

Consulente geologo Dr. Cristiano Nericcio
Via Roma 92/6 - 21020 Mercallo VA

Tel. 338 3763998 – e mail cristiano.nericcio@virgilio.it

REGIONE LOMBARDIA – PROVINCIA DI VARESE

Comune di Tradate

STUDI CONCERNENTI LA REALIZZAZIONE DI 4 EDIFICI RESIDENZIALI PRESSO LA
LOTTIZZAZIONE DI VIA MONTE NEVOSO

Mappale: F9 P863

Coordinate geografiche: 45°43'14.8"N 8°53'53.7"E

ELABORATO	<i>Relazione Geologica R1-R3 (ai sensi del D.M. 17/01/2018 e del D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011) Relazione Geotecnica R2 Decreto 17-1-2018-aggiornamento norme tecniche per le costruzioni</i>
COMMITTENTE	SPETT.LI <i>SIG. GALMARINI CLAUDIO, SIG. GALMARINI ROBERTO, SIG. GALMARINI LUCA, SIG.RA RAIMONDI CARMEN</i>
DATA	09/01/23

Il tecnico: Dr. Geol. Cristiano Nericcio



Collaboratore: Dott. Andrea Fazio

A handwritten signature in black ink, appearing to be "AF".

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 Principali normative osservate.....	5
1.2 Vincoli.....	5
2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	7
2.1. Geomorfologia.....	7
2.2 Geologia.....	7
3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA E IDROGEOLOGICA DEL SITO.....	9
3.1 Idrografia.....	9
3.2 Idrogeologia.....	10
4. SISMICA.....	13
5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA PRELIMINARE DEL SITO.....	23
5.1 Indagine in sito.....	25
6. MODELLO LITOTECNICO LOCALE E PRESTAZIONI GEO-MECCANICHE.....	30
7. CONCLUSIONI.....	34

1. PREMESSA

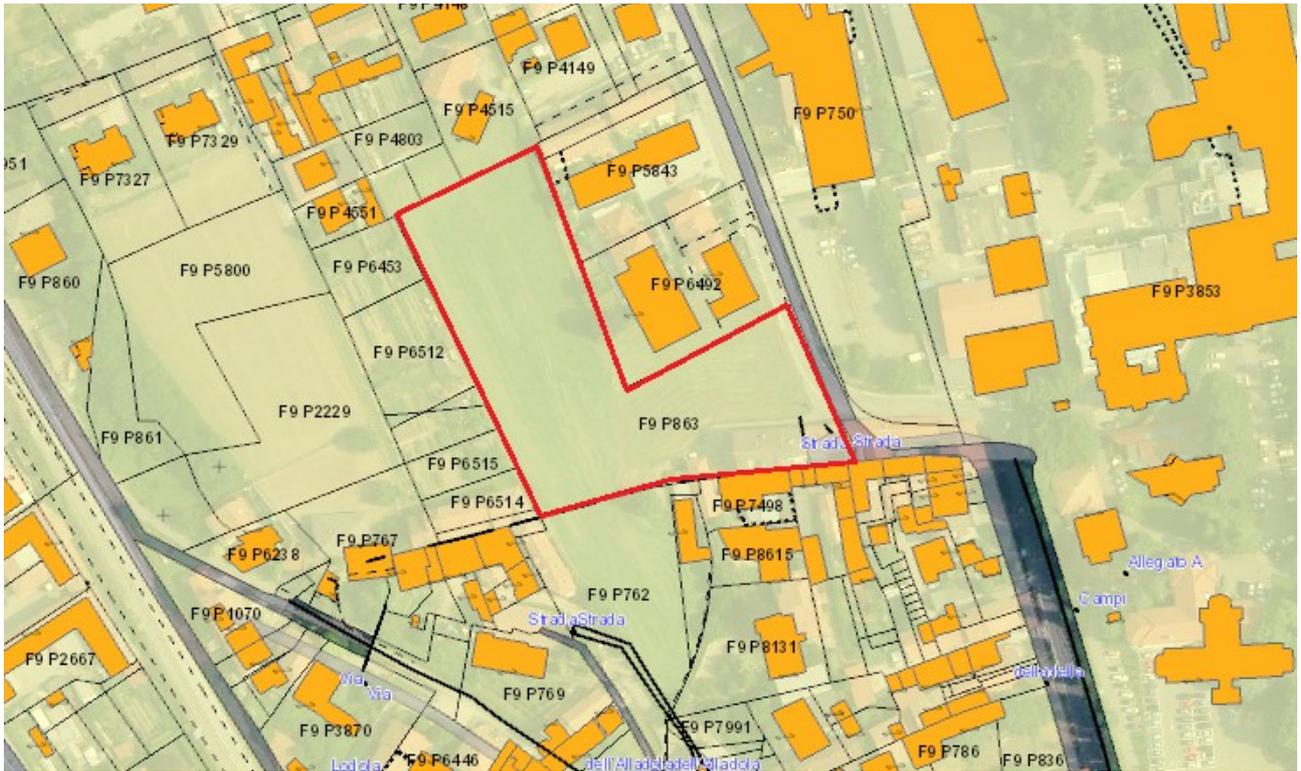
In seguito al colloquio avuto con l'egr. o Geom. Vincenzo Lombardo, mi è stato commissionato l'incarico per eseguire un'indagine geologica inerente ad un terreno presso via Monte Nevoso, nel territorio comunale di Tradate, dove s'intendono realizzare 4 edifici residenziali nell'ambito di una lottizzazione.

L'opera in progetto s'intesterà superficialmente; in relazione alla classe d'uso in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le opere in progetto appartengono alla classe II vale a dire opere interessate da normali affollamenti con una vita nominale di 50 anni.

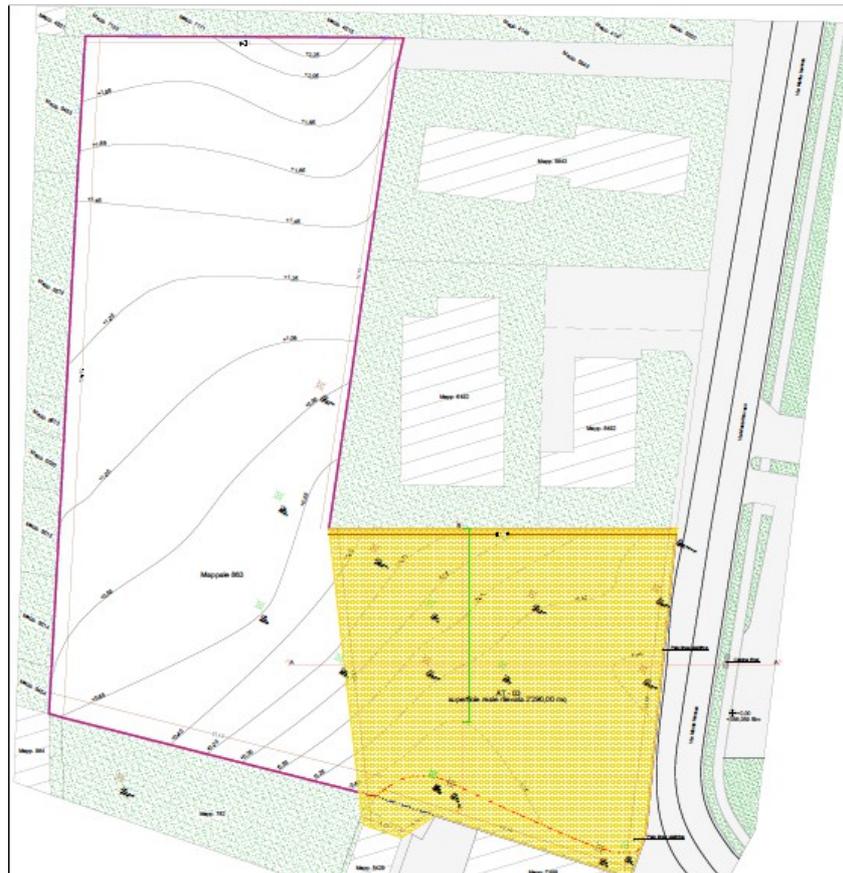
Pertanto la presente relazione valuta la compatibilità delle opere in progetto con le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrografiche ed idrogeologiche locali suggerendo eventuali procedure correttive e/o adeguamenti alle intenzioni progettuali.



Corografia aerea



Stralcio della mappa catastale, fonte Geoportale della Lombardia



Planimetria generale area progetto

1.1 Principali normative osservate

Il presente documento è stato redatto seguendo gli estremi del:

Aggiornamento NTC 2018;

Circolare 617 del 2/02/09 Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14/01/08;

D.M 14/01/08 Norme tecniche per le costruzioni;

D.Lgs. 3/4/2006 n. 152 Norme in materia ambientale;

D.P.R 328/01 Competenze in materia di indagini geognostiche dei geologi;

D.M. 16/01/96 Norme tecniche per le costruzioni in aree sismiche;

D.M. 11/3/1988: *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*;

L.R. 27/05/1985 Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle Pubbliche fognature – Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento, successivi e similari;

Delibera 4/02/1977 Criteri, metodologie e norme tecniche generali della legge 10/05/1976 n. 319 recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento, successivi e similari;

Di seguito si elencano per chiarezza d'esposizione gli acronimi citati in relazione:

L. Legge, D.Lgs. Decreto Legislativo, D.M. Decreto Ministeriale, D.P.R. Decreto del Presidente della Repubblica, p.c. piano campagna, SPT standard penetration test, SCPT standard cone penetration test, A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana, DPHS Dinamic Penetrometer Super Heavy, PRGC Piano regolatore generale comunale, q_{lim} portata limite, q_{amm} portata ammissibile.

1.2 Vincoli

Secondo la documentazione geologica consultata, allegata al PGT, redatta dal Dott. Geol. Marco Parmigiani nel novembre 2010 (e successive modifiche ed integrazioni), l'area oggetto d'indagine rientra in una classe di fattibilità geologica 2, vale a dire che nel territorio si sono riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico - costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

In particolare si tratta di una sottoclasse “b” che comprende le aree pianeggianti costituite da terreni eterogenei alterati con stato di addensamento da "sciolti" a "mediamente addensati" e soprastanti orizzonti fini con stato di consistenza da "tenero" a "medio".

