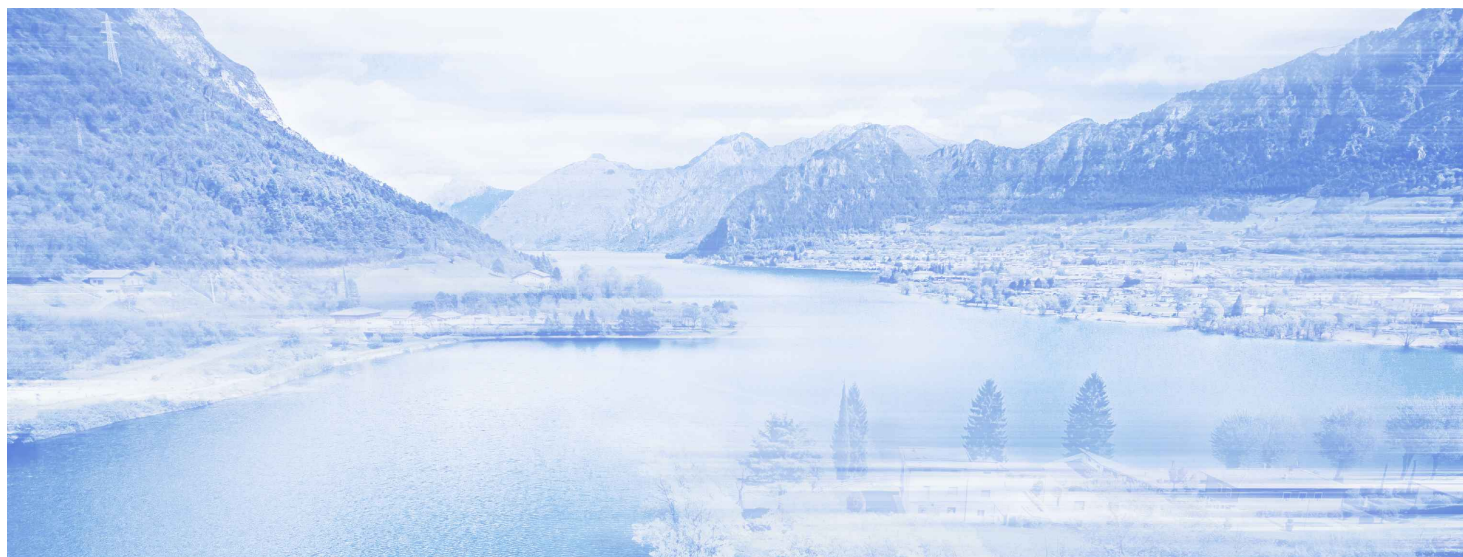


NUOVE OPERE DI REGOLAZIONE PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL LAGO D'IDRO



RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTISTI




PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATI GENERALI

GEOLOGIA-IDROGEOLOGIA-GEOTECNICA-SISMICA

Relazione sismica

Fase PE	Ambito 000	Opera GEO	Argomento SS	Progressivo 001	Tipo elaborato RH	Revisione A
Redatto G. Nigro		Controllato L. Griffini		Approvato L. Griffini	Scala -	Data 18/10/22

 Agenzia Interregionale per il fiume Po	IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO	
	Ing. M. Vergnani	
RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE ALPINA S.p.A. Ing. Paola Erba	PROGETTAZIONE GEOLOGIA STUDIO GRIFFINI SRL Geol. Lamberto Griffini	

REV.	DATA	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	18/10/22	Prima emissione	NG	GL	GL
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
2	RIFERIMENTI	4
2.1	Normative e standards.....	4
2.2	Elaborati del Progetto Esecutivo 2016-2017	4
2.3	Elaborati del Progetto Esecutivo 2022.....	4
3	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	5
3.1	Lato Idro: Imbocco (a valle della SS237)	5
3.2	Lato Idro: Imbocco (a monte della SS237)	8
3.3	Lato Lavenone: Sbocco	11
3.4	Lato Lavenone: Canale di restituzione	14
3.5	Località Pieve Vecchia: Nuova traversa di sbarramento.....	18
3.6	Galleria naturale in roccia	23
3.7	Opere esistenti: Galleria degli Agricoltori	26

1 INTRODUZIONE

Ai fini dell'elaborazione del Progetto Esecutivo del Progetto delle nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago di Idro, è stato condotto uno studio sulla risposta sismica locale dei depositi presenti nelle aree interessate dalle opere in progetto.

La descrizione delle aree è riportata nella relazione di caratterizzazione geotecnica (rif. 11), mentre gli approfondimenti riguardanti l'ubicazione, le metodologie, le strumentazioni impiegate, i log stratigrafici, i risultati dei rilievi geomeccanici di dettaglio, i dati geofisici raccolti, le analisi e le interpretazioni dei dati geofisici, sono contenuti in documenti specifici (riff. 7, 8 e 9) riportati in allegato alla presente relazione.

In **Figura 1** si riporta una ripresa satellitare dell'area di interesse.

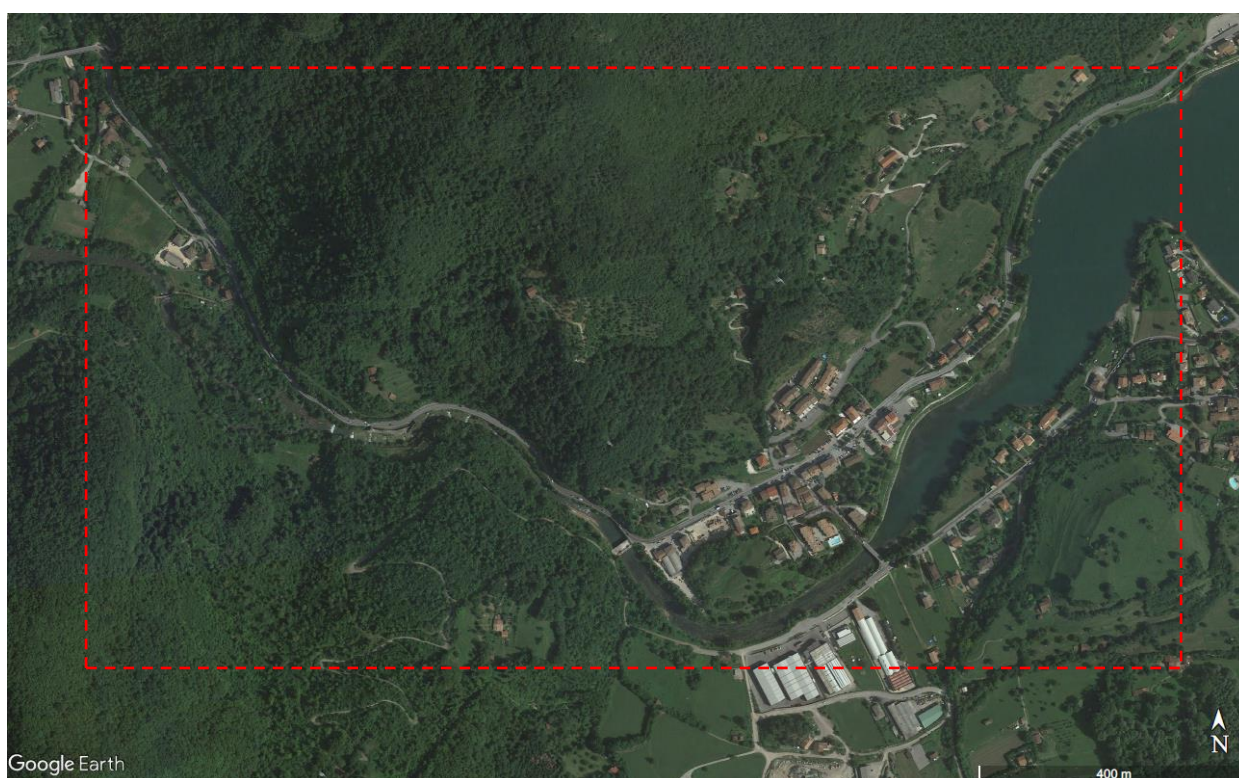


Figura 1 – Area di studio (ripresa satellitare da Google Earth)

2 RIFERIMENTI

2.1 Normative e standards

1. DM 14.01.2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni
2. Circolare 02.02.2009 n. 617 del Consiglio Sup. LL. PP. – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
3. DM 26.06.2014 – Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)
4. D.g.r. 11 luglio 2014 – n.X/2129 – Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)
5. Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
6. Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 del Consiglio Sup. LL. PP. – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 17 Gennaio 2018

2.2 Elaborati del Progetto Esecutivo 2016-2017

7. E00609A_E_X00_RI000_0_IS_IG_002_0 – Documentazione indagini geognostiche – Progetto Preliminare
8. E00609A_E_X00_RI000_0_IS_IG_003_0 – Documentazione indagini geognostiche – Progetto Definitivo
9. E00609A_E_X00_RI000_0_IS_RT_001_0 – Relazione tecnica indagini geognostiche – Progetto Esecutivo

2.3 Elaborati del Progetto Esecutivo 2022

10. PE-000-GEO-SS-002-PL-A – Carta macrozonazione sismica
11. PE-000-GEO-GG-003-RB-A – Relazione di caratterizzazione geotecnica

3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

3.1 Lato Idro: Imbocco (a valle della SS237)

Classificazione sismica comunale

La stima della pericolosità sismica locale a livello è definita in base al D.M. 14 gennaio 2008 (rif. **1**) aggiornato dal DM 17 gennaio 2018 (rif. **5**) mediante un approccio "sito dipendente". L'azione sismica di progetto, funzione dello stato limite da considerare, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

Il D.g.r. n. 2129/2014 della Regione Lombardia (rif. **4**) ha provveduto all'aggiornamento della zonazione sismica regionale; secondo tali aggiornamenti il comune di Idro (BS) ricade in Zona sismica 2 con a_{gMax} pari a 0,151212.

Definizione dei parametri sismici di progetto

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere

Per la definizione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

Tipo di costruzione:	Cat. 3
Vita nominale:	100 anni
Classe d'uso:	IV
Coefficiente C_u :	2.0

Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento:

Latitudine:	45.739593°
Longitudine:	10.463898°

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Parametri stati limite	U.M.	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento P_{vr}	(%)	81	63	10	5
Tempo di ritorno T_r	(anni)	120	201	1898	2475
Accelerazione orizzontale massima (su suolo rigido) a_g	(g)	0.080	0.100	0.242	0.256
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_o	(-)	2.451	2.471	2.434	2.436
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c	(s)	0.259	0.263	0.283	0.286

Tabella 1 – Pericolosità sismica

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Utilizzando i risultati delle indagini sismiche realizzate nel corso delle indagini del Progetto Preliminare, e nello specifico l'elaborazione tomografica del Profilo P06, è emerso un profilo delle velocità di taglio (V_{stH}) a cui corrisponde la categoria di sottosuolo simico B ai sensi delle NTC2018, Tab. 3.2.II:

Categoria di sottosuolo: 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.

