



**Comune di Genova**  
**Direzione Infrastrutture e Difesa del Suolo**  
**Attuazione Opere Idrauliche**

**COMUNE DI GENOVA**  
**CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA**

**DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI PASSERELLA PEDONALE**  
**SUL TORRENTE STURLA, SITA IN VIA DEL BORGO**  
**16132 GENOVA**  
**(CUP: B31B21000060004 - CIG: ZCB3306F50 - MOGE: 20670)**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**D026\_R06**

**COMMITTENTE**

**Spett.le Comune di Genova**

**Via Garibaldi 9 - 16124 Genova (GE) - C.F. 00856930102**

**Responsabile Unico del Procedimento R.U.P. Ing. Giuseppe Vestrelli**

**PROGETTISTA**

**Ing. Marco Pedemonte**

**Via Bolzaneto 62/4 - 16162 Genova (GE) - C.F. PDMMRC78L02D969B**

**Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova n. 8488A**

**GEOLOGO**

**Geol. Michele Malfatti**

**Vico Sinope 19R - 16155 Genova (GE) - C.F. MLFMHL74D09D969A**

**Ordine Regionale dei Geologi della Liguria n. 479**



**Studio Associato di Geologia**

**COMUNE DI GENOVA**  
**Città Metropolitana di Genova**

**RELAZIONE GEOLOGICA IN ZONA SOTTOPOSTA A  
VINCOLO IDROGEOLOGICO INERENTE  
ALL'INTERVENTO DI DEMOLIZIONE E  
RICOSTRUZIONE DI UNA PASSERELLA PEDONALE  
SUL TORRENTE STURLA IN CORRISPONDENZA DI VIA  
DEL BORGO, NEL COMUNE DI GENOVA (GE)**

**Richiedente: Comune di Genova**

**Progettista: Ing. Marco PEDEMONTE**



## **INDICE**

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>1</b>
<b>1 PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2 METODOLOGIA SEGUITA PER L'ESECUZIONE DELL'INDAGINE .....</b>	<b>3</b>
<b>3 CARATTERISTICHE DELLA ZONA OGGETTO DI INDAGINE .....</b>	<b>4</b>
<b>4 PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ DELL'OPERA.....</b>	<b>9</b>
<b>5 INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</b>	<b>14</b>
<b>6 PARAMETRI GEOTECNICI/GEOMECCANICI .....</b>	<b>23</b>
<b>7 ZONAZIONE SISMICA .....</b>	<b>24</b>
<b>8 FATTORI DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>27</b>
<b>9 CONCLUSIONI.....</b>	<b>29</b>
<b>ELENCO ALLEGATI .....</b>	<b>32</b>



## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

➤ **Decreto Ministeriale 17.01.2018**

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

➤ **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Circolare 21.01.2019 n. 7**

Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al Decreto Ministeriale 17.01.2018

➤ **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007**

Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale

➤ **Eurocodice 8 (1998)**

**Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture**

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici (2003)

➤ **Eurocodice 7.1 (1997)**

Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI

➤ **O.P.C.M. 3274/03 e D.G.R. 216/17**

Zonazione sismica - Aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Liguria

➤ **Piano di Bacino Ambito 14** (Approvato con D.C.P. n. 66 del 12/12/2002 e s.m.i; ultima variante approvata con D.D.G. n. 2461 del 22/04/2020 entrata in vigore il 13/05/2020)

➤ **R.R. n. 3 del 14/07/2011 e s.m.i.**

Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua

➤ **R.D. 3267/23 e L.R. 4/99**

Vincolo idrogeologico

➤ **D.P.R. 380/2001**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia



## **1 PREMESSA**

La presente relazione è stata richiesta allo scrivente dal Comune di Genova, in merito al progetto, a firma dell'Ing. Marco Pedemonte, relativo all'intervento di demolizione e ricostruzione di una passerella pedonale sul Torrente Sturla in corrispondenza in Via del Borgo.



**Fotografia n. 1 – Area di intervento.**

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova passerella pedonale ubicata a circa 60 metri in direzione N da quella attualmente esistente che sarà demolita.

Si precisa, come riportato in seguito, che il progetto in analisi costituisce una modifica a quello inizialmente presentato a febbraio 2022 che prevedeva la realizzazione dei medesimi interventi ma con una distanza tra la nuova passerella e quella esistente pari a circa 100 metri.



Sulla base di quanto indicato dal D.M. 17.01.2018, l'opera in oggetto, riconducibile a “*costruzioni in cui si preveda affollamenti significativi*”, può essere inserita in Classe d'Uso III, come riportato in seguito.

Questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte, è finalizzata alla costruzione del modello geologico, teso a individuare le possibili criticità e il contesto geomorfologico nel quale l'intervento si inserisce.

## **2 METODOLOGIA SEGUITA PER L'ESECUZIONE DELL'INDAGINE**

L'indagine è stata eseguita mediante un accurato rilevamento di superficie, opportunamente esteso alle zone limitrofe al sito sede dell'intervento, mirante alla valutazione dell'assetto geomorfologico e idrologico del complesso, della potenza e delle caratteristiche idrogeologiche e geotecniche delle coperture e alla determinazione dei litotipi costituenti il substrato roccioso.

Nel corso del 2021, in corrispondenza del sedime inizialmente selezionato per gli interventi in progetto, sono state realizzate le seguenti indagini (“*Fase 1*”):

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo;
- n. 2 prove sismiche HVSR, con analisi dei microtremori ambientali, mediante tromografo digitale ad altissima sensibilità.

A seguito della modifica progettuale sopra citata, nel corso del 2022, in corrispondenza delle aree in cui verranno realizzate le spalle della nuova passerella pedonale, sono state condotte le seguenti indagini (“*Fase 2*”):



- n. 1 prova penetrometrica dinamica media;
- n. 2 prove sismiche HVSR, con analisi dei microtremori ambientali, mediante tomografo digitale ad altissima sensibilità.

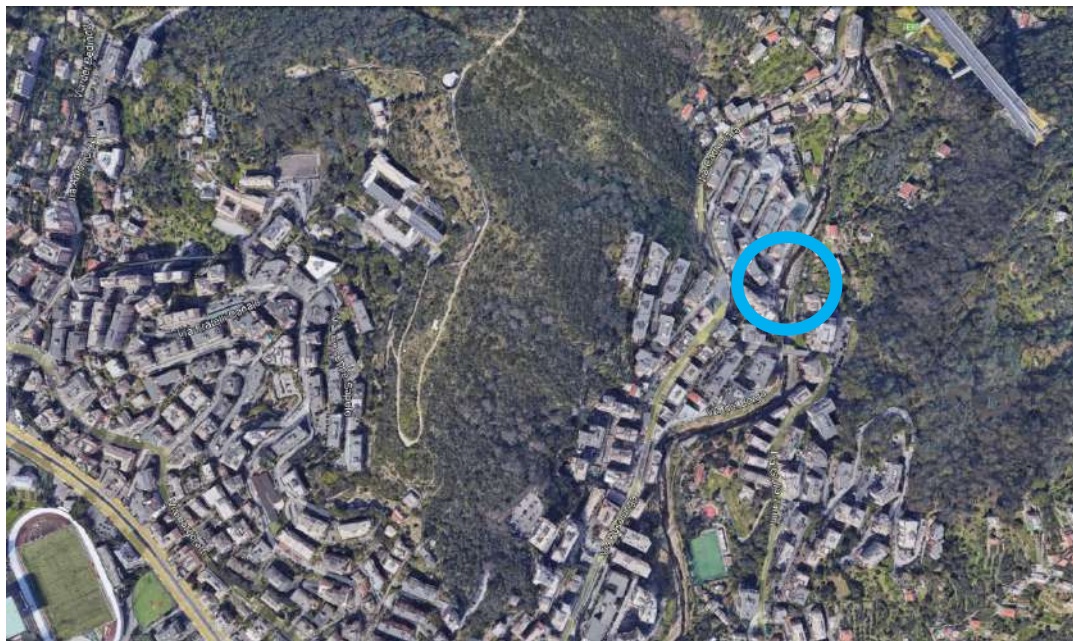
Sulla base delle conoscenze acquisite con le indagini e i sopralluoghi effettuati, delle precedenti esperienze professionali maturate in aree con caratteristiche analoghe e dei dati desunti dalla bibliografia corrente, è stato possibile acquisire tutti gli elementi necessari per fornire le risposte ai sensi della normativa vigente, come di seguito riportato.

Si specifica che gli accertamenti geognostici eseguiti, per quanto constatato e riportato nel seguito della relazione, sono da ritenersi, a parere dello scrivente, esaustivi per rispondere alle necessità del progetto.

### **3 CARATTERISTICHE DELLA ZONA OGGETTO DI INDAGINE**

#### **3.1 Inquadramento geografico**

Il sito oggetto dell'intervento, ubicato a una quota pari circa 30 metri s.l.m., si può raggiungere dalla stazione ferroviaria di Genova Sturla, percorrendo, in direzione N, Via Isonzo e Via Posalunga per circa 1500 metri e proseguendo, imboccando a destra, su Via Evangelista Torricelli fino a raggiungere l'alveo del Torrente Sturla.



**Stralcio immagine satellitare dell'area di intervento (fuori scala).**

### **3.2 Inquadramento geologico**

Dal punto di vista geologico l'area interessata dal progetto è caratterizzata da un substrato roccioso, visibile nell'intorno in alcuni spaccati, così cartografato:

- secondo la Carta Geologica d'Italia, Foglio 83 - Rapallo, come *Calcari del Monte Antola (C<sup>7</sup><sub>A</sub>)*;
- secondo la Carta geologica d'Italia dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale/Progetto CARG), Foglio 213/Genova, come *Formazione del Monte Antola (FAN)*;
- secondo la Carta geolitologica allegata al Piano di Bacino Ambito 14, come *Depositi alluvionali - Mobili attuali (am) su Calcari marnosi – Calcari della Formazione del Monte Antola (cm-FAN)* che, in sponda destra, risultano sottostanti a *Depositi alluvionali – Terrazzati recenti (ar)*.





