



Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 / Progetto S1
**Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della
mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di
ulteriori sviluppi**

Task 1 – Completamento delle elaborazioni relative a MPS04

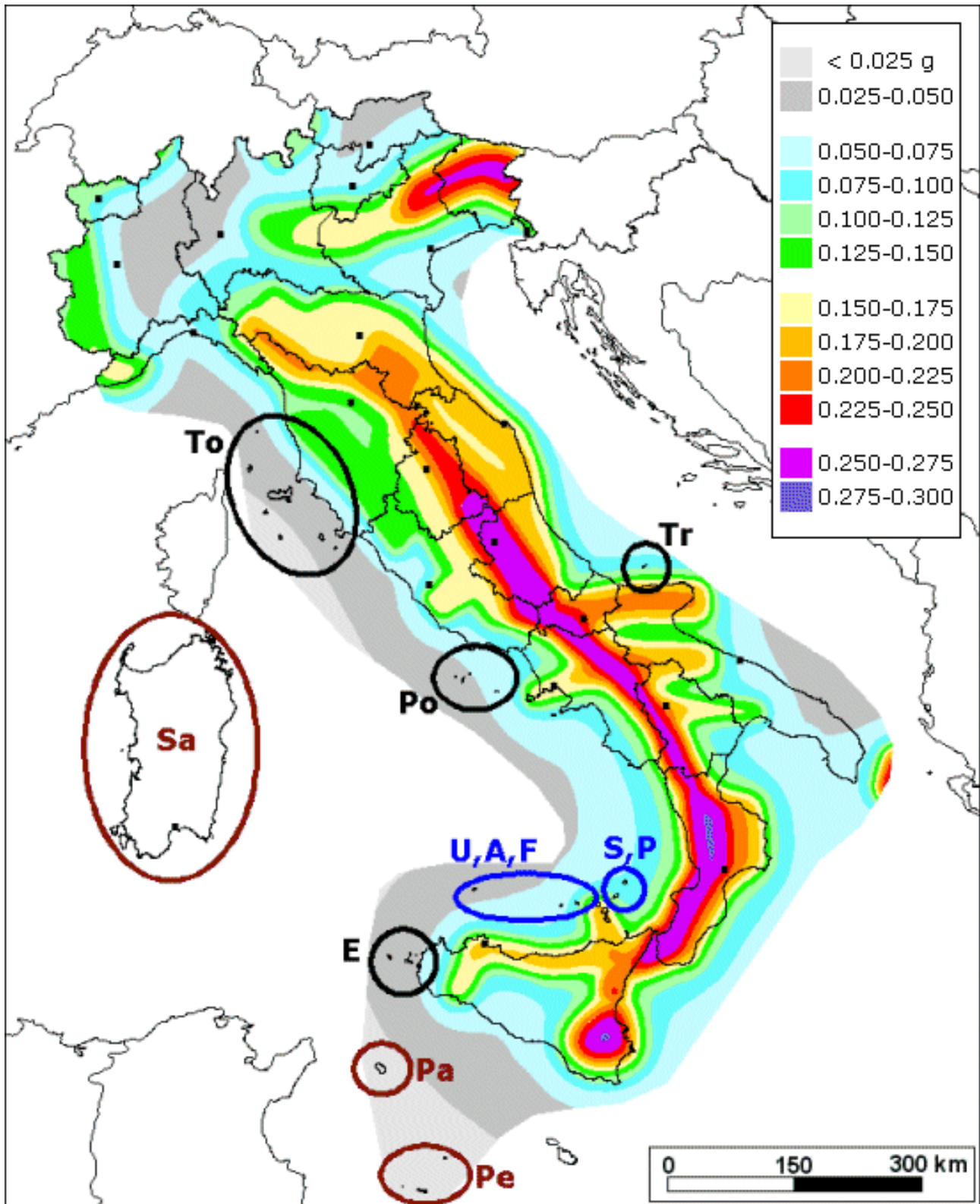
Deliverable D1

**Valutazione standard (10%, 475 anni) di a_{max} (16mo, 50mo e 84mo
percentile) per le isole rimaste escluse nella fase di redazione di MPS04**

a cura di M. Stucchi, C. Meletti, V. Montaldo

con la collaborazione di R. Azzaro, F. Galadini, A. Rebez e G. Valensise
e la supervisione di G.M. Calvi, G. Di Pasquale, J. Bommer e D. Giardini

Milano, 25 marzo 2007



A: Alicudi; E: isole Egadi; F: Filicudi; P: Panarea; Pa: Pantelleria; Pe: isole Pelagie; Po: isole Ponziane; S: Stromboli; Sa: Sardegna; To: arcipelago Toscano; Tr: isole Tremiti; U: Ustica.

Riassunto

Nel rapporto finale che accompagnava la mappa di pericolosità MPS04 è stato più volte rimarcato come i valori di a_{max} per le isole (Sicilia esclusa) non fossero sufficientemente rappresentativi della pericolosità di quelle aree. Infatti la zonazione sismogenetica ZS9 non forniva indicazioni chiare sul potenziale sismogenetico di queste zone.

In questo lavoro vengono fornite una serie di considerazioni sviluppate ad hoc per ogni isola considerata, al fine di avere dei valori di a_{max} più realistici, tenendo conto anche degli aspetti di cautela per le aree considerate.

Abstract

In the final report of the MPS04 seismic hazard map, it was underlined that a better evaluation was required for the a_{max} values in the island areas (with the exception of Sicily).

This is a consequence of the ZS9 seismic source model, where the seismogenic potential in those areas was not well defined.

In this work a specific approach for each island was adopted, different from the general approach adopted in MPS04; a set of different considerations was proposed to overcome the lack of knowledge, based also on safety reasons.

Indice

1. **Introduzione**
 2. **Valutazioni standard di pericolosità sismica** (*amax* con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, di seguito *amax*):
 - 2a. **Isole per le quali i valori proposti da MPS04 sono ritenuti validi:** Arcipelago toscano, isole Ponziane, isole Egadi, isole Tremiti (*per le ultime due viene proposto un valore di default a scopo cautelativo*);
 - 2b. **Isole per le quali è stata eseguita una valutazione *ad hoc*:** Ustica, Alicudi, Filicudi, Panarea, Stromboli (*per le prime tre viene proposto comunque un valore di default a scopo cautelativo*);
 - 2c. **Isole per le quali non è stata eseguita una valutazione *ad hoc*:** Pantelleria, isole Pelagie, Sardegna (*viene proposto un valore di default*)
 3. **Considerazioni conclusive**
- App.1 Valori di *amax* per ulteriori periodi di ritorno per le isole di cui al punto 2b (Stromboli, Panarea, Ustica, Alicudi e Filicudi)**

1. Introduzione

Nel Rapporto Conclusivo della redazione della mappa di pericolosità sismica denominata MPS04 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004, fig.1) veniva segnalato (pag.50 e fig.50) che per la maggior parte delle aree insulari, con l'eccezione di Sicilia, Lipari, Vulcano e Salina, i valori di *amax* proposti da MPS04 erano da sottoporre a verifica, utilizzando approcci specifici per ciascuna situazione.

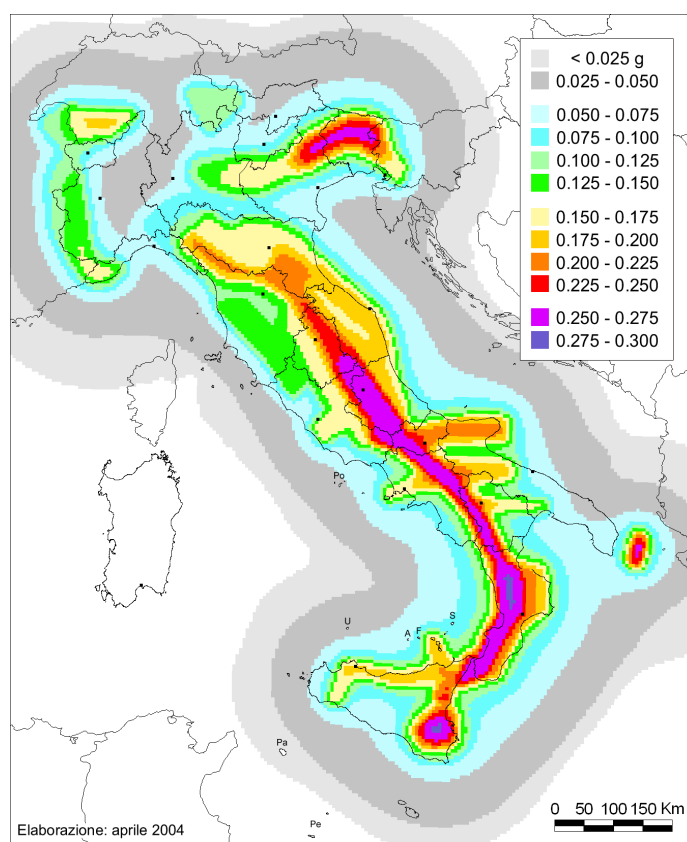


Figura 1. Mappa di *amax* con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (fig.50 del Rapporto Conclusivo, Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

Il motivo principale risiedeva nel fatto che la zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004; fig.2), disegnata sulla base del modello sismotettonico di Meletti et al. (2000) e delle evidenze tettoniche e sismologiche più recenti, si riferiva in gran parte a quelle porzioni di terraferma per le quali queste evidenze erano più chiare e consolidate. Si rendeva quindi necessario verificare in maggior dettaglio il potenziale sismogenetico di riferimento per le aree comprendenti le isole in oggetto.

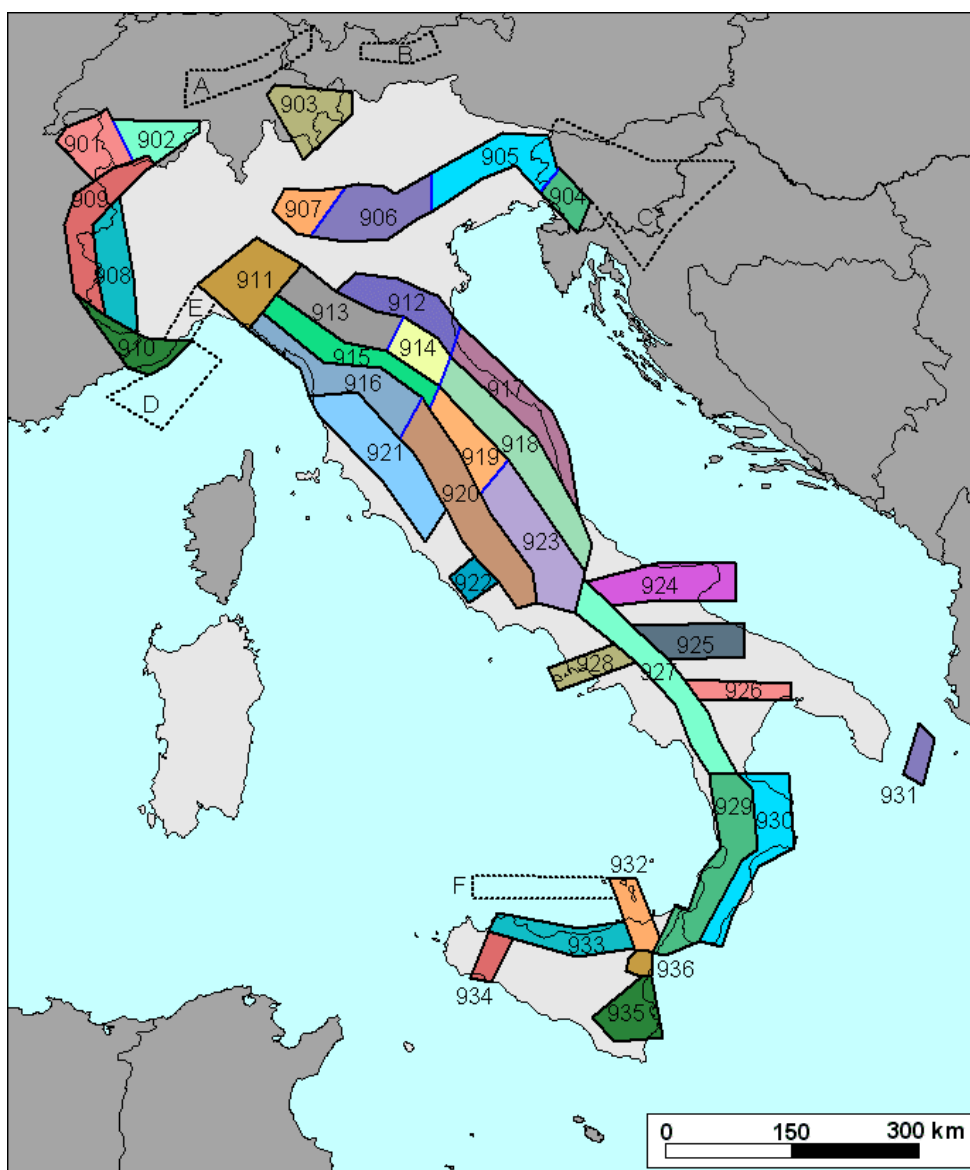


Figura 2. Zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

Gli studi di pericolosità sismica pubblicati negli ultimi anni che forniscono risultati paragonabili a quelli di MPS04, e cioè valori di a_{max} su roccia o suolo rigido con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (e.g. Slejko et al., 1999; Albarello et al., 2000; Romeo and Pugliese, 2000; Prestininzi et al., 2005), non citano l'utilizzo di approcci *ad hoc* per la valutazione della pericolosità sismica delle isole in oggetto. Tutte le elaborazioni citate utilizzano il modello di zonazione sismogenetica ZS4 (Meletti et al., 2000), che comprende una zona sorgente (ZS60; fig.2) estesa parallelamente alla costa settentrionale del Gargano fino a raggiungere le isole Tremiti; pertanto, la pericolosità sismica di tali isole veniva valutata insieme a quella della vicina terraferma. Analogamente avveniva per Filicudi e Alicudi, localizzate all'interno della ZS 74 (fig.3).

