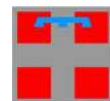




**COMUNE DI VARALLO POMBIA**



**PROVINCIA DI NOVARA**



**REGIONE PIEMONTE**

## PIANO REGOLATORE CIMITERIALE

**D.P.R. 10.09.09 n° 285**

*"APPROVAZIONE DEL REGOLAMENTO DI POLIZIA MORTUARIA"*

**L.R. 03.08.15 n° 15**

*"PIANO REGIONALE DI COORDINAMENTO DI NUOVI CIMITERI E CREMATORI – ALLEGATO A"*

**L.R. 05.12.1977, n° 56**

*"TUTELA ED USO DEL SUOLO" e successive modifiche e integrazioni*

**Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 e s.m.i.**

*"AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI"*

**Consulente geologo**

**Studio Geologico EPIFANI dr. FULVIO**

Via XX Settembre, 73 – 28041 ARONA (NO)

tel. 0322 241531 - fax 0322 48422

e-mail [studio@geologoepifani.it](mailto:studio@geologoepifani.it)

dott. geol. Fulvio Epifani



## RELAZIONE GEOLOGICA

Codice

043.22

Nome del file

Relazione.doc

Data

Maggio 2022

Scala

-----

**Committente:**

**AMM. COM.LE**

Via Simonetta n.3 - Villa Soranzo  
28040 Varallo Pombia (NO)

| revisione | oggetto | data | controllato |
|-----------|---------|------|-------------|
| 1         |         |      |             |
| 1         |         |      |             |
| 2         |         |      |             |
| 3         |         |      |             |

|     |                                                   |    |
|-----|---------------------------------------------------|----|
| 1   | PREMESSA.....                                     | 2  |
| 2   | INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....    | 3  |
| 3   | NOTE IDROGEOLOGICHE .....                         | 5  |
| 4   | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA..... | 6  |
| 4.1 | POZZETTI ESPLORATIVI.....                         | 6  |
| 4.2 | PROVE PENETROMETRICHE .....                       | 9  |
| 4.3 | ANALISI DEI DATI GEOGNOSTICI.....                 | 14 |
| 5   | CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....                    | 16 |

#### Elenco allegati

- COROGRAFIA – ESTRATTO BDTRE 094120 “VARALLO POMBIA” – SCALA 1: 5.000 – CATASTALE SU IMMAGINE ZENITALE – SCALA 1: 2.500;
- ESTRATTO DELLA CARTA GEOLOGICA STRUTTURALE E DELLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL PRGC VIGENTE – SCALA 1: 10.000;
- ESTRATTO DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI DEL PRGC VIGENTE – SCALA 1: 10.000;
- ESTRATTO DELLA CARTA IDROGEOLOGICA DEL PRGC VIGENTE – SCALA 1: 10.000;
- UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE – SCALA 1: 2.000;
- STRATIGRAFIA POZZETTI;
- PROVE DI PERMEABILITÀ;
- ISTOGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE;
- SEZIONE GEOTECNICA – SCALA ORIZZONTALE 1: 200 – SCALA VERTICALE 1: 25.

## 1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Varallo Pombia intende provvedere alla redazione del nuovo Piano Regolatore Cimiteriale, pertanto tramite Determinazione del Responsabile del Servizio Tecnico Ambientale n° 172 del 18.12.2021 affidava allo scrivente l'incarico di predisporre la specifica indagine.

La presente relazione affronterà i tematismi a carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico relativi al cimitero in esame; si precisa che lo scrivente è il redattore del vigente P.R.G.C. e di altre indagini a carattere idrogeologico e geotecnico nel territorio comunale.

L'indagine è stata svolta eseguendo, all'interno del cimitero di Varallo Pombia, due pozzetti esplorativi, due prove di percolazione e due prove penetrometriche.

Le seguenti note sono state quindi redatte in ottemperanza a quanto prescritto dalle leggi in materia:

- D.P.R. 10.09.90 n° 285 "*APPROVAZIONE DEL REGOLAMENTO DI POLIZIA MORTUARIA*";
- L.R. 03.08.15 n° 15 "Piano Regionale di coordinamento di nuovi cimiteri e crematori – Allegato A"
- L.R. 05.12.1977, n° 56 "*TUTELA ED USO DEL SUOLO*" e successive modifiche e integrazioni;
- D.M. 17.01.18 "*AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI*".

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame ricade nella Sezione n° 094120 "Varallo Pombia" della Carta BDTRE del Piemonte, in scala 1:10.000 (per l'esatta collocazione si faccia riferimento alla COROGRAFIA allegata "ESTRATTO BDTRE- SCALA 1: 5.000 E CATASTALE SU IMMAGINE ZENITALE - SCALA 1: 2.500).

Da un punto di vista geologico l'area in esame è inserita nel Foglio della Carta Geologica d'Italia n°31 "Varese" in scala 1:100.000; per la descrizione degli aspetti geologici e geomorfologici di dettaglio si farà riferimento agli elaborati allegati al vigente Piano Regolatore; a tal proposito si allega uno stralcio della Carta Geologico-Strutturale.

La zona in esame appartiene al Dominio delle Alpi Meridionali o Sudalpino: grazie alla struttura regionale che immerge a SE, si possono osservare sezioni crostali sempre più profonde, dalle coperture vulcano-sedimentarie permo-liassiche al basamento roccioso. Il territorio comunale, dal punto di vista geologico, è caratterizzato sia dalla presenza di depositi superficiali quaternari legati ai processi morfogenetici di tipo glaciale e fluvioglaciale. In particolare le unità riconoscibili risultano così suddivise:

- *Allogruppo di Morazzone*: questa unità corrisponde al "Morenico Riss" ed è riferibile al Pleistocene medio. Tale unità è costituita da ghiaie massive a supporto di matrice e localmente a supporto clastico; i ciottoli, originari della zona del Verbano-Ossola e presenti come graniti, scisti e profidi, sono in genere ben arrotondati e fortemente alterati. Il colore della matrice è 5 YR; alle ghiaie sopra descritte si intercalano lenti di sabbia medio/grossolana e a volte di argilla. In affioramento, i depositi di origine glaciale si presentano molto alterati e ben compattati; il profilo di alterazione raggiunge spessori compresi tra 10 e 15 metri. Caratteristica di tale unità litologica è la presenza nella parte più prossima alla superficie topografica della copertura di loess, deposito eolico a granulometria fine; il loess è definibile come un silt non stratificato e omogeneo.

- *Alloformazione di Albizzate*: questa unità corrisponde in linea di massima al "Fluvioglaciale Riss" ed è riferibile come età al Pleistocene medio. I depositi di facies glaciale sono caratterizzati da ghiaie massive a supporto di matrice limoso argillosa generalmente sovraconsolidate. La natura litologica di tali ghiaie è paragonabile a quella dell'Allogruppo di Morazzone; i ciottoli in affioramento si presentano alterati e il colore della matrice varia da 2,5 a 7,5 YR. La copertura loessica è localmente presente con spessori e continuità variabile.

- *Alloformazione di Golasecca*: corrisponde nominalmente al Riss e al Wurm. L'età, dedotta per la posizione stratigrafica, corrisponde al Pleistocene medio. Nell'ambito del territorio

comunale tale unità geologica è rappresentata da depositi glaciali costituiti da ghiaie a supporto di matrice generalmente sovraconsolidata. La matrice è una sabbia con granulometria da media a fine con colore 10YR; i clasti sono eterometrici, da sub arrotondati ad arrotondati, presentano un diametro medio di 7/8 cm con ciottoli di dimensioni massime di 20-30 cm. L'alterazione, anche se interessa la maggior parte dei clasti, non è particolarmente spinta. Caratteristica di tale unità è la presenza di una copertura loessica superficiale di origine eolica, costituita da sabbia fine; lo spessore di tale strato varia localmente e presenta una continuità laterale significativa.

- *Unità di Sumirago*: tale unità appartiene all'Allogruppo di Besnate, corrispondente al Riss, ed è rappresentata da depositi in facies glaciale e in facies fluvioglaciale. I primi sono costituiti da ghiaie massive a supporto di matrice sabbiosa limosa; spesso si trovano intercalate nella matrice lenti molto sottili di materiale più fine, composte da sabbia fine debolmente limosa. I depositi di facies fluvioglaciale sono costituiti da un'alternanza di ghiaie a supporto clastico e da lenti di sabbie medie con laminazioni piano parallele. Le ghiaie sono poligeniche ed eterometriche, con ciottoli di diametro da centimetrico a decimetrico. La copertura loessica è generalmente presente con spessori minori soprattutto sui depositi fluvioglaciali.

Per quanto riguarda l'aspetto geomorfologico, le dinamiche glaciali quaternarie hanno profondamente influenzato la morfologia del territorio; alti morfologici e colline, alternati a depressioni e zone pianeggianti sono appunto il risultato dei processi alluvionali, glaciali e fluvioglaciali.

