

SULLA COSTRUZIONE DELLA MAPPA DI RISCHIO SISMICO PER L'ITALIA

M.A. Zanini, L. Hofer, F. Faleschini, C. Pellegrino

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, Italy

Introduzione. Ridurre le perdite economiche indotte da eventi sismici rappresenta una delle più importanti sfide del nostro tempo. Tale obiettivo richiede una conoscenza approfondita dei vari elementi che concorrono alla definizione del rischio sismico di un territorio, partendo dal livello della sismicità, valutando la suscettibilità al danneggiamento dell'edificato, e stimando l'impatto economico che il danneggiamento sismico genera. Il problema è particolarmente sentito in Italia, vista la frequenza e la violenza con cui i terremoti causano rilevanti perdite. Il Parlamento italiano ha pertanto deciso di intraprendere una politica d'incentivazione degli interventi di adeguamento/miglioramento sismico delle costruzioni esistenti, con i provvedimenti previsti dalla Legge 11 dicembre 2016 n. 232, cui ha fatto seguito il recente Decreto Ministeriale 7 marzo 2017 n. 65, che definisce una metodologia di stima del rischio sismico basata sulla definizione di una coppia d'indicatori tecnico-economici, che vogliono rappresentare il livello di sicurezza strutturale (IS-V) e il valore di perdita media annua (PAM) di una costruzione esistente. Un edificio esistente oggetto di riqualificazione antisismica vede quindi migliorare il *rating* di tali indicatori, e l'entità di tale miglioramento permette di usufruire delle agevolazioni fiscali definite dalla succitata legge. Tuttavia, sebbene il rischio sismico possa considerarsi non trascurabile sull'intero territorio italiano, esistono aree maggiormente esposte. Il presente contributo mira pertanto a fornire una breve ma esaustiva descrizione della metodologia utilizzata dagli autori per la costruzione della mappa di rischio sismico per il patrimonio edilizio residenziale italiano, partendo dai modelli attualmente disponibili per la caratterizzazione della pericolosità sismica, della distribuzione spaziale del valore esposto e dalla caratterizzazione statistica della vulnerabilità sismica delle varie tipologie edilizie presenti sul territorio nazionale.

Procedura proposta. È anzitutto stato assunto un modello sismogenetico in grado di caratterizzare la sismicità del territorio italiano: la scelta è ricaduta sul modello sismogenetico utilizzato per lo sviluppo delle vigenti mappe di pericolosità (ZS9, Meletti *et al.*, 2008) consistente in 36 zone sismogenetiche (Fig. 1a) caratterizzate da leggi di ricorrenza Gutenberg-Richter, i cui parametri sono stati definiti in accordo a Barani *et al.* (2009). Successivamente è stata definita una griglia di calcolo di *mesh* pari a 5 km, e sono stati identificati complessivamente 7237 epicentri appartenenti alle aree coperte dal modello sismogenetico: ogni zona sismogenetica è stata pertanto caratterizzata da un numero di epicentri di calcolo proporzionale alla sua estensione superficiale. In seguito, per ciascun epicentro di calcolo sono stati computati 6 scenari sismici di magnitudo equispaziate e comprese all'interno del *range* di magnitudo definito per ciascuna sorgente sismogenetica (Barani *et al.*, 2009). Per ognuno dei 43422 scenari sismici si è valutato lo scuotimento in corrispondenza degli 8084 centroidi comunali utilizzando la legge di attenuazione proposta da Bindi *et al.* (2011), andando così a costruire una *shakemap* per ciascun evento in termini di accelerazione di picco al suolo (PGA), per un totale di 351023448 stime di PGA. Data la sostanziale assenza di zone sismogenetiche insistenti sul territorio sardo, si è deciso di non considerare la regione nelle successive elaborazioni utilizzate per la quantificazione delle perdite dirette.

