
Dott. Geol. Roberto Carimati



Dott. Geol. Giovanni Zaro

Committente: Impresa Gabri Luigi & C. S.a.s.

Comune: Buguggiate (VA)

Località: Via Trieste

**VARIANTE AL PIANO DI RECUPERO
RESIDENZIALE "CORTE MARTIGNONI"**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOLOGICO-
TECNICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018 e
DELLA D.G.R. 2616/2011**



Ottobre 2021



INDICE

1. PREMESSA E INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA	1
2. NORMATIVA E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	6
3.1 Quadro geologico generale	6
3.2 Geologia e litologia	6
3.3 Quadro geomorfologico	7
3.4 Cenni di idrografia	7
3.5 Quadro idrogeologico	9
3.5.1 Piezometria della falda idrica superficiale	10
4. VINCOLI RISCHIO IDROGEOLOGICO, PIANIFICAZIONE SOVRACOMUNALE, COMUNALE, RISCHIO SISMICO	12
4.1 Vincoli	12
4.2 Rischio idrogeologico	12
4.3 Fattibilità geologica	12
4.4 Rischio sismico	15
5. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	17
5.1 Definizione della categoria di sottosuolo	18
5.2 Indagine sismica attiva MASW - generalità sul metodo	19
5.3 Interpretazione dei dati e modello sismico del sottosuolo	21
5.4 Categoria topografica	23
5.5 Sicurezza nei confronti della liquefazione	23
5.6 Parametri sismici	24
6. CENNI SUL PROGETTO DI INTERVENTO	26
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE	27
7.1 Prove penetrometriche dinamiche	27
7.2 Sondaggio geognostico	30
7.2.1 Prova di permeabilità in foro	30
8. DEFINIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPO DI VARIABILITÀ DEI PARAMETRI GEOTECNICI	32
9. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	34
10. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO E DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DI RIFERIMENTO	38
11. RESISTENZA DI PROGETTO AGLI STATI LIMITE DEI TERRENI DI FONDAZIONE	39
11.1 Principi fondamentali	39
11.2 Resistenza di progetto allo stato limite ultimo (SLU) per carico limite in condizioni statiche	39
11.3 Stato limite di esercizio (SLE)	41
12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	43

Appendice 1 - Prove penetrometriche dinamiche; Restituzioni grafiche

Appendice 2 - Sondaggio geognostico

Appendice 3 – Documentazione progettuale

1. PREMESSA E INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA

La presente relazione è stata redatta su incarico dell'Impresa Gabri Luigi & C. S.a.s. a supporto del progetto di variante all'intervento di recupero ad uso residenziale dell'area della "Corte Martignoni"; con riferimento al progetto originale di intervento era stata redatta nell'anno 2009, a cura degli scriventi ed in conformità con la normativa allora vigente, una relazione di "Caratterizzazione geologico tecnica dei terreni di fondazione" per le finalità della quale era stata eseguita una specifica campagna di indagini geotecniche;

Obiettivo del presente elaborato tecnico è fornire la definizione del modello geologico del sottosuolo e delle caratteristiche geotecniche dei terreni di sedime considerando gli esiti delle indagini eseguite e dei calcoli geotecnici svolti .

La componente geologica è stata redatta in conformità a:

1. D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*" (nel seguito "NTC") (paragrafo § 6.2.1 "Caratterizzazione e modellazione geologica del sito")
2. D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

La componente geotecnica è stata redatta in conformità a:

1. D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*" (nel seguito "NTC") (paragrafo § 6.2.2 "Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica")

L'area oggetto della presente indagine si trova nella porzione centro-occidentale del territorio comunale di Buguggiate (VA), in Via Trieste, in prossimità del centro abitato.

L'area in studio è indicata nella figura 1, che rappresenta un estratto dalle Sezioni A4c5 "Varese" e A5d1 "Azzate" della Carta Tecnica della Regione Lombardia in scala 1:10.000.

Più in dettaglio, l'area di studio è individuata nell'estratto del data base topografico regionale proposto in figura 2.

Il sito di indagine è individuato alle seguenti coordinate geografiche ED50:

Lat: 45,786363 Long: 8,805367

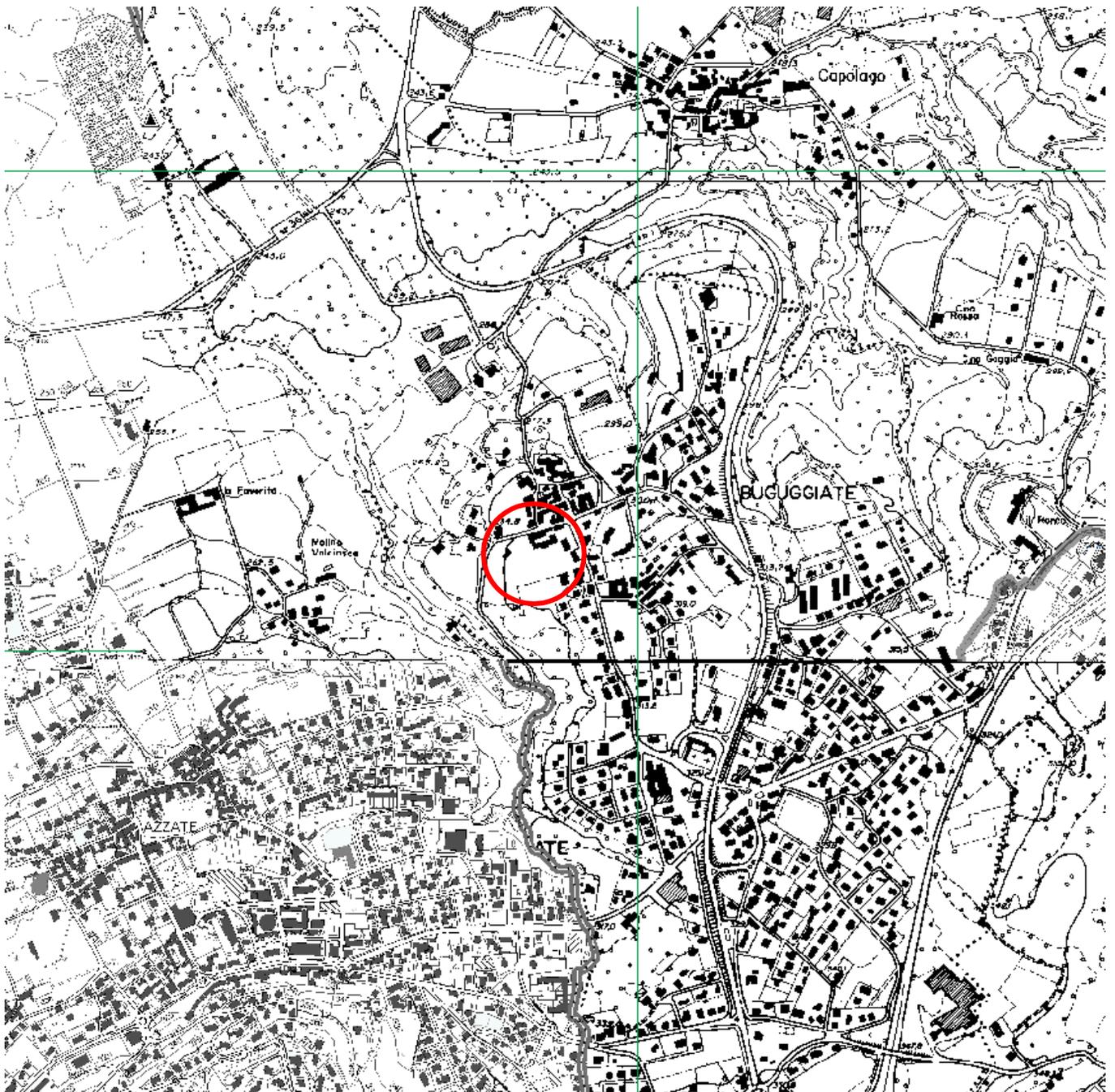


Figura 1 - Estratto CTR con individuazione dell'area di interesse (fonte: Viewer geografico Regione Lombardia non in scala)



Figura 2 - Estratto data base topografico regionale con individuazione dell'area di intervento (fonte: Viewer geografico Regione Lombardia, non in scala)

2. NORMATIVA E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- D.M.LL.PP. 11/03/1988 - “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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circolare LL. PP. 24.09.1988 n. 30483 - “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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”. Istruzioni per l’applicazione.
- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali (UNI ENV 1997-1:1997).
- Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 24 maggio 2001 G. U. n. 183 8 agosto 2001).
- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica. Parte 2: Progettazione assistita da prove di laboratorio (UNI ENV 1997-2:2002).
- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica. Parte 3: Progettazione assistita da prove in sito (UNI ENV 1997-3:2002).
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture-Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (EN 1998-5:2003).
- Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003 ss.mm.ii. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12 “Legge per il governo del territorio” (B.U.R.L. n. 11 del 16 marzo 2005, 1° S.O.) ss.mm.ii.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Assemblea Generale - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Decreto Ministeriale 17.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 - n. 8).

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Circolare 2 febbraio 2009 contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008 (Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n. 27).
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Circolare 08 settembre 2010, n. 7617 / STC "Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove sui materiali da costruzione di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001".
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Circolare 08 settembre 2010, n. 7618 / STC "Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001".
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Circolare 08 settembre 2010, n. 7619 / STC "Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001".
- Deliberazione Giunta Regionale 30 novembre 2011, n. 2616 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12".
- Deliberazione Giunta Regionale 11 luglio 2014, n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)".
- Deliberazione Giunta Regionale 10 ottobre 2014 - n. X/2489 "Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»".
- Deliberazione Giunta Regionale 8 ottobre 2015 - n. X/4144 "Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»".
- L.R. 12 ottobre 2015 n. 33 – "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche" (B.U.R.L. n. 42, Suppl. del 16 ottobre 2015).
- Deliberazione Giunta Regionale 30 marzo 2016 - n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)" (B.U.R.L. n. 11 del 16 marzo 2016, 1° S.O.).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.1 Quadro geologico generale

L'area esaminata appartiene, da un punto di vista geologico-strutturale, al dominio pedemontano delle Prealpi Varesine, dove i depositi fluvio-glaciali, glacio-lacustri ed alluvionali e le formazioni collinari moreniche ricoprono, con spessori via via crescenti verso sud, il substrato roccioso carbonatico e calcareo-marnoso che affiora estesamente a nord del Lago di Varese.

Più in particolare l'area si inserisce in corrispondenza della porzione nord orientale dell'Anfiteatro morenico del Verbano ed appare caratterizzata dall'occorrenza di prevalenti depositi incoerenti continentali, in facies glaciale e fluvioglaciale, che ricoprono un substrato roccioso di natura essenzialmente conglomeratico-arenacea di epoca oligo-miocenica riferibile alla Gonfolite (affiorante limitatamente alle porzioni maggiormente incise nell'alveo del Torrente Valciasca).

Le caratteristiche litologiche dei terreni affioranti indicano una transizione tra i depositi in facies glaciali e margino-glaciali appartenenti all'Allogruppo di Besnate (Unità Mornago ed Unità Daverio del Pleistocene medio superiore) ed i depositi di facies glacio-lacustre appartenenti all'Alloformazione di Cantù che hanno ricoperto in tempi diversi le culminazioni del substrato gonfolitico..

3.2 Geologia e litologia

Di seguito vengono descritte le caratteristiche salienti delle unità affioranti, che trovano riscontro in figura 3 di inquadramento geologico alla scala 1:2.000

Alloformazione di Besnate (Pleistocene Medio-Superiore)

Sono compresi in questa formazione i depositi legati alle fasi glaciali ed interglaciali wurmiane del Verbano.

Si distinguono:

- depositi glaciali costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice limosa o sabbioso limosa, con clasti sono eterometrici, fino a 40 cm, da subarrotondati a subangolos;
- depositi fluvioglaciali costituiti da sabbie e ghiaie a supporto di clasti o a supporto di matrice sabbiosa medio – fine, da massive a stratificate;
- una porzione superiore di copertura di natura loessico-colluviale in cui predominano sabbie limose e limi sabbiosi.

3.3 Quadro geomorfologico

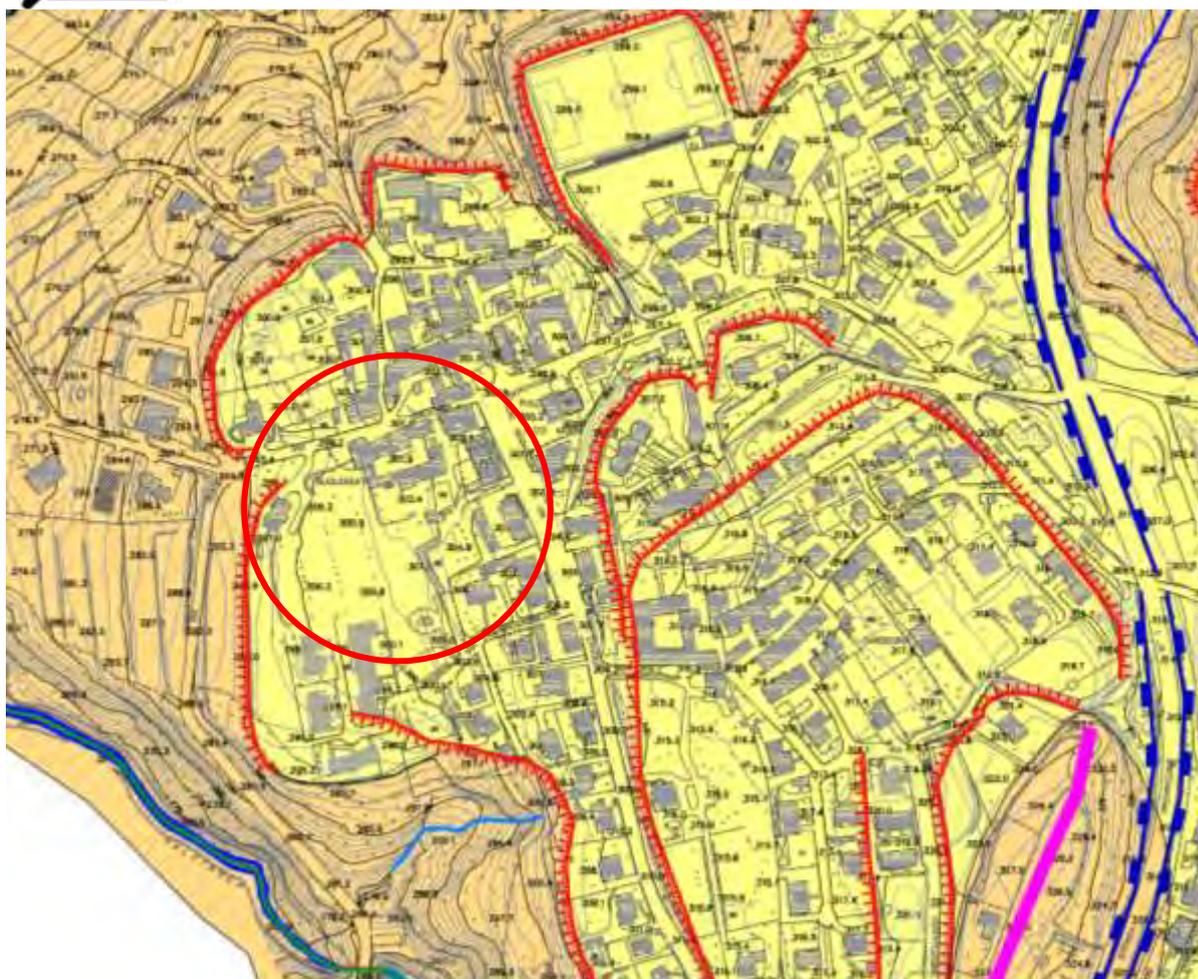
Dal punto di vista geomorfologico, l'area d'intervento risulta subpianeggiante ad una quota media di circa 302 m s.l.m. ed inserita in un contesto di versante in blando declivio ad W verso l'incisione valliva del Torrente Valciasca ed a NW verso la sponda meridionale del Lago di Varese.