**Stralcio Carta geolitologica PdB Ambito 14 (fuori scala).**

Il substrato roccioso sano è rappresentato da torbiditi calcareo-marnose, talvolta siltose, in strati di spessore fino a metrico di calcareniti, marne e marne calcaree, alternate ad argilliti emipelagiche in strati centimetrici. Nel sito di interesse il litotipo risulta per lo più mascherato dalla coltre superficiale e dai depositi alluvionali, anche se appare visibile in sponda sinistra del Torrente Sturla, poco a monte dell'area in cui verrà realizzata la spalla della nuova passerella pedonale.

### **3.3 Inquadramento geomorfologico**

Dal punto di vista geomorfologico l'area interessata dal progetto in esame è ubicata in corrispondenza del Torrente Sturla, a una distanza in "linea d'aria" dalla sua foce pari a circa 2 km.



Alla luce della sua collocazione l'area di intervento risulta caratterizzata da pendenze estremamente basse comprese tra lo 0 e il 10%, ascrivibili alla Classe 1 della Carta dell'acclività dei versanti allegata al Piano di Bacino Ambito 14. Le aree limitrofe, sia in sponda destra sia in sponda sinistra, risultano urbanizzate e caratterizzate, esclusivamente in sponda sinistra, dalla presenza di limitate porzioni coltivate alternate a spazi prativi con pendenze variabili comprese tra lo 0 e il 50%, ascrivibili alle classi 1, 2, 3 e 4 della sopra citata cartografia.

La situazione del comparto appare complessivamente integra e non sono stati individuati fenomeni di dissesto degni di nota, né per quanto concerne i manufatti esistenti nell'intorno né in riferimento al contesto naturale.

Secondo la Carta geomorfologica allegata al Piano di Bacino Ambito 14, il comparto in studio è caratterizzato dalla presenza di *depositi alluvionali mobili attuali*, mentre l'area in sponda sinistra è costituita da rocce affioranti e subaffioranti con coperture detritiche discontinue fino a 1 metro di spessore *in buone condizioni di conservazione e con strutture indifferenti rispetto al pendio (R)* e l'area in sponda destra da *depositi alluvionali terrazzati recenti*.

### **3.4 Inquadramento idrogeologico**

I terreni naturali indagati nell'ambito delle prove di campo effettuate danno risposte diverse alla circolazione idrica dovuta a precipitazioni:

- i materiali sciolti di copertura sono dotati di una permeabilità per porosità (permeabilità primaria), media nello strato superficiale, progressivamente decrescente con la profondità, in funzione della frazione argillosa in essi presente;



- l'ammasso roccioso è caratterizzato da una permeabilità media, concentrata sostanzialmente lungo i sistemi di fratturazione (permeabilità secondaria).

Per quanto precedentemente indicato, in accordo con quanto riportato nella Carta idrogeologica allegata al Piano di Bacino Ambito 14, l'area in studio risulta costituita da *Terreni permeabili per porosità (pp)* in sponda destra e da *Terreni permeabili per fessurazione e/o fratturazione (pf)* con *urbanizzato continuo impermeabile con substrato relativo*.

### **3.5 Inquadramento idrologico**

L'area di interesse si trova, come già detto nel *Paragrafo 3.3*, in corrispondenza del Torrente Sturla, classificato, secondo la gerarchizzazione del reticolo idrografico proposta da Horton-Strahler, di ordine 5, a una distanza in "linea d'aria" dalla sua foce pari a circa 2 km.

Secondo la Carta del reticolo idrografico allegata al Piano di Bacino Ambito 14, oltre all'asta principale, i corsi d'acqua più vicini all'area di intervento sono rappresentati da un impluvio di ordine 1 ubicato in sponda sinistra e da due impluvi di ordine 1 confluenti in un breve impluvio di ordine 2 in sponda destra, posti rispettivamente nelle immediate vicinanze verso SO e circa 70 metri verso NE in relazione alla passerella in progetto.

I lavori in progetto, finalizzati alla realizzazione di una passerella pedonale, sono ovviamente consentiti all'interno delle fasce di inedificabilità e di rispetto definite dal Regolamento Regionale n. 3 del 14/07/2011 e s.m.i. e dalle Norme di Attuazione del Piano di Bacino. Inoltre, in ragione della tipologia dell'intervento, non è necessario definire il "Rapporto di Permeabilità", come altrimenti richiesto dall'Art. 14, c. 3 delle Norme Generali del PUC di Genova.



#### **4 PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ DELL'OPERA**

Rimandando per una dettagliata trattazione agli elaborati scritti e grafici del Progettista incaricato, il nuovo progetto prevede, come già detto, la demolizione e la ricostruzione nelle immediate vicinanze verso monte della passerella pedonale sul Torrente Sturla, in Via del Borgo, nel quartiere di Genova Sturla.

In analogia con quanto previsto dal primo progetto presentato, la nuova passerella sarà realizzata con una struttura reticolare in acciaio zincato e impalcato grigliato in acciaio Corten, mentre le spalle saranno costruite in calcestruzzo armato, con fondazioni profonde costituite da n. 7 micropali per ciascuno dei due appoggi.

Per la definizione della pericolosità e della fattibilità si è fatto riferimento:

- alla cartografia allegata al Piano di Bacino Ambito 14, che inserisce l'area d'interesse in zona a rischio geologico *lieve o trascurabile (R0)*, con suscettività al dissesto *molto bassa (Pg0)*, mentre gli sbarchi della passerella in progetto si collocano, quantomeno parzialmente, in *fascia fluviale C* in zona a rischio idraulico *medio (Ri2)*;



**Stralcio Carta del rischio geologico PdB Ambito 14 (fuori scala).**



**Stralcio Carta della suscettività al dissesto PdB Ambito 14 (fuori scala).**



**Alveo:**



**a cielo aperto**



**Fascia C**

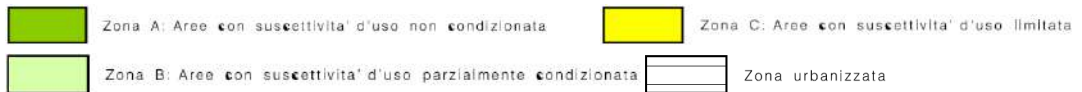
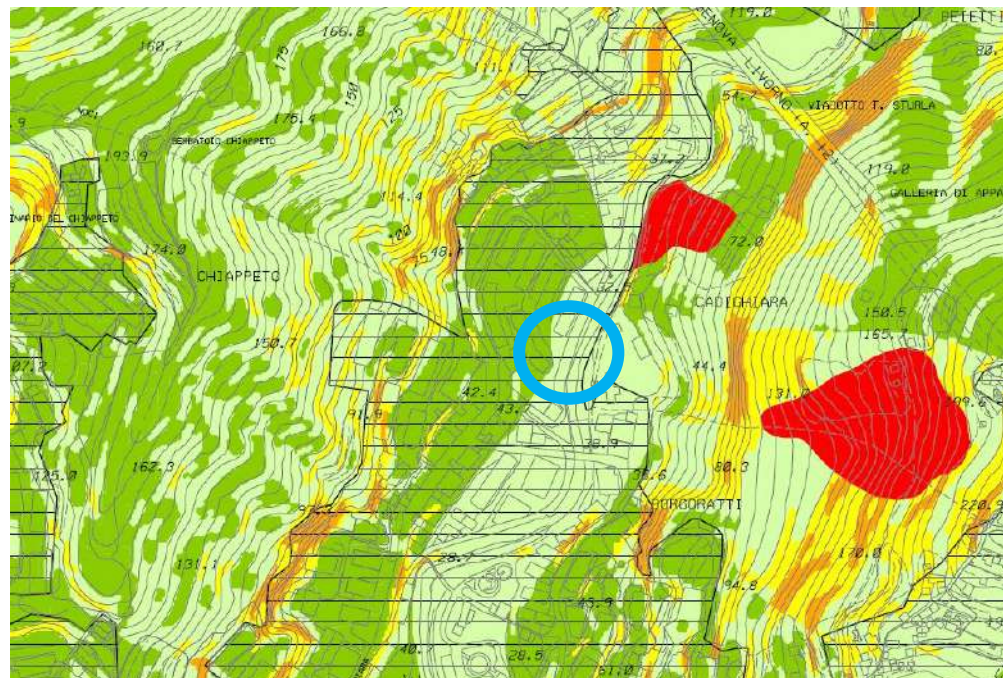
**Stralcio Carta delle fasce di inondabilità PdB Ambito 14 (fuori scala).**