Il patrimonio edilizio residenziale è stato spazialmente rappresentato utilizzando i dati censuari ISTAT2011 (Istituto Nazionale di Statistica, 2011) dettagliati alla scala municipale, e considerando un valore unitario di costo di ricostruzione assunto omogeneo sull'intero territorio nazionale pari a 1200 €/m². In Fig. 1b viene riportato il modello di esposizione utilizzato per il calcolo della mappa del rischio sismico.

Sulla base dei dati disponibili nel modello di esposizione, è stata definita una specifica tassonomia per la caratterizzazione della vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio residenziale nazionale. Nello specifico, sono state considerate 2 classi di edifici in muratura (pre-1919 e post-

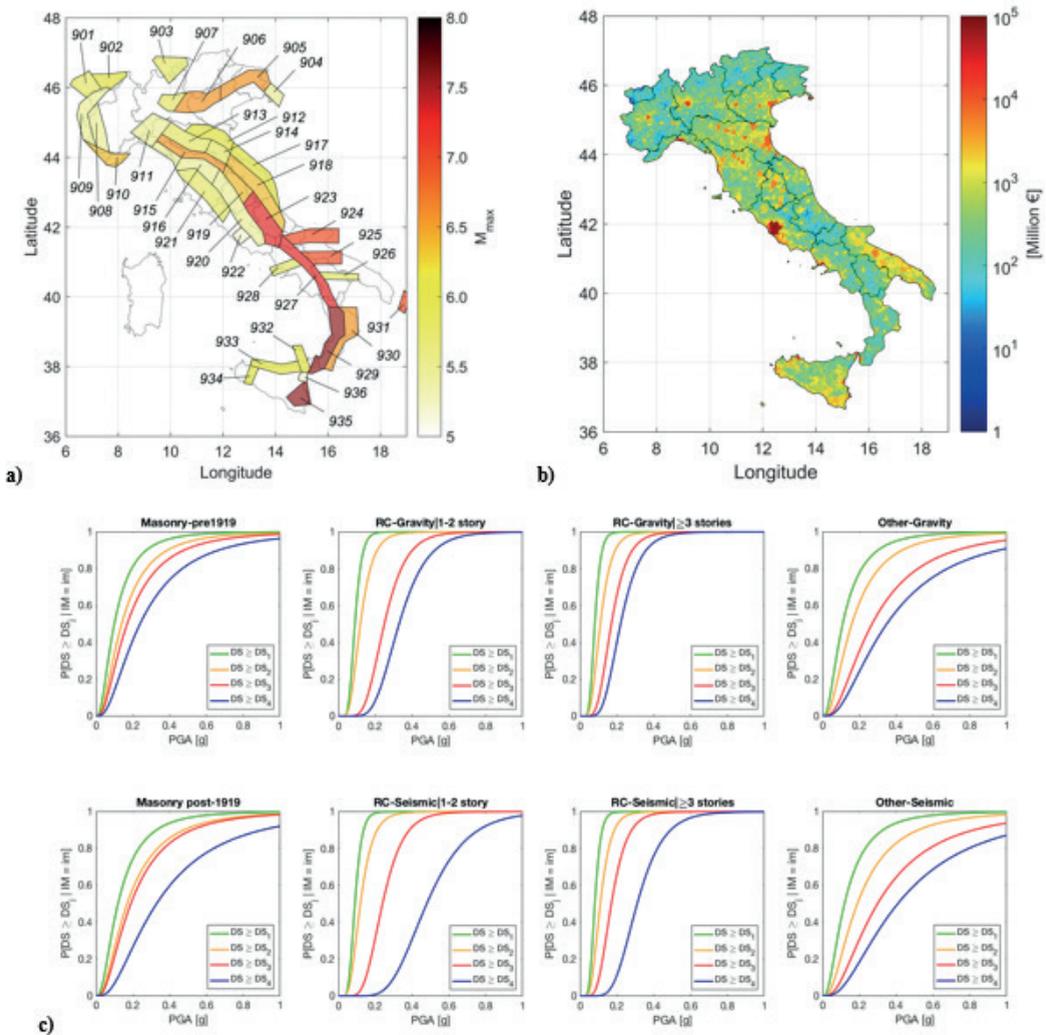


Fig. 1 - Modelli adottati per la costruzione della mappa del rischio sismico in Italia: modello sismogenetico ZS9 (a), carta del valore esposto (b), tassonomia tipologie edilizie e relative curve di fragilità (c).

