



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



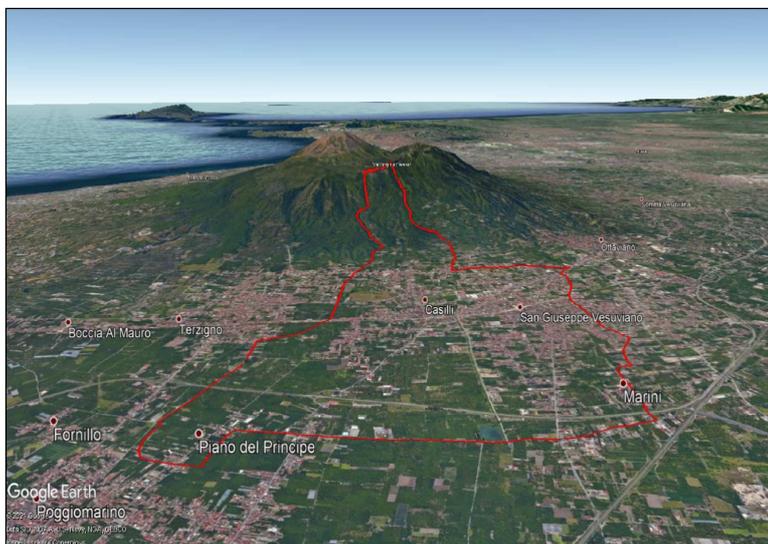
PIANO DI PROTEZIONE CIVILE

Rischio Sismico

Aggiornamento 2021

Regione Campania

Comune di San Giuseppe Vesuviano (NA)



Comune di: San Giuseppe Vesuviano Il Sindaco: L'Assessore alla Protezione Civile La Polizia Municipale	Soggetto realizzatore Geologo Ingegnere Ufficio di Protezione Civile	AGGIORNAMENTO 2021 – PRELIMINARE – <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">E.D. 2</div>
--	---	--

SOMMARIO

SOMMARIO	1
RISCHIO SISMICO	2
INTRODUZIONE.....	2
1. Inquadramento sismogenetico e definizione rischio sismico	3
2. Pericolosità sismica	5
I PARTE – QUADRO NORMATIVO	12
3. Normativa di riferimento	12
II PARTE – TECNICO SCIENTIFICA.....	13
4. Dati di base territoriali specifici	13
5. Definizione delle classi di vulnerabilità dell’edificato	16
6. Definizione della pericolosità sismica	20
7. Valutazione Scenari di danno	21
8. Valutazione sfollati e perdite umane	34
9. Interazione tra le componenti della CLE: infrastrutture di connessione e unità strutturali 36	
III PARTE – TECNICO OPERATIVA	45
10. Modello di intervento relativo allo scenario di Rischio Sismico.....	45
Riferimenti	48



PIANO DI EMERGENZA COMUNALE COMUNE DI SAN GIUSEPPE VESUVIANO



RISCHIO SISMICO

INTRODUZIONE

Il rischio sismico, determinato dalla combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione, è la misura dei danni attesi in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, di capacità sismica delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti).

I terremoti sono fenomeni che si verificano senza possibilità di preannuncio e pertanto il piano di emergenza riguarderà solo la fase di allarme per interventi post-evento.

La gestione del post-evento è coordinata dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile se, per energia rilasciata e livello di impatto sul territorio, l'evento si inquadra in una emergenza di livello nazionale. In caso contrario sarà coordinata dalla Regione.

In entrambi i casi, il Comune colpito dal sisma dovrà attivarsi secondo le linee di indirizzo previste dal Piano.

Lo scenario dell'evento di riferimento è stato individuato seguendo le disposizioni contenute nelle Linee Guida Regionali per la predisposizione dei Piani di Protezione Civile.

1. Inquadramento sismogenetico e definizione rischio sismico

La penisola italiana è una delle zone sismicamente più attive del Mediterraneo. Essa è stata inoltre, sede di alcune tra le più antiche civiltà, e ciò ha permesso la registrazione di notizie attendibili anche di eventi sismici molto antichi. Tuttavia solo a partire dal XIX secolo gli studiosi di sismologia hanno cominciato a estrarre da queste cronache le informazioni riguardanti i terremoti nel tentativo di “scrivere” una storia sismica italiana.

Dalla raccolta e classificazione sistematica di eventi sismici sono nati i primi cataloghi dei terremoti. La prima versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI99 è stata realizzata utilizzando tutti gli studi macrosismici e strumentali resi disponibili dal 1999 in poi. L’ultima versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15, aggiornata al 2015, comprende tutti i terremoti a partire dall’anno 1000 al 2014.

Dai dati del Database Macrosismico Italiano 2015 (reperibile sul web all’indirizzo <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>) è possibile ricostruire la storia sismica del territorio comunale di San Giuseppe Vesuviano.

Nella tabella sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. In particolare sono elencate l’intensità al sito (Is), la data in cui si è verificato

l’evento, l’area epicentrale, l’intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw) e NMDP rappresenta il numero di osservazioni macrosismiche.

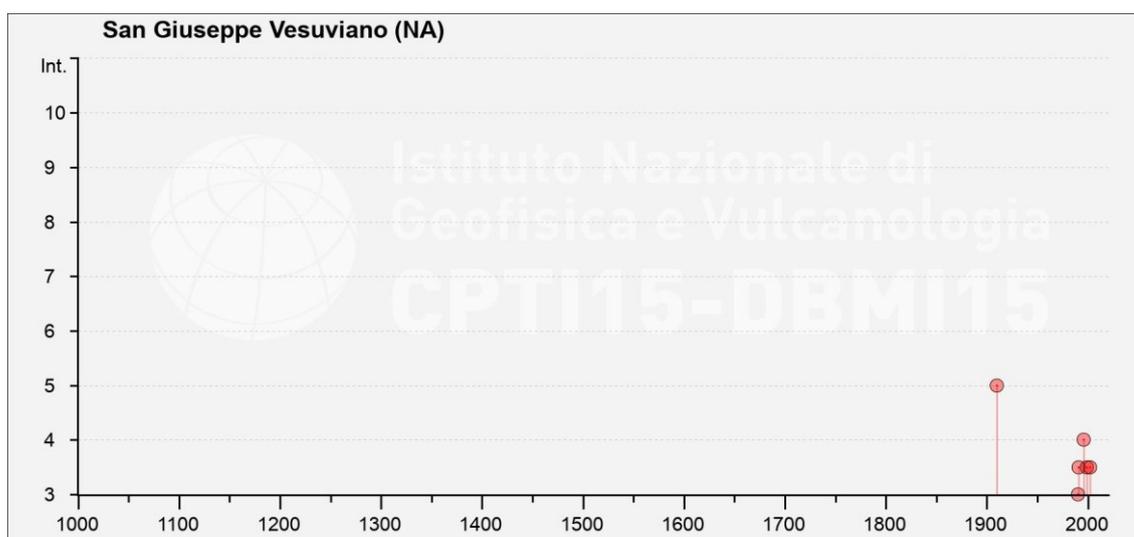


Figura 1 – Storia sismica del Comune di San Giuseppe Vesuviano

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
NF	1978 02 08 04 10 29	Irpinia	100	5-6	4.44
3	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
03-apr	1991 05 26 12 25 5	Potentino	597	7	5.08
4	1996 04 03 13 04 3	Irpinia	557	6	4.9
03-apr	1999 10 09 05 41 0	Area vesuviana	38	5	3.24
03-apr	2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7	5.72

*Tabella 1 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano (INGV)
CPTI15-DBMI15 v3.0*

2. Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un'area è intesa come la probabilità che un dato valore di scuotimento del terreno, espresso con parametri fisici (picco di accelerazione orizzontale, picco di velocità, picco di spostamento, accelerazione spettrale) possa essere superato in un certo lasso di tempo a seguito di un terremoto.

La pericolosità sismica, insieme alla vulnerabilità e al valore esposto in un'area, rappresenta la grandezza fondamentale per la definizione del rischio sismico inteso come la probabilità che un dato valore di danno possa essere superato in un certo intervallo di tempo a seguito di un evento sismico (*Elementi di calcolo della pericolosità D. Slejko*).

Il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità di base del territorio italiano era rappresentato, fino al 2002 dalla zonazione sismogenetica ZS4 (*Meletti et al., 2000; Scandone et al. 2000*). Successivamente, i nuovi sviluppi e ricerche nell'ambito della sismogenesi (*INGV-AA.VV. 2004*) hanno evidenziato alcune incongruenze e la scarsa compatibilità con alcuni cataloghi di terremoti e pertanto è stato proposto un nuovo modello di zonazione sismogenetica denominato ZS9. Tale zonazione ha apportato alcune modifiche al modello iniziale con il raggruppamento e l'introduzione di nuove zone sismogenetiche.

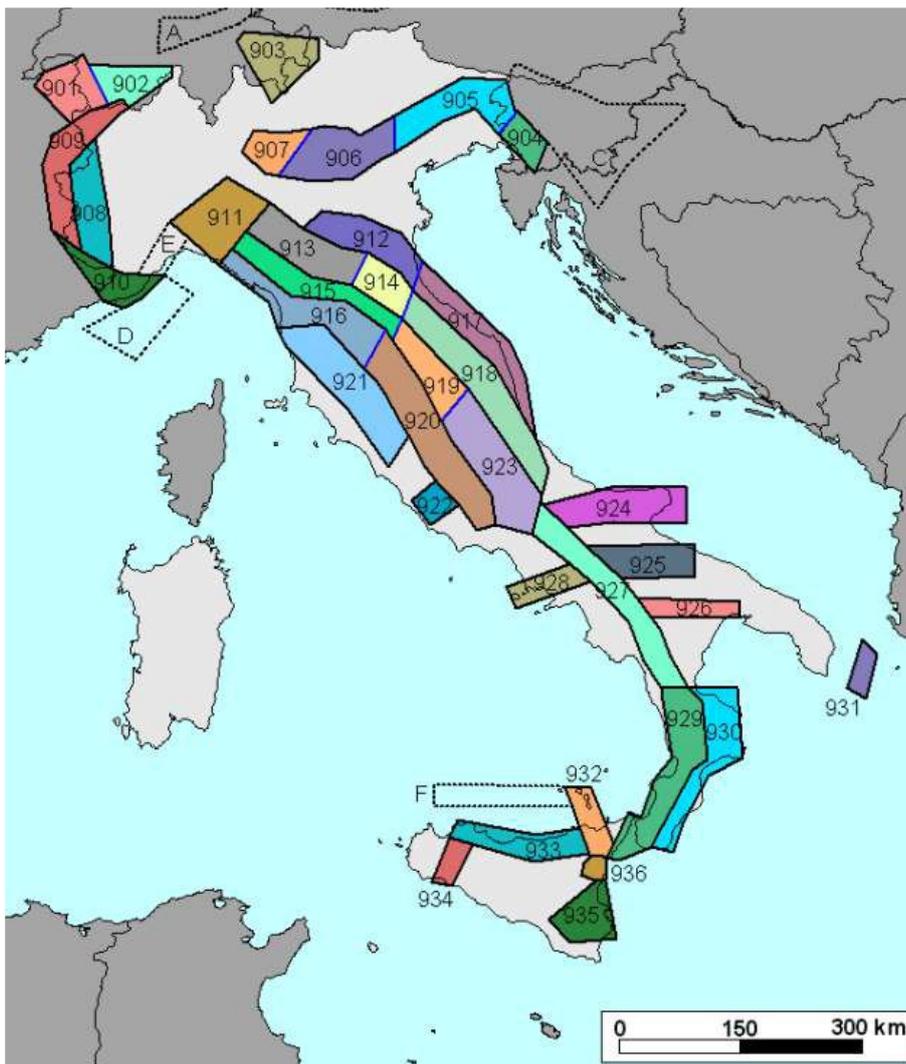


Figura 2 - Zonazione sismogenetica SZ9

Dalla *Figura 2* si evince come l'area ricada in pieno all'interno della Zona 928 alla quale sono associati eventi con valori di intensità epicentrale MCS compresi tra $8 < I_s < 10$.