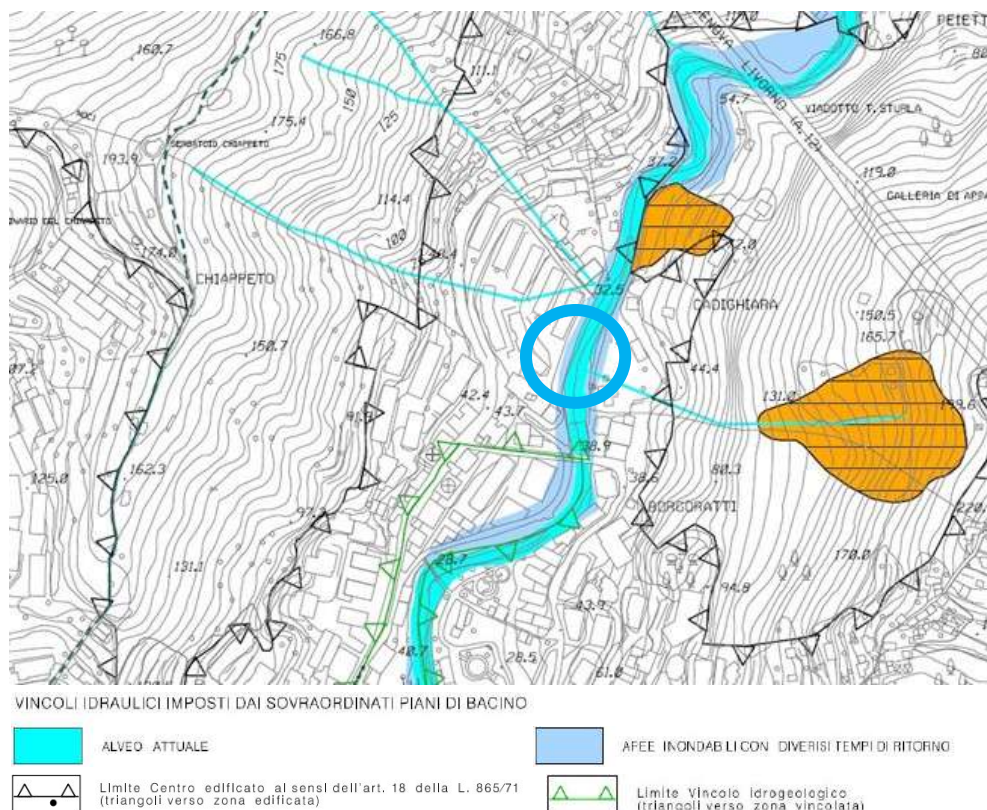
**Ri2 - RISCHIO MEDIO**

**Stralcio Carta del rischio idraulico PdB Ambito 14 (fuori scala).**

- alla cartografia a corredo del PUC di Genova, secondo cui l'area dell'intervento ricade in *Zona B – Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata* in prossimità, in sponda destra del Torrente Sturla, di una *Zona C – Aree con suscettività d'uso limitata* in vincolo idrogeologico e all'interno del *centro edificato*, mentre gli sbarchi della passerella in progetto si collocano, quantomeno parzialmente, in *aree inondabili con diversi tempi di ritorno*.



**Stralcio della Carta della zonizzazione geologica e suscettività d'uso del territorio PUC Genova (fuori scala).**



**Stralcio della Carta dei vincoli geomorfologici e idraulici PUC Genova (fuori scala).**

Per quanto sopra rappresentato, l'intervento di demolizione e ricostruzione con delocalizzazione a monte della passerella pedonale in progetto risulta fattibile nel rispetto delle normative vigenti.

La presente indagine è tesa, in ogni caso, a individuare le criticità e il contesto geomorfologico nel quale le nuove opere s'inseriranno e a valutare, sotto il profilo geologico e idrogeologico, le caratteristiche dell'area in epigrafe.

Tutto ciò al fine di fornire al Progettista incaricato gli strumenti necessari a indirizzare correttamente le scelte tecniche da mettere in opera per poter escludere, in definitiva, problemi riguardo la pericolosità sia geologica sia idraulica.





## 5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nella definizione del piano delle indagini in sito ritenute necessarie sono state prese in considerazione le caratteristiche sia dell'area di interesse sia dell'opera in progetto.

Come indicato al *Capitolo 2*, il piano di indagine ha previsto due fasi di realizzazione:

- la prima “Fase 1”, condotta nel corso del 2021 in corrispondenza dell'area inizialmente identificata per la realizzazione della nuova passerella e ubicata a circa 100 metri verso N dalla passerella esistente;
- la seconda “Fase 2”, condotta nel corso del 2022 in corrispondenza della nuova area di realizzazione della passerella, ubicata, come indicato nel nuovo progetto, a soli 60 metri circa verso N dalla passerella esistente.



Aree di indagine “Fase 1” e “Fase 2” (fuori scala).

## **5.1 Indagini “Fase 1” – 2021**

### **5.1.1 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo**

Per caratterizzare adeguatamente il sedime d'intervento è stato realizzato, in corrispondenza della sponda destra del Torrente Sturla in prossimità del sedime d'imposta della spalla della passerella pedonale nella prima ipotesi progettuale, n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo denominato S1 e posizionato come indicato sulla Planimetria in scala 1:250 (*allegato 1*). In particolare, il sondaggio è stato eseguito mediante la tecnica di perforazione a carotaggio continuo, utilizzando un carotiere con Ø pari a 131 mm e tubazioni di rivestimento delle pareti con Ø pari a 152 mm, sino a 6.50 metri di profondità e raggiungendo poi la profondità di 10.50 metri da piano campagna (p.c.) con perforazione a distruzione.

Il materiale estruso, posizionato all'interno delle apposite cassette catalogatrici, è stato analizzato al fine di ricostruire la successione stratigrafica di dettaglio dell'area (cfr. Stratigrafia sondaggio geognostico S1 – Fase 1 - *allegato 2*), schematizzata come segue:

- materiali di riporto (costituiti da asfalto, sottofondo stradale e limo sabbioso ghiaioso): da piano campagna fino a circa 1.90 metri di profondità;
- depositi alluvionali (costituiti da ghiaia e ciottoli in matrice limosa): da una profondità pari a circa 1.90 metri sino a circa 4.00 metri da p.c.;
- substrato roccioso disarticolato: da una profondità pari a circa 4.00 metri sino a circa 4.80 metri da p.c.;
- substrato roccioso fratturato: al di sotto di una profondità pari a circa 4.80 metri di p.c..



**Fotografia n. 2 - Ubicazione del sondaggio geognostico "S1".**

### 5.1.2 Tromografie digitali (prove sismiche HVSR)

A integrazione del sondaggio geognostico sono state eseguite anche due prove sismiche con analisi dei microtremori ambientali mediante tromografo digitale ad altissima sensibilità, denominate T1 e T2, ubicate rispettivamente in sponda sinistra e in sponda destra del Torrente Sturla, come indicato sulla Planimetria in scala 1:250 in *allegato 1*.

In estrema sintesi la tecnica H/V mette in relazione le variazioni del rapporto (alle varie frequenze) tra la componente orizzontale e verticale dei microtremori ambientali, con le variazioni litostratigrafiche che si incontrano nel sottosuolo e fornisce così un'indicazione in merito al di sotto del punto di misura. Laddove il rapporto H/V evidenzia un picco si ha una variazione di litologia, anche se più correttamente si tratta di una variazione delle proprietà



meccaniche dei mezzi attraversati, di solito associata a una variazione litologica; nella maggior parte dei casi le due cose coincidono ma potrebbe anche trattarsi di un puro addensamento del materiale, che è tanto più marcato quanto più grande è il picco in questione. Il passo ulteriore è mettere in relazione la frequenza a cui avviene questo passaggio con la sua profondità (inversione), operazione questa usualmente eseguita o tramite punti di taratura noti nelle vicinanze del sito di indagine o tramite algoritmi di calcolo sviluppati utilizzando le Vs medie conosciute per i singoli livelli individuati.

Il tromino T1, eseguito in sponda sinistra in corrispondenza di un affioramento roccioso (cfr. Planimetria in scala 1:250 - *allegato 1*), presenta ovviamente un andamento del rapporto spettrale H/V piuttosto piatto, ma è tuttavia individuabile un settore di passaggio in corrispondenza del picco identificato a circa 50 hz. La stratigrafia tipo è stata pertanto correlata a un modello a due orizzonti (cfr. Elaborati prove sismiche HVSR – Fase 1 - *allegato 3*): il primo corrisponde a uno strato con spessore di circa 3.00 metri di roccia più fratturata con Vs = 605 m/s, mentre il secondo presenta una velocità tipica di una roccia più compatta caratterizzata da Vs = 1147 m/s.

Per quanto riguarda le velocità delle onde s è stato desunto il seguente modello sismo stratigrafico:

Terreno	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
Roccia fratturata	3.00	3.00	605
Roccia compatta	inf.	inf.	1147

**La Vs,eq è > 800 m/s, quindi si tratta di un terreno di categoria A.**

Per quanto concerne invece il tromino T2, eseguito in sponda destra (cfr. Planimetria in scala 1:250 - *allegato 1*), la prova evidenzia un netto settore di



passaggio in corrispondenza del picco identificato a circa 21 Hz. Anche in questo caso la stratigrafia tipo è pertanto correlata a un modello a due orizzonti (cfr. Elaborati prove sismiche HVSR – Fase 1 - *allegato 3*): il primo corrisponde a uno strato con spessore di circa 4.10 metri di materiali sciolti di copertura (riporti e depositi alluvionali) con  $V_s = 342$  m/s, mentre il secondo orizzonte presenta una velocità tipica di una roccia fratturata caratterizzata da  $V_s = 772$  m/s.

Per quanto riguarda le velocità delle onde s è stato desunto il seguente modello sismo stratigrafico:

Terreno	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/s]
Materiali sciolti di copertura e depositi alluvionali	4.10	4.10	342
Roccia fratturata	inf.	inf.	772

**La  $V_{s,eq}$  è pari a 659 m/s, quindi si tratta di un terreno di categoria B.**



**Fotografia n. 3 - Prova sismica HVSR (tromino) T1.**



**Fotografia n. 4 - Prova sismica HVSR (tromino) T2.**

## **5.2 Indagini “Fase 2” – 2022**

### **5.2.1 Prova penetrometrica dinamica media**

Per caratterizzare il sedime d'intervento è stata eseguita n. 1 prova penetrometrica dinamica media identificata PPD1 e ubicata come riportato nella Planimetria in scala 1:250 che costituisce l'*allegato 1* al presente documento. I dettagli della prova e l'elaborazione dei risultati sono riportati in *allegato 4* (cfr. tabella valori di resistenza, grafico Ndp/profondità, grafico Rpd/profondità, grafico  $Q_{amm}$ /profondità, ecc.). In sintesi, la prova PPD1 ha dato rifiuto all'infissione a una profondità di 2.50 metri dal p.c., incontrando, verosimilmente, un livello troppo potente e/o competente per essere attraversato all'interno del substrato roccioso fratturato.