Per quel che riguarda la Sardegna, alcune elaborazioni (e.g. Slejko et al., 1999) hanno utilizzato una zona sorgente "di background" che ricopriva l'area tra la Sardegna settentrionale e la Corsica meridionale, definita su basi sostanzialmente sismologiche, per quanto poco rilevanti. Anche se definita come "background", questa zona è stata utilizzata in modo analogo alle altre ZS.

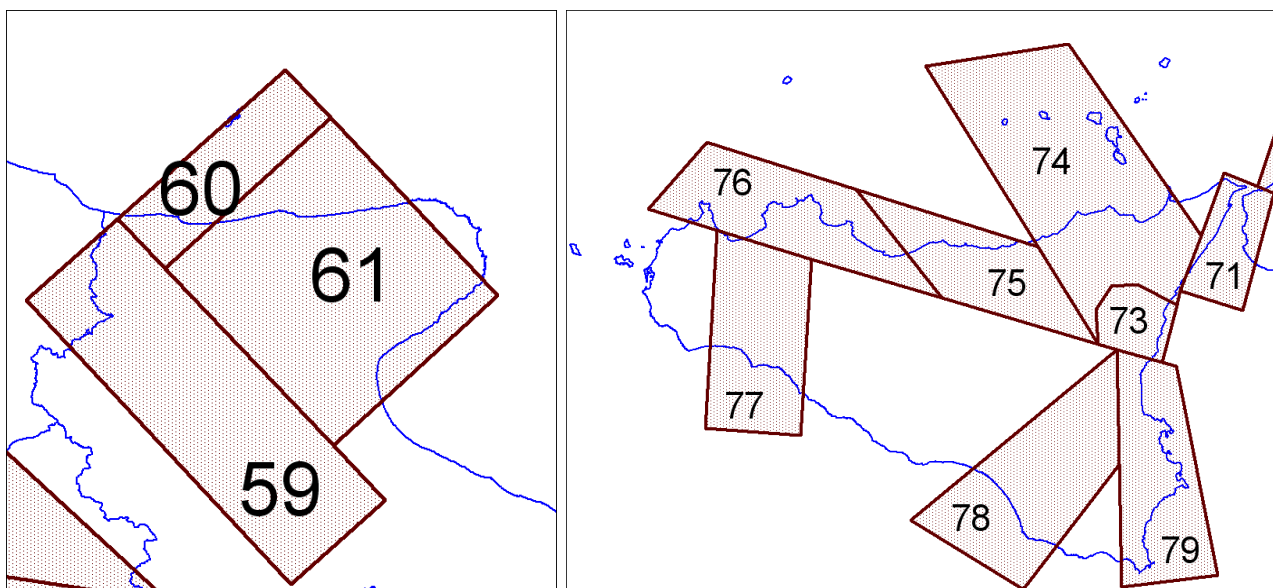


Figura 3. Zone sismogenetiche di ZS4 (Meletti et al., 2000) che includono le isole Tremiti (ZS60, a sinistra), Filicudi e Alicudi (ZS74, a destra).

I valori di pericolosità sismica calcolati dagli studi citati per tutte le altre isole sono determinati unicamente dal potenziale che caratterizza le ZS in terraferma.

I valori di pericolosità sismica forniti per le isole minori e la Sardegna dagli studi citati sono riassunti in tab.1.

In generale non vi sono elevate differenze per la Sardegna, dove a_{max} è pari circa a 0.050g, così come per l'arcipelago toscano, le isole Pontine, Egadi, Pelagie, Pantelleria e Ustica.

Nel caso delle isole Tremiti i valori di a_{max} proposti da Slejko et al. (1999) sono decisamente superiori a quelli proposti dagli altri studi.

Per quanto riguarda le isole Eolie i valori di a_{max} sono abbastanza omogenei, con le eccezioni rappresentate dai valori proposti da Slejko et al. (1999) e Prestininzi et al. (2005) per Alicudi e Filicudi.

Nei paragrafi seguenti vengono presentati i risultati in termini di a_{max} con probabilità di superamento del 10% in 50 anni proposti per le isole oggetto di indagine, suddivise in tre blocchi:

- a) isole per le quali i valori proposti da MPS04 vengono ritenuti validi (Arcipelago toscano, isole Ponziane, isole Egadi, isole Tremiti);
- b) isole per le quali è stata eseguita una valutazione *ad hoc* (Ustica, Alicudi, Filicudi, Panarea, Stromboli: per le prime tre viene proposto un valore di default a scopo cautelativo);
- c) isole per le quali non è stata eseguita una valutazione *ad hoc* e viene proposto un valore di *default* (Pantelleria, isole Pelagie, Sardegna).

	<i>Slejko et al. (1999)</i>	<i>Albarelo et al. (2000) valore mappa</i>	<i>Albarelo et al. (2000) valore capoluogo</i>	<i>Romeo et al. (2000)</i>	<i>MPS04</i>	<i>Prestininzi et al. (2005)</i>
Sardegna Nord	0.040-0.080	<0.050	0.000	<0.050	<0.025	<0.050
Sardegna Sud	NC	<0.050	0.000	<0.050	<0.025	<0.050
Elba	0.040-0.080	<0.050	0.040	<0.050	0.025-0.050	<0.050
Elba NE	0.040-0.080	<0.050	0.040	<0.050	0.025-0.050	0.050-0.100
Capraia, Giglio	0.040-0.080	<0.050	0.040	<0.050	0.025-0.050	<0.050
Pianosa, Montecristo	<0.040	<0.050	0.040	<0.050	<0.025	<0.050
Ponziane	0.040-0.080	0.050-0.100	0.058	<0.050	0.025-0.050	<0.050
Egadi	0.040-0.080	<0.050	0.050	<0.050	0.025-0.050	<0.050
Pantelleria	<0.040	<0.050	0.002	<0.050	<0.025	<0.050
Pelagie	<0.040	<0.050	0.000	<0.050	<0.025	<0.050
Tremiti	0.160-0.240	0.100-0.150	0.148	0.050-0.100	0.075-0.100	0.050-0.100
Stromboli	0.080-0.160	0.100-0.150		0.050-0.100	0.075-0.100	0.050-0.100
Panarea	0.080-0.160	0.100-0.150		0.050-0.100	0.100-0.125	0.100-0.150
Filicudi	0.160-0.240	0.150-0.200		0.100-0.150	0.075-0.100	0.200-0.250
Alicudi	0.160-0.240	0.150-0.200		0.100-0.150	0.050-0.075	0.150-0.200
Ustica	0.040-0.080	<0.050	0.046	<0.050	0.025-0.050	<0.050

Tabella 1. Valori di amax forniti da vari studi per le isole oggetto di studio. I valori sono ricavati dalle mappe pubblicate e pertanto espressi come intervalli; solo in Albarello et al. (2000) sono espressi anche i valori puntuali per i capoluoghi comunali.

Per l'analisi della sismicità sono stati utilizzati i cataloghi CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004) e CSI1.0 (Castello et al., 2005; periodo 1981-2002), avendo cura di effettuare un incrocio tra i due cataloghi per le porzioni temporali coperte da entrambi onde evitare duplicazioni di eventi.

Per quanto riguarda le magnitudo, CPTI04 fornisce Mw; CSI fornisce la magnitudo locale MI che è stata convertita in Mw utilizzando le relazioni empiriche proposte nell'Appendice 2 del Rapporto Conclusivo di MPS04 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

Tutti i dati macrosismici utilizzati in questo studio provengono dal database macrosismico relativo agli eventi riportati nel catalogo CPTI04 realizzato nell'ambito di questo stesso progetto (Stucchi et al., 2007).

2. Valutazioni standard di pericolosità sismica

2a) Isole per le quali i valori proposti da MPS04 sono ritenuti validi

2a.1) Arcipelago toscano e isole Ponziane. L'analisi congiunta dei cataloghi CPTI04 e CSI1.0 (descritti nella pagina precedente) mostra che le isole dell'arcipelago toscano (fig.4) e le isole Ponziane (fig.5) non sono sede di terremoti significativi.

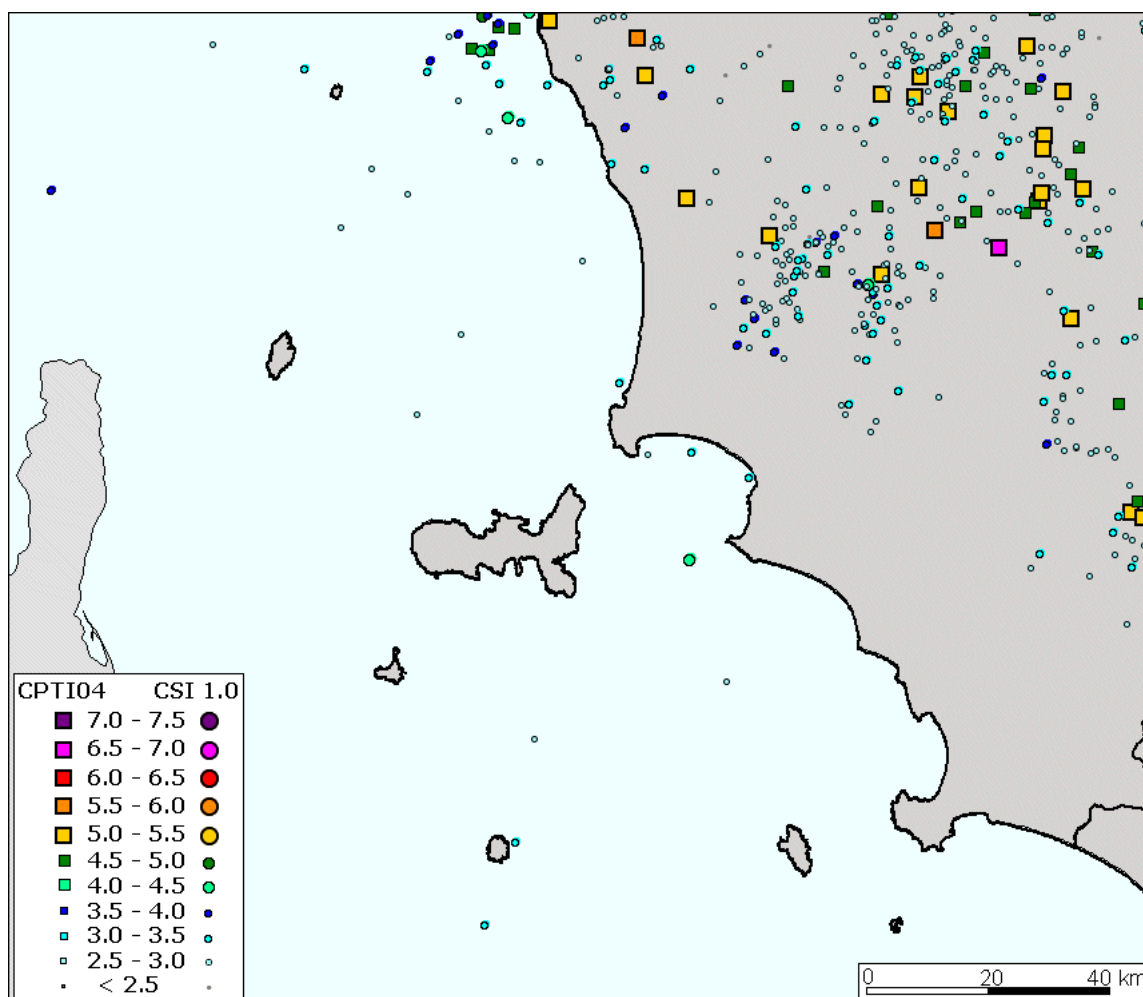


Figura 4. Distribuzione dei terremoti nelle isole dell'arcipelago toscano.