Va comunque evidenziato che il Comune di San Giuseppe vesuviano è interessato dagli effetti che deriverebbero dall'attivazione di sorgenti nella zona 927, coincidente con la zona assiale della catena fino al confine calabro-lucano, che è l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia che ha interessato l'Appennino Meridionale.

Dalla banca dati DISS (Database of Individual Seismogenic Sources dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: INGV) è possibile ricavare le sorgenti sismogenetiche dell'area.

Per sorgente sismogenetica individuale si intende una struttura geologica che sia in grado di generare, ripetitivamente ed esclusivamente, il terremoto massimo ad essa associato.

Un'altra proprietà è quella di possedere una consistenza interna in termini di lunghezza, larghezza, entità della dislocazione per evento e magnitudo.

Una sorgente sismica areale rappresenta un insieme di strutture geologiche aventi tra loro caratteristiche geometriche e cinematiche comuni, quali profondità, direzione, immersione, verso e pendenza, e potenzialmente in grado di generare terremoti di magnitudo maggiore di 5.5.

Infine le sorgenti macrosismiche sono state ottenute, nella suddetta banca dati, sulla base dei campi macrosismici dei terremoti storici di magnitudo uguale o superiore a 5.5 attraverso il programma Boxer (*Gasperini et al., 1999*), che consente di determinare la posizione (coincidente con l'epicentro macrosismico del terremoto), le dimensioni e, nel caso in cui i dati siano sufficienti, la direzione della sorgente sismogenetica.

Per quanto concerne l'area oggetto del presente studio, non insistono sul territorio comunale sorgenti sismogenetiche. Le sorgenti sismogenetiche più prossime sono quelle di Mirabella Eclano-Monteverde (ITCS084), ed Irpinia Val d'Agri (ITCS034).

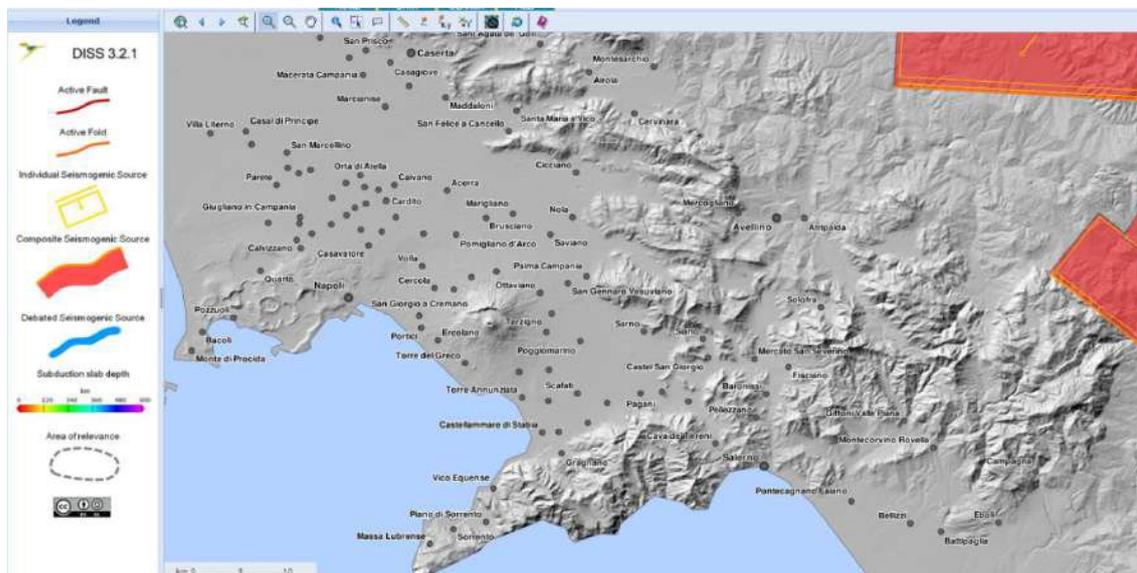


Figura 3 - Database of Individual Seismogenic Sources dell'INGV <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

Il database Ithaca, che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano, è disponibile on-line tramite il portale del Servizio Geologico d'Italia Geomapviewer (<http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>) ed evidenzia nell'area di interesse una serie di faglie potenzialmente attive e capaci:

- Codice Faglia 42600 – Canello;
- Codice Faglia 42700 – Campi Flegrei Nord;
- Codice Faglia 42800 – Napoli;
- Codice Faglia 42900 – Posillipo;
- Codice Faglie 43001, 43002, 43003, 43004 – Golfo di Napoli;
- Codice Faglia 33900 – Gragnano – Pagani.

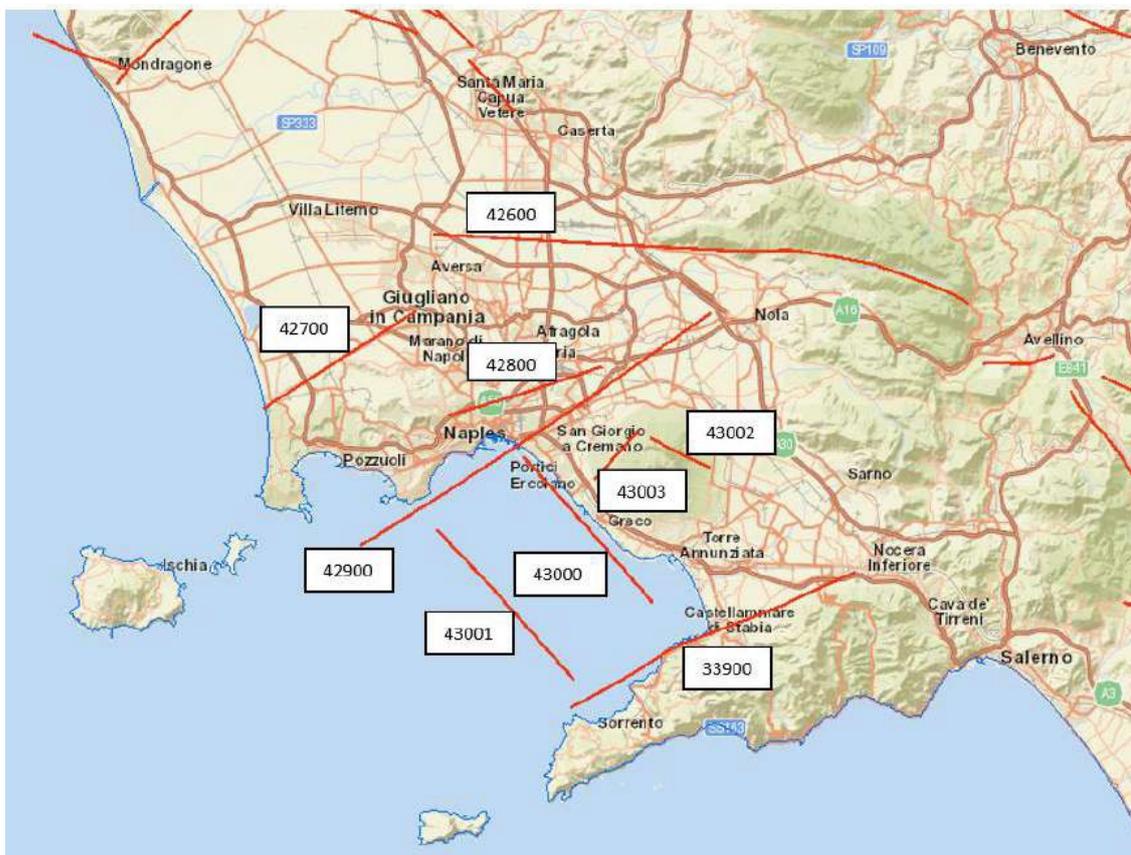


Figura 4 - Faglie attive e capaci dal progetto Ithaca

Le faglie capaci, come definite da ITHACA, sono quelle faglie ritenute in grado di produrre una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di esse.

La fagliazione superficiale può indurre seri danni agli edifici e alle infrastrutture e quindi rappresentare una rilevante fonte di pericolosità, particolarmente nelle aree densamente popolate ed industrializzate.

In Italia, molti terremoti storici catastrofici sono associati a faglie di questo tipo che hanno causato deformazione in superficie o in prossimità di essa, nell'intervallo Pleistocene superiore - Presente.

Ulteriori informazioni sulla banca dati ITHACA sul sito di ISPRA:

<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Default.aspx><http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Default.aspx>

Il quadro legislativo relativo alla tematica sismica in Italia presenta, negli ultimi anni, molte innovazioni e modifiche. La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore l'8/5/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e norme tecniche per le costruzioni in zona sismica", suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la precedente terminologia di categorie sismiche. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stato l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico.

Pertanto, in ottemperanza all'O.P.C.M. n°3274 la Regione Campania, come già accennato, ha aggiornato l'elenco delle zone sismiche (Delibera di Giunta Regionale n. 5447 del 07/11/2012).



Figura 5 - Classificazione sismica regione Campania

Infine, con l'Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 si approva la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{gmax}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec); il valore di a_g (accelerazione orizzontale di riferimento).

Il territorio del Comune di San Giuseppe Vesuviano rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.150 e 0.175 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

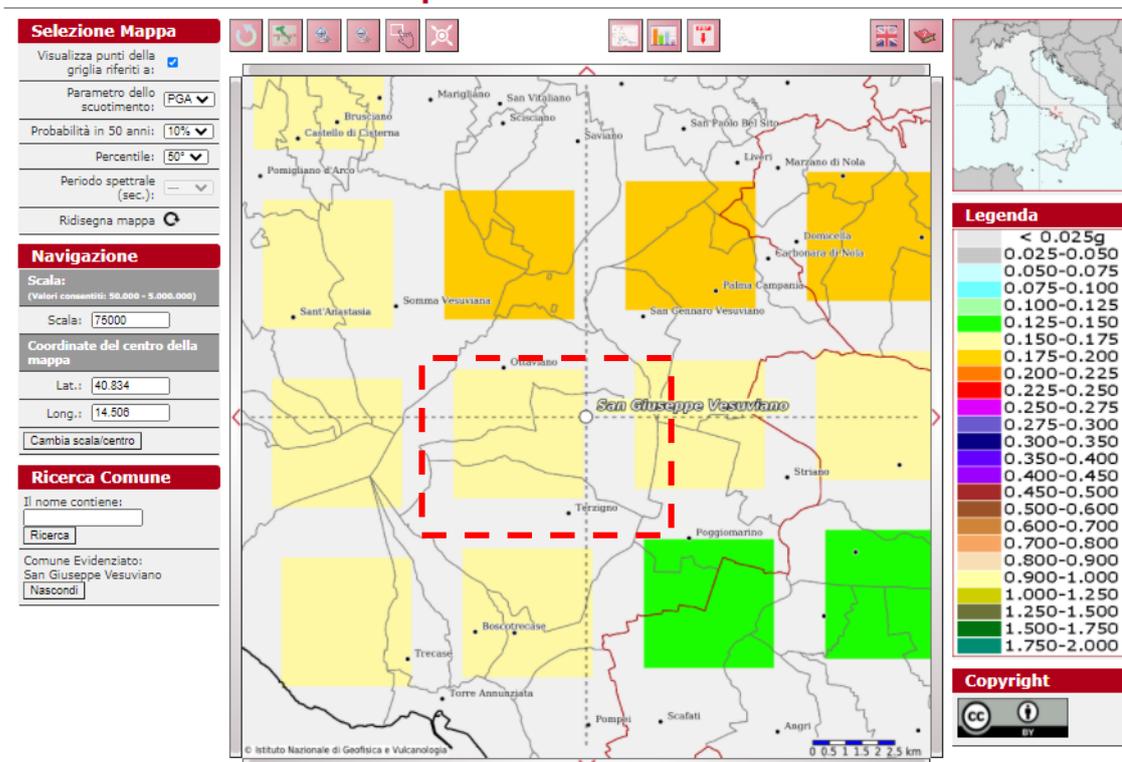


Figura 6 - Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento ag; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I PARTE – QUADRO NORMATIVO

3. Normativa di riferimento

- Decreto Presidente Consiglio dei Ministri del 16 gennaio 2014 n. 28: "Direttiva inerente il Programma nazionale di soccorso per il rischio sismico";
- Decreto ministeriale (infrastrutture) 17 gennaio 2018 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Presidenza del Consiglio - Dipartimento della Protezione Civile 12 febbraio 2021 "Valutazione dell’impatto, censimento dei danni e rilievo dell’agibilità post-sisma sulle strutture pubbliche e private e sugli edifici di interesse culturale, in caso di eventi di cui all’art. 7 c. 1, del d.lgs. n. 1 del 2 gennaio 2018 – Codice della protezione civile - Indicazioni operative per il raccordo ed il coordinamento delle attività di sopralluogo tecnico".