**Fotografia n. 5 - Prova penetrometrica dinamica media PPD1.**

Le aste, durante le fasi di estrazione, sono risultate completamente asciutte, non evidenziando la presenza di circolazione idrica nel sottosuolo alle profondità raggiunte.

#### 5.2.2 Tromografie digitali (prove sismiche HVSR)

A integrazione della prova penetrometrica sono state eseguite anche due prove sismiche con analisi dei microtremori ambientali mediante tromografo digitale ad altissima sensibilità, denominate T3 e T4, ubicate come indicato sulla Planimetria in scala 1:250 in *allegato 1*.

Il tromino T3, eseguito in sponda destra del Torrente Sturla a circa 40 metri in direzione N dal piazzale della Scuola Secondaria di primo grado Rinaldo Enrico (cfr. Planimetria in scala 1:250 - *allegato 1*), evidenzia un settore di passaggio in corrispondenza del picco identificato a circa 18 hz. La

stratigrafia tipo è pertanto correlata a un modello a due orizzonti (cfr. Elaborati prove sismiche HVSR – Fase 2 - *allegato 5*): il primo corrisponde a uno strato con spessore di circa 3.90 metri di materiali sciolti di copertura (riporti e depositi alluvionali) con  $V_s = 285$  m/s, mentre il secondo orizzonte presenta una velocità tipica di una roccia fratturata ( $V_s = 552$  m/s). Per quanto riguarda le velocità delle onde s è stato desunto il seguente modello sismo stratigrafico:

Terreno	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/s]
Materiali sciolti di copertura	3.90	3.90	285
Roccia fratturata	inf.	inf.	552

**La  $V_{s,eq}$  è 492 m/s, quindi si tratta di un terreno di categoria B.**

Per quanto concerne invece il tromino T4, eseguito in sponda sinistra del Torrente Sturla in corrispondenza degli orti esistenti (cfr. Planimetria in scala 1:250 - *allegato 1*), la prova evidenzia la presenza di un segnale fortemente disturbato. Tuttavia, correlando i dati ottenuti con quelli registrati nel corso di indagini pregresse, è possibile individuare un settore di passaggio in corrispondenza del picco identificato a circa 20 hz. Anche in questo caso la stratigrafia tipo è pertanto correlata a un modello a due orizzonti (cfr. Elaborati prove sismiche HVSR – Fase 2 - *allegato 5*): il primo corrisponde a uno strato con spessore di circa 2.50 metri di materiali sciolti di copertura (riporti e depositi alluvionali) con  $V_s = 207$  m/s, mentre il secondo mostra una velocità tipica della roccia fratturata ( $V_s = 525$  m/s).

Per quanto riguarda le velocità delle onde s è stato desunto il seguente modello sismo stratigrafico:

Terreno	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/s]
Materiali sciolti di copertura	2.50	2.50	207
Roccia fratturata	inf.	inf.	525

**La  $V_{s,eq}$  è pari a 465 m/s, quindi si tratta di un terreno di categoria B.**





**Fotografia n. 6 - Prova sismica HVSR (tromino) T3.**



**Fotografia n. 7 - Prova sismica HVSR (tromino) T4.**



### **5.3 Analisi e sintesi stratigrafica dei risultati delle indagini geognostiche**

Elaborando e interpolando i risultati ottenuti tramite le suddette indagini geognostiche e le osservazioni di campagna, si può verosimilmente ritenere che il sedime su cui verrà realizzato l'intervento previsto sia costituito come di seguito riportato:

#### **Sponda destra**

- materiali sciolti di copertura: da piano campagna (p.c.) fino a una profondità pari a circa 4.00 metri;
- substrato roccioso disarticolato e/o fratturato: al di sotto di una profondità pari a circa 4.00 metri da p.c..

#### **Sponda sinistra**

- materiali sciolti di copertura: da piano campagna (p.c.) fino a una profondità compresa tra circa 2.10 e 2.50 metri;
- substrato roccioso fratturato: al di sotto di una profondità pari a circa 2.10-2.50 metri da p.c..

Quanto sopra descritto ha consentito la definizione grafica della stratigrafia dell'area in esame con l'elaborazione della Sezione geologica interpretativa 16.5-16.5 in scala 1:250 (*allegato 6*).

## **6 PARAMETRI GEOTECNICI/GEOMECCANICI**

I risultati delle indagini eseguite in situ in corrispondenza delle aree interessate dal progetto, nonché le analisi di laboratorio effettuate su materiali analoghi a quelli in oggetto, hanno permesso di ricavare i seguenti parametri caratteristici:



### **6.1 Materiali sciolti**

- **Peso di volume**  $(\gamma)$ : 18-19 kN/m<sup>3</sup>
- **Angolo di attrito**  $(\phi')$ : 26-27°
- **Coesione drenata**  $(c')$ : 0 kPa
- **Coesione non drenata**  $(c_u)$ : 3-5 kPa

### **6.2 Substrato roccioso fratturato**

- **Peso di volume**  $(\gamma)$ : 23-24 kN/m<sup>3</sup>
- **Angolo di attrito**  $(\phi')$ : 28-29°
- **Coesione**  $(c)$ : 25-30 kPa

## **7 ZONAZIONE SISMICA**

Il Comune di Genova risulta inserito in classe sismica 3 (D.G.R. 216/17).

In base alle osservazioni in sito e alle risultanze delle indagini eseguite, con particolare riferimento alle tomografie digitali, si ritiene che il terreno in esame sia classificabile, nel suo complesso, di tipo B (*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*) e in categoria topografica T1 (N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

### **7.1 Parametri sismici**

Rimandando, per diretta competenza, alle valutazioni del Progettista strutturale incaricato, si forniscono di seguito, a titolo meramente indicativo, i seguenti parametri sismici:



Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame:

latitudine: 44,410611

longitudine: 8,990826

Classe: 3

Vita nominale: 50

Siti di riferimento:

Sito 1 ID: 16918 Lat: 44,3977 Lon: 8,9421 Distanza: 4126,610

Sito 2 ID: 16919 Lat: 44,4004 Lon: 9,0119 Distanza: 2024,244

Sito 3 ID: 16697 Lat: 44,4503 Lon: 9,0082 Distanza: 4627,854

Sito 4 ID: 16696 Lat: 44,4477 Lon: 8,9383 Distanza: 5863,808

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 45 [anni]

ag: 0,030 g

Fo: 2,528

Tc\*: 0,207 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %



Tr: 75 [anni]  
ag: 0,037 g  
Fo: 2,549  
Tc\*: 0,227 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 712 [anni]  
ag: 0,085 g  
Fo: 2,521  
Tc\*: 0,289 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 1462 [anni]  
ag: 0,110 g  
Fo: 2,504  
Tc\*: 0,295 [s]

Coefficienti Sismici:

SLO	SLD	SLV	SLC
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200
Cc: 1,510	Cc: 1,480	Cc: 1,410	Cc: 1,400
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,007	Kh: 0,009	Kh: 0,020	Kh: 0,032
Kv: 0,004	Kv: 0,004	Kv: 0,010	Kv: 0,016
Amax: 0,352	Amax: 0,431	Amax: 1,005	Amax: 1,299
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,240



## **8 FATTORI DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO**

Per quanto riguarda i fattori del vincolo idrogeologico sono stati riscontrati gli elementi di seguito riportati.

### **8.1 Regime delle acque**

La realizzazione delle opere, come sopra descritto, prevede la demolizione e la ricostruzione con delocalizzazione a monte della passerella pedonale sul Torrente Sturla.

Come si può chiaramente evincere dagli elaborati progettuali, la passerella esistente, costruita con struttura metallica e impalcato ligneo e una pila fondata nel letto del corso d'acqua, mostra gravi carenze in merito alle prestazioni idrauliche. L'opera presenta, infatti, un franco di sicurezza non adeguato rispetto alle condizioni di piena 200-ennale, mentre la scala di collegamento e il raccordo con la strada pubblica in sponda sinistra insistono all'interno dell'alveo attivo.

La nuova struttura, che verrà realizzata circa 60 metri a monte dell'attuale, sarà a campata unica, risultando priva di pile in alveo che determinerebbero una perturbazione del moto della corrente. L'impalcato è stato impostato con intradosso posto a una quota tale da rispettare la distanza di franco idraulico dal livello di piena 200-ennale e tale da contenere adeguatamente il carico cinetico.

Per quanto sopra sinteticamente rappresentato risulta evidente che questo fattore del vincolo subirà un sensibile miglioramento a seguito dell'esecuzione dei lavori in progetto.



## **8.2 Stabilità del versante e morfologia dei luoghi**

Il progetto in esame prevede, sostanzialmente, la realizzazione di n. 7 micropali di fondazione per ciascuna spalla della nuova passerella, con limitati sbancamenti che presenteranno un'altezza massima inferiore a 1 metro.

Pertanto, non si ritiene necessaria l'elaborazione di verifiche di stabilità per fronti di scavo aperti. Ciò nonostante, tenuta conto la necessità di salvaguardare la stabilità del contesto presente nell'intorno del sedime d'intervento, si raccomanda quanto segue:

- tenere in debita considerazione i parametri geotecnici/geomeccanici e la successione stratigrafica dei materiali riportati nella presente relazione;
- tenere in debita considerazione la caratterizzazione sismica dell'area analizzata;
- ridurre al minimo i tempi tra l'esecuzione degli sbancamenti, per quanto limitati, e la realizzazione delle opere;
- non eseguire alcuno sbancamento durante o immediatamente dopo intensi e/o persistenti eventi meteorologici, o a seguito di prolungati periodi di siccità, proteggendo, in previsione di precipitazioni rilevanti, i fronti di scavo aperti con teli impermeabili.

