

STRADA STATALE 4 "VIA SALARIA"
**Adeguamento della piattaforma stradale e messa in
sicurezza dal km 56+000 al km 64+000**
Stralcio 1 (pk 0+000 – 1+900)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **RM368**

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGER S.p.A. (capogruppo mandataria)
PROGIN S.p.A.
S.I.N.A. S.p.A. – BRENG S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli n. 23799

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Gianluca PANDOLFI ELMI (Progin S.p.A.)
Ordine dei Geologi Regione Umbria n. 467



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)



VISTO: IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO
Dott. Ing. Paolo NARDOCCI



PROTOCOLLO	DATA
	Gennaio 2024

GEOLOGIA E GEOTECNICA
SISMICA
Relazione sismica

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA:														
<table border="1"> <tr> <td>D</td><td>P</td><td>R</td><td>M</td><td>3</td><td>6</td><td>8</td><td>E</td><td>2</td><td>3</td> </tr> </table>		D	P	R	M	3	6	8	E	2	3	T01GE01GEORE01C			C	-				
D	P	R	M	3	6	8	E	2	3											
		CODICE ELAB.																		
		<table border="1"> <tr> <td>T</td><td>0</td><td>1</td><td>G</td><td>E</td><td>0</td><td>1</td><td>G</td><td>E</td><td>0</td><td>R</td><td>E</td><td>0</td><td>1</td> </tr> </table>			T	0	1	G	E	0	1	G	E	0	R	E	0	1		
T	0	1	G	E	0	1	G	E	0	R	E	0	1							
C	Emissione a seguito istruttoria ANAS e Validazione	01 - 2024	F. Pontoni	G. Pandolfi Elmi	L. Infante															
B	Emissione a seguito istruttoria ANAS	05-2023	F. Pontoni	G. Pandolfi Elmi	L. Infante															
A	Prima emissione	11-2022	F. Pontoni	G. Pandolfi Elmi	L. Infante															
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO															

Sommario

1	PREMESSA	1
2	SISMICITÀ	2
2.1	Sismicità storica e recente dell’area.....	2
2.2	Sorgenti sismogenetiche.....	4
2.3	Zonazione Sismogenetica	6
3	INDAGINI GEOFISICHE	8
3.1	Risultati.....	8
4	AZIONI SISMICHE	10
4.1	Categoria suolo tipo A.....	13
4.2	Categoria suolo tipo B.....	16
4.3	Categoria suolo tipo E.....	18

1 PREMESSA

La presente relazione è relativa alla caratterizzazione sismica del territorio in cui si inquadrano i lavori di adeguamento della piattaforma stradale e messa in sicurezza dal km 56+000 al km 64+000 (RM180) della SS4 via Salaria. Il progetto interessa il I lotto funzionale di un progetto più ampio che prevede l’adeguamento della Salaria fino alla progressiva 70+800.

Lo Stralcio 1 in oggetto comprende il tratto dal km 0+000 al km 1+900, ricadente nei Comuni di Casaprota e Poggio san Lorenzo, e prevede l’ampliamento della sede stradale esistente con scavi significativi per la realizzazione della carreggiata Sud, direzione Roma.

La classificazione dell’area rispetto alle zone sismiche per i comuni attraversati, ai sensi dell’Ord. 3274/2003, aggiornata con DGR n. 387 del 22/05/2009 e successivamente modificata con la DGR n. 571 del 2/08/2019, individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale su terreno rigido (a_g) con probabilità di superamento del 10% (SLV) in 50 anni (periodo di riferimento VR), è attribuibile alla **Zona 2B**.

Zona sismica 2B	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti. La sottozona 2B indica un valore di $a_g < 0,20g$. Comprende le aree territoriali dei Municipi IV, V, VI, VII, VIII, IX di Roma.
Zona sismica 3A	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La sottozona 3A indica un valore di $a_g \geq 0,10g$. Comprende le aree territoriali dei Municipi I, II e III più i Municipi X, XI, XII, XIII, XIV e XV di Roma.
Zona sismica 3B	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La sottozona 3B indica un valore di $a_g < 0,10g$. Comprende l’area territoriale dell’isola amministrativa (Municipio XV).

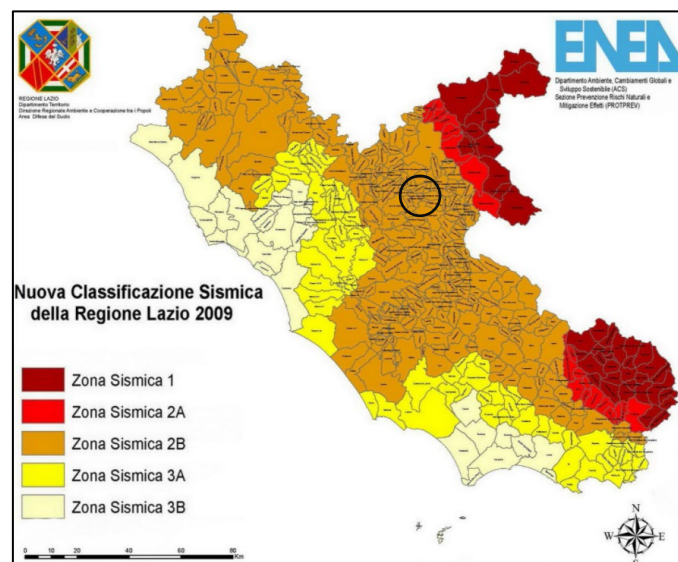


Fig. 1.1 - Classificazione delle zone sismiche della Regione Lazio

2 SISMICITÀ

2.1 Sismicità storica e recente dell'area

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, possono fornire indicazioni per l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive.

L'insieme delle informazioni disponibili sui terremoti avvenuti in passato, ottenute secondo metodi di analisi di tipo sia strumentale che non, consistono essenzialmente in registrazioni del moto del terreno dalle quali è possibile ricavare l'ipocentro (in termini di latitudine, longitudine, profondità e relative incertezze), così come la dimensione (in termini di magnitudo o momento sismico) e la tipologia del meccanismo del terremoto (in termini di parametri di faglia o di tensore momento). I dati strumentali sono integrati da informazioni sulla distribuzione spaziale degli effetti indotti dal terremoto sulle persone, sulle cose e sull'ambiente, dalle quali, attraverso la codifica di una scala macrosismica, è possibile ricavare la localizzazione, la magnitudo equivalente, le dimensioni fisiche ed anche l'orientazione della struttura sismogenetica.

Le informazioni riguardanti gli eventi sismici avvenuti nell'area in esame sono state ricavate dall'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata “DBMI15” v.3.0 (Locati et. al., 2021) (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>), la quale aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11, e dal Bollettino Sismico Italiano elaborato da ISIDE Working Group (<http://iside.rm.ingv.it>).