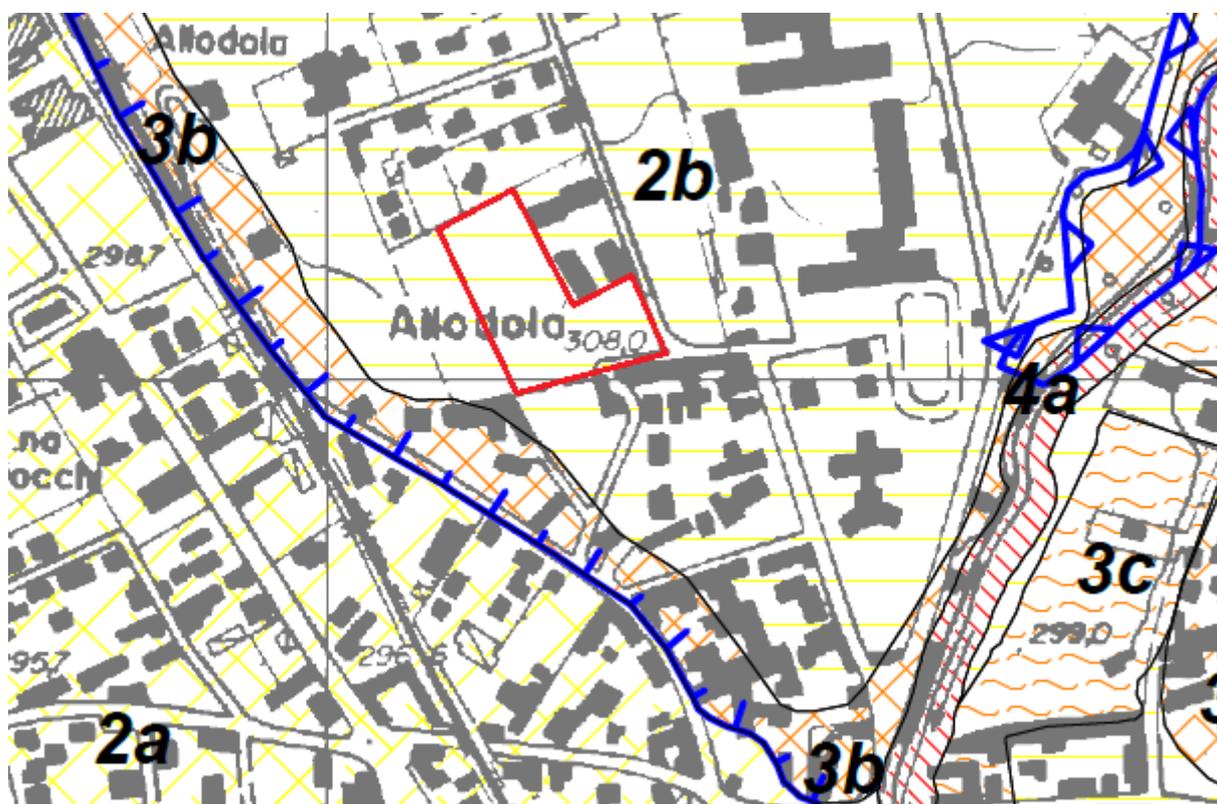
Possibile presenza di acque di primo sottosuolo e cavità geologiche di dimensioni metriche "occhi pollini" che si rinvencono nei primi 10 m di profondità.

Il parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso è favorevole con modeste limitazioni di carattere geotecnico.

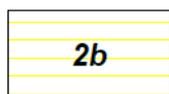
È ammissibile qualunque tipo di azione edificatoria.

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR).



CLASSE DI FATTIBILITA' D.G.R. 9/2616/11



Aree pianeggianti con terreni eterogenei

Stralcio carta di fattibilità, fonte PGT

2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

2.1. Geomorfologia

Il territorio comunale di Tradate è posto al limite tra il livello fondamentale della pianura alluvionale che si sviluppa verso Sud e i primi rilievi prealpini posti a Nord.

A Ovest, la valle fortemente incisa del Fiume Olona costituisce un importante elemento morfologico che interrompe la continuità della pianura e determina la separazione tra l'apparato morenico verbanico (a Ovest) dagli apparati luganese e lariano-comasco (a Est e Nord-Est).

In tale contesto, il territorio di Tradate è modellato secondo forme caratteristiche di ambiente fluvioglaciale prossimale, nel quale in posizione frontale rispetto ad ogni lingua glaciale viene a formarsi una piana alluvionale costituita dai sedimenti trasportati dai fiumi di fusione glaciale.

Nel territorio considerato tale situazione geologica si è verificata più volte durante il Pleistocene, con avanzate del ghiacciaio fino alle colline a Sud del Lago di Varese (formatesi per deposizione diretta dei sedimenti trasportati dal ghiacciaio) e formazione di piane fluvioglaciali degradanti verso la Pianura Padana.

Durante i periodi interglaciali i corsi d'acqua e nel caso specifico il F. Olona hanno inciso le piane formando le scarpate che delimitano i terrazzi.

Nel dettaglio le opere in progetto s'intesteranno all'incirca alla quota di 308 m s.l.m., in un contesto topografico privo di asperità significative nelle immediate vicinanze, con una pendenza blanda rivolta a SW.

Il contesto generale nell'intorno si contraddistingue, in genere, per una modesta urbanizzazione residenziale; l'area confina ad Ovest con un'area prativa mentre in tutte le altre direzioni confina con proprietà residenziali.

In un intorno significativo del sito indagato non sono presenti allo stato attuale fenomeni geomorfologici in atto tali da lasciar supporre future rapide evoluzioni territoriali.

2.2 Geologia

Dalla documentazione geologica di PGT si deduce che l'area indagata rientra in un'unità geologica denominata "Unità di Tradate", assimilata all'Alloformazione di Albizzate (Fluvioglaciale Riss).

L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali prevalentemente grossolani.

La litologia dominante è rappresentata da ghiaie a supporto clastico, con matrice fine (limoso – argillosa) talvolta abbondante.

I ciottoli sono generalmente da arrotondati a sub – arrotondati, poligenici, con diametro variabile, generalmente inferiore ai 20 cm.

Il grado di alterazione è medio: i clasti carbonatici sono completamente argillificati fino alla profondità di circa 4 – 5 metri, mentre i clasti metamorfici sono fortemente alterati per i primi 3 metri.

I depositi sono massivi o organizzati in livelli mal definiti, identificabili per variazioni granulometriche.

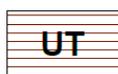
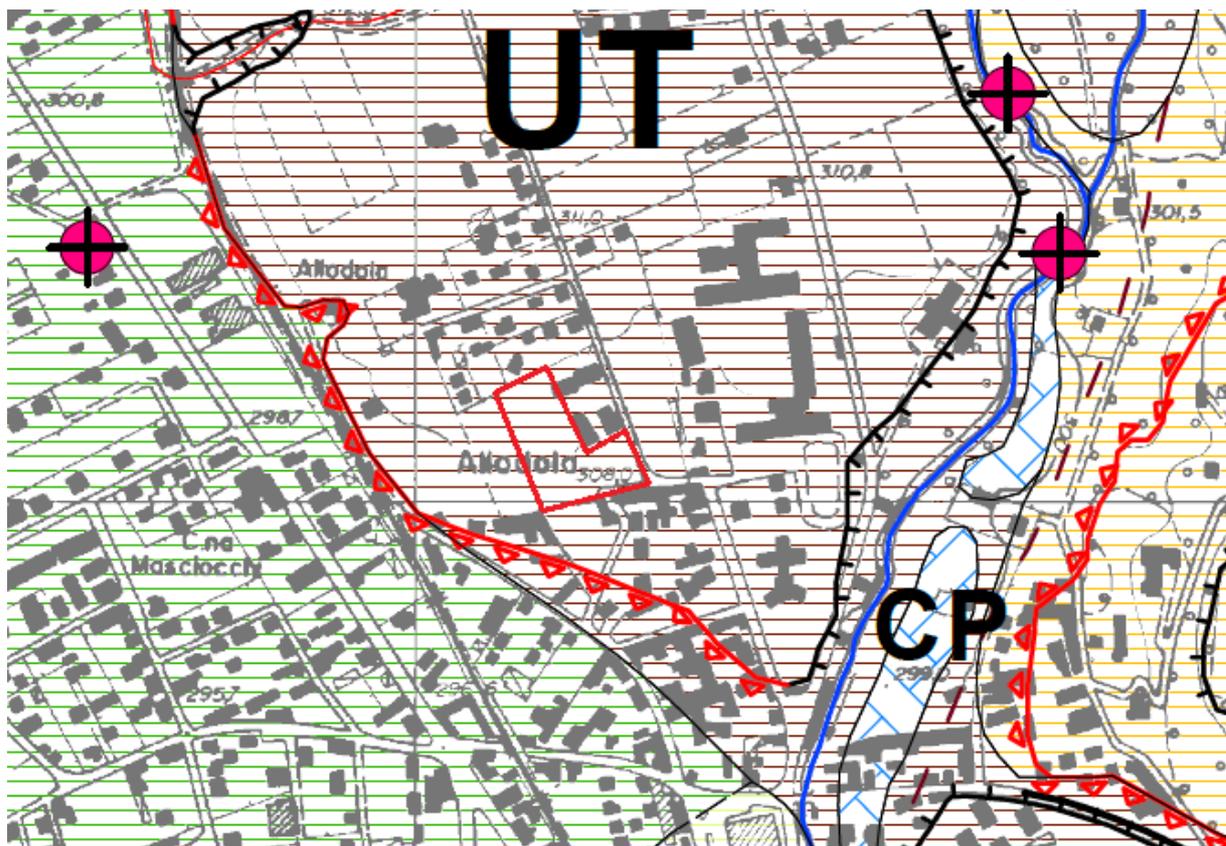
Le strutture sedimentarie, rare e concentrate in pochi livelli, sono rappresentate da embriciature e isoorientazione dei ciottoli.

Localmente le ghiaie sono ricoperte da un livello di sedimenti fini di spessore variabile tra 1.5 e 2.5 metri costituito da limi e limi argillosi massivi; la frazione argillosa aumenta verso la base, dove sono presenti rari ciottoli con diametro inferiore ai 2 cm.

Il limite tra il livello superiore e le ghiaie è generalmente netto.

Questa unità costituisce la piana fluvioglaciale sulla quale è sviluppato il centro abitato di Tradate e l'intera frazione di Abbiate Guazzone.

Il limite inferiore non è mai affiorante nell'area.



Unità di Tradate - assimilata all'Alloformazione di Albizzate (Fuvioglaciale Riss A.A.)

Depositi fluvioglaciali prevalentemente grossolani (ghiaie a supporto clastico con matrice limoso argillosa di colore marrone ocraceo); presenza di un livello superiore di limi argillosi massivi (loess); grado di alterazione medio (clasti carbonatici argillificati e metamorfici fortemente alterati).



