



REGIONE CALABRIA

Commissario di Governo

per il contrasto del dissesto idrogeologico
nel territorio della Regione Calabria – art.
10 L. n. 116 dell'11/08/2014



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

**Interventi integrati di ripristino funzionale e ambientale del reticolo
idrografico presente della sub - area programma A13-1 nel comune di
Reggio Calabria.**

Codice Rendis 18IR266/G1

CUP J35J16000100001 CIG Z9836E0A22

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione sulla pericolosità sismica di base

Codice elaborato	PROGETTAZIONE	SETTORE	CODICE	REVISIONE
	DE	GE	013	0
PROGETTAZIONE Ing. Domenico Ciancio	GEOLOGIA Dott. Attilio Porchia			
IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO				
Geom. Alessandro Falvo				

SOMMARIO

1. Premessa.....	2
2. Normativa e documentazione tecnica di riferimento	3
3. Posizione geografica del sito di intervento.....	4
4. Sismicità dell'area	5
5. Vita nominale e classe d'uso dell'intervento in progetto	14
6. Stati limite e relative probabilità di superamento.....	15
7. Pericolosità sismica di base.....	17
8. Pericolosità sismica di sito	18
8.1. Amplificazione topografica.....	19
8.2. Categoria di sottosuolo	20
9. Spettri di risposta elastici in accelerazione.....	24

1. PREMESSA

La presente relazione sulla pericolosità sismica di base è stata redatta dal sottoscritto Dott. Geologo Attilio Porchia su incarico del Commissario di Governo per il contrasto del dissesto idrogeologico nel territorio della Regione Calabria (ex art. 10 Legge n. 116 dell'11 Agosto 2014 e s.m.i., con sede in Catanzaro, Biale Europa, presso la Cittadella Regionale – Cod. Fiscale 97068210794) relativamente alla progettazione definitiva di **“Interventi integrati di ripristino funzionale e ambientale del reticolo idrografico presente della sub - area programma A13-1 nel comune di Reggio Calabria. Codice Rendis 18IR266/G1 CUP J35J16000100001 CIG Z9836E0A22”**.

Le attuali *Norme Tecniche per le Costruzioni*, approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 (nel seguito NTC18), così come già le precedenti (NTC08), hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica del territorio nazionale aveva ai fini progettuali. Per ciascuna zona sismica, e quindi territorio comunale, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastica da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica di progetto. Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle NTC08, confermate nelle nuove norme (NTC18), per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche del sito di progetto nonché della vita nominale dell'opera e dall'uso cui essa è destinata. Tale accelerazione di riferimento costituisce la *pericolosità sismica di base* del sito di costruzione. Per poter valutare l'azione sismica di progetto, oltre alla pericolosità sismica di base, è necessario tenere conto delle condizioni lito-stratigrafiche del volume significativo di terreno e delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa sul sito di riferimento.

A tal fine, a supporto di questo studio, è stata progettata e realizzata in sito nel mese di agosto-settembre 2023, una campagna di indagini geognostiche e geofisiche finalizzata alla definizione dei litotipi presenti in affioramento e nel sottosuolo dell'area in esame, alla loro parametrizzazione dal punto di vista fisico-meccanico nonché in termini di misura delle velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs).

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO

I principali riferimenti normativi in osservanza dei quali è stato elaborato il presente studio sono i seguenti:

- D.M. DM 17.1.2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018)”;
- D.P.R. 380/01 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”;
- D.M. II.TT. 04/02/08 - Circolare 2 febbraio 2009 , n. 617 “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Legge Regionale 19 ottobre 2009 n.35 – Reg. Regionale del 28 giugno 2012 n° 7;
- PAI CALABRIA Norme di attuazione e misure di salvaguardia del 11.05.2007, testo aggiornato al 02/08/2011;
- Delibera della Giunta Regionale 10/02/2004 n. 47 – Prime disposizioni per l’attuazione dell’ordinanza della Presidenza del consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 /03/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Carta Geologica della Calabria scala 1:25.000. Cartografia Geologica in formato *Shape File* – Portale cartografico Regione Calabria.

3. POSIZIONE GEOGRAFICA DEL SITO DI INTERVENTO

L'area di intervento si trova nel Comune di Reggio Calabria, lungo il corso del Fiume Gallico a sud della frazione Villa San Giuseppe - e ricade nella sezione della Carta Tecnica Regionale scala 1:5000 n. 602014 alle coordinate 38.186017, 15.677367 (WGS84 (°)); 38.187059, 15.678176 ED50 (°) (coordinate del baricentro dell'area) (Figura 3-1). L'area presenta una larghezza di circa 50 m ed una lunghezza di circa 600 m per un totale di circa 30.000 mq.

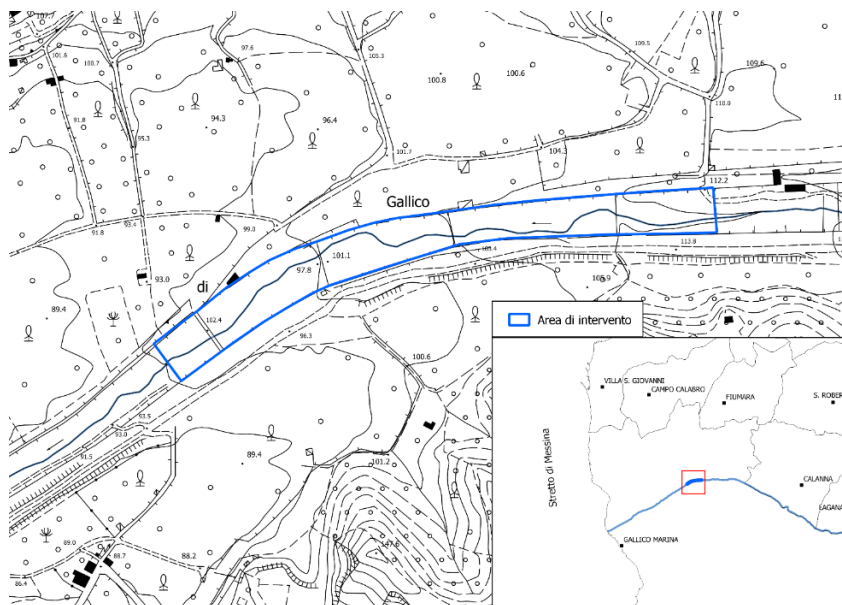
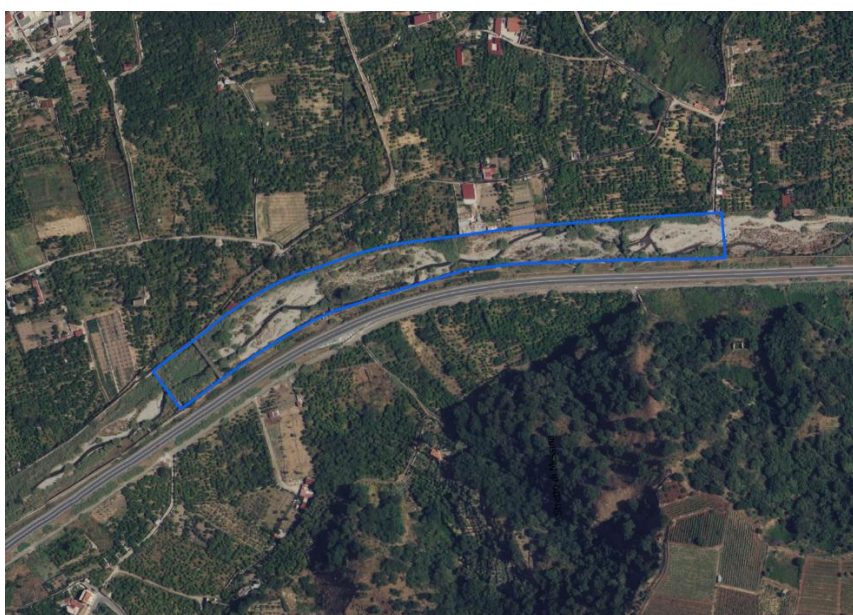


Figura 3-1 Posizione sulla CTR 1:5000 n. 602014. Nella foto in basso veduta satellitare dell'area con evidenziato il sito di intervento.



4. SISMICITÀ DELL'AREA

La storia sismica del Comune di Reggio Calabria può essere sinteticamente visualizzata nella Figura 4-1 i cui dati sono riportati nella Tabella 4-1(INGV-DBMI15 v.4, Locati et al., 2022). Il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti Italiani (2022) ci fornisce una visione della sismicità dell'area fino agli anni 2000, riportando gli eventi per magnitudo superiore o uguale a 4.

