Comune

SESTRI LEVANTE

Provincia

GENOVA

Titolo del progetto

IMPIANTO DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE DI RAMAIA, A SERVIZIO DEI COMUNI DI SESTRI LEVANTE, CASARZA LIGURE, CASTIGLIONE CHIAVARESE E RELATIVE OPERE DI COLLETTAMENTO

Livello di progettazione	Settore di business	Disciplina
D - DEFINITIVO	I3 - FOGNATURA	IDR - IDRAULICA

Numero	Titolo	
RT.05	RELAZIONE GEOLOGICA	

ID Progetto	Titolo sintetico (nome file di stampa)	Codifica WBS
2017GESI0000-00	1703_RT.05_Relazione_geologica.pdf	C10I3-E021-02-0000

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	14/06/2019	Emissione			

Redatto:	Verificato:	Approvato:
	Geom. Francesco Gaglio	ing. Claudio Casale

Funzione Ingegneria e realizzazioni
IRETI.S.p.A - Società con socio unico IREN S.p.A
Sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A
Sede legale : Via Piacenza, 54 - 16138 Genova
cod.fisc e P.IVA n° 01791490343 pec:ireti@pec.ireti.it

S.I.C.I.S.
Studio di Ingegneria Civile Idraulica e Sanitaria
Ing. Roberto Zermani Anguissola
Ing. Luca Zermani Anguissola
29020 TRAVO (PC) Via Anguissola, 37
Tel./Fax: +39-0523-950251
E-mail info@studiozermani.it

GEO014_19 LM

Studio Associato Delucchi & Maldotti . Via al Santuario di N.S. della Guardia, 31 . 16162 Genova . T>010 2518889 . info@delucchi-maldotti.com

COMMITTENTE

RELAZIONE GEOLOGICA ESECUTIVA
RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE ai sensi del D.M. 17_01_18

OPERE DI COLLETTAMENTO A SERVIZIO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE DI RAMAIA, DEI COMUNI DI SESTRI LEVANTE, CASARZA LIGURE E CASTIGLIONE CHIAVARESE

COMUNE DI SESTRI LEVANTE
CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

Genova, 20_05_2019

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. Davide Delucchi
A.P. n. 373
data iscr. 02/05/97

Dott. Geol. Davide Delucchi

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. LUCA MALDOTTI
A.P. n. 411
data iscr. 16-03-99

Dott. Geol. Luca Maldotti

INDICE

1. PREMESSE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 3
2. RIFERIMENTI AMMINISTRATIVI 4
2.1 DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018 4
2.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO 4
2.3 PIANO DI BACINO 5
2.4 PUC COMUNE DI SESTRI LEVANTE 8
2.5 UTILIZZO E GESTIONE DELLE TERRE DA SCAVO 8
3. INQUADRAMENTO GENERALE DELL' AREA 09
4. CAMPAGNA DI INDAGINI SVOLTE 11
4.1 CAMPAGNA DI INDAGINI PREGRESSE 11
4.2 CAMPAGNA DI INDAGINI 2019 17
5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEI TERRENI 25
6. MODELLAZIONE SISMICA 25
6.1 ZONIZZAZIONE SISMICA 25
6.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE 26
7 VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' AL PIANO DI BACINO 28
8. CONCLUSIONI 28

ALLEGATI

1. CARTA GEOLOGICA
2. PLANIMETRIA GENERALE
3. STRALCI PLANIMETRICI DI DETTAGLIO FOSSA LUPARA E RIVA
4. STRALCI PLANIMETRICI DI DETTAGLIO STAZIONI DI SOLLEVAMENTO
4. DOCUMENTAZIONE CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE 2019
5. SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE

1. PREMESSE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Lo Studio Associato DELUCCHI & MALDOTTI è stato incaricato da IRETI S.p.A., ad eseguire l'indagine Geologica Esecutiva, a supporto della progettazione del nuovo Depuratore dei Reflui a servizio dei Comune di Sestri Levante, Casarza Ligure e Castiglione Chiavarese, da realizzarsi in località Ramaira nel Comune di Sestri Levante (Genova).

La presente memoria è volta a definire le caratteristiche geologiche – geomorfologiche – idrogeologiche e sismostratigrafiche delle opere di collettamento dai centri abitati di Sestri Levante e Riva Trigoso al depuratore ubicato in Località Ramaia e relativi scariche a mare ed è da considerarsi parte integrante della ns. Relazione Geologica Esecutiva (Ns. RIf. GEO086R1_17 LM del 05_10_2017) relativa all'intervento in Loc. Ramaia per l'edificazione del nuovo depuratore.

Nello specifico, l'intervento a progetto prevede la realizzazione di un nuovo collettore fognario che si svilupperà tra la Baia del silenzio ad Ovest, Riva Trigoso ad Est e Ramaia a Nord. Il nuovo collettore sarà realizzato seguendo prevalentemente i tracciati stradali esistenti ed in corrispondenza del tratto tra la Baia del Silenzio e il porticciolo di Sestri Levante sarà realizzato con la tecnica del microtunnelling.

Saranno inoltre realizzate 2 nuove stazioni di sollevamento, la prima in corrispondenza dei giardini comunali Mariele Ventre, nel centro di Sestri Levante, su di una superficie di circa 57 mt^2 e la seconda in via Pace nel Mondo, su di una superficie di circa 52 mt^2. Per la costruzione delle stazioni di sollevamento sono previsti scavi di altezza massima di circa 6,5 mt.

Le indagini sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito, alle caratteristiche dei materiali ricadenti nel volume significativo del manufatto ed all'analisi delle problematiche esecutive in ottemperanza alle normative vigenti, ed in particolare al D.M. 17/01/2018 denominato "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni".

2. RIFERIMENTI AMMINISTRATIVI

- ✓ **Decreto Ministeriale 17.01.2018** Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- ✓ **Circolare n°7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 -** Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- ✓ **Eurocodice 8** (1988)
- ✓ **Eurocodice 7 (1997)** - Progettazione geotecnica -
- ✓ D.G.R. n°216 del 17/03/2017 della Regione Liguria
- ✓ **L.R. 4/99** della Regione Liguria
- ✓ **Piano di Bacino Stralcio "Ambito 17" -** Torrente Gromolo, Torrente Petronio, Aree scolanti" dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale
- ✓ **P.U.C.** del Comune di Sestri Levante

2.1 DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018

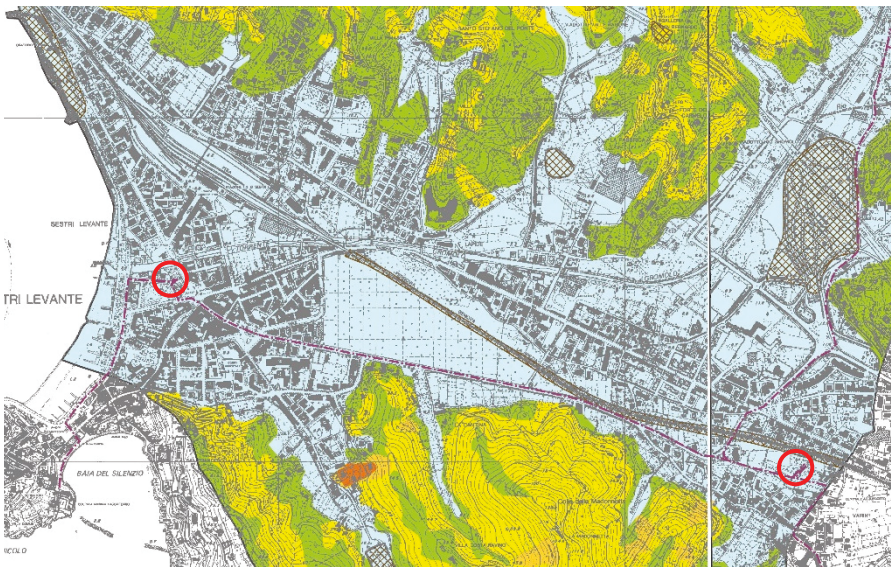
Si fa riferimento al D.M. 17/01/2018 denominato "aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni"; pertanto le indagini sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito, alle caratteristiche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti ed all'analisi delle problematiche esecutive in ottemperanza alle normative vigenti.

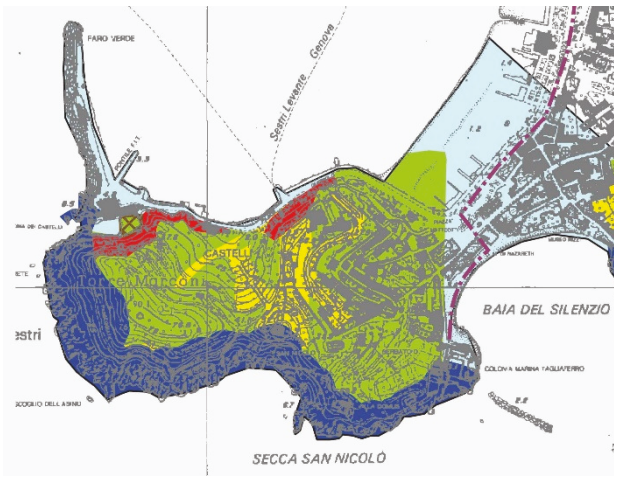
2.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista amministrativo la zona NON RISULTA soggetta a Vincolo Idrogeologico (L.R. 4/99).

2.3 PIANO DI BACINO

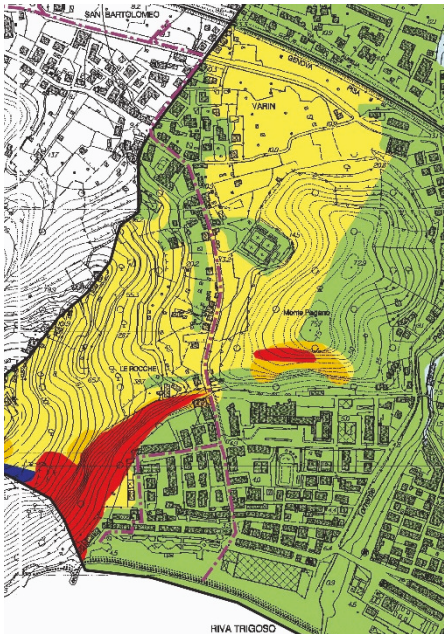
Per quanto riguarda il Piano di Bacino Stralcio "Ambito 17 - Torrente Gromolo, Aree scolanti" sulla "Carta della suscettività al dissesto" e sulla "Carta della pericolosità geomorfologica", le nuove opere di collettamento ricadono all'interno di una zona classificata Pg0 - Suscettività al dissesto molto bassa.



