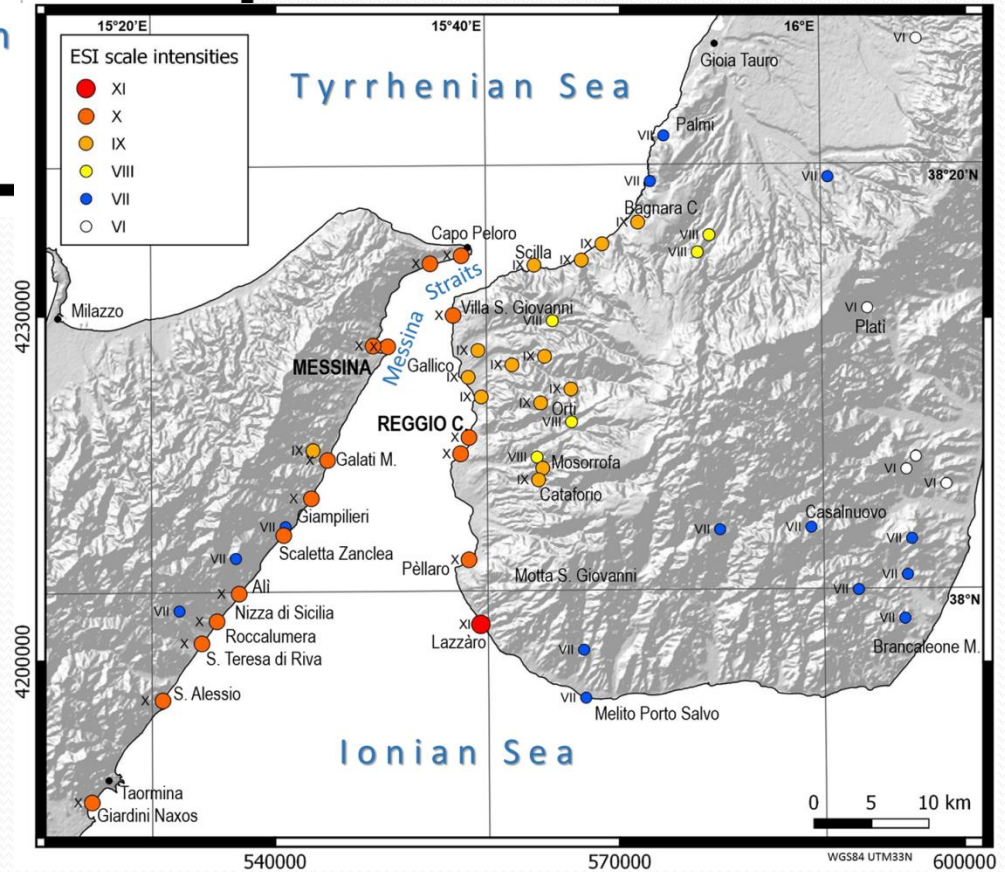
Ground crack along Marina Street, Reggio Calabria (Baratta 1910)



Messina waterfront before the “Palazzata” was damaged by the combined action of the earthquake and the tsunami. Seismic shaking, liquefaction, and lateral expansion presumably induced the failure of the bearing structure of the wharf (photograph: L. Comerio 1908)



INGV, I=6



1743

www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/results?EQ_0=3164&t=102978&s=31&d=34,32



VOAA > NESDIS > NGDC > Natural Hazards

[privacy policy](#)