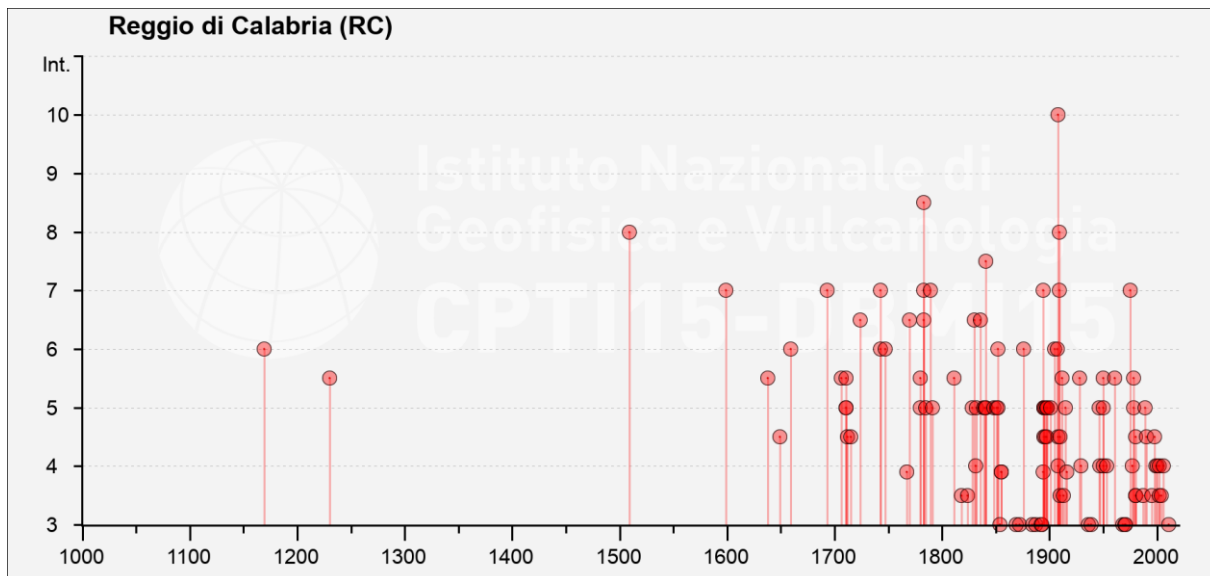


Figura 4-1 Diagramma della storia sismica per eventi di intensità superiore o uguale a 4 (INGV-DBMI15).

Tabella 4-1 Sismicità storica del Comune. Estratto dal database macrosismico Italiano DBMI15 v.4 (INGV). int.) Intensità al sito; Io) Intensità epicentrale; Mw) Magnitudo momento.

Seismic history of	Reggio di Calabria
PlaceID	IT_65695
Coordinates (lat, lon)	38.108, 15.647
Municipality (ISTAT 2015)	Reggio di Calabria
Province	Reggio di Calabria
Region	Calabria

Int.	at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Epicentral Area	LatDef	LonDef	IoDef	MwDef
6		1169	2	4	7		Sicilia sud-orientale	37,215	14,949	10	6,5
5-6		1230	4	5			Reggio di Calabria	38,108	15,647	5-6	4,4
8		1509	2	25	22	20	Stretto di Messina	38,099	15,684	8	5,56
7		1599	8				Stretto di Messina	38,147	15,601	7	5,1
5-6		1638	3	27	15	5	Calabria centrale	39,048	16,289	11	7,09
4-5		1649	1				Stretto di Messina	38,185	15,555	5-6	4,4
6		1659	11	5	22	15	Calabria centrale	38,694	16,249	10	6,57

Int.	at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Epicentral Area	LatDef	LonDef	IoDef	MwDef
7		1693	1	11	13	30	Sicilia sud-orientale	37,14	15,013	11	7,32
5-6		1706	3	19			Stretto di Messina	38,203	15,641	5-6	4,76
5		1711	1	7			Stretto di Messina	38,108	15,647	5	4,16
5		1711	2	21			Stretto di Messina	38,147	15,601	5	4,16
5-6		1711	3	14			Stretto di Messina	38,147	15,601	5	4,16
4-5		1712	7	16			Calabria meridionale	38,202	16,064	5-6	4,4
4-5		1715	2	21			Calabria meridionale	38,271	16,154	5-6	4,4
6-7		1724	8	3			Stretto di Messina	38,178	15,686	6-7	4,99
6		1743	12	7	7	45	Calabria centrale	38,704	16,354	8-9	5,88
7		1743	2	20			Ionio settentrionale	39,847	18,774	9	6,68
6		1747	9				Reggio di Calabria	38,108	15,647	6	4,63
6-7		1770	6	8			Stretto di Messina	38,108	15,647	5-6	4,4
5		1780	4	9			Stretto di Messina	38,185	15,555	6-7	4,86
5-6		1780	3	28			Sicilia nord-orientale	37,866	15,316	7-8	5,52
7		1783	3	28	18	55	Calabria centrale	38,785	16,464	11	7,03
6-7		1783	2	7	13	10	Calabria centrale	38,58	16,201	10-11	6,74
8-9		1783	2	5	12		Calabria meridionale	38,297	15,97	11	7,1
5		1785	3	17	3	33	Stretto di Messina	38,185	15,555	6-7	4,86
7		1789	2	7			Calabria meridionale	38,391	15,875	7	5,1
5		1791	10	13	1	20	Calabria centrale	38,636	16,268	9	6,14
5-6		1811	8	1	19		Reggio di Calabria	38,108	15,647	5-6	4,4
3-4		1818	2	20	18	15	Catanese	37,603	15,14	9-10	6,28
3-4		1824	12	11			Sila Greca	39,54	16,588	7-8	5,33
5		1828	3	12			Calabria meridionale	38,526	15,996	7	5,1
6-7		1830	7	13	15		Reggio di Calabria	38,108	15,647	5-6	4,4
4		1831	1	28			Milazzo	38,224	15,24	5-6	4,4
5		1832	3	8	18	30	Crotonese	39,079	16,919	10	6,65
6-7		1836	5	4			Stretto di Messina	38,108	15,647	6-7	4,86
5		1839	8	27			Stretto di Messina	38,147	15,601	5	4,16
5		1840	4	24	2	30	Stretto di Messina	38,108	15,647	5	4,16
5		1841	8	15	2		Stretto di Messina	38,147	15,601	5	4,16
7-8		1841	1	3	22		Stretto di Messina	38,108	15,647	6-7	4,86
5		1848	10	7	3		Reggio di Calabria	38,108	15,647	5	4,16
5		1851	4	11	6		Stretto di Messina	38,147	15,601	5	4,16
5		1852	5	13	21	40	Reggio di Calabria	38,108	15,647	5	4,16
6		1852	1	17	0	5	Reggio di Calabria	38,108	15,647	6	4,63
3		1854	2	12	17	50	Cosentino	39,256	16,295	10	6,34
2		1857	12	16	21	15	Basilicata	40,352	15,842	11	7,12
3		1869	11	28			Vibonese	38,754	16,124	5-6	4,6
2-3		1870	10	4	16	55	Cosentino	39,22	16,331	9-10	6,24
3		1872	10	8	13	25	Cosentino	39,412	16,309	5	4,72
6		1876	9	12	23	8	Reggio di Calabria	38,018	15,852	5	4,16
3		1884	1	10	20	35	Etna - Versante settentrionale	37,859	15,043	6	3,19
3		1887	12	3	3	45	Calabria settentrionale	39,564	16,221	8	5,55
3		1892	3	16	12	38	Alicudi	38,552	14,605	7	5,24

Int.	at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Epicentral Area	LatDef	LonDef	IoDef	MwDef
3		1893	4	22	3	20	Monti Nebrodi	38,001	15,028	6-7	4,83
7		1894	11	16	17	52	Calabria meridionale	38,288	15,87	9	6,12
5		1895	7	26	17	44	Calabria meridionale	38,286	15,858	5	4,32
5		1895	11	18	16	32	Oppido Mamertina	38,234	15,769	5	4,61
4-5		1895	3	9	22	4	Tirreno meridionale	38,379	15,506	5	4,67
5		1896	4	1	7	18	Calabria meridionale	38,174	15,756	5	4,27
4-5		1896	9	17	14	51	Calabria meridionale	38,211	16,039	5	4,38
5		1897	2	11	23	33	Ionio meridionale	37,246	16,311	5	5,03
4-5		1897	5	28	22	40	Ionio	36,991	18,487	6	5,46
5		1898	8	12			Sicilia nord-orientale	38,181	15,386	6-7	4,82
5		1901	12	13	0	10	Calabria	38,651	16,191	5	4,81
6		1905	9	8	1	43	Calabria centrale	38,811	16	10-11	6,95
6		1907	10	23	20	28	Aspromonte	38,086	15,985	8-9	5,96
4		1908	12	10	6	20	Monti Peloritani	38,059	15,036	7	5,11
10		1908	12	28	4	20	Stretto di Messina	38,146	15,687	11	7,1
4-5		1908	11	5	16	50	Calabria meridionale	38,071	16,014	6	4,58
7		1909	1	23	18	28	Stretto di Messina	38,187	15,624	7	5,15
8		1909	7	1	6	24	Stretto di Messina	38,147	15,601	8	5,49
3-4		1910	6	7	2	4	Irpinia-Basilicata	40,898	15,421	8	5,76
4-5		1910	6	13	23	43	Calabria meridionale	38,009	15,785	5	4,36
5-6		1912	12	22	8	5	Stretto di Messina	38,206	15,617	5-6	4,68
3-4		1913	6	28	8	53	Calabria settentrionale	39,531	16,239	8	5,64
5		1915	9	11	8	25	Stretto di Messina	38,126	15,627	5	4,16
5-6		1928	3	7	10	55	Calabria centro-meridionale	38,686	15,936	7-8	5,87
4		1929	2	22	8	17	Stretto di Messina	38,147	15,601	4	3,7
3		1936	10	8	8	4	Patti	38,169	15,002	5-6	4,61
3		1939	1	27	20	10	Isole Eolie	38,565	14,748	7	5,1
5		1946	3	15	7	2	Stretto di Messina	38,147	15,601	5	4,16
4		1947	5	11	6	32	Calabria centrale	38,652	16,518	8	5,7
4		1950	12	9	14	45	Stretto di Messina	38,131	15,505	5-6	4,4
5		1950	7	18	23	52	Sicilia nord-orientale	38,146	15,434	5-6	4,71
5-6		1950	4	10	3	55	Stretto di Messina	38,147	15,601	4-5	3,93
4		1953	2	25	0	7	Vibonese	38,676	16,065	5-6	4,88
5-6		1961	3	24	10	36	Calabria meridionale	38,174	15,654	5-6	4,62
3		1968	5	19	9	37	Tirreno meridionale	38,52	14,82		4,9
3		1970	8	16	10	45	Ionio meridionale	37,88	16,46		4,36
3		1971	2	19	18	50	Monti Peloritani	38,051	15,182	5	4,54
7		1975	1	16	0	9	Stretto di Messina	38,114	15,643	7-8	5,18
4		1977	8	15	21	10	Calabria centrale	38,789	17,026		5,21
5		1978	3	11	19	20	Aspromonte	38,055	16,073	8	5,22
5-6		1978	4	15	23	33	Golfo di Patti	38,385	15,086	8	6,03
3-4		1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	40,842	15,283	10	6,81
3-4		1980	12	9	5	50	Golfo di Sant'Eufemia	38,779	16,185	6-7	4,67
4-5		1980	5	28	19	51	Tirreno meridionale	38,483	14,27	5-6	5,66
3-4		1987	2	2	16	8	Sicilia centro-orientale	37,747	14,711		4,44