In Tab. 2.1.1 è rappresentata la storia sismica di Poggio San Lorenzo con elencati i terremoti più significativi che hanno coinvolto il territorio; il termine “Is” è riferito all'intensità al sito per ogni evento sismico e per ognuno di essi è indicata l'ora, il giorno, l'area e l'intensità macrosismica epicentrale, e la magnitudo del momento sismico (MMS – Moment Magnitude Scale). Quest'ultima è stata sviluppata come aggiornamento della scala Richter.

Considerando i valori esposti in tabella si può notare come l'evento registrato nell'area della Marsica produsse effetti del settimo grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), la quale considera gli effetti distruttivi su persone e cose per misurare l'intensità del sisma.

Storia sismica di Poggio San Lorenzo					
Numero di eventi 33					
Effetti Is (MCS)	Data	Area epicentrale	Punti di osservazione macrosismiche	Intensità macrosismica epicentrale	Magnitudo momento Mw
4	1889 12 08	Gargano	122	7	5,47
4	1892 01 22	Colli Albani	81	7	5,14
4	1893 08 02 00 59	Valnerina	84	5-6	4,55
2	1894 10 29 03 58	Alto Aniene	13	5	4,12
2	1897 01 19 19 20	Poggiodomo	19	6	4,68
5	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5,5
4-5	1899 07 19 13 18 54	Colli Albani	122	7	5,1
4-5	1901 04 24 14 20	Sabina	44	8	5,25
5	1902 10 23 08 51	Reatino	77	6	4,74
4	1903 11 02 21 52	Valnerina	33	6	4,81
4-5	1904 02 24 15 53 26	Marsica	56	8-9	5,68
F	1904 02 25 00 29 13	Marsica	34	5-6	4,56
3-4	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	93	5	4,75
2	1909 02 06 08 05	Ternano	12	5	4,16
7	1915 01 13 06 52 43	Marsica	1041	11	7,08
5	1938 08 12 02 28 33	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4,56
4	1943 10 03 08 28 29	Ascolano	170	8	5,67
5	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	95	8	5,42
3	1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4,46
NF	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5,77
NF	1994 06 02 17 38 1	Aquilano	106	5	4,21
NF	1996 10 20 19 06 5	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4,36
4	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro- marchigiano	760	7-8	5,66
5	1997 09 26 09 40 0	Appennino umbro- marchigiano	869	8-9	5,97
2	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro- marchigiano	490		5,22
4	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro- marchigiano	437		5,47
4-5	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5,62
5	1997 11 06 02 20 0	Monti Tiburtini	91	5-6	4,19
3-4	1998 08 15 05 18 0	Reatino	233	5-6	4,42
4-5	2000 03 11 10 35 2	Valle dell'Aniene	214	6	4,25
4-5	2000 06 27 07 32 3	Valle dell'Aniene	138	6	4,24
NF	2000 12 16 07 31 0	Ternano	129	5-6	4,29
3	2001 03 23 00 50 1	Sabina	85	5	3,77

Tab. 2.1.1 – Elenco degli eventi sismici che hanno influenzato l'area di Poggio San Lorenzo

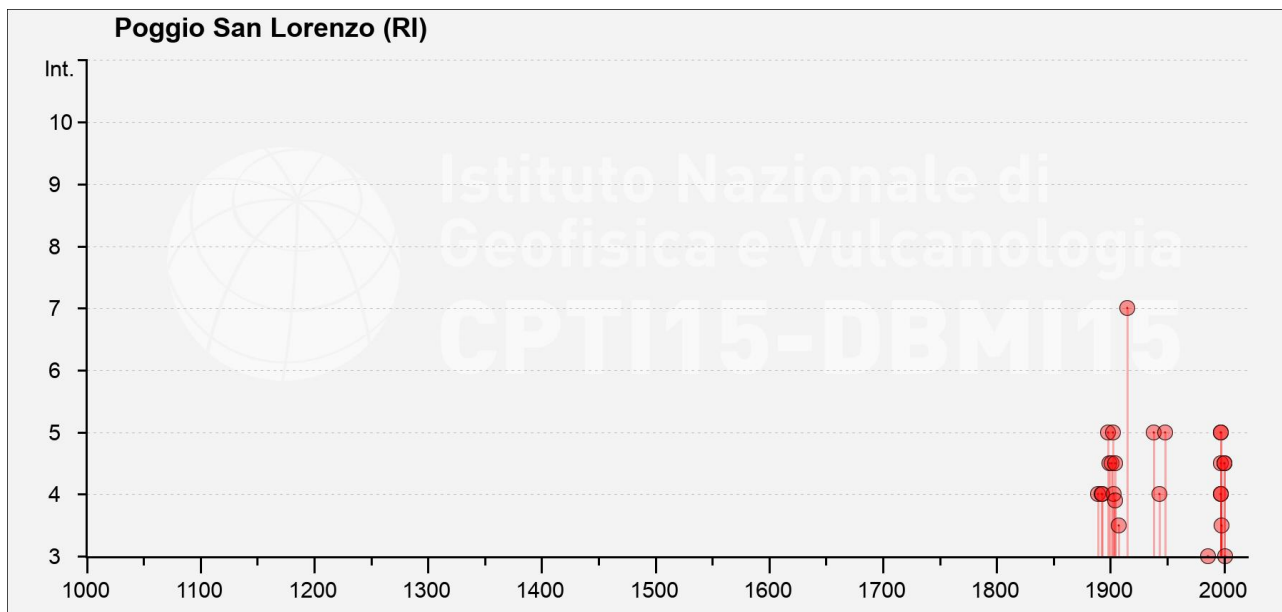


Fig. 2.1.1 - Rappresentazione degli eventi sismici significativi avvenuti nell'area in esame (fonte: DBMI15)

2.2 Sorgenti sismogenetiche

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia ha diffuso, nell'ambito del Progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources), le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale. La Figura 15 mostra le aree riferite alla versione più aggiornata DISS 3.2.0 "A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas" del 2015 (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>).

L'area oggetto di studio non si trova in corrispondenza di nessuna Sorgente Sismogenetica Composita (CSS) (Fig. 2.2.1) ma è presente la sorgente denominata "ITCS025 – Salto Lake-Ovindoli-Barrea" la cui massima magnitudo di riferimento è 6,7.

