COMUNE DI GENOVA

CONVENZIONE TRA COMUNE DI GENOVA E SOCIETA' INFRASTRUTTURE RECUPERO ENERGIA LIGURE I.R.E. S.P.A. PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA DELLA "SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO RUSCAROLO NEL TRATTO COMPRESO TRA IL CAMPO SPORTIVO DI BORZOLI E L'ATTRAVERSAMENTO DI VIA GIOTTO" E ATTIVITA' ACCESSORIE

Attività:

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO RUSCAROLO NEL TRATTO COMPRESO TRA IL CAMPO SPORTIVO DI BORZOLI E L'ATTRAVERSAMENTO DI VIA GIOTTO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA

Doc. n: I0055\ESE\GEO\R001

Timbro e firma



Rev.	Data	Sez.	Pag.	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
1	24-05-2016	22	69	GC	MI	SB	Per Emissione

Infrastrutture Recupero Energia Agenzia Regionale Ligure I.R.E. S.p.A.
Sede Legale Via Peschiera 16, 16122 Genova
info@ireliguria.it irespa@legalmail.it www.ireliguria.it
Capitale Sociale € 372.972,00 Codice fiscale e Partita IVA 02264880994
Registro Imprese Genova R.E.A. n. 473022
Soggetta alla direzione ed al coordinamento di FI.L.S.E. S.p.A.

DIVISIONE INFRASTRUTTURE SANITA' RECUPERO RIQUALIFICAZIONE
Via XX Settembre 41, 16121 Genova
tel. +39 0105488834 fax +39 0105700490
infrastrutture@ireliguria.it

SOMMARIO

1 PREMESSA 3
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO MORFOLOGICO 3
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 4
4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 5
5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 6
6 INQUADRAMENTO SISMICO 7
7 INDAGINI GEOGNOSTICHE 8
8 INDAGINI GEOFISICHE 14
9 PROVE di LABORATORIO 20
10 INTERPRETAZIONE dei DATI e scelta dei PARAMETRI GEOTECNICI 28
11 DESCRIZIONE INTERVENTO e PRESCRIZIONI TECNICHE 31
12 CONCLUSIONI e PARERE TECNICO 32
13 ALLEGATI 33
14 ALLEGATO 1 – CARTA GEOLOGICA 34
15 ALLEGATO 2 – CARTA GEOMORFOLOGICA 35
16 ALLEGATO 3 – CARTA IDROGEOLOGICA 36
17 ALLEGATO 4 - PLANIMETRIE 37
18 ALLEGATO 5 – COLONNE STRATIGRAFICHE 40
19 ALLEGATO 6 – PROFILO GEOLOGICO 48
20 ALLEGATO 7 – SEZIONI GEOLOGICHE 49
21 ALLEGATO 8a – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA – fase di rilevamento 55
22 ALLEGATO 8b – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA – carote estratte 59

1 PREMESSA

Il livello d'approfondimento della presente relazione rientra tra quelli degli elaborati tecnici previsti per la progettazione definitiva di LL.PP. ex art. 26 del DPR 207/10 "*Regolamento di esecuzione ed attuazione del D.Lgs. 163/06 - Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture*".

Nella fattispecie, la progettazione geologico definitiva di seguito descritta è legata alla "*Sistemazione idraulica del Rio Ruscarolo, nel tratto compreso tra il campo sportivo di Borzoli e l'attraversamento di via Giotto*", il cui progetto preliminare è stato redatto nel 2008 dalla società di ingegneria ITEC Engineering Srl, su incarico dell'Assessorato alle Opere e Lavori Pubblici del Comune di Genova.

Più specificatamente, la seguente relazione geologica, successivamente a doverosi inquadramenti tematici dei luoghi, elabora nel dettaglio i risultati delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche effettuate in sito e in laboratorio, estrapolando i valori caratteristici dei parametri geotecnici e sismici locali, validi per una corretta progettazione strutturale ed antisismica delle opere previste.

Il seguente elaborato tecnico viene redatto nel rispetto della normativa di settore, basandosi sulle prescrizioni contenute nel Cap. 6.2.1. del D.M. 14/01/08 "*Norme Tecniche sulle Costruzioni – Caratterizzazione e modellazione geologica del sito*" e nel rispetto delle normative geologiche d'attuazione della pianificazione a livello di Bacino (*Piano di Bacino Stralcio del Torrente Chiaravagna*) e a livello comunale (*Piano Urbanistico Comunale della Città di Genova*).

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO MORFOLOGICO

L'area geografica oggetto di studio è rappresentata da buona parte del bacino idrografico del Rio Ruscarolo, principale affluente in sponda sinistra del Torrente Chiaravagna, corso d'acqua di riferimento che caratterizza l'orografia del quartiere cittadino di Sestri Ponente.

Il bacino idrografico del Rio Ruscarolo ha una superficie totale di poco più di 2,5 km², essendo delimitato a est dalla collina di Erzelli e a sud-est da quella di Coronata, dal colle di Borzoli che fa da spartiacque con la Val Polcevera e dalla costa che lo separa dal Torrente Chiaravagna.

Il versante destro del bacino, sotteso alla sezione di confluenza con il Torrente Chiaravagna, prende il nome di *Fossa dei Lupi* ed ha origine dall'alto morfologico Bric dei Corvi. La sua pendenza media è molto elevata, spesso superiore al 50% e su tale orografia sono presenti alcuni impluvi, tra i quali, partendo da est verso ovest, si ricordano il Rio Borzoli, il Rio Fossa dei Lupi ed il Fosso Battestu.

Questi corsi d'acqua minori hanno caratteristiche simili: un alveo con pendenza elevata e fortemente inciso, bacino di alimentazione privo di copertura vegetale arborea, evidente predisposizione all'erosione in concomitanza di eventi alluvionali di notevole intensità e conseguente ingente potenzialità di trasporto solido.

La linea ferroviaria Genova-Acqui, che taglia a mezza costa il versante, seguendo la curva di livello dei 60 m s.l.m., costituisce per tali rivi una sorta di separazione tra la parte montana dell'alveo e quella più prossima allo sbocco nel Rio Ruscarolo, quest'ultima caratterizzata da minori pendenze, maggiore regimazione idraulica e tendenza al sovralluvionamento.

Il versante sinistro del bacino raccoglie sia le acque del Rio Zoagli il quale drena il pendio esposto ad est della collina di Coronata confluendo nel Ruscarolo tombinato e confinato, sia le acque di un corso d'acqua senza nome, che drena parte della collina di Erzelli e scorre al di sotto del viadotto autostradale immettendosi nel Ruscarolo nei pressi del piazzale di proprietà della Massobrio snc.

L'asta principale del Rio Ruscarolo, dopo aver attraversato la località di Borzoli, percorre l'urbanizzato di Sestri Ponente con sezioni d'alveo alquanto ristrette, spesso interrotte da manufatti di attraversamento, bruschi cambi di direzione, coperture e tubazioni, ostacolandone il libero deflusso. L'ultimo tratto, da Passo Ruscarolo sino a Piazza S. Nicolò da Tolentino, risulta tombinato per circa 350 m.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il bacino idrografico oggetto di studio risulta impostato su di un'ossatura geologica appartenente all'**Unità Tettonometamorfica Figogna**, di età Giurassico-Cretacea e perciò legata alle fasi dell'orogenesi alpina.

Per la precisione, la formazione litologica maggiormente estesa è rappresentata dalla **Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna**, dalla caratteristica forma “a cuscini” e più raramente massivi o in filoni.

Il substrato roccioso, disposto ad andamento N-S rispetto all'attuale linea di costa, è stato interessato dalla tettonica quaternaria che ha coinvolto l’intero territorio ligure e, nello specifico, anche il territorio del Comune di Genova.

Tali eventi tettonici, caratterizzati da deformazioni fragili, con faglie ad andamento subparallelo alla linea di costa, hanno alimentato la deposizione e la successiva litificazione di sedimenti marini emipelagici in fosse o *graben* dalle estensioni contenute, riscontrabili lungo aree ben definite del territorio cittadino.

La **Formazione delle Argille di Ortovero**, di età pliocenica e composta da sedimenti argilloso marnoso siltosi, disposti in strati pluricentimentrici, ne è diretta testimonianza anche lungo l’area d’ interesse, risultando stratigraficamente a tetto del substrato metabasaltico.

Infine, in particolar modo lungo il tratto finale del bacino idrografico del Ruscarolo, il sottosuolo naturale più superficiale risulta caratterizzato dai **depositi alluvionali- marini** di età quaternaria-recente, testimonianze dei diversi momenti trasgressivi marini e/o del trasporto e dell’accumulo nel tempo dei sedimenti incoerenti prodotti dallo smantellamento e dalla disgregazione del substrato roccioso locale.

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

I caratteri geomorfologici del territorio esaminato risultano completamente obliterati e/o trasformati dall'azione antropica, connessa principalmente con la destinazione d’uso a carattere industriale dell’area d’indagine.

Dal rilevamento su terreno è emerso che gli affioramenti rocciosi metabasaltici più significativi sono presenti nel settore più a monte dell’area d’intervento, ovvero:

- in sponda sinistra del corso d’acqua, lungo il taglio stradale a ridosso di via Borzoli, nei pressi del nuovo imbocco di galleria realizzato da RFI-Italferr nell'ambito dei lavori del Terzo Valico;

- poco più a valle, sempre in sponda sinistra, nei pressi dell'ingresso del piazzale Derrick e, superiormente, lungo il tratto di pendio di proprietà della Bodrato Mobili Srl;
- a valle, poco dopo Passo Ruscarolo, alla sinistra idrografica del corso d'acqua e in prossimità di una salita privata che conduce ad un edificio adibito ad attività produttive.

Viceversa, l'affioramento più significativo delle Argille di Ortovero è presente in sponda destra del corso d'acqua, lungo il versante che discende a tergo dei lotti di proprietà della Wihelmsen Maritime Services e della Mediacenter Soc. Coop. Consortile.

Gli aspetti strutturali della Formazione dei Metabasalti del Mte Figogna sono stati affrontati nel dettaglio esaminando lo spaccato presente all'ingresso del piazzale Derrick.

L'ammasso roccioso si presenta tettonizzato con evidenti superfici di fratturazione; in particolare vengono riconosciute tre famiglie di discontinuità, dalla cui intersezione di due di esse si forma un cuneo con le seguenti giaciture **90/22/N** e **180/40/NE**. La terza famiglia, visibile a ridosso di una centralina, consiste in una superficie sub verticale che isola i blocchi rocciosi all'intersezione con le altre due famiglie e ha giacitura **130/90/N**.

Gli aspetti strutturali delle Argille di Ortovero sono stati affrontati nel dettaglio esaminando lo spaccato esistente a tergo dell'area privata con la Mediacenter Soc. Coop. Consortile.

Della formazione pliocenica viene individuata la parte basale più conglomeratica e la stratificazione sedimentaria risulta ad andamento suborizzontale.

La presenza di crolli lungo la scarpata testimonia l'alterazione delle proprietà geomeccaniche dell'ammasso roccioso in prossimità di contatto tettonico.

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista della permeabilità dei terreni e delle litologie di riferimento, la Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna, se in buono stato di conservazione geomeccanica, si contraddistingue per una sostanziale impermeabilità.

Tale proprietà si trasforma in permeabilità di origine secondaria, qualora l'ammasso roccioso si presenti alterato, fratturato e ricco di giunti di stratificazione.

La Formazione delle Argille di Ortovero, viceversa, è caratterizzata da una proprietà impermeabile che diviene permeabilità primaria per porosità, qualora gli strati argilloso marnosi tendano ad avere una tessitura più sabbioso limosa, specialmente a tetto stratigrafico della stessa formazione.

I risultati delle prove edometriche, realizzate sui campioni di argilla estratti dai carotaggi descritti nel successivo paragrafo 7, confermano come il coefficiente di permeabilità di tale Formazione spazi in un intervallo di valori compresi tra E-07 e E-08, a riscontro di quanto riportato nelle principali tabelle dei manuali di geotecnica.

Infine, i sedimenti alluvionali possiedono una permeabilità primaria per porosità, di grado variabile a seconda del tipo di matrice che li compone.

6 INQUADRAMENTO SISMICO

Il territorio del Comune di Genova è stato classificato con DGR 1632/10 parte in Zona 4 e parte in Zona 3. L'area oggetto d'indagine ricade in **ZONA 4**, con **ag_{max}** orizzontale pari a 0.05 g.

Tra gli Aspetti Geologici sviluppati nel documento "Descrizione Fondativa" del nuovo PUC della Città di Genova vi è anche la *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica* (livello I ex DGR 471/10 e succ.), dalla quale si evince che i substrati rocciosi di riferimento sono considerati come zone stabili suscettibili ad amplificazione sismica, ovvero:

- i Metabasalti del Monte Figogna come *substrato lapideo non stratificato, affiorante o subaffiorante, con Vs30 > 800 m/s e con acclività i > 15°*
- le Argille di Ortovero come *substrato coesivo sovraconsolidato affiorante o subaffiorante, con Vs30 < 800 m/s e con acclività i < 15°*
- le Alluvioni come *sedimenti alluvionali e marini con spessore > 3 m e con acclività i < 15°*

Inoltre, al contatto tra i Metabasalti e le Alluvioni, viene cartografata una fascia, ad andamento parallelo alle isoipse, classificata come zona suscettibile ad instabilità, ovvero zona C1s, con acclività i < 15°, legata a cedimenti differenziali.

Il Cap. 3.2 del D.M. 14/01/08 "Norme Tecniche sulle Costruzioni" prende in considerazione la cosiddetta *pericolosità sismica locale*, sviluppata per sito dipendenza e definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (**a_g**), in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale, nonché in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se(T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **PVR** nel periodo di riferimento **VR**.

Vengono così definite le azioni sismiche di progetto (le categorie di sottosuolo e le condizioni topografiche), calcolandole attraverso l'uso di coefficienti che tengono in considerazione fattori quali l'amplificazione stratigrafica e l'amplificazione topografica.

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

La campagna geognostica ha previsto la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo, abbinati a prove SPT in foro e al prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati.

La collocazione dei suddetti carotaggi ha riguardato il tratto di bacino del Ruscarolo che verrà maggiormente interessato dalle modifiche progettuali.

Nello specifico, sono stati eseguiti n. 8 sondaggi a carotaggio continuo, denominati e posizionati nel seguente ordine (vedasi le planimetrie non in scala presenti tra gli allegati alla relazione):

- **S1** in sponda dx del rio,dentro l'edificio Edilbit, nei pressi di Passo Ruscarolo
- **S2** in sponda dx del rio, nel piazzale di proprietà Massobrio snc
- **S3** in sponda sx del rio, nei pressi dell'attraversamento carrabile tra la proprietà Alba srl e l'ex proprietà Tobi Gelati srl;
- **S4** in sponda sx del rio, dentro la proprietà Alba srl
- **S5** in sponda sx del rio, sul parcheggio esterno di proprietà Bodrato Mobili srl
- **S6** in alveo, al di sotto dell'ingresso alla proprietà Addea srl
- **S7** sul settore a monte all'interno del parcheggio esistente tra l'inizio di via Borzoli e via Sparta (nei pressi del cancello d'ingresso al campo sportivo)
- **S8** all'ingresso dell'area adibita a parcheggio, nei pressi di un'aiuola alberata

In data 03/12/2015, l'impresa M3D ha portato a termine l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo denominato **S2**.