I sopralluoghi eseguiti non hanno evidenziato la presenza di fenomeni di dinamica geomorfologica in atto o quiescenti.

3.4 Cenni di idrografia

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale l'elemento di maggiore rilievo è rappresentato dal Torrente Valciasca che scorre a poco meno di 300 m ad ovest rispetto all'area di intervento, impostato entro un'incisione profonda oltre 30 m caratterizzata da una notevole acclività dei versanti e delimitata da evidenti orli di terrazzo.

In relazione alla collocazione dell'area di intervento non si evidenziano possibili interferenze dell'opera di progetto con la dinamica torrentizia.



Alloformazione di Besenate (Pleistocene superiore)

- Depositi glaciali (a) e fluvio-glaciali (b):**
- a) Diamicton massivi a supporto di matrice limoso sabbiosa e limoso-argillosa, scarsamente classici
 - b) Ghiaie con abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, grossolanamente stratificate; sabbie ghiaiose
- Depositi loessico-colluviali:**
Sabbie limose e limi sabbiosi con rari clasti, di colore beige (sempre in posizione sommitale)

Elementi geomorfologici

-  Orlo di terrazzo naturale
-  Orlo di terrazzo antropico
-  Cordone morenico

Elementi idrologici

-  Reticolo idrico principale
-  Reticolo idrico minore
-  Tratto intubato

Figura 3 – Inquadramento geologico e geomorfologico (Stralcio Tav. n. 1 - Componente Geologica, Idrogeologica, Sismica del Piano di Governo del Territorio – Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geol. D. Fantoni - alla scala 1:5.000 luglio 2012).

3.5 Quadro idrogeologico

Nello Studio Geologico comunale, sono stati individuati tre complessi idrogeologici, la cui definizione deriva principalmente dal grado di permeabilità e dal coefficiente di infiltrazione; essi sono:

- **Complesso conglomeratico siliceo:** Conglomerati a supporto clastico e di matrice silicea (Gonfolite);
- **Complesso glaciale / fluvioglaciale:** Diamicton massivi a prevalente supporto di matrice, ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa a vario grado di cementazione;
- **Complesso lacustre:** Sabbie fini, limi e limi argillosi con intercalazioni di materiali organici e torbosi.

Viene individuato anche un quarto complesso, non affiorante ma individuabile nelle stratigrafie dei pozzi costituito dal **Complesso delle argille**.

La distribuzione areale dei complessi affioranti è rappresentata in Tav. n. 3 – Carta Idrogeologica (Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geol. D. Fantoni - scala 1:10.000 luglio 2012) che viene riprodotta in stralcio in figura 3.2.

L'area di intervento ricade nel *Complesso glaciale /fluvioglaciale* ed in particolare in quella porzione che viene distinta per l'occorrenza di depositi di copertura loessica dello spessore stimato di 3-4 m; in generale si evidenzia che il complesso è caratterizzato da una estrema eterogeneità delle litologie, tipica dei depositi glaciali, a cui corrisponde una permeabilità variabile da bassa a molto bassa

Il modello idrogeologico sotterraneo caratterizzato dalla sovrapposizione dei complessi sopra descritti considera che l'acquifero principale sia ospitato dal Complesso Glaciale/Fluvioglaciale; l'acquifero poggia sull'acquicluda costituito dal Complesso delle Argille; il limite tra le due unità affiora saltuariamente in corrispondenza di incisioni vallive determinando la formazione di alcune sorgenti.

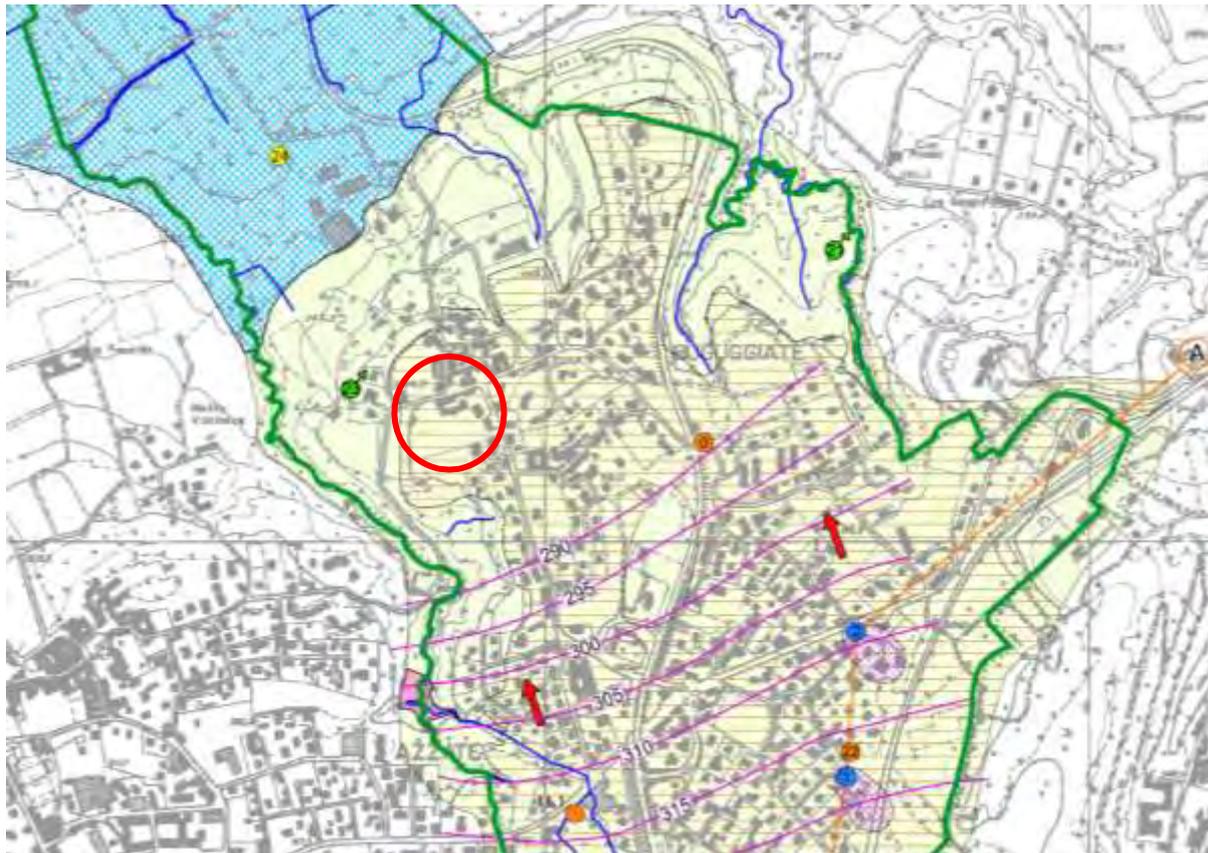
3.5.1 Piezometria della falda idrica superficiale

In figura 4, è anche visibile la ricostruzione della superficie piezometrica dell'acquifero relativa ad una porzione del territorio comunale che non comprende la porzione nord del territorio comunale ove si situa l'area di interesse.

La soggiacenza della prima falda, varia da sud a nord (in direzione dell'area di interesse) da circa 10 m a 20 m da p.c., con gradiente medio pari a circa il 4%.

Nell'area interessata dall'intervento non sono segnalate emergenze idriche e/o opere di captazione di acque sotterranee significative; tuttavia, a seguito dei rilievi appositamente eseguiti nell'area, è stato individuato un pozzo in muratura in mattoni per il prelievo di acque sotterranee nella porzione meridionale della proprietà, in evidente stato di abbandono e di profondità non nota.

In considerazione di quanto esposto, si può immaginare una circolazione idrica sotterranea complessa e comunque con la possibilità di rinvenire localmente piccole falde acquifere sospese (che alimentano le emergenze idriche presenti alla testata delle principali incisioni vallive) limitate agli orizzonti mediamente più permeabili (sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi).



- Rete idrografica superficiale
- Tracce sezione idrogeologica
- Zone di rispetto di pozzi e sorgenti idropotabili ai sensi del D. Lgs. 152/00
- Linea isopiezometrica (m s.l.m.)
- Direzione del flusso idrico sotterraneo (ipolizzata)
- Spartiacque sotterraneo
- Limite comunale (da rilievo aerofotogrammetrico)

Punti di captazione idrica

- Sorgente privata e relativo numero identificativo
- Pozzo pubblico e relativo numero identificativo
- Pozzo privato e relativo numero identificativo
- Pozzo chiuso/dismesso

CARATTERI IDROGEOLOGICI	PERMEABILITA'			
	A	M	E	SB
Complesso conglomeratico siliceo: Conglomerati a supporto calcareo e di matrice silicea (Gorfolite)				
Complesso glaciale / fluvio-glaciale: Diametri medi e prevalente supporto di matrice di silicea in matrice calcarea e sabbioso-arenosa a vario grado di cementazione (Cappe) e con copertura calcarea superficiale (3-4m)				
Complesso lacustre: Sabbie fini, limi e limi argillosi con interassenti di materiali organici e torbidi				

Scala di permeabilità: A, Alto; M, Medio; E, Basso; SB, Sottosopra

Figura 4 – Inquadramento idrogeologico (Stralcio Tav. n. 3 – Carta Idrogeologica - Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geol. D. Fantoni - alla scala 1:10.000 luglio 2012).

4. VINCOLI RISCHIO IDROGEOLOGICO, PIANIFICAZIONE SOVRACOMUNALE, COMUNALE, RISCHIO SISMICO

4.1 Vincoli

Per quanto concerne le limitazioni d'uso del territorio l'area di intervento non è interessata da vincoli (rif. TAV. n. 7 "Carta dei vincoli" alla scala 1:5.000 - Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – - Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geol. D. Fantoni luglio 2012).

4.2 Rischio idrogeologico

Con riferimento alle tavole del PTCP è stata esaminata la seguente documentazione di riferimento: Tavola RIS2 "Carta censimento dissesti" (scala 1:25.000) e Tavola RIS3 "Carta della pericolosità da frana" (scala 1:50.000) dalle quali emerge l'assenza di dissesti e di pericolosità da frana nell'area oggetto di studio.

Con riferimento alla cartografia dello studio geologico comunale presso l'area di interesse non si rileva alcuna perimetrazione del rischio (rif. Tav. 11 Carta dei dissesti con legenda uniformata P.A.I.– scala 1:10000 - Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geol. D. Fantoni - luglio 2012).

4.3 Fattibilità geologica

Secondo quanto riportato nella Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio (figura 5 stralcio Tav. n 9 "Carta della fattibilità geologica" alla scala 1:5.000 - Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geol. D. Fantoni , luglio 2012) il lotto di interesse ricade entro la classe di Fattibilità geologica 2 – Fattibilità con modeste limitazioni, Classe 2c – *Aree sub-pianeggianti o a debole pendenza con mediocri caratteristiche geotecniche; assenza di processi geomorfologici attivi*

Di seguito si riporta integralmente quanto previsto nelle norme geologiche di piano:

Caratteri limitanti

Presenza di:

- *versanti localmente con pendenze da medie a moderate;*
- *presenza di orizzonti lessici superficiali di spessore metrico con caratteristiche*

geotecniche scarse

Possibile presenza di:

- falde sospese per l'eterogeneità dei sedimenti o per circolazione idrica al tetto del substrato roccioso (ove presente);
- settori a drenaggio lento o difficoltoso con possibilità di ristagno sul fondo di scavi aperti e con problematiche connesse allo smaltimento delle acque meteoriche

Prescrizioni e indagini preventive necessarie e interventi da prevedere in fase progettuale

Esecuzione di indagini geognostiche e/o geotecniche (IGT) previste dalla normativa vigente (D.M. 11/03/1988,

D.M. 14/09/2005 e D.M. 14/01/2008) finalizzate alla verifica di compatibilità geologica, geomorfologica, geotecnica e idrogeologica del progetto.

Le indagini geognostiche dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera (secondo quanto indicato nell'art. 2 delle Norme geologiche di Piano).

In particolare dovrà essere valutata la possibile interferenza tra le opere fondazionali e la falda idrica sotterranea.

