Comune di Dalmine
Provincia di Bergamo

Rapporto geologico – geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni in via Brigata Alpina Orobica, Frazione Sabbio, in comune di Dalmine (Bg), quale supporto specialistico al progetto di realizzazione delle opere di urbanizzazione del Piano Attuativo R37

Elaborato R1 – R 2 – R3
Redatto ai sensi della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018

Committenti:

SABE IMMOBILIARE SRL,

CAVALLERI ALESSANDRO, CAVALLERI GREGORIO, VALOTI ELISA e

COMUNE DI DALMINE

Dott. Norberto Invernici
geologo
N° Iscr. O.R.G.L. 990

Bergamo, 26 Marzo 2026

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e Associati – P.I. 02752300166
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo - Tel/Fax 035/363186 - E mail: studiobergamaschi @tiscali.it

Indice

1.0 - Premessa 2

2.0 - Inquadramento geologico – geomorfologico - pedologico 2

2.1 Vulnerabilità dell'acquifero *3*

3.0 – Indagini in sito 5

3.1 Prove penetrometriche dinamiche continue SCPT *5*
3.1.1 - Correlazione SCPT – SPT ed interpretazioni geotecniche 6

3.2 Permeabilità del terreno dell'area di intervento *7*

3.3 Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR *8*

4.0 Elementi di microzonazione sismica 9

4.1 Analisi sismica di II Livello *10*

4.2 Verifica liquefazione terreno di sottofondo *12*

5.0 Caratteristiche geotecniche terreni 13

6.0 Conclusioni 13

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it

1.0 - Premessa

A seguito dell'incarico conferitomi è stato redatto il seguente rapporto nel quale sono illustrati gli esiti conseguiti dagli studi e dalle indagini di carattere geologico - geotecnico – idrogeologico e di prima caratterizzazione sismica dei terreni siti lungo via Brigata Alpina Orobica, in comune di Dalmine (Bg), proponendosi quale supporto specialistico al progetto di formazione delle opere di urbanizzazione del Piano Attuativo R37, secondo le indicazioni progettuali fornite dall'Ing. Valle, ai cui elaborati si rimanda per i dettagli. Il seguente rapporto analizza esclusivamente gli aspetti geologici e geotecnici generali del lotto, funzionali a questa fase autorizzativa ed in nessun caso potrà essere utilizzato a supporto della progettazione o della richiesta dei PdC degli edifici residenziali sui singoli lotti, che alla data odierna non sono ancora definiti. I terreni di intervento risultano inseriti in Classe 2a (fattibilità con modeste limitazioni) nella carta di fattibilità geologica per le azioni di piano dello studio geologico a supporto della pianificazione comunale di Dalmine aggiornato nel 2019 per problematiche connesse con la presenza di sedimenti superficiali ghiaiosi sabbiosi permeabili e conseguente vulnerabilità dell'acquifero. Le NtA di carattere geologico del PGT e le NTC 2018 prescrivono che gli interventi di trasformazione territoriali che insistono su tali aree siano supportati da approfondimenti di indagini in sito per definire la compatibilità dell'l'intervento con le condizioni geologiche locali e per prescrivere, laddove necessario, eventuali accorgimenti tecnico – costruttivi specifici. Dal punto di vista sismico il territorio comunale di Dalmine (Bg) è stato classificato dalla DGR X/2489 come comune in zona 3 , mentre il lotto oggetto di intervento risulta caratterizzato da Pericolosità Sismica Locale Z4a per potenziali amplificazioni litologiche/stratigrafiche. L'assetto geologico del territorio è stato desunto dalla documentazione esistente (con particolare riferimento allo studio geologico di supporto alla pianificazione comunale di Dalmine) e dai sopralluoghi eseguiti sulle aree di studio, mentre per l'acquisizione dei parametri litotecnici dei terreni di sottofondo, si è fatto ricorso a indagini geognostiche in sito eseguite in data 23 Marzo 2026 mediante n° 4 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT, utilizzando il penetrometro Compac 75 Superpesante DPSH (Dynamic Probing Super Heavy), normalizzato secondo gli standard ISSMFE e attraverso indagine sismica passiva a stazione singola HVSR, finalizzata alla stima del valore di Vs e all'attribuzione della categoria sismica del sottofondo. Lo studio è stato predisposto seguendo i riferimenti legislativi e normativi riportati nella DGR 5001/2016, nella L.R. 33/2015, nella D.G.R. 2616/2011 e nelle NTC 2018 ed il presente rapporto costituisce gli elaborati R1 – R2 – R3 (Relazione geologica – Relazione geotecnica) delle citate normative, condensati in unico documento.

2.0 - Inquadramento geologico – geomorfologico - pedologico

L'area oggetto di studio è posta lungo via Brigata Alpina Orobica, a Est dell'autostrada A4, e a Sud del cimitero della frazione Sabbio. L'idrografia superficiale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno è priva di reticolo idrico naturalmente affermato; sono invece ben rappresentati i reticoli di rogge irrigue con portate regolate, che tuttavia scorrono a distanze tali dal lotto oggetto di intervento da non potersi in ogni caso attendere interferenze di alcun genere. Relativamente agli aspetti idrogeologici l'area risulta caratterizzata da vulnerabilità elevata dell'acquifero in relazione all'elevata permeabilità dei depositi superficiali, benchè la soggiacenza della superficie piezometrica si attesti mediamente ad oltre 30 m dal piano campagna. Per tale problematica l'area è stata inserita in Classe 2a (fattibilità con modeste limitazioni) nello studio geologico di PGT del 2019 considerata la vulnerabilità dell'acquifero. L'assetto

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it



LEGENDA

Confine comunale

Depositi di alveo attivo (Attuale):
Ghiaie poligeniche ed eterometriche pulite o in scarsa matrice sabbiosa

Depositi fluviali terrazzati della rete idrografica minore (Olocene):
Limi sabbiosi e limi argillosi con ghiaie

Depositi fluviali terrazzati (Olocene):
Ghiaie poligeniche ed eterometriche immerse in matrice sabbiosa, lolamente sabbiosa e/o limosa, in spessi strati amalgamati localmente intervallati da strati sottili e medi di limi argillosi e sabbiosi con ghiaie

Depositi fluvio-glaciali (Pleistocene superiore):
Ghiaie poligeniche ed eterometriche immerse in matrice sabbiosa, loclamente sabbiosa e/o limosa, in spessi strati amalgamati, localmente intervallati da strati sottili e medi di limi argillosi e sabbiosi con ghiaie

Proiezione in superficie di sovrascorrimenti sepolti dalle alluvioni quaternarie (il lato dei triangoli indica la direzione di immersione)

Area intervento

Stralcio della Carta geologica del vigente PGT di Dalmine
(non in scala)

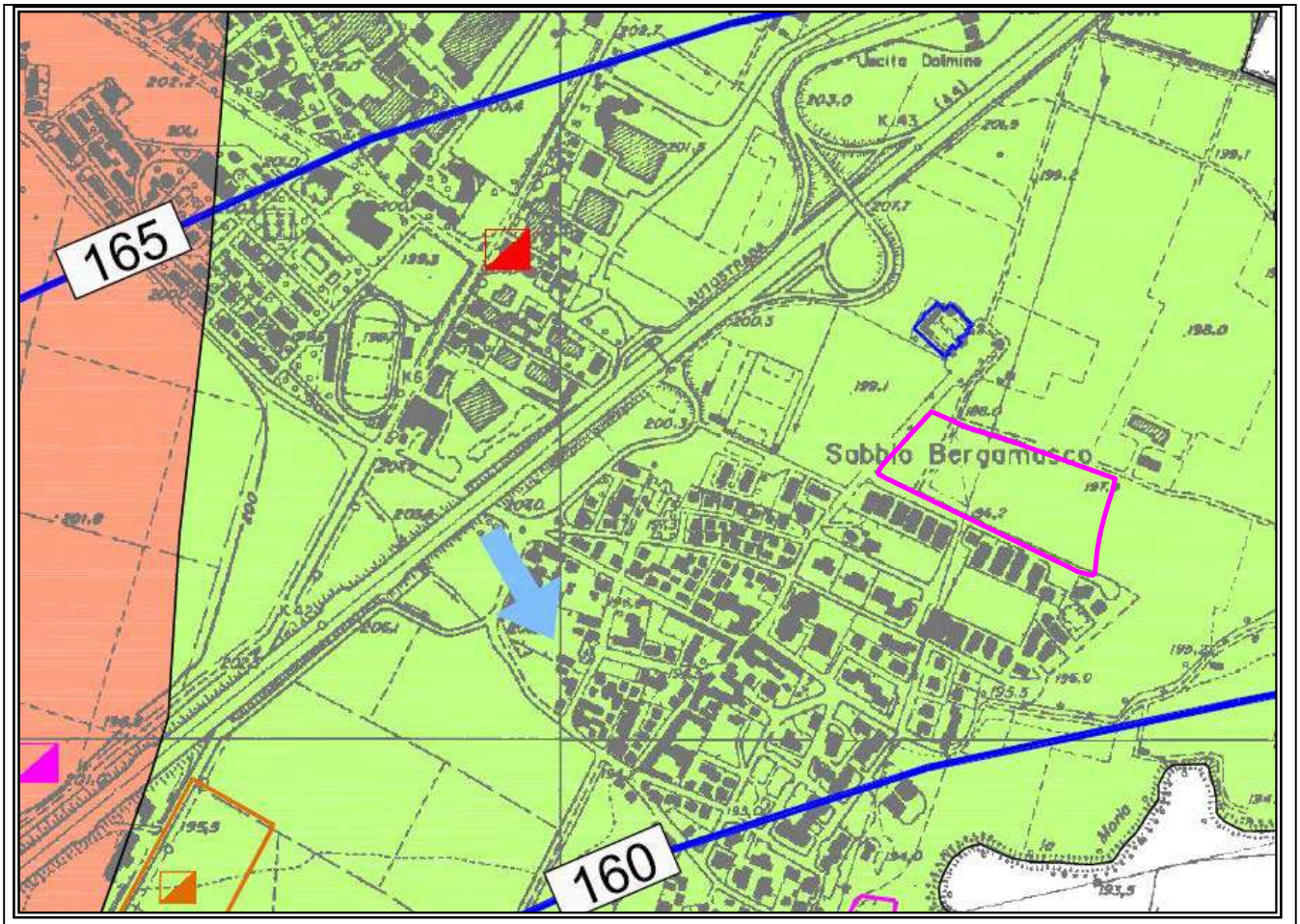
geomorfologico del territorio in esame e di un suo ragionevole intorno risulta, allo stato di fatto, sostanzialmente stabile, non mostrando evidenze di processi geomorfologici significativi considerato anche l'elevato grado di antropizzazione che non consente di percepire gli originari rapporti morfologici. Dal punto di vista geologico l'area oggetto di studio è compresa entro i limiti di affioramento dei litotipi riferibili ai sedimenti continentali quaternari in facies fluvioglaciale, descritti in letteratura con il nome di Complesso del Brembo – Unità di Brembate (Pleistocene Medio). Tale Unità è composta da depositi fluvioglaciali rappresentati da ghiaie, da medio grossolane a grossolane, a supporto clastico, con matrice sabbiosa e localmente da ghiaie molto grossolane con presenza di massi. I clasti si presentano da arrotondati a subarrotondati e discoidali, con un grado di selezione da medio a buono crescente verso Sud, con una gradazione diretta, un'embricatura a basso angolo e, per lo più, con stratificazione suborizzontale grossolana e subordinatamente incrociata concava. Si rinvengono inoltre orizzonti e lenti di natura sabbiosa, con laminazioni orizzontale e incrociata a basso angolo, e di natura limosa. Le indicazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico emerse dallo studio delle aree di intervento e dai sopralluoghi in sito non hanno evidenziato la presenza di processi geomorfologici relitti, quiescenti o in atto, che possano, a seguito della realizzazione delle opere di progetto, evolvere verso forme di dissesto idrogeologico o che possano in qualche modo interferire con esse; lo studio geologico di PGT, redatto ai sensi della L.R. 12/2005, non individua inoltre situazioni di potenziale criticità idrogeologica e non prescrive pertanto, per l'area di intervento, l'adozione di alcuna misura di mitigazione/protezione preventiva e l'intervento risulta pertanto compatibile con la classe di fattibilità geologica attribuita e rispetta quanto previsto dalla DGR 2616/2011.

2.1 Vulnerabilità dell'acquifero

Nel caso specifico la falda idrica superiore è di tipo libero, con litologie dell'insaturo costituite prevalentemente da sabbie e ghiaie e conglomerati, con rari livelli limosi e con superficie piezometrica posta ad oltre – 30 m di profondità. Col termine "vulnerabilità di un acquifero" si intende la facilità con cui lo stesso possa essere raggiunto da una sostanza inquinante. Tutti gli acquiferi (liberi e confinati) presentano un grado di sensibilità alla propagazione di inquinanti provenienti dalla superficie o immessi direttamente nel sottosuolo che dipende da una serie di fattori come ad esempio:

1. le caratteristiche fisiche e chimiche del sottosuolo;
2. granulometria, tessitura, porosità, indice di fratturazione del sistema idrologico;
3. soggiacenza della falda e entità delle sue oscillazioni;
4. i parametri che regolano il deflusso idrico sotterraneo (conducibilità idraulica, trasmissività etc);
5. condizioni di alimentazione e drenaggio. Tutti questi fattori concorrono a definire la "vulnerabilità intrinseca" ovvero la vulnerabilità propria del sistema acquifero.