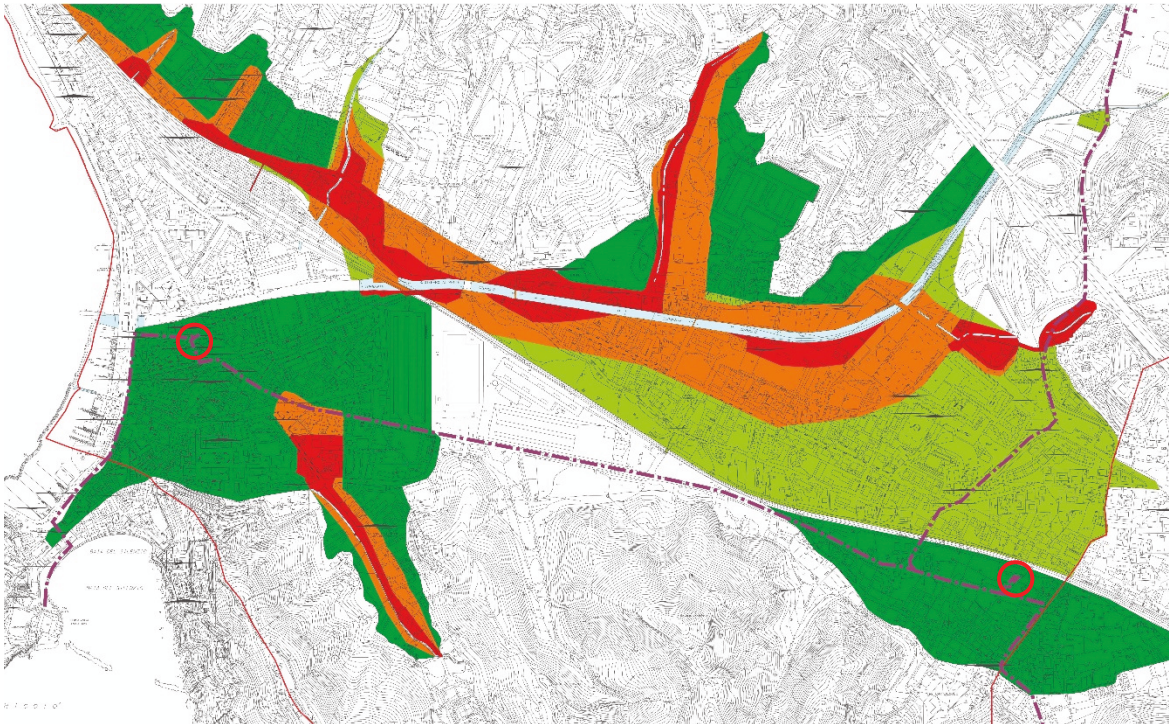


Per quanto riguarda il Piano di Bacino Stralcio "Ambito 17 - Torrente Petronio" sulla "Carta della pericolosità geomorfologica", le nuove opere di collettamento ricadono in parte all'interno di una

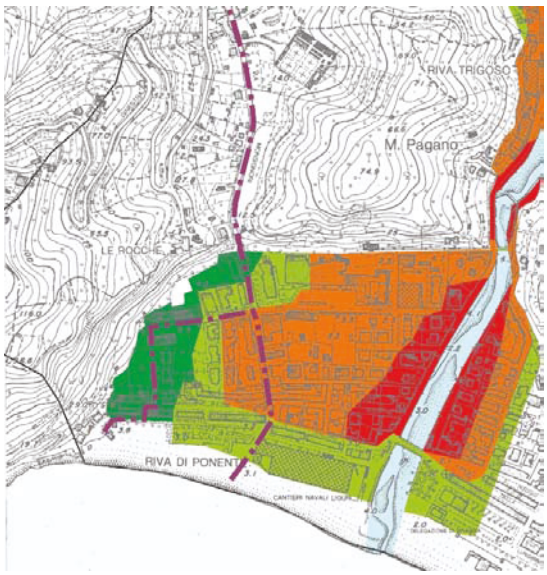
zona classificata Pg1 - Suscettività al dissesto bassa ed in parte all'interno di una zona classificata Pg2 - Suscettività al dissesto media.



Sulla base della "Carta delle Fasce di inondabilità" del Piano di Bacino Stralcio "Ambito 17 - Torrente Gromolo" il nuovo tracciato fognario ricade in minima parte all'interno della Fascia A (nei pressi del casello autostradale) e della Fascia B ed in parte all'interno della Fascia C e di Aree soggette ad eventi idrologici. Le due nuove stazioni di sollevamento ricadono entrambe all'interno di Aree soggette ad eventi idrologici.



Sulla base della "Carta delle Fasce di inondabilità" del Piano di Bacino Stralcio "Ambito 17 - Torrente Petronio" il nuovo tracciato fognario ricade, in corrispondenza di Riva Trigoso, in parte all'interno della Fascia B, in parte all'interno della Fascia C ed in parte all'interno di Aree soggette ad eventi idrologici.



2.4 P.U.C. - COMUNE DI SESTRI LEVANTE

Le nuove opere di collettamento, secondo le normative vigenti di carattere geologico del P.U.C. del Comune di Sestri Levante, rientrano quasi totalmente in Classe Ia e Ic - Aree non critiche insediate - Ambito di fondovalle e Ambito di costa -, solo in minima parte, in corrispondenza del casello autostradale rientrano in Classe IIa - Aree con criticità puntuali e moderate insediate - Ambito di fondovalle -.



2.5 UTILIZZO E GESTIONE DELLE TERRE DA SCAVO

Come riportato nella normativa in merito alle TRS, nel caso di riutilizzo nello stesso sito di produzione, si applica quanto indicato dalle disposizioni stabilite dall'art. 185 del D.L. n. 152/2006.
Relativamente alla gestione dei materiali connessi ai movimenti terra, per cui è vigente il D.P.R. 13.06.2017 n. 120, si ricorda che è obbligo del Produttore effettuare indagini e analisi atte a integrare i dati disponibili e a supportare le valutazioni in ordine alla sussistenza dei requisiti di non contaminazione delle terre movimentate, in modo da poterne consentire il loro riutilizzo in cantiere. Nel caso in cui si intendesse riutilizzare il materiale di scavo in un altro sito, occorre predisporre una comunicazione ad ARPAL secondo le modalità indicate nel D.P.R. n. 120/2017, mentre in alternativa il materiale di risulta può essere trattato come rifiuto e conferito in idoneo sito di recupero o smaltimento.

3. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

La zona di intervento, rappresentata in cartografia sulla C.T.R. della Regione Liguria in scala 1:5.000, Elemento n° 232092 "Sestri Levante", è compresa tra la Baia del silenzio ad Ovest, Riva Trigoso ad Est e Ramaia a Nord, ad una quota media compresa tra 0÷15 mt.s.l.m.m.

Il nuovo collettore fognario attraversa il centro abitato di Sestri Levante dalla Baia del silenzio fino a Riva Trigoso e alla località Ramaia.

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED IGEOMORFOLOGICHE

Dal punto di vista geologico la zona in esame fa parte del Dominio Ligure Interno ed appartiene, facendo riferimento alla nuova cartografia geologica del progetto CARG Foglio 232 "Sestri Levante, al Supergruppo del Vara - Gruppo del Lavagna, costituito da un insieme di associazioni litologiche ben distinte, un tempo già riunite sotto il nome di Formazione della Val Lavagna.

Il substrato dell'area è riferibile alla Formazione degli Scisti Zonati, facenti parte dell'Unità Gottero e delle Ardesie di Monte Verzi, facenti parte dell'Unità Lavagna.

Si tratta nel caso degli Scisti Zonati di una Formazione attribuibile al Cretaceo superiore, affiorante alla base delle "arenarie di Monte Gottero" nell'Unità Gottero ed al tetto delle "argille a Palombini" nell'Elemento Verruga, costituita da un'alternanza di siltiti, argilliti, marne ed arenarie in strati sottili. I rapporti percentuali fra queste litologie possono variare molto fra loro, tanto che ciascuna di esse può diventare predominante.

I livelli marnosi hanno spesso caratteristiche simili a quelli delle "Ardesie di Monte Verzi", mentre le argilliti e le siltiti sono identiche alle intercalazioni pelitiche delle "Arenarie di Monte Gottero". Le arenarie, silicoclastiche, sono a grana molto fine. Il passaggio con le sovrastanti "Arenarie di Monte Gottero" è graduale, con il progressivo aumento in grana e in percentuale delle arenarie. Lo spessore della formazione, mal valutabile per l'intensa tettonizzazione, non è inferiore ai 250 mt.

Le Ardesie di Monte Verzi sono costituite da torbiditi calcareo marnose in strati e banchi con spessori che eccezionalmente superano i 10 mt, ma che raramente sono inferiori al metro.

In corrispondenza del tracciato lungo il quale si svilupperanno le nuove opere di collettamento, il substrato roccioso è ricoperto da un potente strato di depositi alluvionali, superficialmente rimaneggiati e localmente frammisti a riporti, o di depositi di spiaggia, a granulometria variabile

(sabbie, sabbie limose, ghiaie sabbiose e limi argillosi). Lo spessore di tali depositi, sulla base dello studio eseguito, è risultato variabile all'incirca tra 4÷46 mt.

Dal punto di vista geomorfologico le nuove opere di collettamento si snoderanno completamente in corrispondenza dell'estesa piana alluvionale quaternaria, a morfologia sub-pianeggiante, formatasi con gli apporti dei Torrenti Gromolo e Petronio, sulla quale si sono sviluppati gli abitati di Sestri Levante e Riva Trigoso.

Le stratigrafie dei materiali alluvionali, derivate dal censimento delle indagini geognostiche effettuate sulla piana, mostrano, nella parte terminale occupata dall'abitato, alternanze di orizzonti sabbiosi e ghiaiosi con potenti intercalazioni di limi e argille.

Tutta la zona in esame non evidenzia particolari strutture geomorfologiche attive e considerate le caratteristiche morfologiche non presenta problemi di stabilità.

L'area in oggetto risulta quindi, da un punto di vista geomorfologico ed idrogeologico, idonea agli interventi previsti.

3.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Le defluenze superficiali vengono essenzialmente regolate dalla rete di smaltimento urbana, attraverso tombinature e canalizzazioni, più che dalle caratteristiche granulometriche dei depositi superficiali e dal grado di permeabilità dei terreni costituenti il sottosuolo, ricoperti da un'urbanizzazione compatta sostanzialmente impermeabile.

