



## WORKSHOP: Approcci per la valutazione dei modelli di pericolosità sismica in Italia

Villa Orlandi, Anacapri, 7 e 8 settembre 2023

*Interventi a cura di:*

*Prof. Mauro Dolce (Università degli Studi di Napoli Federico II)*

*Prof. Iunio Iervolino ((Università degli Studi di Napoli Federico II, IUSS – Scuola Universitaria Superiore di Pavia)*

*Prof. Warner Marzocchi (Università degli Studi di Napoli Federico II)*

*Prof. Roberto Paolucci (Politecnico di Milano)*

*Prof. Stefano Parolai (Università degli Studi di Trieste)*

*Sintesi a cura del dott. ing. Pasquale Cito (Università degli Studi di Napoli Federico II) e tutti i relatori.*

Gli interventi oggetto del workshop, e la – ricca – discussione scaturita dalle presentazioni, hanno riguardato le questioni relative alla valutazione scientifica e tecnico/applicativa dei diversi modelli di pericolosità sismica che, in vari paesi del mondo (tra cui l'Italia), co-esistono e, talvolta, conducono allo sviluppo di analisi di pericolosità sismica i cui risultati possono differire in maniera anche percepita come rilevante. I principali spunti di dibattito emersi e approfonditi durante i lavori sono qui sinteticamente riassunti. Si rimanda alle presentazioni per gli approfondimenti. Gli spunti emersi come rilevanti, e riportati nel seguito, non necessariamente riflettono una opinione unanime di tutti i convenuti.

**Gli impatti di carattere pratico sulla società civile delle variazioni della pericolosità sismica.** Le variazioni dei risultati delle analisi di pericolosità sismica che entrano nei processi decisionali della società civile (progettazione, pianificazione, etc.) possono avere un grande impatto da diversi punti di vista. Per esempio, a causa dei tipici tempi del processo realizzativo delle strutture e infrastrutture, le nuove costruzioni o gli interventi di adeguamento possono essere progettati per valori di pericolosità differenti da quelli dei modelli successivamente ottenuti e quindi, possono essere ritenuti inadeguati o eccessivamente cautelativi ancor prima di essere realizzati, fino a richiedere una riprogettazione e un ulteriore allungamento dei tempi realizzativi, o subito dopo la loro realizzazione. Oppure, le variazioni di pericolosità per modelli sviluppati in tempi diversi possono disorientare i meno esperti nella analisi probabilistica di pericolosità sismica, soprattutto se non adeguatamente giustificate, causando una possibile perdita di fiducia nei confronti delle stesse valutazioni di pericolosità. In tal senso, si è discusso di possibili azioni volte alla mitigazione di tali impatti. Va altresì notato che allo stato attuale anche il dibattito all'interno della comunità scientifica – fisiologico e generalmente utile allo sviluppo della conoscenza – talvolta può essere frainteso. Ciò pone il tema di come migliorare le modalità di utilizzo degli studi di pericolosità sismica e della comunicazione dei loro risultati, per tener conto della loro variabilità (da uno studio all'altro) e delle incertezze considerate nel processo di analisi.

**L'utilizzo dei dati storici (macrosismici) per valutare un modello di pericolosità.** Studi in corso considerano la possibilità di utilizzare il dato macrosismico per investigare la consistenza di un modello di pericolosità rispetto alla misura di intensità macrosismica (osservata o desunta da informazioni indirette o storiografiche), alla scala nazionale e locale. Prime elaborazioni quantitative, illustrate in alcuni interventi, sembrano rivelare che, a un sito di interesse, l'impiego del dato macrosismico storico da catalogo dei terremoti conduca a conclusioni comparabili con quelle ottenute utilizzando il dato macrosismico derivato mediante analisi probabilistica di pericolosità, allo stesso sito. In questo ambito, sono state illustrate alcune procedure di confronto tra previsioni del modello e osservazioni macrosismiche, le possibili indicazioni che tali confronti possono dare, nonché i potenziali limiti e le attenzioni da porre nell'uso del dato macrosismico.

**La fase di valutazione e sviluppo di un modello di pericolosità.** Una valutazione scientifica di un modello di pericolosità dovrebbe comparare le previsioni con dati osservati, possibilmente indipendenti dalla costruzione del modello. Ciò non è tipicamente possibile per ogni sito interessato dall'analisi e per questo spesso ci si riconduce a valutazioni dei componenti usati nella analisi (e.g., modello sorgente, modelli di scuotimento del terreno, etc.); tali valutazioni, seppur parziali, possono comunque fare emergere discrasie del modello di pericolosità. D'altra parte, sembra possibile raggruppare osservazioni di scuotimento a più siti per una valutazione complessiva del modello,



