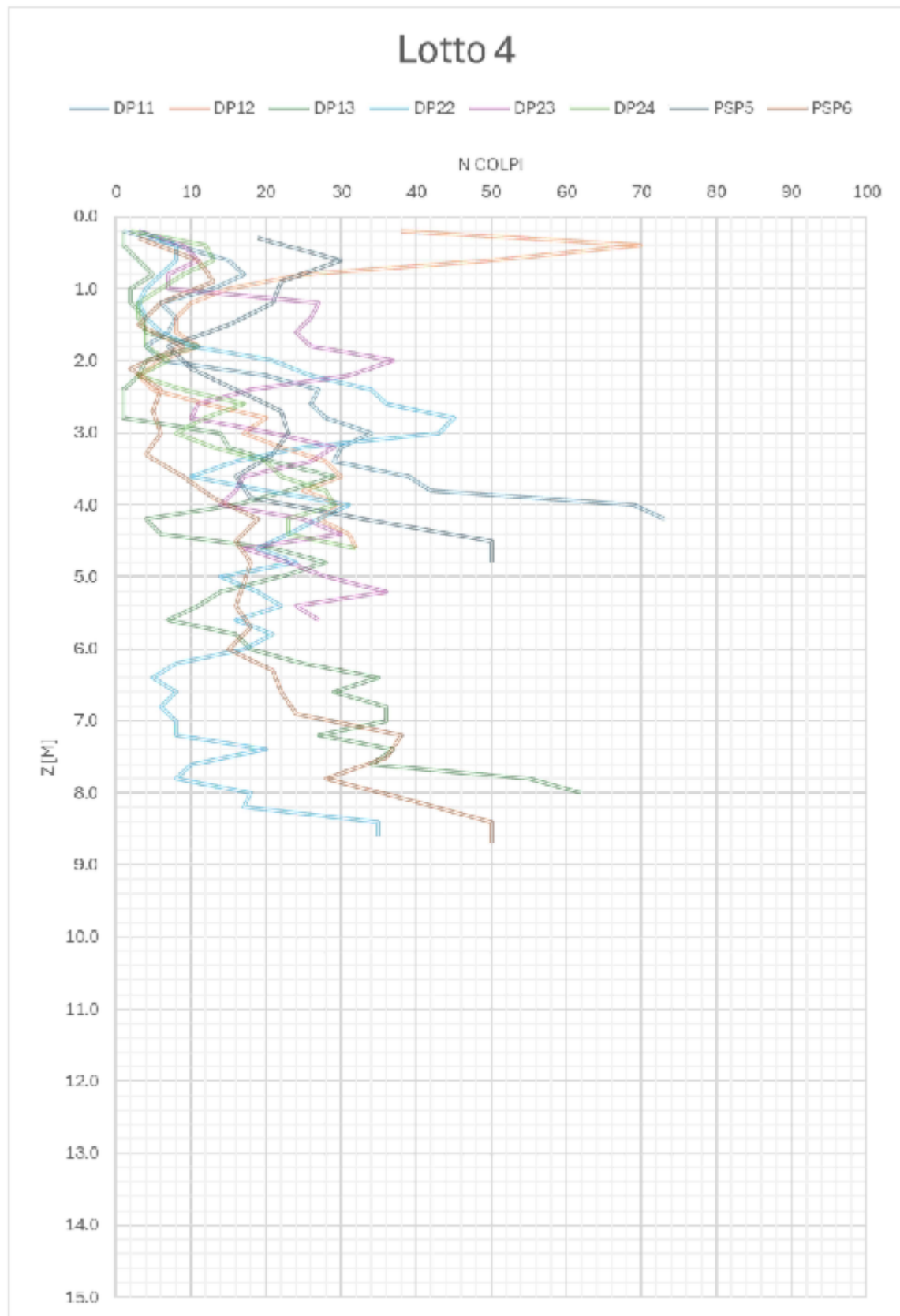




Come possibile osservare, anche all'interno del singolo lotto la variabilità dei dati rilevati dalle singole prove, ivi incluso i risultati delle prove SPT in foro di sondaggi, risulta fortemente dipendente dal singolo punto.

In linea tendenziale, in superficie si riscontrano in prevalenza il livello A ed il livello B, sia singolarmente che in alternanza tra di loro. Questo avviene mediamente fino alla profondità di circa 3 – 4 m dal p.c..

Proseguendo in profondità, si osserva un progressivo incremento dei valori di NSPT, intercettando i livelli C, D ed intercalazioni di livello B. Talora è ancora possibile riscontrare anche piccole lenti, locali, di terreni poco consistenti riferibili al livello A.

Infine, alla base si riscontra, su quasi tutte le prove, il livello R di rifiuto alle prove o comunque di elevato addensamento dei depositi presenti. La profondità di rifiuto varia sia a livello dei singoli lotti che a livello delle singole prove anche se, in linea di massima, è possibile associare alle profondità di rifiuto più superficiali la presenza di livelli conglomeratici addensati.

Per i singoli lotti, la profondità massima ove riscontrato il rifiuto alla prova è a:

LOTTO 1	14.50 m
LOTTO 2	7.00 m
LOTTO 3	12.50 m
LOTTO 4	9.00 m

L'organizzazione media dei livelli entro i quattro lotti è riportata nella seguente tabella.

NOTA: la tabella riporta la distinzione dei livelli litotecnici mediate su tutte le prove svolte all'interno del singolo lotto; tuttavia, come osservabile e come già più volte riportato, le singole prove possono individuare una stratigrafia differente anche a breve distanza, con potenziale impatto significativo su interventi puntuali (ad esempio posa di singoli plinti). Pertanto, nella valutazione strutturale si consiglia di far riferimento alle singole prove e non al modello medio sotto indicato, salvo il dimensionamento di opere ad estensione areale (ad esempio platee).



	LOTTO 1				LOTTO 2				LOTTO 3				LOTTO 4			
	MINIMA		MEDIA		MINIMA		MEDIA		MINIMA		MEDIA		MINIMA		MEDIA	
0.2	1	2	2	6	1	6	2	7	1	5	2	6	1	3	2	7
0.4	3		5		3		4		1		3		1		3	
0.6	2		4		2		5		3		5		3		7	
0.8	3		4		3		5		3		4		5		9	
1.0	2		3		4		5		3		4		2		8	
1.2	2	6	3	12	4	15	5	19	2	15	4	19	2	14	4	20
1.4	1		2		3		5		4		4		3		4	
1.6	2		3		3		5		5		5		3		4	
1.8	1		3		4		4		5		5		4		6	
2.0	1		4		6		7		4		4		4		4	
2.2	1	11	6	16	7	20	9	24	2	22	3	27	2	23	3	28
2.4	1		8		5		10		2		3		1		4	
2.6	5		10		5		10		2		5		1		3	
2.8	3		8		6		10		2		7		1		3	
3.0	5		9		8		10		2		6		6		7	
3.2	6	33	9	36	3	43	9	50	1	33	9	31	5	27	9	43
3.4	3		7		2		9		2		12		4		10	
3.6	2		7		2		9		3		9		9		10	
3.8	6		8		6		11		11		13		11		14	
4.0	6		9		4		11		7		12		13		14	
4.2	2	71	9	72	3	74	13	77	4	71	10	74	4	70	12	74
4.4	3		9		7		12		3		10		6		12	
4.6	4		8		13		23		4		11		16		17	
4.8	8		10		15		16		3		17		18		21	
5.0	8		15		18		22		3		17		14		16	
5.2	4	34	14	36	20	43	30	50	3	22	16	31	14	27	16	43
5.4	9		11		32		53		4		13		11		14	
5.6	6		8		29		48		12		15		7		12	
5.8	9		10		25		25		12		13		16		17	
6.0	5		8		27		27		7		12		15		16	
6.2	9	74	11	74	29	77	29	80	13	74	17	74	8	70	13	74
6.4	13		16		31		31		11		18		5		13	
6.6	9		10		34		34		9		19		8		15	
6.8	8		9		45		45		7		15		6		15	
7.0	6		7		50		50		14		16		8		16	
7.2	7	33	9	36	50	43	50	50	19	22	22	31	8	27	23	43
7.4	6		10		50		50		21		23		20		29	
7.6	15		15						14		18		10		23	
7.8	23		62						15		18		8		18	
8.0	24	74	24	74					15		19		18		26	
8.2	24		24						9		27		17		30	
8.4	18		18						11		32		35		43	
8.6	19		19						14		14		35		43	
8.8	20		20						16		16		50		50	
9.0	24	20	24	20					24	33	24	74		74		74
9.2	21		21						28		28					
9.4	18		18						31		31					
9.6	22		22						18		18					
9.8	23		23						17		17					
10	24	65	24	66					15		15					
10.2	34		34						19		19					
10.4	27		27						23		23					
10.6	20		20						27		27					
10.8	15		15						21		21					
11	13	20	13	20					20	74	20	74				
11.2	10		10						19		19					
11.4	6		6						21		21					
11.6	8		8						25		25					
11.8	9		9						29		29					
12	16	65	16	66					50		50					
12.2	15		15						50		50					
12.4	13		13						50		50					
12.6	11		11													
12.8	14		14													
13	17	65	17	66												
13.2	17		17													
13.4	18		18													
13.6	24		24													
13.8	34		34													
14	45	65	45	66												
14.2	50		50													
14.4	50		50													

N SPT	LITOTIPO
2	A
10	B
16	C
26	D
50	R



7.2 Parametrizzazione geotecnica

7.2.1 Premessa tecnica

L'Eurocodice 7: "Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules", introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU (stati limite ultimi ovvero potenziale presenza di una superficie di rottura) o di SLE (stati limite di esercizio ossia deformazioni di tipo elastico o di consolidazione a prescindere dallo stato di rottura).

L'EC7, al punto 2.4.5.2 2(P), definisce quanto segue:

“Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite”

I punti salienti della definizione sono i seguenti:

- ✓ Stima cautelativa: si tratta di una stima (il vocabolo prende in considerazione l'incertezza esistente in geotecnica dovuta alla notevole variabilità delle proprietà dei depositi nonché all'incertezza dovuta alle informazioni non complete generalmente a disposizione tramite prove in situ e di laboratorio), che deve essere a favore della sicurezza.
- ✓ Valore che influenza l'insorgere dello stato limite: il valore caratteristico è in funzione dello stato limite considerato, ad esempio la rottura del terreno al collasso verticale della fondazione. Se esaminiamo, invece della rottura al collasso verticale, la rottura allo slittamento, il valore del parametro geotecnico sarà generalmente diverso.

Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza.



Si pone in evidenza che l'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici è di natura statistica, anche se questa non è resa obbligatoria per gli stati membri.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

1. Una stima cautelativa del valore medio è una selezione del valore medio del limitato insieme dei valori del parametro geotecnico, con un livello di confidenza del 95%.
2. Dove l'analisi riguarda una rottura locale, una stima cautelativa del 'low value' è il 5° percentile.

Occorre considerare tra l'altro se esiste compensazione spaziale o strutturale valutando le fluttuazioni dei parametri.

In sintesi, all'interno di uno strato omogeneo e dello spessore di influenza dello stato limite considerato, valgono le seguenti regole:

- A. Se esiste compensazione spaziale (volume interessato dallo stato limite, o suo spessore in una dimensione, significativamente maggiore della lunghezza delle fluttuazioni nei parametri di resistenza del terreno), allora il valore caratteristico corrisponde al 5° percentile della media ed è generalmente non molto distante dalla media stessa.
- B. Se esiste compensazione strutturale (fondazioni sufficientemente rigide tali da distribuire le sollecitazioni omogeneamente sul terreno), allora il valore caratteristico è lo stesso del precedente caso A.
- C. Se non esiste compensazione strutturale, né compensazione spaziale, allora il valore caratteristico è il 5° percentile della distribuzione statistica del campione, ed è generalmente piuttosto distante dalla media.