II PARTE – TECNICO SCIENTIFICA

4. Dati di base territoriali specifici

Nel presente paragrafo saranno presentati i dati di base territoriali per la definizione degli scenari di rischio sismico, oltre alle cartografie inerenti alla pericolosità sismica dell'area oggetto di studio.

In assenza di informazioni specifiche riguardanti le caratteristiche dei singoli edifici, la valutazione delle stesse, propedeutica alla stima della vulnerabilità sismica, è stata condotta sulla base dei dati provenienti dal Censimento ISTAT dell'ottobre 2011. Tali dati, pubblicamente accessibili, sono forniti in forma "aggregata" per Sezioni censuarie, consistono cioè nelle distribuzioni di alcuni parametri riguardanti la popolazione e gli edifici ricadenti nella singola sezione.

Il territorio comunale di San Giuseppe Vesuviano è composto, in totale, da 44 Sezioni Censuarie, per ciascuna delle quali sono disponibili i seguenti dati:

- Numero di abitanti;
- Edifici e complessi di edifici (totale);
- Edifici e complessi di edifici utilizzati;
- Edifici ad uso residenziale;
- Edifici e complessi di edifici (utilizzati) ad uso produttivo, commerciale, direzionale/terziario, turistico/ricettivo, servizi, altro;
- Tipologia strutturale:
 - Edifici in muratura portante;
 - Edifici in calcestruzzo armato;
 - Edifici in altro materiale (acciaio, legno, ecc.);
- Epoca di costruzione:
 - Edifici costruiti prima del 1919;
 - Edifici costruiti dal 1919 al 1945;
 - Edifici costruiti dal 1946 al 1960;
 - Edifici costruiti dal 1961 al 1970;
 - Edifici costruiti dal 1971 al 1980;
 - Edifici costruiti dal 1981 al 1990;
 - Edifici costruiti dal 1991 al 2000;
 - Edifici costruiti dal 2001 al 2005;

- Edifici costruiti dopo il 2005;
- Numero di piani:
 - Edifici con un piano;
 - Edifici con 2 piani;
 - Edifici con 3 piani;
 - Edifici con 4 piani o più.

Dall'analisi delle distribuzioni dei dati si evince che per l'area comunale di San Giuseppe Vesuviano sono presenti 5.360 edifici destinati ad uso residenziale di cui il 17% in muratura portante ed il 28% in calcestruzzo armato *Figura 7*.

Per quanto riguarda le epoche di costruzione il grafico dimostra chiaramente come solo il 2% dell'edificato al 2011 sia post anni 2000, mentre le percentuali maggiori sono relative agli anni 61-70 (31%) e 81-90 (18%) *Figura 8*.

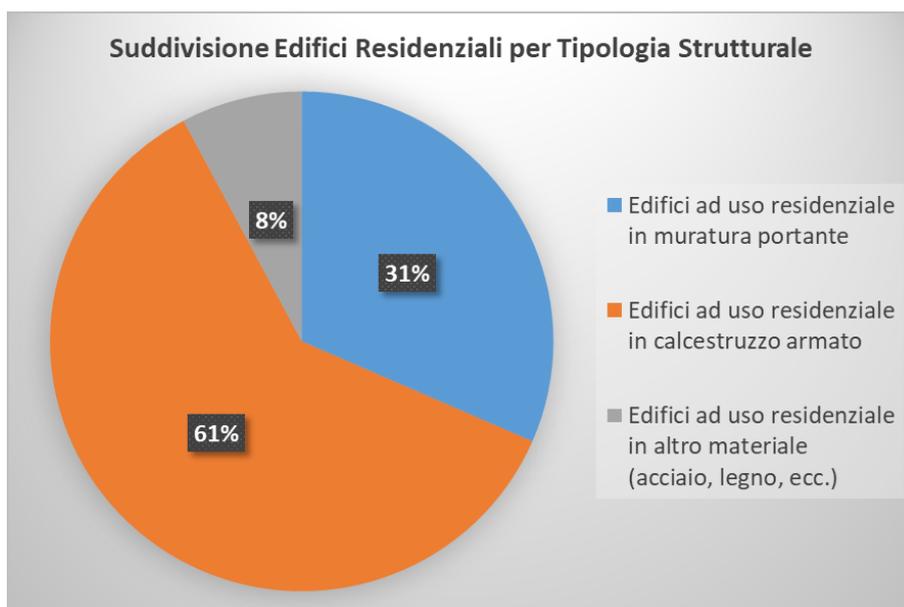


Figura 7 - Grafico suddivisione in percentuale degli edifici residenziali per tipologia strutturale.

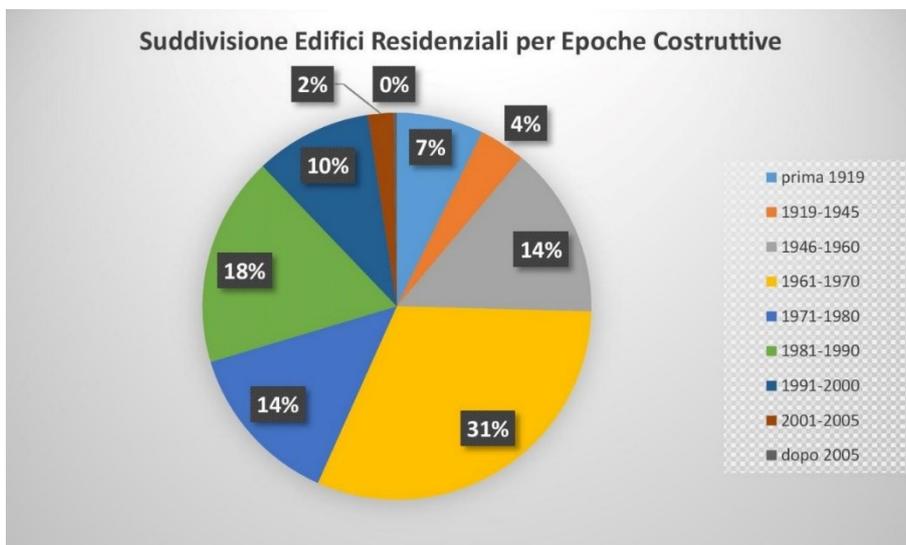


Figura 8 - Grafico suddivisione in percentuale degli edifici residenziali per epoche costruttive.

5. Definizione delle classi di vulnerabilità dell'edificato

Per la derivazione degli scenari di danno sono state utilizzate le Matrici di Probabilità di Danno (DPM) basate sui dati di danneggiamento degli edifici raccolti in seguito ai terremoti italiani degli ultimi 30 anni (Zuccaro e Cacace, 2009).

Le DPM considerano:

- 4 differenti Classi di Vulnerabilità, da A a D;
- 6 livelli di danno (*Damage States*), da DS0 (*nessun danno*) - sino a DS5 (*collasso*).

In particolare, Zuccaro e Cacace (2009) fanno riferimento a Classi di Vulnerabilità, livelli di danno (*Damage States*) ed Intensità Macrosismica (*MS*) definite in accordo a quanto riportato nell'European Macroseismic Scale 1998 (Grünthal, 1998).

La procedura utilizzata per la associazione delle Classi di Vulnerabilità agli edifici residenziali segue la classificazione della Scala Macrosismica Europea, EMS-98 (Grünthal, 1998), riportata nella [Figura 9](#).

Quest'ultima individua le Classi di Vulnerabilità suddividendole, innanzitutto, in relazione alla tipologia strutturale (edifici in muratura, edifici in cemento armato, edifici in acciaio o in legno).

In secondo luogo, per ciascuna tipologia strutturale sono individuate delle ulteriori sotto-classi in relazione alla tipologia di orizzontamento, per gli edifici in muratura, ed in relazione al grado di progettazione antisismica, per gli edifici in calcestruzzo armato.

L'EMS-98 permette di assegnare un margine di discrezionalità nell'attribuzione della Classe di Vulnerabilità (*CdV*) dell'edificio. Per ciascuna tipologia di edifici è possibile individuare la *CdV* (indicata in figura con un cerchio). Nella stessa figura, con tratto pieno, se presente, è individuata una classificazione alternativa in relazione a determinate caratteristiche dell'edificio che possono ridurre o aumentare la sua vulnerabilità, e quindi modificare la Classe di appartenenza. Allo stesso modo, con linea tratteggiata, è riportata la *CdV* da associare all'edificio in casi particolari, qualora si possa assumere che questo sia dotato di dispositivi e/o che abbia determinate caratteristiche che possono modificare notevolmente la propria classe di attribuzione. I fattori che permettono di individuare la *CdV* più probabile riguardano lo stato di conservazione dell'edificio, la qualità della costruzione, fattori di irregolarità in pianta ed in elevazione, il livello di progettazione sismico, ecc.

TIPO DI STRUTTURA	Classi di Vulnerabilità					
	A	B	C	D	E	F
MURATURA	ciottoli, pietre naturali	○				
	adobe (mattoni in terra cruda)	○—				
	a conci (pietra semplice sbozzata)	—○				
	a blocchi lapidei squadriati		—○—			
	non armata, con elementi di pietra lavorata o blocchetti		—○—			
	non armata, con solai in cemento armato armata o confinata			—○—		
CEMENTO ARMATO (CA)	strutture a telaio senza progettazione antisismica (PA)			—○—		
	strutture a telaio con moderato livelli di progettazione antisismica PA			—○—		
	strutture a telaio con alto livello di PA				—○—	
	strutture a pareti senza PA			—○—		
	strutture a pareti con moderato livello di PA			—○—		
	strutture a pareti con alto livello di PA				—○—	
ACCIAIO				—○—		
LEGNO				—○—		

○ Classe di vulnerabilità più probabile; — gamma possibile;gamma di casi meno probabili o eccezioni

Figura 9 - Classi di Vulnerabilità secondo la European Macroseismic Scale (Grünthal, 1998).

La procedura utilizzata per la definizione delle Classi di Vulnerabilità (CdV) degli edifici adottata nel presente studio ha come unità di riferimento il “singolo edificio”. In relazione alla tipologia strutturale verticale e all’epoca di progettazione/costruzione a ciascun edificio è associata una CdV.

La classe di vulnerabilità che viene assegnata agli edifici in calcestruzzo armato è determinata in funzione del livello di progettazione antisismica dell’edificio. Tale livello è correlato all’epoca di progettazione/costruzione dell’edificio e, pertanto, alle normative tecniche vigenti in quel periodo.

Per tali ragioni si presume che gli edifici costruiti precedentemente al 1981 siano stati progettati in assenza di criteri sismici, così come riportato in *Di Pasquale et al. (2005)*; gli autori affermano che solo gli edifici progettati e costruiti successivamente alla Legge n.64/1974 e al corrispondente decreto attuativo D.M. n.40/1975 situati in un Comune classificato in zona sismica possono resistere efficacemente ad azioni indotte dai terremoti.

