

## **RIASSUNTO TESI DI LAUREA MAGISTRALE: PROBABILISTIC SEISMIC HAZAR ANALYSIS FOR THE PERTUSILLO DAM IN THE AGRI VALLEY**

La mia tesi di laurea magistrale consiste in un'analisi probabilistica di pericolosità sismica (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*, PSHA) per la diga del Pertusillo, sita in Val d'Agri (Basilicata). Il lavoro inizia con una breve caratterizzazione sismotettonica dell'area di interesse, che mette in evidenza i sistemi di faglie presenti nella regione e le loro caratteristiche cinematiche e geometriche. Segue un'analisi della sismicità storica, ovvero uno studio dei terremoti il cui epicentro si sia trovato nell'area di interesse. Questa analisi è svolta utilizzando i dati raccolti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT15) (Rovida et al., 2016), che raccoglie tutti gli eventi sismici avvenuti tra gli anni 1000 e 2014. Per questa analisi sono stati considerati solamente i terremoti di magnitudo momento superiore a 4, in quanto eventi di magnitudo inferiore non sono in grado di produrre danni significativi alle strutture. Per il terremoto più intenso avvenuto nell'area (Irpinia 1857, magnitudo momento 7.12) è stato analizzato il piano macrosismico, che mostra le intensità in scala Mercalli-Cancani-Sieberg associate alle località circostanti l'epicentro. L'analisi successiva è l'analisi della sismicità recente, ovvero lo studio della distribuzione degli epicentri di tutti i terremoti di magnitudo locale superiore a 2.5 avvenuti dal 1985 al 2019. Questa analisi è svolta al fine di verificare se, in tempi recenti (1985-2019), siano avvenuti eventi sismici la cui magnitudo locale è superiore a 4. In caso affermativo, sarebbe utile considerare anche questi ultimi nelle analisi. Tuttavia, il terremoto più intenso avvenuto nell'area di interesse nel periodo considerato ha avuto magnitudo locale pari a 3.9; questa considerazione permette pertanto di non includere la sismicità recente nelle analisi successive.

Poiché la Val d'Agri ospita il più grande giacimento di idrocarburi dell'Europa continentale, attualmente sfruttato da ENI, e la già citata diga del Pertusillo, l'area risulta soggetta a fenomeni di sismicità indotta. Sebbene non sia un argomento sviluppato in maniera quantitativa nel lavoro di tesi, la problematica risulta interessante sia dal punto di vista pratico che da quello puramente scientifico. Pertanto, un capitolo del lavoro è dedicato alle varie manifestazioni di sismicità indotta studiate in letteratura e a come il sottosuolo della Val d'Agri reagisca alla presenza delle attività antropiche menzionate in precedenza. Dalla letteratura scientifica emerge che la reiniezione di acque reflue nel sottosuolo operata da ENI è causa di sismicità artificiale dovuta a variazioni della pressione di poro. I cambiamenti del livello dell'acqua nell'invaso artificiale del Pertusillo, e la conseguente variazione del carico gravitazionale insistente sul terreno, inducono sismicità secondo lo stesso meccanismo di variazione della pressione di poro che caratterizza la reiniezione. Poiché gli eventi sismici innescati dalle succitate attività sono caratterizzati da magnitudo inferiore a 4, non vengono considerati nelle analisi successive. Viene inoltre presentato un riassunto delle Linee-guida per la redazione e le istruttorie degli studi sismotettonici relativi alle grandi dighe.

Successivamente, viene descritta la procedura per condurre un'analisi deterministica di pericolosità sismica (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*, DSHA). Questo approccio si focalizza sulla determinazione del cosiddetto *worst case scenario* che può accadere nell'area di studio, e risulta utile nella progettazione di opere di particolare importanza e rilevanza strategica, oltre a permettere una miglior comprensione della PSHA. La PSHA standard viene descritta dettagliatamente in seguito. Le quattro fasi che la compongono sono: 1) localizzazione e caratterizzazione di tutte le sorgenti sismiche in grado di generare uno scuotimento apprezzabile al sito di interesse; 2) per ogni sorgente, caratterizzazione della frequenza di accadimento di terremoti in relazione alla loro magnitudo; 3) calcolo dello scuotimento prodotto al sito di interesse per tutte le possibili combinazioni magnitudo-distanza; 4) calcolo della probabilità (o frequenza) che il valore del parametro di scuotimento scelto sia superato in un certo lasso temporale. Tali fasi vengono descritte dal punto di vista teorico e matematico. Inoltre, viene descritto l'approccio ad albero logico utilizzato per trattare le incertezze epistemiche e aleatorie. Successivamente, viene presentata la procedura di disaggregazione della PSHA nel caso unidimensionale e bidimensionale. Tali procedure permettono di comprendere quale sia lo scenario, in termini di magnitudo o distanza (1D), o magnitudo e distanza (2D), che contribuisce maggiormente alla pericolosità del sito.