7.2.2 Correlazioni geotecniche

Nel caso in oggetto, i dati disponibili derivano dalle prove penetrometriche dinamiche.

I valori del numero dei colpi è stato trasformato in N_{SPT} , secondo la procedura di seguito descritta.

7.2.2.1 Correlazione con N_{SPT} delle prove penetrometriche

Poiché la prova penetrometrica standard (S.P.T.) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{SPT} ottenuto con la suddetta prova; pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{SPT} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova S.P.T.



L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui:

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Si ricava quindi un coefficiente di correlazione N_{SPT} pari a:

Coeff. Corr. N_{SPT}
1.47 (DPSH)

7.2.2.2 Determinazione dei parametri geotecnici

Una volta eseguita tale trasformazione sono stati stimati i parametri geotecnici di riferimento per gli strati omogenei individuati.

Le correlazioni utilizzate per la stima dei principali parametri sono quelle più adatte al contesto litologico del sito tra le seguenti:



7.2.2.3 A - Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Correzione N_{SPT} in presenza di falda

$$N_{SPT} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{SPT} - 15).$$

N_{SPT} è il valore medio nello strato.

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- ✓ Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a profondità < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per profondità < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni $< 8-10$ t/mq).
- ✓ Shioi-Fukuni 1982 (Road Bridge Specification) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (condizioni ottimali per profondità di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- ✓ Shioi-Fukuni 1982 (Japanese National Railway) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- ✓ Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (condizioni ottimali per profondità > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.

Modulo di Young (E_y)

- ✓ Terzaghi, elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- ✓ Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- ✓ Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- ✓ D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- ✓ Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo



sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Peso di volume gamma (γ)

- ✓ Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo (γ_{sat})

- ✓ Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{SPT} = 0$) a 1,99 ($N_{SPT} = 95$).

7.2.2.4 B - Correlazioni geotecniche terreni coesivi**Coesione non drenata (C_u)**

- ✓ Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- ✓ Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max.
- ✓ Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- ✓ Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.



Modulo edometrico-confinato (M_o)

- ✓ Stroud e Butler (1975), per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- ✓ Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali.
- ✓ Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

Peso di volume gamma (γ)

- ✓ Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo (γ_{sat})

Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{SPT} = 0$) a 0,545 ($N_{SPT} = 28$).



7.2.3 Attribuzione dei parametri

In prima battuta si è deciso di considerare il caso in cui esista la **compensazione spaziale e/o strutturale** per la definizione dei parametri geotecnici. Nel caso in cui le scelte progettuali definitive (dimensione e profondità di posa delle fondazioni ecc.), non permettano di considerare la compensazione spaziale e/o strutturale, i parametri di seguito elencati andranno rivalutati sulla scorta delle nuove condizioni.

Di seguito si riassumono i parametri determinati.

Livello		Peso specifico naturale	Peso specifico saturo	Angolo d'attrito	Coesione drenata	Coesione non drenata	Modulo edometrico/ elastico
		kg/m ³	kg/m ³	°	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
COESIVO	A (3-7)	1700	1800	20-22	0.00-0.10	0.15-0.25	30-40 (Ed) 25-30 (EI)
MISTO	B (10-15)	1700	1800	25-27	0.00-0.05	n.c.	60-80 (EI)
INCOERENTE	C (16-25)	2000	2100	26-28	0.00-0.05	n.c.	110-130 (EI)
INCOERENTE	D (26-50)	2000	2100	30-32	0.00-0.05	n.c.	300-320 (EI)-
INCOERENTE	R (50-75)	2300	2400	33-35	0.00-0.05	n.c.	450-500 (EI)

Figura 48 - Litologie e principali parametri geotecnici caratteristici



I parametri geomeccanici assegnati ai livelli litotecnici riconosciuti sono stati ricavati dalle correlazioni geotecniche di letteratura. I valori di ciascun parametro sono stati scelti tra le correlazioni più adatte allo specifico contesto geologico e geotecnico del sito, e parzialmente rivalutati secondo una stima ragionata e cautelativa.



8 RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO

8.1 Pericolosità sismica di base

8.1.1 Vita nominale di progetto, classi d'uso e periodo di riferimento

La *vita nominale* di progetto V_N di un'opera è definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi da adottare vengono ottenuti dalla Tab. 2.4.I NTC18 in funzione del tipo di costruzione.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

La *classe d'uso* della costruzione si riferisce alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, al §2.4.2 NTC18 vengono riportate le seguenti possibilità:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe 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.

Classe 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.

Classe 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.

In funzione della classe d'uso viene associato il *coefficiente d'uso* C_U secondo Tab. 2.4.II NTC18:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Il *periodo di riferimento* per l'azione sismica V_R viene ottenuto mediante l'equazione 2.4.1 NTC18:

$$V_R = V_N \times C_U$$

Nella seguente tabella vengono riportati i valori assunti per il caso in esame:

Tipo costruzione	Vn (anni)	Classe d'uso	Cu	Tr (anni)
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50	III	1.500	75

Figura 49 - Caratteristiche della costruzione oggetto di studio

Dove:

- *Tipo costruzione*: Determina i valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni Tab. 2.4.I NTC18.;
- *Vn (anni)*: Vita nominale di progetto secondo quanto indicato al §2.4.1 NTC18;
- *Classe d'uso*: Classe d'uso della costruzione §2.4.2 NTC18;
- *Cu*: Coefficiente d'uso della costruzione;
- *Tr (anni)*: Periodo di riferimento per l'azione sismica secondo quanto indicato al §2.4.3 NTC18.



8.1.2 Stati limite e probabilità di superamento

Gli stati limite sismici a cui fare riferimento nella valutazione della sicurezza della costruzione vengono distinti in stati limite di esercizio (SLE) e stati limite ultimi (SLU).

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I – NTC18.



Tab. 3.2.1 – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{V_R} Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO
	81%
Stati limite ultimi	SLD
	63%
	SLV
	10%
	SLC
	5%

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione 3.2.0 NTC18:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Nel caso specifico, per gli stati limite considerati, risulta:

Stato limite	Pvr	Tr
SLO	81%	45 anni
SLD	63%	75 anni
SLV	10%	712 anni
SLC	5%	1462 anni

Figura 50 - Probabilità di superamento Pvr in funzione dello stato limite considerato e periodi di ritorno Tr corrispondenti.

Dove:

- *Stato limite: Stato limite sismico;*
- *Pvr: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr;*
- *Tr: Periodo di ritorno.*



8.1.3 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base 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 (categoria A §3.2.2 NTC18), e di spettri di risposta elastici in accelerazione $S_e(T)$, con riferimento a diversi valori del periodo di ritorno T_R ottenuto ai precedenti paragrafi. Tali forme spettrali sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono ottenuti secondo le modalità indicate negli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti. Nello specifico ci si riferisce ai valori della *pericolosità sismica di base su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento* forniti sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* (nodi distanti tra loro non più di 10 km) vengono forniti i suddetti parametri per diversi valori del periodo di ritorno T_R (tra 30 e 2475 anni estremi inclusi). Qualora tra i valori forniti non sia direttamente presente il periodo di ritorno relativo allo stato limite sismico considerato, il valore del generico parametro p (a_g , F_o , T_c^*) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale:

- p : è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato;



- T_{R1}, T_{R2} : sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p .

I valori dei parametri (a_g, F_o, T_c^*) relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B all'NTC08. Di seguito si riporta uno stralcio:

ID	LON	LAT	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
			a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c
13111	8.5448	45.138	0.363	2.50	0.18	0.340	2.51	0.21	0.334	2.55	0.22	0.469	2.49	0.24	0.543	2.50	0.24	0.640	2.48	0.25	0.943	2.44	0.27	1.267	2.42	0.27	1.763	2.43	0.29
13333	6.5506	45.085	0.264	2.49	0.18	0.341	2.51	0.21	0.336	2.55	0.22	0.469	2.49	0.24	0.543	2.50	0.24	0.636	2.50	0.25	0.935	2.44	0.27	1.254	2.42	0.28	1.753	2.44	0.29
13555	6.5544	45.035	0.264	2.50	0.18	0.340	2.51	0.20	0.339	2.55	0.22	0.466	2.50	0.24	0.540	2.51	0.24	0.630	2.51	0.25	0.923	2.45	0.27	1.237	2.43	0.28	1.726	2.44	0.29
13777	8.5621	44.985	0.263	2.50	0.18	0.338	2.52	0.20	0.331	2.55	0.22	0.462	2.51	0.24	0.535	2.51	0.24	0.621	2.52	0.25	0.909	2.46	0.27	1.217	2.44	0.28	1.703	2.44	0.29
13980	6.6096	45.188	0.264	2.46	0.19	0.364	2.51	0.21	0.431	2.50	0.22	0.509	2.48	0.24	0.585	2.50	0.24	0.685	2.47	0.25	1.006	2.44	0.27	1.338	2.43	0.27	1.844	2.44	0.29
13112	6.6153	45.139	0.265	2.46	0.19	0.365	2.51	0.21	0.432	2.50	0.22	0.511	2.48	0.24	0.586	2.50	0.25	0.686	2.47	0.25	1.005	2.45	0.27	1.336	2.43	0.27	1.841	2.44	0.29

In cui per 10751 punti del reticolo di riferimento e per 9 valori del periodo di ritorno T_R (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni), vengono riportati i parametri della pericolosità sismica di base.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente direttamente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei suddetti parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti dagli stessi parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale:

- p : è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i : è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i : il punto in esame; d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Si osservi che per tutte le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida, Capri gli spettri di risposta sono definiti in base a valori di (a_g, F_o, T_c^*) uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola e disponibili nello stesso Allegato B.



Per il sito in esame, in funzione delle sue coordinate nel datum ED50 indicate ai precedenti paragrafi, risulta:

ID punto	Latitudine	Longitudine
10717	45.8320°	9.9074°
10718	45.8341°	9.9789°
10496	45.8841°	9.9759°
10495	45.8820°	9.9043°

Figura 51 - Reticolo di riferimento per la determinazione dell'azione sismica

Dove:

- *ID punto: Identificativo del punto del reticolo;*
- *Latitudine: Latitudine (ED50);*
- *Longitudine: Longitudine (ED50).*

Che riporta i 4 nodi della maglia del reticolo di riferimento all'interno della quale ricade il sito in esame.

Da cui, attraverso le procedure di interpolazione esposte in precedenza, i parametri della pericolosità sismica di base per ogni stato limite sismico:

Stato limite	Tr (anni)	ag (g)	Fo	Tc* (sec)
SLO	45	0.035	2.522	0.207
SLD	75	0.044	2.528	0.225
SLV	712	0.103	2.516	0.287
SLC	1462	0.131	2.532	0.297

Figura 52 – Pericolosità sismica di base

Dove:

- *Stato limite: Stato limite sismico;*
- *Tr (anni): Periodo di ritorno;*
- *ag (g): Accelerazione orizzontale massima al sito;*
- *Fo: Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;*
- *Tc* (sec): Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.*



Di seguito si riportano gli spettri di risposta in accelerazione per i vari stati limite sismici ottenuti a partire dai parametri della pericolosità sismica di base. Le ordinate spettrali vengono determinate mediante le relazioni di cui al §3.2.3.2 NTC18 con riferimento alle categorie di suolo A/T1.