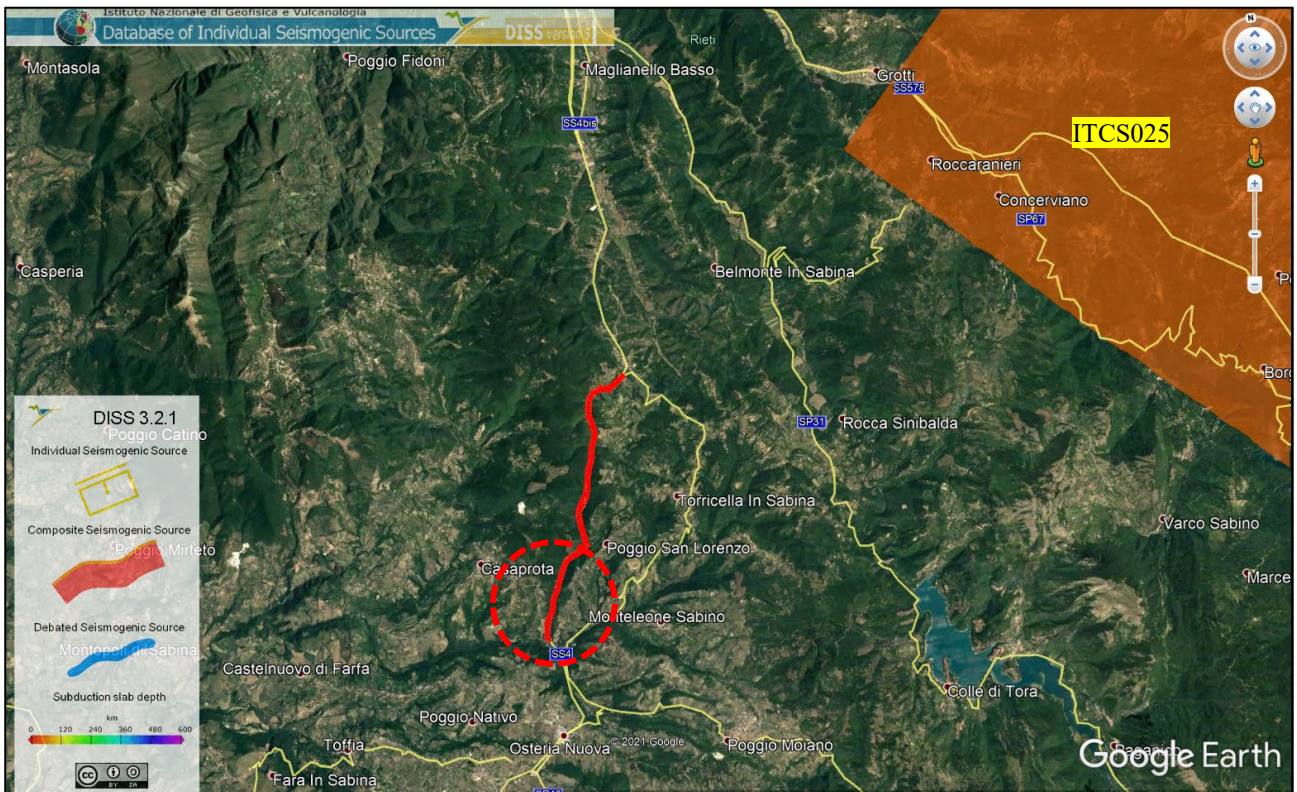


Fig. 2.2.1 - Database zone sismogenetiche INGV (DISS3.2): rappresentazione cartografica delle CSS (Composite Seismogenic Source) e delle ISS (Individual Seismogenic Source) (Google Earth)

La sorgente sismogenetica composta è essenzialmente una struttura identificata sulla base dell'analisi di dati geologici di superficie e sotterranei, ed in particolare sulla base dell'identificazione delle tracce e delle caratteristiche delle faglie attive. La lunghezza della rottura attesa in conseguenza del terremoto, tuttavia, è scarsamente definibile in quanto, normalmente, le sorgenti sismogenetiche composte derivano da un numero imprecisato di singole fonti vicine tra loro ma sostanzialmente discontinue. Ad una CSS non è possibile attribuire una specifica dimensione del terremoto atteso per il futuro, ma il loro potenziale sismico è stimato dai cataloghi terremoto esistenti.

Da un punto di vista geometrico rappresenta la proiezione sulla superficie terrestre della superficie di faglia. Nella Fig. 2.2.2 è riportato uno schema di lettura delle caratteristiche geometriche della CSS.

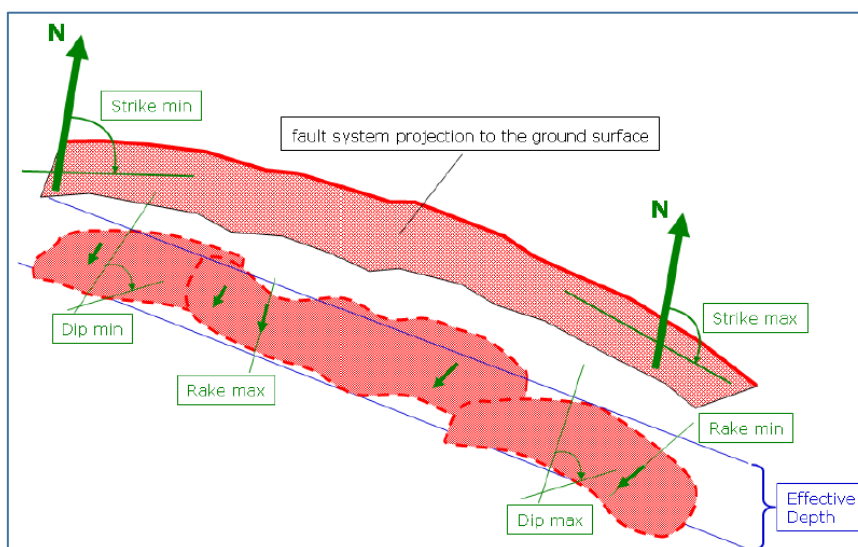


Fig. 2.2.2 - Schema geometrico di una sorgente sismogenetica composta (CSS)

2.3 Zonazione Sismogenetica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha realizzato una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale per soddisfare diversi requisiti, ed in particolare per recepire le conoscenze più recenti sulla tettonica attiva della penisola e sulla distribuzione delle sorgenti sismogenetiche, fornire per ogni zona una stima della profondità efficace dei terremoti (ovvero l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti) e un meccanismo di fagliazione prevalente attraverso l'analisi cinematica di eventi geologici importanti che interessano la crosta superficiale e anche strutture profonde (INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004).

La ZS9 rappresenta la più recente zonizzazione sismogenetica del territorio nazionale ed è stata elaborata tenendo in considerazione i principali riferimenti informativi sui terremoti: progetto DISS e il Database Macrosismico Italiano (DBMI11) che contiene i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani rilasciato nel dicembre 2011 (CPTI11).

Il territorio italiano è suddiviso in 36 aree differenti numerate da 901 a 936 cui vanno aggiunte 6 zone non utilizzate in quanto non contribuiscono alla pericolosità del territorio italiano o hanno un numero di eventi interno molto basso. Si possono distinguere le seguenti porzioni (vedi Fig. 2.3.1):

- Arco alpino: 901 ÷ 910
- Appennino settentrionale e centrale: 911 ÷ 923
- Appennino meridionale e avampaese apulo: 924 ÷ 928 e 931
- Calabria: 929 – 930
- Sicilia: 932 ÷ 936

Se si osserva Fig. 2.3.2 l'area in esame si trova in corrispondenza della zona 920 nel settore dell'Appennino centrale di distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti et alii (2000). Questa zona è caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente aggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.

