

Modelli di pericolosità sismica per l'area italiana: “MPS04-S1” e “SHARE”

Seismic hazard models for the Italian area: “MPS04-S1” and “SHARE”

Carlo Meletti¹, Andrea Rovida², Vera D'Amico³, Massimiliano Stucchi⁴ ■

Sommario

Nel 2013 il progetto CE “SHARE” (Seismic Hazard Harmonization in Europe; <http://www.share-eu.org/>) ha prodotto un modello di pericolosità sismica per l'area europea, i cui risultati sono tuttora in via di distribuzione. Questi risultati rappresentano di fatto la prima valutazione di pericolosità sismica completa per il territorio italiano a partire dal 2006, anno in cui è stato rilasciato il modello di pericolosità di riferimento nazionale (MPS04-S1, <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

In questo lavoro si propongono alcune analisi delle differenze fra i due modelli, che mostrano come ad alcune differenze nei valori di PGA (10% di probabilità di eccedenza in 50 anni) si accompagnino differenze, anche di segno opposto, negli spettri in accelerazione a pericolosità uniforme.

Le analisi mostrano anche che i tassi di sismicità di SHARE sono pressochè simili a quelli di MPS04-S1 e che le ragioni delle differenze più significative sembrano da ricercare nei diversi modelli di attenuazione del moto sismico utilizzati nei due studi.

Parole chiave: Pericolosità sismica, normativa sismica, spettri a pericolosità uniforme.

Abstract

In 2013 the EC project “SHARE” (Seismic Hazard Harmonization in Europe; <http://www.share-eu.org/>) released a seismic hazard model for the European area, the results of which are now being published. The results of the SHARE project represent the first comprehensive seismic hazard evaluation for the Italian territory since the publication of the national reference hazard model (MPS04-S1, <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) in 2006.

In this paper we analyze some differences of the two models. Such analyses show that some of the differences in the PGA values (10% probability of exceedance in 50 years) in the two models are associated with opposite differences in the uniform hazard spectra.

In addition, the analyses show that the activity rates computed by SHARE are generally lower than those of MPS04-S1, and that the most important differences between the two models seem to derive from the different ground motion attenuation models used.

Keywords: Seismic hazard, building code, uniform hazard spectra.

1. Introduzione

All'inizio del 2013 il progetto CE “SHARE” (Seismic Hazard Harmonization in Europe) ha rilasciato un modello di pericolosità sismica per l'area europea, i cui risultati sono ora in via di distribuzione.

In base ai requisiti suggeriti dalla comunità ingegneristica, il progetto ha rilasciato:

- mappe di pericolosità sismica per diversi periodi di ritorno (da 72 a 5000 anni) per PGA e diverse ordinate spettrali (SA, tra 0.1

e 4 secondi);

- curve di pericolosità per tutti i nodi della griglia di calcolo;
- spettri a pericolosità uniforme;
- disaggregazione della PSHA in termini di PGA e accelerazioni spettrali.

Dettagli e dati sono disponibili sul sito del progetto (<http://www.share-eu.org/>), mentre i risultati sono consultabili attraverso un portale creato ad hoc (<http://www.efehr.org/>).

¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Pisa - ✉ carlo.meletti@pi.ingv.it

² Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano - ✉ andrea.rovida@mi.ingv.it

³ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Pisa - ✉ vera.damico@pi.ingv.it

⁴ Fondazione Eucentre, Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica, Pavia - ✉ massimiliano.stucchi@eucentre.it

Questi risultati rappresentano di fatto la prima valutazione di pericolosità sismica completa per il territorio italiano a partire dal rilascio del modello MPS04 (2004; <http://zonesismiche.mi.ingv.it>) e dei dati del progetto S1 (2006; <http://esse1.mi.ingv.it>), di seguito citati come MPS04-S1. Viene pertanto spontaneo chiedersi se sia cambiato qualcosa nella valutazione della pericolosità sismica italiana in questi dieci anni e quali ne siano le ragioni; poiché il gruppo di ricerca che ha coordinato MPS04-S1 ha collaborato in modo significativo anche a SHARE, ritiene utile proporre qualche riflessione sull'argomento.

In primo luogo è bene ricordare che i due modelli nascono in tempi diversi, sia pure con obiettivi simili. MPS04-S1 è stato prodotto nell'ambito del processo di revisione della normativa sismica avviato a seguito del terremoto di San Giuliano di Puglia (2002), che ha visto prima l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3274/2003, poi dell'Ordinanza PCM 3519/2006 e infine delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08).

In particolare MPS04 è l'oggetto dell'Ordinanza PCM 3519/2006 e i dati del progetto S1 sono alla base della definizione dell'azione sismica di NTC08. Di fatto, alla fine di un percorso iniziato nel 2003 l'Italia si è dotata di un modello di pericolosità sismica di riferimento e una normativa agganciata strettamente ad esso (Stucchi et al., 2011).

Il progetto SHARE rispondeva a una precisa richiesta del Programma Quadro Comunitario FP7:

There is a need to create, for Europe, a unified framework for seismic hazard assessment and to produce an integrated European probabilistic seismic hazard assessment (PSHA) model and specific scenario based modelling tools. [...]

Expected impact: *The Eurocode 8 on Design of structures for earthquake resistance will gradually take over for national standards in the period 2007-2010. However, its provisions for seismic safety constructions are based on national seismic hazard zonations. As a result, seismic hazard is assessed in Europe in a variety of uneven and incompatible ways in different countries and different sectors (may differ by more than 50% at borders). The project will contribute to a homogeneous application of the Eurocode 8 through harmonising methodologies for seismic hazard zonation in Europe [...]*

offrire una valutazione di pericolosità sismica di riferimento per l'intero territorio europeo più che a fornire direttamente la base per rivedere le normative nazionali.

2. Qualche confronto

Prima di procedere è necessario sottolineare che il confronto fra modelli di pericolosità sismica è un esercizio che richiede cautela, in quanto non vi sono regole precise per effettuarlo e non sono disponibili criteri, ampiamente condivisi, per stabilire quale modello sia "migliore". Allo stesso modo, come già osservato in Crowley et al. (2009), Meletti et al. (2012), Iervolino (2013), sono pure da evitare i confronti affrettati di modelli probabilistici con osservazioni relative a un solo, o pochi, terremoti, anche se tali confronti vengono effettuati frequentemente in ambiti svariati, compreso quello scientifico.

Il confronto più immediato è quello tra le distribuzioni di PGA con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, vale a dire con un periodo di ritorno di 475 anni, che rappresenta una delle stime convenzionali della pericolosità sismica (Figura 1).

