

S.S. n.21 "della Maddalena"
Variante agli abitati di Demonte, Aisone e Vinadio
Lotto 1. Variante di Demonte

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

I PROGETTISTI:

ing. Vincenzo Marzi
Ordine Ing. di Bari n.3594
ing. Achille Devitofranceschi
Ordine Ing. di Roma n.19116
geol. Flavio Capozucca
Ordine Geol. del Lazio n.1599

RESPONSABILE DEL SIA

arch. Giovanni Magarò
Ordine Arch. di Roma n.16183

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

geom. Fabio Quondam

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

ing. Nicolò Canepa

PROTOCOLLO

DATA

GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E GEOTECNICA

Relazione sismica

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00GE00GETRE02_A.DWG		
DPT005	D	1601	CODICE ELAB. T00GE00GETRE02	A	-
C					
B					
A	EMISSIONE			
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. CARATTERISTICHE DI SIMICITA' DELL'AREA.....	4
4. AZIONE SISMICA.....	7
4.1 Categorie di sottosuolo e categorie topografiche.....	9
4.2 Spettro di risposta elastico.....	11
5. METODI DI ANALISI	13
5.1 Stabilità dei pendii.....	13
5.2 Opere di sostegno	13

1. PREMESSA

La relazione sismica in oggetto è parte integrante del Progetto Definitivo relativo alla SS 21 della Maddalena, Variante di Demonte e Vinadio (Aisone) lotto 1°, Variante di Demonte volta ad eliminare la criticità del passaggio dei veicoli all'interno del centro abitato di Demonte.

Il tracciato in oggetto, di circa 2700 m, interessa il comune di Demonte, in Provincia di Cuneo.

In particolare la variante ha inizio al km 16+200 circa, fino al km 18+800 della SS 21 esistente, creando un percorso totalmente esterno all'abitato. Sia all'inizio che alla fine sono previste due rotatorie per creare il collegamento con la statale esistente,

Il progetto prevede la realizzazione di due viadotti, il viadotto Perdioni di lunghezza di 324 m e il viadotto Cant di 135m, oltre ad una galleria naturale di circa 650 m per superare il rilievo del Podio, oggetto di specifici elaborati. Il resto del tracciato è prevalentemente su rilevato, anche fino a 10m di altezza, e solo una piccola parte si viene a trovare a mezzacosta.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 14/01/08 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 02/02/09 C.S.LL.PP., "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14/01/08";

3. CARATTERISTICHE DI SIMICITA' DELL'AREA

Come dettagliatamente riportato nella Relazione Geologica allegata al progetto, gli aspetti di carattere geodinamico generale hanno consentito di definire il quadro delle sorgenti sismogenetiche che caratterizzano, a grande scala, l'area studiata.

In base al database redatto dall'INGV, si distinguono le sorgenti sismogenetiche "individuali" da quelle "composite".

L'intero lavoro di definizione di questo database è finalizzato all'analisi di pericolosità sismica con approccio probabilistico, che trova poi applicazione negli studi di risposta sismica locale.

Nelle aree limitrofe al settore interessato dall'intervento non si rilevano sorgenti sismogenetiche né "individuali" né "composite".