Il sito in esame si trova alla base di un pendio, si assume quindi categoria topografica T1:

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

Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto elastici risultano:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.200	1.200	1.164	1.142
C_C	1.441	1.437	1.416	1.413
S_T	1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max} (g)	0.096	0.120	0.282	0.303

Tabella 2 – Parametri sismici di progetto elastici

Gli spettri di progetto elastici all'SLO, SLD, SLV e all'SLC, definiti in accordo alle NTC2018 sia per la componente orizzontale che per quella verticale del sisma sono riportati da **Figura 2** a **Figura 3**.

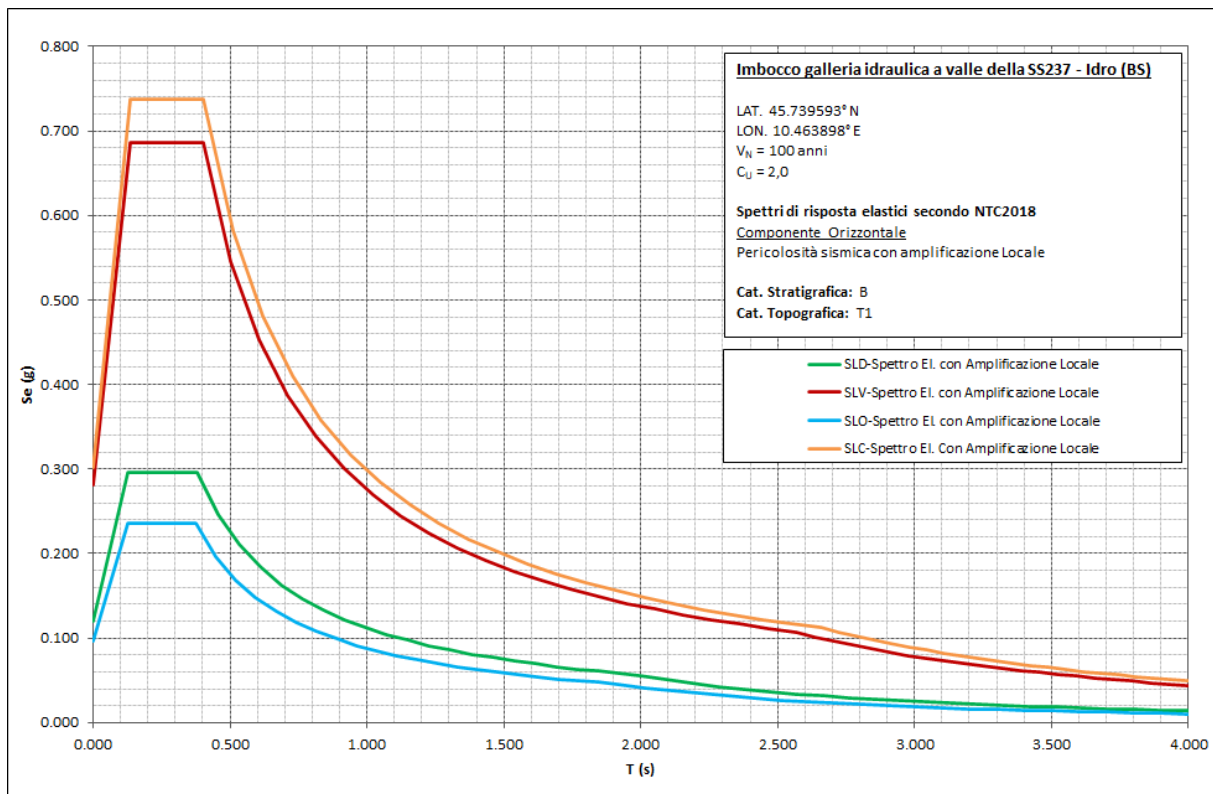


Figura 2 – Spettri elastici di progetto – Componente Orizzontale

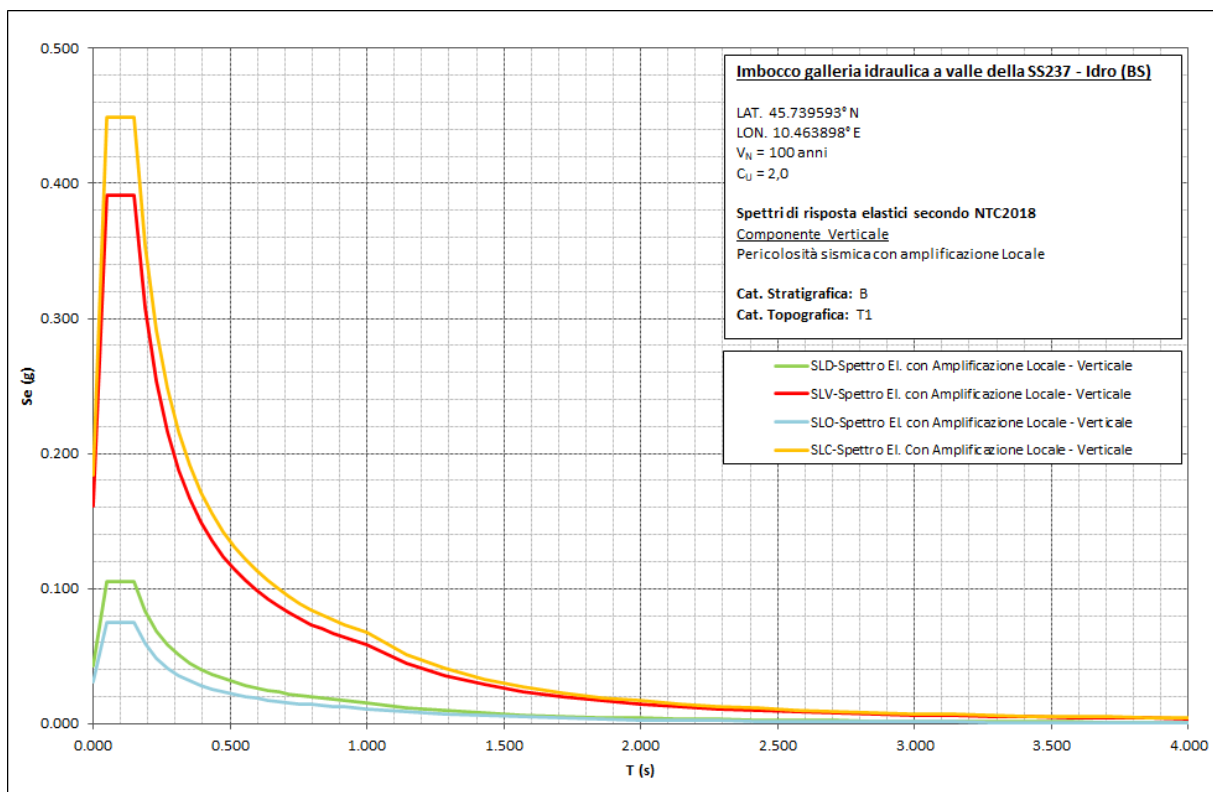


Figura 3 – Spettri elastici di progetto – Componente Verticale

3.2 Lato Idro: Imbocco (a monte della SS237)

Classificazione sismica comunale

La stima della pericolosità sismica locale a livello è definita in base al D.M. 14 gennaio 2008 (rif. **1**) aggiornato dal DM 17 gennaio 2018 (rif. **5**) mediante un approccio "sito dipendente". L'azione sismica di progetto, funzione dello stato limite da considerare, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

Il D.g.r. n. 2129/2014 della Regione Lombardia (rif. **4**) ha provveduto all'aggiornamento della zonazione sismica regionale; secondo tali aggiornamenti il comune di Idro (BS) ricade in Zona sismica 2 con a_{gMax} pari a 0,151212.

Definizione dei parametri sismici di progetto

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere

Per la definizione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

Tipo di costruzione: Cat. 3
Vita nominale: 100 anni
Classe d'uso: IV
Coefficiente C_u : 2.0

Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento:

Latitudine: 45.739846°
Longitudine: 10.463518°

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Parametri stati limite	U.M.	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento P_{vr}	(%)	81	63	10	5
Tempo di ritorno T_r	(anni)	120	201	1898	2475
Accelerazione orizzontale massima (su suolo rigido) a_g	(g)	0.080	0.100	0.242	0.256
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_0	(-)	2.451	2.471	2.434	2.436
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c	(s)	0.259	0.263	0.283	0.286

Tabella 3 – Pericolosità sismica

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Utilizzando i risultati delle indagini sismiche realizzate nel corso delle indagini del Progetto Preliminare, e nello specifico l'elaborazione tomografica del Profilo P05, è emerso un profilo delle velocità di taglio (V_{stH}) a cui corrisponde la categoria di sottosuolo simico B ai sensi delle NTC2018, Tab. 3.2.II:

Categoria di sottosuolo: 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.

Il sito in esame si trova alla base di un pendio, si assume quindi categoria topografica T1:

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

Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto elastici risultano:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.200	1.200	1.164	1.142
C_C	1.441	1.437	1.416	1.413
S_T	1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max} (g)	0.096	0.120	0.282	0.303

Tabella 4 – Parametri sismici di progetto elastici

Gli spettri di progetto elastici all'SLO, SLD, SLV e all'SLC, definiti in accordo alle NTC2018 sia per la componente orizzontale che per quella verticale del sisma sono riportati da **Figura 4** a **Figura 5**.