La Figura 2 propone le differenze fra le due distribuzioni di Figura 1. In generale i valori di PGA risultano più elevati in SHARE; le differenze maggiori si ritrovano nell'area gardesana, in gran parte dell'Appennino settentrionale, in Irpinia, Calabria e Sicilia.

Tuttavia, se si analizzano i valori di accelerazione attesi per diversi periodi spettrali, si può notare come le differenze cambino verso (Figura 3).

Nella Figura 3 differenze positive (colori verdi-blu) significano che SHARE presenta valori maggiori di MPS04-S1, valori negativi (colori giallo-arancio) indicano la situazione opposta. Si notano differenze positive lievi in Toscana, Emilia-Romagna, Piemonte e Trentino; e differenze negative più accentuate in Friuli, Abruzzo, zona del Bradano e Iblei.

Volendo valutare più in dettaglio le differenze tra i due modelli si sono analizzati gli spettri a pericolosità uniforme per alcune località significative (Figure 4, 5 e 6), in particolare per Cosenza (città che in MPS04-S1 mostrava i valori più alti di tutto il modello, circa 0.28 g), L'Aquila e Mirandola (per ovvii motivi).

Le figure mostrano l'andamento diverso degli spettri proposti da MPS04-S1 e da SHARE. In generale il modello SHARE mostra valori più elevati per PGA e accelerazioni spettrali fino a circa 0.3 secondi; oltre tale periodo è MPS04-S1 a presentare valori più elevati (tranne la stima per Cosenza con periodo di ritorno 2475 anni). Le incertezze delle stime, rappresentate con le aree colorate, mostrano anche come la

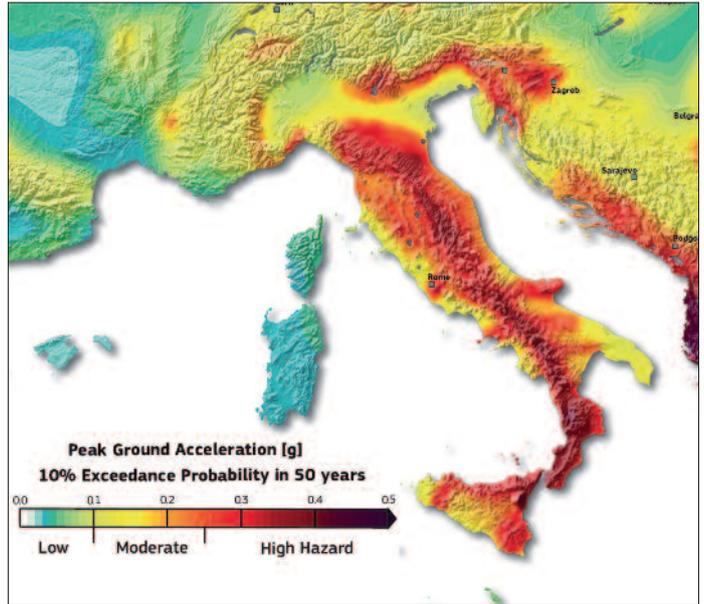
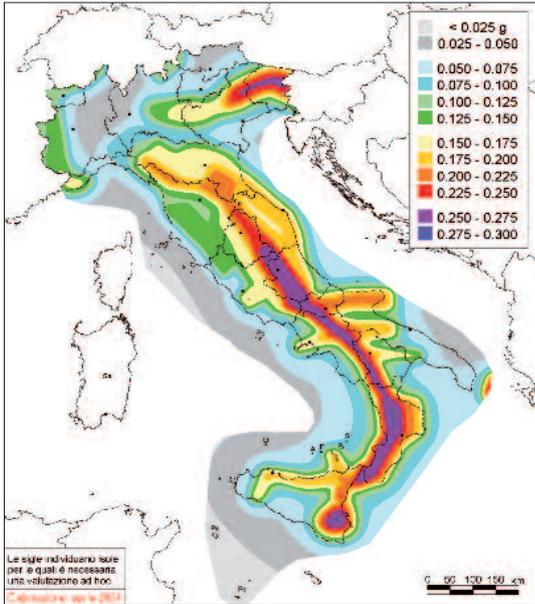


Figura 1
Confronto tra le distribuzioni di PGA (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) proposte da MPSO4-S1 (sinistra) e SHARE (destra).

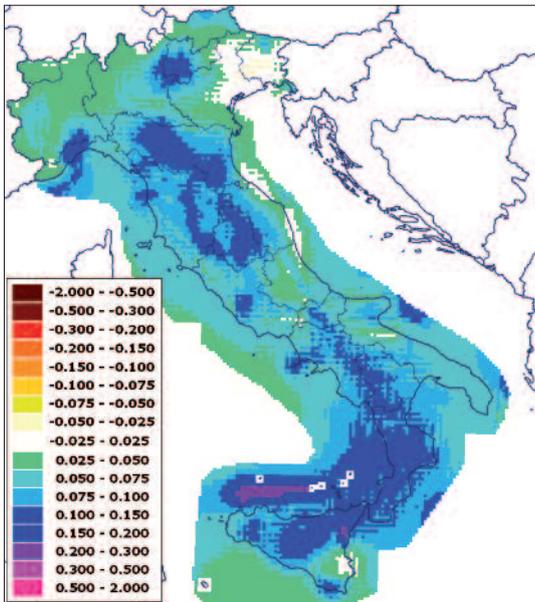


Figura 2
Differenze tra i valori di PGA, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) in SHARE e MPSO4-S1.