Le forme morfologiche più evidenti risultano essere:

- cordoni morenici, che presentano la classica forma allungata in senso NW-SE, ed indicano la direzione del movimento delle varie fasi glaciali riferite al periodo più recente. Alcuni cordoni, alla loro sommità, risultano antropizzati.
- terrazzi: presentano altezze variabili e comprese mediamente entro i 10 m di altezza e si segnalano sia nella parte centrale del territorio comunale, sia in prossimità dei corsi d'acqua.

Nell'area in esame si trovano i depositi in facies glaciali dell'alloformazione di Sumirago. L'area si presenta sub-pianeggiante.

Si propone in allegato l'"ESTRATTO DELLA CARTA STRUTTURALE E DELLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DEL PRGC VIGENTE – scala 1: 10.000; e l'"ESTRATTO DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI DEL PRGC VIGENTE – scala 1: 10.000.

### 3 NOTE IDROGEOLOGICHE

La carta “ESTRATTO DELLA CARTA IDROGEOLOGICA DEL PRGC VIGENTE IN SCALA 1: 10.000” caratterizza l’andamento della falda profonda semiconfinata. In linea generale la falda presenta una direzione di flusso prevalente da Ovest verso Est dovuta alla presenza del Fiume Ticino che funge da linea drenante. Nell’area di studio la soggiacenza della stessa è stimata a circa 50 m da piano campagna, questo livello è strettamente legato alla pluviometria stagionale. Ne consegue pertanto la possibilità di oscillazioni “normali” nel corso dell’anno, quantificabili in circa 1÷1,5 m. Non si può escludere la presenza di modeste e discontinue “falde sospese”, all’interno dei depositi poco permeabili più superficiali.

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA

Allo scopo di caratterizzare il sito cimiteriale si è proceduto alla realizzazione di 2 prove penetrometriche per poter indicare la parametrizzazione geotecnica dei terreni e allo scavo di 2 pozzetti esplorativi per ricostruire la stratigrafia ed eseguire sul fondo prove di percolazione per valutare la permeabilità dei terreni. Si faccia riferimento all'UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE – SCALA 1: 200.

### 4.1 POZZETTI ESPLORATIVI

Allo scopo di ricostruire la sequenza stratigrafica che caratterizza il cimitero in esame sono stati realizzati con l'ausilio di un escavatore due pozzetti esplorativi che hanno raggiunto la profondità massima di 1,70 m.

Le sequenze stratigrafiche sono di seguito riassunte, mentre in allegato si propongono le stratigrafie e le foto dei pozzetti.

#### Pozzetto esplorativo A

- da 0,00 m a 0,50 m da p.c.: riporto di terreno agrario limoso con ciottoli, ghiaia e laterizi;
- da 0,50 m a 0,90 m da p.c.: limo debolmente sabbioso di colore marrone scuro;
- da 0,90 m a 1,50 m da p.c.: ghiaia e ciottoli poligenetici in matrice sabbiosa; diametro massimo 15 cm, diametro medio 5 cm.

#### Pozzetto esplorativo B

- da 0,00 m a 0,50 m da p.c.: riporto di terreno agrario limoso con ciottoli, ghiaia e laterizi;
- da 0,50 m a 1,20 m da p.c.: limo debolmente sabbioso di colore marrone scuro;
- da 1,20 m a 1,70 m da p.c.: ghiaia e ciottoli poligenetici in matrice sabbiosa; diametro massimo 15 cm, diametro medio 5 cm.

Nei pozzetti non è stata rinvenuta traccia d'acqua.

Sul fondo dei pozzetti esplorativi eseguiti, è stato realizzato un ulteriore foro di forma cilindrica di dimensioni ridotte in cui è stata effettuata una prova di percolazione per ricavare il valore della conducibilità idraulica dei terreni in questione.

La prova effettuata, del tipo a carico variabile, consiste nel misurare, in funzione del tempo, la velocità di abbassamento del livello d'acqua una volta che il foro ne è stato riempito.

È necessario eseguire una prima prova per saturare il terreno, seguita da altre, che permettono di ricavare il coefficiente di permeabilità reale del terreno.

La prima prova generalmente è la più veloce, in quanto il terreno circostante è completamente insaturo e quindi l'acqua viene assorbita in minor tempo.

Per la valutazione del coefficiente di permeabilità è stata utilizzata la seguente formula (valida per prove a portata variabile in pozzetti a base circolare):

$$k = \frac{d}{32} \cdot \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{h_m} \quad \text{in cui:}$$

- ❖  $d$  = diametro del pozzetto a base circolare, espresso in cm o in m;
- ❖  $h_1 - h_2$  = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo  $t_2 - t_1$  (in cm o in m);
- ❖  $t_2 - t_1$  = intervallo di tempo, espresso in secondi;
- ❖  $h_m$  = altezza media dell'acqua nel pozzetto, in cm o in m (deve essere  $h_m > 1/4 \cdot d$ ).

I valori misurati sono riassunti nelle seguenti tabelle, mentre i dati completi sono proposti in allegato:

| <u>Pozzetto A</u>                                     | <u>PROVA 1</u>        | <u>PROVA 2</u>                          | <u>PROVA 3</u>        |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|-----------------------|
| <u><math>h_1</math> (cm) = altezza iniziale acqua</u> | 8,00                  | 11,00                                   | 13,00                 |
| <u><math>h_2</math> (cm) = altezza finale acqua</u>   | 2,00                  | 6,00                                    | 7,00                  |
| <u><math>h_m</math> (cm) = altezza media acqua</u>    | 5,00                  | 8,50                                    | 10,00                 |
| <u><math>t_1</math> (sec) = tempo iniziale</u>        | 0                     | 0                                       | 0                     |
| <u><math>t_2</math> (sec) = tempo finale</u>          | 180                   | 180                                     | 180                   |
| <u><math>k</math> (cm/sec)</u>                        | $3,54 \times 10^{-3}$ | <b><math>1,74 \times 10^{-3}</math></b> | $1,77 \times 10^{-3}$ |

| <u>Pozzetto B</u>                                     | <u>PROVA 1</u>        | <u>PROVA 2</u>        | <u>PROVA 3</u>        |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <u><math>h_1</math> (cm) = altezza iniziale acqua</u> | 5,00                  | 14,00                 | 10,00                 |
| <u><math>h_2</math> (cm) = altezza finale acqua</u>   | 1,00                  | 4,20                  | 4,00                  |
| <u><math>h_m</math> (cm) = altezza media acqua</u>    | 3,00                  | 9,10                  | 7,00                  |
| <u><math>t_1</math> (sec) = tempo iniziale</u>        | 0                     | 0                     | 0                     |
| <u><math>t_2</math> (sec) = tempo finale</u>          | 60                    | 120                   | 120                   |
| <u><math>k</math> (cm/sec)</u>                        | $2,08 \times 10^{-3}$ | $8,41 \times 10^{-3}$ | $6,70 \times 10^{-3}$ |

Per i motivi precedentemente esposti, il valore di permeabilità al quale si farà riferimento è quello relativo alla prova che ha fornito il valore più basso corrispondente a  $1,74 \times 10^{-3}$  cm/s. Tale valore è indicativo di una permeabilità “buona”, secondo quanto riportato nella tabella proposta da Casagrande e Fadum, proposta in allegato.

È necessario infine evidenziare che la condizione per la quale la prova viene ritenuta valida,

ossia " $h_m > \frac{1}{4} \cdot d$ " è stata sempre rispettata. Infatti, essendo  $d$  (diametro del foro a base circolare) pari a 16 cm nel pozzetto A e 30 cm nel B,  $h_m$  deve essere sempre maggiore di rispettivamente 4 cm e 7,5 cm, la prova 3 nel pozzetto B deve essere quindi scartata in quanto non rispetta tale condizione.



## 4.2 PROVE PENETROMETRICHE

Per l'esecuzione della prova è stato utilizzato un penetrometro dinamico pesante TG 63/100 KN della Ditta PAGANI, motorizzato e cingolato.

Si tiene a precisare che i dati ricavati tramite lo strumento in questione sono in tutto paragonabili a quelli della prova SPT (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio. La prova penetrometrica dinamica (DP) consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio prolungabile con l'aggiunta di aste successive; l'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di dato peso.

Si contano quindi i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita; la resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi ( $N_{DP}$ ) per una data penetrazione.

La prova penetrometrica dinamica, per la sua semplicità di esecuzione, ha una grande diffusione.

Infatti, come è noto, la penetrazione dinamica di punte coniche battute nel terreno, in assenza di attrito laterale, consente il riconoscimento dei terreni attraversati.

Il maggior ostacolo alla precisione del metodo deriva dalla difficoltà ad isolare la componente della resistenza dovuta all'attrito laterale del terreno lungo la batteria delle aste; per ovviare a questo inconveniente si utilizzano punte con diametro maggiore rispetto a quello delle aste.