Tsunami Event associated with Tsunami Deposits

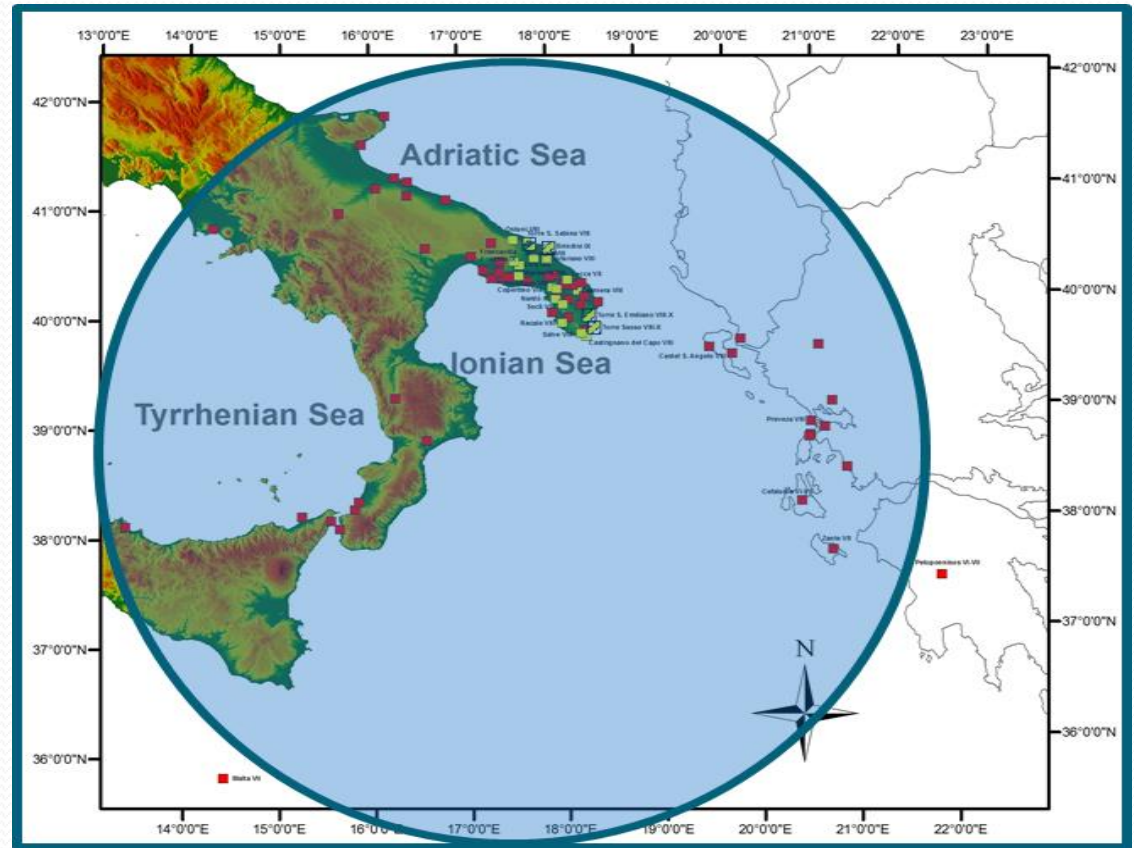
Date						Tsunami Cause		Tsunami Source Location				Tsunami Parameters				
						Val	Code					Max Water Height	Magnitude		Tsu Int	Warn Status
Year	Mo	Dy	Hr	Mn	Sec			Country	Name	Latitude	Longitude		Abe	Iida		
1743	2	20	23	30		1	1	ITALY	IONIAN AND ADRIATIC SEAS	39.000	20.300					

Tsunami Deposits

Citation	Event	Geologic Age	Earliest Year	Latest Year	Latitude	Longitude	Location Name	Country	Body of Water	Narrative Description	Setting During Event	Upper Contact	Lower Contact	Underlying Material	Overlying Material
Mastronuzzi et al (2004)	1667 and 1743 Earthquake Tsunami	Quaternary	1667	1743	40.000	17.000	SE Salento (Apulia region, Italy)	ITALY	Mediterranean Sea	deposits overlay platform, 2 boulder ridges			unconformable	boulder on marine terrace	
Mastronuzzi et al (2007)	1743 Earthquake and tsunami	Quaternary	1743	1743	40.000	17.000	SE Salento (Apulia region, Italy)	ITALY	Mediterranean Sea	boulders					

INGV, I=2

The 1743 Salento earthquake caused about 180 dead, of which 150 in the town of Nardò. Heavy damage affected particularly the towns of Nardò (Lecce) and Francavilla Fontana (Brindisi). The seismic event was also felt on the western coast of Greece, on the Malta island, in Southern Italy and in some localities of Central and Northern Italy. The 1743 earthquake also generated a tsunami, which deposits are distributed along the southern Adriatic coastline of Salento (Mastronuzzi et al., 2007;



Da Gaudiosi et al., 2015; Nappi et al., 2015

na) Cui
suo figlio di Gio: Caravaglio morì dogio ore, per esserli ca-
scato un muro sopra, di una casella, avanti il palazzo
di Pasiale Blasi alla Marina, il novo Seminario precipi-
tato dalla facciata, e così pure tre camere del palazzo di
Monsignor Arcivescovo Madalena, e morta pure avanti
la Conserva una figliuola di tre anni coricata in letto dor-
mendo, che lo caso la casa sopra, e finalmente è stato
così spaventoso, che ritirandosi il mare, faceansi vedere a
apertura della terra, et il molo di porto Reale diviso in tre
parti; noi col Clero Capitolare il dì seguente andassimo
ad officiare a S.^a Chiara, et il dì 25 poi siamo andati alla
Chiesa delle Monache degli Angioli, dove stiamo contin-
nuando tutti i Treti senza eddomada, e colla pontatura.
Il 26 d.^o venne qui il Sig.^o Mauro Manieri di Lecce

..è stato così
spaventoso, che
ritirandosi il mare
faceansi vedere
aperture della terra, et
il molo di Porto Reale
diviso in tre parti..