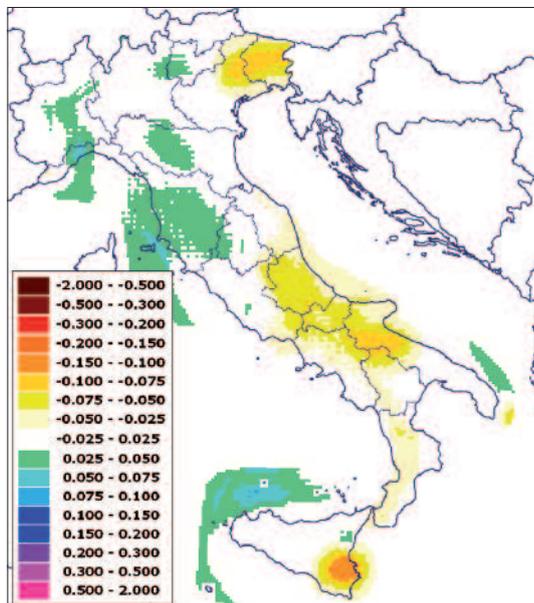
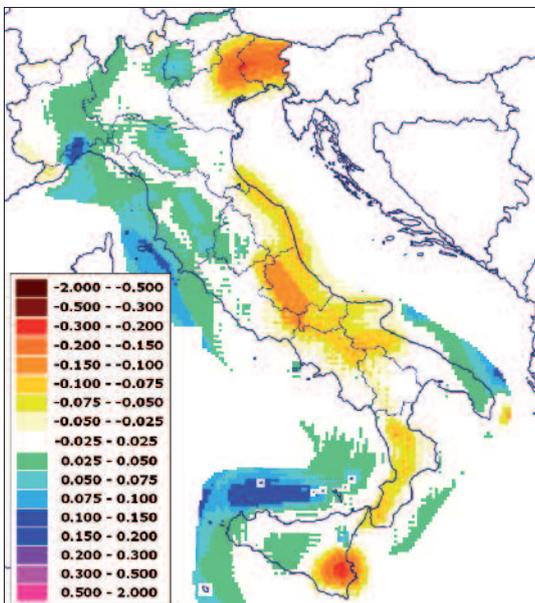


Figura 3
Differenze (SHARE-MPSO4-S1) tra le ordinate spettrali (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) per il periodo di 0.5 s (sinistra) e per il periodo di 1 secondo (destra).

Figura 4
Spettri a pericolosità uniforme per la città di Cosenza con il 10% (sinistra) e il 2% (destra) di probabilità di eccedenza in 50 anni secondo i modelli MPSO4-S1 e SHARE. Sono riportate anche le relative incertezze delle stime.

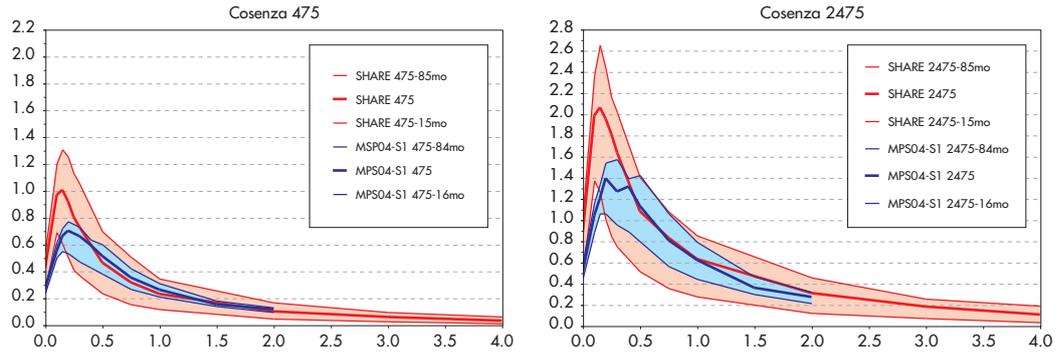


Figura 5
Spettri a pericolosità uniforme per la città dell'Aquila con il 10% (sinistra) e il 2% (destra) di probabilità di eccedenza in 50 anni secondo i modelli MPSO4-S1 e SHARE. Sono riportate anche le relative incertezze delle stime.

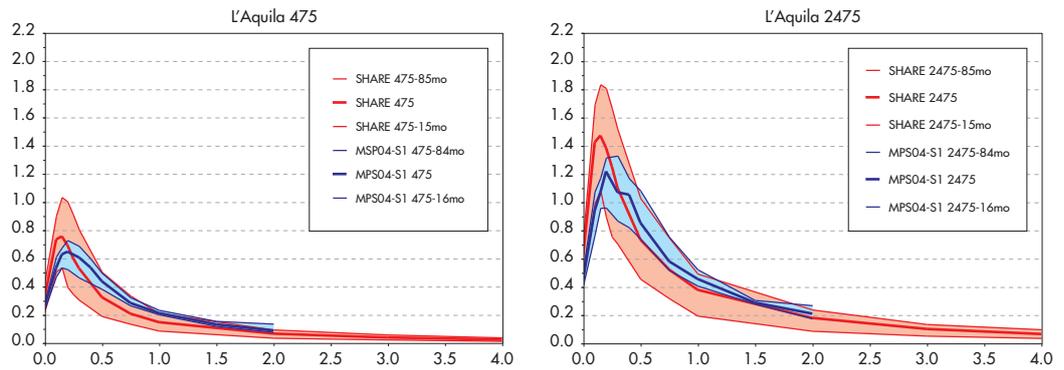
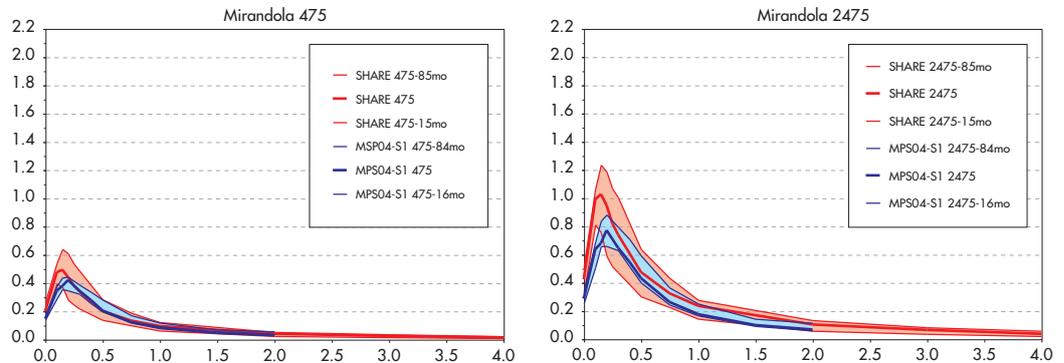


Figura 6
Spettri a pericolosità uniforme per la località di Mirandola con il 10% (sinistra) e il 2% (destra) di probabilità di eccedenza in 50 anni secondo i modelli MPSO4-S1 e SHARE. Sono riportate anche le relative incertezze delle stime.



stima di MPSO4-S1 sia quasi sempre compresa nell'area dell'incertezza della stima di SHARE, tranne alcune porzioni per i periodi spettrali più brevi soprattutto nei casi di Cosenza e Mirandola.

3. Differenze: le ragioni principali

Per spiegare queste differenze bisogna ovviamente considerare le diversità nelle procedure di calcolo e nella definizione degli elementi di input adottate dai due modelli.