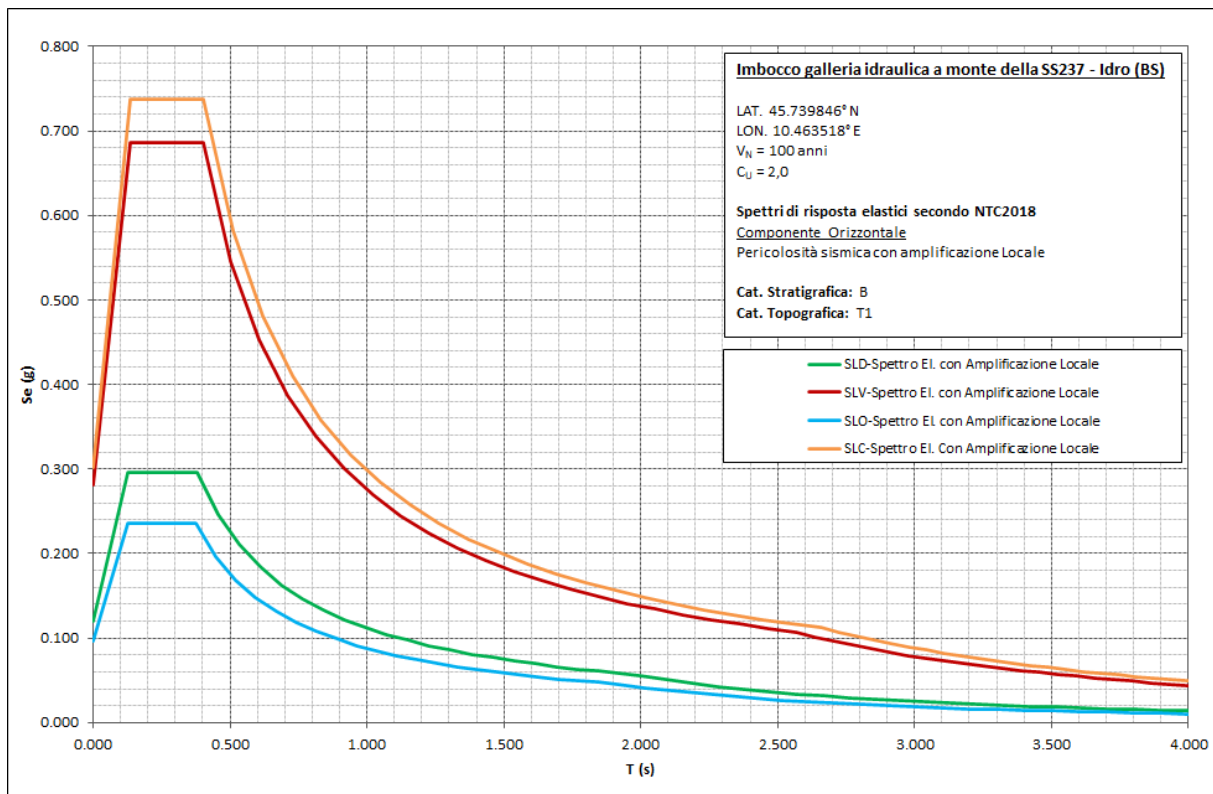


Figura 4 – Spettri elastici di progetto – Componente Orizzontale

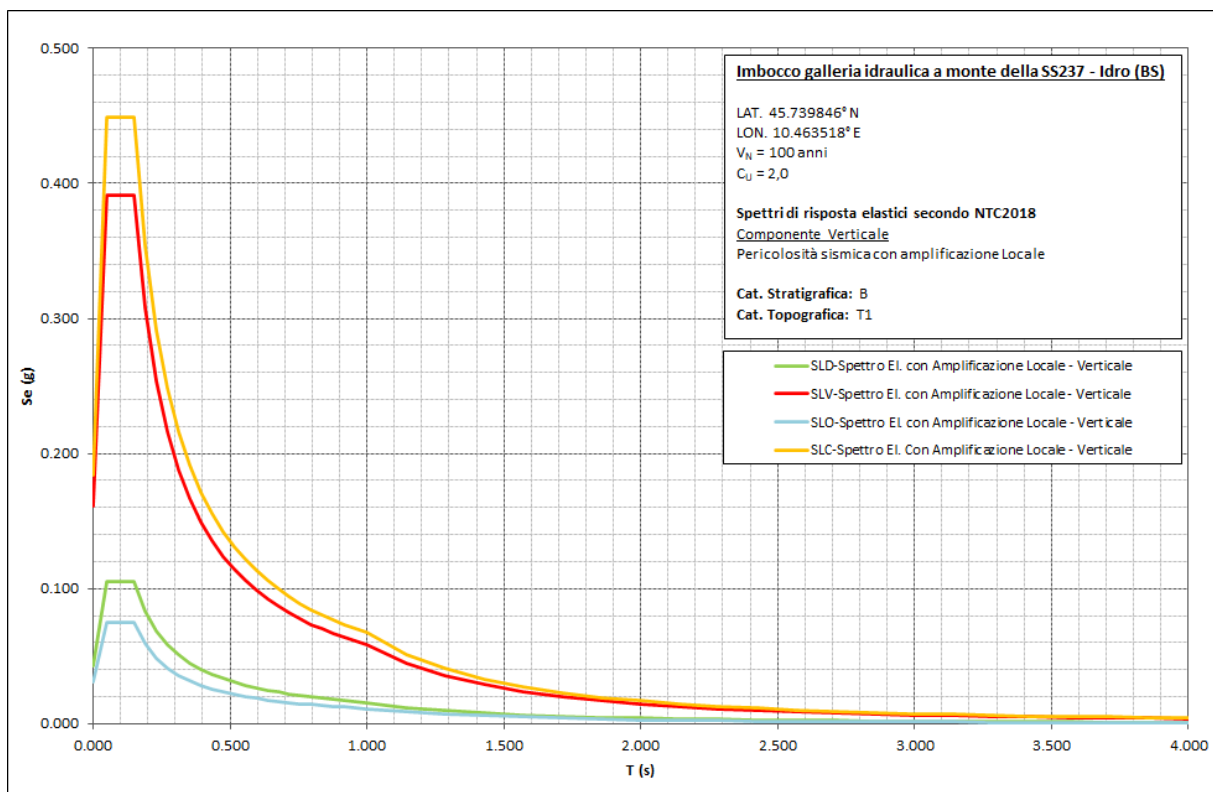


Figura 5 – Spettri elastici di progetto – Componente Verticale

3.3 Lato Lavenone: Sbocco

Classificazione sismica comunale

La stima della pericolosità sismica locale a livello è definita in base al D.M. 14 gennaio 2008 (rif. **1**) aggiornato dal DM 17 gennaio 2018 (rif. **5**) mediante un approccio "sito dipendente". L'azione sismica di progetto, funzione dello stato limite da considerare, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

Il D.g.r. n. 2129/2014 della Regione Lombardia (rif. **4**) ha provveduto all'aggiornamento della zonazione sismica regionale; secondo tali aggiornamenti il comune di Lavenone (BS) ricade in Zona sismica 3 con a_{gMax} pari a 0,147501.

Definizione dei parametri sismici di progetto

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere

Per la definizione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

Tipo di costruzione: Cat. 3
Vita nominale: 100 anni
Classe d'uso: IV
Coefficiente C_u : 2.0

Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento:

Latitudine: 45.738770°
Longitudine: 10.447172°

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Parametri stati limite	U.M.	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento P_{vr}	(%)	81	63	10	5
Tempo di ritorno T_r	(anni)	120	201	1898	2475
Accelerazione orizzontale massima (su suolo rigido) a_g	(g)	0.079	0.100	0.240	0.263
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_o	(-)	2.453	2.471	2.439	2.442
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c	(s)	0.259	0.263	0.283	0.286

Tabella 5 – Pericolosità sismica

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Utilizzando i risultati delle indagini sismiche realizzate nel corso delle indagini del Progetto Preliminare, e nello specifico l'elaborazione tomografica del Profilo P02, è emerso un profilo delle velocità di taglio (V_{stH}) a cui corrisponde la categoria di sottosuolo simico B ai sensi delle NTC2018, Tab. 3.2.II:

Categoria di sottosuolo: 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.

Il sito in esame si trova alla base di un pendio, si assume quindi categoria topografica T1:

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

Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto elastici risultano:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.200	1.200	1.166	1.143
C_C	1.441	1.437	1.416	1.413
S_T	1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max} (g)	0.095	0.120	0.280	0.301

Tabella 6 – Parametri sismici di progetto elastici

Gli spettri di progetto elastici all'SLO, SLD, SLV e all'SLC, definiti in accordo alle NTC2018 sia per la componente orizzontale che per quella verticale del sisma sono riportati da **Figura 6** a **Figura 7**.

