

## L'UTILIZZO DELLA MAPPA DI RISCHIO SISMICO NELLA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ FINANZIARIA DI PIANI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IN ITALIA

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

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

**Introduzione.** Lo sviluppo di mappe del rischio sismico tramite l'adozione di procedure scientificamente-basate, permette di fornire agli enti governativi un quadro quantitativo della distribuzione spaziale dello stesso per una nazione. Saper redigere una mappa del rischio sismico risulta fondamentale qualora si debba andare a delineare un piano nazionale di riduzione del rischio sismico, in quanto, a tal proposito, risulta necessario quantificare il rischio sismico *ante* e *post operam*, quantificandone così i relativi benefici. Il prezzo da pagare per l'ottenimento di tali benefici è rappresentato dai costi da sostenere per la realizzazione di interventi strutturali volti al rinforzo antisismico dell'asset immobiliare oggetto di interesse. Risulta pertanto evidente come il problema si possa ricondurre alla trattazione finanziaria applicabile alla classica casistica di un investimento, e pertanto, si debba procedere ad un'attenta analisi della sua sostenibilità finanziaria. Nel presente contributo viene brevemente illustrata l'applicazione di tali concetti al caso di studio rappresentato dal patrimonio edilizio nazionale adibito a destinazione residenziale, proponendo come esempio l'implementazione di un possibile piano di mitigazione del rischio sismico, ed illustrando dal punto di vista metodologico i passi da seguire per analizzarne la sostenibilità finanziaria.

**Rischio *ante* e *post operam*.** Il primo passo consiste nel calcolo della mappa del rischio *ante operam*, ovvero nelle condizioni attuali: la procedura adottata per il calcolo della mappa di rischio sismico per l'Italia è descritta nel dettaglio in Zanini et al. (2018a, b). L'asset immobiliare considerato è rappresentato dal patrimonio edilizio residenziale italiano, 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 €/m<sup>2</sup>. La vulnerabilità sismica è stata caratterizzata definendo una tassonomia adeguatamente rappresentativa (Zanini et al., 2018b); per ciascuna classe tipologica 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). La procedura adottata per redigere la mappa di rischio sismico permette di calcolare per ciascuno degli 8084 comuni italiani i valori di Perdita Annuale Media Comunale (PAMC) *ante operam* (ovvero del rischio sismico in termini assoluti, Fig. 1a), rappresentando di fatto l'importo economico che, in termini medi, attualmente ogni comune dovrebbe stanziare ogni anno per far fronte ai costi di riparazione dei danni potenzialmente subiti dal patrimonio residenziale a causa dell'occorrenza di eventi sismici sul territorio nazionale, e di PAMC/m<sup>2</sup> *ante operam* in termini relativi (ovvero del rischio sismico in termini relativi, Fig. 1c).

Il piano nazionale di mitigazione del rischio sismico qui considerato prevede il rinforzo di tutte le strutture in muratura presenti sul territorio italiano (tipologia strutturale maggiormente diffusa, in media pari al 50% del patrimonio residenziale esistente), ed il *retrofit* sismico delle strutture in calcestruzzo armato costruite in periodi precedenti all'introduzione di normative specifiche per la progettazione antisismica delle strutture.

Nel presente lavoro, si è assunto in via preliminare di caratterizzare la vulnerabilità sismica delle succitate strutture rinforzate antisismicamente con le relative curve di fragilità appartenenti alle tipologie strutturali attualmente progettate dal punto di vista sismico in accordo con le prescrizioni di normativa (Zanini et al. 2018a).