In definitiva, gli edifici progettati/costruiti prima del 1981 sono definiti da una CdV “C”, ovvero “B” nel caso di cattivo stato manutentivo, in quanto, secondo la classificazione dell’EMS-98, siffatti edifici non sono stati progettati per resistere ad azioni sismiche (Reinforced Concrete RC frame without Earthquake-Resistant Design ERD – Strutture a telaio senza progettazione antisismica). Viceversa, gli edifici progettati/costruiti dopo il 1981, caratterizzati da un livello moderato di resistenza alle azioni sismiche (RC frame with moderate ERD) sono definiti da una CdV “D”, ovvero “C” nel caso di cattivo stato di manutenzione. Da un’attenta analisi bibliografica e, in particolare, dallo studio del “Censimento di vulnerabilità a campione dell’edilizia corrente dei centri abitati, nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia” https://emidius.mi.ingv.it/GNDT2/Pubblicazioni/Lsu_bis/sommario_Lsu_Bis_con_intestazione.html) risulta che la classe più bassa in cui ricadono gli edifici in calcestruzzo armato è la “B”. Nessun edificio in c.a. ricade in classe A se non per delle eccezioni che non è stato possibile rilevare dal database dell’ISTAT.

La procedura per la definizione della CdV per gli edifici in muratura è meno esplicita e diretta rispetto al caso degli edifici in cemento armato, a causa della mancata conoscenza di alcuni parametri utili a tal fine. Il database ISTAT permette solo l’individuazione della tipologia strutturale, senza fornire informazioni sulla tipologia di orizzontamento, né sulla qualità e tessitura della struttura portante. L’assenza di queste informazioni risulta pregiudizievole alla definizione della CdV per gli edifici in muratura, in accordo con la classificazione dell’EMS-98. Per definire la CdV degli edifici in muratura si utilizzano, nel presente studio, le statistiche riportate nel lavoro di *Di Pasquale et al. (2006)*, che riporta la correlazione tra la CdV degli edifici in muratura e l’epoca di costruzione dell’edificio, ottenuta da uno studio statistico di un campione di 50.000 edifici raccolti in seguito al terremoto dell’Irpinia, riportata nella seguente tabella.

Anno di Costruzione	Classe di Vulnerabilità		
	A	B	C
< 1919	0.74	0.23	0.03
1919 - 1945	0.52	0.40	0.06
1946 - 1960	0.25	0.47	0.28
1961 - 1971	0.04	0.31	0.65
1972 - 1991	0.02	0.19	0.79

Tabella 2 - Matrice di correlazione tra l'epoca di costruzione e la Classe di Vulnerabilità [da Di Pasquale et al. (2006)].

Pertanto è stato possibile attribuire ad ognuno degli edifici censiti nelle celle censuarie dell'ISTAT 2011 la propria classe di vulnerabilità.

Il riepilogo di seguito riportato evidenzia come il 54% dell'edificato rientri nella classe di vulnerabilità C.

	CdV A	CdV B	CdV C	CdV D
TOT	838	928	2889	705
%	16%	17%	54%	13%

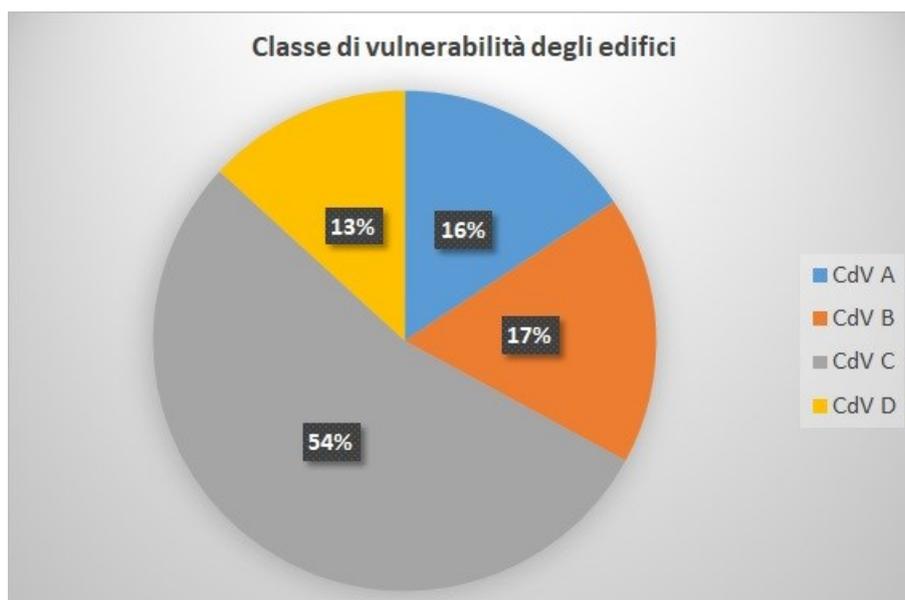


Figura 10 - Grafico classe di vulnerabilità degli edifici

6. Definizione della pericolosità sismica

L'inquadramento sismogenetico e l'analisi storica dei terremoti che hanno colpito il territorio sono riportati nel capitolo introduttivo "*Inquadramento sismogenetico e definizione rischio sismico*".

A partire dalle suddette informazioni, è stata attribuita ad ogni singola cella censuaria il valore di accelerazione massima su suolo rigido e orizzontale (PGA), relativo al punto della griglia più prossimo alla stessa per il quale è stato calcolato dall'INGV (web gis online dell'INGV di Milano) il valore di pericolosità sismica di base.

In funzione delle direttive delle Linee Guida Regionali 2013 sono stati considerati i due seguenti scenari di riferimento:

- periodo di ritorno (TR) di 101 anni - relativo ad un'emergenza di rilevanza locale effettuato in maniera cautelativa per un valore di intensità macrosismica IEMS pari a 7;
- periodo di ritorno (TR) 475 anni - relativo ad un'emergenza di rilevanza nazionale effettuato in maniera cautelativa per un valore di intensità macrosismica IEMS pari a 8.

7. Valutazione Scenari di danno

Poiché la finalità ultima di un Piano di Emergenza è la predisposizione delle azioni di intervento a farsi in caso di evento si ritiene opportuno focalizzare l'attenzione sulla vulnerabilità dell'edificato. La valutazione della vulnerabilità, intesa come la sua predisposizione ad essere danneggiato da un evento di sismico di una fissata severità, ha l'obiettivo di definire un modello interpretativo capace di stimare un danno fisico (in termini probabilistici) in funzione dell'intensità o della PGA/spettro.

Per la valutazione degli scenari di danno si utilizza una procedura probabilistica di simulazione Monte Carlo, secondo la quale per ogni edificio generato, si identificano i parametri tipologici-funzionali dai dati ISTAT 2011 (tipologia strutturale, epoca di costruzione) relativi alla generica sezione censuaria; in relazione a quest'ultimi si associa:

- la probabilità di appartenere ad una Classe di Vulnerabilità, variabile da "A" a "D";
- le corrispondenti Matrici di Probabilità di Danno (*DPM*) relative a predefiniti livelli di danno (*Damage States*, DS).

In funzione delle *DPM* e dei parametri del moto del suolo sono ricavate le distribuzioni di danno (*Del Gaudio et al., 2017*).

In *Figura 11* sono riportate le *DPM* di (*Zuccaro e Cacace, 2009*), per le 4 Classi di Vulnerabilità e per i 5 livelli di danno (DS). In particolare, in (*Zuccaro e Cacace, 2009*) i livelli di danno (*Damage States*) e l'Intensità Macrosismica (*IEMS*) sono definite in accordo a quanto riportato nell'European Macroseismic Scale 1998 (*Grünthal, 1998*).

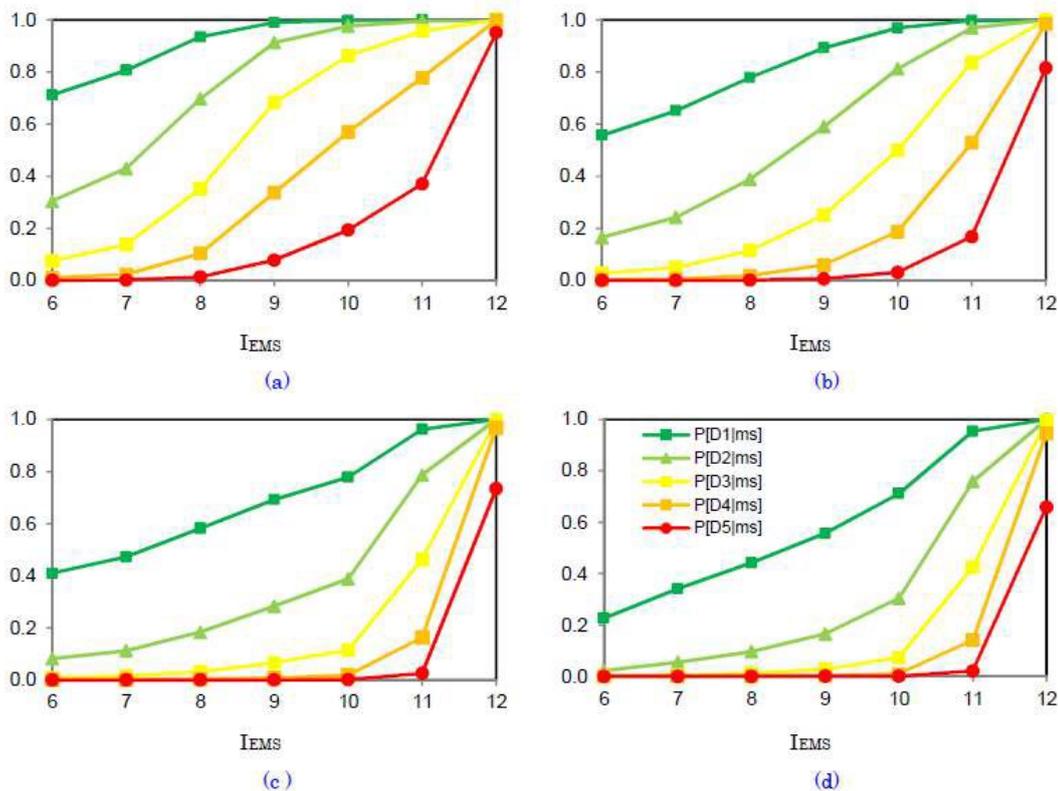


Figura 11 - Matrice di Probabilità di Danno Cumulata derivate da (Zuccaro e Cacace, 2009) per edifici

Nel dettaglio, nel caso di uno scenario macrosismico, una curva di vulnerabilità correla l'intensità ad un istogramma di danno D (0,1,2,3,4,5), espresso dal danno medio (*mean damage grade* μ_D –parametro continuo $0 < \mu_D < 5$) e da una appropriata distribuzione probabilistica.

Questo approccio macrosismico è basato sulla vulnerabilità osservata, in quanto tali curve sono ottenute, per classi di edifici, in funzione dei dati rilevati durante i censimenti del danno in seguito ad eventi sismici di differente intensità.

I livelli di danno sono stati definiti in accordo con la recente scala macrosismica, in particolare con la EMS98 - *European Macroseismic Scale* - (Grunthal 1998):

- nessun danno;
- danno lieve;
- danno medio;
- danno grave;
- danno molto grave;
- collasso.

Per ogni intensità, il danno medio μ_D (*mean damage grade*) può essere definito in funzione della probabilità P_k di ogni livello di danno D_k .