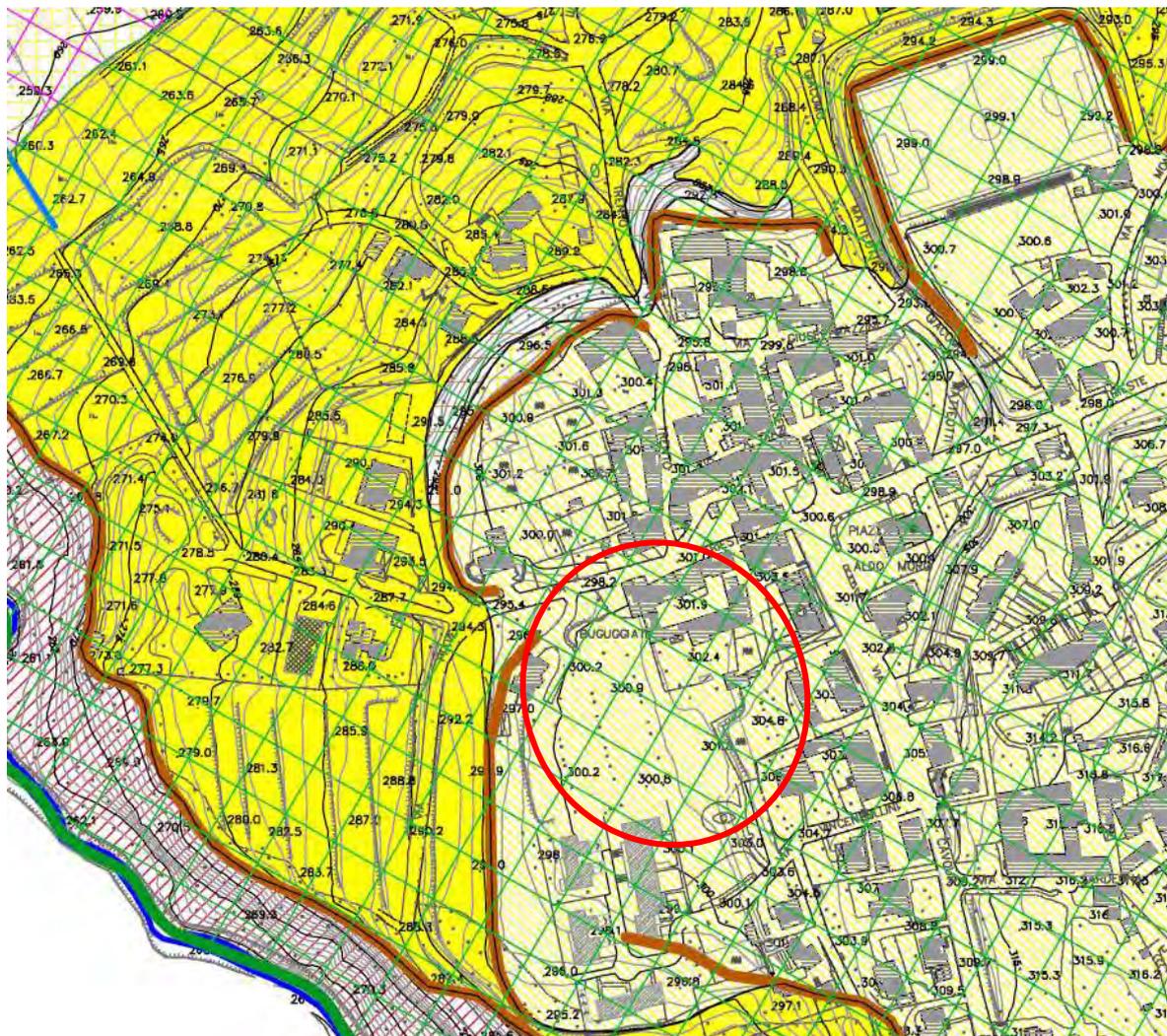
E' richiesta una valutazione di stabilità dei fronti di scavo (SV) e, qualora il professionista lo ritenga necessario per una corretta progettazione, un'analisi di stabilità del versante.

L'intervento dovrà necessariamente prevedere una corretta progettazione, previo dimensionamento, dei sistemi di impermeabilizzazione, allontanamento e smaltimento delle acque bianche (RE).

Dovrà essere assolutamente evitato l'instaurarsi di fenomeni di ruscellamento incontrollato (concentrato o diffuso) delle acque meteoriche.

Dovranno essere inoltre previsti interventi di recupero morfologico e di funzione paesistico ambientale (IRM)

La modifica di destinazione d'uso di aree produttive necessita la verifica dello stato di salubrità dei suoli ai sensi del Regolamento locale d'Igiene (ISS); qualora venga rilevato uno stato di contaminazione dei terreni o delle acque sotterranee, dovranno avviarsi le procedure previste dal D.Lgs. 152/06 "Norme in materia ambientale"



CLASSE	FATTIBILITA'	CARATTERI DISTINTIVI
2C	Fattibilità con modeste limitazioni	Aree sub-piaveggianti o a debole pendenza con mediocri caratteristiche geotecniche; assenza di processi geomorfici attivi

Simbolo	Sigla	Scenario di pericolosità sismica	Effetti
	Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	Amplificazioni litologiche e geometriche

Figura 5 – Fattibilità geologica (stralcio della. rif. Tav. n.9 “Carta della fattibilità geologica” alla scala 1:5.000 - Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geol. D. Fantoni, luglio 2012)

4.4 Rischio sismico

La “Carta della pericolosità sismica locale” (Tav. n 6. “Carta della pericolosità sismica locale” alla scala 1:5.000 - Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – - Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geol. D. Fantoni, luglio 2012) individua le aree potenzialmente soggette ad amplificazione in relazione ad un evento sismico anche remoto

La zonazione del territorio su base aerofotogrammetrica comunale è stata realizzata seguendo una suddivisione in situazioni tipo denominate scenario di pericolosità sismica locale riportate nella successiva figura 6.

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 altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Figura 6 Scenari di pericolosità sismica locale (Tab. n. 3.1 – All. n. 5 D.G.R. n 9/2616 del 30/11/ 2011)

Come già riportato in figura 5 si osserva che l'area di interesse ricade nello scenario Z4c *Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)*; lo scenario coincide, complessivamente, con l'area del rilievo collinare e comprendendo due distinte situazioni:

- 1) aree di versante e alcune piane marginali, strutturate su una successione glaciale costituita da depositi glaciali s.s., fluvioglaciali e glaciolacustri;
- 2) aree sommitali subpianeggianti o a bassa pendenza, prevalentemente strutturate su depositi sabbioso limoso di probabile origine loessica-colluviale

Lo scenario prevede effetti di amplificazione litologici e geometrici.

La Regione Lombardia, con D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 (Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia, L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) ha approvato la nuova mappa della classificazione sismica dei comuni lombardi (Figura 7); in particolare il Comune di Buguggiate ricade in Zona 4 con valori di accelerazione al suolo 0,038048 (rif. Allegato A alla D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129).

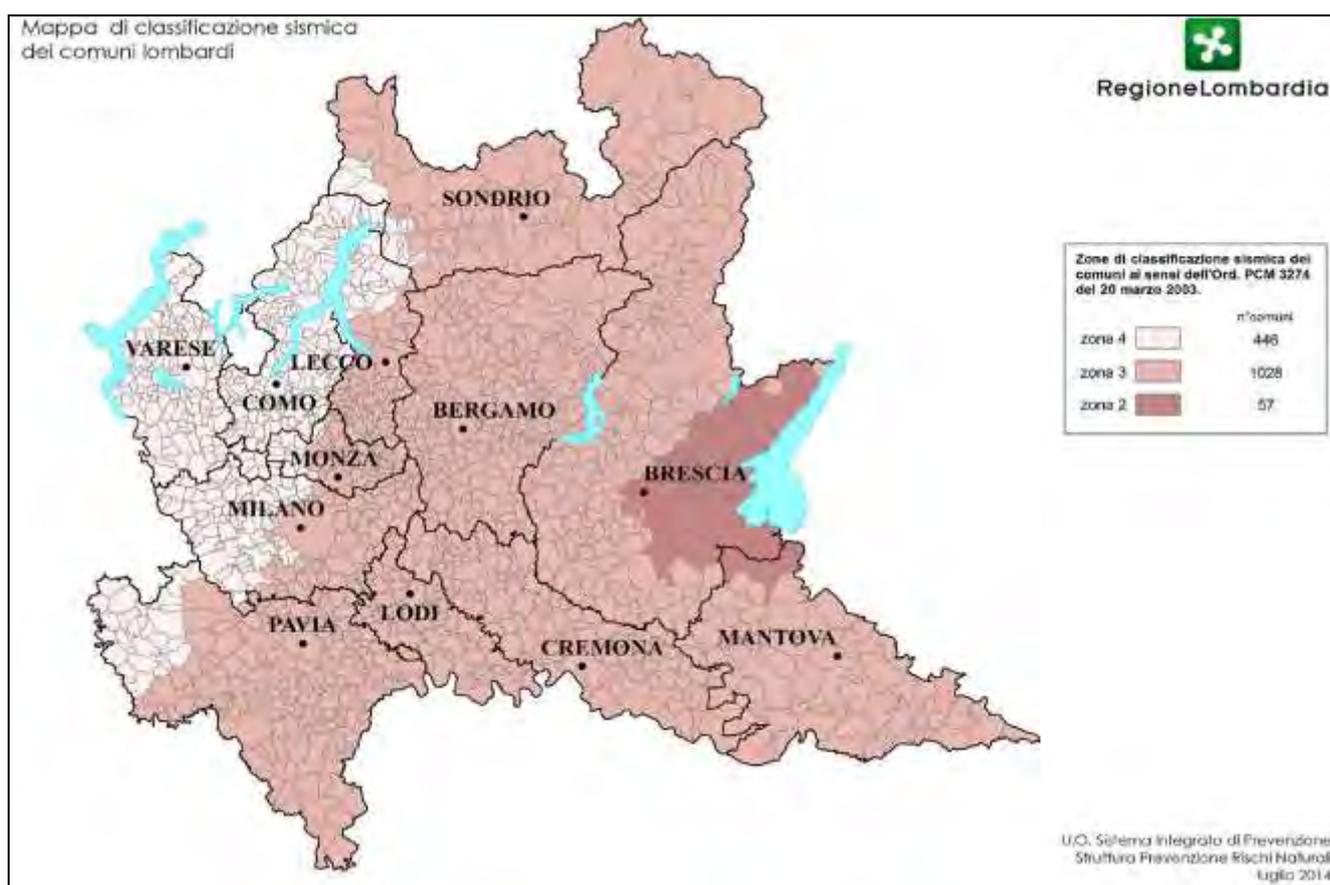


Figura 7 - Mappa della classificazione sismica dei comuni lombardi (D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129)

5. DETERMINAZIONE DELL’AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” PVR.

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A, rif. Tab. 3.2.II e 3.2.III NTC), con superficie topografica orizzontale (categoria T1, rif. Tab. 3.2.IV NTC);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il primo passo per la stima della pericolosità sismica consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) partendo dalle coordinate geografiche decimali dell’opera da verificare:

latitudine ED50 45, 786363

longitudine ED50 8, 805367

I valori di riferimento del punto vengono determinati come media pesata dei valori nei vertici della maglia di riferimento (in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal Ministero) moltiplicati per le distanze dal punto.

L'opera di progetto è definita dalle seguenti caratteristiche ai fini della progettazione sismica (rif. § 3 NTC):

- tipo di costruzione II – opere ordinarie
- vita nominale $V_N \geq 50$ anni
- classe d'uso (in presenza di azioni sismiche) II
- coefficiente d'uso $C_u = 1$
- vita (o periodo) di riferimento della struttura per l'azione sismica ($V_R = V_N * C_u$) $V_R \geq 50$ anni.

Dai dati di input sopra elencati si ottengono per ogni stato limite tre valori (a_g , F_o , T_C^*) che definiscono le forme spettrali:

SL	P_{VR}	TR [anni]	a_g [g]	F_o [--]	T_C^* [sec]
S.L.O.	81%	30	0,014	2,596	0,157
S.L.D.	63%	50	0,018	2,560	0,166
S.L.V.	10%	475	0,038	2,625	0,278
S.L.C.	5%	975	0,046	2,659	0,305

5.1 Definizione della categoria di sottosuolo

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si è fatto riferimento all'approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (categorie A, B, C, D, ed E Tab. 3.2. II NTC).

L'assegnazione della categoria di suolo costituisce l'aspetto principale nella definizione dell'azione sismica in quanto definisce le condizioni litologiche e morfologiche proprie dell'area in esame, in grado di modificare l'intensità delle onde sismiche generate dalla sorgente che si propagano verso la superficie (fattore di amplificazione litologico e/o morfologico).

Per la definizione della stratigrafia V_s da cui ricavare il parametro VS_{30} e determinare la categoria di suolo di fondazione si è soliti considerare le risultanze di un'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguita entro il lotto di intervento

5.2 Indagine sismica attiva MASW - generalità sul metodo

Il metodo di indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è classificabile come tecnica di indagine sismica simile alla sismica a rifrazione e alla sismica a riflessione poiché il principio alla base della prova sperimentale in sito è analogo, e consiste nel misurare le onde superficiali sul suolo; tale metodo consente di ricostruire il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s (profilo 1-D) che descrive la variazione di V_s con la profondità basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) resi solidali alla superficie del suolo.

Il metodo MASW può essere di tipo attivo, quando il terreno è energizzato con una sorgente artificiale appositamente creata per registrarne la perturbazione, o di tipo passivo quando si registra il segnale di maggiore durata generato da qualsiasi tipo di attività, antropica e non (ovvero il rumore ambientale di fondo esistente).

Il metodo attivo, generalmente, consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5÷70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più “superficiale” del terreno (30÷50 m p.c. in funzione della rigidità del suolo); il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0÷10 Hz e quindi dà informazioni sugli strati più profondi, generalmente oltre 50 m p.c. in funzione della rigidità del suolo.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh hanno una natura dispersiva, correlabile al fatto che onde a bassa frequenza con lunghezza d'onda alta sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione (quindi possono investigare profondità maggiori), mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezza d'onda corta) hanno meno energia e una penetrazione superficiale ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga: questa proprietà si chiama dispersione.

Quando si energizza il sito in un punto della sua superficie libera si generano differenti tipi

di onde: se la sorgente è perpendicolare alla superficie libera si generano onde P, onde SV, onde Rayleigh e onde rifratte; se la sorgente è parallela alla superficie libera si generano onde SH e onde di Love.