Orlo di terrazzo



Reticolo idrico



Sponda di erosione fluviale



Punto di riferimento stratigrafico (scavi di cantiere e affioramenti naturali)

Stralcio della carta geologica, fonte PGT

3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA E IDROGEOLOGICA DEL SITO

3.1 Idrografia

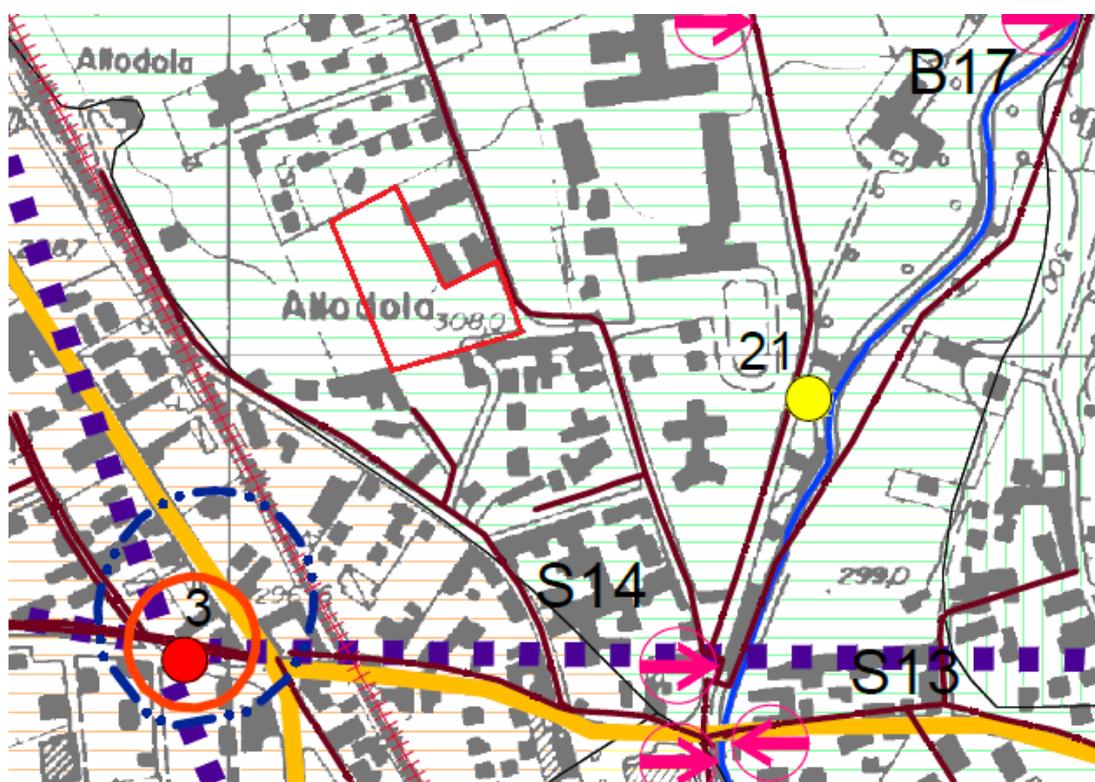
Non sono presenti un intorno significativo dell'area indagata corpi idrici superficiali tali da coinvolgerla con le relative dinamiche idrauliche quali esondazioni e/o erosioni di sponda.

3.2 Idrogeologia

Dalla documentazione consultata si evince che l'area oggetto di indagine s'intesta alla quota media di 308 m slm e risulta compresa tra la curva isopiezometrica 270 m slm a NE e 260 m slm a SW, ciò dà luogo ad una soggiacenza delle acque sotterranee compresa tra i 38 e i 48 metri dal p.c. con una direzione di scorrimento rivolta verso SW.

L'acquifero è di tipo libero in materiali alluvionali, protetto in superficie da depositi prevalentemente fini di spessore inferiore a 5 m.

Il grado di vulnerabilità è medio mentre la permeabilità superficiale è bassa.



POZZI E SORGENTI (CON RELATIVO NUMERO O SIGLA IDENTIFICATIVA)

- Pozzo di pubblico acquedotto
- Pozzo chiuso

PREVENTORI E/O RIDUTTORI DELL'INQUINAMENTO

- Zona di rispetto delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano definite con criterio temporale (t = 60 gg, D.G.R 15137/96).
- Proposta di zona di protezione, definita con criterio temporale (t = 180 gg, D.G.R 15137/96)

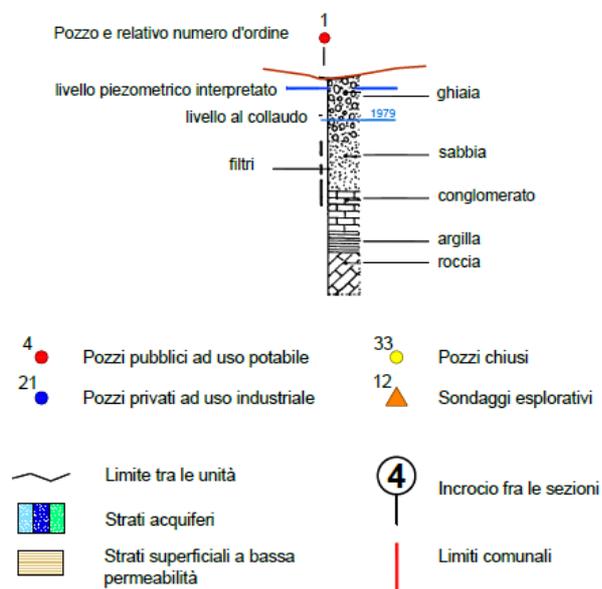
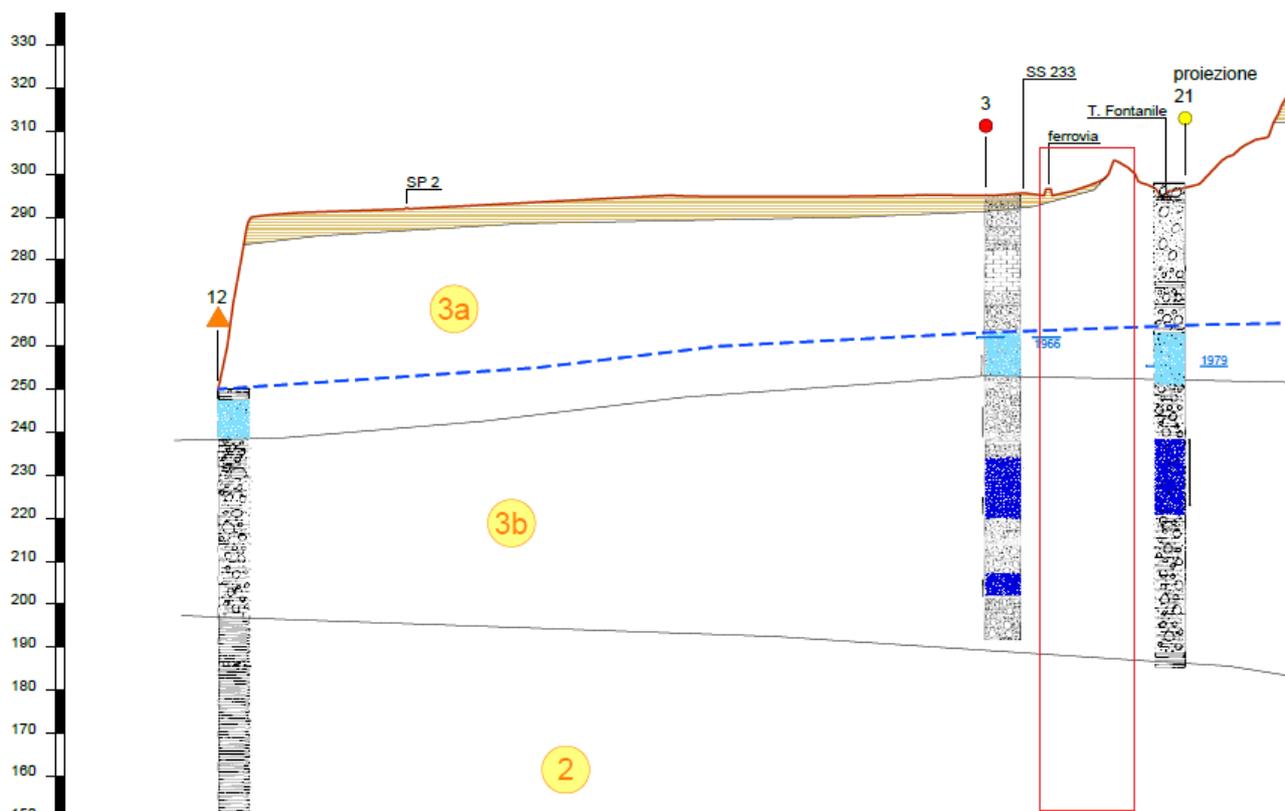
1 Traccia delle sezioni idrogeologiche

GRADO DI PERMEABILITA' DEI TERRENI SUPERFICIALI				GRADO DI VULNERABILITA'						CARATTERISTICHE DELL'ACQUIFERO
A	M	B	BB	ee	e	a	m	b	bb	
		X					m2			

Stralcio della carta idrogeologica, fonte PGT

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}
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

Ai terreni presenti in sito, grazie alla documentazione consultata, è attribuibile una permeabilità bassa, k da 10^{-5} a 10^{-7} m/s.



CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' IDROGEOLOGICHE

Unità ghiaioso-conglomeratica con intercalazioni argillose

3a Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi a granulometria eterogenea, sciolti o localmente cementati. Locale presenza di falde idriche di tipo libero.
Ambiente deposizionale: continentale

3b Depositi fluvio-glaciali a granulometria in abbondante matrice argillosa
Falde idriche di tipo semiconfinato
Ambiente deposizionale: continentale

Unità delle argille prevalenti:

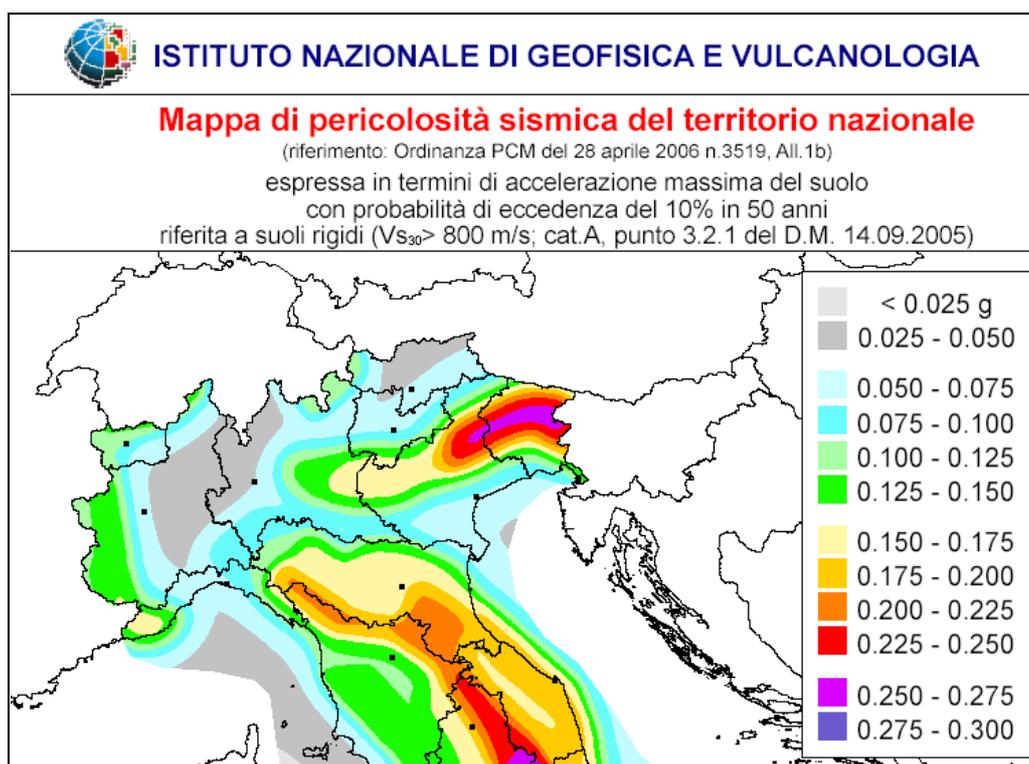
2 Depositi fini limoso-argillosi localmente intercalati a materiale più grossolano
Locale presenza di falde idriche di tipo confinato.
Ambiente deposizionale: transizionale e marino

Sezione idrogeologica n°3, fonte PGT

4. SISMICA

Macrozonazione e segnali sismici

Con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" sono stati approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale (macro-zonazione) riportata in figura.

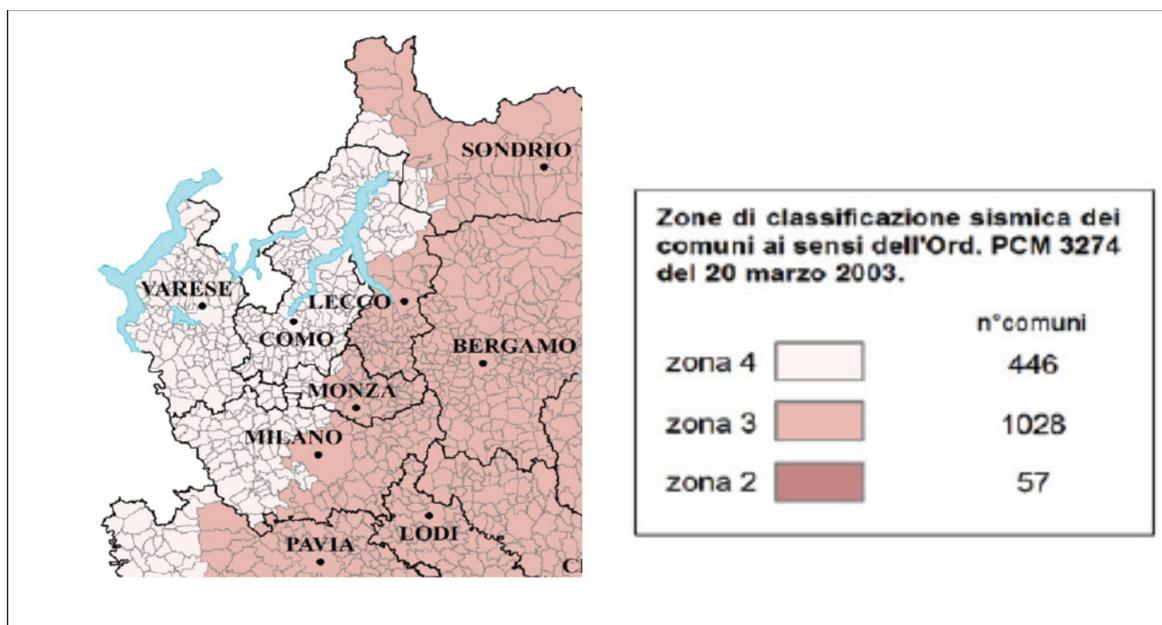


La mappa riportata rappresenta graficamente la pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi (*Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* categoria A di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14/09/05) caratterizzati da una velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio $V_{s30} > 800$ m/s.

Tale mappatura e i rispettivi valori di accelerazione massima si traducono in zone sismiche così suddivise dalla più gravosa:

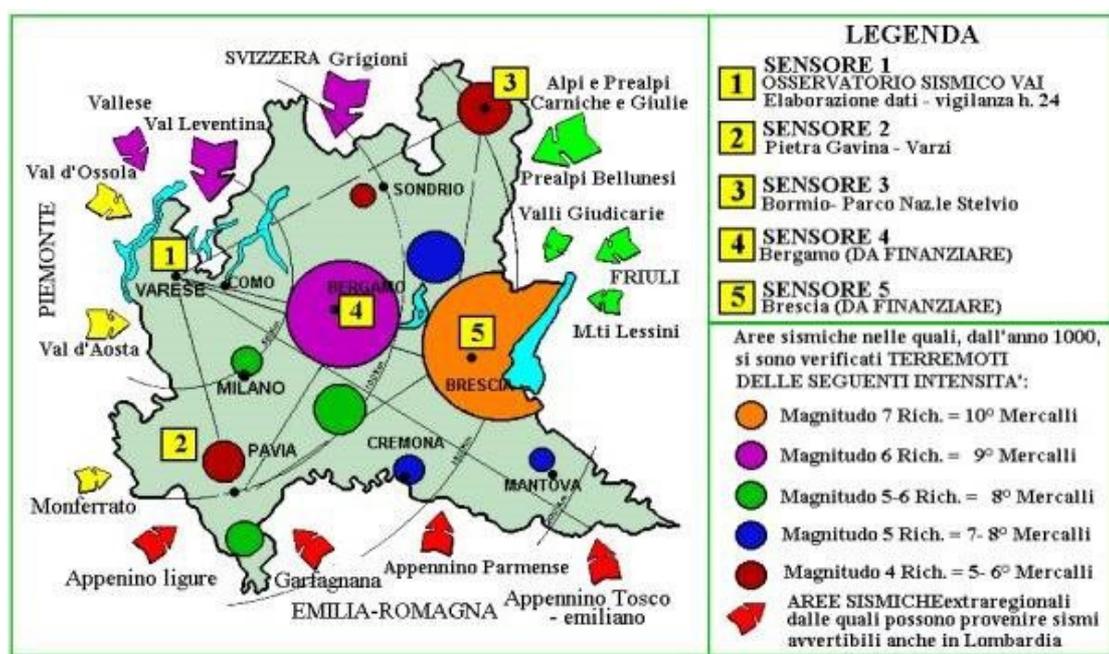
ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI A 10% IN 50 ANNI (m/s)
1	$0,25 < a_g < 0,35g$
2	$0,15 < a_g < 0,25g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$
4	$\leq 0,05g$

La regione Lombardia con la D.G.R. del 11 Luglio 2014 n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Lombardia" ha identificato quanto segue:



Considerato quanto sopra esposto si rileva che il territorio comunale di Tradate rientra completamente in classe sismica quarta (4).

Archivio segnali sismici



La carta soprastante illustra i principali terremoti storici dall'anno mille ad oggi in Lombardia e le zone sismogenetiche adiacenti da cui possono giungere terremoti risentiti dalla popolazione.

Liquefazione

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze: 1). eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5; 2). accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g; 3). profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali; 4). depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa; 5). distribuzione granulometrica specifica esterna al campo principale delle sabbie sia per terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ sia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Secondo la classificazione di Youd e Perkins (1978) che fornisce una indicazione qualitativa della vulnerabilità alla liquefazione dei terreni in funzione dell'età e della loro origine, **la propensione alla liquefazione locale è bassa.**

Tipo deposito	Età del deposito			
	<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Depositi continentali				
Canali fluviali	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	----	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto bassa
Glaciali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tuff	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tephra	Alta	Alta	?	?
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Sebkha	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Zone costiere				
Deltaici	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Di estuario	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Di spiaggia con elevata energia delle onde	Moderata	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Di spiaggia con bassa energia delle onde	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lagunari	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Litorali	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Riempimenti artificiali				
Non compattati	Molto alta	----	----	----
Compattati	Bassa	----	----	----

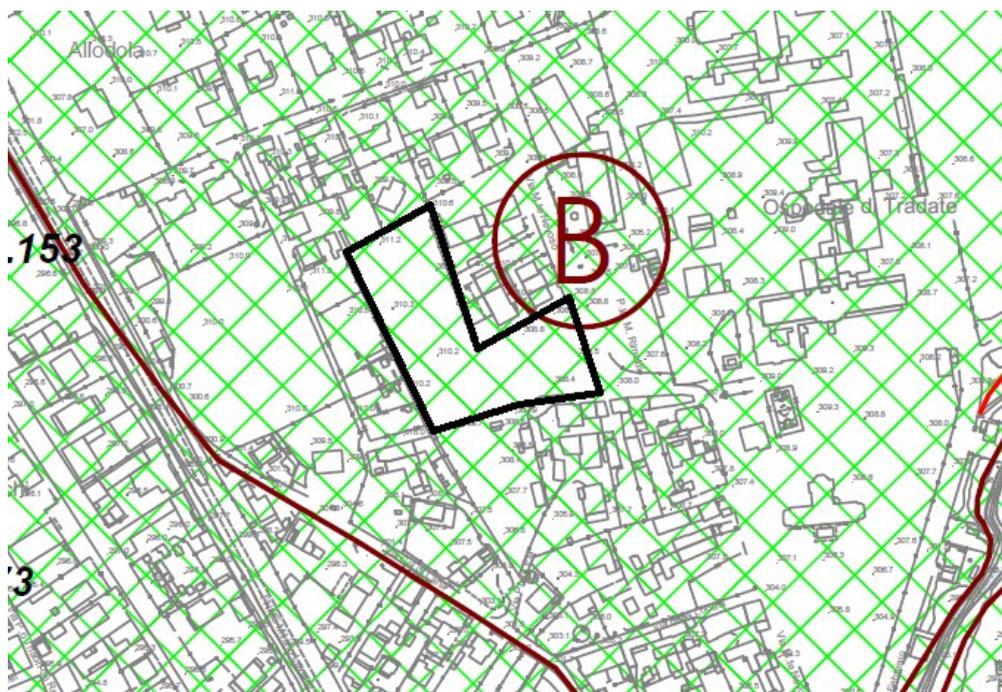
Microzonazione sismica

La **microzonazione sismica** è una tecnica di analisi sismica di un territorio che ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale) le condizioni geologiche locali (zone di versante, terreni non consolidati, aree in frana, sedimenti liquefacibili, ecc) che possono alterare più o meno sensibilmente le caratteristiche del movimento sismico atteso e/o produrre deformazioni permanenti e critiche per le costruzioni e le infrastrutture in loco.