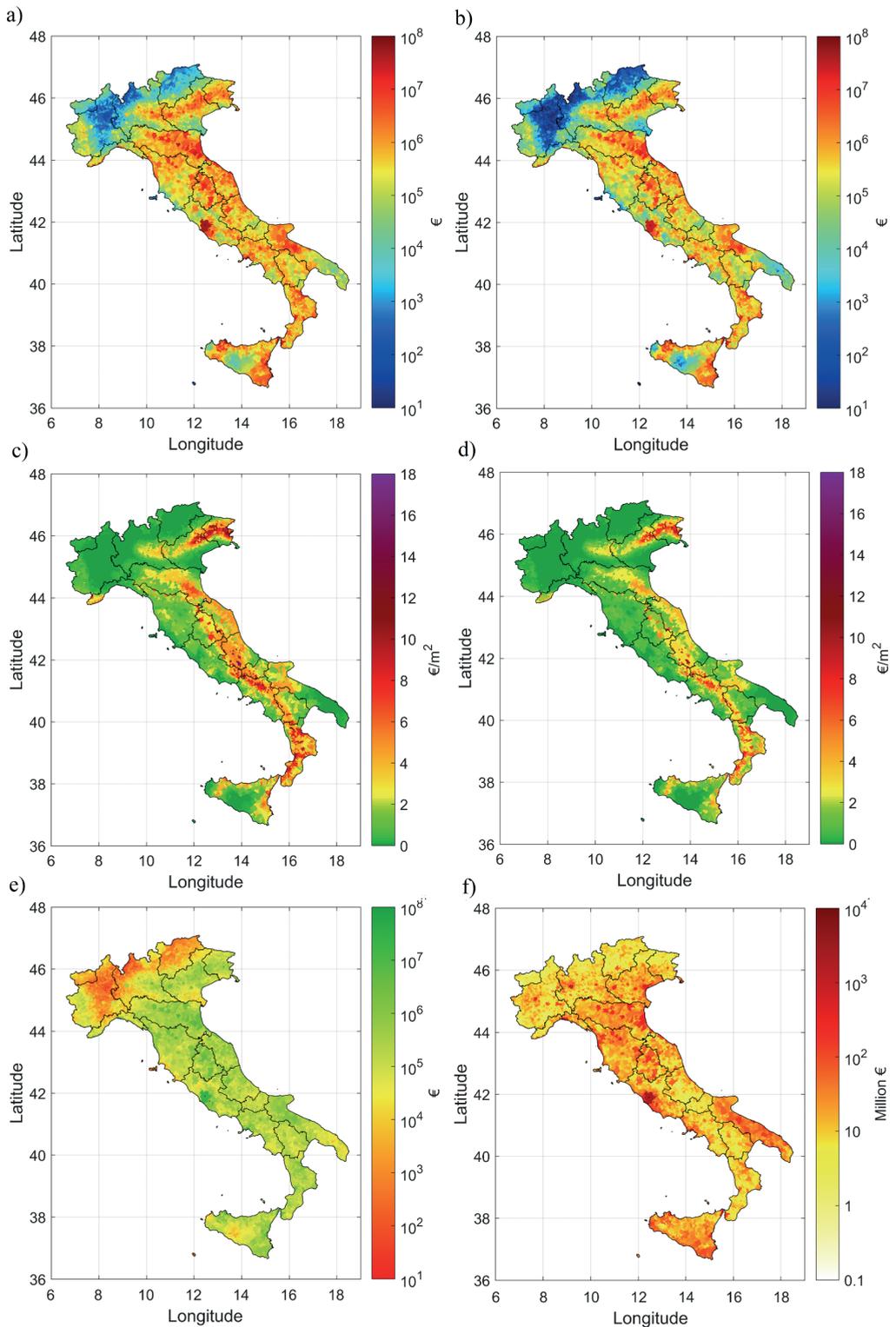


Fig. 1 - Mappe nazionali del rischio sismico in termini di PAMC ante (a) e post (b) operam, PAMC/m<sup>2</sup> ante (c) e post (d) operam, benefici in termini di PAMC (e) e costi di retrofit sismico (e).

Successivamente, la procedura è stata riutilizzata per mappare i valori di PAMC e PAMC/m<sup>2</sup> *post operam*, ovvero nella configurazione successiva alla completa implementazione del piano nazionale di riduzione del rischio sismico (Fig. 1b e 1d). Per il calcolo del rischio sismico *post operam*, è necessario far ricorso all'utilizzo di set di curve di fragilità che rappresentino la vulnerabilità delle tipologie strutturali nella configurazione strutturale successiva al *retrofit* sismico: tali funzioni possono essere valutate facendo ricorso a procedure analitico-meccaniche, oppure sulla base di evidenze di carattere empirico, come ad esempio l'osservazione dei danni subiti da strutture rinforzate sismicamente a seguito dell'occorrenza di eventi sismici, caso simile a quello riscontrato nell'ambito dei rilievi condotti per il terremoto del Centro Italia (2016), ove la zona era già stata colpita circa 20 anni prima da una sequenza sismica.