Il metodo MASW attivo utilizza le sole onde di Rayleigh, trascurando gli effetti dovuti alle onde P e SV; infatti sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde Rayleigh queste ultime trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente in più, allontanandosi dalla sorgente, le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV dal momento che si propagano secondo fronti d'onda cilindrici mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

L'intero processo di acquisizione ed elaborazione comprende tre passi successivi:

1. acquisizione delle onde superficiali (ground roll) ovvero registrazione e osservazione dei dati sismici "grezzi" contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
2. processing, ovvero trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione di una curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) apparente sperimentale e calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Partendo dalle tracce acquisite in campo (sismogrammi) e dall'immagine di dispersione dell'energia sismica (diagramma frequenza-velocità di fase con appropriata scala cromatica dell'ampiezza) si procede all'estrazione della curva di dispersione.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati; dei valori approssimati per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Nel caso in esame la densità è stata calcolata con la formula: $Densità = 1,5 + Vs/1000$.

In sintesi la ricerca del profilo di velocità delle onde di taglio Vs con il metodo MASW consiste nel modificare il profilo di velocità Vs finché non sia raggiunto un buon accordo tra la curva di dispersione (o velocità di fase) apparente misurata in sito e la curva di dispersione (o velocità di fase) apparente simulata numericamente; il prodotto finale è un profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

5.3 Interpretazione dei dati e modello sismico del sottosuolo

L'acquisizione dei dati è stata ottenuta mediante uno stendimento lineare con 24 geofoni a 4.5 Hz a passo 2 m, per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 46 m; per l'energizzazione è stata impiegata una massa battente da 8 Kg su piattello metallico, mentre per la registrazione del segnale è stato utilizzato un sismografo ECHO12-24/2010 a 24 canali della AMBRO-GEO.

La sorgente è stata posta ad una distanza di 5 e 10 m dai geofoni esterni.

Partendo dalle tracce acquisite in campo (sismogrammi) e dall'immagine di dispersione dell'energia sismica (diagramma frequenza-velocità di fase con appropriata scala cromatica dell'ampiezza – rif. figura 8) si procede all'estrazione della curva di dispersione.

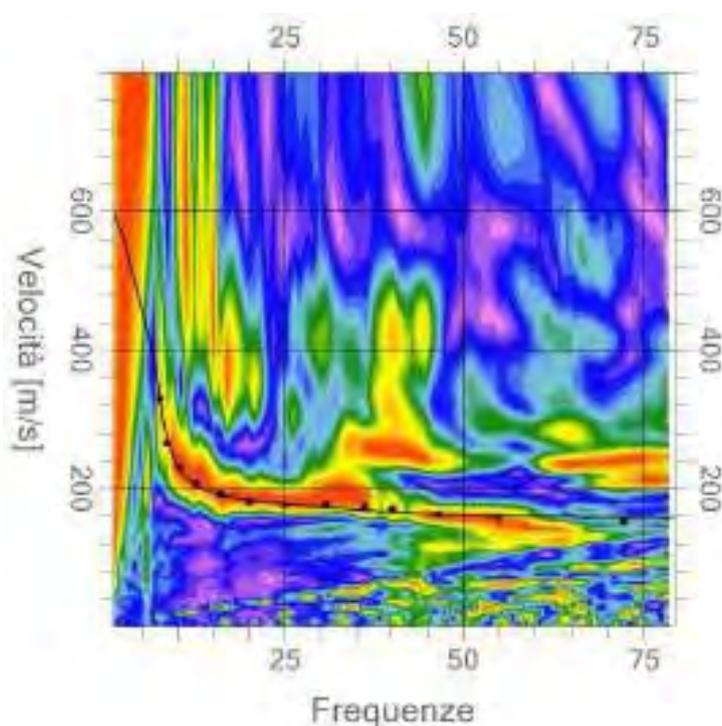


Figura 8 Immagine di dispersione dell'energia sismica (diagramma frequenza-velocità di fase)

Dall'inversione della curva di dispersione calcolata è stato possibile ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità (rif. figura 9).

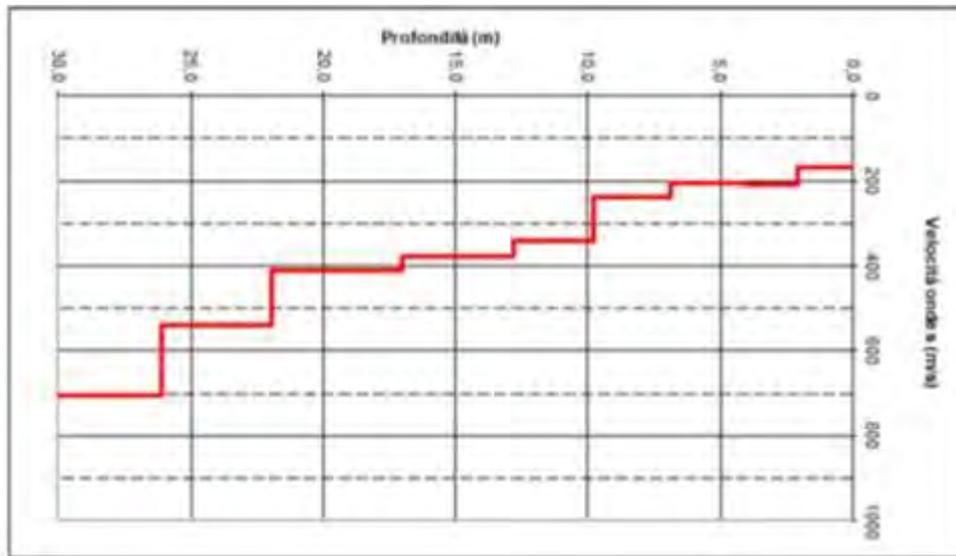


Figura 9 – Profilo verticale Vs da indagine MASW

Al modello di velocità proposto in figura 9 corrisponde una successione di strati a diversa velocità delle onde trasversali Vs le cui caratteristiche sono sinteticamente riportate in tabella 1.

Strato	Profondità [m]		Spessore [m]	Vs [m/s]
	da	a		
1	0,0	2,1	2,1	168
2	2,1	4,0	2,0	209
3	4,0	6,9	2,9	206
4	6,9	9,8	2,9	239
5	9,8	12,8	3,1	341
6	12,8	17,0	4,2	380
7	17,0	22,0	5,0	412
8	22,0	26,1	4,1	538
9	26,1	∞	∞	707

Tabella 1 – Modello di velocità

I dati delle analisi MASW disponibili hanno condotto a valori di Vs30 corrispondenti a suoli di categoria 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*”.

5.4 Categoria topografica

In presenza di configurazioni topografiche semplici ai fini della definizione della categoria topografica si può adottare la classificazione riportata nella tab. 3.2.IV delle NTC.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media $i \geq 15^\circ$</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i \geq 30^\circ$</i>

La configurazione dell'area in esame conduce ad attribuire una categoria topografica T1.

5.5 Sicurezza nei confronti della liquefazione

Ai sensi del paragrafo § 7.11.3.4.2 NTC “Stabilità nei confronti della liquefazione” la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di Magnitudo Momento Mw inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g; (agmax = ag.SS.ST free field);
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali (misura riferita al valore medio stagionale; nell'EC 8, invece, si fa riferimento alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell'opera);

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 esterna alle zone indicate nella figura 14 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $UC < 3,5$ ed in figura 15 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $UC > 3,5$ (UC rapporto D_{60}/D_{10} , dove D_{60} e D_{10} sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa).

Con specifico riferimento al caso in esame, considerando che per la categoria di sottosuolo tipo “C” determinata a mezzo di indagine MASW e per la categoria topografica T1 si ottiene un valore dell’accelerazione massima attesa al sito paria a 0,07 g si rientra nella condizione di cui al punto 2 con conseguente possibilità di omissione della verifica alla liquefazione.

5.6 Parametri sismici

Nel calcolo dell’azione sismica si è fatto riferimento ai contenuti delle NTC, in particolare ai capitoli § 2 e 3.

Le ipotesi assunte nella definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione risultano:

- Vita nominale della struttura (VN)= 50 anni;
- Classe d’uso= II;
- Periodo di riferimento per l’azione sismica (VR)= 50 anni (CU=1);
- Categoria topografica: T1
- Categoria di suolo di fondazione: C
- Valori di accelerazione massima orizzontale e dei parametri spettrali per i diversi stati limite (valori interpolati ottenuti dalla media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono il sito in esame).

Sulla base dei dati di input sopra elencati si ottengono i valori dei coefficienti sismici elencati nella tabella 2.

	Ss	CC	St	K _h	K _v [s]	A _{max} [m/s ²]	β
SLO	1,50	1.930	1,0	0,004	0,002	0,212	0,2
SLD	1,50	1,900	1,0	0,005	0,003	0,265	0,2
SLV	1,50	1,600	1,0	0,011	0,006	0,560	0,2
SLC	1,50	1,550	1,0	0,014	0,007	0,673	0,2

Tabella 2 – Valori dei coefficienti sismici

Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali date dal prodotto delle forze di gravità per un coefficiente sismico.

L'inerzia del terreno sarà quindi definita da una componente orizzontale (rif. § 7.11.3 NTC)

$$K_h = \beta s \cdot a_g \cdot S_s \cdot S_t$$

e da una componente verticale

$$K_v = 0.5 K_h.$$

Il termine $\beta s \cdot a_g \cdot S_s$ è il prodotto dell'accelerazione orizzontale massima a_g attesa (funzione della classe sismica del sito) e di un fattore S_s legato alla stratigrafia del terreno di fondazione; ne consegue che il termine $S_s \cdot a_g$ rappresenta il valore di accelerazione massima specifica per il terreno di fondazione in esame.

Il fattore βs è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito dipendente dalla categoria di suolo assegnata.

In base a quanto esposto si ottiene per lo stato limite SLV:

$$K_h = 0,011$$

$$K_v = 0,006.$$



6. CENNI SUL PROGETTO DI INTERVENTO

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di nuovo complesso ad uso residenziale indicativamente orientato a salire da nord (via Trieste) comprendente palazzina plurifamiliare e pluripiano nel settore sud e doppio corpo di unità monofamiliari accoppiate nel settore nord.

L'edificio nord si presenta parzialmente interrato; per quanto riguarda le unità presenti nel settore sud non è prevista realizzazione di parti interrato.

A maggiore chiarezza, in Appendice 3 è riportato estratto delle tavole di progetto come attualmente aggiornato.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ottenere un primo modello geotecnico rappresentativo della situazione locale, ovvero uno schema delle condizioni stratigrafiche e delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni, è stata eseguita in data 14 settembre 2009 la seguente campagna di indagini geognostiche:

- n. 6 prove penetrometriche dinamiche continue (P1, P2, P3, P4, P5, P6);

In data 06/12/2018 al fine di acquisire informazioni dirette sulla stratigrafia e litologia dei terreni e determinare i parametri idraulici dei depositi è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo ed una prova di permeabilità in foro.

Le prove fino ad ora effettuate, in quanto in origine limitate al solo settore nord, consentono di definire un parziale seppure significativo quadro del locale assetto geologico e geotecnico di sito. Si evidenzia comunque la necessità, in sede di dimensionamento esecutivo delle opere, di procedere alla realizzazione di ulteriore campagna di indagine tesa a migliore definizione delle caratteristiche di sito, in particolare riguardante il settore sud di recente inserimento in progetto.

In figura 7.1 su planimetria del progetto di variante sono state ubicate le prove eseguite ed individuato il tracciato dello stendimento MASW.

7.1 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche sono state eseguite in data 17.10.2018 utilizzando un penetrometro PAGANI superpesante (tipo DPSH), con le seguenti caratteristiche:

Massa battente	63.5 Kg
Diametro punta conica	51 mm
Altezza di caduta	750 mm
Avanzamento punta	300 mm

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

A questo scopo, nel caso specifico, si utilizza la seguente formula:

$$NSPT = \beta t N$$

In cui βt viene definito come rapporto fra l'energia specifica per colpo del penetrometro (Q) e l'energia specifica per colpo della prova standard SPT (QSPT).

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

I profili di avanzamento relativi alle singole stazioni di prova sono raccolti in Appendice 1 mentre di seguito si riporta la Tabella 3 con i dati delle prove eseguite.