A conferma di questo, tutte le osservazioni macrosismiche disponibili per queste isole si riferiscono a terremoti localizzati in terraferma. Il database delle osservazioni macrosismiche utilizzate per la compilazione del catalogo CPTI04 (DBMI04; Stucchi et al., 2007) riporta un'intensità massima pari a 4-5 MCS a Portoferraio e all'isola del Giglio per il terremoto del 1909 di Murlo. Lo stesso valore di intensità è riportato a Portoferraio per il terremoto del 1972 (Passo della Cisa), mentre il terremoto del 1920 (Garfagnana) vi ha fatto registrare una intensità pari a 4 MCS.

Le intensità massime osservate nelle isole Ponziane si riferiscono al terremoto del Molise del 1805, che ha fatto registrare un'intensità 6 MCS a Ventotene, e al terremoto di Avezzano del 1915, che ha determinato un'intensità 5 MCS a Ponza.

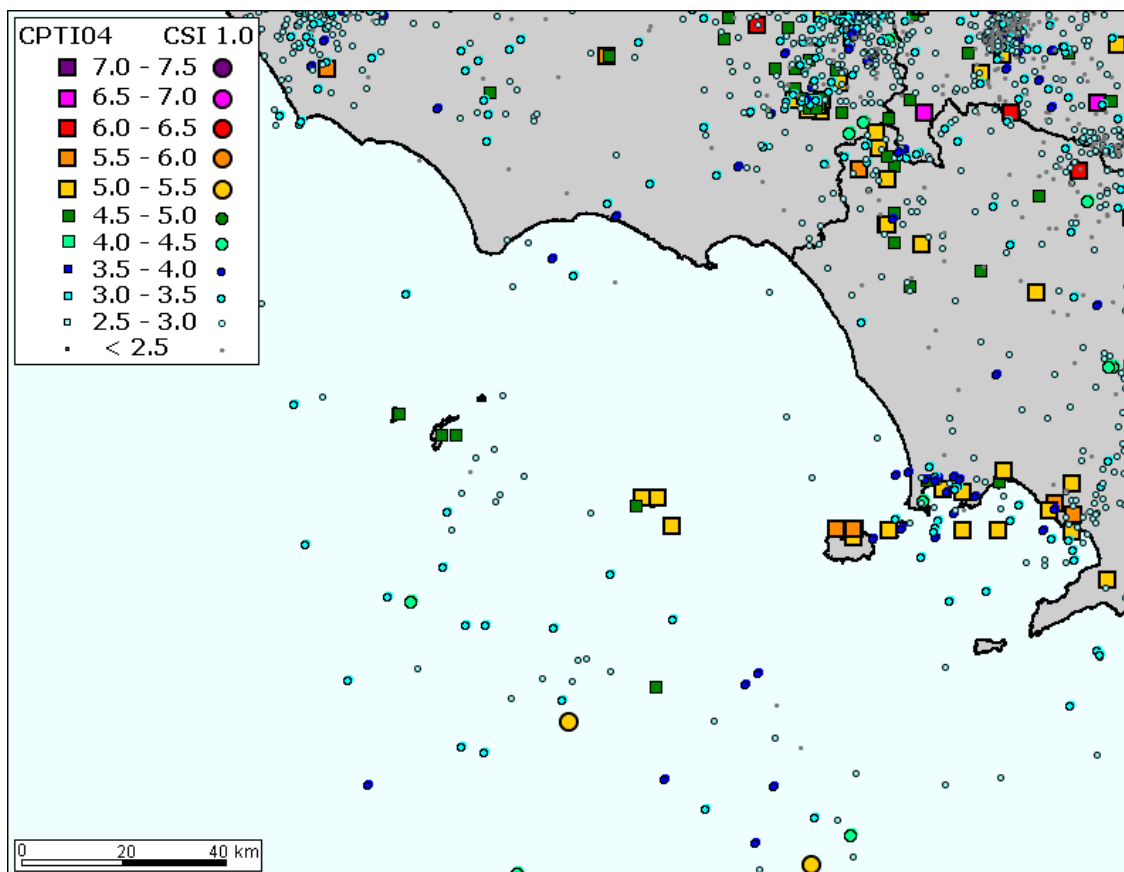


Figura 5. Distribuzione dei terremoti nelle isole Ponziane.

Sulla base di queste considerazioni si ritiene che i valori proposti in MPS04, riassunti in tab.2, siano adeguati a rappresentare la pericolosità sismica di queste isole.

Località	Longitudine	Latitudine	a_{max} 50mo (g)	a_{max} 84mo (g)
Elba (Portoferraio)	10.3552	42.7923	0.0332	0.0414
	10.2871	42.7905	0.0319	0.0396
Elba (Campo nell'Elba)	10.1537	42.7367	0.0281	0.0355
	10.2217	42.7386	0.0294	0.0369
Elba (Rio Marina)	10.4208	42.8441	0.0360	0.0456
	10.4232	42.7942	0.0346	0.0436
Capraia	9.7959	43.0261	0.0307	0.0370
Giglio	10.9184	42.3560	0.0339	0.0430
Pianosa	10.0938	42.5848	0.0228	0.0306
Montecristo	10.3101	42.3408	0.0197	0.0285
Ponza	12.9610	40.9337	0.0467	0.0541
	12.9615	40.8837	0.0457	0.0527
Palmarola	12.8287	40.9330	0.0445	0.0514
	12.9849	40.9333	0.0455	0.0527
Zannone	13.0269	40.9840	0.0490	0.0567
	13.0931	40.9423	0.0505	0.0580
Ventotene	13.4244	40.7849	0.0565	0.0639
Santo Stefano	13.4904	40.7850	0.0600	0.0676

Tabella 2. Valori proposti in MPS04 per le isole dell'arcipelago toscano e per le isole Ponziane.

2a.2) Isole Egadi. Analogamente alle isole discusse al punto precedente, anche le isole Egadi presentano risentimenti significativi solo in occasione di terremoti avvenuti in terraferma in aree coperte dalle zone sorgente di ZS9. In particolare la massima intensità osservata a Favignana è pari a 6-7MCS, in occasione del terremoto del Belice del 1968. Nell'area delle Egadi i cataloghi strumentali non presentano sismicità rilevante (fig.6).

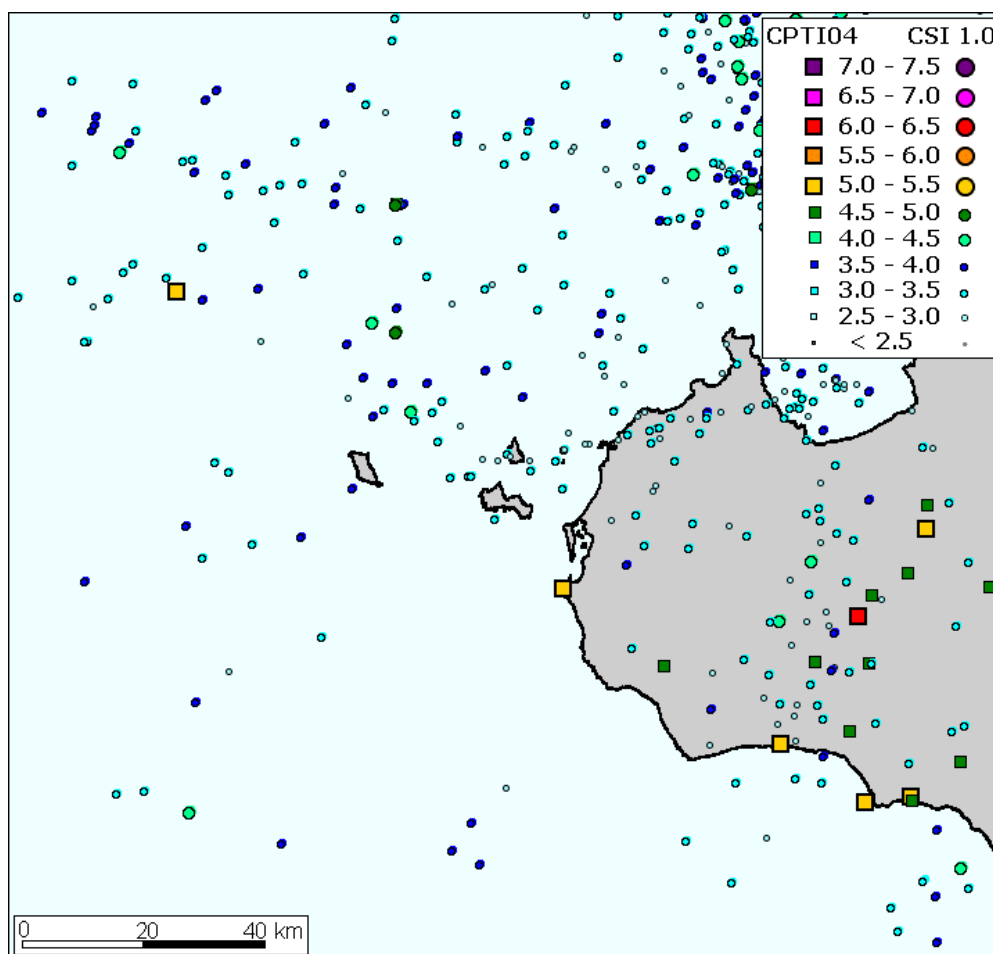


Figura 6. Distribuzione dei terremoti nelle isole Egadi.

A partire da queste considerazioni si ritiene che i valori proposti in MPS04 (tab.3) siano rappresentativi della pericolosità sismica di queste isole.

Località	Longitudine	Latitudine	$amax_{50mo}$ (g)	$amax_{84mo}$ (g)	Valore proposto (g)
Favignana	12.3531	37.9929	0.0411	0.0451	0.05
	12.2899	37.9282	0.0379	0.0418	
Levanzo	12.3523	37.9788	0.0403	0.0443	0.05
Marettimo	12.0361	37.9750	0.0303	0.0343	0.05

Tabella 3. Elenco dei valori di $amax$ proposti in MPS04 per le isole Egadi.

Tuttavia, dato che queste isole si trovano a distanza non elevata dalla fascia ad alta deformazione localizzata nel Tirreno meridionale (ZS F di ZS9), a scopo cautelativo può essere adottato il valore corrispondente all'84mo percentile (tab.3), oppure il valore di ancoraggio della zona 4 (0.05g).

2a.3) Isole Tremiti. Queste isole si trovano in un'area la cui interpretazione sismotettonica è tuttora controversa. Nella seconda metà degli anni '80 le Tremiti venivano viste ricadere su un lineamento regionale orientato NE-SW (Finetti et al., 1987). Montone e Funicello (1989) invece le interpretavano come una struttura di "push-up" in corrispondenza di una variazione locale di orientazione di un sistema trascorrente destro orientato E-W e riconosciuto da vari autori con il nome di Linea delle Tremiti. L'esistenza di questo sistema in terraferma è stata documentata anche da Doglioni et al. (1994) attraverso misure meso-strutturali, che confermano tra l'altro la cinematica trascorrente destra. Sulla base di dati di sismica a riflessione e di pozzi di esplorazione Argnani et al. (1994) hanno interpretato le Tremiti come una fascia di deformazione compressiva che avrebbe dato origine ad una struttura anticlinale. Questa interpretazione non è in disaccordo con le precedenti, che vedono le Tremiti come una singolarità all'interno di un sistema regionale trascorrente destro E-W. Questo assetto complessivo del sistema è stato recentemente recepito nel database DISS 3.0.2 (DISS Working Group, 2006).

