

Regione Piemonte
Provincia del V.C.O.



COMUNE DI ARIZZANO

REALIZZAZIONE NUOVI PARCHEGGI PUBBLICI IN LOCALITA' GROPPALLO – VIA CASTELLO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA (D.M. 17-01-2018 ed N.T.A. del P.R.G.)

Committente: Comune di Arizzano
Corso Roma, 1 28811 Arizzano (VB)

Mergozzo, novembre 2019

Dott. Geol. Francesco D'Elia

SOMMARIO

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	1
RELAZIONE GEOLOGICA	3
2. BREVE INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE	4
3. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA LOCALE	6
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO	8
4.1. Prova penetrometrica: generalità sulla metodologia di prospezione utilizzata	8
4.2. Interpretazione dei dati penetrometrici	10
5. CARATTERISTICHE LITO-STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE	11
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	13
RELAZIONE GEOTECNICA	16
7. CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE	17
7.1 Capacità Portante: Stati Limite	17
7.2 Descrizione del metodo di calcolo	18
8. COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO IN PROGETTO CON LE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI ED INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA	21

Allegati

- Corografia, in scala 1 : 10.000;
- Estratto della Carta Geomorfologica del vigente P.R.G., in scala 1 : 4000;
- Planimetria di Progetto Parcheggio 1, in scala 1 : 100, con ubicazione Prove penetrometriche e tracce di sezione;
- Istogrammi penetrometrici con riprese fotografiche;
- Sezioni schematiche Parcheggio 1, rese geologiche interpretative, in scala 1 : 100;
- Tabelle di classificazione;
- Documentazione fotografica.

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Il Comune di Arizzano, avendo la necessità di realizzare due nuovi parcheggi pubblici in località Gropallo, Via Castello, in aree censite al N.C.T., rispettivamente, al Fg. n. 3, mappale 626 e Fg. n. 4, mappali 837-288, i cui progetti definitivi sono stati redatti dall'arch. Elio Delmonaco, con Determinazione del Responsabile del Servizio, Dr.sa Paola Marino, n° 205, del 30-10-2019, conferiva incarico allo studio scrivente di eseguire le necessarie indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche e di redigere la prevista Relazione Geologica e Geotecnica, ai sensi del D.M. 17-01-2018, oltre che nel rispetto delle N.T.A. del Piano Regolatore Generale Comunale, il cui quadro del dissesto è adeguato al PAI, allo scopo di verificare la compatibilità tra le previsioni progettuali e le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche delle aree interessate, fornendo, altresì, le indicazioni e prescrizioni tecniche di tipo geologico e geotecnico, a cui assoggettare la realizzazione delle infrastrutture pubbliche.

Si tiene a precisare che si farà riferimento ai dati in possesso dello studio scrivente, raccolti durante gli studi geologici generali a supporto del P.R.G. di Arizzano, dei dati geognostici raccolti nelle indagini svolte a supporto dei progetti di altre infrastrutture pubbliche realizzate nel territorio di Arizzano, nonché ai rilievi specifici di dettaglio ed alle prove in sito svolti nelle aree d'intervento.

Allo scopo di investigare i depositi superficiali su cui saranno impostate le opere di fondazione della scogliera in progetto, nel Parcheggio Pubblico che verrà realizzato nell'area censita al Fg. n. 4, mappale 837 ("Parcheggio 1"), sono state eseguite tre prove penetrometriche, che hanno permesso di investigare la parte superficiale dei depositi glaciali, evidenziando il loro assortimento granulometrico, il loro addensamento e di caratterizzare, dal punto di vista geotecnico, i suddetti materiali.

Invece, nell'area censita al Fg. n. 3, mappale 626 ("Parcheggio 2"), non essendo previste opere di contenimento impegnative, perché sarà un "parcheggio a raso", non sono state eseguite prove in sito, ma solo una dettagliata ricognizione nella suddetta area.

Le presenti brevi note rappresentano la sintesi esplicativa di quanto emerso dalla consultazione degli studi geologici ed idrogeologici pregressi, dai rilievi e dalle prove effettuati in sito e dalle successive elaborazioni e considerazioni e sono state così strutturate:

- breve inquadramento geologico e geomorfologico regionale;
- situazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica locale;
- indagini geognostiche in sito;
- caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni interessati;
- determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione;
- compatibilità degli interventi in progetto con le caratteristiche dei luoghi ed indicazioni per la fase realizzativa.

A corredo della presente Relazione Geologica e Geotecnica vengono forniti i seguenti elaborati grafici:

- Corografia, in scala 1 : 10.000;
- Estratto della Carta Geomorfologica del vigente P.R.G., in scala 1 : 4000;
- Planimetria di Progetto Parcheggio 1, in scala 1 : 100, con ubicazione Prove penetrometriche e tracce di sezione;
- Istogrammi penetrometrici con riprese fotografiche;
- Sezioni schematiche Parcheggio 1, rese geologiche interpretative, in scala 1 : 100;
- Tabelle di classificazione;
- Documentazione fotografica.

RELAZIONE GEOLOGICA

(art. 6.1.2 e 6.2.1. D.M. 17-01-2018)

“CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO”

“Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell’area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell’azione dei diversi agenti morfogenetici.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l’opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto. Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.”

2. BREVE INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE

Le aree in cui verranno realizzati i nuovi parcheggi pubblici sono inserite nella cartografia I.G.M., in scala 1: 25.000 nel Foglio "Verbania" 31 IV NO e nella BDTRE / Carta Tecnica Regionale, in scala 1: 10.000, nelle Sezioni n. 073030 "Cambiasca" (Parcheggio 2) e n. 073040 "Ghiffa" (Parcheggio 1), ricadendo in stretta vicinanza della giunzione tra dette Sezioni; in particolare, le aree in oggetto, le cui esatte ubicazioni sono state evidenziate nella corografia in scala 1 : 10.000 della BDTRE, sono ubicate in via Castello, disposte una sul lato di valle della piattaforma stradale ed una a monte della stessa, all'incirca alla quota di 470 m s.l.m.

Il territorio in esame, che si inserisce nel contesto della zona collinare prospiciente la sponda occidentale del Lago Maggiore, risulta impostato sulle strutture metamorfiche costituenti il basamento cristallino delle Alpi Meridionali o sudalpino; più precisamente, dette aree sono situate in corrispondenza delle unità che formano il complesso strutturale noto in letteratura con il nome di "Serie dei Laghi", comprendente metamorfiti del substrato litico affioranti nelle zone poste a Nord e Nord-Est di Verbania, costituite in prevalenza da micascisti e paragneiss a due miche a grana medio-fine, talora con cristalli di granato, e, in subordine, da rari scisti anfibolitici, nonché da lenti e vene di quarzo di spessore decimetrico, con andamento concorde alla foliazione.

Per quanto attiene all'assetto geologico strutturale del substrato, le superfici di scistosità, avente direzione prevalente NE-SW, evidenziano in queste zone immersioni estremamente variabili, testimoniando l'esistenza di pieghe a larga scala nell'assetto strutturale del substrato, mentre i principali lineamenti tettonici che caratterizzano la zona presentano, rispettivamente, direzione N-S o NNE-SSW (concorde all'originaria incisione della sella di Pian di Nava), e direzione NW-SE.

Nell'ambito del territorio comunale di Arizzano, i micascisti e i paragneiss affiorano in corrispondenza del nucleo del centro storico, nell'alveo ed in parte lungo le sponde del Torrente Val Ballona (fino alla quota di circa 380 m s.l.m.), nonché, localmente, in lembi isolati di minima estensione areale lungo le incisioni dei corsi d'acqua minori (Rii S. Anna, S. Rocco e Bienna).

Per quanto attiene alla morfologia della zona del Verbano, si sottolinea come le suddette strutture metamorfiche siano state interessate, durante il Quaternario, dall'azione di modellamento glaciale; delle diverse fasi di espansione e ritiro (pulsazioni) delle masse glaciali, sono infatti rimaste ampie testimonianze sui rilievi, sia in termini di forme da esarazione, sia attraverso la messa in posto di coltri moreniche e/o fluvioglaciali, deposte in placche di potenza ed estensione variabili.

Più in dettaglio, i versanti occidentale e meridionale del M. Cimolo sono caratterizzati dalla presenza di placche moreniche, di notevole estensione areale: la morfologia che ne consegue, caratterizzata da morbidi pendii ondulati, debolmente acclivi, ha consentito l'insediamento di numerosi nuclei abitati, quali Arizzano, Vignone e Bèe; coltri di materiale eluvio-colluviale, sia pure poco estese, sono diffuse un po' ovunque nel territorio comunale di Arizzano.

Un'ulteriore fase di modellamento del territorio va ricondotta alla dinamica torrentizia, operata in queste zone soprattutto dai Torrenti San Bernardino e San Giovanni; la parte terminale di queste due aste torrentizie è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali, sia terrazzati, che recenti, stabilizzati, subpianeggianti, fortemente antropizzati.

Il drenaggio del versante posto a Nord e Nord-Est di Verbania viene svolto da corsi d'acqua a regime torrentizio, caratterizzati da valori di portata che risentono fortemente del regime pluviometrico e che hanno sovraescavato, tanto il substrato metamorfico, quanto i depositi di copertura, creando profonde gole e terrazzi sospesi; l'idrografia superficiale manifesta, inoltre, un evidente controllo da parte dell'assetto strutturale del substrato, spesso interessato da lineamenti tettonici di tipo fragile, dando vita a bacini imbriferi che evidenziano spesso un pattern idrografico di tipo subdendritico.

Il territorio di Arizzano è drenato dalla profonda incisione del T. Ballona, che determina i confini comunali sui lati Nord-Est ed Est, dal Rio Mulini, defluente nella fascia settentrionale del territorio e dai corsi d'acqua interni (Rii S. Anna, S. Rocco e Bienna), che si originano nelle fasce Nord-occidentali del territorio, lo attraversano in tutta la sua lunghezza, per poi confluire in un unico corso d'acqua al confine con Verbania, tributario di sinistra del T. San Giovanni.

3. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA LOCALE

Le due aree in esame sono ubicate in località Groppallo (settore posto ad Ovest del centro storico di Arizzano), latitanti via Castello, alla quota di circa 470 m s.l.m.

La zona fa parte di un ampio settore modellato dall'azione glaciale, caratterizzato da larghi terrazzi raccordati da brevi pendii; il profilo, naturalmente addolcito dall'esarazione glaciale e dalla presenza di placche di depositi morenici, è stato in parte rimaneggiato sia in epoche passate, con realizzazione di terrazzamenti antropici, sia più recentemente in relazione ai processi di urbanizzazione, con la costruzione di insediamenti residenziali e relative opere di urbanizzazioni.

PARCHEGGIO 1: area censita al Fg. n. 4, mappale 837.

L'area analizzata è impostata ad Ovest del nucleo storico di Arizzano, in una fascia di territorio morfologicamente caratterizzata da una inclinazione media molto bassa, attorno agli 8-10°, digradante dolcemente verso Sud; il pendio collinare ha un assetto morfologico piuttosto uniforme, il cui andamento, che è stato modificato nel passato dall'intervento antropico, è caratterizzato da ampi gradoni sub pianeggianti, raccordati da brevi ripe erbose.

Anche a monte del tracciato stradale, il versante collinare presenta le stesse peculiarità morfologiche di quello posto a valle della via comunale.

Il substrato roccioso, che affiora estesamente in corrispondenza del nucleo storico di Arizzano ed è costituito da micascisti e paragneiss a due miche, talora a granato, a grana medio-fine, immergenti verso Sud-Est, mediamente fratturati e superficialmente alterati, non si rinviene nell'area in esame, in quanto è ricoperto dalle coltri di depositi glaciali di potenza da metrica a plurimetrica.