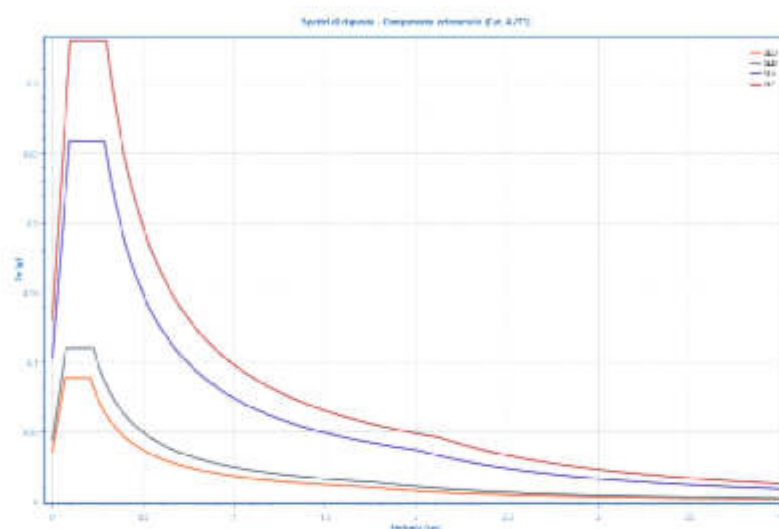


Figura 53 - Forme spettrali di riferimento per la pericolosità sismica di base - Componente orizzontale

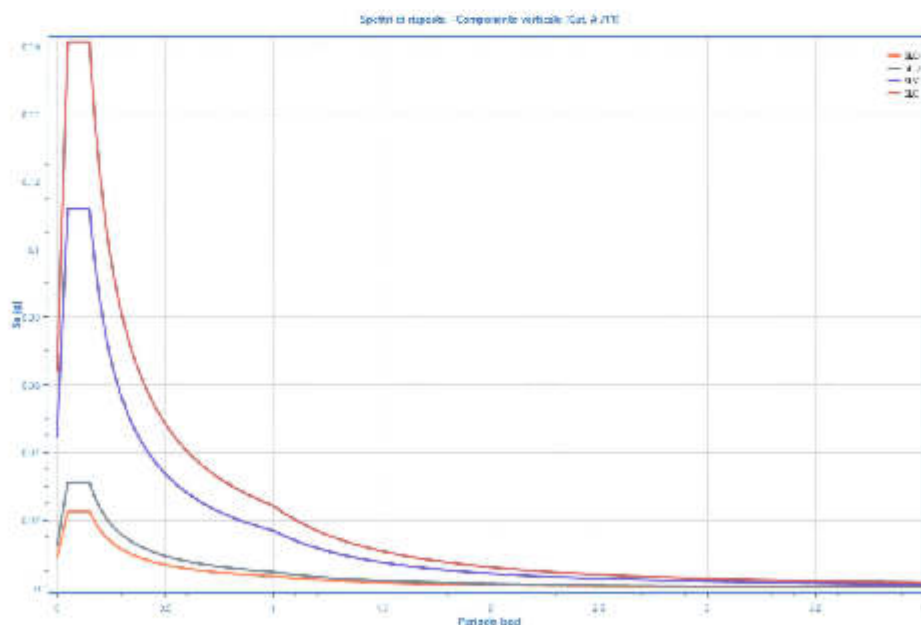


Figura 54 - Forme spettrali di riferimento per la pericolosità sismica di base - Componente verticale



8.1.4 Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel par. 7.11.3 delle NTC2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella che segue, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

I parametri vengono così definiti:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella della formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente



delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite di seguito:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.

Figura 55 - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al par. 3.2.3 delle NTC2018.

Con riferimento alle indagini sismiche eseguite in sito, sono state definite le seguenti categoria di sottosuolo specifiche per ogni lotto:

Lotto 1 e Lotto 2	$V_s = 446$ m/s	Categoria di sottosuolo B
Lotto 3	$V_s = 491$ m/s	Categoria di sottosuolo B
Lotto 4	$V_s = 340$ m/s	Categoria di sottosuolo C

Si rimanda alla verifica di II livello.



8.1.5 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

Figura 56 - Categorie topografiche

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area di progetto si pone in un contesto di fondovalle pressoché pianeggiante. Pertanto, è possibile associare al sito **la classe topografica T1**, per cui S_T pari a 1,0.



8.2 Componente sismica dei P.G.T. Comunali

8.2.1 Generalità e metodologie di analisi

Con l'entrata in vigore, il 23 ottobre 2005, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (pubblicata sulla G.U. n. 105 del 08-05-2003 Supplemento ordinario n. 72), viene effettuata una suddivisione del territorio nazionale su base sismica e vengono fornite le prime normative tecniche per le costruzioni nelle zone sismiche. La Regione Lombardia ha preso atto della classificazione di tale Ordinanza mediante la d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003.

L'Ordinanza è peraltro entrata in vigore contestualmente al D.M. 14-09-2005 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23-09-2005 Supplemento ordinario n. 159.

Grazie alla nuova Ordinanza, si è passati dalla vecchia classificazione sismica del territorio nazionale (D.M. 5 marzo 1984) alla suddivisione nuova che, per la Lombardia, classifica 41 comuni in zona 2, 238 comuni in zona 3 e 1267 comuni in zona 4.

In tempi più recenti, la classificazione sismica del territorio lombardo è stata oggetto di una nuova revisione, in base alla quale tutti i comuni bergamaschi, ivi incluso Clusone, è stato riclassificato nella zona sismica 3.



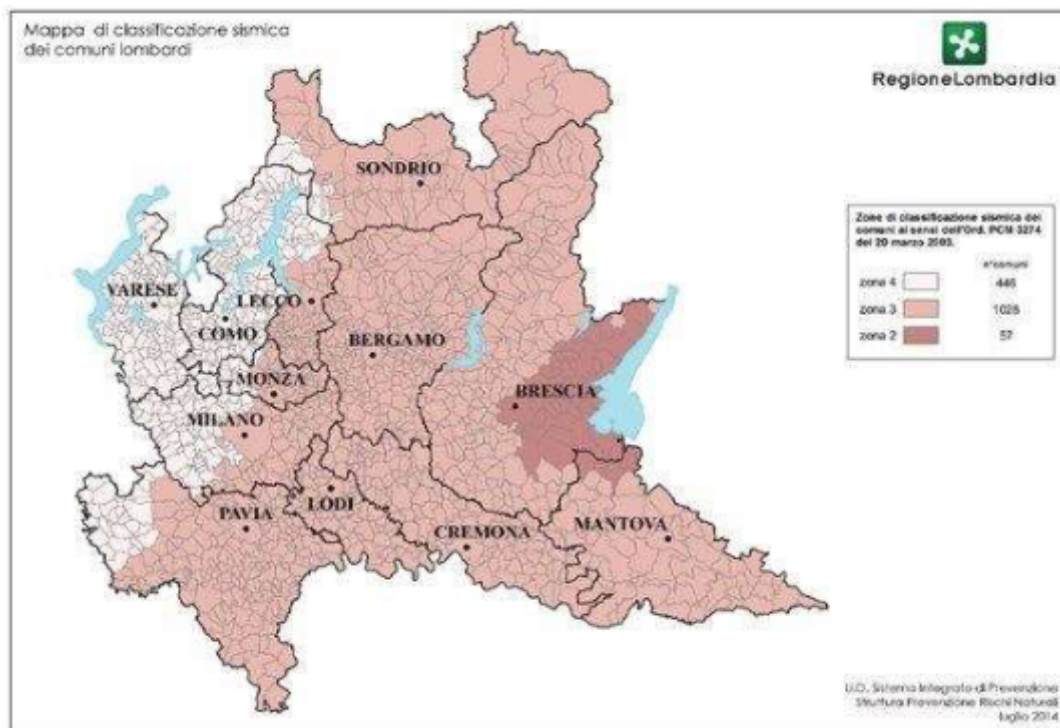
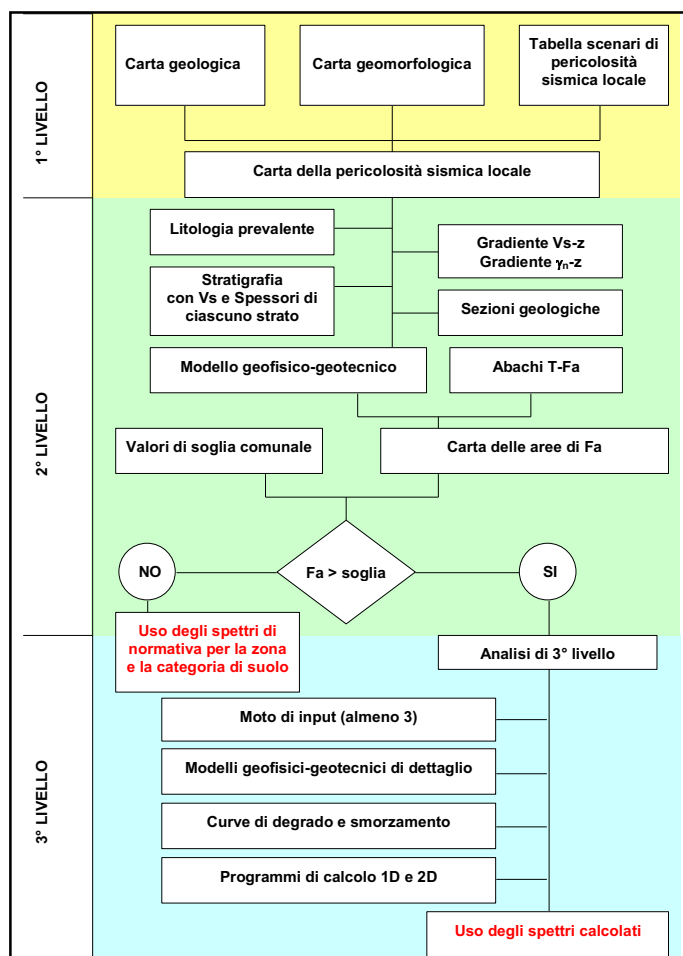


Figura 57 - Classificazione sismica secondo D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 (tutta la bergamasca si trova in zona sismica 3, ivi Clusone)

Al fine di sviluppare una metodologia di valutazione dell'amplificazione sismica locale in adempimento alle nuove normative nazionali, la Regione Lombardia ha predisposto uno studio pilota, elaborato dal Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Strutturale, basato sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate in aree campione del territorio regionale. Tale metodologia, esaustivamente descritta nell'Allegato 5 dei Criteri attuativi della L.R. 12/2005, prevede studi basati su **tre livelli di approfondimento crescente**.



**Figura 58 - Diagramma dei percorsi di definizione dei tre livelli di approfondimento sismico
(Criteri attuativi L.R. 12/05 – Regione Lombardia)**