“.....it was so much dreadful, that when the sea
retreated, breaks in the ground were visible, and
the Porta Reale mole broke into three parts.....”
from Cagnes and Scalese, Coeval document of
Church Archive of Brindisi, 1529 to 1787.



Foto di R. Nappi

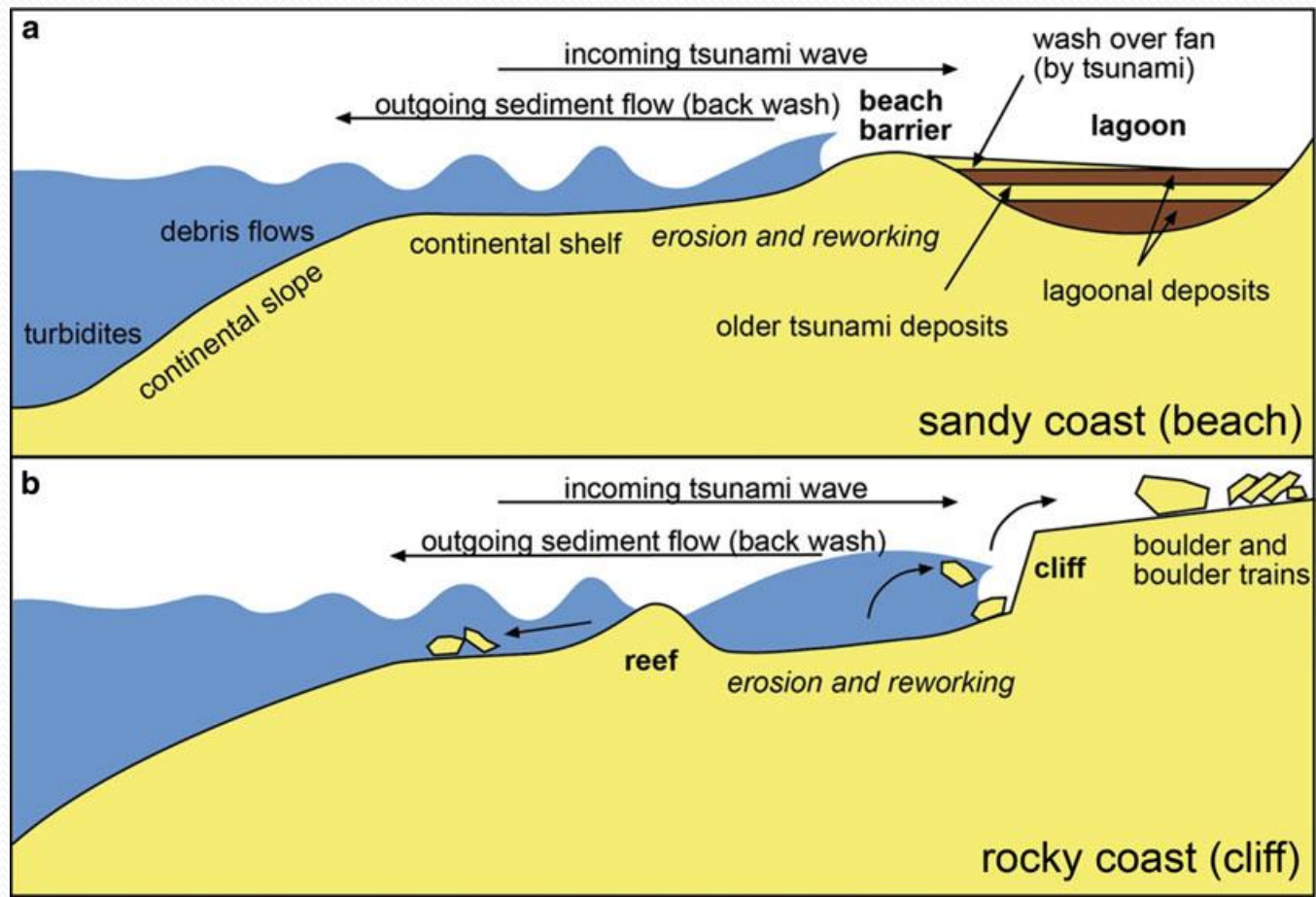


Foto di S. Porfido



Foto di S. Porfido

Tsunami landfall and deposits along sandy shores (a) .
Tsunami landfall at rocky coasts (bottom) (b)



Grazie per l'attenzione