Int.	at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Epicentral Area	LatDef	LonDef	IoDef	MwDef
5		1989	11	21	18	36	Aspromonte	38,107	15,792	5-6	4,19
4-5		1990	12	13	0	24	Sicilia sud-orientale	37,306	15,429		5,61
3-4		1995	8	27	19	42	Golfo di Patti	38,312	15,179	4-5	4,11
4-5		1998	2	8	1	12	Aspromonte	38,133	15,828	5	3,91
4		1999	2	14	11	45	Golfo di Patti	38,226	15,021	6	4,66
4		2000	3	17	3	52	Calabria meridionale	37,953	15,951	5	4,05
4		2002	9	6	1	21	Tirreno meridionale	38,364	13,687	6	5,92
3-4		2002	4	5	4	52	Isole Eolie	38,446	15,064	5-6	4,49
3-4		2004	5	5	13	39	Isole Eolie	38,547	14,792		5,42
4		2006	2	27	4	34	Monti Peloritani	38,155	15,2	5	4,38
3		2011	6	23	22	2	Monti Nebrodi	38,064	14,784	5-6	4,7

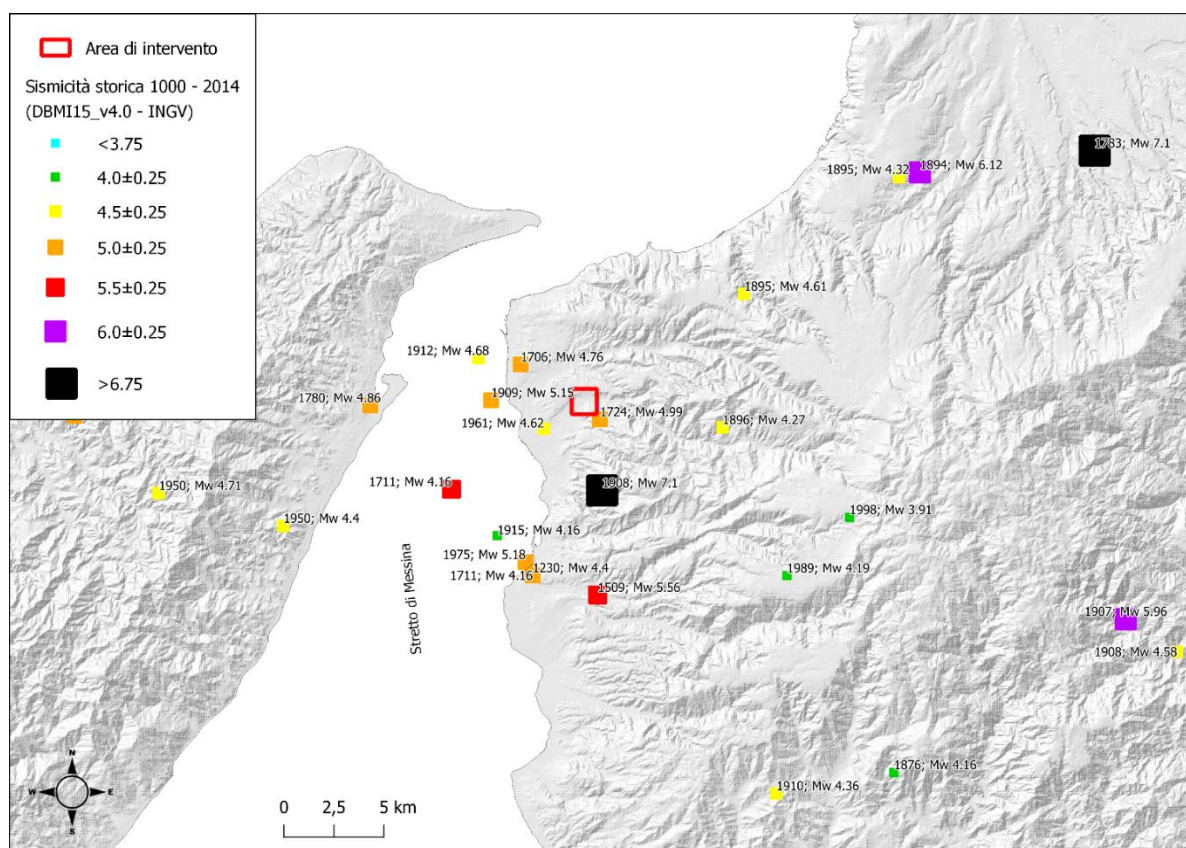


Figura 4-2 Sismicità storica nell'area dello stretto con risentimenti nell'area metropolitana di Reggio Calabria

Andando nel dettaglio dell'area di studio, i principali eventi con risentimento fino a 10 nella frazione di Villa San Giuseppe risultano essere 5 (Figura 4-3).

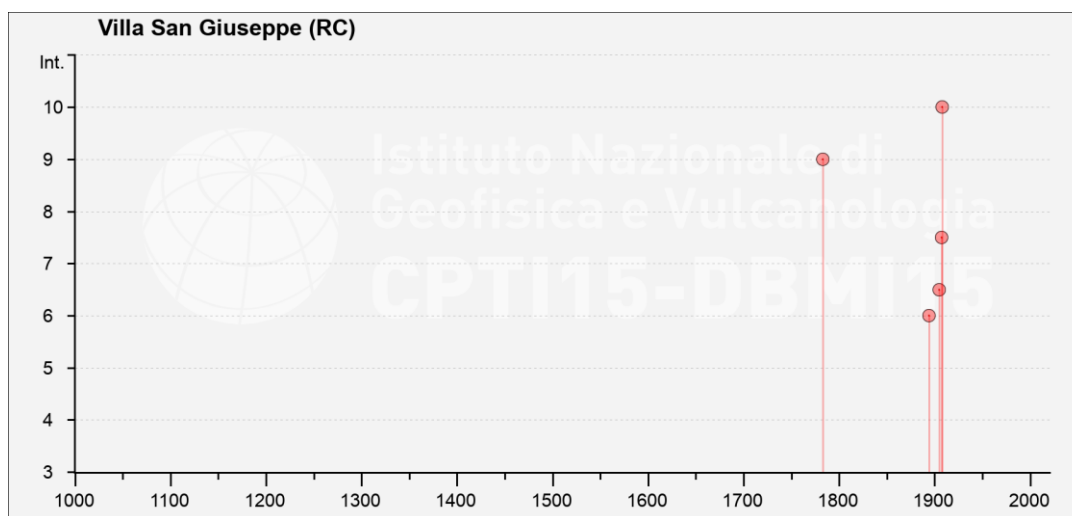


Figura 4-3 Diagramma della storia sismica relativa alla Frazione Villa San Giuseppe di Reggio Calabria per eventi di intensità superiore o uguale a 4 (INGV-DBMI15). Nella tabella seguente le specifiche degli eventi.

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Lat Def	Lon Def	Io Def	Mw Def
9	1783	2	5	12			Calabria meridionale	38,297	15,97	11	7,1
6	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	38,288	15,87	9	6,12
6-7	1905	9	8	1	43		Calabria centrale	38,811	16	10-11	6,95
7-8	1907	10	23	20	28	19	Aspromonte	38,086	15,985	8-9	5,96
10	1908	12	28	4	20	27	Stretto di Messina	38,146	15,687	11	7,1

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9 (Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo – a cura di C. Meletti e G. Valensise, Marzo 2004, con contributo di A.A.), che prevede una suddivisione del territorio nazionale in 36 zone i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali massima magnitudo rilasciata, distribuzione spaziale e frequenza degli eventi. Le zone sorgente in cui è suddivisa la Calabria fino allo Stretto di Messina sono la 929 sul lato tirrenico e la 930 sul lato ionico (Figura 4-4).