I passi per identificare la pericolosità sismica locale partono dall'individuazione di alcuni scenari di pericolosità sismica locale individuati alla scala di porzioni di territorio comunale per poi concentrarsi sulle peculiarità topografiche e litologiche del sito.

Nell'ambito dell'identificazione della pericolosità sismica locale l'area studiata rientra in uno scenario Z4a.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
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 affamente 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 fluvioglaciali 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



Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi

→ AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE

Stralcio della carta delle pericolosità sismica locale, fonte PGT

Le norme tecniche per le costruzioni espone nel D.M. 14/01/2008 e successive modifiche 2018, al fine di valutare la microzonazione sismica elencano in ambito topografico alcune condizioni in

Consulente Geologo Cristiano Nericcio - Geologia applicata all'ingegneria civile e all'ambiente – 338 3763998 17

grado di amplificare in maniera crescente gli effetti di un sisma (valide per rilievi superiori ai 30 m): a) T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $I \leq 15^\circ$; b) T2 Pendii con inclinazione media $>15^\circ$; c) T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra 15 e 30° ; d) T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30° .

Per l'area in corso di studio si tratta a livello generale di una classe T1.

Altresì identificano in ambito stratigrafico alcune categorie di suolo in base alla misurazione della velocità media delle onde Vs nei primi 30 m di suolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni; a tal proposito si sono consultate alcune stratigrafie di pozzi e sezioni geo-idrologiche locali, confrontando la litologia in esse presente con i dati forniti dalle tabelle sottostanti (correlazione litologia – Vs).

Categoria	Litologia
A	Calcere, Gesso, Marne, Rocce generiche
B	Ghiaia fine, media, grossolana, blocchi, massi
C	Sabbia fine, media, grossolana
D	Limo, Argilla

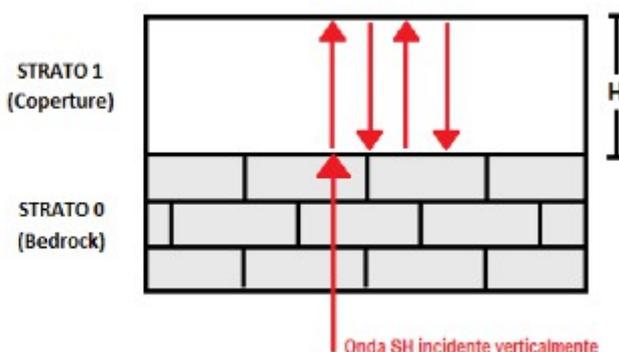
Correlazione litologie prevalenti/Vs (fonte protezione civile)

Velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo (Borchedt, 1994)

TIPO DI SUOLO	Vs min (m/s)	Vs media (m/s)	Vs max (m/s)
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto-poco fratturate)	1400	1620	
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti,	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie	376	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille tenere	100	150	200

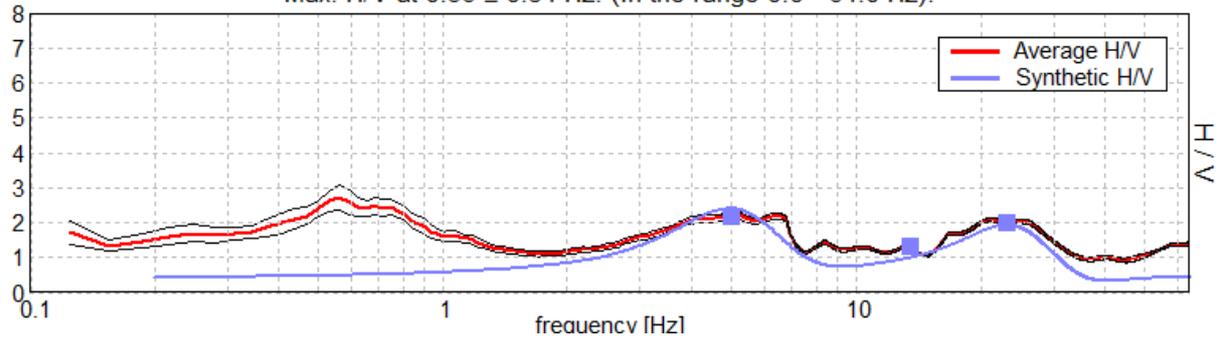
Secondo il PGT i terreni indagati appartengono alla categoria sismica di tipo B, C ed E.

. In sito si sono svolti inoltre due sondaggi sismici verticali tramite un tromografo digitale (modello Tromino, asse maggiore orientato a Nord, frequenza campionatura 0,1 a 60 Hz, ampiezza finestre 20 s, durata misurazione da 16 a 20 minuti, transienti non significativi, condizioni meteo non influenti), il cui risultato interpretato con la tecnica d'inversione HVSR ha consentito di iscrivere i terreni presenti in sito alla categoria sismica B.



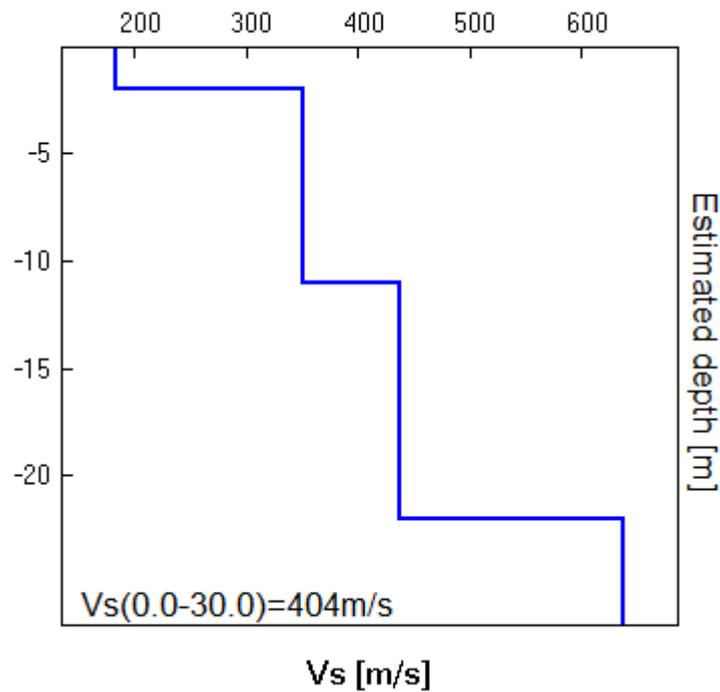
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V 31

Max. H/V at 0.56 ± 0.34 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	184	0.42
11.00	9.00	351	0.42
22.00	11.00	438	0.45
inf.	inf.	637	0.45

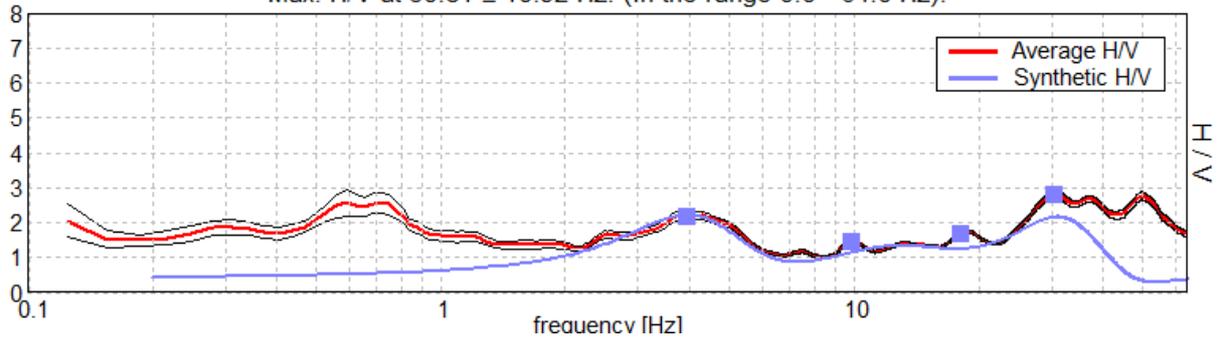
Vs(0.0-30.0)=404m/s



Report indagine sismica verticale

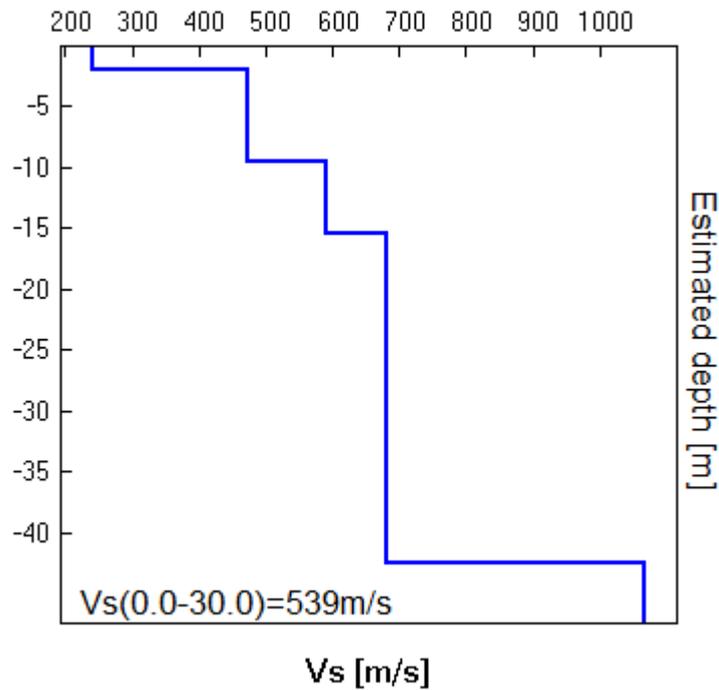
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V 32

Max. H/V at 30.81 ± 10.92 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	242	0.45
9.50	7.50	472	0.45
15.50	6.00	592	0.45
42.50	27.00	680	0.45
inf.	inf.	1066	0.45