Esiste invece una importante divergenza sul motore di questo sistema trascorrente. Infatti, mentre per Doglioni et al. (1994) il sistema Gargano-Tremiti marca il confine tra due settori litosferici di spessore e caratteristiche molto diverse (il blocco apulo, spesso e in sollevamento attivo a sud, e il blocco dell'Adriatico centrale, più sottile e in sprofondamento), e la sua attività sarebbe quindi da ricondurre a differenze di tipo reologico. Altri autori (Di Bucci e Mazzoli, 2003; Valensise et al. 2004) interpretano invece la linea delle Tremiti come un elemento di un fascio di lineamenti litosferici E-W a cinematica prevalente destra che interessano tutta la piattaforma apula dalla Majella al Salento. Quest'ultima interpretazione è quella che ha guidato il tracciamento delle zone di ZS9 nel settore apulo. Infine, recenti indagini sismiche a riflessione ad alta risoluzione (Ridente e Trincardi, 2006) non evidenziano elementi a supporto di attività tettonica recente lungo l'ipotizzata prosecuzione verso W della linea delle Tremiti.

La sismicità strumentale degli ultimi 20 anni (fig.7) è abbastanza limitata, con l'eccezione di alcune sequenze culminate con eventi di Mw prossima a 5 nel 1988 e 1989 (Console et al., 1993). A sua volta la sismicità storica (fig.7) presenta un solo terremoto localizzabile nell'area (1892, Mw5.07±0.12).

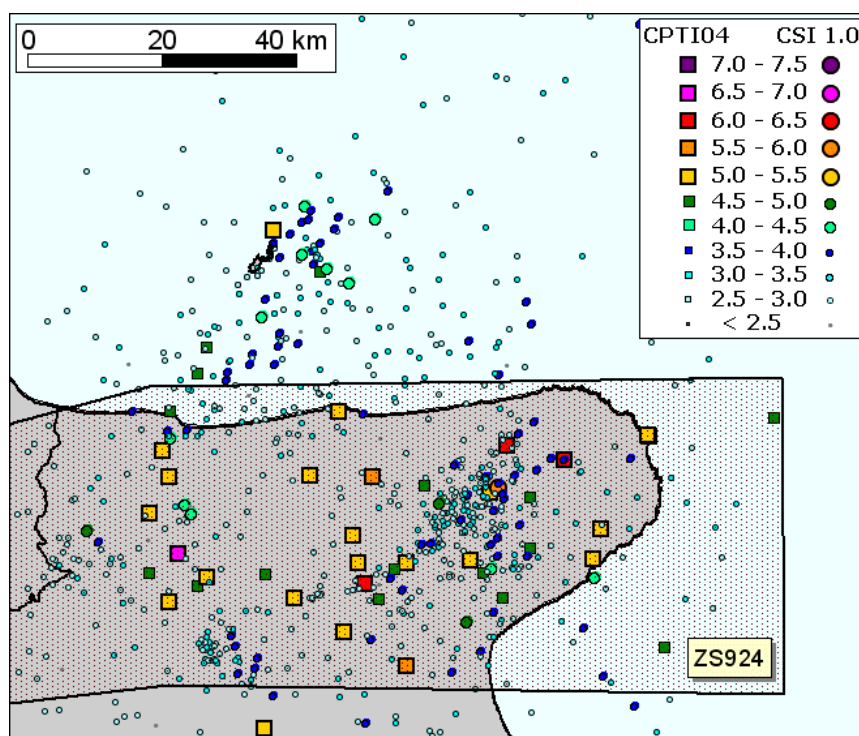


Figura 7. Distribuzione dei terremoti nelle isole Tremiti.

La storia sismica delle isole mostra almeno tre risentimenti con intensità 7MCS (tab.4), relativi ai terremoti del 1627, del 1889 e del 1892.

<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Giorno</i>	<i>Area epicentrale</i>	<i>Mw</i>	<i>Is (MCS)</i>
1627	07	30	Gargano	6.73±0.15	7
1889	12	08	Apricena	5.55±0.11	7
1892	06	06	Tremiti	5.07±0.12	7
1875	12	06	S. Marco in Lamis	5.07±0.16	6

Tabella 4. Dettaglio della storia sismica delle isole Tremiti

Per quanto riguarda il terremoto del 1627 si deve ricordare che, sulla base della modellazione dello tsunami generato da questo terremoto, Tinti e Piatanesi (1996) avevano proposto per esso un epicentro e una sorgente pochi km a nord-ovest delle Tremiti. Questo modello è però in disaccordo con l'osservazione che il terremoto principale della sequenza del 1627 ha determinato nelle isole danni minori e non paragonabili con quelli prodotti in terraferma.

Ricerche successive, alcune delle quali stimulate dal verificarsi dei terremoti del 2002 nel Molise, hanno successivamente riproposto la localizzazione in terraferma, e in particolare lungo la faglia di Mattinata, delle scosse principali della sequenza del 1627 (Patacca e Scandone, 2004; DISS Working Group, 2006), come peraltro già proposto in DISS 2.0 (Valensise e Pantosti, 2001).

In conclusione, sebbene l'assetto geologico e strutturale dell'area risulti sufficientemente chiaro, le conoscenze sulla tettonica attiva e sulla sismicità non sono quantificabili ai fini di una valutazione di tipo convenzionale della pericolosità sismica.

Per questo motivo, al momento si ritiene opportuno confermare i valori di pericolosità sismica proposti in MPS04 (tab.5). Tuttavia, a scopo cautelativo può essere adottato il valore corrispondente all'84mo percentile oppure, meglio, il valore di ancoraggio dello spettro corrispondente alla zona 3 (0.15g).

<i>Località</i>	<i>Longitudine</i>	<i>Latitudine</i>	<i>amax 50mo (g)</i>	<i>amax 84mo (g)</i>	<i>Valore cautelativo adottato (g)</i>
Isole Tremiti	15.5126	42.1173	0.0938	0.1014	0.15

Tabella 5. Valori proposti in MPS04 per le isole Tremiti. Le coordinate indicano un nodo della griglia che ricade nell'isola di San Nicola.

2b) Isole per le quali è stata eseguita una valutazione ad hoc

2b.1) Stromboli e Panarea. Queste isole risentono sia di terremoti che occorrono in Sicilia e in Calabria, sia di terremoti generati localmente. I valori di a_{max} proposti da MPS04 (tra 0.075g e 0.100g per Stromboli e tra 0.100g e 0.125g per Panarea) rappresentano il solo contributo della sismicità di origine lontana; pertanto non possono essere considerati pienamente rappresentativi.

Da un punto di vista tettonico, le isole di Stromboli e Panarea non sono accomunabili con le isole centrali dell'arcipelago eoliano (Lipari, Vulcano e Salina, collocate lungo un allineamento NNO-SSE); pertanto, non sono state inserite nella ZS 932 Eolie-Patti di ZS9. Inoltre, la fascia soggetta ad intensa deformazione crostale del basso Tirreno estesa in senso longitudinale (Serpelloni et al., 2005; Jenny et al., 2006), rappresentata in ZS9 dalla ZS F, viene interrotta a est proprio dalla ZS 932 che gioca un ruolo di svincolo cinematico.

Per calcolare la pericolosità sismica delle due isole si è quindi optato per il tracciamento di una nuova zona sorgente (fig.8), denominata G, di dimensioni paragonabili a quella dell'Etna (ZS 936). La geometria di questa zona sorgente deriva dall'analisi delle evidenze presentate da Gabbianelli et al. (1993). La scelta di equiparare le dimensioni alla zona sorgente dell'Etna deriva dalla considerazione che, analogamente a quanto si osserva all'Etna, si tratta essenzialmente di strutture tettoniche legate all'attività vulcanica e quindi non molto estese.

In questa ZS ricadono nove terremoti di CPTI04, con M_w comprese tra 4.83 e 5.17, e quattro terremoti dal catalogo strumentale CSI1.0, con M_w compresa tra 3.2 e 4.3. Due di questi ultimi eventi hanno profondità maggiore di 100km. A causa del basso numero di eventi che ricadono nell'area, i tassi di sismicità sono stati calcolati come tassi intervallari (AR), utilizzando il solo catalogo CPTI04 e gli intervalli di completezza determinati dall'approccio statistico per la ZS 932, posticipando al 1850 l'inizio della completezza per la classe 5.22 M_w . Utilizzando tali intervalli il catalogo della zona risulta costituito da otto terremoti, raggruppati in tre classi di M_w .

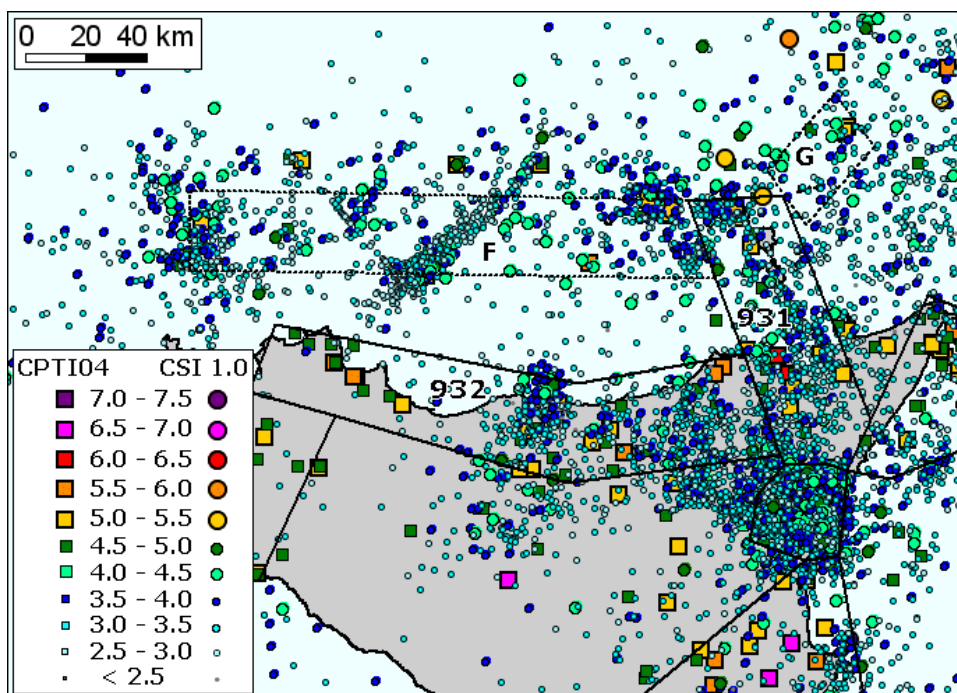


Figura 8. Zona sorgente G e le zone di ZS9 della Sicilia a confronto con i terremoti dei cataloghi CPTI04 e CSI1.0.

La fig.9 mette a confronto i tassi della ZS G (in blu) con quelli della zona 936, Etna (in rosso). Il confronto serve solo per mostrare che la sismicità nella zona G è confrontabile, come ordine di grandezza, con quella della ZS 936, senza suggerire alcuna analogia.

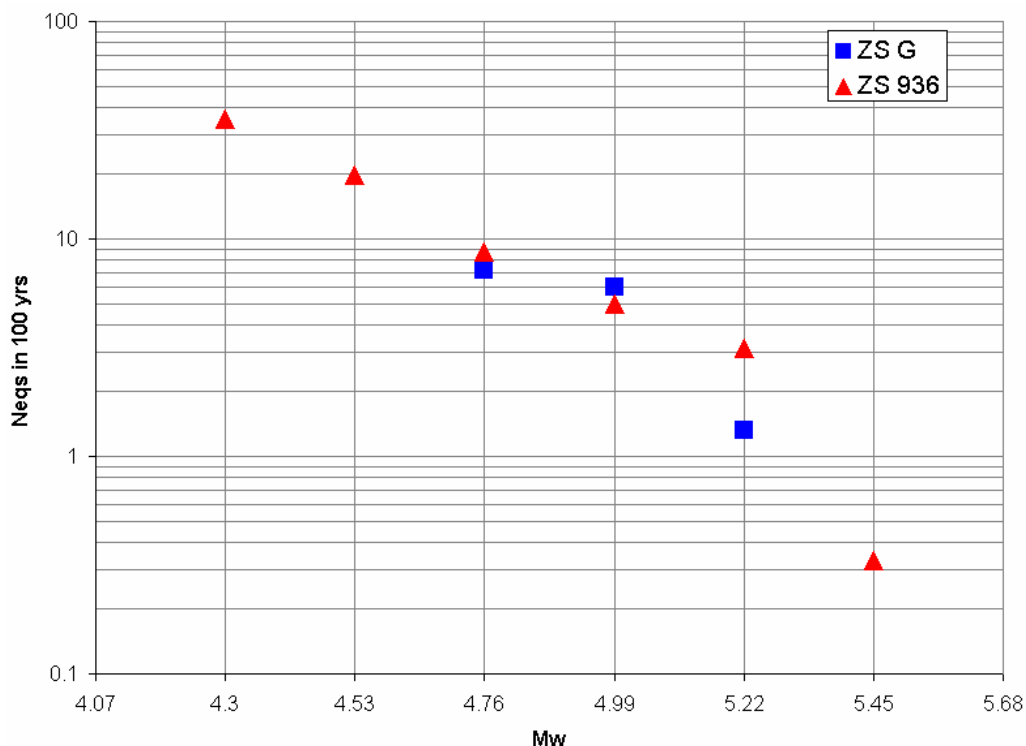


Figura 9. Confronto tra i tassi di sismicità della ZS G (blu) e quelli della zona sorgente 936 Etna (rosso).