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it



Direzione del flusso idrico sotterraneo

Isopieze m. s.l.m. (Inverno 2009 - 2010)

Greto fluviale del Fiume Brembo

Pozzi idrici

Depuratore

Industria a rischio incidente rilevante

Cimiteri

Serbatoi di combustibile

Inceneritore

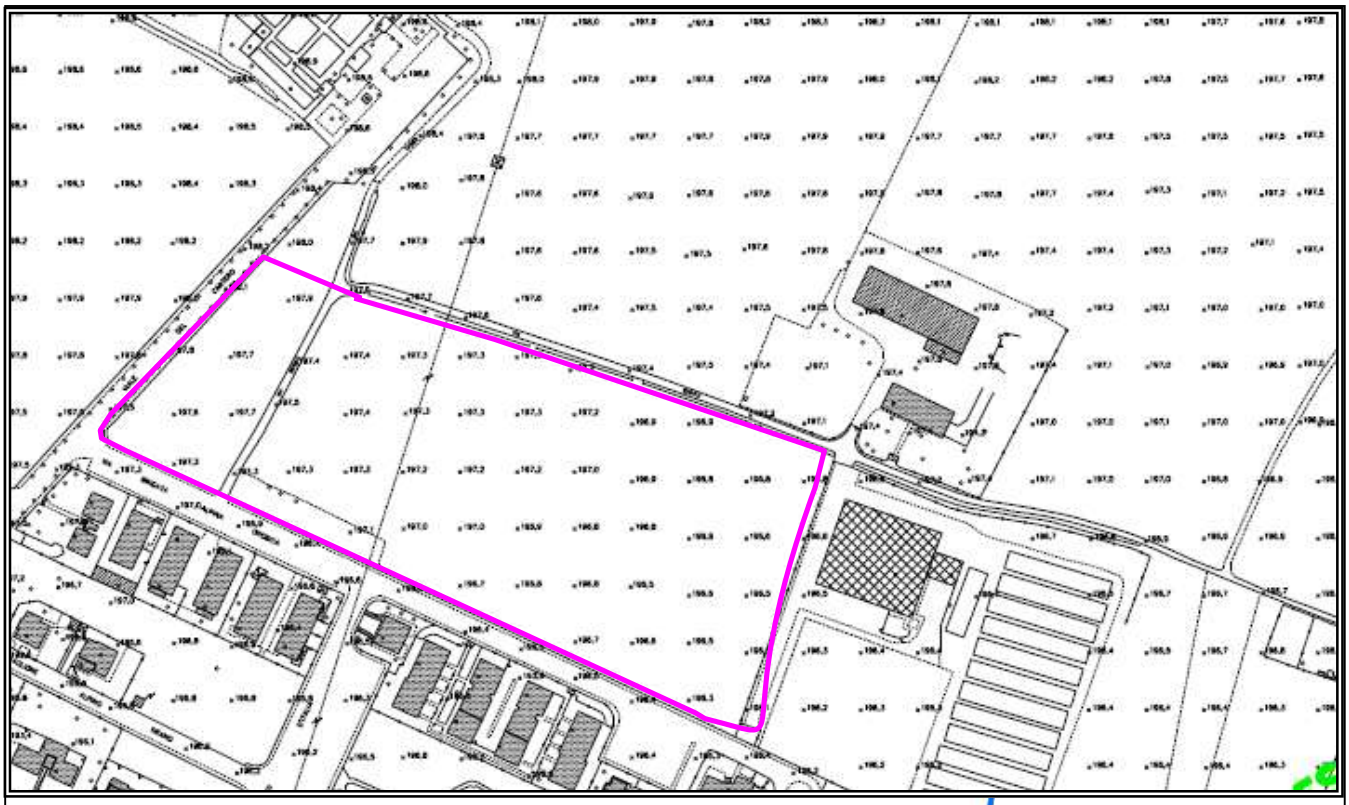
Cave

Area intervento

VULNERABILITA' INTRINSECA				
	Grado di vulnerabilità	Litologia a protezione dell'acquifero	Profondità del tetto dell'acquifero	Caratteristiche acquifero
	ELEVATO	Sabbia	< 10 m	libera
		Ghiaia	> 10 m	libera
	ALTO	Limo	< 10 m	libera
		Sabbia	> 10 m	libera
		Sabbia	< 10 m	confinata
		Ghiaia	< 10 m	confinata
	MEDIO	Argilla	< 10 m	confinata/libera
		Limo	< 10 m	confinata
		Limo	> 10 m	libera
		Sabbia/Ghiaia	> 10 m	confinata
	BASSO	Argilla	> 10 m	confinata/libera
		Limo	> 10 m	confinata

Schema di attribuzione delle classi di vulnerabilità - Metodologia CNR-GNDCI 1996

Stralcio della Carta Idrogeologica del vigente PGT di Dalmine
(non in scala)



Confine comunale

reticolo idrico principale (individuato ai sensi della D.g.r. 25 genn 2002 n.7/7868 e approvato dallo STER di Bergamo con parere prot. n. A006.2006.0017117 del 27/11/2006

reticolo idrico consortile (individuato ai sensi della D.g.r. 25 genn 2002 n.7/7868 e approvato dallo STER di Bergamo con parere prot. n. A006.2006.0017117 del 27/11/2006

VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO

Fasce PAI *(Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Po approvato con DPCM 24 maggio 2001)*

Fascia PAI - limite esterno della fascia A

Fascia PAI - limite esterno della fascia B

Fascia PAI - limite esterno della fascia C

Aree allagabili - mappe P.G.R.A. *(approvato dal Comitato Istituzionale dell'AdBPo in data 03.03.2016)*

Ambito territoriale - Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)

Aree interessate da pericolosità da alluvioni frequenti (aree P3)

Aree interessate da pericolosità da alluvioni poco frequenti (aree P2)

Aree interessate da pericolosità da alluvioni rare (aree P1)

Ambito territoriale - Reticolo secondario di pianura (RSP)

Aree interessate da pericolosità da alluvioni frequenti (aree P3)

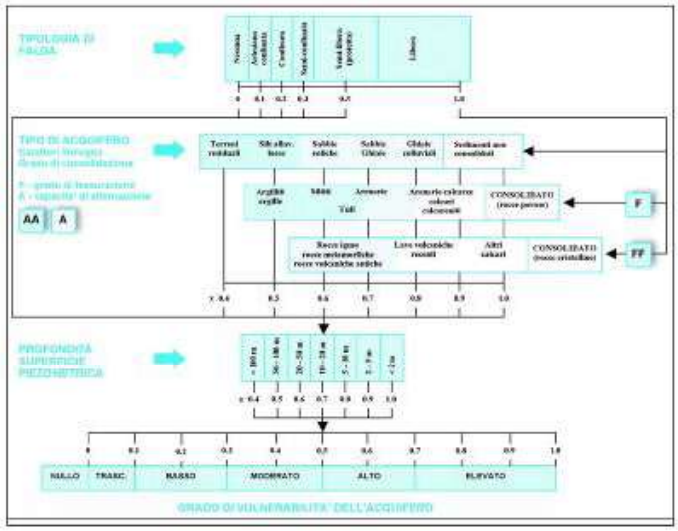
Aree interessate da pericolosità da alluvioni poco frequenti (aree P2)

FASCE DI RISPETTO DEI CORSI D'ACQUA

Vincolo di polizia idraulica:
area ove e' vietata l'edificazione e gli scavi entro una fascia 10 m in freglo al corso d'acqua.
(ai sensi dell'art.96 lettera f) del R.D. n. 523/1904)

Area intervento

Stralcio della Carta dei Vincoli del vigente PGT di Dalmine
(non in scala)



La vulnerabilità delle falde, in realtà, è condizionata anche dalla natura e dalla tipologia di inquinante proveniente dalla superficie ovvero dalle sue caratteristiche fisico-chimiche (solubilità in acqua, coefficiente di distribuzione, coefficienti di diffusione ecc..). Per la stima della vulnerabilità del primo acquifero dell'area di intervento, si è fatto riferimento al metodo numerico G.O.D. (Foster - Hirata, 1987) che consiste nella stima di tre fattori (il cui range numerici sono riportati in figura allegata

Assegnando i seguenti valori:

- **G:** Tipologia della falda (libera, confinata, semiconfinata);
- **O:** Tipo di acquifero, in particolare caratteristiche litologiche e grado di consolidazione delle rocce della zona non satura (per gli acquiferi non confinati) e dei livelli confinanti a tetto (per gli acquiferi confinati);
- **D:** soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquiferi non confinati o tetto dell'acquifero nel caso di acquiferi confinati.

La vulnerabilità intrinseca si ricava dal prodotto dei tre indici numerici corrispondenti ai parametri sopramenzionati **(Indice GOD= G*O*D).**

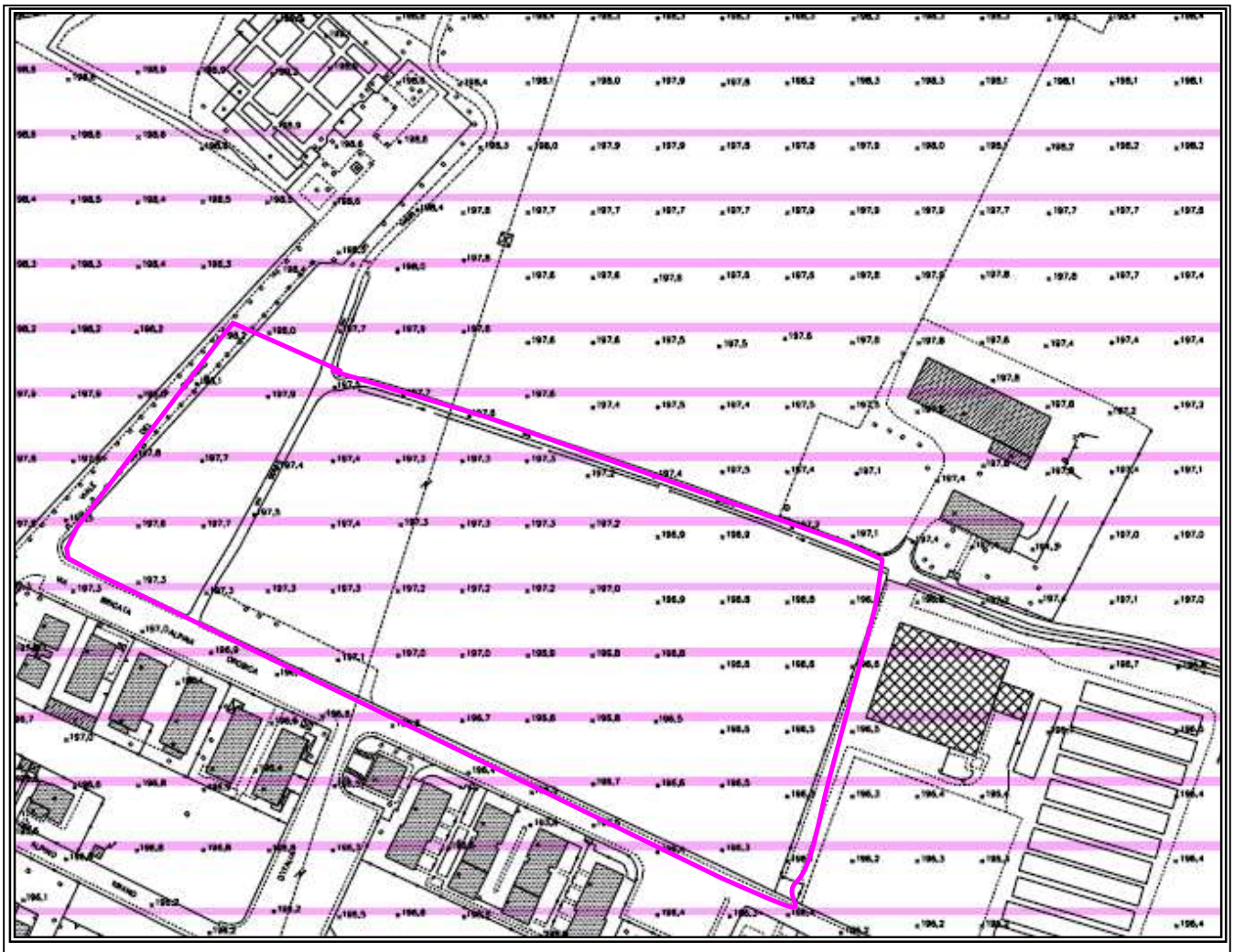
L'indice GOD può essere compreso tra 0 e 1 e corrisponde a 5 gradi di vulnerabilità come di seguito riportati:

- 0 – 0,1: vulnerabilità trascurabile;
- 0,1 – 0,3: vulnerabilità bassa;
- 0,3 – 0,5: vulnerabilità moderata;
- 0,5 – 0,7: vulnerabilità alta;
- 0,7 – 1: vulnerabilità elevata.