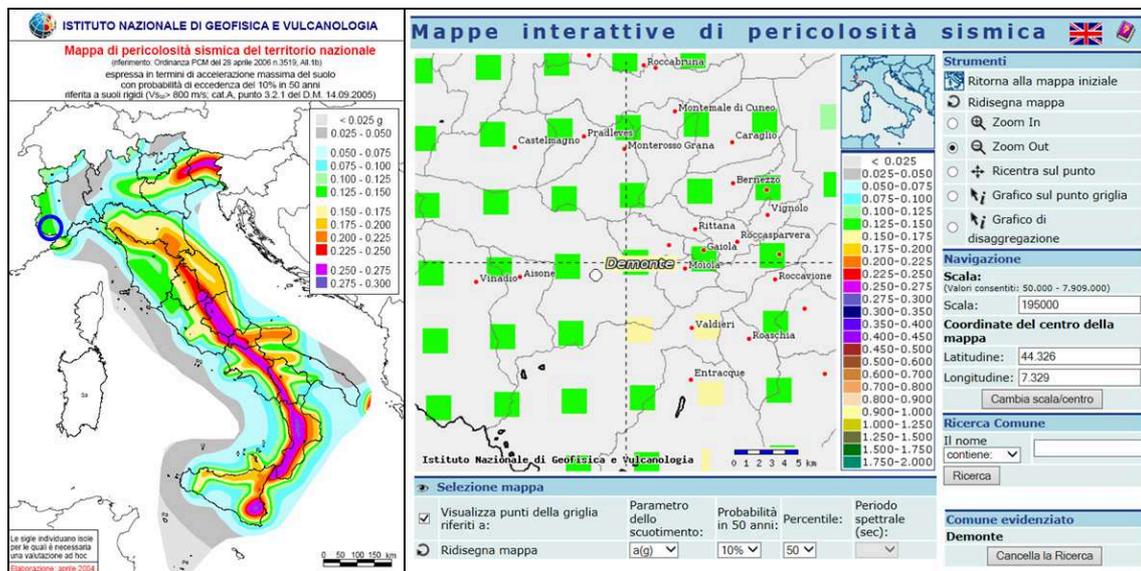
In particolare, la sorgente composta più prossima all'area di interesse è quella denominata Briançonnais (FRCS001). Questa fonte sismogenetica composta si sviluppa in un'area che si trova a cavallo tra l'Italia e il confine sudoccidentale della Svizzera ed appartiene al sistema di faglie normali del Vallese, nelle Alpi occidentali. L'area è priva di caratteristiche di compressione attiva e di conseguenza non sembra essere influenzata direttamente dalla convergenza Africa-Europa. I cataloghi storici e strumentali mostrano, per questa regione, una sismicità intermedia ($4,5 < Mw < 5,0$). Tre sono stati gli eventi particolarmente distruttivi che hanno interessato il settore in esame: il 25 luglio 1855 (Mw 5.8) nel Vallese, il 15 aprile 1924 (Mw 5.5) Roran ed il 9 settembre 1755 (Mw 5.9) sempre nel Vallese (da sud e sud-ovest a nord-est).

Per quanto riguarda in particolare la sismicità storica del territorio comunale di Demonte, il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, riporta una serie di eventi sismici (17). I due eventi più significativi sono riferiti ai terremoti avvenuti rispettivamente il 23 Febbraio 1887, Liguria occidentale, e al 27 Novembre del 1884, Alpi Cozie.

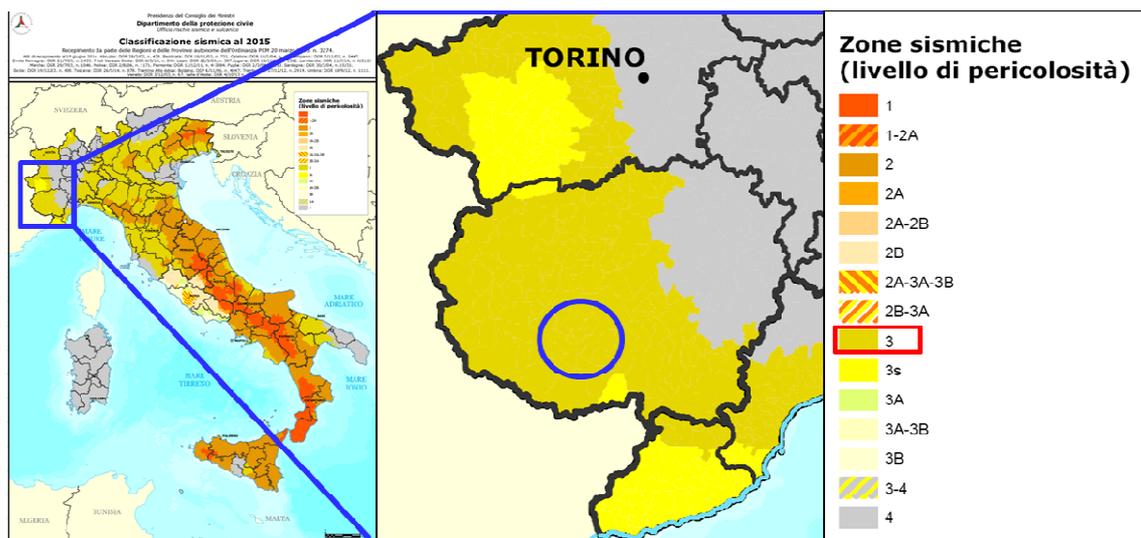
Negli ultimi anni si sono succeduti provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale. Con l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 2003 si stabiliscono i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova classificazione sismica dei comuni italiani, successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/06. L'intero territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco ag su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Gli intervalli di accelerazione (ag) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/06.