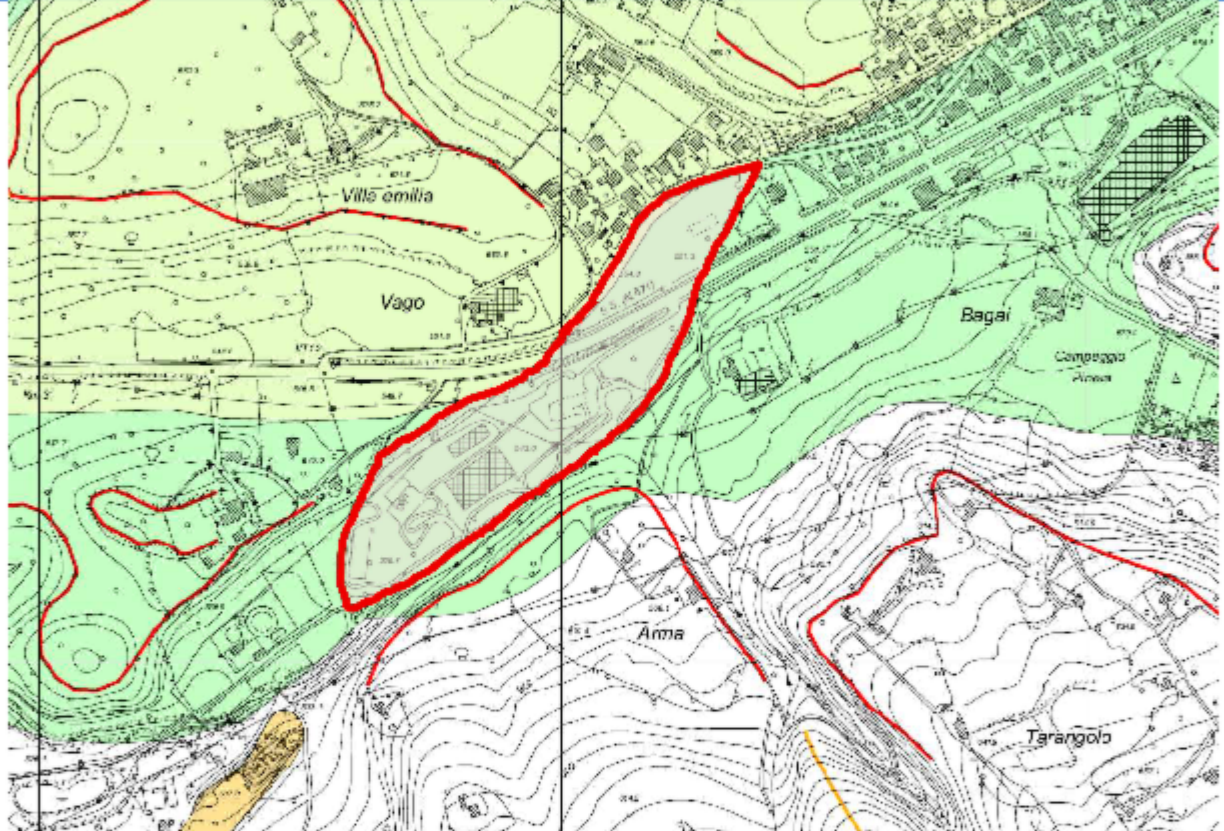
8.2.2 1° Livello – carta della PSL

Il **1° livello**, obbligatorio per tutti i comuni, consiste in una zonazione del territorio comunale in aree a diverso grado di pericolosità sismica locale, sulla base degli elementi geologici e geomorfologici presenti, nonché la redazione di una Carta della Pericolosità Sismica Locale contenente tali perimetrazioni.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Figura 59 - Scenari di pericolosità sismica locale



STRUMENTO	Carta della Pericolosità Sismica Locale del P.G.T. comunale
AUTORE	Dott. Geol. Corrado Reguzzi Febbraio 2011
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI	Ambiti di amplificazione sismica locale
	
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	Z4a – Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi

Nell'area sono presenti potenziali effetti legati ad amplificazione litologico – tessiturale di cui alla classe di PSL Z4a.



8.2.3 2° livello – Verifica del fattore di amplificazione Fa

La verifica del fattore di amplificazione segue l'analisi dell'amplificazione Litologica di cui al paragrafo 7.1.3 del presente elaborato.

Mediante il 2° livello di approfondimento si individuano quelle aree dove la normativa nazionale non è sufficiente a salvaguardare dagli effetti dell'amplificazione sismica locale, ovvero quelle zone dove il fattore di amplificazione Fa calcolato è superiore al valore Fa di soglia fornito per il comune dal Politecnico di Milano.

In queste aree bisogna procedere con gli approfondimenti di 3° livello, oppure usare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore. In base ai dati ricavati dalle indagini indirette vengono calcolati il valore delle $V_{s,eq}$ e il periodo proprio (T) per ogni colonna stratigrafica analizzata.

Il valore delle $V_{s,eq}$ viene calcolato utilizzando l'equazione di cui al paragrafo 9.1.3.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s,i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e $V_{s,i}$ sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

Sempre in base ai dati ricavati dalle indagini indirette, viene associata ad ogni ambito di interesse la relativa scheda litologica di valutazione di riferimento, verificandone la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità.

È così possibile calcolare il valore di Fa per gli intervalli di periodi 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s, individuando così i valori soglia del fattore di amplificazione in funzione della



categoria di suolo e per i due intervalli di periodi.

Tali valori devono essere confrontati con il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia, che rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Comune	intervallo [s]	B	C	D	E
Clusone	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Figura 60 – Tabella di sintesi delle soglie definite per il Comune di Clusone (Fonte RL)

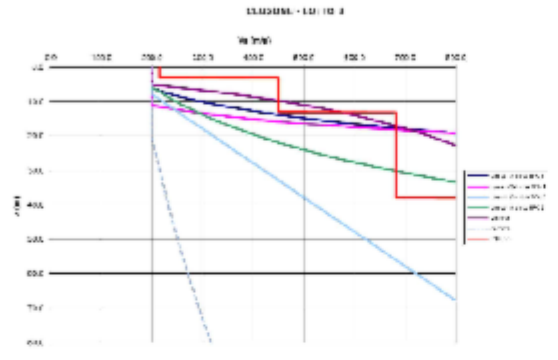
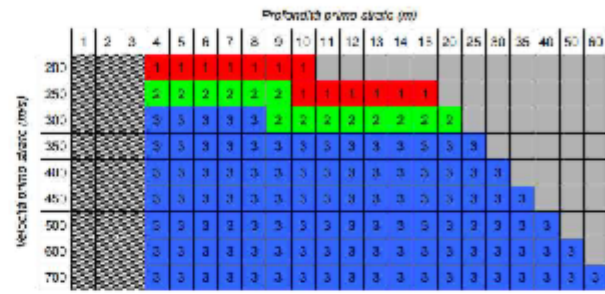
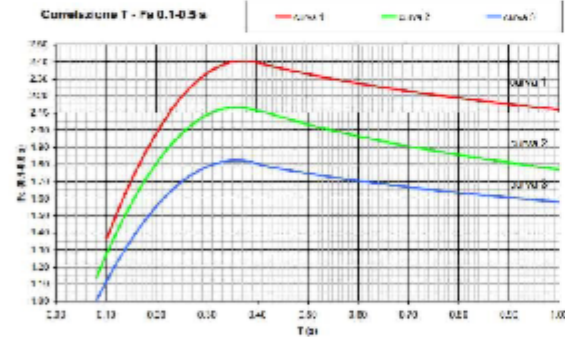
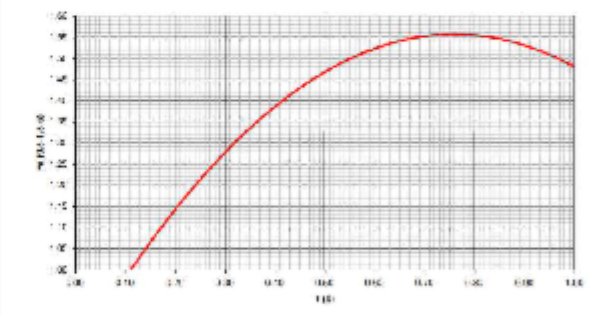
Per la caratterizzazione sismica di II livello, considerando la classe d'uso degli edifici a progetto, l'assenza di un'analisi sismica di II livello a scala comunale e comunque l'importanza del comparto in progetto, si è optato per effettuare la valutazione puntuale rispetto alle indagini sismiche eseguite.

Si riportano nelle seguenti schede i risultati.



DENOMINAZIONE	Lotto 1 Lotto 2		
PROVA/E DI RIFERIMENTO	HV1		
INPUT	Categoria SS	FAS T 0.1-0.5	FAST 0.5-1.5
	B	1.4	1.7
Scheda di riferimento		Curva di riferimento	
Scheda Argilloso – Limosa TIPO 2		Vs a 4 m	446 m/s
T di sito		0.18 s	Curva
T di riferimento 0.1 – 0.5 s		T di riferimento 0.5 – 1.5 s	
0.05 < T ≤ 0.10 0.10 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = -10.0T^2 + 7.0T + 0.36$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.58 - 0.242T$		$Fa_{0.5-1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$	
FAC 0.1-0.5	1.50	FAC 0.5-1.5	1.20
Verifica	FAC < FAS (±0.1)	Verifica	FAC < FAS (±0.1)
OUTPUT CATEGORIA SOTTOSUOLO		T 0.1 0.5	B
		T 0.5 – 1.5	B



DENOMINAZIONE	Lotto 3							
PROVA/E DI RIFERIMENTO	HV3							
INPUT	Categoria SS	FAS T 0.1-0.5	FAS T 0.5-1.5					
	B	1.4	1.7					
Scheda di riferimento		Curva di riferimento						
								
Scheda Argilloso – Sabbiosa TIPO 2		Vs a 4 m	273 m/s	Curva	2			
T di sito	0.26 s							
T di riferimento 0.1 – 0.5 s		T di riferimento 0.5 – 1.5 s						
								
<table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 0.2T + 0.48$</td> <td>$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.7T - 0.3804T$</td> </tr> </table>		3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 0.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.7T - 0.3804T$	$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$			
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 0.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.7T - 0.3804T$						
FAC 0.1-0.5	1.72	FAC 0.5-1.5	1.20					
Verifica	FAC > FAS (± 0.1)	Verifica	FAC < FAS (± 0.1)					
OUTPUT CATEGORIA SOTTOSUOLO		T 0.1 – 0.5	C					
		T 0.5 – 1.5	B					



DENOMINAZIONE	Lotto 4																	
PROVA/E DI RIFERIMENTO	HV4																	
INPUT	Categoria SS	FAS T 0.1-0.5	FAS T 0.5-1.5															
	C	1.8	2.4															
Scheda di riferimento		Curva di riferimento																
Scheda SABBIOSA		Vs a 4 m	166 m/s	Curva	2													
T di sito	1.48 s																	
T di riferimento 0.1 – 0.5 s		T di riferimento 0.5 – 1.5 s																
<table border="1"> <tr> <td>2</td> <td>0.03 ≤ T ≤ 0.45</td> <td>0.45 ≤ T ≤ 0.80</td> <td>T ≥ 0.80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$Fa_{0.1-0.5} = 5.05 T^4 + 5.44 T + 0.84$</td> <td>$Fa_{0.1-0.5} = 0.63 - 0.58 \ln T$</td> <td>$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$</td> </tr> </table>		2	0.03 ≤ T ≤ 0.45	0.45 ≤ T ≤ 0.80	T ≥ 0.80		$Fa_{0.1-0.5} = 5.05 T^4 + 5.44 T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.63 - 0.58 \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$	<table border="1"> <tr> <td>2</td> <td>0.08 ≤ T ≤ 0.80</td> <td>0.80 ≤ T ≤ 1.80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$Fa_{0.5-1.5} = -5.11 T^2 + 5.75 T^3 + 0.44 T + 0.90$</td> <td>$Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$</td> </tr> </table>			2	0.08 ≤ T ≤ 0.80	0.80 ≤ T ≤ 1.80		$Fa_{0.5-1.5} = -5.11 T^2 + 5.75 T^3 + 0.44 T + 0.90$	$Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$
2	0.03 ≤ T ≤ 0.45	0.45 ≤ T ≤ 0.80	T ≥ 0.80															
	$Fa_{0.1-0.5} = 5.05 T^4 + 5.44 T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.63 - 0.58 \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$															
2	0.08 ≤ T ≤ 0.80	0.80 ≤ T ≤ 1.80																
	$Fa_{0.5-1.5} = -5.11 T^2 + 5.75 T^3 + 0.44 T + 0.90$	$Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$																
FAC 0.1-0.5	1.0																	
Verifica	FAC > FAS (±0.1)																	
OUTPUT CATEGORIA SOTTOSUOLO		T 0.1 – 0.5	C															
		T 0.5 – 1.5	C															



In sintesi, il calcolo dei valori di FAC in confronto ai valori di FAS è il seguente:

Periodo		FAC	FAS		
			B	C	D
Lotto 1-2	0.1 – 0.5	1.50	1.4(±0.1)	1.9	2.2
	0.5 – 1.5	1.20	1.7(±0.1)	2.4	4.2
Lotto 3	0.1 – 0.5	1.72	1.4	1.8(±0.1)	2.2
	0.5 – 1.5	1.20	1.7(±0.1)	2.4	4.2
Lotto 4	0.1 – 0.5	1.00	1.4	1.8(±0.1)	2.2
	0.5 – 1.5	1.50	1.7	2.4(±0.1)	4.2

Come osservabile nella tabella soprastante:

- per il comparto NORD, lotti 1 e 2 gli spettri di risposta per la categoria di sottosuolo B **sono sufficienti**, per ambedue i periodi di riferimento, a tenere in considerazione degli effetti di amplificazione sismica.
- Per il comparto SUD, lotto 3, lo spettro di risposta per la categoria di sottosuolo B **è sufficiente** a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione sismica per il periodo di riferimento 0.5-1.5 s, mentre per il periodo 0.1-0.5 s lo spettro **non è sufficiente** ed occorrerà dunque procedere alla verifica sismica di III livello (analisi della risposta sismica locale) oppure considerare lo spettro **per la categoria C**
- Per il comparto SUD, lotto 4, gli spettri di risposta per la categoria di sottosuolo C **sono sufficienti**, per ambedue i periodi di riferimento, a tenere in considerazione degli effetti di amplificazione sismica.