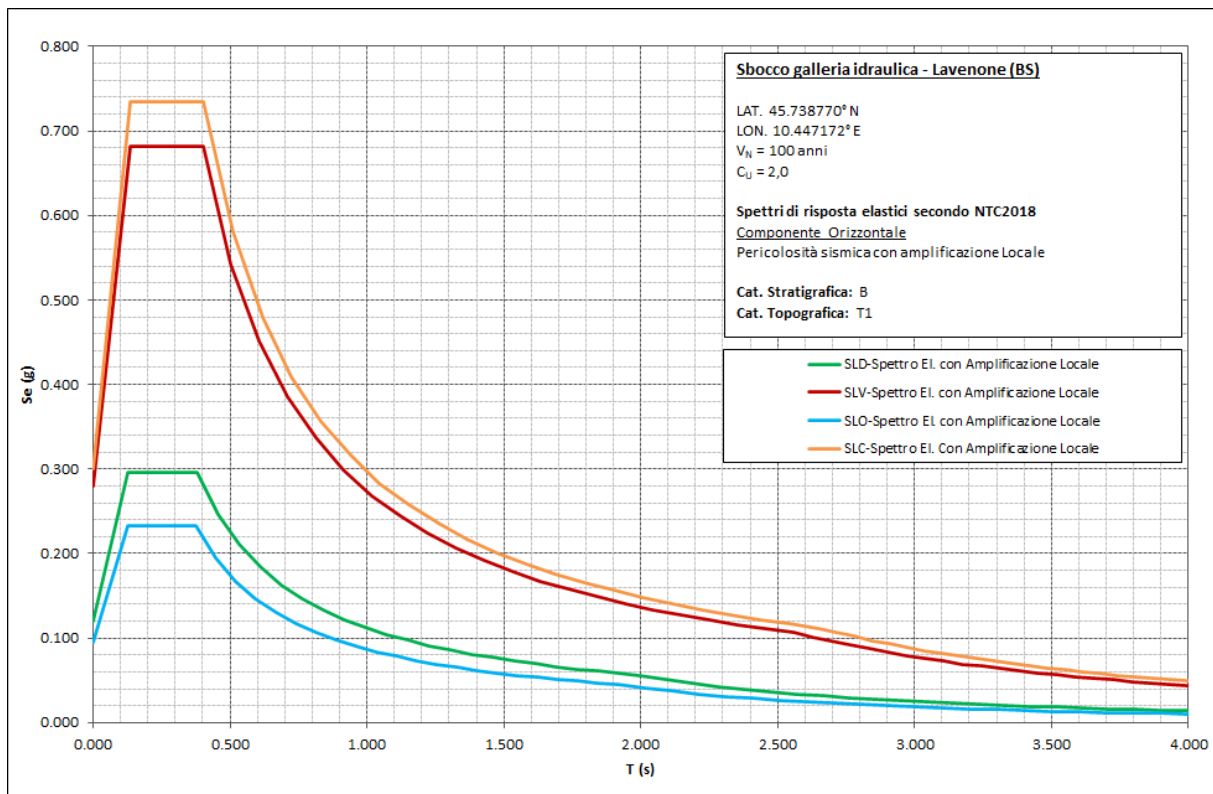


Figura 6 – Spettri elastici di progetto – Componente Orizzontale

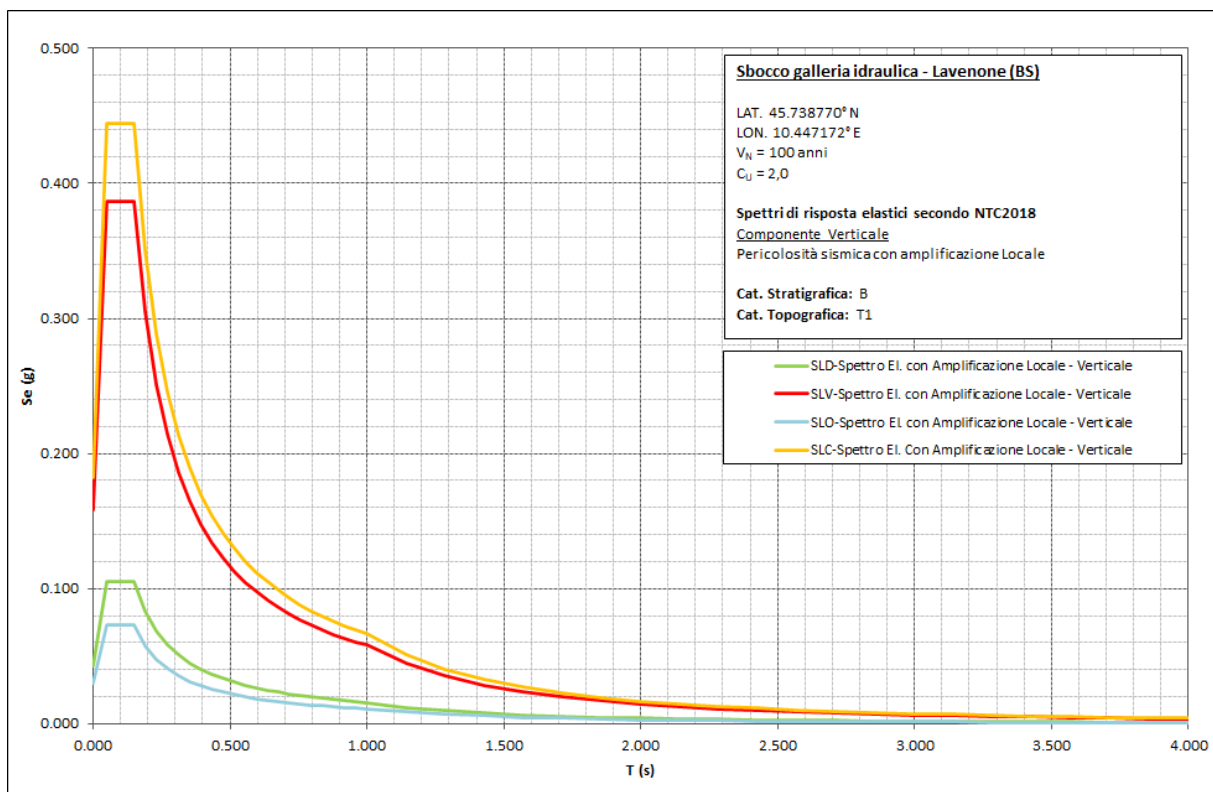


Figura 7 – Spettri elastici di progetto – Componente Verticale

3.4 Lato Lavenone: Canale di restituzione

Classificazione sismica comunale

La stima della pericolosità sismica locale a livello è definita in base al D.M. 14 gennaio 2008 (rif. **1**) aggiornato dal DM 17 gennaio 2018 (rif. **5**) mediante un approccio "sito dipendente". L'azione sismica di progetto, funzione dello stato limite da considerare, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

Il D.g.r. n. 2129/2014 della Regione Lombardia (rif. **4**) ha provveduto all'aggiornamento della zonazione sismica regionale; secondo tali aggiornamenti il comune di Lavenone (BS) ricade in Zona sismica 3 con a_{gMax} pari a 0,147501.

Definizione dei parametri sismici di progetto

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere

Per la definizione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

Tipo di costruzione: Cat. 3
Vita nominale: 100 anni
Classe d'uso: IV
Coefficiente C_u : 2.0

Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento:

Latitudine: 45.738287°
Longitudine: 10.446289°

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Parametri stati limite	U.M.	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento P_{vr}	(%)	81	63	10	5
Tempo di ritorno T_r	(anni)	120	201	1898	2475
Accelerazione orizzontale massima (su suolo rigido) a_g	(g)	0.079	0.100	0.240	0.263
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_o	(-)	2.453	2.470	2.439	2.442
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c	(s)	0.259	0.264	0.283	0.286

Tabella 7 – Pericolosità sismica

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Per la definizione della categoria di sottosuolo dell'area in esame, sono stati utilizzati i risultati delle prove SPT realizzate nel corso delle indagini del Progetto Definitivo, e nello specifico l'elaborazione delle prove eseguite durante le fasi di perforazione del foro di sondaggio S7 (riportata in **Figura 8**). Mediante la correlazione empirica $V_{s,30} - N_{SPT}$ proposta nelle NTC2008 è emersa una categoria di sottosuolo simico C ai sensi delle NTC2018, Tab. 3.2.II:

Categoria di sottosuolo: 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.

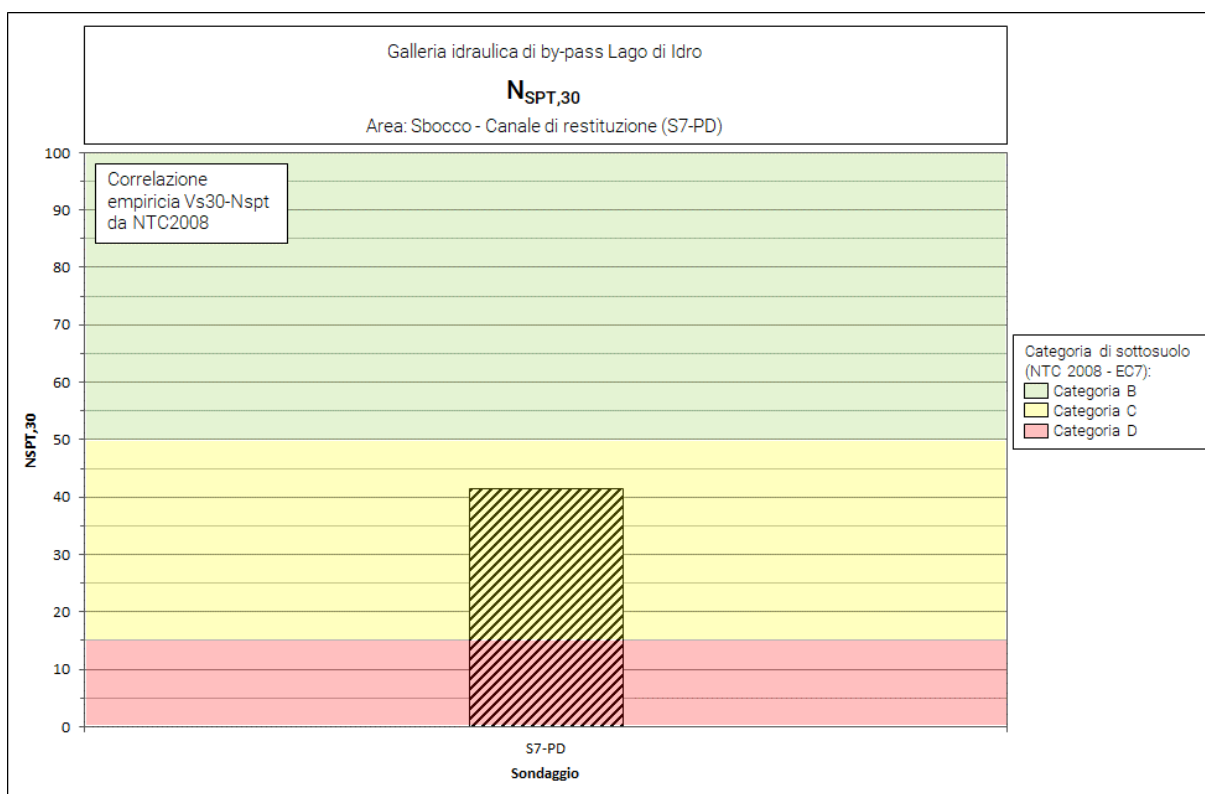


Figura 8 – Correlazione $V_{s,30}-N_{SPT}$

Il sito in esame si trova alla base di un pendio, si assume quindi categoria topografica T1:

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

Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto elastici risultano:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.500	1.500	1.349	1.315
C_C	1.640	1.630	1.593	1.587
S_T	1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max} (g)	0.119	0.150	0.324	0.346

Tabella 8 – Parametri sismici di progetto elastici

Gli spettri di progetto elastici all'SLO, SLD, SLV e all'SLC, definiti in accordo alle NTC2018 sia per la componente orizzontale che per quella verticale del sisma sono riportati da **Figura 9** a **Figura 10**.