Gli autori (Foster et alii, 2002) hanno chiarito il significato dei diversi gradi di vulnerabilità :

GRADO DI VULNERABILITA'	DEFINIZIONE
Elevata	Vulnerabilità alla maggioranza degli inquinanti con rapido impatto in molti dei possibili scenari d'inquinamento.
Alta	Vulnerabilità a molti inquinanti (eccetto quelli fortemente adsorbiti o velocemente trasformati) con rapido impatto in tutti gli scenari di inquinamento.
Moderata	Vulnerabilità a qualche inquinante ma solo quando rilasciati in maniera continua.
Bassa	Vulnerabilità nel caso di inquinanti conservativi rilasciati in maniera continua.
Trascurabile	Sono presenti strati confinanti con flusso verticale non significativo.

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it



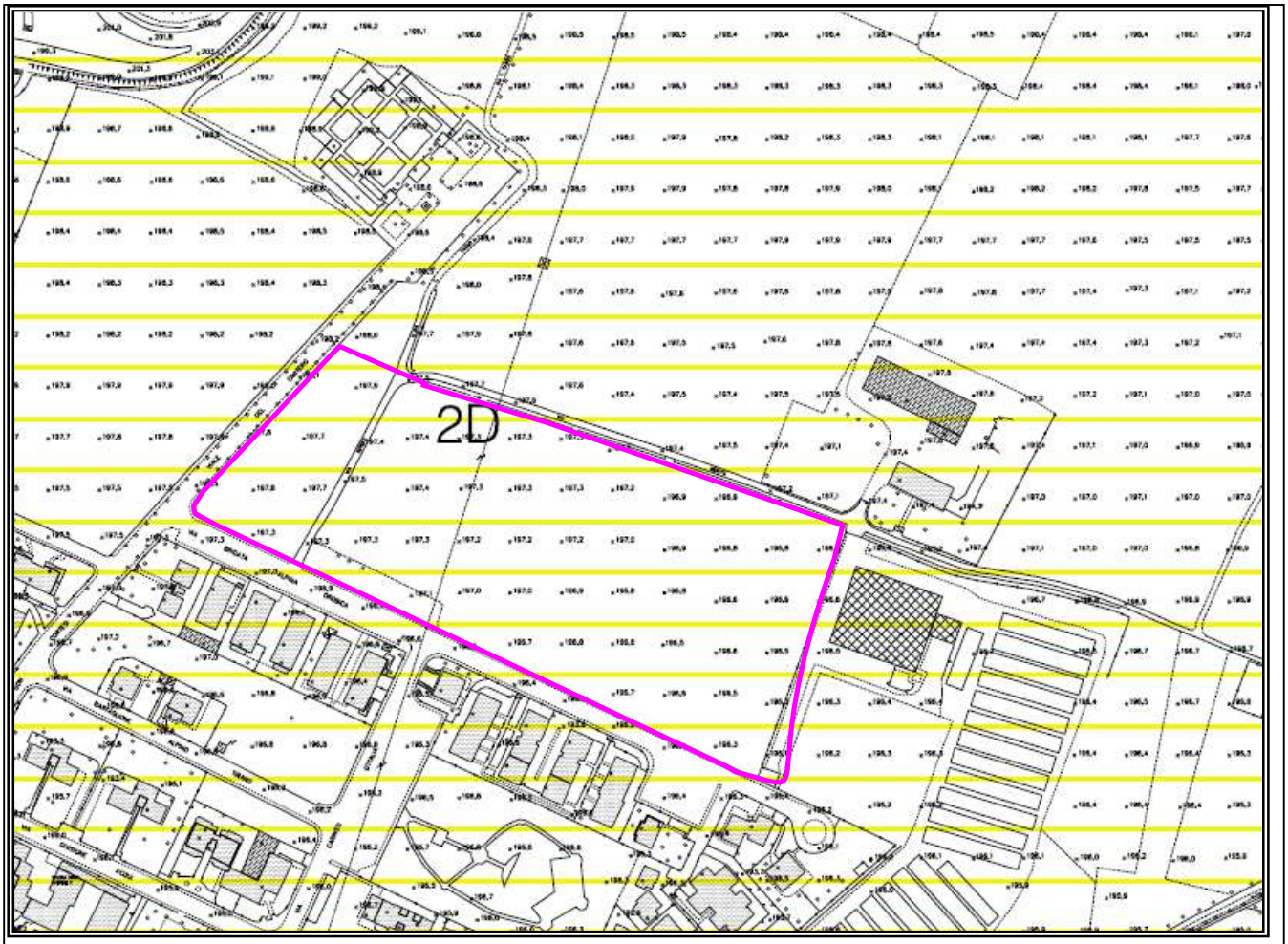
AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Aree a vulnerabilità intrinseca di grado ALTO E ELEVATO

Aree a vulnerabilità intrinseca di grado MEDIO

Area intervento

Stralcio della Carta di Sintesi del vigente PGT di Dalmine
(non in scala)



Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico (D)

2D — Aree a vulnerabilità intrinseca di grado MEDIO

3D — Aree a vulnerabilità intrinseca di grado ALTO E ELEVATO

Aree manomesse dal punto di vista antropico (C)

3C — CLASSE 3C: Aree oggetto di scavi e riporti

Aree con problematiche di tipo geotecnico e/o di instabilità dei versanti (A)

2A — CLASSE 2A: terreni ghiaioso sabbiosi con presenza di lenti anche superficiali di materiale limoso argilloso (TUTTO IL TERRITORIO COMUNALE).

3A — CLASSE 3A: aree poste in corrispondenza di terrazzi morfologici (pendii inclinati e aree di influenza a monte e a valle)

3A' — CLASSE 3A': aree soggette a possibili ristagni d'acqua

PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

1^ livello di approfondimento sismico

PSL Z4a: aree caratterizzate da effetti di amplificazioni litologiche. Zona con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali e/o coesivi. TUTTO IL TERRITORIO COMUNALE

PSL Z2a: possibile presenza di strati superficiali particolarmente scadenti (riporti poco addensati depositi altamente compressibili etc.) che possono dare luogo a fenomeni di cedimenti TUTTO IL TERRITORIO COMUNALE

2^ livello di approfondimento sismico

Punti di indagine ove è stato costruito il modello geologico e geofisico per valutare gli effetti litologici di amplificazione *(studio effettuato nell'ambito della componente Geologica Idrogeologica e Sismica del vigente PGT redatta dallo Studio GEAS nel febbraio 2011)*
Per tutto il territorio comunale risulta:
Fa 0.1-0.5 s ≤ Fa soglia comunale
Fa 0.5-1.5 s ≤ Fa soglia comunale

Area intervento

Stralcio della Carta di Fattibilità geologica del vigente PGT di Dalmine (non in scala)

Per il caso specifico assegnando i seguenti valori:

- Al parametro G è stato attribuito un punteggio pari a 1 (falda libera).
- Al parametro O è stato assegnato un punteggio di 0.7 corrispondente ad una litologia di natura ghiaioso-sabbiosa e conglomeratica (almeno per i livelli più profondi di terreno).
- Al parametro D è stato assegnato un punteggio pari a 0.6;

Si ottiene per l'area in esame un valore di GOD =0.42 che determina un grado di vulnerabilità Moderata

Si ritiene che l'intervento non sia in grado di apportare significative alterazioni dello stato dei luoghi e sotto il profilo idrogeologico considerato il contesto industriale in cui si inserisce, già ampiamente trasformato nei decenni, e sia pertanto compatibile con le locali condizioni riscontrate.

3.0 – Indagini in sito

Per definire la successione stratigrafico – litotecnica ed i parametri sismici dei terreni di sottofondo si è fatto ricorso alle indagini geognostiche in sito mediante esecuzione di n° 4 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT nonché n° 1 indagine sismica passiva a stazione singola HVSR.

3.1 Prove penetrometriche dinamiche continue SCPT

Le prove sono state eseguite con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPSH – 75 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

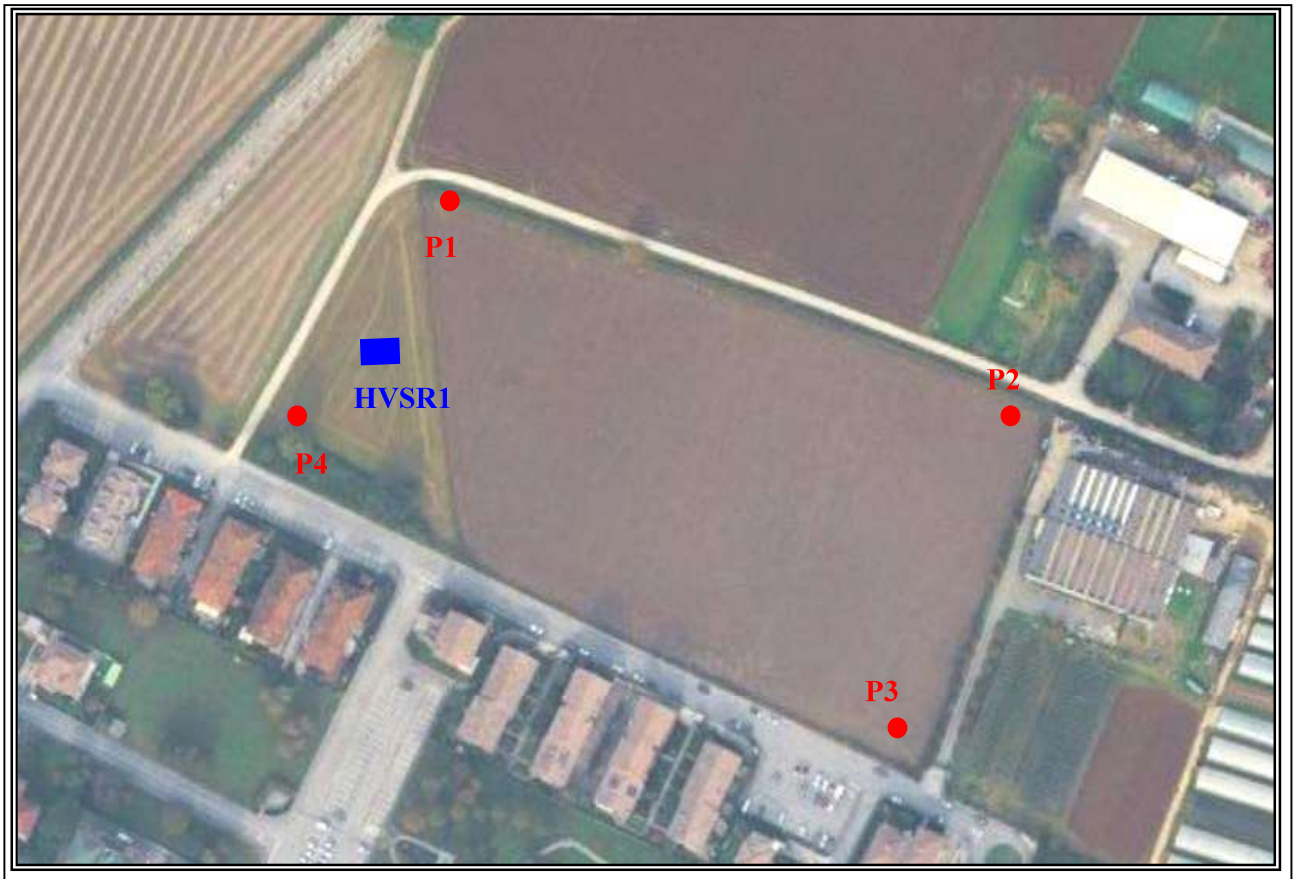
Peso massa battente 63,5 Kg - altezza caduta libera 0,75 m - Diametro punta conica 50,8 mm - - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 6,3 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,90 m - Avanzamento punta 0,20 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 20 cm permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. Gli esiti conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area contermine sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate:

Profondità da p.c. raggiunta	
N° prova	**Profondità in m da p.c.**
1	9,20
2	6,80
3	7,40
4	8,60

Le prove sono state spinte fino alla quota a cui è stato riscontrato il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica, compatibile con la presenza di livelli ghiaiosi o ciottoli isolati di maggiori dimensioni, che hanno impedito l'ulteriore avanzamento della punta penetrometrica. Durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di acqua (aste estratte asciutte).

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it



Legenda:

- **P1** – Prova penetrometrica dinamica continua SCPT n° 1
- **HVSR1** – Indagini sismica passiva HVSR 1

Schema di ubicazione indagini in sito
Non in scala

L'esito delle penetrometrie eseguite è compatibile con la seguente stratigrafia:

Livello geotecnico A – Coltre superficiale argillosa limosa con rari ciottoli che da piano campagna si spinge fino a circa 1,4 m di profondità, dotata di caratteristiche geotecniche scadenti.

Livello geotecnico B - Al letto del livello A seguono Limi con ciottoli maggiormente resistenti dotati di mediocri caratteristiche geotecniche che si spingono fino a – 2,80 m di profondità.