Le caratteristiche del penetrometro utilizzato sono le seguenti:

- angolo della punta =  $60^\circ$
- sezione della punta conica = 20 cmq
- diametro delle aste = 32 mm
- lunghezza delle aste = 90 cm
- peso delle aste = 5,6 kg
- peso del maglio = 63,5 kg
- altezza di caduta = 760 mm
- penetrazione di riferimento = 300 mm

La resistenza alla penetrazione è definita come il numero di colpi richiesto per infiggere la punta conica per un tratto definito.

L'energia cinetica propria di ciascun colpo è il prodotto della massa del maglio ( $M$ ) per

l'accelerazione di gravità ( $g$ ) e per l'altezza di caduta ( $H$ ).

I risultati di differenti prove penetrometriche dinamiche possono essere presentati (e/o paragonati) come valori di resistenza  $r_d$  secondo la seguente formula:

$$r_d = \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e}$$

dove:

- $A$  è l'area della sezione trasversale della base della punta conica
- $e$  è la penetrazione media per colpo.

Il penetrometro da noi utilizzato risulta standardizzato, per cui è possibile utilizzare tutta la letteratura realizzata per la prova SPT; per fare questo è però necessario effettuare due correzioni in funzione delle caratteristiche della macchina utilizzata.

La prima correzione è dovuta al rendimento della macchina: normalmente il rendimento dei dispositivi utilizzati per le prove SPT è pari al 60%, nel nostro caso il rendimento raggiunge valori pari all'80% e quindi si rende indispensabile effettuare una correzione secondo la relazione:

$$N_{60} = \frac{ER_{iM}}{60} \cdot N$$

dove:

$N_{60}$  = numero di colpi corretto per riferirlo ad un rendimento del 60%

$ER_{iM}$  = rendimento medio espresso in percentuale

$N$  = numero di colpi misurato

nel nostro caso essendo  $ER_{iM} = 80\%$  la formula diviene:

$$N_{60} = \frac{ER_{iM}}{60} \cdot N = 1,3 \cdot N$$

La seconda normalizzazione viene fatta tenendo in considerazione l'influenza della pressione del terreno soprastante, ottenendo quindi il valore corretto.

Apportate queste correzioni sarà quindi possibile utilizzare tutta la letteratura predisposta per la prova SPT.

I parametri ricavabili da tale tipologia di prova risultano essere:

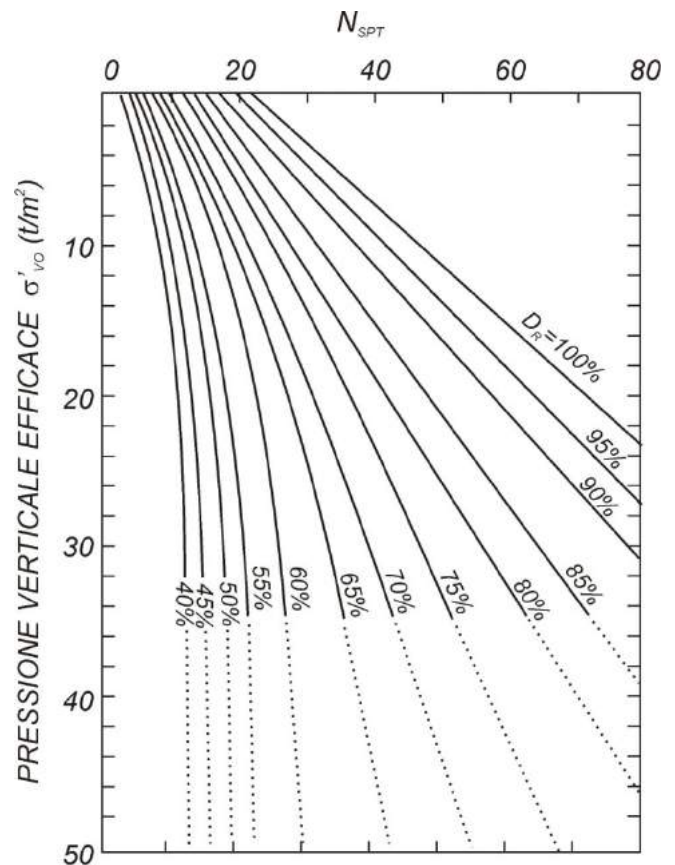
- Densità relativa

Usualmente si adotta la correlazione di Gibbs e Holtz (1957) valida per sabbie quarzose normal-consolidate, non cementate e che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace.

Nell'utilizzo del grafico è necessario tener conto che per  $DR < 70\%$  la densità ricavata dal grafico risulta tendenzialmente più alta del valore reale, mentre per bassi valori di pressione efficace  $\sigma'_{vo} < 5$  kPa la densità relativa ricavata dal grafico risulta tendenzialmente troppo alta.

Disponendo del valore normalizzato di NSPT  $[(N1)_{60}]$  la migliore correlazione tra resistenza alla penetrazione e densità relativa, risulta quella proposta da Terzaghi e Peck (1948).

Di seguito vengono indicati i valori di Densità Relativa secondo Gibbs-Holtz (valori in percentuale) e Terzaghi-Peck (valori qualitativi):



Relazione fra  $N_{SPT}$  e densità relativa ( $D_R$ ) delle sabbie.  
(Gibbs e Holtz, 1957)

DR %

0 15 35 50 65 85  
100

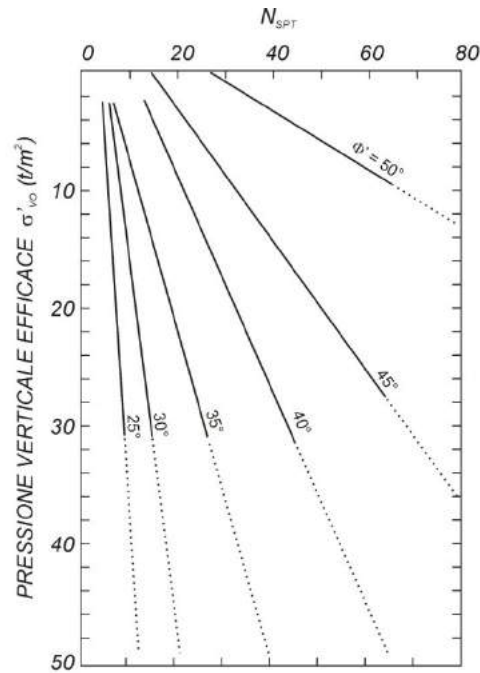
| Molto sciolta | Sciolta | Media | Addensata | Molto addensata |
|---------------|---------|-------|-----------|-----------------|
| 0             | 3       | 8     | 15        | 25              |
| 58            |         |       |           | 42              |
| $(N1)_{60}$   |         |       |           |                 |

Ai valori ottenuti è necessario apportare una riduzione di 55/60 nel caso di sabbie fini ed un incremento di 65/60 nel caso di sabbie grossolane.

- Angolo di attrito efficace ( $\Phi'$ )

La correlazione proposta da De Mello (1971) consente la valutazione dell'angolo di attrito  $\Phi'$  in base al valore di NSPT e dello sforzo efficace  $\sigma'_{vo}$ , presentando le stesse condizioni di validità della relazione proposta per la DR da Gibbs e Holtz.

Per bassi valori dello sforzo verticale efficace ( $\sigma'_{vo} < 10$  kPa) l'angolo di attrito risulta sopravvalutato, così come per valori di  $\Phi' > 38^\circ$ .



Relazione fra angolo di attrito ( $\Phi'$ ) delle sabbie e valori di NSPT, tenendo conto dell'influenza del peso del terreno sovrastante ( $\sigma'_{vo}$ )  
(De Mello, 1971)

Di seguito viene riportata la correlazione proposta da Peck-Hanson-Thorburn (1953-'74):

| NSPT | $\Phi'$ | NSPT | $\Phi'$ |
|------|---------|------|---------|
| 5    | 28°     | 55   | 41,8°   |
| 10   | 30°     | 60   | 42,5°   |
| 15   | 31,5°   | 65   | 43,3°   |
| 20   | 33°     | 70   | 44°     |
| 25   | 34,5°   | 75   | 44,3°   |
| 30   | 36°     | 80   | 44,5°   |
| 35   | 37,3°   | 85   | 44,8°   |
| 40   | 38,5°   | 90   | 45°     |
| 45   | 39,8°   | 95   | 45°     |
| 50   | 41°     | 100  | 45°     |

- Modulo elastico (E)

E' possibile utilizzare la formula proposta da Schmertmann (1970) per le sabbie in cui:

$$E = 8 \cdot N$$

- Modulo di compressibilità edometrica

Confronti tra il NSPT ed il modulo di compressibilità  $E_{ed}=1/m_v$ , sono stati condotti da Shultze e Menzenbach su numerosi provini di varia granulometria.

Essi hanno dato come risultato la seguente espressione:

$$E_{ed} = C_1 + (C_2 \cdot N_{SPT}) \pm S_E$$

dove C1 e C2 sono costanti che dipendono dal materiale ed  $sE$  è la deviazione standard.

### - Stress ratio ( $\tau/\sigma$ )

Rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  (tau) e la tensione verticale di consolidazione  $\sigma$  (sigma) per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie ed è stato definito da Seed ed al. (1985) come:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d$$

dove:

$a_{max}$  = accelerazione massima al piano campagna.