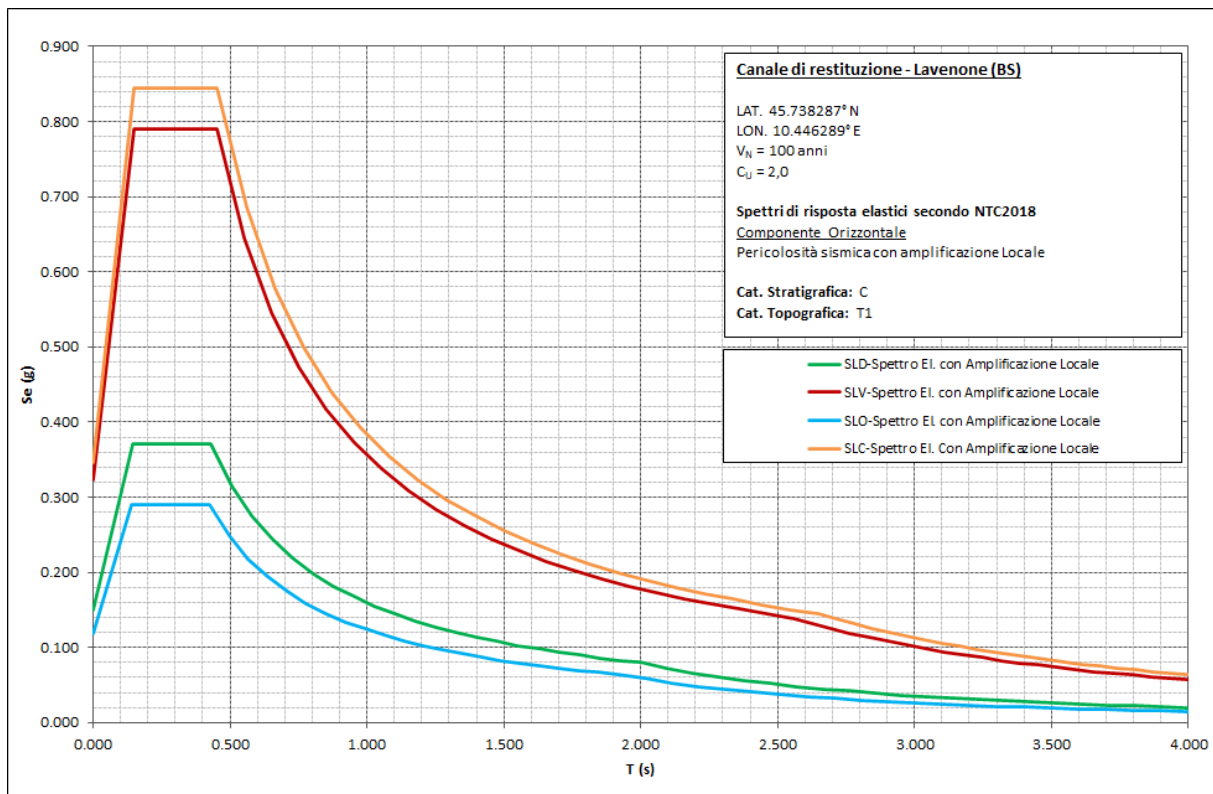


Figura 9 – Spettri elastici di progetto – Componente Orizzontale

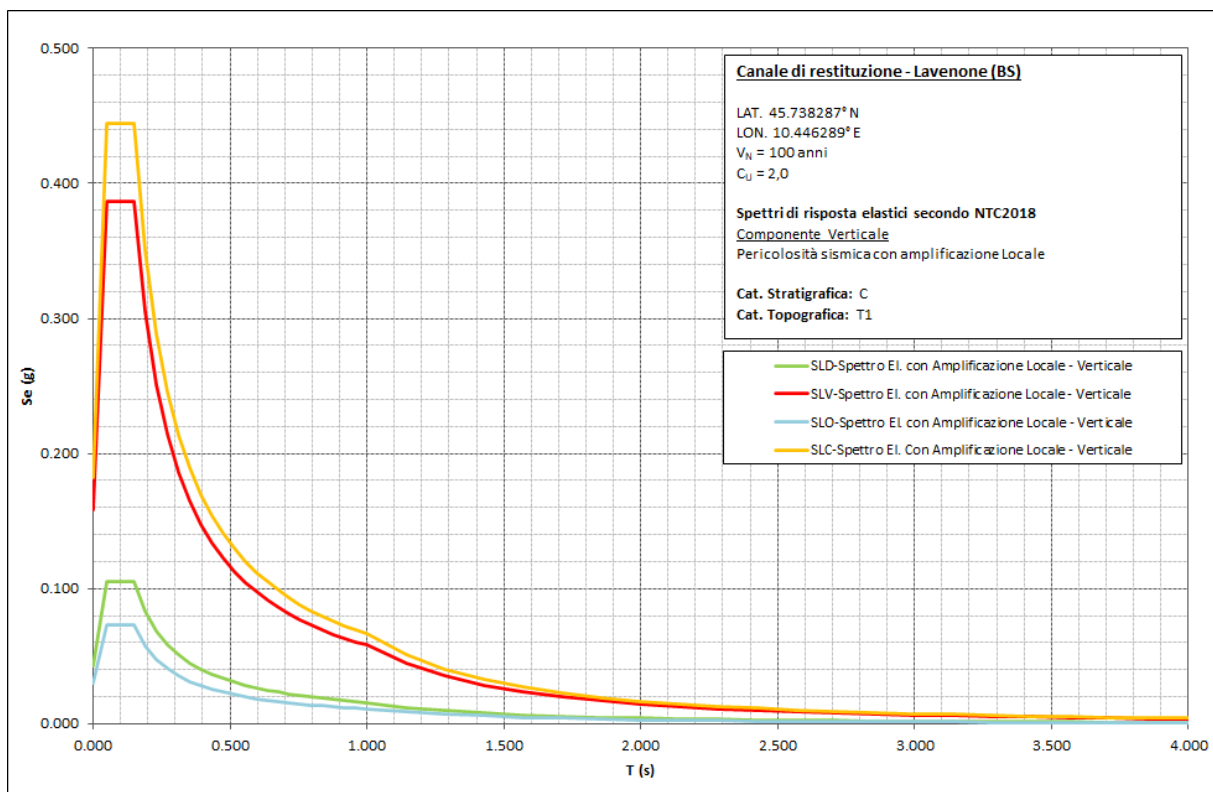


Figura 10 – Spettri elastici di progetto – Componente Verticale

3.5 Località Pieve Vecchia: Nuova traversa di sbarramento

Classificazione sismica comunale

La stima della pericolosità sismica locale a livello è definita in base al D.M. 14 gennaio 2008 (rif. **1**) aggiornato dal DM 17 gennaio 2018 (rif. **5**) mediante un approccio "sito dipendente". L'azione sismica di progetto, funzione dello stato limite da considerare, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

Il D.g.r. n. 2129/2014 della Regione Lombardia (rif. **4**) ha provveduto all'aggiornamento della zonazione sismica regionale; secondo tali aggiornamenti il comune di Lavenone (BS) ricade in Zona sismica 3 con a_{gMax} pari a 0,147501.

Definizione dei parametri sismici di progetto

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto. Vista l'eterogeneità dei depositi presenti in sponda destra e sponda sinistra, sono state eseguite due caratterizzazioni differenti.

Per quanto concerne la vita nominale, la classe d'uso ed il periodo di riferimento delle opere i parametri sono i medesimi per entrambe le sponde e lo stesso vale per la pericolosità sismica di base.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere

Per la definizione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

Tipo di costruzione:	Cat. 3
Vita nominale:	100 anni
Classe d'uso:	IV
Coefficiente C_u :	2.0

Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento:

Sponda sinistra

Latitudine:	45.733366°
Longitudine:	10.458911°

Sponda destra:

Latitudine:	45.733588°
Longitudine:	10.458714°

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Parametri stati limite	U.M.	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento P_{vr}	(%)	81	63	10	5
Tempo di ritorno T_r	(anni)	120	201	1898	2475
Accelerazione orizzontale massima (su suolo rigido) a_g	(g)	0.080	0.101	0.243	0.266
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_0	(-)	2.451	2.470	2.438	2.440
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c	(s)	0.259	0.263	0.283	0.286

Tabella 9 – Pericolosità sismica

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche sponda sinistra

Dalle elaborazioni dello stendimento sismico con metodologia MASW (SIS01 del Progetto esecutivo), è emerso un profilo delle velocità di taglio (V_{sH}) a cui corrisponde la categoria di sottosuolo sismico C ai sensi delle NTC2018, Tab. 3.2.II:

Categoria di sottosuolo: 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.

Il sito in esame si trova alla base di un pendio, si assume quindi categoria topografica T1:

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

Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto elastici risultano:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.500	1.500	1.345	1.311
C_c	1.640	1.632	1.593	1.587
S_T	1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max} (g)	0.120	0.152	0.327	0.349

Tabella 10 – Parametri sismici di progetto elastici

Gli spettri di progetto elastici all'SLO, SLD, SLV e all'SLC, definiti in accordo alle NTC2018 sia per la componente orizzontale che per quella verticale del sisma sono riportati da **Figura 11** a **Figura 12**.

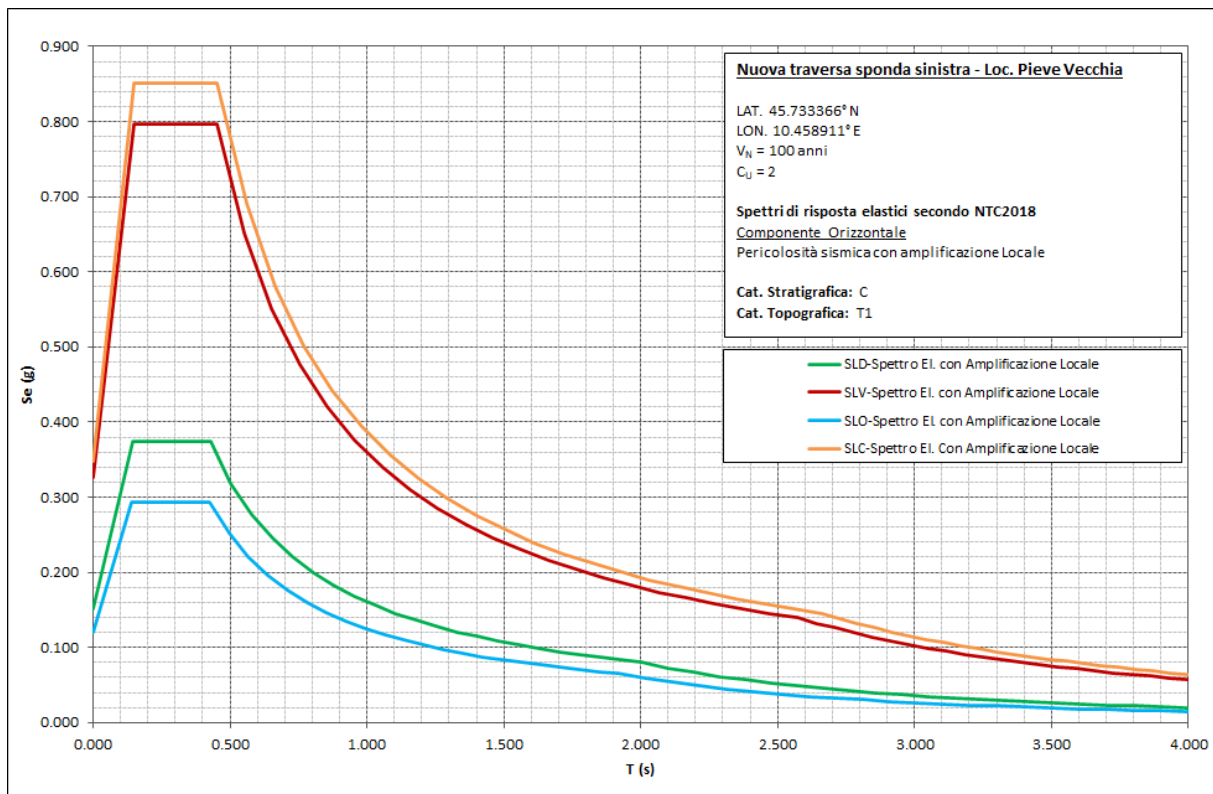


Figura 11 – Spettri elastici di progetto – Componente Orizzontale in sponda sinistra