Livello geotecnico C - Al letto del livello B seguono limi argillosi con ciottoli dotati di mediocri caratteristiche geotecniche che si spingono fino circa – 7,40 m di profondità.

Livello geotecnico D - Al letto del livello C seguono ghiaie limose dotate di buone caratteristiche geotecniche il cui grado di addensamento aumenta con la profondità fino a determinare il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica.

3.1.1 - Correlazione SCPT – SPT ed interpretazioni geotecniche

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica continue SCPT ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT (Standar Penetration Test), è necessario applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT, per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Nel caso specifico la correzione è stata operata sulla base delle differenti modalità esecutive della prova SCPT e della prova SPT (peso del maglio, volata, area della punta, ecc.) che comportano energie di infissione ovviamente differenti; per rapportare il numero di colpi dell' SPT con quelli del dinamico continuo diversi Autori propongono l'applicazione del seguente fattore correttivo:

$$Cf = \frac{M1 \cdot H1 \cdot P11 \cdot Ap1}{M2 \cdot H2 \cdot P12 \cdot Ap2}$$

dove:

M2	=	peso del maglio SPT (63.5 kg);
H2	=	volata del maglio SPT (75 cm);
Pl2	=	passo di lettura SPT (15 cm);
Ap2	=	area della punta SPT (20.4 cmq);
M1	=	peso del maglio del dinamico continuo;
H1	=	volata del maglio del dinamico continuo;
Pl1	=	passo di lettura del dinamico continuo;
Ap1	=	area della punta del dinamico continuo.

Il numero di colpi da utilizzare nel calcolo dei parametri geotecnici sarà dato da:

$$Nspt = CfNscpt$$

Nel caso specifico il coefficiente di correlazione è stato assunto pari a 1,5 in accordo con i risultati ottenuti da Muromachi e Kobayashi (1981), che hanno presentato una correlazione fra N30 (colpi per 30 cm di penetrazione) ed Nspt attraverso l'utilizzo del penetrometro l'RTRI-HEAVY, giapponese, con maglio di 63,5 Kg, caduta 75 cm, dpunta = 5,08 cm, il quale è simile al penetrometro italiano tipo EMILIA-DPSH (e al penetrometro utilizzato per le seguenti prove). I due autori trovano che i dati, rilevati in materiali compresi in un'ampia gamma granulometrica, tenendo conto dell'influenza dell'attrito laterale la relazione diventa: $\frac{N_{30}}{Nspt} = 1,5$

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalle prove penetrometriche SCPT, nonché lo studio delle stratigrafie dei pozzi idrici presenti sul territorio comunale, ha consentito di ricostruire l'assetto stratigrafico – geotecnico

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE SCPT

Committente: Vari Cantiere: Via Brigata Alpina Orobica Località: Dalmine (Bg)	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: Compac DPSH 75

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63.5	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	8	Kg
Diametro punta conica	64.57	mm
Area di base punta	32.75	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6.3	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80	m
Avanzamento punta	0.20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	0.918	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	60	°

Classificazione ISSMFE (1988) delle sonde Penetrometriche dinamiche

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa battente in Kg
Leggero	DPL (Light)	M<10
Medio	DPM (Medium)	10<M<40
Pesante	DPH (Heavy)	40<M<60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M>60

PROVA ... Nr.1
Strumento utilizzato... Compac DPSH 75
Prova eseguita in data 23/03/2026
Profondita' prova 9,20 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	4	0,855	33,22	38,87	1,66	1,94
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	2	0,843	16,39	19,44	0,82	0,97
1,00	2	0,840	15,10	17,98	0,75	0,90
1,20	2	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,40	2	0,833	14,97	17,98	0,75	0,90
1,60	11	0,830	82,03	98,89	4,10	4,94
1,80	8	0,826	59,43	71,92	2,97	3,60
2,00	9	0,823	61,96	75,27	3,10	3,76
2,20	7	0,820	48,01	58,54	2,40	2,93
2,40	7	0,817	47,84	58,54	2,39	2,93
2,60	10	0,814	68,10	83,63	3,40	4,18
2,80	11	0,811	74,65	92,00	3,73	4,60
3,00	6	0,809	37,94	46,91	1,90	2,35
3,20	4	0,806	25,21	31,27	1,26	1,56
3,40	5	0,803	31,41	39,09	1,57	1,95
3,60	3	0,801	18,78	23,46	0,94	1,17
3,80	2	0,798	12,48	15,64	0,62	0,78
4,00	5	0,796	29,22	36,70	1,46	1,84
4,20	2	0,794	11,65	14,68	0,58	0,73
4,40	3	0,791	17,43	22,02	0,87	1,10
4,60	4	0,789	23,17	29,36	1,16	1,47
4,80	5	0,787	28,89	36,70	1,44	1,84
5,00	4	0,785	21,72	27,67	1,09	1,38
5,20	4	0,783	21,66	27,67	1,08	1,38
5,40	4	0,781	21,61	27,67	1,08	1,38
5,60	5	0,779	26,95	34,59	1,35	1,73
5,80	5	0,777	26,88	34,59	1,34	1,73
6,00	6	0,775	30,43	39,24	1,52	1,96
6,20	6	0,774	30,36	39,24	1,52	1,96
6,40	7	0,772	35,34	45,78	1,77	2,29
6,60	5	0,770	25,19	32,70	1,26	1,64
6,80	4	0,769	20,11	26,16	1,01	1,31
7,00	4	0,767	19,03	24,81	0,95	1,24
7,20	5	0,766	23,74	31,01	1,19	1,55
7,40	5	0,764	23,70	31,01	1,18	1,55
7,60	9	0,763	42,57	55,82	2,13	2,79
7,80	9	0,761	42,49	55,82	2,12	2,79
8,00	11	0,760	49,30	64,87	2,46	3,24
8,20	10	0,759	44,74	58,97	2,24	2,95
8,40	18	0,707	75,08	106,15	3,75	5,31
8,60	26	0,656	100,58	153,33	5,03	7,67
8,80	31	0,605	110,55	182,82	5,53	9,14
9,00	34	0,603	115,34	191,12	5,77	9,56
9,20	35	0,602	118,49	196,74	5,92	9,84

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... Compac DPSH 75
Prova eseguita in data 23/03/2026
Profondita' prova 6,80 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	6	0,855	49,83	58,31	2,49	2,92
0,40	7	0,851	57,87	68,02	2,89	3,40
0,60	4	0,847	32,92	38,87	1,65	1,94
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	4	0,836	30,07	35,96	1,50	1,80
1,40	10	0,833	74,87	89,90	3,74	4,49
1,60	9	0,830	67,12	80,91	3,36	4,05
1,80	9	0,826	66,86	80,91	3,34	4,05
2,00	7	0,823	48,19	58,54	2,41	2,93
2,20	9	0,820	61,73	75,27	3,09	3,76
2,40	8	0,817	54,67	66,91	2,73	3,35
2,60	10	0,814	68,10	83,63	3,40	4,18
2,80	9	0,811	61,08	75,27	3,05	3,76
3,00	5	0,809	31,61	39,09	1,58	1,95
3,20	5	0,806	31,51	39,09	1,58	1,95
3,40	4	0,803	25,13	31,27	1,26	1,56
3,60	5	0,801	31,31	39,09	1,57	1,95
3,80	6	0,798	37,45	46,91	1,87	2,35
4,00	5	0,796	29,22	36,70	1,46	1,84
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	5	0,791	29,05	36,70	1,45	1,84
4,60	7	0,789	40,55	51,38	2,03	2,57
4,80	6	0,787	34,67	44,04	1,73	2,20
5,00	5	0,785	27,15	34,59	1,36	1,73
5,20	5	0,783	27,08	34,59	1,35	1,73
5,40	4	0,781	21,61	27,67	1,08	1,38
5,60	5	0,779	26,95	34,59	1,35	1,73
5,80	13	0,727	65,40	89,92	3,27	4,50
6,00	15	0,725	71,17	98,10	3,56	4,91
6,20	18	0,724	85,20	117,72	4,26	5,89
6,40	17	0,722	80,28	111,18	4,01	5,56
6,60	22	0,670	96,45	143,88	4,82	7,19
6,80	24	0,669	104,97	156,96	5,25	7,85

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... Compac DPSH 75
Prova eseguita in data 23/03/2026
Profondita' prova 7,40 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	3	0,855	24,92	29,15	1,25	1,46
0,40	5	0,851	41,34	48,59	2,07	2,43
0,60	4	0,847	32,92	38,87	1,65	1,94
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	5	0,833	37,44	44,95	1,87	2,25
1,60	6	0,830	44,75	53,94	2,24	2,70
1,80	6	0,826	44,57	53,94	2,23	2,70
2,00	7	0,823	48,19	58,54	2,41	2,93
2,20	6	0,820	41,15	50,18	2,06	2,51
2,40	8	0,817	54,67	66,91	2,73	3,35
2,60	7	0,814	47,67	58,54	2,38	2,93
2,80	6	0,811	40,72	50,18	2,04	2,51
3,00	6	0,809	37,94	46,91	1,90	2,35
3,20	7	0,806	44,11	54,73	2,21	2,74
3,40	5	0,803	31,41	39,09	1,57	1,95
3,60	4	0,801	25,05	31,27	1,25	1,56
3,80	4	0,798	24,97	31,27	1,25	1,56
4,00	4	0,796	23,37	29,36	1,17	1,47
4,20	6	0,794	34,96	44,04	1,75	2,20
4,40	5	0,791	29,05	36,70	1,45	1,84
4,60	4	0,789	23,17	29,36	1,16	1,47
4,80	3	0,787	17,33	22,02	0,87	1,10
5,00	3	0,785	16,29	20,75	0,81	1,04
5,20	2	0,783	10,83	13,83	0,54	0,69
5,40	4	0,781	21,61	27,67	1,08	1,38
5,60	6	0,779	32,34	41,50	1,62	2,08
5,80	6	0,777	32,26	41,50	1,61	2,08
6,00	5	0,775	25,36	32,70	1,27	1,64
6,20	7	0,774	35,42	45,78	1,77	2,29
6,40	10	0,772	50,49	65,40	2,52	3,27
6,60	11	0,770	55,42	71,94	2,77	3,60
6,80	13	0,719	61,11	85,02	3,06	4,25
7,00	12	0,767	57,10	74,43	2,85	3,72
7,20	15	0,716	66,58	93,03	3,33	4,65
7,40	26	0,664	107,10	161,26	5,35	8,06

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... Compac DPSH 75
Prova eseguita in data 23/03/2026
Profondita' prova 8,60 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	5	0,855	41,53	48,59	2,08	2,43
0,40	5	0,851	41,34	48,59	2,07	2,43
0,60	4	0,847	32,92	38,87	1,65	1,94
0,80	5	0,843	40,98	48,59	2,05	2,43
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	2	0,833	14,97	17,98	0,75	0,90
1,60	10	0,830	74,58	89,90	3,73	4,49
1,80	12	0,826	89,14	107,88	4,46	5,39
2,00	9	0,823	61,96	75,27	3,10	3,76
2,20	8	0,820	54,87	66,91	2,74	3,35
2,40	7	0,817	47,84	58,54	2,39	2,93
2,60	10	0,814	68,10	83,63	3,40	4,18
2,80	12	0,811	81,43	100,36	4,07	5,02
3,00	11	0,809	69,55	86,00	3,48	4,30
3,20	5	0,806	31,51	39,09	1,58	1,95
3,40	5	0,803	31,41	39,09	1,57	1,95
3,60	6	0,801	37,57	46,91	1,88	2,35
3,80	4	0,798	24,97	31,27	1,25	1,56
4,00	7	0,796	40,90	51,38	2,05	2,57
4,20	7	0,794	40,78	51,38	2,04	2,57
4,40	6	0,791	34,86	44,04	1,74	2,20
4,60	5	0,789	28,97	36,70	1,45	1,84
4,80	4	0,787	23,11	29,36	1,16	1,47
5,00	3	0,785	16,29	20,75	0,81	1,04
5,20	6	0,783	32,50	41,50	1,62	2,08
5,40	5	0,781	27,01	34,59	1,35	1,73
5,60	7	0,779	37,73	48,42	1,89	2,42
5,80	5	0,777	26,88	34,59	1,34	1,73
6,00	4	0,775	20,29	26,16	1,01	1,31
6,20	6	0,774	30,36	39,24	1,52	1,96
6,40	6	0,772	30,29	39,24	1,51	1,96
6,60	7	0,770	35,27	45,78	1,76	2,29
6,80	8	0,769	40,22	52,32	2,01	2,62
7,00	6	0,767	28,55	37,21	1,43	1,86
7,20	7	0,766	33,24	43,42	1,66	2,17
7,40	12	0,764	56,87	74,43	2,84	3,72
7,60	15	0,713	66,30	93,03	3,32	4,65
7,80	13	0,711	57,35	80,63	2,87	4,03
8,00	18	0,710	75,36	106,15	3,77	5,31
8,20	21	0,659	81,56	123,85	4,08	6,19
8,40	24	0,657	93,03	141,54	4,65	7,08
8,60	27	0,656	104,45	159,23	5,22	7,96