Dal punto di vista idrogeologico l'aspetto fondamentale è rappresentato ovviamente dalla permeabilità dei terreni considerati, dalla quale dipendono i meccanismi di infiltrazione, circolazione e distribuzione delle acque in sotterraneo.

I depositi della piana alluvionale di Sestri Levante ospitano importanti falde acquifere, che idrogeologicamente mettono in comunicazione il Torrente Gromolo con il vicino Torrente Petronio.

Dal punto di vista della struttura interna dei depositi alluvionali, nella zona più profonda della piana si possono fondamentalmente individuare tre livelli di acquiferi (Chapellier D.) così impostati:

- ✓ acquifero superficiale che raggiunge una potenza compresa tra 4 e 8 mt, la base è situata ad una profondità di circa 12 mt, è costituito da depositi recenti (ciottoli a matrice abbondante di ghiaia e sabbia). E' sormontato dai depositi alluvionali della fase interglaciale attuale costituita da alluvioni recenti limose, limoso-sabbiose e da terreno rimaneggiato. Il tutto è sovrastato da terreni molto più aerati;

- ✓ acquiferi intermedi costituiti da lenti ghiaiose intercalate alla porzione dominante di depositi alluvionali costituita da sabbie e sabbie limose; risultano inoltre attraversati da strati continui di argille limose o siltose. Questi acquiferi si rinvengono a profondità comprese tra 12-15 e 30- 40 mt di profondità e lo spessore totale è compreso tra 15 e 25 mt;
- ✓ acquifero profondo, direttamente a contatto con il substrato roccioso e che si situa ad una profondità compresa tra 35 e 50 mt. E' costituito da ghiaie grossolane e corrisponde alla fase di massimo approfondimento della valle. Dal punto di vista della sfruttabilità questo acquifero è il più produttivo ed è protetto dall'inquinamento da un livello di argille limose (Navarra, 2002).

Lo studio eseguito ha confermato la presenza di una falda libera, impostata all'interno dei depositi sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi dell'acquifero superficiale, caratterizzati da permeabilità primaria medio-alta, con valori di soggiacenza variabili e interessati da notevoli escursioni, ma sempre molto bassi (-0,80 mt. e -3,43 mt. da p.c.)

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1 INDAGINI PREGRESSE

4.1.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

In località Baia del Silenzio, sono già state realizzate 2 prove penetrometriche dinamiche continue. Le prove, i cui dati sono stati reperiti presso l'archivio del Comune di Sestri Levante, sono state spinte fino al raggiungimento del substrato roccioso, individuato alle profondità di -4,00 mt da p.c. (P1) e -11,60 mt da p.c. (P2).

L'ubicazione delle prove è riportata sugli "Stralci planimetrici di dettaglio" in allegato (cfr. Allegato. 4).

4.1.2 CAMPAGNA DI INDAGINI DI VIA PACE NEL MONDO

In corrispondenza dell'area dove è prevista la realizzazione della nuova stazione di sollevamento in Via Pace nel Mondo, è già stata realizzata, nei mesi di settembre-ottobre 2012, a corredo di un Progetto Urbanistico Unitario di iniziativa privata, una campagna di indagini geognostiche consistente nella

realizzazione di 4 sondaggi a carotaggio continuo, prove in sito, prove di laboratorio ed indagini geofisiche. I dati relativi alle indagini sono stati reperiti presso l'archivio del Comune di Sestri Levante.

L'ubicazione dei sondaggi e delle indagini geofisiche è riportata sugli "Stralci planimetrici di dettaglio" in allegato (cfr. Tav. 4).

Sondaggi meccanici a rotazione a carotaggio continuo

Sull'area del Progetto Urbanistico Unitario di iniziativa privata sono stati realizzati in totale 4 sondaggi geognostici verticali a rotazione a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 15,00 mt da p.c.

Il sondaggio S4 risulta ubicato in adiacenza al lotto di terreno sul quale sarà realizzata la nuova stazione di sollevamento.

La stratigrafia ricavata dal sondaggio è la seguente:

Sondaggio S4	
0-0,40 mt	Terreno vegetale caratterizzato da scheletro pluricentimetrico immerso in una matrice di natura sabbiosa.
0,40-1,30 mt	Livello limoso con presenza di alcuni ciottoli di dimensioni centimetriche. Colore marrone chiaro a marroncino.
1,30-4,10 mt	Ghiaia in matrice sabbiosa. Colore da grigio a grigio-marrone.
4,10-8,50 mt	Orizzonte in cui si alternano argille e limi. Colore variabile da grigio chiaro a grigio.
8,50-11,80 mt	Ghiaia in matrice sabbiosa. Colore grigio chiaro.
11,80-13,70 mt	Livello sabbio-limoso passante a limo-argilloso con presenza di alcuni clasti centimetrici. Colore grigio-marroncino.
13,70-15,00 mt	Orizzonte ghiaioso immerso in una matrice di natura prevalentemente sabbiosa. Colore grigio chiaro.

Nel foro di sondaggio sono state realizzate 4 prove S.P.T. (Standard Penetration Test). Da tali prove è possibile determinare le caratteristiche geotecniche dei depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi e sabbioso limosi.

Tabella dei dati ricavati:

GHIAIE SABBIOSE

Sondaggio	Prof. (mt)	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	Densità relativa Dr (%)	φ' (°)	E (MPa)
S4	-2,00	16	18	68,5	33,3	18,6
S4	-3,50	14	16	61,5	32,7	18,3
S4	-10,00	26	24	64,5	35,5	28,4

SABBIE LIMOSE

Sondaggio	Prof. (mt)	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	Densità relativa Dr (%)	φ' (°)	E (MPa)
S4	-13,50	20	17	52	32,9	24,2

I valori di N_{SPT} sono stati normalizzati utilizzando la formula seguente:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_S \cdot C_R \cdot C_B$$

dove:

N_{SPT} = valore misurato.

$(N_1)_{60}$ = valore calcolato.

C_N, C_E, C_S, C_R, C_B = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente delle tensioni geostatiche, del rendimento energetico dell'apparecchiatura di prova, del tipo di campionatore impiegato, della lunghezza della batteria di aste al di sotto della testa di battuta e del diametro del foro di sondaggio all'interno del quale si è eseguita la misura SPT.

con:

C_N= correlazione di Skempton, 1986 (sabbie grossolane).

C_E = ER/60 con ER = rendimento energetico del sistema di battitura.

C_B = 1.0-1.05-1.15 (per diametri del foro di sondaggio pari rispettivamente a □ = 65 -115; 150; 200 mm).

C_R = 0.75-0.85-0.95-1.0 (se la batteria di aste è lunga rispettivamente in mt. 3< L< 4; 4< L< 6; 6< L< 10; L> 10).

C_S = 1.0 (campionatore standard) o 1.3 (campionatore standard senza liner in PVC).

Per la determinazione del grado di addensamento dei terreni sono state utilizzate le relazioni di Skempton (1989) e di Gibbs & Holtz (1957); il valore rappresentativo utilizzato è il valore mediato tra i 2 metodi.

Sia le ghiaie sabbiose che le sabbie limose risultano mediamente addensate.

L'angolo di attrito efficace ϕ' di picco è stato determinato utilizzando le relazioni di Meyerhof (1965):

$$\phi' = 23,7 + 0,57\ (N_1)_{60} - 0,006\ (N_1)_{60}^2$$

di Peck-Hanson & Thornburn (1974):

$$\phi' = 27,2 + 0,28\ (N_1)_{60}$$

e Road Bridge Specification:

$$\phi' = \sqrt{15\ (N_1)_{60}} + 15$$

Il valore rappresentativo utilizzato è il valore mediato tra i 3 metodi.

Il modulo elastico è stato determinato utilizzando le relazioni di Jamiolkowski et al. (1988) valida per terreni normalconsolidati:

$$E'_{25} = (10,5\text{-}3,5\ D_r)\ N_{60}\ (kg/cm^2)$$

con:

E'_{25} = modulo elastico secante cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25%.

Dr = densità relativa.

N_{60} = valore normalizzato senza tener conto delle tensioni geostatiche.

Secondo tale metodo, il modulo elastico "operativo" può essere assunto pari a quello corrispondente a tensioni dell'ordine del 25% di quelle a rottura. Tale percentuale è infatti quella normalmente riscontrabile nelle immediate vicinanze di strutture di fondazione calcolate per garantire un coefficiente di sicurezza nei confronti della rottura nell'ordine di 2,5÷3,0.

di Tornaghi ed al.:

$$E = B\ \sqrt{N_{60}}\ (MPa)$$

con:

B = costante pari a 7 MPa

N_{60} = valore normalizzato senza tener conto delle tensioni geostatiche.

Anche in questo caso il valore rappresentativo utilizzato è il valore mediato tra i 2 metodi.

Prove di laboratorio

All'interno del sondaggio S4 è stato prelevato 1 campione indisturbato di terreno (limi argillosi) da sottoporre a prove di laboratorio.

Segue lo schema della quota relativa di estrazione e del sondaggio:

CAMPIONE	SONDAGGIO	PROFONDITÀ (MT.)	TERRENO	PROVE
Ci	S4	-4,70/ -5,35	Limo argilloso	CF-AG-Lim-c'-φ'

(*) Ci = Campione indisturbato;

CF = Caratteristiche fisiche;

AG = Analisi granulometriche;

Lim. = Limiti di Atterberg;

c' = coesione efficace:

ϕ' = angolo di attrito efficace.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i risultati ottenuti:

ANALISI GRANULOMETRICA		
Campione	*Descrizione*	*Classificazione (U.S.C.S.)*
S4-Ci1	**Limi inorganici, limi argillosi**	**ML**

CARATTERISTICHE FISICHE			
Campione	*Peso di volume (kN/mt³)*	*Peso di volume secco (kN/mt³)*	*Contenuto d'acqua (%)*
S4-Ci1	**18,72**	**14,04**	**33,29**

LIMITI			
Campione	*Limite liquido (%)*	*Limite plastico (%)*	*Indice di plasticità (%)*
S4-Ci1	**32,1**	**26**	**6,1**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Campione	*Angolo di attrito efficace (°)*	*Coesione efficace (kPa)*
S4-Ci1	**24,6**	**8,6**

Misure piezometriche

Il foro di sondaggio S1 è stato allestito con piezometro a tubo aperto in modo da verificare la presenza e la quota di falda ed il comportamento della stessa nel tempo.