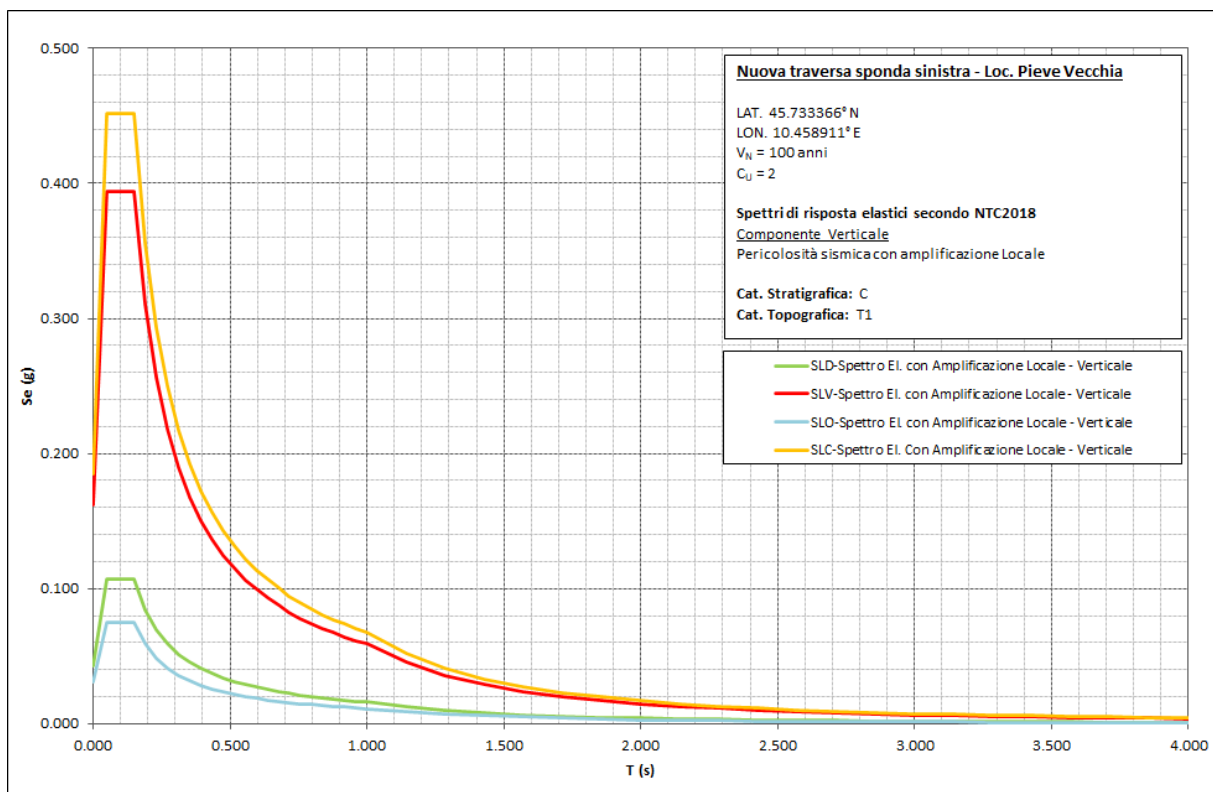


Figura 12 – Spettri elastici di progetto – Componente Verticale in sponda sinistra

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche sponda destra

Per la definizione della categoria di sottosuolo sismico si è fatto riferimento alla stratigrafia relativa al sondaggio S6 della campagna d'indagini del Progetto Definitivo. Dalla stratigrafia emerge un primo strato di circa 80 cm di sabbie fini debolmente limose e alternanze di sabbie fini-medie a tratti debolmente limose e limi argilloso-sabbiosi con inclusi spezzoni litici appartenenti alla formazione delle Arenarie di Valsabbia fino al raggiungimento del substrato roccioso posto a circa 6.0 m dal piano campagna.

Visto lo spessore limitato dei depositi superficiali e, trattandosi della porzione alterata dell'ammasso roccioso sottostante, le buone caratteristiche meccaniche la categoria di sottosuolo sismico assegnata all'area in esame è la B ai sensi delle NTC2018, Tab. 3.2.II:

Categoria di sottosuolo: 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.

Il sito in esame si trova alla base di un pendio, si assume quindi categoria topografica T1:

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

Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto elastici risultano:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.200	1.200	1.163	1.140
C_C	1.441	1.437	1.416	1.413
S_T	1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max} (g)	0.096	0.121	0.283	0.303

Tabella 11 – Parametri sismici di progetto elastici

Gli spettri di progetto elastici all'SLO, SLD, SLV e all'SLC, definiti in accordo alle NTC2018 sia per la componente orizzontale che per quella verticale del sisma sono riportati da **Figura 13** a **Figura 14**.

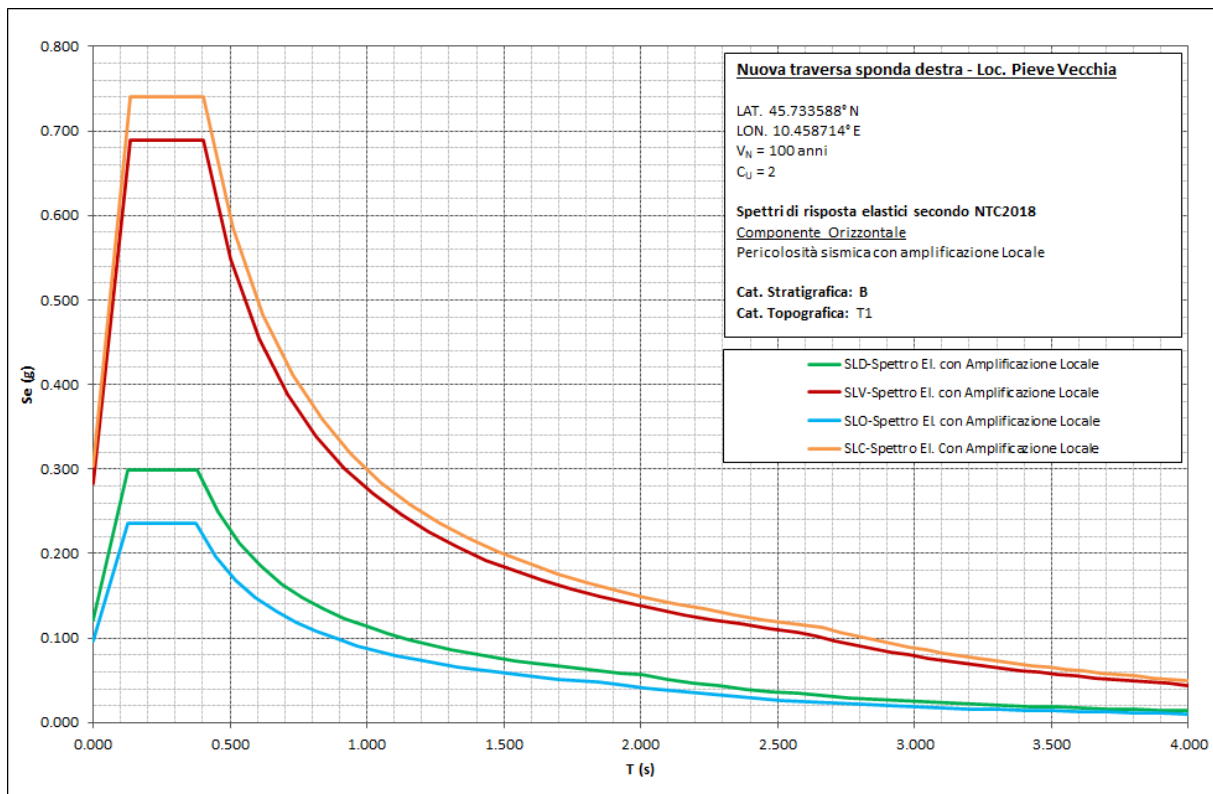


Figura 13 – Spettri elastici di progetto – Componente Orizzontale in sponda destra

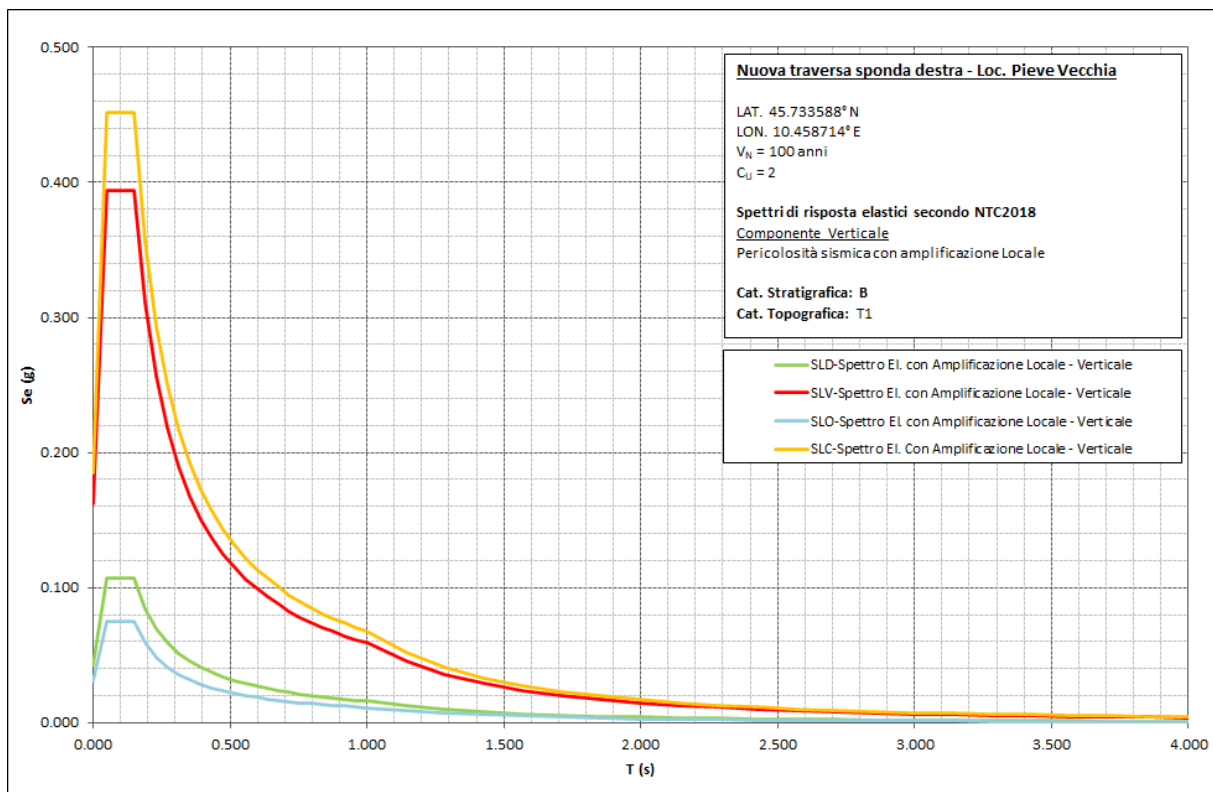


Figura 14 – Spettri elastici di progetto – Componente Verticale in sponda destra

3.6 Galleria naturale in roccia

Classificazione sismica comunale

La stima della pericolosità sismica locale a livello è definita in base al D.M. 14 gennaio 2008 (rif. **1**) aggiornato dal DM 17 gennaio 2018 (rif. **5**) mediante un approccio "sito dipendente". L'azione sismica di progetto, funzione dello stato limite da considerare, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

Il D.g.r. n. 2129/2014 della Regione Lombardia (rif. **4**) ha provveduto all'aggiornamento della zonazione sismica regionale; secondo tali aggiornamenti il comune Idro (BS) ricade in Zona sismica 2 con a_{gMax} pari a 0,151212 mentre il comune di Lavenone (BS) ricade in Zona sismica 3 con a_{gMax} pari a 0,147501.