Limitandoci agli aspetti più importanti, osserviamo innanzitutto che MPSO4-S1 si basa su un unico modello di aree-sorgente (ZS9, Meletti et al., 2008), mentre SHARE si basa su tre diversi

approcci nella definizione delle sorgenti sismiche: a) un modello di aree-sorgente (per l'Italia praticamente identico a ZS9); b) un modello di faglie attive e relative aree di background; c) un modello a sismicità diffusa. SHARE ha inoltre utilizzato un albero logico più complesso e un codice di calcolo più avanzato, che ha consentito l'utilizzo di un numero di parametri di input ben maggiore di quanto non sia stato possibile per MPSO4-S1.

Per quanto riguarda la caratterizzazione delle sorgenti, SHARE ha ovviamente utilizzato elaborati più aggiornati di MPSO4-S1 per quanto riguarda in particolare il catalogo dei terremoti, la definizione degli intervalli di completezza del catalogo, la massima magnitudo (molto più ele-

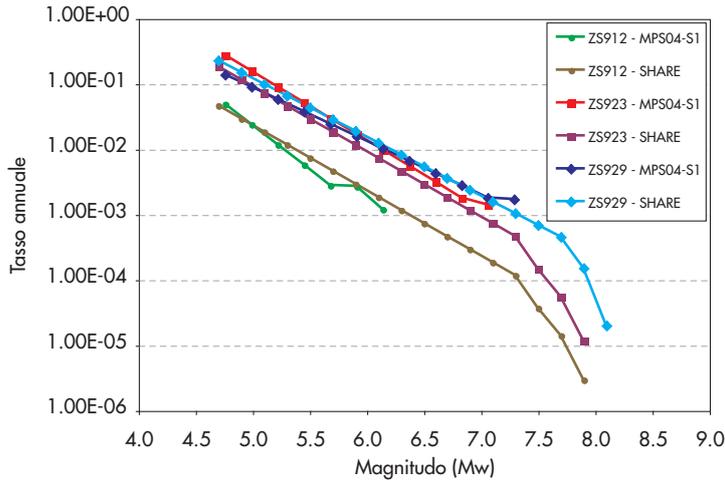


Figura 7
Tassi annuali di sismicità adottati, in tre aree-sorgente, in MPS04-S1 e SHARE.

vata in SHARE). Le differenze principali rispetto a MPS04-S1 sono illustrate in Appendice.

Da una analisi preliminare non sembra che questi elementi abbiano una influenza elevata sui risultati; anzi, la Figura 7 mostra come, in tre delle aree-sorgente, i tassi annuali di sismicità di SHARE siano inferiori o simili a quelli di MPS04-S1. Va peraltro osservato che questo confronto riguarda solo il modello di aree-sorgente il quale, comunque, ha sempre ricevuto il peso maggiore (da 50% a 60%) nell'albero logico adottato in SHARE.

Viceversa, un ruolo determinante nelle differenze sembra essere stato giocato dai modelli di attenuazione del moto del suolo.

Il modello MPS04 utilizzava i modelli disponibili nel 2004 definiti per l'area italiana (Sabetta e Pugliese, 1996; Malagnini et al., 2000; 2002; Morasca et al. 2002) ed europea (Ambraseys et al., 1996); il progetto SHARE ha usato modelli più recenti definiti con dati raccolti per diverse aree mondiali. In particolare per le aree definite Active Shallow Crustal Region (ASCR), nelle quali rientra il territorio italiano, sono stati usati

i modelli di Akkar e Bommer (2010), Cauzzi e Faccioli (2008), Zhao et al. (2006) e Chiou e Youngs (2008). In entrambi i progetti i diversi modelli di attenuazione sono stati poi combinati nell'albero logico con pesi diversi.

Va inoltre osservato che i modelli di attenuazione usati in MPS04-S1 definiscono il parametro di scuotimento come la componente massima tra le due componenti orizzontali, mentre i modelli usati in SHARE definiscono il valore medio tra le due componenti.

Allo scopo di effettuare un confronto qualitativo, sono stati selezionati due rami dell'albero logico di MPS04-S1 e rieseguiti i calcoli degli spettri a pericolosità uniforme, usando alcune relazioni di attenuazione adottate in MPS04-S1 (ASB96: Ambraseys et al., 1996; S&P96: Sabetta e Pugliese, 1996) e alcune relazioni tra quelle usate in SHARE (A&B10: Akkar e Bommer, 2010; C&F08: Cauzzi e Faccioli, 2008; ZHA06: Zhao et al., 2006), a parità di tutti gli altri elementi di input. In questo modo è possibile valutare l'impatto reale dei modelli di attenuazione sui risultati.

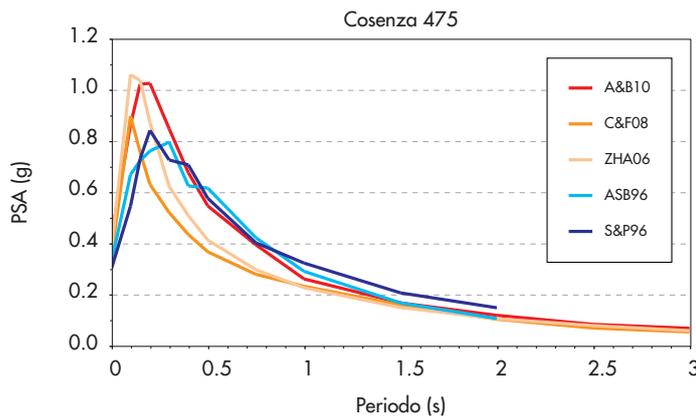


Figura 8
Confronto tra le stime eseguite per la città di Cosenza, per la probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, con diversi modelli di attenuazione, a parità di tutti gli altri elementi di input.

Figura 9
Confronto tra le stime eseguite per la città dell'Aquila, per la probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, con diversi modelli di attenuazione, a parità di tutti gli altri elementi di input.