Le prove SPT in foro sono state realizzate a 3 e 4,50 m dal p.c.; il campione rimaneggiato è stato prelevato alla profondità tra 5 - 5,30 m, mentre i due campioni indisturbati sono stati presi alle profondità tra 9,50 - 10 m e tra 11 - 11,40 m

Di seguito viene riassunto il report stratigrafico, approfondito dal relativo *log stratigrafico* presente tra gli allegati tecnici alla relazione.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S2 (profondità falda: 4 m dal p.c.)

p.c. – 4 m : terreno rimaneggiato e materiale di riporto
4 m – 8.70 m : ghiaia e sabbia in matrice limoso argillosa
8.70 m – 12.25 m : argilla marnosa con livelli sabbiosi

Assimilando il terreno ad una sabbia ed utilizzando la correlazione di Skempton, a valori di Nspt corrisponde un range di valori della **densità relativa D_R** :

I prova SPT a 3 m dal p.c.: N_1=13; N_2=6; N_3=3 → N_{SPT} =N2+N3=9 → **D_R** = 15-35%

II prova SPT a 4,50 m dal p.c.: N_1=1; N_2=2; N_3=3 → N_{SPT} =N2+N3=5 → **D_R** = 15-35%

In data 04/12/2015, l'impresa M3D ha portato a termine l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo denominato **S1**.

Le prove SPT in foro sono state realizzate a 4,50 e 6 m dal p.c.; il campione rimaneggiato è stato prelevato alla profondità tra 3,70 - 4 m, mentre i due campioni indisturbati sono stati scelti alle profondità tra 9,50 - 10,20 m e tra 11 - 11,40 m.

Di seguito viene riassunto il report stratigrafico, approfondito dal relativo *log stratigrafico* presente tra gli allegati tecnici alla relazione.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S1 (profondità falda: 2,20 m dal p.c.)

p.c. – 3 m : soletta, terreno rimaneggiato e materiale di riporto
3 m – 8.20 m : ghiaia e sabbia in matrice limoso argillosa
8.20 m – 12.50 m : argilla marnosa con livelli sabbiosi

Assimilando il terreno ad una sabbia ed utilizzando la correlazione di Skempton, ad un range di valori di Nspt corrisponde un range di valori della **densità relativa D_R** :

I prova SPT a 4,50 m dal p.c.: N_1=3; N_2=1; N_3=1→N_{SPT} =N2+N3=2 → **D_R** = 0-15%

II prova SPT a 6 m dal p.c.:N_1=6; N_2=12; N_3=10 → N_{SPT} =N2+N3=22 → **D_R** = 35-65%

In data 09/12/2015, l'impresa M3D ha portato a termine l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo denominato **S3**.

Le prove SPT in foro sono state realizzate a 3 e 6 m dal p.c.; il campione rimaneggiato è stato prelevato alla profondità tra 5,70 - 6 m, mentre i due campioni indisturbati sono stati presi alle profondità tra 8 - 8,60 m e tra 11 - 11,50 m.

Di seguito viene riassunto il report stratigrafico, approfondito dal relativo *log stratigrafico* presente tra gli allegati tecnici alla relazione.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S3 (profondità falda: 3 m dal p.c.)

p.c. – 3 m : terreno rimaneggiato e materiale di riporto
3 m – 7.50 m : ghiaia e sabbia in matrice limoso argillosa
7.50 m – 12 m : argilla marnosa con livelli sabbiosi

Assimilando il terreno ad una sabbia ed utilizzando la correlazione di Skempton, ad un range di valori di Nspt corrisponde un range di valori della **densità relativa D_R** :

I prova SPT a 3 m dal p.c.: N_1=2; N_2=1; N_3=1 → N_{SPT} =N2+N3=2 → **D_R** = 0-15%

II prova SPT a 6 m dal p.c.: N_1=16; N_2=12; N_3=15 → N_{SPT} =N2+N3=27 → **D_R**=65-85%

In data 10/12/2015, l'impresa M3D ha portato a termine l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo denominato **S5**.

Le prove SPT in foro sono state realizzate a 3 e 4,50 m dal p.c.; il campione rimaneggiato è stato prelevato alla profondità tra 3 - 3,40 m, mentre i due campioni indisturbati sono stati presi alle profondità tra 6,10 - 6,50 m e tra 10,70 - 11 m.

Di seguito viene riassunto il report stratigrafico, approfondito dal relativo *log stratigrafico* presente tra gli allegati tecnici alla relazione.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S5 (profondità falda: 3 m dal p.c.)

p.c. – 3 m : terreno rimaneggiato e materiale di riporto artificiale
3 m – 12.30 m : argilla marnosa con livelli sabbiosi

Assimilando il terreno ad una sabbia ed utilizzando la correlazione di Skempton, ad un range di valori di Nspt corrisponde un range di valori della **densità relativa D_R** :

I prova SPT a 3 m dal p.c.: N_1=10; N_2=11; N_3=13→N_{SPT} =N2+N3=24→**D_R**=35-65%

II prova SPT a 4,50 m dal p.c.: N_1=13; N_2=14; N_3=11 → N_{SPT} =N2+N3=25 →**D_R**=35-65%

In data 11/12/2015, l'impresa M3D ha portato a termine l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo denominato **S4**.

Le prove SPT in foro sono state realizzate a 4,50 e 6 m dal p.c.; il campione rimaneggiato è stato prelevato alla profondità tra 4 - 4,30 m, mentre i due campioni indisturbati sono stati presi alle profondità di 7 - 7,40 m e tra 9,40 - 9,90 m.

Di seguito viene riassunto il report stratigrafico, approfondito dal relativo *log stratigrafico* presente tra gli allegati tecnici alla relazione.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S4 (profondità falda: 3 m dal p.c.)

p.c. – 3 m : soletta, terreno rimaneggiato e materiale di riporto artificiale
3 m – 7 m : ghiaia e sabbia in matrice limoso argillosa
7 m – 12.20 m : argilla marnosa con livelli sabbiosi

Assimilando il terreno ad una sabbia ed utilizzando la correlazione di Skempton, ad un range di valori di Nspt corrisponde un range di valori della **densità relativa D_R** :

I prova SPT a 4,50 m dal p.c.: N_1=6; N_2=14; N_3=13 → N_{SPT} =N2+N3=27 → **D_R**=65-85%

II prova SPT a 6 m dal p.c.: N_1=5; N_2=6; N_3=6 → N_{SPT} =N2+N3=12 → **D_R**=35-65%

In data 12/12/2015, l'impresa M3D ha portato a termine l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo denominato **S6**.

Le prove SPT in foro sono state realizzate a 5 e 6 m dal p.c.; il campione rimaneggiato è stato prelevato alla profondità tra 4,70 - 5 m, mentre i due spezzoni di carota di roccia sono stati presi alle profondità tra 8 – 8,50 m e tra 10 – 10,50 m.

Di seguito viene riassunto il report stratigrafico, approfondito dal relativo *log stratigrafico* presente tra gli allegati tecnici alla relazione.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S6 (profondità falda: 2,70 m dal p.c.)

p.c. – 0.60 m : soletta in cls
0.60 m – 2.70 m : spazio vuoto tra la soletta e il tratto d'alveo del corso d'acqua
2.70 m – 6 m : terreno rimaneggiato sino a 4,50 m e successiva breccia basaltica in scarsa matrice sabbioso limosa
6 m – 12 m : roccia metabasaltica, con relativo *cappellaccio d'alterazione* superficiale (6 – 7,70 m), in condizioni di conservazione geomeccanica mediocre

Assimilando il terreno ad una sabbia ed utilizzando la correlazione di Skempton, ad un range di valori di Nspt corrisponde un range di valori della **densità relativa D_R** :

I prova SPT a 5 m dal p.c.: N_1=18; N_2=21; N_3=20 → N_{SPT} =N2+N3=41 → **D_R** =65-85%

II prova SPT a 6 m dal p.c. → RIFIUTO

In data 18/04/2016, l'impresa M3D ha portato a termine l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo denominato **S8**.

Le prove SPT in foro sono state realizzate a 1.50 e 3 m dal p.c.; i campioni rimaneggiati sono stati prelevati alle profondità tra 6,45 - 6,90 m e 7,60 – 8 m, mentre gli spezzoni di carota rocciosi sono stati scelti tra 9,20 – 9,90 m di profondità dal p.c.

Di seguito viene riassunto il report stratigrafico, approfondito dal relativo *log stratigrafico* presente tra gli allegati tecnici alla relazione.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S8 (profondità falda: non rilevata)

p.c. – 2,60 m : terreno rimaneggiato e materiale di riporto artificiale, con soletta in cemento tra 1,90 e 2,60 m
2,60 m – 5,80 m : sabbia e ghiaia, di ambiente alluvionale e con ciottoli di natura metabasaltica
5,80 m – 8 m : sabbia e ghiaia alluvionale, in matrice limoso argillosa
8 m – 10 m : cappellaccio d'alterazione del substrato metabasaltico, fino a 8,60 totalmente brecciato e successivamente suddiviso in spezzoni di lunghezza massima di 30 cm

Assimilando il terreno ad una sabbia ed utilizzando la correlazione di Skempton, ad un range di valori di N_{spt} corrisponde un range di valori della **densità relativa D_R** :

I prova SPT a 1,50 m dal p.c.: N_1=6; N_2=40; N_3=48→N_{SPT} =N2+N3=88→**D_R**=85-100%

II prova SPT a 3 m dal p.c.: N_1=50; N_2= RIFIUTO

In data 19/04/2016, l'impresa M3D ha portato a termine l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo denominato **S7**.

Le prove SPT in foro sono state realizzate a 1.50 e 3 m dal p.c.; i campioni rimaneggiati sono stati prelevati alle profondità tra 4 - 4,30 m, 7,10 – 7,50 m e 9,50 – 10 m di profondità dal p.c.

Di seguito viene riassunto il report stratigrafico, approfondito dal relativo *log stratigrafico* presente tra gli allegati tecnici alla relazione.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S7 (profondità falda: 5 m dal p.c.)

p.c. – 4 m : prescavo, terreno rimaneggiato e materiale di riporto artificiale
4 m – 12 m : sabbia e ghiaia, di ambiente alluvionale e di natura metabasaltica, in matrice limoso argillosa e del tutto incoerenti fino a 6,50 m di profondità; successivamente vi è un aumento consistente del contenuto argilloso e del relativo grado di compattazione

Assimilando il terreno ad una sabbia ed utilizzando la correlazione di Skempton, ad un range di valori di N_{spt} corrisponde un range di valori della **densità relativa D_R** :

I prova SPT a 1,50 m dal p.c.: N_1=5; N_2=7; N_3=8 →N_{SPT} =N2+N3=15 →**D_R**=15-35%

II prova SPT a 3 m dal p.c.: N_1=6; N_2=2; N_3=2 → N_{SPT} =N2+N3=4 →**D_R**=15%

8 INDAGINI GEOFISICHE

La campagna geognostica è stata corredata dall'esecuzione di n. 3 stese di sismica (denominate **SS1**, **SS2** e **SS3**) realizzate con il metodo abbinato a rifrazione+MASW.

Dello sviluppo lineare complessivo di 37,50 m, le prime due hanno interessato il lato maggiore di piazzale Massobrio e l'area del parcheggio esterno adibito ai clienti del mobilificio Bodrato, mentre l'ultima, della lunghezza di 50 m, è stata realizzata sul marciapiede presente alla destra dell'area adibita a parcheggio posta tra via Borzoli e via Sparta.

Le tomografie SS1 e SS2, realizzate su di una sequenza stratigrafica del sottosuolo molto simile, hanno portato ad indagare una profondità sino a 12 m, e l'elaborazione dei dati ottenuti ha permesso una ricostruzione stratigrafica caratterizzata da:

- un primo orizzonte rimaneggiato, con valori di Vp compresi tra 210-1000 m/s, composto da materiale di riporto eterogeneo in matrice sabbioso ghiaiosa, avente spessore massimo di 4,50 m dal p.c.
- uno secondo orizzonte, sotto falda, con valori di Vp compresi tra 1000-1250 m/s, costituito da depositi incoerenti grossolani, dello spessore medio di 4 m
- un terzo orizzonte, con valori di Vp superiori a 1250 m/s, costituito dal substrato roccioso, in condizioni geomeccaniche variabili da scadenti a ottime, secondo la Classificazione di Bieniawski.

L'analisi multicanale MASW ha portato alla definizione dei valori delle Vs30, rappresentanti la "velocità equivalente" di propagazione delle onde secondarie di taglio entro 30 m di profondità.
I valori ottenuti dai due stendimenti, Vs_{30} = 535 m/s e Vs_{30} = 670 m/s, e l'interpretazione descritta da pg 28 a pg 31 del "*Rapporto indagini geognostiche*" a firma del dott. Geol. Luca Maldotti, hanno permesso allo Scrivente di ascrive il sottosuolo di fondazione in **categoria E** "*terreni dei sottosuoli di tipo C o D, per spessori non superiori a 20 m, posti su substrato di riferimento (Vs30 > 800 m/s)"*

La tomografia SS3, viceversa, è stata realizzata in condizioni di sito "precarie" in quanto la fondazione del marciapiede limitrofo al muro di contenimento esistente tra il parcheggio e la soprastante via Sparta, ha interferito sull'interpretazione della prima profondità d'interfaccia, scelta intorno ai 3 m dal p.c.
In questo modo, l'interfaccia superiore del substrato roccioso in buone condizioni di conservazione geomeccanica è stato rilevato ad una profondità di 6 m dal p.c.
Di conseguenza, non tenendo conto dello spessore del primo orizzonte (3 m), il valore della velocità di propagazione delle onde secondarie di taglio entro 30 m di profondità è risultato, in modo anomalo, elevato (Vs_{30} = 948 m/s).