La pericolosità sismica è stata calcolata come valore mediano dei rami dell'albero logico riportato di seguito (fig.10).

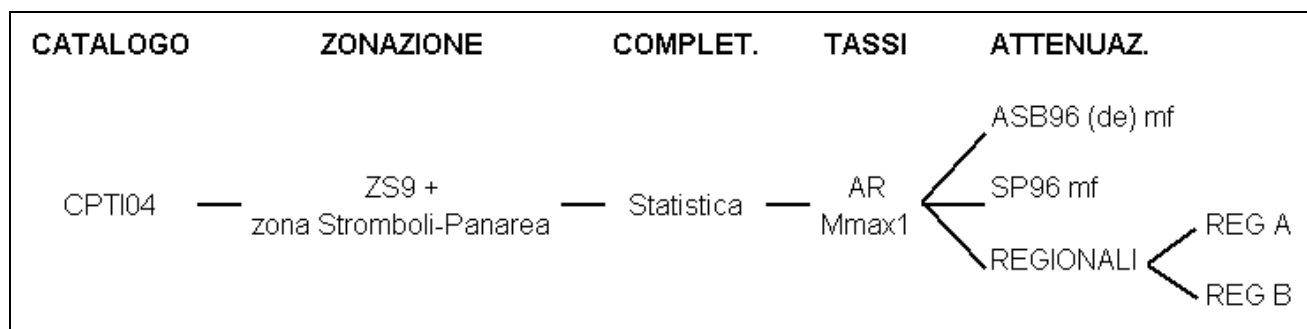


Figura 10. Albero logico utilizzato per calcolare la pericolosità sismica delle isole Stromboli e Panarea.

Le relazioni di attenuazione sono le stesse utilizzate per la ZS 936 (Etna) nella redazione di MPS04 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004; si rimanda a questo testo per una maggior dettaglio sulle varie scelte e il loro significato) e cioè: i) meccanismo di fagliazione non determinato nei rami con Ambraseys et al. (1996) e Sabetta e Pugliese (1996); ii) relazione regionalizzata per le aree vulcaniche REG 4 a 30bar, con profondità rispettivamente di 4 e 3 km nei due rami regionali (A e B). I risultati ottenuti sono mostrati in tab.6 e in fig.11.

Località	Longitudine	Latitudine	amax 50mo MPS04 (g)	amax 50mo in questo studio(g)	amax 84mo in questo studio (g)
Stromboli	15.2204	38.8214	0.0777	0.1956	0.2290
	15.2191	38.7714	0.0802	0.2024	0.2391
Panarea	15.0875	38.6234	0.1041	0.2034	0.2423
	15.0236	38.6243	0.1185	0.1969	0.2340

Tabella 6. Valori proposti in MPS04 per le isole Stromboli e Panarea e valori ottenuti in questo studio.

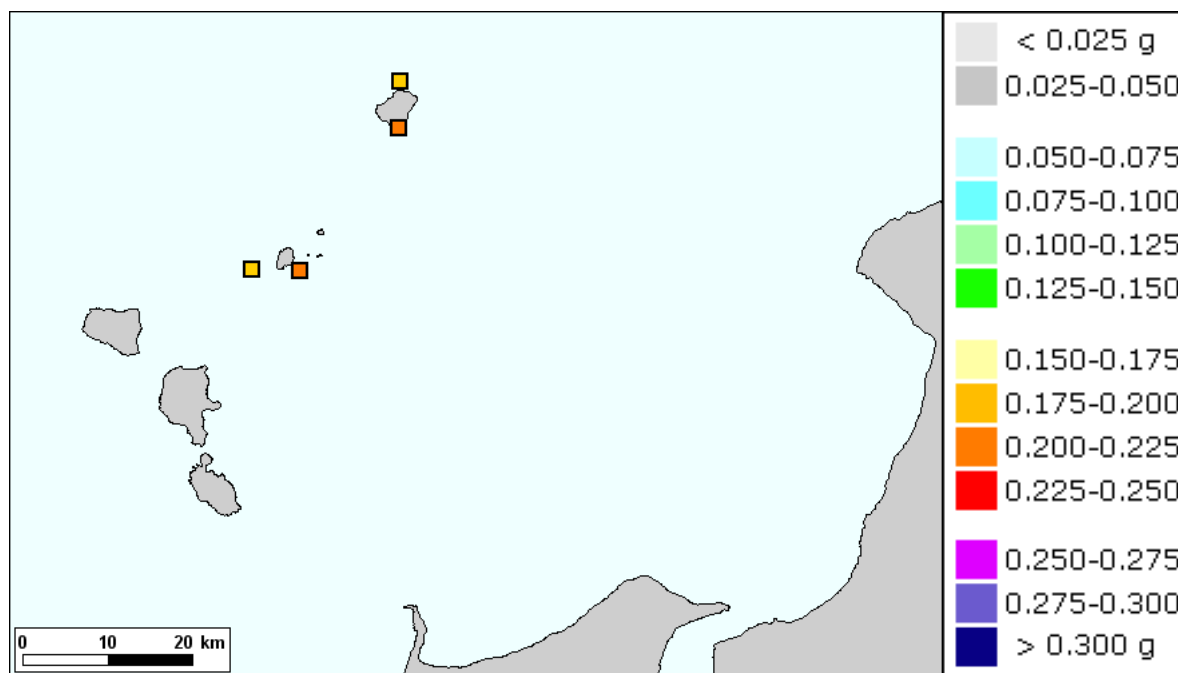


Figura 11. Pericolosità sismica delle isole Stromboli e Panarea, in termini di accelerazione massima con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; 50mo percentile dell'albero logico di fig.10.

2b.2) Ustica, Alicudi, Filicudi (e possibili riflessi su Vulcano, Lipari e Salina)

Le isole di Ustica, Alicudi e Filicudi risentono dei terremoti che si generano nella già citata fascia di compressione localizzata al largo della costa settentrionale siciliana, rappresentata in ZS9 dalla zona sorgente F. I valori proposti da MPS04 variano da un minimo di 0.025-0.050g per Ustica, ad un massimo di 0.075-0.100g per Filicudi, e sono determinati dalla attività delle ZS 932 (Eolie-Patti) e 933 (Sicilia Settentrionale).

Nel corso della realizzazione di MPS04, la ZS 932 è stata disegnata per rappresentare un compromesso in termini di cautela nei confronti delle località costiere siciliane (Palermo in particolare), tenendo conto delle seguenti considerazioni: i) il catalogo CPTI04 riporta in quest'area sia terremoti di origine locale, sia alcuni, presumibilmente localizzati nella citata zona F, per i quali non è possibile determinare con sufficiente attendibilità i parametri epicentrali; ii) le relazioni di attenuazione correnti tendono a sottostimare notevolmente gli effetti in terraferma dei terremoti che sono localizzati nella zona F.

Questa soluzione, cautelativa per la Sicilia settentrionale, non lo è – in linea di principio – per le isole in questione, anche se le medesime non sembrano aver subito in passato effetti particolarmente distruttivi (tabb.7 e 8).

<i>Storia sismica di ALICUDI</i>					
<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Giorno</i>	<i>Area epicentrale</i>	<i>Mw</i>	<i>Is (MCS)</i>
1892	03	16	Alicudi	5.38±0.22	8
1894	11	16	Calabria meridionale	6.05±0.08	5
1930	03	26	Filicudi	4.99±0.15	6
1978	04	15	Golfo di Patti	6.06±0.03	6
2002	09	06	Palermo	5.89±0.18	5

Tabella 7. Storia sismica di Alicudi.

<i>Storia sismica di FILICUDI</i>					
<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Giorno</i>	<i>Area epicentrale</i>	<i>Mw</i>	<i>Is (MCS)</i>
1892	03	16	Alicudi	5.38±0.22	7
1894	11	16	Calabria meridionale	6.05±0.08	6
1894	12	27	Filicudi	5.18±0.15	7
1908	12	28	Calabria meridionale	7.24±0.07	7
1930	03	26	Filicudi	4.99±0.15	7-8
1978	04	15	Golfo di Patti	6.06±0.03	6
2002	09	06	Palermo	5.89±0.18	5

Tabella 8. Storia sismica di Filicudi.

Per valutare la pericolosità sismica di Ustica, Alicudi e Filicudi è stata utilizzata la zona sorgente F e la sismicità contenuta nel catalogo CSI1.0 per il periodo 1983-2002. La soglia di completezza del catalogo è stata fissata a $M_w 3.2$, e non sono stati considerati gli eventi con profondità maggiore di 35 km.

Utilizzando questo catalogo sono stati calcolati i parametri della relazione GR, campionando le magnitudo con un passo di 0.1Mw a partire da $M_{min}=3.2M_w$. I valori ottenuti sono: $a=3.12$, $b=-0.81$. I tassi GR sono stati stimati per 12 classi di Mw comprese tra 4.76Mw e 7.29Mw. La massima magnitudo (classe 7.29Mw) è stata determinata associando considerazioni di tipo sismotettonico a considerazioni di carattere cautelativo, suggerite dai revisori della mappa. A tale valore corrisponde una frequenza annuale di 9×10^{-4} , equivalente ad un periodo di ritorno di 1111 anni.

La pericolosità sismica per Ustica, Alicudi e Filicudi è stata calcolata utilizzando l'albero logico ridotto riportato in fig.12.

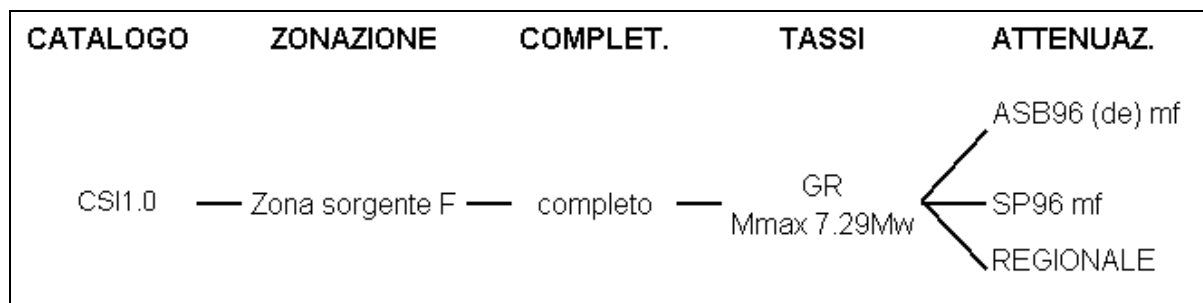


Figura 12. Albero logico utilizzato per calcolare la pericolosità sismica di Ustica, Alicudi e Filicudi.

Per la zona sorgente F sono state utilizzate le relazioni di attenuazione usate per la ZS 933, e cioè: i) ASB96 e SP96, con meccanismo di fagliazione prevalente di tipo inverso; ii) REG 3 (derivata dal lavoro di Malagnini et al., 2000) con profondità di 10 km. I risultati sono presentati in tab.9 - da cui si evince che le incertezze epistemiche sono poco rilevanti, probabilmente in relazione alla semplicità del modello utilizzato - e in fig.13.

Località	Longitudine	Latitudine	amax MPS04 (g)	amax 50mo in questo studio (g)	amax 84mo in questo studio (g)	Valore cautelativo adottato (g)
Filicudi	14.5758	38.5796	0.0936	0.1960	0.1961	0.25
Alicudi	14.3836 14.3199	38.5314 38.5319	0.0698 0.0660	0.2439 0.2471	0.2491 0.2519	0.25 0.25
Ustica	13.1711 13.1708	38.6845 38.7345	0.0407 0.0388	0.1407 0.1198	0.1492 0.1281	0.15 0.15

Tabella 9. Valori di amax proposti da MPS04 per le isole Filicudi, Alicudi e Ustica, a confronto con i valori ottenuti in questo studio con relative incertezze.