8.2.4 Valutazione rispetto ai risultati dell'analisi sismica di II livello svolti a scala comunale

Con riferimento all'analisi sismica di II livello svolta nell'ambito dell'aggiornamento della componente geologica del PGT del Comune di Clusone (Dott. Geol. Corrado Reguzzi, agosto 2023), adottata a luglio 2025, si rileva che, per il comparto territoriale in esame, tale analisi ha individuato la necessità di assumere la categoria di sottosuolo D, in conseguenza del superamento dei valori di FAC previsti per l'indagine sito-specifica.

In particolare, per l'analisi sismica di II livello è stata eseguita n. 1 indagine MASW in corrispondenza della pista ciclopedonale posta a sud dell'area di studio. Tale indagine ha restituito i seguenti valori di Fattore di Amplificazione Comunale (FAC):

- Periodo 0,1 – 0,5 s: FAC = 2,1
- Periodo 0,5 – 1,5 s: FAC = 1,4

A fronte di una categoria di sottosuolo C individuata mediante l'indagine MASW, l'estensore dello studio geologico del PGT ha pertanto indicato, in via cautelativa, la necessità di procedere con un'analisi sismica di III livello, oppure, in alternativa, di adottare direttamente la categoria di sottosuolo D ai fini della progettazione.

Tuttavia, come già evidenziato nel paragrafo precedente, le analisi geologiche, geotecniche e sismiche svolte specificamente a supporto del PII in oggetto, ed in particolare per il comparto sud – lotto 4, ricadente nell'ambito della suddetta prescrizione, hanno consentito di verificare la permanenza della categoria di sottosuolo C anche in esito all'analisi sismica di II livello.

La valutazione di II livello condotta per il PII si fonda infatti su un quadro conoscitivo significativamente più dettagliato rispetto a quello disponibile in fase di redazione della variante geologica del PGT, in quanto supportato da una maggiore numerosità di indagini geognostiche, geotecniche e sismiche di dettaglio, che hanno consentito una più accurata ricostruzione dell'assetto sismo-stratigrafico locale.

Nel dettaglio, l'indagine sismica eseguita nell'ambito dello studio geologico del PGT consiste in una prova MASW, tecnica particolarmente efficace nella caratterizzazione dei primi strati di sottosuolo, ma intrinsecamente limitata a profondità generalmente



comprese tra 30 e 40 m dal piano campagna, in funzione della lunghezza dello stendimento (tipicamente pari a circa 1/3 – 2/3 dello stesso).

Diversamente, l'indagine HVSR eseguita dagli scriventi a supporto del PII consente di investigare profondità sensibilmente maggiori, potenzialmente anche dell'ordine delle centinaia di metri, pur presentando un minor dettaglio nella definizione delle discontinuità sismo-stratigrafiche superficiali.

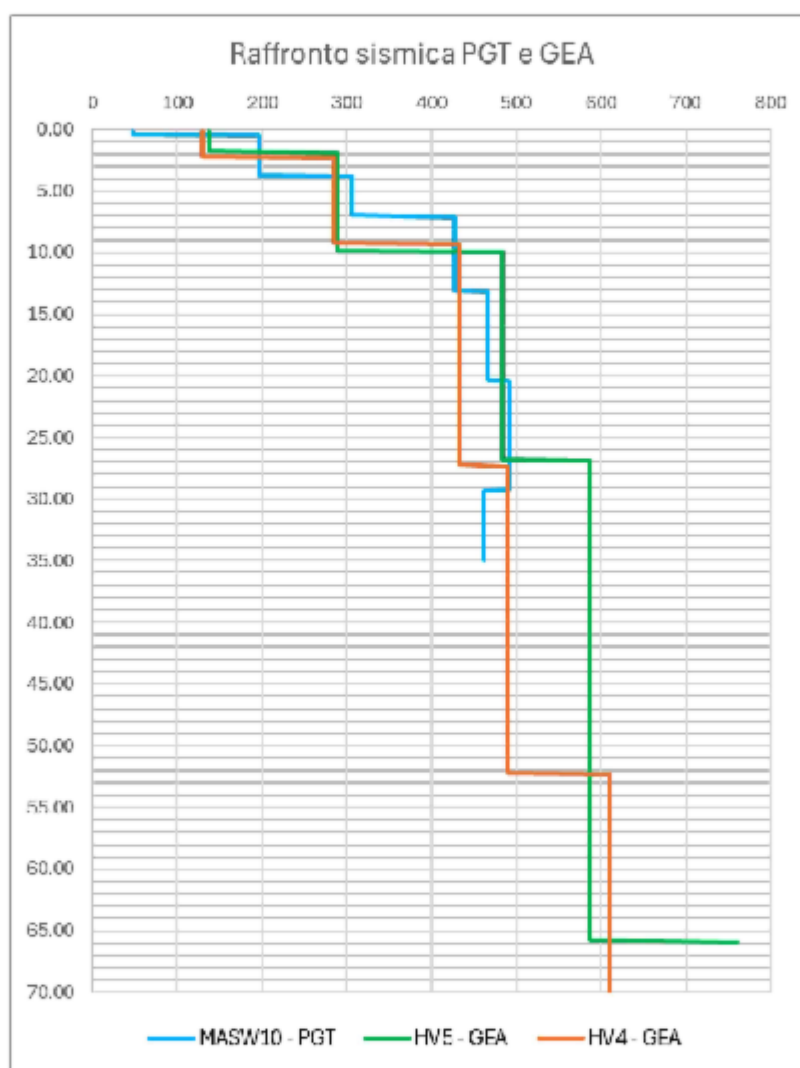


Figura 61 – Raffronto tra le indagini sismiche svolte in seno al PGT (MASW10) e svolte da GEA in supporto al PII – si osservi che, a meno di piccole differenze, i tratti superficiali delle curve sono tra di loro simili, mentre per l'analisi dei sismo strati profondi le uniche evidenze derivano dalle curva HV interpretate non essendo possibile estendere l'indagine MASW a tali profondità



Alla luce di tali considerazioni, nella scelta della specifica scheda litologica di cui all'Allegato 5 della D.G.R. 2616/2011, mentre l'estensore della variante geologica del PGT ha correttamente adottato, in via cautelativa, la scheda "limoso-sabbiosa" – non avendo ulteriori dati di natura sismica e/o stratigrafica essendo l'analisi condotta a scala comunale –, nell'analisi sviluppata per il PII è stato possibile associare la scheda "sabbiosa", ritenuta maggiormente rappresentativa delle reali condizioni litologiche del sito.

Tale scelta risulta inoltre pienamente coerente con le evidenze geotecniche emerse dalle prove penetrometriche e dai sondaggi geognostici eseguiti in sito.

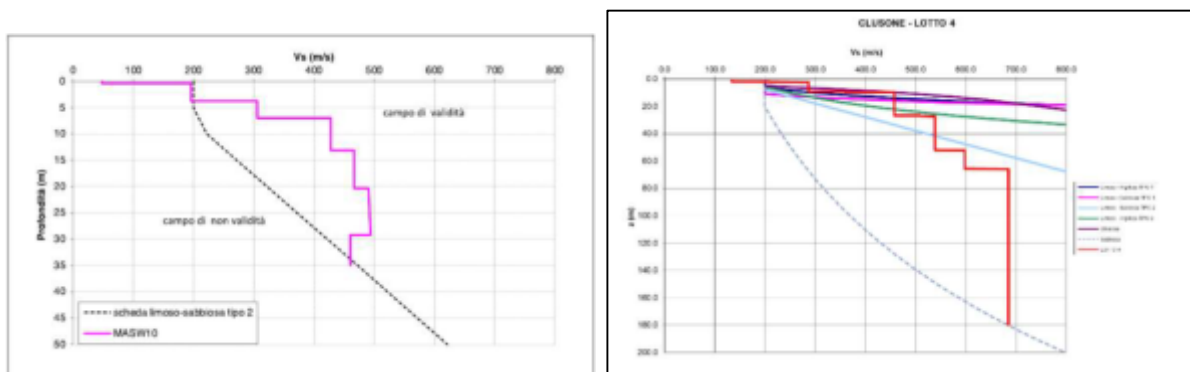


Figura 62 – Scelta della scheda litologia per l'indagine MASW10 effettuata in seno alla variante del PGT e scelta della scheda litologia per il lotto 4 di cui al precedente paragrafo 8.2.3

L'adozione di una scheda litologica differente, più aderente all'assetto litologico e sismo-stratigrafico locale, ha consentito dunque una significativa riduzione dei valori di FAC calcolati, dimostrando che la categoria di sottosuolo **corretta per il sito è la C**, senza necessità di ricorrere all'adozione della categoria di sottosuolo D.



8.3 Pericolosità sismica di sito – spettri di risposta elastici

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano in funzione del periodo di ritorno T_R e quindi dello stato limite sismico considerato.

Componente orizzontale

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione per la componente orizzontale viene determinato secondo le espressioni riportate al §3.2.3.2.1 NTC18:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

nelle quali:

T è il periodo proprio di vibrazione;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione $S = S_S S_T$ con S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica ed S_T coefficiente di amplificazione topografica;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5% attraverso la relazione $\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55$

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione:

$$T_C = C_C T_c^*$$

con C_C coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV NTC18) e T_c^*



valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (tra i parametri della pericolosità sismica di base ottenuti ai capitoli precedenti);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione:

$$T_B = T_C/3$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Nel caso specifico i coefficienti S_S , S_T e C_C vengono ottenuti secondo quanto previsto al §3.2.3.2.1 NTC18 in funzione della categoria di sottosuolo, attraverso le espressioni riportate nelle in Tab. 3.2.IV:

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_S e di C_C

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

e della condizione topografica mediante l'uso della Tab. 3.2.V:

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4



Componente verticale

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve} , è definito dalle espressioni di cui al §3.2.3.2.2 NTC18:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_v$$

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

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

nelle quali:

T è il periodo proprio di vibrazione;

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 orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1.35 F_o \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

i valori dei parametri S_S , T_B , T_C e T_D vengono riportati nella Tab. 3.2.VI (NTC18):

Tab. 3.2.VI - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

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

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T .