Le letture, effettuate nell'arco temporale compreso tra i mesi di ottobre 2012 e maggio 2016, hanno indicato la presenza di acqua, ad una profondità variabile tra -0,80 mt. e -3,43 mt. da p.c.

I dati evidenziano quindi la presenza di una falda sub-superficiale interessata da notevoli escursioni in relazione all'alternarsi di periodi interessati, o meno, da significative precipitazioni meteoriche.

Prove di permeabilità

All'interno dei fori di sondaggio S2 ed S3 sono state eseguite 2 prove di permeabilità Lefranc a carico costante, in avanzamento, all'interno dei depositi alluvionali sabbioso limosi, per valutarne la permeabilità.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

PROVA	SONDAGGIO	PROFONDITÀ (MT)	LIVELLO	K (MT/SEC)
1	S2	-3,00/-3,70	Sabbie limose	$4,4 \times 10^{-5}$
2	S3	-2,00/-2,70	Sabbie limose	$4,4 \times 10^{-5}$

Indagine MASW

Nel tratto compreso tra i sondaggi S2 ed S4 è stata realizzata un'indagine sismica con il metodo MASW, allo scopo di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs all'interno dei terreni indagati. Nel dettaglio sono state eseguite 2 stese di lunghezza pari a 46 mt, orientate in direzione NO-SE.

Il metodo MASW (Multichannel analysis of surface waves) è una tecnica di indagine non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali con metodi a sorgente attiva, eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un terreno che non sia omogeneo, e che presenti quindi una stratificazione data o dalla diversa consistenza del terreno o dal contrasto terreno-substrato, le onde superficiali, in prevalenza onde di Rayleigh, si propagano con diverse velocità di fase.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, invece onde a bassa frequenza con lunghezza d'onda lunga si propagano negli strati più profondi.

L'analisi delle onde S viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

Si determina la curva di dispersione che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda.

Tale curva è ottenuta individuando i massimi energetici corrispondenti alle onde di Rayleigh. La curva viene poi confrontata con un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Lo scarto tra le due curve deve essere inferiore al 5%.

In base al profilo di Vs è stato calcolato il parametro Vs_{eq} che è risultato variabile tra 231÷242 mt/sec.

4.2 CAMPAGNA DI INDAGINI 2019

Al fine di consentire una caratterizzazione geologico/stratigrafica di dettaglio, determinare i parametri geotecnici medi dei terreni e verificare l'interazione dal punto di vista sismico del sistema terreno-strutture, è stata progettata ed eseguita una campagna di indagini geognostiche consistente nella realizzazione di 4 sondaggi a carotaggio continuo, prove in sito ed indagini geofisiche.

Nello specifico sono stati eseguiti:

- ✓ n° 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- ✓ n° 12 prove penetrometriche dinamiche in foro (S.P.T.);
- ✓ 3 stazioni di sismica passiva a stazione singola mediante misura di microtremori ambientali (HVSR).

La documentazione completa delle indagini eseguite è riportata sul "Rapporto indagini geognostiche".

4.2.1 SONDAGGI MECCANICI A ROTAZIONE A C.C.

In data compresa tra il 18/03/2019 ed il 21/03/2019 sono stati realizzati 4 sondaggi geognostici verticali a rotazione a carotaggio continuo con diametro di perforazione di 101 mm.

I sondaggi, la cui ubicazione è riportata sugli "Stralci planimetrici di dettaglio" in allegato (cfr. Tav. 3-4), sono stati realizzati in corrispondenza dell''area dove sarà realizzata la nuova stazione di sollevamento Sestri Levante Centro (S3-S4), in località Riva Trigoso (S2) e in località Fossa Lupara (S1) e sono stati spinti fino alla profondità di -10,00 mt da p.c.

In tutti i sondaggi è stata riscontrata la presenza di un livello superficiale, costituito da terreni rimaneggiati, localmente frammisti a riporti, a granulometria prevalentemente sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa, con sottili livelli limoso-argillosi, di spessore variabile tra 2,40÷4,00 mt., seguito, nei sondaggi S1, S3 ed S4, da uno strato di limi e limi argillosi, debolmente sabbiosi, di spessore variabile tra 1,40÷2,50 mt. Al di sotto dei limi argillosi, nei sondaggi S3 e S4, e direttamente dei terreni rimaneggiati nel sondaggio S2, sono presenti sabbie eterometriche da limoso-argillose a debolmente ghiaiose. Nel sondaggio S1, al di sotto dei limi argillosi, è stata riscontrata la presenza di un livello maggiormente grossolano, costituito da ghiaie eterometriche sabbiose, con l'intercalazione di uno strato limoso-argilloso tra -6,80/-7,90 mt di profondità.

Classificazione della qualità dell'ammasso roccioso secondo l'indice RQD

RQD %	Qualità
0-25	Molto scadente
25-50	Scadente
50-75	Media
75-90	Buona
90-100	Eccellente

Il substrato roccioso, costituito da marne e calcari marnosi molto fratturati (valori di R.Q.D. inferiori al 30%), è stato intercettato unicamente nel sondaggio S2, alla profondità di -7,70 mt da p.c.

4.2.2 PROVE S.P.T.

Nei fori di sondaggio S1, S2 e S3 sono state realizzate 12 prove S.P.T. (Standard Penetration Test). Da tali prove è possibile determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali rimaneggiati e dei depositi alluvionali limoso-argillosi, ghiaiosi e sabbiosi.

Tabella dei dati ricavati:

TERRENI SUPERFICIALI RIMANEGGIATI

Sondaggio	Prof. (mt)	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	Densità relativa Dr (%)	φ' (°)	E (MPa)
S1	-1,50	10	11	57	30,9	14
S2	-1,80	11	12	58	31,3	15
S3	-1,50	2	2	24,5	26,4	5,5
S3	-3,40	5	5	36,5	28,1	9,8

LIMI ARGILLOSI

Sondaggio	Prof. (mt)	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	c_u (kg/cm^2)	E_d (kg/cm^2)
S1	-3,00	11	13	0,4	66
S1	-4,50	5	5	0,2	30

SABBIE ETEROMETRICHE DA LIMOSO ARGILLOSE A DEBOLMENTE GHIAIOSE

Sondaggio	Prof. (mt)	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	Densità relativa Dr (%)	φ' (°)	E (MPa)
S2	-3,00	23	21	70	34,3	22
S2	-4,50	20	20	66	34,1	23,2
S2	-6,00	21	20	64	34,1	24,4
S3	-6,00	13	13	34,5	31,6	18,4
S3	-8,00	16	15	53,5	32,2	20,4

GHIAIE ETEROMETRICHE SABBIOSE

Sondaggio	Prof. (mt)	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	Densità relativa Dr (%)	φ' (°)	E (MPa)
S1	-6,00	12	11	48,5	30,7	17,2

I valori di N_{SPT} sono stati normalizzati utilizzando la formula seguente:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_S \cdot C_R \cdot C_B$$

dove:

N_{SPT} = valore misurato.

$(N_1)_{60}$ = valore calcolato.

C_N, C_E, C_S, C_R, C_B = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente delle tensioni geostatiche, del rendimento energetico dell'apparecchiatura di prova, del tipo di campionatore impiegato, della lunghezza della batteria di aste al di sotto della testa di battuta e del diametro del foro di sondaggio all'interno del quale si è eseguita la misura SPT.

con:

C_N= correlazione di Skempton, 1986 (sabbie grossolane).

C_E = ER/60 con ER = rendimento energetico del sistema di battitura.

C_B = 1.0-1.05-1.15 (per diametri del foro di sondaggio pari rispettivamente a □ = 65 -115; 150; 200 mm).

C_R = 0.75-0.85-0.95-1.0 (se la batteria di aste è lunga rispettivamente in mt. 3< L< 4; 4< L< 6; 6< L< 10; L> 10).

C_S = 1.0 (campionatore standard) o 1.3 (campionatore standard senza liner in PVC).

Per la determinazione del grado di addensamento dei terreni sono state utilizzate le relazioni di Skempton (1989) e di Gibbs & Holtz (1957); il valore rappresentativo utilizzato è il valore mediato tra i 2 metodi.

I terreni rimaneggiati superficiali risultano da sciolti a mediamente addensati, mentre le sabbie e le ghiaie risultano da mediamente addensate ad addensate.

L'angolo di attrito efficace ϕ' di picco è stato determinato utilizzando le relazioni di Meyerhof (1965):

$$\phi' = 23,7 + 0,57\ (N_1)_{60} - 0,006\ (N_1)_{60}^2$$

di Peck-Hanson & Thornburn (1974):

$$\phi' = 27,2 + 0,28\ (N_1)_{60}$$

e Road Bridge Specification:

$$\phi' = \sqrt{15\ (N_1)_{60}} + 15$$

Il valore rappresentativo utilizzato è il valore mediato tra i 3 metodi.

Il modulo elastico è stato determinato utilizzando le relazioni di Jamiolkowski et al. (1988) valida per terreni normalconsolidati:

$$E'_{25} = (10,5\text{-}3,5\ D_r)\ N_{60}\ (kg/cm^2)$$

con:

E'_{25} = modulo elastico secante cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25%.

Dr = densità relativa.

N_{60} = valore normalizzato senza tener conto delle tensioni geostatiche.

Secondo tale metodo, il modulo elastico "operativo" può essere assunto pari a quello corrispondente a tensioni dell'ordine del 25% di quelle a rottura. Tale percentuale è infatti quella normalmente riscontrabile nelle immediate vicinanze di strutture di fondazione calcolate per garantire un coefficiente di sicurezza nei confronti della rottura nell'ordine di 2,5÷3,0.

di Tornaghi ed al.:

$$E = B\ \sqrt{N_{60}}\ (MPa)$$

con:

B = costante pari a 7 MPa

N_{60} = valore normalizzato senza tener conto delle tensioni geostatiche.

Anche in questo caso il valore rappresentativo utilizzato è il valore mediato tra i 2 metodi.

Il livello limoso-argilloso, coesivo, sulla base delle prove effettuate, risulta mediamente consistente.

Per tale livello, facendo riferimento al metodo DM-7 (Design Manual for Soil Mechanichs) per argille a bassa plasticità, è stato stimato il valore medio di coesione non drenata c_u sulla base della formula seguente:

$$c_u = 0,038\ N_{SPT}\ (Kg/cm^2)$$

Il modulo edometrico è stato stimato attraverso la relazione di Stroud e Butler, valida per argille di bassa plasticità:

$$E_d = 6\ N_{SPT}\ (Kg/cm^2)$$

Deve essere considerato comunque che le prove S.P.T. non forniscono in generale valori attendibili per i terreni coesivi e pertanto i valori ottenuti vanno considerati solamente indicativi e applicati solo per stime di primo riferimento.