Sarebbe possibile procedere ad una valutazione di tipo probabilistico e ricorrere alla seguente distribuzione binomiale che stima la probabilità P_k ($k=0,1,2,3,4,5$) associate ad ogni livello di danno:

$$P[D_k | \mu_D] = \sum_{i=k}^5 P_i = \sum_{i=k}^5 \frac{5!}{i!(5-i)!} (0.2\mu_D)^i (1-0.2\mu_D)^{5-i}$$

Si sottolinea che per applicare tale metodologia, sarebbe necessario provvedere ad un approfondimento in campo, attuando una campagna specifica di rilevamenti.

Queste valutazioni possono essere utili per definire scenari più dettagliati, finalizzati, per esempio, ad individuare la probabilità di collasso di ogni singolo edificio (P_5) o la probabilità che un edificio sia dichiarato inagibile dopo l'evento sismico ($P_3+P_4+P_5$).

Classification of damage to masonry buildings	
	<p>Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Hair-line cracks in very few walls. Fall of small pieces of plaster only. Fall of loose stones from upper parts of buildings in very few cases.</p>
	<p>Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in many walls. Fall of fairly large pieces of plaster. Partial collapse of chimneys.</p>
	<p>Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Large and extensive cracks in most walls. Roof tiles detach. Chimneys fracture at the roof line; failure of individual non-structural elements (partitions, gable walls).</p>
	<p>Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.</p>
	<p>Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Total or near total collapse.</p>

Figura 12 - Livelli di danno in funzione del materiale di costruzione degli edifici – costruzioni in muratura.

Classification of damage to buildings of reinforced concrete	
	<p>Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Fine cracks in plaster over frame members or in walls at the base. Fine cracks in partitions and infills.</p>
	<p>Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in columns and beams of frames and in structural walls. Cracks in partition and infill walls; fall of brittle cladding and plaster. Falling mortar from the joints of wall panels.</p>
	<p>Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Cracks in columns and beam column joints of frames at the base and at joints of coupled walls. Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rods. Large cracks in partition and infill walls, failure of individual infill panels.</p>
	<p>Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Large cracks in structural elements with compression failure of concrete and fracture of rebars; bond failure of beam reinforced bars; tilting of columns. Collapse of a few columns or of a single upper floor.</p>
	<p>Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Collapse of ground floor or parts (e. g. wings) of buildings.</p>

Figura 13 - Livelli di danno in funzione del materiale di costruzione degli edifici – costruzioni in cemento armato.

La curva di vulnerabilità è definita da due parametri: l'indice di vulnerabilità V e un coefficiente di duttilità Q , che dovrebbe essere valutato in funzione dei dati dell'edificio.

Il rilievo del danno dopo un evento sismico e la definizione di una scala macrosismica ($EMS98$) permette di definire un modello di vulnerabilità osservazionale, attraverso la correlazione tra l'intensità I di un terremoto e il danno medio μ_D , che rappresenta il valore medio dell'istogramma di probabilità dei livelli di danno Dk ($k=0,1,2,3,4,5$). Le curve di vulnerabilità sono definite come segue:

$$\mu_D = 2.5 \left[1 + \tanh \left(\frac{I + 6.25V - 13.1}{Q} \right) \right]$$

L'indice di vulnerabilità V varia tra 0 e 1 nel caso delle sei tipologie di edifici definite dalla scala $EMS98$.

L'indice di duttilità Q rappresenta il coefficiente di incremento di danno per un incremento dell'intensità. Se $Q = 2.3$ (come per gli edifici) un livello di intensità corrisponde ad un livello di danno; valori maggiori di Q sono tipici strutture duttili. Valori di riferimento per altre tipologie di edifici monumentali possono essere dedotti dall'osservazioni dei danni a tali tipologie di edifici o in funzione di un giudizio esperto.

Pertanto, una volta nota la pericolosità sismica, si può calcolare il livello di danno atteso di ogni struttura (*scenario di danno*) e definire una lista di edifici classificati in funzione del loro grado di vulnerabilità.

Il danno medio μ_D , dato dalla precedente equazione, rappresenta un parametro sintetico per la definizione dello scenario di danno.

Pertanto, per la definizione dello scenario di danno, una volta definita l'intensità Macrosismica di riferimento (moltiplicando il fattore di amplificazione stratigrafica per la PGA su suolo rigido e poi utilizzando la formula di *Margottini, (1992)* sono state utilizzate le Matrici di Probabilità di Danno (DPM), basate sui dati di danneggiamento degli edifici raccolti in seguito ai terremoti italiani degli ultimi 30 anni e proposte da *Zuccaro e Cacace (2009)*.

Lo studio degli scenari di danno è stata effettuata suddividendo il territorio sulla base delle Sezioni Censuarie. L'analisi dello scenario di rischio sismico è stato effettuato facendo riferimento alle linee guida regionali considerando eventi con tempi di ritorno di 101 anni

(generalmente associabile ad una emergenza di rilevanza locale) e con un periodo di ritorno di 475 anni (generalmente associabile ad una emergenza di rilevanza nazionale).

In pratica per il generico edificio lo scenario di danno è ottenuto seguendo i seguenti step:

- Definizione del valore dell'accelerazione massima su suolo rigido ed orizzontale (PGA) per lo scenario di riferimento, valutata per ogni singola cella censuaria;
- Definizione del valore del coefficiente di amplificazione stratigrafico (NTC 2018), in funzione delle caratteristiche geologiche del suolo per ogni singola cella censuaria (l'attribuzione è stata fatta sulla base della digitalizzazione della carta geologica provinciale dove ad ogni litotipo è stata attribuita una categoria di suolo di riferimento in funzione di una copiosa documentazione di riferimento basata su studi geologici allegati ai piani regolatori vigenti ed altri lavori a base geologica);
- Definizione della Classe di Vulnerabilità dell'edificio;
- Associazione delle curve di fragilità/DPM (*Zuccaro & Cacace, 2009*) per i 5 differenti livelli di danno (*damage levels*) alla Classe di Vulnerabilità dell'edificio;
- Calcolo dell'intensità Macrosismica attesa per lo scenario di riferimento: dalle curve di fragilità si valuta lo scenario di danno sismico dell'edificio.

L'analisi così descritta ha permesso di restituire le cartografie allegate che riepilogano, per ogni cella censuaria, la percentuale di edifici residenziali inagibili sul totale della cella, per lo scenario TR 101 e TR 475.

In particolare, gli stralci che seguono permettono di individuare, per cella censuaria, le aree a maggior rischio (che sono relative alle celle con maggior presenza di strutture e maggiormente vulnerabili).

Segue, infine, la tabella riepilogativa di tutti i dati per cella censuaria ed i grafici che sintetizzano i risultati ottenuti su scala comunale.

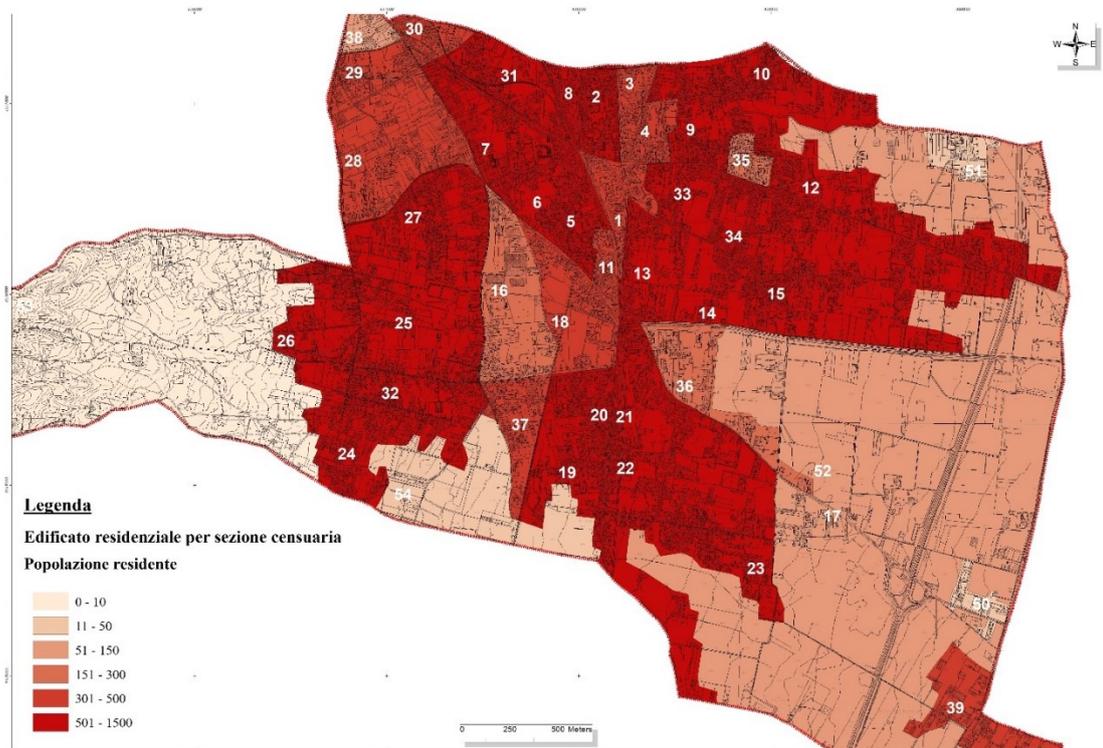


Figura 14 - Distribuzione della popolazione residente per sezione censuaria

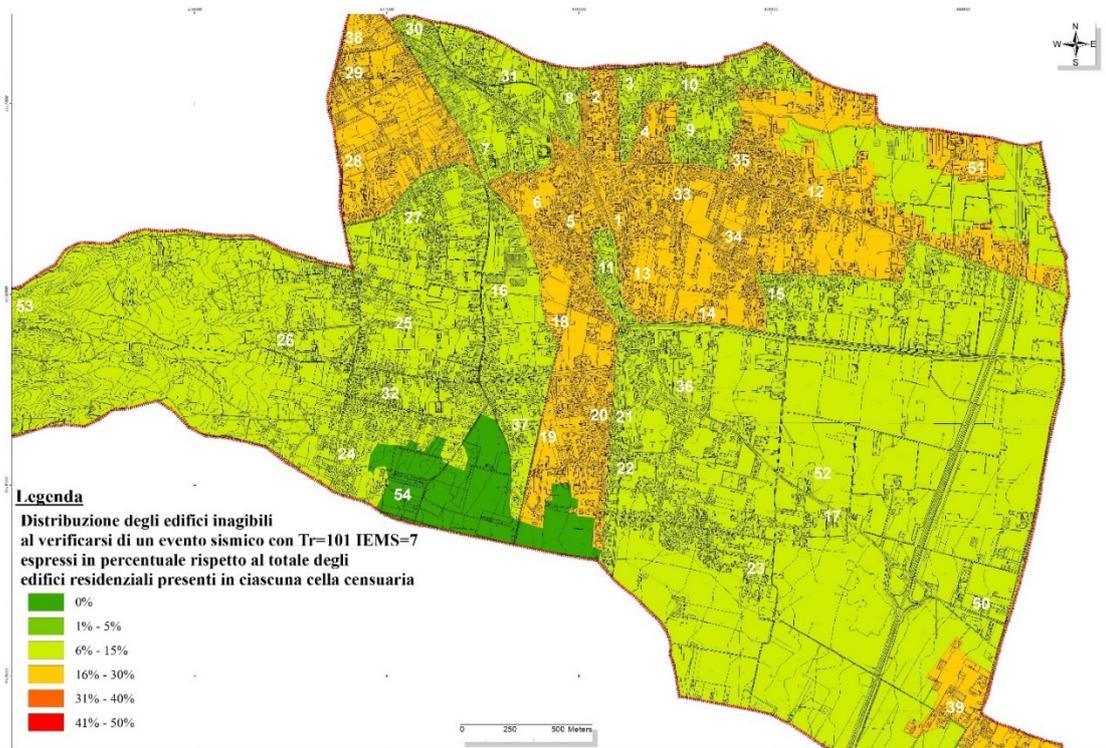


Figura 15 - Distribuzione degli edifici inagibili al verificarsi di un evento sismico con $Tr=101$ - IEMS=7 espressi in percentuale rispetto al totale degli edifici residenziali presenti in ciascuna cella censuaria