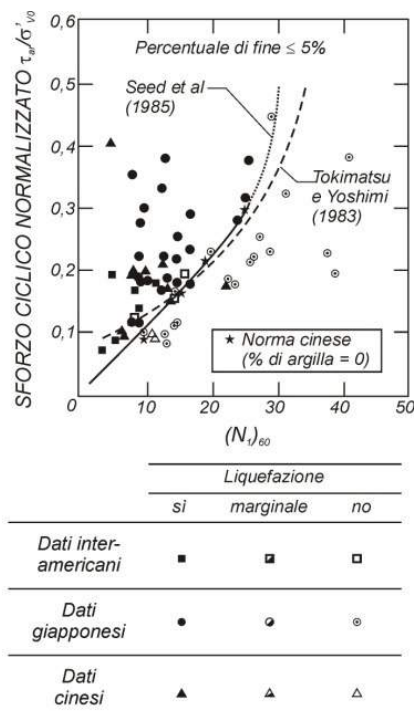
$\sigma_{vo}$  = pressione verticale totale agente alla profondità considerata.

$\sigma'_{vo}$  = pressione verticale efficace agente alla profondità considerata.

$r_d$  = fattore dello sforzo che decresce dal valore di 1 al piano campagna al valore di 0,9 a 10 m di profondità.

In figura è illustrata la relazione fra lo sforzo ciclico ed il valore NSPT normalizzato, basata su siti sabbiosi con percentuale di fine  $\leq 5\%$ , che hanno mostrato fenomeni di liquefazione a seguito di terremoti di magnitudo dell'ordine di 7,5.

Le linee piene e quella tratteggiata indicano il limite di separazione fra i terreni liquefacibili e non liquefacibili, rispettivamente proposte da Seed ed al. (1985) e Tokimatsu e Yoshimi (1983).



Stima della potenzialità alla liquefazione delle sabbie in base al valore  $N_{SPT}$  normalizzato  $[(N_1)_{60}]$   
(Seed e al. 1985; Tokimatsu e Yoshimi, 1983)

### 4.3 ANALISI DEI DATI GEOGNOSTICI

Sono state realizzate due prove penetrometriche che hanno raggiunto la profondità massima di 3,30 metri. In allegato si propongono gli istogrammi e l'interpretazione delle prove

Di seguito, si riassumono i risultati “interpretati” dalla verticale effettuata:

#### Prova 1

- da 0 a 1,5 m da p.c.: limo sabbioso sciolto;
- da 1,5 a 2,7 m da p.c.: ghiaia sabbiosa mediamente addensata;
- da 2,7 a 3,0 m da p.c.: ghiaia sabbiosa molto addensata (rifiuto).

#### Prova 2

- da 0 a 1,2 m da p.c.: limo sabbioso sciolto;
- da 1,2 a 3,0 m da p.c.: ghiaia sabbiosa mediamente addensata;
- da 3,0 a 3,3 m da p.c.: ghiaia sabbiosa molto addensata (rifiuto).

Non è stata rilevata la presenza della falda.



Sulla base delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile creare un modello geologico del terreno che prevede un primo livello di riporto con spessore di circa 0,50 m al di sotto del quale si riconosce un livello di limo sabbioso che termina a circa 1,0 m da piano

campagna dove si trova un livello di materiale grossolano mediamente addensato che si estende almeno fino a 3,30 metri dal piano campagna, massima profondità indagata.

Dalla modellazione geologica descritta, che ha permesso di individuare la tipologia di depositi presenti, si è potuta determinare la parametrizzazione geotecnica del terreno e valutarne le caratteristiche. Per tale motivo facendo riferimento all'indagine eseguita, sono stati ricavati alcuni parametri del terreno, che vengono di seguito elencati: si tratta della densità relativa, dell'angolo di attrito efficace, del peso di volume secco e del valore medio degli NSPT rilevati.

| MATERIALE                 | DR     | $\Phi'$<br>[°] | $\gamma_d$<br>[t/mc] | $N_{SPT}$ |
|---------------------------|--------|----------------|----------------------|-----------|
| Limo sabbioso sciolto     | 15÷28% | 28,3÷29,4°     | 1,39÷1,46            | 4÷8       |
| Ghiaia sabbiosa med. add. | 78÷82% | 39,2÷40,4°     | 1,79÷1,82            | 43÷47     |

In conformità alla normativa vigente, devono essere definiti i valori “caratteristici” dei parametri geotecnici: con tale termine si intende “*quel valore a cui è fissata la probabilità di non superamento e rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori*”.

Disponendo invece di un numero di misure inferiore a 5, si adotta la seguente formula:

$$x_k = x_m - 1,645 \cdot \sigma_x$$

- $x_m$ : valore medio;
- 1,645: costante relativa alla distribuzione normale;
- $\sigma_x$ : deviazione standard;
- COV: coefficiente di variazione (da fonti bibliografiche, pari a 5 per il primo livello e 9 per il secondo).

A seguito delle elaborazioni sviluppate, nella tabella seguente viene riassunta la parametrizzazione geotecnica che sarà utilizzata nelle successive elaborazioni geotecniche. Per quanto concerne il peso di volume si ritiene più adeguato utilizzare un valore naturale, equivalente ad un peso parzialmente saturo in assenza di falda.

| MATERIALE                 | $\Phi_K$<br>[°] | $\gamma_N$<br>[t/mc] | $c$<br>[kg/cmq] |
|---------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Limo sabbioso sciolto     | 26,5°           | 1,7                  | 0               |
| Ghiaia sabbiosa med. add. | 33,9°           | 1,8                  | 0               |

Si precisa come la parametrizzazione determinata in modo statistico risulta congruente con le caratteristiche dei depositi presenti.

## 5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Al termine del presente lavoro è possibile evidenziare quanto segue:

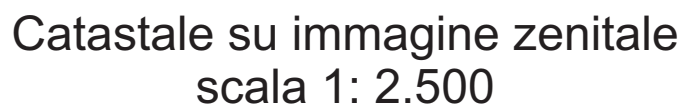
- dal punto di vista geologico l'area insiste sui depositi in facies glaciali dell'alloformazione di Sumirago;
- dal punto di vista morfologico l'area risulta sub pianeggiante;
- la carta idrogeologica del vigente PRGC segnala la presenza della falda a circa 50 m dal piano campagna, è possibile la presenza di falde sospese;
- sono state eseguite 2 prove penetrometriche che hanno raggiunto la profondità massima di 3,3 m da piano campagna;
- sono stati eseguiti due pozzetti stratigrafici della profondità massima di 1,70 m;
- all'interno dei pozzetti sono state effettuate 6 prove di permeabilità in sito che hanno fornito un valore di permeabilità del terreno pari a  $1,74 \times 10^{-3}$  cm/s;
- il modello geologico del terreno prevede un primo livello di riporto con spessore di circa 0,50 m al di sotto del quale si riconosce un livello di limo sabbioso che termina a circa 1,0 m da piano campagna dove si trova un livello di materiale grossolano mediamente addensato che si estende almeno fino a 3,30 metri dal piano campagna, massima profondità indagata;
- sono stati calcolati i parametri geotecnici caratteristici e sono riassunti nella tabella sottostante:

| MATERIALE                 | $\Phi_K$<br>[°] | $\gamma_N$<br>[t/mc] | c<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] |
|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| Limo sabbioso sciolto     | 26,5°           | 1,7                  | 0                          |
| Ghiaia sabbiosa med. add. | 33,9°           | 1,8                  | 0                          |

- Da ultimo si propone in allegato una sezione geotecnica interpretativa del sottosuolo investigato