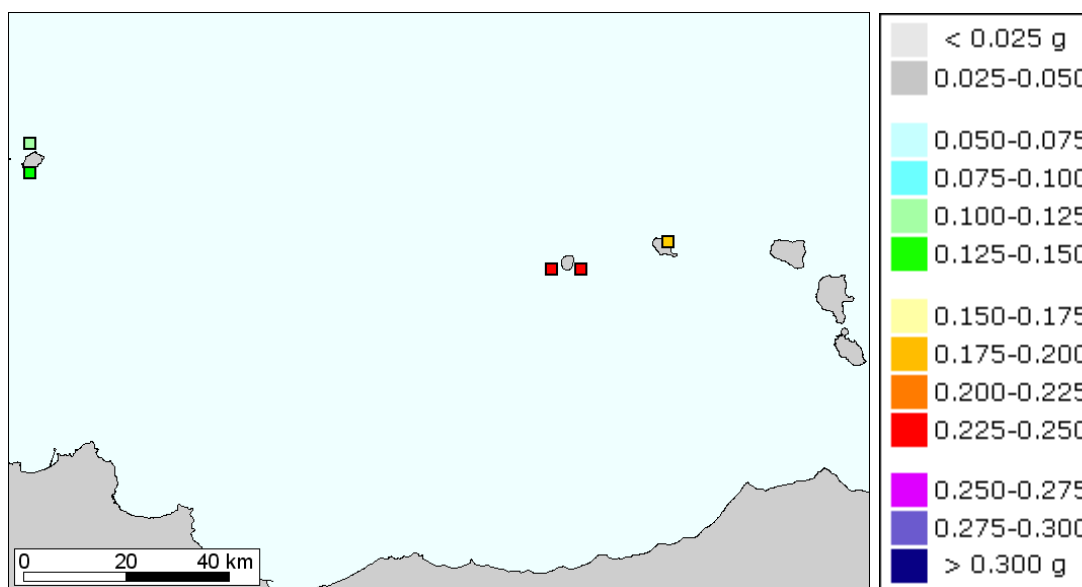


Figura 13. Pericolosità sismica di Ustica, Alicudi e Filicudi, valutata adottando l'albero logico di fig.12.

Nella consapevolezza dei limiti dell'approccio utilizzato si adotta per Alicudi e Filicudi, a titolo cautelativo, il valore di ancoraggio dello spettro corrispondente alla zona 2 (0.25g) e per Ustica quello della zona 3 (0.15g).

Nell'occasione si è proceduto a verificare se l'utilizzo delle zone sorgente F e G (non utilizzate in MPS04) possa determinare a Lipari, Vulcano e Salina un aumento di pericolosità sismica rispetto ai valori proposti da MPS04.

Questo aumento risulta trascurabile per Lipari e Vulcano; per Salina, viceversa, l'aumento è dell'ordine dell'incertezza della stima di MPS04 (84mo-50mo percentile. Va tenuto conto del fatto che la valutazione di pericolosità eseguita utilizzando le zone F e G si basa su elementi meno consolidati rispetto a quelli usati in MPS04.

In considerazione di quanto sopra non si ritiene opportuno proporre modifiche ai valori di pericolosità sismica determinati da MPS04 per le isole di Lipari, Vulcano. Per quanto riguarda Salina si adotta, a titolo cautelativo, il valori corrispondente all'84mo percentile.

Località	Longitudine	Latitudine	amax 50mo (g)	amax 84mo (g)
Lipari	14.9565	38.4752	0.1829	0.2053
Vulcano (Vulcanello)	14.9554	38.4252	0.1880	0.2112
Salina (Malfa)	14.8310	38.5768	0.1626	0.1805

Tabella 10. Valori proposti in MPS04 per Lipari, Vulcano e Salina.

2c) Isole per le quali viene proposto un valore di default

2c.1) Pantelleria e isole Pelagie. MPS04 attribuisce a Pantelleria valori di a_{max} minori di 0.025g, che derivano esclusivamente dal contributo dei terremoti localizzati in Sicilia; tale contributo risulta molto limitato a causa della distanza tra le due isole. La sismicità strumentale del settore di Canale di Sicilia che comprende Pantelleria è caratterizzata da eventi di bassa magnitudo (fig.14). Storicamente Pantelleria ha risentito di alcuni terremoti: sono noti effetti pari al 5-6 MCS in quattro diverse località dell'isola (Scauri, Tracino, Gadir e Raccale) in occasione del terremoto del 1890 ($M_w 4.63 \pm 0.13$). Valori di intensità analoghi sono riportati per il terremoto del 1891 ($M_w 4.63 \pm 0.13$) a Punta Caruscia e a Sant'Elmo, mentre per l'abitato di Pantelleria è riportato un valore massimo pari a 4 MCS.

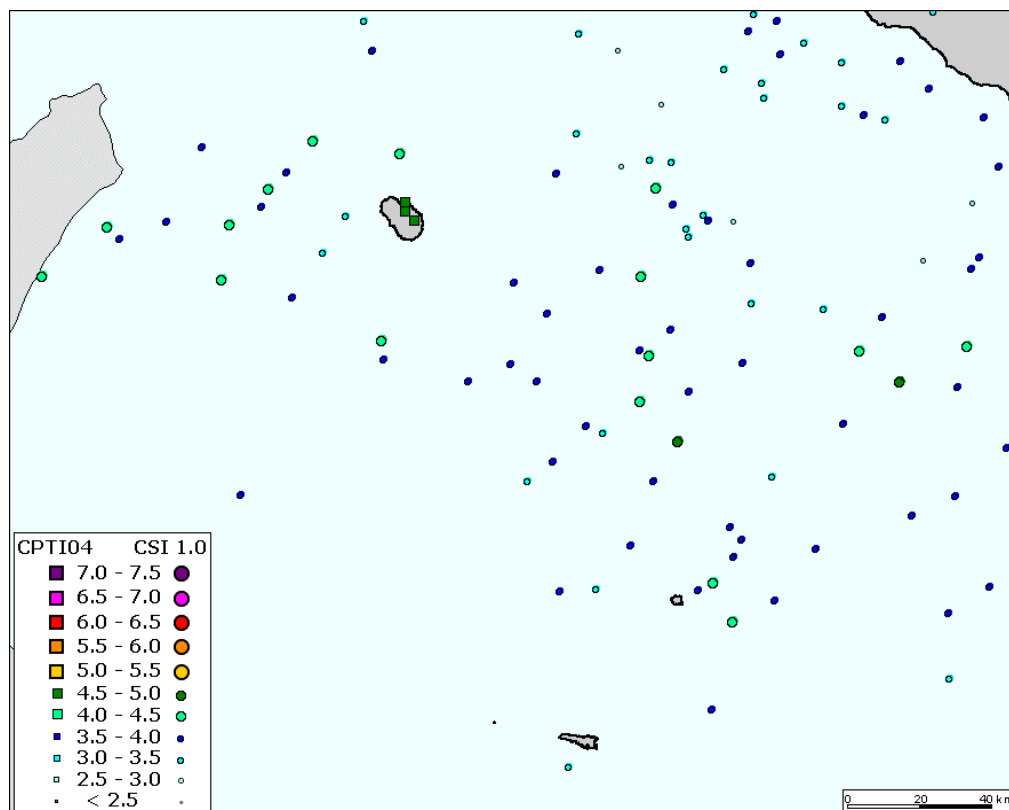


Figura 14. Distribuzione dei terremoti nel Canale di Sicilia.

La localizzazione e i valori di M_w di questi eventi sono abbastanza incerti. Le conoscenze sismotettoniche non consentono peraltro di escludere che nelle vicinanze dell'isola si possano generare eventi con valori di M_w superiori a quelli citati. In conseguenza di quanto sopra, si ritiene che i valori proposti da MPS04 (tab.11) possano risultare sottostimati.

Località	Longitudine	Latitudine	a_{max} 50mo (g)	a_{max} 84mo (g)	Valore adottato (g)
Pantelleria	11.9365	36.8234	0.0177	0.0204	0.05
	11.9987	36.8243	0.0187	0.0214	0.05
	11.9376	36.7734	0.0166	0.0195	0.05
	11.9998	37.7743	0.0177	0.0204	0.05
	12.0619	36.7752	0.0186	0.0213	0.05
	12.0008	36.7243	0.0165	0.0194	0.05
	12.0629	36.7252	0.0175	0.0203	0.05

Tabella 11. Valori proposti da MPS04 per Pantelleria.

Tuttavia, poiché il numero di terremoti che compongono il catalogo locale è troppo esiguo, non si ritiene percorribile nessuna alternativa, quale ad esempio un approccio analogo a quello adottato per Stromboli e Panarea.

Una opzione cautelativa è rappresentata dall'adozione dei valori dell'84mo percentile, che tuttavia non risultano particolarmente diversi dai valori del 50mo percentile. L'opzione più cautelativa, adottata, è rappresentata da un valore di *default*, pari al valore di ancoraggio dello spettro corrispondente alla zona 4 (0.05g).

Per le isole Pelagie sono disponibili pochissimi dati (fig.14) che, se da un lato rendono impossibile l'utilizzo di qualsiasi approccio per la valutazione della pericolosità sismica (MPS04 fornisce valori nulli), dall'altro testimoniano di una scarsa attività sismica locale.

In analogia a quanto proposto per Pantelleria, per queste isole si ritiene ragionevole assumere per un valore di *default*, pari ad esempio al valore di ancoraggio dello spettro corrispondente alla zona 4 (0.05g).

2c.2) Sardegna. Per la valutazione della pericolosità sismica di un territorio esteso come quello della Sardegna occorrerebbe: a) poter definire una o più ZS; b) in alternativa, utilizzare un approccio a sismicità diffusa.

Entrambe queste ipotesi sono percorribili ma producono risultati poco stabili data la bassissima sismicità dall'isola e aree circostanti. Il catalogo CPTI04 riporta solo due eventi di magnitudo $\leq 5M_w$ (1924 e 1948). In occasione dell'evento del 1948 sono state osservate intensità pari a 6MCS in alcune località della Sardegna nord-occidentale. I terremoti più recenti (avvenuti nel 2000, 2004 e 2006), tutti di $M_w < 5$ e localizzati in mare, hanno prodotto in terraferma effetti di modesta intensità.

Tenendo conto del fatto che: i) la sismicità è bassa, anche a livello strumentale (fig.15); ii) i dati storici non segnalano danni significativi, si ritiene ragionevole assumere per l'intera isola un valore di *default* pari a 0.050g.

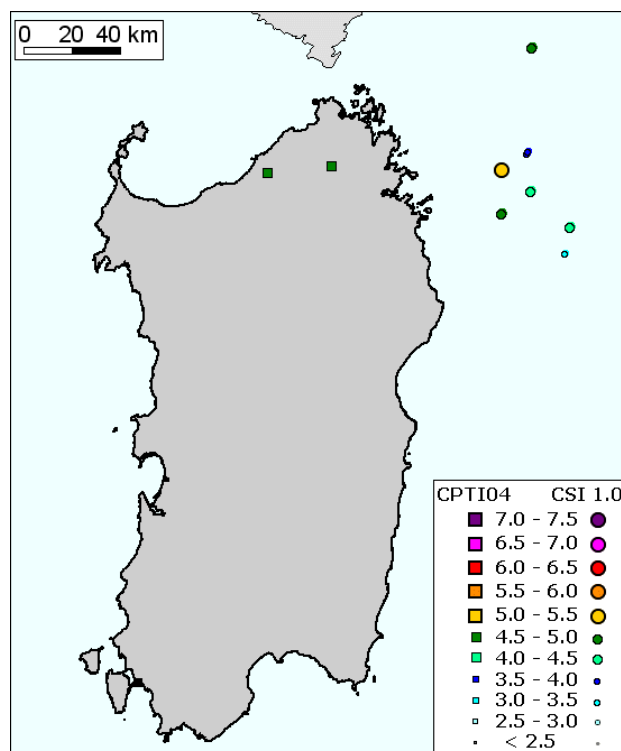


Figura 15. Distribuzione dei terremoti in Sardegna e nei mari adiacenti.

3. Considerazioni conclusive

3a. Valori di a_{max} . Nella tabella 12 sono riassunti i valori di pericolosità sismica con probabilità di superamento del 10% in 50 anni adottati (col.12).

I risultati proposti consentono di completare il quadro della pericolosità sismica del territorio nazionale. La fig.16 mostra i valori di pericolosità sismica presentati in MPS04 per l'area siciliana e i nodi della griglia per i quali questo studio propone valori differenti, in base alle considerazioni e analisi discusse nel capitolo 2. Questi risultati potranno essere migliorati in futuro utilizzando altri dati o metodologie di analisi.