I depositi glaciali e/o fluvio-glaciali sono essenzialmente costituiti da clasti eterometrici, da centimetrici a decimetrici e talvolta pluridecimetrici, di varia natura litologica, immersi in abbondante matrice sabbiosa, localmente limosa, di colore ocre, passante al colore grigiastro laddove aumenta la frazione limosa e dove tali depositi denotano un maggior grado di addensamento.

Detti depositi glaciali e fluvio-glaciali sono dotati di discreta permeabilità, soprattutto dove prevalgono le frazioni ghiaioso-sabbiose, infatti, in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati, non si formano linee di ruscellamento concentrato, perché le acque di pioggia s'infiltrano piuttosto rapidamente nei depositi di copertura, andando ad impinguare la falda freatica che si instaura in detti materiali; tuttavia è presente una linea di ruscellamento concentrato a circa un centinaio di metri a Nord-Est dell'area in esame, che costituisce la "testata" e/o l'origine dell'impluvio naturale denominato Rio S. Rocco, il cui alveo demaniale inizia a valle di via Roma.

Tale linea di ruscellamento nasce nelle aree subpianeggianti situate nei pressi del confine con il territorio di Bèe, dando origine dapprima ad una modesta incisione a "cielo aperto", quindi segue una lunga tratta confinata in una tombinatura, sviluppantesi dapprima a tergo dell'edificio ex Municipio, indi

segue il tracciato di via Roma, per confluire nel versante collinare sottostante, dove inizia il Rio S. Rocco con alveo demaniale.

Proprio in corrispondenza del vertice Nord-Ovest dell'area prescelta per la realizzazione del parcheggio pubblico, è presente un pozzetto grigliato, deputato a raccogliere le acque meteoriche intercettate dai sedimi stradali di Via Pastore e parte di Via Castello, da cui inizia una tubazione che si sviluppa lungo la linea di massima pendenza, sino alla sottostante Via Roma, dove confluisce nella tombinatura comunale precedentemente descritta; le acque che verranno intercettate dalle nuove superfici impermeabilizzate del parcheggio in progetto potranno essere convogliate nel suddetto pozzetto per essere allontanate dalla tubazione esistente.

In particolare, l'area su cui verrà realizzato il parcheggio pubblico è ribassata di circa 1,50 m rispetto al rilevato stradale di Via castello, il quale è contenuto da un muro in pietrame legato con malta; tale area è caratterizzata da una fascia dolcemente acclive, con lievissima pendenza verso Sud-Ovest ed è contornata, su entrambi i lati, da muri di delimitazione dei confini catastali; invece, sul lato meridionale, detta area prosegue ancora per una trentina di metri ad andamento uniforme a bassissima acclività, sino a raccordarsi alla base di un muro in pietrame cementato di contenimento del terreno confinante, posto ad quota sopraelevata di circa 1.60 m, di pertinenza del fabbricato latitante; tale maggiore altezza del terreno confinante è dovuta ad operazioni di riporto antropico del passato.

L'area d'intervento, in definitiva, è impostata su depositi di copertura, costituiti da materiali glaciali e/o fluvio-glaciali addensati e stabilizzati, rappresentati da matrice di natura sabbioso-ghiaiosa e sabbioso-limosa, di colore ocra, inglobante clasti eterometrici e coperti in superficie da un'esigua coltre di terreno agrario; attualmente, detta area, è tenuta a prato a sfalcio, con talune piante arboree ed arbustive.

PARCHEGGIO 2: area censita al Fg. n. 3, mappale 626.

Il Parcheggio Pubblico 2 di via Castello è situato in un settore di territorio mediano di tale strada, circa 130 m prima della curva verso Nord-Ovest, che via Castello compie per raccordarsi alla S.P. per Premeno.

In questo settore la pendenza del territorio si riduce ulteriormente, tanto da risultare, nelle fasce latitanti la strada comunale, da subpianeggiante a pianeggiante; litologicamente tale area è costituita sempre da depositi glaciali aventi la stessa composizione granulometrica di quelli investigati nell'area del Parcheggio 1.

Nello specifico, l'area individuata per la costruzione del parcheggio pubblico in esame, è data da un appezzamento di terreno, posto in adiacenza della piattaforma stradale sul lato di monte, di forma rettangolare e di ridotte dimensioni.

Tale area, tenuta a prato a sfalcio, è delimitata su tre lati (i due laterali e quello di monte) da cordoli in cls sui quali è stata posata una recinzione plastificata sorretta da paletti metallici, mentre sul lato di valle, a confine del sedime asfaltato di via Castello, si rileva la presenza di vegetazione cespugliosa infestante.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO

Per investigare correttamente sulla natura e sul grado di addensamento dei materiali caratterizzanti l'area prescelta per la realizzazione del Parcheggio 1, allo scopo di attribuire correttamente i parametri geotecnici ai materiali in sito e, quindi, di determinare la capacità portante degli stessi, in modo da fornire un valido supporto al progettista per il dimensionamento delle opere di fondazione, sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche dinamiche, la cui ubicazione è stata evidenziata nell'elaborato planimetrico, in scala 1: 100, proposto in allegato.

4.1. Prova penetrometrica: generalità sulla metodologia di prospezione utilizzata

La prova penetrometrica dinamica (DP) appartiene a quel gruppo di prove in sito (DP, SPT, CPT) dalle quali si ricava un indice di resistenza del terreno attraversato.

Detta prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di una batteria di aste; l'infissione della punta conica avviene per battitura, facendo cadere un maglio di determinato peso M , da determinata altezza H .

Si contano i colpi N_{10} necessari a produrre un determinato affondamento della punta conica; la resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi (N_{DP}) per una data penetrazione.

Il maggior ostacolo alla precisione del metodo deriva dalla difficoltà di isolare la componente della resistenza dovuta all'attrito laterale del terreno lungo la batteria delle aste.

La prova penetrometrica dinamica è principalmente impiegata in terreni granulari dove i risultati possono essere utilizzati per valutare lo spessore di strati teneri e per localizzare livelli resistenti, fattori utili, per esempio, per valutare lunghezza e portata di punta di pali in terreni non coesivi; inoltre, con buona approssimazione, possono essere valutati il tipo di terreno e la presenza di ghiaia.

Dopo un'appropriata taratura, i risultati di prove DP possono essere utilizzati per ottenere indicazioni relative a parametri geotecnici, quali densità relativa, angolo di resistenza al taglio, compressibilità e consistenza.

A causa delle differenze nei modelli dei penetrometri esistenti e nelle modalità esecutive, le correlazioni tra prove penetrometriche dinamiche ed i parametri geotecnici sono meno sviluppate rispetto ad altre prove in sito, risultando dipendenti dalle caratteristiche del penetrometro impiegato; pertanto è fondamentale specificare il tipo di strumento utilizzato nel corso dell'indagine.

L'attrezzatura utilizzata nelle prove è il penetrometro DPM 30 PAGANI Geotechnical Equipment, motorizzato, le cui caratteristiche tecniche vengono riportate nella tabella seguente.

Elemento	Simbologia	Unità misura	DPM 30 PAGANI
Maglio	M	(kg)	30
Caduta	H	(m)	0,2
Peso testa di battuta, asta di guida		(kg)	18
Lunghezza aste		(m)	1
Massa aste		(kg/m)	2,4
Lavoro specifico per colpo	M g H	(Joule)	58,86
Diametro esterno aste		(mm)	20
Diametro interno aste		(mm)	-
Diametro base punta conica		(mm)	35,7
Angolo di apertura cono		(°)	60
Lunghezza complessiva punta		(mm)	41
Penetrazione standard	N ₁₀	(cm)	10 cm
Rivestimento/fango bentonitico		(-)	NO
Diametro eventuali rivestimenti		(mm)	NO
Tipo di prova eseguita			DPB

L'alleggerimento dell'attrito laterale lungo le aste è affidato alla rotazione manuale delle stesse, eseguendo almeno 1,5 giri ogni metro di penetrazione.

I risultati di differenti tipi di prove dinamiche possono essere paragonati tra loro come valori di resistenza dinamica alla punta, q_d ricavabile dalla relazione:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e}$$

essendo:

- q_d = valori della resistenza dinamica alla penetrazione, in MPa,
- M' = massa complessiva di aste, testa di battuta, asta di guida del maglio, in kg,
- e = penetrazione media per colpo, in m,
- A = area sezione trasversale della base della punta conica, in mm²,
- $M g H$ = lavoro specifico per colpo, in joule.

L'interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche è fondata sulla correlazione di N_{DP} con gli indici di resistenza ricavabili da altre prove in sito e sulla utilizzazione delle correlazioni esistenti tra gli indici così ricavati ed i parametri geotecnici dei terreni investigati; in particolare il metodo comunemente utilizzato è quello di risalire da N_{DP} a N_{SPT} (Standard Penetration Test in foro di sondaggio).

In tal caso, per quanto riguarda il penetrometro dinamico da noi utilizzato (Penetrometro Dinamico Medio DPM - 30), di Pagani Geotechnical Equipment, si riporta una serie di correlazioni tra l'indice N_{10} e l'indice N_{SPT} ; in particolare:

Nei terreni prevalentemente coesivi:

$$\frac{N_{10}}{N_{SPT}} \geq 0.7 \div 0.8 ; \text{ per } 8 \leq N_{10} \leq 14 ; \frac{N_{10}}{N_{SPT}} \geq 0.8 \div 1.0 ; \text{ per } 14 \leq N_{10} \leq 18$$

Nei terreni prevalentemente granulari:

$$\frac{N_{10}}{N_{SPT}} \geq 0.95 \div 1.0 ; \text{ per } 8 \leq N_{10} \leq 15; \frac{N_{10}}{N_{SPT}} \geq 1.0 \div 1.2 ; \text{ per } 15 \leq N_{10} \leq 30$$

Pertanto, in base alle correlazioni citate, è lecito ritenere che, in prima approssimazione, l'indice N_{10} sia equivalente all'indice N_{SPT} in foro di sondaggio: $N_{10} \cong N_{SPT}$.

4.2. Interpretazione dei dati penetrometrici

La scelta dei punti in cui ubicare le prove penetrometriche, è stata effettuata in funzione delle opere in progetto, in modo da indagare il sottosuolo, in corrispondenza dei punti in cui la struttura di contenimento (scogliera) in progetto raggiunge altezze significative.

L'ubicazione delle prove è stata evidenziata in un elaborato planimetrico, in scala 1 : 100; inoltre, in allegato vengono proposti gli istogrammi penetrometrici con i valori dell'indice N_{10} misurati in sito.

In particolare tutte le prove, effettuate nell'area d'intervento, hanno evidenziato una sequenza litostratigrafica piuttosto omogenea; infatti in tutte e tre le prove, dopo aver attraversato la coltre di terreno agrario e la parte superficiale dei depositi glaciali, si incontra, a poco più di un metro di profondità, il materiale morenico addensato che, nei primi decimetri, viene attraversato con un numero elevato di colpi, per poi portare a "rifiuto" la penetrazione dinamica della punta conica.