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (1) Argilla limosa	4,08	0.00-1,40	Terzaghi-Peck	0,26

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Argilla limosa	4,08	0.00-1,40	Robertson (1983)	8,16

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato (1) Argilla limosa	4,08	0.00-1,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	43,41

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato (1) Argilla limosa	4,08	0.00-1,40	Apollonia	40,80

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Argilla limosa	4,08	0.00-1,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
Strato (1) Argilla limosa	4,08	0.00-1,40	Meyerhof	1,70

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
Strato (1) Argilla limosa	4,08	0.00-1,40	Meyerhof	1,87

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (2) Limo e ciottoli	13,54	1,40-2,80	13,54	Meyerhof 1957	74,81
Strato (3) Limo argilloso e ciottoli	6,74	2,80-7,40	6,74	Meyerhof 1957	43,57
Strato (4) Ghiaia limosa	30,58	7,40-9,20	30,58	Meyerhof 1957	79,59

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) Limo e ciottoli	13,54	1,40-2,80	13,54	Sowers (1961)	31,79
Strato (3) Limo argilloso e ciottoli	6,74	2,80-7,40	6,74	Sowers (1961)	29,89
Strato (4) Ghiaia limosa	30,58	7,40-9,20	30,58	Sowers (1961)	36,56

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (2) Limo e ciottoli	13,54	1,40-2,80	13,54	Schmertmann (1978) (Sabbie)	108,32
Strato (3) Limo argilloso e ciottoli	6,74	2,80-7,40	6,74	Schmertmann (1978) (Sabbie)	53,92
Strato (4) Ghiaia limosa	30,58	7,40-9,20	30,58	Schmertmann (1978) (Sabbie)	244,64

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (2) Limo e ciottoli	13,54	1,40-2,80	13,54	Farrent 1963	96,13
Strato (3) Limo argilloso e ciottoli	6,74	2,80-7,40	6,74	Farrent 1963	47,85
Strato (4) Ghiaia limosa	30,58	7,40-9,20	30,58	Farrent 1963	217,12

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Limo e ciottoli	13,54	1,40-2,80	13,54	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Limo argilloso e ciottoli	6,74	2,80-7,40	6,74	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) Ghiaia limosa	30,58	7,40-9,20	30,58	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
Strato (2) Limo e ciottoli	13,54	1,40-2,80	13,54	Terzaghi-Peck 1948	1,52
Strato (3) Limo argilloso e ciottoli	6,74	2,80-7,40	6,74	Terzaghi-Peck 1948	1,44
Strato (4) Ghiaia limosa	30,58	7,40-9,20	30,58	Terzaghi-Peck 1948	1,70

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
Strato (2) Limo e ciottoli	13,54	1,40-2,80	13,54	Terzaghi-Peck 1948	1,95
Strato (3) Limo argilloso e ciottoli	6,74	2,80-7,40	6,74	Terzaghi-Peck 1948	1,89
Strato (4) Ghiaia limosa	30,58	7,40-9,20	30,58	Terzaghi-Peck 1948	2,06

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) Limo e ciottoli	13,54	1,40-2,80	13,54	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) Limo argilloso e ciottoli	6,74	2,80-7,40	6,74	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) Ghiaia limosa	30,58	7,40-9,20	30,58	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (2) Limo e ciottoli	13,54	1,40-2,80	13,54	Ohsaki (Sabbie pulite)	752,72
Strato (3) Limo argilloso e ciottoli	6,74	2,80-7,40	6,74	Ohsaki (Sabbie pulite)	390,71
Strato (4) Ghiaia limosa	30,58	7,40-9,20	30,58	Ohsaki (Sabbie pulite)	1618,92

STRATIGRAFIA TERRENO - MODELLO STRATIGRAFICO GEOTECNICO CONCETTUALE CARATTERISTICO DI RIFERIMENTO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

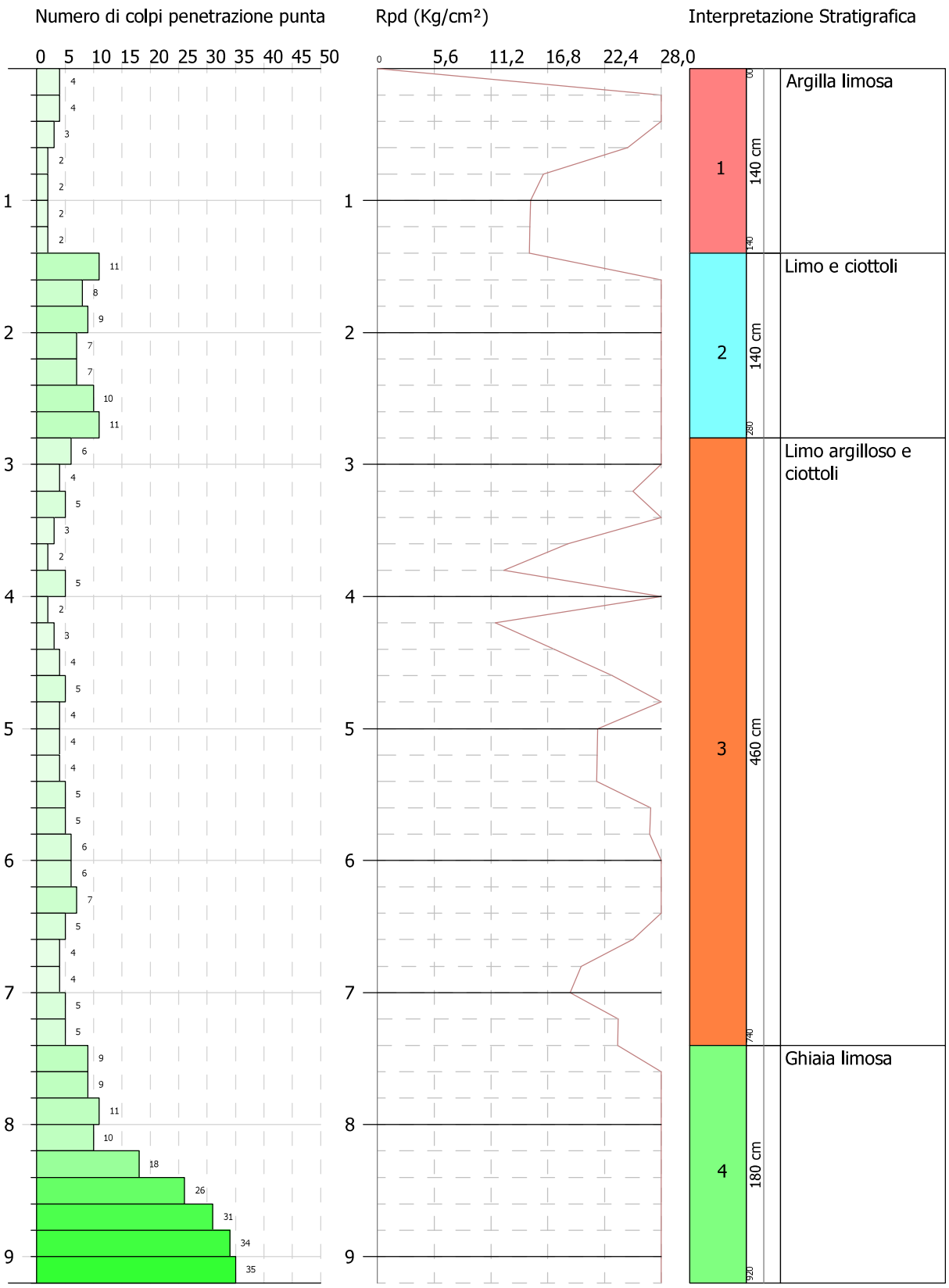
Livello geotecnico	Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Descrizione
A	1.4	1700.0	1870.0	0.0	0.0	0.25	40.0	43.0	Argilla limosa
B	1.4	1520.0	1945.0	30.0	0.0	0.0	108.0	95.0	Limo e ciottoli
C	4.6	1435.0	1893.0	29.0	0.0	0.0	53.0	47.0	Limo argilloso e ciottoli
D	1.8	1703.0	2059.0	34.0	0.0	0.0	244.0	217.0	Ghiaia limosa

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... Compac DPSH 75

Committente: SABE IMMOBILIARE SRL, CAVALLERI ALESSANDRO,
Descrizione: Via Bigata Alpina orobica
Localita': Dalmine (Bg)

23/03/2026

Scala 1:43

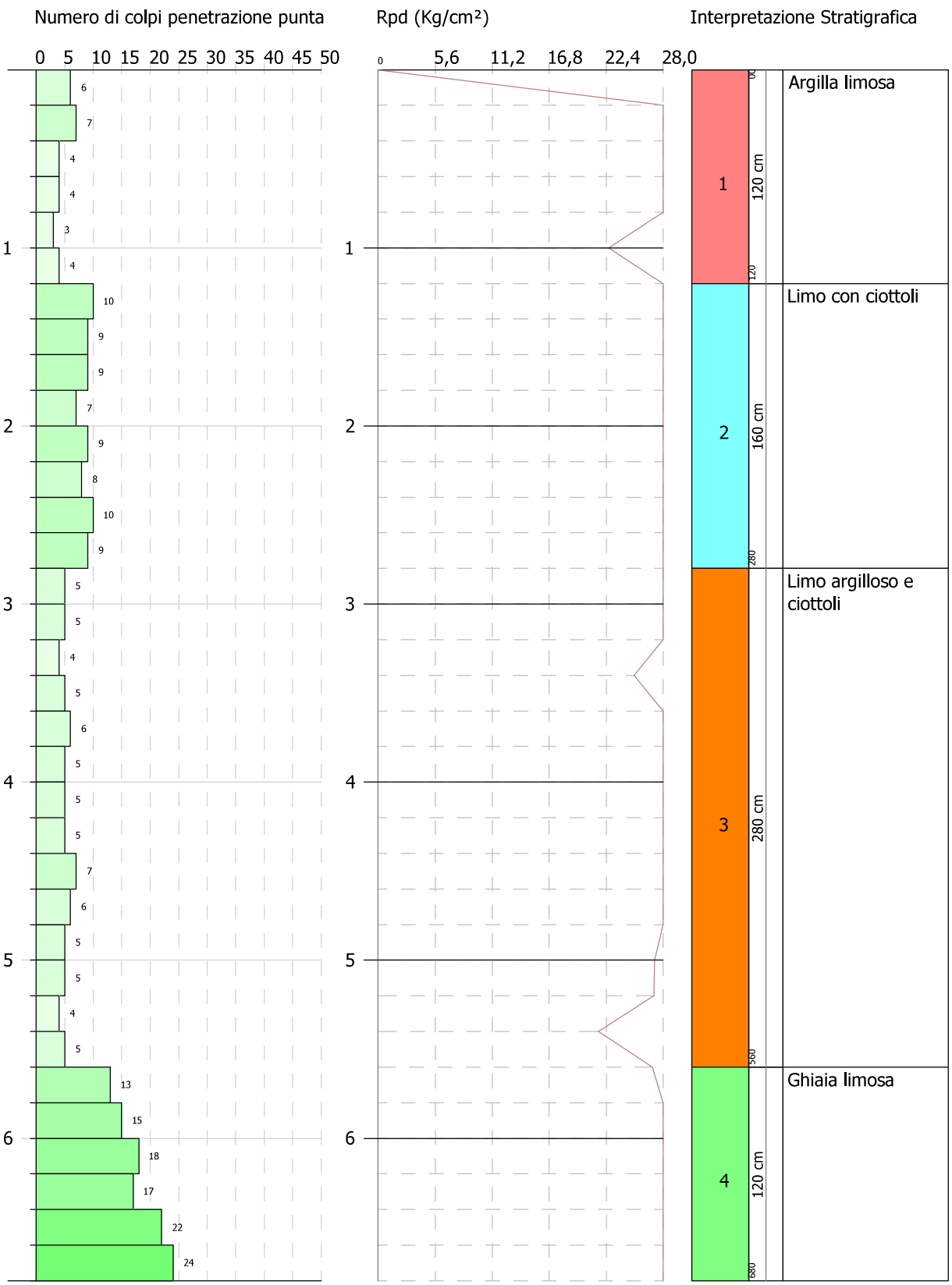


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... Compac DPSH 75

Committente: SABE IMMOBILIARE SRL, CAVALLERI ALESSANDRO,
Descrizione: Via Bigata Alpina orobica
Localita': Dalmine (Bg)