8.3.1 Comparto NORD – Lotto 1 e 2

Di seguito si riportano i parametri che governano le forme spettrali per i vari stati limite sismici:

Stato limite	Cc	Ss	St	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)
SLO	1.507	1.200	1.000	0.104	0.313	1.741
SLD	1.483	1.200	1.000	0.111	0.333	1.775
SLV	1.412	1.200	1.000	0.135	0.405	2.011
SLC	1.403	1.200	1.000	0.139	0.416	2.123

Figura 63 - Parametri forme spettrali per i vari stati limite sismici

Dove:

- *Stato limite: stato limite sismico;*
- *Cc: coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV NTC18);*
- *Ss: coefficiente di amplificazione stratigrafica;*
- *St: coefficiente di amplificazione topografica;*
- *Tb (sec): periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;*
- *Tc (sec): periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;*
- *Td (sec): periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.*

Il grafico che segue riporta le forme spettrali della componente orizzontale, ottenute mediante l'approccio semplificato delle categorie di sottosuolo, per i vari stati limite analizzati e per uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$:



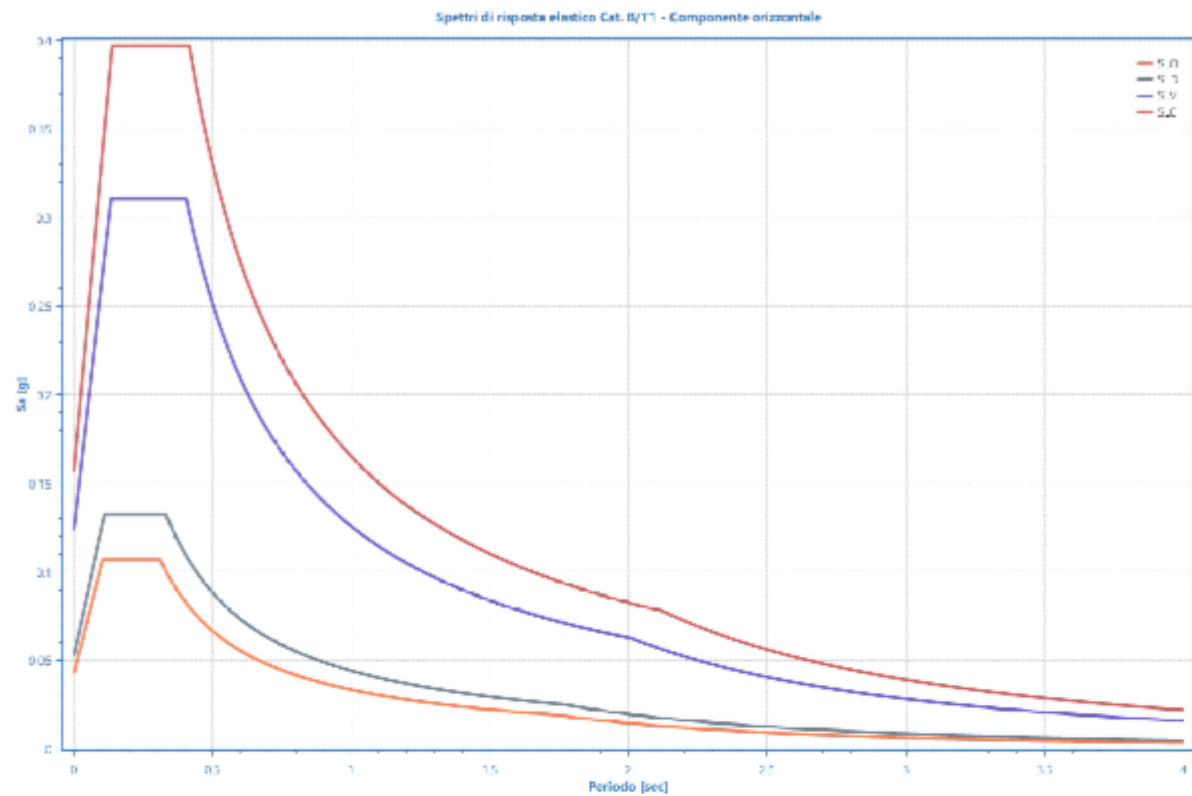


Figura 64 - Spettri di risposta elastici ($\xi = 5\%$) - componente orizzontale



Il grafico che segue riporta le forme spettrali della componente verticale, ottenute mediante l'approccio semplificato delle categorie di sottosuolo, per i vari stati limite analizzati e per uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$:

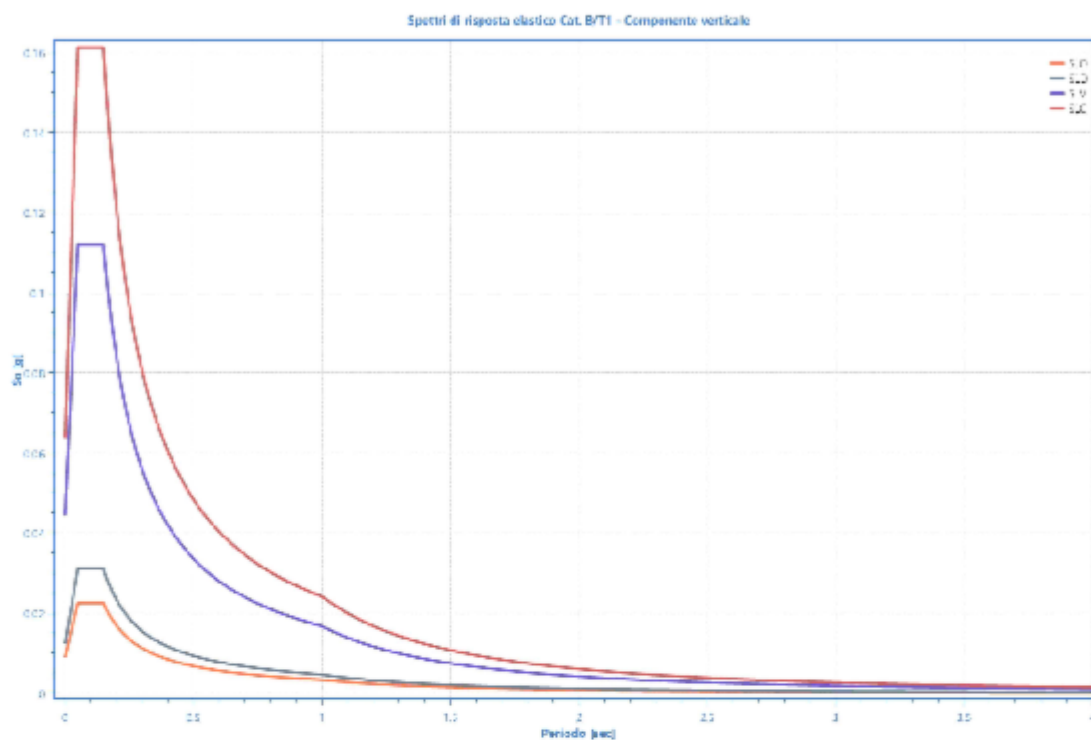


Figura 65 - Spettri di risposta elastici ($\xi = 5\%$) - componente verticale



8.3.2 Comparto SUD – Lotto 3

Di seguito si riportano i parametri che governano le forme spettrali per i vari stati limite sismici:

Stato limite	Cc	Ss	St	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)
SLO	1.764	1.500	1.000	0.122	0.366	1.741
SLD	1.719	1.500	1.000	0.129	0.386	1.775
SLV	1.585	1.500	1.000	0.152	0.455	2.011
SLC	1.568	1.500	1.000	0.155	0.465	2.122

Tabella 8 - Parametri forme spettrali per i vari stati limite sismici

Dove:

- *Stato limite: stato limite sismico;*
- *Cc: coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV NTC18);*
- *Ss: coefficiente di amplificazione stratigrafica;*
- *St: coefficiente di amplificazione topografica;*
- *Tb (sec): periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;*
- *Tc (sec): periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;*
- *Td (sec): periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.*

Il grafico che segue riporta le forme spettrali della componente orizzontale, ottenute mediante l'approccio semplificato delle categorie di sottosuolo, per i vari stati limite analizzati e per uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$:



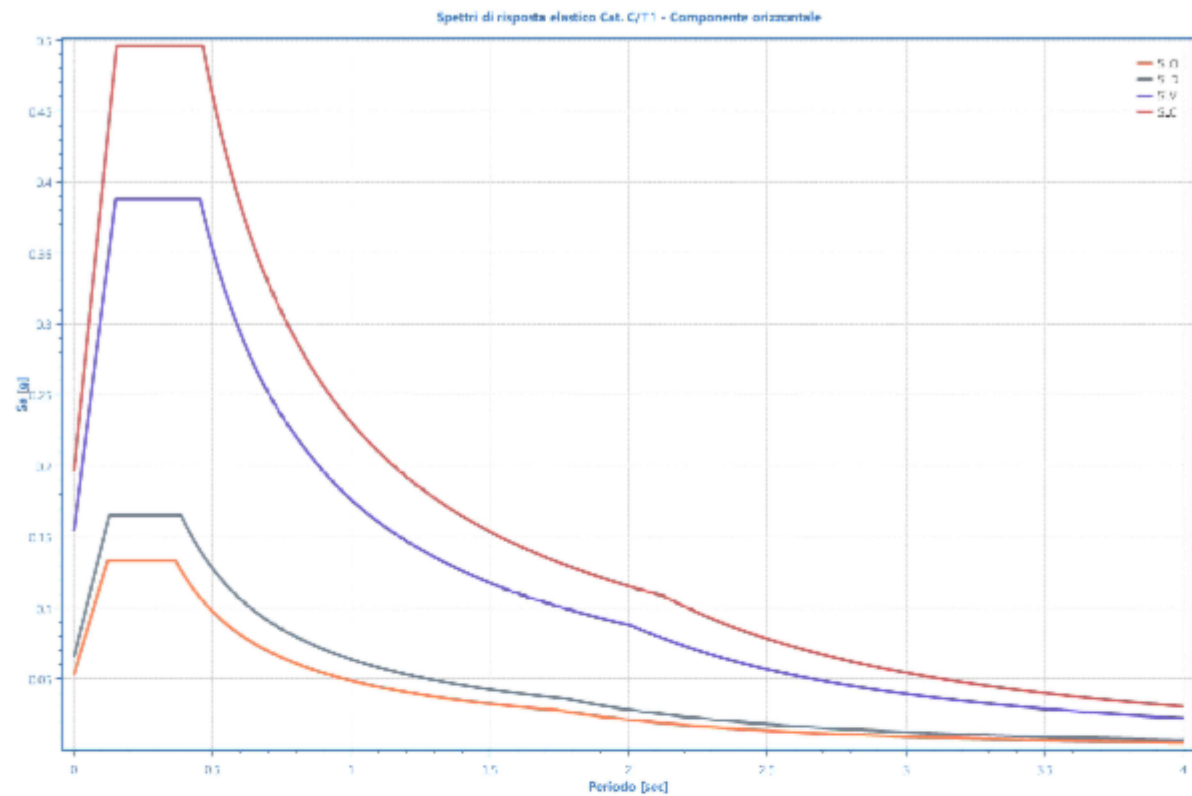


Figura 66 - Spettri di risposta elastici ($\xi = 5\%$) - componente orizzontale



Il grafico che segue riporta le forme spettrali della componente verticale, ottenute mediante l'approccio semplificato delle categorie di sottosuolo, per i vari stati limite analizzati e per uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$:

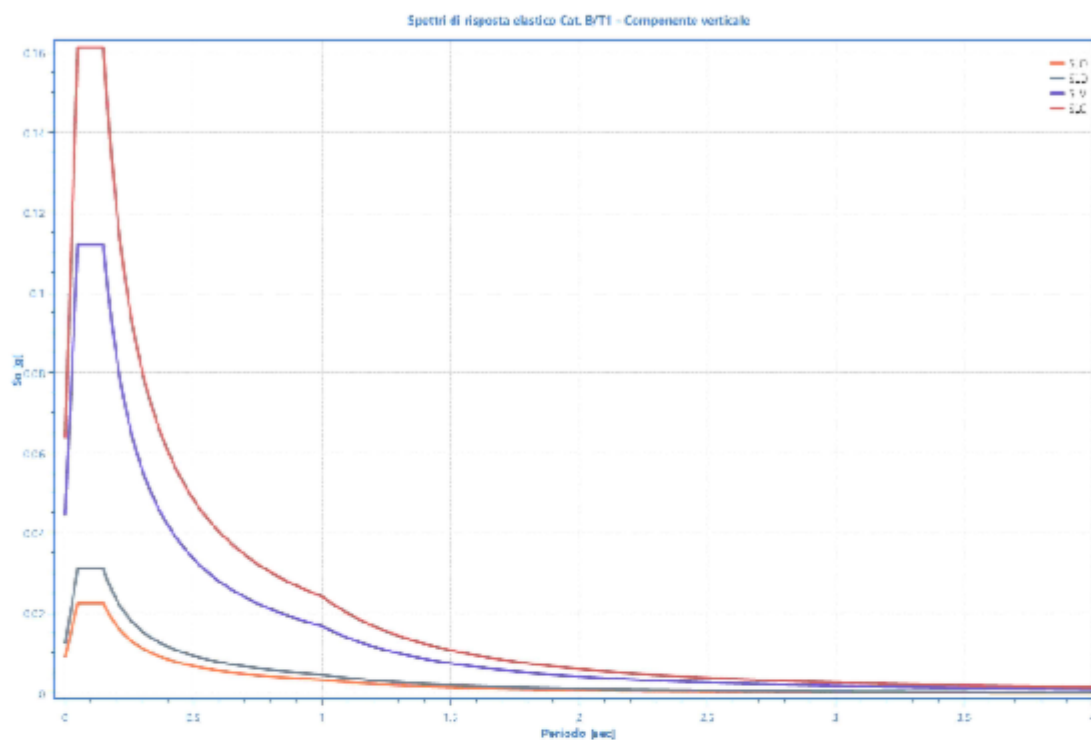


Figura 67 - Spettri di risposta elastici ($\xi = 5\%$) - componente verticale



8.3.3 Comparto SUD – Lotto 4

Di seguito si riportano i parametri che governano le forme spettrali per i vari stati limite sismici:

Stato limite	Cc	Ss	St	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)
SLO	1.764	1.500	1.000	0.122	0.366	1.741
SLD	1.719	1.500	1.000	0.129	0.386	1.775
SLV	1.585	1.500	1.000	0.152	0.455	2.011
SLC	1.568	1.500	1.000	0.155	0.465	2.122

Tabella 8 - Parametri forme spettrali per i vari stati limite sismici

Dove:

- *Stato limite: stato limite sismico;*
- *Cc: coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV NTC18);*
- *Ss: coefficiente di amplificazione stratigrafica;*
- *St: coefficiente di amplificazione topografica;*
- *Tb (sec): periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;*
- *Tc (sec): periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;*
- *Td (sec): periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.*

Il grafico che segue riporta le forme spettrali della componente orizzontale, ottenute mediante l'approccio semplificato delle categorie di sottosuolo, per i vari stati limite analizzati e per uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$:



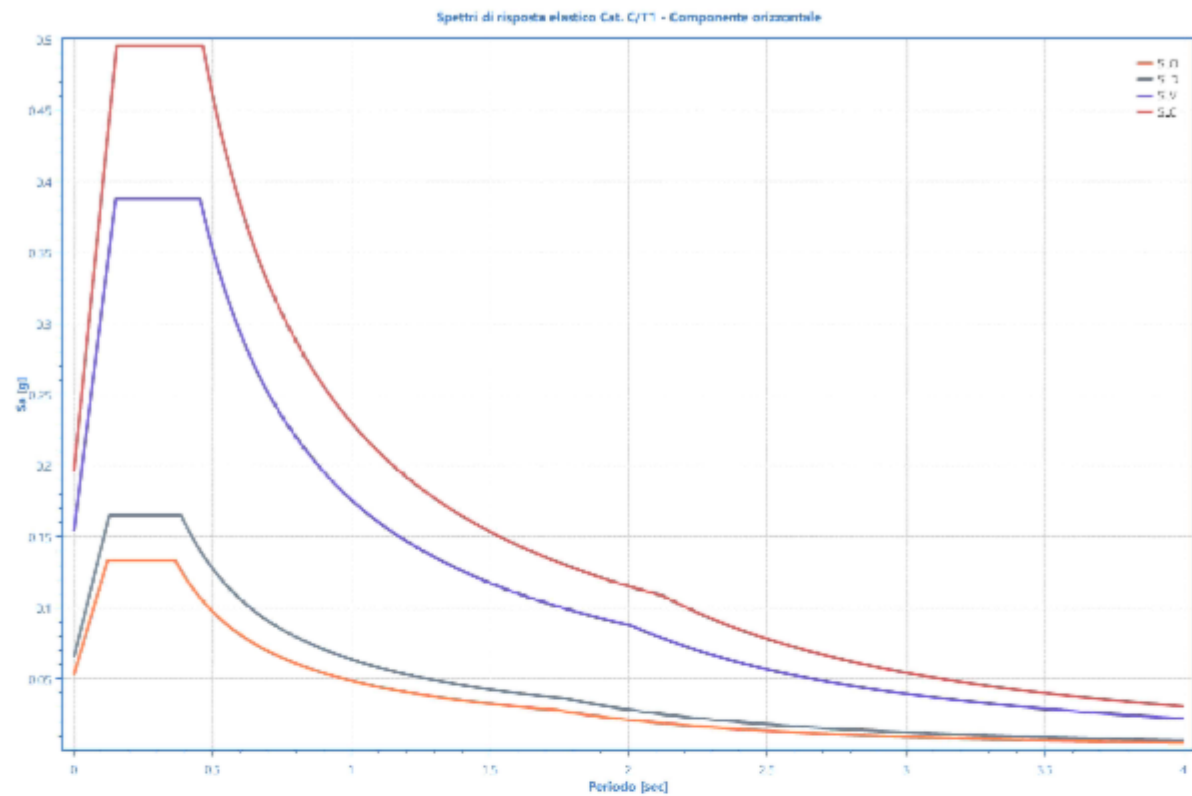


Figura 68 - Spettri di risposta elastici ($\xi = 5\%$) - componente orizzontale



Il grafico che segue riporta le forme spettrali della componente verticale, ottenute mediante l'approccio semplificato delle categorie di sottosuolo, per i vari stati limite analizzati e per uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$:

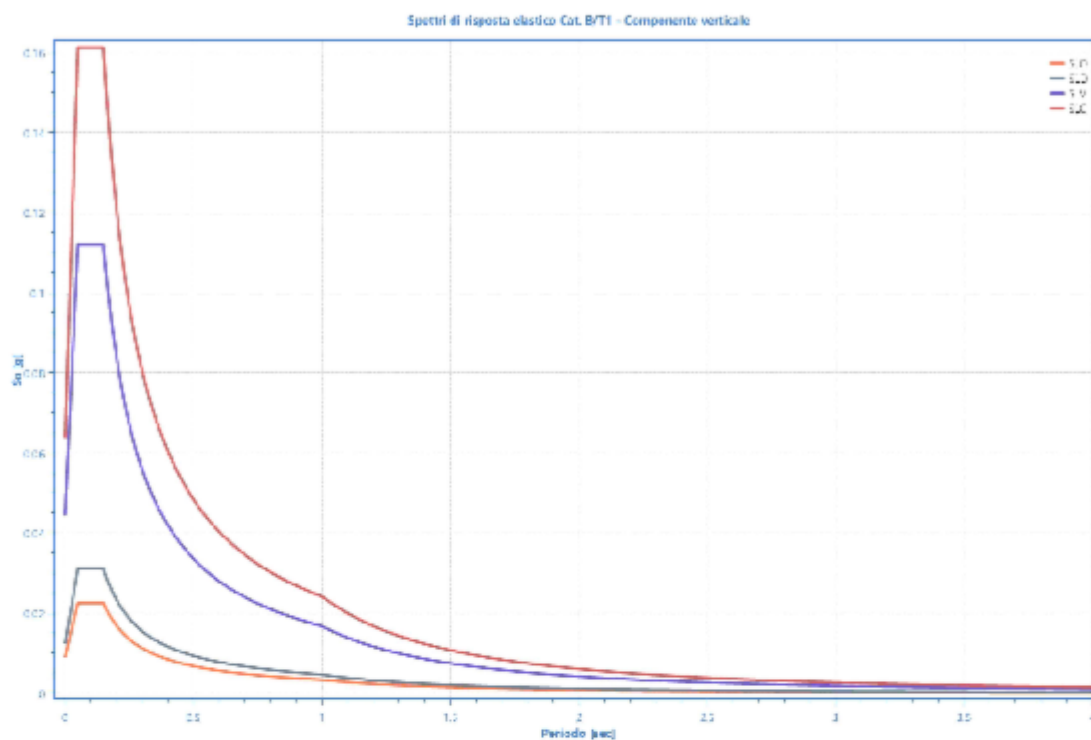


Figura 69 - Spettri di risposta elastici ($\xi = 5\%$) - componente verticale



8.4 Adeguatezza del sito di costruzione

L'area oggetto di studio non è soggetta all'apertura di faglie e fratture in superficie e non presenta problemi di stabilità dei pendii che possono riattivarsi in caso di sisma. Per quanto concerne gli scavi di sbancamento, si rimanda al relativo capitolo.

8.5 Adeguatezza del terreno di fondazione

I problemi riguardanti i terreni di fondazione in rapporto al fenomeno sismico sono la liquefazione e il cedimento; fenomeni che possono determinare pericolosità anche elevata per l'integrità della struttura e per la popolazione.

Ai fini delle norme, il termine "liquefazione" denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Ai fini delle norme, il termine "cedimento sismico" denota un addensamento di sabbie sciolte in condizioni sia sature che sottosature.

Per il sito in esame, non sono rilevate condizioni predisponenti a fenomeni di liquefazione e/o cedimento sismici.



9 INDICAZIONI TECNICHE

9.1 *Consigli e prescrizioni di carattere generale*

Le fondazioni delle strutture di nuova realizzazione, in rifacimento o in ampliamento dovranno essere scelte e dimensionate dallo Strutturista incaricato, sotto la propria esclusiva competenza e responsabilità.

Indicazioni più precise sui sistemi fondazionali potranno essere rese una volta nota la progettualità definitiva dei comparti in analisi. In generale, avendo osservato terreni con elevate disomogeneità tessiturali sia verticali che orizzontali, di consiglia di prendere in considerazione le stratigrafie dei singoli lotti o addirittura delle singole prove, in caso di opere puntuali, per il dimensionamento delle fondazioni.

Gli sbancamenti dovranno essere eseguiti implementando tecniche tali da operare in sicurezza e preservare i manufatti adiacenti, soprattutto nel caso di scavi di altezza superiore a 2,00 m. Si consiglia di adottare attenzione nello scavo ai fianchi, al fine di preservare le fondazioni delle abitazioni circostanti. Oltremodo, si consiglia di impermeabilizzare i fronti di scavo mediante teli impermeabili e di convogliare correttamente le acque di ruscellamento.

La scelta definitiva delle modalità di sbancamento, il dimensionamento delle strutture e di qualsiasi altro elemento di sostegno rimangono comunque di esclusiva competenza e responsabilità dello Strutturista incaricato e/o della Direzione Lavori e del responsabile della sicurezza. In tal senso, si raccomanda allo Strutturista di prendere atto dei parametri geomeccanici emersi della presente relazione.

In qualsiasi caso, i lavori dovranno procedere il più celermente possibile, e gli eventuali fronti di scavo dovranno essere protetti dagli agenti atmosferici mediante teloni impermeabili per tutto il tempo della loro esposizione.

Gli eventuali sbancamenti dovranno in generale essere eseguiti secondo quanto



previsto anche dalle linee guida ISPESL per l'esecuzione in sicurezza delle attività di scavo - D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, ed attenendosi alle norme di cui al D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 ("Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007 n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro") e s.m.i.

Eventuali acque di infiltrazione intercettate durante gli scavi dovranno essere prontamente raccolte e smaltite. Al fine di preservare le strutture fondazionali e di contenimento, sarà importante garantire un corretto smaltimento delle acque meteoriche e di ruscellamento subsuperficiale, sotto l'esclusiva competenza e responsabilità del Progettista incaricato.



10 CONCLUSIONI

Su incarico della Soc. DOSS S.p.A. viene redatta la presente relazione geologico – geotecnica e sismica in supporto al programma integrato di intervento Val Flesch sito in comune di Clusone (BG).