Figura 4-4 Zone sismogenetiche ZS9 (da Meletti e Valensise, 2004).

Le due fasce sono distinte per livelli di sismicità differenti (Figura 4-2) relativamente alla distribuzione delle sorgenti (Figura 4-5). La zona 929 in cui ricade l'area di intervento, è quella che, con le sorgenti sismogenetiche dello stretto, delle Serre, di Gioia Tauro, S. Eufemia e più a nord quelle del Savuto e del Crati, ha generato storicamente terremoti di magnitudo più elevata. Tra questi eventi spiccano quelli del 1783 e i terremoti del 1905 e del 1908. L'adiacente 930 presenta una sismicità più bassa con 4 eventi che hanno superato magnitudo 6.

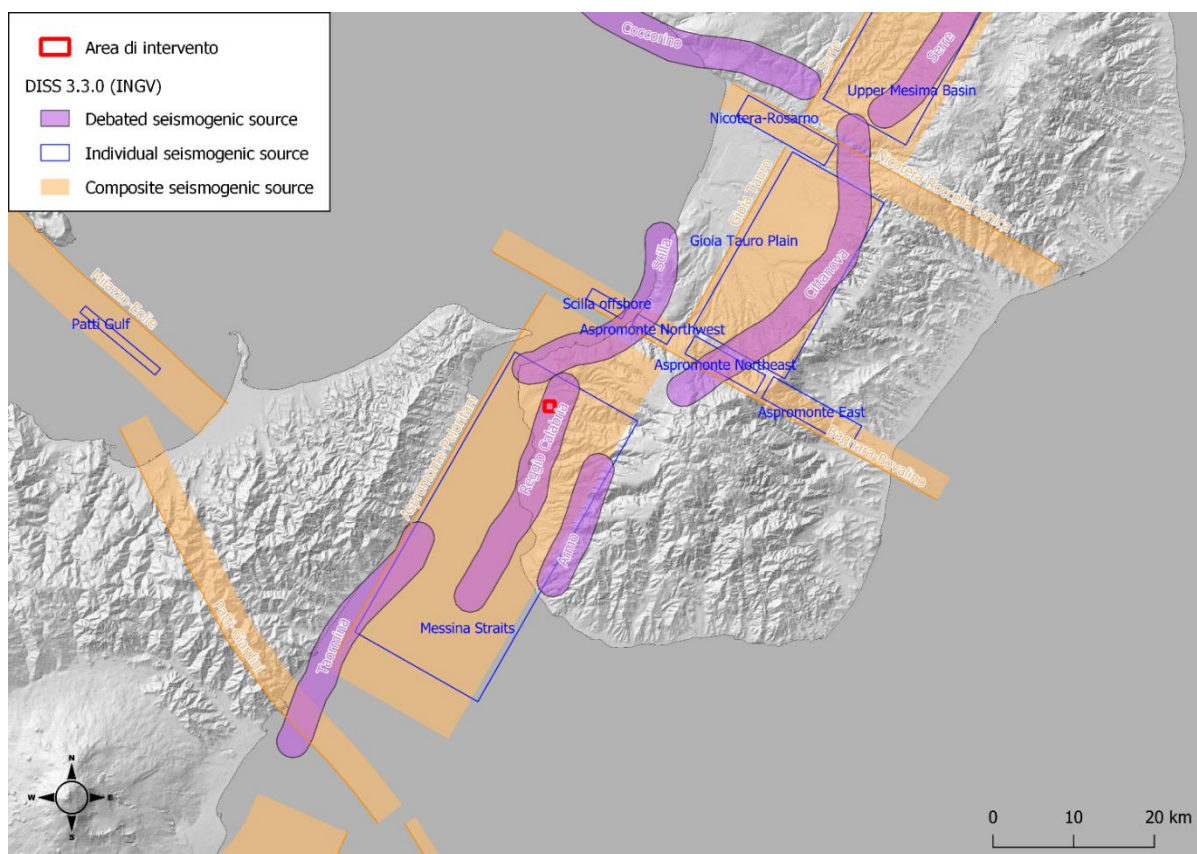


Figura 4-5 Distribuzione sorgenti sismogenetiche (INGV-DISS 3.3.0). In rosso l'area di intervento.

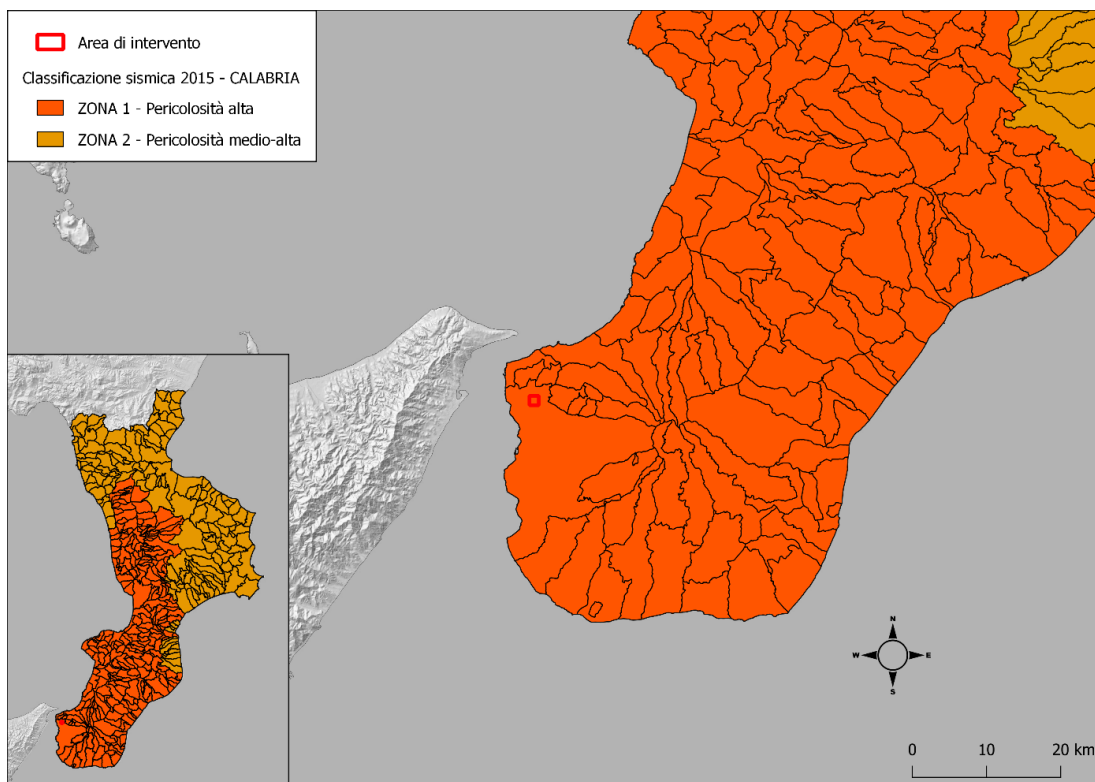
La Figura 4-5 mostra lo stato dell'arte sulle conoscenze delle strutture sismogenetiche presenti nella Calabria meridionale e in particolare nell'area dello stretto ove ricade il sito di intervento. Nel dettaglio l'area di intervento ricade all'interno della sorgente composita Aspromonte-Peloritani che si estende dall'area marina dello stretto, tra le coste siciliane e calabresi, e termina a nord includendo un'ampia porzione del fianco occidentale dell'Aspromonte. I cataloghi storici mostrano una notevole concentrazione di terremoti distruttivi nell'area. In particolare, questa regione è stata colpita dal terremoto di Messina del 28 dicembre 1908 (Calabria Meridionale) di magnitudo Mw 7.2, uno degli eventi più catastrofici della storia sismica italiana. La zona ha anche registrato grandi terremoti nel 91 a.C. (Mw 6.3, Reggio Calabria), nel 374 d.C. (Mw 6.3, Reggio Calabria), il 31 agosto 853 (Mw 6.3, Messina), il 25 febbraio 1509 (Mw 5.6, Calabria Meridionale), e il 6 febbraio 1783 (Mw 5.9, Calabria Meridionale). Una grande parte di questa Sorgente è stata associata al terremoto del 1908 ed in particolare alla sorgente individuale contenuta denominata “Stretto di Messina” (Figura 4-5). Oltre a queste vi sono una serie di sorgenti ancora dibattute e proposte in relazione ad evidenze geologiche come la sorgente “Scilla” e “Reggio Calabria”, quest'ultima nell'area di intervento.

Con l'OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003, emanata in seguito al terremoto del Molise del 2002, aggiornata al 16/01/2006 con le indicazioni delle regioni, venivano delegati gli enti locali a effettuare la

classificazione sismica di ogni singolo comune, al fine di prevenire eventuali situazioni di danni a edifici e persone a seguito di un eventuale terremoto. Secondo tale ordinanza si individuano quattro zone, a pericolosità decrescente e caratterizzate da valori di accelerazione attesi con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale:

- Zona 1: sismicità alta (PGA oltre 0,25 g);
- Zona 2: sismicità medio-alta (PGA fra 0,15 e 0,25 g);
- Zona 3: sismicità medio-bassa (PGA fra 0,05 e 0,15 g);
- Zona 4: sismicità bassa (PGA inferiore o uguale a 0,05 g).