Profondità m da p.c.	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	numero colpi/piede					
0,3	18	3	3	5	3	7
0,6	11	7	2	3	2	5
0,9	5	3	3	4	2	3
1,2	7	2	1	3	2	2
1,5	27	4	1	3	2	2
1,8	28	6	1	3	2	1
2,1	32	8	2	2	1	2
2,4	31	6	3	6	1	2
2,7	32	3	7	4	2	3
3,0	29	4	8	3	6	2
3,3	33	8	7	5	11	4
3,6	25	8	10	7	7	4
3,9	18	7	13	7	8	4
4,2	14	12	14	7	11	7
4,5	11	10	12	8	13	7
4,8	17	10	13	12	12	9
5,1	27	10	11	9	17	11
5,4	27	12	9	9	10	11
5,7	25	10	10	13	9	9
6,0	27	8	10	12	11	8
6,3	20	10	11	11	10	9
6,6	24	10	12	14	10	7
6,9	25	13	19	14	11	11
7,2	14	13	27	12	22	21
7,5	10	14	30	13	28	17
7,8	13		31	11	32	
8,1	11		28	11	28	
8,4	10		31	14	27	
8,7			34	23	30	
9,0				25	33	
9,3						

Tabella 3 - Dati tabellari delle prove penetrometriche eseguite in data 14/09/2000

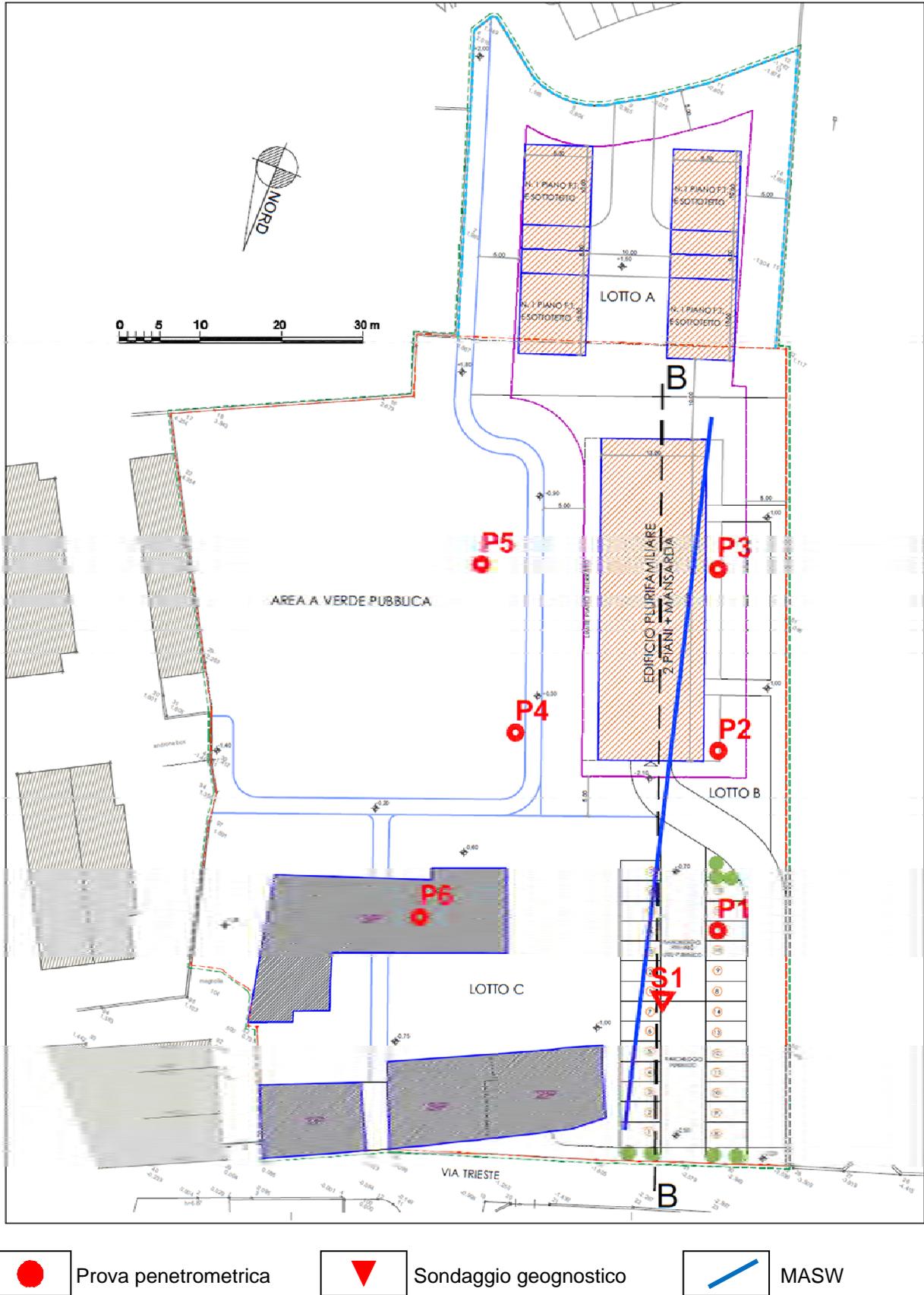


Figura 10 - Planimetria di progetto con individuazione delle prove eseguite e del tracciato della MASW

7.2 Sondaggio geognostico

In data 06/12/2018 è stato eseguito un sondaggio geognostico a carotaggio continuo (S1) con utilizzo di carotiere semplice e tubazione di rivestimento provvisoria; nella tabella di seguito proposta si elencano alcune delle caratteristiche fondamentali relative alle perforazioni eseguite:

Diametro perforazione (mm)	127,0
Profondità perforazione (m p.c.)	5,0
Diametro carotiere (mm)	101,0

Il materiale recuperato in fase di avanzamento è stato riposto in cassette catalogati, descritto e fotografato; in Appendice 2 è visibile la stratigrafia del sondaggio e la relativa documentazione fotografica.

L'esame del materiale ha consentito di individuare a partire da p.c. un primo orizzonte di ghiaia molto alterata in abbondante matrice limo argilloso per lo spessore 0.75 m e quindi fino a 1.5 m la presenza di limi, limoso argillosi; da 1.5 fino 5 m da p.c. (fine sondaggio) è stata riconosciuta una successione di materiale sabbioso, prevalentemente sabbia fine debolmente limosa, con la presenza di qualche clasto di ghiaia fino a 3 m.

7.2.1 Prova di permeabilità in foro

La prova di permeabilità in foro misura solo la conducibilità idraulica (permeabilità) del terreno nell'immediato intorno del foro.

In particolare la prova a carico variabile consiste nel misurare la velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro (abbassamento o risalita) dopo averlo alterato mediante immissione o emungimento.

Nel caso specifico, la prova è stata effettuata immettendo acqua pulita nel foro ed innalzando il livello fino alla bocca della colonna di rivestimento.

All'istante in cui si sospende l'immissione di acqua si misura l'altezza del livello (h_1) e si fa partire il cronometro eseguendo letture del livello (h) a intervalli di tempo (t), annotando sia il livello dell'acqua sia il relativo tempo di lettura.

In Tabella 4 sono riportati i dati tabellari ed il calcolo della permeabilità eseguito.

PROVA LEFRANC sondaggio S1 tratto investigato 3,0-3,5 m da p.c.

t (sec)	abbassamento (m)	h (m)	t2-t1	h1/h2	K m/s
0	0	3,5	0	0,0000	
30	0,035	3,465	30	1,010101	2,84068E-06
120	0,12	3,38	90	1,025148	2,34001E-06
180	0,15	3,35	60	1,008955	1,25994E-06
240	0,185	3,315	60	1,010558	1,48427E-06
360	0,25	3,25	120	1,02	1,39928E-06
480	0,29	3,21	120	1,012461	8,75075E-07
600	0,34	3,16	120	1,015823	1,10931E-06
720	0,37	3,13	120	1,009585	6,7404E-07
900	0,43	3,07	180	1,019544	9,11788E-07
1200	0,52	2,98	300	1,030201	8,40991E-07
1800	0,68	2,82	600	1,056738	7,7991E-07

fattore di forma

D=	0,127	m
L=	0,5	m
F=	1,98	

area sezione rivestimento

A=	0,0127	m ²
----	--------	----------------

K=	1,32E-06 m/sec
	1,32E-04 cm/sec

Tabella 4 : Prova di permeabilità in foro ; dati tabellari e calcolo della permeabili

La permeabilità stimata nel tratto investigato (3.00 -3.50 m da p.c.) è risultata di 1.32E-06 m/s e può essere indicata come bassa; ad essa corrisponde un drenaggio scarso.

8. DEFINIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPO DI VARIABILITÀ DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per la stima dei range di variabilità dei parametri geotecnici fondamentali quale passo necessario per la definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici si sono utilizzate le più note e diffuse correlazioni, basate sui dati SPT confrontati con le litologie in esame; ove possibile si sono utilizzati diversi approcci, confrontandone criticamente i risultati ottenuti.

Sono stati adottati i seguenti criteri generali:

- descrizione litologico-tecnica secondo le norme di classificazione della Associazione Geotecnica Italiana A.G.I. 1977;

- classificazione granulometrica secondo le norme tecniche del Sistema Unificato USCS (Unified Soil Classification System) adottato dal Corps of Engineers del Bureau of Reclamation degli U.S.A., basate sostanzialmente sulle norme ASTM (D2487-75, ecc.) che permettono di dare una precisa definizione tecnica dei terreni;

- indicazione sullo stato di consistenza o di addensamento: si sono utilizzate le correlazioni Terzaghi-Peck (1948) e Skempton (1986);

- indicazione della densità relativa basata su correlazione con i valori di resistenza normalizzati, (Gibbs ed Holtz, 1957 da USBR Earth Manual);

- indicazione stimata dell'angolo d'attrito, basata su valori tipici riportati in letteratura per terreni analoghi;

- suddivisione della successione litostratigrafica in unità geotecniche sovrapposte.

Per definire il valore del **grado di addensamento dei terreni** (D_r) attraversati si è utilizzata come riferimento di base la relazione proposta da Gibbs & Holtz (1957) espressa nella seguente formulazione

$$D_r = 21 \cdot \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\sigma_v + 0.7}}$$

confrontato con la relazione proposta da Schultze & Menzenbach (1961)

$$\ln D_r = 0.478 \cdot \ln N_{SPT} - 0.262 \cdot \ln \sigma_v + 2.84$$

dove σ_v = pressione efficace in kg/cm² alla quota della prova SPT.

Per la determinazione del campo di variabilità dell'**angolo di resistenza al taglio** (φ') la

relazione di riferimento utilizzata è quella di Mello (1971)

$$\varphi' = 19 - 0.38\sigma'_{vo} + 8.73\log(N_{spt})$$

confrontato con il metodo di Hatanaka et al. (1998):

$$\varphi' = 3.5\sqrt{N_{1.60}} + 22.3$$

e la formula del Road Bridge Specification (1982)

$$\varphi' = \sqrt{15N_{SPT}} + 15$$

Per la definizione del **modulo elastico (E)** la formula impiegata è quella di D'Appolonia et al. (1970)

$$E \text{ (MPa)} = 7.46 + 0.517 \text{ NSPT}$$

confrontata, per materiali granulari, con la formula di Berardi e Lancellotta secondo la seguente espressione:

$$E' = K_E \cdot p_a \cdot \left[\frac{\sigma'_{vo}}{p_a} \right]^{0.5}$$

in cui

K_E = numero del modulo, funzione della densità relativa,

p_a = pressione di riferimento = 150 kPa

σ'_{vo} = pressione efficace alla quota della prova.

9. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Sulla base delle informazioni raccolte e delle esperienze degli scriventi in situazioni geologico tecniche simili, il modello può essere schematizzato in quattro unità con diverse caratteristiche di resistenza alla penetrazione.

Le caratteristiche di queste unità sono state ricavate in base a correlazioni standardizzate per le prove SPT e possono così essere descritte:

UNITA' A:

Litologia: Limi e argille in livelli eterogenei anche a plasticità elevata con residui organici

Profondità: variabile tra 2.7 (prova P3) e 3.9 (prove P6) m da p.c.

Comportamento: semicoesivo

Resistenza penetrometrica media (NSPT) : 2-4 colpi/piede

Densità relativa (Dr) : 0.2-0.25

Angolo di resistenza al taglio : variabile, non significativo

Densità stimata naturale: 1.6 t/m³

Coesione: 10 - 15 kPa

UNITA' B:

Litologia: limo più o meno argilloso e sabbioso con ghiaia e ciottoli

Profondità: variabile, fino ad un max di 4.5 m da p.c. (prova P4-P6)

Comportamento: incoerente, poco coesivo

Resistenza penetrometrica media (NSPT): 7-8 colpi/piede

Densità relativa (Dr) : 0,4 – 0,5

Angolo di resistenza al taglio: 25° - 27°, per livelli granulari

Densità stimata naturale: 1.75 t/m³

Coesione: 55 - 70 kPa, per livelli coesivi

Nota: tale unità all'interno della prova P1 risulta assente e "sostituita" da livello avente spessore di circa 2 metri caratterizzato da anomali valori di resistenza che si ritiene riferibile a situazioni di rimaneggiamento antropico

UNITA' C:

Litologia: intercalazioni di lenti o livelli di limi debolmente argillosi con ghiaia e sabbie

Profondità: dal letto dell'unità 2 fino a profondità variabili tra circa 6.9 m (prove P5-P6) o fino a termine prove (prove P1-P2)

Comportamento: da incoerente a semicoesivo

Resistenza penetrometrica media (NSPT) :	10-12 colpi/piede
Densità relativa (Dr) :	0,5 – 0,55
Angolo di resistenza al taglio:	26° - 28°, per livelli granulari
Densità stimata naturale:	1.8 t/m ³
Coesione:	70 - 80 kPa, per livelli coesivi

UNITA' D:

Litologia: limi sabbiosi con ciottoli e massi

Profondità: a fine prova nelle prove P3-P4-P5-P6

Comportamento: generalmente incoerente

Resistenza penetrometrica media (NSPT):	> 25 colpi/piede
Densità relativa (Dr) :	0,6 – 0,65
Angolo di resistenza al taglio:	30° - 33°, per livelli granulari
Densità stimata naturale:	1.8 t/m ³
Coesione:	-

La suddivisione in unità geotecniche omogenee è rappresentata nella tabella 5 dove vengono evidenziate anche le differenze di quota relative ai punti di esecuzione delle indagini penetrometriche.

In figura 11 è riportata sezione geologico tecnica schematica relativa al corpo edificato nord, basato su piano quotato e sezioni di progetto fornite dalla committenza la cui traccia è riportata in figura 10.

Per quanto riguarda i corpi edificati previsti nel settore sud, pur ritenendo che il piano di appoggio verrà ad essere inserito all'interno della Unità A, la definizione di più esatto quadro della sezione di appoggio e inserimento nella locale sequenza geologica e geotecnica rimane subordinato alla realizzazione di ulteriori indagini mirate da eseguirsi in tale settore.