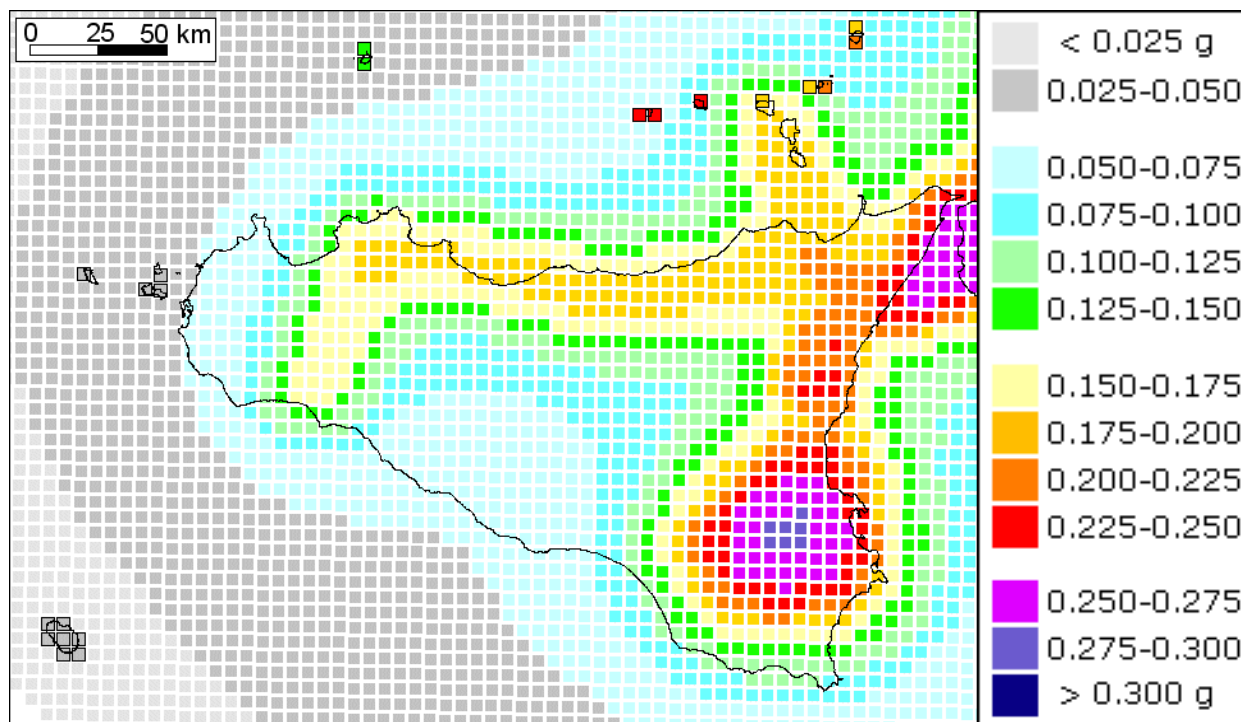


Figura 16. Valori di a_{max} per l'area siciliana con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. I valori proposti da MPS04 sono rappresentati da quadratini senza bordo; quelli adottati a partire dalle considerazioni di cui al punto 2 sono rappresentati da quadratini con bordo nero.

3b. Suggerimenti per l'assegnazione alle zone sismiche. Per quanto riguarda l'eventuale assegnazione alle zone sismiche, si può osservare che i valori proposti da questo studio suggeriscono variazioni di zona, rispetto a quelle assegnate dall'OPCM 3279 e dalle successive delibere regionali, per:

- le isole Egadi, che potrebbero essere assegnate alla zona 4. Tali isole risultano oggi assegnate alla zona 2 come eredità della precedente classificazione sismica del 1984, nonostante la proposta di riclassificazione (Gruppo di Lavoro, 1999) ne avesse proposto la non classificazione, equivalente oggi alla zona 4;
- Ustica, che potrebbe essere assegnata alla zona 3 invece che alla attuale zona 2;
- le isole Tremiti, che potrebbero essere assegnate alla zona 3 invece che alla attuale zona 2. In questo caso, tuttavia, ragioni di tipo cautelativo potrebbero suggerire di non modificare l'attuale assegnazione;
- Pantelleria, che potrebbe restare nella zona 4, ma per la quale considerazioni di tipo cautelativo potrebbero suggerirne l'assegnazione alla zona 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N. nodo	Località	Longitud.	Latitud.	Prop. di riclass. (1998)	amax in MPS04 50mo (g)	amax in MPS04 84mo (g)	Zona sismica secondo OPCM 3274	Valore di ancoraggio secondo OPCM 3274	amax in questo studio 50mo (g)	amax in questo studio 84mo (g)	Valore di amax adottato (g)	Spettro suggerito
24263 24262	Elba (Portoferraio)	10.3552 10.2871	42.7923 42.7905	NC	0.0332 0.0319	0.0414 0.0396	4	0.05			0.0332 0.0319	zona 4 zona 4
24482 24483	Elba (Campo nell'Elba)	10.1537 10.2217	42.7367 42.7386	NC	0.0281 0.0294	0.0355 0.0369	4	0.05			0.0281 0.0294	zona 4 zona 4
24042 24264	Elba (Rio Marina)	10.4208 10.4232	42.8441 42.7942	NC	0.0360 0.0346	0.0456 0.0436	4	0.05			0.0360 0.0346	zona 4 zona 4
23145	Capraia	9.7959	43.0261	NC	0.0307	0.0370	4	0.05			0.0307	zona 4
26269	Giglio	10.9184	42.3560	NC	0.0339	0.0430	4	0.05			0.0339	zona 4
25147	Pianosa	10.0938	42.5848	NC	0.0228	0,0306	4	0.05			0.0228	zona 4
26260	Montecristo	10.3101	42.3408	NC	0.0197	0.0285	4	0.05			0.0197	zona 4
32737 32959	Ponza	12.9610 12.9615	40.9337 40.8837	NC	0.0467 0.0457	0.0541 0.0527	4	0.05			0.0467 0.0457	zona 4 zona 4
32735 32736	Palmarola	12.8287 12.8949	40.9330 40.9333	NC	0.0445 0.0455	0.0514 0.0527	4	0.05			0.0445 0.0455	zona 4
32516 32517	Zannone	13.0269 13.0931	40.9840 40.9423	NC	0.0490 0.0505	0.0567 0.0580	4	0.05			0.0490 0.0505	zona 4 zona 4
33410	Ventotene	13.4244	40.7849	NC	0.0565	0.0639	4	0.05			0.0565	zona 4
33411	Santo Stefano	13.4904	40.7850	NC	0.0600	0.0676	4	0.05			0.0600	zona 4
46047 46046	Egadi (Favignana)	12.3531 12.2899	37.9929 37.9282	NC	0.0411 0.0379	0.0451 0.0418	2	0.25			0.05 0.05	zona 4
45825	Egadi (Levanzo)	12.3523	37.9788	NC	0.0403	0.0443	2	0.25			0.05	zona 4
45820	Egadi (Marettimo)	12.0361	37.9750	NC	0.0303	0.0343	2	0.25			0.05	zona 4
27447	Isole Tremiti (S.Nicola)	15.5126	42.1173	3	0.0938	0.1014	2	0.25			0.15	zona 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N. nodo	Località	Longitud.	Latitud.	Prop. di riclass. (1998)	amax in MPS04 50mo (g)	amax in MPS04 84mo (g)	Zona sismica secondo OPCM 3274	Valore di ancoraggio secondo OPCM 3274	amax in questo studio 50mo (g)	amax in questo studio 84mo (g)	Valore di amax adottato (g)	Spettro suggerito
42096	Stromboli N	15.2204	38.8214	2	0.0777	0.0866	2	0.25	0.1956	0.2290	0.1956	ad hoc
42318	Stromboli S	15.2191	38.7714		0.0802	0.0898			0.2024	0.2391	0.2024	ad hoc
42982	Panarea E	15.0875	38.6234	2	0.1041	0.1170	2	0.25	0.2034	0.2423	0.2034	ad hoc
42981	Panarea O	15.0236	38.6243		0.1185	0.1302			0.1969	0.2340	0.1969	ad hoc
43196	Filicudi	14.5758	38.5796	2	0.0936	0.1031	2	0.25	0.1960	0.1961	0.25	zona 2
43415	Alicudi E	14.3836	38.5314	2	0.0698	0.0779	2	0.25	0.2439	0.2491	0.25	zona 2
43414	Alicudi O	14.3199	38.5319		0.0660	0.0740			0.2471	0.2519	0.25	zona 2
42508	Ustica N	13.1708	38.7345	NC	0.0388	0.0437	2	0.25	0.1198	0.1281	0.15	zona 3
42730	Ustica S	13.1711	38.6845		0.0407	0.0462			0.1407	0.1492	0.15	zona 3
50924	Pantelleria	11.9365	36.8234	NC	0.0177	0.0204	4	0.05			0.05	zona 4
50925		11.9987	36.8243		0.0187	0.0214						zona 4
51146		11.9376	36.7734		0.0166	0.0195						zona 4
51147		11.9998	37.7743		0.0177	0.0204						zona 4
51148		12.0619	36.7752		0.0186	0.0213						zona 4
51369		12.0008	36.7243		0.0165	0.0194						zona 4
51370		12.0629	36.7252		0.0175	0.0203						zona 4
56706	Lampedusa	12.5760	35.5308	NC	<0.025		4	0.05			0.05	zona 4
55157	Linosa	12.8779	35.8831	NC	<0.025		4	0.05			0.05	zona 4
	Sardegna Nord	-	-	NC	<0.025		4	0.05			0.05	zona 4
	Sardegna Sud	-	-	NC	<0.025		4	0.05			0.05	zona 4
43646	Lipari	14.9565	38.4752	2	0.1829	0.2053	2	0.25			0.1829	ad hoc
43868	Vulcano (Vulcanello)	14.9554	38.4252	2	0.1880	0.2112	2	0.25			0.1880	ad hoc
43200	Salina (Malfa)	14.8310	38.5768	2	0.1626	0.1805	2	0.25			0.1805	ad hoc

Tabella 12. Riepilogo dei dati relativi alle isole: valori di amax proposti da MPS04, da questo studio, e valori finali adottati; spettri suggeriti.

App.1. Valori di amax per ulteriori periodi di ritorno, con particolare riferimento alle isole di cui al punto 2b (Stromboli, Panarea, Ustica, Alicudi e Filicudi)

Premessa. A completamento delle elaborazioni presentate nel capitolo 2 vengono qui presentati i risultati della valutazione di pericolosità sismica in termini di amax con probabilità di superamento in 50 anni rispettivamente pari a 81, 69, 50, 39 e 22%, corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100 e 200 anni, effettuate per le isole di Stromboli, Panarea, Ustica, Alicudi e Filicudi utilizzando gli alberi logici di fig.10 e fig.12.

Non sono state eseguite valutazioni di amax per probabilità di superamento inferiori al 10% in 50 anni, in quanto si ritiene che i dati a disposizione (in particolare il numero di terremoti e la finestra temporale coperta dai cataloghi) non siano sufficienti a garantire l'affidabilità dei risultati.

Per quanto riguarda i valori di amax con probabilità di superamento del 2% in 50 anni, corrispondente a un periodo di ritorno di 2500 anni, una stima indicativa può essere ottenuta applicando il coefficiente 1.5 al valore corrispondente al 10% di superamento in 50 anni, come indicato nelle norme tecniche per determinare l'azione sismica corrispondente allo stato limite di collasso.

Si sottolinea che le valutazioni ottenute hanno un livello di attendibilità inferiore rispetto a quelle proposte da MPS04, a causa della differente qualità dei dati utilizzati. Si ritiene comunque che quanto presentato rappresenti oggi il massimo possibile per l'applicazione dell'OPCM 3519 e delle norme tecniche.

Isole Stromboli, Panarea, Ustica, Alicudi e Filicudi. Le tabb.13 e 14 e le figg.17 e 18 mostrano i valori di amax corrispondenti a diverse probabilità di superamento in 50 anni calcolati per i nodi della griglia corrispondenti alle isole Stromboli e Panarea, Ustica, Alicudi e Filicudi.

	LON	LAT	30	50	72	100	200	475
Panarea E	15.0875	38.6234	0.0693	0.0909	0.1120	0.1280	0.1600	0.2034
Panarea O	15.0236	38.6243	0.0634	0.0824	0.1020	0.1170	0.1480	0.1969
Stromboli N	15.2204	38.8214	0.0575	0.0765	0.0959	0.1100	0.1410	0.1956
Stromboli S	15.2191	38.7714	0.0662	0.0894	0.1110	0.1260	0.1580	0.2024

Tabella 13. Valori di amax per diversi periodi di ritorno relativi alle isole Panarea e Stromboli. I valori sono rappresentati in fig.17.