1919), 2 classi di edifici con struttura portante a telaio in calcestruzzo armato non progettati sismicamente (con numero di piani al massimo pari a 2, o superiore ai 3), 2 classi di edifici con struttura portante a telaio in calcestruzzo armato progettati per resistere alle azioni sismiche (con numero di piani al massimo pari a 2, o superiore ai 3), e 2 classi di edifici a struttura mista muratura-calcestruzzo armato non progettati sismicamente e resistenti alle azioni sismiche. Per ciascuna delle 8 tipologie strutturali è stato adottato un set di curve di fragilità (Fig. 1c), e sono stati definiti i rispettivi rapporti di costo di ricostruzione, necessari per il calcolo della perdita economica attesa corrispondente a un certo livello di *PGA* (Zanini *et al.*, 2018).

Complessivamente sono stati considerati 5 livelli di danneggiamento crescente (DS0 - nessun danno, DS1 - danno lieve, DS2 - danno moderato, DS3 - danno esteso, DS4 - collasso), e per ciascuno di essi sono state definite le percentuali di costo di riparazione unitario relative adimensionalizzate rispetto al valore di costo di ricostruzione unitario, ed assunte pari a 0%, 15%, 40%, 65% e 100% rispettivamente per ciascuno dei 5 stati di danno precedentemente elencati, sulla base di alcune rielaborazioni svolte a partire dai dati presentati in Dolce e Manfredi (2015).

Per ciascun scenario si è quindi proceduto alla stima del costo di riparazione unitario delle 8 tipologie edilizie considerate in ognuno degli 8084 centroidi comunali, e successivamente sono stati calcolati i valori assoluti per tipologia ed infine aggregando i totali comunali.

Stimate le perdite totali comunali indotte dai 43422 scenari sismici simulati, si è passati quindi al calcolo dei valori di Perdita Annuale Media Comunale (PAMC) tramite il procedimento descritto nel dettaglio in Zanini et al. (2018). Il calcolo della PAMC consiste sostanzialmente nella sommatoria dei valori di PAMC generati da ciascuna delle 36 zone sismogenetiche. Il contributo al PAMC fornito dalla sismicità di una generica zona sismogenetica viene calcolato tramite integrazione di una funzione lineare a tratti, i cui vertici sono rappresentati da coppie di punti nel piano tasso annuo medio di superamento di un evento di data magnitudo v_M vs. valore di perdita assoluta comunale L_c corrispondente ad un frattile ritenuto di interesse dall'analista del rischio (ad esempio il valor medio, o percentili rappresentativi dei *range* interquartili e della mediana) generata da quel dato evento. Nel presente lavoro la funzione lineare a tratti si caratterizza tramite 6 coppie di punti $v_M - L_c$, alle quali vengono aggiunti due punti di costruzione per la chiusura della funzione utili per permettere il successivo calcolo integrale. Maggiori dettagli sulla procedura di stima del PAMC vengono forniti in Zanini et al. (2018).

