



Comune di Genova

Localizzazione:

Complesso Sportivo Morgavi - Belvedere Sampierdarena
Salita Millelire 4 - 16151 Genova (GE)

Intervento:

Opere di Adeguamento del complesso sportivo, Consolidamento Strutturale del campo a 11 e Rigenerazione del manto in erba artificiale

Proprietà:

COMUNE di GENOVA
Via Garibaldi, 9 - 16124 Genova (GE)



Committente:

COMUNE di GENOVA
Via Garibaldi, 9 - 16124 Genova (GE)



Fase:

PROGETTO ESECUTIVO

Oggetto della tavola:

Relazione Geologica Esecutiva e
Geotecnica sulle Indagini

Data:

28/10/2020

Scala:

--

N° tavola:

EI.14

Progettista:

Paolo MARCHESI
ARCHITETTO

Via di Casanova clv. 30, Cremeno (GE)

cell. 320/37.23.496

paolo.marchesi75@gmail.com

Ing. Massimo GALLI
Ing. Daniele ROSSELLI
Ing. Micaela CASERZA MAGRO
Ing. Alessandro CAVALLI
Ing. Simona SERAVALLI
Geol. Alessandra FANTINI
Geol. Michela RACCOSTA
Geom. Carlo IACONO

Op. Strutturali
Op. Meccaniche
Op. Elettriche
Op. Antincendio
Op. Acustiche
Op. Geologiche
Op. Geologiche
Op. Topografiche



INDICE

1 – PREMESSA	3
2 – ESAME DEL PROGETTO	4
3 – CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	5
4 – CAMPAGNA DI INDAGINI SVOLTA	7
4.1 INDAGINE GEOFISICA	7
4.2 – SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	9
5 – RISULTATI CAMPAGNA DI INDAGINI SVOLTA	10
5.1 – INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA	11
6 – CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO	13
6.1 – MATERIALE SCIOLTO (RIPORTO DI ORIGINE ANTROPICA)	13
6.2 – SUBSTRATO ROCCIOSO (FORMAZIONE DI RONCO) DESTRUTTURATO	14
6.3 – SUBSTRATO ROCCIOSO (FORMAZIONE DI RONCO)	14
7 – INDICAZIONI OPERATIVE	16
8 – RIFERIMENTI AMMINISTRATIVI	17
8.1 – DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018	17
8.1.1 – Microzonazione Sismica	18
8.2 – VINCOLO IDROGEOLOGICO	19
8.3 – NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE	20
8.4 – PIANO DI BACINO	20
9 – CONCLUSIONI	21

ALLEGATI

- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
- TAVOLA A: CARTA DI ANALISI IN SCALA 1:2500
- TAVOLA B: PLANIMETRIA DELL'AERA CON UBICAZIONE INDAGINI E TRACCE SEZIONI GEOLOGICHE IN SCALA 1:750
- TAVOLA C: SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE BB' E CC' IN SCALA 1:500
- RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE
- COLONNE STRATIGRAFICHE RELATIVE AI SONDAGGI
- RISULTATI ELABORAZIONE ROC LAB PER L'AMMASSO ROCCIOSO

1 – PREMESSA

Con riferimento al progetto esecutivo per l'adeguamento del Complesso Sportivo Morgavi sito in Salita Millelire, 4, in Comune di Genova, con consolidamento strutturale del campo ad 11 e rigenerazione del manto in erba artificiale, le scriventi, in conformità al D.M. 17.01.2018, alla L.R. 4/99 e alle Norme Geologiche di Attuazione del P.U.C. del Comune di Genova e del Piano di Bacino del Torrente Polcevera, sono state incaricate dalla Committenza di eseguire le opportune indagini geognostiche, al fine di determinare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area oggetto di intervento, per consentire un'adeguata progettazione strutturale esecutiva, in riferimento sia alle opere di consolidamento sia alla realizzazione dei nuovi volumi.

Lo studio si prefigge quindi di evidenziare i principali parametri geologico-geomorfologici del comparto oltre che le caratteristiche idrogeologiche, stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nel comparto.

Per quanto concerne la definizione della stratigrafia dei terreni interessati dall'intervento ed i parametri geotecnici, attribuiti in fase preliminare facendo riferimento a n. 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo realizzati nel comparto in esame, nell'anno 2003, dallo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti (visionate presso il portale dedicato della Regione Liguria) unitamente alle n. 2 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e n. 2 MASW, realizzate dallo Studio Tecnico Associato BIERREVI, è stata pianificata un'ulteriore campagna di indagini che ha previsto la realizzazione di :

- ✓ n. 1 indagine geofisica (sismica a rifrazione e MASW);
- ✓ n. 1 sondaggio (S1) a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 20 m dal piano campagna e strumentato con tubo fessurato (per conoscere l'eventuale presenza di falda e la sua profondità);
- ✓ n. 1 sondaggio (S2) eseguito a distruzione di nucleo fino alla profondità di 10 m, per poi proseguire a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 m dal piano campagna; il sondaggio S2 è stato carotato dalla profondità di 10 m con l'ausilio del carotatore T6S, necessario a campionare adeguatamente la roccia presente, fortemente alterata e destrutturata;
- ✓ n.1 sondaggio (S3) a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 8 m dal piano campagna;

- ✓ n.1 sondaggio (S4) a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 6,6 m dal piano campagna.

Si rimanda alla Tavola B "Planimetria dell'area con ubicazione indagini e tracce sezioni geologiche" al fine di comprendere la corretta ubicazione delle stesse nel comparto oggetto di intervento.

La relazione è stata quindi articolata nel seguente ordine:

- ◆ Esame del progetto
- ◆ Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
- ◆ Indagini pregresse
- ◆ Risultati della campagna di indagine condotta in fase esecutiva
- ◆ Caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito
- ◆ Indicazioni operative
- ◆ Riferimenti normativi
- ◆ Considerazioni conclusive

2 – ESAME DEL PROGETTO

Il progetto esecutivo di ristrutturazione del Complesso Sportivo Morgavi, sito in Località Belvedere in Genova Sampierdarena, Salita Millelire 4 prevedere, tra le opere qui di interesse, quanto nel seguito descritto:

- ✓ adeguamento del campo ad 11, mediante ampliamento dello stesso, e messa in sicurezza dello spigolo nord ovest, che mostra ad oggi importanti evidenze di instabilità, attraverso la realizzazione di una doppia palificata in pali di grosso diametro, sulla quale verrà realizzato un solettone a sbalzo, che consentirà l'ampliamento del campo da gioco;
- ✓ realizzazione, ad ovest del campo a 11, di una nuova palazzina ad un piano di forma rettangolare e dimensioni 28 m X 11 m circa, destinata a spogliatoi arbitri/giocatori, a servizio di tale campo;
- ✓ creazione di una vasca di raccolta delle acque meteoriche, che verranno utilizzate per l'irrigazione del campo ad 11, in ottemperanza a quanto richiesto dal CONI, che avrà in pianta forma rettangolare (2,5 m X 2,5 m) e profondità pari a 2,5 m;
- ✓ messa in sicurezza dei fronti rocciosi presenti lungo i fronti Nord, Est e Sud del campo ad 11;
- ✓ realizzazione di posti auto per portatori di handicap;

- ✓ rimozione di alcuni manufatti privi di titolo edilizio.

Alla luce del rilievo geologico-geomorfologico dell'area, unitamente a quanto emerso dalle indagini realizzate nel comparto, si può affermare che i movimenti terra, volti alla posa delle fondazioni del nuovo volume spogliato e alla creazione della vasca di raccolta delle acque (così come richiesta dal CONI) coinvolgeranno sia il materiale sciolto di copertura, rimaneggiato e misto a riporti nella porzione più superficiale, sia il substrato roccioso con il relativo cappellaccio di alterazione, ascrivibile ai litotipi appartenenti alla Formazione di Ronco (in riferimento alla realizzazione dei pali di grosso diametro).

I fronti di scavo massimi avranno un'altezza pari a 2,5 m circa (per la realizzazione della vasca di raccolta delle acque).

Per una visione più dettagliata di tutti gli interventi si rimanda alle tavole progettuali. Da un punto di vista geologico le maggiori difficoltà emerse dal progetto sono apparse quelle derivanti dalla corretta definizione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei materiali presenti, al fine di pervenire alla scelta più opportuna sia della tipologia di intervento di consolidamento delle strutture esistenti (campo da calcio a 11), dove necessario, sia della tipologia di scavo e di fondazioni da impiegare, assicurando la totale stabilità del complesso terreno-manufatti.

3 – CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

L'area sulla quale insiste il Centro Sportivo Morgavi è contraddistinta dal civico 4 di Salita Gian Battista Millelire in Comune di Genova ed è posta alla quota di circa 105 m s.l.m., in prossimità dello spartiacque del Torrente Polcevera. L'area è mediamente antropizzata ed insiste su di una superficie spianata di origine antropica dalla quale, escluso il settore est, il pendio degrada con pendenze rilevanti. Il settore in esame è individuabile, sulla Cartografia Tecnica Regionale, al foglio 213150.

L'area in esame mostra evidenze di instabilità in prossimità dello spigolo nord ovest del campo a 11, mentre gli altri settori del comparto si presentano sostanzialmente stabili. Tale instabilità è ascrivibile alla presenza di un potente accumulo di materiale di riporto poco compattato in corrispondenza di detto angolo, all'inefficienza dell'opera di contenimento dell'accumulo stesso e alla presenza nel

settore di un substrato roccioso cataclasato che comporta che lo stesso assuma un comportamento assimilabile a quello di un materiale sciolto.

Nell'area in esame, in particolar modo nei pressi del settore est del campo a 11, è stato possibile rilevare affioramenti del substrato roccioso, riconducibili ai litotipi appartenenti alla Formazione di Ronco (torbiditi costituite da areniti fini, siltiti marnose e argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici con stratificazione piano-parallela - Cretacico).

Da un rilievo geomeccanico dei due fronti rilevabili nel settore est del campo Morgavi è emerso come il substrato sia qui rappresentato da argilloscisti che presentano una foliazione fortemente inclinata verso Est, con spaziatura da centimetrica a decimetrica. Gli affioramenti presenti permettono di riconoscere chiaramente la superficie di scistosità (S_c), caratterizzata da giaciture le cui direzioni sono comprese tra pochi gradi e $45^\circ N$, con inclinazioni tra 45° e 85° e da immersione a E. È stato inoltre possibile riconoscere tre differenti famiglie di fratture (Fr_1 con giacitura $210/50$ – Fr_2 con giacitura $345/80$ – $350/75$ – $355/80$ e Fr_3 con giacitura $258/75$).

Secondo quanto emerso dai sondaggi realizzati sul campo a 11 ($S1$ ed $S2$), il substrato roccioso, nel settore in esame, risulta sovrastato da materiale di riporto caratterizzato da una potenza variabile, che raggiunge lo spessore massimo in prossimità dello spigolo nord ovest del campo a 11 (15 m circa), ove si manifestano i citati fenomeni di instabilità. Si mette in evidenza che in tale settore, nonostante la realizzazione della doppia paratia adeguatamente intestata in roccia con solettone a sbalzo, che consente l'ampliamento del campo da gioco, alleggerisca il manufatto esistente, consentendogli di fatto di non dover più assolvere alla funzione di contenimento del materiale di riporto del campo, lo stesso muro dovrà essere messo in sicurezza.

In tale settore, come detto in precedenza, il substrato roccioso, secondo quanto emerso dalla campagna di indagini svolta, risulta essere fortemente destrutturato, cataclasato e presenta caratteristiche geotecniche assolutamente scadenti.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico a grande scala, i fattori che condizionano la circolazione delle acque nel sottosuolo sono essenzialmente legati alle caratteristiche idrogeologiche delle rocce ed ai rapporti stratigrafici e tettonici esistenti tra complessi a diversa permeabilità relativa.

Nell'area in esame s'ipotizza l'esistenza di un sensibile contrasto di permeabilità tra il materiale di riporto o materiale sciolto di copertura ed il substrato roccioso. Infatti, mentre la prima è da considerarsi sostanzialmente permeabile per porosità, la Formazione di Ronco è pressoché impermeabile o moderatamente permeabile per fessurazione, in relazione al grado di fratturazione della roccia.

Dalle letture freaticometriche condotte nel foro di sondaggio S1, strumentato con tubo fessurato, è emerso come nell'area in esame non ci sia la presenza di una vera e propria falda freatica (acqua rilevata alla profondità di – 14,35 m dal p.c); si ritiene tuttavia che i materiali sciolti di copertura e/o riporti possano saturarsi completamente in occasione di importanti eventi meteorici.

4 – CAMPAGNA DI INDAGINI SVOLTA

La campagna di indagini condotta in fase esecutiva è stata predisposta con lo scopo di caratterizzare con maggior chiarezza la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche dei materiali presenti nell'area di intervento, indicate nella relazione di fattibilità tecnico economica, allo scopo di fornire i dati necessari all'individuazione delle più idonee opere di consolidamento necessarie, nonché delle tipologie fondazionali e di scavo da impiegare, unitamente ai parametri necessari al loro dimensionamento.

In fase di progettazione esecutiva dell'intervento, oltre alle n. 2 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e n. 2 MASW, realizzate dallo Studio Tecnico Associato BIERREVI durante la fase di fattibilità tecnico economica, come detto in precedenza è stata pianificata un'ulteriore campagna di indagini che ha previsto la realizzazione di:

4.1 INDAGINE GEOFISICA

Come riportato in precedenza, l'indagine geofisica condotta è consistita nella realizzazione di n.1 prospezione sismica a rifrazione in onde P combinata con prova MASW

✓ PROSPEZIONE A RIFRAZIONE IN ONDE P

L'indagine sismica a rifrazione è un'indagine indiretta che utilizza i contrasti di velocità delle onde sismiche. La velocità delle onde sismiche dipende dalla densità e dalla rigidezza del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche del substrato indagato. Il comportamento della

propagazione delle onde in profondità rispetta la legge di *Snell* dando origine a fenomeni di rifrazione e riflessione.

Lo svolgimento della prova consiste nel generare un'onda sismica di compressione (energizzazione) e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli regolari e noti. L'interpretazione delle misure registrate si basa sull'analisi del tempo impiegato dall'onda generata a raggiungere ciascun geofono. Per poter ricostruire le variazioni della geometria di ciascun orizzonte rifrattore è necessario eseguire più energizzazioni mantenendo invariata la geometria dei geofoni. Generalmente si usa una disposizione regolare e simmetrica dei geofoni e delle energizzazioni.

✓ **PROVA MASW**

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è un'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) in relazione alla profondità, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi geofoni disposti ad intervalli regolari secondo un allineamento prestabilito.

Nel caso in specie sono state considerate le onde superficiali di Rayleigh, ed in particolare la componente verticale del movimento particellare indotto dal passaggio della perturbazione elastica.

La velocità di propagazione è legata alle caratteristiche di rigidità dei materiali attraversati ed in mezzi stratificati le onde di Rayleigh risultano dispersive, cioè le diverse componenti (frequenze) che costituiscono il segnale viaggiano a diverse velocità di fase e di gruppo. 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 mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "*phase velocity-frequency (v-f)*" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo lo stendimento geofonico.

Nel grafico ottenuto è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Sullo spettro di frequenza viene eseguito il “*picking*” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza (gli spessori) ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon “*fitting*” con i valori sperimentali.

L'analisi dello spettro bidimensionale v-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo rappresentato dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

4.2 – SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Nel mese di maggio 2020 sono stati realizzati presso l'area oggetto di indagine n. 4 sondaggi:

- ✓ n. 1 sondaggio (S1) a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 20 m dal piano campagna e strumentato con tubo fessurato per conoscere la profondità della falda. Sono state realizzate prove in foro (n. 8 prove SPT), in numero sufficiente a caratterizzare geotecnicamente i materiali sciolti presenti.
- ✓ n. 1 sondaggio (S2) eseguito distruzione di nucleo fino alla profondità di 10 m, per poi proseguire con il carotaggio continuo fino alla profondità di 15 m dal piano campagna. Le scriventi hanno scelto di procedere secondo tale metodologia di perforazione al fine di non indagare nel dettaglio i 10 m superficiali, costituiti da materiale di riporto e dalle caratteristiche analoghe a quelle del sondaggio S1 e perforare dalla profondità di 10 m con il carotatore tipo “T6S”, che consentisse di individuare con maggior chiarezza, rispetto al sondaggio S1, il passaggio coltre-substrato roccioso. La scelta di effettuare il carotaggio impiegando il carotatore tipo “T6S” è stata dettata anche dalla necessità di carotare il substrato roccioso, particolarmente strutturato in tale settore, alterandolo il meno possibile.
- ✓ n.1 sondaggio (S3) a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 8 m dal piano campagna. Anche in questo sondaggio sono state realizzate prove in

foro (n. 3 prove SPT), in numero sufficiente a caratterizzare geotecnicamente anche i materiali sciolti presenti in questo settore.

- ✓ n.1 sondaggio (S4) a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 6,6 m dal piano campagna. Anche in questo sondaggio, per caratterizzare geotecnicamente i materiali sciolti presenti, sono state realizzate prove in foro (n. 2 prove SPT).

Tutti e 4 i sondaggi geognostici, i cui risultati emersi vengono riassunti e descritti nel paragrafo seguente e le colonne stratigrafiche riportate in allegato a fondo testo, si sono spinti a profondità differenti fino al raggiungimento del substrato roccioso (Formazione di Ronco) o del suo cappellaccio di alterazione.

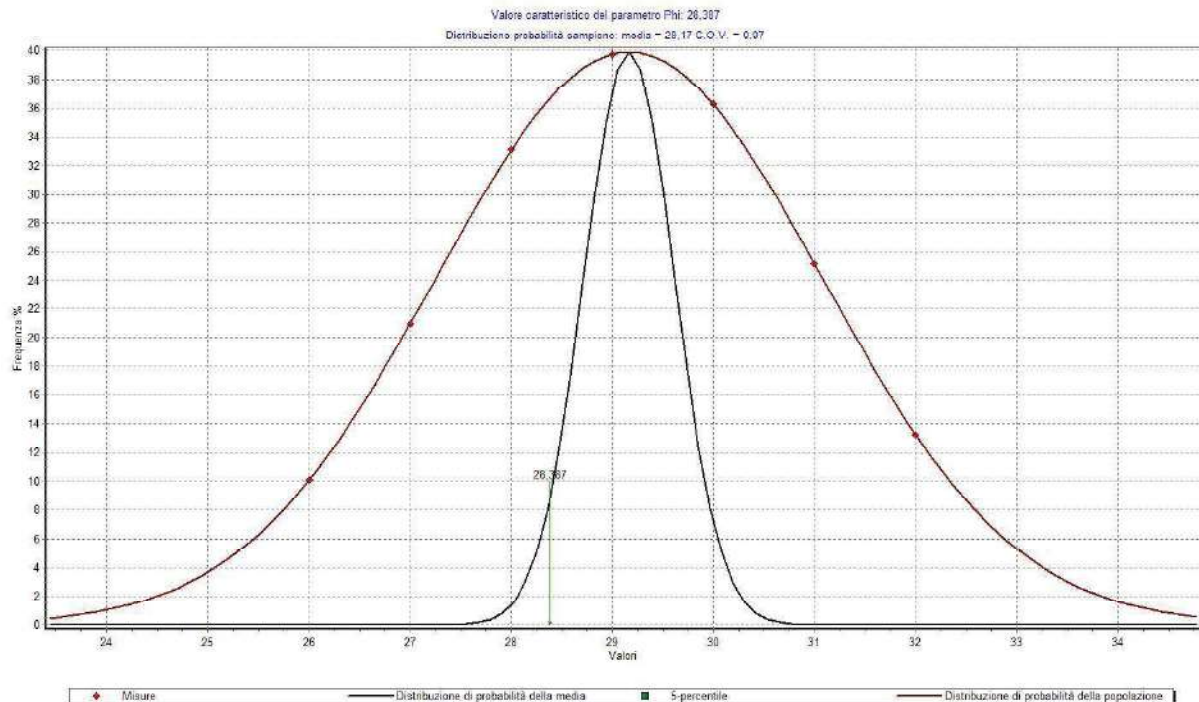
5 – RISULTATI CAMPAGNA DI INDAGINI SVOLTA

Tutti i risultati emersi dalla campagna di indagini svolta vengono riportati in calce alla presente. In merito all'interpretazione dei dati da essa emersa si rimanda a quanto di seguito riportato e agli allegati a fondo testo.