Il comune di Reggio Calabria ricade in zona sismica 1 (Figura 4-6), con valori di accelerazione attesi superiori a 0.25 g.



Zona	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti	ag > 0.25
2	In questa zona possono verificarsi forti terremoti	0.15 < ag ≤ 0.25
3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari	0.05 < ag ≤ 0.15
4	E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari	ag ≤ 0.05

Figura 4-6 Classificazione sismica regionale (OPCM 3274/2003).

Attualmente la classificazione sismica del territorio italiano in zone è rimasta esclusivamente per aspetti statistici e amministrativi. Con la normativa entrata in vigore nel 2009 (NTC08), all'indomani del terremoto che interessò la città dell'Aquila, ai fini della progettazione antisismica si usa una nuova metodologia di calcolo basata su un approccio statistico puntiforme. Ogni punto del territorio italiano è caratterizzato da un preciso valore di accelerazione al suolo (PGA o Accelerazione di picco al suolo) in funzione di un tempo di ritorno (ossia un valore probabilistico). La pericolosità sismica è la valutazione dello scuotimento del terreno atteso in una certa area, in un certo periodo di tempo, a causa di terremoti naturali. Non essendo in grado di fare previsioni deterministiche del verificarsi di un evento (una previsione dovrebbe indicare quando, dove e quanto grande sarà un terremoto), si segue un approccio che indica la probabilità che si registrino movimenti del suolo che superano una certa soglia. Questa valutazione si basa sulla definizione di tutte le possibili sorgenti sismogenetiche (faglie), sull'attribuzione ad ognuna di esse di tassi o frequenze di accadimento di terremoti per diversi valori di magnitudo (catalogo dei terremoti storici, combinati con dati geologici e geodetici), sulla modellazione in termini probabilistici degli scuotimenti che questi terremoti possono produrre nel sito di interesse.

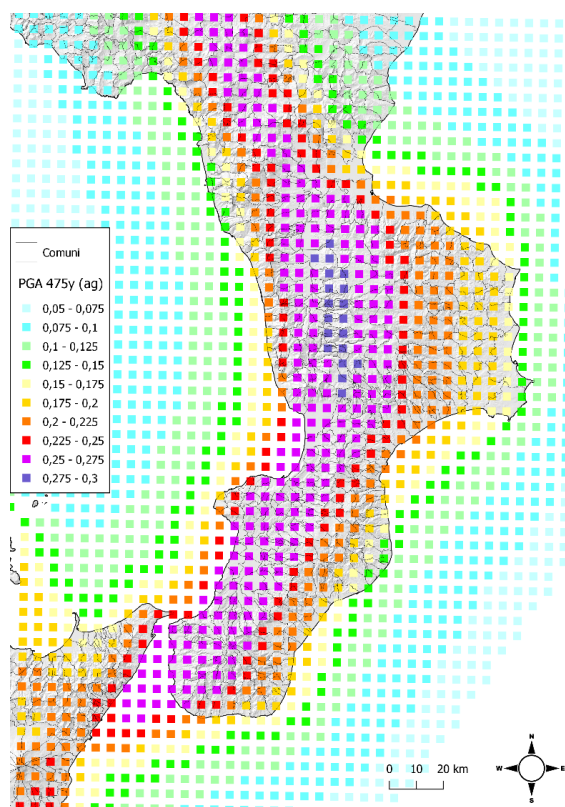


Figura 4-7 Valori di pericolosità sismica di base, espressi in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{S30} > 800$ m/s).

Nel 2004 è stata rilasciata la mappa della pericolosità sismica (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>) che fornisce un quadro delle aree più pericolose in Italia (Figura 4-7). La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) L'Ordinanza PCM 28 aprile 2006, n. 3519 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale.

Così come indicato dalle NTC18, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento propria individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

5. VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'INTERVENTO IN PROGETTO

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , così come definita al § 2.4.1 delle NTC18, è il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo alla quale è destinata ovvero mantenga specifici livelli prestazionali. La vita nominale è, quindi, la durata alla quale deve farsi espresso riferimento in sede progettuale nel dimensionare le strutture ed i particolari costruttivi, nella scelta dei materiali e delle eventuali applicazioni e delle misure protettive per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità. L'opera oggetto di studio, con riferimento alla tabella 2.4.I delle NTC18, è un'opera *con livelli di prestazioni ordinari* di tipo 2 a cui è associata una vita nominale ≥ 50 anni. In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un coefficiente d'uso C_u . Con riferimento al § 2.4.2 e 2.4.3 delle NTC18, l'opera oggetto di studio ricade nella *classe d'uso II* a cui è associato un coefficiente d'uso pari a 1,0.

- Vita Nominale $V_N = 50$ anni
- Classe D'uso **II**
- Coefficiente d'uso $C_u = 1$

Il periodo di riferimento di una costruzione V_R , valutato moltiplicando la vita nominale per il coefficiente d'uso della costruzione, assume notevole importanza in quanto è utilizzato per valutare, fissata la

probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato, il periodo di ritorno dell'azione sismica. Il periodo di riferimento per l'azione sismica dell'opera in progetto è:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \text{ anni}$$

6. STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa, devono essere valutate in relazione agli stati limite (SL) che si possono verificare durante la vita nominale; uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata. In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera.

Nei confronti delle azioni sismiche, gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, individuati riferendosi alle prestazioni dell'opera nel suo complesso, si suddividono in ulteriori sottoclassi. Si sono, dunque, portati a due gli stati limite di esercizio (SLE), facendo precedere lo stato limite di danno (SLD) dallo stato limite di immediata operatività (SLO). Analogamente si sono portati a due gli stati limite ultimi (SLU) facendo seguire allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) lo stato limite di prevenzione del collasso (SLC). Ai quattro stati limite, sono stati attribuiti diversi valori della *probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}* , valori questi che restano immutati quale che sia la classe d'uso dell'opera considerata.

Tabella 6-1 Probabilità di superamento nel periodo di riferimento in relazione agli stati limite.

Stato limite considerato		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO - stato limite di operatività	81 %
	SLD - stato limite di danno	63%
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV - stato limite di salvaguardia della vita	10%
	SLC - stato limite di prevenzione del collasso	5%

Tali probabilità, valutate nel periodo di riferimento V_R proprio dell'opera considerata, consentono di individuare, per ciascun stato limite considerato, i valori in anni del periodo di ritorno T_R a cui fare esplicito riferimento. Considerando che il periodo di riferimento dell'opera in esame è pari a 50 anni i valori del tempo di ritorno dell'azione sismica, calcolati al variare dello stato limite considerato mediante le espressioni riportate nelle NTC18, sono (Tabella 6-2):

Tabella 6-2 Periodo di ritorno T_R al variare dello stato limite in funzione del periodo di riferimento.

Stato limite considerato		Periodo di ritorno dell'azione sismica	
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO - stato limite di operatività	$TR = 0,60 * VR$ (se $TR \leq 30 = 30$)	30 anni
	SLD - stato limite di danno	$TR = VR$	50 anni
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV - stato limite di salvaguardia della vita	$TR = 9,50 * VR$	475 anni
	SLC - stato limite di prevenzione del collasso	$TR = 19,50 * VR$ (se $TR \geq 2475 = 2475$)	975 anni

I valori del periodo di ritorno così ottenuti per i quattro stati limite considerati, vengono presi in considerazione per ricavare la pericolosità sismica di base del sito di intervento.

7. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La *pericolosità sismica di base* del sito di intervento rappresenta la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensione e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti); essa rappresenta, quindi, l'elemento di conoscenza primario per la determinazione dell'azione sismica di progetto. La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (*free field*), ovvero in assenza di manufatti, su sito di riferimento rigido (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC18) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1 quale definita al § 3.2.2 delle NTC18), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri:

- a_g - accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la valutazione della pericolosità sismica di base è stato utilizzato il *reticolo di riferimento* con passo di circa 5 Km nelle due direzioni orizzontali, che copre tutto il territorio nazionale; per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per i più significativi periodi di ritorno, la tabella 1 dell'allegato B alle NTC08 fornisce il valore dei parametri sopra definiti, che sono direttamente derivati dallo studio di pericolosità dell'INGV (progetto S1 - convenzione 2004-2006 tra INGV e Dipartimento della Protezione Civile). Poiché il sito di costruzione non ricade in uno dei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* attribuiti al sito di progetto sono stati calcolati come prescritto dalle NTC18, ovvero come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro nodi della maglia elementare contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. I valori ottenuti sono sintetizzati nella tabella seguente. In

Figura 7-1 i relativi spettri di risposta elastici (Cat. A / T1).