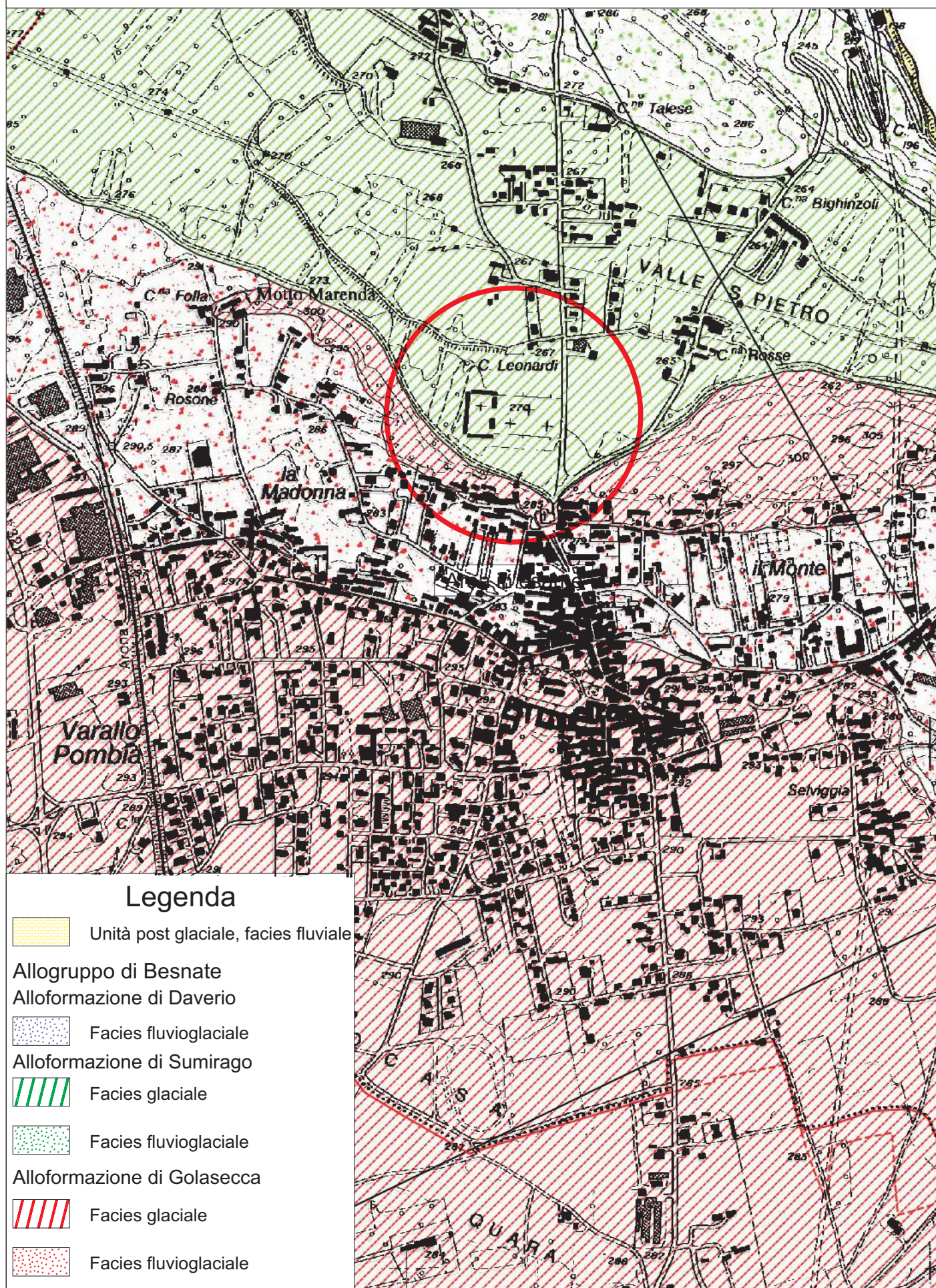
## DOCUMENTAZIONE TECNICA

**Estratto BDTRE 094120 "Varallo Pombia"**  
**scala 1 : 5.000**



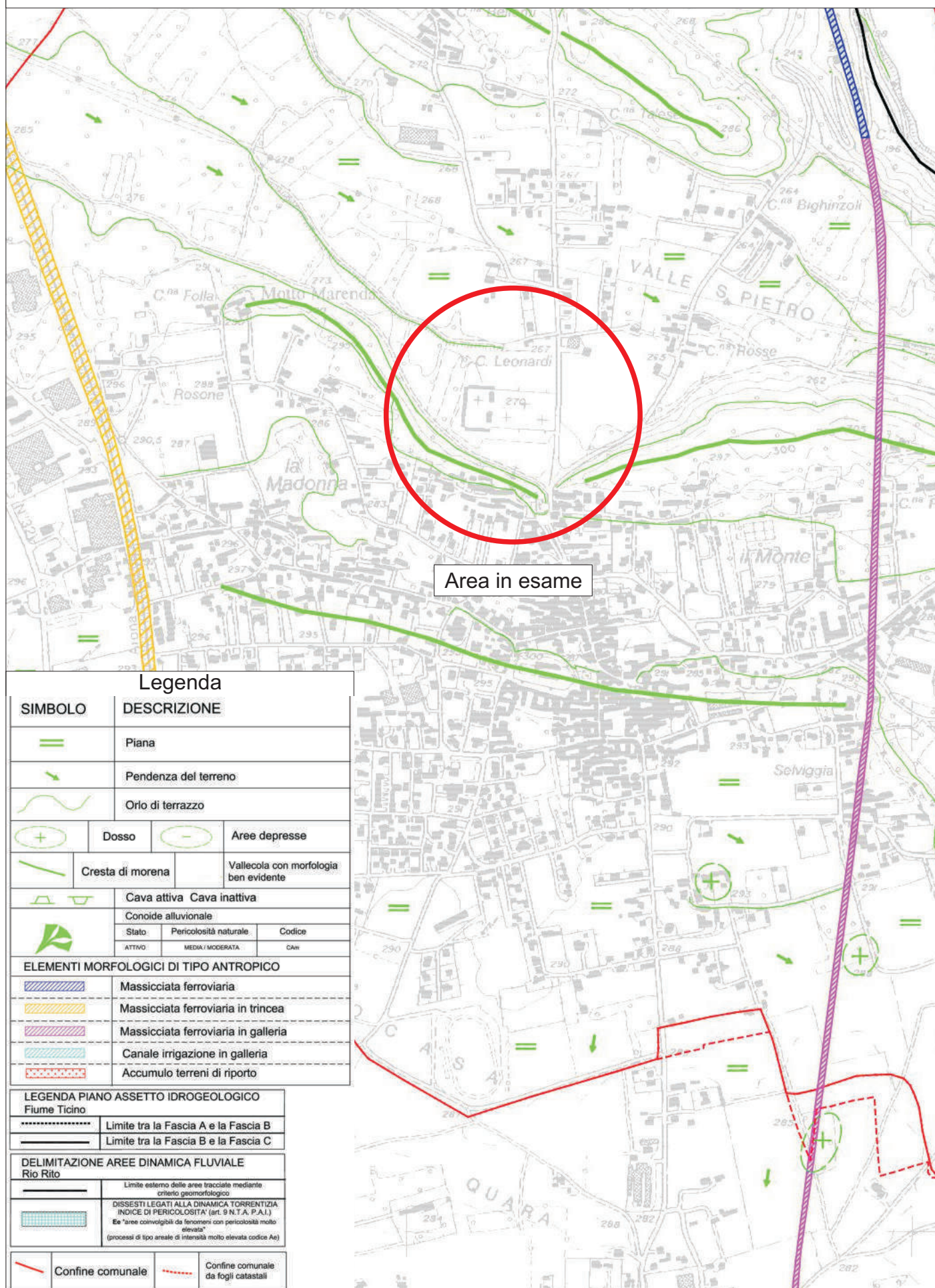
# Estratto della carta geologica strutturale e della caratterizzazione geotecnica dei terreni del PRGC vigente

scala 1 : 10.000



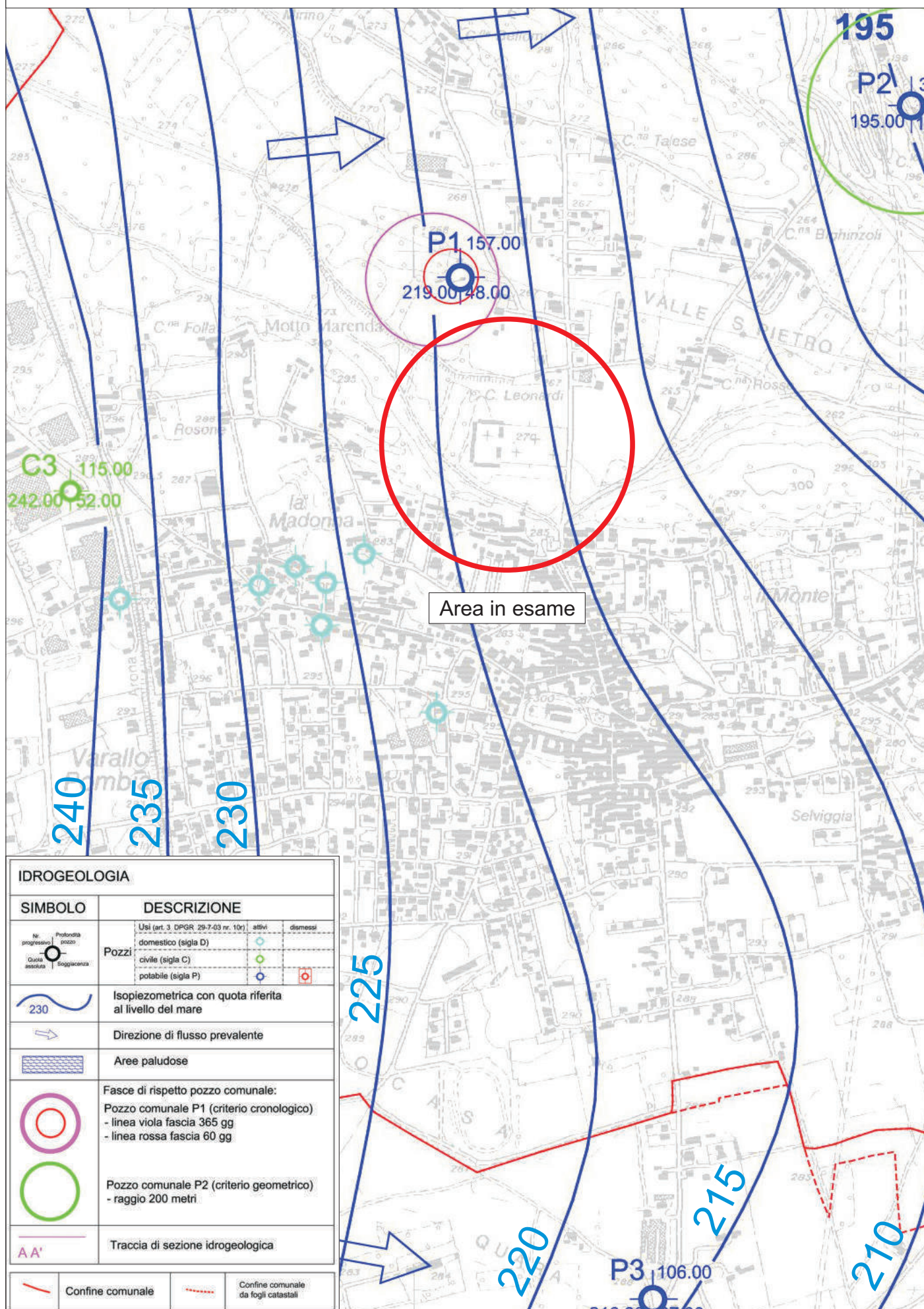
# Estratto della carta geomorfologica e dei dissesti del PRGC vigente