I sondaggi realizzati nell'area in esame, unitamente all'indagine geofisica, hanno permesso di mettere in evidenza la presenza, nel sito di indagine, di un materiale sciolto di copertura misto e/o sovrastato da materiale di riporto di origine antropica, caratterizzato dallo spessore massimo di 15 m, spessore rilevabile nello spigolo nord ovest del campo a 11 oggetto di consolidamento.

Le caratteristiche geotecniche dei materiali sciolti presenti sono state desunte dalle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio nella precedente campagna di indagini del 2007, integrate dai risultati delle prove SPT effettuate nella campagna di indagini del 2020. Sono state effettuate le interpretazioni dei dati così ottenuti, attraverso l'impiego di correlazioni empiriche note in letteratura e ritenute idonee ai terreni attraversati [Gibbs – Holtz, 1957 – Bazaara, 1967 – NAVFAC DM- 7, 1971 – Terzaghi – Peck, 1967 – Bjerrum – Simmons, 1960 – Karlsson – Viberg, 1967].

I dati ottenuti sono stati poi analizzati statisticamente, al fine di ottenere i parametri geotecnici caratteristici da attribuire ai materiali sciolti di copertura. In particolare, avendo a disposizione un ridotto numero di dati (n campioni < 30) si è fatto riferimento alla distribuzione di Student e si riporta nel seguito il diagramma:



Alla luce di quanto emerso dalle indagini geofisiche (MASW) che si allegano alla presente relazione, realizzate come riportato in Tavola B, vista la situazione geologica, stratigrafica, idrogeologica e geotecnica del sito, i terreni presenti nel comparto risultano caratterizzati da $V_{s,eq}$ comprese tra 381 m/sec e 508 m/sec. In relazione all'entità dell'intervento, il suolo di fondazione delle opere a progetto è stato classificato in categoria "B" con $V_{s,eq} > 360$ m/sec.

5.1 – INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Le stratigrafie relative ai sondaggi geognostici, le indagini sismiche precedentemente descritte e un attento rilievo geologico-geomorfologico dell'area, compatibilmente con la rilevabilità dell'area, ha permesso di individuare la presenza nel comparto in esame di un materiale sciolto di copertura, di potenza variabile: per quanto concerne l'area sulla quale insiste il campo a 11 il materiale sciolto di copertura, misto a riporti e rimaneggiato nella porzione più superficiale, ha una potenza crescente da est verso ovest (potenza crescente da 1,5 m circa fino a raggiungere lo spessore massimo di 15 m) e da sud verso nord (con potenze comprese tra 6,5 e 11 m).

Secondo quanto emerso dall'esecuzione dei sondaggi S1 ed S2, realizzati all'interno del campo a 11, la roccia presente nel comparto, riconducibile alla Formazione di Ronco è fortemente alterata ed intensamente strutturata; nei sondaggi S3 ed S4 è

stato invece possibile riconoscere un substrato roccioso sano, ascrivibile sempre alla stessa Formazione, nel sondaggio S3 lo stesso risulta sovrastato da un cappellaccio di alterazione di potenza metrica.

Lungo i versanti che circondano l'area in esame le coperture sono di tipo eluvio colluviali e caratterizzate da potenze ridotte (1 – 3 m).

Nelle seguenti tabelle si riassume schematicamente quanto emerso dalla campagna di indagine:

Sondaggio	Profondità	Materiale
S1	da 0 a 15 m	Materiale di riporto
	da 15 a 20 m	Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)

S1 falda a 14,35 m

Sondaggio	Profondità	Materiale
S2	da 0 a 10 m	Sondaggio a distruzione
	da 10 a 12,5 m	Materiale di riporto
	da 12,5 m a 13,5 m	Coltre
	da 13,5 a 15 m	Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)

Sondaggio	Profondità	Materiale
S3	da 0 a 1 m	Materiale di riporto
	da 1 a 4,5 m	Coltre
	da 4,5 m a 5,5 m	Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)
	da 5,5 a 8 m	Roccia sana (Formazione di Ronco)

Sondaggio	Profondità	Materiale
S4	da 0 a 1,5 m	Materiale di riporto
	da 1,5 a 4 m	Coltre
	da 4 m a 6,6 m	Roccia sana (Formazione di Ronco)

6 – CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

I sondaggi geognostici unitamente alle indagini geofisiche hanno permesso di riconoscere nell'area in esame la presenza, in prossimità del campo ad 11 di un accumulo di materiale di riporto di origine antropica, di potenza significativa, stimabile in 15 m circa, che va a rastremarsi verso i bordi del campo stesso (Vedi sezione geologica BB' nella tavola C).

Nel settore ovest del campo a 11, tale materiale di accumulo sovrasta un substrato roccioso destrutturato con caratteristiche geotecniche decisamente scadenti. Durante l'esecuzione dei sondaggi S1 ed S2, al fine di riuscire a campionare tale roccia, ascrivibile alla Formazione di Ronco, dalle così modeste caratteristiche geotecniche, si è reso necessario l'impiego del carotatore T6S.

Nel comparto in esame la coltre di copertura, di natura per lo più eluviale, ha uno spessore variabile, stimabile in 3 m massimo.

Le considerazioni di seguito riportate riguardano le caratteristiche dei terreni presenti nell'area afferente al Campo Sportivo Morgavi, sito in Salita Gianbattista Millelire 4 in Comune di Genova.

Per la definizione dei parametri geotecnici dei terreni presenti nel sito indagato si è fatto riferimento a quanto emerso dalla campagna di indagini effettuata unitamente al rilievo geomeccanico di superficie.

In merito alla stratigrafia del sito, cui i parametri "medi" si riferiscono, si rimanda alle sezioni geologiche interpretative BB' e CC' allegate a fondo testo.

6.1 – MATERIALE SCIOLTO (RIPORTO DI ORIGINE ANTROPICA)

Si tratta di un materiale di riporto di origine antropica, in parte ascrivibile a scarti di lavorazione siderurgica.

Densità relativa (D_r): 25%

Peso di volume (γ): 18 kN/m³

Angolo di attrito efficace (ϕ'): 29°

Coesione: 0 kg/cm²

6.2 – COLTRE ELUVIALE

Si tratta di un materiale sciolto di copertura di natura principalmente eluviale, caratterizzata da uno scheletro sabbioso ghiaioso e scarsa frazione fine limoso argillosa.

Densità relativa (D_r): 35%

Peso di volume (γ): 18 kN/m³

Angolo di attrito efficace (ϕ'): 29°

Coesione: 0 kg/cm²

6.2 – SUBSTRATO ROCCIOSO (FORMAZIONE DI RONCO) DESTRUTTURATO

Si tratta, come già descritto nei precedenti capitoli, di un substrato roccioso intensamente strutturato, dalle caratteristiche geotecniche scadenti, che è stato possibile campionare unicamente mediante l'utilizzo di un carotatore T6S e che è stato rilevato unicamente in prossimità del settore ovest del campo a 11.

I principali parametri geotecnici di tale substrato, paragonabili con quelli attribuibili ad un cappellaccio di alterazione del substrato in scadenti condizioni, vengono di seguito riportati:

Peso di volume (γ): 24 kN/m³

Angolo di attrito (ϕ): 26°

Coesione: 0,3 kg/cm²

6.3 – SUBSTRATO ROCCIOSO (FORMAZIONE DI RONCO)

Si tratta, come già descritto in precedenza, di rocce appartenenti alla Formazione di Ronco.

I risultati forniti dal rilievo geostrutturale sono stati elaborati attraverso il criterio di rottura di Hoek e Brown (1980 a,b): questo metodo si basa sull'analisi dei giunti presenti all'interno dei blocchi rocciosi e sulla valutazione delle condizioni delle superfici presenti tra i blocchi stessi.

Il criterio è stato modificato nel corso degli anni in modo tale che potesse essere applicato in ambiti inizialmente non considerati (Hoek, 1983 ; Hoek & Brown 1998): la limitata applicabilità di tale metodo ad una ristretta tipologia di ammassi rocciosi comportò ulteriori modificazioni (Hoek, Wood & Shah, 1992) e, successivamente, lo sviluppo di una nuova classificazione denominata "Geological Strength Index" \Rightarrow GSI (Hoek, Kaiser & Bawden, 1995 ; Hoek, 1995 ; Hoek & Brown, 1997).

Il criterio generalizzato di Hoek & Brown per gli ammassi rocciosi fratturati è definito dalla seguente equazione :

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

⇒ σ'_1 è lo sforzo principale massimo applicato a rottura

⇒ σ'_3 è lo sforzo principale minimo applicato a rottura

⇒ σ_{ci} è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta (resistenza di matrice)

⇒ **m** ; **s** ; **a** sono coefficienti dipendenti dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso

L'utilizzo del criterio di Hoek & Brown per la modellizzazione del comportamento degli ammassi rocciosi fratturati si basa su tre proprietà intrinseche degli stessi :

- 1) Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta
- 2) Costante di Hoek & Brown "mi" per la roccia intatta
- 3) Valore del Geological Strength Index GSI per l'ammasso

La regressione lineare permette inoltre di ottenere una corrispondenza tra il modello costitutivo di Hoek & Brown e quello di Mohr-Coulomb, consentendo di stimare la resistenza al taglio dell'ammasso roccioso in funzione della coesione e dell'angolo di attrito (c e ϕ).

Per caratterizzare l'ammasso roccioso presente nell'area in studio secondo il criterio di Hoek & Brown si è fatto uso dell'ultima versione disponibile di un apposito software creato dagli autori stessi. Tale programma, denominato "RocLab", permette una semplice ed intuitiva implementazione del criterio, ottenendo una realistica stima delle proprietà degli ammassi rocciosi, nonché la possibilità di visualizzare gli effetti sul criterio di involucro in relazione al variare dei parametri geomeccanici.

I risultati di detta elaborazione vengono riportati dettagliatamente nell'allegato di fondo testo, insieme ai parametri impiegati, ricavati sia dal rilievo geostrutturale del sito di interesse, sia da dati di letteratura su litotipi confrontabili con quelli presenti nell'area di intervento. I valori di sintesi cui si è giunti vengono nel seguito riportati:

Peso di volume (γ): 24 kN/m³

Angolo di attrito (ϕ): 40°

Coesione: 5 kg/cm²

7 – INDICAZIONI OPERATIVE

Le indagini svolte hanno avuto come obiettivo principale quello di chiarire l'assetto stratigrafico e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in studio, allo scopo di individuare la tipologia fondazionale e di scavo più idonea per gli interventi a progetto.

Le maggiori difficoltà emergenti dalla visione dello stesso appaiono quelle derivanti dalla necessità di dover eseguire gli scavi senza pregiudicare la stabilità dei luoghi e di dover assicurare la totale stabilità del complesso terreno-manufatti.

In relazione sia alle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti, sia alle problematiche operative individuate nella necessità di non compromettere la stabilità del versante, oltre che di mettere in sicurezza i fronti di scavo via via realizzati, si raccomanda quanto segue:

- per quanto concerne le palificate a progetto si raccomanda di fare riferimento alle sezioni geologiche allegate e ai relativi parametri geotecnici;
- si prescrive di prevedere interventi per la messa in sicurezza dei muri in pietra e gabbioni (eventualmente legandoli alla struttura di nuova realizzazione) in corrispondenza dello spigolo NW del campo, oggi interessati da fenomeni di instabilità;
- vista la profondità alla quale è possibile reperire il substrato roccioso, valuti il progettista se poggiare le fondazioni dei nuovi spogliatoi direttamente su quest'ultimo o se realizzare fondazioni dirette sul materiale sciolto di copertura;
- per quanto riguarda la realizzazione della vasca di raccolta acque si prescrive di effettuare lo scavo per campioni di lunghezza ridotta, sagomati in accordo ai parametri geotecnici precedentemente riportati, procedendo tempestivamente alla realizzazione delle relative opere di contenimento;
- si raccomanda di eseguire con la massima cura la pulizia dei fronti di scavo prima di iniziare le opere di costruzione dei nuovi manufatti e di creare un adeguato sottofondo di materiale inerte prima di procedere alla realizzazione delle opere di fondazione;
- per quanto riguarda la messa in sicurezza dei fronti rocciosi sul campo a 11 si prescrive l'impiego di reti in aderenza, associati a un geocomposito tipo RECS-Cocco armato (o simile) avente funzione consolidante antiersiva,

opportunamente ancorati al substrato mediante chiodature di lunghezza non inferiore a 3 m;

- effettuare un'efficiente regimazione delle acque del comparto.

Tutti gli altri interventi non esplicitamente citati nel presente paragrafo non prevedono particolari attenzioni e rientrano pertanto nelle normali procedure legate all'arte del costruire.

8 – RIFERIMENTI AMMINISTRATIVI

8.1 – DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018

Sono state prese in esame le prescrizioni generali inerenti gli interventi proposti (§ 6.1.2), le indicazioni sulla caratterizzazione e modellazione geologica del sito (§ 6.2.1), quelle sulla caratterizzazione e modellazione geotecnica (§ 6.2.2) e quelle riferite alle fondazioni su pali (§ 6.4.3)

Vista la situazione geologica, stratigrafica, idrogeologica e geotecnica del sito, secondo quanto emerso dalle indagini geofisiche (MASW) condotte, i terreni presenti nel comparto risultano caratterizzati da $V_{s,eq}$ comprese tra 381 m/sec e 508 m/sec.

In relazione all'entità degli interventi, il suolo di fondazione delle opere a progetto è stato classificato in categoria "B" con $V_{s,eq} > 360$ m/sec; in merito alla superficie topografica del versante in esame la categoria corrispondente è la T2.

Si riportano nel seguito i parametri geofisici sismici relativi al sito in oggetto:

Sito in esame.

latitudine: 44,420068
longitudine: 8,892758
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16917	Lat: 44,3950	Lon: 8,8723	Distanza: 3222,001
Sito 2	ID: 16918	Lat: 44,3977	Lon: 8,9421	Distanza: 4639,871
Sito 3	ID: 16696	Lat: 44,4477	Lon: 8,9383	Distanza: 4743,856
Sito 4	ID: 16695	Lat: 44,4450	Lon: 8,8684	Distanza: 3375,594

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: **81** %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,023 g

Fo: 2,545

Tc*: 0,183 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: **63** %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,029 g

Fo: 2,524

Tc*: 0,206 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: **10** %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,068 g

Fo: 2,538

Tc*: 0,287 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: **5** %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,087 g

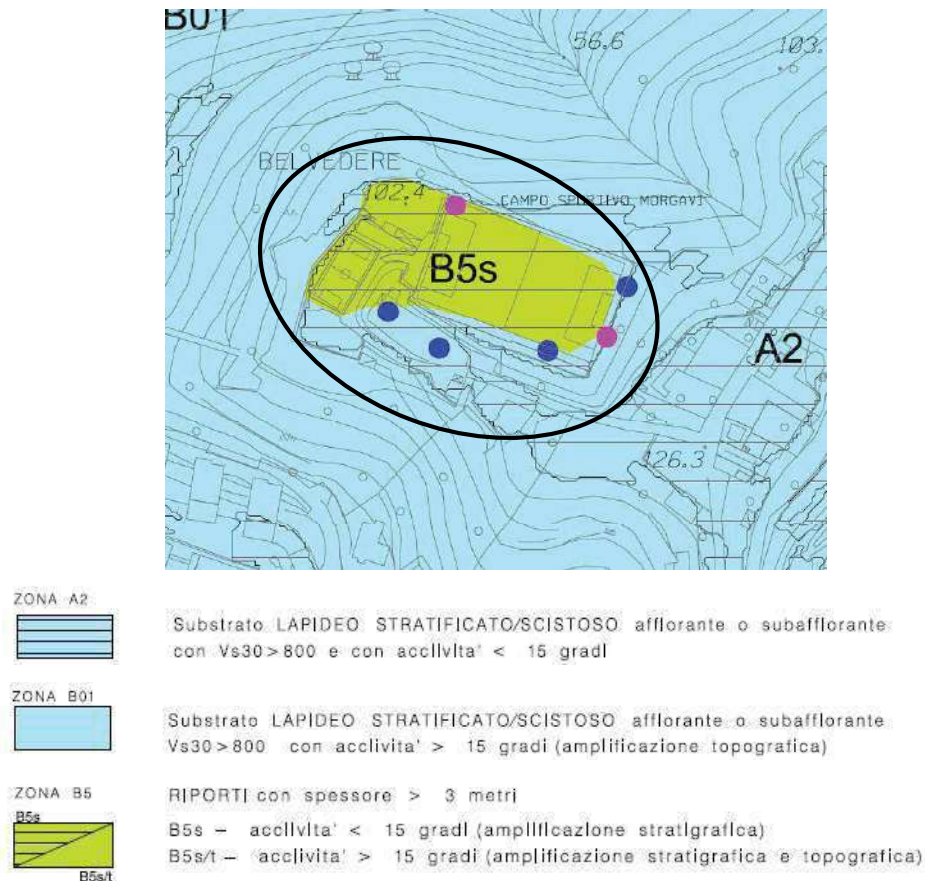
Fo: 2,535

Tc*: 0,298 [s]

Coefficienti Sismici	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
SLO	1,200	1,540	1,200	0,007	0,003	0,325	0,200
SLD	1,200	1,510	1,200	0,008	0,004	0,417	0,200
SLV	1,200	1,410	1,200	0,019	0,010	0,956	0,200
SLC:	1,200	1,400	1,200	0,025	0,012	1,225	0,200

8.1.1 – Microzonazione Sismica

Si riporta lo stralcio della “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” allegata la PUC del Comune di Genova.



8.2 – VINCOLO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista amministrativo la zona risulta soggetta a vincolo idrogeologico e pertanto alla L.R. 4/99. A seguito delle indagini effettuate e in rapporto ai fattori che regolano tale vincolo, regimazione delle acque, stabilità dei versanti e coperture vegetali, si può affermare che l'intervento proposto risulta non solo conforme con quanto prescritto in detta normativa ma migliorativo dell'attuale assetto idrogeomorfologico dell'area. Parte delle acque superficiali verranno infatti adeguatamente raccolte e convogliate in una vasca di raccolta con capienza 10 m³, per essere utilizzate come irrigazione del campo ad 11.