		T_R	a_g	F_0	T_{c^*}	P_{VR}
		[anni]	[g]	[-]	[s]	[%]
Stati limite	SLO	30	0,066	2,310	0,276	81
	SLD	50	0,088	2,287	0,292	63
	SLV	475	0,264	2,415	0,362	10
	SLC	975	0,356	2,463	0,389	5

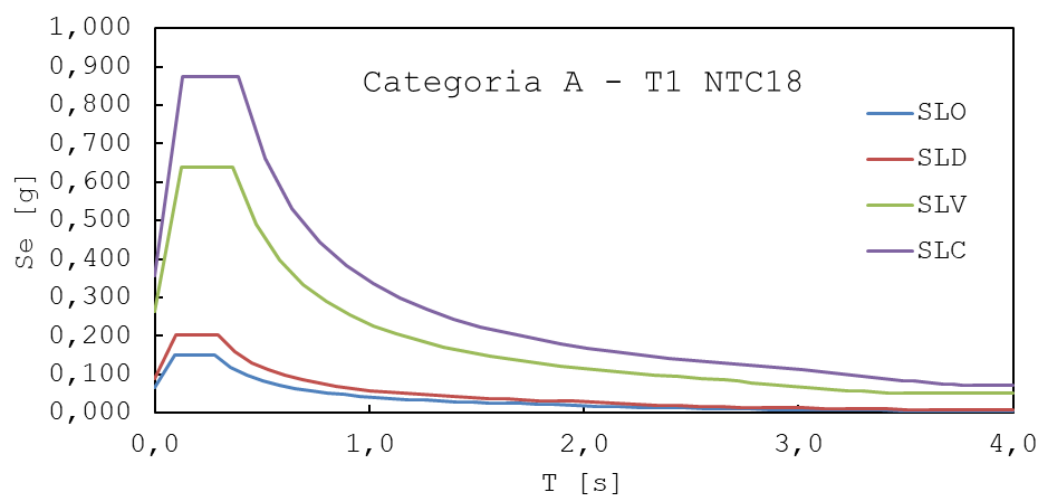


Figura 7-1 Spettri di risposta elastici DM18 cat. A / T1.

8. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

L'esperienza nazionale ed internazionale mostra, molto chiaramente, come in concomitanza di un evento sismico le intrinseche eterogeneità del terreno, in termini di proprietà meccaniche, fisiche, geometriche ed idrauliche, possano concorrere nel causare danni, anche di notevole entità, a porzioni limitate di territorio. In modo più rigoroso potremmo definire tale fenomeno come l'insieme di tutte quelle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, che un segnale sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (sottosuolo di cat. A), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino a raggiungere la superficie (Lanzo, 1999). Tale fenomeno dipende dalle caratteristiche del segnale sismico di partenza, ovvero dal suo contenuto in frequenze, nonché dalle proprietà fisiche e meccaniche delle coperture superficiali attraverso cui si propaga.

Dalla definizione stessa del fenomeno ne discende che questi è il risultato di tutta una serie di fenomeni e caratteristiche, strettamente relazionati fra loro, che possono portare a variazioni significative della pericolosità sismica di sito, la cui valutazione, per quanto fin ora detto, ha un significato molto più ampio in cui entra in gioco anche la suscettibilità dell'ambiente fisico.

La Legge Regionale 37/2015, insieme agli allegati 1 e 2, e definisce due livelli di analisi a seconda del grado di importanza dell'opera:

- analisi semplificate - che seguono la procedura semplificata descritta del paragrafo 3.2 delle NTC18 e permettono di ottenere lo spettro elastico di progetto in superficie a partire dalla pericolosità sismica di base su sito di riferimento rigido pianeggiante utilizzando i fattori di amplificazione stratigrafia S_s e topografica S_t ;
- Analisi Specifiche – che permettono di ottenere lo spettro elastico di progetto e gli accelerogrammi in superficie a partire da una modellazione numerica.

Lo stesso allegato, all'articolo 5 e 6 stabilisce i livelli di analisi in riferimento alla classe d'uso dell'opera. In particolare, nel nostro caso, per classe d'uso II il livello minimo richiesto è il livello base semplificato.

Tale procedura consiste nell'attribuire il sito di progetto ad una delle categorie topografiche e ad una delle categorie di sottosuolo, definite rispettivamente nelle tabelle 3.2.II e 3.2.III delle NTC18, al fine di ottenere il coefficiente di amplificazione topografica S_T e il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s necessari per ricavare il fattore di amplificazione locale S ($S = S_s \cdot S_T$). Dal fattore di amplificazione locale così ottenuto, lo spettro di risposta in accelerazione del moto sismico di riferimento viene modificato ottenendo lo spettro di risposta in accelerazione del moto sismico in superficie.

8.1. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

La normativa (NTC18) al fine di valutare le condizioni topografiche in situazioni superficiali semplici fornisce una classificazione basata su 4 categorie:

Categoria Caratteristiche della superficie topografica

T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$

T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per il sito di progetto, da una valutazione diretta in sito, nonché dall'elaborazione della carta delle inclinazioni (Vedi elaborato DE-GE-014-0) risulta una pendenza media di 5°, di conseguenza rientrante nella categoria topografica **T1**, inferiore ai 15° a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica **S_T pari a 1.0**

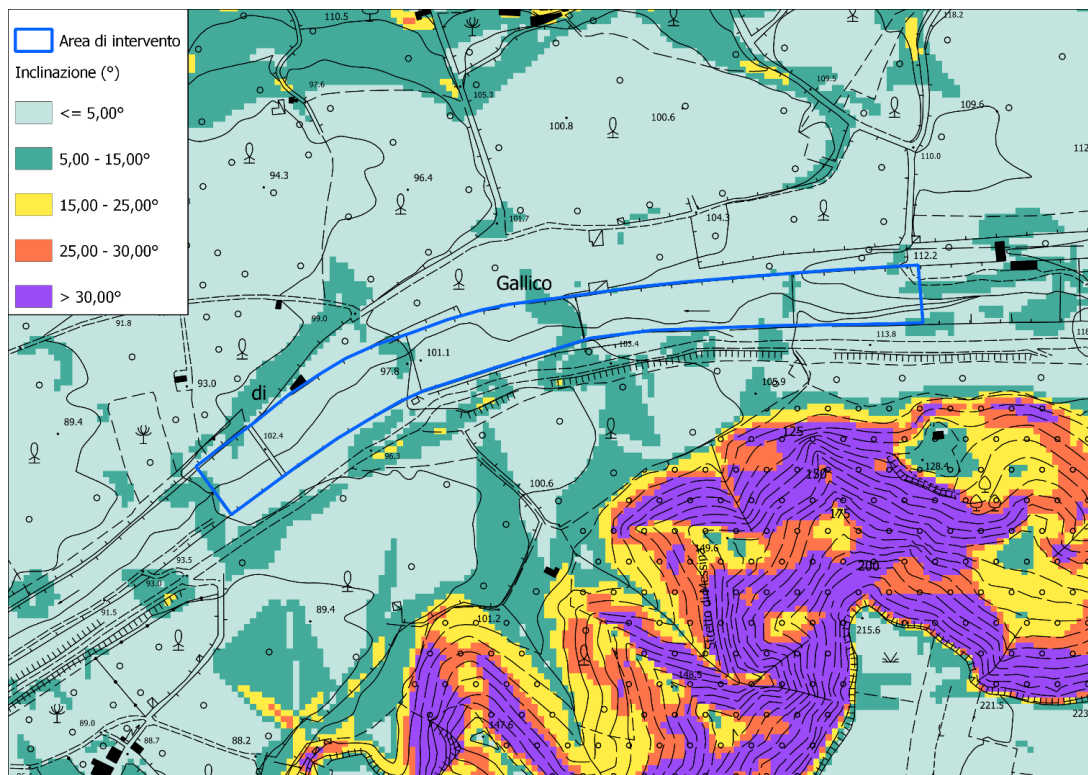


Figura 8-1 Carta delle inclinazioni del tratto del bacino della Fiumara Gallico in cui ricade l'area di intervento.

8.2. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Le stesse Norme Tecniche, stabiliscono che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica mediante specifiche analisi in assenza delle quali si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Le categorie di sottosuolo standard previste dalla normativa sono le seguenti:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

La V_{seq} che caratterizza le diverse categorie, corrisponde alla velocità equivalente di propagazione delle onde sismiche trasversali (onde di taglio) fino alla profondità H del substrato, ed il suo valore viene misurato per mezzo di appositi strumenti. Per substrato si intende un sottosuolo costituito da roccia o terreno con una velocità di propagazione delle onde S non inferiore ad 800 m/s. Qualora il substrato si trovi ad una profondità superiore ai 30 m allora la V_{seq} viene riferita ad H 30 m ed assumendo, quindi, la forma della V_{s30} . L'espressione che definisce la V_{seq} è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove: h_i = spessore dello strato [m]; V_i = velocità delle onde di taglio [m/s]; H = profondità del substrato [m], N = numero degli strati.

La normativa prevede che la definizione della categoria di suolo sia eseguita con misure dirette delle onde VS .

Per il caso specifico, ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, sono stati utilizzati i dati relativi all'indagine MASW eseguita al sito nel corso della campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguita nel mese di agosto-settembre 20023 (Figura 8-2).



Figura 8-2 Fase di esecuzione dell'indagine geofisica al sito di intervento.

Dall'analisi delle registrazioni acquisite (Figura 8-3), la cui elaborazione è riportata per esteso nell'elaborato DE-GE-016-0, sono state ricavate le velocità di propagazione delle onde di taglio entro i primi 35 metri di sottosuolo a partire dal piano di posa delle fondazioni.