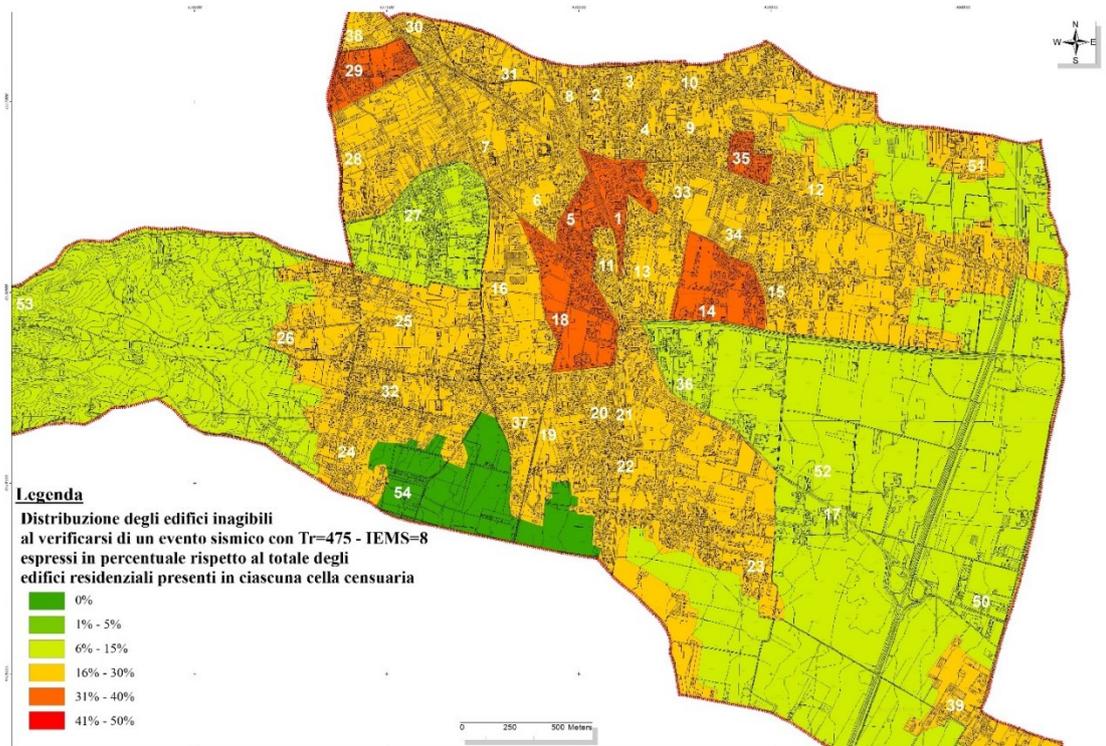


Figura 16 - Distribuzione degli edifici inagibili al verificarsi di un evento sismico con $Tr=475$ - $IEMS=8$ espressi in percentuale rispetto al totale degli edifici residenziali presenti in ciascuna cella censuaria

SEZIONE CENSUARIA	POPOLAZIONE RESIDENTE	EDIFICI INAGIBILI Tr=101 – IEMS=7	EDIFICI INAGIBILI Tr=475 – IEMS=8
n	n	%	%
1	467	19	31
2	694	17	28
3	484	15	24
4	404	16	26
5	528	22	36
6	1280	18	30
7	831	13	21
8	633	13	21
9	842	12	20
10	1145	14	23
11	522	13	22
12	1284	18	30
13	662	17	28
14	624	19	31
15	1082	9	16
16	404	12	20
17	191	7	12
18	588	20	33
19	715	16	26
20	637	17	28
21	708	13	21
22	1276	11	19
23	1109	12	19
24	811	11	18
25	793	11	18
26	697	9	16
27	1351	9	15

28	470	17	28
29	382	20	33
30	378	10	17
31	553	13	22
32	721	12	20
33	509	16	26
34	1615	17	29
35	501	23	38
36	385	8	14
37	483	13	22
38	129	15	25
39	390	16	25
50	61	7	13
51	18	18	30
52	52	6	10
53	58	9	15

Tabella 3 - Distribuzione della popolazione residente e numero di edifici inagibili per evento sismico $Tr=101$ anni e $Tr=475$ anni per sezione censuaria

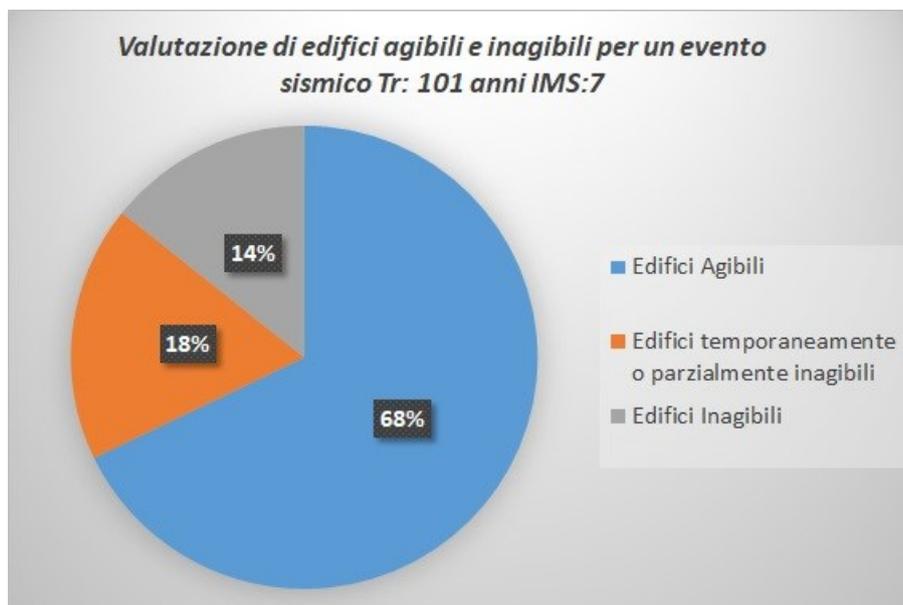


Figura 17 - Percentuale di edifici agibili, parzialmente agibili ed inagibili sul totale – TR 101 anni

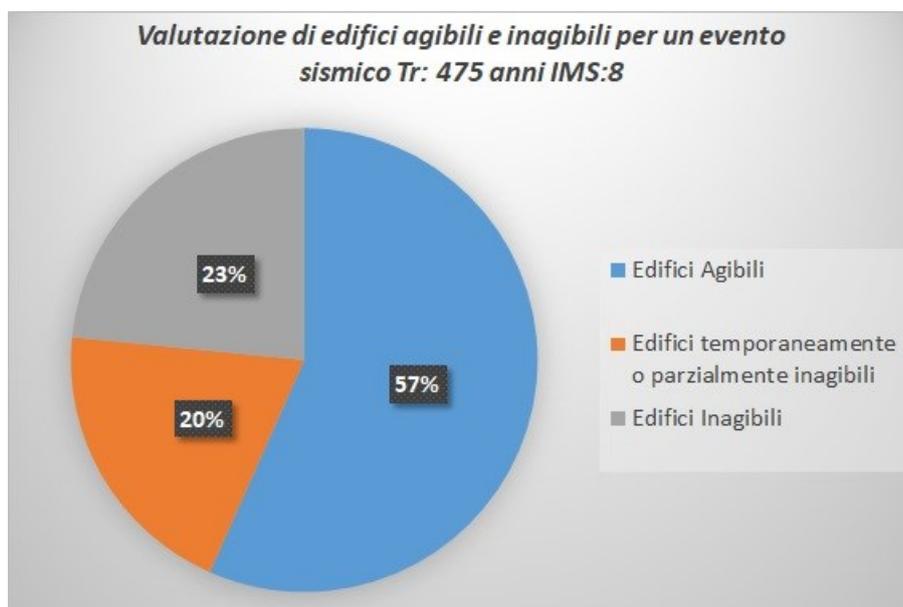


Figura 18 - Percentuale di edifici agibili, parzialmente agibili ed inagibili sul totale – TR 475 anni

8. Valutazione sfollati e perdite umane

Un ulteriore aspetto molto delicato nella gestione dell'emergenza post-sismica riguarda l'entità delle perdite umane (morti e feriti) sul territorio in seguito allo scenario di evento sismico.

Nel presente lavoro sarà adoperato l'approccio riportato in *Zuccaro & Cacace (2011)*, che permette di ricavare l'impatto in termini di perdite umane (morti e feriti) attraverso formulazioni empiriche ottenute dai dati osservati sui terremoti passati. Gli Autori forniscono dei coefficienti, Q_D e Q_I , differenziati per edifici in c.a. ed in muratura, che mettono in relazione la percentuale di morti e feriti al danno degli edifici, così come riportato in *Tabella 4*.

In particolare, assegnato uno scenario di danno sismico in una data area, il numero di feriti (*injured*) $N_{I,j}$, conseguente ad un danno all'edificio pari a DS_j , si ottiene moltiplicando il numero di edifici caratterizzato da quel livello di danno N_{DS_j} , per il coefficiente $Q_{I,j}$:

$$N_{I,j} = N_{DS_j} Q_{I,j}; \quad j = 0 : 5$$

Analogamente, il numero di morti (*dead*) $N_{D,j}$, conseguente ad un danno all'edificio pari a DS_j , si ottiene moltiplicando il numero di edifici caratterizzato da quel livello di danno N_{DS_j} , per il coefficiente $Q_{D,j}$:

$$N_{D,j} = N_{DS_j} Q_{D,j}; \quad j = 0 : 5$$

Si può osservare in *Tabella 4* che i coefficienti $Q_{I,j}$ e $Q_{D,j}$ risultano nulli fino ad un danno significativo ($DS3$). Si osserva, inoltre, come i coefficienti $Q_{D,j}$ ($Q_{I,j}$) risultino maggiori (minori) per gli edifici in c.a. rispetto agli edifici in muratura.

Percentuali morti (D) e feriti (I)	Tipologia Strutturale	SCENARIO DI DANNO					
		DS0	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
QD	muratura	0	0	0	0	0.04	0.15
	c.a.	0	0	0	0	0.08	0.3
QI	muratura	0	0	0	0	0.14	0.7
	c.a.	0	0	0	0	0.12	0.5

Tabella 4 – Coefficienti per la valutazione di morti e feriti in funzione del livello di danno e della tipologia strutturale (Zuccaro e Cacace, 2011)

La suddetta procedura permette di stimare, a partire dallo scenario di danno sismico di rilevanza locale (Tr 101 anni) e nazionale (Tr 475 anni), la distribuzione di morti e feriti per ciascuna cella censuaria.

Si riporta, di seguito, il riepilogo dei risultati ottenuti aggregando i dati sull'intero comune in quanto la valutazione sulla base delle celle censuarie restituisce valori bassissimi poco rappresentativi.

Valutazione delle perdite umane Tr: 101 anni		
SFOLLATI	FERITI	MORTI
1416	24	14

Tabella 5 - Valutazione delle perdite umane per un evento sismico definito da un periodo di ritorno Tr= 101

Valutazione delle perdite umane Tr: 475 anni		
SFOLLATI	FERITI	MORTI
2890	115	63

Tabella 6 - Valutazione delle perdite umane per un evento sismico definito da un periodo di ritorno Tr= 475

In definitiva, dai dati della *Tabella 5* si prevede che, in seguito ad uno scenario di danno sismico di rilevanza locale, relativo ad uno scuotimento al sito atteso per un periodo di ritorno (TR) di 101 anni, vi sia un numero di 24 feriti, 14 morti e 1416 senzatetto, pari rispettivamente allo 0,09%, allo 0,05% e 5,15% della popolazione residente, per l'intero territorio comunale.