4.2.3 INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SISMICA (HVSR)

Ad integrazione dei sondaggi meccanici, al fine di determinare le caratteristiche sismo-stratigrafiche e le frequenze di risonanza dei terreni di sottosuolo (frequenze alle quali si ha in superficie la massima amplificazione stratigrafica del moto del suolo rispetto al substrato di riferimento), utili per verificare l'interazione dal punto di vista sismico del sistema terreno-strutture e mettere in luce possibili fenomeni di doppia risonanza tra terreno e strutture in caso di terremoto, in data 08/04/2019, è stata eseguita un'indagine geofisica di sismica passiva a stazione singola mediante misura di microtremori ambientali (HVSR).

Le misure di microtremore a stazione singola consentono infatti, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali, di ottenere immediatamente, come misura diretta, la frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, direttamente correlabile al periodo di oscillazione proprio del sito, senza stimare quest'ultimo sulla base delle Vs.

Inoltre, opportunamente invertite, permettono anche di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia che il profilo di Vs e di ricostruire un modello geofisico del sottosuolo, che può essere utilizzato per la valutazione degli effetti sismici di sito.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

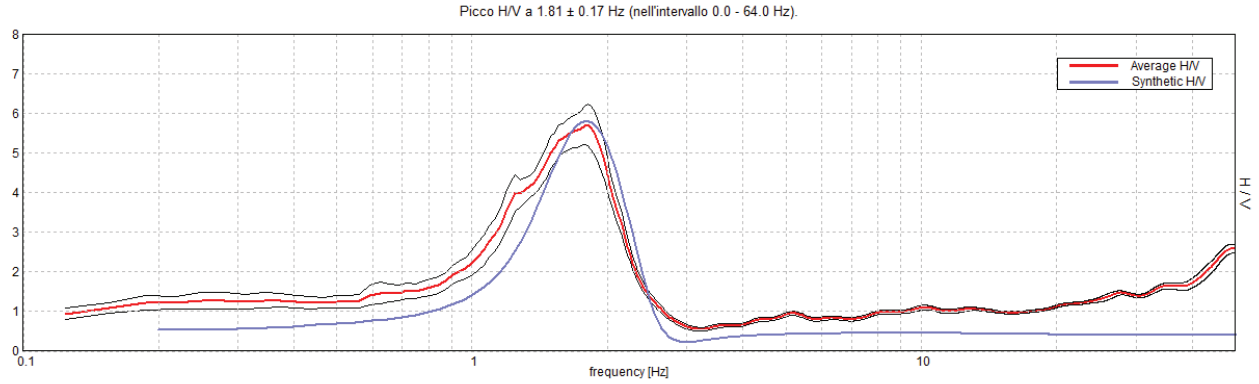
In particolare sono state approntate 3 stazioni di misura ubicate in adiacenza ai sondaggi S1, S2 e S3. L'ubicazione dettagliata delle prove è riportata sugli "Stralci planimetrici di dettaglio" in allegato (cfr. Tav. 3-4).

Le misure hanno permesso di ricavare la velocità delle onde di taglio (Vs) all'interno dei terreni indagati. I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti:

GEO014_19 LM

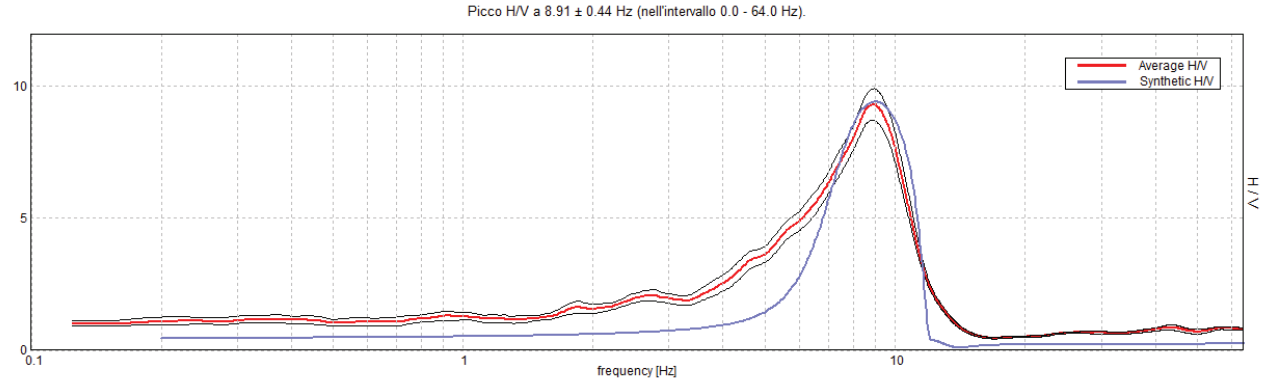
TR1		
PROFONDITÀ (MT)	DESCRIZIONE	VS (MT/SEC)
0-16,0	Depositi fluvio-marini sabbiosi	295
16,0-19,0	Limi e limi argillosi	220
19,0-46,3	Depositi fluvio-marini sabbiosi	315
>46,3	Substrato roccioso fratturato	665

STAZIONE DI MISURA	$VS_{,EQ}$ (MT/SEC)	FREQUENZA DI RISONANZA DEL SOTTOSUOLO (HZ)
Tr1	292	1,81



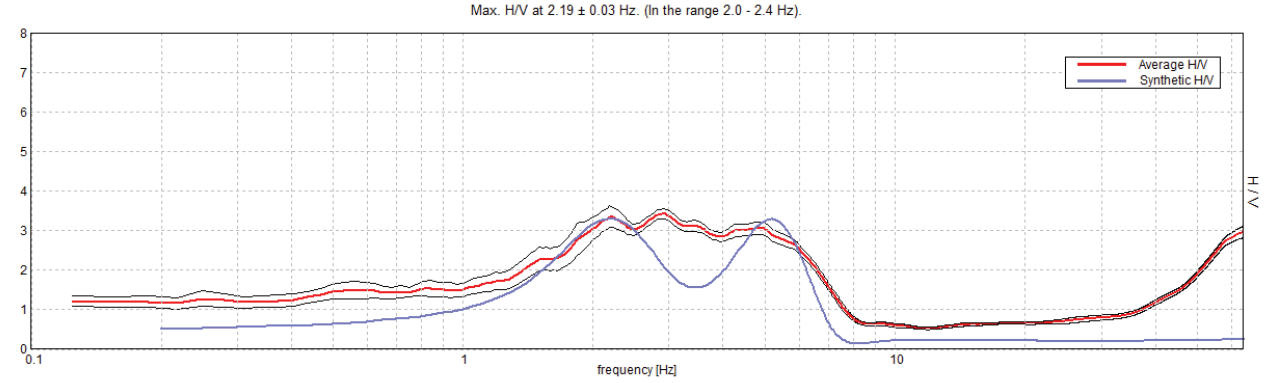
TR2		
PROFONDITÀ (MT)	DESCRIZIONE	VS (MT/SEC)
0-9,30	Riporti e depositi fluvio-marini sabbiosi	290
>9,30	Substrato roccioso mediamente fratturato	805

STAZIONE DI MISURA	$VS_{,EQ}$ (MT/SEC)	FREQUENZA DI RISONANZA DEL SOTTOSUOLO (HZ)
Tr2	297	8,91



TR3		
PROFONDITÀ (MT)	DESCRIZIONE	VS (MT/SEC)
0-15,9	Depositi alluvionali	295
15,9-82,9	Substrato roccioso fratturato	660
>82,9	Substrato roccioso molto poco fratturato	1200

STAZIONE DI MISURA	$VS_{,EQ}$ (MT/SEC)	FREQUENZA DI RISONANZA DEL SOTTOSUOLO (HZ)
Tr3	402	2,19-5,2



5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEI TERRENI

La stratigrafia del sottosuolo indagato, schematizzata in 4 strati e riportata nelle sezioni geologiche schematiche in allegato (cfr. Tav. 5), è stata ricostruita sulla base dei dati ricavati dalle indagini geognostiche eseguite.

I parametri geotecnici medi riportati di seguito sono stati ricavati sulla base dei dati forniti dalle indagini geognostiche eseguite, facendo riferimento anche a dati ottenuti da prove di laboratorio già eseguite su terreni similari ed alle informazioni note nella letteratura specifica:

Livello	γ (t/mt^3)	γ_{sat} (t/mt^3)	c' (kPa)	φ' (°)	c_u (kPa)	E (MPa)	E_d (kg/cm^2)	k (mt/sec)
Terreni superficiali rimaneggiati sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi con sottili livelli limoso-argillosi	2,1	2,3	0	29	-	11	-	10^{-4}
Limi e limi argillosi	1,9	2,0	9	25	30	-	48	10^{-8}
Sabbie eterometriche da limoso-argillose a debolmente ghiaiose	2,0	2,2	3	33	-	22	-	10^{-4}-10^{-5}
Ghiaie in matrice sabbiosa	2,1	2,3	0	33	-	21	-	10^{-3}

6. MODELLAZIONE SISMICA

6.1 ZONIZZAZIONE SISMICA

In relazione alla sismicità, sulla base del database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) 3.2.1, la raccolta delle potenziali fonti per i terremoti più grandi di M 5,5 in Italia e nelle aree circostanti. http://diss.rm.ingv.it/diss/, © INGV 2010 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, le sorgenti sismogenetiche più vicine al sito oggetto di studio sono le seguenti:

- ✓ *Imperia Promontory ITCS022*, nel Mar Ligure Occidentale, ad una distanza di 55 Km ad O del territorio comunale.

- ✓ *Lunigiana ITCS026*, nell'Appennino Settentrionale, ad una distanza di 29 Km ad E del territorio comunale;
- ✓ *Garfagnana ITC5083* ad una distanza di 61 Km a SE del territorio comunale.

La classificazione sismica derivante dagli studi regionali di cui alla D.G.R. n°216 del 17/03/2017 ha inserito il Comune di Sestri Levante in **Zona 3 (bassa pericolosità)**.