Vs(0.0-30.0)=539m/s



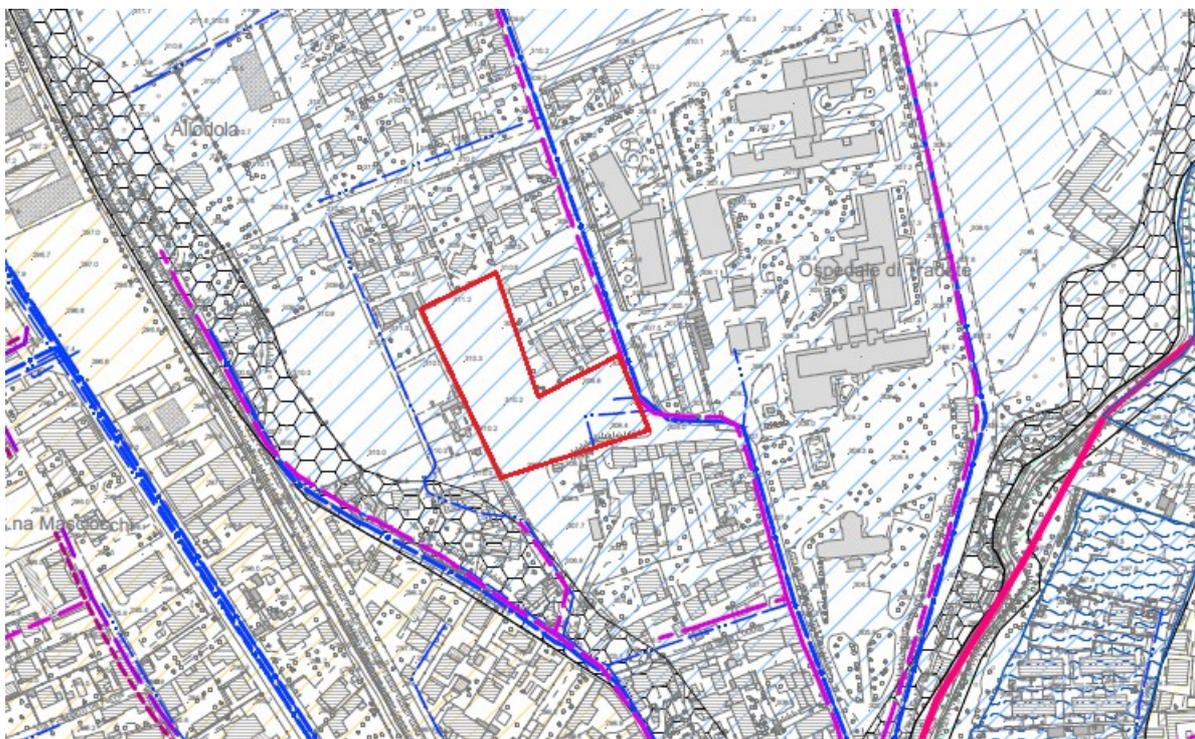
Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	V_{s30} (m/s)	N_{SPT}	C_u (kPa)
A	<u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> , caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	> 800	-	-
B	<u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360 - 800	> 50	> 250
C	<u>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	<u>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 180	< 15	< 70
E	<u>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</u> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).			
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille organiche.			
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti			

Fig. 10.1 - *Categorie di suolo di fondazione (D.M. 14-01-2008).*

Parametri pericolosità sismica sito

5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA PRELIMINARE DEL SITO

Dalla documentazione geologica allegata al vigente PGT, è possibile classificare il sito nell'area litotecnica denominata "B" le cui caratteristiche sono riportate di seguito:



CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Unità geotecnica	Litologia superficiale prevalente	Caratteristiche geotecniche	Drenaggio delle acque
B	Ghiaie e sabbie grossolane mediamente alterate in matrice limoso argillosa. Superiormente limi debolmente argillosi con struttura massiva.	Terreni granulari poco alterati con stato di addensamento "medio" e limi superiori con grado di consistenza da "medio" a "compatto"; locale presenza di cavità che si riscontrano nei primi 10 m circa di profondità (occhi pollini).	Drenaggio delle acque mediocre in superficie e discreto in profondità; problematiche relative alla circolazione delle acque nel primo sottosuolo (150-200 cm).

Stralcio della carta litotecnica, fonte PGT

P.to 151/03: Relazione geologico – tecnica per nuova – Via Pindemonte

Argomento: indagine geognostica per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di indagini geognostiche.

Interpretazione stratigrafica: livelli di terreno sabbioso con stato di addensamento variabile, fino a 10.8 m da p.c.

Idrogeologia: fino alla profondità investigata di 10.8 m circa non è stata intercettata la superficie piezometrica. Prove piezometriche hanno altresì verificato l'assenza di falde intermedie.

P.to 377/02: Relazione geologico – tecnica per costruzione nuovi edifici residenziali – Via Isonzo

Argomento: indagine geognostica per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di indagini geognostiche.

Interpretazione stratigrafica: le prove hanno permesso di ipotizzare la seguente sequenza di livelli di terreno:

strato 1, presente da p.c. fino alla massima profondità d'investigazione (14.1 m), costituito da depositi limosi con stato di addensamento sciolto;

strato 2, presente all'interno dello strato 1, costituito da materiale sabbioso ghiaioso con stato di addensamento "mediamente addensato".

Caratteri geotecnici principali

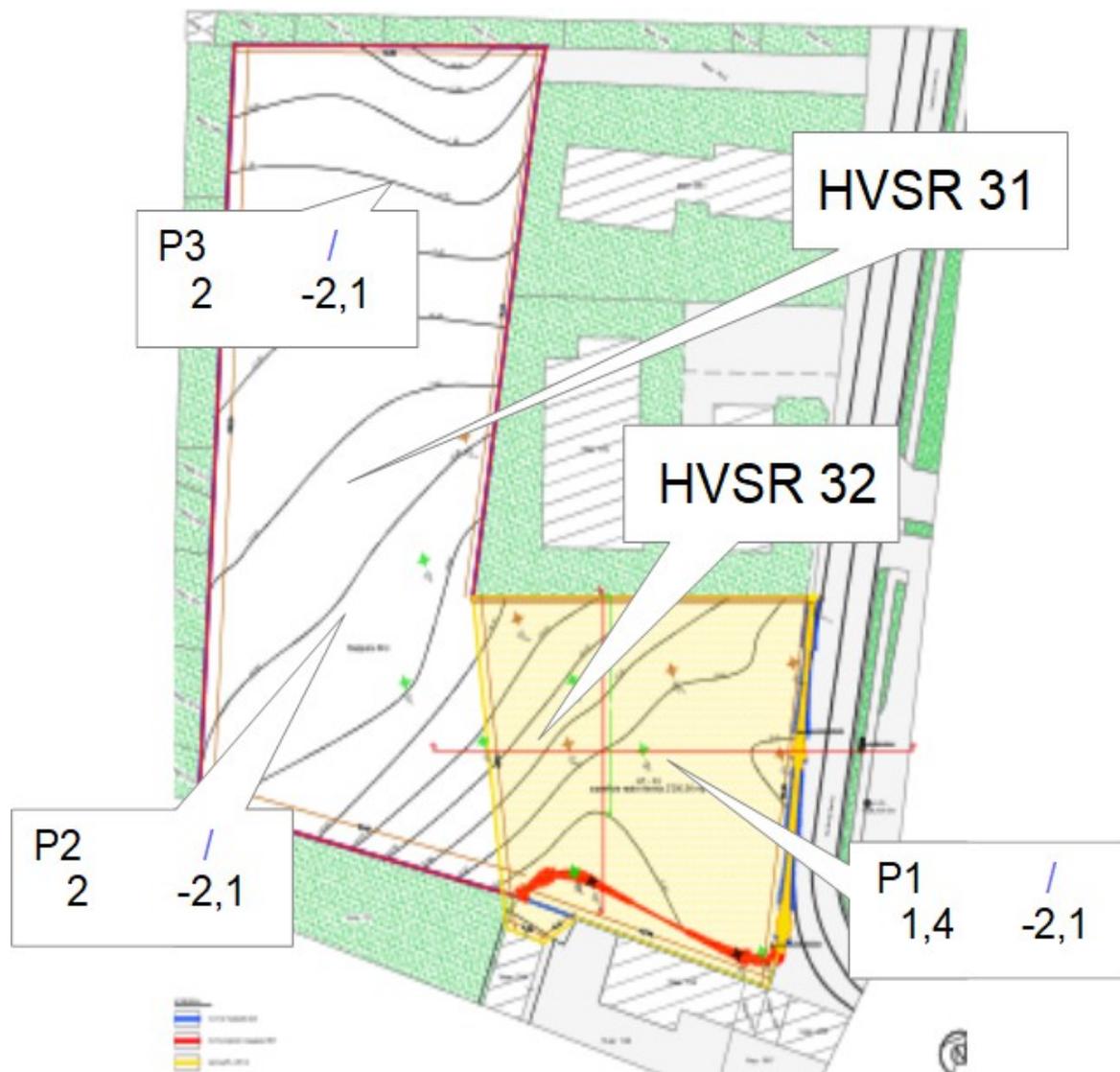
Livello	φ angolo di attrito (°)	Dr densità relativa (%)	γ Peso di volume (t/mq)	N _{spt} equiv (num. colpi)
1	25-28	5-30	1.6-1.7	2-8
2	31.5	47	1.8	17

Idrogeologia: fino alla profondità investigata di 14.1 m circa non è stata intercettata la superficie piezometrica, né orizzonti particolarmente umidi.

Indagine geognostica, fonte PGT

5.1 Indagine in sito

Nell'area si è svolta un'indagine geognostica di seguito esposta:



Identificativo prova

P1	/
/	/

Profondità falda

Spessore coltre
Superficiale compressibile
N < 6

Profondità tetto orizzonte
resistente
N > 19

Strumentazione utilizzata: penetrometro dinamico pesante, maglio 63 kg, altezza caduta 70 cm, passo lettura 30 cm

ESPOSIZIONE RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE							
Cantiere:		Comune di Tradate, Via Monte Nevoso, PL					
Committente:		Egr.i sig. Galmarini e Raimondi					
Data:		07-dic-22					
P1					E MPa	M kg/cmq	Cu kg/cmq
METRI	N10	NSPT	Media	Ang. Attri	Mod Elas	Mod Edom	Coesione
0,1	4	3	3	21	11,1	17,8	0,2
0,2	4	3		21	11,1	17,8	0,2
0,3	4	3		21	11,1	17,8	0,2
0,4	4	3		21	11,1	17,8	0,2
0,5	4	3		21	11,1	17,8	0,2
0,6	4	3		21	11,1	17,8	0,2
0,7	4	3		21	11,1	17,8	0,2
0,8	4	3		21	11,1	17,8	0,2
0,9	4	3		21	11,1	17,8	0,2
1	4	3		21	11,1	17,8	0,2
1,1	4	3		21	11,1	17,8	0,2
1,2	4	3		21	11,1	17,8	0,2
1,3	4	3		21	11,1	17,8	0,2
1,4	4	3		21	11,1	17,8	0,2
1,5	15	9	9	27	21,4	66,6	0,0
1,6	15	9		27	21,4	66,6	0,0
1,7	15	9		27	21,4	66,6	0,0
1,8	15	9		27	21,4	66,6	0,0
1,9	15	9		27	21,4	66,6	0,0
2	15	9		27	21,4	66,6	0,0
2,1	30	19	19	32	30,3	133,1	0,0
2,2	30	19		32	30,3	133,1	0,0
2,3	30	19		32	30,3	133,1	0,0
2,4	100	63	Rifiuto	46	55,3	443,8	0,0

aste umide

	acqua	Angolo attrito	
		da	a
terreno ben addensato		33°	
		28°	33°
		24°	28°
terreno scarsamente addensato			24°