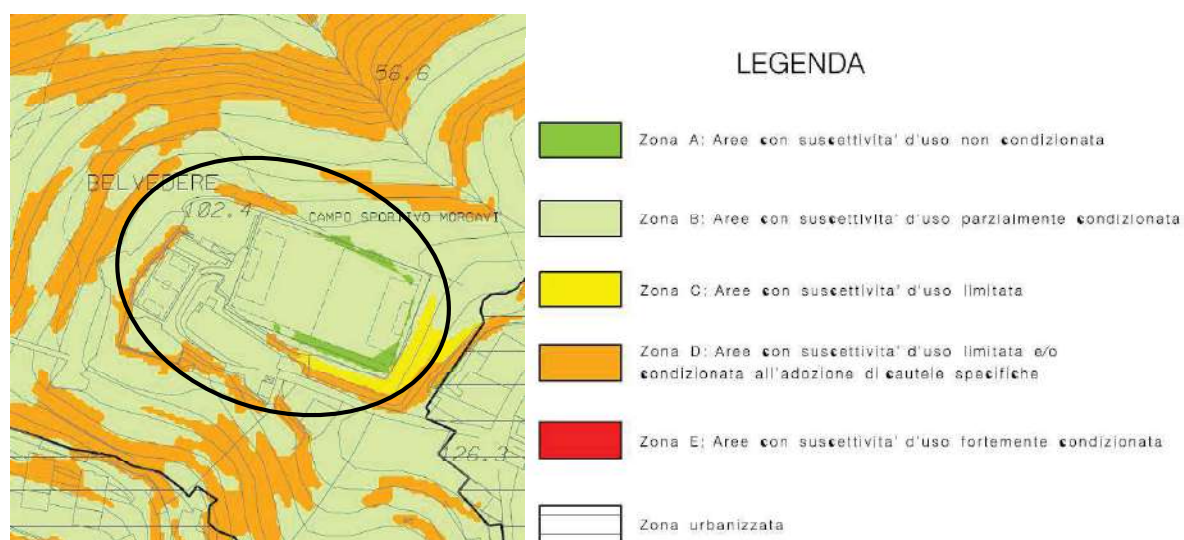
I lavori di consolidamento dello spigolo nord-ovest dello stesso campo, mediante la realizzazione di doppia paratia di pali di grosso diametro, risulteranno essere un intervento di stabilizzazione del versante, fortemente acclive e che ad oggi presenta evidenze di instabilità.

La stabilità dei versanti, ad opere ultimate, è interamente demandata al corretto dimensionamento delle opere strutturali.



8.3 – NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

L'area sulla quale insiste l'area oggetto di intervento non ricade nella "Carta della zonizzazione geologica e suscettività d'uso del territorio" allegata al PUC del Comune di Genova in area urbanizzata ed è classificata principalmente in Zona B e solo limitatamente nelle classi A, B e C.

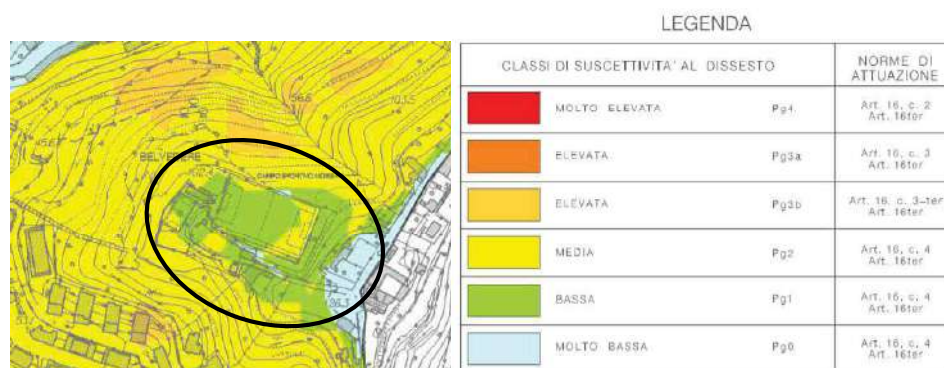


Dall'analisi delle Norme Geologiche del PUC del Comune di Genova non emergono elementi ostativi alla fattibilità di quanto a progetto.

8.4 – PIANO DI BACINO

La zona in esame ricade all'interno del Piano di Bacino del Torrente Polcevera approvato con D.C.P. n. 14 del 02.04.2003 con ultima variante approvata con D.D.G. n. 88 del 10.04.2017 entrata in vigore il 03.05.2017.

La zona di interesse risulta individuata nella "Carta della suscettività al dissesto", in parte come "Pg1 – Aree a suscettività bassa" e in parte in "Pg2 – Aree a suscettività media"



Nelle aree classificate come Pg1 e Pg2 si applicano le norme esplicitate nell'art. 16 comma 4 delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino sopra citato, dall'analisi delle quali, in riferimento a quanto sin qui esposto non emergono, a giudizio delle scriventi, elementi ostativi alla fattibilità delle opere di consolidamento e sistemazione dell'area afferente al Campo Sportivo Morgavi.

Si riporta nel seguito stralcio della Carta del Reticolo Idrografico Regionale cui si applica il Regolamento Regionale n. 3 dell'14 luglio 2011 e successive modifiche.



9 – CONCLUSIONI

Tenuto conto:

- ✓ del contesto idro-geomorfologico in cui si inserisce l'intervento a progetto,
- ✓ delle sostanziali condizioni di stabilità del sito interessato, fatta eccezione dello spigolo nord-ovest del campo a 11 nel quale sono previsti interventi di consolidamento;
- ✓ della tipologia e dell'entità degli interventi a progetto,

si può affermare, tenuto debito conto di quanto sin qui riportato, che quanto previsto dal progetto preso in esame è conforme al D.M. 17.01.2018, alle norme

geologiche di attuazione del PUC del Comune di Genova e del Piano di Bacino del Torrente Polcevera vigente nella Provincia di Genova per l'area esaminata e risulta essere migliorativo in riferimento alla L.R. n° 4/99.

Nulla osta quindi, a giudizio delle scriventi e per quanto di loro competenza, alla fattibilità dell'intervento a progetto, tenuto debito di quanto contenuto nel presente documento.

Genova, 30 agosto 2020

Dott. Geol. Alessandra FANTINI



Dott. Geol. Michela Raccosta



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 – Evidenze del cedimento che interessa l'angolo NW del campo.



Foto 2 – Affioramento roccioso in corrispondenza dell'angolo NE del campo.



Foto 3 – Vista dall'alto del settore dove verranno realizzati i nuovi spogliatoi (freccia rossa).



Foto 4 – Sondaggio S1 da 0 a 5 m di profondità.



Foto 5 – Sondaggio S1 da 5 a 10 m di profondità.



Foto 6 – Sondaggio S1 da 10 a 15 m di profondità.



Foto 7 – Sondaggio S1 da 15 a 20 m di profondità.



Foto 8 – Sondaggio S2 da 10 a 15 m di profondità;
i primi 10 m dal piano campagna sono stati perforati a distruzione di nucleo.



Foto 9 – Sondaggio S3 da 0 a 5 m di profondità.



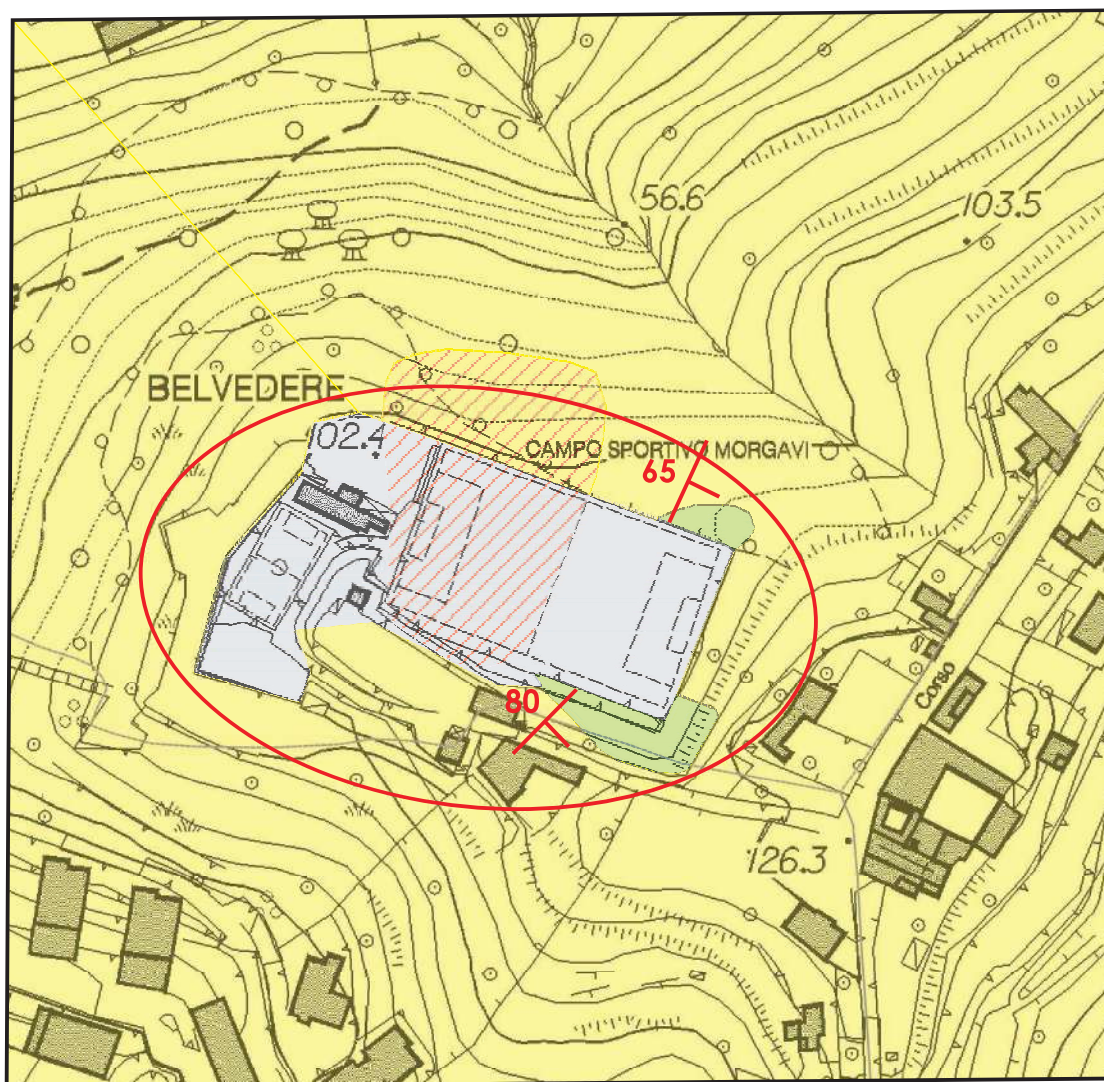
Foto 10 – Sondaggio S3 da 5 a 8 m di profondità.



Foto 11 – Sondaggio S4 da 0 a 5 m di profondità.



Foto 10 – Sondaggio S3 da 5 a 6,6 m di profondità.



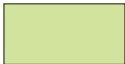


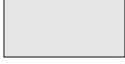


-  Substrato roccioso affiorante o sub-affiorante con coperture detritiche discontinue di spessore inferiore a 1 m (Formazione di Ronco)
-  Settore nel quale il substrato roccioso (Formazione di Ronco) è destrutturato
-  Substrato roccioso affiorante o sub-affiorante con coperture detritiche discontinue di spessore compreso tra 1 e 3 m (Formazione di Ronco)
-  Riporti di origine antropica
-  Scistosità
-  Area di intervento

TAVOLA A

CARTA DI ANALISI

SCALA 1:2500

GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA
Corso Italia 14/1 - 16145 GENOVA
Tel/Fax 010/3198881 - Cell. 339/3335866 - 335/5704033

Stato attuale

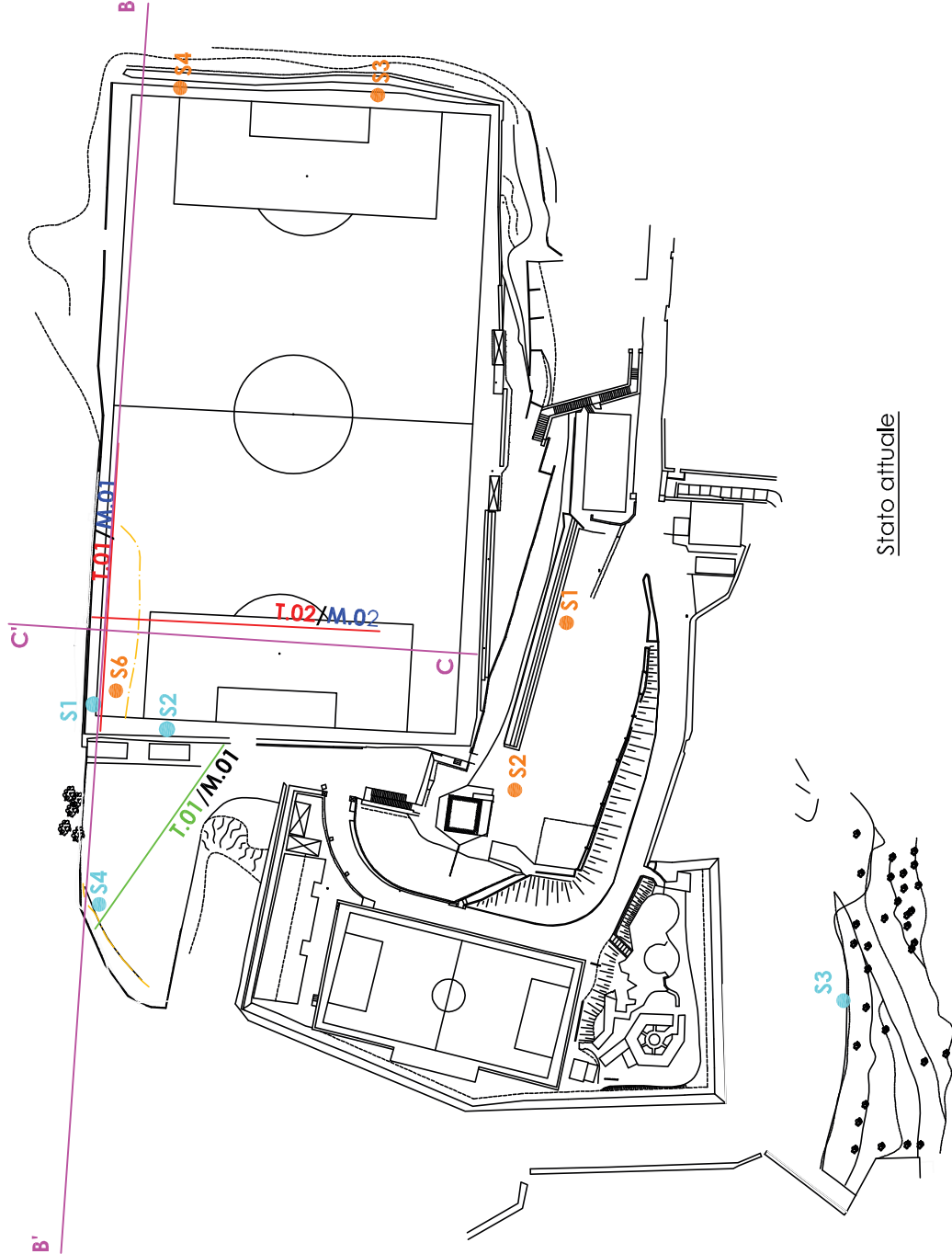


TAVOLA B

PLANIMETRIA DELL'AREA CON UBICAZIONE INDAGINI E TRACCE SEZIONI GEOLOGICHE

SCALA 1: 750

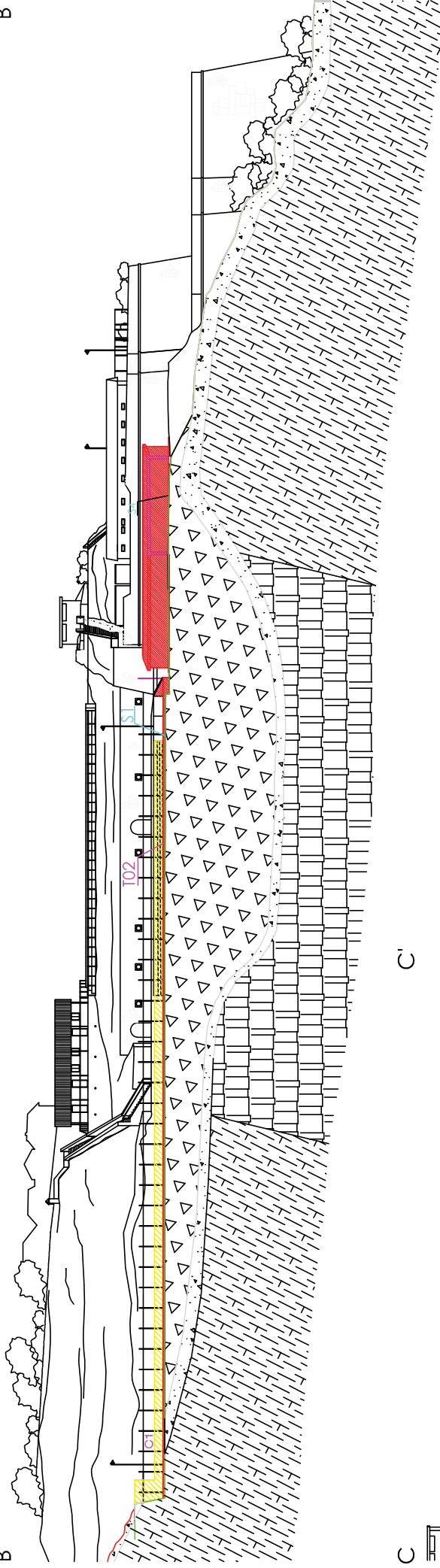
GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA

Corso Italia 14 interno 1 - 16145 GENOVA

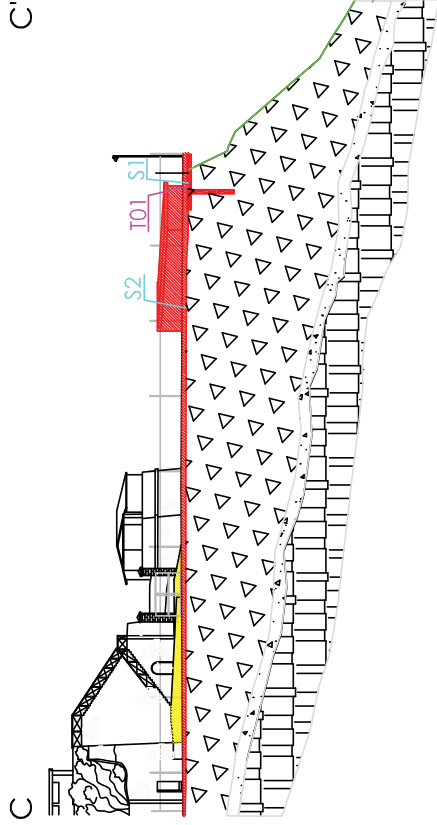
Tel. /Fax 010.3198881 - cell. 339.3335866 - cell 335.5704033

B'

B



C



Profilo attuale

Profilo a progetto

SX
TOX

Ubicazione sondaggio S numero x

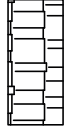
Ubicazione indagine geofisica T numero x



Materiale di riporto



Materiale sciolto di copertura



Roccia destrutturata (Formazione di Ronco)



Roccia sana (Formazione di Ronco)



Riporti e nuove costruzioni



Scavi e demolizioni

TAVOLA C

SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE

SCALA 1:500

GEO SOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA

Corso Italia 14 interno 1 - 16145 GENOVA

Tel. /Fax 010.3198881 - cell. 339.3335866 - cell 335.5704033



M3D
Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. Della
Guardia 49A rosso
16162 GENOVA