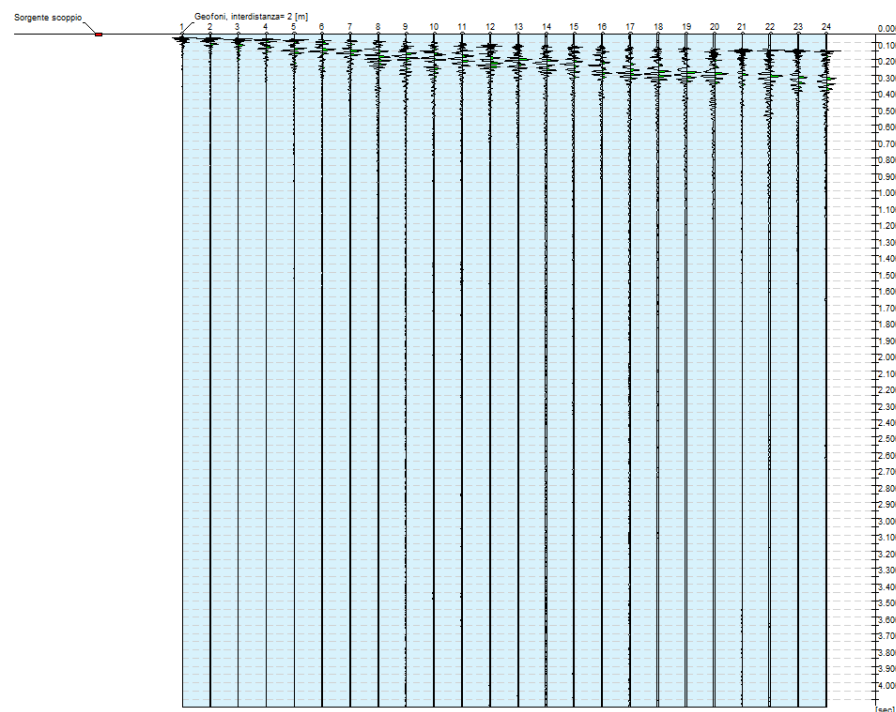
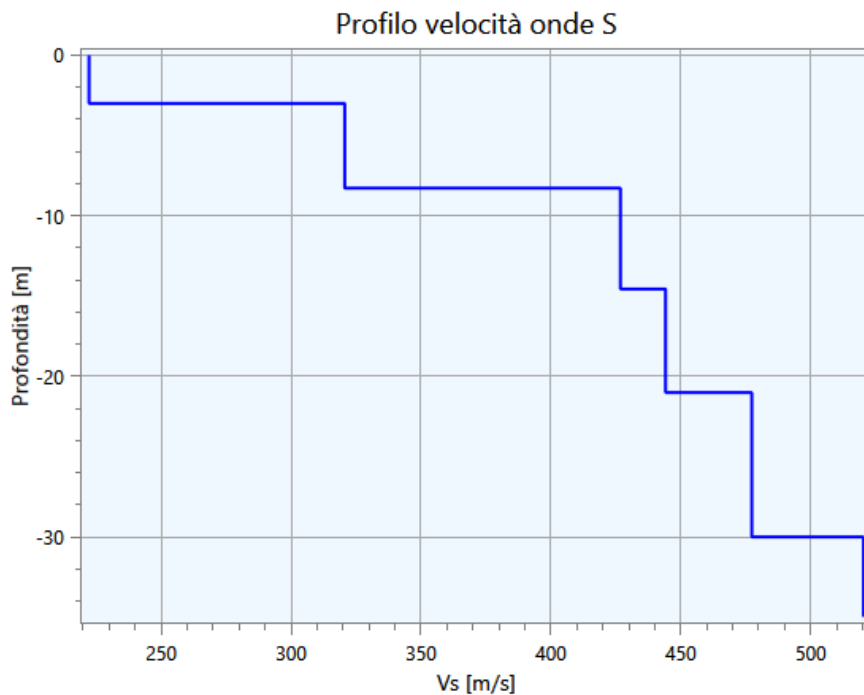


Figura 8-3 Tracce sismiche acquisite nel corso della prova.

La tabella in basso mostra la parametrizzazione del sottosuolo, suddiviso in 6 sismostrati con una V_{S30} calcolata per diverse profondità del piano di posa. La corrispondente categoria di sottosuolo riscontrata è la **B**.

n.	Profondità	Spessore	Vs
	[m]	[m]	[m/s]
1	3.00	3.00	222.25
2	8.28	5.28	320.66
3	14.56	6.28	426.75
4	21.02	6.45	444.16
5	30.02	9.00	477.29
6	∞	∞	520.35



Profondità piano di posa [m]	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	384.42	390.86	397.54	404.45	411.60	426.69
Categoria di sottosuolo	B	B	B	B	B	B

Sottosuolo di tipo B: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Dalla categoria di sottosuolo ricavata e mediante le espressioni riportate nella tabella sottostante, che prendono in riferimento i valori di F_0 (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima) e T_C^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro) relativi al sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, sono stati ricavati il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e il coefficiente C_c secondo le formule proposte da NTC18 (Tabella 8-1)

Tabella 8-1 Espressioni dei coefficienti di amplificazione stratigrafica secondo NTC08 ed NTC18.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

9. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI IN ACCELERAZIONE.

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata, lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T e S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale. Inoltre:

- **S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione:

$$S = S_S \cdot S_T$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;

- **η** è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamenti viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

- **F_0** è il coefficiente che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha un valore minimo pari a 2,2;
- **T_C** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:
 $T_C = C_C \cdot T_C^*$
- dove T_C^* è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale riferito al sito di riferimento rigido orizzontale e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- **T_B** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,
 $T_B = T_C / 3$;
- **T_D** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot a_g + 1,6$$

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è invece definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T e S_{ve} sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale

massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot (a_g)^{0,5}$$

per i coefficienti SS, TB, TC e TD sono stati utilizzati i valori riportati nella tabella 3.2. VI delle NTC18, qui di seguito riportata (Tabella 9-1).

Tabella 9-1 Valori dei parametri dello spettro elastico della componente verticale (NTC18).

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_c	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0.05 s	0.15 s	1.0 s

Con riferimento ai valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* attribuiti al sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (Paragrafo 7), al coefficiente di amplificazione S che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche (Paragrafo 8), e facendo riferimento alle espressioni sopra esposte, sono stati ricavati lo spettro di risposta elastico in accelerazione, smorzamento viscoso 5% (ξ) delle componenti orizzontali e della componente verticale per la categoria di sottosuolo B. Nelle pagine seguenti vengono riportati gli spettri ed i relativi parametri.

Nella tabella in basso, Tabella 9-2, sono riportati i valori relativi ai coefficienti sismici orizzontali e verticali per i diversi stati limite, calcolati per fondazioni superficiali. Le relazioni utilizzate per il calcolo sono le seguenti:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove:

- a_{\max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito ed è stata valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g$$

nelle quali S rappresenta il coefficiente di amplificazione locale che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche e a_g rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;

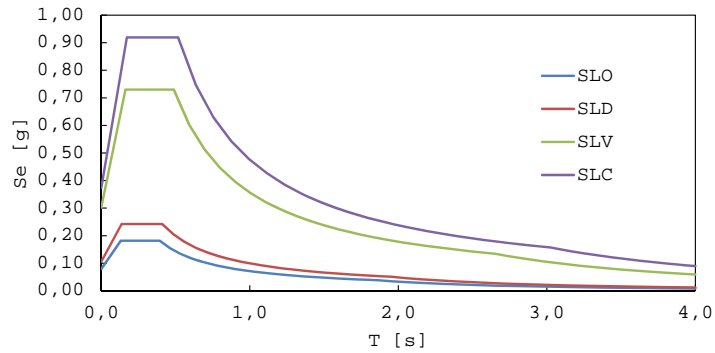
- β_s è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito. Nel caso in esame i valori utilizzati di tale coefficiente sono quelli riportati nella tabella 7.11.I delle NTC18.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tabella 9-2 Valore dei coefficienti kh e kv.

	a_{max} [g]	β_s [-]	kh [-]	kv [-]	a_{max} [m/s ²]
SLO	0,079	0,200	0,016	0,008	0,773
SLD	0,106	0,240	0,025	0,013	1,039
SLV	0,302	0,280	0,085	0,042	2,966
SLC	0,373	0,280	0,105	0,052	3,661

NTC 18 - Categoria B / T1 - Spettri di risposta Componente orizzontale ξ 5%



		Componente orizzontale			
		SLO	SLD	SLV	SLC
Parametri indipendenti	ag [g]	0,066	0,088	0,264	0,356
	F ₀	2,310	2,287	2,415	2,463
	Tc* [s]	0,276	0,292	0,362	0,389
	Ss	1,200	1,200	1,145	1,050
	Cc	1,423	1,407	1,348	1,328
	S _T	1,000	1,000	1,000	1,000
	q	1,000	1,000	1,000	1,000
Parametri dipendenti	S	1,200	1,200	1,145	1,050
	η	1,000	1,000	1,000	1,000
	T _B [s]	0,131	0,137	0,163	0,172
	Tc [s]	0,393	0,411	0,488	0,517
	T _D [s]	1,862	1,953	2,656	3,022
	Se (0) [g]	0,079	0,106	0,302	0,373
	Se (T _B) [g]	0,182	0,242	0,730	0,919
	Se (T _C) [g]	0,182	0,242	0,730	0,919
	Se (T _D) [g]	0,038	0,051	0,134	0,157