La *Tabella 6*, invece, riporta i dati relativi ad uno scenario di danno sismico di rilevanza nazionale, relativo ad uno scuotimento al sito atteso per un periodo di ritorno (TR) di 475 anni. Tale evento porterebbe un numero di 115 feriti, 63 morti e 2890 senzatetto pari rispettivamente allo 0,42%, allo 0,23% e 10,52% della popolazione residente, per l'intero territorio comunale. Tali percentuali si riferiscono al totale della popolazione residente riportata dai dati ISTAT 2011 che risulta di 27.467 residenti, inferiore di circa 3400 unità rispetto ai dati resi dal Comune di San Giuseppe Vesuviano per l'anno 2021 ovvero 30.865 residenti.

9. Interazione tra le componenti della CLE: infrastrutture di connessione e unità strutturali

Nel presente paragrafo è illustrata la metodologia adoperata per la valutazione dell'interferenza tra il danneggiamento degli edifici in seguito ai due eventi sismici considerati (rilevanza locale e nazionale) e l'interruzione del ramo stradale, secondo quanto riportato nel progetto SAVE - Task4 (Zuccaro, 2004).

Il sistema viario, ovvero l'infrastruttura di connessione individuata con la CLE nello studio di Microzonazione Sismica "MS" e Condizioni Limite per l'Emergenza "CLE", è modellato con un grafo descritto da rami e nodi. I rami collegano i nodi e possono essere percorsi in entrambi i sensi. Nei rami si mantengono costanti alcune grandezze riferibili sia alla geometria stradale, quali numero di sensi di marcia, numero di corsie, larghezza delle corsie, che alla vulnerabilità sismica del tratto. Lungo i rami sono localizzati alcuni edifici, il cui danneggiamento può compromettere la funzionalità del ramo.

Nel seguito è analizzata la fase di prima emergenza che interessa sostanzialmente la connettività della rete. Poiché non è certo il comportamento del ramo in caso di sisma, lo stato del ramo sarà considerato come una variabile aleatoria, comportando una analisi della rete di tipo affidabilistico.

Assumendo per le interruzioni di ogni ramo una distribuzione di *Poisson*, detto $N_i|I$ il numero medio di interruzioni per una data intensità sismica I (intensità macrosismica MS, PGA, ecc.) risentita in maniera omogenea lungo il generico ramo, la probabilità di interruzione del generico ramo è data da:

$$P(i, j) = 1 - e^{-N_i}$$

Ipotizzando indipendenti le diverse cause di interruzione, la probabilità che un generico edificio porti all'interruzione del ramo condizionata all'intensità sismica è pari a:

$$P(i|I) = \sum_T P(i|T|I) \cdot P(T)$$

dove $P(i|T|I)$ rappresenta la probabilità che l'edificio porti all'interruzione del ramo condizionata ad una data classe tipologica T e $P(T)$ la distribuzione degli edifici in classi lungo il ramo in oggetto.

Il generico edificio può essere causa di interruzione a secondo del suo livello di danno, variabile tra DS0 (assenza di danno) e DS5 (collasso totale) così come riportato in [Figura 12](#) e [Figura 13](#) e del corrispondente meccanismo di danno.

Le possibili cause di interruzione considerate nel seguito sono il ribaltamento della facciata nel caso di collasso parziale ed il collasso totale, indicati nel seguito come $k=r$ (ribaltamento), $k=c$ (collasso). Ognuno di questi eventi dipende dal danno (DS) subito dall'edificio, a sua volta funzione della tipologia (T) dell'edificio e dell'intensità sismica risentita (I).

Potendo essere considerati eventi disgiunti ed esaustivi per l'interruzione del ramo, ma dipendenti dal livello di danno dell'edificio, si ha:

$$P(i|T||) = \sum_k P(i|k|T)P(k|T||) = \sum_k \sum_{DS} P(i|k|T)P(k|d|T)P(d|T||)$$

dove:

- Il termine $P(i|k|T)$ rappresenta la probabilità che avvenga un'interruzione del tratto stradale, dato un ribaltamento di facciata od un collasso totale. È un termine che dipende dalla geometria dell'edificio in relazione alla geometria stradale.
- Il termine $P(k|d|T)$ rappresenta, invece, la probabilità che si verifichi l'evento $k=p, r, c$, dato il livello di danno d e la tipologia T dell'edificio. Esso può derivarsi dall'analisi dei provvedimenti di pronto intervento messi in opera dopo il sisma e dall'analisi dei meccanismi di danno riscontrati.
- L'ultimo termine $P(d|T|I)$ è la consueta vulnerabilità fisica degli edifici o vulnerabilità primaria.

La suddetta metodologia è propria di un approccio per classi di strutture. Le ipotesi precedenti potrebbero non risultare corrette quando alcuni edifici, dalle particolari caratteristiche di vulnerabilità, si trovassero in particolari condizioni geometriche nei confronti del ramo stradale. Ogni edificio dovrebbe, quindi, essere caratterizzato da una diversa vulnerabilità e da una diversa geometria. In tal caso è sufficiente far crescere nell'equazione il numero di classi tipologiche, T , al limite fino al numero di edifici.

Nel seguito questa metodologia sarà applicata caratterizzando per ciascun edificio interferente con l'infrastruttura di connessione i 3 termini elencati in precedenza e sommando le probabilità d'interruzione del ramo stradale lungo l'intero sviluppo dello stesso.

9.1. Valutazione della probabilità d'interruzione del tratto stradale dato un meccanismo di danno - $P(k|d|T)$

La probabilità di ribaltamento di facciata, $P(k=r|d|T)$, è assunta non nulla solo in corrispondenza del livello di danno DS4, in quanto per livello di danno DS3 non si raggiunge il collasso parziale e per livello di danno DS5 si ha un collasso totale. La frequenza relativa di attivazione di

meccanismi fuori dal piano è desunta dai rilievi sul campo condotti dal GNDDT sul Comune di S. Giuliano di Puglia (Dolce et al., 2002). Il rilievo GNDDT fornisce solamente la distribuzione marginale dei meccanismi di danno per le diverse Classi di Vulnerabilità, ma non la distribuzione condizionata al danno. In prima approssimazione si assumerà, pertanto, che la distribuzione dei meccanismi di danno sia indipendente dal livello di danno stesso. Analizzando i meccanismi fuori del piano di tipo globale (ribaltamento della parete intera) e locale (ribaltamento parziale della parete) si ottengono le seguenti percentuali (Zuccaro, 2004):

- Classe di Vulnerabilità A: 12%;
- Classe di Vulnerabilità B: 15%;
- Classe di Vulnerabilità C: 10%.

Il valore modesto di meccanismi fuori dal piano per edifici di classe A si spiega con la presenza non trascurabile di murature in laterizio forato, che, pur presentando caratteristiche di vulnerabilità elevata, in relazione alla regolarità della tessitura ed alla connessione delle pareti attraverso cordoli o solai in c.a., riducono il numero di meccanismi fuori dal piano a favore di quelli nel piano. Pertanto i valori riportati in Dolce et al. (2002) sono modificati come in *Tabella 7*.

Classe di Vulnerabilità	DS0-DS1-DS2-DS3	DS4	DS5
A	0.00	0.25	0.00
B	0.00	0.15	0.00
C	0.00	0.10	0.00
Ca	0.00	0.10	0.00

Tabella 7 – Probabilità d'interruzione del tratto stradale dovuta al ribaltamento delle pareti.

La probabilità di collasso condizionata ad un dato livello di danno e ad una data tipologia, $P(k=c|d|T)$, viene assunta pari all'unità per livello di danno DS5 e per qualsiasi tipologia, e nulla negli altri casi, in quanto solo il livello di danno DS5 rappresenta il completo collasso (*Tabella 8*).

Classe di Vulnerabilità	DS0-DS1-DS2-DS3	DS4	DS5
A	0.00	0.00	1.00
B	0.00	0.00	1.00
C	0.00	0.00	1.00
Ca	0.00	0.00	1.00

Tabella 8 – Probabilità d'interruzione del tratto stradale dovuta al collasso degli edifici

9.2. Valutazione della probabilità che si verifichi il meccanismo di danno dato il livello di danno - $P(i|k|T)$

Per quanto riguarda, infine, la probabilità media che i ribaltamenti o i collassi possano invadere la sede stradale, $P(i|k|T)$, essa viene determinata come nel seguito descritto.

Ribaltamento. In assenza di informazioni più specifiche, si considera che la parete interessata dal ribaltamento sia quella al livello superiore. Assumendo che il materiale della parete cada entro un angolo di $\alpha_r=35^\circ$ con la verticale e considerando il possibile ribaltamento, separato o congiunto, di due facciate dell'edificio, di cui una sola interessa il ramo stradale in oggetto, $n_r=3/2$, si ha:

$$P(i|k = r|T) = \begin{cases} \text{se } \frac{H \tan(\alpha_r)}{B} < 1 \rightarrow 0 \\ \text{se } \frac{H \tan(\alpha_r)}{B} \geq 1 \rightarrow \frac{2}{3} \end{cases}$$

Con H altezza del generico edificio e B distanza dell'edificio dal confine opposto del ramo stradale.

Collasso. Si assume che il collasso dell'edificio avvenga entro un angolo di $\alpha_c=35^\circ$ con la verticale. Considerando che il collasso può avvenire secondo tre modalità alternative, comprensive di un'implosione, di cui una sola verso il ramo considerato, si assume $n_c=3$.

$$P(i|k = c|T) = \begin{cases} \text{se } \frac{H \tan(\alpha_r)}{B} < 1 \rightarrow 0 \\ \text{se } \frac{H \tan(\alpha_r)}{B} \geq 1 \rightarrow \frac{1}{3} \end{cases}$$

Quanto sopra è adottato per edifici in muratura, spesso aggregati a schiera. Per gli edifici in cemento armato, considerando che non può avvenire un ribaltamento globale dell'intera facciata dell'edificio, ma esclusivamente un ribaltamento parziale dello strato esterno di tamponatura, il termine H si riferisce all'altezza di interpiano dell'edificio e non all'altezza complessiva.



PIANO DI EMERGENZA COMUNALE COMUNE DI SAN GIUSEPPE VESUVIANO



9.3. Valutazione della vulnerabilità fisica degli edifici o vulnerabilità primaria - P(d|T|I)

La vulnerabilità primaria degli edifici è valutata sulla base delle DPM ottenute a partire dai dati sul danneggiamento degli edifici, raccolti in seguito ai terremoti italiani degli ultimi 30 anni (Zuccaro & Cacace, 2009) (§

Valutazione Scenari di danno).

9.4. Valutazione della probabilità che l'edificio porti all'interruzione del ramo stradale

In definitiva, per la valutazione della probabilità che l'edificio porti all'interruzione del ramo stradale si effettua dapprima un'analisi preliminare dell'effettiva interferenza degli edifici con il ramo stradale. Questa analisi è effettuata ai sensi dell'OPCM n.4007 del 29/02/2012, che definisce come Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano quella condizione al cui superamento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, pur in concomitanza con il verificarsi di danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione delle quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza, l'insediamento urbano conserva comunque, nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per l'emergenza, la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale.

Se l'altezza (H) dell'edificio, misurata all'imposta della copertura, anche solo in una parte limitata del prospetto, è superiore alla distanza (B) tra il piede dell'edificio ed il limite opposto dell'infrastruttura su cui si affaccia, l'edificio deve essere considerato interferente. Nel caso di edifici con altezze diverse lungo il fronte, deve essere considerata l'altezza massima. Nel valutare l'interferenza dell'edificio con l'infrastruttura si dovrà tener conto dell'obiettivo generale del parametro da rilevare.