Definizione dei parametri sismici di progetto

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere

Per la definizione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

Tipo di costruzione: Cat. 3
Vita nominale: 100 anni
Classe d'uso: IV
Coefficiente C_u : 2.0

Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento:

Latitudine: 45.740064°
Longitudine: 10.45592°

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Parametri stati limite	U.M.	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento P_{vr}	(%)	81	63	10	5
Tempo di ritorno T_r	(anni)	120	201	1898	2475
Accelerazione orizzontale massima (su suolo rigido) a_g	(g)	0.080	0.101	0.243	0.266
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_o	(-)	2.451	2.470	2.438	2.440
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c	(s)	0.259	0.263	0.283	0.286

Tabella 12 – Pericolosità sismica

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche sponda sinistra

Trattandosi di un'opera che si sviluppa interamente in roccia, la categoria di sottosuolo sismico corrispondente è la A ai sensi delle NTC2018, Tab. 3.2.II:

Categoria di sottosuolo: A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da 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.

Il sito in esame si trova in una zona di fondovalle, si assume quindi categoria topografica T1:

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

Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto elastici risultano:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.000	1.000	1.000	1.000
C_C	1.000	1.000	1.000	1.000
S_T	1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max} (g)	0.079	0.100	0.241	0.264

Tabella 13 – Parametri sismici di progetto elastici

Gli spettri di progetto elastici all'SLO, SLD, SLV e all'SLC, definiti in accordo alle NTC2018 sia per la componente orizzontale che per quella verticale del sisma sono riportati da **Figura 15** a **Figura 16**.

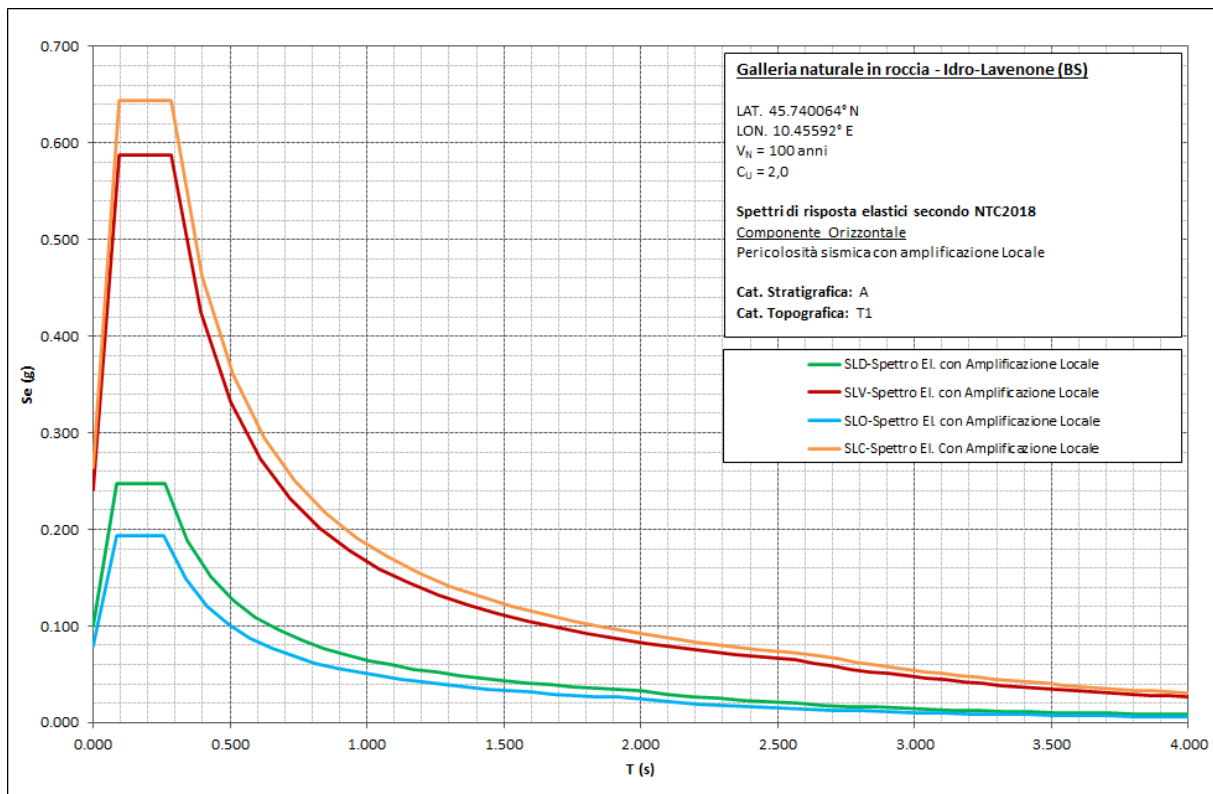


Figura 15 – Spettri elastici di progetto – Componente Orizzontale

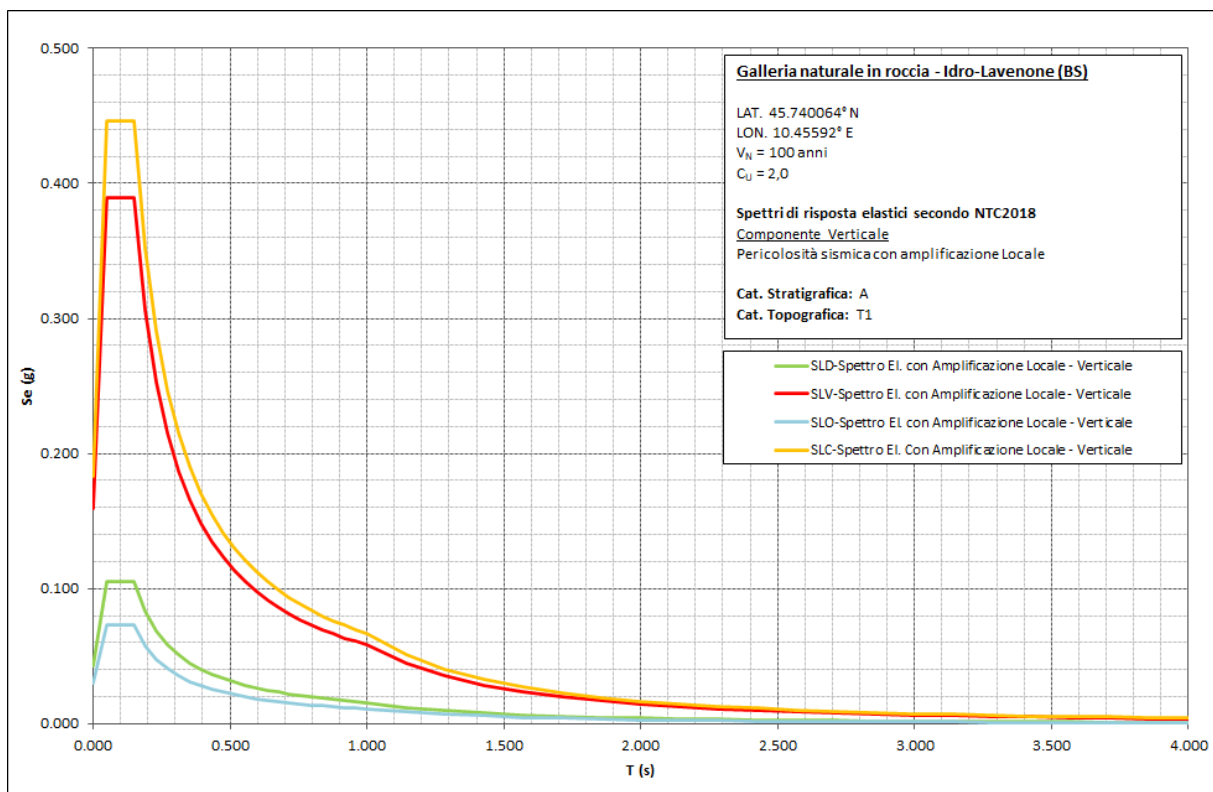


Figura 16 – Spettri elastici di progetto – Componente Verticale

3.7 Opere esistenti: Galleria degli Agricoltori

Classificazione sismica comunale

La stima della pericolosità sismica locale a livello è definita in base al D.M. 14 gennaio 2008 (rif. **1**) aggiornato dal DM 17 gennaio 2018 (rif. **5**) mediante un approccio "sito dipendente". L'azione sismica di progetto, funzione dello stato limite da considerare, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

Il D.g.r. n. 2129/2014 della Regione Lombardia (rif. **4**) ha provveduto all'aggiornamento della zonazione sismica regionale; secondo tali aggiornamenti il comune Idro (BS) ricade in Zona sismica 2 con a_{gMax} pari a 0,151212.

Definizione dei parametri sismici di progetto

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere

Per la definizione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

Tipo di costruzione: Cat. 3
Vita nominale: 100 anni
Classe d'uso: IV
Coefficiente C_u : 2.0

Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento:

Latitudine: 45.73765°
Longitudine: 10.461717°

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Parametri stati limite	U.M.	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento P_{vr}	(%)	81	63	10	5
Tempo di ritorno T_r	(anni)	120	201	1898	2475
Accelerazione orizzontale massima (su suolo rigido) a_g	(g)	0.080	0.100	0.242	0.265
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_0	(-)	2.451	2.471	2.436	2.438
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c	(s)	0.259	0.263	0.283	0.286

Tabella 14 – Pericolosità sismica

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Per la definizione della categoria di sottosuolo dell'area in esame, sono stati utilizzati i risultati delle prove SPT realizzate nel corso delle indagini relative alla Galleria degli Agricoltori e quelle integrative del Progetto Esecutivo del 2022, e nello specifico l'elaborazione delle prove eseguite durante le fasi di perforazione del foro di sondaggio S1-GdA ed PZ01-22 (riportata in **Figura 17**). Mediante la correlazione empirica $V_{s,30} - N_{SPT}$ proposta nelle NTC2008 è emersa una categoria di sottosuolo simico C ai sensi delle NTC2018, Tab. 3.2.II:

Categoria di sottosuolo: 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.