Dalla comparazione tra la mappa del rischio *ante* e *post operam*, è possibile calcolare il beneficio finanziario associato all'implementazione dello specifico piano nazionale di riduzione di rischio sismico, ovvero l'ammontare di PAMC evitata in ciascun comune (Figure 1e). Tale beneficio è ottenuto a fronte del costo sostenuto per l'esecuzione degli interventi di *retrofit* sismico: la stima dei costi totali di *retrofit* è stata ottenuta considerando valori unitari pari a 68 €/m<sup>2</sup> per strutture in muratura, per le quali i classici interventi di rinforzo antisismico sono rappresentati dall'inserimento di tiranti e catene, ed applicazione di intonaci armati per il consolidamento dei paramenti murari, e di 34 €/m<sup>2</sup> per edifici in calcestruzzo armato, ove gli interventi tipici consistono in fasciature in composito di nodi ed estremità di travi e pilastri e ringrossi sezionali con incamiciature in c.a. (costi unitari ricavati da Prota 2016). La Fig. 1f riporta la mappa nazionale dei costi totali di *retrofit* sismico associata allo specifico piano nazionale di mitigazione del rischio sismico proposto.

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. 2 vengono riportate, a scopo illustrativo, le

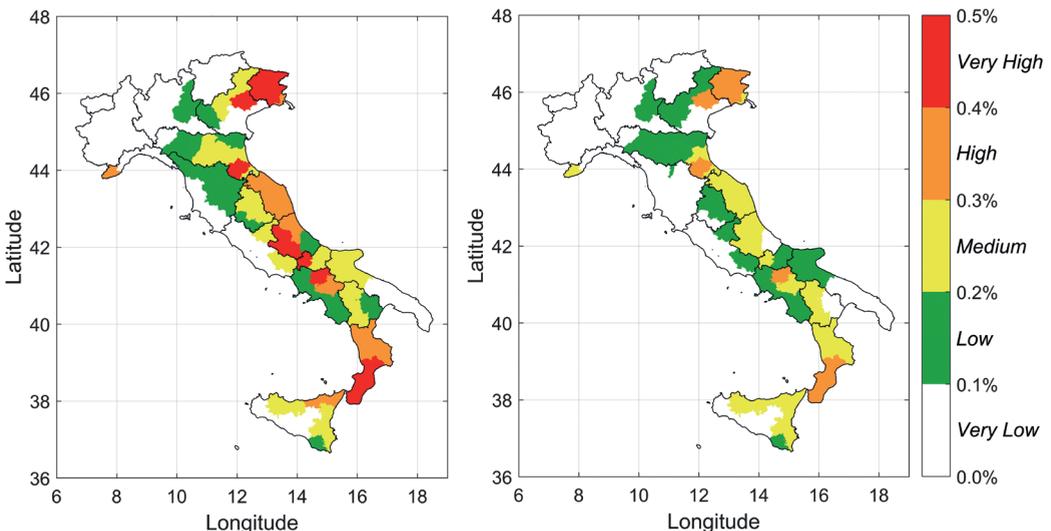


Fig. 2 - Mappe di rischio sismico *ante* e *post operam* per l'Italia in termini di Classe di Rischio Sismico Provinciale.

mappa nazionali di rischio sismico *ante e post operam* espresse in termini di Classi di Rischio Sismico Provinciale (CSRP), in maniera tale da rappresentare in maniera più divulgativa l'efficacia del piano nazionale di riduzione del rischio sismico.

**Valutazione della sostenibilità finanziaria.** Sulla base dei dati relativi a benefici e costi di retrofit sismico per ciascun comune italiano, si è proceduto allo svolgimento di un'analisi costi-benefici volta ad analizzare la sostenibilità finanziaria del piano nazionale di mitigazione del rischio sismico analizzato, nello specifico andando a stimare il tempo di rientro dell'investimento in ciascun comune. Per permettere il rientro dall'investimento in tempistiche ragionevoli si è ritenuto opportuno pensare di introdurre una tassazione sugli immobili di diretta riscossione da parte delle amministrazioni comunali e proporzionale, con modalità di formulazione analoghe ad altre tipologie di tasse attualmente in essere (ad esempio, TASI, TARI), espresse come prodotto della rendita catastale degli immobili – utilizzata come base imponibile – per un'aliquota fiscale.