Dall'analisi degli penetrometrici e dalle conoscenze pregresse acquisite sulle caratteristiche geolitologiche delle aree vicine, si possono trarre le seguenti indicazioni riguardo alla sequenza litostratigrafica nell'area d'intervento:

- il livello superficiale (60 – 80 cm di spessore) mostra bassissimi valori di N_{10} (con N si indica il numero di colpi occorrenti per approfondimenti di 10 cm della punta conica), dell'ordine di 1÷5 colpi, dovuti alla presenza di terreno agrario soffice, con elevata componente organica (humus + coltre vegetale);
- al di sotto di questo primo orizzonte, vi è la presenza di depositi glaciali notevolmente consolidati, costituiti da clasti eterometrici, da centimetrici a decimetrici e talvolta pluridecimetrici, di varia natura litologica, immersi in matrice prevalentemente sabbiosa ($N_{10} > 70$ colpi), dello spessore probabile di alcuni metri; il passaggio tra il livello di terreno agrario e quello glaciale mostra valori di N_{10} intermedi, per spessori di 10 – 20 cm, quindi, i depositi glaciali consolidati, portano rapidamente al rifiuto dell'avanzamento della punta conica, con valori di N_{10} superiori a 200 colpi
- al di sotto dei depositi glaciali, ad alcuni metri di profondità dal piano campagna, si trova il substrato roccioso in posto, non rinvenuto con le prove effettuate.

5. CARATTERISTICHE LITO-STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La caratterizzazione lito-stratigrafica dell'area d'intervento è ricostruibile attraverso l'acquisizione di dati tratti dai rilievi in sito e dalle informazioni che, come già riferito in premessa, sono state ricavate da indagini svolte dallo scrivente in aree vicine, nonché dal confronto ed integrazione con i dati raccolti nel corso delle indagini sviluppate a supporto della realizzazione degli elaborati geologici del P.R.G.C. di Arizzano.

Sulla base delle conoscenze pregresse in possesso dello scrivente e delle osservazioni che si sono potute effettuare in sito, si può ipotizzare la seguente successione stratigrafica, relativamente all'area d'intervento:

- dal p.c. fino a circa -0.5 m: orizzonte superficiale costituito da terreno agrario, per nulla addensato, formato da materiale di natura sabbioso-limosa con componente organica, di colore bruno scuro, inglobante numerosi apparati radicali, blocchi eterometrici (fino a pluridecimetrici) spigolosi, frammenti lapidei e materiale di scarto di natura eterogenea;
- al di sotto di questo primo orizzonte e per una profondità massima di pochi metri: presenza di depositi glaciali notevolmente consolidati, costituiti da clasti eterometrici, da centimetrici a decimetrici e talvolta pluridecimetrici, di varia natura litologica, immersi in matrice prevalentemente sabbiosa; tale strato è sede dell'acquifero freatico effimero;
- a profondità maggiori di si rinviene il substrato roccioso di natura metamorfica (gneiss e micascisti).

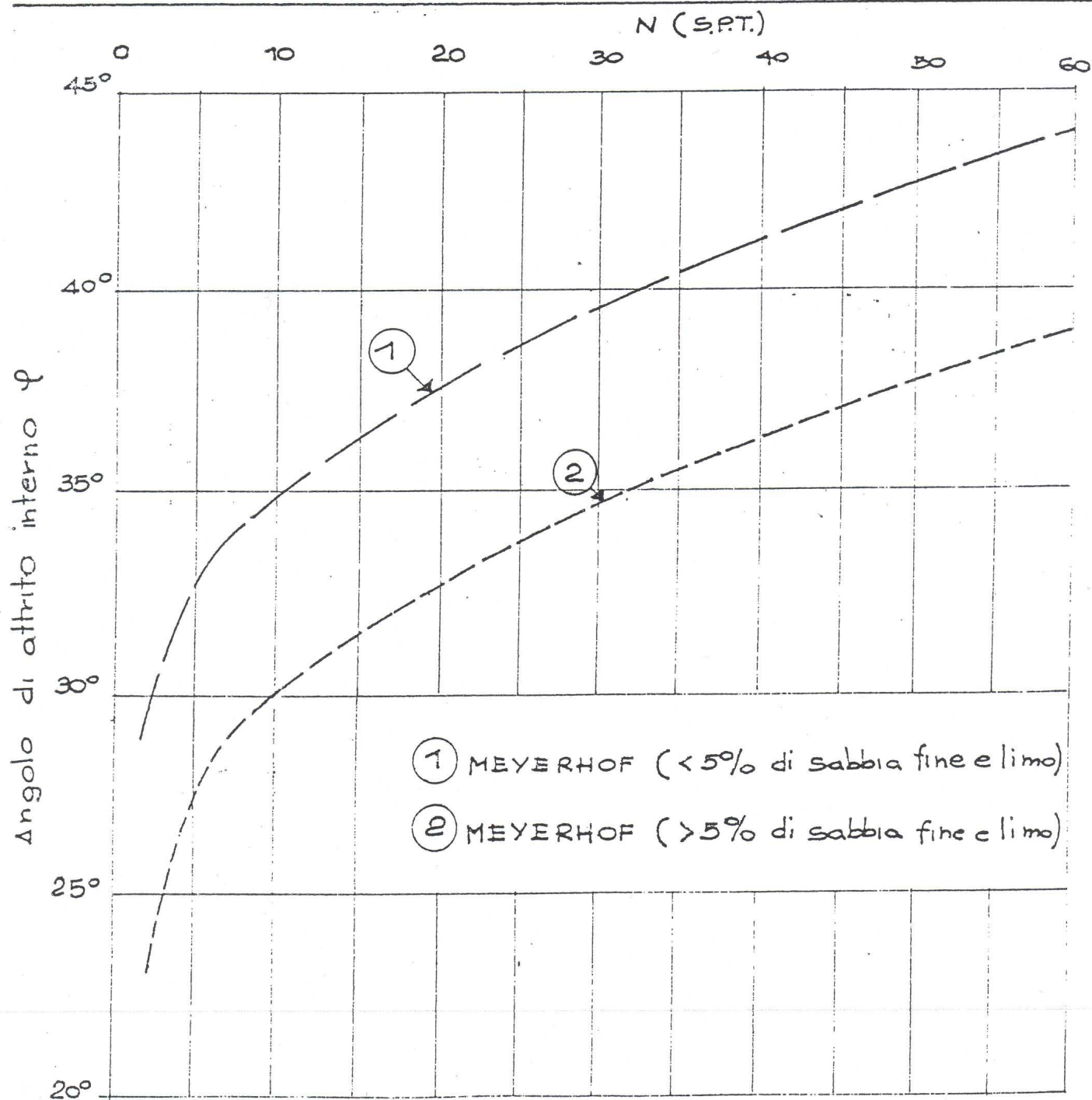
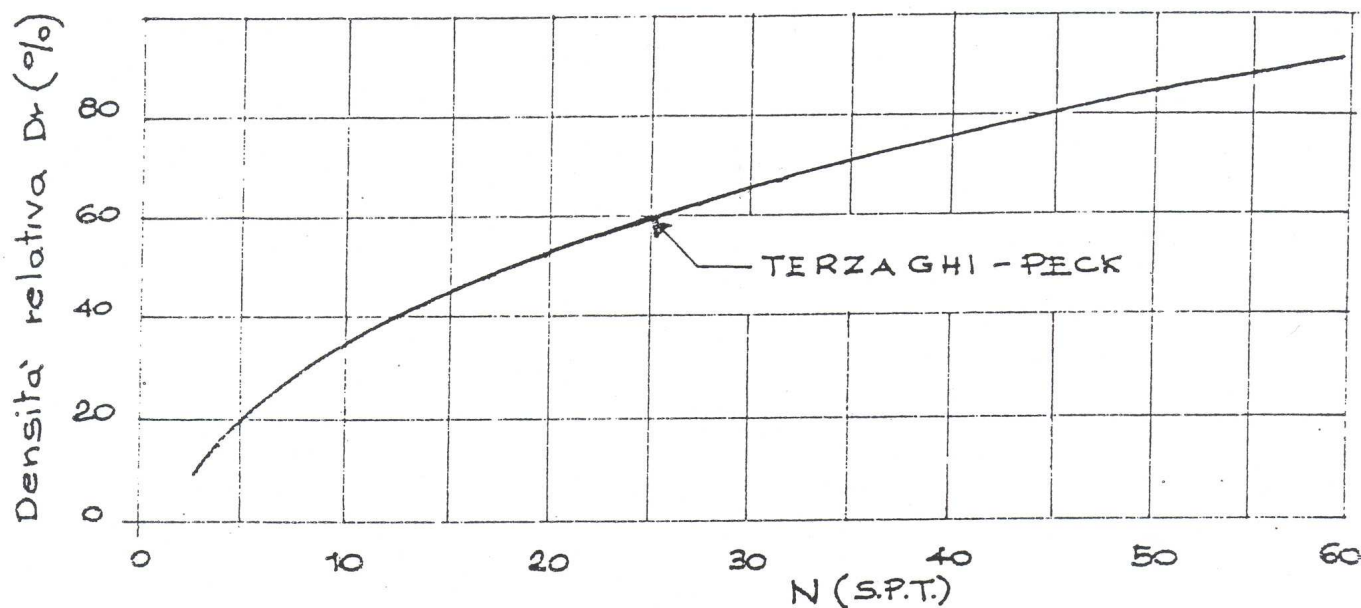
In base alle prove ed alle osservazioni eseguite in sito ed alle conoscenze pregresse acquisite nel corso di precedenti indagini svolte dallo scrivente in aree prossime a quella di intervento, nonché alle informazioni contenute nella “*Carta della Caratterizzazione Litotecnica dei Terreni*” relativa allo Strumento Urbanistico vigente (Tav. 7 – Elab. GEO 8), con riferimento alla tabella “*Valori di ϕ per vari tipi di terreno*” (NAVFAC, 1971), per terreni non coesivi con frazione fine non plastica”, qui di seguito proposta in allegato, assieme alla tabella “*Unified Soil Classification System*”, è stato possibile attribuire i valori dei parametri geotecnici ai depositi di copertura glaciale che, escludendo l'orizzonte superficiale di terreno agrario, costituiranno la tipologia di terreno (depositi glaciali) direttamente coinvolto dall'intervento in progetto.

Per i depositi glaciali si può fare riferimento ai seguenti valori dei parametri geotecnici:

- γ (peso di volume)	= 1.8 t/m ³
- γ_{SAT} (peso di volume saturo)	= 2,1 t/m ³
- γ' (peso di volume sommerso)	= 1,1 t/m ³
- D_r (densità relativa)	= 50 ÷ 60%
- ϕ_{ic} (angolo di attrito interno di picco)	= 32°
- ϕ_{cv} (angolo di attrito interno a volume costante)	= 28°
- c (coesione)	= 0.5 ÷ 1.0 t/m ²

Per quanto riguarda i valori geotecnici caratteristici, a cui fare riferimento, questi possono essere cautelativamente rappresentati da quelli dell'angolo di attrito interno a volume costante ϕ_{cv} , solitamente applicati nel caso di problemi che comportino fenomeni di rottura progressiva, come quelli in esame (spinta passiva, capacità portante delle fondazioni), facendo riferimento a valori prossimi a quelli medi (come da “Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sulle NTC”), essendo coinvolto un elevato volume di terreno (per es. in fondazioni superficiali con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti).