Operando come sopra indicato si ritiene che non si verificheranno problemi durante l'esecuzione dei lavori e che questo fattore del vincolo non subirà interferenze di natura negativa a seguito del completamento degli stessi.

## **8.3 Copertura vegetale**

La zona di intervento su cui verranno realizzate le spalle della passerella pedonale è attualmente costituita da aree urbanizzate a servizio del costruito



esistente.

Le opere in progetto non comporteranno il taglio di essenze arboree di pregio e, una volta realizzate le opere in epigrafe, gli spazi aperti saranno risistemati senza sostanziali modifiche per questo fattore del vincolo.

## **9 CONCLUSIONI**

Rimandando, per una esaustiva trattazione, agli elaborati scritti e grafici del Progettista incaricato, il progetto in esame prevede, come meglio precisato nel *Capitolo 4* del presente elaborato, la demolizione e la ricostruzione di una passerella pedonale sul Torrente Sturla in corrispondenza in Via del Borgo, nel comune di Genova (GE).

Per la definizione della pericolosità e della fattibilità si è fatto riferimento:

- alla cartografia allegata al Piano di Bacino Ambito 14, che inserisce l'area d'interesse in zona a rischio geologico *lieve o trascurabile (R0)*, con suscettività al dissesto *molto bassa (Pg0)*, mentre gli sbarchi della passerella in progetto si collocano, quantomeno parzialmente, in *fascia fluviale C* in zona a rischio idraulico *medio (Ri2)*;
- alla cartografia a corredo del PUC di Genova, secondo cui l'area dell'intervento ricade in *Zona B – Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata* in prossimità, in sponda destra del Torrente Sturla, di una *Zona C – Aree con suscettività d'uso limitata in vincolo idrogeologico e all'interno del centro edificato*, mentre gli





sbarchi della passerella in progetto si collocano, quantomeno parzialmente, in *aree inondabili con diversi tempi di ritorno*.

Per quanto sopra rappresentato l'intervento in progetto risulta pertanto fattibile nel rispetto delle normative vigenti.

La presente indagine è stata indirizzata, dunque, a individuare le criticità e il contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico nel quale l'intervento s'inserisce e, in definitiva, a fornire al Progettista incaricato gli strumenti necessari a indirizzare correttamente le scelte tecniche da mettere in opera per poter escludere futuri problemi inerenti alla pericolosità sia geologica sia idraulica e nel rispetto dei fattori del vincolo idrogeologico.

Alla luce di quanto riscontrato in sito in merito allo stato dei luoghi, della stratigrafia dei materiali rilevati e parametrizzati attraverso le indagini eseguite e della necessità di salvaguardare la stabilità del contesto presente nell'intorno del sedime d'intervento, si ritiene che le operazioni potranno essere effettuate nel rispetto di quanto riportato nel **Capitolo 8** del presente elaborato, ovvero:

- tenere in debita considerazione i parametri geotecnici/geomeccanici e la successione stratigrafica dei materiali riportati nella presente relazione;
- tenere in debita considerazione la caratterizzazione sismica dell'area analizzata;
- ridurre al minimo i tempi tra l'esecuzione degli sbancamenti, per quanto limitati, e la realizzazione delle opere;



- non eseguire alcuno sbancamento durante o immediatamente dopo intensi e/o persistenti eventi meteorologici, o a seguito di prolungati periodi di siccità, proteggendo, in previsione di precipitazioni rilevanti, i fronti di scavo aperti con teli impermeabili.

Per quanto riguarda i fattori del vincolo idrogeologico, l'intervento comporterà un sensibile miglioramento del regime delle acque, mentre non apporterà alcuna modifica alla stabilità del versante e alla copertura vegetale; pertanto, la realizzazione dei lavori previsti risulta compatibile con i fattori del vincolo stesso.

In conseguenza di quanto sopra esposto, se saranno rispettate le indicazioni tecniche riportate nel presente elaborato e i lavori eseguiti a regola d'arte, si esprime, per la parte di competenza, parere favorevole alla realizzazione delle opere previste dal progetto.

Genova, 14 ottobre 2022

Dott. Geol. Michele Malfatti



The stamp is circular and contains the following text: "ORDINE REGIONALE DEI GEOL. DELLA LIGURIA", "A.P. n. 479", "MICHELE MALFATTI", "GEOLOGO", and "data iscr. 04-03-2003". A handwritten signature "Michele Malfatti" is written over the stamp.

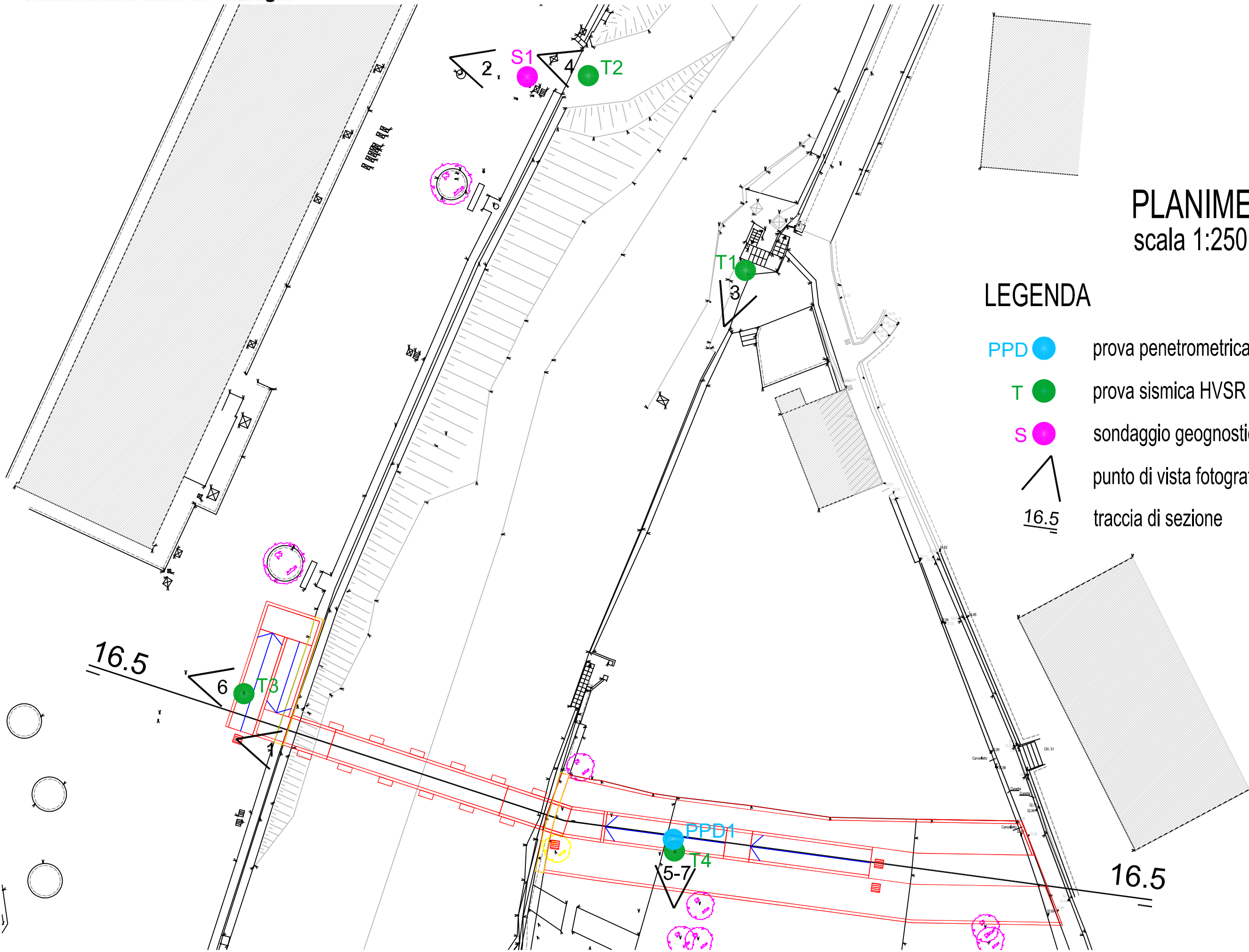


### **ELENCO ALLEGATI**

- **allegato 1 – Planimetria (scala 1:250)**
- **allegato 2 – Stratigrafia del sondaggio S1 – Fase 1**
- **allegato 3 – Elaborati prove sismiche HVSR – Fase 1**
- **allegato 4 – Elaborati prova penetrometrica dinamica media – Fase 2**
- **allegato 5 – Elaborati prove sismiche HVSR – Fase 2**
- **allegato 6 - Sezione geologica interpretativa 16.5-16.5 (scala 1:250)**



c\_d969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E



# PLANIMETRIA

scala 1:250

## LEGENDA

- PPD ● prova penetrometrica dinamica media
- T ● prova sismica HVSR (tromino)
- S ● sondaggio geognostico
- ▲ punto di vista fotografico
- 16.5 traccia di sezione