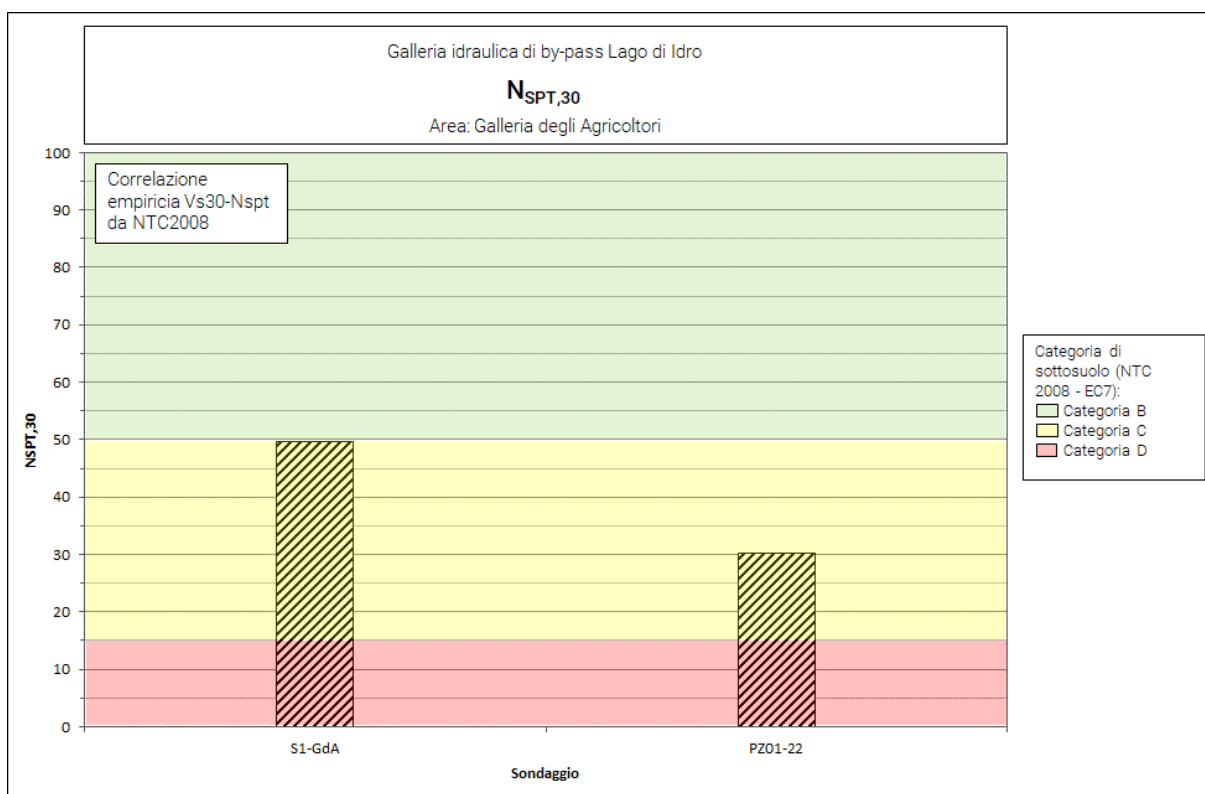


Figura 17 – Correlazione $V_{s,30} - N_{SPT}$

Il sito in esame si trova alla base di un pendio, si assume quindi categoria topografica T1:

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

Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto elastici risultano:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.500	1.500	1.346	1.312
C_C	1.640	1.632	1.593	1.587
S_T	1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max} (g)	0.120	0.150	0.326	0.348

Tabella 15 – Parametri sismici di progetto elastici

Gli spettri di progetto elastici all'SLO, SLD, SLV e all'SLC, definiti in accordo alle NTC2018 sia per la componente orizzontale che per quella verticale del sisma sono riportati da **Figura 18** a **Figura 19**.

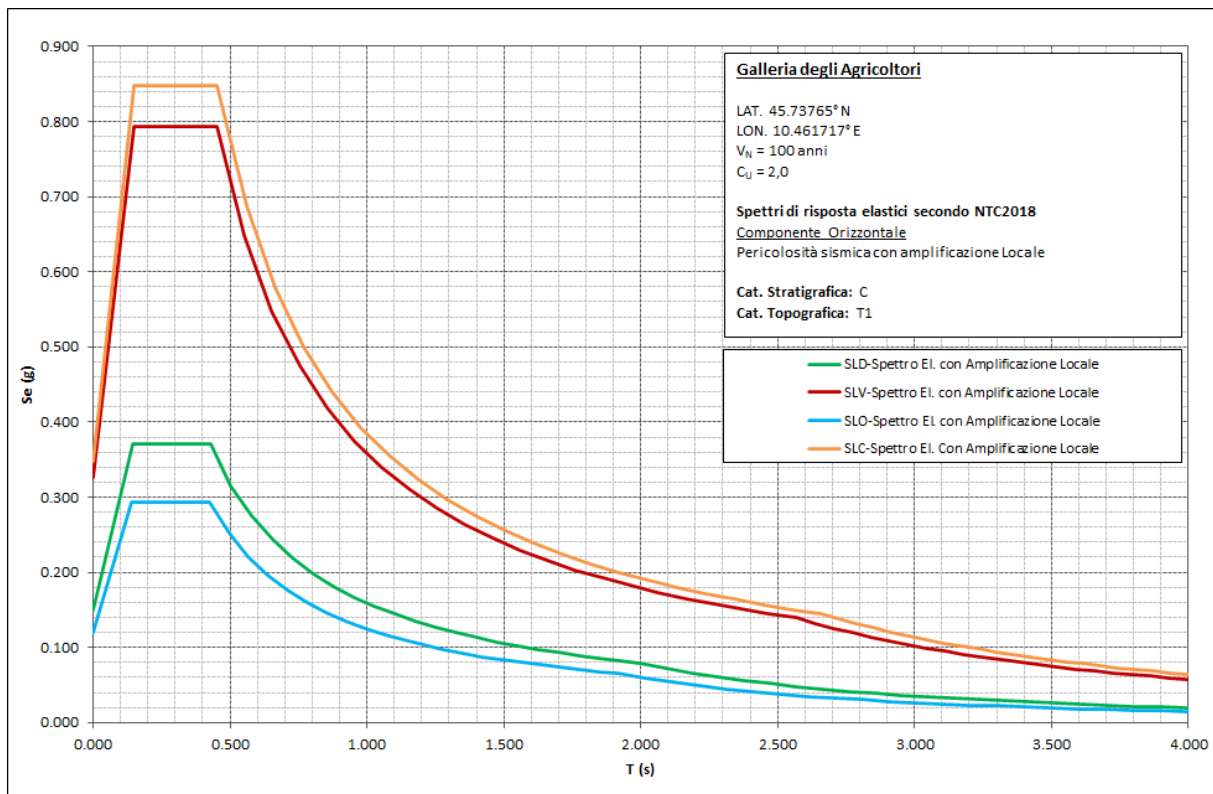


Figura 18 – Spettri elastici di progetto – Componente Orizzontale

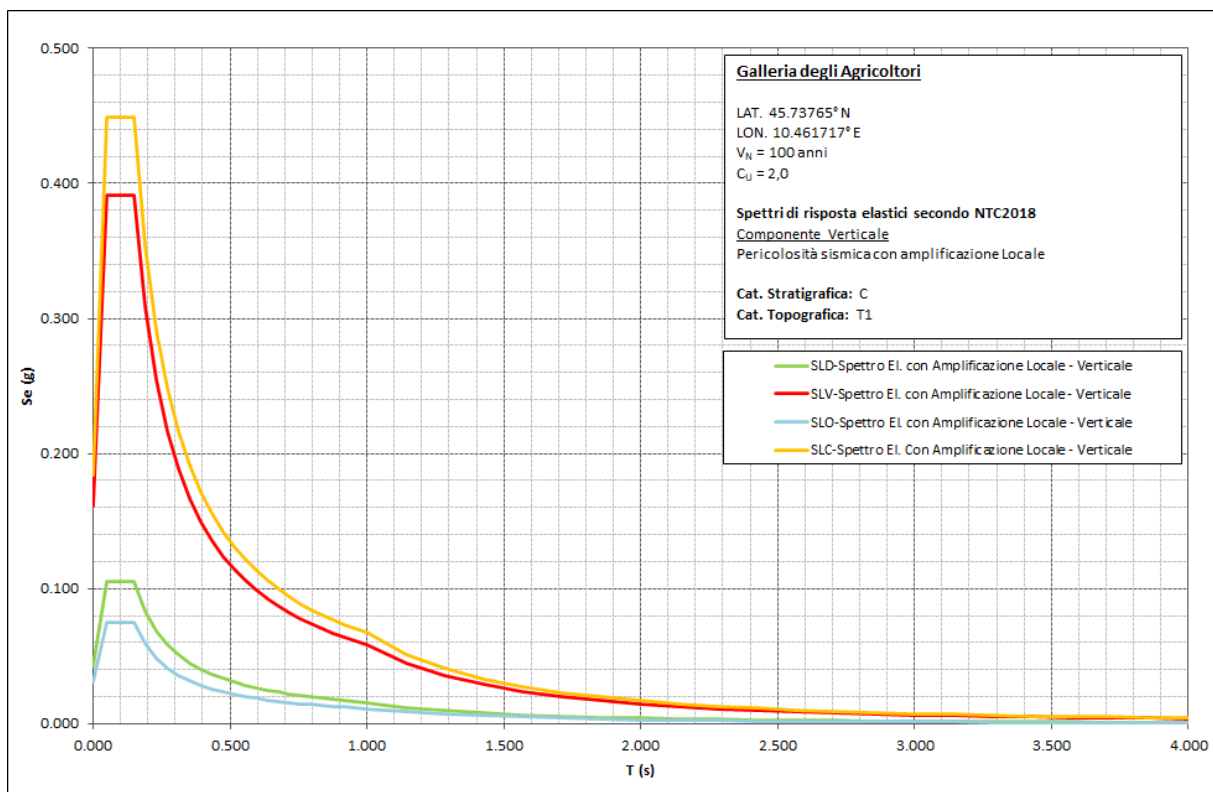


Figura 19 – Spettri elastici di progetto – Componente Verticale