23/03/2026

Scala 1:32

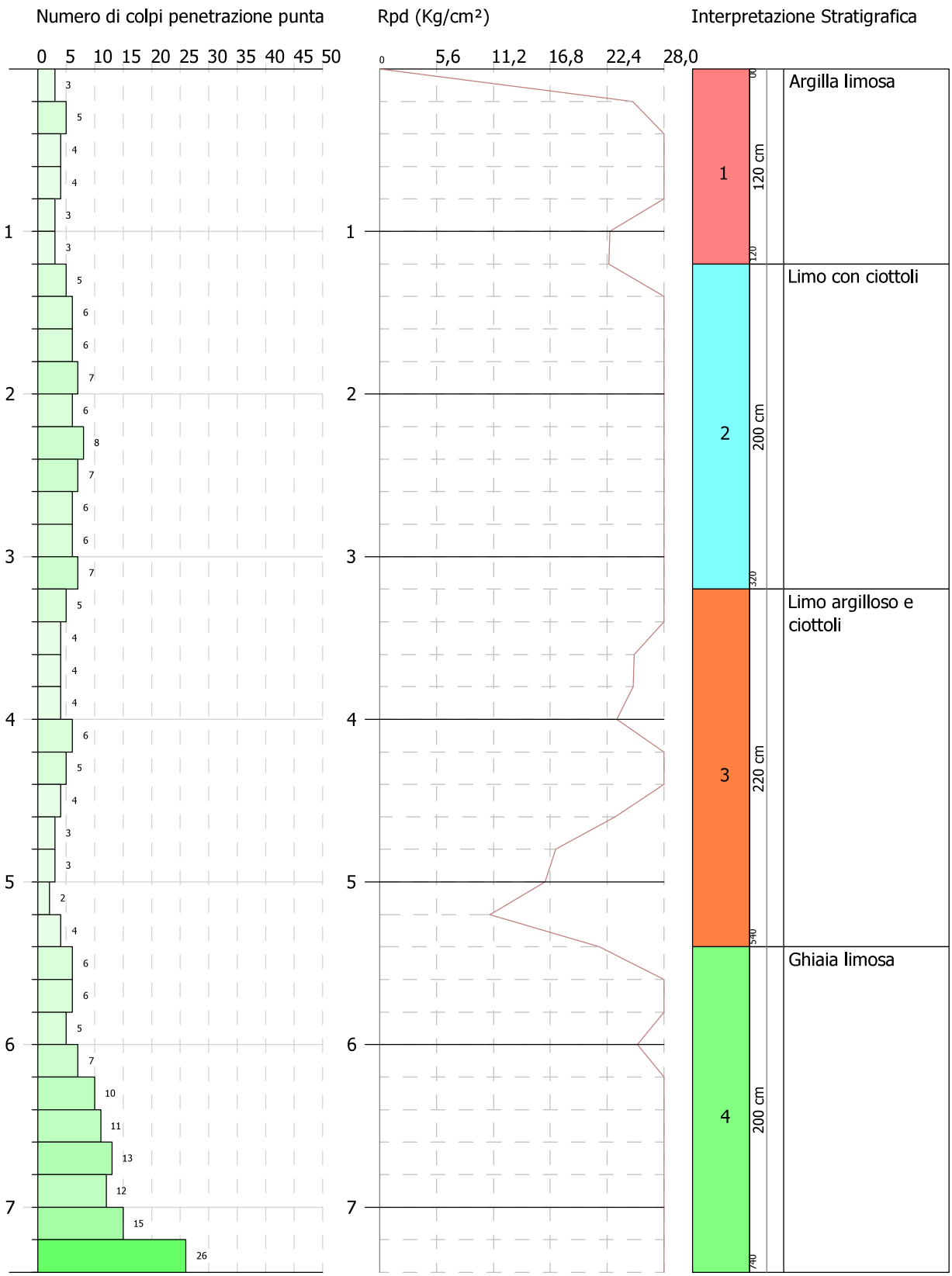


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... Compac DPSH 75

Committente: SABE IMMOBILIARE SRL, CAVALLERI ALESSANDRO
Descrizione: Via Bigata Alpina orobica
Localita': Dalmine (Bg)

23/03/2026

Scala 1:35

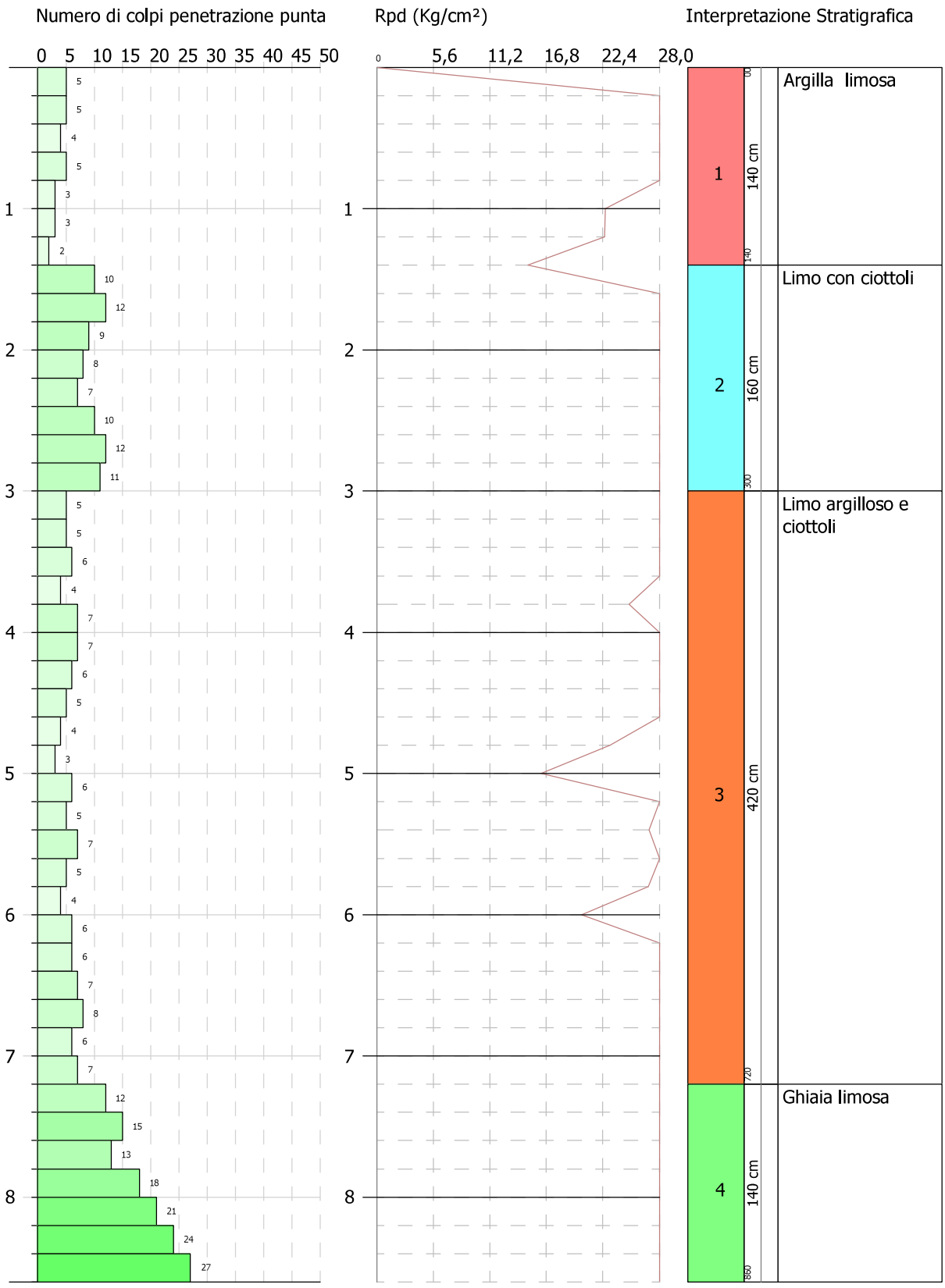


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... Compac DPSH 75

Committente: SABE IMMOBILIARE SRL, CAVALLERI ALESSANDRO,
Descrizione: Via Bigata Alpina orobica
Localita': Dalmine (Bg)

23/03/2026

Scala 1:40



dell'area in esame, che conferma quanto già indicato nello studio geologico a supporto del PGT, illustrato nelle tabelle allegate.

Durante l'esecuzione delle prove SCPT non è stata riconosciuta la presenza di acqua (aste penetrometriche estratte asciutte). In fase di esecuzione degli scavi si raccomanda la massima cautela al fine di escludere la presenza, al piano di posa, di cavità e/o sacche di materiali geotecnicamente più scadenti e/o altre anomalie, che in tal caso andranno adeguatamente verificate e bonificate e/o trattate opportunamente per migliorarne le caratteristiche geotecniche.

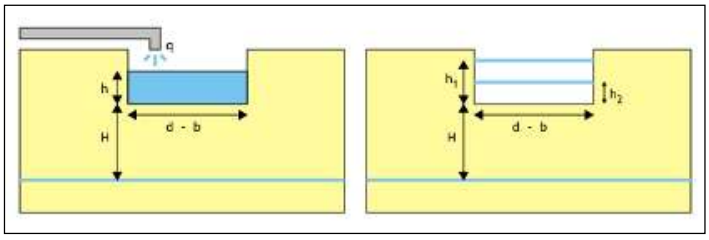
3.2 Permeabilità del terreno dell'area di intervento

Per la valutazione della permeabilità dei terreni finalizzata a verificare la fattibilità della dispersione delle acque meteoriche sul suolo – strati superficiali del sottosuolo, sono stati analizzati gli esiti forniti da prove di permeabilità eseguite in area immediatamente confinante, al fondo della trincea realizzata con escavatore meccanico. Le prove sono state eseguite secondo le linee guida dell'Associazione Geotecnica Italiana e secondo le prescrizioni del RR 3/2025.

Per l'esecuzione della prova di permeabilità è stata realizzata, con escavatore meccanico, una trincea di dimensioni 160 x 230 cm e profondità 180 cm.

Trincea esplorativa T1	
Profondità da piano campagna (m)	Descrizione
0 – 0.60	Coltre vegetale limosa argillosa
0.60 – 1.40	Ghiaia limosa sabbiosa

Le prove di permeabilità in pozzetto consentono di determinare la permeabilità di un terreno sopra il livello della falda idrica. Operativamente si realizza uno scavo, lo si riempie d'acqua e si valuta la portata necessaria per mantenere un livello costante (prove a carico costante) o si valuta l'abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prove a carico variabile).



A sinistra: prova di permeabilità in pozzetto a carico costante; a destra: prova di permeabilità in pozzetto a carico variabile

Nella prova a carico costante si misura la portata q necessaria per mantenere nel pozzetto un livello dell'acqua uguale ad h. Nella prova a carico variabile si porta il livello dell'acqua alla quota h1 e poi si misura in quanto tempo l'acqua scende al livello h2. Le dimensioni del pozzetto devono aumentare all'aumentare delle dimensioni dei granuli del terreno; in particolare il lato o il diametro (per pozzetti circolari) deve essere superiore a 10 – 15 volte la dimensione della frazione granulometrica significativa. Se ad esempio la prova viene eseguita in ghiaie con dimensione dei granuli di circa 2 cm, la base del pozzetto non deve essere inferiore a 20 – 30 cm. Se il terreno è sabbioso o comunque con componente sabbiosa dominante, la dimensione del pozzetto è sempre superiore a 15 volte la dimensione dei granuli di sabbia. Le prove effettuate sono state eseguite a carico variabile ed interpretate utilizzando la seguente formulazione: $k=\frac{h_1-h_2}{t_2-t_1}\frac{1+(\frac{2\cdot h_m}{b})}{(\frac{27\cdot h_m}{b})+3}$

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it

Significato delle variabili:

b → lato equivalente del pozzetto [(lato 1 + lato 2) /2] (cm)

h1 e h2 → altezze dell'acqua nel pozzetto all'inizio e alla fine della prova a carico variabile (cm)

t2 – t1 → durata della prova a carico variabile (s)

k → permeabilità (cm/s)

L'esito delle prove di infiltrazione ha fornito i seguenti valori di permeabilità del terreno di sottofondo:

- **Trincea esplorativa K 1 – Il valore della permeabilità del terreno è stato stimato in K = 2,5 * 10^{-4} m/s;**

I terreni di sottofondo sono pertanto caratterizzati da Classe di Permeabilità Buona.

k (cm/s)	10^{2}	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona		Discreta		Bassa		BB		Impermeabile	
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini		Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte	

Il terreno di sottofondo risulta adeguato a disperdere mediante infiltrazione, le acque meteoriche di dilavamento delle superfici scolanti trasformate per il lotto in esame nel rispetto del RR 3/2025.