**MBGeo**  
**Studio Associato di Geologia**


c\_d969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

**allegato 2**

**Stratigrafia sondaggio geognostico S1 – Fase 1**





Piezometro		Campioni		Spessore (m)	Profondità (m)	Litologia	SONDAGGIO: S1	
							Impresa esecutrice: Eurogeo	Supervisionato da: Dott. Geol. Michele Malfatti \ Gabriele Verardo
							Metodo di perforazione: carotaggio continuo \ distruzione di nucleo	Profondità finale della perforazione (m da p.c.): 10,5
							Diametro carotiere (mm): 131	Diametro rivestimento (mm): 152
							Descrizione litostratigrafica	<b>Documentazione fotografica cassette</b>
					10,1		Avanzamento eseguito a distruzione di nucleo mediante tricono.	
					10,2		Le evidenze hanno consentito di confermare la presenza di substrato roccioso calcareo, fratturato, con intercalazioni fini di spessore approssimativo compreso tra 10 e 30 cm	
					10,3			
					10,4			
					<b>10,5</b>			
					10,6			
					10,7			
					10,8			
					10,9			
					<b>11,0</b>			
					11,1			
					11,2			
					11,3			
					11,4			
					<b>11,5</b>			
					11,6			
					11,7			
					11,8			
					11,9			
					<b>12,0</b>			
					12,1			
					12,2			
					12,3			
					12,4			
					<b>12,5</b>			
					12,6			
					12,7			
					12,8			
					12,9			
					<b>13,0</b>			
					13,1			
					13,2			
					13,3			
					13,4			
					<b>13,5</b>			
					13,6			
					13,7			
					13,8			
					13,9			
					<b>14,0</b>			
					14,1			
					14,2	Note:		
					14,3			
					14,4			
					<b>14,5</b>			
					14,6			
					14,7			
					14,8			
					14,9			
					<b>15,0</b>			
					15,1			
					15,2			
					15,3			
					15,4			
					<b>15,5</b>			
					15,6			
					15,7			
					15,8			
					15,9			
					<b>16,0</b>			
					16,1			
					16,2			
					16,3			
					16,4			
					<b>16,5</b>			
					16,6			
					16,7			
					16,8			
					16,9			
					<b>17,0</b>			
					17,1			
					17,2			
					17,3			
					17,4			
					<b>17,5</b>			
					17,6			
					17,7			
					17,8			
					17,9			
					<b>18,0</b>	Campioni prelevati:		
					18,1			
					18,2			
					18,3			
					18,4			
					<b>18,5</b>			
					18,6			
					18,7			
					18,8			
					18,9			
					<b>19,0</b>			
					19,1			
					19,2			
					19,3			
					19,4			
					<b>19,5</b>			
					19,6			
					19,7			
					19,8			
					19,9			
					<b>20,0</b>			

Legenda:

	Campione rimaneggiato		Terreno vegetale
	Campione indisturbato		Asfalto
	Piezometro		Ripporto
	Tratto tubo cieco		Ghiaia
	Tratto fessurato		Sabbia
	Livello piezometrico		Limo
			Argilla
			Bentonite
			Cemento
			Inclinometro
			Tubazione inclinometrica

Cliente: Comune di Genova

Sito: Via Torricelli, Genova

MBGeo Studio Associato di Geologia  
di Michele Malfatti e Gabriele Verardo





**MBGeo**  
**Studio Associato di Geologia**

c\_d9969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

**allegato 3**

**Elaborati prove sismiche HVSR – Fase 1**





**GENOVA, BORGORATTI VIA TORRICELLI - VIA DEL BORGO T1**

Strumento: TRZ-0152/01-11

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 04/11/21 14:09:30 Fine registrazione: 04/11/21 14:29:30

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

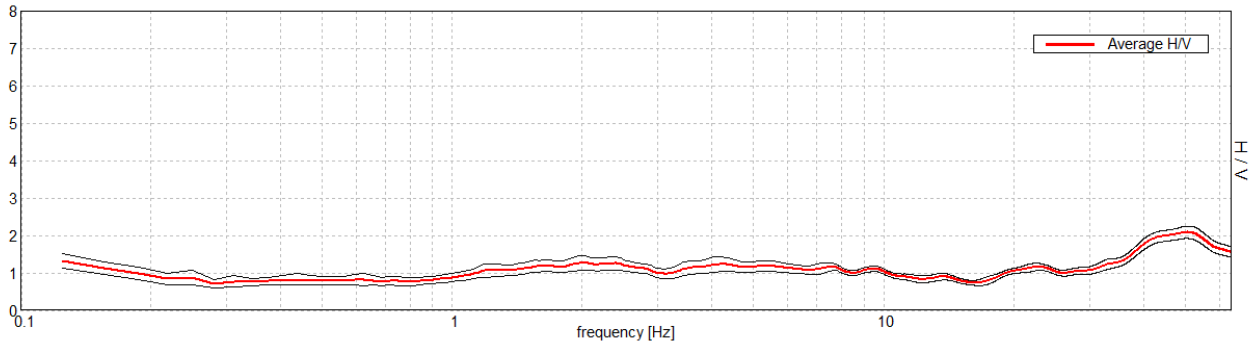
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

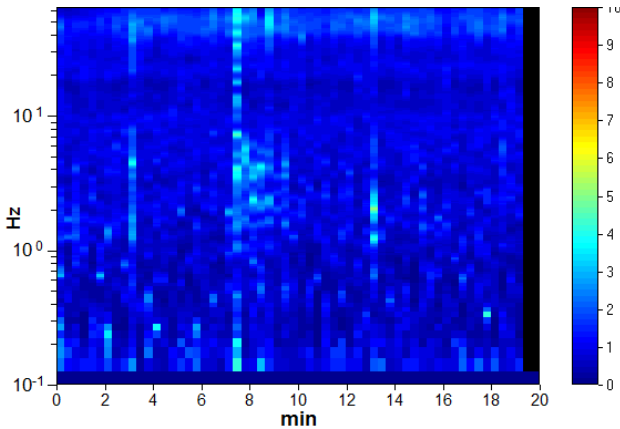
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

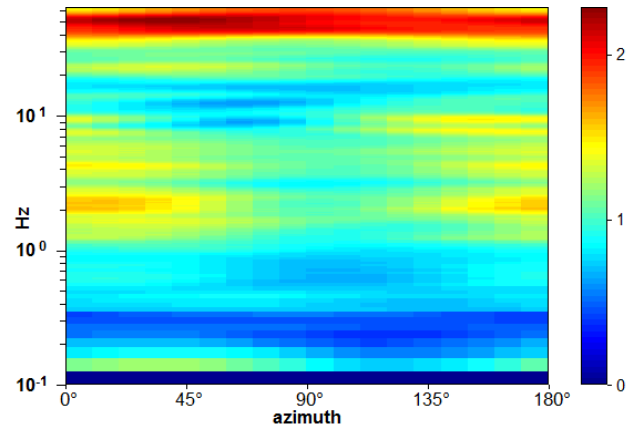
Picco H/V a  $50.56 \pm 19.31$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