Risultati e potenziale applicativo. Tramite la stima dei valori di PAMC per ciascun comune della penisola, è stato possibile andare successivamente a redigere la mappa del rischio sismico per il patrimonio edilizio residenziale italiano (Fig. 2a): tale mappa permette una restituzione grafica immediata della distribuzione spaziale del rischio sismico in termini assoluti, rappresentando di fatto l'importo economico che, in termini medi, annualmente ogni comune dovrebbe stanziare per far fronte ai costi di riparazione dei danni potenzialmente subiti dal patrimonio residenziale a causa dell'occorrenza di eventi sismici sul territorio nazionale. In tali termini, risulta evidente come la dimensione del valore esposto comunale giochi ruolo preponderante nella quantificazione in termini assoluti della PAMC, presentando valori compresi tra un minimo di 11 €/anno per i comuni del Piemonte nord-orientale, ed un massimo nell'ordine dei 48 milioni di €/anno per il Comune di Roma. Tramite adimensionalizzazione del PAMC per la superficie edificata comunale è possibile ottenere una mappa del rischio in termini di PAMC/m², che permette di restituire una migliore comparazione tra i livelli di rischio sismico di differenti aree del territorio nazionale. La Fig. 2b riporta la mappa di rischio in termini di PAMC/m² (con valori nel range compreso tra pochi centesimi di €/m²/anno e circa 15 €/m²/anno) ovvero di perdita media annua per 1 m² di superficie edificata ubicata in un dato municipio: tale valore può essere considerato come base di partenza per la definizione di schemi di trasferimento del rischio sismico anche grazie all'adozione di specifiche coperture di carattere assicurativo, o il ricorso a strumenti di natura finanziaria. In considerazione della suddivisione amministrativa attualmente vigente in Italia, sono state pertanto redatte anche le mappe di rischio sismico ai livelli di dettaglio provinciale e regionale, sia in termini assoluti che adimensionali, tramite successive aggregazioni dei valori di PAMC dei comuni afferenti alle medesime province/regioni, ricavando conseguentemente delle stime di perdita annua media provinciale (PAMP, in Fig. 2c) e regionale (PAMR, in Fig. 2e). I valori di PAMP risultano compresi tra un minimo di circa 30000 €/anno per la provincia di Biella ad un massimo di 207 milioni di €/anno per la provincia di Treviso, mentre i valori di PAMR variano da un minimo di 793000 €/anno per la regione Valle d'Aosta ad un massimo di 542 milioni di €/anno per la regione Emilia-Romagna. Le medesime mappe del rischio sismico a livello provinciale e regionale sono state adimensionalizzate rispetto alle superfici totali edificate ai livelli provinciale e regionale ottenendo così i valori di PAMP/m² e PAMR/m² riportati nelle Fig. 2d e 2f.

I risultati ottenuti evidenziano come i valori massimi pari a circa 5 €/m²/anno, siano ridotti rispetto ai picchi letti nella mappa del PAMC/m² a motivo del processo di aggregazione delle perdite e successiva adimensionalizzazione a scale territoriali a minor risoluzione, comportante un effetto di *averaging* sui risultati finali.