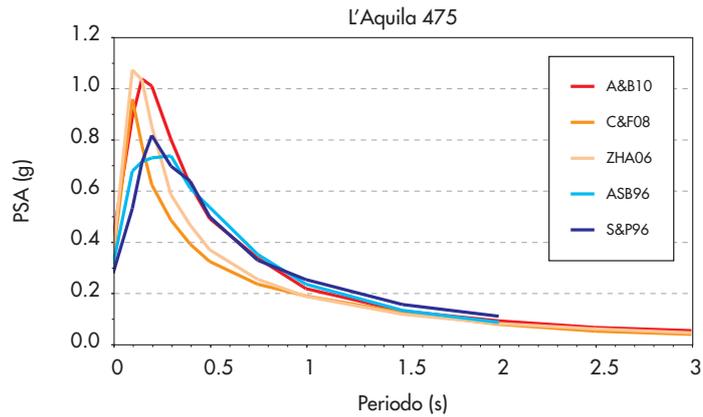
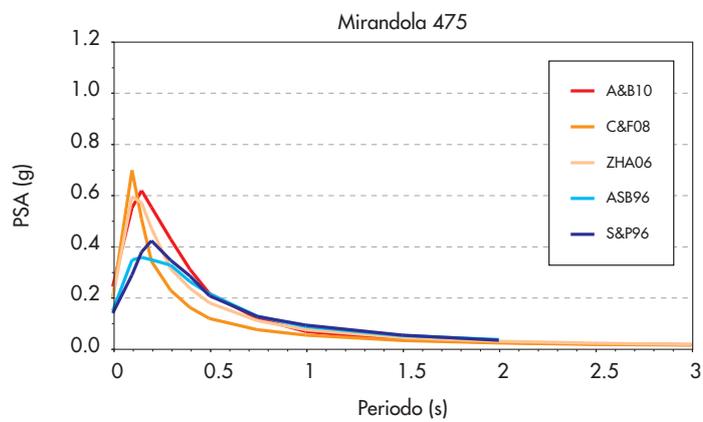


Figura 10
Confronto tra le stime eseguite per la città di Mirandola, per la probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, con diversi modelli di attenuazione, a parità di tutti gli altri elementi di input.



Nelle Figure 8, 9, 10 vengono mostrati, per le tre località considerate, gli spettri ottenuti con i principali modelli di attenuazione usati in MPS04-S1 e SHARE. Nelle figure si osserva che l'andamento degli spettri ottenuti applicando agli input di MPS04-S1 i modelli di attenuazione usati in SHARE è analogo a quello finale di SHARE in termini di forma: valori più alti di PGA e per ordinate spettrali fino a circa 0.3 secondi rispetto agli spettri proposti da MPS04-S1, poi un più rapido decadimento dei valori di SHARE che diventano minori di quelli presentati in MPS04-S1.

In base a queste considerazioni, per quanto qualitative, riteniamo possibile affermare che le differenze tra i risultati proposti da MPS04-S1 e dal progetto SHARE siano legate essenzialmente ai diversi modelli di attenuazione del moto del suolo utilizzate.

4. Qualche conclusione

È stato ricordato che i due modelli nascono in momenti e contesti diversi, e che le ragioni delle differenze vanno ricercate negli approcci e nelle basi di dati utilizzate, come è ovvio per elaborazioni eseguite a distanza di quasi dieci anni. Esistono poi una serie di differenze anche concettuali che non consentono un rigoroso confronto

quantitativo tra i due modelli: oltre a quelle descritte nel testo, si ricorda anche come il valore proposto da MPS04 sia la mediana tra i valori ottenuti dai singoli rami dell'albero logico, mentre SHARE considera il valore medio degli stessi. Tenuto conto di questo, è stata eseguita, tuttavia, una analisi qualitativa per individuare gli elementi che determinano le differenze maggiori tra i due modelli. Il risultato di questa analisi è che le differenze principali fra i due modelli di pericolosità sono da imputare, in misura maggiore, ai modelli di attenuazione (al netto delle valutazioni esposte nel paragrafo precedente). Questo non stupisce in quanto i modelli di attenuazione sono l'elemento di input che negli ultimi dieci anni ha subito l'evoluzione maggiore, sia per la disponibilità di molti nuovi dati, sia per la definizione di funzioni più articolate; il tutto ha portato, tra l'altro, ad un notevole aumento della incertezza associata. Peraltro una conclusione analoga, ovvero la segnalazione di un forte impatto di nuove modelli di attenuazione sull'aggiornamento di stime di pericolosità sismica era già stata suggerita da D'Amico et al. (2012) per uno studio di dettaglio sulla Sicilia Orientale. Viceversa, i tassi di sismicità associati alle singole aree-sorgente in SHARE sono simili quando

non inferiori a quelli di MPS04, perlomeno nelle aree-sorgente uguali nei due modelli.

In definitiva, il modello SHARE rappresenta sicuramente un importante aggiornamento nella definizione della pericolosità sismica in Europa. Le analisi mostrate in precedenza, non sembrano richiedere una sostanziale revisione dell'azione sismica della normativa NTC08.

Per quanto riguarda la mappa di riferimento per la definizione delle zone sismiche (Ordinanza PCM 3519/2006), basata sulla distribuzione di PGA di MPS04-S1, va ricordato che, con l'emanazione delle NTC08, non determina più i livelli di sicurezza secondo i quali vengono ora progettati gli edifici e gli interventi su quelli esistenti. Peraltro la mappa in questione risulta finora poco utilizzata dalle Regioni per la classificazione sismica, dato che dopo il 2006 solo nove regioni hanno proceduto all'aggiornamento delle zone sismiche, basandosi in parte su interpretazioni autonome; tra queste, infine, solo alcune sono le regioni ad elevata pericolosità sismica.

Appendice

Differenze negli elementi di caratterizzazione delle sorgenti in MPS04-S1 e SHARE

■ Aree-sorgente

Il modello di aree-sorgente utilizzato per MPS04-S1 è ZS9 (Meletti et al., 2008), basato sullo stato dell'arte in termini sismotettonici all'epoca della realizzazione di MPS04-S1.

Il modello di aree-sorgente per SHARE (Arvidsson e Grünthal, 2010) è stato costruito come compilazione dei modelli di aree-sorgente nazionali e/o regionali esistenti all'inizio del progetto. Di conseguenza, per quanto riguarda il territorio ita-

liano, SHARE ha adottato in larga misura ZS9; le differenze principali riguardano quasi esclusivamente alcune aree-sorgente del territorio alpino (Figura 11).

Un elemento non trascurabile di differenza tra i due modelli è rappresentato dal fatto che il modello SHARE, al contrario di MPS04-S1, non prevede l'utilizzo di aree di back-ground. Questo ha comportato la creazione di ulteriori aree-sorgente rispetto a ZS9 (Figura 11).