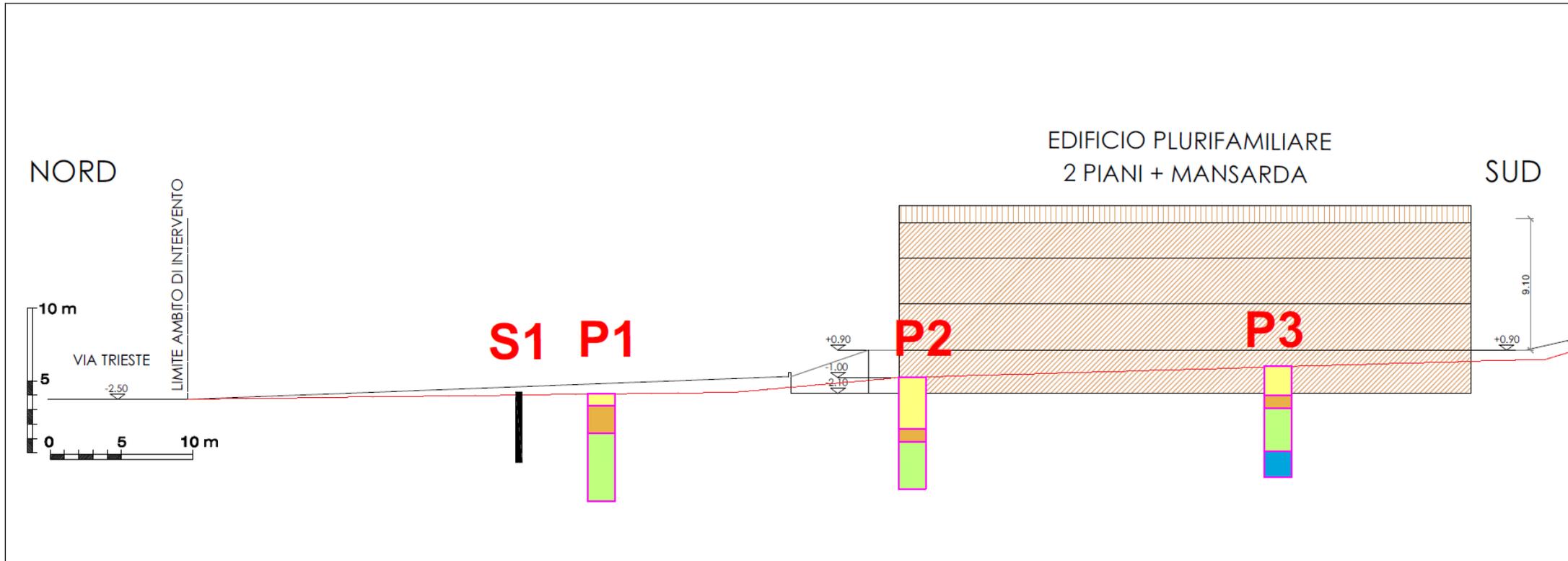
In particolare, tale verifica dovrà altresì tenere conto del fatto che parte dell'edificio ovest si inserisce in corrispondenza di area di bordo terrazzamento, e di adiacente area ribassata, per la quale si rende necessario procedere alla esecuzione di operazioni di riporto e livellamento, con conseguente creazione di possibili situazioni di disomogeneità delle caratteristiche di appoggio.

Profondità m da p.c.	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	numero colpi/piede					
0,0				5	3	
0,3			3	3	2	7
0,6			2	4	2	5
0,9		3	3	3	2	3
1,2		7	1	3	2	2
1,5	18	3	1	3	2	2
1,8	11	2	1	2	1	1
2,1	5	4	2	6	1	2
2,4	7	6	3	4	2	2
2,7	27	8	7	3	6	3
3,0	28	6	8	5	11	2
3,3	32	3	7	7	7	4
3,6	31	4	10	7	8	4
3,9	32	8	13	7	11	4
4,2	29	8	14	8	13	7
4,5	33	7	12	12	12	7
4,8	25	12	13	9	17	9
5,1	18	10	11	9	10	11
5,4	14	10	9	13	9	11
5,7	11	10	10	12	11	9
6,0	17	12	10	11	10	8
6,3	27	10	11	14	10	9
6,6	27	8	12	14	11	7
6,9	25	10	19	12	22	11
7,2	27	10	27	13	28	21
7,5	20	13	30	11	32	17
7,8	24	13	31	11	28	
8,1	25	14	28	14	27	
8,4	14		31	23	30	
8,7	10		34	25	33	
9,0	13					
9,3	11					
9,6	10					
9,9						
10,2						
10,5						
10,8						
11,1						
11,4						
11,7						
12,0						

UNITA'

A	Nspt= 2-4	B	Nspt= 7-8
C	Nspt= 10-12	D	Nspt> 25

Tabella 5



- P1** Prove penetrometriche
- S1** Sondaggio (prof 5m)
- Unità A: Nspt 2-4
- Unità B: Nspt 7-8
- Unità C: Nspt 10-12
- Unità D: Nspt > 25

Figura 11 Sezione geotecnica interpretativa (rif. Sezione BB di progetto)

10. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO E DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DI RIFERIMENTO

Per quanto esposto nei capitoli precedenti il volume significativo per l'area di sedime può essere schematizzato come di seguito proposto:

unità	N _{SPT} med.	litologia presunta	Profondità (m p.c.)	γ_d (KN/mc)	Dr (%)	ϕ' (°)	E (MPa)	M (MPa)	c_u (KPa)
A	2-4	Limi e argille in livelli eterogenei anche a plasticità elevata con residui organici	variabile tra 2.7 (prova P3) e 3.9 (prove P6) m da p.c.	16.0–17.0.	20-25		5-8		10-15
B	7-8	limo più o meno argilloso e sabbioso con ghiaia e ciottoli	variabile, fino ad un max di 4.5 m da p.c. (prova P4-P6)	17.5-18.0	40-50	25-27	10-12		50-70
C	10-12	intercalazioni di lenti o livelli di limi debolmente argillosi con ghiaia e sabbie	dal letto dell'unità 2 fino a profondità variabili tra circa 6.9 m (prove P5-P6) o fino a termine prove (prove P1-P2)	18-19	55-55	26-28	12-15		70-80
D	>25	limi sabbiosi con ciottoli e massi	a fine prova nelle prove P3-P4-P5-P6	18-19	60-65	30-33	25-30		-

Partendo dai range di variabilità dei parametri geotecnici delle “unità omogenee” come sopra definite si è proceduto alla definizione dei valori caratteristici X_k definiti secondo l'Eurocodice 7 e le NTC come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite.

Per le unità che definiscono il volume significativo vengono assunti i seguenti parametri caratteristici di riferimento:

Unità	ϕ caratteristico (ϕ_k) (°)	resistenza al taglio non drenata (c_{uk}) (KPa)
A	-	10
B	25	50
C	26	70
D	30	-

11. RESISTENZA DI PROGETTO AGLI STATI LIMITE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

11.1 Principi fondamentali

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale.

Stato limite è la condizione, superata la quale, l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

In particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- ✓ sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;

- ✓ sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;

- ✓ robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Le opere strutturali devono essere verificate:

a) per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni;

b) per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

11.2 Resistenza di progetto allo stato limite ultimo (SLU) per carico limite in condizioni statiche

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$E_d \leq R_d$$

in cui:

E_d = componente della risultante delle forze in direzione normale al piano di posa,

R_d = valore della forza normale al piano di posa cui corrisponde il raggiungimento del carico limite in terreni di fondazione.

Per la determinazione delle resistenze di progetto di tipo geotecnico (SLU-GEO) è stato sviluppato il procedimento di calcolo che si riferisce all'Approccio 2 (DA2) (A1+M1+R3) in cui i parametri geotecnici del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali tabulati del gruppo M1 (Tab. 6.2.II) e la resistenza globale del sistema tramite i coefficienti γ_R del gruppo R3 (Tab. 6.4.I).

In relazione ai dati di input sopra elencati il parametro R_d è stato ricavato inserendo i valori caratteristici dei parametri geotecnici (definiti nei capitoli precedenti) nella formula di *Brinch-Hansen-Vesic* (1973), di seguito riportata:

$$q'_{lim} = \frac{1}{2} * y' * B_R * N_y * s_y * i_y + q' * N_q * s_q * d_q * i_q + c' * N_c * s_c * d_c * i_c \quad [1]$$

dove:

q_{lim} = capacità portante ultima del terreno di fondazione

y' = peso di volume del terreno

B_R = base ridotta (minima superficie rispetto alla quale la risultante è centrata)

N_y, N_q, N_c = fattori adimensionali di capacità portante legati all'angolo di resistenza al taglio)

s_y, s_q, s_c = fattori correttivi dovuti alla forma della fondazione

i_y, i_q, i_c = fattori correttivi dovuti all'inclinazione del carico

d_c, d_q = fattori correttivi che tengono conto del piano di posa delle fondazioni

Sulla base dei dati resi disponibili agli scriventi è stata effettuata una valutazione preliminare del carico ammissibile considerando l'ipotesi di adozione di fondazioni del tipo diretto a platea; con appoggio fondazionale posto a 1 m da p.c. per gli edifici senza interrato e tipo diretto a trave posto a 3.5 m da p.c. per gli edifici con interrato; in particolare:

Scenario A (no interrato)

- Fondazione a platea (L=13 m B= 8 m H=0,4 m)
- Piano di posa 1 m da p.c. (Unità A, prova di riferimento Prova P2)
- Falda a assente;

- Piano di posa della fondazione orizzontale;
- Sottofondazione assente.

Scenario B (con interrato)

- Fondazione a trave (L=10 m B= 1 m H=0,3 m)
- Piano di posa 3.5 m da pc. (Unità B, prova di riferimento Prova P4)
- Falda a assente;
- Piano di posa della fondazione orizzontale;
- Sottofondazione assente.

Sviluppando la [2] con i dati di input sopra elencati con ipotesi di piano di posa orizzontale, eccentricità nulla in B ed L larghezza e lunghezza della fondazione, falda presente. e forze inerziali dovute al sisma assenti dalla formula generale di Brinch-Hansen sopra riportata si ottengono i seguenti valori:

Scenario 1 (no interrato)

Carico limite	330 KN/mq
Carico ammissibile	110 KN/mq

Scenario 2 (con interrato)

Carico limite	660 KN/mq
Carico ammissibile	220 KN/mq

Le predette previsioni preliminari dovranno essere riverificate a seguito della avvenuta realizzazione di campagna di indagine di completamento nel settore sud e di conseguente omogeneizzazione complessiva dei dati ottenuti e delle conseguenti ipotesi di strutturazione degli appoggi fondazionali.

11.3 Stato limite di esercizio (SLE)

Per le verifiche nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE) il fattore determinante è costituito dal cedimento massimo tollerabile.

Per ogni stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d$$

Dove:

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni (cedimento previsto);

C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni (cedimento ammissibile).

Supponendo pari a 25,4 mm il cedimento massimo tollerabile per la struttura di progetto è stato quindi valutato il carico d'esercizio compatibile con tale limite.

I valori dei cedimenti sono stati ottenuti secondo il metodo proposto da Burland & Burbidge (1985) nel quale viene correlato un indice di compressibilità I_c al risultato N della prova penetrometrica dinamica.

L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

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

nella quale:

q' = pressione efficace lorda;

σ'_{vo} = tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;

B = larghezza della fondazione;

I_c = indice di compressibilità;

f_s, f_H, f_t = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità I_c è legato al valore medio N_{AV} di N_{spt} all'interno di una profondità significativa z :

$$I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

L'analisi numerica per la verifica dei cedimenti è stata considerando un periodo di previsione 50 anni e valore confidenza 50% per un cedimento massimo ammissibile non superiore a 25,4 mm; in particolare si determina che

Scenario 1 (no interrato)

30 KN/mq compatibile con il cedimento predetto.

Scenario 2 (con interrato)

130 KN/mq compatibile con il cedimento predetto.

Le predette previsioni preliminari dovranno essere riverificate a seguito della avvenuta realizzazione di campagna di indagine di completamento nel settore sud e di conseguente omogeneizzazione complessiva dei dati ottenuti e delle conseguenti ipotesi di strutturazione degli appoggi fondazionali.

12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione è redatta a supporto della progettazione degli interventi inerenti il piano di recupero residenziale “Corte Martignoni”, noti sulla base degli elaborati di progetto delle opere come forniti dalla Committenza, con lo scopo di fornire i parametri generali di modellizzazione geologica e geotecnica applicabili per le successive fasi di progettazione.

Gli elementi di valutazione acquisiti sono relativi a dati geologici e geotecnici e sismici presenti nella Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio di Buguggiate (Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geol. D. Fantoni - luglio 2012,) e ad indagini pregresse eseguite dagli Scriventi nell'area di interesse in conformità con la normativa allora vigente (*Caratterizzazione geologico tecnica dei terreni di fondazione marzo 2009*).

Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti si possono formulare le seguenti considerazioni di carattere generale:

- il locale quadro geologico-stratigrafico evidenzia l'occorrenza presso l'area di intervento di depositi continentali di natura glaciale s.l. dell'Allogruppo di Besnate;
- in particolare la successione stratigrafica presso l'area di intervento risulta caratterizzata dalla presenza alla sommità da limosi a sabbiosi per uno spessore di 4-5 m;
- i caratteri relativi alla dinamica geomorfologica riferibili al quadro locale, non evidenziano l'occorrenza di processi ad evoluzione negativa in atto o potenziali che possano interagire negativamente con le opere di progetto;
- per quanto concerne le acque sotterranee non sono dati disponibili dati di soggiacenza della falda ma si ritiene probabile la presenza di falde sospese anche a debole profondità ospitate in orizzonti mediamente più grossolani;
- per quanto concerne il rischio idrogeologico ed idraulico l'area risulta esterna a perimetrazioni del rischio;
- per quanto concerne le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalla pianificazione geologica il lotto di interesse ricade entro la classe di Fattibilità geologica 2 – Fattibilità con modeste limitazioni, Classe 2c – *Aree sub-pianeggianti o a debole pendenza con mediocri caratteristiche geotecniche; assenza di processi geomorfologici attivi.*

Dal punto di vista geologico non sussistono pertanto elementi di incompatibilità riguardo alla possibile esecuzione delle opere di progetto.

Con riferimento agli aspetti geotecnici e sismici si evidenzia:

- delle unità riconosciute, la prima (Unità A) definisce caratteristiche geotecniche decisamente scadenti ed identifica la porzione di sottosuolo scarsamente addensata che si trova fino a profondità massime di 3.9 m da p.c. in corrispondenza della prova P6.
- la sottostante Unità B risulta di minor spessore ed è contraddistinta alla transizione a caratteristiche geotecniche migliori, raggiunte in corrispondenza dell'unità C che presenta caratteristiche geotecniche discrete;
- oltre l'unità C è stato raggiunto (seppur a quote variabili) un livello contraddistinto da uno stato d'addensamento decisamente buono ($N_{spt} > 25$ colpi/piede).
- l'indagine MASW ha consentito di attribuire il suolo di fondazione alla categoria C *“Depositati 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”*
- la verifica alla liquefazione è stata omessa, come previsto dalle NTC, in quanto considerando che per la categoria di sottosuolo tipo “C” e per la categoria topografica T1 si ottiene un valore dell'accelerazione massima attesa al sito inferiore a 0.1 g.