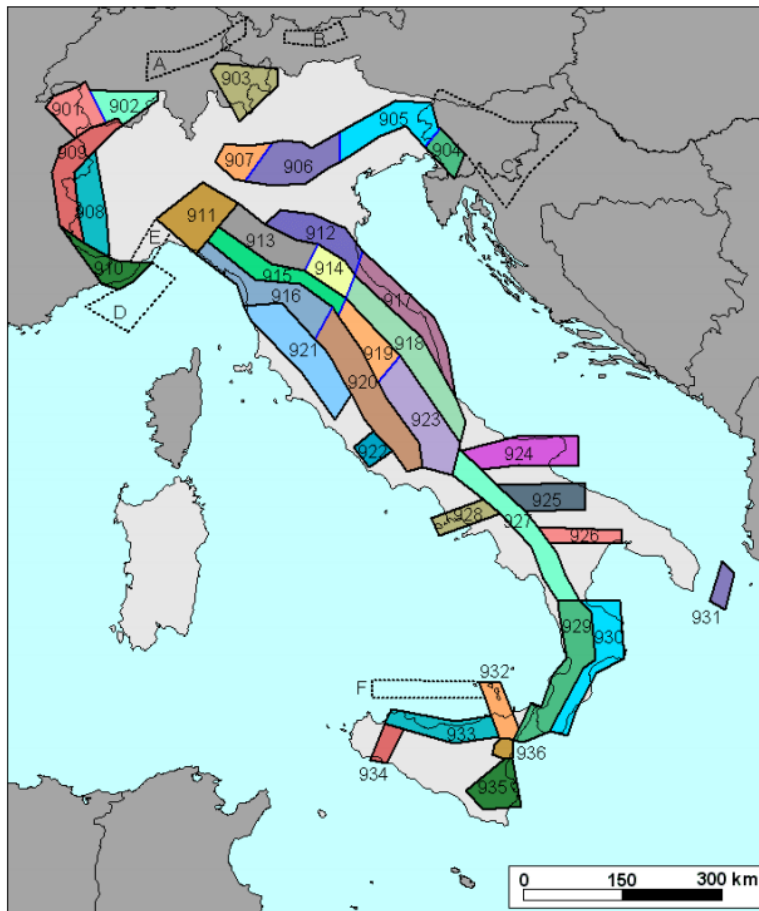


Fig. 2.3.1 - Zonazione sismogenetica ZS9. I limiti blu separano zone con analogo significato cinematico ma diverse caratteristiche sismiche (fonte: INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004)

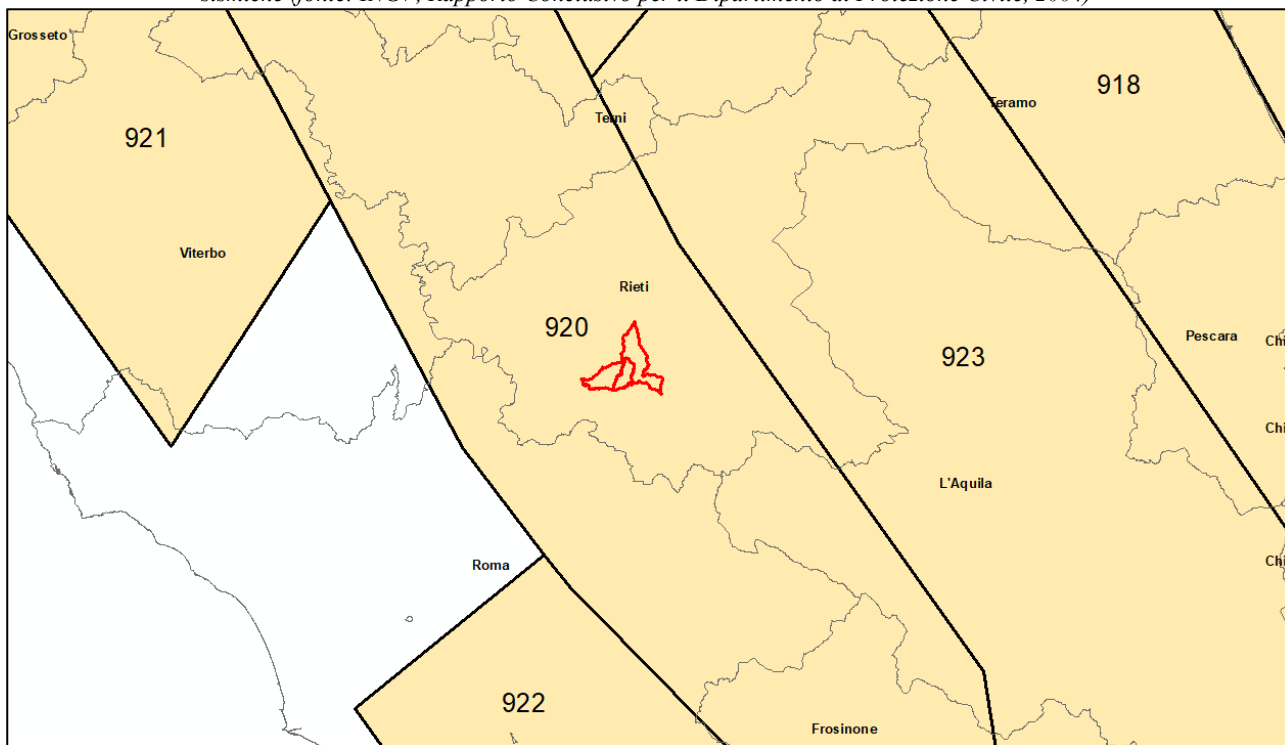


Fig. 2.3.2 - Particolare di Fig.2.3.1 in cui vengono evidenziati i comuni di Casaprotta, Poggio San Lorenzo e Torricella in Sabina

3 INDAGINI GEOFISICHE

La campagna di indagini geofisiche disponibili per il presente progetto, ha permesso di determinare l'andamento sismico stratigrafico dei terreni in esame oltre alla classificazione degli stessi secondo le categorie di sottosuolo definite nelle NTC 2018 (Tab. 3.2.II).

Nello specifico nel tratto in oggetto sono state realizzate le seguenti indagini:

- n. 1 prospezione sismica a rifrazione tomografica (R01);
- n. 1 prospezione sismica MASW (MASW01);
- n. 2 indagini sismiche down-hole (S02DH – S03DH).

3.1 Risultati

Di seguito sono riportati i risultati degli stendimenti MASW e le prove in foro di tipo down-hole con le relative classificazioni ai sensi delle NTC 2018 rispetto alle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio (formula seguente).

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Le indagini hanno confermato la presenza di terreni da addensati a molto addensati in corrispondenza dei terreni pliocenici affioranti nel tratto iniziale in esame (Fig. 3.1.1). Nella restante parte, in cui affiorano prevalentemente le formazioni calcaree, le velocità registrate superano gli 800 m/s entro i 3 m da piano campagna e pertanto riconducibili a categorie di tipo A. In alcuni casi le indagini down-hole hanno riscontrato in superficie la presenza di terreni più lenti vista la presenza di materiali detritici o riporti antropici (vedi S03-DH) dove la classificazione normativa della verticale indagata è attribuibile alla categoria E, che comunque andrà verificata in base alla quota del piano di posa delle fondazioni.