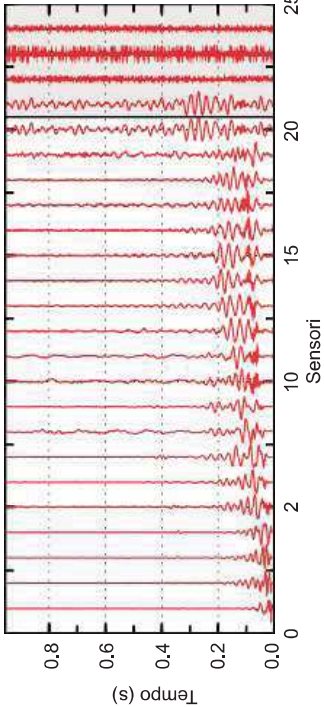
ELABORAZIONE
PROVA MASW

COMMITTENTE: Comune di Genova
CANTIERE: Campo Sportivo Mogarvi
LOCALITA': Genova (GE)
DATA: 18/05/2020

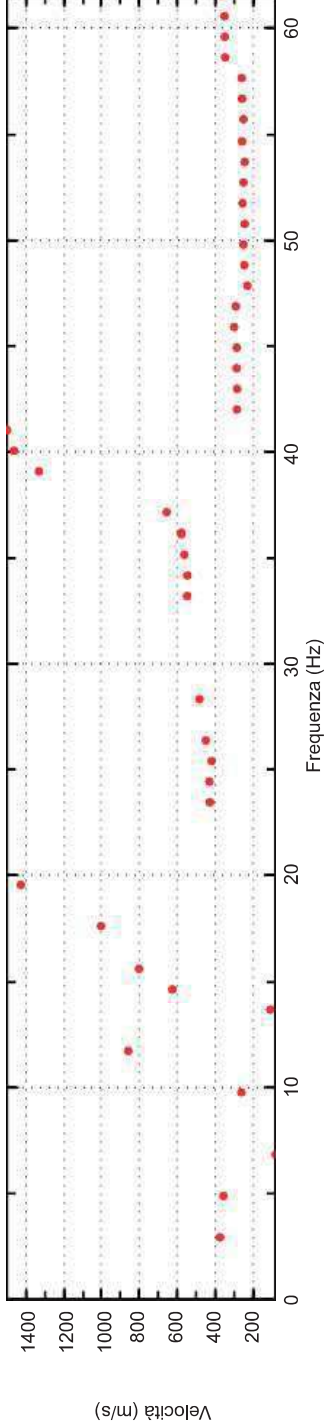
Lunghezza stesa: 40 m
Distanza intergeofonica: 2 m
N° geofoni: 20 a 4.5 Hz
Energizzazione: Mazza 10 Kg

STESA
1

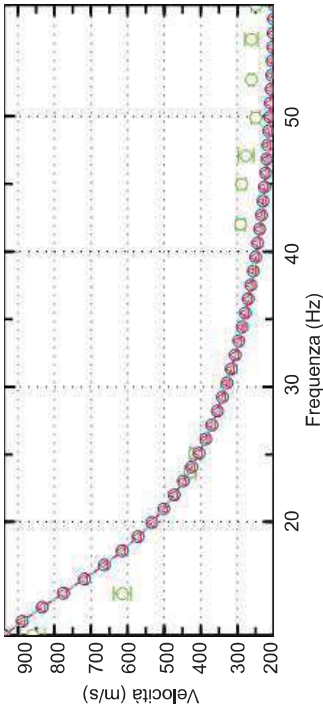
Tracce acquisizioni



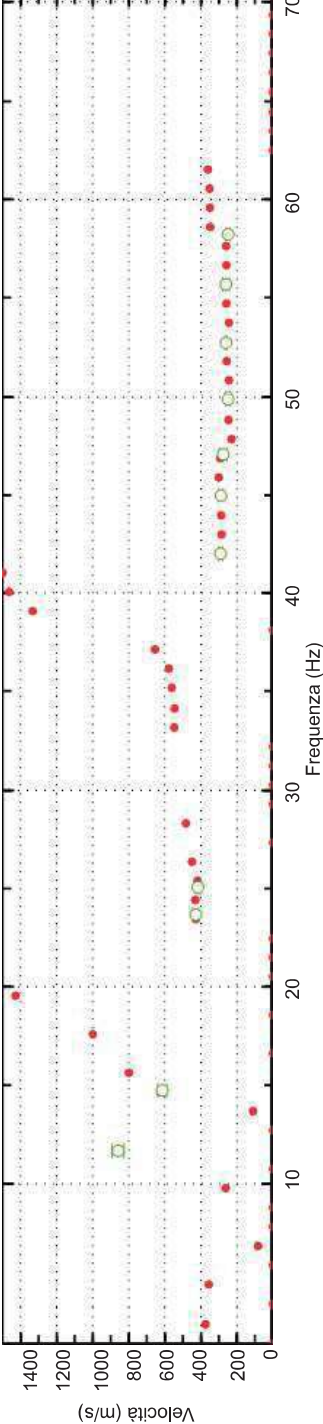
Curva di dispersione sperimentale



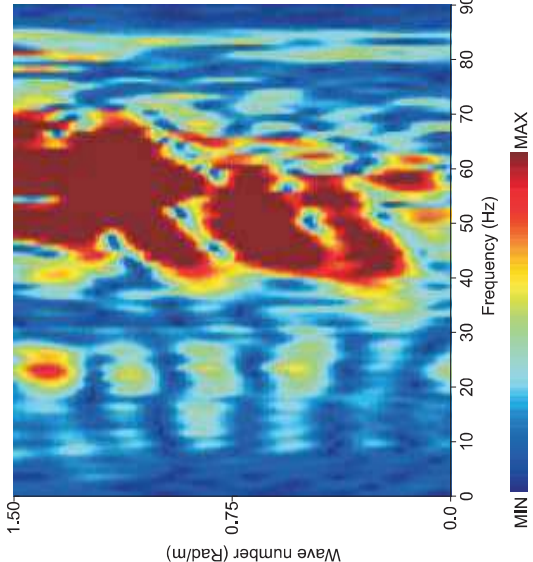
Curve di dispersione elaborate



Curva di dispersione

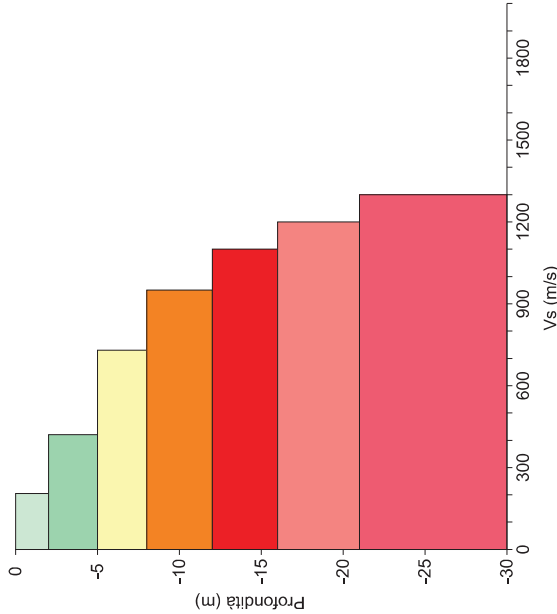


Spettro f/k



CLASSIFICAZIONE SISMICA

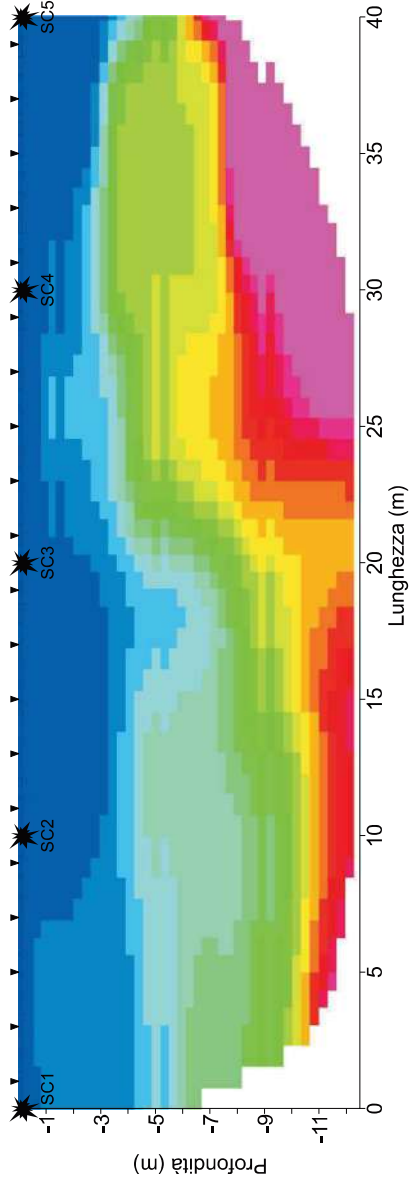
Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	205
2	-2.0	-5.0	420
3	-5.0	-8.0	730
4	-8.0	-12.0	950
5	-12.0	-16.0	1100
6	-16.0	-21.0	1200
7	-21.0	-30.0	1300



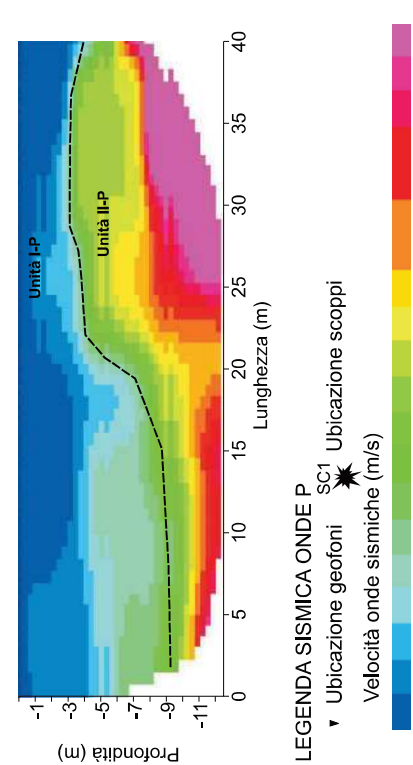
Vs30 = 751 m/s
Vs,eq = 381 m/s
Categoria di sottosuolo B
D.M. 17/01/2018

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tomografia sismica onde P



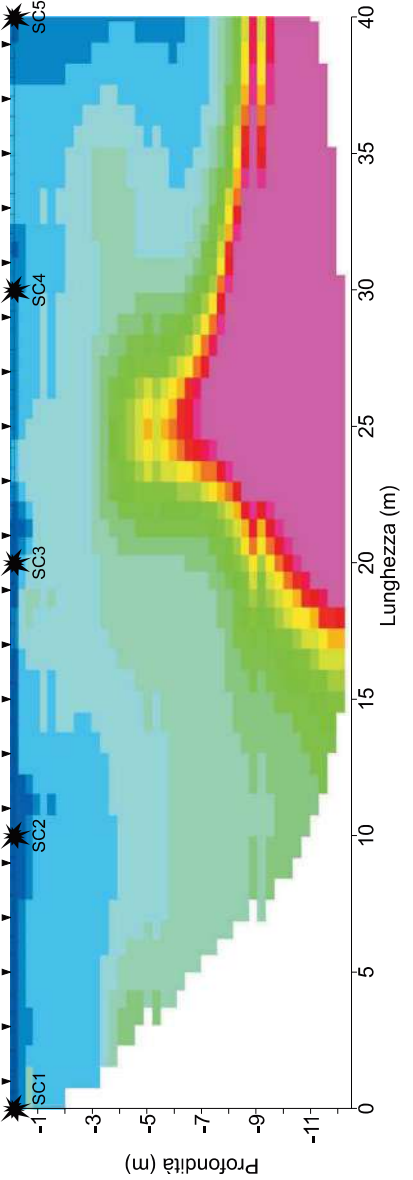
Unità sismostratigrafiche onde P



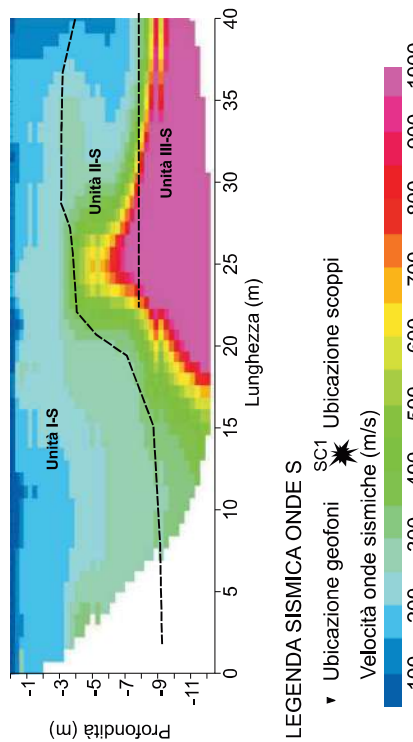
LEGENDA SISMICA ONDE P
▼ Ubicazione geofoni SC1
★ Ubicazione scoppi

Velocità onde sismiche (m/s)

Tomografia sismica onde S



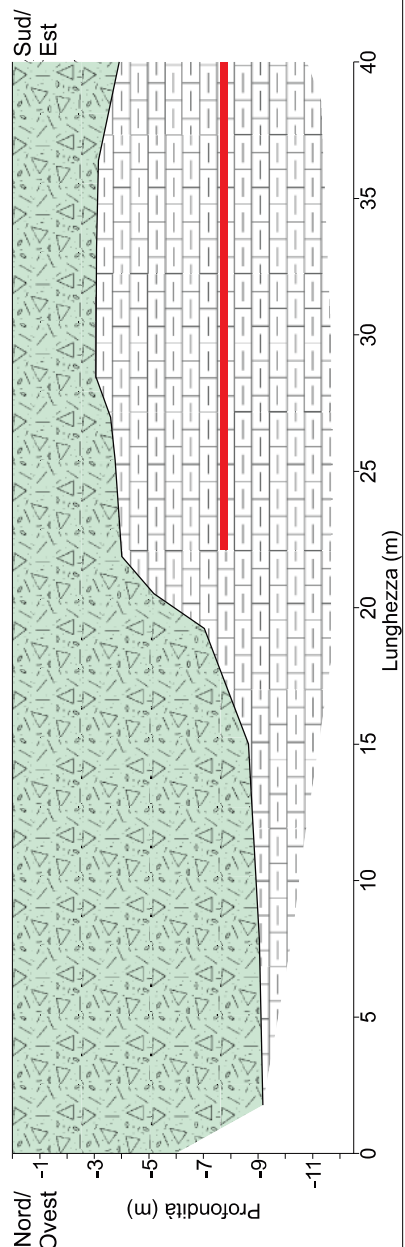
Unità sismostratigrafiche onde S



LEGENDA SISMICA ONDE S
▼ Ubicazione geofoni SC1
★ Ubicazione scoppi

Velocità onde sismiche (m/s)

Interpretazione tomografia sismica



LEGENDA LITOLOGICA

- Riporti/coltre eluviale
- Substrato
- Bedrock sismico

REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI GENOVA

COMUNE DI GENOVA

**INDAGINI GEOFISICHE PER IL CONSOLIDAMENTO DEL
CAMPO SPORTIVO MAURO MORGAVI A
SAMPIERDARENA**

COMMITTENTE :

COMUNE DI GENOVA

Via Garibaldi, 9
Genova

RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOFISICHE

 **bierrevi®**
Studio Tecnico Associato
Via San Siro 12/2b - 16124 GENOVA
Tel / Fax. 0102463472 - info@bierrevi.it
Part. IVA 03844650107

Dott. Geol. VITTORIO BONARIA

Dott. Geol. MATTEO FORNAROLI



INDICE

- 1.) PREMESSA

- 2.) METODOLOGIA D'INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA
 - 2.1.) TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P
 - 2.2.) PROSPEZIONE SISMICA TIPO MASW

- 3.) MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI

- 4.) RISULTATI DELL'INDAGINE
 - 4.1.) ELABORAZIONE TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P
 - 4.2.) ELABORAZIONE PROVE MASW

ALLEGATI:

- Elaborato tomografia sismica a rifrazione in onde P
- Elaborato Prova MASW
- Elaborato fotografico

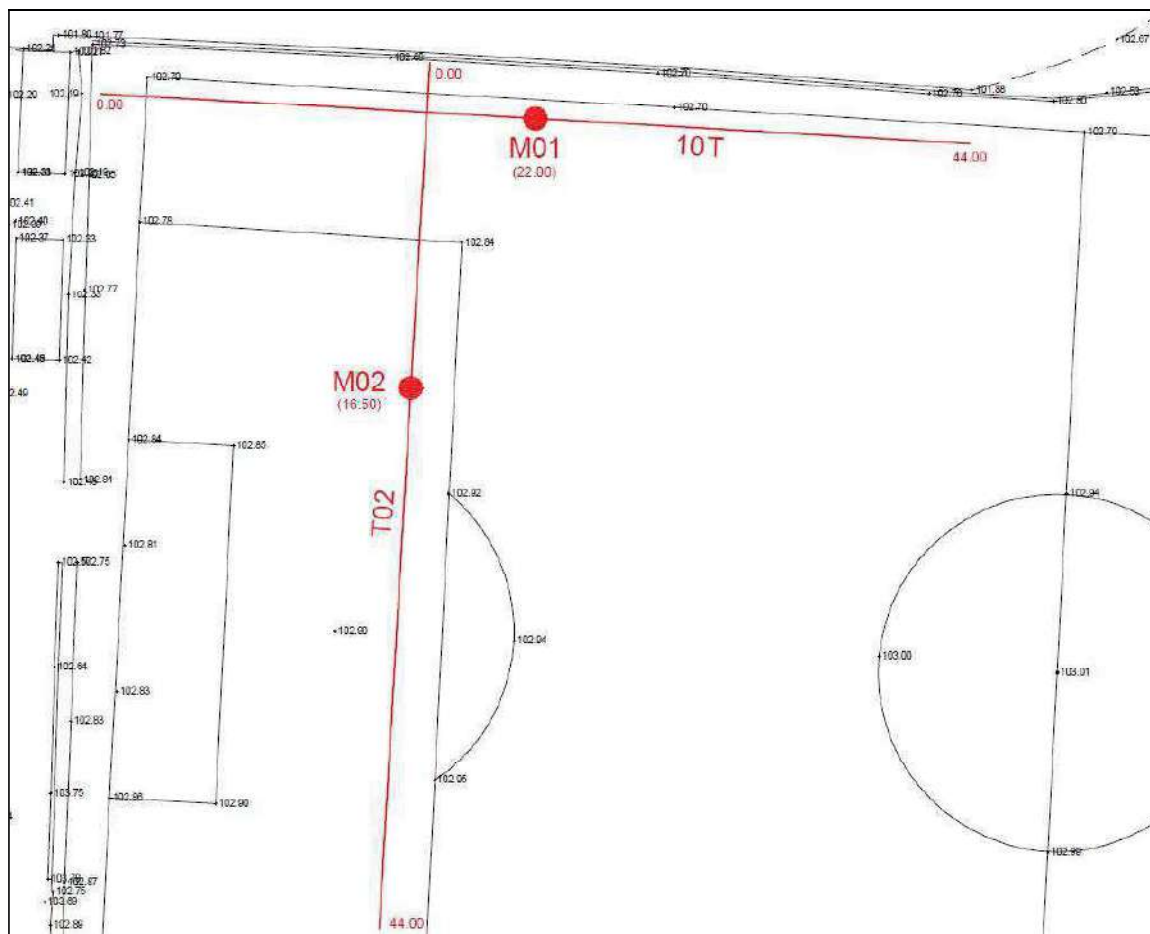


1.) PREMESSA

Su incarico del Comune di Genova nella persona del Ing. Roberto Innocentini nella qualità di Direttore della Direzione Politiche dello Sport, conferito con disciplinare del 21/11/2019, è stata eseguita in data 26 novembre 2019 dallo Studio Tecnico Associato **BIERREVI** – sede in via San Siro 12/2. 16124 GENOVA – nelle persone del Dott. Geol. Matteo Fornaroli e Dott. Geol. Vittorio Bonaria, una campagna di indagini geofisiche a supporto della progettazione degli interventi di consolidamento del campo sportivo M. Morgavi in Genova-Sampierdarena.