Relazione tra numero di colpi del penetrometro, la densità relativa e φ nelle sabbie



Valori di ϕ per vari tipi di terreno (da NAVFAC, 1971)

TIPO DI MATERIALE:

ML - sabbie limose molto fini

SM - sabbie limose

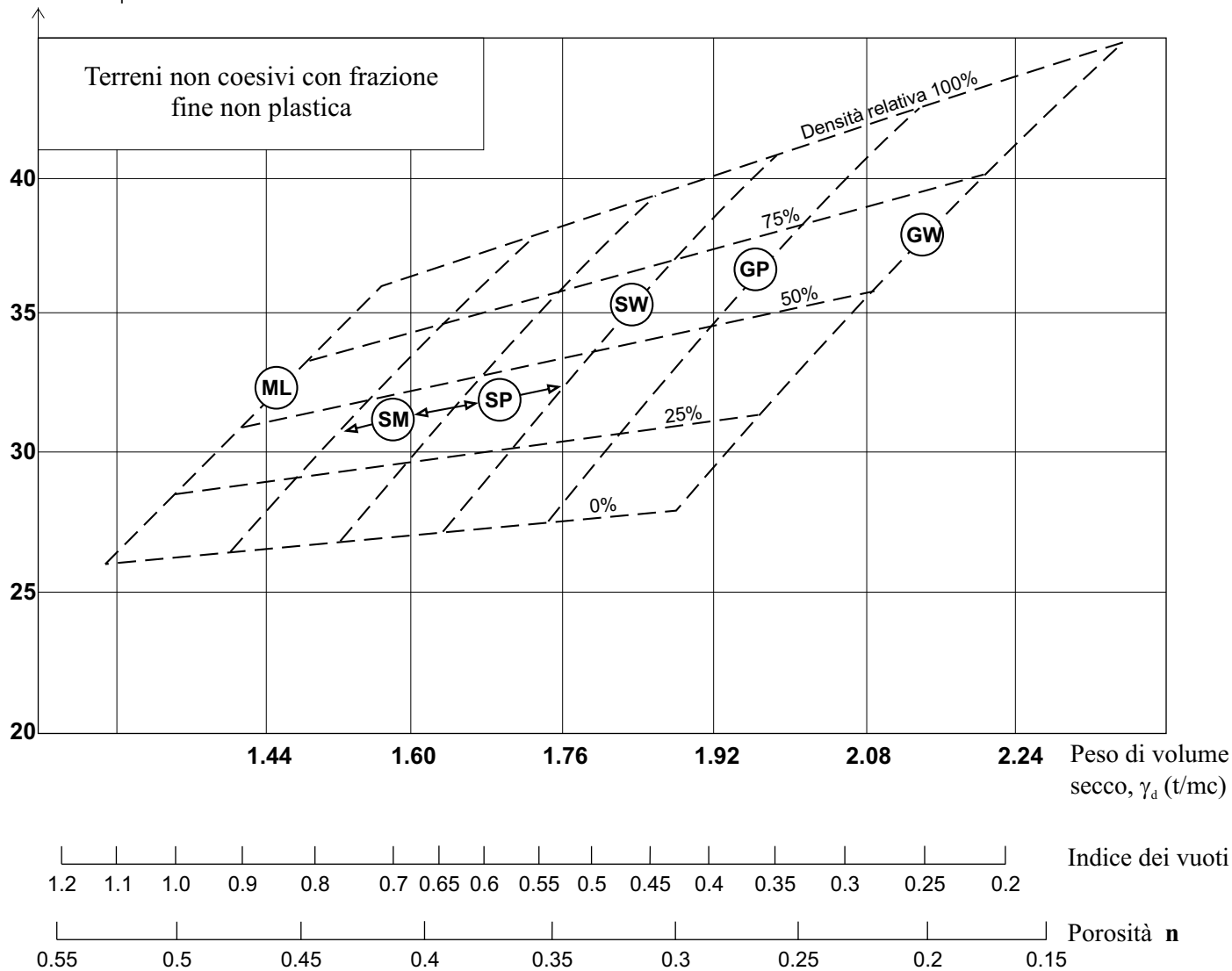
SP - sabbie, sabbie ghiaiose con granulometria uniforme

SW - sabbie a granulometria mista, sabbia ghiaiosa

GP - ghiaia a granulometria uniforme

GW - ghiaia a granulometria mista, misto ghiaia e sabbia

Valori di ϕ



**VALORI ORIENTATIVI DEI PARAMETRI CHE CARATTERIZZANO
LA CURVA SFORZI-DEFORMAZIONI DI FORMA IPERBOLICA
- PRIMO CARICO -**

TIPO DI TERRENO (USCS)	VALORE MEDIO ϕ (°)	VALORE MEDIO m (-)	VALORE MEDIO n (-)	VALORE MEDIO R (-)
GW	42° (32 ÷ 53)	450 (190 ÷ 940)	0,36 (0,20 ÷ 0,50)	0,68 (0,54 ÷ 0,95)
GP	42° (34 ÷ 49)	1160 (340 ÷ 3860)	0,31 (0,20 ÷ 0,53)	0,80 (0,65 ÷ 0,91)
SP	36° (33 ÷ 49)	740 (180 ÷ 2720)	0,51 (0,20 ÷ 0,67)	0,84 (0,55 ÷ 0,98)
SM, SC	35° (29 ÷ 38)	460 (70 ÷ 1000)	0,51 (0,24 ÷ 0,64)	0,72 (0,62 ÷ 0,82)
CL	32° (27 ÷ 35)	70 (20 ÷ 140)	0,90 (0,46 ÷ 1,00)	0,80 (0,78 ÷ 0,83)
CH	24° (16 ÷ 32)	18 (10 ÷ 40)	0,92 (0,60 ÷ 1,00)	0,83 (0,65 ÷ 0,96)

ϕ (°) = angolo di attrito interno di picco

UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM

- USCS -

Major division			Group symbol		Typical names	Classification criteria for coarse-grained soils	
coarse-grained soils (more than half of the material is larger than N. 200)	Gravels (more than half of coarse fraction is larger than N. 4 sieve size)	Clean gravels (little or no fines)	GW		Well graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	$C_u = D_{90}/D_{10} > 4$ $C_c 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{40} < 3$	
			GP		Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for GW	
		Gravels with fines (appreciable amount of fines)	GM	d/u	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures	Attemberg limits below A line or $L_p < 4$	Above A line with $4 < L_p < 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols
			GC		Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures	Attemberg limits above A line with $L_p > 7$	
	Sands (more than half of coarse fraction is smaller than N. 4 sieve size)	Clean sands (little or no fines)	SW		Well graded sands, gravelly-sand, little or no fines	$C_u = D_{90}/D_{10} > 6$ $C_c 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{40} < 3$	
			SP		Poorly graded sands, gravelly-sand, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for SW	
		Sands with fines (appreciable amount of fines)	SM	d/u	Silty sands, sand-silt mixtures	Attemberg limits below A line or $L_p < 4$	Limit plotting in atched zone with $4 < L_p < 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols
			SC		Clayey sands, sand-clay mixtures	Attemberg limits above A line with $L_p > 7$	
fine-grained soils (more than half of the material is smaller than N. 200)	Silt and clays (liquid limit < 50)	ML		Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands, or clayey silts with slight plasticity	1. Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. 2. Depending on percentages of fines (fraction smaller than 200 sieve size), coase grained soils are classified as follows: Less than 5% - GW, GP, SW, SP More than 12% - GM, GC, SM, SC 5-12% - Borderline cases requiring dual symbols		
		CL		Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays			
		OL		Organic silts and organic silty clays of low plasticity			
	Silt and clays (liquid limit > 50)	MH		Inorganic silts, micaceus or diatomaceous fine sandy or silty soils, clastic silts			
		CH		Inorganic clays of high plasticity, fat clays			
		OH		Organic clays of medium to high plasticity, organic silts			
	Highly organic soils	Pt		Peat and other highly organic soils			

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Premesso che con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 4-3084 del 12-12-2011 è stata recepita la classificazione sismica di cui alla D.G.R. n. 11-13058 del 19-01-2010, la quale aggiorna la suddivisione del territorio regionale in diverse “zone sismiche”, assegnando il territorio comunale di Arizzano alla Zona 4 della Classificazione Sismica Regionale, sono state condotte appropriate valutazioni sismiche per l’attribuzione della categoria di suolo di fondazione.

Le Categorie di suolo di fondazione, definite in base alle velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio V_{s30} , secondo i criteri specificati al paragrafo 3.2, Azione Sismica, 3.2.2. Categorie di suolo di fondazione, Tabella 3.2 II delle N.T.C. 2018, fanno riferimento anche alla sequenza stratigrafica:

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

In base ai dati in possesso, con criteri cautelativi, è possibile assegnare i terreni di copertura ad un **Suolo di tipo E.**

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle nuove strutture ed alla verifica di quelle esistenti: la pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici, che in termini temporali; questo porta ad un approfondimento dell’aspetto relativo ai valori di accelerazione sismica orizzontale a_g (effetti di sito), superando il concetto di attribuzione di un unico valore di a_g , all’intero territorio comunale, in base alla sua Zona Sismica.

Per gli spettri di risposta delle componenti verticale ed orizzontale delle azioni sismiche, è stato utilizzato il software “Parametri Sismici” di GeoStru, opportunamente messo a confronto con i dati forniti dal foglio di calcolo “SPETTRI – NTC”, sviluppato ai sensi del D.M. 17-01-2018 e messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; in base a tali fogli di calcolo, la definizione dei vari spettri di

risposta, è articolata in 3 fasi:

- *Fase 1: individuazione della pericolosità del sito.* Per valutare le azioni sismiche all'interno del territorio comunale, si effettua una ricerca in base alle coordinate (UTM - WGS84) del sito specifico:

32T Lat 45.956106; Long 8.583394

- *Fase 2: scelta della strategia di progettazione.* Trattandosi di un parcheggio pubblico su una via comunale, in base alle tabelle di riferimento delle N.T.C., sono stati inseriti i dati relativi alla vita nominale della costruzione ($V_N \geq 50$ anni “opere ordinarie”) e del suo Coefficiente d'uso ($CU = 1,0$ - Classe II “Reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV”), ricavando il periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica.
- *Fase 3: determinazione dell'azione di progetto.* sono stati considerati i vari Stati Limite (SLO “Operatività” – SLD “Stato Limite Danno” - SLV “Salvaguardia Vita” e SLC “Prevenzione Collasso”); sono state selezionate la categoria di Sottosuolo (tipo E) e, per le condizioni topografiche, la categoria T1 “pendii con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ”, corrispondente ad un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,00$

In base ai dati inseriti, si ottengono, per ciascuno Stato Limite, i valori di F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), a_g (accelerazione sismica orizzontale massima) e T^*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale):

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	30	0,016	2,575	0,155
Danno (SLD)	50	0,020	2,551	0,172
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,044	2,646	0,282
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,054	2,728	0,303

A questo punto si può ottenere, per ciascuno Stato Limite, il valore di a_{max} (accelerazione massima attesa), dove $a_{max} = S_s \cdot a_g \cdot S_T$ e dove S_s = fattore di amplificazione dipendente dalla categoria del suolo di fondazione, è così definito:

CATEGORIA SUOLO	S_s
A	1,0
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,60$

Nel caso in esame (categoria E), il valore di S_s è pari a 1,60; mentre il fattore di amplificazione topografica (S_T), trattandosi di terreni con inclinazione $\leq 15^\circ$, viene assunto pari a 1,00.

Per il calcolo dei coefficienti sismici orizzontali e verticali K_h e K_v , si procede con le formule:

$$K_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g \quad K_v = 0,5 K_h$$

dove β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima del sito, definita in base alla tabella:

Tabella 7.11.I - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (N.T.C.)

	CATEGORIA SUOLO	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < \cdot ag/g \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < \cdot ag/g \leq 0,2$	0,27	0,24
$ag/g \leq 0,1$	0,20	0,20

Quindi, i coefficienti sismici relativi a ciascuno Stato Limite, in base alle caratteristiche dell'area, della categoria del suolo e della morfologia, differenziati in base al tipo di verifiche, sono i seguenti:

Stabilità dei pendii e fondazioni:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,005	0,006	0,014	0,017
k_v	0,003	0,003	0,007	0,009
$a_{\max} [m/s^2]$	0,249	0,316	0,695	0,840
β_s	0,200			

Muri di sostegno:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	-	0,015	0,027	-
k_v	-	0,008	0,013	-
$a_{\max} [m/s^2]$	0,249	0,316	0,695	0,840
β_s	-	0,470	0,380	-

RELAZIONE GEOTECNICA

(art. 6.1.2 e 6.2.2. D.M. 17-01-2018)

“INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA”

“Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2. Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. Della definizione del piano delle indagini, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica è responsabile il progettista.