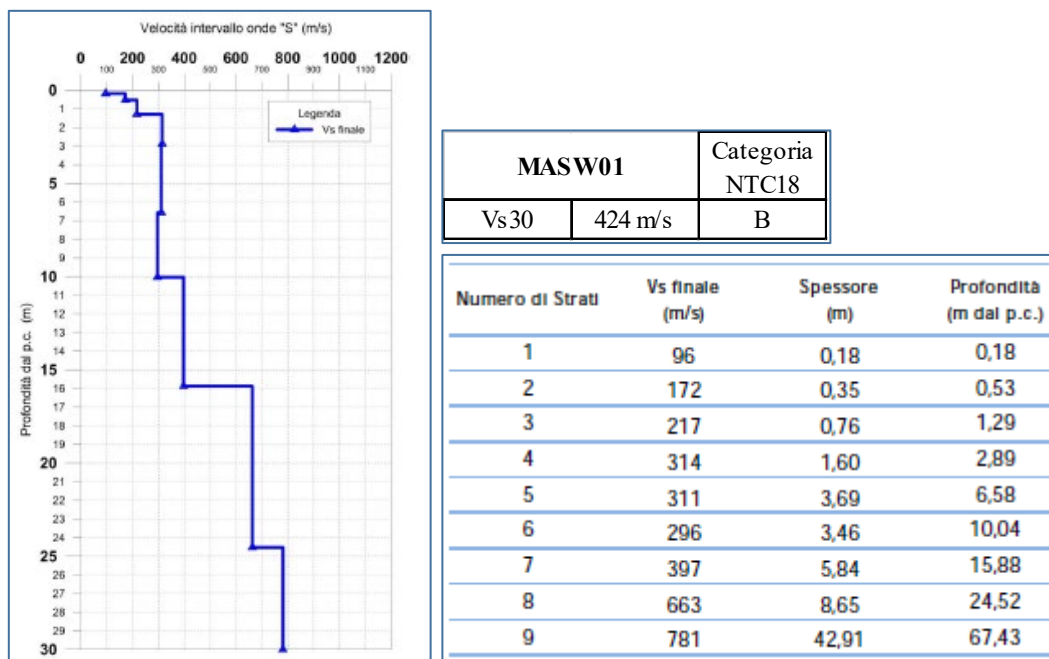
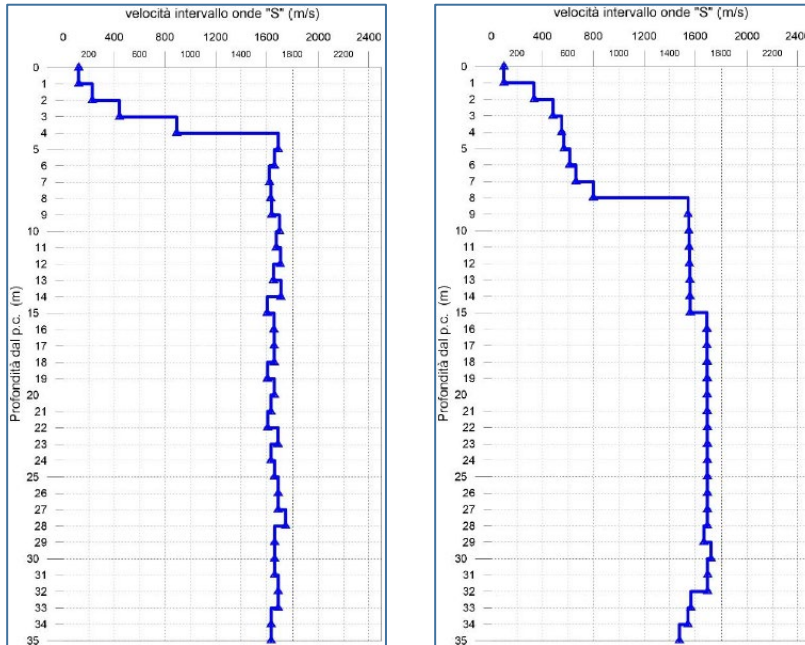


Fig. 3.1.1 - Risultati della prova MASW01 e relativa classificazione sottosuolo



S02-DH	S03-DH
Substrato affiorante	$V_{s7} = 317$ m/s
Categoria NTC18 - A	Categoria NTC18 - E

Fig. 3.1.2 - Risultati delle prove down-hole e relativa classificazione sottosuolo

L'adozione di una categoria di suolo differente tra le verticali indagate S02-DH e S03-DH, deriva dai profili di velocità risultanti.

Nella prova S02-DH i terreni presentano velocità V_s inferiori ad 800 m/s soltanto nei primi 3m, rientrando pertanto nella definizione di categoria di suolo "A" riportata nella Tab. 3.2.II delle NTC2018: "...*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....*".

La sismostratigrafia relativa alla prova S03-DH è invece associabile ad una categoria di sottosuolo "E" in quanto lo spessore di terreno più superficiale con una velocità media delle onde di taglio inferiore a 360 m/s presenta uno spessore pari a 7m ($V_{s7}=317$ m/s).

4 AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalle NTC 2018, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le NTC 2018 stabiliscono che le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- 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.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_0 e T^*c necessari per la determinazione delle azioni sismiche (Tab. 4.1).

L’area di studio è indicativamente ubicata alle coordinate (WGS84) Lat: 42.242518° Long: 12,826850° e ricade pertanto all’interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Fig. 4.1 per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l’azione sismica.

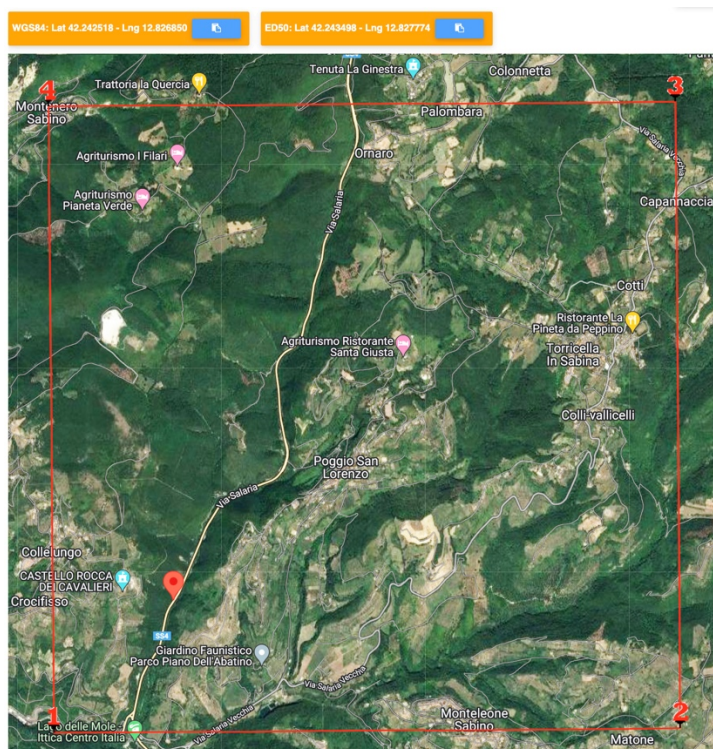


Figura 4.1: Rappresentazione dei punti della maglia del reticolo di riferimento riportati nella Tab.1 allegata alle NTC 2018