Le indagini hanno previsto l'esecuzione di prove geofisiche di natura sismica consistenti in n. 2 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e n. 2 prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Le prospezioni sono state ubicate secondo quanto richiesto dai Progettisti ed in relazione alle esigenze operative al fine di ottenere un risultato soddisfacente dalle misurazioni effettuate.



Posizionamento delle prospezioni geofisiche.



Stendimento geofonico T01 e M01



Stendimento geofonico T02 e M02



2.) METODOLOGIA D'INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Nell'area di studio sono state applicate due distinte metodologie di indagine geofisica di superficie, di cui vengono di seguito sintetizzati i fondamenti teorici.

2.1.) TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P

L'indagine sismica a rifrazione è una indagine indiretta che utilizza i contrasti di velocità delle onde sismiche generate meccanicamente. Le velocità dipendono dalla densità dei materiali attraversati e dalle loro caratteristiche di rigidità. Il comportamento della propagazione delle onde in profondità rispetta la legge di Snell dando origine a fenomeni di rifrazione e riflessione.

Scopo dell'indagine è la ricostruzione di un profilo sismo-stratigrafico lungo un allineamento di sensori (geofoni) posizionati seguendo una ripetitività geometrica (equidistanti).

Lo svolgimento della prova consiste nel generare un'onda sismica di compressione (energizzazione) e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti. L'interpretazione delle misure registrate si basa sull'analisi del tempo impiegato dall'onda generata a raggiungere ciascun geofono. Per poter ricostruire le variazioni della geometria di ciascun orizzonte rifrattore è necessario eseguire più energizzazioni lungo l'allineamento mantenendo invariata la geometria dei geofoni.

In funzione dei tempi di primo arrivo delle onde longitudinali P e delle distanze relative alla configurazione geometrica adottata (interdistanza geofonica e offset di scoppio), sarà possibile dimensionare gli spessori dei sismostrati attraversati dalla radiazione elastica.

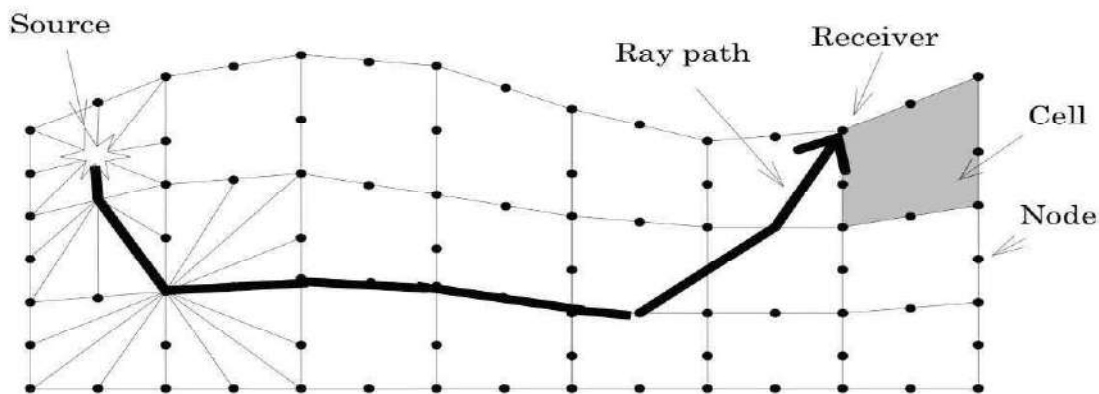
La tomografia sismica, rispetto ai metodi classici della sismica a rifrazione, permette di determinare la velocità di propagazione in funzione della profondità, evidenziando eventuali discontinuità laterali e interfacce non piane tra strati aventi diverse caratteristiche. Il metodo è generalmente utilizzato quando si verificano contrasti di velocità graduali e non netti, in caso di possibili variazioni laterali di velocità ovvero in condizioni topografiche particolarmente accidentate.

L'elaborazione dei dati prevede l'esecuzione del picking manuale dei primi arrivi delle onde P, il cui risultato è visualizzato sotto forma di dromocrone (grafici rappresentativi dei tempi di primo arrivo in funzione della distanza dalla sorgente).



I tempi di primo arrivo insieme alle coordinate spaziali di ogni geofono, sono poi forniti in input al programma di inversione, il quale effettua una prima interpretazione attraverso il metodo classico della sismica a rifrazione e crea un modello di primo tentativo per poter inizializzare il processo di inversione. Il programma procede suddividendo la sezione in celle alle quali assegna un certo valore di velocità delle onde di compressione, dedotto dal modello di primo tentativo creatosi in precedenza. Successivamente viene simulata l'energizzazione in ogni punto di scoppio.

Si suppone che la traiettoria dei raggi sismici dal punto di scoppio al singolo geofono sia curvilinea e che la velocità di propagazione lungo tale traiettoria sia differente a seconda della velocità che è stata assegnata dal programma ad ogni singola cella attraversata dal percorso sismico.



Rappresentazione schematica del percorso di un raggio rifratto all'interno della sezione di sottosuolo indagata, suddivisa in un certo numero di celle e nodi.

I tempi di primo arrivo ricavati dalla simulazione vengono poi confrontati con i tempi di primo arrivo sperimentali e, in base agli scarti, vengono corrette le velocità relative alle celle attraversate dai percorsi sismici.

Il processo di inversione è iterativo e svolto sinché il valore degli scarti è inferiore ad un valore soglia deciso dall'operatore oppure dopo un particolare numero di iterazioni anch'esso deciso dall'operatore.

Il risultato consiste in una sezione verticale con andamento delle velocità delle onde P nel sottosuolo e una sezione con i valori di "copertura" che riporta per ogni cella della sezione stessa il numero di raggi sismici che la attraversano nell'ultima iterazione.



Strumentazione utilizzata

- un sistema di energizzazione costituito da una mazza del peso di Kg. 8 battente verticalmente su piastra circolare in acciaio diam. 25 cm ovvero direttamente sul terreno;
- un sistema di ricezione costituito da 12 geofoni verticali con frequenza propria 14 Hz;
- un sistema di acquisizione dati costituito da un sismografo multicanale con memoria dinamica a 16 bit (DoReMi della “Sara electronic instruments”);
- un sistema trigger.

2.2.) PROSPEZIONE SISMICA TIPO MASW

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è un’indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) in relazione alla profondità, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi geofoni disposti ad intervalli regolari secondo un allineamento prestabilito.

Nel caso in specie sono state considerate le onde superficiali di Rayleigh, ed in particolare la componente verticale del movimento particellare indotto dal passaggio della perturbazione elastica.

La velocità di propagazione è legata alle caratteristiche di rigidità dei materiali attraversati ed in mezzi stratificati le onde di Rayleigh risultano dispersive, cioè le diverse componenti (frequenze) che costituiscono il segnale viaggiano a diverse velocità di fase e di gruppo. 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 mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi.

L’analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “*phase velocity-frequency (v-f)*” che analizza l’energia di propagazione delle onde superficiali lungo lo stendimento geofonico.

Nel grafico ottenuto è possibile distinguere il “modo fondamentale” delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).



Sullo spettro di frequenza viene eseguito il “*picking*” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l’analisi della curva di dispersione e l’ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza (gli spessori) ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon “*fitting*” con i valori sperimentali.

L’analisi dello spettro bidimensionale v-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo rappresentato dall’andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Strumentazione utilizzata

Le misure sono state effettuate con sismografo multicanale 16 bit “*DoReMi*” della Sara Electronic Instruments e n. 12 geofoni verticali (sistema di ricezione) a bassa frequenza (4.5 Hz).

Il sistema di energizzazione è costituito da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare di diametro 25 cm o direttamente sul terreno. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking*).

3.) MODALITA’ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI

Preliminarmente all’acquisizione dei dati geofisici, è stata condotta una fase operativa riguardante l’ubicazione, l’organizzazione e l’approntamento delle indagini.

In particolare, in relazione alla profondità di investigazione e della risoluzione desiderata oltre che alle distanze a disposizione ed alle caratteristiche topografiche delle aree indagate, sono state valutate le specifiche geometriche degli stendimenti di tomografia sismica e MASW.

Tomografia sismica a rifrazione in onde P

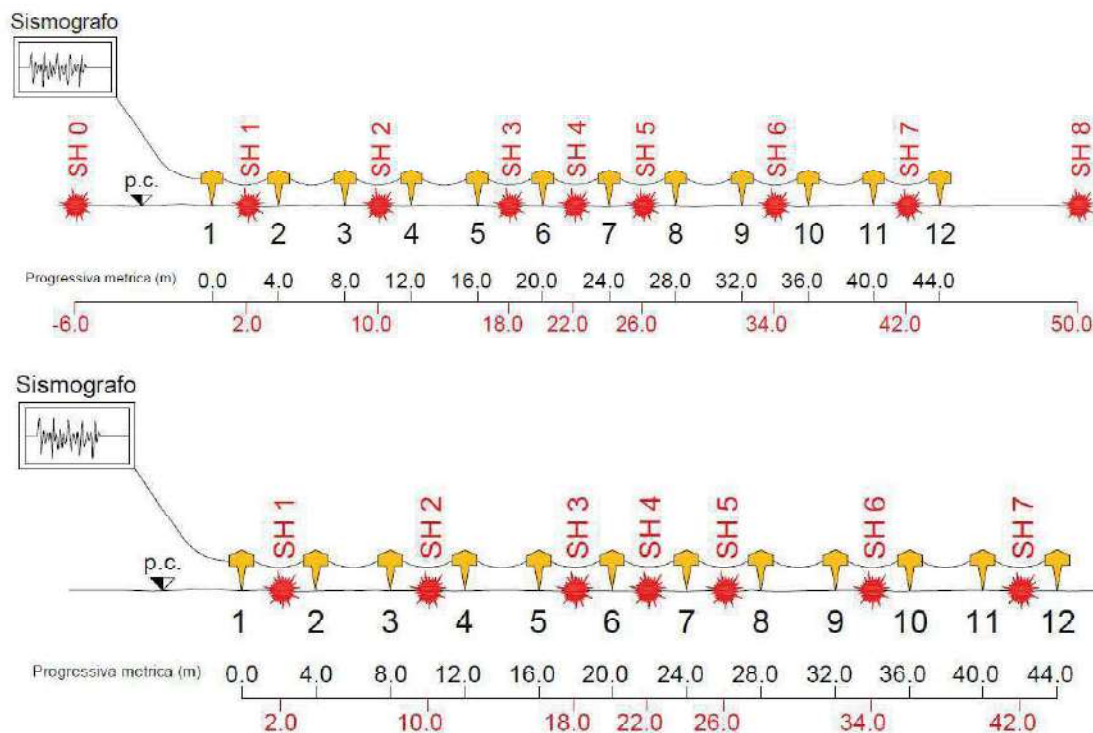
Sono state realizzate complessivamente n. 2 tomografie sismiche in onde P ubicate longitudinalmente e trasversalmente rispetto al campo da calcio. In particolare la prova T01 è stata realizzata in corrispondenza della porzione di valle del campo sportivo laddove è evidente un fenomeno di cedimento, la seconda T02 perpendicolarmente alla



prima. Le due stese si intersecano alla progressiva di 16.50 m e di 2.50 m rispettivamente per le prove T01 e T02.

Le prospezioni tomografiche sono state eseguite secondo un allineamento di n. 12 geofoni (frequenza propria di 14 Hz) posizionati ad interdistanza pari a 4.00m per una lunghezza totale degli stendimenti geofonici di 44.00 m. Per l'esecuzione dei profili sismici sono stati eseguiti scoppi coniugati; per ogni punto di energizzazione sono stati effettuati diversi *shot* con mazza battente da 8 Kg, i cui relativi sismogrammi sono stati successivamente sommati (*stacking*) allo scopo di migliorare il rapporto segnale/rumore.

Di seguito si riportano gli schemi delle configurazioni geometriche delle prospezioni tomografiche effettuate:



Indagine sismica MASW

Le prove MASW hanno previsto l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione e la registrazione simultanea di n. 12 canali utilizzando geofoni a frequenza propria di 4.5 Hz. Le prospezioni sono state condotte in corrispondenza degli stessi allineamenti utilizzati per la rifrazione.

In particolare la prova M01 è stata realizzata utilizzando geofoni a frequenza propria di 4.5 Hz posizionati secondo una distanza intergeofonica pari a 4.00 m; la prova

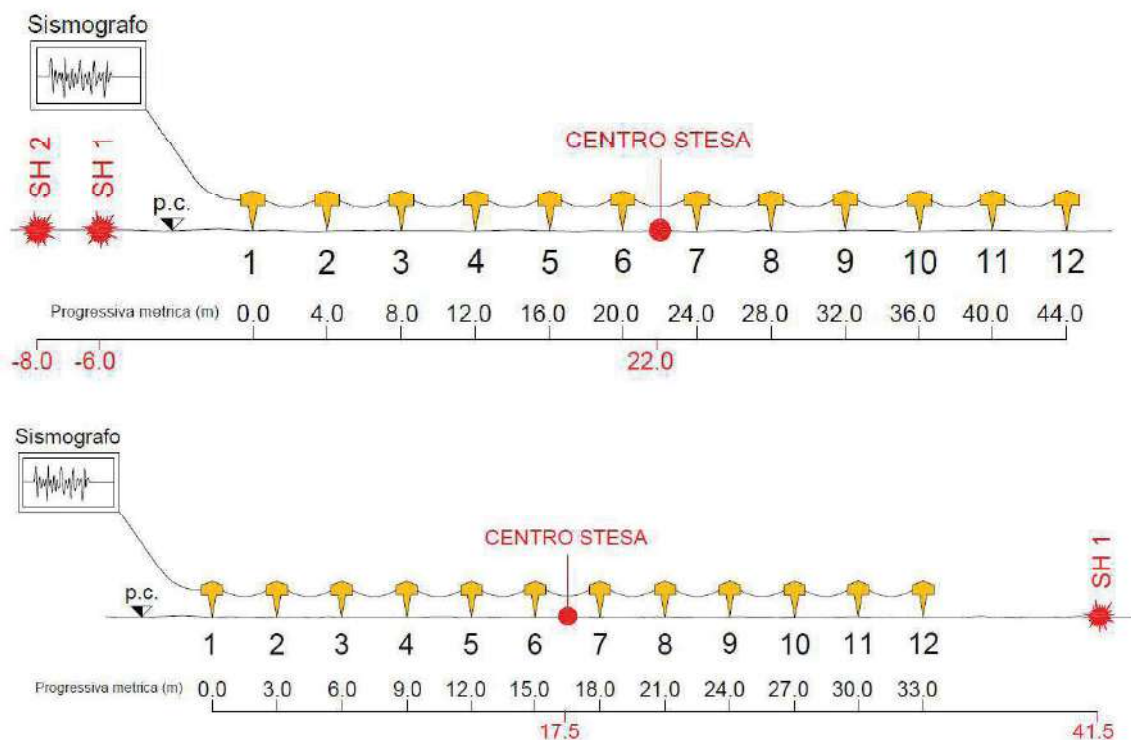


M02 ha invece utilizzato un allineamento di n. 12 geofoni disposti a distanza intergeofonica di 3.00 m.

Anche in questo caso si è proceduto sommare (*stacking*) i sismogrammi ottenuti da diversi *shot* nello stesso punto di energizzazione. Questo ultimo è stato posto a una distanza variabile dal primo o ultimo geofono.

Per la prova M01 sono stati eseguiti due *shot* distanziati di metà interdistanza geofonica in modo da simulare l'indagine a 24 canali con maggior potere risolutivo. Per la prova M02 l'indagine ha considerato un unico *shot*.

Di seguito si riportano gli schemi delle configurazioni geometriche delle prospezioni MASW effettuate:



4.) RISULTATI DELL'INDAGINE

4.1.) ELABORAZIONE TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P

L'elaborazione è stata eseguita con l'ausilio del software *SeisImager/2D* e i relativi moduli *Pickwin* e *Plotrefa*.

In prima analisi sul sismogramma sperimentale sono stati individuati i tempi di primo arrivo delle onde P per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo/distanza) che sono mostrate in allegato.



Mediante modulo *Plotrefa*, inserite le dromocrone ed utilizzando il metodo delle intercette, è stato ottenuto un primo modello di riferimento della distribuzione delle velocità delle onde P nel sottosuolo utilizzato per la successiva fase di elaborazione in tecnica tomografica.

Assunto il modello di partenza, fissate le velocità massime e minime e la profondità massima di indagine e definiti i parametri input (n. di iterazioni, n. di celle e n. di nodi) si è proceduto con il processo di inversione in modo iterativo, sino a raggiungere l'errore minimo ovvero la minima differenza in termini di tempi tra le dromocrone calcolate e quelle osservate.

TOMOGRAFIA - T 01

Si osserva un gradiente verticale di velocità (Vp) con evidente variazione laterale e progressivo aumento delle velocità con l'incremento della profondità.

In relazione ai valori di Vp registrati sono stati distinti 2 orizzonti sismostratigrafici:

- un primo orizzonte superficiale, di spessore crescente da ovest verso est e variabile da 1.70 m a 11.00 m circa, caratterizzato da valori di Vp compresi tra 750 e 1100 m/s e riconducibile ad un materiale a medio-elevato grado di addensamento;
- a profondità superiori valori di Vp maggiori di 1100 m/s individuano verosimilmente il substrato roccioso in scadenti condizioni di conservazione ovvero di intensa fratturazione.

TOMOGRAFIA - T 02

Il gradiente verticale di velocità (Vp) mostra minori variazioni laterali rispetto alla prospezione T01 e progressivo aumento delle velocità con l'incremento della profondità.

In relazione ai valori di Vp registrati sono stati distinti 2 orizzonti sismostratigrafici:

- un primo orizzonte superficiale, di spessore variabile da 6.50 a 11.00 m circa, caratterizzato da valori di Vp compresi tra a 450 e 1100 m/s ed ascrivibile a materiali sciolti mediamente addensati;
- a profondità superiori valori di Vp superiori a 1100 m/s individuano verosimilmente il substrato roccioso in scadenti condizioni di conservazione ovvero di intensa fratturazione.



4.2.) ELABORAZIONE DELLE PROVE MASW

La fase di elaborazione delle prove MASW si è articolata in due principali fasi:

1. determinazione della curva di dispersione e valutazione dello spettro di velocità;
2. processo di inversione della curva interpretata mediante picking per l'ottenimento del profilo Vs/z.

L'elaborazione è stata condotta con software *SeisImager/SW* che ha permesso la trasformazione del sismogramma acquisito nel diagramma velocità di fase/frequenza dove è stato possibile effettuare il “picking” della curva di dispersione. Con il modulo *WaveEq* si è proceduto a stimare, mediante un processo di inversione, la curva di dispersione numerica che meglio approssima quella sperimentale ottenendo l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità (z).

In riferimento ai grafici Vs/z riportati in allegato si segnala che la diversa tonalità di grigio indica la porzione di sottosuolo in cui il dato di Vs è altamente attendibile.

Confrontando i risultati ottenuti dalle due prove MASW si constata che le profondità a cui si registrano picchi dei valori delle velocità delle onde s sono paragonabili alla profondità dell'interfaccia tra i due orizzonti sismostratigrafici ricavati nei rispettivi stendimenti tomografici in onde p.