In altri termini, l'edificio interferisce nel momento in cui un teorico ribaltamento pari all'altezza massima dell'edificio sull'infrastruttura determina l'impossibilità di accesso ad autoveicoli di soccorso e trasporto in quel tratto di infrastruttura.

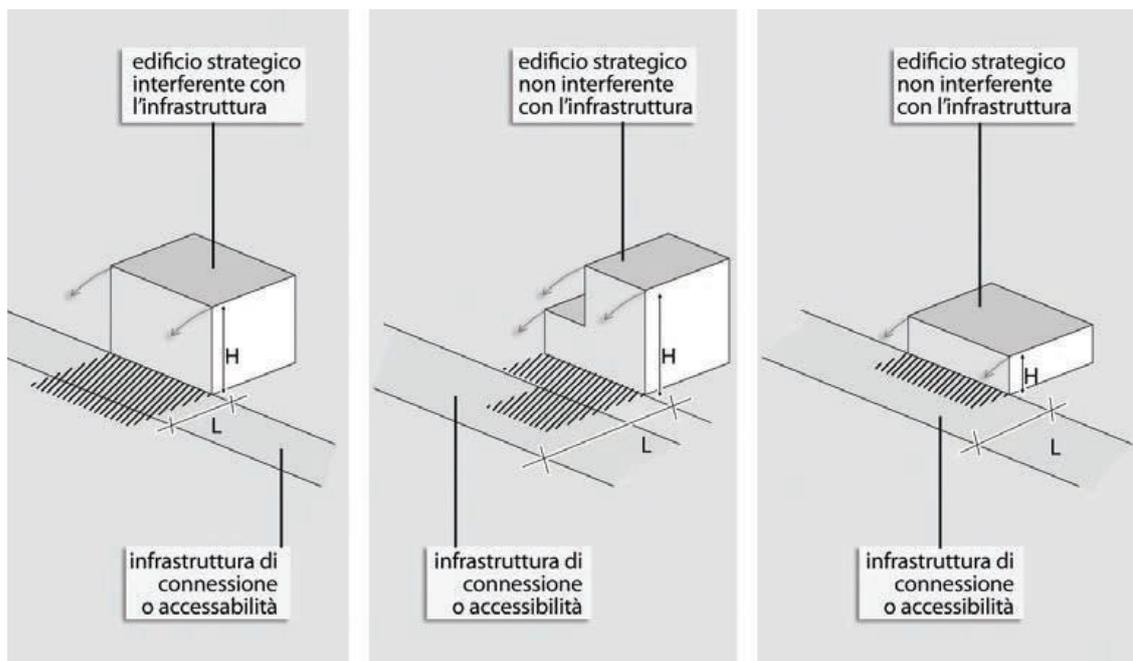


Figura 19– Edificio Strategico interferente con un'infrastruttura

Successivamente, per ciascun edificio interferente è valutata la probabilità che l'edificio porti all'interruzione del ramo stradale, funzione della classe tipologica (T) cui esso appartiene, della sua distribuzione di danno (valutata nel §

Valutazione Scenari di danno) a sua volta funzione dell'intensità sismica risentita (I), e del corrispondente meccanismo di danno (k), specializzata in ragione di quanto espressamente riportato nei paragrafi precedenti:

$$P(i|T||) = \sum_k \sum_{DS} P(i|k|T)P(k|d|T)P(d|T||)$$

In definitiva, per ciascun ramo stradale, se si sommano le probabilità che gli edifici interferenti lungo il ramo portino all'interruzione del ramo stradale, si ottiene il numero medio di interruzioni per una data intensità sismica I (Ni|I) e quindi si valuta la probabilità di interruzione del generico ramo come:

$$P(i, j) = 1 - e^{-N_i}$$

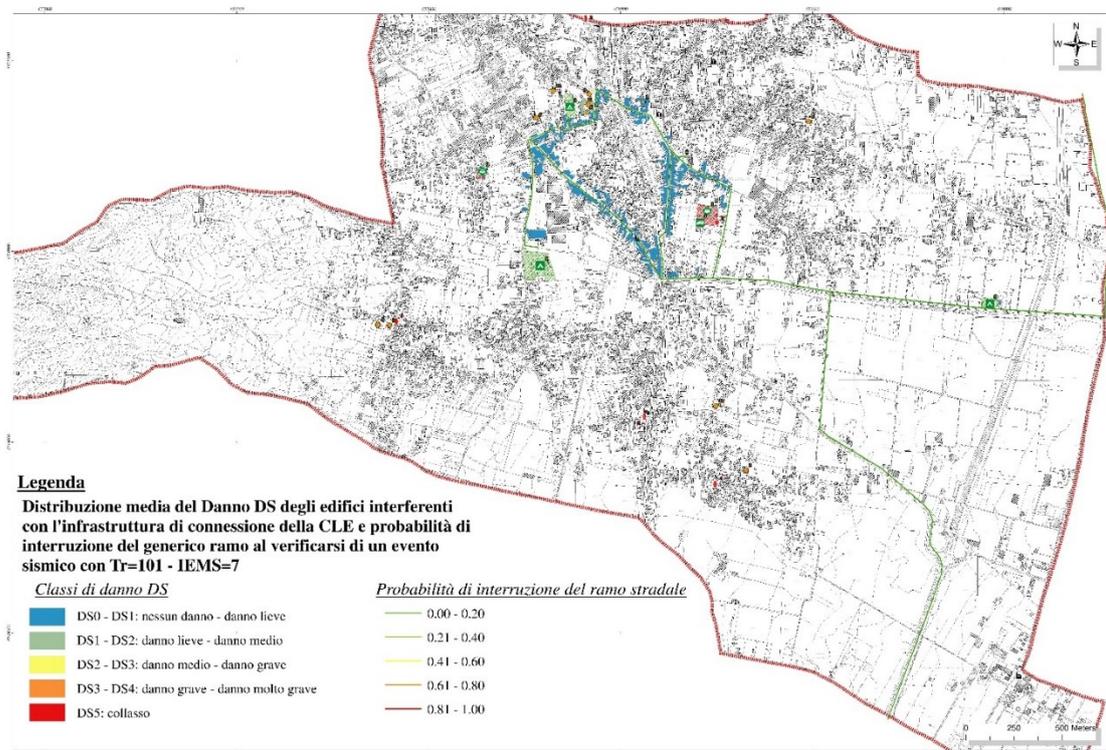


Figura 20 – Distribuzione media del danno degli edifici interferenti e Probabilità di interruzione del generico ramo



PIANO DI EMERGENZA COMUNALE COMUNE DI SAN GIUSEPPE VESUVIANO



In *Figura 20* è riportata la distribuzione media del danno delle unità strutturali interferenti con l'infrastruttura di connessione individuata con lo studio della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) del Comune di San Giuseppe Vesuviano e la probabilità di interruzione di ciascuno dei rami che la compongono.

III PARTE – TECNICO OPERATIVA

10. Modello di intervento relativo allo scenario di Rischio Sismico

Il terremoto non è un evento prevedibile, pertanto le fasi operative nelle quali si articola la risposta del sistema di Protezione Civile si riducono alla sola fase di **Allerta**.

Al riguardo, è da precisare che un sisma può generare effetti collaterali di impatto territoriale anche significativo (frane, fenomeni di liquefazione, ecc.).

La circostanza può essere spiegata col fatto che un evento sismico potrebbe innescare nuovi fenomeni franosi e/o riattivare e/o rimobilizzare fenomeni franosi pre-esistenti.

Pertanto, la risposta del sistema di Protezione Civile dovrebbe prevedere, oltre alle fasi operative derivanti dal rischio sismico, anche quelle proprie del rischio idrogeologico.

Quindi, il Sindaco, quale autorità di Protezione Civile a livello comunale, avvalendosi delle proprie strutture comunali, fissa le linee operative ed individua nelle Funzioni di Supporto lo strumento per il coordinamento degli interventi da attivarsi nel Centro Operativo Comunale (COC).

Per le attivazioni in emergenza e i compiti delle varie funzioni di supporto si rimanda a quanto già definito nel Piano di protezione Civile comunale approvato nel 2015.

In sintesi, in caso di evento sismico il Sindaco dovrà attivarsi in via prioritaria per le seguenti operazioni:

- provvedere all'attivazione del COC dandone comunicazione a Prefettura, Città Metropolitana e Regione;
- convocare i responsabili delle Funzioni di Supporto che prendono posizione nei locali predisposti, dando avvio alle attività di competenza;
- provvedere alla delimitazione delle aree a rischio, ed alla relativa istituzione di posti di blocco (cancelli) sulle reti di viabilità, al fine di regolamentare la circolazione in entrata ed in uscita nelle suddette aree;
- disporre l'utilizzo delle aree di emergenza preventivamente individuate; provvedere ad informare continuamente la popolazione nelle aree di attesa;
- predisporre la riattivazione della viabilità principale con la segnalazione di percorsi alternativi;
- organizzare squadre per la ricerca ed il soccorso dei dispersi e predisporre l'assistenza sanitaria ai feriti ed alla popolazione confluita nelle aree di attesa;

-
- favorire, relativamente alla Salvaguardia dei Beni Culturali, la messa in sicurezza dei beni mobili ed immobili; favorire il ripristino della funzionalità dei Servizi Essenziali;
 - favorire il ripristino delle attività produttive;
 - garantire la continuità amministrativa del Comune (anagrafe, ufficio tecnico, ecc.);
 - assicurare un flusso continuo di informazioni verso le altre strutture di coordinamento;
 - assumere tutte le iniziative atte alla salvaguardia della pubblica e privata incolumità.

Di seguito si riporta, in forma schematica, il modello d'intervento per il Rischio Sismico *Figura 21*

Riferimenti

- **Di Pasquale G., Orsini G., Romeo R.W. (2005)** - New developments in seismic risk assessment in Italy. Bulletin of Earthquake Engineering, 3.1, 101-128.
- **Grünthal G. (1998)** - Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie: Volume 15 – European Macroseismic Scale 1998. European Center for Geodynamics and Seismology, Luxembourg.
- **Margottini C., Molin D., Serva L. (1993)**. Intensity versus ground motion: a new approach using Italian data. Engineering Geology, 33(1), 45-58.
- **Milutinovic Z.V., Trendafiloski G.S. (2003)** -RISK-UE: An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns. WP4: Vulnerability of current buildings.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/2003**. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. G.U. n. 105 dell'8/5/2003.
- **Sabetta F., Speranza E., Borzi B., Faravelli M. (2013)** -Scenari di danno empirici e analitici a confronto con recenti terremoti italiani. 32° National Conference GNGTS, Trieste, Vol. 2, 136-141.
- **Zuccaro G. (2004)**. Progetto SAVE – Task1: inventario e vulnerabilità del patrimonio edilizio residenziale del territorio nazionale, mappe di rischio e perdite socio-economiche. INGV/GNDT.
- **Zuccaro G., Cacace F. (2009)**. Revisione dell'inventario a scala nazionale delle classi tipologiche di vulnerabilità ed aggiornamento delle mappe nazionali di rischio sismico. Atti XIII Convegno Nazionale ANIDIS, Bologna 2009
- **Zuccaro G., Cacace F. (2011)** Seismic casualty evaluation: the Italian model, an application to the L'Aquila 2009 event. In: Spence R., So E., Scawthorn C. (editors). Human Casualties in Earthquakes. Advances in Natural and Technological Hazards Research. Springer Science Business Media B.V. 2011. DOI 10.1007/978-90-481-9455-1_2.



PIANO DI EMERGENZA COMUNALE
COMUNE DI SOMMA VESUVIANA



-
- *Piano di Emergenza Comunale di Protezione Civile del Comune di Palma Campania (NA)* - ai sensi della L.100/2012 e della D.G.R. n.146 del 27/05/13 “*Linee guida per la redazione dei Piani di Emergenza Comunali*”;
 - *Piano Metropolitano di Protezione Civile Città Metropolitana di Napoli (Giugno 2021)*