PERICOLOSITA' SISMICA di BASE

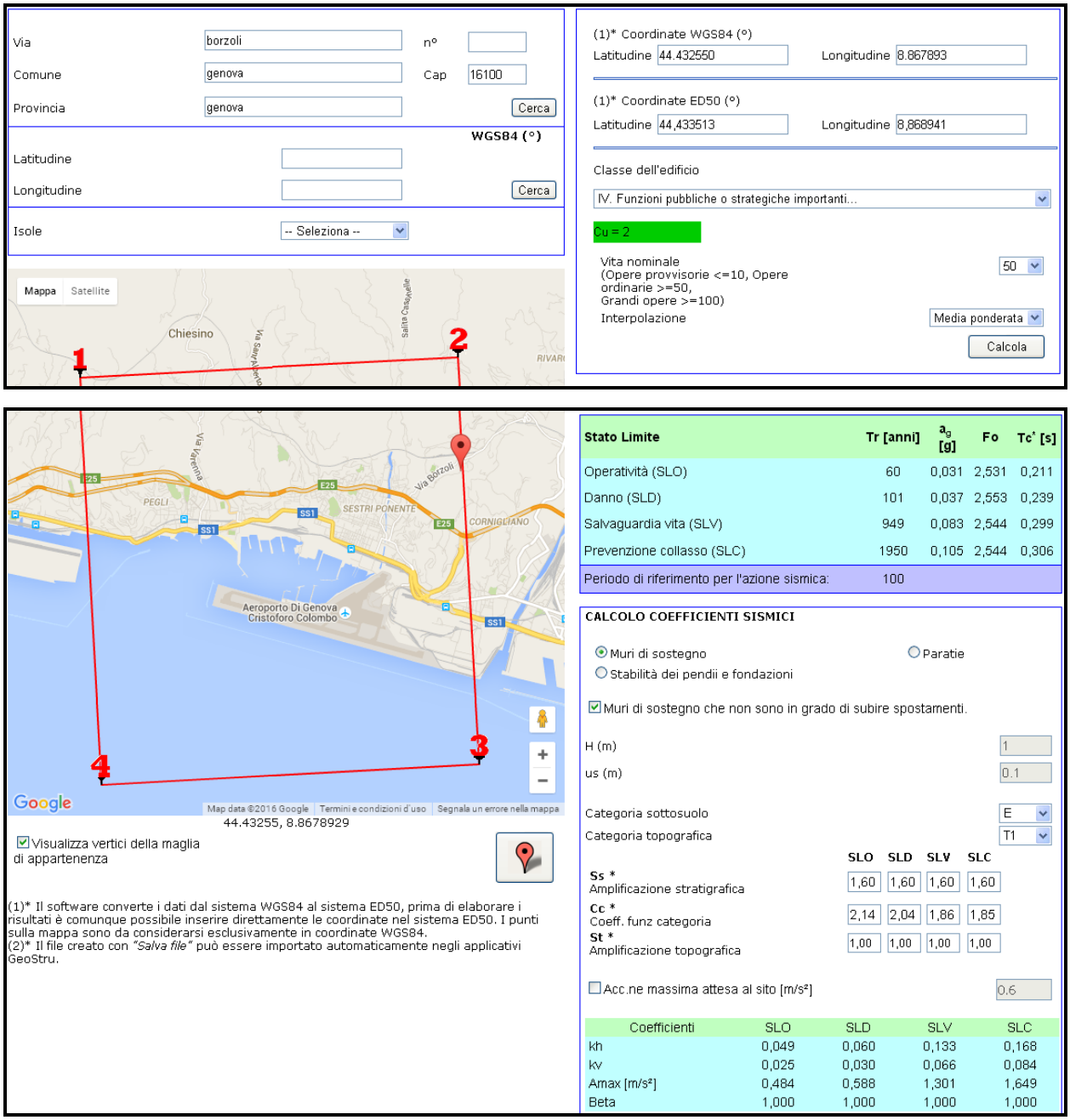
- **Classe d'uso IV**: *"…reti viarie di tipo A e B di cui al D.M. 6792/2001…"*
- **Vita Nominale** valutabile in **Vn** > **50 anni** (opere ordinarie)
- **Periodo di Riferimento minimo** pari a **Vr = 100 anni**
- **Categoria topografica T1**: *"superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i < 15°"*
- **Coefficiente di amplificazione topografica St = 1**
- **Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss** e **coefficiente Cc**:

$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Sulla base dei fattori sopra elencati, tramite il software GeoStru PS "*Parametri Sismici*" sono stati calcolati i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima al sito), di **F0** (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) di **Tc** (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), e dei coefficienti sismici orizzontali e verticali **Kh** e **Kv**, considerando i nuovi argini come opere di sostegno in grado di non subire spostamenti.

Ottenuti i valori di cui sopra, si è arrivati a calcolare l'accelerazione massima attesa sul sito che, considerando ad esempio lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), risulta essere:

Ag_{max} (SLV) = a_g (SLV) x Ss x St x 9,81 m/s² = 1,301 m/s



Schermata riassuntiva dei parametri e coefficienti sismici ottenuti con il software "GeoStru PS"

REPORT SISMICO

Tipo di elaborazione: opere di sostegno

Muro rigido: 1

Sito in esame

latitudine: 44,433513

longitudine: 8,868941

Classe: 4

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16694	Lat: 44,4422 Lon: 8,7986	Distanza: 5670,858
Sito 2	ID: 16695	Lat: 44,4450 Lon: 8,8684	Distanza: 1274,574
Sito 3	ID: 16917	Lat: 44,3950 Lon: 8,8723	Distanza: 4286,403
Sito 4	ID: 16916	Lat: 44,3923 Lon: 8,8025	Distanza: 6988,778

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100anni

Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 60 [anni]

ag: 0,031 g

Fo: 2,531

Tc*: 0,211 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 101 [anni]

ag: 0,037 g

Fo: 2,553

Tc*: 0,239 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 949 [anni]

ag: 0,083 g

Fo: 2,544

Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 1950 [anni]

ag: 0,105 g

Fo: 2,544

Tc*: 0,306 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,600

Cc: 2,140

St: 1,000

Kh: 0,049

Kv: 0,025

A_{max}: 0,484

Beta: 1,000

SLD:

Ss: 1,600

Cc: 2,040

St: 1,000

Kh: 0,060

Kv: 0,030

A_{max}: 0,588

Beta: 1,000

SLV:

Ss: 1,600

Cc: 1,860

St: 1,000

Kh: 0,133

Kv: 0,066

A_{max}: 1,301

Beta: 1,000

SLC:

Ss: 1,600

Cc: 1,850

St: 1,000

Kh: 0,168

Kv: 0,084

A_{max}: 1,649

Beta: 1,000

9 PROVE di LABORATORIO

Il laboratorio geotecnico GET di Genova ha potuto analizzare n. 25 campioni di carote estratte dai sondaggi eseguiti. Questi sono stati suddivisi in **n. 11 campioni rimaneggiati**, **n. 10 campioni indisturbati** e **n. 4 spezzoni di roccia**. Le prove geotecniche hanno previsto, nello specifico:

- n. 10 analisi granulometriche con setacci ASTM
- n. 6 determinazioni della frazione passante al setaccio ASTM 200
- n. 16 determinazioni del contenuto in acqua naturale
- n. 14 determinazioni del peso di volume
- n. 12 determinazioni del limite di liquidità e di plasticità
- n. 14 prove di taglio diretto
- n. 6 prove triassiali consolidate non drenate (CU)
- n. 8 prove triassiali non consolidate non drenate (UU)
- n. 6 prove edometriche ad incrementi di carico controllati
- n. 4 compressioni monoassiali su spezzoni di roccia (di cui n. 3 a def controllata)

Di seguito vengono riportati i valori dei parametri geotecnici principali ricavati o interpretati dalle prove su ogni campione.

SONDAGGIO S1

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S1CR1** (3.70 – 4 m): **Ghiaia limosa con sabbia**

Contenuto in acqua **w** = 13.7 %

CAMPIONE INDISTURBATO **S1CI1** (9.50 – 10.20 m): **Argilla ad alta plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 32.8 %

Contenuto in fini (**Ø < 0.075 mm**) = 95.79%

Limite di liquidità **LL** = 62 ; limite di plasticità **LP** = 24 ; indice di plasticità **IP** = 37

Peso di volume **γ** = 16.29 KN/m³

Parametri da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 28,4°

Coesione efficace **c'** = 10.55 kPa

Resistenza al taglio da prova triassiale UU: Coesione non drenata $\mathbf{C_u}$ = 128.6 kPa

Parametri da prova triassiale CU: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 26,3°

Coesione efficace **c'** = 8.4 kPa

CAMPIONE INDISTURBATO **S1CI2** (11-11.40 m): **Argilla ad alta plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 28.8 % ; Contenuto in fini (**Ø < 0.075 mm**) = 92.06%

Limite di liquidità **LL** = 60 ; limite di plasticità **LP** = 29 ; indice di plasticità **IP** = 31

Peso di volume **γ** = 18.6 KN/m³

Parametri da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29,1°

Coesione efficace **c'** = 10.39 kPa

Parametri da prova edometrica: Pressione di preconsolidazione **P'c** = 0.41 MPa

Modulo edometrico **M** = 37.74 MPa (con σ_v = 3.2 MPa)

Coefficiente di consolidazione 3.4E-03< $\mathbf{C_v}$ < 9.4E-03

Coefficiente di permeabilità 8.7E-09 < $\mathbf{k_v}$ < 1.4E-07

SONDAGGIO S2

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S2CR1** (5 - 5.30 m): **Sabbia limosa con ghiaia**

Contenuto in acqua **w** = 15.4 %

CAMPIONE INDISTURBATO **S2CI1** (9.50 – 10 m): **Argilla a bassa plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 15.4 %; Contenuto in fini (**Ø < 0.075 mm**) = 85.48%

Limite di liquidità **LL** = 49 ; limite di plasticità **LP** = 21 ; indice di plasticità **IP** = 27

Peso di volume **γ** = 19.13 KN/m³

Parametri da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29,7°

Coesione efficace **c'** = 11.67 kPa

Resistenza al taglio da prova triassiale UU: Coesione non drenata $\mathbf{C_u}$ = 325.6 kPa

Parametri da prova edometrica: Pressione di preconsolidazione **P'c** = 0.37 MPa

Modulo edometrico **M** = 39.85 MPa (con σ_v = 3.2 MPa)

Coefficiente di consolidazione 2.7E-03 < $\mathbf{C_v}$ < 9.4E-03

Coefficiente di permeabilità 1.1E-08 < $\mathbf{k_v}$ < 2.6E-07

Parametri da prova triassiale CU: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29,4°

Coesione efficace **c'** = 16.4 kPa

CAMPIONE INDISTURBATO **S2CI2** (11-11.40 m): **Argilla ad alta plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 38 % ; Contenuto in fini (**Ø < 0.075 mm**) = 86.4%

Limite di liquidità **LL** = 56 ; limite di plasticità **LP** = 27 ; indice di plasticità **IP** = 29

Peso di volume **γ** = 17.91 KN/m³

Parametri da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29.1°

Coesione efficace **c'** = 10.17 kPa

Resistenza al taglio da prova triassiale UU: Coesione non drenata $\mathbf{C_u}$ = 134.9 kPa

Parametri da prova edometrica: Pressione di preconsolidazione **P'c** = 0.88 MPa

Modulo edometrico **M** = 33.19 MPa (con σ_v = 3.2 MPa)

Coefficiente di consolidazione 7.6E-03 < $\mathbf{C_v}$ < 1.5E-02

Coefficiente di permeabilità 2.3E-08 < $\mathbf{k_v}$ < 2.6E-07

Parametri da prova triassiale CU: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 30,9°

Coesione efficace **c'** = 18.9 kPa

SONDAGGIO S3

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S3CR1** (5.70 – 6 m): **Sabbia argillosa con ghiaia**

Contenuto in acqua **w** = 8.9 %

CAMPIONE INDISTURBATO **S3CI1** (8 – 8.60 m): **Argilla sabbiosa a bassa plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 25.9 % ; Contenuto in fini (**Ø < 0.075 mm**) = 83.04%

Limite di liquidità **LL** = 49 ; limite di plasticità **LP** = 24 ; indice di plasticità **IP** = 24

Peso di volume **γ** = 18.14 KN/m³

Parametri da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29,8°

Coesione efficace **c'** = 11.01 kPa

Resistenza al taglio da prova triassiale UU: Coesione non drenata $\mathbf{C_u}$ = 157.1 kPa

Parametri da prova edometrica: Pressione di preconsolidazione **P'c** = 0.53 MPa

Modulo edometrico **M** = 46.99 MPa (con σ_v = 3.2 MPa)

Coefficiente di consolidazione 7.9E-03 < $\mathbf{C_v}$ < 1.2E-02

Coefficiente di permeabilità 1.9E-08 < $\mathbf{k_v}$ < 2.7E-07

Parametri da prova triassiale CU: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29,5°

Coesione efficace **c'** = 24.7 kPa

CAMPIONE INDISTURBATO **S3CI2** (11 - 11.50 m): **Argilla ghiaiosa ad alta plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 27.3 % ; Peso di volume **γ** = 18.81 KN/m³

Limite di liquidità **LL** = 56 ; limite di plasticità **LP** = 26 ; indice di plasticità **IP** = 29

Parametri da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29,1°

Coesione efficace **c'** = 10.33 kPa

Parametri da prova edometrica: Pressione di preconsolidazione **P'c** = 0.35 MPa

Modulo edometrico **M** = 40.71 MPa (con σ_v = 3.2 MPa)

Coefficiente di consolidazione 7.6E-03 < **c_v** < 1.1E-02

Coefficiente di permeabilità 1.7E-08 < **k_v** < 3.9E-07

SONDAGGIO S4

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S4CR1** (4 - 4.30 m): **Sabbia argillosa con ghiaia**

Contenuto in acqua **w** = 15.9 %

Limite di liquidità **LL** = 38 ; limite di plasticità **LP** = 18 ; indice di plasticità **IP** = 20

CAMPIONE INDISTURBATO **S4CI1** (7 – 7.40 m): **Argilla sabbiosa a bassa plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 24 % ; Peso di volume **γ** = 19.13 KN/m³

Limite di liquidità **LL** = 46 ; limite di plasticità **LP** = 21 ; indice di plasticità **IP** = 24

Parametri da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29,6°

Coesione efficace **c'** = 10.27 kPa

Resistenza al taglio da prova triassiale UU: Coesione non drenata **c_u** = 104.9 kPa

Parametri da prova triassiale CU: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29,7°

Coesione efficace **c'** = 20 kPa

CAMPIONE INDISTURBATO **S4CI2** (9.40 – 9.90 m): **Argilla a bassa plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 12.9 % ; Contenuto in fini (**Ø < 0.075 mm**) = 93.85%

Limite di liquidità **LL** = 33 ; limite di plasticità **LP** = 19 ; indice di plasticità **IP** = 14

Peso di volume **γ** = 17.61 KN/m³

Parametri di resistenza da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 33.4°

Coesione efficace **c'** = 8.37 kPa

SONDAGGIO S5

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S5CR1** (3 – 3.40 m): **Argilla sabbiosa**

Contenuto in acqua **w** = 26.2 %

Limite di liquidità **LL** = 56 ; limite di plasticità **LP** = 27 ; indice di plasticità **IP** = 28

CAMPIONE INDISTURBATO **S5CI1** (6.10 – 6.50 m): **Argilla sabbiosa a bassa plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 25 % ; Peso di volume **γ** = 19.03 KN/m³

Limite di liquidità **LL** = 48 ; limite di plasticità **LP** = 23 ; indice di plasticità **IP** = 25

Parametri da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29,8°

Coesione efficace **c'** = 9.98 kPa

Parametri da prova edometrica: Pressione di preconsolidazione **P'c** = 0.41 Mpa

Modulo edometrico **M** = 71.27 MPa (con σ_v = 3.2 Mpa)

Coefficiente di consolidazione 6.9E-03 < **C_v** < 1.3E-02

Coefficiente di permeabilità 1.3E-08 < **k_v** < 2.1E-07

CAMPIONE INDISTURBATO **S5CI2** (10.70 - 11 m): **Argilla ad alta plasticità**

Contenuto in acqua **w** = 30.5 % ; Peso di volume **γ** = 17.88 KN/m³

Limite di liquidità **LL** = 55 ; limite di plasticità **LP** = 27 ; indice di plasticità **IP** = 27

Parametri da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 29.7°

Coesione efficace **c'** = 11.45 kPa

Resistenza al taglio da prova triassiale UU: Coesione non drenata $\mathbf{C_u}$ = 163.6 kPa

Parametri da prova triassiale CU: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 27,4°

Coesione efficace **c'** = 12.5 kPa

SONDAGGIO S6

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S6CR1** (4.70 – 5 m): **ghiaia argilloso sabbiosa**

Contenuto in acqua **w** = 13.1 %

Parametri di resistenza da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 33.2°

Coesione efficace **c'** = 4.07 kPa

SPEZZONE di CAROTA 1 (8 – 8.50 m): **metabasalto mediamente alterato**

Peso di volume **γ** = 28,57 KN/m³ ; Pressione di rottura **σ** = 14.52 MPa

Modulo di Young **E** = 10.95 GPa

Coefficiente di Poisson **V** = 0.28

SPEZZONE di CAROTA 2 (10 – 10.50 m): **Metabasalto mediamente alterato**

Peso di volume **γ** = 27,15 KN/m³ ; Pressione di rottura **σ** = 12.22 MPa

SONDAGGIO S7

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S7CR1** (4.00 – 4.30 m): **sabbia limosa argillosa**

Parametri di resistenza da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 33°

Coesione efficace **c'** = 15 kPa

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S7CR2** (7.10 – 7.50 m): **sabbia e ghiaia limosa argillosa**

Peso di volume **γ** = 20,14 KN/m³

Parametri di resistenza da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 32.5°

Coesione efficace **c'** = 9.4 kPa

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S7CR3** (9.50 – 10.00 m): **argilla sabbiosa**

Peso di volume **γ** = 21,57 KN/m³

Resistenza al taglio da prova triassiale UU: Coesione non drenata $\mathbf{C_u}$ = 123.9 kPa

SONDAGGIO S8

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S8 CR1** (6.45 – 6.90 m): **argilla sabbiosa con ghiaia**

Peso di volume **γ** = 20,25 KN/m³

Parametri di resistenza da prova di taglio diretto: Angolo d'attrito efficace **φ'** = 31.7°

Coesione efficace **c'** = 11.8 kPa

CAMPIONE RIMANEGGIATO **S8 CR2** (7.60 8.00 m): **argilla sabbiosa con ghiaia**

Peso di volume **γ** = 19,82 KN/m³

Resistenza al taglio da prova triassiale UU: Coesione non drenata $\mathbf{C_u}$ = 92.1 kPa

SPEZZONE di CAROTA 1 (9,20 – 9.40 m): **metabasalto mediamente alterato**

Peso di volume **γ** = 27,44 KN/m³ ; Pressione di rottura **σ** = 12.57 MPa

Modulo di Young **E** = 2.21 GPa ; Coefficiente di Poisson **V** = 0.24

SPEZZONE di CAROTA 2 (9,6 – 9.90 m): **metabasalto mediamente alterato**

Peso di volume **γ** = 27,14 KN/m³ ; Pressione di rottura **σ** = 18.31 MPa

Modulo di Young **E** = 7.98 GPa ; Coefficiente di Poisson **V** = 0.27

10 INTERPRETAZIONE dei DATI e scelta dei PARAMETRI GEOTECNICI

La scelta dei campioni di terreno da sottoporre alle analisi di laboratorio si è basata sull'intento di indagare prettamente il sottosuolo naturale ed ha tralasciato l'esame dei materiali di riporto artificiale, presenti mediamente dal livello di campagna sino alla profondità di 3 m dal p.c.