In relazione a quanto esposto si formulano le seguenti indicazioni operative:

- i calcoli eseguiti nell'ipotesi di appoggio fondazionale come valutato indicano:
 - + per fondazione diretta a platea all'interno dell'Unità A praticabile in relazione allo Scenario 1 (no interrato): carichi massimi di esercizio pari a **30 KN/mq**
 - + per fondazione diretta a trave all'interno dell'Unità B praticabile in relazione allo Scenario 2 (con interrato): carichi massimi di esercizio pari a **130 KN/mq**;
- Le predette previsioni preliminari dovranno essere riverificate a seguito della avvenuta realizzazione di campagna di indagine di completamento nel settore sud e di conseguente omogeneizzazione complessiva dei dati ottenuti e delle conseguenti ipotesi di strutturazione degli appoggi fondazionali.

- all'interno dell'Unità A sono possibili disomogeneità puntuali legate alla presenza di ulteriori ispessimenti e notevole variabilità delle caratteristiche geotecniche media per la presenza di componenti organiche e/o coesive;
- in questo senso si evidenzia che fondazioni poste all'interno dell'Unità A possono essere comunque interessate da cedimenti differenziali;
- si richiama quindi l'opportunità di generale posizionamento dei piano di imposta fondazionali a profondità almeno corrispondenti al tetto dell'unità B anche attraverso l'adozione di soluzioni di sostegno indirette (pali) alle opere fondazionali;
- per quanto riguarda gli aspetti relativi alle possibili interferenze con acque presenti nel sottosuolo, pur in assenza di falda permanente si rileva la possibile occorrenza di localizzate falde sospese, sostenute da orizzonti litologicamente mediamente più fini, presenti nei primi metri da p.c. ed attivabili in concomitanza o a seguire di periodi più piovosi. Per tale situazione si dovrà prevedere la realizzazione di adeguate opere di allontanamento delle acque di infiltrazione e la generalizzata messa in opera di adeguati sistemi di impermeabilizzazione.
- in relazione alla prevista bassa permeabilità di fondo riconducibile alla litologia individuata per le unità di appoggio e per le unità superficiali, si rileva anche la possibilità di occorrenza infiltrazione e ristagno di acque meteoriche sotto fondazione e contro le murature. In questo senso è necessario procedere oltre alla realizzazione di adeguati sistemi di drenaggio ed allontanamento, anche alla conformazione delle aree perimetrali esterne secondo modalità atte a permettere l'allontanamento dalle murature delle acque di corrivazione superficiale. Per quanto riguarda le eventuali strutture di dispersione nel sottosuolo (pozzi perdenti) si raccomanda di procedere alla loro ubicazione secondo posizioni e profondità adeguate a evitarne il ristagno o il ritorno al di sotto o a ridosso delle strutture di nuova realizzazione.

Si ricorda infine la necessità, durante i lavori, di adottare le seguenti norme minime di sicurezza in presenza di scavi in corso o aperti:

- D.Lgs 81/2008, art. 118: Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti dei 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, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

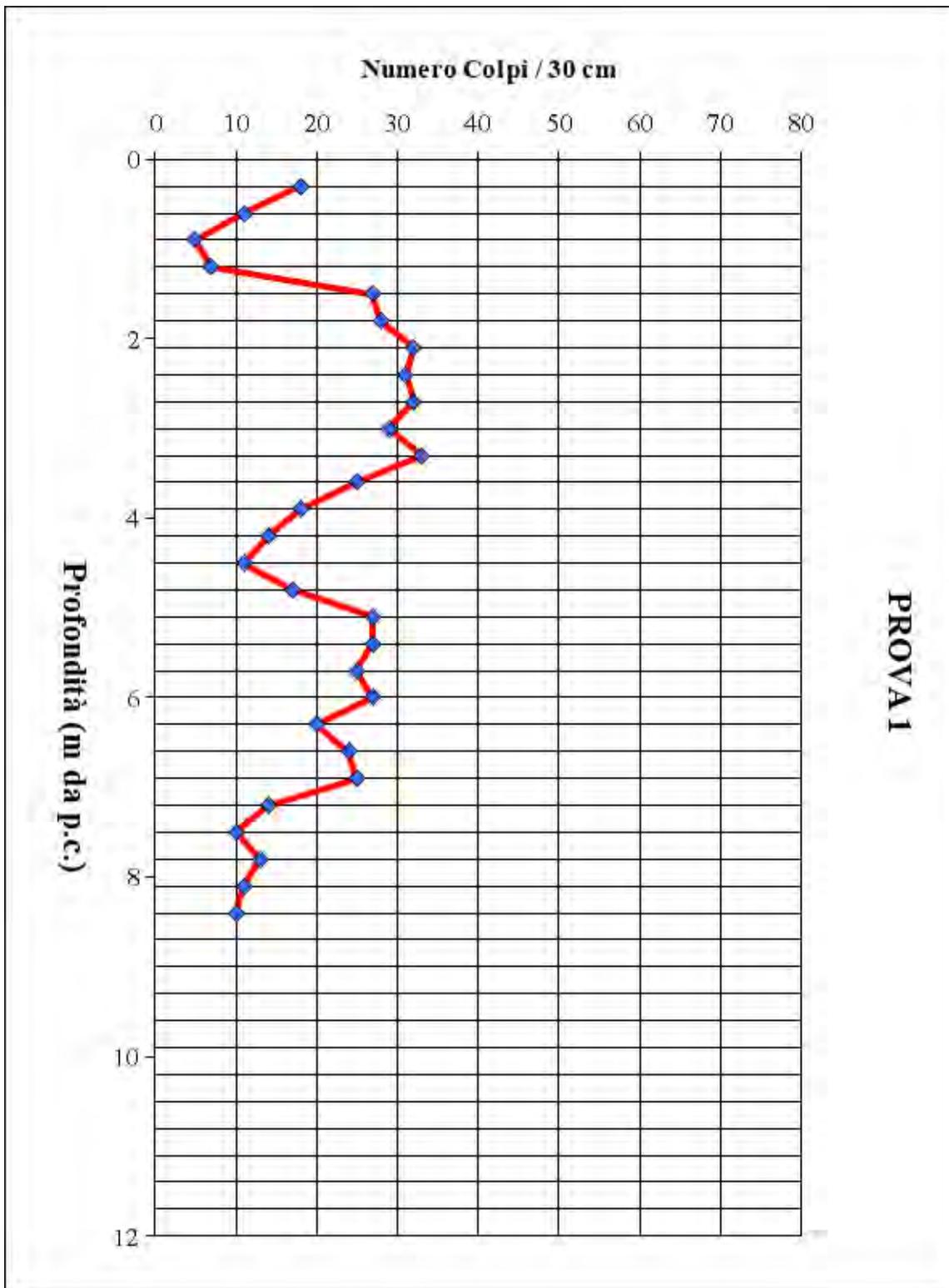
- D.Lgs 81/2008, art. 118: Nello scavo di trincee profonde più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno.
- D.Lgs 81/2008, art. 120: 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.
- DM 17/01/2018 “ Aggiornamento delle Norme tecniche sulle costruzioni”, 6.8.6. (fronti di scavo): Per scavi a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.