Tabella 4.1 - Parametri sismici dell'area di intervento (Tabella 1 allegata alle NTC 2018)

	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0,073	2,498	0,285
Danno (SLD)	101	0,092	2,442	0,295
Salvaguardia della vita (SLV)	949	0,201	2,477	0,334
Prevenzione dal collasso (SLC)	1950	0,245	2,509	0,346

I parametri sismici riportati in tab. 4.1 si riferiscono al punto indicato nella figura 4.1. e di cui si forniscono le coordinate nella relazione. Tale punto è stato scelto come punto medio rappresentativo per l'intero tratto stradale in progetto. Di fatto considerando anche i parametri sismici relativi agli estremi del tracciato le differenze tra loro risultano trascurabili.

I parametri sismici di tab. 4.1 rappresentano la “pericolosità sismica di base”, definiti in riferimento agli allegati A e B al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, riferiti alla classe d'uso ed alla vita nominale dell'opera.

I parametri sismici di tabella 4.1 sono stati ottenuti mediante interpolazione con media ponderata di quelli relativi ai vertici del reticolo.

Per quanto riguarda inoltre la definizione dei coefficienti sismici sono state operate le seguenti classificazioni tipologiche sia per quanto concerne l'opera in progetto, sia per quanto riguarda la stratigrafia del sito di edificazione.

In primo luogo, è stata definita a livello preliminare la classe prevalente delle opere, facendo riferimento alla **IV Classe**, così come definita dalle NTC 2018 (Tab. 4.2).

Tabella 4.2 - Classi degli edifici secondo le NTC 2018

Classe	Descrizione
I.	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II.	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III.	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV.	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

È stata quindi definita la “Vita nominale” dell'opera, facendo riferimento al valore di **50 anni**, così come definito dalle NTC 2018 (Tab. 4.3).

Tabella 4.3 - Vita nominale delle opere secondo le NTC 2018

Tipo opera	Vita Nominale
Opere provvisorie	<=10,
Opere ordinarie	>=50,
Grandi opere	>=100

Per quanto riguarda la definizione della categoria topografica dell'area in esame è stato fatto riferimento alla categoria **T2** in ragione della morfologia dell'area, in corrispondenza di un fondovalle alla base di un versante e così come definita dalle NTC 2018 (Tab. 4.4).

Tabella 4.4 - Categorie topografiche secondo le NTC 2018

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 $i > 30^\circ$

Data la posizione delle opere in progetto rispetto al sistema di versante, il coefficiente di amplificazione topografica ST può essere assunto pari ad **1,0**.

Nelle NTC 2018 si specifica chiaramente che i valori riportati nella Tab. 3.2.V sono quelli massimi e che "La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove ST assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove ST assume valore unitario." Ovvero che ST assume il valore 1,2 alla sommità del rilievo e il valore 1,0 alla base. Le opere in progetto sono ubicate alla base dei pendii e pertanto il valore di ST è stato posto pari ad 1,0.

Per il calcolo di ST si possono utilizzare i seguenti abachi (Fig. 4.2).

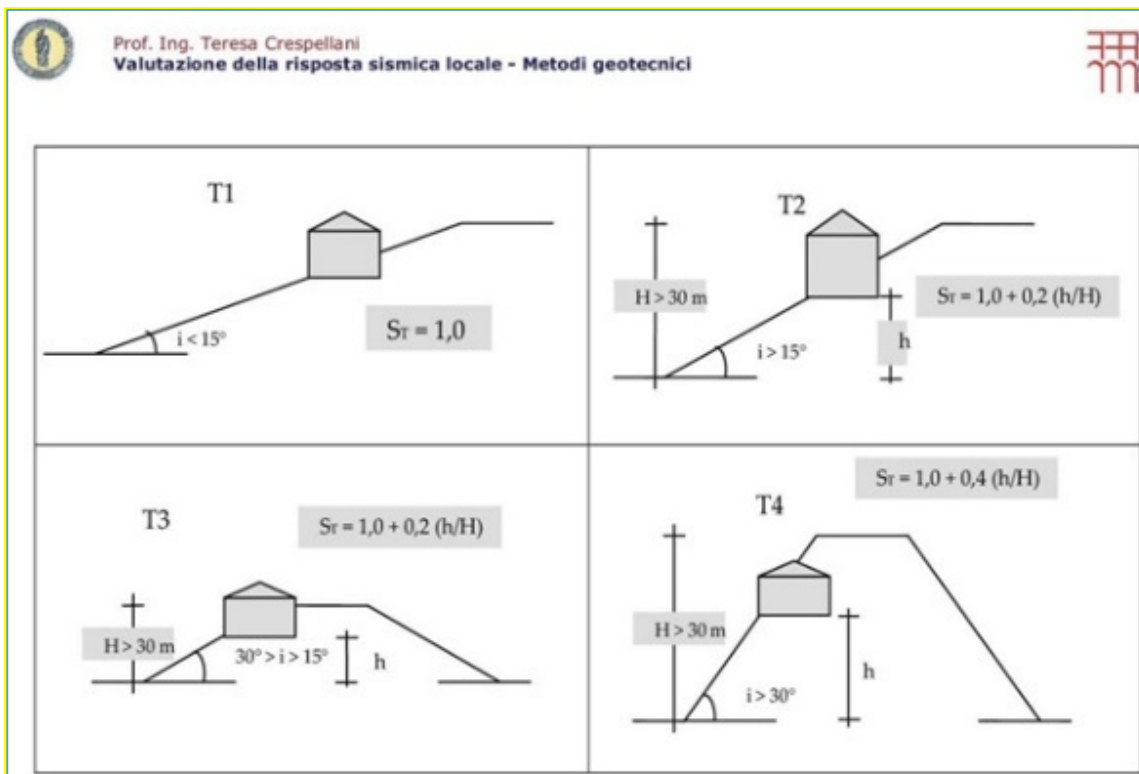


Figura 4.2

È stata inoltre definita, sempre con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC, e alle caratteristiche stratigrafico sismiche individuate dalle indagini geofisiche eseguite in sito, la categoria di sottosuolo del sito di edificazione, facendo riferimento alle **Categoria A, B ed E**, così come definite dalle NTC (Tab. 4.5).

Tabella 4.5 - Categorie di sottosuolo secondo le NTC 2018

Categoria	Descrizione
A	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.
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.
C	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.
D	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.
E	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 tratti di applicazione delle diverse categorie di sottosuolo sono stati scelti sulla base delle caratteristiche sismo-stratigrafiche individuate dalle indagini geognostiche-geofisiche eseguite in sito lungo il tracciato.