■ *Cataloghi dei terremoti*

Il catalogo di input di MPS04-S1 è CPTI04 (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>; Gruppo di lavoro MPS, 2004), prodotto specificamente per la redazione della mappa secondo i criteri illustrati nell'Appendice 1 del rapporto conclusivo (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>). Per il modello SHARE è stato utilizzato un catalogo compilato nell'ambito del progetto stesso, denominato SHEEC (SHARE European Earthquake Catalogue, <http://www.emidius.eu/SHEEC>), che si compone di due porzioni, 1000-1899 e 1900-2006, compilate da due gruppi di autori con diverse metodologie:

- SHEEC 1000-1899 è basato principalmente sulla rivalutazione dei parametri a partire da dati macrosimici (le procedure di compilazione sono dettagliate in Stucchi et al., 2013);
- SHEEC 1900-2006 è compilato prevalentemente utilizzando parametri forniti da altri cataloghi (Grünthal e Wahlström, 2012; Grünthal et al., 2013), con la conversione a M_w della magnitudo del catalogo di partenza, ove diversa da M_w .

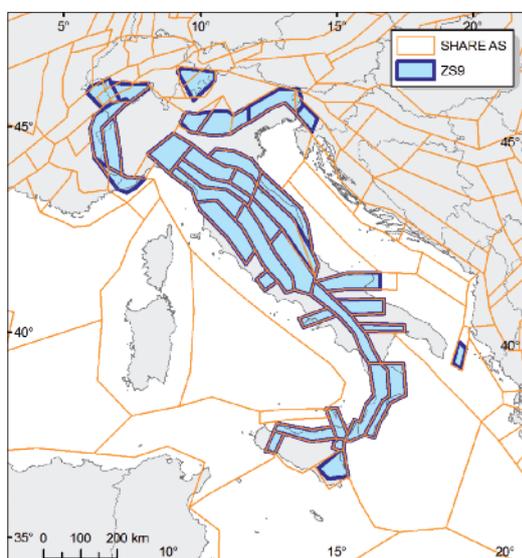


Figura 11 - Aree-sorgente in MPS04-S1 e SHARE.

Oltre che per la diversa estensione temporale e spaziale, CPTI04 e SHEEC differiscono soprattutto per:

- strategia generale di compilazione della finestra temporale post 1900;
- numero di terremoti (nell'area italiana);
- dati di base utilizzati, più aggiornati per SHEEC rispetto a CPTI04;
- metodi utilizzati per la determinazione dei parametri, in particolare per quanto riguarda la determinazione della magnitudo, da dati macrosismici;
- soglia di magnitudo utilizzata: $M_w \geq 4.5$ per CPTI04 (ad eccezione dell'area etnea, dove è stata utilizzata una soglia più bassa) e $M_w \geq 3.5$ circa per SHEEC.

Il confronto dei valori di M_w dei terremoti comuni ai due cataloghi, rappresentato in Figura 12A per la porzione 1000-1899 e Figura 12B per la porzione 1900-2002, mostra un generale abbassamento dei valori in SHEEC, soprattutto per le classi più basse. Un'altra importante differenza riguarda i metodi di *declustering*. Il catalogo CPTI04 contiene solo eventi "principali", a seguito di una rimozione delle "repliche" eseguita con una finestra di 90 giorni e 30 km dagli eventi principali. SHEEC è stato declusterato con il metodo di Grünthal (1985) che considera finestre temporali diverse in funzione della magnitudo. Per quanto riguarda l'area Italiana, il processo di *declustering* di SHEEC ha eliminato circa il 34% degli eventi in catalogo, portando il numero di terremoti a un valore molto simile al numero di eventi in CPTI04.

- **Valutazione degli intervalli di completezza**
Le valutazioni riguardanti sia MPS04-S1 sia

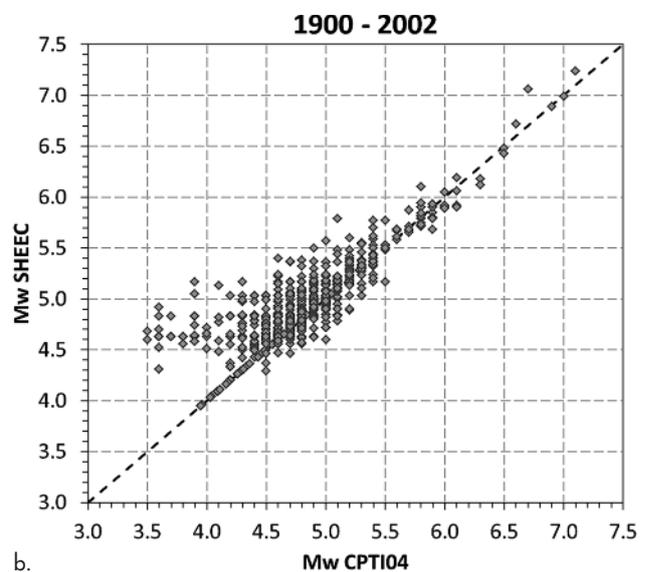
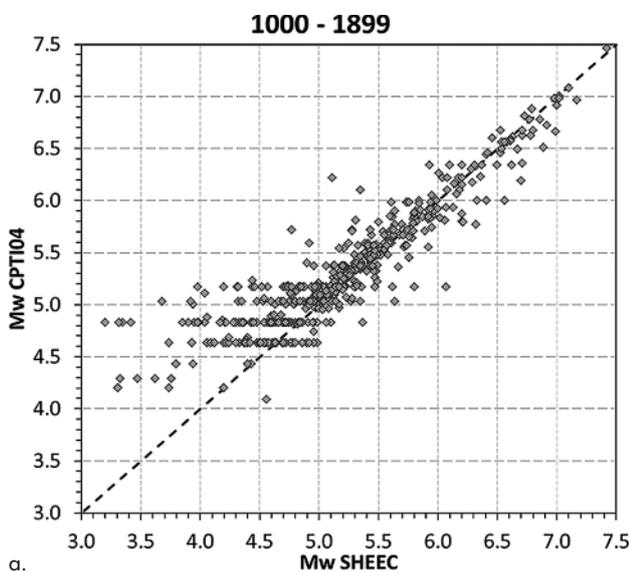
SHARE, sono state effettuate inizialmente su macro-aree disegnate sulle base delle aree sorgente. Per quanto riguarda l'Italia, le macro-aree sono state cinque in entrambi i casi; le differenze non sono elevate (Figura 13a). Figura 13b mostra il confronto tra gli intervalli di completezza determinati per MPS04-S1 e SHARE nella macro-area denominata "Centro", definita allo stesso modo in MPS04-S1 e SHARE. Analogamente alle altre quattro macro-aree, le differenze nelle valutazioni non sono sostanziali.