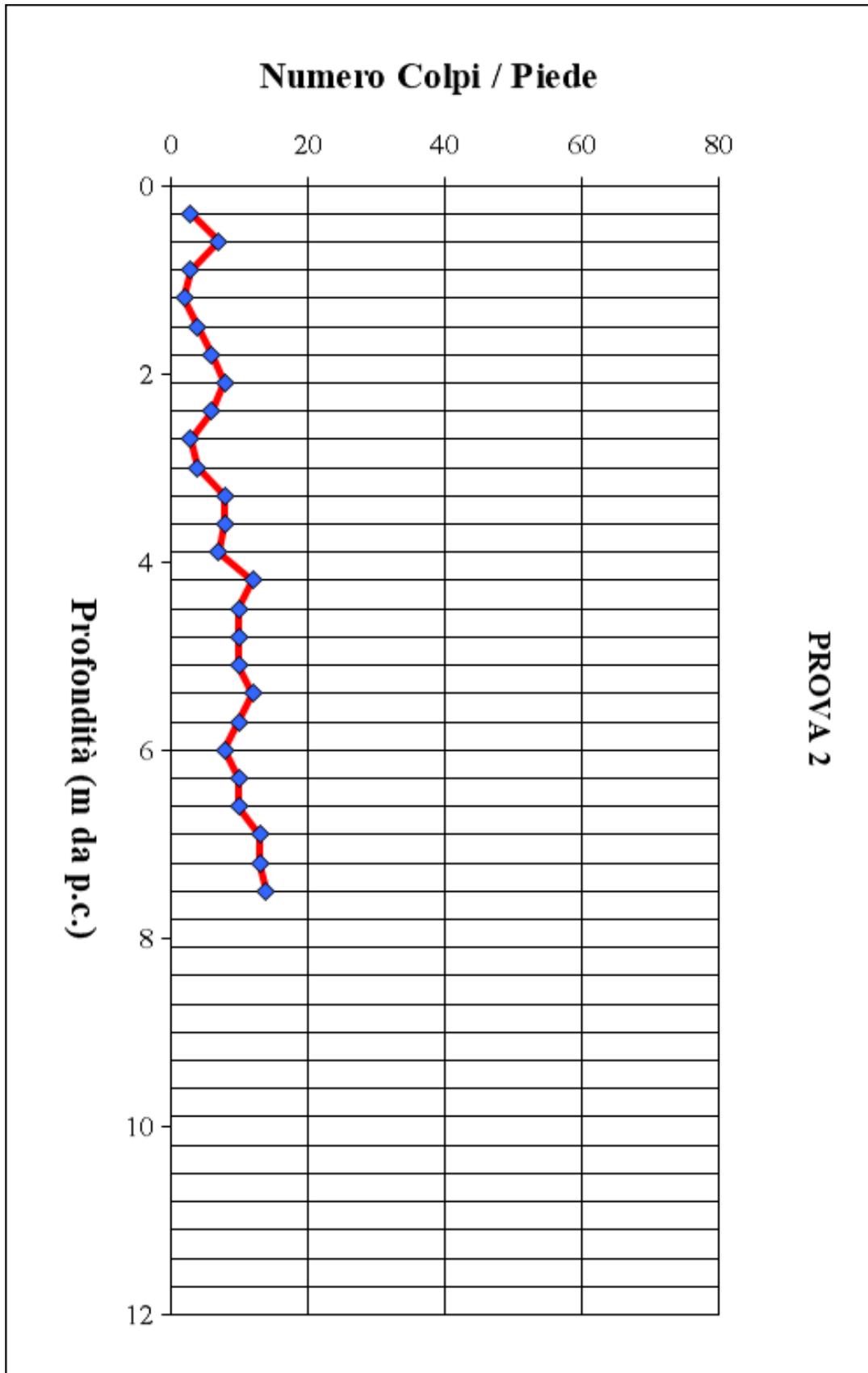


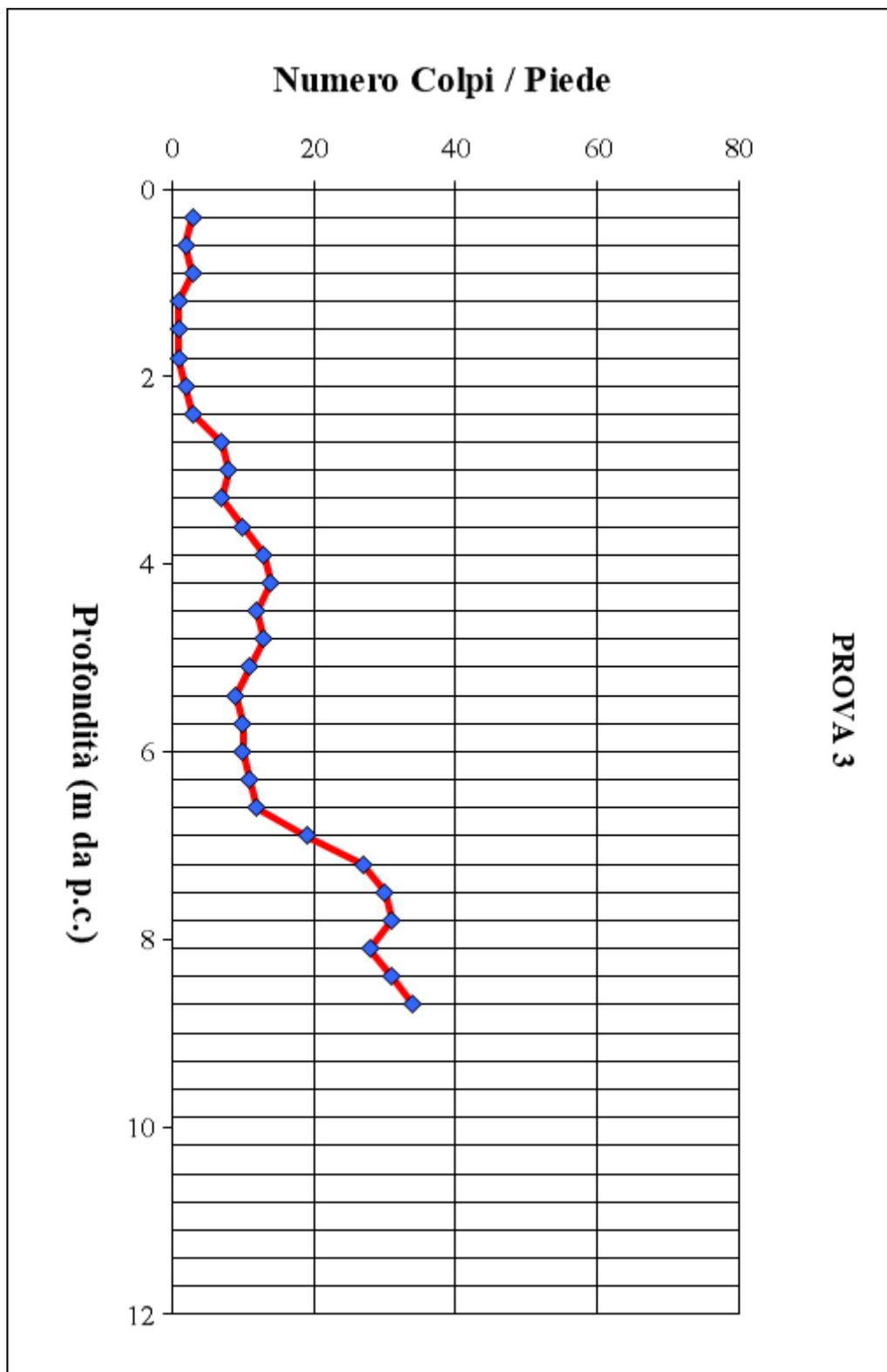
APPENDICE 1

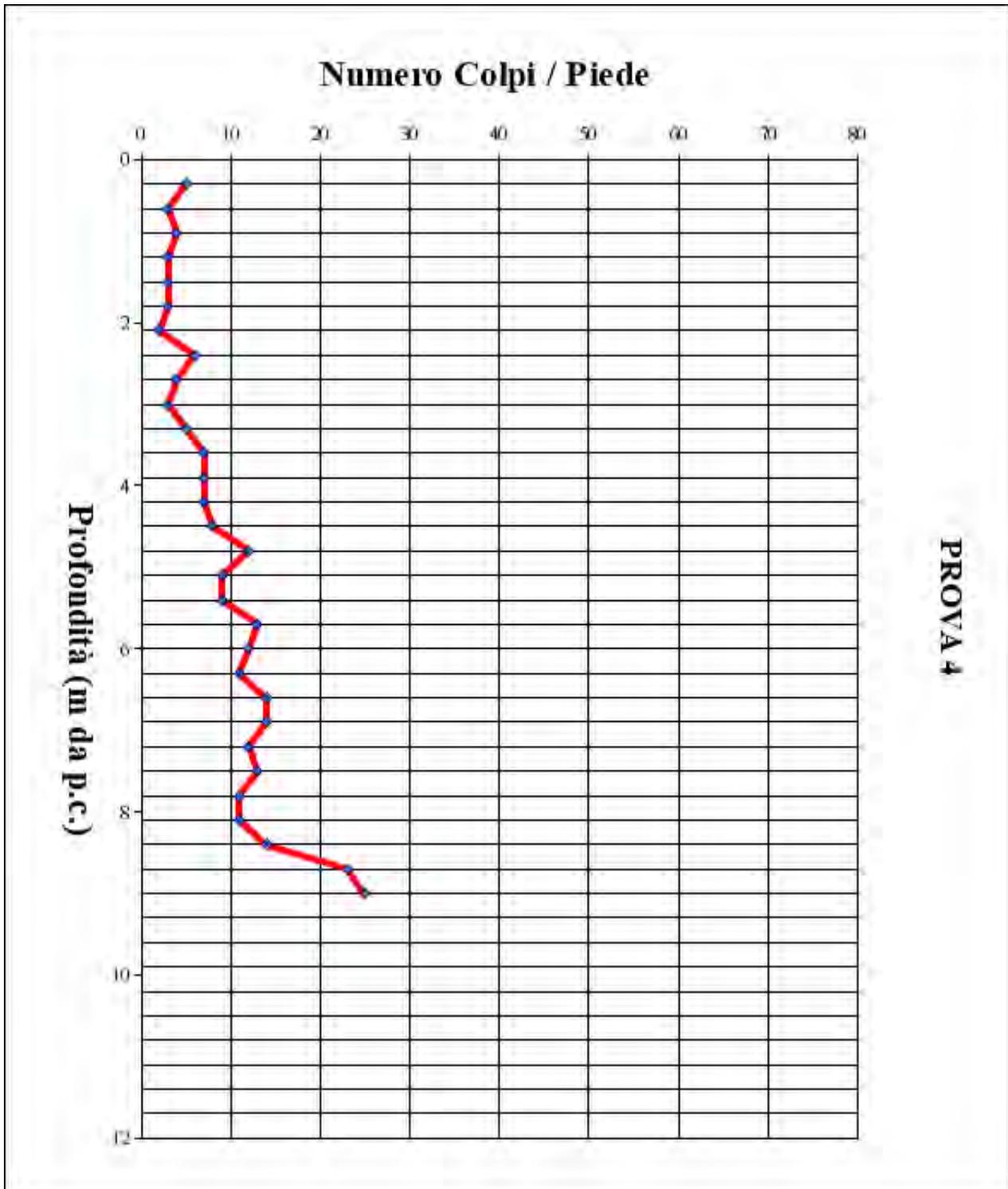
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

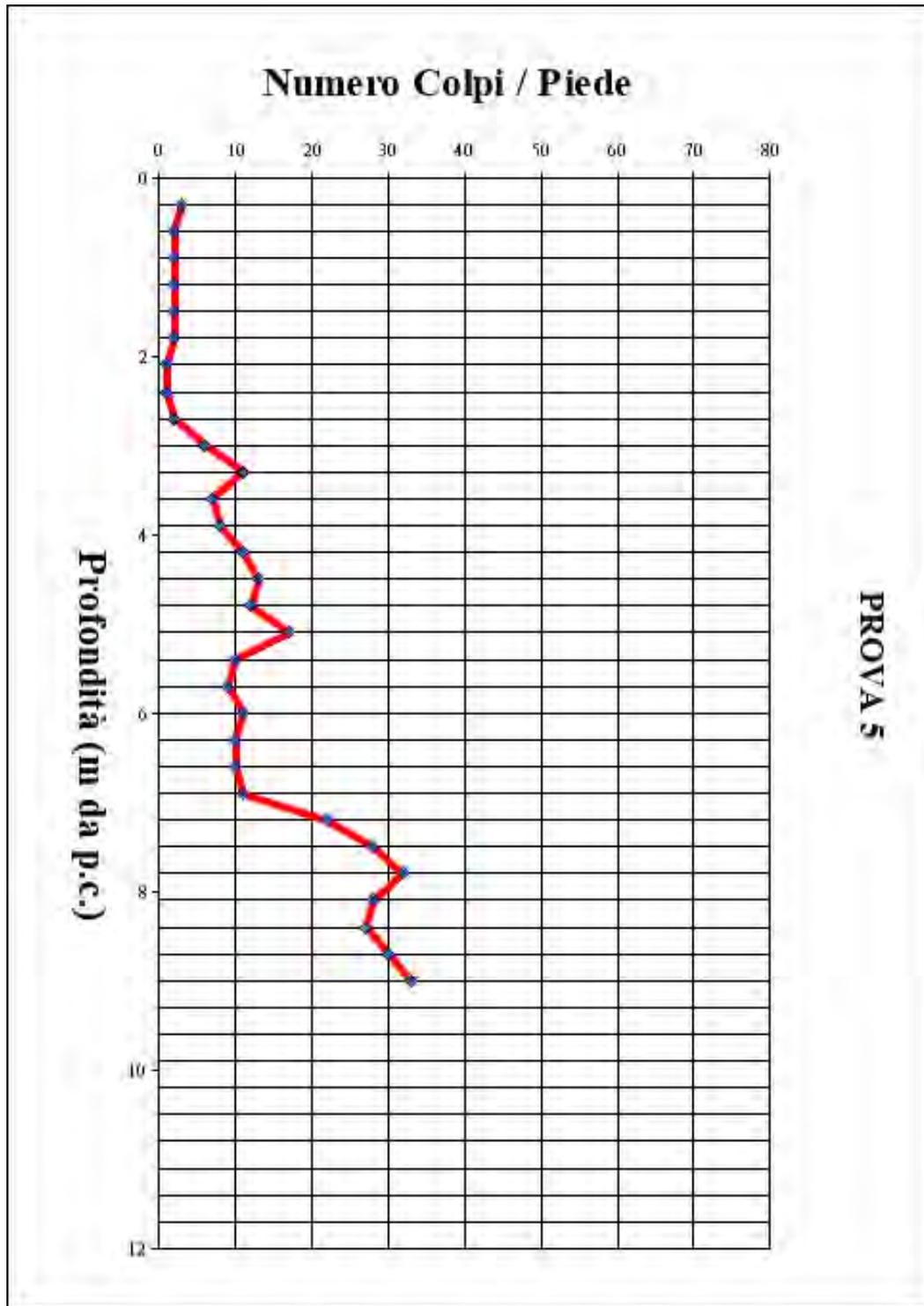
DIAGRAMMI DI AVANZAMENTO

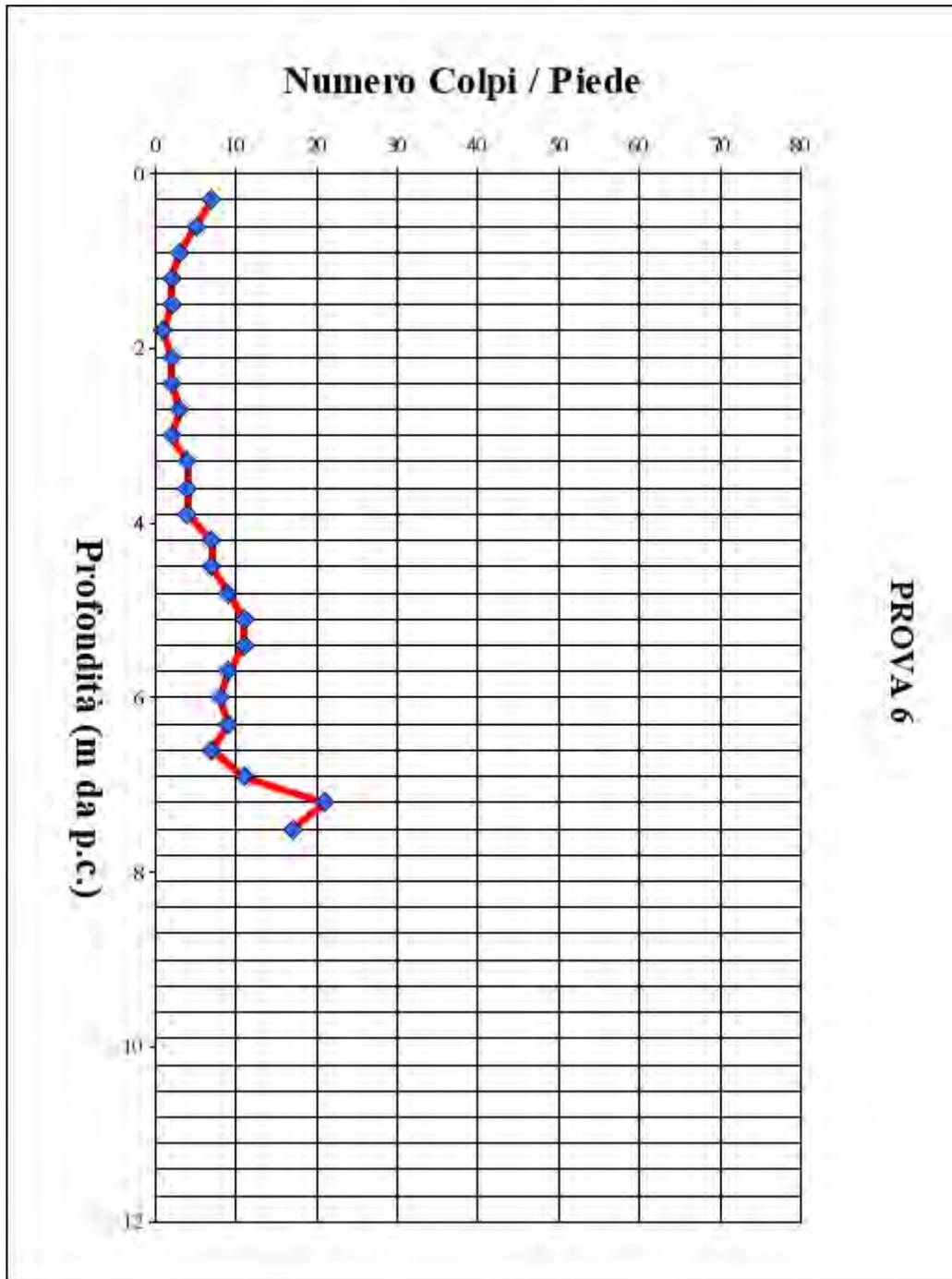














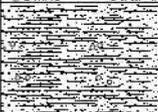
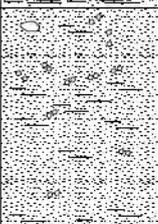
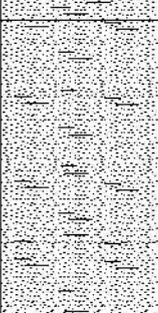
APPENDICE 2

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

STRATIGRAFIA

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Cantiere via Trieste, Buguggiate (VA)	N. sondaggio 1.
Committente Impresa Gabri Luigi	Scala sondaggio 1:100
Perforatore A4e	Geologo gz
Profondità 5.00 m	Quota (p.c.) 301 m slm
Metodo perf. Carotaggio continuo	Data ultimazione 06/12/2018

Scala 1:100	Quota	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Prova di permeabilità a carico variabile
		0.75		Ghiaia in abbondante matrice limoso argilloso sabbiosa di colore bruno; ghiaia da fine a media; clasti subangolosi; clasti da alterati a molto alterati.	
1	-0.75	0.75		Limo, limo argilloso sabbioso di colore ocra; rari clasti max centimetrici subangolosi; clasti poco o non alterati.	
2	-1.5	1.50		Sabbia debolmente limosa colore ocra con qualche clasto di ghiaia; sabbia fine prevalente, talora media nella parte alta dell'intervallo; clasti max centimetri; un clasto pluri centimetrico; clasti sub angolosi; clasti poco o non alterati.	
3	-3.0				-3.0
4		2.00		Sabbia fine da debolmente limosa a limosa ; colore ocra	1.32E-06 m/s
5	-5.0				-3.5
6					
7					
8					

p.c



**-5.0 m
da p.c.**



Intervallo interessato da prova di permeabilità in foro
(da -3.0 a -3.5 m da p.c.)



APPENDICE 3

ESTRATTI TAVOLE DI PROGETTO

INDIVIDUAZIONE DELLE OPERE