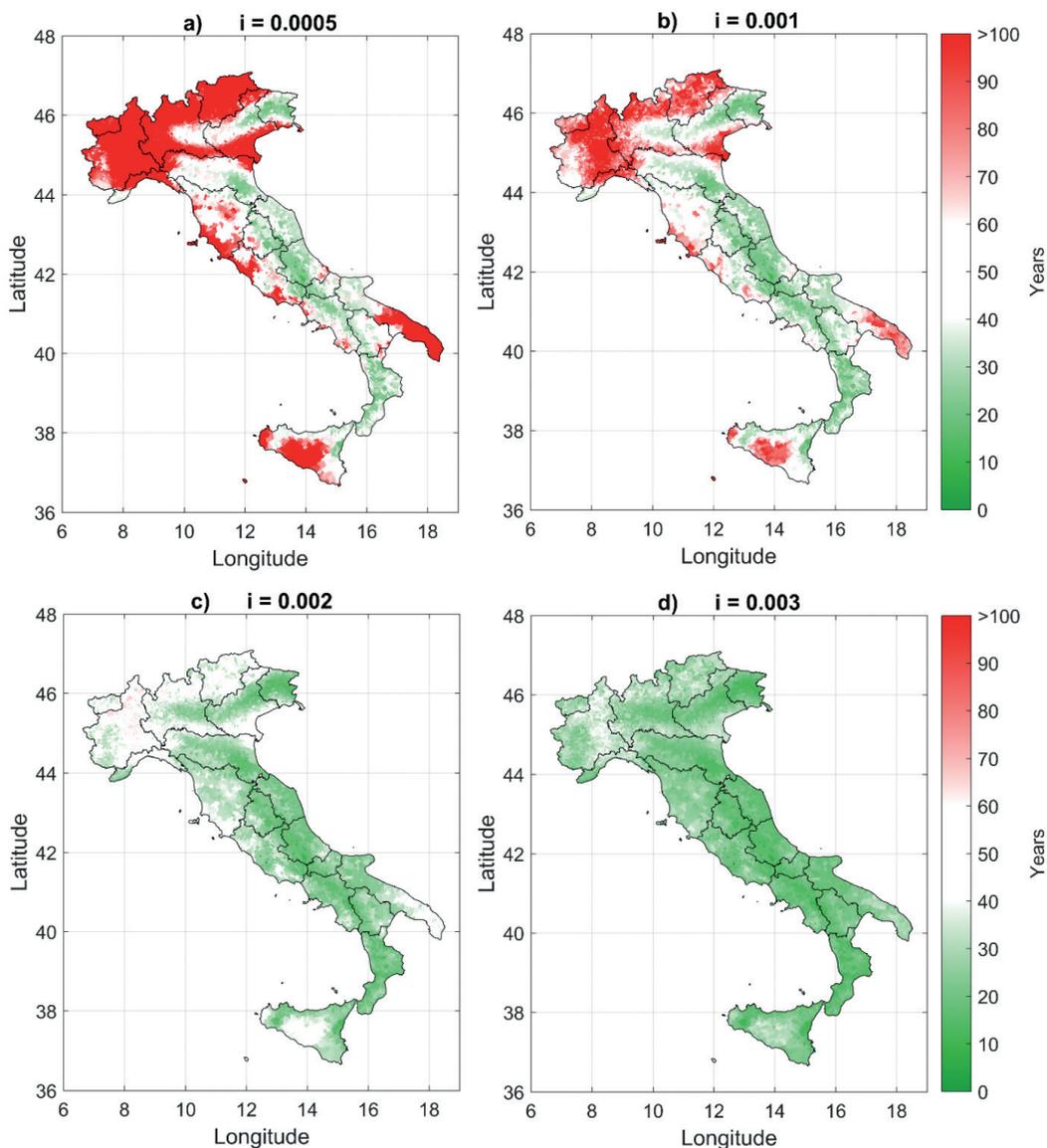


Fig. 3 - Tempi di rientro dell'investimento per ciascuno dei regimi di tassazione ipotizzati.