.Report indagine geognostica in sito

ESPOSIZIONE RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE								
Cantiere:		Comune di Tradate, Via Monte Nevoso, PL						
Committente:		Egr.i sig. Galmarini e Raimondi						
Data:		07-dic-22						
P2		E	M	Cu				
METRI	N10	MPa	kg/cmq	kg/cmq	Ang. Attri	Mod Elas	Mod Edom	Coesione
0,1	5	3			22	12,4	22,2	0,2
0,2	5	3			22	12,4	22,2	0,2
0,3	5	3			22	12,4	22,2	0,2
0,4	5	3			22	12,4	22,2	0,2
0,5	5	3			22	12,4	22,2	0,2
0,6	5	3			22	12,4	22,2	0,2
0,7	5	3			22	12,4	22,2	0,2
0,8	5	3			22	12,4	22,2	0,2
0,9	5	3			22	12,4	22,2	0,2
1	5	3		3	22	12,4	22,2	0,2
1,1	5	3			22	12,4	22,2	0,2
1,2	5	3			22	12,4	22,2	0,2
1,3	5	3			22	12,4	22,2	0,2
1,4	5	3			22	12,4	22,2	0,2
1,5	5	3			22	12,4	22,2	0,2
1,6	5	3			22	12,4	22,2	0,2
1,7	5	3			22	12,4	22,2	0,2
1,8	5	3			22	12,4	22,2	0,2
1,9	5	3			22	12,4	22,2	0,2
2	5	3			22	12,4	22,2	0,2
2,1	30	19		19	32	30,3	133,1	0,0
2,2	30	19			32	30,3	133,1	0,0
2,3	30	19			32	30,3	133,1	0,0
2,4	100	63	Rifiuto		46	55,3	443,8	0,0

aste umide

	acqua		Angolo attrito
			da a
terreno ben addensato		Nspt > 19	33°
		12 < Nspt <= 18	28° 33°
		7 < Nspt <= 11	24° 28°
terreno scarsamente addensato		Nspt <= 6	24°

.Report prova penetrometrica in sito

ESPOSIZIONE RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE								
Cantiere:		Comune di Tradate, Via Monte Nevoso, PL						
Committente:		Egr.i sig. Galmarini e Raimondi						
Data:		07-dic-22						
P3	E	M	Cu					
METRI	MPa	kg/cmq	kg/cmq	Ang.	Attri	Mod Elas	Mod Edom	Coesione
N10	NSPT	Media						
0,1	4	3	3	21	11,1	17,8	0,2	aste umide
0,2	4	3		21	11,1	17,8	0,2	
0,3	4	3		21	11,1	17,8	0,2	
0,4	4	3		21	11,1	17,8	0,2	
0,5	4	3		21	11,1	17,8	0,2	
0,6	4	3		21	11,1	17,8	0,2	
0,7	4	3		21	11,1	17,8	0,2	
0,8	4	3		21	11,1	17,8	0,2	
0,9	4	3		21	11,1	17,8	0,2	
1	4	3		21	11,1	17,8	0,2	
1,1	6	4		23	13,6	26,6	0,3	
1,2	6	4		23	13,6	26,6	0,3	
1,3	6	4		23	13,6	26,6	0,3	
1,4	6	4		23	13,6	26,6	0,3	
1,5	6	4		23	13,6	26,6	0,3	
1,6	6	4		23	13,6	26,6	0,3	
1,7	6	4		23	13,6	26,6	0,3	
1,8	6	4		23	13,6	26,6	0,3	
1,9	6	4		23	13,6	26,6	0,3	
2	6	4	23	13,6	26,6	0,0		
2,1	30	19	19	32	30,3	133,1	0,0	
2,2	30	19		32	30,3	133,1	0,0	
2,3	30	19		32	30,3	133,1	0,0	
2,4	30	19		32	30,3	133,1	0,0	
2,5	30	19		32	30,3	133,1	1,0	

p.c.

	P1	P2	P3
-1	Red	Blue	Red
-2	Yellow	Blue	Red
-3	White	White	White

acqua		Angolo attrito	
		da	a
terreno ben addensato	White	33°	
	Green	28°	33°
	Yellow	24°	28°
terreno scarsamente addensato	Red		24°

.Report indagine geognostica in sito

Tabella X: Proprietà fisico-meccaniche e indicazioni a scopo ingegneristico dei terreni (da: Washington Division of Geology and Earth Resources Bulletin 78-1989, modificato)

classificazione		Peso di volume secco	angolo di resistenza al taglio	coesione	erodibilità relativa	capacità portante	difficoltà di scavo	inclinazione scarpata
origine	USCS	g/cm^3	$^\circ$	kg/cm^2		kg/cm^2		$\%$
alluvionali								
alta energia	GW, GP, GM	1.85 - 2.10	30 - 35	0	bassa	0,75 - 1,00	bassa	50+65
bassa energia	ML, SM, SP, SW	1.45 - 1.85	15 - 30	0 - 0.25	medio-alta	0.25 - 0,75	bassa	25+50
glaciali								
till	SM, ML	1.90 - 2.25	35 - 45	0.50 - 2.00	medio-bassa	0.75 - 2.50	medio-alta	50+100
fluvioglaciali	GW, GP, SW, SP, SM	1.85 - 2.10	30 - 40	0 - 0,50	medio-bassa	0.75 - 1.50	medio-bassa	50+70
glaciolacustri	ML, SP, SM	1.60 - 1.90	30 - 40	0 - 1.50	medio-alta	0.50 - 1.00	media	25+50
lacustri								
inorganici	ML, SM, MH	1.10 - 1.60	5.0 - 20	0 - 0.10	alta	0 - 0.25	bassa	0+25
organici	OL, PT	0.5 - 1.10	0 - 10	0 - 0.10	alta	0 - 0.25	bassa	0+25
colici								
loess	ML, SM	1.25 - 1.60	20 - 30	0.25 - 0.50	molto alta	0.25 - 0.50	bassa	25+50

DESCRIZIONE LITOLOGICA	INTERVALLO DEI VALORI $[kg/cm^3]$
Sabbia sciolta	0,48 - 1,60
Sabbia mediamente compatta	0,96 - 8,00
Sabbia compatta	6,40 - 12,80
Sabbia argillosa mediamente compatta	2,40 - 4,80
Sabbia limosa mediamente compatta	2,40 - 4,80
Sabbia e ghiaia compatta	10,00 - 30,00
Terreno argilloso con $qu < 2kg/cm^2$	1,20 - 2,40
Terreno argilloso con $(2 < qu < 4)kg/cm^2$	2,20 - 4,80
Terreno argilloso con $qu > 4kg/cm^2$	> 4,80

Relativamente all'attribuzione dei valori dei *parametri geotecnici fondamentali* ai terreni si è fatto riferimento anche ad esperienze personali condotte in contesti confrontabili ed in zone limitrofe (esecuzione di back-analysis), nonché a dati dedotti dalla bibliografia tecnica (cf. P. COLOMBO, 1975; R. LANCELLOTTA, 1987; TERZAGHI PECK 1967; TANZINI 2009; CASADIO-ELMI 2006; CESTARO 2009) espressi in medie ponderate.

6. MODELLO LITOTECNICO LOCALE E PRESTAZIONI GEO-MECCANICHE

Modello litotecnico locale:

Unità litotecnica 1: tra 0 e 2 m di profondità, terreni prevalentemente limosi, range NSPT da 0 a 6, angolo di attrito interno 19-24°, peso di volume 1,6-1,7 t/mc, coesione non drenata/apparente 0,2/0,4 kg/cmq, comportamento frizionale (coesivo a breve termine), modulo elastico E 154 Kg/cmq, modulo edometrico M 34 kg/cmq, addensamento scadente, non saturi, USCS ML.

Unità litotecnica 2: da 2,1 m dal p.c, terreni prevalentemente ghiaioso ciottolosi, NSPT 19 o >, angolo di attrito interno $\geq 32^\circ$, peso di volume 1,9-2 t/mc, coesione nulla, modulo elastico E 310 kg/cmq, modulo edometrico M 136 kg/cmq, comportamento frizionale, non saturi, ben addensati, USCS GP, GW, GP.

Spessore terreni compressibili superficiali (Nspt < 6): presente coltre superficiale cedevole prevalentemente limosa-sabbiosa spessa 2 m;

Profondità tetto orizzonte terreni resistenti (Nspt >19): substrato ghiaioso ciottoloso ben addensato in matrice sabbiosa limosa riscontrato da 2,1 m dal p.c.

Piani di posa fondazioni esistenti/in progetto/modellate: - 0,8 m, modellate;

Tipologia fondazioni in progetto/modellate: fondazioni continue, plinti, platea;

Approccio calcolistico: combinazione A1M1R3, formule Brinch-Hansen e Burland e Burdbridge;

Peculiarità geo-meccaniche caratteristiche sedime fondazioni: per plinti e fondazioni continue, coesione nulla a favore della sicurezza, peso volume γ 1,7 t/mc, angolo attrito ϕ 23°; per platea coesione nulla, angolo attrito 28°, peso volume 1,8 t/mc; dai 2 m dal p.c coesione nulla a favore della sicurezza, angolo di attrito 32°, peso di volume 1,9 ton/mc.