Viene infine descritta la procedura di PSHA applicata alla zona della Val d'Agri. Viene mostrata l'applicazione pratica delle quattro fasi precedentemente menzionate, viene spiegato come sono stati raccolti i dati e quali considerazioni hanno portato alla definizione dell'albero logico impiegato nei calcoli. I risultati intermedi (analisi di sensitività) vengono commentati, e i risultati finali vengono presentati e descritti. I primi risultati presentati sono le curve di pericolosità relative alle coordinate geografiche della diga del Pertusillo. Tali curve mostrano il tasso medio annuo di eccedenza di diversi valori di accelerazione di picco (*Peak Ground Acceleration*, PGA), o di diversi valori di accelerazione spettrale (accelerazione subita da una struttura, caratterizzata da un determinato periodo fondamentale, in risposta a una forzante esterna). Tali curve vengono calcolate per ciascun punto di un grigliato di calcolo formato da 315 nodi spazati di circa 2 km, che copre un'area di approssimativamente 1463 km<sup>2</sup> intorno alla diga. Tali curve vengono utilizzate per calcolare le mappe di pericolosità da scuotimento, in termini di accelerazione di picco e di accelerazione spettrale a 1s e 2s. Le mappe mostrano i valori di accelerazione relativi a due periodi di ritorno, 475 e 2475 anni; i valori di accelerazione riportati sono quindi quelli che hanno, rispettivamente, il 10% e il 2% di probabilità di eccedenza in 50 anni. La mappa di pericolosità relativa all'accelerazione di picco per un periodo di ritorno di 475 anni viene comparata con la mappa che fornisce i valori di riferimento dell'accelerazione di picco per il territorio nazionale, per lo stesso periodo di ritorno (Gruppo di Lavoro MPS, 2004), e viene evidenziata la differenza percentuale tra i valori ottenuti nell'ambito del lavoro di tesi e quelli di riferimento. La pericolosità sismica viene poi presentata sotto forma di spettri di pericolosità uniforme relativi ai periodi di ritorno di 475 anni e 2475 anni, calcolati nelle coordinate geografiche della diga del Pertusillo. Gli spettri di pericolosità uniforme sono grafici che mostrano, in funzione del periodo fondamentale di una struttura, l'accelerazione massima alla quale essa è sottoposta in risposta a una forzante sismica. Gli spettri di pericolosità uniforme calcolati nell'ambito del lavoro di tesi vengono confrontati con quelli di riferimento per le stesse coordinate e gli stessi periodi di ritorno. Viene poi svolta una DSHA per le coordinate geografiche della diga del Pertusillo, seguendo un approccio ad albero logico semplificato che tiene in considerazione due valori di magnitudo massima e tre modelli di attenuazione. I risultati di questa analisi, espressi in termini di spettro di risposta smorzato al 5%, vengono confrontati con gli spettri di pericolosità uniforme ottenuti precedentemente per i periodi di ritorno di 475 anni e 2475 anni. Infine, viene svolta una disaggregazione della pericolosità per i valori di accelerazione di picco e accelerazione spettrale a 1s e 2s corrispondenti ai periodi di ritorno finora menzionati.

In sintesi, i risultati più importanti sono:

- La massima accelerazione di picco per un periodo di ritorno di 475 anni è 0.25g, mentre per un periodo di ritorno di 2475 anni è 0.6g;
- La massima accelerazione spettrale a 2s per un periodo di ritorno di 475 anni è 0.08g mentre per un periodo di ritorno di 2475 anni è 0.23g;
- La pericolosità in termini di accelerazione di picco calcolata nell'ambito del lavoro di tesi è simile a quella di riferimento per un periodo di ritorno di 475 anni;
- Per un periodo di ritorno di 2475 anni, la pericolosità in termini di accelerazione di picco fornita come riferimento è significativamente non conservativa rispetto ai valori ottenuti nell'ambito del lavoro di tesi;
- Lo spettro di risposta ottenuto tramite DSHA è più conservativo dello spettro di pericolosità uniforme per un periodo di ritorno di 475 anni;
- Lo spettro di risposta ottenuto tramite DSHA è non conservativo rispetto allo spettro di pericolosità uniforme per un periodo di ritorno di 2475 anni;
- La disaggregazione mostra che i maggiori contributi alla pericolosità sono forniti da scenari con magnitudo compresa tra 6.0 e 7.5 e distanza compresa tra 10 and 50 km.

Firma