6.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE

I terremoti non causano danni in modo uniforme o con variabilità graduale.
Spesso si osservano concentrazioni anomale di danni all'interno di uno stesso centro abitato o forti differenze tra paesi molto vicini tra di loro.
Se si possono escludere variazioni di vulnerabilità, ovvero della capacità degli edifici di resistere alle sollecitazioni sismiche, la causa di queste anomalie nel danneggiamento va ricercata in un complesso insieme di fenomeni che va sotto il nome di "effetti di sito".
Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche e sono decisamente più difficili da caratterizzare rispetto agli elementi di instabilità dei suoli. Il caso tipico è quello della risonanza delle coltri sedimentarie, dove l'onda sismica incidente dal basso sulla coltre di sedimenti li mette in oscillazione alla frequenza propria con un'ampiezza limitata solo dal fattore di dissipazione intrinseca (intrappolamento dell'energia sismica in presenza di brusche variazioni della rigidità alla base delle coltri sedimentarie).
Un effetto analogo di amplificazione è anche possibile per la topografia, nel quale caso l'onda sismica mette in oscillazione un piccolo rilievo topografico alla sua frequenza propria.
Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella dei manufatti, si produce un'amplificazione molto grande delle onde sismiche e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo (fenomeno della doppia risonanza).
Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono quindi a quelle effettive ed è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.
Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale (RSL).

Dall'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Secondo quanto espresso dalle NTC 2018 le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Le azioni sismiche, così individuate, vengono successivamente variate, con le modalità precisate dalle NTC 2018, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche locali del sottosuolo, effettivamente presenti nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

Ciò premesso, facendo riferimento all'approccio semplificato, si è provveduto ad una classificazione sismica dei terreni investigati in termini di "Categorie di sottosuolo" ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

L'indagine geofisica di sismica passiva a stazione singola tramite misure di microtremori ambientali mediante tecnica dei rapporti spettrali H/V eseguita presso i giardini comunali Mariele Ventre, dove sarà realizzata la prima stazione di sollevamento, ha fornito una Vs,eq pari a **291 mt/sec**. L'indagine non ha inoltre evidenziato la presenza di significativi contrasti di impedenza alle frequenze di interesse dell'intervento a progetto.

L'indagine MASW eseguita in corrispondenza del sito in via Pace nel Mondo, dove sarà realizzata la seconda stazione di sollevamento, ha permesso di ricavare la velocità delle onde di taglio (Vs) all'interno dei terreni indagati. **La Vs,eq è risultata variabile tra 231÷242 mt/sec**.

I 2 siti in esame ricadono quindi nella **Categoria di sottosuolo C** secondo la Tab. 3.2.II del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni":

C) *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 mt, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 mt/sec e 360 mt/sec.*

Per quanto riguarda l'amplificazione topografica, considerate le caratteristiche morfologiche, i siti in esame ricadono nella **Categoria topografica T1**.

7. VALUTAZIONE DI CONFORMITA' AL PIANO DI BACINO

L'intervento è conforme alle norme del Piano di Bacino Stralcio "Ambito 17 - Torrente Gromolo, Torrente Petronio, Aree scolanti".

8. CONCLUSIONI

Le problematiche di carattere geologico per la realizzazione delle opere in progetto, individuate dallo studio e dall'approfondimento geognostico effettuati, sono legate principalmente alla fase degli scavi ed all'interferenza della falda con le strutture ed i fronti. Pertanto, sulla base dello studio effettuato e della situazione geologico-geomorfologica esistente, lo scrivente ritiene fattibile e compatibile l'intervento di cui trattasi nell'osservanza delle prescrizioni di carattere geologico-esecutivo di seguito indicate:

- ✓ considerate le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche sopra esposte e l'interferenza della falda con i fronti di scavo, in corrispondenza delle nuove stazioni di sollevamento si dovrà procedere, preventivamente alle fasi di scavo, al consolidamento degli stessi attraverso l'esecuzione di opere provvisionali di sostegno, che possono essere individuate in palancolate spinte al di sotto della quota di fondo scavo, eventualmente tirantate o in paratie di micropali secanti o impermeabilizzati iniezioni cementizie tra un palo e l'altro con pressioni da valutare.
- ✓ La tipologia delle opere di sostegno dovrà essere scelta e valutata attentamente dal progettista delle strutture in funzione delle caratteristiche geotecniche sopraesposte dei terreni presenti e della presenza della falda che pottrebbe necessitare anche di un tampone di fondo mediante iniezioni cementizie a pressioni da valutare.
- ✓ durante le operazioni di scavo per l'installazione delle condotte non dovranno essere lasciati scavi aperti per periodi lunghi senza un adeguato sostegno e i fronti, se non opportunamente sostenuti, dovranno essere realizzati secondo angoli compatibili con le caratteristiche geotecniche dei terreni, tenendo conto di un adeguato margine di sicurezza;
- ✓ sulla base dei dati ricavati dallo studio effettuato gli scavi e il microtunneling non interferiranno in nessun caso con il substrato roccioso;

- ✓ le fondazioni di entrambe le stazioni di sollevamento troveranno appoggio diretto sui limi argillosi.

Certi di aver adempiuto correttamente ed in modo esaustivo all'incarico conferitoci, rimaniamo comunque a disposizione per eventuali chiarimenti e/o approfondimenti di indagine.

Genova, 20_05_2019



Dott. Geol. Davide Delucchi

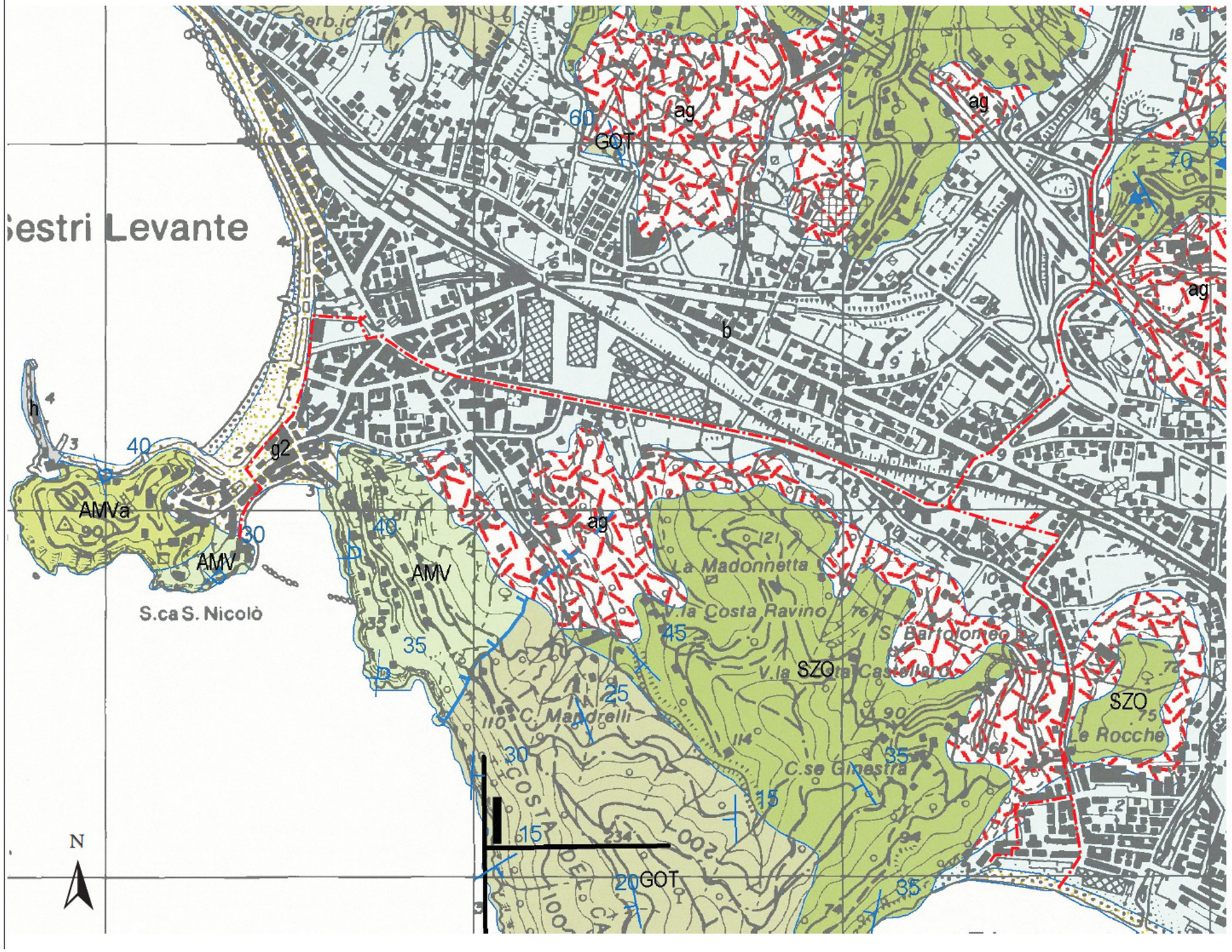


Dott. Geol. Luca Maldotti

ALLEGATI

LEGENDA

- Depositi alluvionali
- Depositi di spiaggia
- Coltri detritiche
- Scisti zonati (SZO)
- Arenarie di Monte Gottero (GOT)
- Ardesie di Monte Verzi (AMV)
- Lineamenti tettonici
- Tracciato collettore



1	CARTA GEOLOGICA	GEO014_19 LM	20_05_2019	1 : 10.000	Luca Maldotti	IRETI
N°	allegato	codice	data	scala	redatto	committente