	LON	LAT	30	50	72	100	200	475
Alicudi E	14.3836	38.5314	0.0336	0.0535	0.0758	0.0942	0.1360	0.2439
Alicudi O	14.3199	38.5319	0.0350	0.0558	0.0807	0.1020	0.1460	0.2471
Filicudi	14.5758	38.5796	0.0251	0.0380	0.0509	0.0590	0.0840	0.1960
Ustica N	13.1708	38.7345	0.0239	0.0350	0.0467	0.0557	0.0780	0.1196
Ustica S	13.1711	38.6845	0.0264	0.0408	0.0561	0.0678	0.0914	0.1407

Tabella 14. Valori di amax per diversi periodi di ritorno relativi alle isole Alicudi, Filicudi e Ustica. I valori sono rappresentati in fig.18.

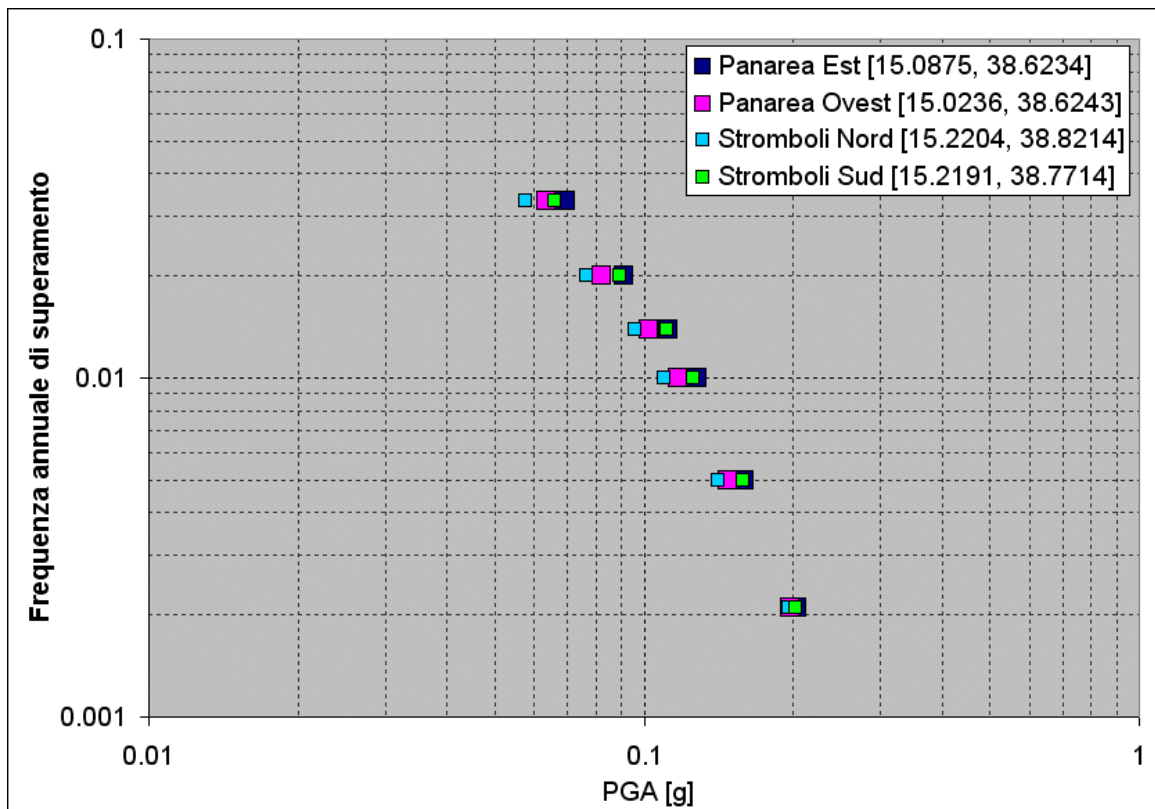


Figura 17. Valori di a_{max} con diverse frequenze annuali di superamento per Panarea e Stromboli.

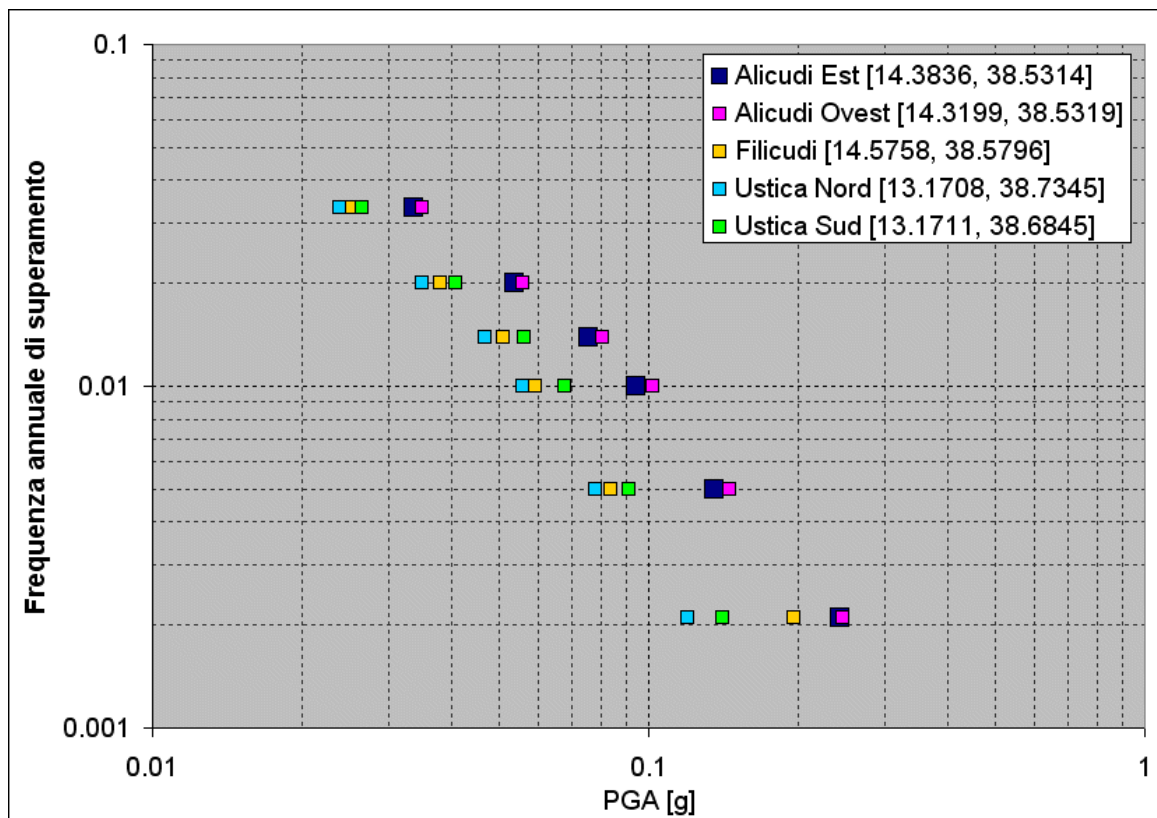


Figura 18. Valori di a_{max} con diverse frequenze annuali di superamento per Alicudi, Filicudi e Ustica.

Bibliografia

- Albarelo, D., V. Bosi, F. Brammerini, A. Lucantoni, G. Naso, L. Peruzza, A. Rebez, F. Sabetta e D. Slejko (2000). Carte di pericolosità sismica del territorio nazionale. Quaderni di Geofisica, 12, Roma, 7 pp., CD-ROM, 4 allegati.
- Ambraseys, N.N., K.A. Simpson e J.J. Bommer (1996). Prediction of horizontal response spectra in Europe. *Earth. Eng. Struct. Dyn.*, 25, 371-400.
- Argnani, A., G. Bortoluzzi, P. Favali, F. Frugoni, M. Gasperini, M. Ligi, M. Marani, G. Mattiotti e G. Mele (1994). Foreland tectonics in the southern Adriatic sea. *Mem. Soc. Geol. It.*, 48, 573-578.
- Castello, B., G. Selvaggi, C. Chiarabba e A. Amato (2005). Catalogo della sismicità italiana – CSI 1.0: 1981-2002. INGV, Centro Nazionale Terremoti, Roma. <http://www.ingv.it/CSI/>
- Console, R., R. Di Giovambattista, P. Favali, B. W. Presgrave e G. Smiraglio (1993). Seismicity of the Adriatic microplate. *Tectonophysics*, 218, 343-354.
- Di Bucci, D. e S. Mazzoli (2003). The October-November 2002 Molise seismic sequence (southern Italy): an expression of Adria intraplate deformation. *J. Geol. Soc. London*, 160, 4, 503-506.
- 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., F. Monelli e P. Pieri (1994). The Puglia uplift (SE Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere. *Tectonics*, 13, 1309-1321.
- Finetti, I., G. Bricchi, A. Del Ben, M. Pipan, Z. Xuan (1987). Geophysical study of the Adria plate. *Mem. Soc. Geol. It.*, 40, 335-344.
- Gabbianelli, G., C. Romagnoli, P.L. Rossi e N. Calanchi (1993). Marine geology of the Panarea-Stromboli area (Aeolian Archipelago, Southeastern Tyrrhenian sea). *Acta Vulcanologia*, 3, 11-20.
- Gruppo di Lavoro (1999). Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale. *Ingegneria Sismica*, 16, 1, 5-14.
- Gruppo di Lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04). INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>
- Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici. <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.
- Jenny, S., S. Goes, D. Giardini e H.G. Kahle (2006). Seismic potential of southern Italy. *Tectonophysics*, 415, 81-101.
- Malagnini L., Herrmann R.B. e Di Bona M. (2000). Ground motion scaling in the Apennines (Italy). *Bull. Seism. Soc. Am.*, 90, 4, 1062-1081.
- Meletti, C., E. Patacca e P. Scandone (2000). Construction of a seismotectonic model: the case of Italy. *Pure and Applied Geophysics*, 157, 11-35.
- Montone, P. e R. Funicello (1989). Elementi di tettonica trascorrente alle Isole Tremiti (Puglia). *Rend. Soc. Geol. It.*, 12, 7-12.
- Patacca, E. e P. Scandone (2004). The 1627 Gargano earthquake (Southern Italy): identification and characterization of the causative fault. *J. Seism.*, 8, 259-273.
- Prestininzi, A., A. Pugliese e R.W. Romeo (2005). Proposta di classificazione e azioni sismiche da applicare al territorio italiano. Proposed seismic classification of Italy and related actions. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 1, 57-70.
- Ridente, D. e F. Trincardi (2006). Active foreland deformation evidenced by shallow folds and faults affecting late Quaternary shelf-slope deposits (Adriatic Sea, Italy). *Basin Res.*, 18, 171-188.
- Romeo, R. e A. Pugliese (2000). Seismicity, seismotectonics and seismic hazard of Italy. *Eng. Geol.*, 55, 241-266.
- Sabetta, F. e A. Pugliese (1996). Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, 2, 337-352.
- Serpelloni, E., M. Anzidei, P. Baldi, G. Casula e A. Galvani (2005). Crustal velocity and strain rate fields in Italy and surrounding regions: new results from the analysis of permanent and non-permanent GPS networks. *J. Geophys. Res.*, 161, 3, 861-880.

- Slejko, D., R. Camassi, I. Cecic, D. Herak, M. Herak, S. Kociu, V. Kouskouna, J. Lapajne, K. Makropoulos, C. Meletti, B. Muço, Ch. Papaioannou, L. Peruzza, A. Rebez, P. Scandone, E. Sulstarova, N. Voulgaris, M. Zivcic e P. Zupancic (1999). Seismic hazard assessment of Adria. *Ann. Geofis.*, 42, 6, 1085-1107.
- Stucchi, M., R. Camassi, A. Rovida, M. Locati, E. Ercolani, C. Meletti, P. Migliavacca, F. Bernardini e R. Azzaro (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/> Quaderni di Geofisica, INGV, accettato.
- Tinti, S. e A. Piatanesi (1996). Numerical Simulations of the tsunamis induced by the 1627 earthquake affecting Gargano, southern Italy. *J. Geodynamics*, 21, 2, 141-160.
- Valensise, G. e D. Pantosti (a cura di) (2001). Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy. *Ann. Geophys.*, 44, 1, 180 pp., con CD-ROM.
- Valensise, G., D. Pantosti e R. Basili (2004). Seismology and Tectonic Setting of the Molise Earthquake Sequence of October 31-November 1, 2002. *Earthquake Spectra*, 20, 1, 23-37.