L'indagine eseguita ha carattere puntuale ed è stata eseguita in area contermine e pertanto si raccomanda alla DL, in fase esecutiva delle opere di urbanizzazione, di eseguire prove di permeabilità di verifica nell'area destinata alla posa dei pozzi perdenti e di eseguire prove di collaudo del sistema di infiltrazione per accertare la corrispondenza con i dati di progetto riferiti alla permeabilità del terreno e qualora difformi in difetto dai valori assunti in fase di progettazione si dovrà procedere con una revisione del dimensionamento del sistema di dispersione

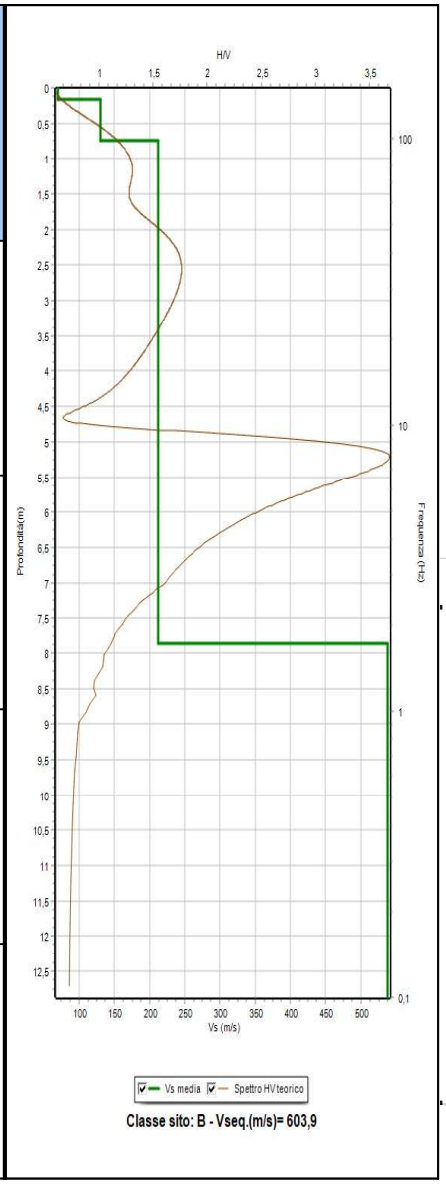
3.3 Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR

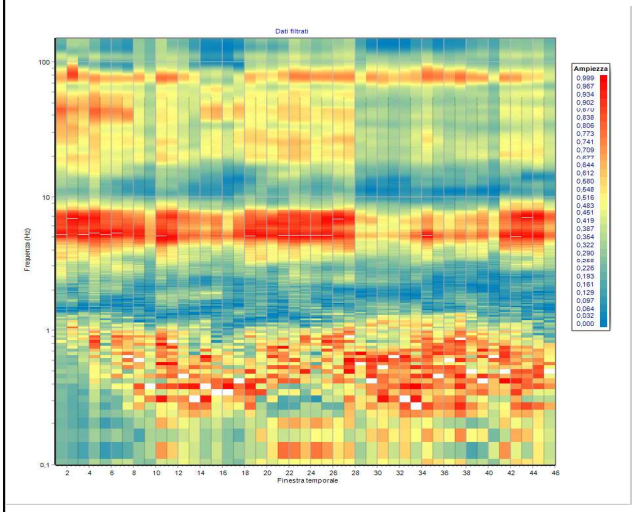
Al fine di stimare la Vsequiv ai sensi della normativa vigente, è stata eseguita n. 1 prova sismica passiva HVSR (horizontal vertical spectra ratio) note anche con il nome di prova Nakamura. Questa prova consente, in condizioni ottimali, di evidenziare eventuali fenomeni di amplificazione sismica legati ad assetti particolari del substrato. Questa metodologia ha mostrato i migliori risultati in presenza di un substrato rigido con sedimenti sovrastanti poco consolidati o poco addensati. La prova eseguita con la tecnica dei microtremori, detta HVSR o "prova Nakamura", ha evidenziato che l'ambito di intervento è riferibile ad un suolo simico di categoria B, confermando in ciò gli esiti delle analisi sismiche di II Livello prodotte a supporto dello studio geologico di PGT. Tali analisi di supporto al PGT indicano inoltre che nel caso specifico, per suoli di categoria B, i valori di amplificazione sismica locale sono superiori ai valori soglia definiti dalla Regione; pertanto la normativa risulta inadeguata a considerare i possibili effetti di amplificazione sismica locale. ***Nelle verifiche geotecniche dovranno pertanto essere adottati suoli di Categoria Sismica C, confermando in ciò anche gli esiti degli studi di carattere sismico eseguiti a supporto dello studio geologico di PGT, del quale si allega un breve stralcio riepilogativo.***

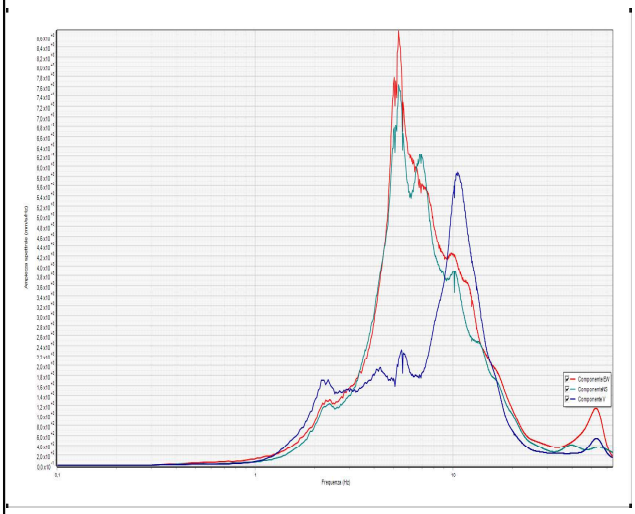
Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it

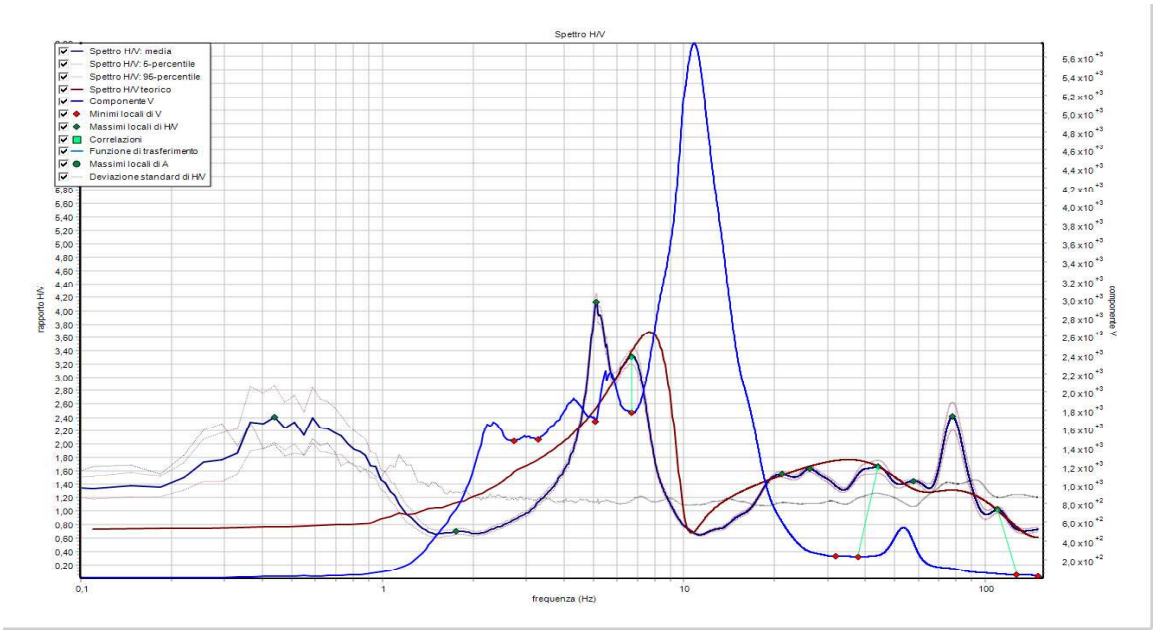
Riassunto interpretazione HVSR HVSR 1

N.	H(m)	Vs(m/s)
1	0,16	70
2	0,74	130
3	7,87	212
4	Oltre	538









4.0 Elementi di microzonazione sismica

Dal punto di vista sismico il territorio comunale di Dalmine (Bg) è stato classificato dalla D.G.R. della Lombardia n. X/2129 dell'11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", come comune in zona 3. Le NTC, prevedono, in luogo delle accelerazioni sismiche per l'intero territorio comunale e per classi di sismicità, previste dall'O.P.C.M. 3274, l'adozione dei valori di accelerazione sismica di base considerando l'intero territorio suddiviso secondo griglie con un lato di circa 5,5 km, a ciascuna delle quali è attribuito un caratteristico ed uniforme valore di accelerazione sismica ag. La "pericolosità sismica di base" del sito di intervento costituisce pertanto l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche attraverso la definizione di tre parametri: ag = accelerazione orizzontale massima del sito; Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T*c= periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. 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 § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, 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, Vs. Per il caso in esame è stato adottato il metodo semplificato mediante la stima del valore di Vs attraverso specifiche indagini in sito. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità Vs per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di Vs sono ottenuti mediante specifiche prove ovvero, 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, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

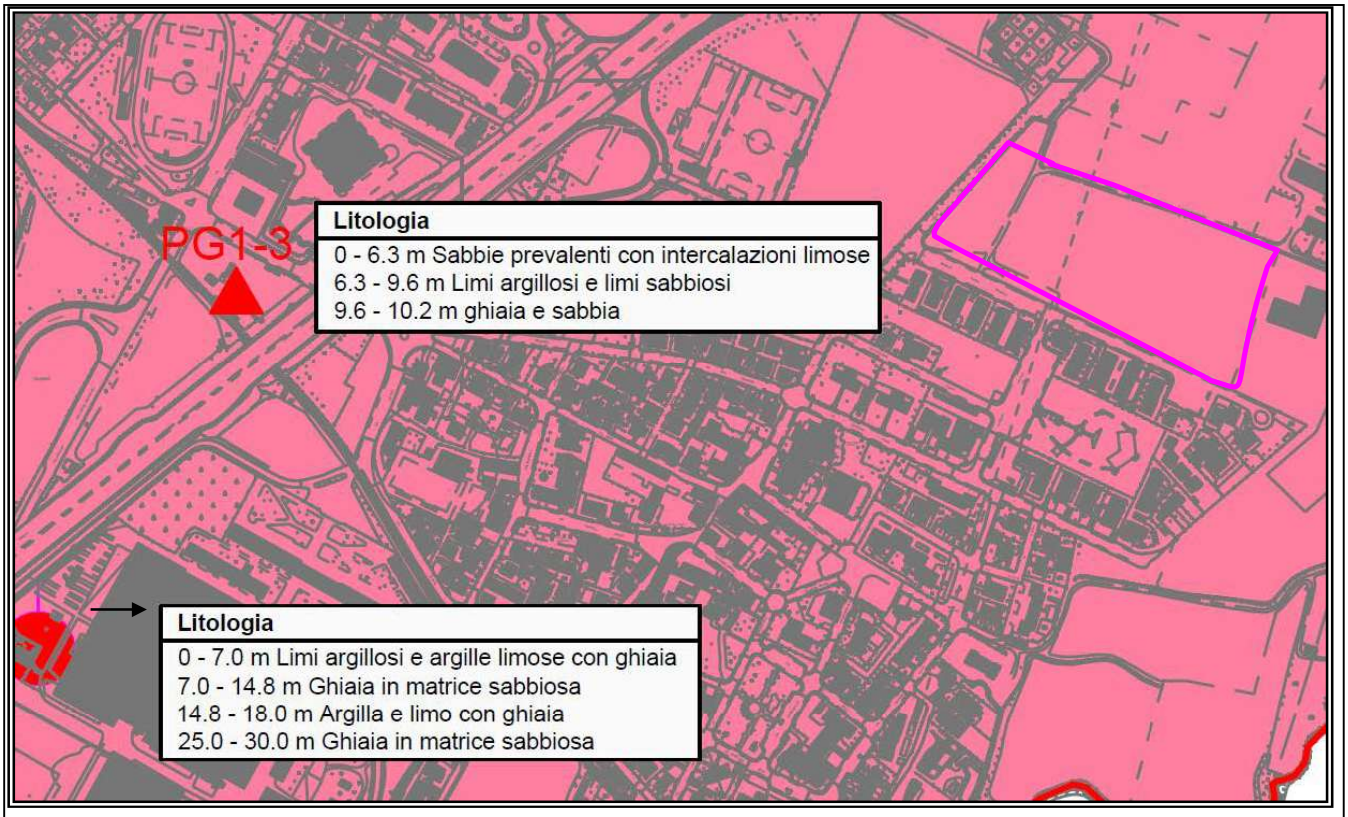
$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

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 formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal para-metro VS,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 in Tab. 3.2.II.