LEGENDA

Tracciato collettore



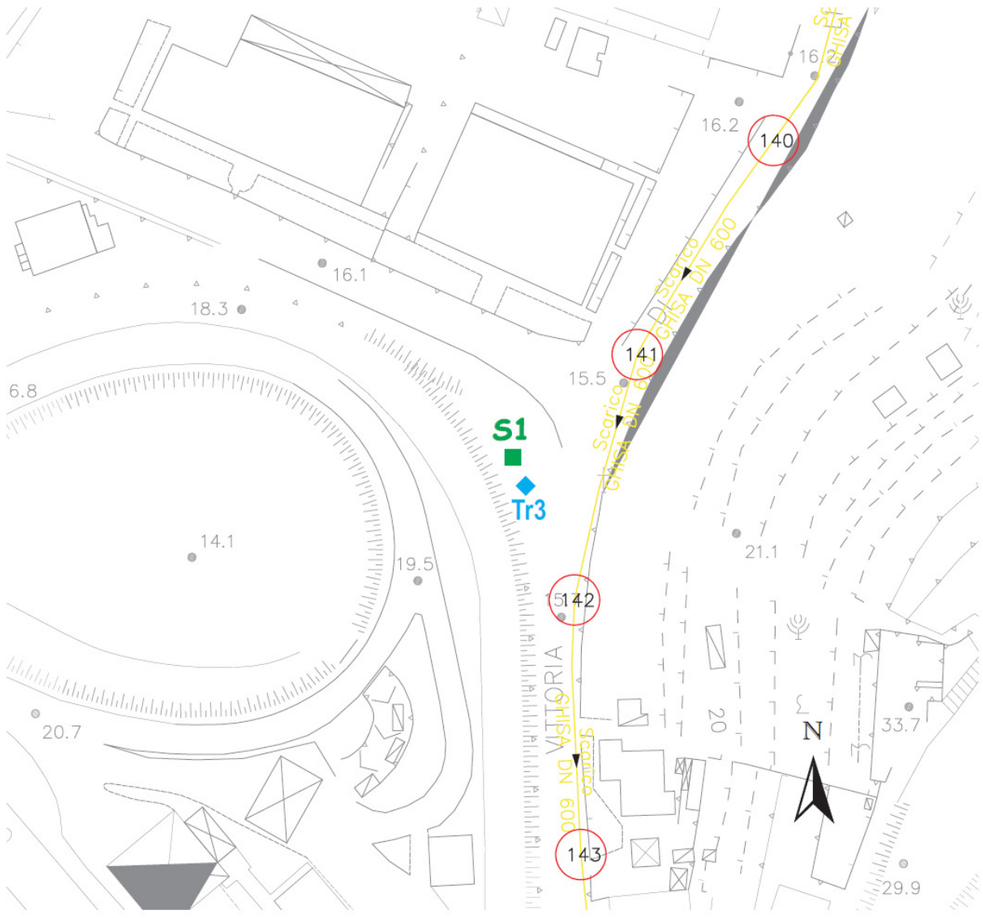
2	PLANIMETRIA GENERALE	GEO014_19 LM	20_05_2019	1 : 10.000	Luca Maldotti	IRETI
N°	allegato	codice	data	scala	redatto	committente

LEGENDA

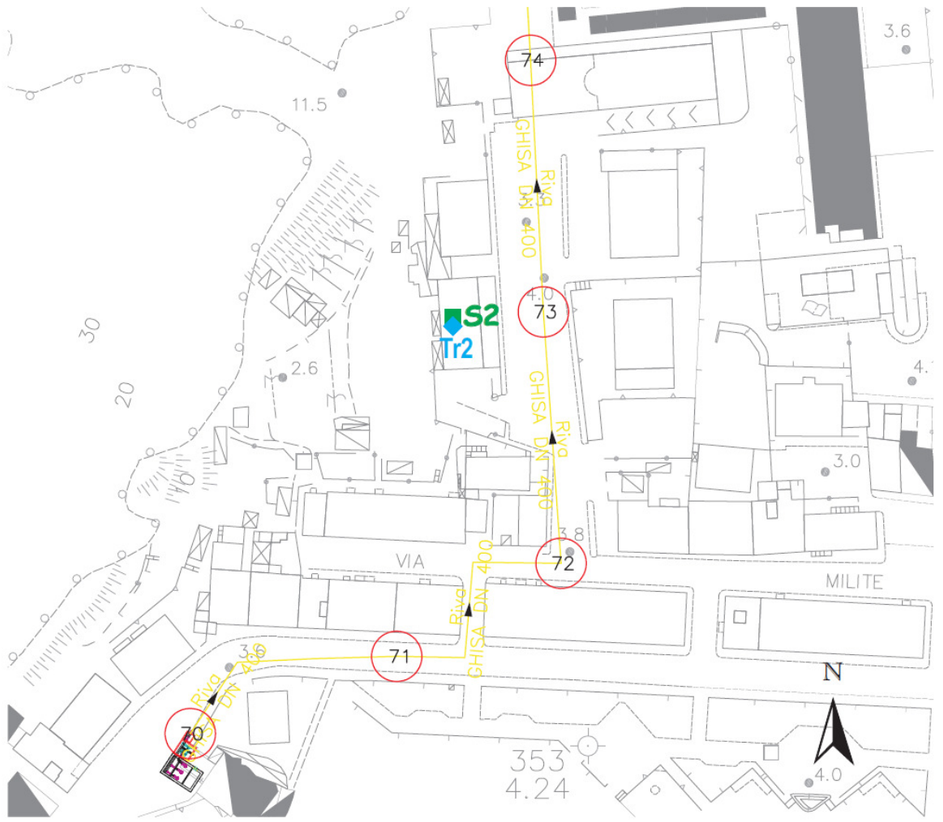
■ S1 Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo

◆ Tr2 Indagini di sismica passiva a stazione singola

Fossa Lupara
Scala 1:1.000



Riva
Scala 1:1.000

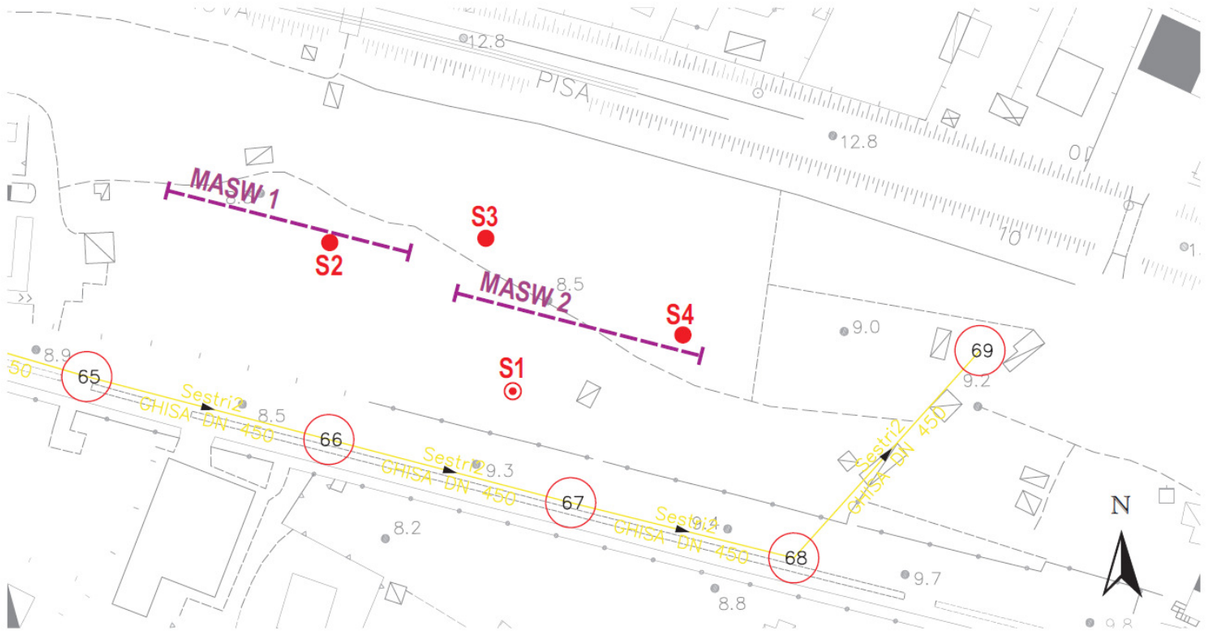


3	STRALCI PLANIMETRICI DI DETTAGLIO FOSSA LUPARA E RIVA	GEO014_19 LM	20_05_2019	-	Luca Maldotti	IRETI
N°	allegato	codice	data	scala	redatto	committente

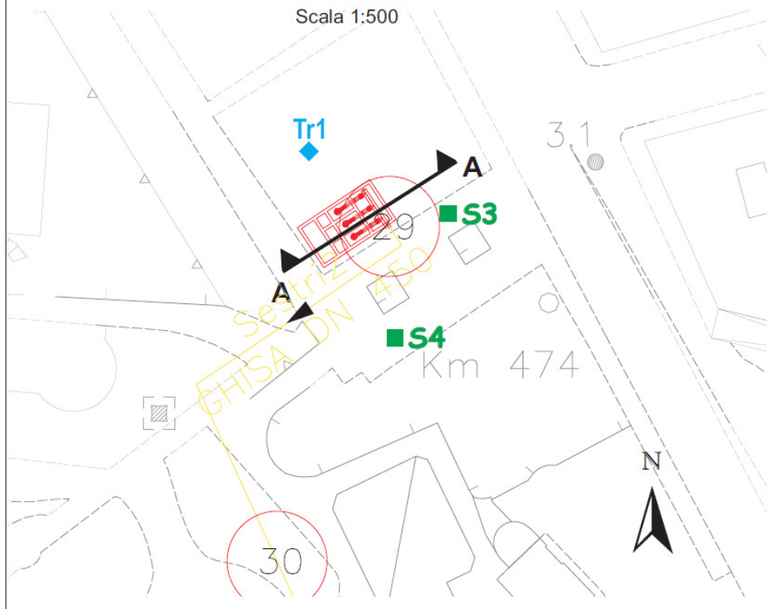
LEGENDA

- S3 — Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo
- Tr1 — Indagini di sismica passiva a stazione singola
- S1 — Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo attrezzato con piezometro (settembre 2012)
- S2 — Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo (settembre 2012)
- P1 — Prove penetrometriche dinamiche
- MASW (ottobre 2012)
- A A — Traccia delle sezioni

Stazione di sollevamento Via Pace nel Mondo
Scala 1:1.000



Stazione di sollevamento Sestri Levante Centro
Scala 1:500



Baia del silenzio
Scala 1:3.000



N°	allegato	codice	data	scala	redatto	committente
4	STRALCI PLANIMETRICI DI DETTAGLIO STAZIONI DI SOLLEVAMENTO	GEO014_19 LM	20_05_2019	-	Luca Maldotti	IRETI

5	DOCUMENTAZIONE CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE 2019
N°	allegato

GEO014_19 LM	20_05_2019	-	Luca Maldotti	IRETI
codice	data	scala	redatto	committente

M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Sigla sondaggio **S1**

Committente:	**IRETI S.p.A.**
Cantiere:	**INT 19 - Fossa Lupara**
Località:	**Sestri Levante (GE)**
Data:	**Inizio e fine 18/03/2019**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: c*arotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *9.00 m* Casse: *n. 2*
Carotiere semplice: *10.00 m*
Carotiere doppio: -
Corona diamantata: -
Strumentazione*: -*