Tale classificazione è basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro ag secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente"). La rappresentazione di

sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale" dell'Italia, elaborata secondo l'OPCM del 28 aprile 2006, n. 3519. L'Allegato 1b di tale ordinanza presenta i valori di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni:



La figura seguente riporta uno stralcio, riferito all'area di interesse, della mappa di classificazione sismica dell'intero territorio nazionale, aggiornata a marzo 2015, che rappresenta la trasposizione a livello amministrativo degli studi di macrozonazione sismica sopra riportati:



Il Comune di Demonte (CN), nel quale ricade l'intervento in progetto, appartiene alla **zona 3**, secondo la classificazione sismica vigente nella Regione Piemonte e richiamata dal DGR n. 65-7656 del 21 Maggio 2014,

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la classificazione sismica del territorio rimane utile, dal punto amministrativo, per la gestione pianificativa e di controllo dello stesso.

Gli studi di microzonazione sismica (MS), che definiscono le aree soggette ad amplificazioni dello scuotimento sismico o deformazioni permanenti del suolo in caso di terremoto, rappresentano uno strumento importante per la prevenzione del rischio sismico.

In Piemonte sono stati individuati 141 Comuni e precisamente: 76 in Provincia di Cuneo, 62 in Provincia di Torino e 3 in Provincia del Verbano-Cusio-Ossola

Ricadendo in zona sismica 3, con un a_{gMax} pari a 0.14935, Demonte rientra tra i comuni finanziati.

4. AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalle NTC 2008, 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 2008 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.

L'area di studio è individuata dalle coordinate (ED50):

Lat: 44,31525° - Long: 7,30148125°

e ricade pertanto all'interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Figura 4.1 (riportati nella Tab.1 allegata alle NTC 2008) per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l'azione sismica.