Il sottosuolo naturale è così stato classificato in tre distinti orizzonti:

1. il primo, più superficiale e tendenzialmente incoerente, è costituito da alternanze di ghiae e sabbie in matrice limoso argillosa (depositi alluvionali);
2. il secondo, più profondo e coesivo, è costituito da argille sempre più compatte con la profondità (Formazione delle Argille di Ortovero);
3. il terzo, stratigraficamente al di sotto del Pliocene, è costituito dal substrato roccioso della Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna, in condizioni di conservazione geomeccanica mediamente alterate e rinvenuto a monte e a valle dell'area d'intervento

Volendo suddividere l'area d'intervento in quattro microaree, vengono distinte:

1. la zona prossima alla confluenza tra il Ruscarolo e il Chiaravagna, dove il corso d'acqua risulta per lo più tombinato e dove sono stati eseguiti i carotaggi S7 e S8;
2. una zona di valle, con andamento lineare del corso d'acqua e dove sono stati eseguiti i carotaggi S1 e S2;
3. un tratto intermedio, a meandri, dove sono stati eseguiti i carotaggi S3 e S4;
4. e una zona a monte, dove sono stati eseguiti i carotaggi S5 e S6.

La tabella seguente riassume l'andamento stratigrafico del sottosuolo dell'area d'intervento, individuando per ogni litologia i parametri geotecnici bibliografici, medi e caratteristici, desunti da bibliografia o dai risultati delle analisi geotecniche di laboratorio.

MICROAREE			**valore bibliografico**	**valore medio**	**valore caratteristico**
MICROAREA 1					
SONDAGGIO 7					
RIPORTO	pc - 4 m	peso di volume γ (kN/m³)	17		
		angolo d'attrito efficace φ'	27°		
		coesione efficace C'	Ø		

ALLUVIONI	4 - 12 m	peso di volume γ (kN/m³)		20	19
		angolo d'attrito efficace φ'		32°	31°
		coesione efficace C' (kPa)		12	8
		coesione non drenata Cu (kPa)		108	82
SONDAGGIO 8					
RIPORTO	pc - 2,60 m	peso di volume γ (kN/m³)	17		
		angolo d'attrito efficace φ'	27°		
		coesione efficace C'	Ø		
ALLUVIONI	2,6 - 8 m	peso di volume γ (kN/m³)		20	19
		angolo d'attrito efficace φ'		32°	31°
		coesione efficace C' (kPa)		12	8
		coesione non drenata Cu (kPa)		108	82
METABASALTI	8 - 10 m	peso di volume γ (kN/m³)		27,3	
		angolo d'attrito φ	35°		
		coesione C (kPa)	400		
		resistenza a compressione σ (MPa)		15,4	
		modulo di Young E (Gpa)		5,1	
		coefficiente di Poisson v		0,25	
MICROAREA 2					
SONDAGGIO 1					
RIPORTO	pc - 3 m	peso di volume γ (kN/m³)	17		
		angolo d'attrito efficace φ'	27°		
		coesione efficace C'	Ø		
ALLUVIONI	3 - 8,20 m	peso di volume γ (kN/m³)		20	19
		angolo d'attrito efficace φ'		32°	31°
		coesione efficace C' (kPa)		12	8
		coesione non drenata Cu (kPa)		108	82
ARGILLE	8,20-12,50m	peso di volume γ (kN/m³)		18	16
		angolo d'attrito efficace φ'		29°	28°
		coesione efficace C' (kPa)		12	8
		coesione non drenata Cu (kPa)		196	71
SONDAGGIO 2					
RIPORTO	pc - 4 m	peso di volume γ (kN/m³)	17		
		angolo d'attrito efficace φ'	27°		
		coesione efficace C'	Ø		
ALLUVIONI	4 - 8,70 m	peso di volume γ (kN/m³)		20	19
		angolo d'attrito efficace φ'		32°	31°
		coesione efficace C' (kPa)		12	8
		coesione non drenata Cu (kPa)		108	82
ARGILLE	8,70-12,25m	peso di volume γ (kN/m³)		18	16
		angolo d'attrito efficace φ'		29°	28°
		coesione efficace C' (kPa)		12	8

		coesione non drenata Cu (kPa)		196	71
MICROAREA 3					
SONDAGGIO 3					
RIPORTO	pc - 3 m	peso di volume γ (kN/m³)	17		
		angolo d'attrito efficace φ'	27°		
		coesione efficace C'	Ø		
ALLUVIONI	3 - 7,50 m	peso di volume γ (kN/m³)		20	19
		angolo d'attrito efficace φ'		32°	31°
		coesione efficace C' (kPa)		12	8
		coesione non drenata Cu (kPa)		108	82
ARGILLE	7,50 - 12 m	peso di volume γ (kN/m³)		18	18
		angolo d'attrito efficace φ'		30°	28°
		coesione efficace C' (kPa)		14	4
		coesione non drenata Cu (kPa)		131	88
SONDAGGIO 4					
RIPORTO	pc - 3 m	peso di volume γ (kN/m³)	17		
		angolo d'attrito efficace φ'	27°		
		coesione efficace C'	Ø		
ALLUVIONI	3 - 7 m	peso di volume γ (kN/m³)		20	19
		angolo d'attrito efficace φ'		32°	31°
		coesione efficace C' (kPa)		12	8
		coesione non drenata Cu (kPa)		108	82
ARGILLE	7 - 12,20 m	peso di volume γ (kN/m³)		18	18
		angolo d'attrito efficace φ'		30°	28°
		coesione efficace C' (kPa)		14	4
		coesione non drenata Cu (kPa)		131	88
MICROAREA 4					
SONDAGGIO 5					
RIPORTO	pc-3m	peso di volume γ (kN/m³)	17		
		angolo d'attrito efficace φ'	27°		
		coesione efficace C'	Ø		
ARGILLE	3 - 12,30 m	peso di volume γ (kN/m³)		18,5	17,5
		angolo d'attrito efficace φ'		30°	30°
		coesione efficace C' (kPa)		10,5	9,5
		coesione non drenata Cu (kPa)		163,6	120
SONDAGGIO 6					
SOLETTA + VUOTO	p.c. - 2,70 m				
RIPORTO	2,70 - 4,50 m	peso di volume γ (kN/m³)	17		
		angolo d'attrito efficace φ'	27°		
		coesione efficace C'	Ø		

METABASALTI	4,50 - 12m	peso di volume γ (kN/m³)		27,9	
		angolo d'attrito φ	35		
		coesione C (kPa)	400		
		resistenza a compressione σ (MPa)		13,4	
		modulo di Young E (Gpa)		10,9	
		coefficiente di Poisson v		0,28	

11 DESCRIZIONE INTERVENTO e PRESCRIZIONI TECNICHE

La progettazione geotecnica dovrà tener conto della profondità di rinvenimento dei substrati rocciosi di riferimento.

Per quanto riguarda la Formazione delle Argille di Ortovero, essa si attesta a circa 8 m dal p.c., in particolar modo al di sotto del tratto intermedio e di valle dell'area d'intervento, mentre la profondità di riscontro della Formazione dei Metabasalti del Mte Figogna oscilla tra i 6 m dal p.c. nel settore di monte e gli 8 m dal p.c. nella parte iniziale dell'area d'intervento.

Si puntualizza che lungo il settore più a monte relativo al parcheggio ubicato tra l'inizio di via Borzoli e l'inizio di via Sparta non è stato riscontrato alcun substrato roccioso durante la perforazione geognostica S8, seppur spinta sino alla profondità di 12 m dal p.c.

Le opere speciali per il contenimento dei fronti di scavo, in presenza di manufatti limitrofi o dove vi è carenza di spazio, saranno costituite da berlinesi in **micropal**i verticali trivellati, rivestite da un paramento definitivo in c.a. che rappresenterà il nuovo argine. Le relative sezioni della berlinese saranno di tipo "semplice", "a sbalzo" e "con spalla da ponte".

I micropali avranno un diametro Ø = 200 mm e un'armatura costituita da un tubo di diametro Ø = 139,7 mm; essi verranno infissi a profondità opportune nel substrato roccioso e saranno, a loro volta, supportati da **tiranti passivi** di lunghezza pari a 21,50 m, distanziati tra loro di 2,40 m ed inclinati di un angolo pari a 60° rispetto all'orizzontale, nell'ottica di evitare scalzamenti al piede e ribaltamenti durante i periodi di piena idraulica.

I materiali di scavo e risultanti dai movimenti terra verranno smaltiti in apposite discariche idonee al loro recepimento.

12 CONCLUSIONI e PARERE TECNICO

L'elaborato, prodotto a seguito dei risultati della campagna di indagini, descrive un modello geologico tipico dei bacini idrografici minori presenti sul territorio comunale.

Strozzato, se non "inghiottito", dallo sviluppo industriale e/o residenziale dell'urbanizzato cittadino, il corso d'acqua oggetto di studio ha subito, nel tempo, variazioni al suo profilo ed andamento naturale, nonché sovrapposizioni di argini artificiali alle sue sponde naturali, con conseguente antropizzazione e rimaneggiamento degli strati più superficiali del relativo sottosuolo.

Il progetto proposto è dunque necessario e doveroso, non solo ai fini della mitigazione dal rischio alluvionale per cui è soggetta l'area d'intervento, ma anche nell'ottica di ristabilire un profilo del rio sempre più vicino a quello originario, tendente all'equilibrio naturale tra apporto e trasporto.

Le demolizioni previste di capannoni industriali abbandonati, l'allargamento e/o l'approfondimento di tratti della sezione libera e l'ammodernamento degli attraversamenti pedonali e/o carrabili sul Ruscarolo, supporteranno il progetto di riqualificazione di questa parte di città, rendendola più sicura e più vivibile alla cittadinanza e ai soggetti coinvolti nelle attività lavorative locali.

13 ALLEGATI

ALLEGATO 1 - Estratto non in scala da *Carta Geologica* del PUC 2015 della Città di Genova a scala 1:10.000 – Municipio VI Medio Ponente

ALLEGATO 2 - Estratto non in scala da *Carta Geomorfologica* del PUC 2015 della Città di Genova a scala 1:10.000 – Municipio VI Medio Ponente

ALLEGATO 3 - Estratto non in scala da *Carta Idrogeologica* del PUC 2015 della Città di Genova a scala 1:10.000 – Municipio VI Medio Ponente

ALLEGATO 4 – Planimetrie non in scala con l'ubicazione dei sondaggi a carotaggio continuo e con l'individuazione delle sezioni stratigrafiche realizzate

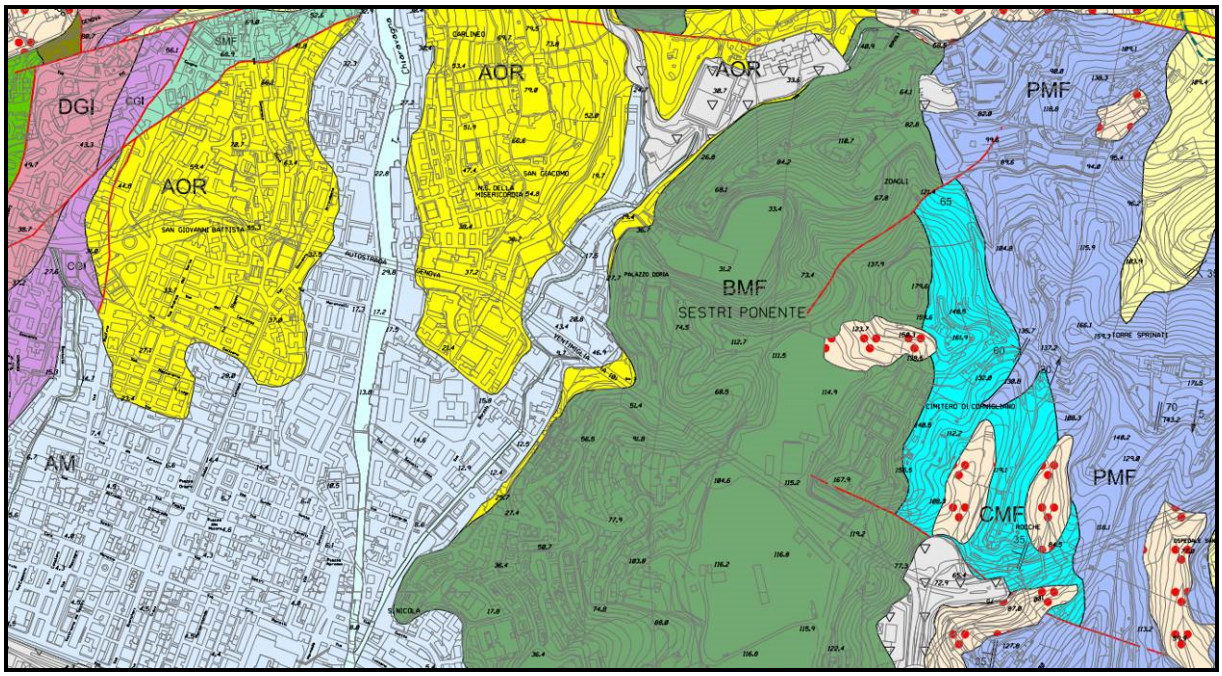
ALLEGATO 5 – Colonne stratigrafiche delle carote estratte dai sondaggi a carotaggio continuo effettuati da M3D Costruzioni Speciali Srl – Elaborazione tramite software *Stratigrapher* della Geostru Srl

ALLEGATO 6 – Profilo geologico di massima, a scala 1:2000

ALLEGATO 7 - Sezioni stratigrafiche interpretative, ricavate dalle colonne stratigrafiche delle carote estratte, a varie scale (1:250; 1:300; 1:350)

ALLEGATO 8 – Documentazioni fotografiche della fase di rilevamento (A) e delle carote estratte dai sondaggi a carotaggio continuo (B)