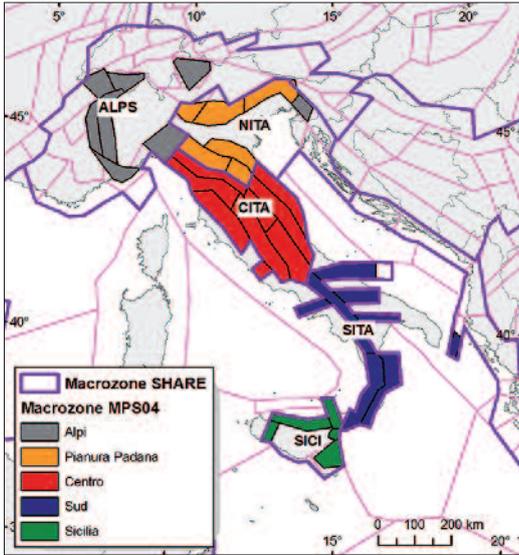
Nel caso di MPS04-S1 sono state effettuate due valutazioni alternative (prevalentemente storiche e prevalentemente statistiche), che hanno determinato due rami dell'albero logico. Nel caso di SHARE è stata effettuata una sola valutazione, che ha compreso valutazioni di tipo storico, statistico ed esperto.

- **Massima magnitudo**

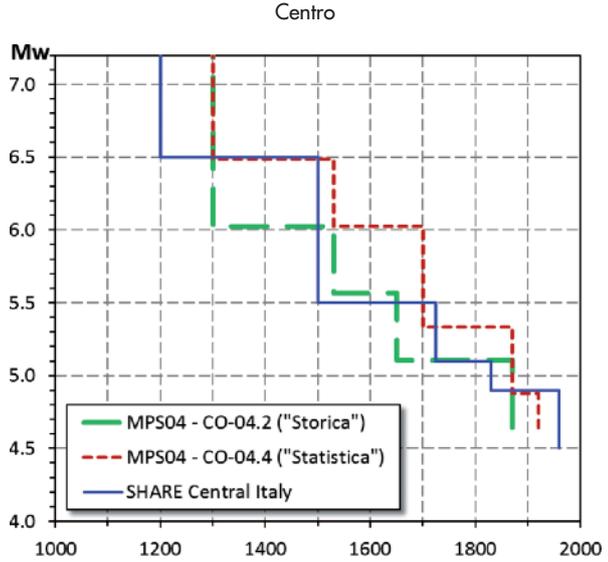
Riguardo alla valutazione della massima magnitudo attesa (M_{max}), in MPS04-S1 sono stati definiti due insiemi di valori di M_{max} sulla base di dati sismologici e geologici osservati. Il primo insieme è stato determinato considerando, per ogni area sorgente di ZS9, il valore più alto tra la massima magnitudo osservata nel catalogo CPTI04 e quella proposta su base geologica a partire dal database delle sorgenti sismogenetiche DISS 2.0 (Valensise e Pantosti, 2001). Il secondo insieme, più cautelativo del precedente, assumeva un valore minimo di M_{max} pari a 6.14 per tutte le aree sorgente (ad eccezione di quelle vulcaniche) per le quali la massima magnitudo osservata risultava inferiore a tale soglia.

Figura 12
Differenze di magnitudo dei terremoti comuni a CPTI04 e SHEEC: a) nelle porzione 1000-1899 (1121 eventi) e b) 1900-2002 (1010 eventi).





a.



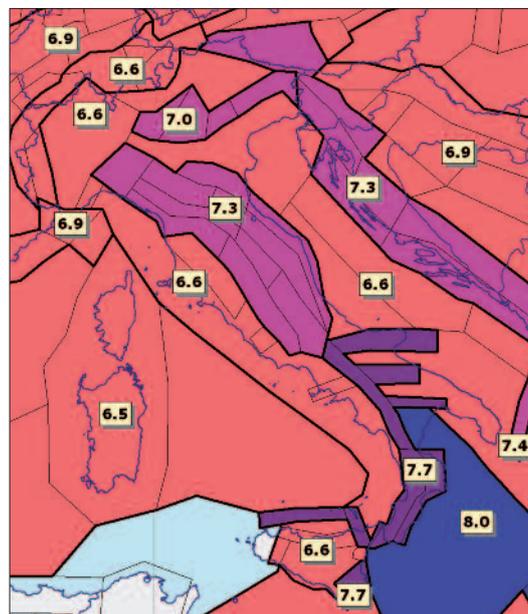
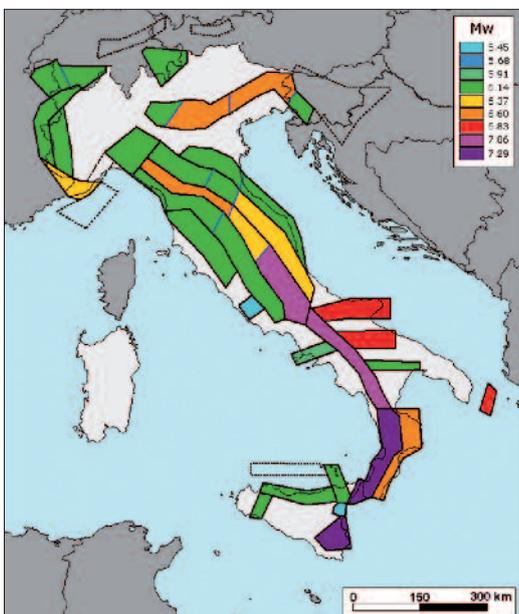
b.

Nel caso di SHARE, la determinazione dei valori di M_{max} è stata effettuata sulla base dei dati di sismicità riportati nel catalogo SHEEC e delle informazioni geologiche fornite dal database delle faglie attive (Basili et al., 2013) prodotto nell'ambito del progetto. In particolare, per evitare un'eccessiva eterogeneità dei valori di M_{max} a scala europea, dovuta alla presenza di molte aree sorgenti piccole e/o povere di dati, queste ultime sono state raggruppate in "superzone" più ampie caratterizzate da simile assetto sismotettonico e, per ciascuna di esse, sono stati determinati i massimi valori di magnitudo osservati, incrementati poi

della relativa incertezza come ulteriore elemento cautelativo. In Figura 14 sono riportati i valori di M_{max} per l'area italiana così come definiti nei due modelli. Come è evidente, i valori definiti in SHARE sono notevolmente più elevati di quelli determinati per MPS04-S1. I motivi di tali differenze sono da attribuire non tanto alle diverse basi di dati utilizzate, quanto alle scelte decisamente più cautelative adottate in SHARE. Tuttavia è importante sottolineare che, mentre il valore di M_{max} adottato in MPS04-S1 corrisponde a un valore caratterizzato da un tasso di sismicità osservato, nel caso di SHARE il valore di M_{max} corrisponde al valore di

Figura 13
a) Macro-aree utilizzate per la determinazione preliminare degli intervalli di completezza in MPS04-S1 e SHARE.
b) Intervalli di completezza in MPS04-S1 e SHARE: Italia centrale.