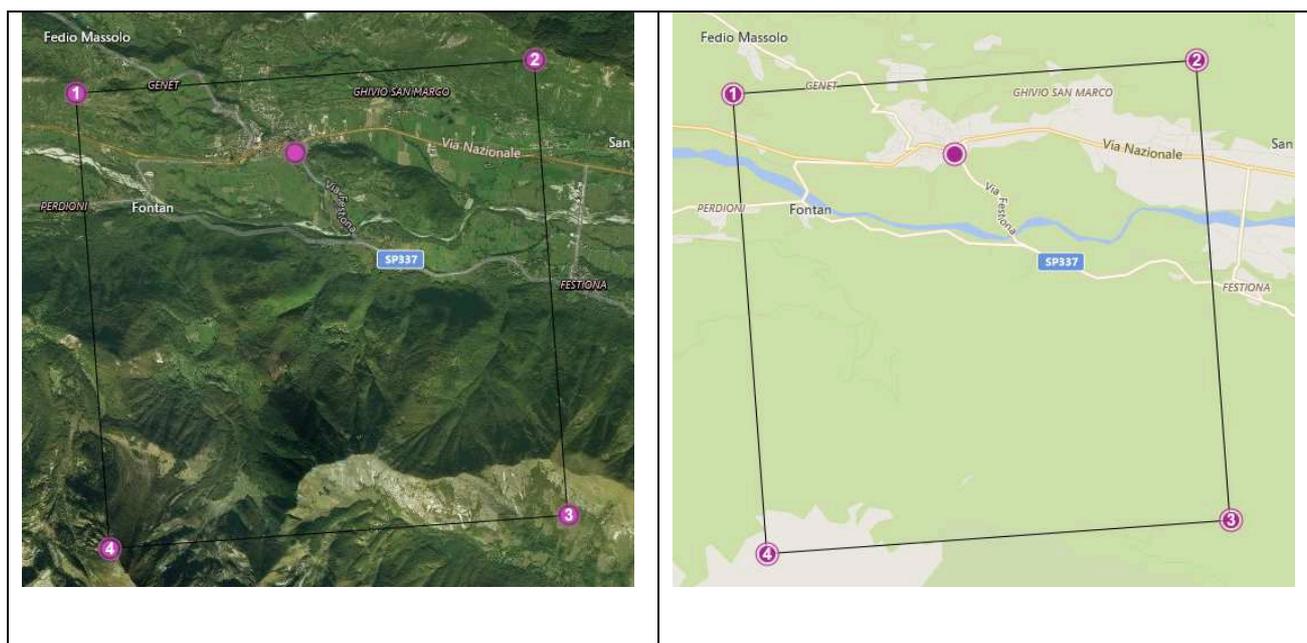


Figura 4.1: Rappresentazione dei punti della maglia del reticolo di riferimento

Nella seguente Tabella 4.1 si riportano i parametri sismici relativi all'area d'intervento, così come richiesti dalle NTC 2008:

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,051	2,455	0,221
SLD	75	0,067	2,423	0,241
SLV	712	0,172	2,472	0,291
SLC	1462	0,219	2,506	0,304

Tabella 4.1: parametri sismici

Per quanto riguarda inoltre la definizione dei coefficienti sismici, è stata definita la "Vita nominale" in base alla categoria della strada, facendo riferimento al valore di 50 anni, così come definito dalle NTC 2008, e la Classe d'uso III, si ottiene:

$$V_R = V_N \cdot C_u$$

risulta pari a **75 anni**, essendo C_u per la classe d'uso III pari a 1,5 (Tab. 2.4.II delle NTC 2008).

Per le opere provvisorie delle opere all'aperto si considera che l'esecuzione avvenga in un periodo di tempo inferiore a 2 anni e quindi l'azione sismica è trascurabile.

4.1 Categorie di sottosuolo e categorie topografiche

E' stata inoltre definita, sempre con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC 2008, e alle caratteristiche stratigrafiche individuate così come definita dalla Tab. 3.2.II delle NTC 2008, riportata di seguito:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 4.2 Categorie di sottosuolo secondo le NTC 2008

Per la classificazione dei terreni oggetto di intervento, per la definizione delle V_{s30} , sono state eseguite 3 prove down – hole in foro effettuate durante la campagna geognostica del 2017. Dai risultati di tali prove si ottengono i seguenti valori delle velocità delle onde S nei primi 30 m di profondità:

SONDAGGIO	V_{S30} [m ² /sec]	CAT. DI SUOLO
S2_DH (viadotto Perdioni)	425	B
S5_DH (viadotto Cant)	653	B
S11_DH (viadotto Cant)	776	B

e quindi un'unica categoria di suolo, la tipo "B".