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it



Z4a	Depositi prevalentemente ghiaiosi frammisti a depositi fini (sabbie, limi e argille)	Effetti attesi: Amplificazioni per caratteristiche litologiche e possibili cedimenti
Z4b	Depositi prevalentemente ghiaiosi con matrice sabbiosa, localmente sabbiosa e/o limosa	Effetti attesi: Amplificazioni per caratteristiche litologiche
Z4b	Depositi prevalentemente ghiaiosi puliti o con scarsa matrice sabbiosa	
	Proiezione sulla superficie topografica dei sovrascorrimenti sepolti attivi (il triangolo indica il blocco sovrascorso)	Effetti attesi: Amplificazioni per caratteristiche litologiche ed eventuali cedimenti differenziali

2^ livello di approfondimento sismico

Punti di indagine ove è stato costruito il modello geologico e geofisico per valutare gli effetti litologici di amplificazione *(studio effettuato nell'ambito della componente Geologica Idrogeologica e Sismica del vigente PGT redatta dallo Studio GEAS nel febbraio 2011)*

Per tutto il territorio comunale risulta:

Fa 0.1-0.5 s ≤ Fa soglia comunale

Fa 0.5-1.5 s ≤ Fa soglia comunale

Successione stratigrafica TIPO 4a (categoria di suolo: C):

- $Fa_{(0.1-0.5\,s)} = 1,5$
- $Fa_{(0.5-1.5\,s)} = 1,2$

Area intervento

Stralcio della Carta di pericolosità sismica locale del vigente PGT di Dalmine (non in scala)

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di ri-sposta locale per la definizione delle azioni sismiche. 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 (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Per l'area di intervento, ai fini della classificazione sismica, si è fatto riferimento, oltre che alle indagini in sito eseguite e alle relative interpretazioni, a quanto riportato nello studio geologico di PGT. Da quanto esposto emerge che i terreni di sottofondo dell'area di intervento sono compatibili con la presenza di suoli riferibili alla Categoria Sismica B; le verifiche di II livello eseguite indicano che per tale categoria di terreno la relativa normativa sismica è inadeguata a considerare i possibili fenomeni di amplificazione e pertanto nelle verifiche geotecniche potranno essere adottati i parametri dei suoli di Categoria C mentre la categoria topografica è riferibile alla Categoria T1.

4.1 Analisi sismica di II Livello

Nel rispetto dei riferimenti normativi dettati dalla DGR 2616/2011 e della DGR 5001/2016, è stata eseguita un'analisi sismica di II Livello, adottando i metodi di approfondimento previsti dalla Regione Lombardia – Allegato 5 - DGR 2616/2011 e App 5 – DGR 5001/2016. La procedura per la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti d'amplificazione consiste nella stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); lo studio nel caso specifico è stato condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1 - 0.5 s e 0.5 - 1.5 s: in particolare l'intervallo tra 0.1 - 0.5 s si riferisce a strutture di altezza inferiore ai 5 piani, basse e relativamente rigide, come quella di progetto. La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia dei materiali presenti nel sito (litologie ghiaiose e litologie argilloso limose);
- stratigrafia del sito;
- andamento con la profondità delle Vs fino a valori pari o superiori a 800 m/s; in mancanza del raggiungimento del bedrock (Vs ≥ 800 m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it

base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s.

- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato;

- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico – geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

In funzione della litologia prevalente presente nel sito, del gradiente di velocità Vs e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento. In funzione dello spessore e della velocità Vs(2) dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0,5 – 1,5 s. La valutazione del grado di protezione è effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun Comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1 – 0,5 e 0,5 – 1,5 s. Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato.xls (soglie_lomb.xls) e 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. La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0,1 che tiene conto della variabilità del valore di Fa ottenuto. L'applicazione di questa metodologia richiede quindi l'esecuzione delle seguenti fasi:

1 - Scelta della litologia prevalente lungo la verticale indagata, tra le classi litologiche messe a disposizione dalla Regione Lombardia (nella DGR 2616/2011) e quindi verifica della congruità del profilo di propagazione delle onde di taglio con il campo di validità messo a disposizione nelle norme. Se il profilo rientra nel campo di validità si passa al punto 2.

2 - Selezione della curva da utilizzare per il calcolo del Fa nell'intervallo 0,1 – 0,5 s, sulla base di:
velocità di propagazione delle onde di taglio (VS) del primo strato (la cui identificazione è incerta, in quanto non è specificato se il primo strato deve essere individuato sulla base della stratigrafia oppure sulla base degli intervalli di velocità VS individuati); profondità del bedrock sismico.

3 - Calcolo del Fa (nei periodi 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s) in relazione al periodo fondamentale del terreno.

4 - Selezione della curva da utilizzare per il calcolo del Fa nell'intervallo 0,1 – 0,5 s, sulla base di:
velocità di propagazione delle onde di taglio (VS) del primo strato (la cui identificazione è incerta, in quanto non è specificato se il primo strato deve essere individuato sulla base della stratigrafia oppure sulla base degli intervalli di velocità VS individuati), profondità del bedrock sismico.

5 - Calcolo del Fa (nei periodi 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s) in relazione al periodo fondamentale del terreno.

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 Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

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

ove hi e Vsi sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello. Una volta calcolati i Fa, l'ultimo passo da compiere prevede il loro confronto con dei valori predeterminati dalla Regione Lombardia. Per il caso specifico,

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione:Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 45,641602 [°]

longitudine: 9,624113 [°]

Classe d'uso: 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.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	11600	45,621180	9,562910	5272,9
Sito 2	11601	45,623470	9,634206	2163,5
Sito 3	11379	45,673420	9,630919	3577,3
Sito 4	11378	45,671130	9,559601	5993,3

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,029	2,443	0,197
Danno (SLD)	63	50	0,037	2,483	0,214
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,107	2,418	0,271
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,140	2,457	0,276

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,790	1,000	0,009	0,004	0,423	0,200
SLD	1,500	1,750	1,000	0,011	0,006	0,549	0,200
SLV	1,500	1,620	1,000	0,038	0,019	1,571	0,240
SLC	1,490	1,610	1,000	0,050	0,025	2,050	0,240

Geostru

come già accennato, il periodo di riferimento da adottare nelle verifiche è T = 0.1 – 0.5 s riferito a strutture di altezza inferiore ai 5 piani di altezza. Per il comune di Dalmine (Bg) i valori di Fa soglia definiti da Regione Lombardia sono i seguenti:

Intervallo	Valori Soglia			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1.5	1.9	2.3	2.0

Si possono presentare quindi due situazioni:

1 - il valore di Fa è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la nuova normativa è da considerarsi sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;

2 - il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (III° Livello) o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema (punto 1.4.3 della DGR VIII/7374/2008 e Allegato 5 della DGR 2626/2011):

- anziché lo spettro della categoria B di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria C di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria E di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Per il caso specifico in esame le indagini in sito eseguite indicano che il sottofondo dell'area di intervento è compatibile con un suolo sismico di Categoria B. La scheda di riferimento compatibile per l'area di intervento, tra quelle proposte da Regione Lombardia, è risultata essere la Scheda Litologia limosa argillosa.

Le verifiche condotte restituiscono, per periodo 0.1 – 0.5 s, per suoli di Categoria Sismica B, un valore di Fa calcolato: Fa = 1,54

La procedura prevede di valutare il valore di Fa con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto.

Nel caso in esame si ottiene un valore di Fa = 1,54 + 0,1 = 1,64 con Fa soglia per suolo B = 1,5, per il periodo 0.1 – 0.5 s. Il valore di Fa calcolato, per suolo sismico B, risulta pertanto superiore ad Fa di soglia; nelle verifiche geotecniche e sismiche si considererà pertanto un suolo sismico di Categoria C per il quale la normativa di riferimento risulta adeguata a considerare i possibili effetti di amplificazione sismica, mentre la categoria topografia è compatibile con la T1.

4.2 Verifica liquefazione terreno di sottofondo

Le NTC consentono di omettere la verifica a liquefazione quando si manifestino, per l'ambito in esame, almeno una delle seguenti cinque condizioni:

1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campolibero) minori di 0,1g;

2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per pianocampagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppureqciN > 180 dove (N1) 60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test)

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it

normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qciN è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nei fusi granulometrici di cui alle figure 7.11.1 (a) e b delle NTC.

Per il caso specifico sono soddisfatte le condizioni 2) e 4) e pertanto viene omessa la relativa verifica.

5.0 Caratteristiche geotecniche terreni

Le NTC 2018, stabiliscono che in luogo dei parametri geotecnici nominali, nelle verifiche geotecniche debbano essere utilizzati i parametri geotecnici caratteristici. 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. Esistono due metodi per la determinazione dei parametri caratteristici: - Un primo metodo considera l'approccio probabilistico, considerando quindi le quantità statistiche ricavate su un opportuno campione di prove – Metodo statistico; - Un secondo metodo si valuta i valori caratteristici delle proprietà del terreno in funzione del livello di deformazione previsto per lo stato limite considerato – Metodo geotecnico. Per il caso specifico si è adottato l'approccio geotecnico considerando valori caratteristici prossimi ai minimi più scadenti. Nel caso specifico si adotteranno i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

STRATIGRAFIA TERRENO - MODELLO STRATIGRAFICO GEOTECNICO CONCETTUALE CARATTERISTICO DI RIFERIMENTO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

Livello geotecnico	Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Descrizione
A	1.4	1700.0	1870.0	0.0	0.0	0.25	40.0	43.0	Argilla limosa
B	1.4	1520.0	1945.0	30.0	0.0	0.0	108.0	95.0	Limo e ciottoli
C	4.6	1435.0	1893.0	29.0	0.0	0.0	53.0	47.0	Limo argilloso e ciottoli
D	1.8	1703.0	2059.0	34.0	0.0	0.0	244.0	217.0	Ghiaia limosa

6.0 Conclusioni

Nel presente rapporto sono stati illustrati gli esiti conseguiti dagli studi e dalle indagini di carattere geologico - geotecnico – idrogeologico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti lungo via Brigata Alpina Orobica, in comune di Dalmine (Bg), proponendosi quale supporto specialistico al progetto di formazione delle opere di urbanizzazione del Piano Attuativo R37, secondo le indicazioni progettuali fornite dall'Ing. Valle, ai cui elaborati si rimanda per i dettagli. **Il seguente rapporto analizza esclusivamente gli aspetti geologici e geotecnici generali del lotto, funzionali a questa fase autorizzativa ed in nessun caso potrà essere utilizzato a supporto della progettazione o della richiesta dei PdC degli edifici residenziali sui singoli lotti, che alla data odierna non sono ancora definiti. A supporto della progettazione e della richiesta di PdC dei singoli lotti dovranno essere eseguite indagini in sito di dettaglio e dovranno essere predisposti i relativi rapporti geologici geotecnici.** I terreni di intervento risultano inseriti in Classe 2a (fattibilità con modeste limitazioni) nella carta di fattibilità geologica per le azioni di piano dello studio geologico a

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it

supporto della pianificazione comunale di Dalmine aggiornato nel 2019 per problematiche connesse con la presenza di sedimenti superficiali ghiaiosi sabbiosi permeabili e conseguente vulnerabilità dell'acquifero. Le NtA di carattere geologico del PGT e le NTC 2018 prescrivono che gli interventi di trasformazione territoriali che insistono su tali aree siano supportati da approfondimenti di indagini in sito per definire la compatibilità dell'l'intervento con le condizioni geologiche locali e per prescrivere, laddove necessario, eventuali accorgimenti tecnico – costruttivi specifici. Dal punto di vista sismico il territorio comunale di Dalmine (Bg) è stato classificato dalla DGR X/2489 come comune in zona 3 , mentre il lotto oggetto di intervento risulta caratterizzato da Pericolosità Sismica Locale Z4a per potenziali amplificazioni litologiche/stratigrafiche ed i terreni di sottofondo sono compatibili con la categoria simica C.

L'esito delle penetrometrie eseguite è compatibile con la seguente stratigrafia:

Livello geotecnico A – Coltre superficiale argillosa limosa con rari ciottoli che da piano campagna si spinge fino a circa 1,4 m di profondità, dotata di caratteristiche geotecniche scadenti.

Livello geotecnico B - Al letto del livello A seguono Limi con ciottoli maggiormente resistenti dotati di mediocri caratteristiche geotecniche che si spingono fino a – 2,80 m di profondità.

Livello geotecnico C - Al letto del livello B seguono limi argillosi con ciottoli dotati di mediocri caratteristiche geotecniche che si spingono fino circa – 7,40 m di profondità.

Livello geotecnico D - Al letto del livello C seguono ghiaie limose dotate di buone caratteristiche geotecniche il cui grado di addensamento aumenta con la profondità fino a determinare il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica.

Per il caso specifico per la stima dei parametri geotecnici caratteristici si è adottato l'approccio geotecnico considerando valori caratteristici prossimi ai minimi più scadenti. Nel caso specifico si adotteranno i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

STRATIGRAFIA TERRENO - MODELLO STRATIGRAFICO GEOTECNICO CONCETTUALE CARATTERISTICO DI RIFERIMENTO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

Livello geotecnico	Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Descrizione
A	1.4	1700.0	1870.0	0.0	0.0	0.25	40.0	43.0	Argilla limosa
B	1.4	1520.0	1945.0	30.0	0.0	0.0	108.0	95.0	Limo e ciottoli
C	4.6	1435.0	1893.0	29.0	0.0	0.0	53.0	47.0	Limo argilloso e ciottoli
D	1.8	1703.0	2059.0	34.0	0.0	0.0	244.0	217.0	Ghiaia limosa

Bergamo, 26 Marzo 2026



Dott. Geol. Norberto Invernici

N. Iscriz. O.G.L. 990

Studio di architettura e di progettazione ambientale di Bergamaschi B. e associati
Viale Giulio Cesare, 52 - 24123 Bergamo
Tel e fax 035/363186 – E-mail studiobergamaschi@tiscali.it