Si tenga conto che il profilo Vs/z è riferito al centro stesa.

Come noto la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i : spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N: numero di strati;

H: profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.



Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Stante le suddette indicazioni Normative ed in base ai valori V_{seq} ottenuti dalla prova MASW si calcolano i seguenti valori (piano di riferimento = piano di campagna):

MASW 01 **$V_{seq} = 401.08$ m/s**

MASW 02 **$V_{s30} = 508.40$ m/s**

In relazioni ai risultati ottenuti è possibile classificare il suolo di fondazione all'interno della **classe B** del D.M. 17/01/2018.

Genova, 26/11/2019

 **bierrevi®**
Studio Tecnico Associato
Via San Siro 12/2b – 16124 GENOVA
Tel / Fax. 0102463472 – info@bierrevi.it
Part. IVA 03844550107

Geol. VITTORIO BONARIA
Geol. MATTEO FORNAROLI

Studio Tecnico Ass.to **BIERREVI**



STUDIO TECNICO ASSOCIATO BIERREVI

di **BONARIA** Dott. Geol. Vittorio, **FORNAROLI** Dott. Geol. Matteo, **REPETTO** Dott. Geom. Giovanni
Via San Siro2/2b -6124 GENOVA Tel/Fax. 0102463472 e-mail: info@bierrevi.it

ELABORATO TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P



TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P - T01

POSIZIONE DEGLI SPARI

SP	Elev	X-loc
1	0	-6
2	0	2
3	0	10
4	0	18
5	0	22
6	0	26
7	0	34
8	0	42
9	0	50

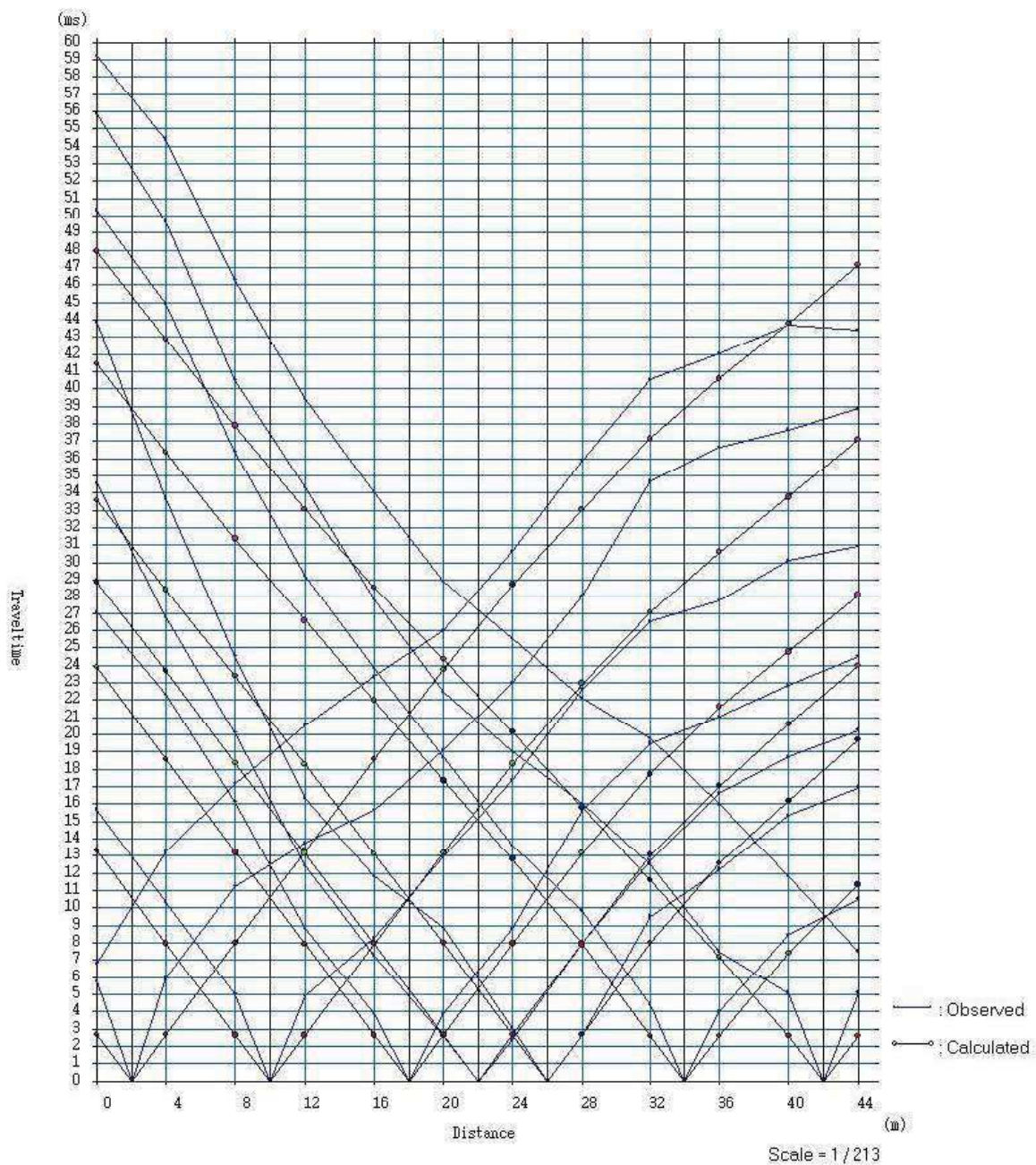
sp 01 E sp 09 non considerati nell'analisi

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

Geo	Elev	X-loc	SP2	SP 3	SP 4	SP 5	SP 6	SP 7	SP 8
1	0	0	2.66 1	13.30 1	23.90 1	28.87 1	33.59 1	41.44 1	47.95 1
2	0	4	2.66 1	7.98 1	18.58 1	23.67 1	28.44 1	36.38 1	42.89 1
3	0	8	7.99 1	2.65 1	13.25 1	18.37 1	23.37 1	31.37 1	37.87 1
4	0	12	13.29 1	2.65 1	7.94 1	13.13 1	18.26 1	26.58 1	33.08 1
5	0	16	18.58 1	7.94 1	2.65 1	7.97 1	13.12 1	21.98 1	28.56 1
6	0	20	23.78 1	13.20 1	2.65 1	2.66 1	7.99 1	17.35 1	24.38 1
7	0	24	28.74 1	18.31 1	7.98 1	2.66 1	2.66 1	12.84 1	20.15 1
8	0	28	33.07 1	22.97 1	13.20 1	7.99 1	2.66 1	7.93 1	15.81 1
9	0	32	37.18 1	27.10 1	17.73 1	13.06 1	7.99 1	2.61 1	11.61 1
10	0	36	40.64 1	30.61 1	21.61 1	17.02 1	12.58 1	2.61 1	7.17 1
11	0	40	43.80 1	33.77 1	24.78 1	20.60 1	16.18 1	7.41 1	2.59 1
12	0	44	47.16 1	37.13 1	28.13 1	23.96 1	19.69 1	11.38 1	2.59 1



DROMOCRONE

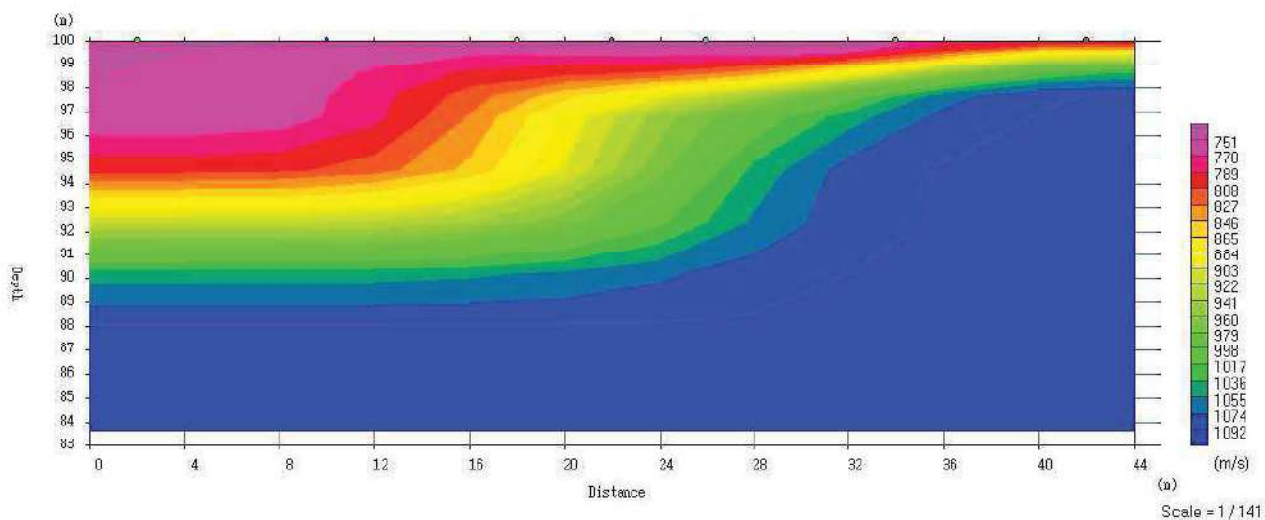




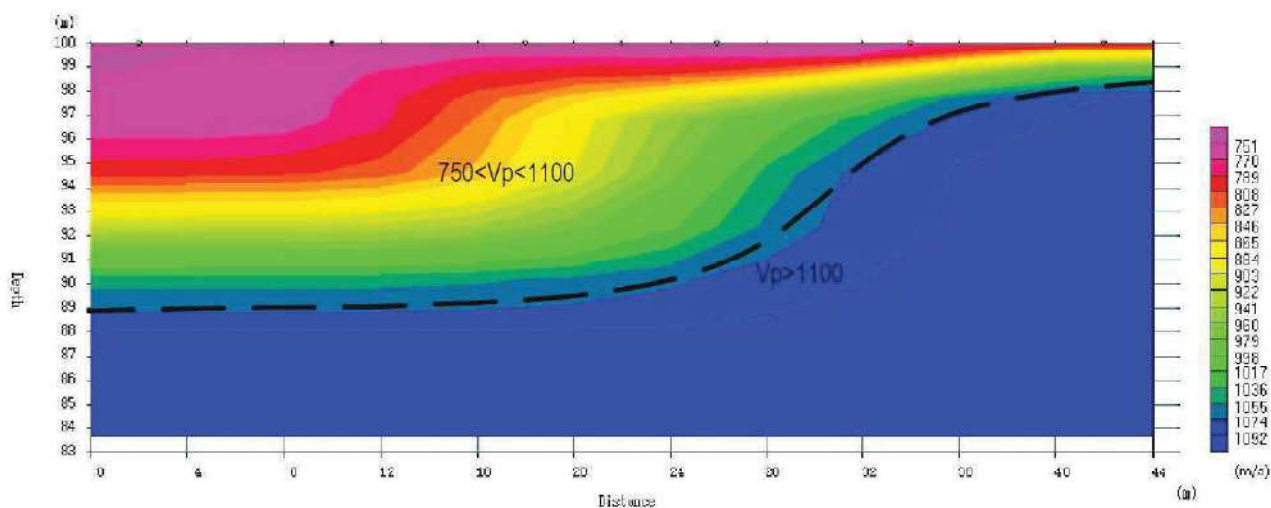
STUDIO TECNICO ASSOCIATO BIERREVI

di **BONARIA** Dott. Geol. Vittorio, **FORNAROLI** Dott. Geol. Matteo, **REPETTO** Dott. Geom. Giovanni
Via San Siro2/2b -6124 GENOVA Tel/Fax. 0102463472 e-mail: info@bierrevi.it

ELABORAZIONE TOMOGRAFICA



INTERPRETAZIONE SISMOTRATIGRAFICA





STUDIO TECNICO ASSOCIATO BIERREVI

di **BONARIA** Dott. Geol. Vittorio, **FORNAROLI** Dott. Geol. Matteo, **REPETTO** Dott. Geom. Giovanni
Via San Siro2/2b –6124 GENOVA Tel/Fax. 0102463472 e-mail: info@bierrevis.it

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

Geo	X-loc	Layer 2
1	0	11.12
2	4	11.03
3	8	10.99
4	12	10.94
5	16	10.79
6	20	10.54
7	24	9.88
8	28	8.31
9	32	5.10
10	36	2.94
11	40	2.08
12	44	1.69



TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P - T02

POSIZIONE DEGLI SPARI

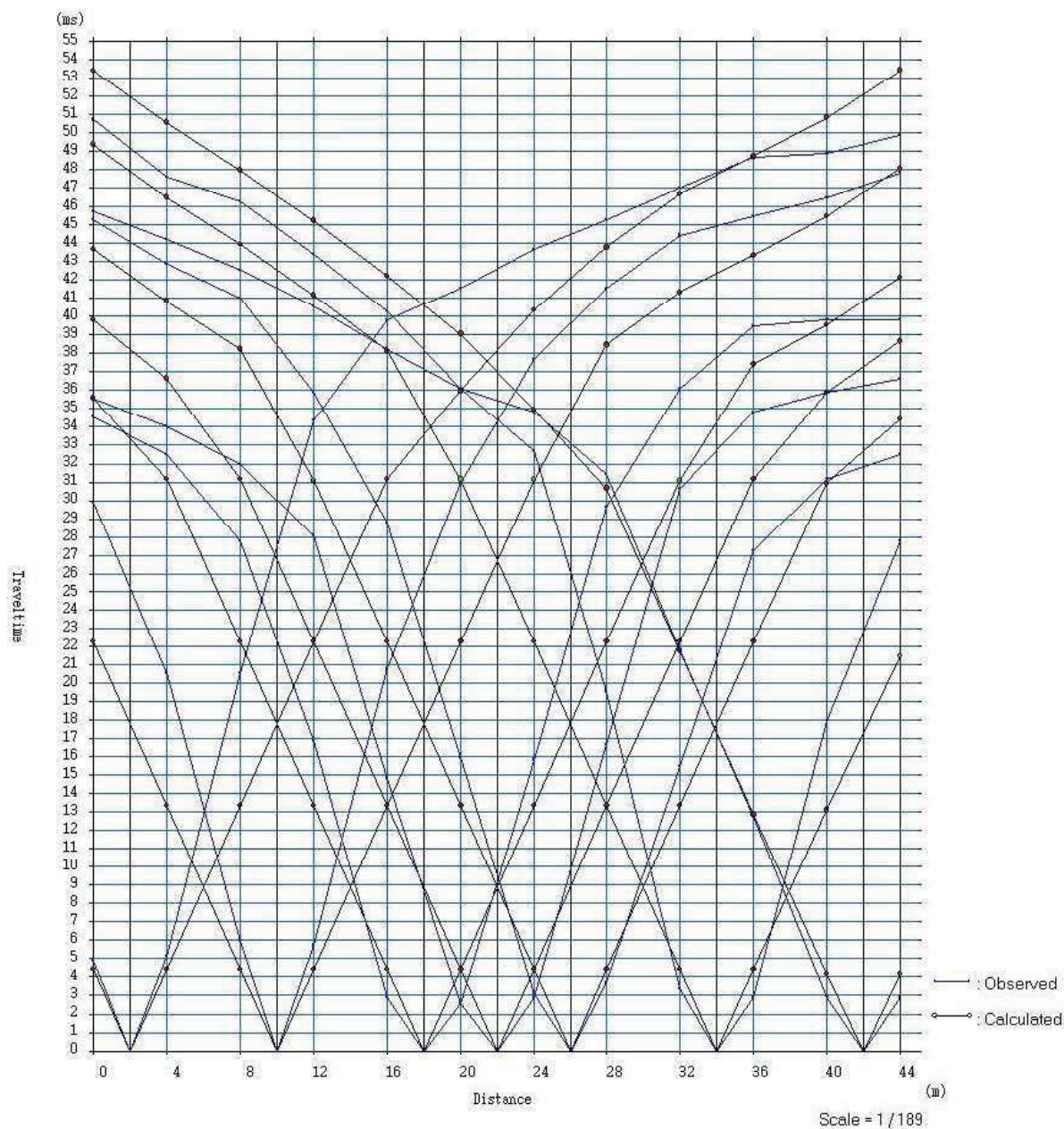
SP	Elev	X-loc
1	0	2
2	0	10
3	0	18
4	0	22
5	0	26
6	0	34
7	0	42

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

Geo	Elev	X-loc	SP1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	SP 6	SP 7
1	0	0	4.45 1	22.26 1	35.60 1	39.82 1	43.69 1	49.36 1	53.41 1
2	0	4	4.45 1	13.36 1	31.17 1	36.65 1	40.84 1	46.51 1	50.55 1
3	0	8	13.36 1	4.45 1	22.26 1	31.17 1	38.26 1	43.93 1	47.97 1
4	0	12	22.26 1	4.45 1	13.36 1	22.26 1	31.08 1	41.18 1	45.23 1
5	0	16	31.17 1	13.36 1	4.45 1	13.36 1	22.26 1	38.15 1	42.19 1
6	0	20	36.03 1	22.26 1	4.45 1	4.45 1	13.36 1	31.15 1	39.04 1
7	0	24	40.36 1	31.15 1	13.36 1	4.45 1	4.45 1	22.26 1	34.98 1
8	0	28	43.80 1	38.45 1	22.26 1	13.36 1	4.45 1	13.36 1	30.66 1
9	0	32	46.68 1	41.33 1	31.08 1	22.26 1	13.36 1	4.45 1	21.76 1
10	0	36	48.70 1	43.35 1	37.45 1	31.17 1	22.26 1	4.45 1	12.85 1
11	0	40	50.82 1	45.47 1	39.56 1	35.87 1	30.94 1	13.14 1	4.17 1
12	0	44	53.42 1	48.07 1	42.17 1	38.67 1	34.45 1	21.45 1	4.17 1