Ai fini dell’analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo per volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall’interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito.

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità. Deve inoltre essere specificato se la resistenza caratteristica si riferisce alle discontinuità a all’ammasso roccioso.

Per la verifica delle condizioni di sicurezza e delle prestazioni di cui al successivo § 6.2.4, la scelta dei valori caratteristici delle quote piezometriche e delle pressioni interstiziali deve tenere conto della loro variabilità spaziale e temporale.

Le prove di laboratorio, sulle terre e sulle rocce, devono essere eseguite e certificate da laboratori di prova di cui all’art. 59 del DPR 6 giugno 2001, n. 380. I laboratori su indicati fanno parte dell’elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadono in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali”

7. CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Il D.M. 17 gennaio 2018 recante "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC – 2018), ha sostituito e aggiornato il D.M. 14 gennaio 2008 (NTC – 2008).

Le modifiche più significative, limitatamente agli argomenti geotecnici riferiti al caso in esame, riguardano le verifiche agli SLU, dove sono stati eliminati i doppi approcci progettuali AP1 (Approccio 1) e AP2 (Approccio 2) che erano contemporaneamente presenti nelle NTC 2008; nelle NTC 2018 è stato conservato il solo AP2 per tutte le opere in progetto, eccezion fatta per le paratie e le gallerie, ove è stato invece mantenuto l'AP1.

Il calcolo della capacità portante viene sviluppato considerando le caratteristiche geotecniche dei depositi morenici che si trovano al di sotto della coltre superficiale, costituita da materiali di riporto eterogenei e dal suolo agrario a componente vegetale; detti materiali dovranno, quindi, essere completamente asportati per procedere all'impostazione della scogliera che sosterrà il riporto previsto, impostandola sui depositi glaciali addensati.

7.1 Capacità Portante: Stati Limite

La valutazione viene effettuata applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, di seguito allegate.

La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza si ottiene con il “Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali” di sicurezza, tramite l'equazione $Ed \leq Rd$.

L'opera risulta verificata, quando la **resistenza di progetto R_d** , valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali ed ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate, risulta maggiore od uguale al **valore di progetto E_d** delle azioni.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

7.2 Descrizione del metodo di calcolo

La portanza è stata calcolata utilizzando il dimensionamento previsto nel progetto delle opere di fondazione della scogliera, valutando le seguenti condizioni, con criteri cautelativi:

- larghezza di 1.0 m;
- lunghezza $L = 6.0$ m, trattandosi di una scogliera che, in fase costruttiva, verrà presumibilmente realizzata a moduli finiti, intervallati dai blocchi posati ortogonalmente al fronte della scogliera stessa, aventi dimensioni in pianta 1.0 x 2.0 m;
- a favore della sicurezza non si considera l'azione dei suddetti blocchi ortogonali;
- profondità di impostazione prevista è di circa 1.0 m dal p.c. attuale.

Ai fini della verifica dello Stato Limite Ultimo in relazione al sistema geotecnico (GEO), è stato adottato l'Approccio Progettuale 2 (utilizzo dei coefficienti A1+M1+R3):

- Coefficienti A1, relativi ai valori delle azioni di progetto: sono definiti dal progettista.
- Coefficienti M1, relativi ai parametri geotecnici del terreno: per ciò che riguarda i coefficienti parziali γ_M , il valore da adottare è 1,0; nel seguente calcolo di capacità portante, pertanto, verranno mantenuti invariati i valori dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni, precedentemente stabiliti.
- Coefficienti R3, relativi alle resistenze: per quanto riguarda il coefficiente parziale γ_R , relativo alle verifiche agli SLU di fondazioni superficiali (capacità portante), il valore da adottare è 2,3; nel seguente calcolo di capacità portante, il valore di Portanza Limite, andrà diviso per 2,3, per ottenere il valore di Pressione Ammissibile ($q_{lim,d}$).

L'espressione più generale per il calcolo delle pressioni limite (q_{lim}) fa riferimento alla formula di

Brinch-Hansen, a cui si applicano degli ulteriori fattori correttivi “z”, relativamente alle condizioni sismiche, introdotti con il metodo di Paolucci & Pecker (1997):

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

nella quale:

N_γ, N_c, N_q	= fattori di capacità portante dipendenti da ϕ ;
s_γ, s_c, s_q	= fattori di forma della fondazione;
i_γ, i_c, i_q	= fattori correttivi dell'inclinazione del carico;
b_γ, b_c, b_q	= fattori correttivi dell'inclinazione della base della fondazione;
g_γ, g_c, g_q	= fattori correttivi dell'inclinazione del piano campagna;
d_c, d_q	= fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa.
z_γ, z_q	= fattori correttivi per gli effetti inerziali dovuti alle condizioni sismiche.

Nel caso specifico, si considera:

- $c = 0.5 \text{ t/m}^2$ coesione drenata (valore minimo a favore della sicurezza)
- carichi verticali;
- piano di fondazione orizzontale;
- inclinazione piano campagna 7°
- $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$;
- $\gamma' = 1,1 \text{ t/m}^3$; (ipotizzando condizioni di saturazione momentanea per infiltrazione acque meteoriche)
- $\phi = 28^\circ$ (considerando l'angolo di attrito interno a volume costante ϕ_{cv});
- $B = 1.0 \text{ m}$
- $L = 6.0 \text{ m}$;
- $s_\gamma = 1 - 0,40 B/L$;
- $s_q = 1 + B/L \tan \phi'$;
- $q' = \gamma D = 1.0 \text{ t/m}^2$, tensione verticale alla quota di imposta della fondazione (-1.0 m dal p.c.), data in buona parte dall'orizzonte di terreno vegetale;
- $N_\gamma, N_c, N_q = 16,72, 25,80 \text{ e } 14,72$ (fattori adimensionali di capacità portante tratti da Vesic e funzione dell'angolo di attrito interno $\phi = 28^\circ$);
- $d_q = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \tan^{-1}(D/B)$;
- $z_\gamma = z_q = (1 - K_h / \tan \phi)^{0,35}$

dove K_h , nell'area in esame, per ciascuno Stato Limite considerato, assume i seguenti valori:

- $K_h = 0,005$ (Stato Limite di Operatività - SLO)
- $K_h = 0,006$ (Stato Limite di Danno - SLD)
- $K_h = 0,014$ (Stato Limite Salvaguardia della Vita - SLV)
- $K_h = 0,017$ (Stato Limite di Collasso - SLC)

da cui si ottengono:

$$z_\gamma = z_q = 0,9967 \text{ (SLO)}$$

$$z_\gamma = z_q = 0,9960 \text{ (SLD)}$$

$$z_\gamma = z_q = 0,9907 \text{ (SLV)}$$

$$z_\gamma = z_q = 0,9887 \text{ (SLC)}$$

Introducendo tali parametri nella formula di Brinch-Hansen, per l'opera di fondazione e per gli Stati Limite considerati (SLD e SLV), si ottengono i seguenti valori di Resistenza del sistema geotecnico:

q_{lim} (portanza limite SLO)	q_{lim} (portanza limite SLD)	q_{lim} (portanza limite SLV)	q_{lim} (portanza limite SLC)
35,83 t/m ²	35,82 t/m ²	35,70 t/m ²	35,66 t/m ²

da cui si ricava la Resistenza di Progetto del sistema geotecnico $q_{LIM, d} = q_{lim} / 2,3$:

$q_{LIM, d}$ (SLO)	$q_{LIM, d}$ (SLD)	$q_{LIM, d}$ (SLV)	$q_{LIM, d}$ (SLC)
15,58 t/m ² $\cong 1,55 \text{ kg/cm}^2$	15,57 t/m ² $\cong 1,55 \text{ kg/cm}^2$	15,52 t/m ² $\cong 1,55 \text{ kg/cm}^2$	15,50 t/m ² $\cong 1,55 \text{ kg/cm}^2$

8. COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO IN PROGETTO CON LE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI ED INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA

La previsione progettuale è costituita da due nuovi parcheggi pubblici, che il Comune di Arizzano intende realizzare in località Groppallo, lungo Via Castello, a meno di 200 m di distanza l'uno dall'altro; entrambi i parcheggi verranno realizzati nell'ambito di aree ascritte alla Classe II di pericolosità geomorfologica ed idoneità all'utilizzazione urbanistica del PRGC vigente.

L'area in esame è nel complesso caratterizzata geologicamente dalla presenza di depositi di copertura, costituiti da materiali glaciali addensati e stabilizzati, rappresentati da matrice di natura sabbioso-ghiaiosa e sabbioso-limosa, di colore ocra, inglobante clasti eterometrici, prevalentemente subangolosi, con un grado di addensamento che tende ad aumentare con la profondità; tali terreni sono coperti in superficie da un'esigua coltre di terreno agrario.

PARCHEGGIO 1: area censita al Fg. n. 4, mappale 837.

Il parcheggio previsto avrà dimensioni in planimetria pari a circa 30.0 x 8.0 m, allungato in direzione Est-Ovest, parallelo a via Castello (lato valle).

Il progetto prevede la costruzione di una scogliera sul lato di valle, alta fuori-terra circa 2.50 m, idonea a sostenere il materiale che verrà riportato per riquotare l'area destinata a parcheggio, portandola a livello della strada adiacente.

L'area d'intervento, attualmente tenuta a prato a sfalcio con talune piante da frutto e cespugli presso il vertice Nord-occidentale, è dolcemente acclive, con pendenza sui 7° digradante verso Sud-Sud-Est ed è delimitata a Nord dal tracciato stradale di via Castello, ad Est dal muro perimetrale di una proprietà privata e ad Ovest dal muro di contenimento di un'area riquotata artificialmente; il pendio nell'area in esame, risulta perfettamente stabile e non presenta linee di ruscellamento superficiale od altre particolarità idrologiche.

A valle dell'area d'intervento, il terreno digrada in maniera uniforme fino ad una striscia di terreni riquotati antropicamente, posti in fregio alla sottostante Strada Comunale (Corso Roma).

In fase esecutiva, sarà innanzitutto necessario provvedere all'asportazione della coltre di terreno agrario che copre i depositi glaciali, in corrispondenza del previsto piano di posa della scogliera di contenimento dei terreni di riporto, su cui verrà impostato il parcheggio.

Il suddetto scavo dovrà essere approfondito sino a circa -1.0 m dal piano campagna, ovvero fino al raggiungimento dei depositi glaciali addensati sottostanti il terreno agrario, asportando la porzione più superficiale dei depositi glaciali stessi, poco addensata, dello spessore di circa 20 cm.

Presso il vertice Nord-orientale dell'area a parcheggio, è presente un palo in cls ENEL, che dovrà essere consolidato con un cordolo in cls di contromuratura, da posizionare alla base della fondazione del palo stesso; una volta consolidato il palo, si potrà procedere alla posa dei blocchi della scogliera ed alla

costruzione dell'opere in elevazione, avendo cura di lasciare libero un certo numero di giunti tra i vari blocchi lapidei squadriati, in maniera da garantire il drenaggio della struttura.

Sempre per garantire un adeguato drenaggio, con la stesura del materiale di riporto a tergo della scogliera, si dovrà prevedere la posa di materiale arido (pietrisco e/o ciottoli), a contatto con la parete interna della scogliera.