Si è supposto di far gestire direttamente alle amministrazioni comunali l'implementazione dei propri piani di mitigazione del rischio sismico, ovvero svolgendo attività di raccolta di tali tasse, finanziamento e sorveglianza sul corretto svolgimento tecnico-economico degli interventi di retrofit sismico. Stanti tali assunzioni, per ciascuna amministrazione comunale, a fronte del finanziamento del costo per l'esecuzione degli interventi di retrofit sismico sul patrimonio edilizio residenziale comunale, corrisponderebbe un beneficio dato dalla somma dell'ammontare di PAMC evitata e dagli introiti relativi all'introduzione dello schema di tassazione specificamente destinato a coprire i costi per l'implementazione del piano nazionale di riduzione del rischio sismico. Considerando tali flussi di cassa ed un appropriato tasso di sconto necessario per poter attualizzare i valori dei futuri benefici annualmente conseguiti, è possibile stimare il tempo di rientro dell'investimento in ciascun municipio. Sono stati pertanto considerati 4 differenti scenari di introduzione di una "tassa per la riduzione del rischio sismico" uniforme su tutto il territorio nazionale, con aliquote fiscali crescenti rispettivamente pari a 0.5‰, 1‰, 2‰ e 3‰, ed un valore di rendita catastale media pari a 484 €/m<sup>2</sup> omogeneo su tutto il territorio nazionale: con tali dati, a titolo di esempio, un'abitazione di 120 m<sup>2</sup> sarebbe soggetta ad una tassa sulla proprietà rispettivamente pari a circa 29 €, 58 €, 116 € o 174 €. In Figura 3 vengono riportati i risultati dell'analisi costi-benefici svolti considerando i succitati 4 scenari di "tassa per la riduzione del rischio sismico", riportando per ciascuno di essi la mappa dei tempi di rientro dell'investimento. Dall'analisi dei risultati si può osservare come al crescere dell'ipotetico regime di tassazione si osservi una significativa riduzione dei tempi di rientro dell'investimento; inoltre si può notare come a parità di regime di tassazione, i tempi di rientro siano minori nelle aree caratterizzate dai maggiori livelli di rischio sismico (ad esempio espressi in termini di PAMC, Fig. 1a) rispetto a quelle caratterizzate da minor rischiosità, e tale evidenza può essere principalmente attribuita al fatto che i benefici nelle prime siano maggiori rispetto alle altre.

**Conclusioni.** Mappare il rischio sismico permette di avere una corretta percezione dell'entità di tale problematica, e conseguentemente di sviluppare adeguati piani nazionali di mitigazione. L'implementazione di un piano di mitigazione del rischio sismico garantisce dei benefici ma al contempo necessita di importanti investimenti: per tali ragioni, risulta necessario analizzarne la sostenibilità finanziaria e, se necessario, prevedere l'introduzione di schemi fiscali in grado di poter contribuire alla copertura di tali costi, ridimensionando così le finestre temporali richieste per il rientro degli investimenti. Il presente lavoro ha pertanto affrontato tali questioni illustrando una concreta applicazione metodologica al caso di studio del patrimonio edilizio residenziale italiano e contribuendo così a stimolare l'attenzione su queste importanti tematiche di attualità.

### Bibliografia

- 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/](http://www.giornataprevenzioneesismica.it/prevenzione_sismica/)  
 Istituto Nazionale di Statistica, 2011. *15-esimo Censimento Generale della popolazione e delle abitazioni 2011*. Postel Editore, Roma.
- Prota A. 2016. *Soluzioni di retrofit sismico per strutture esistenti: l'esperienza della ricostruzione privata nel terremoto in Abruzzo 2009*. Workshop sulla prevenzione del rischio sismico tra sostenibilità e resilienza, ENEA, Roma, 20 ottobre 2016.
- Zanini M.A., Hofer L., Faleschini F., Pellegrino C., 2018b. *Sulla costruzione della mappa di rischio sismico per l'Italia*. 37° Convegno NGGTS - Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Bologna, 19-21 novembre 2018.
- Zanini M.A., Hofer L., Pellegrino C., 2018a. *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.