Litologia	Profondità e potenza strato *(m)*	Descrizione litologica	% Carotaggio	Manovre % RQD	Campioni	Prove geotecniche in foro: Standard Penetration Test prof.	Risutato	N_{spt}	Lefranc	Lugeon	Menard	Pocket Penetrometer (kg/cm²)	Torvane Shear Test (kg/cm²)	Piezometro a tubo aperto	Utensile: Carotiere semplice	Carotiere doppio	Corona Diamantata	Falda
	0.00		10 30 50 70 90	10 30 50 70 90										3"				
	2.40	Ghiaia eterometrica prevalentemente grossolana con sabbia debolmente limosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; moderatamente addensata (valore di N_{SPT} pari a 10 a 1.50 m di profondità); colore grigio-beige.		0.50		1.50	3 - 4 - 6	10										
	4.80	Limo argilloso debolmente ghiaioso-sabbioso; moderatamente addensato-consistente (valore di N_{SPT} pari a 11 a 3.00 m di profondità); colore beige.		1.50 3.00		3.00	2 - 5 - 6	11										
	6.80	Ghiaia eterometrica sabbiosa debolmente limosa; clasti poligenici, da subangolari a subarrotondati; da poco addensata a moderatamente addensata (valor1 di N_{SPT} pari a 5 e 12 rispettivamente a 4.50 m e 6.00 m di profondità); colore beige.	100	3.45 4.50		4.50	4 - 3 - 2	5										18/03/2019
	7.90	Limo argilloso debolmente ghiaioso-sabbioso; colore da grigio a beige.		4.95 6.00		6.00	3 - 7 - 5	12										5.94
	10.00	Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, localmente con limo; clasti poligenici, da subarrotondati ad arrotondati; colore beige.		6.45 7.50														
	20.00			9.00 10.00											10.00			

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **IRETI S.p.A.**
Sondaggio: **S1** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m.** a **5.00 m.**



Committente: **IRETI S.p.A.**
Sondaggio: **S1** - Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m.** a **10.00 m.**

M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Sigla sondaggio **S2**

Committente:	**IRETI S.p.A.**
Cantiere:	**INT 23 - Via Palermo - Riva**
Località:	**Sestri Levante (GE)**
Data:	**Inizio e fine 19/03/2019**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: c*arotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *7.00 m* Casse: *n. 2*
Carotiere semplice: *7.00 m*
Carotiere doppio: *3.00 m*
Corona diamantata: *3.00 m*
Strumentazione*: -*

Litologia	Profondità e potenza strato (m)	Descrizione litologica	% Carotaggio	Manovre % RQD	Campioni	Prove geotecniche in foro: Standard Penetration Test prof.	Risutato	N_{spt}	Lefranc	Lugeon	Menard	Pocket Penetrometer (kg/cm²)	Torvane Shear Test (kg/cm²)	Piezometro a tubo aperto	Utensile: Carotiere semplice	Carotiere doppio	Corona Diamantata	Falda
	0.00		10 30 50 70 90	10 30 50 70 90										3"				
	2.00	Ghiaia eterometrica prevalentemente grossolana sabbiosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; colore grigio.		0.80														
				1.70		1.80	6 - 5 - 6	11										
						2.15												
				3.00		3.00	7 - 12 - 11	23										
	5.70	Sabbia eterometrica ghiaiosa debolmente limosa; presenza di ciottoli e blocchi tra 6.70-7.40 m di profondità; clasti poligenici, da subangolari a subarrotondati; moderatamente addensata (valori di N_{SPT} pari a 11, 23, 20 e 21 rispettivamente a 1.80 m, 3.00 m, 4.50 m e 6.00 m di profondità); colore da grigio a beige.	100	4.50		3.45												19/03/2019
						4.50	8 - 11 - 9	20										
				6.00		4.95												5.12
						6.00	12 - 10 - 11	21										
				7.00		6.45												
	7.70			13											7.00			
	2.30	Substrato roccioso costituito da calcari marnosi di colore grigio, fratturato, frantumato tra 9.00-9.40 m di profondità, con discontinuità da ravvicinate a molto ravvicinate e presenza di vene di calcite da millimetriche a centimetriche.		7.90														
				8.50														
				22														
				9.50														
				26														
				10.00												10.00	10.00	
	10.00																	
	20.00																	

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **IRETI S.p.A.**
Sondaggio: **S2** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →



Committente: **IRETI S.p.A.**
Sondaggio: **S2** - Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Sigla sondaggio **S3**

Committente:	**IRETI S.p.A.**
Cantiere:	**INT 6 - Giardini Mariene Ventre**
Località:	**Sestri Levante (GE)**
Data:	**Inizio 20/03/2019 fine 21/03/2019**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: c*arotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *9.00 m* Casse: *n. 2*
Carotiere semplice: *10.00 m*
Carotiere doppio: -
Corona diamantata: -
Strumentazione*: -*

Litologia	Profondità e potenza strato (m)	Descrizione litologica	% Carotaggio	Manovre % RQD	Campioni	Prove geotecniche in foro: Standard Penetration Test prof.	Risutato	N_{spt}	Lefranc	Lugeon	Menard	Pocket Penetrometer (kg/cm²)	Torvane Shear Test (kg/cm²)	Piezometro a tubo aperto	Utensile: Carotiere semplice	Carotiere doppio	Corona Diamantata	Falda
	0.00		10 30 50 70 90	10 30 50 70 90		prof.	Risutato	N_{spt}						3"				
		Sabbia eterometrica ghiaiosa, tra 2.30-2.70 m e tra 3.00-3.40 m di profondità presenza di livelli prevalentemente limoso-argillosi, clasti poligenici, da angolari-subangolari a subarrotondati; da sciolta a poco addensata (valori di N_{SPT} pari a 2 e 5 rispettivamente a 1.50 m e 3.40 m di profondità); colore grigio-beige.		0.80		1.50	2 - 1 - 1	2										21/03/2019
	4.00 (4.00)			1.50		1.95												
		Limo argilloso debolmente sabbioso; colore beige.		2.70		3.40	2 - 3 - 2	5										3.25
	5.40 (1.40)			3.40		3.85												
		Sabbia eterometrica limoso-argillosa; moderatamente addensata (valore di N_{SPT} pari a 13 a 6.00 m di profondità); colore grigio.	100	4.70		6.00	5 - 7 - 6	13										
	6.70 (1.30)			6.00		6.45												
		Sabbia eterometrica ghiaiosa debolmente limosa; clasti poligenici, da angolari-subangolari a subarrotondati; moderatamente addensata (valore di N_{SPT} pari a 16 a 8.00 m di profondità);colore grigio.		6.70		8.00	9 - 8 - 8	16										
				8.00		8.45												
				9.10														
	10.00			10.00											10.00			
	20.00																	

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **IRETI S.p.A.**
Sondaggio: **S3** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m.** a **5.00 m.** →



Committente: **IRETI S.p.A.**
Sondaggio: **S3** - Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m.** a **10.00 m.** →

M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Sigla sondaggio **S4**

Committente:	**IRETI S.p.A.**
Cantiere:	**INT 6 - Giardini Mariene Ventre**
Località:	**Sestri Levante (GE)**
Data:	**Inizio e fine 21/03/2019**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: c*arotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *9.00 m* Casse: *n. 2*
Carotiere semplice: *10.00 m*
Carotiere doppio: -
Corona diamantata: -
Strumentazione*: -*

Litologia	Profondità e potenza strato (m)		Descrizione litologica	% Carotaggio	Manovre % RQD	Campioni	Prove geotecniche in foro: Standard Penetration Test prof.	Standard Penetration Test Risutato	Standard Penetration Test N_{spt}	Lefranc	Lugeon	Menard	Pocket Penetrometer (kg/cm²)	Torvane Shear Test (kg/cm²)	Piezometro a tubo aperto	Utensile: Carotiere semplice	Utensile: Carotiere doppio	Utensile: Corona Diamantata	Falda
	0.00			10 30 50 70 90	10 30 50 70 90		prof.	Risutato	N_{spt}						3"				
		2.70	Sabbia eterometrica ghiaiosa, clasti poligenici, da angolari-subangolari a subarrotondati; colore grigio.	100	0.80 1.50 3.00 4.50 6.00 7.50 9.00 10.00														
	2.70	2.50	Limo argilloso debolmente sabbioso; colore beige.																
	5.20	1.10	Sabbia eterometrica limoso-argillosa; colore beige-grigio.																
	6.30	3.70	Sabbia eterometrica debolmente ghiaiosa e debolmente limosa; clasti poligenici, da angolari-subangolari a subarrotondati; colore da grigio a beige.																
	10.00															10.00			
	20.00																		

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **IRETI S.p.A.**
Sondaggio: **S4** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →



Committente: **IRETI S.p.A.**
Sondaggio: **S4**- Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

LEGENDA

Terreni superficiali rimaneggiati sabbiosi e sabbioso-ghaiosi con sottili livelli limoso-argillosi

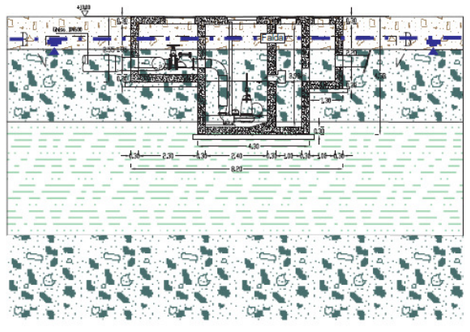
Sabbie eterometriche da limoso-argillose a debolmente ghiaiose

Falda

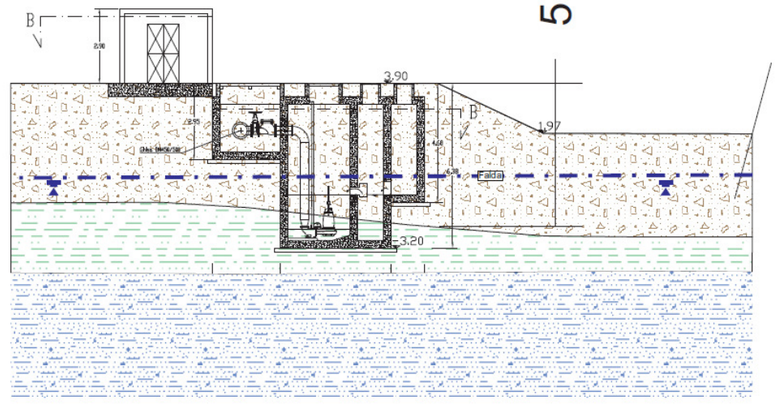
Limi e limi argillosi

Ghiaie in matrice sabbiosa

SEZIONE A-A
Stazione di sollevamento Via Pace nel Mondo
Scala 1:200



SEZIONE A-A
Stazione di sollevamento Sestri Levante Centro
Scala 1:200



6	SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE	GEO014_19 LM	20_05_2019	-	Luca Maldotti	IRETI
N°	allegato	codice	data	scala	redatto	committente