Prestazioni geo-meccaniche sedime di fondazione (resistenze verticali e carichi esercizio

massimi):

SLU - SLE

Tipo di fondazione	Profondità piano posa m	Capacità portante (resistenze verticali) kPa	Cedimento totale mm	Carico di esercizio max kPa	K Winkler Kg/cmc
A	B	C (SLU)	D	E (SLE)	F
(0,6 x 0,6) m	- 0,8	62	24	64	1,6
(0,8 x 0,8) m	- 0,8	66	32	50	1,3
(1 x 1) m	- 0,8	70	39	45	1,2
(0,6 x 10) m	- 0,8	56	32	45	1,6
(0,8 x 10) m	- 0,8	62	44	35	1,3
(1 x 10) m	- 0,8	70	57	30	1,2
(0,7 x 10) m	-0,8	59	28	53	2
(1,4 x 10) m	-0,8	82	62	36	1,47
(2 x 10) m	-0,8	100	132	30	1,3

SLU - SLE

Tipo di fondazione	Profondità piano posa m	Capacità portante (resistenze verticali) kPa	Cedimento totale mm	Carico di esercizio max kPa	K Winkler Kg/cmc
A	B	C (SLU)	D	E (SLE)	F
(5 x 6) m	- 0,8	314	151	55/105	3,8
(5,5 x 6,5) m	- 0,8	335	152	60	4,8
(5 x 10) m	- 0,8	349	194	90	3,8
(2,5 x 8) m	-0,8	219	81	70	4,3
(8 x 8) m	-0,8	420	263	85	3,7
(8 x 17) m	-0,8	518	361	75	4,7
(10 x 10) m	-0,8	501	326	80	4,6
(10 x 20) m	-0,8	540	438	70	4,6
(14 x 14) m	- 0,8	665	550	65	4,5
(15 x 18) m	-0,8	769	715	60	4,5

La combinazione dei carichi (azioni) di progetto ricadenti sui modelli fondazionali in condizioni statiche non dovranno superare i valori della colonna C per quanto riguarda gli SLU mentre la combinazione agli stati limite di esercizio dinamici SLE non dovrà superare i valori della colonna E che rappresentano i carichi tali da indurre cedimenti pari a 25 mm (tra parentesi il valore di carico di esercizio tale da indurre un cedimento di 50 mm). Il Kw è riferito alle colonne C e D.

In condizioni dinamiche i valori di SLU ed SLE subiranno un decremento del 20%

Pendenza stabile a lungo termine eventuali fronti di scavo: 50°;

Metodo di calcolo di capacità portanti e cedimenti fondazioni superficiali

Si sono verificate delle fondazioni tramite i metodi di Brinch Hansen e di Burland e Burdibdge.

Il metodo di Brinch-Hansen esprime la portata limite, q_{lim} come:

$$q_{lim} = cN_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q + 1/2 \gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma}$$

Si consideri che nei terreni incoerenti la pressione ammissibile di una fondazione è subordinata al cedimento tollerabile dalla sovrastruttura e non dalla capacità portante; si è pertanto provveduto ad utilizzare il metodo statistico di Burland e Burdibdge che esprime i cedimenti indotti dai carichi, S, tramite la:

$$S = f_s f_H f_t \left[\sigma'_{vo} B^{0.7} I_c / 3 + (q' - \sigma'_{vo}) B^{0.7} I_c \right]$$

riferendosi ad un valore limite totale accettabile di 25 mm (in rosso nelle tabelle i cedimenti non ammissibili secondo i suggerimenti di Terzaghi e Peck).

In calcolistica l'”influenza sismica” viene tenuta in conto modificando i fattori “I” della formula di Brinch-Hansen che agiscono valutando la componente verticale del carico relazionata a inclinazione ed eccentricità delle spinte sulle fondazioni.

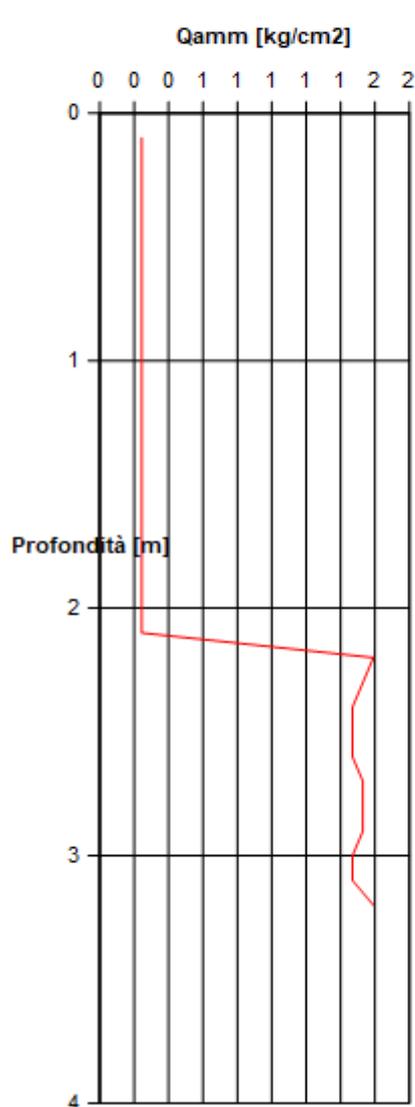
I parametri geo-meccanici dei terreni utilizzati in calcolistica sono stati desunti dalla media dei risultati delle prove penetrometriche al di sotto del piano di posa delle fondazioni per una profondità in genere pari ad 1,5 volte la larghezza della fondazione.

Metodologia di calcolo della Capacità portante

Fondazioni superficiali

FORMULA DI PARRY

coeff. di sicurezza	4
coeff. correlazione	0,80



Prof. [m]	Nspt [Colpi/piede]	Nspt [Colpi/piede]	Q_{amm} [kPa]	Q_{amm} [kg/cm ²]
0,10	4	3,20	24,00	0,24
0,20	4	3,20	24,00	0,24
0,30	4	3,20	24,00	0,24
0,40	4	3,20	24,00	0,24
0,50	4	3,20	24,00	0,24
0,60	4	3,20	24,00	0,24
0,70	4	3,20	24,00	0,24
0,80	4	3,20	24,00	0,24
0,90	4	3,20	24,00	0,24
1,00	4	3,20	24,00	0,24
1,10	4	3,20	24,00	0,24
1,20	4	3,20	24,00	0,24
1,30	4	3,20	24,00	0,24
1,40	4	3,20	24,00	0,24
1,50	4	3,20	24,00	0,24
1,60	4	3,20	24,00	0,24
1,70	4	3,20	24,00	0,24
1,80	4	3,20	24,00	0,24
1,90	4	3,20	24,00	0,24
2,00	4	3,20	24,00	0,24
2,10	4	3,20	24,00	0,24
2,20	26	20,80	156,00	1,59
2,30	25	20,00	150,00	1,53
2,40	24	19,20	144,00	1,47
2,50	24	19,20	144,00	1,47
2,60	24	19,20	144,00	1,47
2,70	25	20,00	150,00	1,53
2,80	25	20,00	150,00	1,53
2,90	25	20,00	150,00	1,53
3,00	24	19,20	144,00	1,47
3,10	24	19,20	144,00	1,47
3,20	26	20,80	156,00	1,59

Capacità portante in funzione della profondità, da intendersi come carico di esercizio massimo da applicare a fondazioni continue larghe da 0,5 a 1 m con rispettivamente cedimenti di 16 e 25 mm

7. CONCLUSIONI

Ubicazione: Tradate, via Monte Nevoso; mappale: F9 P863; coordinate geografiche: 45°43'14.8"N 8°53'53.7"E

Fattibilità geologica: fattibilità II con modeste limitazioni all'urbanizzazione

Limitazioni alla Fattibilità: terreni eterogenei alterati con stato di addensamento da "sciolti" a "mediamente addensati", possibile presenza di acque di primo sottosuolo e cavità geologiche di dimensioni metriche "occhi pollini" che si rinvergono nei primi 10 m di profondità

Attività geomorfologiche in atto: assenti

Dissesti idrogeologici pregressi e/o prevedibili: assenti

Scenario pericolosità sismica locale: Z4a

Categoria sismica topografica: T1

Categoria sismica suoli: B

Propensione alla liquefazione dei sedimenti: da nessuna a bassa

Profondità falda acquifera principale: tra i 38 e i 48 m dal p.c.

Acquifero: Acquifero di tipo libero in materiali alluvionali, protetto in superficie da depositi prevalentemente fini di spessore inferiore a 5 m; grado di vulnerabilità medio

Vincoli legati a opere captazione idropotabili: assenti

Falde acquifere sub superficiali discontinue e temporanee: possibili

Permeabilità sub superficiale: permeabilità bassa, k da 10^{-5} a 10^{-7} m/s

Vincoli di natura idraulica idrologica legati a corpi idrici superficiali: assenti

Spessore terreni compressibili: 2 m, da 0 a 2 m dal p.c., limi e sabbie prevalenti

Profondità tetto orizzonte terreni resistenti: - 2,1 m dal p.c., ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa limosa

Pendenza stabile a lungo termine fronti di scavo: 50°

Piani di posa fondazioni modellati: - 0,8 m dal p.c.

Peculiarità geo-meccaniche sedime fondazioni: per plinti e fondazioni continue, coesione nulla a favore della sicurezza, peso volume γ 1,7 t/mc, angolo attrito ϕ 23°; per platea coesione nulla,

angolo attrito 28°, peso volume 1,8 t/mc; coesione nulla, peso volume 1,9 ton/mc, angolo attrito 32° a partire da 2 m di profondità.

Prescrizioni e/o attenzioni: terreni superficiali fino a 2 m di profondità scarsamente addensati e poco permeabili, propensi ai cedimenti, falda temporanea sospesa tra 1,8 e 2 m circa dal p.c.; consigliate fondazioni tipo platea superficiale o fondazioni continue a graticcio su riporto spesso almeno 1 m costituito da un misto granulare dall'ampia gradazione granulometrica (0-40 o 0-60 mm) da stendere a strati e rullare adeguatamente. Prevedere problematiche nello smaltimento delle acque meteoriche a causa della scarsa capacità di drenaggio dei terreni, suggerito l'utilizzo di materiali di copertura della viabilità e dei piazzali di manovra tipo "green blok" (pavimentazione permeabile discontinua in cls su letto di sabbia e ghiaia).

Per garantire la massima efficienza esecutiva delle opere sarà inoltre opportuno rispettare le seguenti ulteriori prescrizioni particolari:

- si consiglia di realizzare gli interventi con la massima rapidità in periodi contrassegnati da scarsi apporti idrici, al fine di evitare sia il fastidioso rammollimento dei terreni sia la presenza di filtrazioni dalle pareti e dal fondo scavo; nel primo caso sarà opportuno riparare gli scavi dall'azione delle acque meteoriche, apponendo teli impermeabili;
- nell'esecuzione degli scavi andrà previsto il sostegno dei fronti, particolarmente ove sia necessario approfondirsi oltre la profondità di 2 m soprattutto se in fregio a fondazioni di edifici esistenti, strade, ecc;
- qualora si evidenzia filtrazione di acque sulle pareti di scavo si dovrà assolutamente prevedere il sostegno degli scavi stessi, in quanto si perderebbe la relativa stabilità dei fronti stessi.
- Le considerazioni sopra effettuate derivano da indagini puntuali, nel caso si riscontrino l'esistenza di condizioni litostratigrafiche difformi da quanto previsto, andrà interpellato il consulente geologo e dovranno essere eventualmente adottati correttivi alle scelte progettuali previste.
- D.Lgs 81/2008, art. 118: Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete

del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, e' vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

- Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.
- Nello scavo di pozzi e di trincee profondi piu' di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilita', anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno.
- E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.

Rispettando quanto sopra esposto si può considerare l'intervento in progetto compatibile con le condizioni geologiche locali.