14 ALLEGATO 1 – CARTA GEOLOGICA



Estratto da *Carta Geologica* del PUC 2015 della Città di Genova – Municipio VI Medio Ponente

ESTRATTO da LEGENDA

RIP — Riporti artificiali e discariche
Depositi vari rimaneggiati

CD — Coltri eluvio-colluviali di importanza particolare

AA — Sedimenti di alveo

AM — Sedimenti alluvionali e marini
Depositi ghiaiosi e sabbiosi posti a quota piu' elevata rispetto agli alvei attuali o all'attuale livello del mare talvolta terrazzati e/o coperti da coltri eluvio-colluviali di spessore variabile

DEPOSITI PLIOCENICI

AOR — Argille di Ortovero
Argille marnose, marne, siltiti e arenarie fini, di colore da grigio cinereo a grigio-azzurro a giallastro

UNITA' TETTONOMETAMORFICA FIGOGNA

AMF — Argilloscisti di Murta
Argilloscisti filladici neri con intercalazioni di metasiltiti

PMF — Argilloscisti di Costagiutta
Alternanza di argilloscisti calcari cristallini e metapeliti

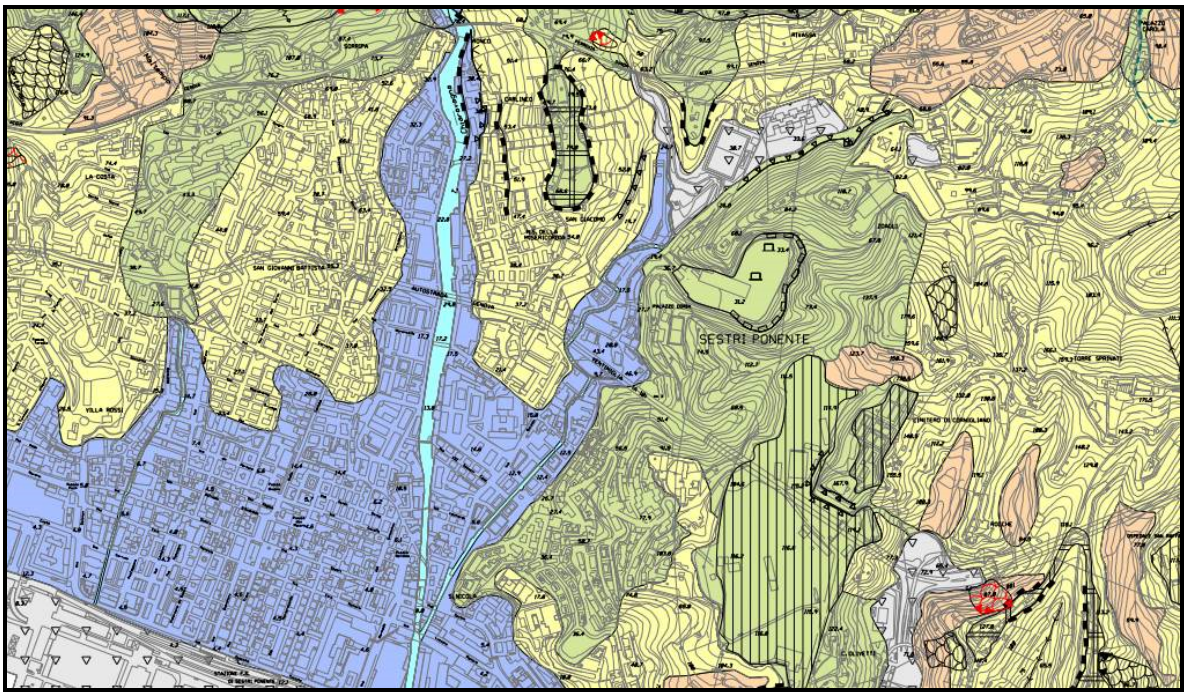
CMF — Metacalcari di Erzelli
Metacalcareniti, metacalciluti piu' o meno siltose di colore biancastro

DMF — Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia
Metasedimenti da rosso vinati a verdi argilloso-silicei ematici

BMF — Metabasalti del Monte Figogna
Metabasalti in cuscini, piu' raramente massicci e in filoni a tessitura doleritica

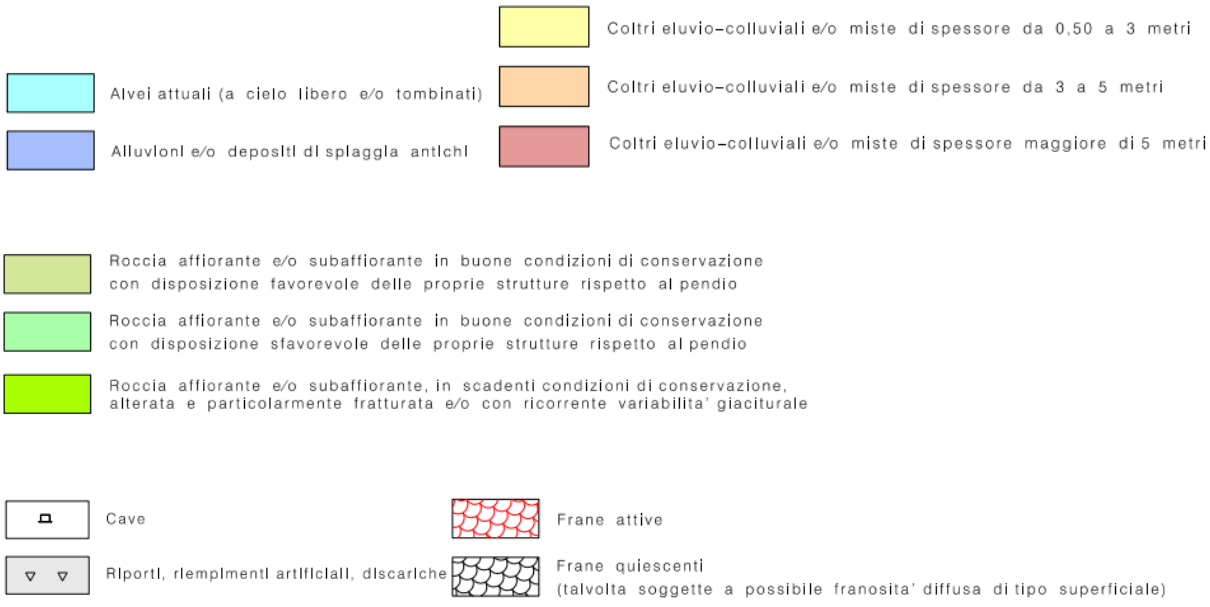
SMF — Serpentiniti del Bric dei Corvi
Serpentiniti, metabasalti in filoni, metadioriti in filoni

15 ALLEGATO 2 – CARTA GEOMORFOLOGICA

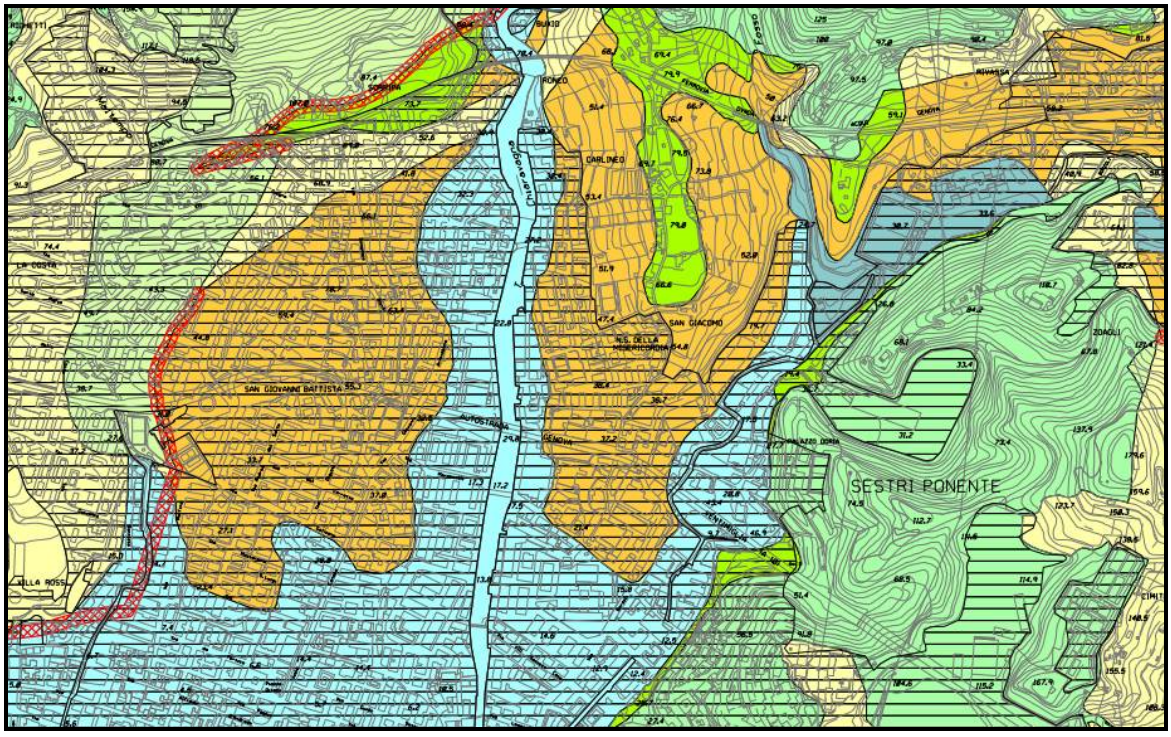


Estratto da *Carta Geomorfologica* del PUC 2015 della Città di Genova – Municipio VI Medio Ponente

ESTRATTO da LEGENDA

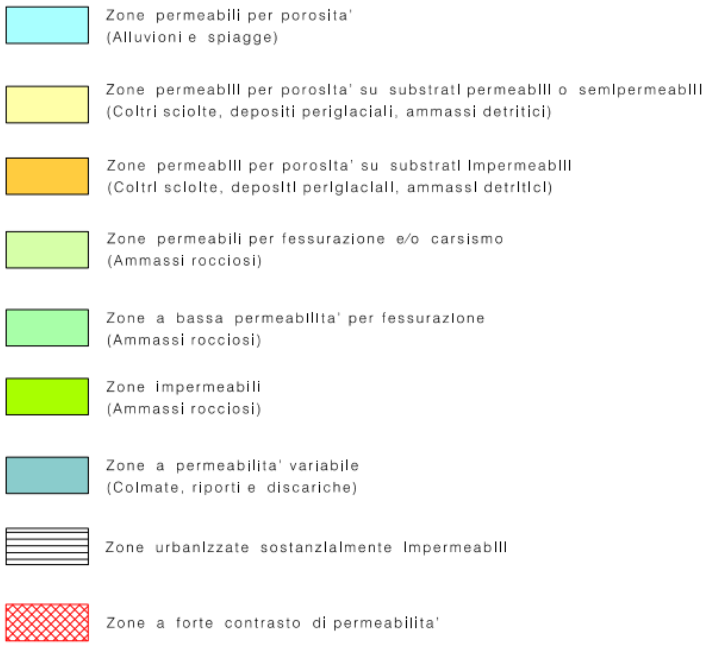


16 ALLEGATO 3 – CARTA IDROGEOLOGICA

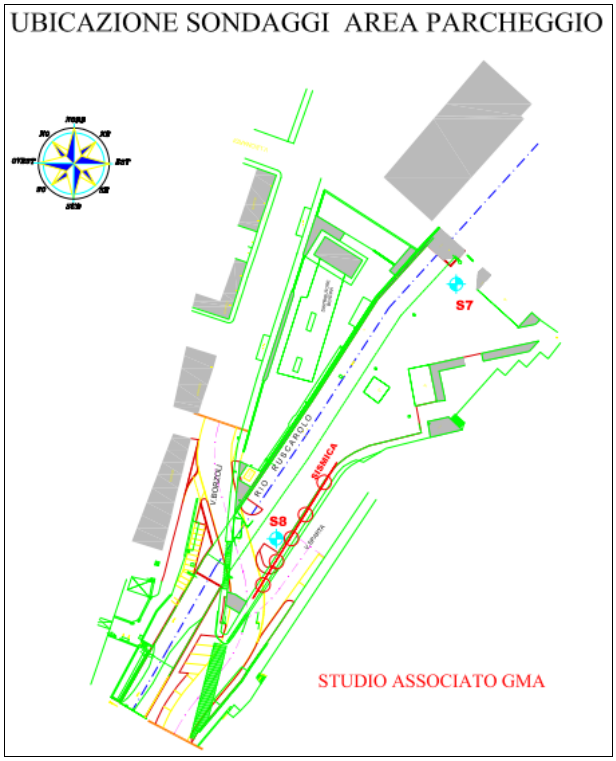


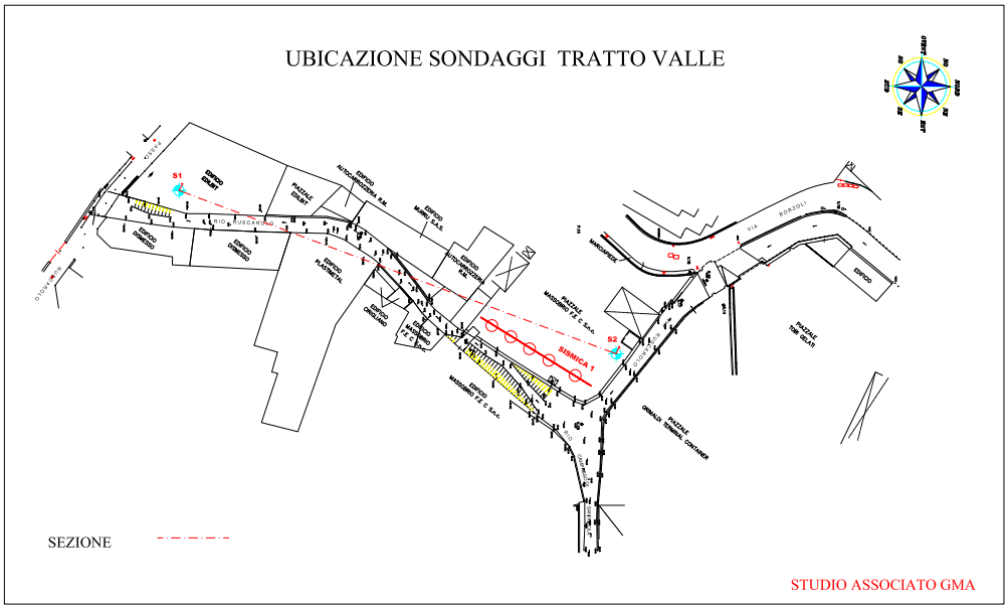
Estratto da *Carta Idrogeologica* del PUC 2015 della Città di Genova – Municipio VI Medio Ponente