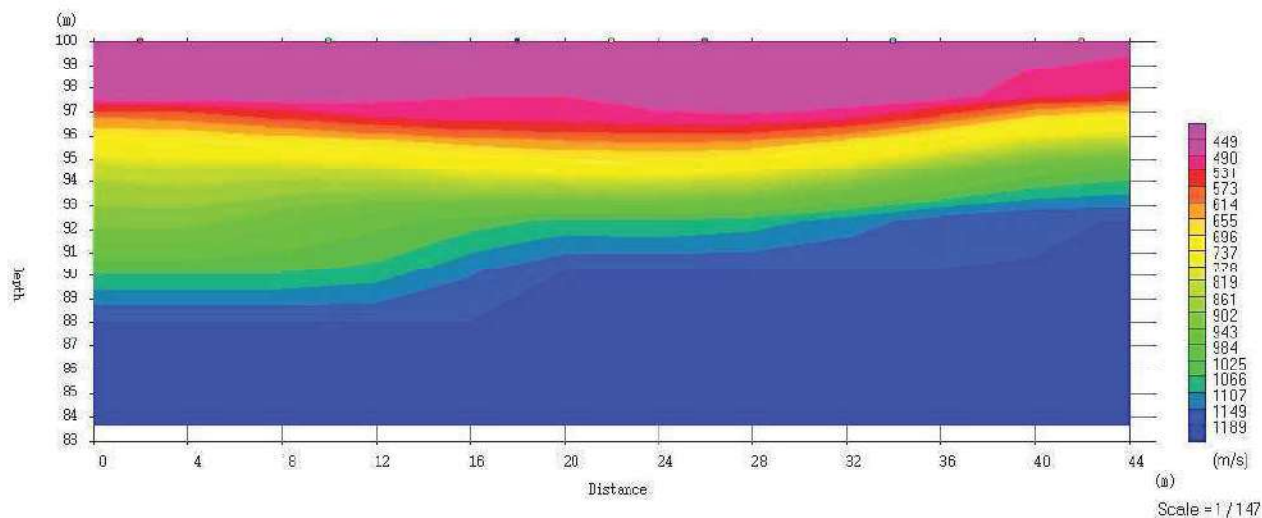


DROMOCRONE

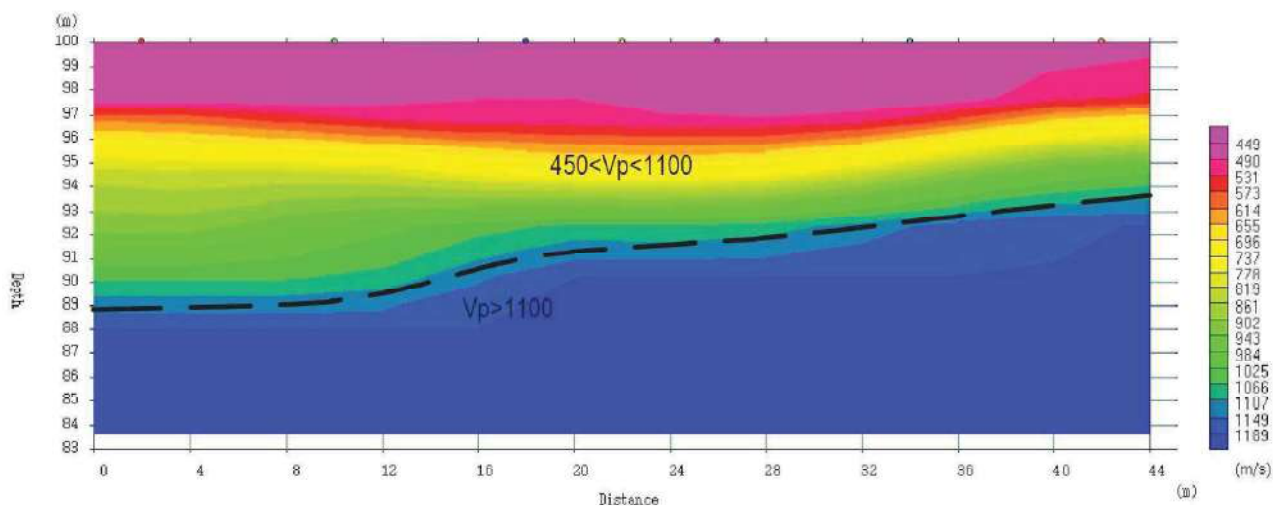




ELABORAZIONE TOMOGRAFICA



INTERPRETAZIONE SISMOTRATIGRAFICA



**STUDIO TECNICO ASSOCIATO BIERREVI**

di **BONARIA** Dott. Geol. Vittorio, **FORNAROLI** Dott. Geol. Matteo, **REPETTO** Dott. Geom. Giovanni
Via San Siro2/2b –6124 GENOVA Tel/Fax. 0102463472 e-mail: info@bierrevis.it

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

Geo	X-loc	Layer 2
1	0	11.16
2	4	11.06
3	8	10.95
4	12	10.49
5	16	9.43
6	20	8.72
7	24	8.43
8	28	8.14
9	32	7.71
10	36	7.23
11	40	6.78
12	44	6.36



STUDIO TECNICO ASSOCIATO BIERREVI

di **BONARIA** Dott. Geol. Vittorio, **FORNAROLI** Dott. Geol. Matteo, **REPETTO** Dott. Geom. Giovanni
Via San Siro2/2b -6124 GENOVA Tel/Fax. 0102463472 e-mail: info@bierrevi.it

ELABORATO PROVA MASW



MASW 01

DATI SPERIMENTALI

Numero di ricevitori 12+12
Distanza tra i sensori:..... 4.00 (2.00) m
Numero di campioni temporali 1000
Passo temporale di acquisizione 1 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12+12
Durata.....2000ms
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a2000ms

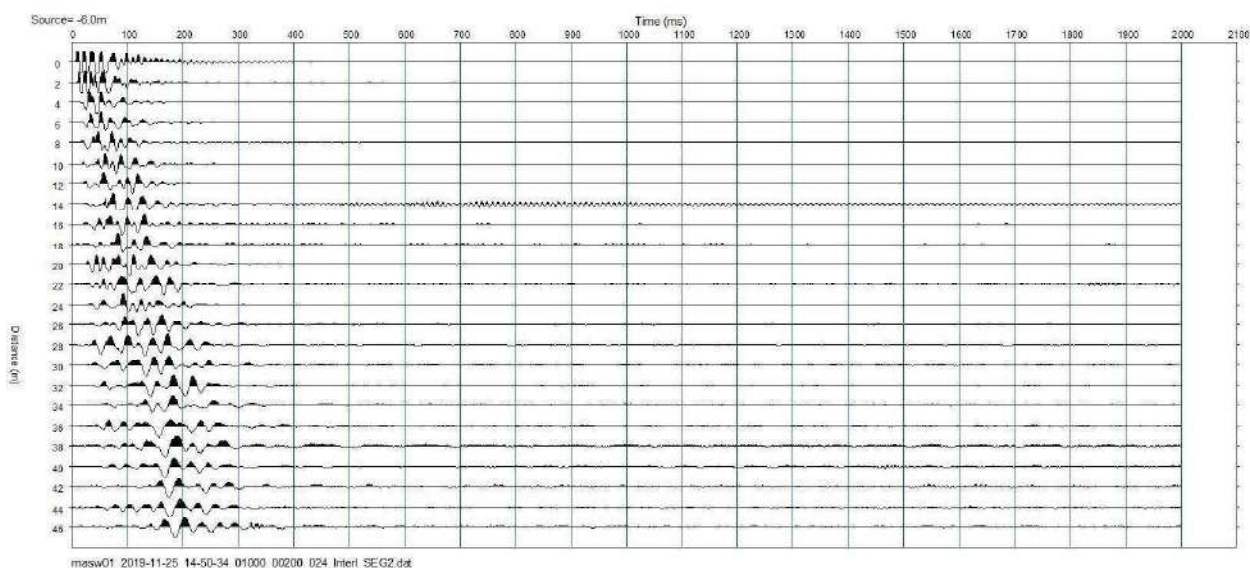


Fig. 1: tracce sperimentali



RISULTATI DELL'ANALISI

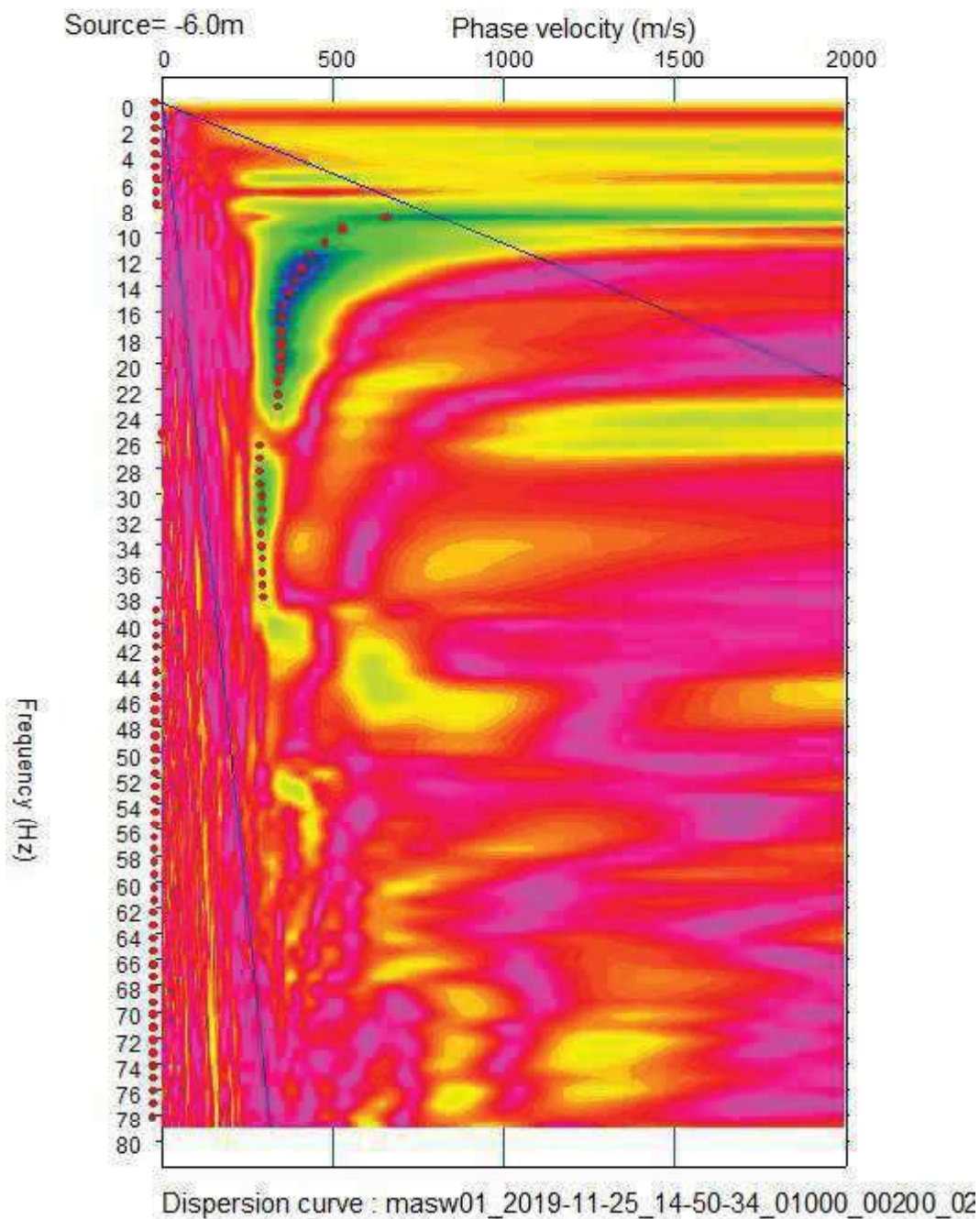


Fig. 2: spettro F/V – picking

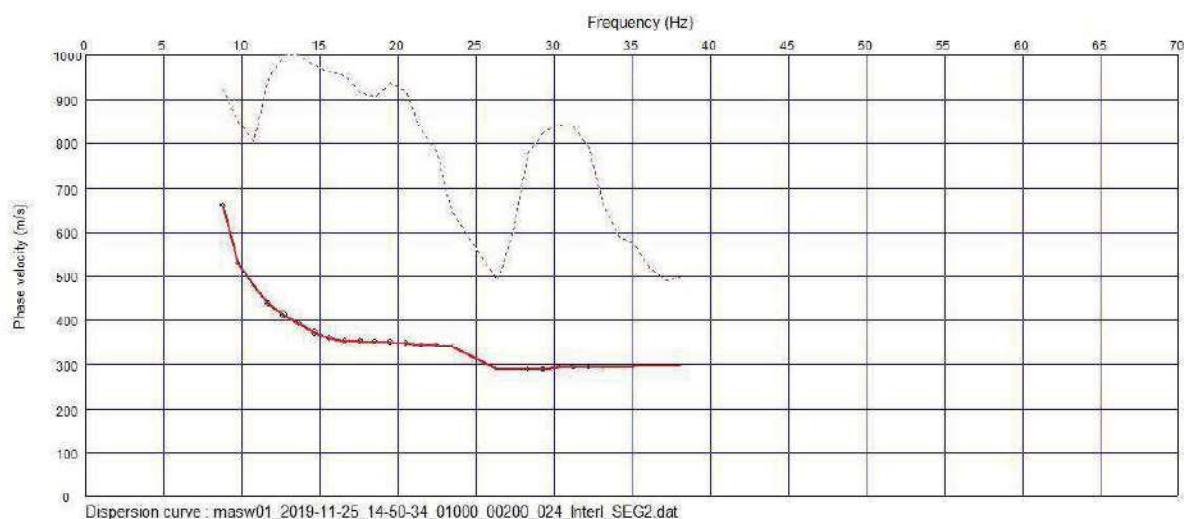


CURVA DI DISPERSIONE

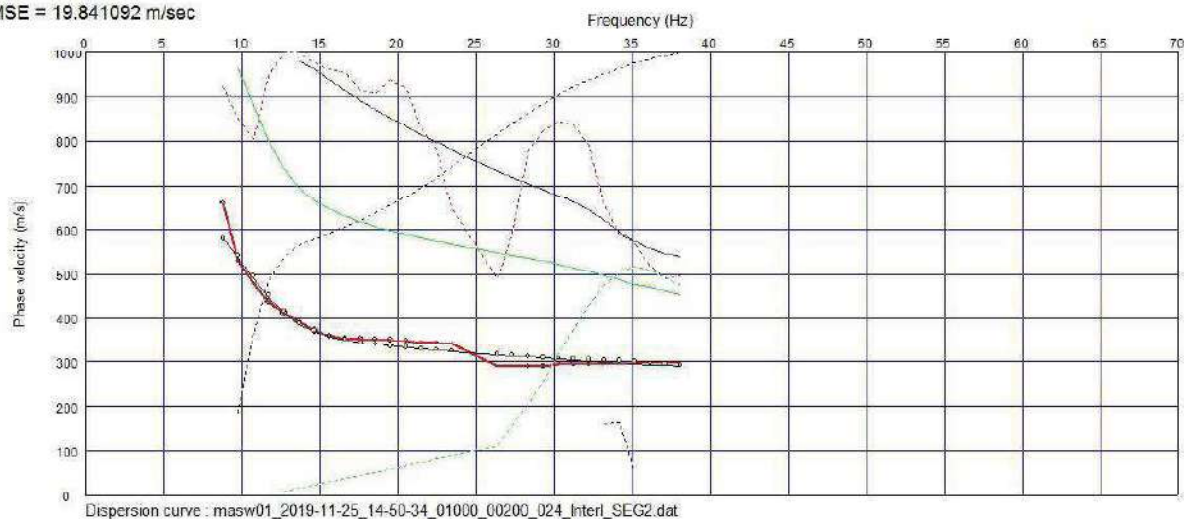
Frequenza finale.....8Hz

Frequenza iniziale37Hz

Numero di modi..... 2



RMSE = 19.841092 m/sec

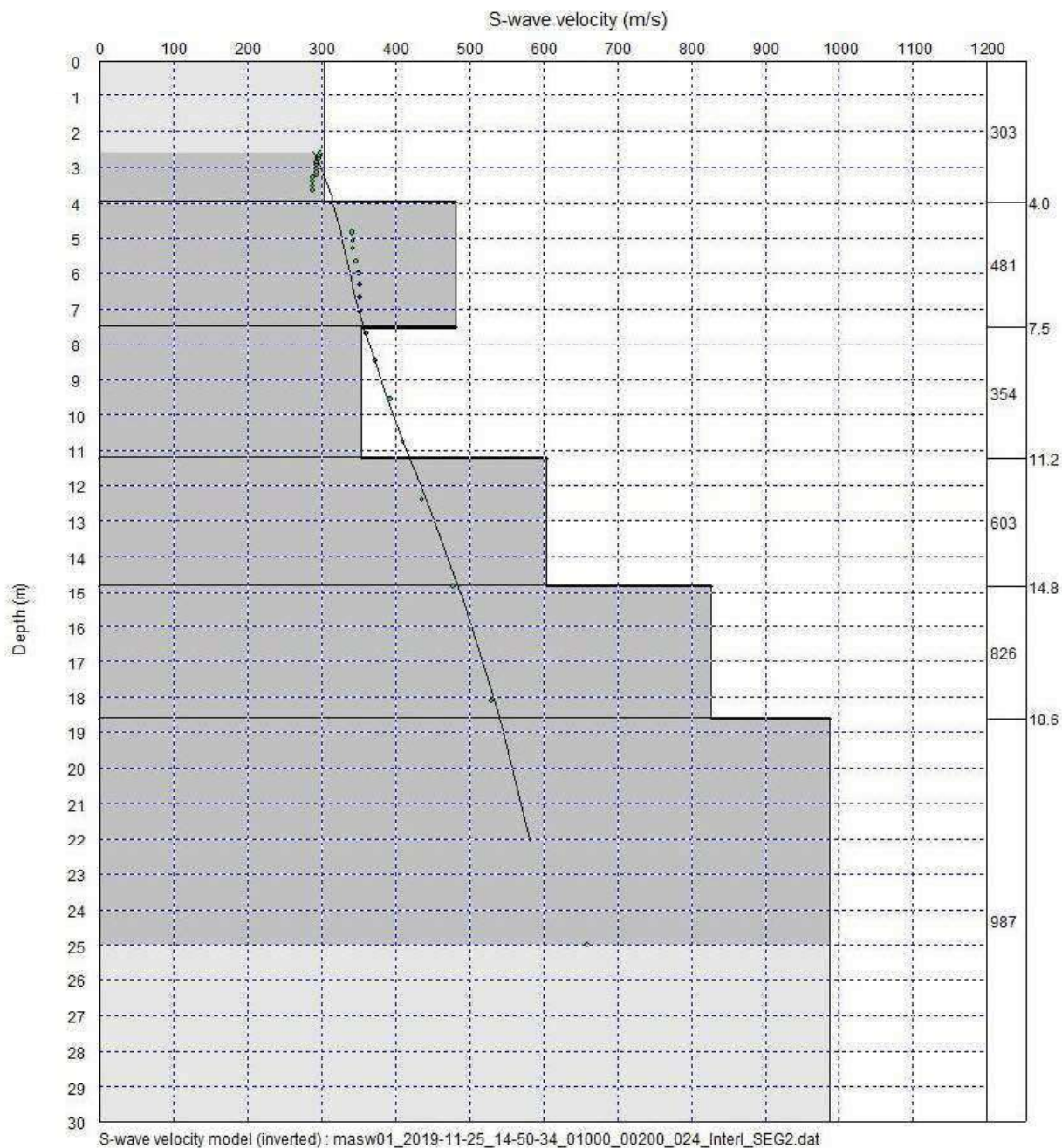




STUDIO TECNICO ASSOCIATO BIERREVI

di **BONARIA** Dott. Geol. Vittorio, **FORNAROLI** Dott. Geol. Matteo, **REPETTO** Dott. Geom. Giovanni
Via San Siro2/2b -6124 GENOVA Tel/Fax. 0102463472 e-mail: info@bierrevis.it

PROFILO Vs/z





MASW 02

DATI SPERIMENTALI

Numero di ricevitori 12

Distanza tra i sensori:.....3.00 m

Numero di campioni temporali 1000

Passo temporale di acquisizione1 ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12+12