Nello specifico al primo tratto caratterizzato dai depositi conglomeratici (MSa) è stata assegnata la categoria di sottosuolo “B”, mentre alla restante parte del tracciato con substrato geologico/sismico sub-affiorante è stata assegnata la categoria di sottosuolo “A”.

Si precisa che tali categorie di sottosuolo sono state riferite al piano di campagna attuale, mentre nella progettazione delle singole opere la valutazione della categoria deve essere necessariamente eseguita in funzione del profilo finale e soprattutto della tipologia di fondazione scelta. Infatti la normativa prevede che il calcolo del Vs30 deve essere eseguito a partire da:

- piano di imposta per fondazioni superficiali,
- testa dei pali per fondazioni profonde,
- testa dell’opera per opere di sostegno di terreni naturali,
- piano di imposta delle fondazioni per muri di sostegno di terrapieni.

4.1 Categoria suolo tipo A

Nei terreni di roccia affiorante o semiaffiorante o in corrispondenza della base dei rilevati antropici individuati lungo il tracciato, sulla base delle classificazioni sopra riportate, è stato possibile calcolare i coefficienti sismici che permetteranno di definire gli spettri di accelerazione sia orizzontali che verticali, così come definiti dalle relazioni riportate nel paragrafo 3.2.3.2 delle NTC.

La seguente Tab. 4.1.1 riporta i coefficienti sismici necessari per la definizione dello spettro relativo all’area di intervento.

Tabella 4.1.1 - Calcolo dei coefficienti sismici

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni:

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,015	0,007	0,717	0,200
SLD	0,018	0,009	0,898	0,200
SLV	0,060	0,030	1,969	0,300
SLC	0,074	0,037	2,407	0,300

Coefficienti sismici per fronti di scavo e rilevati:

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,000	--	0,717	--
SLD	0,043	0,022	0,898	0,470
SLV	0,076	0,038	1,969	0,380
SLC	0,000	--	2,407	--

Coefficienti sismici per muri di sostegno:

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,073	0,037	0,717	1,000
SLD	0,092	0,046	0,898	1,000
SLV	0,201	0,100	1,969	1,000
SLC	0,245	0,123	2,407	1,000

Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti:

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,073	0,037	0,717	1,000
SLD	0,092	0,046	0,898	1,000
SLV	0,201	0,100	1,969	1,000
SLC	0,245	0,123	2,407	1,000

Coefficienti sismici per paratie:

Altezza paratia 3 m
Spostamento ammissibile 0,015 m

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,057	--	0,717	0,773
SLD	0,071	--	0,898	0,773
SLV	0,155	--	1,969	0,773
SLC	0,190	--	2,407	0,773

Spettro di risposta elastico

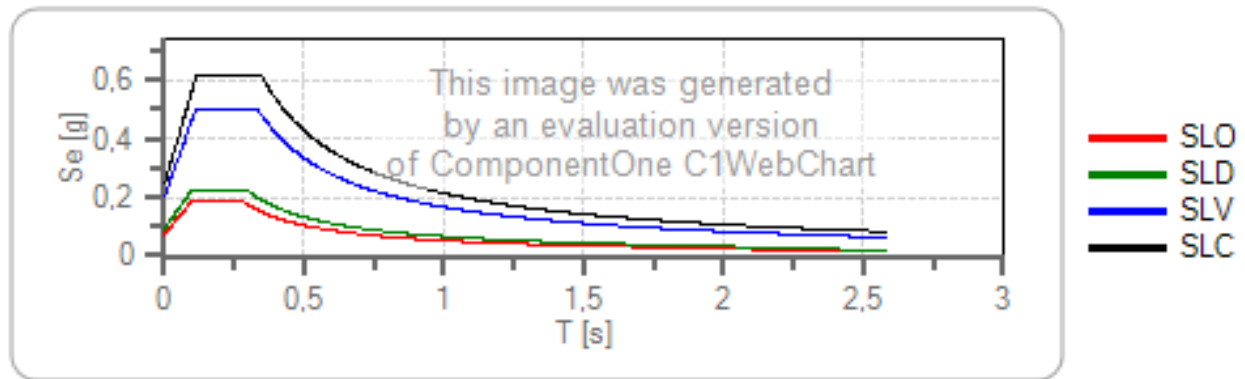
Sono stati definiti gli spettri relativi alle componenti orizzontale e verticale, con riferimento agli stati limite contemplati dalle NTC-18 ed in particolare:

- | | | |
|---------------------------------|-----|--|
| - SLE Stati limite di esercizio | SLO | Stato limite di operatività |
| | SLD | Stato limite di danno |
| - SLU Stati limite ultimi | SLV | Stato limite di salvaguardia della vita |
| | SLC | Stato limite di prevenzione del collasso |

I grafici riportati nelle seguenti figure rappresentano i valori di accelerazione spettrali attesi (S_d [g]) rispetto ad un periodo di oscillazione di riferimento (T [s]). Nel corso della progettazione strutturale esecutiva degli interventi tali

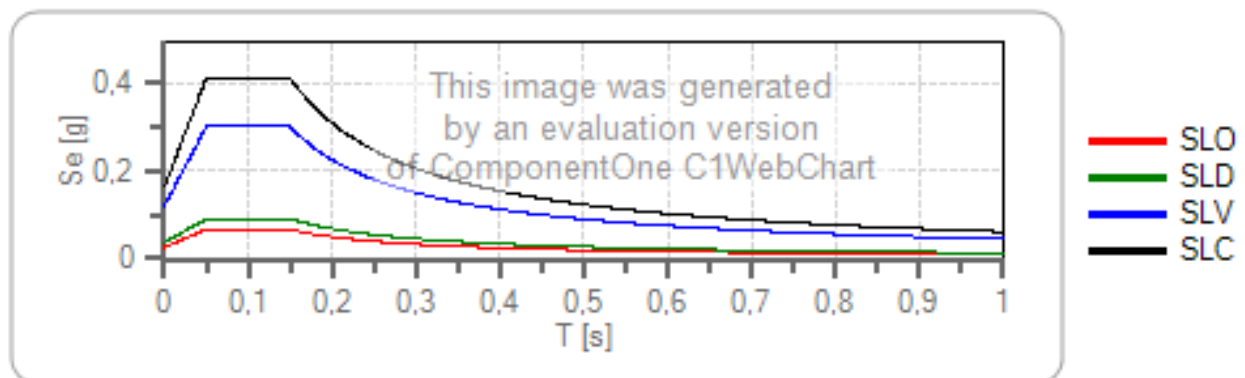
considerazioni dovranno essere verificate e puntualizzate in funzione delle caratteristiche strutturali e dimensionali degli edifici stessi.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,073	2,498	0,285	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,095	0,285	1,893
SLD	2	0,092	2,442	0,295	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,098	0,295	1,966
SLV	2	0,201	2,477	0,334	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,111	0,334	2,403
SLC	2	0,245	2,509	0,346	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,115	0,346	2,582

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,073	2,498	0,285	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,092	2,442	0,295	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,201	2,477	0,334	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,245	2,509	0,346	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

4.2 Categoria suolo tipo B

Nei terreni continentali post orogenetici, sulla base delle classificazioni sopra riportate, è stato possibile calcolare i coefficienti sismici che permetteranno di definire gli spettri di accelerazione sia orizzontali che verticali, così come definiti dalle relazioni riportate nel paragrafo 3.2.3.2 delle NTC.