ESTRATTO da LEGENDA

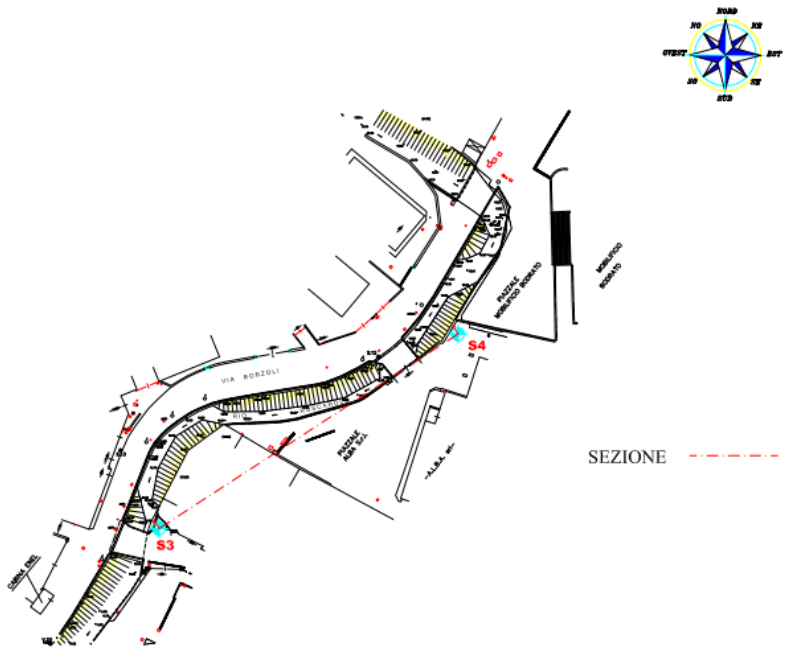


17 ALLEGATO 4 - PLANIMETRIE



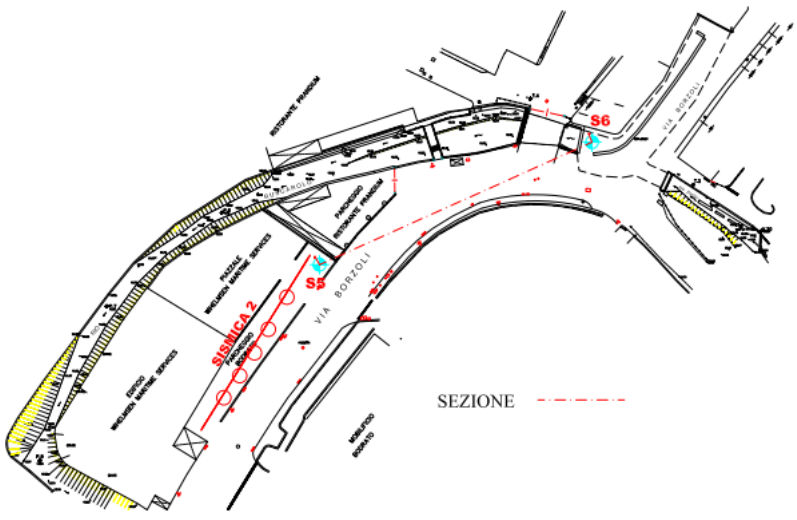


UBICAZIONE SONDAGGI TRATTO INTERMEDIO



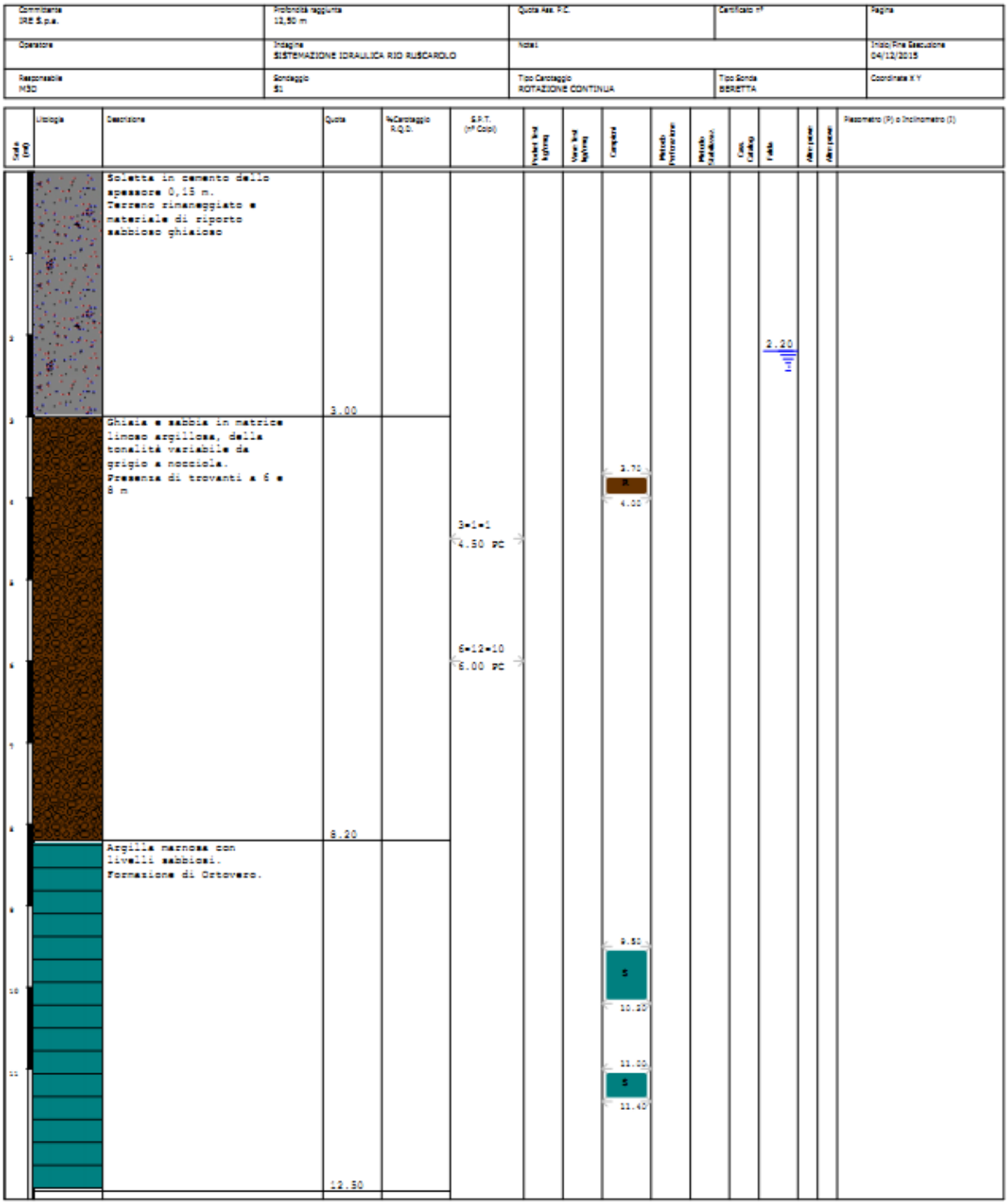
STUDIO ASSOCIATO GMA

UBICAZIONE SONDAGGI TRATTO A MONTE



STUDIO ASSOCIATO GMA

SONDAGGIO S1

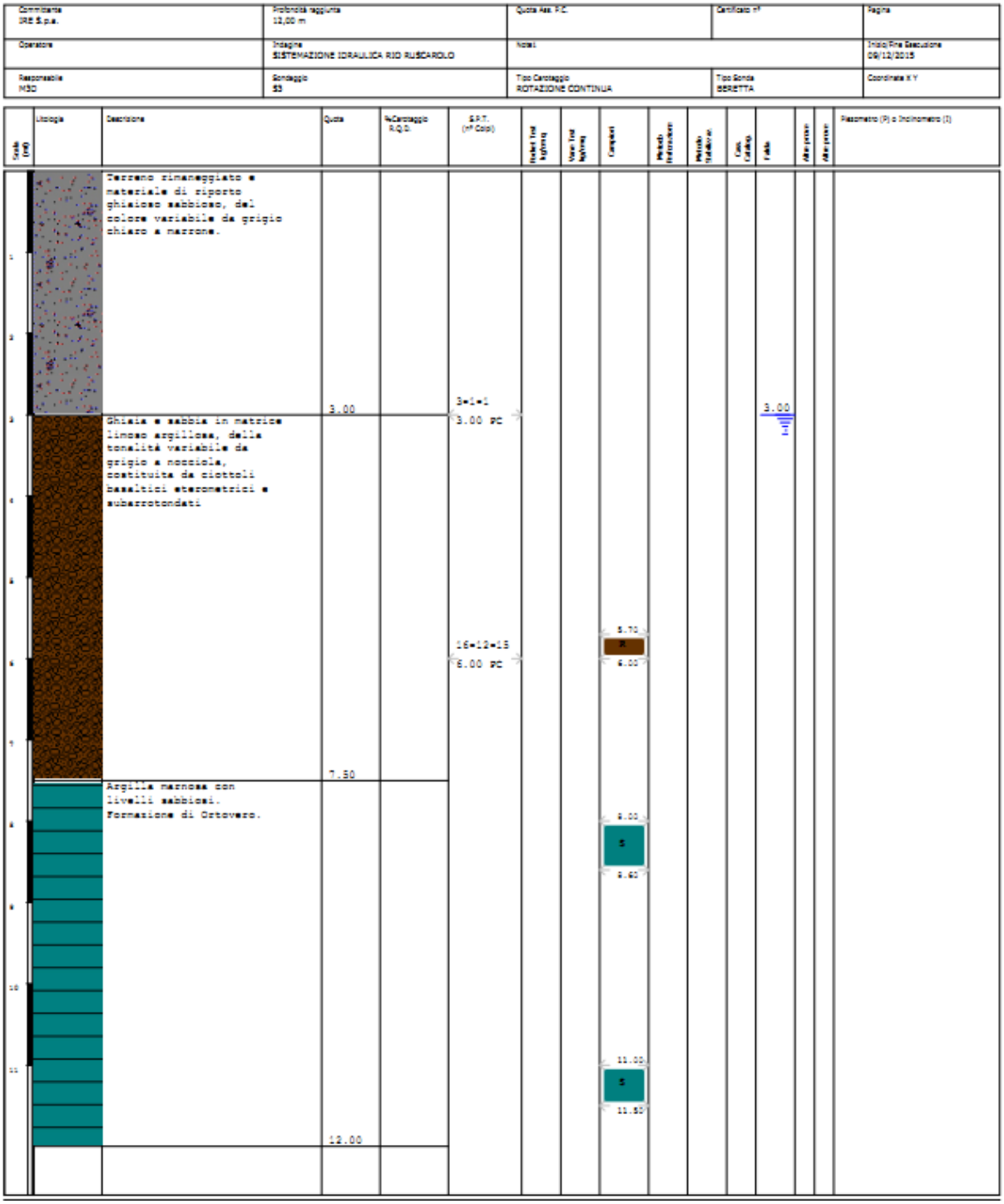


SONDAGGIO S2

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
IRE S.p.a.	12,25 m			
Operatore	**Indagine**	**Note1**		**Inizio/Fine Esecuzione**
	SISTEMAZIONE IDRAULICA RIO RUSCAROLO			03/12/2015
Responsabile	**Sondaggio**	**Tipo Carotaggio**	**Tipo Sonda**	**Coordinate X Y**
M3O	S2	ROTAZIONE CONTINUA	BERETTA	

Prof. (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cm²	Vane Test kg/cm²	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Terreno vegetale dello spessore di 30 cm. Terreno rimaneggiato e materiale di riporto ghiaioso sabbioso, dal colore grigio chiaro fino a 2,60 e grigio scuro fino a 4 m.			13-6-3 3.00 PC										
2			4.00									4.00			
3		Ghiaia e sabbia in matrice limoso argillosa, della tonalità variabile da grigio a nocciola, costituita da ciottoli basaltici eterometrici e subarrotondati			1-2-3 4.50 PC			5.00 S 5.20							
4															
5															
6															
7															
8															
9			8.70												
10		Argilla marnosa con livelli sabbiosi. Formazione di Ortovero.						9.50 S 10.05							
11								11.00 S 11.45							
12			12.25												

SONDAGGIO S3



SONDAGGIO S4

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
IRE S.p.a.	12,20 m			
Operatore	**Indagine**	**Note1**		**Inizio/Fine Esecuzione**
	SISTEMAZIONE IDRAULICA RIO RUSCAROLO			10/12/2015 -11/12/2015
Responsabile	**Sondaggio**	**Tipo Carotaggio**	**Tipo Sonda**	**Coordinate X Y**
M3D	S4	ROTAZIONE CONTINUA	BERETTA	

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Prelievi Test Idraulici	Prove Test Idraulici	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Casa. Cablaggi	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Soletta in cemento dello spessore di 20 cm. Terreno rimaneggiato e materiale di riporto ghiaioso sabbioso del colore marrone.	3.00									3.00			
4		Ghiaia e sabbia in matrice limoso argillosa, con tonalità variabile da grigio a nocciola, costituita da ciottoli basaltici eterometrici e subarrotondati.	7.00		6-14-13 4.50 PC 5-6-6 6.00 PC			4.00 M 4.30 7.00 S 7.40 9.40 S 9.80							
10		Argilla marnosa con livelli sabbiosi. Formazione di Ortovero.	12.20												

SONDAGGIO S5

Committente IRE S.p.a.	Profondità raggiunta 12,30 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine SISTEMAZIONE IDRAULICA RIO RUSCAROLO	Note:		Inizio/Fine Esecuzione 10/12/2015
Responsabile M3D	Sondaggio S5	Tipo Carotaggio ROTAZIONE CONTINUA	Tipo Sonda BERETTA	Coordinate X Y

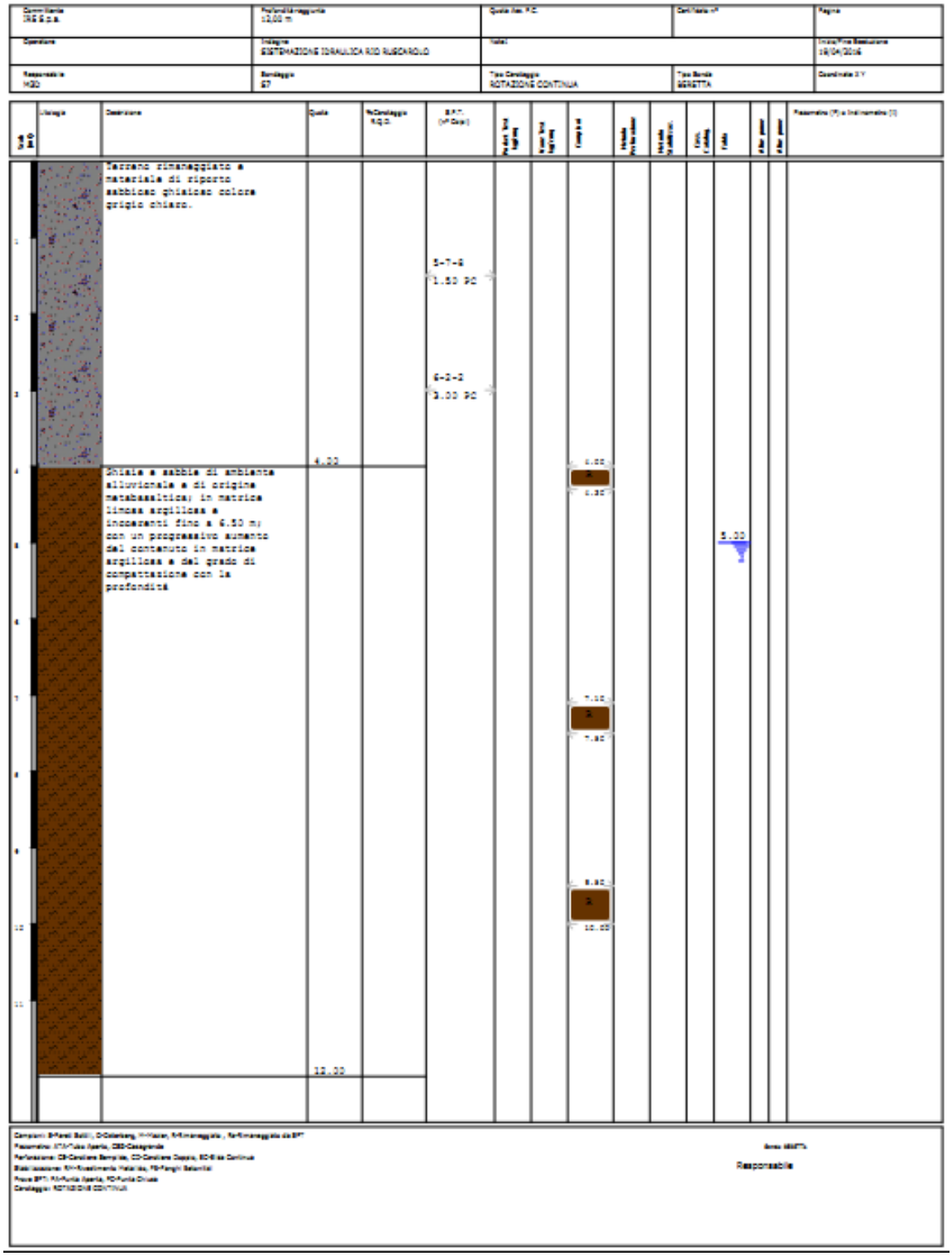
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Dinamico Tipo Rpd/Rpi	Vane Test Rp/Rm	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Casa. Cablata	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Terreno rimaneggiato e materiale di riporto ghiaioso sabbioso del colore nocciola fino a 1,50 e del colore marrone chiaro fino a 3 m.													
2															
3			3.00		10-11-13 3.00 PC			3.00 R 3.40				3.00			
4		Argilla marnosa con livelli sabbiosi. Formazione di Ortovero.													
5					13-14-11 4.50 PC										
6								6.10 S 6.50							
7															
8															
9															
10															
11								10.70 S 11.00							
			12.30												