Figura 14
Valori di M_{max} per l'area italiana utilizzati da MPS04-S1 come insieme cautelativo (destra) e SHARE (sinistra).



magnitudo per il quale il tasso previsto dalla distribuzione magnitudo-frequenza è prossimo allo zero.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento a Michele Calvi per

aver incentivato la scrittura di questo contributo e le stimolanti discussioni. A Paolo Bazzurro per aver condiviso opinioni e esperienza. A Francesco Visini per la predisposizione di alcuni materiali di lavoro.

Questo studio è stato svolto nell'ambito delle attività del Centro Pericolosità Sismica dell'INGV.

Bibliografia

- Akkar S., Bommer J.J. (2010) - Empirical equations for the prediction of PGA, PGV, and spectral accelerations in Europe, the Mediterranean Region, and the Middle East. *Seismological Research Letters* 81, 195-206.
- Ambraseys N.N., Simpson K.A., Bommer J.J. (1996) - Prediction of horizontal response spectra in Europe. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 25, 371-400.
- Arvidsson R., Grünthal G. (2010) - Compilation of existing regional and national seismic source zones. SHARE Deliverable 3.1. http://www.share-eu.org/sites/default/files/D3.1_SHARE.pdf.
- Basili R., Kastelic V., Demircioglu M.B., Garcia Moreno D., Nemser E.S., Petricca P., Sboras S.P., Besana-Ostman G.M., Cabral J., Camelbeeck T., Caputo R., Danciu L., Domac H., Fonseca J., Garcia-Mayordomo J., Giardini D., Glavatovic B., Gulen L., Ince Y., Pavlides S., Sesetyan K., Tarabusi G., Tiberti M. M., Utkucu M., Valensise G., Vanneste K., Vilanova S., Wössner J. (2013) - The European Database of Seismogenic Faults (EDSF) compiled in the framework of the Project SHARE. <http://diss.rm.ingv.it/share-edsf/>, doi:10.6092/INGV.IT-SHARE-EDSF.
- Cauzzi C., Faccioli E. (2008) - Broadband (0.05 to 20 s) prediction of displacement response spectra based on worldwide digital records. *Journal of Seismology* 12, 453-475.
- Chiou B.S.-J., Youngs R.R. (2008) - An NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra. *Earthquake Spectra* 24, 173-215.
- Crowley H., Stucchi M., Meletti C., Calvi G.M., Pacor F. (2009) - Uno sguardo agli spettri delle NTC08 in relazione al terremoto de L'Aquila. *Progettazione Sismica* 3, 75-83.
- D'Amico V., Meletti C., Martinelli F. (2012) - Probabilistic seismic hazard assessment in the high-risk area of south-eastern Sicily (Italy). *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata* 53, 19-36.
- Grünthal G. (1985) - The up-dated earthquake catalogue for the German Democratic Republic and adjacent areas - statistical data characteristics and conclusions for hazard assessment. *Proceedings of the 3rd International symposium on the Analysis of Seismicity and Seismic Risk. Vol.I, 3rd International Symposium on the Analysis of Seismicity and on Seismic Risk (Prague 1985)*.
- Grünthal G., Wahlström R. (2012) - The European-Mediterranean Earthquake Catalogue (EMEC) for the last millennium. *Journal of Seismology* 16, 535-570.
- Grünthal G., Wahlström R., Stromeyer D. (2013) - The SHARE European Earthquake Catalogue (SHEEC) for the time period 1900-2006 and its comparison to the European-Mediterranean Earthquake Catalogue (EMEC). *Journal of Seismology* 17, 1339-1344.
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) - Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n. 3274, All. 1, Rapporto Conclusivo, INGV Milano/Roma. http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/rapporto_conclusivo.pdf.
- Iervolino I. (2013) - Probabilities and Fallacies: Why Hazard Maps Cannot Be Validated by Individual Earthquakes. *Earthquake Spectra* 29, 3, 1125-1136.
- Malagnini L., Akinci A., Herrmann R.B., Pino N.A., Scognamiglio L. (2002) - Characteristics of the ground motion in northeastern Italy. *Bulletin of the Seismological Society of America* 92, 6, 2186-2204.
- Malagnini L., Herrmann R.B., Di Bona M. (2000). Ground motion scaling in the Apennines (Italy). *Bulletin of the Seismological Society of America* 90, 4, 1062-1081.
- Meletti C., D'Amico V., Ameri G., Rovida A., Stucchi M. (2012) - Seismic hazard in the Po Plain and the 2012 Emilia earthquakes. *Annals of Geophysics* 55, 4, 623-629.
- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2008) - A seismic source zone model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. *Tectonophysics*, 450, 85-108.
- Morasca P., Malagnini L., Akinci A., Spallarossa D. (2002) - Ground-motion scaling in the western Alps. *Seismological Research Letters* 73, 251.
- Sabetta F., Pugliese A. (1996) - Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions. *Bulletin of the Seismological Society of America* 86, 2, 337-352.
- Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E. (2011) - Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. *Bulletin of the Seismological Society of America* 101, 4, 1885-1911.
- Stucchi M., Rovida A., Gomez Capera A.A., Alexandre P., Camelbeeck T., Demircioglu M.B., Gasperini P., Kouskouna V., Musson R.M.W., Radulian M., Sesetyan K., Vilanova S., Baumont D., Faeh D., Lenhardt W., Makropoulos K., Martinez Solares J.M., Scotti O., Zivcic M., Albini P., Batllo J.,

- Papadopoulos Ch., Tatevosian R., Locati M., Meletti C., Viganò D., Giardini D. (2013) - The SHARE European Earthquake Catalogue (SHEEC) 1000-1899. *Journal of Seismology* 17, 523-524. doi: 10.1007/s10950-012-9335-2.
- Valensise G., Pantosti D. (a cura di) (2001) - Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy. *Annali di Geofisica, Suppl.* vol. 44, 4, 180 pp con CD-ROM.
- Zhao J.X., Zhang J., Asano A., Ohno Y., Oouchi T., Takahashi T., Ogawa H., Irikura K., Thio H.K., Somerville P., Fukushima Y., Fukushima Y. (2006) - Attenuation relations of strong ground motion in Japan using site classification based on predominant period. *Bulletin of the Seismological Society of America* 96, 898-913.