SLO

0,000	0,079
0,131	0,182
0,393	0,182
0,463	0,154
0,533	0,134
0,603	0,119
0,673	0,106
0,743	0,096
0,813	0,088
0,883	0,081
0,953	0,075
1,023	0,070
1,093	0,065
1,163	0,061
1,233	0,058
1,303	0,055
1,373	0,052
1,443	0,050
1,513	0,047
1,583	0,045
1,653	0,043
1,723	0,042
1,793	0,040
1,862	0,038
1,964	0,035
2,066	0,031
2,168	0,028
2,270	0,026
2,371	0,024
2,473	0,022
2,575	0,020
2,677	0,019
2,779	0,017
2,880	0,016
2,982	0,015
3,084	0,014
3,186	0,013
3,287	0,012
3,389	0,012
3,491	0,011
3,593	0,010
3,695	0,010
3,796	0,009
3,898	0,009
4,000	0,008

SLD

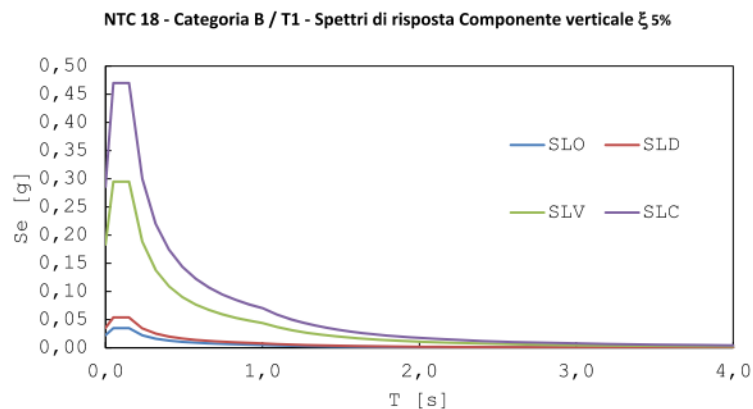
0,000	0,106
0,137	0,242
0,411	0,242
0,484	0,205
0,558	0,178
0,631	0,158
0,705	0,141
0,778	0,128
0,851	0,117
0,925	0,108
0,998	0,100
1,072	0,093
1,145	0,087
1,219	0,082
1,292	0,077
1,366	0,073
1,439	0,069
1,512	0,066
1,586	0,063
1,659	0,060
1,733	0,057
1,806	0,055
1,880	0,053
1,953	0,051
2,051	0,046
2,148	0,042
2,245	0,039
2,343	0,035
2,440	0,033
2,538	0,030
2,635	0,028
2,733	0,026
2,830	0,024
2,928	0,023
3,025	0,021
3,123	0,020
3,220	0,019
3,318	0,018
3,415	0,017
3,513	0,016
3,610	0,015
3,708	0,014
3,805	0,013
3,903	0,013
4,000	0,012

SLV

0,000	0,302
0,163	0,730
0,488	0,730
0,592	0,603
0,695	0,513
0,798	0,447
0,901	0,396
1,005	0,355
1,108	0,322
1,211	0,294
1,314	0,271
1,417	0,252
1,521	0,234
1,624	0,220
1,727	0,206
1,830	0,195
1,934	0,184
2,037	0,175
2,140	0,167
2,243	0,159
2,347	0,152
2,450	0,146
2,553	0,140
2,656	0,134
2,720	0,128
2,784	0,122
2,848	0,117
2,912	0,112
2,976	0,107
3,040	0,102
3,104	0,098
3,168	0,094
3,232	0,091
3,296	0,087
3,360	0,084
3,424	0,081
3,488	0,078
3,552	0,075
3,616	0,072
3,680	0,070
3,744	0,068
3,808	0,065
3,872	0,063
3,936	0,061
4,000	0,059

SLC

0,000	0,373
0,172	0,919
0,517	0,919
0,636	0,747
0,756	0,629
0,875	0,543
0,994	0,478
1,114	0,427
1,233	0,386
1,352	0,352
1,471	0,323
1,591	0,299
1,710	0,278
1,829	0,260
1,949	0,244
2,068	0,230
2,187	0,217
2,306	0,206
2,426	0,196
2,545	0,187
2,664	0,178
2,784	0,171
2,903	0,164
3,022	0,157
3,069	0,153
3,115	0,148
3,162	0,144
3,208	0,140
3,255	0,136
3,302	0,132
3,348	0,128
3,395	0,125
3,441	0,121
3,488	0,118
3,534	0,115
3,581	0,112
3,628	0,109
3,674	0,106
3,721	0,104
3,767	0,101
3,814	0,099
3,860	0,096
3,907	0,094
3,953	0,092
4,000	0,090



		Componente verticale			
		SLO	SLD	SLV	SLC
Parametri indipendenti	agv [g]	0,023	0,035	0,183	0,286
	Ss	1,000	1,000	1,000	1,000
	S _r	1,000	1,000	1,000	1,000
	q	1,500	1,500	1,500	1,500
	T _B [s]	0,050	0,050	0,050	0,050
	T _c [s]	0,150	0,150	0,150	0,150
	T _D [s]	1,000	1,000	1,000	1,000
Parametri dipendenti	Fv	0,799	0,917	1,675	1,983
	S	1,000	1,000	1,000	1,000
	η	0,667	0,667	0,667	0,667

SLO

0,000	0,023
0,050	0,035
0,150	0,035
0,235	0,022
0,320	0,016
0,405	0,013
0,490	0,011
0,575	0,009
0,660	0,008
0,745	0,007
0,830	0,006
0,915	0,006
1,000	0,005
1,094	0,004
1,188	0,004
1,281	0,003
1,375	0,003
1,469	0,002
1,563	0,002
1,656	0,002
1,750	0,002
1,844	0,002
1,938	0,001
2,031	0,001
2,125	0,001
2,219	0,001
2,313	0,001
2,406	0,001
2,500	0,001
2,594	0,001
2,688	0,001
2,781	0,001
2,875	0,001
2,969	0,001
3,063	0,001
3,156	0,001
3,250	0,000
3,344	0,000
3,438	0,000
3,531	0,000
3,625	0,000
3,719	0,000
3,813	0,000
3,906	0,000
4,000	0,000

SLD

0,000	0,035
0,050	0,054
0,150	0,054
0,235	0,034
0,320	0,025
0,405	0,020
0,490	0,017
0,575	0,014
0,660	0,012
0,745	0,011
0,830	0,010
0,915	0,009
1,000	0,008
1,094	0,007
1,188	0,006
1,281	0,005
1,375	0,004
1,469	0,004
1,563	0,003
1,656	0,003
1,750	0,003
1,844	0,002
1,938	0,002
2,031	0,002
2,125	0,002
2,219	0,002
2,313	0,002
2,406	0,001
2,500	0,001
2,594	0,001
2,688	0,001
2,781	0,001
2,875	0,001
2,969	0,001
3,063	0,001
3,156	0,001
3,250	0,001
3,344	0,001
3,438	0,001
3,531	0,001
3,625	0,001
3,719	0,001
3,813	0,001
3,906	0,001
4,000	0,001

SLV

0,000	0,183
0,050	0,295
0,150	0,295
0,235	0,188
0,320	0,138
0,405	0,109
0,490	0,090
0,575	0,077
0,660	0,067
0,745	0,059
0,830	0,053
0,915	0,048
1,000	0,044
1,094	0,037
1,188	0,031
1,281	0,027
1,375	0,023
1,469	0,021
1,563	0,018
1,656	0,016
1,750	0,014
1,844	0,013
1,938	0,012
2,031	0,011
2,125	0,010
2,219	0,009
2,313	0,008
2,406	0,008
2,500	0,007
2,594	0,007
2,688	0,006
2,781	0,006
2,875	0,005
2,969	0,005
3,063	0,005
3,156	0,004
3,250	0,004
3,344	0,004
3,438	0,004
3,531	0,004
3,625	0,003
3,719	0,003
3,813	0,003
3,906	0,003
4,000	0,003

SLC

0,000	0,286
0,050	0,470
0,150	0,470
0,235	0,300
0,320	0,220
0,405	0,174
0,490	0,144
0,575	0,123
0,660	0,107
0,745	0,095
0,830	0,085
0,915	0,077
1,000	0,070
1,094	0,059
1,188	0,050
1,281	0,043
1,375	0,037
1,469	0,033
1,563	0,029
1,656	0,026
1,750	0,023
1,844	0,021
1,938	0,019
2,031	0,017
2,125	0,016
2,219	0,014
2,313	0,013
2,406	0,012
2,500	0,011
2,594	0,010
2,688	0,010
2,781	0,009
2,875	0,009
2,969	0,008
3,063	0,008
3,156	0,007
3,250	0,007
3,344	0,006
3,438	0,006
3,531	0,006
3,625	0,005
3,719	0,005
3,813	0,005
3,906	0,005
4,000	0,004