Per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche intercettate dalle nuove superfici impermeabilizzate del parcheggio, verranno predisposti due pozzetti grigliati (tombini in ghisa) nel settore in fregio a via Castello; tali pozzetti dovranno essere collegati, tramite idonea tubazione in PVC corrugato, all'esistente pozzetto grigliato per la raccolta delle acque meteoriche, ubicato a lato del vertice Nord-occidentale dell'area a parcheggio, che già allo stato attuale provvede a raccogliere ed allontanare le acque meteoriche intercettate dai sedimi stradali di Via Pastore e parte di Via Castello, mediante una tubazione in cls collegata alla che si sviluppa lungo la linea di massima pendenza, sino alla sottostante, dove confluisce nella tombinatura comunale presente lungo la sottostante Via Roma, la quale, a sua volta, confluisce nella testata del Rio S. Rocco.

PARCHEGGIO 2: area censita al Fg. n. 3, mappale 626.

Il parcheggio previsto avrà dimensioni in planimetria pari a circa 18.5 x 8.5 m, allungato in direzione Est-Ovest, parallelo a via Castello (lato monte).

La realizzazione dell'area a parcheggio, comporterà la scarifica superficiale dei terreni di copertura (coltre di terreno vegetale), sino a raggiungere i sottostanti materiali di origine glaciale, per scavi di altezza massima prevista pari a 0.60 m; il parcheggio verrà realizzato "a raso", senza la necessità di costruire opere di contenimento, se non dei semplici cordoli in cls, a "contromuratura" degli esistenti cordoli in cls presenti sui lati Nord, Est ed Ovest, sui quali è stata postata una recinzione plastificata sorretta da paletti metallici.

Al di sotto della superficie a parcheggio, si dovrà avere cura di stendere un sottofondo in misto granulare anidro, dello spessore non inferiore a 0.25 m, che verrà conferito nell'area di cantiere dall'esterno.

Le acque meteoriche intercettate dalla superficie impermeabile dell'area a parcheggio, non potranno essere inviate alla tombinatura esistente lungo via Castello, di tipo misto; il piano dell'area a parcheggio, invece, verrà sagomato in maniera da convogliare i modesti quantitativi di acque meteoriche intercettate da tale superficie (pari a circa 160 m²), ad un punto posizionato in posizione centrale in fregio a via Castello, dove verrà realizzato un pozzo grigliato (tombino in ghisa).

Tale tombino, sarà collegato ad un pozzo perdente, costituito da un anello in cls prefabbricato (tubo turbocentrifugato), opportunamente forato lateralmente, riempito con ciottoli e/o pietrisco.

Gestione dei materiali di scavo e riporto

Dall'esame degli elaborati progettuali emerge il fatto che il volume dei materiali di riporto supera quelli di scavo, per cui occorrerà apportare nell'area di cantiere (con specifico riferimento al Parcheggio n. 1) materiale proveniente da altro sito; detto materiale dovrà, quindi, essere dotato di una certificazione

analitica che ne attesti la qualità e la compatibilità con un'area a parcheggio pubblico in zona residenziale.

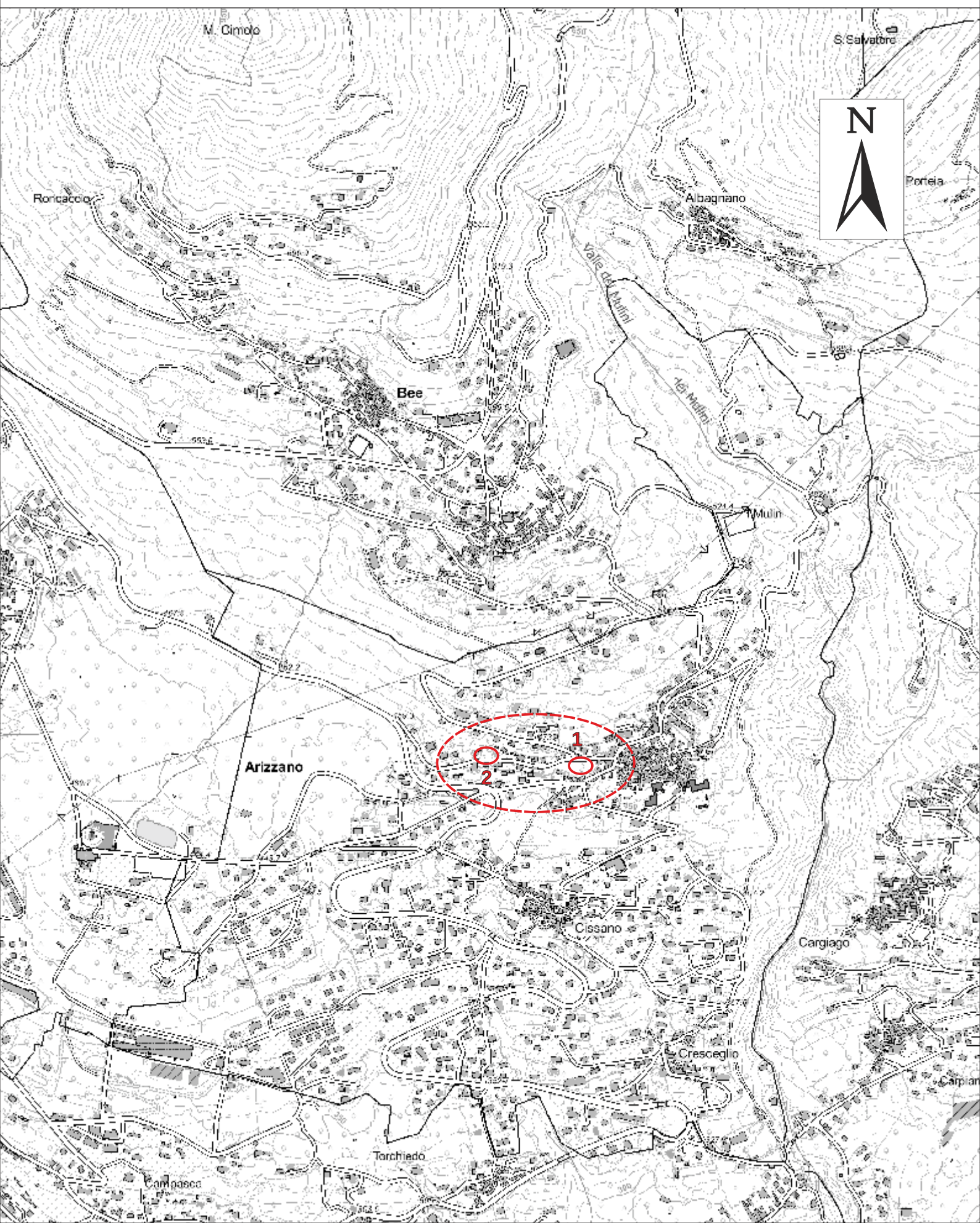
Per quanto attiene, invece, i materiali prodotti con gli scavi di sbancamento, dati da terreno vegetale e dall'orizzonte superficiale dei depositi glaciali, questi sono materiali inerti di origine naturale, ricavati nell'ambito di un settore di versante in cui non si sono mai verificati episodi di inquinamento e sono esclusi dall'applicazione della Parte Quarta del D.Lgs. n. 152/2006 (regime di "rifiuto"), in quanto *“suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato”* (D.Lgs. 152/06, art. 185, comma 1, lettera c), nel rispetto dei disposti della nuova disciplina che regola la materia, ossia il D.P.R. 13-06-2017 n. 120, con specifico riferimento all'art. 24 *“utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina dei rifiuti”*.

Si ricorda che, qualora nel corso delle fasi esecutive dei lavori, vengano rinvenuti o prodotti materiali che, per le loro caratteristiche, siano classificabili come rifiuto, questi dovranno essere assoggettati alle disposizioni della Parte Quarta del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., venendo allontanati dal cantiere e sottoposti alle procedure di recupero o smaltimento presso impianti autorizzati alla loro gestione.

In conclusione, visti gli aspetti geolitologici, geomorfologici ed idrogeologici della zona, nonché le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione, si ritiene che le opere in progetto risultano essere perfettamente compatibili con l'assetto idrogeologico dei luoghi, nonché con la tipologia di suolo di fondazione, a condizione che, in fase esecutiva, vengano recepite le indicazioni fornite con la presente Relazione.

COROGRAFIA
Scala 1:10.000

BDTRE / C.T.R.073030 "Cambiasca" - 073040 "Ghiffa"



ESTRATTO della «Carta geomorfologica, dei dissesti, della dinamica fluviale e del reticolo idrografico minore», in grandito alla scala 1:4.000

Elab. Geo3, Tav. 2 del Progetto Definitivo della Variante Generale al PRGC (gennaio 2009)



Aree individuate per la costruzione delle nuove aree a parcheggio

Elementi geomorfologici
significativi, tratti dalla
Legenda della Tav. 2



Substrato roccioso metamorfico,
prevalentemente affiorante.



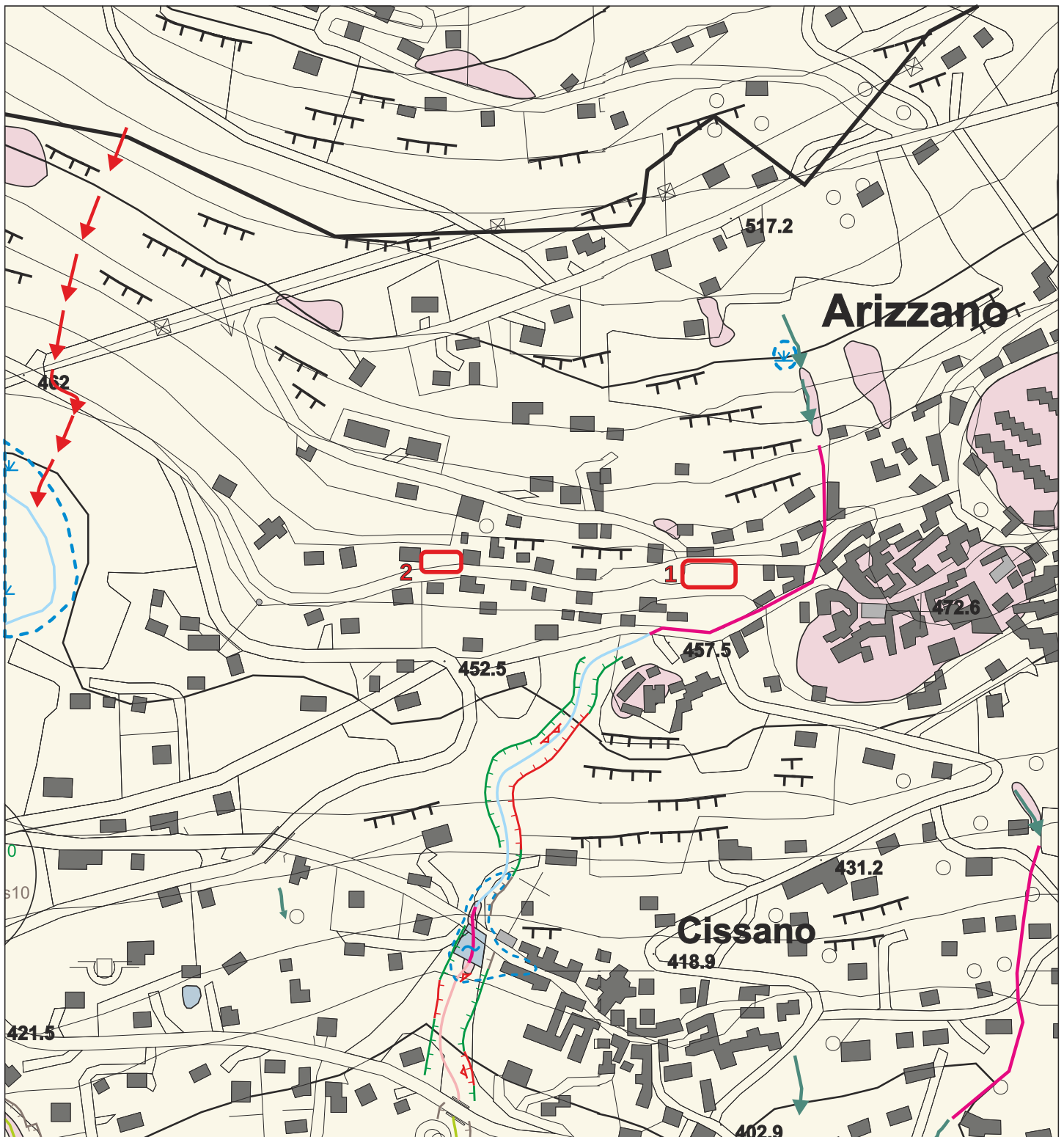
Depositi glaciali e/o fluvioglaciali.