Durata.....1500ms

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a850ms

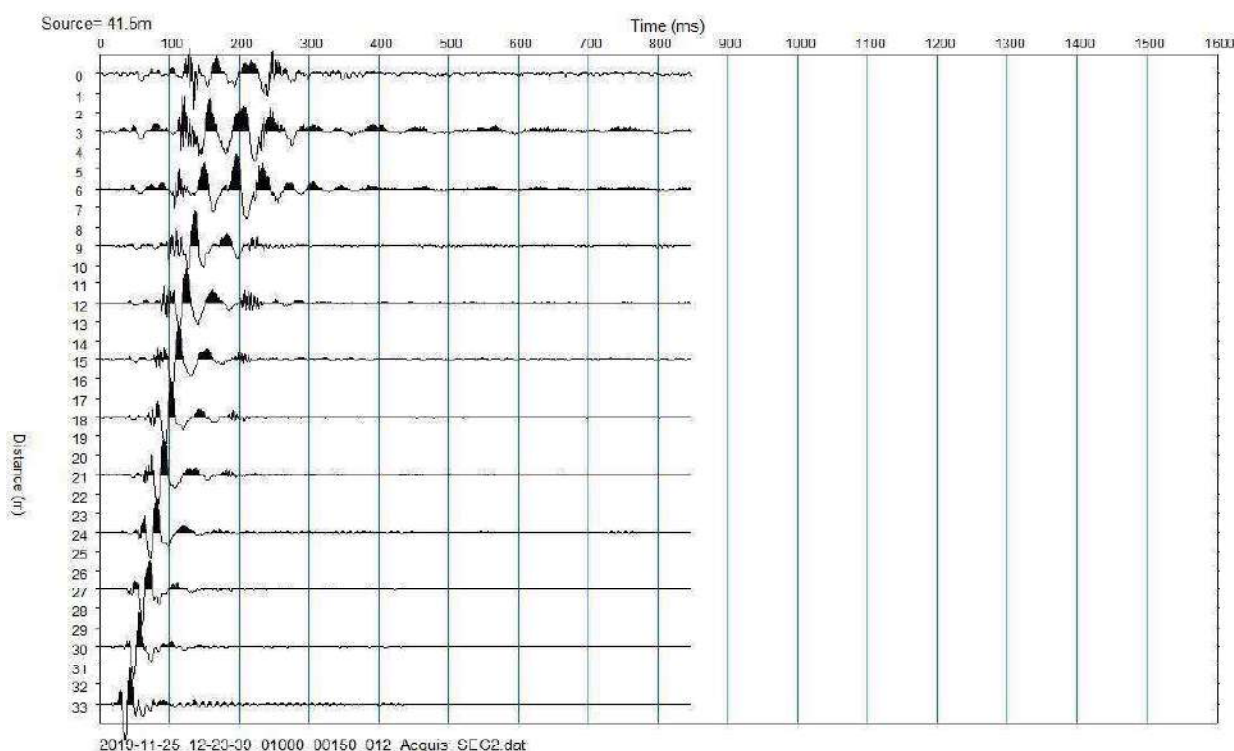


Fig. 1: tracce sperimentali



RISULTATI DELL'ANALISI

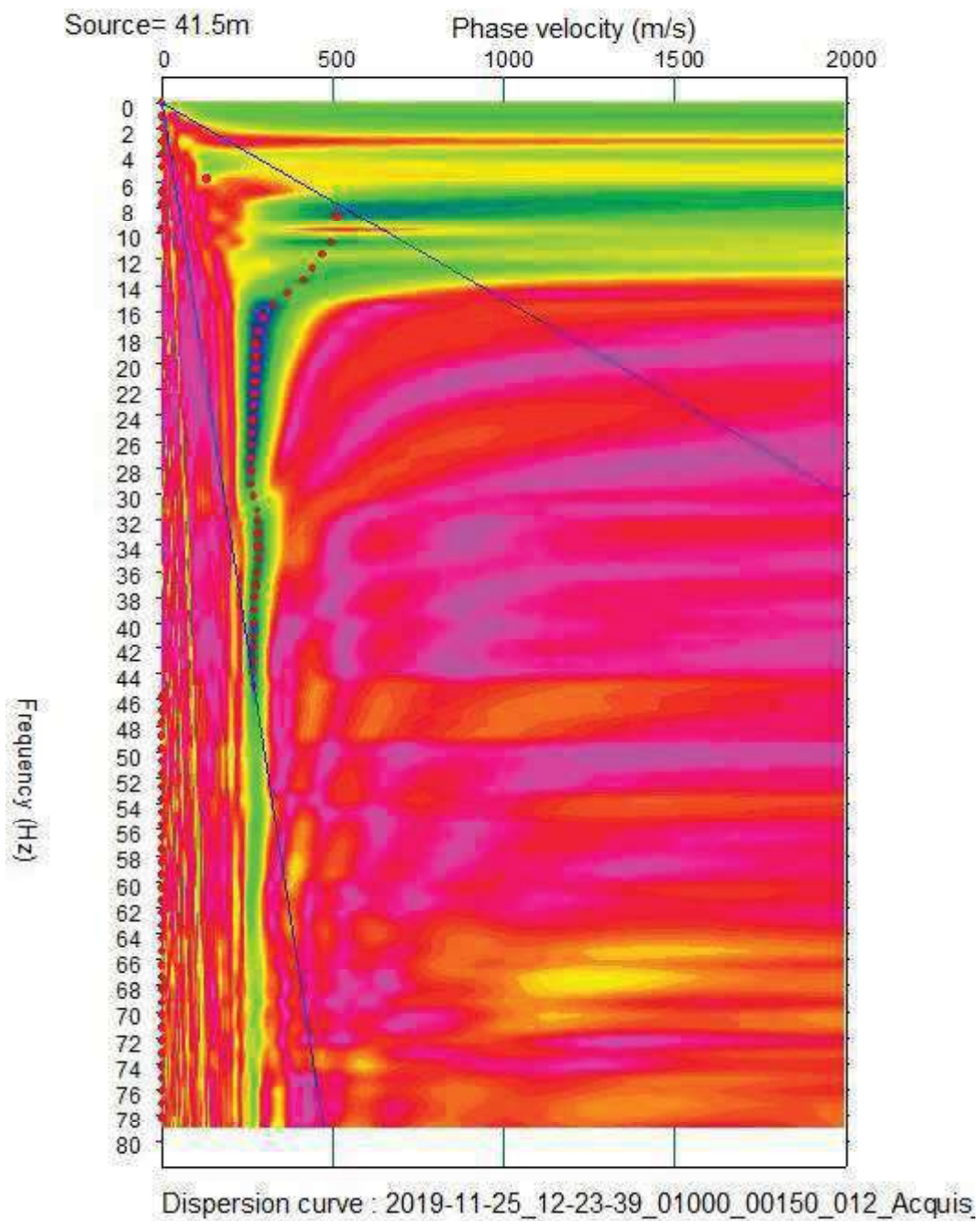


Fig. 2: spettro F/V – picking



CURVA DI DISPERSIONE

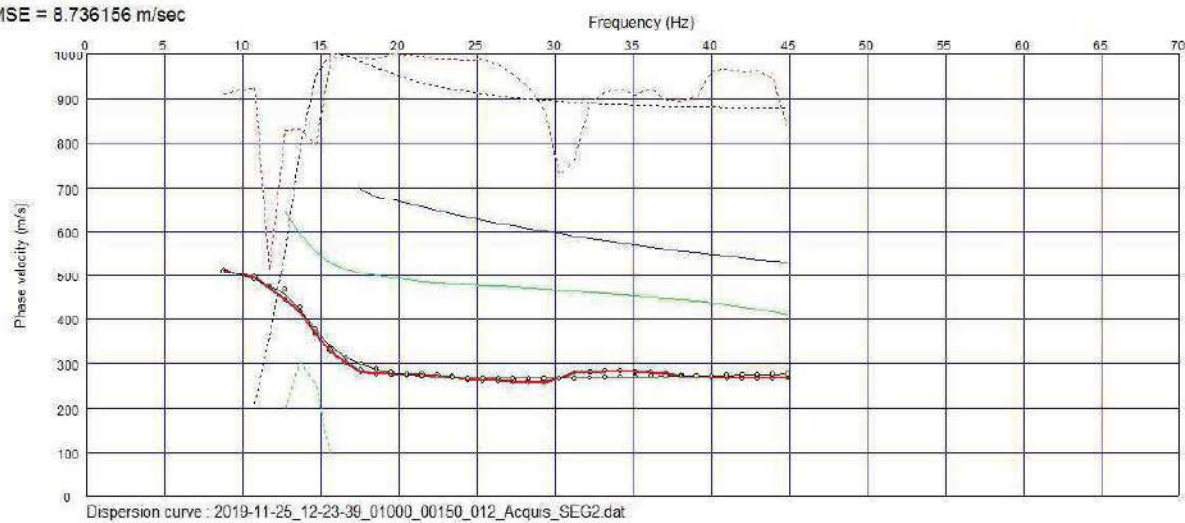
Frequenza finale.....8Hz

Frequenza iniziale45Hz

Numero di modi..... 2



RMSE = 8.736156 m/sec

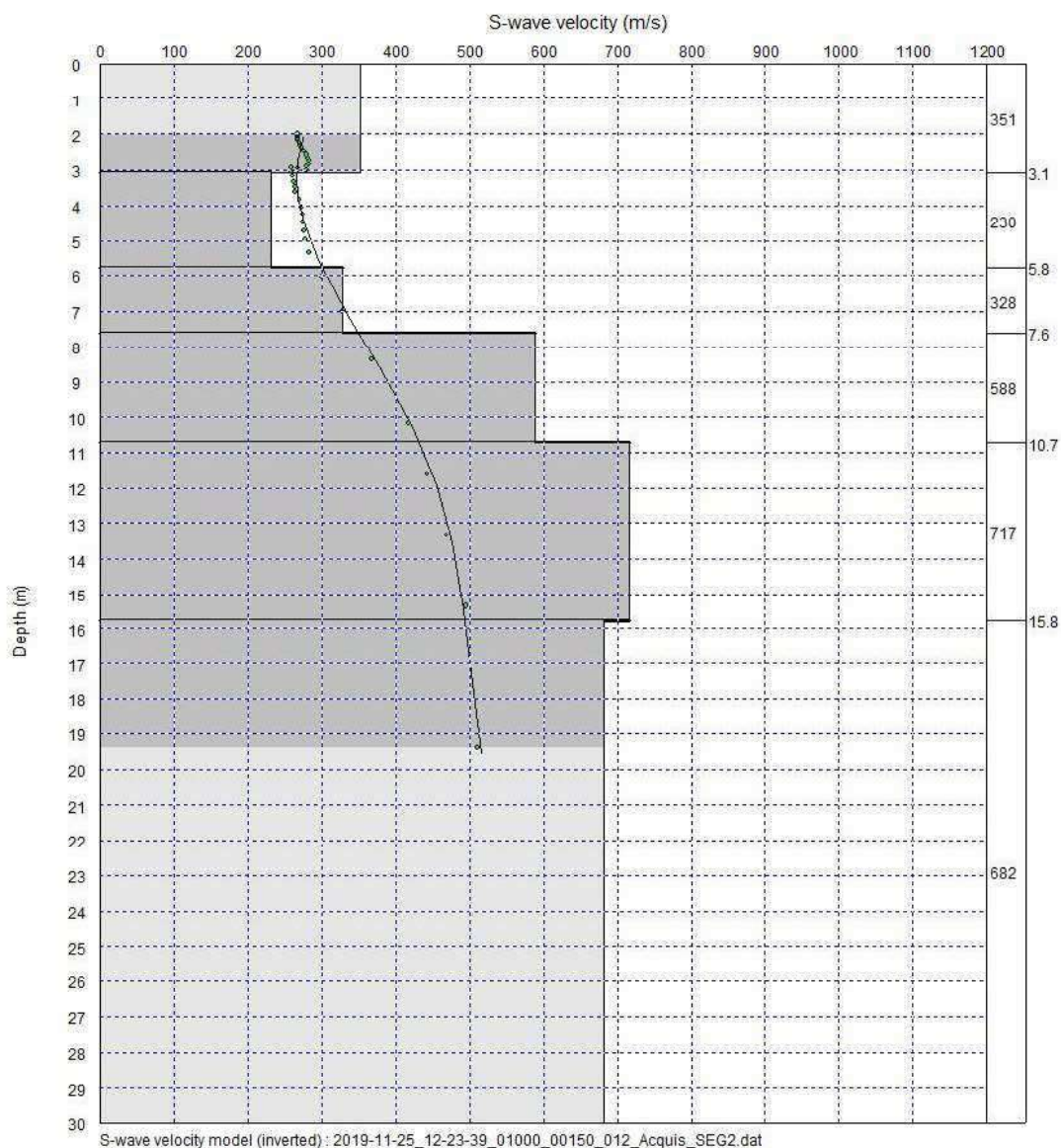




STUDIO TECNICO ASSOCIATO BIERREVI

di **BONARIA** Dott. Geol. Vittorio, **FORNAROLI** Dott. Geol. Matteo, **REPETTO** Dott. Geom. Giovanni
Via San Siro 2/2b - 6124 GENOVA Tel/Fax. 0102463472 e-mail: info@bierrevis.it

PROFILO Vs/z



SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

REALIZZATI NELL'ANNO 2003

DALLO STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI

SONDAGGIO GEOGNOSTICO N° 6

DATA: 28-5-2003

Dis.n°:505776S

Località: GENOVA

Inizio sondaggio m. 10.1

Fine sondaggio m. 22.6

Profondità m	Litologia	Rock Kg/cm²	V Kg/cm²	S.P.T. n° colpi x 15 cm	H ₂ O m	Rilevamenti
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10	INIZIO SONDAGGIO					
11	Sabbia fine ghiaiosa (ghiaia media) debolmente limosa, debolmente ciottolosa - colore: grigio chiaro/marrone.					
12	Sabbia media ghiaiosa (ghiaia media) - colore: grigio chiaro. Presenza di rari frammenti di calcare marnoso e numerose scorie ferrose.			5 6 8		
13				4 4 6		
14	13.5 Frammenti di argilloscisto sabbiosi (sabbia fine) ghiaiosi (ghiaia media sub-angolosa) - colore: grigio scuro.					
15	14.3 Frammenti di calcare marnoso e argilloscisto sabbiosi (sabbia media) debolmente limosi. Colore: marrone chiaro/grigio/azzurro. Presenza di frammenti di mattoni.			3 5 7		
16				3 4 3		
17						
18	17.6 Frammenti di argilloscisto sabbiosi (sabbia fine) ghiaiosi (ghiaia media sub-angolosa) debolmente limosi - colore: grigio chiaro.			2 4 5		
19						
20	Frammenti di argilloscisto sabbiosi (sabbia fine) debolmente ghiaiosi (ghiaia media sub-angolosa) - colore: grigio scuro.			6 7 9		
21				8 10 12		
22				6 4 7		
23	22.6					
24	N.B. Durante la perforazione non è stata rilevata la presenza di acqua. ● SPT con punta conica 60°.					
25						
26						

SONDAGGIO GEOGNOSTICO N° 5

DATA: 27-5-2003

Dis.n°:505775S

Località : GENOVA

Inizio sondaggio m. 0.0

Fine sondaggio m. 3.0

Carotaggio %	R.Q.D. modificato %	C amp l i o n i = Rim	Ind Semi ind = Rim	Prof in m	Litologia	P o c k e t Kg/ cm ³	V a n e s s i Kg/ cm ³	S P T n° colpi x 15 cm	H ₂ O m	Piezometria a s u b m
45	85	5	45	85	Inizio sondaggio m. +102.60 s.l.m.					
				1	Frammenti di argilloscisto con venette di calcite - colore: grigio scuro/azzurro.					
				1.2	Argilloscisto - colore: grigio/azzurro.					
				2						
				2.4	Frammenti di argilloscisto - colore: grigio/azzurro.					
				3.0						
				3						
				4	<div> <p>N.B.- Durante la perforazione non è stata rilevata la presenza di acqua. Il sondaggio è stato eseguito inclinato di 45° dall'orizzontale.</p> </div>					
				5						
				6						
				7						
				8						
				9						
				10						
				11						
				12						
				13						
				14						
				15						
				16						
				17						
				18						
				19						
				20						
				21						

SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO
REALIZZATI DALL'IMPRESA M3D
A SUPPORTO DEL PROGETTO DEFINITIVO


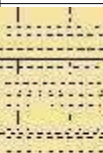
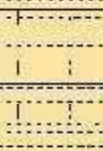
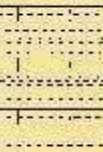
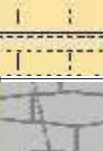

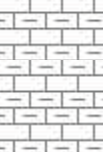


Committente Comune di Genova	Profondità raggiunta 20 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1	Inizio/Fine Esecuzione 5/6-05-2020	
Responsabile	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mb)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove
1		Material di sottofondo del campo	1.20		13-22-Rif									
		Materiale di riporto	1.60		1.50 PC									
		Calcestruzzo	2.10											
2		Materiale di riporto (scarti di fonderia)	3.00		15-7-6									
3		Materiale di riporto ghiaioso sabbioso con blocco di cls tra -3.9 m e -4.1 m, monogenico dopo tale profondità			3.00 PC									
4		Vuoto	5.00											
5		Materiale di riporto monogenico	6.00											
		Blocchi calcareo marnosi	6.80											
7		Calcestruzzo	7.50											
		Vuoto	8.00											
8		Materiale di riporto ghiaioso sabbioso	8.70		4-4-4									
9		Materiale di riporto ghiaioso sabbioso			9.00 PC									
10		Materiale di riporto ghiaioso sabbioso			14-11-9									
		Materiale di riporto ghiaioso sabbioso			10.50 PC									
11		Materiale di riporto ghiaioso sabbioso			11-9-8									
12		Materiale di riporto ghiaioso sabbioso			12.24 PC									
13		Materiale di riporto ghiaioso sabbioso	13.50		25-5 cm Rif									
		Blocco calcareo marnoso	13.80		13.50 PC									
14		Vuoto												
		Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)	15.00		7-10-13									
15		Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)			15.00 PC									
16		Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)			7-25-30 5 cm Rif									
		Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)			16.50 PC									
17		Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)												
18		Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)												
19		Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)												
20		Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)	20.00											



Committente Comune di Genova	Profondità raggiunta 15 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1	Inizio/Fine Esecuzione 7-05-2020	
Responsabile	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mb)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove
1		Sondaggio a distruzione di nucleo	10.00											
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10		Materiale di riporto con clasti marnosi e sporadici ciottoli granitici, debolmente sabbioso	12.50											
11														
12		Coltre di natura eluviale	13.50											
13														
14		Roccia fortemente altreata (Formazione di Ronco)	15.00											
15														
16														
17														
18														
19														
20														

Committente Comune di Genova	Profondità raggiunta 8 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1	Inizio/Fine Esecuzione 8-05-2020	
Responsabile	Sondaggio S3	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mb)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici		S.P.T.	Pocket Test kg/cm ²	Vane Test kg/cm ²	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove
1		Materiale di riporto con sabbie sabbie e ghiaie e materiali bitummonosi di colre nero e aspetto oleoso	1.00												
2		Materiale sciolto di copertura misto a materiali di riporto. Locale presenza di ciottoli arrotondati e presenza di frazione limosa.				2-2-2									
3						1.50 PC									
4						5-7-8									
5		Roccia fortemente alterata (Formazione di Ronco)	4.50			3.00 PC									
6		Substrato roccioso in buone condizioni (Formazione di Ronco)	5.50			7-10-12									
7						4.50 PC									
8			8.00												
9															

Committente Comune di Genova	Profondità raggiunta 6.6 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1	Inizio/Fine Esecuzione 8-05-2020	
Responsabile	Sondaggio S4	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici		S.P.T.	Pocket Test kg/cm ^q	Vane Test kg/cm ^q	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove
1		Materiale di riporto misto ad asfalto	1.50	<div>% RQD=80</div>		2-3-4									
2		Materiale sciolto di copertura misto a riporti con ciottoli da spigolosi ad arrotondati e frazione fine limosa				1.50 PC									
3						6-10-10									
4			4.00			3.00 PC									
5		Substrato roccioso in buone condizioni (Formazione di Ronco)	6.60												
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 45 MPa
 GSI = 37 $m_i = 6$ Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

$m_b = 0.067$ $s = 2.75e-5$ $a = 0.514$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.048 MPa friction angle = 39.53 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.019 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.204 MPa
 global strength = 1.410 MPa
 modulus of deformation = 1587.00 MPa