Il modello geotecnico di riferimento è costituito, a partire dal piano campagna, da depositi alluvionali e fluvioglaciali prevalentemente grossolani e ben addensati (i valori di $N_{spt} > 50$, anzi quasi sempre i valori ottenuti sono a rifiuto) di spessore variabile da pochi metri a 20/25 m. Tali depositi sovrastano un substrato roccioso all'interno della valle dello Stura di Demonte, mentre versanti si presentano anche con rocce affioranti.

Pertanto l'assunzione della categoria di suolo B risulta a vantaggio di sicurezza essendo state eseguite due delle prove nella valle e solo una, la S11_DH, è ubicata ad una quota maggiore lungo il versante del Podio; infatti quest'ultima mostra un valore di velocità delle onde più elevato e prossimo alla categoria di suolo A. Si può ipotizzare la stessa situazione se si osserva, in località Perdioni, la presenza e l'affioramento del substrato calcareo.

Per quanto riguarda infine la definizione della categoria topografica dell'area in esame è stato fatto riferimento alla categoria T2 in ragione della morfologia dell'area e così come definita dalle NTC 2008.

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 $i > 30^\circ$

Tabella 4.3 Categorie topografiche secondo le NTC 2008

Sulla base delle classificazioni sopra riportate è stato possibile calcolare i coefficienti sismici che permettono di definire gli spettri di accelerazione sia orizzontali che verticali, così come definiti dalle relazioni di calcolo allegate al progetto.

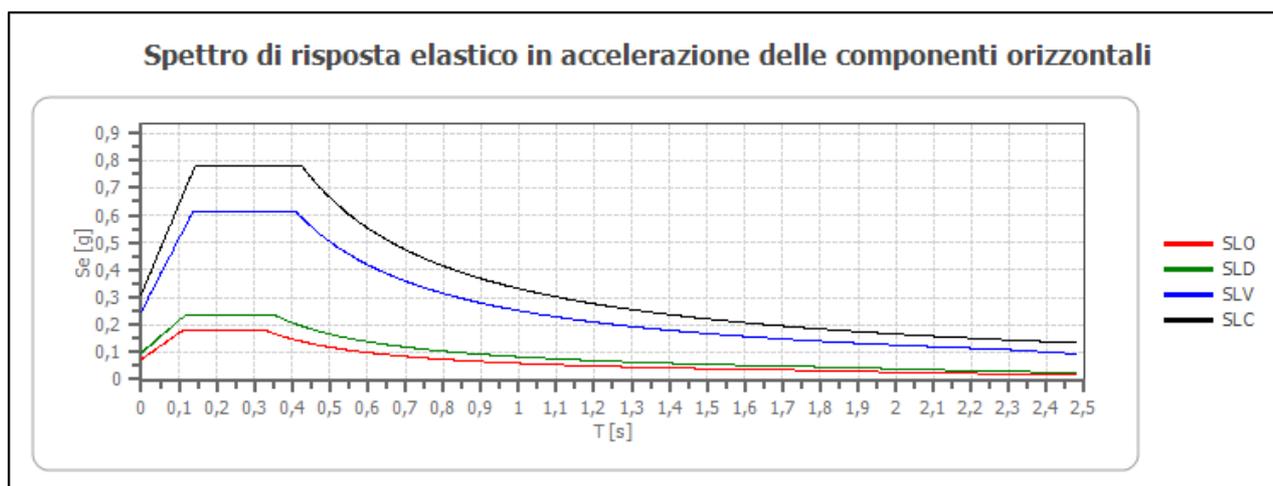
4.2 Spettro di risposta elastico

Sono stati definiti gli spettri relativi alle componenti orizzontale e verticale, con riferimento agli stati limite contemplati dalle NTC-08 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