SONDAGGIO S6

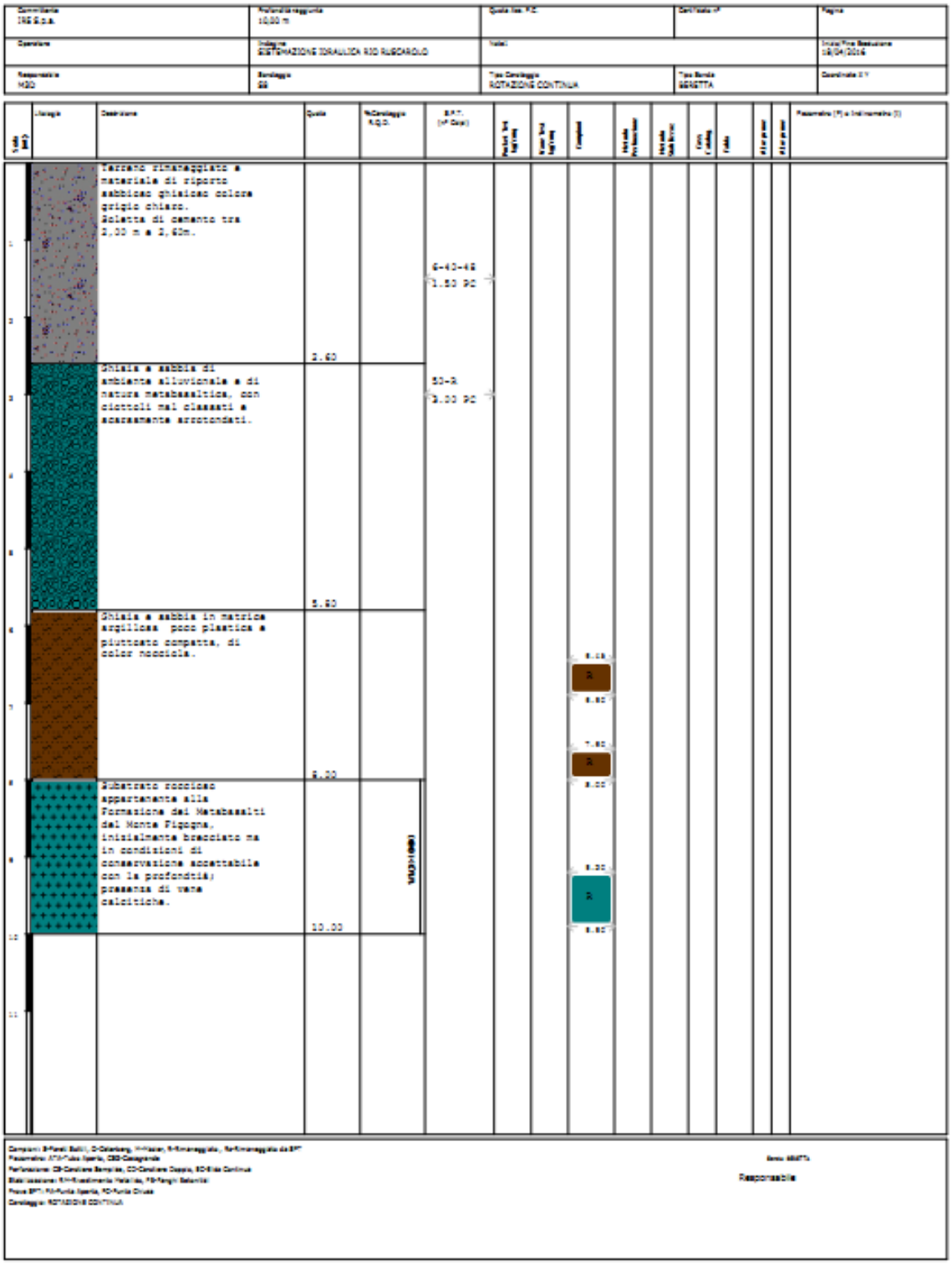
Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
IRE S.p.a.	12,00 m			
Operatore	**Indagine**	**Note:**		**Inizio/Fine Esecuzione**
	SISTEMAZIONE IDRAULICA RIO RUSCAROLO			12/12/2015
Responsabile	**Sondaggio**	**Tipo Carotaggio**	**Tipo Sonda**	**Coordinate X Y**
M3D	S6	ROTAZIONE CONTINUA	BERETTA	

Profondità (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test (kg/cm²)	Vane Test (kg/cm²)	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		Soletta in calcestruzzo	0.60												
		vuoto	2.70									2.70			
		Terreno rimaneggiato e materiale di riporto costituito da ghiaia in matrice limosa sabbiosa.	4.50		13-14-11 4.50 PC			4.70 R 5.00							
		Breccia di natura basaltica in scarsa matrice sabbioso argillosa	6.00		Rifiuto 6.00 PC										
		Substrato roccioso appartenente alla Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna. Il cappellaccio d'alterazione raggiunge la profondità di 7.70 m: l'ammasso roccioso appare pervasivamente fratturato e si presenta come ghiaia mal classata con clasti spigolosi ed eterometrici. Tra 7,70 e 12 m l'ammasso è interessato da numerosi giunti. Alcune superfici di discontinuità presentano un riempimento carbonatico. La maggior parte dei spezzoni di roccia ha uno spessore maggiore di 10 cm. L'indice RQD medio è dunque pari al 60%. La qualità dell'ammasso roccioso risulta quindi mediocre.	12.00					8.00 S 8.50 10.00 S 10.50							

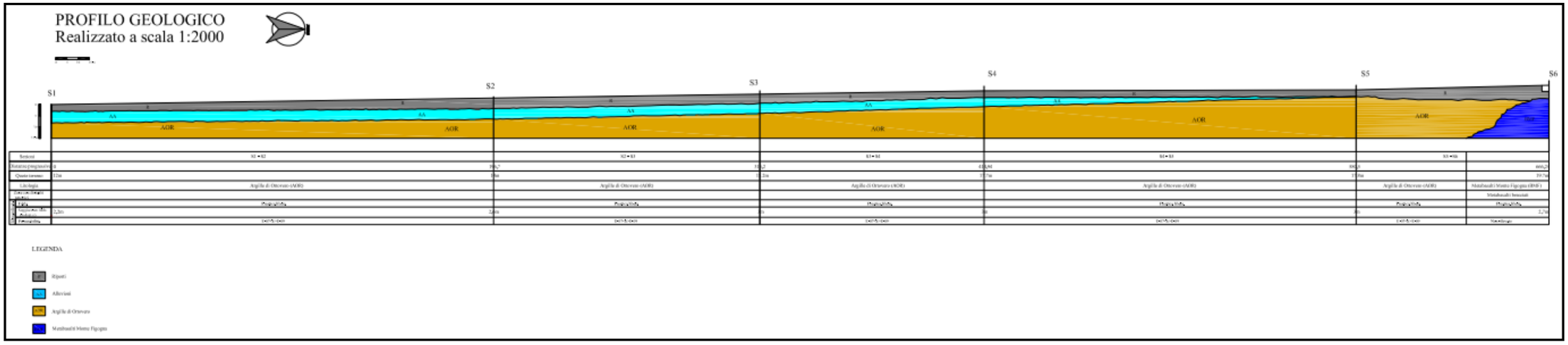
SONDAGGIO S7



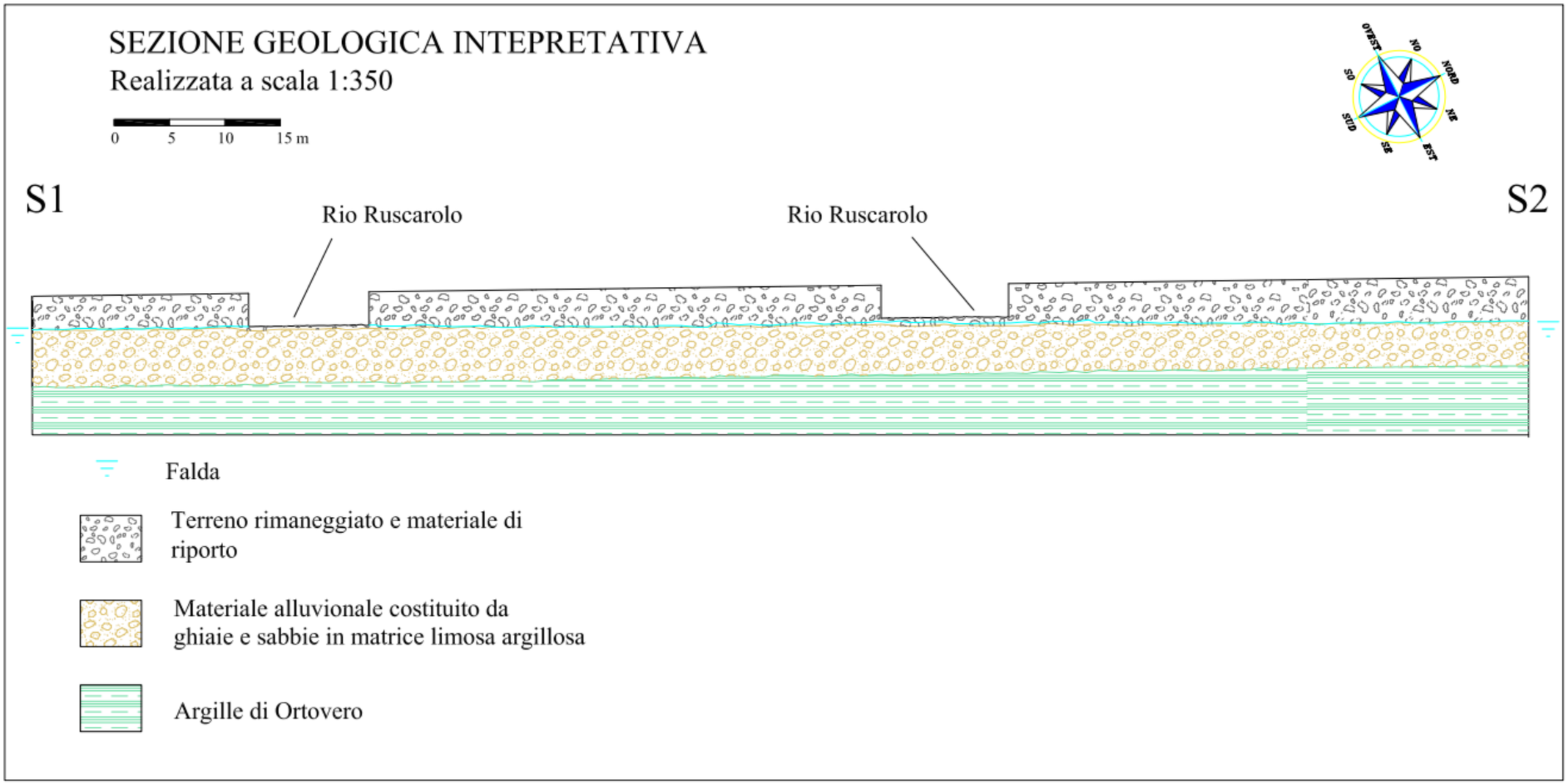
SONDAGGIO S8



19 ALLEGATO 6 – PROFILO GEOLOGICO



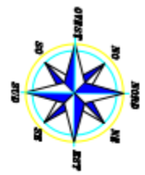
SEZIONE S1 - S2



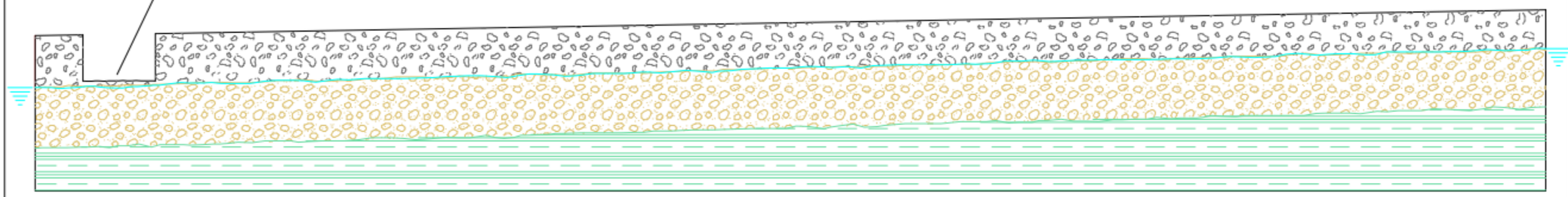
SEZIONE GEOLOGICA INTEPRETATIVA

Realizzata in scala 1:300

0 5 10 15 m



S2 Rio Ruscarolo S3



Falda

Terreno rimaneggiato e materiale di riporto

Materiale alluvionale costituito da ghiaie e sabbie in matrice limosa argillosa

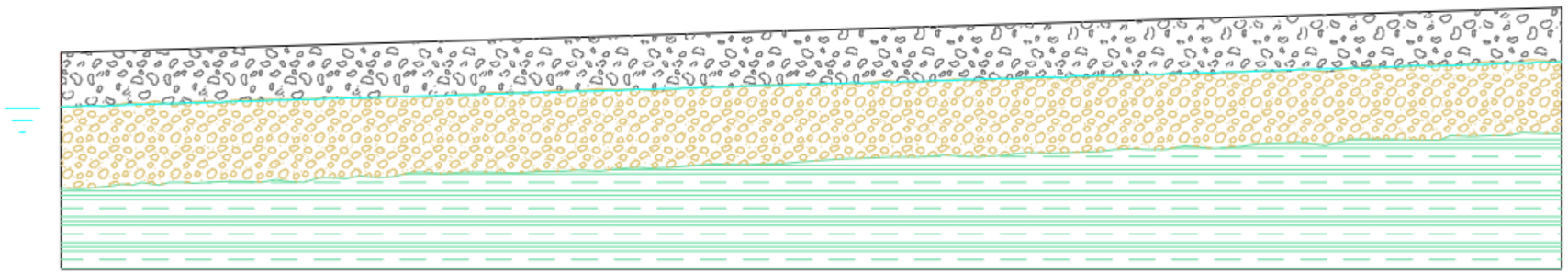
Argille di Ortovero

SEZIONE GEOLOGICA INTEPRETATIVA

Realizzata in scala 1:250

0 5 10 15 m

S3 S4



Falda

Terreno rimaneggiato e materiale di riporto

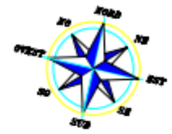
Materiale alluvionale costituito da ghiaie e sabbie in matrice limosa argillosa