Tratta intubata, che smaltisce un corso
d'acqua o una linea di ruscellamento.



Orlo di terrazzo antropico, delimitato da
muretti di sostegno.

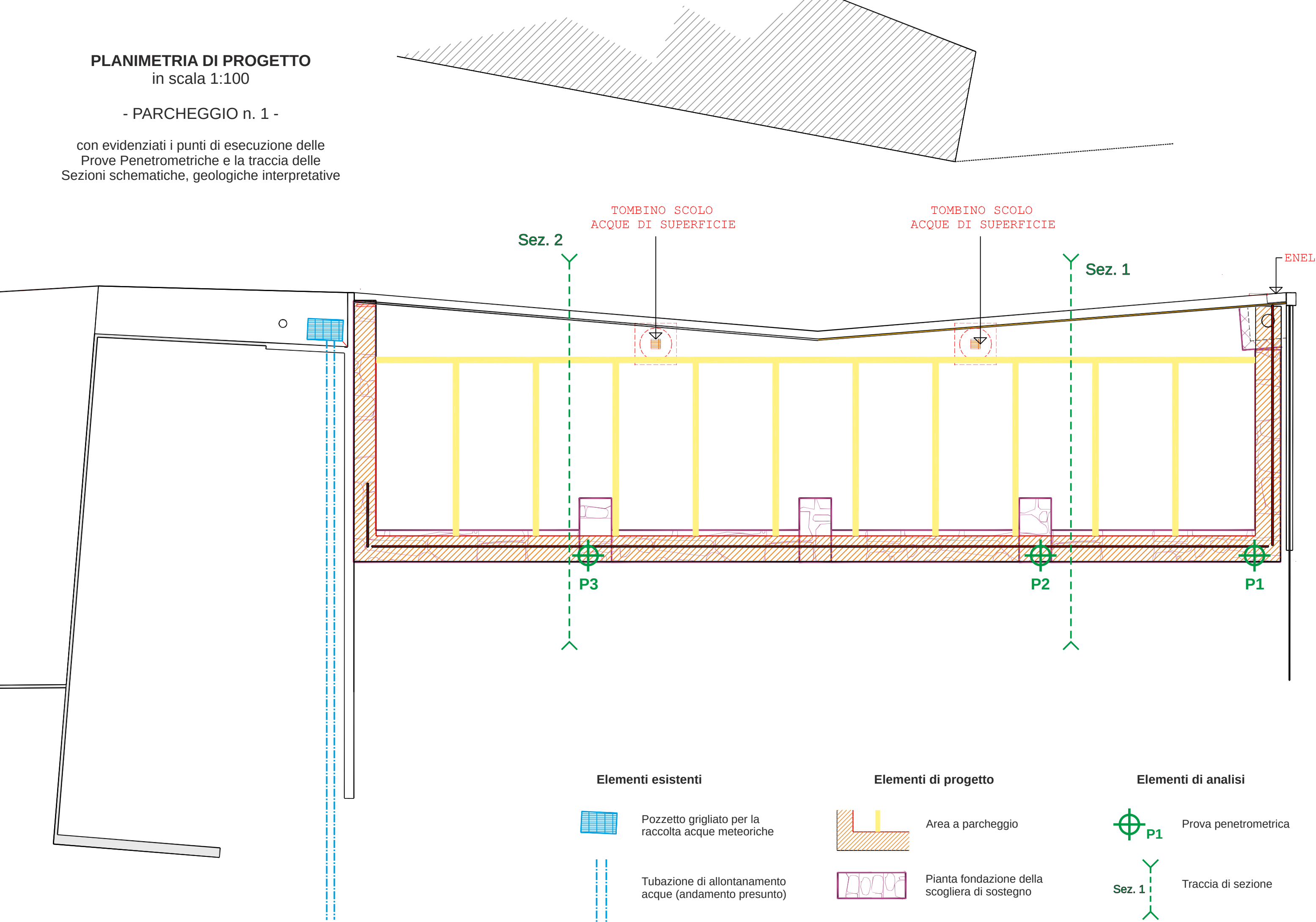


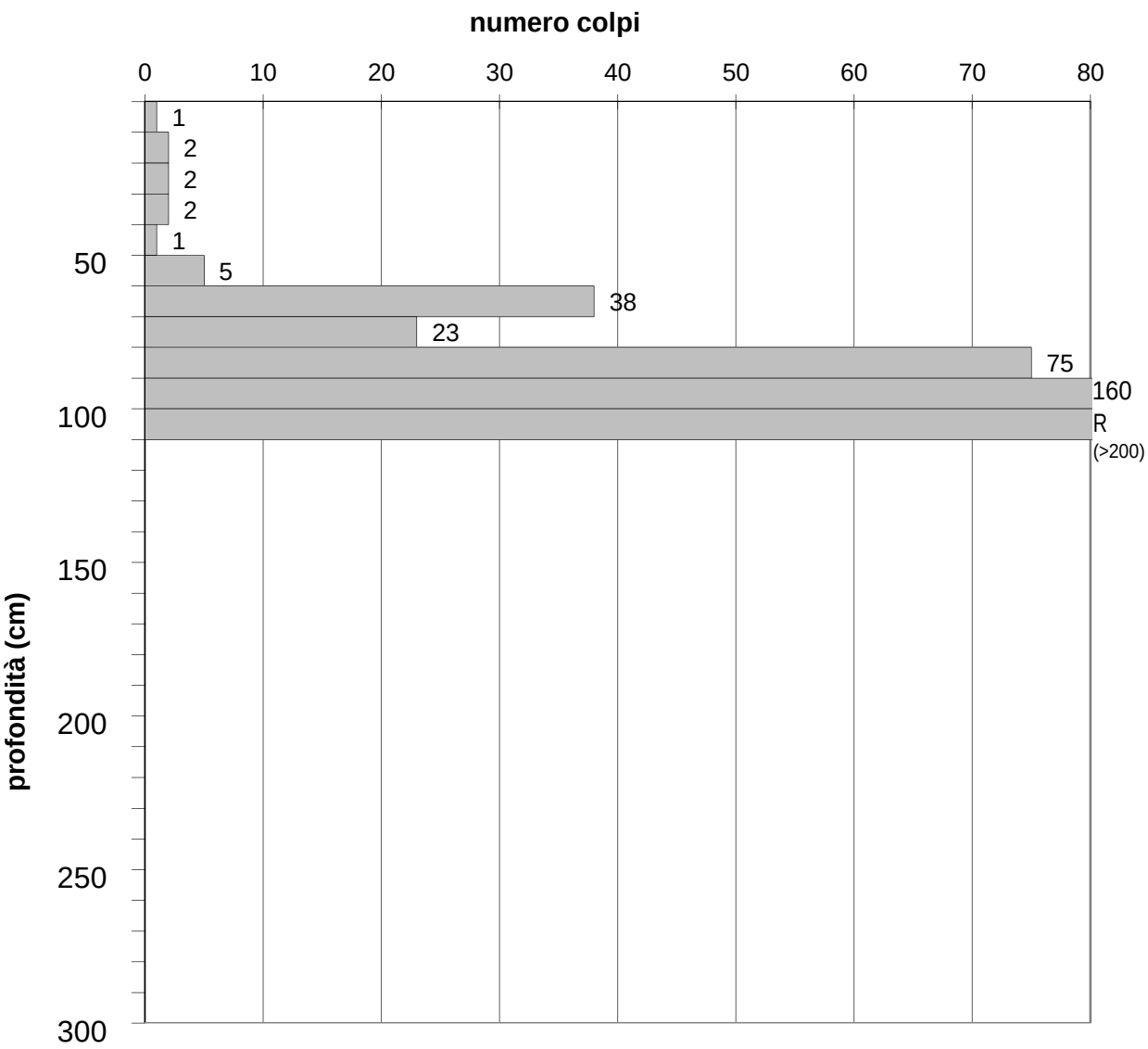
PLANIMETRIA DI PROGETTO

in scala 1:100

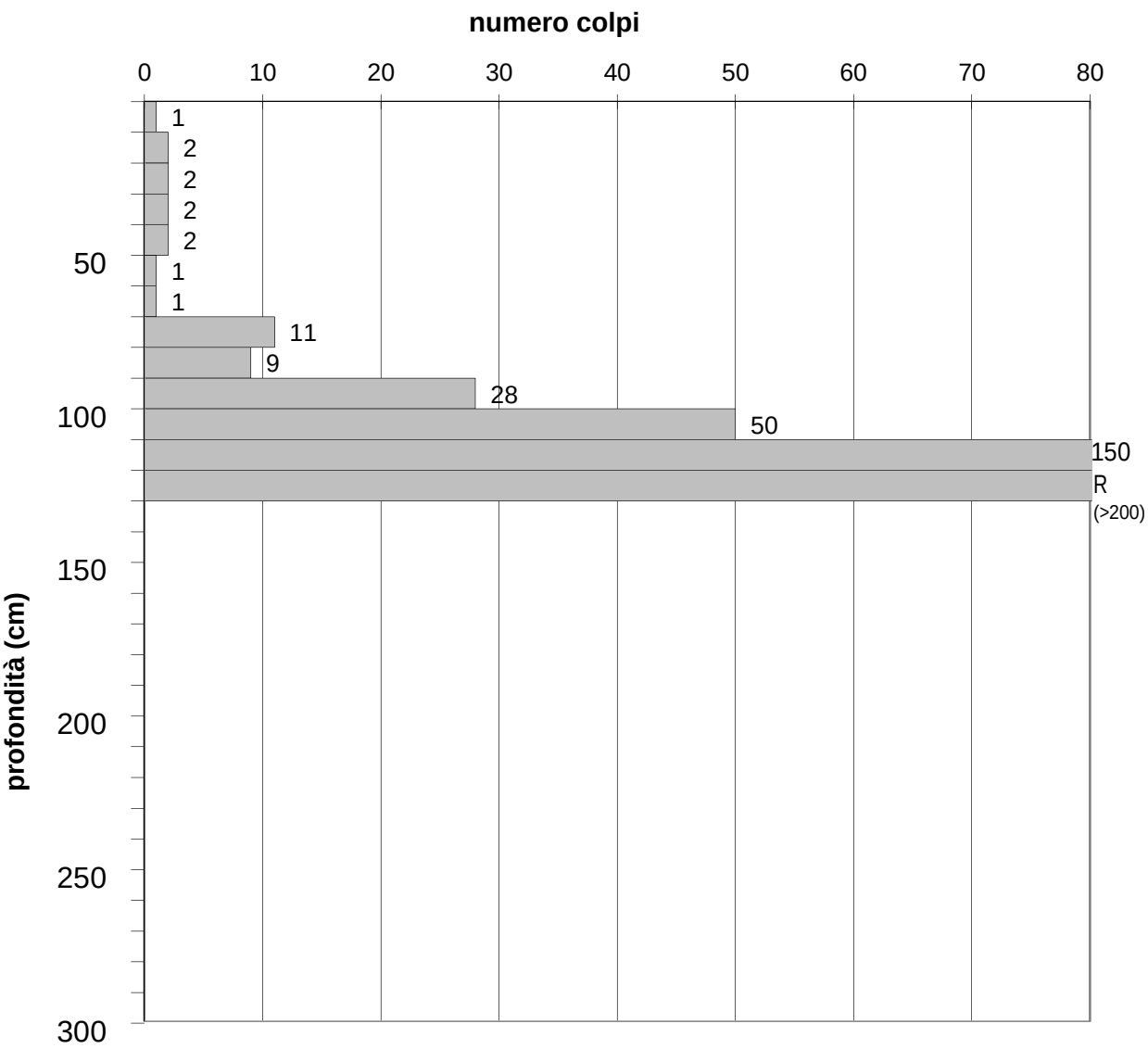
- PARCHEGGIO n. 1 -

con evidenziati i punti di esecuzione delle
Prove Penetrometriche e la traccia delle
Sezioni schematiche, geologiche interpretative