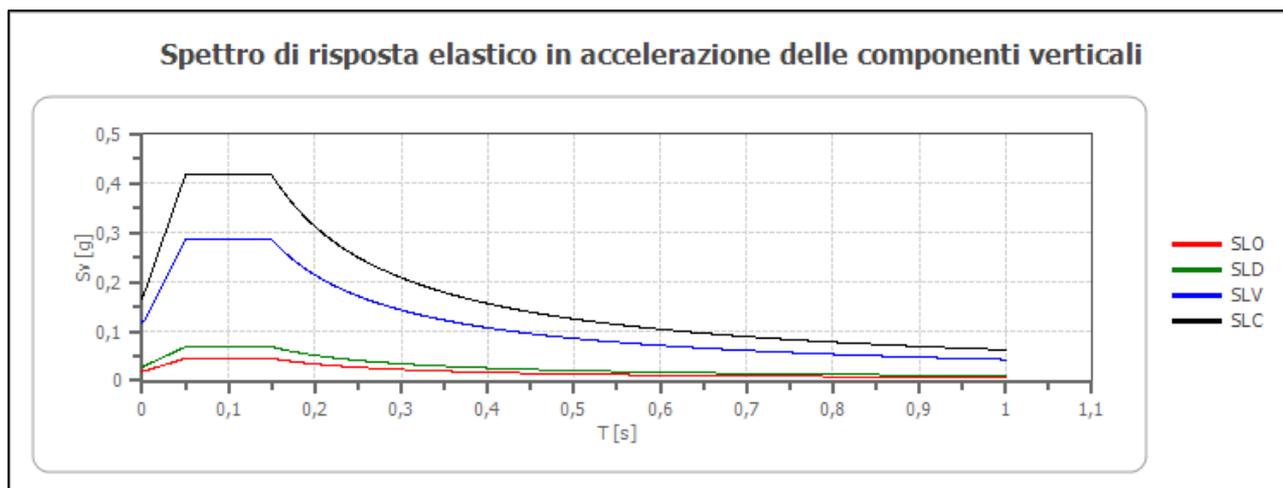


	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(TB)
	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO	0,051	2,455	0,221	1,200	1,490	1,200	1,440	1,000	0,110	0,329	1,803	0,073	0,179
SLD	0,067	2,423	0,241	1,200	1,460	1,200	1,440	1,000	0,117	0,352	1,870	0,097	0,235
SLV	0,172	2,472	0,291	1,200	1,410	1,200	1,440	1,000	0,137	0,410	2,289	0,248	0,613
SLC	0,219	2,506	0,304	1,180	1,400	1,200	1,416	1,000	0,142	0,426	2,478	0,311	0,778

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$: 1



	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(TB)
	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO	0,051	2,455	0,221	1	1,490	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,045
SLD	0,067	2,423	0,241	1	1,460	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,028	0,069
SLV	0,172	2,472	0,291	1	1,410	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,116	0,286
SLC	0,219	2,506	0,304	1	1,400	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,166	0,417

5. METODI DI ANALISI

Le analisi di stabilità in condizioni sismiche sono state eseguite mediante metodi pseudostatici. Di seguito si riportano le metodologie da adottare per le analisi di stabilità dei versanti e delle opere di sostegno.

5.1 Stabilità dei pendii

La seguente Tabella 5.1 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riporta i coefficienti sismici necessari per la definizione dello spettro relativo all'area di intervento Coefficienti sismici stabilità di pendii

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g};$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,015	0,019	0,060	0,087
k_v	0,007	0,010	0,030	0,043
a_{\max} [m/s ²]	0,715	0,953	2,431	3,047
β_s	0,200	0,200	0,240	0,280

Tabella 5.1: Calcolo dei coefficienti sismici per la stabilità dei pendii

5.2 Opere di sostegno

Per i muri di sostegno i coefficienti sismici k_h e k_v sono stati calcolati secondo le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g};$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h.$$

dove:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,013	0,017	0,059	0,096
k_v	0,007	0,009	0,030	0,048
a_{\max} [m/s ²]	0,715	0,953	2,431	3,047
β_m	0,18	0,18	0,24	0,31

Tabella 5.2: Calcolo dei coefficienti sismici per le opere di sostegno