Argille di Ortovero

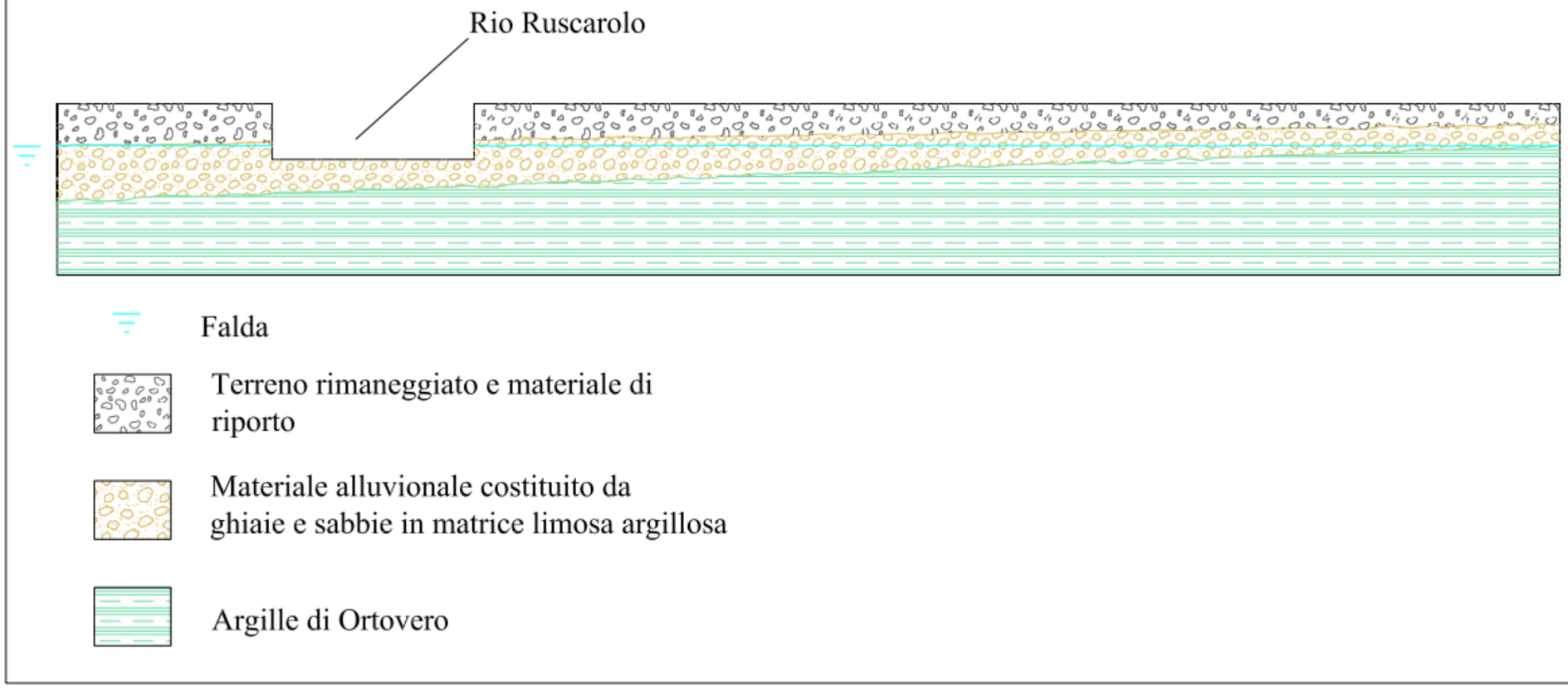
SEZIONE GEOLOGICA INTEPRETATIVA

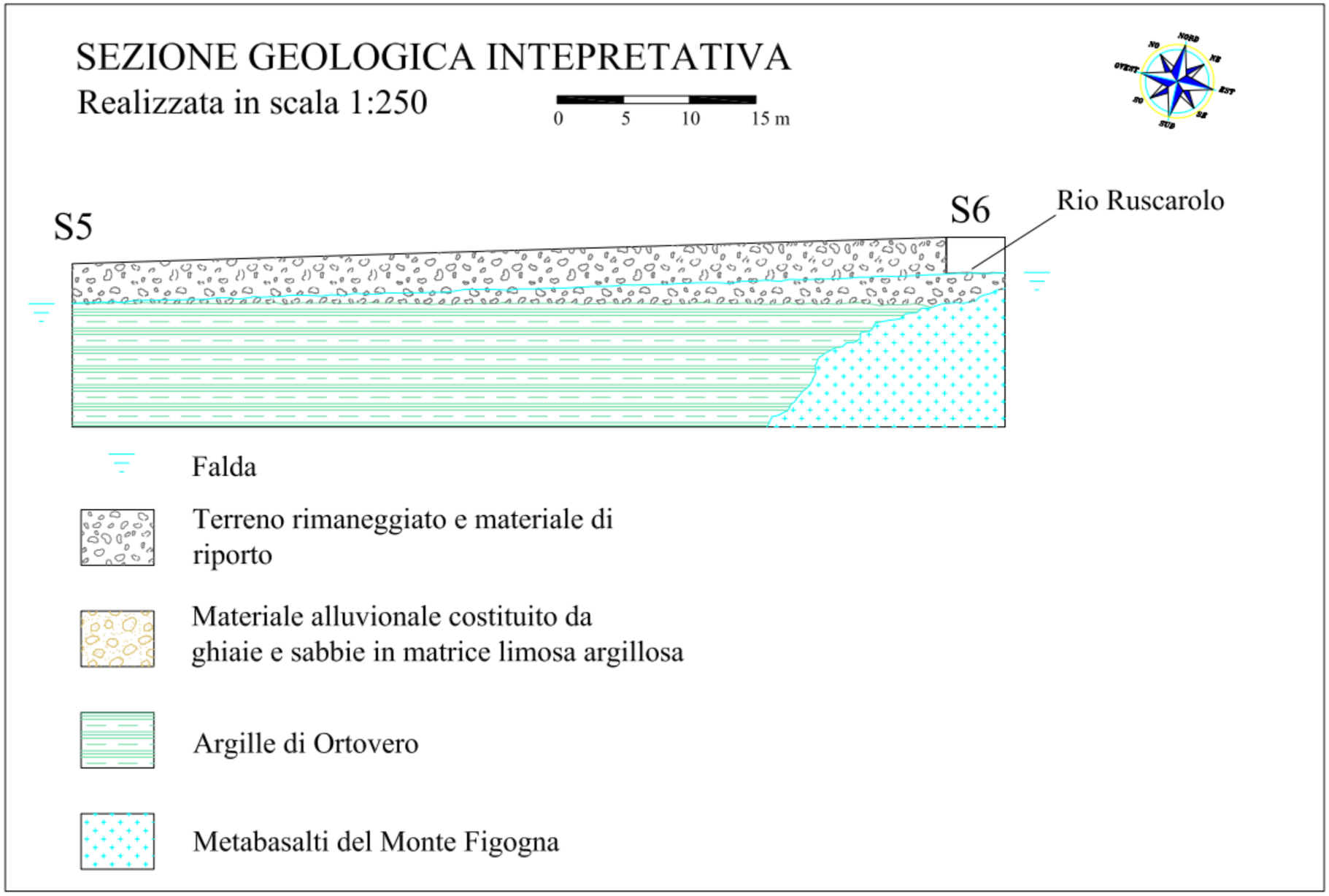
Realizzata in scala 1:300

0 5 10 15 m



S4 S5



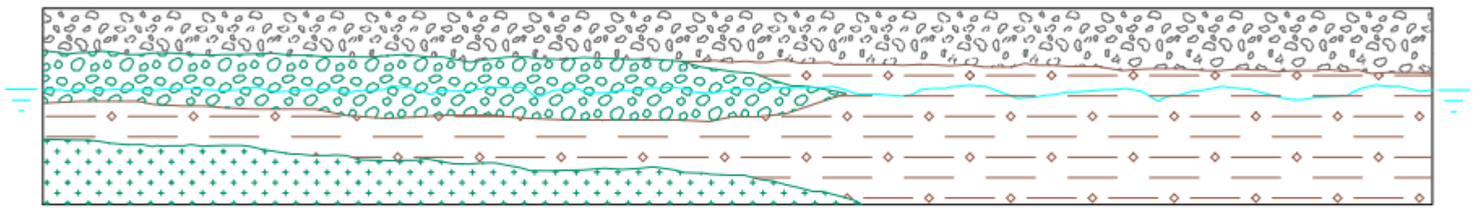

SEZIONE GEOLOGICA INTEPRETATIVA
Realizzata in scala 1:250
0
5
10
15 m
NORD
NO
NE
OVEST
EST
SO
SE
SUD
S5
S6
Rio Ruscarolo
Falda
Terreno rimaneggiato e materiale di riporto
Materiale alluvionale costituito da ghiaie e sabbie in matrice limosa argillosa
Argille di Ortovero
Metabasalti del Monte Figogna

SEZIONE GEOLOGICA INTEPRETATIVA

Realizzata in scala 1:250

0 5 10 15 m

S8 S7



Falda

Terreno rimaneggiato e materiale di riporto

Materiale alluvionale costituito da ghiaie e sabbie di natura metabasaltica

Ghiaia e sabbia di origine metabasaltica in matrice limosa argillosa

Metabasalti del Monte Figogna





FOTO 1-2: affioramento di metabasalti lungo spaccato stradale di via Borzoli





FOTO 3-4: affioramento di metabasalti nei pressi dell'ingresso a piazzale Derrick

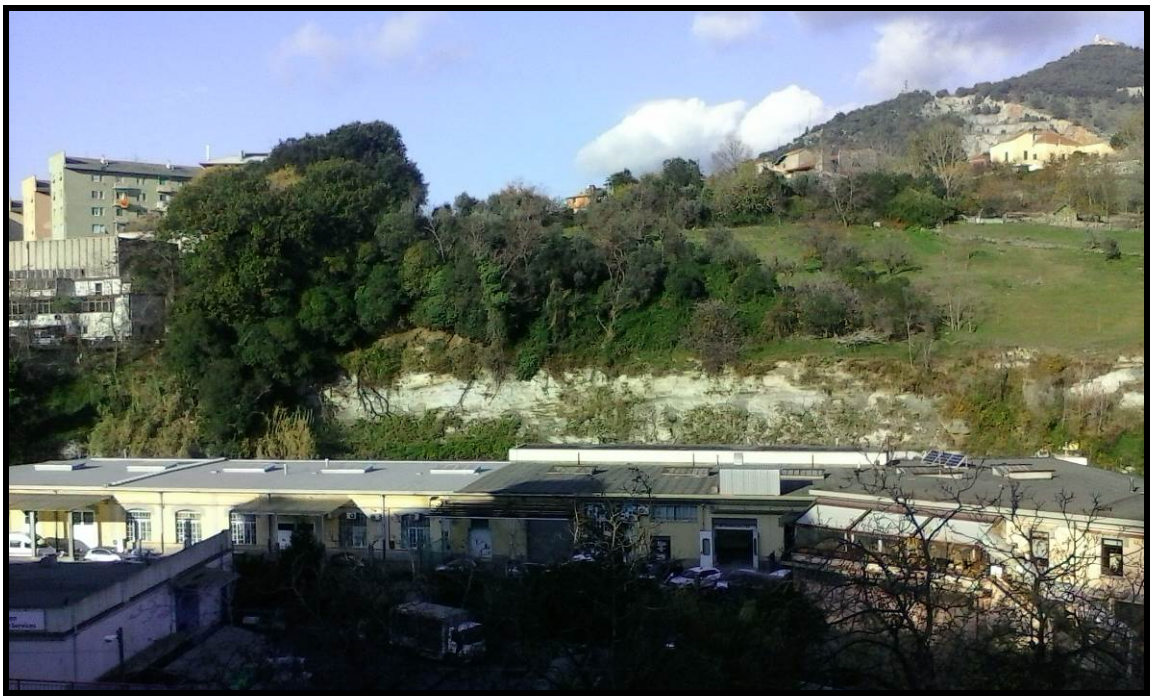




FOTO 5-6: panoramica dell'affioramento delle Argille di Ortovero posto a tergo dello stabilimento Addea, del ristorante Prandium e dell'edificio Wihelmsen Maritime Services





FOTO 7-8: affioramento di metabasalti alterati nei pressi di Passo Ruscarolo





FOTO 1-2: sondaggio S2 da p.c. a 10 m



FOTO 3: sondaggio S2 da 10 a 12,25 m



FOTO 4: sondaggio S1 da p.c. a 5 m



FOTO 5: sondaggio S1 da 5 a 10 m



FOTO 6: sondaggio S1 da 10 a 12,50 m



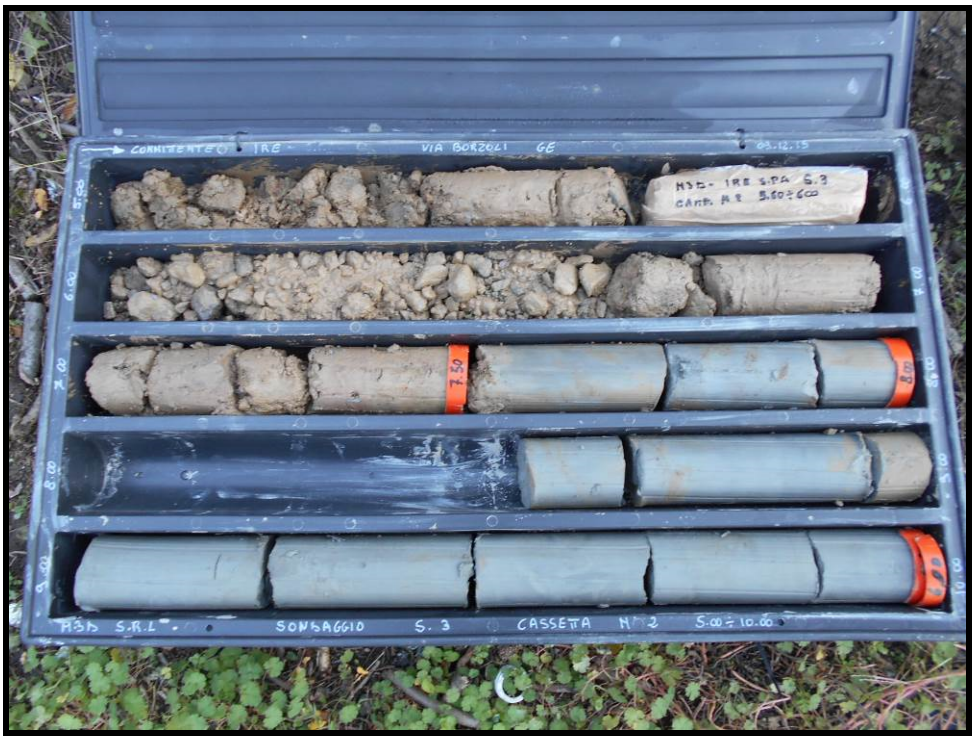


FOTO 7-8: sondaggio S3 da p.c. a 10 m



FOTO 9: sondaggio S3 da 10 a 12 m



FOTO 10: sondaggio S5 da p.c. a 5 m





FOTO 11-12: sondaggio S5 da 5 a 12.30 m





FOTO 13-14: sondaggio S4 da p.c. a 10 m



FOTO 15: sondaggio S4 da 10 a 12,20 m



FOTO 16: sondaggio S6 da p.c. a 5 m





FOTO 17-18: sondaggio S6 da 5 a 12 m





FOTO 19-20: sondaggio S8 da 0 a 10 m





FOTO 21-22: sondaggio S7 da 0 a 10 m