scala 1 : 10.000



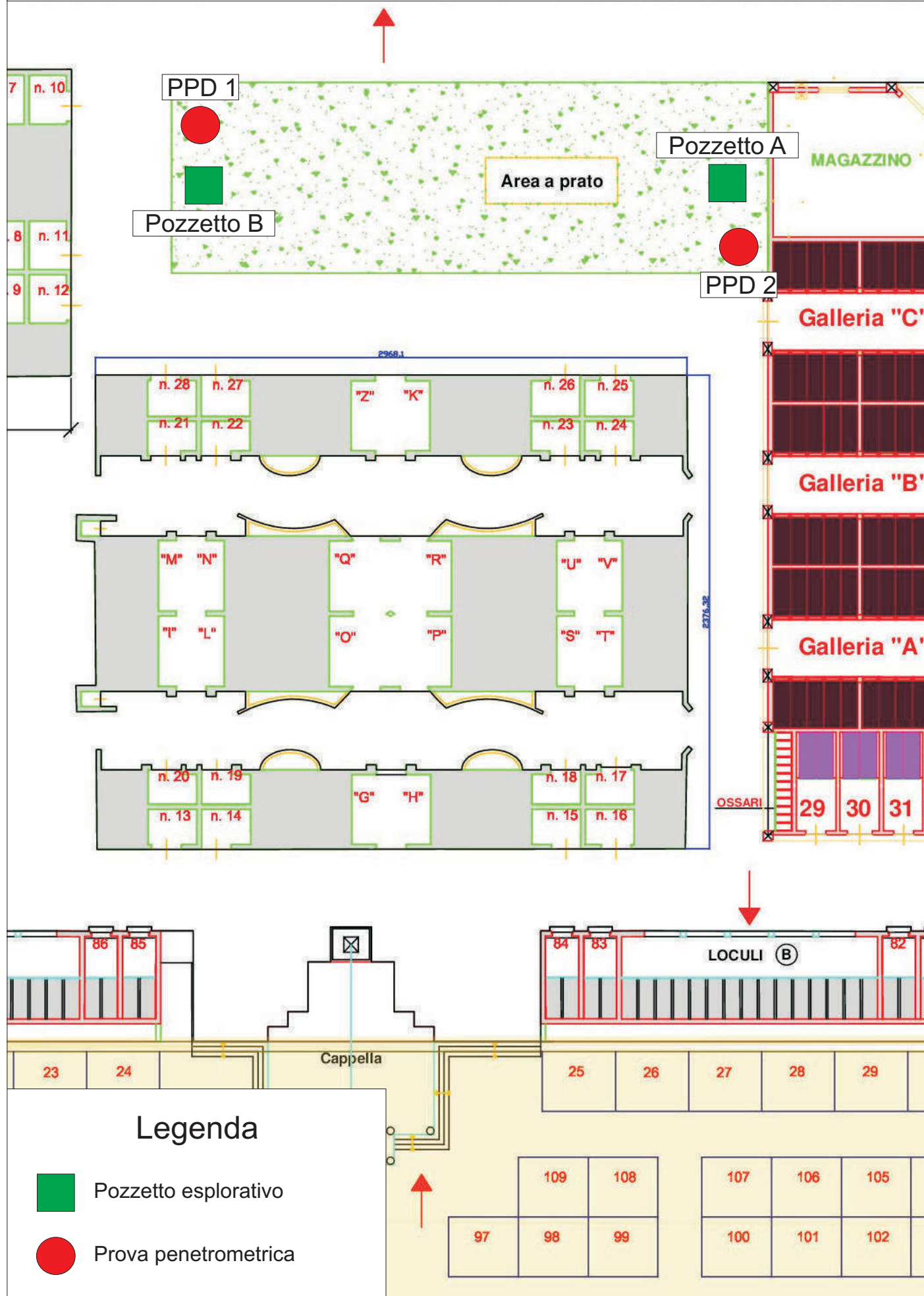
# Estratto della carta idrogeologica del PRGC vigente

scala 1 : 10.000



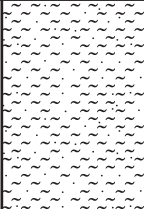
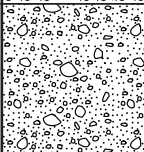
# Ubicazione delle indagini geognostiche

scala 1 : 200



| <div> <div>COMUNE DI VARALLO POMBIA</div> <div>Cantiere cimitero</div> </div>                                |          |                   |                                                                                                  |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Pozzetto A                                                                                                   |          | profondità m 1,50 |                                                                                                  | quota falda //      |
| profond.<br>metri                                                                                            | stratig. | camp.             | descrizione                                                                                      | CAMPIONI DI TERRENO |
| <div> <div></div> <div>0,50</div> <div></div> <div>0,90</div> <div></div> <div>1,50</div> <div></div> </div> |          |                   | Riporto di terreno agrario limoso con ciottoli, ghiaia e laterizi.                               |                     |
|                                                                                                              |          |                   | Limo debolmente sabbioso di colore marrone scuro.                                                |                     |
|                                                                                                              |          |                   | Ghiaia e ciottoli poligenetici in matrice sabbiosa; diametro massimo 15 cm, diametro medio 5 cm. |                     |
|                                                                                                              |          |                   |                                                                                                  |                     |



| <div> <div>COMUNE DI VARALLO POMBIA</div> <div>Cantiere cimitero</div> </div>                                |                                                                                     |                   |                                                                                                  |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Pozzetto B                                                                                                   |                                                                                     | profondità m 1,70 |                                                                                                  | quota falda //      |
| profond.<br>metri                                                                                            | stratig.                                                                            | camp.             | descrizione                                                                                      | CAMPIONI DI TERRENO |
| <div> <div></div> <div>0,50</div> <div></div> <div>1,20</div> <div></div> <div>1,70</div> <div></div> </div> |    |                   | Riporto di terreno agrario limoso con ciottoli, ghiaia e laterizi.                               |                     |
|                                                                                                              |   |                   | Limo debolmente sabbioso di colore marrone scuro.                                                |                     |
|                                                                                                              |  |                   | Ghiaia e ciottoli poligenetici in matrice sabbiosa; diametro massimo 15 cm, diametro medio 5 cm. |                     |
|                                                                                                              |                                                                                     |                   |                                                                                                  |                     |



**PROVA DI PERMEABILITA' IN SITO**  
**METODO DEL CARICO VARIABILE**

Committente: Comune di Varallo Pombia  
Località: Varallo Pombia  
Cantiere: Cimitero - Pozzetto A  
Data: 07/04/2022

FORO CIRCOLARE:

Diametro cm:

Altezza cm:

$$K = \frac{d}{32} \cdot \frac{h1 - h2}{t2 - t1} \cdot \frac{1}{hm}$$

| DATI DELLA PROVA                 | Prova 1         | Prova 2         | Prova 3         |  |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| h1 [cm] = Altezza iniziale acqua | 8.00            | 11.00           | 13.00           |  |
| h2 [cm] = Altezza finale acqua   | 2.00            | 6.00            | 7.00            |  |
| hm [cm] = Altezza media acqua    | 5.00            | 8.50            | 10.00           |  |
| t1 [sec] = tempo iniziale        | 0               | 0               | 0               |  |
| t2 [sec] = tempo finale          | 180             | 180             | 180             |  |
|                                  |                 |                 |                 |  |
| <b>K [cm/sec]</b>                | <b>3.54E-03</b> | <b>1.74E-03</b> | <b>1.77E-03</b> |  |