per quanto parziale e non valida per alcun sito specifico. A questo proposito è stato discusso che, sulla base di risultati di recenti lavori scientifici, sebbene le differenze tra i risultati di analisi di pericolosità sismica basata su diversi modelli siano evidenti, le differenze in termini di numero di superamenti, in un intervallo di tempo, delle azioni di progetto possono essere non significative (in senso statistico). Al momento, i test illustrati nel workshop si riferiscono ai dati accelerometrici registrati negli ultimi decenni e forniscono risultati alla scala nazionale. Riconoscendo il ruolo chiave di questi test nella valutazione dei modelli di pericolosità, si è discussa la possibilità di estenderli, con opportune modifiche rispetto al trattamento di dati accelerometrici, anche ai dati macrosismici, tenendo conto delle incertezze a essi associate (oltre quanto già fatto in fase di sviluppo del modello stesso. Durante il workshop sono stati mostrati alcuni primi tentativi in questa direzione. Si è inoltre ampiamente discusso, non trovando un pieno consenso, il requisito generale che le analisi basate sui dati osservazionali, e il processamento dei dati stessi, debbano essere coerenti con le ipotesi dei modelli valutati (vedi *declustering* dei cataloghi sismici). Un altro punto di discussione su cui non si è trovato un consenso generale è sull'interpretazione di alcune differenze, apparentemente importanti, tra osservazioni macrosismiche e risultati di analisi pericolosità in alcuni singoli siti, che – è emerso – potrebbero essere fisiologiche per un modello che fornisca risultati a scala nazionale. Si è anche messo in evidenza che, per quanto i modelli di pericolosità oggi siano complessi e raffinati, rimangono aree per cui i modelli di pericolosità disponibili non sembrano avere ancora raggiunto una piena maturazione e richiederebbero studi dedicati, come ad esempio le aree vulcaniche.

**La riproducibilità e semplicità dei modelli di pericolosità.** Le considerazioni sopra riportate mettono in evidenza la complessità della costruzione di un modello di pericolosità valido a scala nazionale, e soprattutto della fase di accettazione da parte dei portatori di interesse. Allo stesso tempo, è emerso dalla discussione che, per alcuni degli intervenuti, per rispettare l'approccio scientifico, e visti gli impatti applicativi della pericolosità discussi sopra, è importante sviluppare modelli riproducibili in modo relativamente semplice (es. da esperti che non abbiano direttamente partecipato allo sviluppo dei modelli). Da un lato, ciò consentirebbe di raggiungere un maggiore consenso sui modelli e quindi sui risultati; dall'altro, i ricercatori interessati potrebbero sviluppare verifiche e approfondimenti. Altri intervenuti, invece, evidenziano che, sebbene la riproducibilità sia un punto chiave del modello dal punto di vista scientifico, la semplicità non lo è. È un dato di fatto che i modelli di pericolosità più recenti – anche a livello internazionale – sono sempre più difficilmente riproducibili, visto il dichiarato obiettivo di combinare ipotesi di modellazione anche molto diverse, per comprendere in modo soddisfacente le incertezze epistemiche. Si è anche discusso della non necessaria corrispondenza tra modello allo stato dell'arte scientifico e modello per esigenze applicative: è opportuno che questi derivino coerentemente dalla stessa base di conoscenze, ma quello idoneo ai fini operativi dovrebbe avere caratteristiche di semplicità che ne rendano i risultati comprensibili, facilmente riproducibili e interpretabili senza ambiguità.

**Il catalogo dei terremoti.** In varie fasi della discussione sono emerse questioni legate alla elaborazione del catalogo da usare nei modelli di pericolosità sismica, uno degli elementi fondamentali di questo tipo di studi, soprattutto in Italia che ha uno dei cataloghi più ricchi del mondo. Le questioni tipiche che si pongono nella compilazione dei cataloghi a uso di analisi di pericolosità vanno dalla stima della magnitudo macrosismica, alla definizione di sequenza sismica e relativa rimozione di avanscosse e/o repliche, alle incertezze nella stima dei tassi di occorrenza. Anche considerando il catalogo strumentale, è emerso che le stesse scale di magnitudo costituiscono un aspetto delicato. La magnitudo rimane un parametro estremamente sintetico per descrivere la complessità della rottura, per cui eventi descritti da uno stesso valore di magnitudo (es. magnitudo momento) possono generare ampiezze significativamente diverse dello scuotimento e più in generale del campo d'onda. Questo può avere un effetto nelle analisi di pericolosità che forse a oggi non è sufficientemente approfondito.

**Il valore di questo workshop e della discussione nella comunità e tra le comunità.** Le discussioni emerse in questo workshop non possono essere che considerate preliminari e molto parziali, sia relativamente agli aspetti trattati sia all'approfondimento di ciascuno di essi. Infatti, è emersa chiaramente la necessità di un dibattito, allargato e continuato, tra tutte le comunità coinvolte (e.g., ingegneria sismica, geofisica, sismologia, agenzie governative), che contribuisca a raggiungere un consenso sullo sviluppo dei modelli di pericolosità e sulle modalità per una implementazione efficace nei loro diversi ambiti di utilizzo.