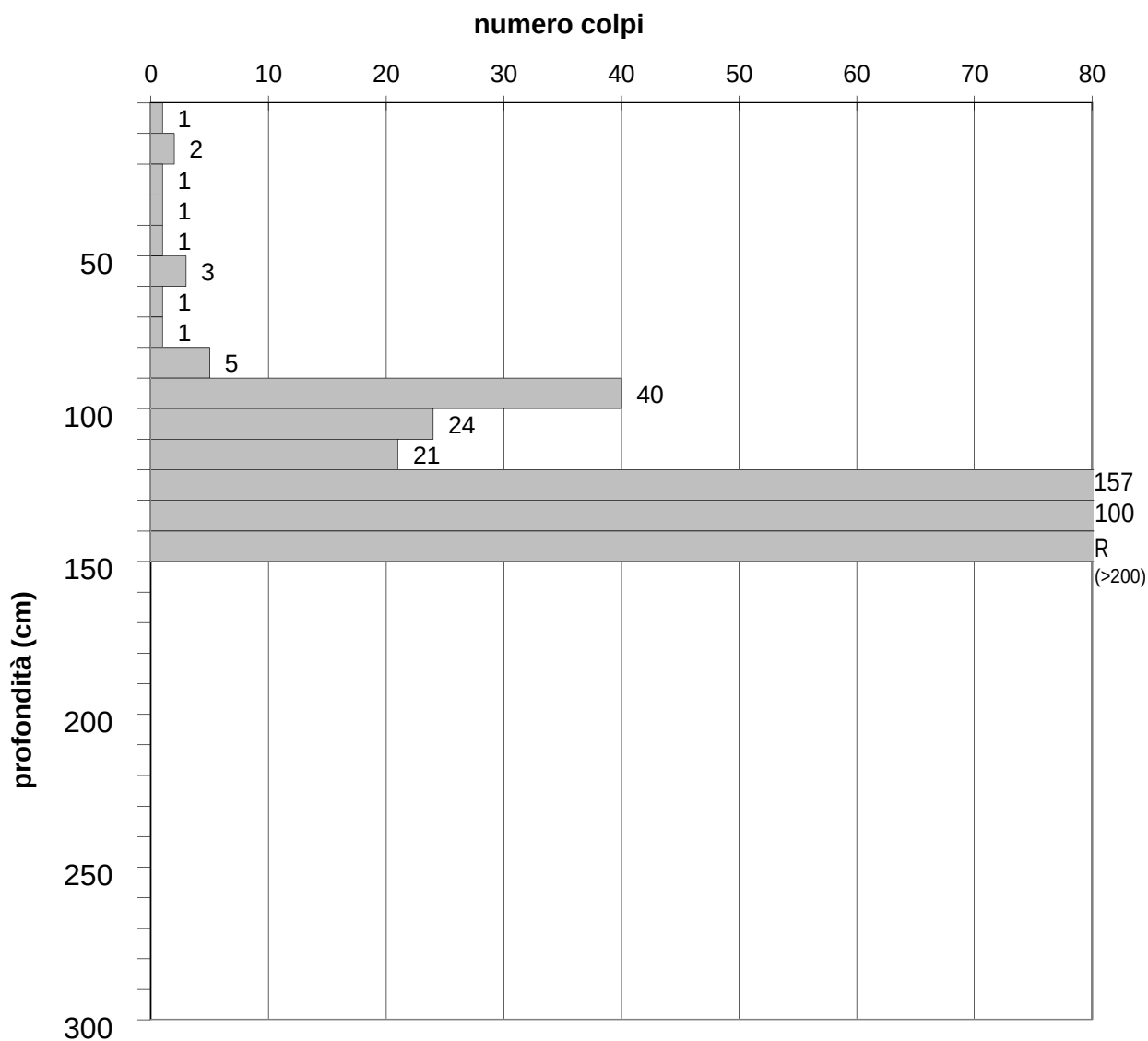


Studio Geologico D'Elia
Via Roma, 3/A - 28802 Mergozzo (VB) - Tel. e fax 0323/80206 - e-mail geodeliaf@gmail.com



Panoramica da Ovest del pendio dell'area d'intervento, nel corso dell'esecuzione della Prova P2





Studio Geologico D'Elia
 Via Roma, 3/A - 28802 Mergozzo (VB) - Tel. e fax 0323/80206 - e-mail geodeliaf@gmail.com

Esecuzione in corso
 della Prova P3



Sezioni schematiche Parcheggio 1, rese geologiche interpretative, in scala 1: 100

-  Materiali di riporto - rilevato stradale di via Castello
-  Terreno vegetale
-  Orizzonte superficiale dei depositi glaciali
-  Depositi glaciali di fondo addensati
-  Substrato roccioso (profondità incerta, non raggiunto dalle Prove)



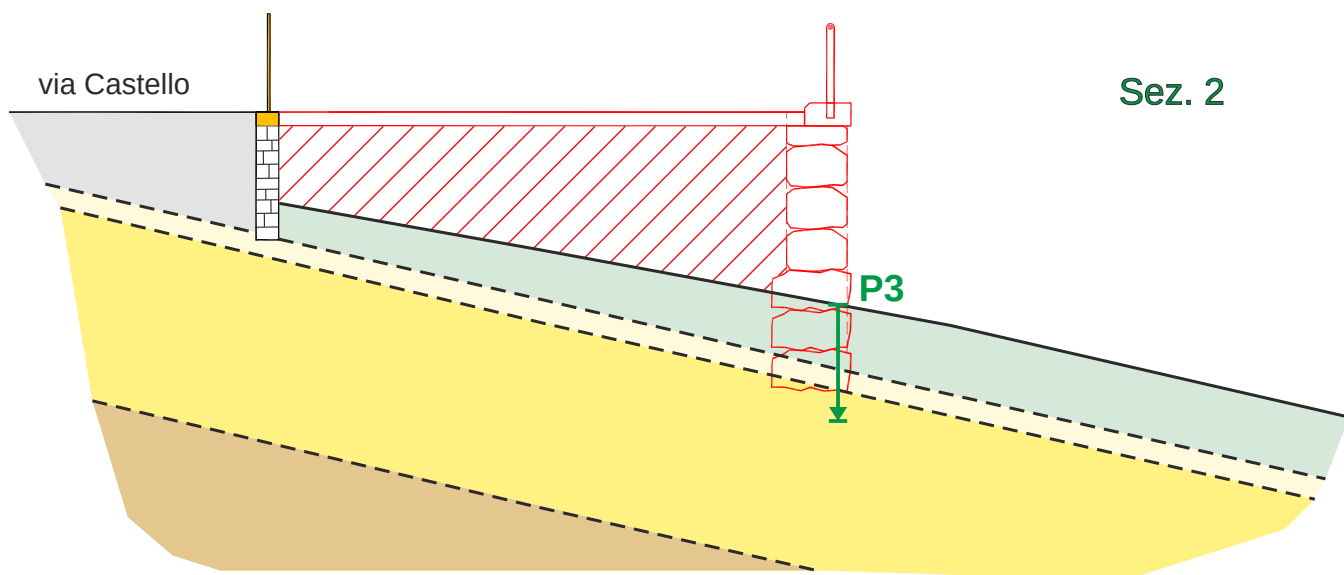
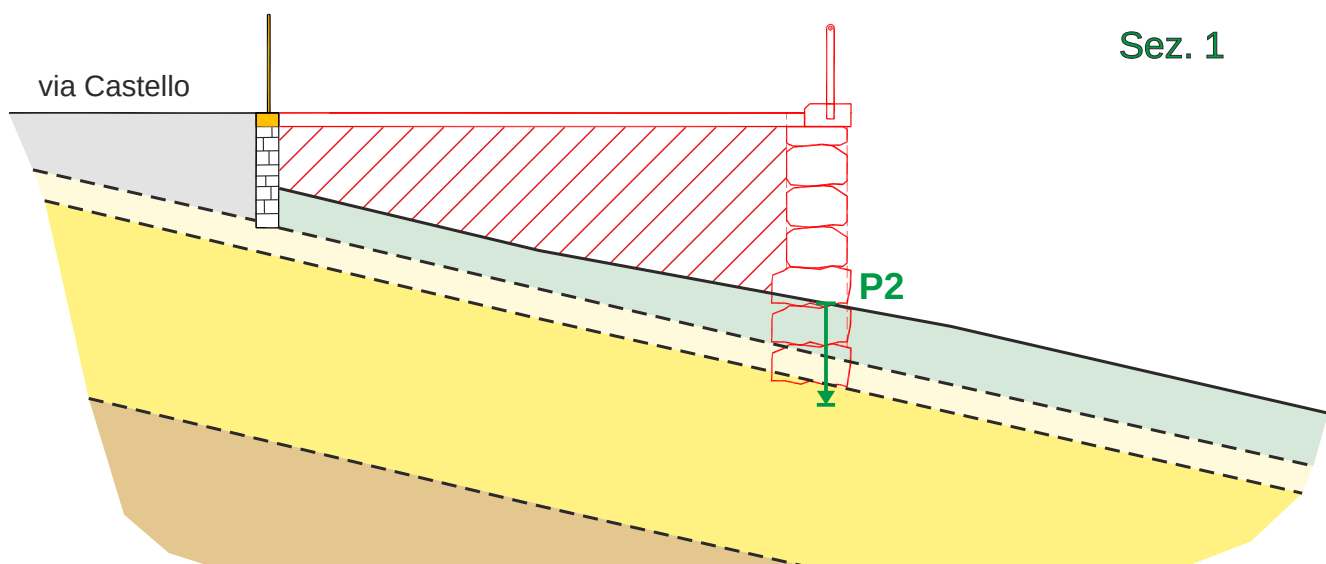
Muretto di contenimento di via Castello, con cordolo da demolire



Prova penetrometrica



Elementi di progetto





Panoramica del pendio lungo cui verrà realizzato il parcheggio 1, ripresa dal vertice Nord-orientale, con evidenziato il limite di valle, lungo cui si attesterà la scogliera di sostegno



Presso il vertice Nord-occidentale del Parcheggio 1, vi è un pozzetto grigliato per la raccolta acque meteoriche, in cui dovranno essere indirizzate anche quelle intercettate dalla nuova superficie asfaltata



Veduta dal vertice Sud-occidentale dell'area individuata per la realizzazione del Parcheggio 2