## PROVA DI PERMEABILITA' IN SITO

### METODO DEL CARICO VARIABILE

Committente: Comune di Varallo Pombia  
 Località: Varallo Pombia  
 Cantiere: Cimitero - Pozzetto B  
 Data: 07/04/2022

FORO CIRCOLARE:

Diametro cm:

Altezza cm:

$$K = \frac{d}{32} \cdot \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{hm}$$

| DATI DELLA PROVA                 | Prova 1         | Prova 2         | Prova 3         |  |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| h1 [cm] = Altezza iniziale acqua | 5.00            | 14.00           | 10.00           |  |
| h2 [cm] = Altezza finale acqua   | 1.00            | 4.20            | 4.00            |  |
| hm [cm] = Altezza media acqua    | 3.00            | 9.10            | 7.00            |  |
| t1 [sec] = tempo iniziale        | 0               | 0               | 0               |  |
| t2 [sec] = tempo finale          | 60              | 120             | 120             |  |
|                                  |                 |                 |                 |  |
| <b>K [cm/sec]</b>                | <b>2.08E-02</b> | <b>8.41E-03</b> | <b>6.70E-03</b> |  |

# CARATTERISTICHE DI PERMEABILITA' DEI TERRENI

Coefficiente di permeabilità  $k$  in cm/sec (scala logaritmica)

|                                      |                                                                                                                                                                   | 10 <sup>2</sup>                                                                                            | 10 <sup>1</sup>                                                                                                                            | 1                                                                                          | 10 <sup>-1</sup>                                                                                          | 10 <sup>-2</sup> | 10 <sup>-3</sup>   | 10 <sup>-4</sup> | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-6</sup> | 10 <sup>-7</sup> | 10 <sup>-8</sup> | 10 <sup>-9</sup> |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Permeabilità                         | Buona                                                                                                                                                             |                                                                                                            |                                                                                                                                            |                                                                                            | Scarsa                                                                                                    |                  | Praticamente nulla |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| Tipo di terreno                      | Ghiaia pulita                                                                                                                                                     | Sabbie pulite; mescolanze di sabbia pulita e ghiaia                                                        | Sabbie molto fini; limi organici e inorganici; mescolanze di sabbia, limo e argilla; till glaciali, depositi stratificati di argilla, ecc. |                                                                                            | Terreni "impermeabili", cioè argille omogenee al di sotto della zona influenzata dagli agenti atmosferici |                  |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|                                      |                                                                                                                                                                   |                                                                                                            | Terreni "impermeabili" modificati dell'azione della vegetazione e degli agenti atmosferici                                                 |                                                                                            |                                                                                                           |                  |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| Determinazione diretta di <i>k</i>   | Prova diretta sul terreno in sito mediante pompaggio, i cui risultati sono attendibili solo se propriamente eseguita. E' necessaria una considerevole esperienza. |                                                                                                            |                                                                                                                                            |                                                                                            |                                                                                                           |                  |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|                                      | Prova mediante parametro a carico costante. Non è necessaria una notevole esperienza.                                                                             |                                                                                                            |                                                                                                                                            |                                                                                            |                                                                                                           |                  |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| Determinazione indiretta di <i>k</i> |                                                                                                                                                                   | Permeometro a carico variabile. Attendibile. Non è necessaria notevole esperienza                          | Permeometro a carico variabile. Non attendibile. E' necessaria notevole esperienza                                                         | Permeometro a carico variabile. Abbastanza attendibile. E' necessaria notevole esperienza. |                                                                                                           |                  |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|                                      | Calcolo in base alla distribuzione granulometrica, applicabile solo a ghiaie e sabbie pulite e incoerenti                                                         | Calcolo in base ai risultati delle prove di consolidazione. Attendibile. E' necessaria notevole esperienza |                                                                                                                                            |                                                                                            |                                                                                                           |                  |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**DIN****1**

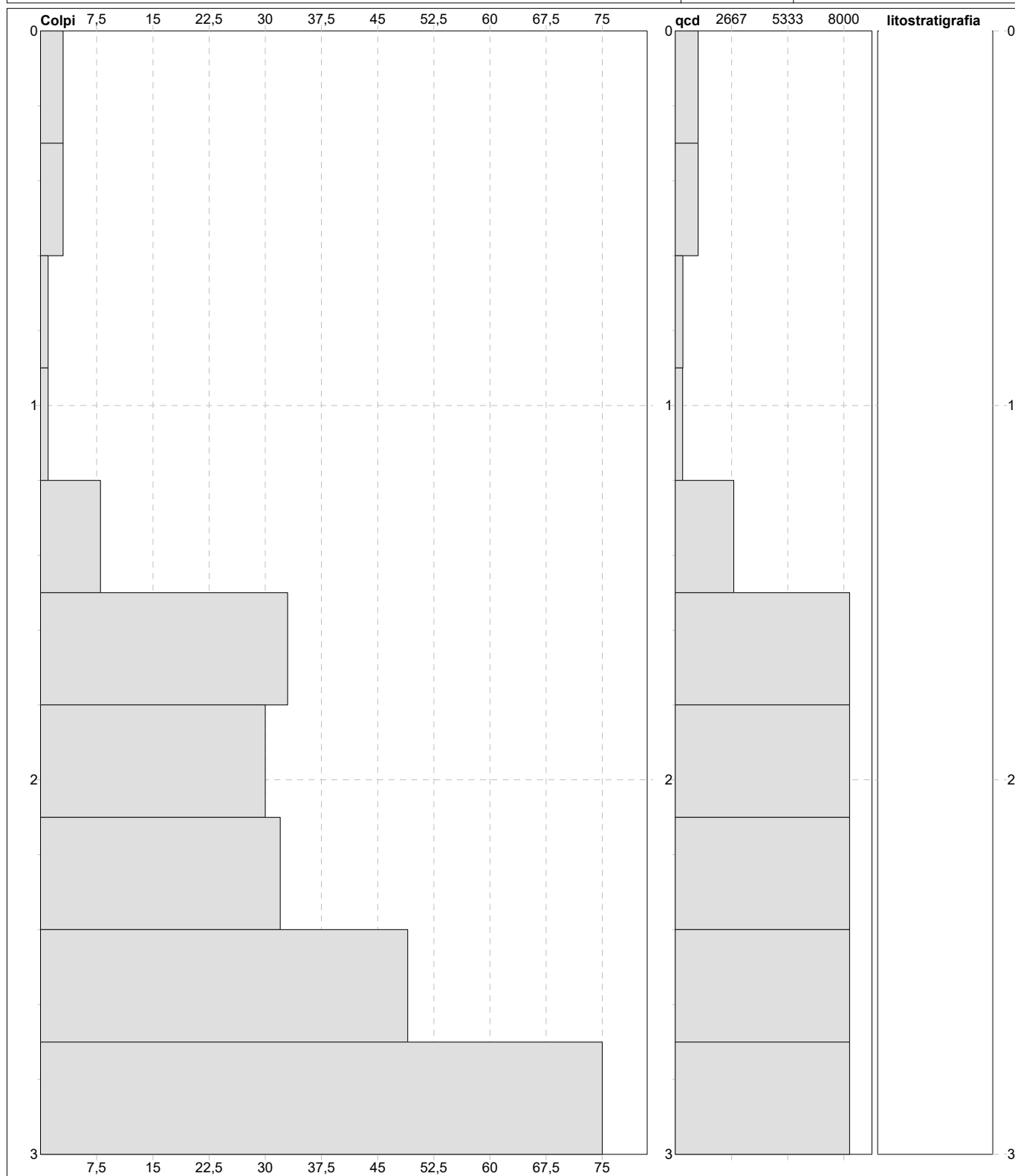
Riferimento

**011-2022**

Committente **Amm. Comunale**  
 Cantiere **Cimitero**  
 Località **Varallo Pombia**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:15**  
 Pagina **1**  
 Elaborato

Data esec. **15/04/2022**  
 Quota inizio : **Piano Campagna**  
 Falda **Non rilevata**



**Penetrometro:** TG63-100  
 63,50 kg  
 75,00 m  
 0,30 m

sist.litologico: Personalizzata  
 Responsabile::  
 Assistente::

preforo m  
 Corr.astine: : kg/ml  
 Cod.ISTAT: 0

|                                                                        |             |                 |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| <b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b><br><b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b> | <b>DIN</b>  | <b>1</b>        |
|                                                                        | Riferimento | <b>011-2022</b> |
|                                                                        |             |                 |

|             |                       |           |               |            |              |
|-------------|-----------------------|-----------|---------------|------------|--------------|
| Committente | <b>Amm. Comunale</b>  | U.M.:     | <b>kg/cm²</b> | Data esec. | 15/04/2022   |
| Cantiere    | <b>Cimitero</b>       | Pagina    | 1             |            |              |
| Località    | <b>Varallo Pombia</b> | Elaborato |               | Falda      | Non rilevata |