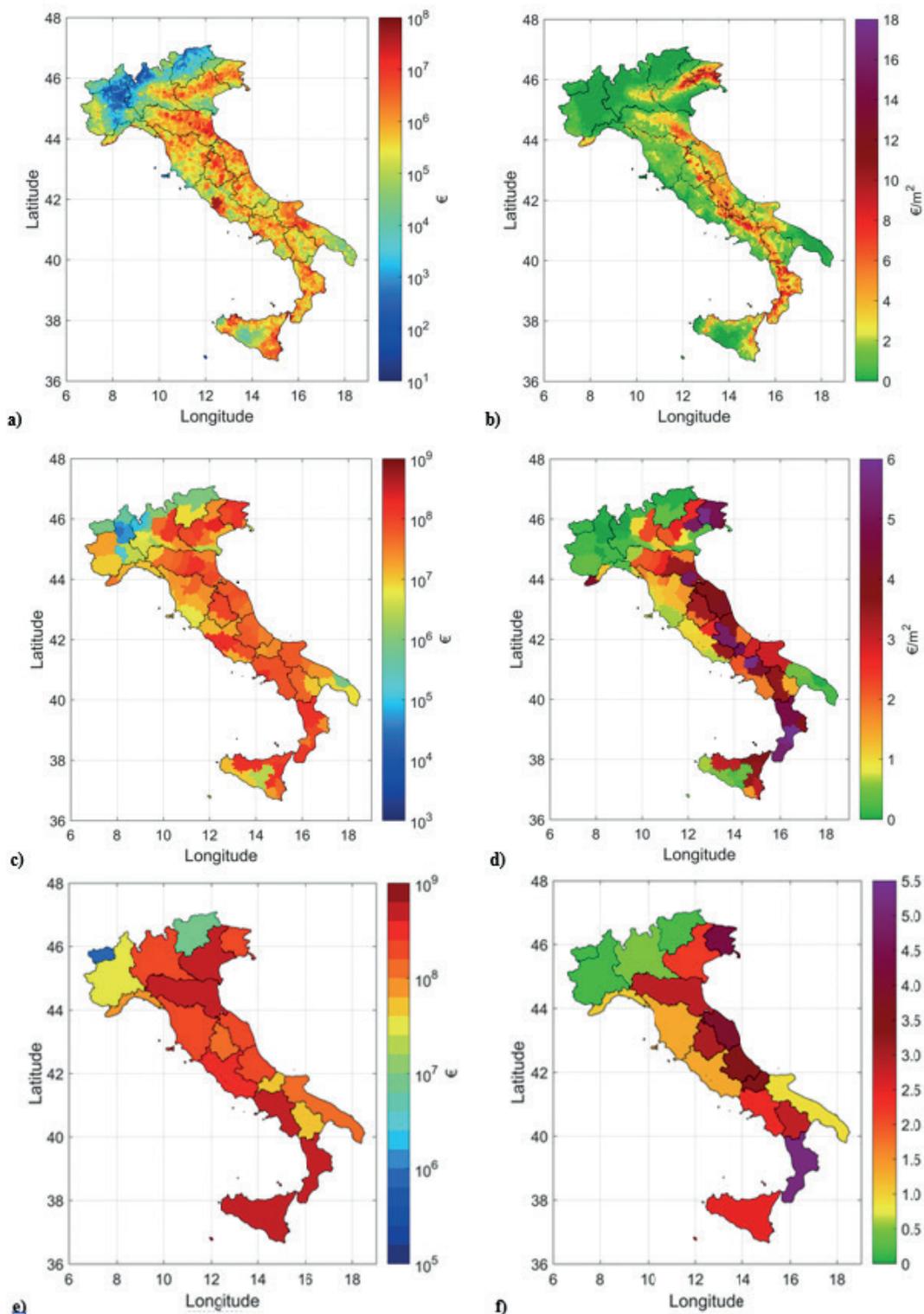


Fig. 2 - La mappa del rischio sismico in Italia: livello municipale (a, b), provinciale (c, d) e regionale (e, f), espresse in termini assoluti (a, c, e, in €) e relativi (b, d, f, in €/m²).

Ulteriori elaborazioni possono essere condotte al fine di semplificare ulteriormente la lettura delle mappe di rischio sismico qui presentate e permettere una semplice ed immediata comprensione dei risultati, aspetto rilevante vista l'utilità di campagne informative di sensibilizzazione della popolazione come le recentissime iniziative "Giornata della prevenzione sismica" e "Io non rischio". A titolo di esempio, rapportando i valori relativi di rischio rispetto al costo unitario di ricostruzione adottato, è possibile esprimere il rischio sismico in termini adimensionali, ovvero di % sul costo di ricostruzione unitario (metrica analoga a quella definita dal Decreto Ministeriale 7 marzo 2017 n. 65), e successivamente adottare una scala qualitativa a 5 Classi di Rischio Sismico territoriale (CRS1 – molto basso, CRS2 – basso, CRS3 – medio, CRS4 – alto, CRS5 molto alto). In Fig. 3 viene riportata, a scopo illustrativo, la mappa nazionale del rischio sismico espressa in termini di Classi di Rischio Sismico Provinciale: le 5 classi sono caratterizzate da intervalli uguali di ampiezza pari a 0.1%, e valore massimo calcolato pari a 0.5%.