La seguente Tab. 4.2.1 riporta i coefficienti sismici necessari per la definizione dello spettro relativo all'area di intervento.

Tabella 4.2.1 - Calcolo dei coefficienti sismici

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni:

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,018	0,009	0,861	0,200
SLD	0,022	0,011	1,078	0,200
SLV	0,067	0,034	2,363	0,280
SLC	0,079	0,040	2,768	0,280

Coefficienti sismici per fronti di scavo e rilevati:

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,000	--	0,861	--
SLD	0,052	0,026	1,078	0,470
SLV	0,092	0,046	2,363	0,380
SLC	0,000	--	2,768	--

Coefficienti sismici per muri di sostegno:

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,000	--	0,861	--
SLD	0,052	0,026	1,078	0,470
SLV	0,092	0,046	2,363	0,380
SLC	0,000	--	2,768	--

Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti:

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,088	0,044	0,861	1,000
SLD	0,110	0,055	1,078	1,000
SLV	0,241	0,121	2,363	1,000
SLC	0,282	0,141	2,768	1,000

Coefficienti sismici per paratie:

Altezza paratia 3 m
Spostamento ammissibile 0,015 m

	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	0,068	--	0,861	0,773
SLD	0,085	--	1,078	0,773
SLV	0,186	--	2,363	0,773
SLC	0,218	--	2,768	0,773

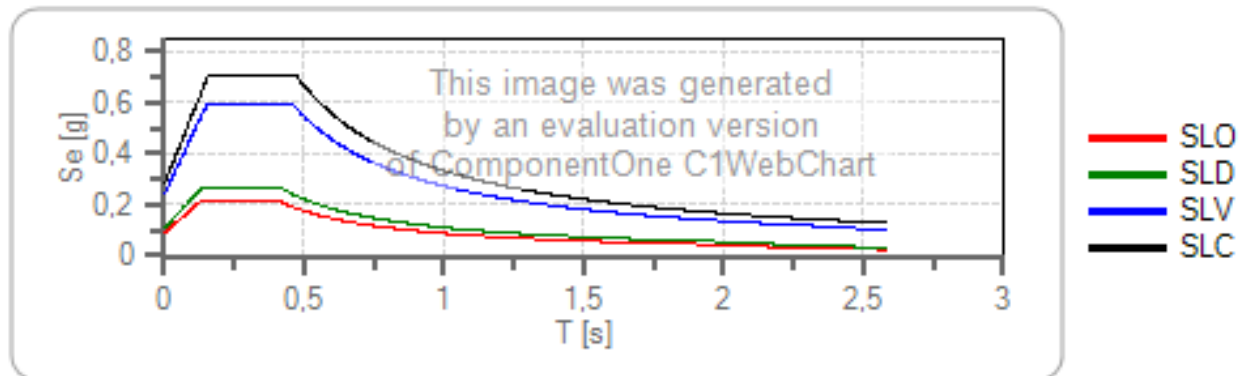
Spettro di risposta elastico

Sono stati definiti gli spettri relativi alle componenti orizzontale e verticale, con riferimento agli stati limite contemplati dalle NTC-18 ed in particolare:

- | | | | |
|---------------------------------|--|-----|--|
| - SLE Stati limite di esercizio | | SLO | Stato limite di operatività |
| | | SLD | Stato limite di danno |
| - SLU Stati limite ultimi | | SLV | Stato limite di salvaguardia della vita |
| | | SLC | Stato limite di prevenzione del collasso |

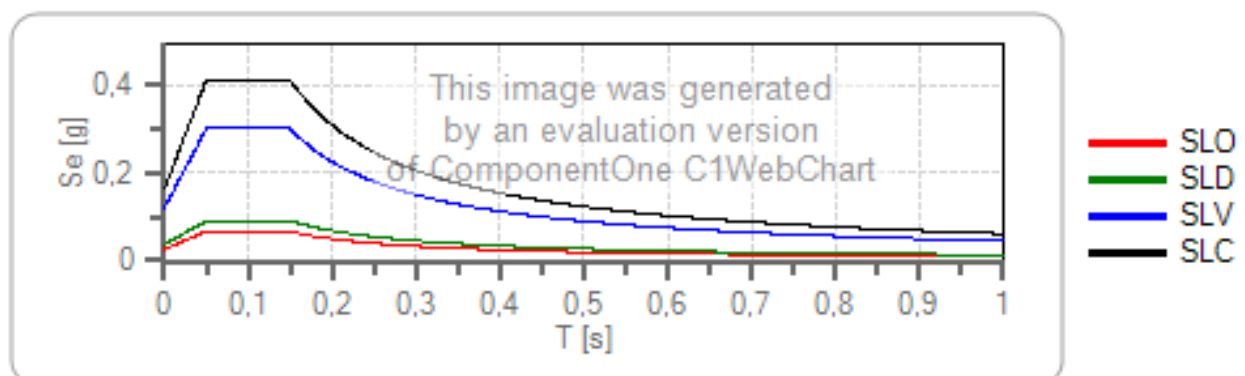
I grafici riportati nelle seguenti figure rappresentano i valori di accelerazione spettrali attesi (S_d [g]) rispetto ad un di periodo di oscillazione di riferimento (T [s]). Nel corso della progettazione strutturale esecutiva degli interventi tali considerazioni dovranno essere verificate e puntualizzate in funzione delle caratteristiche strutturali e dimensionali degli edifici stessi.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,073	2,498	0,285	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	1,893
SLD	2	0,092	2,442	0,295	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,138	0,413	1,966
SLV	2	0,201	2,477	0,334	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,153	0,458	2,403
SLC	2	0,245	2,509	0,346	1,150	1,360	1,000	1,150	1,000	0,157	0,470	2,582

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,073	2,498	0,285	1,000	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,092	2,442	0,295	1,000	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,201	2,477	0,334	1,000	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,245	2,509	0,346	1,000	1,360	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

4.3 Categoria suolo tipo E

La prova down-hole S03DH indica una categoria di sottosuolo di tipo E. Questo è un dato puntuale rispetto allo scenario complessivo dello stralcio 1, in quanto vi è un’anomalia legata alla presenza di una cavità sotterranea con riempimento, riferita pertanto ad una situazione locale che dovrà essere valutata in relazione alla effettiva presenza di opere ed alla effettiva quota di imposta delle stesse. Per tale motivo tale categoria non è stata riportata nella planimetria sismica.