**PARAMETRI GENERALI**

| n° | profondità<br>m | statistica | VCA<br>colpi | β<br>- | Nspt<br>colpi | qcd<br>kg/cm² | qc<br>kg/cm² | Vs<br>m/sec | G<br>kg/cm² | Q<br>kg/cm² | natura      | descrizione               |
|----|-----------------|------------|--------------|--------|---------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|
| 1  | 0,00 : 1,50     | Media      | 3            | 1,20   | 4             | 1127          | 1036         | 90          | 36          | 56,37       | Coes./Gran. | Limo sabbioso sciolto     |
| 2  | 1,50 : 2,70     | Media      | 36           | 1,20   | 43            | 12146         | 10842        | 180         | 243         | 607,31      | Coes./Gran. | Ghiaia sabbiosa med. add. |
| 3  | 2,70 : 3,00     | Media      | 75           | 1,20   | 90            | 24257         | 22588        | 217         | 439         | 1212,86     | Coes./Gran. | Prova a rifiuto           |

|  |                       |                         |
|--|-----------------------|-------------------------|
|  | <b>NATURA COESIVA</b> | <b>NATURA GRANULARE</b> |
|--|-----------------------|-------------------------|

| n° | profondità<br>m | Nspt<br>colpi | Cu<br>kg/cm² | Ysat<br>t/m³ | W<br>% | e<br>- | Mo<br>kg/cm² | Dr<br>% | ø<br>° | E'<br>kg/cm² | Ysat<br>t/m³ | Yd<br>t/m³ | Mo<br>kg/cm² | Liq.<br>- |
|----|-----------------|---------------|--------------|--------------|--------|--------|--------------|---------|--------|--------------|--------------|------------|--------------|-----------|
| 1  | 0,00 : 1,50     | 4             | 0,25         | 1,80         | 41,67  | 1,13   | 30           | 15      | 28     | 222          | 1,87         | 1,39       | 116          | - - -     |
| 2  | 1,50 : 2,70     | 43            | 2,69         | 2,10         | 20,20  | 0,55   | 116          | 78      | 39     | 523          | 2,11         | 1,79       | 488          | - - -     |
| 3  | 2,70 : 3,00     | 90            | 5,63         | 2,10         | 20,20  | 0,55   | 211          | 100     | 52     | 885          | 2,24         | 1,99       | 889          | - - -     |

|                                                                                      |             |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| <b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b><br><b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b> | <b>DIN</b>  | <b>2</b>        |
|                                                                                      | Riferimento | <b>011-2022</b> |
|                                                                                      |             |                 |

|             |                       |           |               |            |              |
|-------------|-----------------------|-----------|---------------|------------|--------------|
| Committente | <b>Amm. Comunale</b>  | U.M.:     | <b>kg/cm²</b> | Data esec. | 15/04/2022   |
| Cantiere    | <b>Cimitero</b>       | Pagina    | 1             |            |              |
| Località    | <b>Varallo Pombia</b> | Elaborato |               | Falda      | Non rilevata |

| H<br>m      | asta<br>n° | punta<br>colpi | riv<br>colpi | qcd<br>kg/cm² | H<br>m | asta<br>n° | punta<br>colpi | riv<br>colpi | qcd<br>kg/cm² |
|-------------|------------|----------------|--------------|---------------|--------|------------|----------------|--------------|---------------|
| 0,30        | 1          | 4              |              | 1438,3        |        |            |                |              |               |
| 0,60        | 1          | 9              |              | 3236,2        |        |            |                |              |               |
| 0,90        | 1          | 4              |              | 1438,3        |        |            |                |              |               |
| 1,20        | 2          | 11             |              | 3813,3        |        |            |                |              |               |
| 1,50        | 2          | 30             |              | 10399,8       |        |            |                |              |               |
| 1,80        | 3          | 44             |              | 15253,1       |        |            |                |              |               |
| 2,10        | 3          | 25             |              | 8366,0        |        |            |                |              |               |
| 2,40        | 3          | 45             |              | 15058,9       |        |            |                |              |               |
| 2,70        | 4          | 42             |              | 14055,0       |        |            |                |              |               |
| <b>3,00</b> | 4          | 48             |              | 15524,6       |        |            |                |              |               |
| 3,30        | 4          | 75             |              | 24257,1       |        |            |                |              |               |

|                                                       |                                 |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------|
| H = profondità<br>L1 = asta<br>L2 = punta<br>L3 = riv | qcd = Resistenza dinamica punta |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------|

|                                            |  |                     |                                |                 |
|--------------------------------------------|--|---------------------|--------------------------------|-----------------|
| <b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b>       |  |                     | <b>DIN</b>                     | <b>2</b>        |
| <b>DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA</b> |  |                     | Riferimento                    | <b>011-2022</b> |
|                                            |  |                     |                                |                 |
| Committente <b>Amm. Comunale</b>           |  | U.M.: <b>kg/cm²</b> | Data esec. 15/04/2022          |                 |
| Cantiere <b>Cimitero</b>                   |  | Scala: 1:20         |                                |                 |
| Località <b>Varallo Pombia</b>             |  | Pagina 1            | Quota inizio: : Piano Campagna |                 |
|                                            |  | Elaborato           | Falda Non rilevata             |                 |

Colpi

7,51522,53037,54552,56067,575

0

1

2

3

4

7,51522,53037,54552,56067,575

qcd

266753338000

0

1

2

3

4

266753338000

litostratigrafia

0

1

2

3

4

|                      |          |                  |                |              |         |
|----------------------|----------|------------------|----------------|--------------|---------|
| <b>Penetrometro:</b> | TG63-100 | sist.litologico: | Personalizzata | preforo      | m       |
|                      | 63,50 kg | Responsabile::   |                | Corr.astine: | : kg/ml |
|                      | 75,00 m  | Assistente::     |                | Cod.ISTAT:   | 0       |
|                      | 0,30 m   |                  |                |              |         |

|                                                                        |             |                 |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| <b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b><br><b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b> | <b>DIN</b>  | <b>2</b>        |
|                                                                        | Riferimento | <b>011-2022</b> |
|                                                                        |             |                 |

|             |                       |           |               |            |              |
|-------------|-----------------------|-----------|---------------|------------|--------------|
| Committente | <b>Amm. Comunale</b>  | U.M.:     | <b>kg/cm²</b> | Data esec. | 15/04/2022   |
| Cantiere    | <b>Cimitero</b>       | Pagina    | 1             |            |              |
| Località    | <b>Varallo Pombia</b> | Elaborato |               | Falda      | Non rilevata |

**PARAMETRI GENERALI**

| n° | profondità<br>m | statistica | VCA<br>colpi | β<br>- | Nspt<br>colpi | qcd<br>kg/cm² | qc<br>kg/cm² | Vs<br>m/sec | G<br>kg/cm² | Q<br>kg/cm² | natura      | descrizione               |
|----|-----------------|------------|--------------|--------|---------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|
| 1  | 0,00 : 1,20     | Media      | 7            | 1,20   | 8             | 2482          | 2265         | 97          | 63          | 124,08      | Coes./Gran. | Limo sabbioso deb. add.   |
| 2  | 1,20 : 3,00     | Media      | 39           | 1,20   | 47            | 13110         | 11746        | 183         | 261         | 655,48      | Coes./Gran. | Ghiaia sabbiosa med. add. |
| 3  | 3,00 : 3,30     | Media      | 75           | 1,20   | 90            | 24257         | 21831        | 221         | 439         | 1212,86     | Coes./Gran. | Prova a rifiuto           |

|  |                       |                         |
|--|-----------------------|-------------------------|
|  | <b>NATURA COESIVA</b> | <b>NATURA GRANULARE</b> |
|--|-----------------------|-------------------------|

| n° | profondità<br>m | Nspt<br>colpi | Cu<br>kg/cm² | Ysat<br>t/m³ | W<br>% | e<br>- | Mo<br>kg/cm² | Dr<br>% | ø<br>° | E'<br>kg/cm² | Ysat<br>t/m³ | Yd<br>t/m³ | Mo<br>kg/cm² | Liq.<br>- |
|----|-----------------|---------------|--------------|--------------|--------|--------|--------------|---------|--------|--------------|--------------|------------|--------------|-----------|
| 1  | 0,00 : 1,20     | 8             | 0,50         | 1,87         | 34,98  | 0,94   | 41           | 28      | 29     | 253          | 1,91         | 1,46       | 161          | - - -     |
| 2  | 1,20 : 3,00     | 47            | 2,94         | 2,10         | 20,20  | 0,55   | 124          | 82      | 40     | 554          | 2,14         | 1,82       | 522          | - - -     |
| 3  | 3,00 : 3,30     | 90            | 5,63         | 2,10         | 20,20  | 0,55   | 211          | 100     | 52     | 885          | 2,24         | 1,99       | 889          | - - -     |

Sezione geotecnica  
scala orizzontale 1:200  
scala verticale 1:25