La relazione si è resa necessaria per definire correttamente le tipologie e le caratteristiche geologiche dei terreni interessati dal progetto, in aderenza alle disposizioni previste in materia di costruzioni.

L'indagine si è articolata in sopralluoghi in sito finalizzati ad appurare la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche dei terreni affioranti, l'eventuale presenza di dissesti e, più in generale, l'assetto geologico dell'area e di un suo ragionevole intorno. È stata eseguita una campagna di indagini geognostiche, costituita da n. 3 sondaggi geognostici spinti sino alla profondità di 15.00 m ciascuno, 6 prove penetrometriche e 5 indagini sismiche; inoltre, sono stati recuperati i dati di campagna geognostica svolta sempre in sito nel 2006.

Si precisa che le indicazioni tecniche proposte e tutte le elaborazioni effettuate dallo scrivente si basano strettamente sulla documentazione e sulle informazioni fornite dal Progettista e/o dalla Committenza. Pertanto, nel caso in cui gli interventi di progetto fossero sottoposti a successive modifiche oppure le informazioni fornite non fossero pienamente conformi all'effettiva realtà dei luoghi e delle opere (per aggiunte o eliminazioni di parti degli interventi, cambiamenti di volumi o superfici, variazioni negli sbancamenti, nella posizione delle strutture, nei carichi, ecc.), lo scrivente dovrà essere tempestivamente informato per la valutazione geologico-geotecnica delle nuove condizioni.

La presente relazione ha carattere unicamente geologico - geotecnico e non effettua alcuna considerazione sulla qualità ambientale e/o sulle caratteristiche chimiche dei terreni interessati dal progetto, né sui suoi aspetti paesaggistici.



Nel rispetto delle condizioni sopra riportate e contenute nella presente relazione, si ritiene che non vi siano controindicazioni di carattere geologico - geotecnico alla realizzazione delle opere di progetto. L'intervento è quindi geologicamente compatibile.

Clusone, Novembre 2025

Dott. Geol. Sergio Ghilardi



Dott. Ing. Francesco Ghilardi



ELENCO ALLEGATI

- Tavola 1 – Ubicazione indagini geognostiche e sezioni litotecniche
- Allegato 1 – Log sondaggi geognostici
- Allegato 2 – Log delle prove penetrometriche 2006
- Allegato 3 – Log delle prove penetrometriche 2025



- [illegible]

COMUNE DI CLUSONE
Prov. di Bergamo

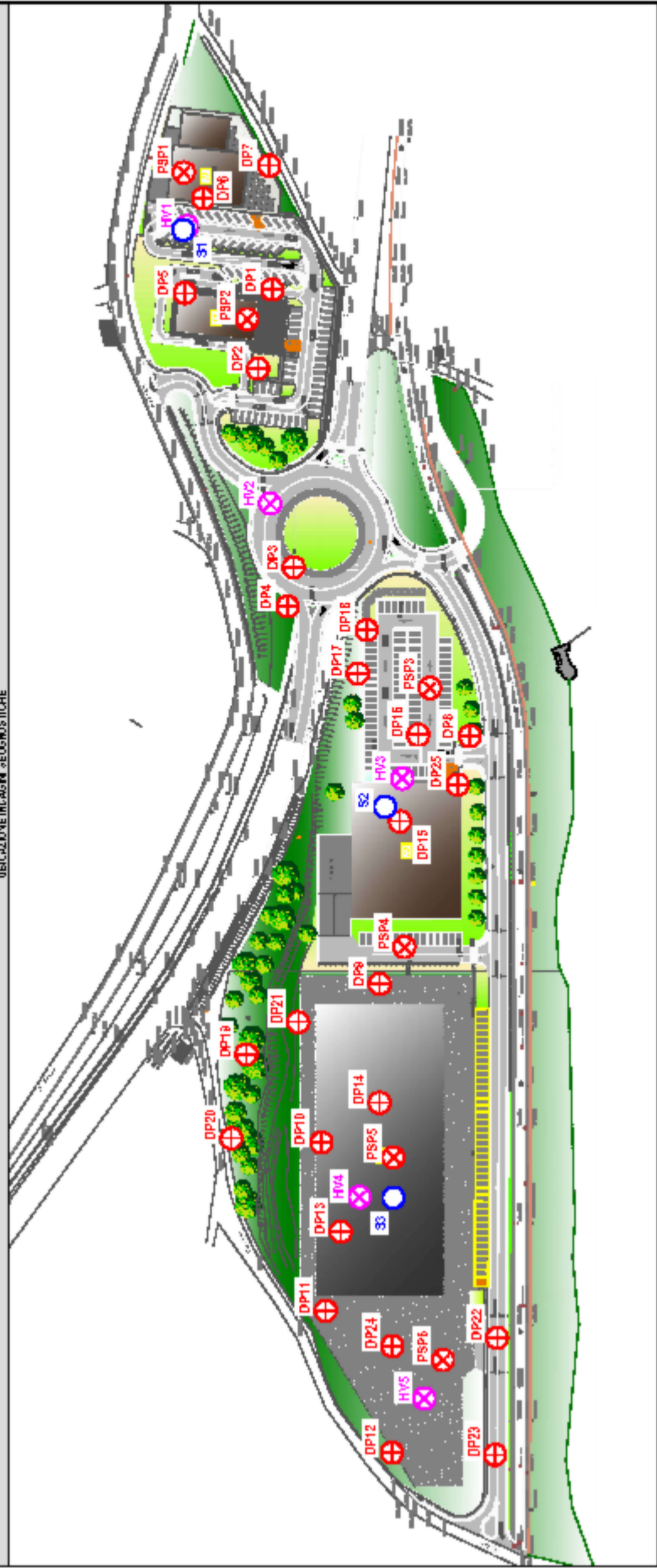
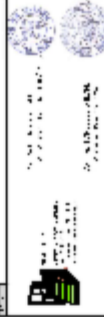
COMMENTS: DOGS SPAL

PROGRAMMA INTEGRATIVO D'INTERVENTO
"VIA FLESH"

RESULTS

PLANNING CELL NO. 31M GEDGNDSTC-4E

1	2	3	4	5	6

[illegible]

ALLEGATO 1



STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO												Sondaggio			
Data inizio - fine: 25.09.2025 Committente: DOSS S.p.A.				Località: Clusone, SS671, Loc. Fiorine Lavoro: P.I.I. Val Flesh				Lat. (UTM32N): 5080914.30 Long. (UTM32N): 571600.59				S1			
Ditta esecutrice: SGB Perforazioni Responsabile sondaggio: Studio G.E.A.				Quota assoluta s.l.m.: 553 m Profondità complessiva: 15 m				d. rivestimento: 127 mm d. carotiere: 101 mm				Pagina			
Tipologia di sondaggio: carotaggio continuo Tipologia di sonda: Beretta				Caratteristiche del sondaggio:		PIEZOMETRO INCLINOMETRO PROVE S.P.T. IN FORO PRELIEVI DI CAMPIONI PROVE DI PERMEABILITÀ		POCKET TEST - VANE TEST LETTURE FREATIMETRICHE VIDEOISPEZIONE IN FORO PROVE GEOFISICHE ALTRE PROVE		1/3					
Scala	Qt	Lito.	Descrizione	pp.	RQD	PERM.	S.P.T.	Camp.	Cass.	Metodo perf.	Metodo stab.	Falda da p.c.	Piez. / Incln.		
0			Terreno superficiale limoso marrone												
1			Ghiaie sciolte con sabbie, poco o assente limo in aumento con la profondità, ciottoli di dimensione < 10 cm, fratturati, a spigoli vivi o blandamente sub arrotondati, colore grigio.					C1 0.00 1.00 C2 1.00 2.00	CS1 0.00-5.00						
2							-2.00 m p.c. 25 - 20 - 15								
3						-2.50 m 4.09E-3 m/s									
4							-4.00 m p.c. 19 - 14 - 12								
5								C3 5.00 5.50							
6							-6.00 m p.c. 23 - 10 - 16								
7			Ghiaie sciolte con sabbie limose, ciottoli di dimensione < 10 cm, fratturati, a spigoli vivi o blandamente sub arrotondati, colore grigio, matrice di colore ocre						CS2 5.00-10.00						
8			Argille limose di colore grigio chiaro con immerse ghiaie sciolte di colore grigio, rari ciottoli > 10 cm.				-8.00 m p.c. 10 - 8 - 8								
9								C4 8.50 9.00							
10			Ghiaie, sabbie in matrice limosa, sciolte, con scarso recupero e presenza di ciottoli da fratturazione di dimensione < 10 cm. Matrice di colore ocre				-10.00 m p.c. 5 - 7 - 8								
11									CS3 10.00-15.00						
12			Argille limose di colore grigio chiaro con immerse ghiaie sciolte di colore grigio.												
13			Ghiaie, sabbie in matrice limosa, sciolte, con scarso recupero e presenza di ciottoli da fratturazione di dimensione < 10 cm. Matrice di colore ocre												
14			Argille limose di colore grigio chiaro con immerse ghiaie addensate di colore ocre chiaro/grigio ocreo.												
15															
16															
17															
18															
19															
20															
LEGENDA															
Metodi di perforazione				Metodi di stabilizzazione				Prove S.P.T. in foro				Prelievi di campioni rimaneggiati		Piezometro e inclinometro	
Carotiere semplice				Fanghi bentonitici				P.A. Punta aperta				Campione analisi ambientale		Tubo aperto	
Carotiere doppio				Rivestimento metallico				P.C. Punta chiusa				Campione analisi geotecnica		Casagrande	
Elica continua								Rifiuto				Elettrico		Intervallo fenestrato	
												Chiusura al fondo			
												Inclinometro			



STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO

Sondaggio

Data inizio - fine: 25.09.2025
Committente: DOSS S.p.A.

Località: Clusone, SS671, Loc. Fiorine
Lavoro: P.I.I. Val Flesh

Lat. (UTM32N): 5080914.30
Long. (UTM32N): 571600.59

S1

Ditta esecutrice: SGB Perforazioni
Responsabile sondaggio: Studio G.E.A.

Quota assoluta s.l.m.: 553 m
Profondità complessiva: 15 m

d. rivestimento: 127 mm
d. carotiere: 101 mm

Pagina

Tipologia di sondaggio: carotaggio continuo
Tipologia di sonda: Beretta

Caratteristiche
del sondaggio:

PIEZOMETRO
INCLINOMETRO
PROVE S.P.T. IN FORO
PRELIEVI DI CAMPIONI
PROVE DI PERMEABILITÀ

POCKET TEST - VANE TEST
LETTURE FREATIMETRICHE
VIDEOISPEZIONE IN FORO
PROVE GEOPISICHE
ALTRE PROVE

2/3

Ubicazione sondaggio S1



S1 Cassetta 1 - 0.00 - 5.00 m





STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO

Sondaggio

Data inizio - fine: 25.09.2025
Committente: DOSS S.p.A.

Località: Clusone, SS671, Loc. Fiorine
Lavoro: P.I.I. Val Flesh

Lat. (UTM32N): 5080914.30
Long. (UTM32N): 571600.59

S1

Ditta esecutrice: SGB Perforazioni
Responsabile sondaggio: Studio G.E.A.

Quota assoluta s.l.m.: 553 m
Profondità complessiva: 15 m

d. rivestimento: 127 mm
d. carotiere: 101 mm

Pagina

Tipologia di sondaggio: carotaggio continuo
Tipologia di sonda: Beretta

Caratteristiche
del sondaggio:

PIEZOMETRO
INCLINOMETRO
PROVE S.P.T. IN FORO
PRELIEVI DI CAMPIONI
PROVE DI PERMEABILITÀ

POCKET TEST - VANE TEST
LETTURE FREATIMETRICHE
VIDEOISPEZIONE IN FORO
PROVE GEOPISICHE
ALTRE PROVE

3/3

S1 Cassetta 2 - 5.00 - 10.00 m



S1 Cassetta 3 - 10.00 - 15.00 m