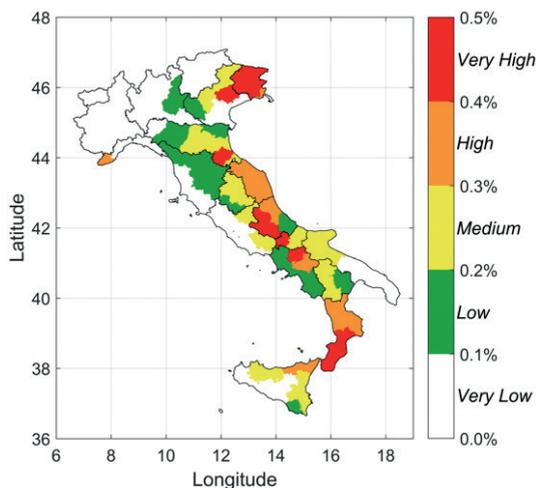


Fig. 3 - Le classi di rischio sismico provinciale come metrica efficace per una divulgazione semplice del rischio sismico.

Conclusioni. Lo sviluppo di una mappatura del rischio sismico alla scala territoriale ottenuta tramite l'applicazione di procedure scientificamente-basate, risulta essere oggi sempre più uno strumento fondamentale per la gestione del rischio sismico e la relativa pianificazione di opportune strategie di mitigazione/trasferimento del rischio nelle aree del mondo colpite da terremoti. Il presente contributo ha illustrato brevemente i principali risultati ottenuti dagli studi svolti in questi anni dagli autori in tale ambito, evidenziando come le mappe ottenute possano quindi essere inoltre utilizzate come un punto di partenza per una rimodulazione su base razionale delle politiche d'incentivazione fiscale in funzione dell'effettiva distribuzione spaziale del rischio sismico, differenziando

per esempio i regimi di detrazione fiscale, e ove necessario, prevedendo specifiche linee di finanziamento integrative.

Bibliografia

- Barani, S., Spallarossa, D., Bazzurro, P. (2009) *Disaggregation of probabilistic ground-motion hazard in Italy*. Bulletin of the Seismological Society of America, 99(5): 2638-2661.
- Bindi D., Pacor F., Luzi L., Puglia R., Massa M., Ameri G., Paolucci R.: 2011. *Ground motion prediction equations derived from the Italian strong motion database*. Bulletin of Earthquake Engineering, 9(6): 1899-1920.
- Decreto Ministeriale 7 marzo 2017, n. 65. *Sisma Bonus – Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni e relativi allegati. Modifiche all'articolo 3 del Decreto Ministeriale n° 58 del 28/02/2017*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma.
- Dolce, M., Manfredi, G. (2015) *Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009*. DoppiaVoce Edizioni, pp.224 (in Italian).
<http://iononrischio.protezionecivile.it/>
http://www.giornataprevenzioneesismica.it/prevenzione_sismica/
- Istituto Nazionale di Statistica, 2011. *15-esimo Censimento Generale della popolazione e delle abitazioni 2011*. Postel Editore, Roma.
- Legge 11 dicembre 2016, n. 232. *Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2017 e bilancio pluriennale per il triennio 2017-2019*. Gazzetta Ufficiale n. 197 del 21 dicembre 2016 – Serie Generale, Roma.
- 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.
- Zanini M.A., Hofer L., Pellegrino C., 2018. *A framework for assessing the seismic risk map of Italy and developing a sustainable risk reduction program*. Int. Journal of Disaster Risk Reduction, doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.09.012.