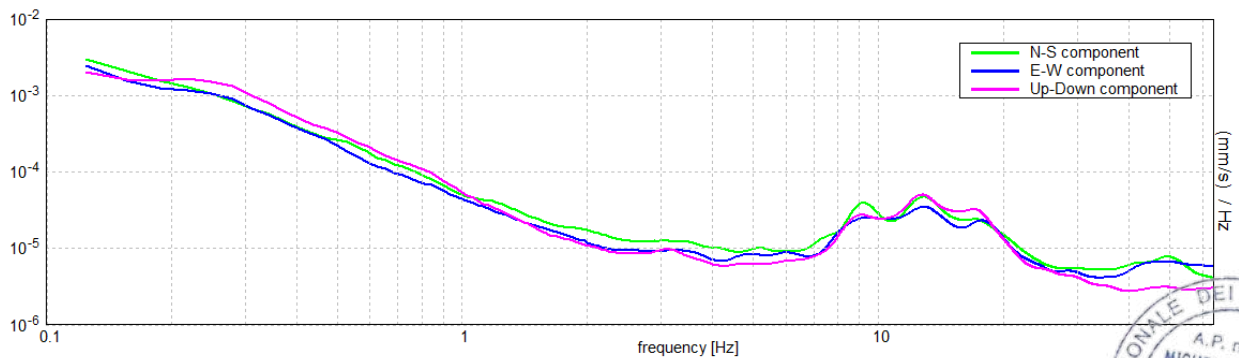
**SERIE TEMPORALE H/V**



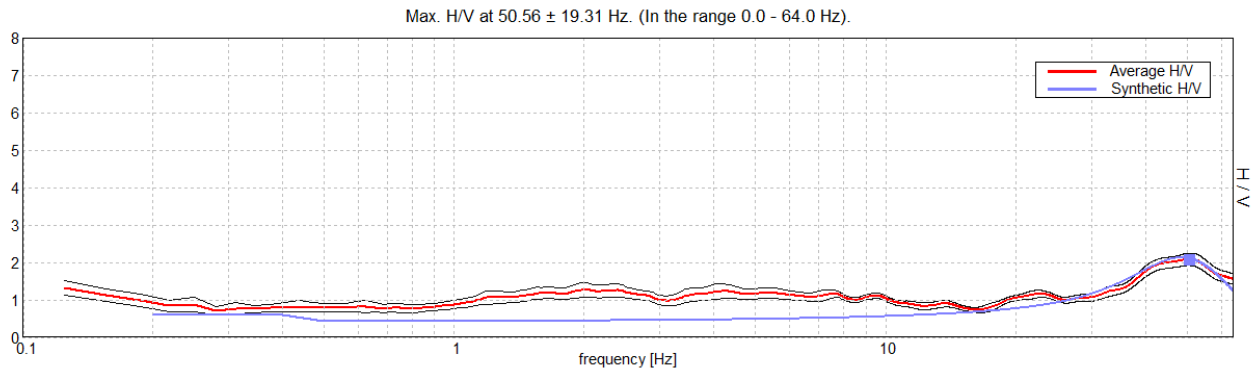
**DIREZIONALITA' H/V**



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

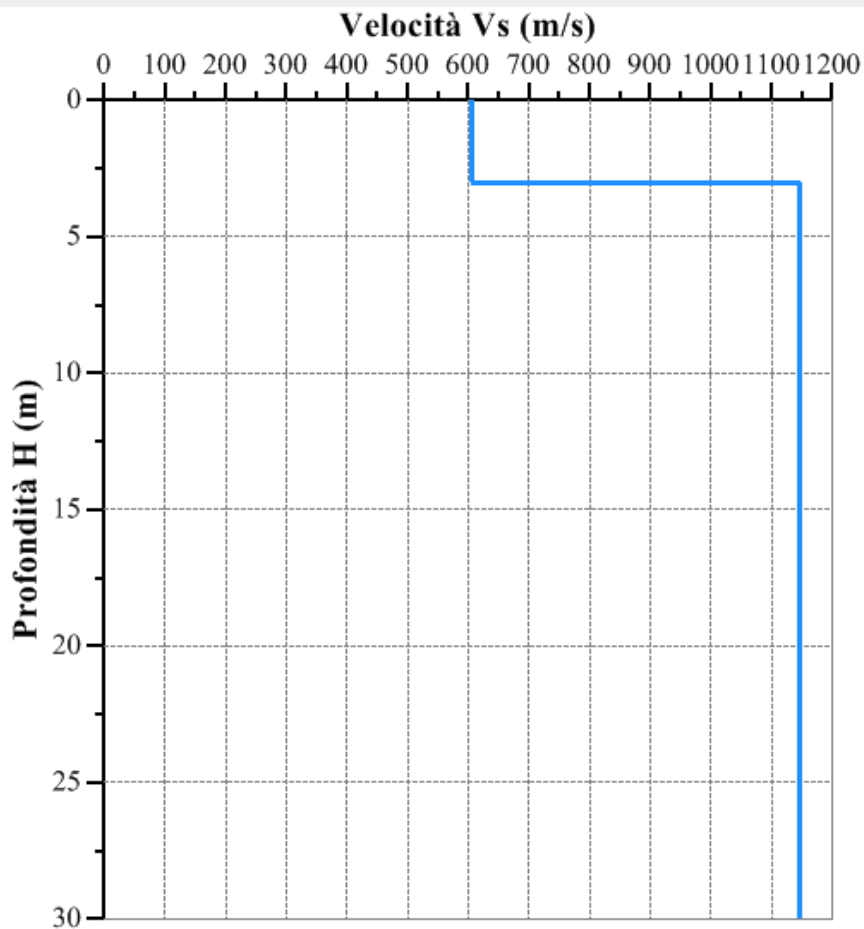


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
3.00	3.00	605	0.42
inf.	inf.	1147	0.42

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs:  m/s

Descrizione per la categoria:

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.



**GENOVA, BORGORATTI VIA TORRICELLI - VIA DEL BORGO T2**

Strumento: TRZ-0152/01-11

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 04/11/21 14:41:32 Fine registrazione: 04/11/21 15:01:32

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

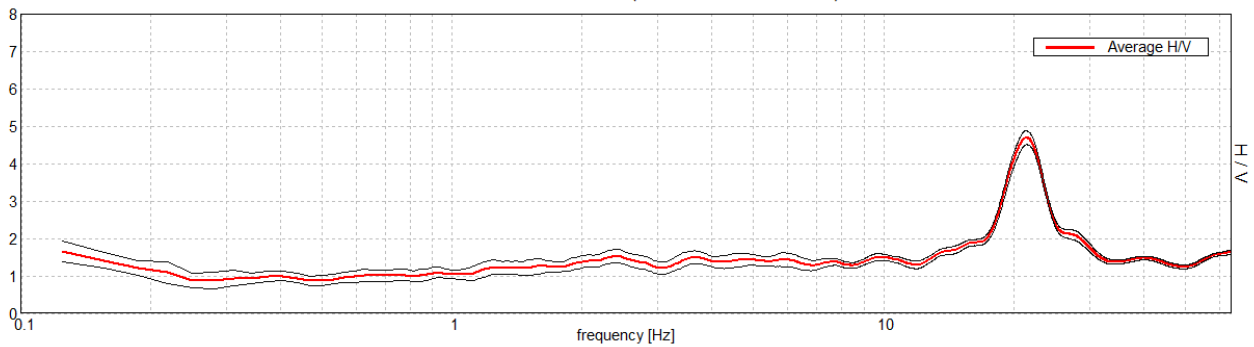
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

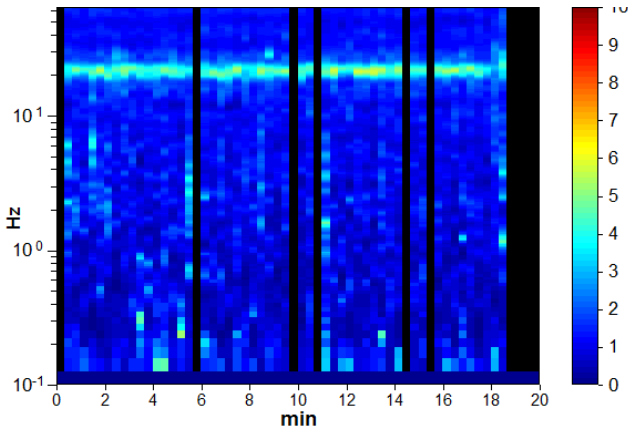
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

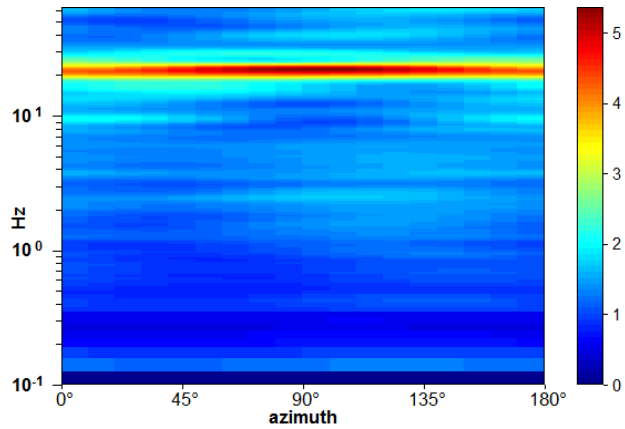
Picco H/V a  $21.47 \pm 0.19$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



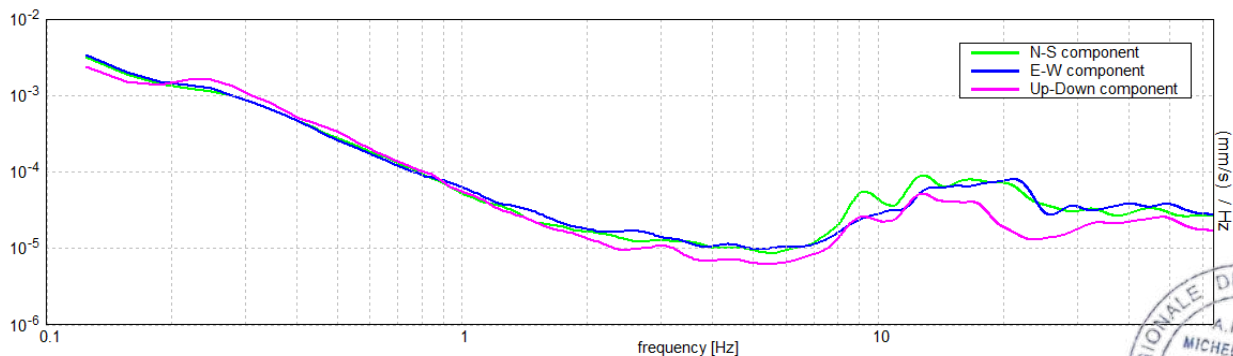
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

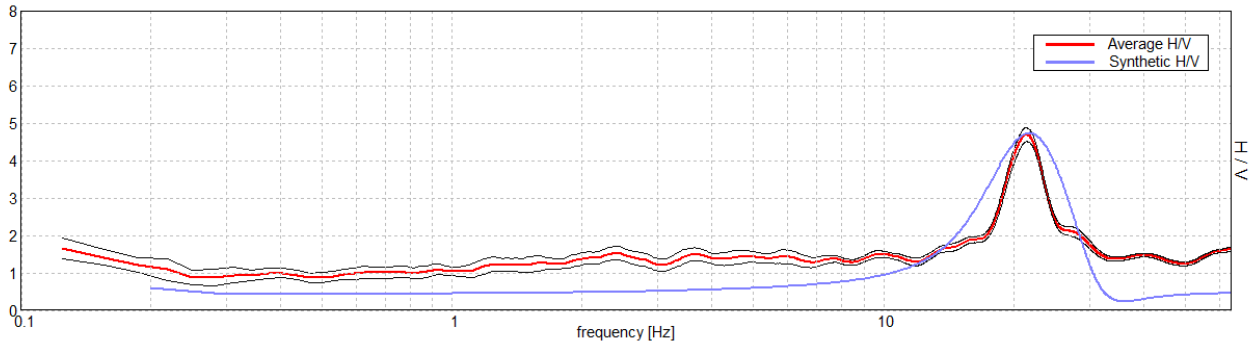


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $21.47 \pm 0.19$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
4.10	4.10	342	0.42
inf.	inf.	772	0.42

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):

B

Vs,eq:

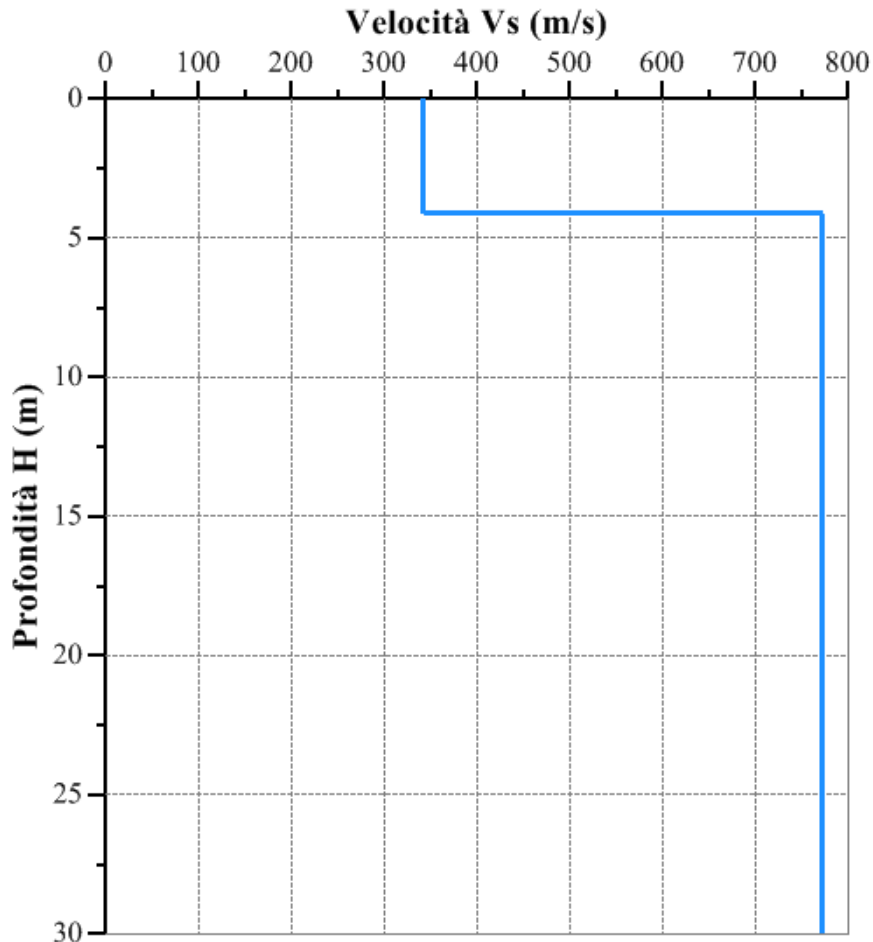
658.80

m/s

[Info](#)

Descrizione per la categoria:

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.



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $21.47 \pm 0.19$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$21.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$21468.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1032	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	18.031 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	25.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.69 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00872  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18714 < 1.07344$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1817 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20





**MBGeo**  
**Studio Associato di Geologia**

c\_d969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

**allegato 4**

**Elaborati prova penetrometrica dinamica media – Fase 2**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1****GENERALITA'**

Committente:	Comune di Genova	Data:	29-6-2022
Cantiere:	Demolizione e ricostruzione passerella pedonale	Prof.tà prova:	250 cm
Località:	Via Torricelli\Via del Borgo, Genova	Prof.tà falda:	Falda non rilevata

**CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO**

## MODELLO

TIPO	DPM (medio)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 30
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 20
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 12
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 35,70
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 10,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 2,9
LUNGHEZZA TRATTO DI INFIESSIONE	$\delta = \text{cm } 10$

**RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (Formula Olandese)**

$$Rpd = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infiezione per colpo = 10/N [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

**LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI****Strati incoerenti**

Dr = Densità relativa [%]

 $\phi$  = Angolo attrito interno [°]

y = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

**Strati coesivi**

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [t/mq]

y = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

**STUDIO DI GEOLOGIA**

Vico Sinope, 19r - 16155 Genova (GE) - Tel./Fax 010/4075995



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Tabella valori di resistenza

### GENERALITA'

Committente: Comune di Genova

Data: 29-6-2022

Cantiere: Demolizione e ricostruzione passerella pedonale

Prof.tà prova: 250 cm

Località: Via Torricelli\Via del Borgo, Genova

Prof.tà falda: Falda non rilevata

Prof. (cm)	Ndp	Ndp norm.	Rpd (kg/cmq)	aste	Prof. (cm)	Ndp	Ndp norm.	Rpd (kg/cmq)	aste
da 0 a 10	1	6	4,01	1	da 120 a 130	7	11	26,36	2
da 10 a 20	2	9	8,02	1	da 130 a 140	5	8	18,83	2
da 20 a 30	5	18	20,04	1	da 140 a 150	5	7	18,83	2
da 30 a 40	8	25	32,07	1	da 150 a 160	4	6	15,06	2
da 40 a 50	9	24	36,08	1	da 160 a 170	4	5	15,06	2
da 50 a 60	10	25	40,09	1	da 170 a 180	10	14	37,66	2
da 60 a 70	10	23	40,09	1	da 180 a 190	10	14	37,66	2
da 70 a 80	9	19	36,08	1	da 190 a 200	8	10	28,40	3
da 80 a 90	10	20	40,09	1	da 200 a 210	8	10	28,40	3
da 90 a 100	7	13	26,36	2	da 210 a 220	16	20	56,80	3
da 100 a 110	7	12	26,36	2	da 220 a 230	18	22	63,91	3
da 110 a 120	6	10	22,59	2	da 230 a 240	80	98	284,02	3
					da 240 a 250	100	100	355,03	3

c\_d969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

**STUDIO DI GEOLOGIA**

Vico Sinope, 19r - 16155 Genova (GE) - Tel./Fax 010/4075995





# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

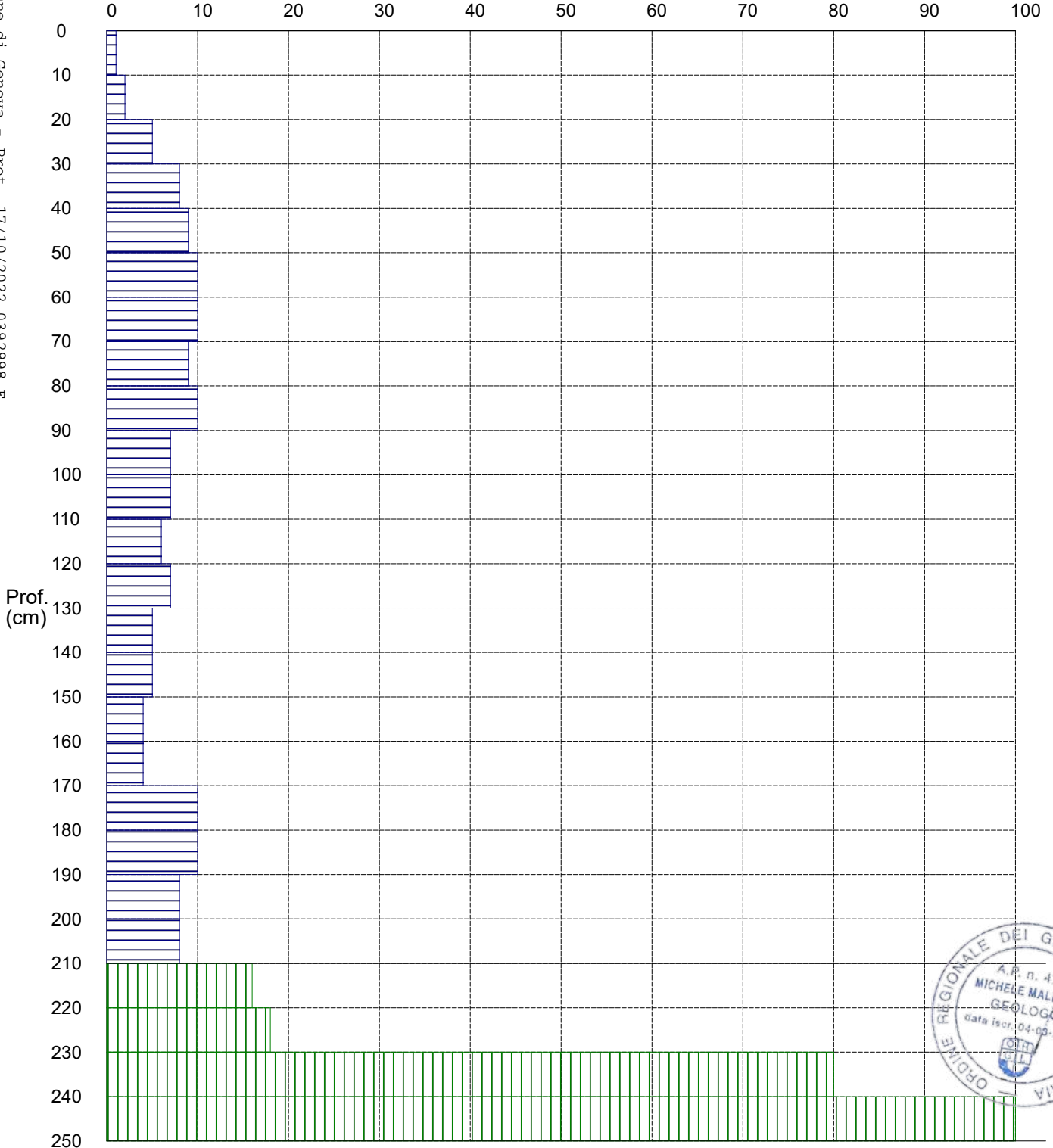
## Grafico Ndp - Profondità

### GENERALITA'

Committente: Comune di Genova  
Cantiere: Demolizione e ricostruzione passerella pedonale  
Località: Via Torricelli\Via del Borgo, Genova

Data: 29-6-2022  
Prof.tà prova: 250 cm  
Prof.tà falda: Falda non rilevata

Colpi per tratto di infissione (Ndp)



**STUDIO DI GEOLOGIA**

Vico Sinope, 19r - 16155 Genova (GE) - Tel./Fax 010/4075995

c\_d969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Ndp - Profondità (valori normalizzati)

### GENERALITA'

Committente: Comune di Genova

Data: 29-6-2022

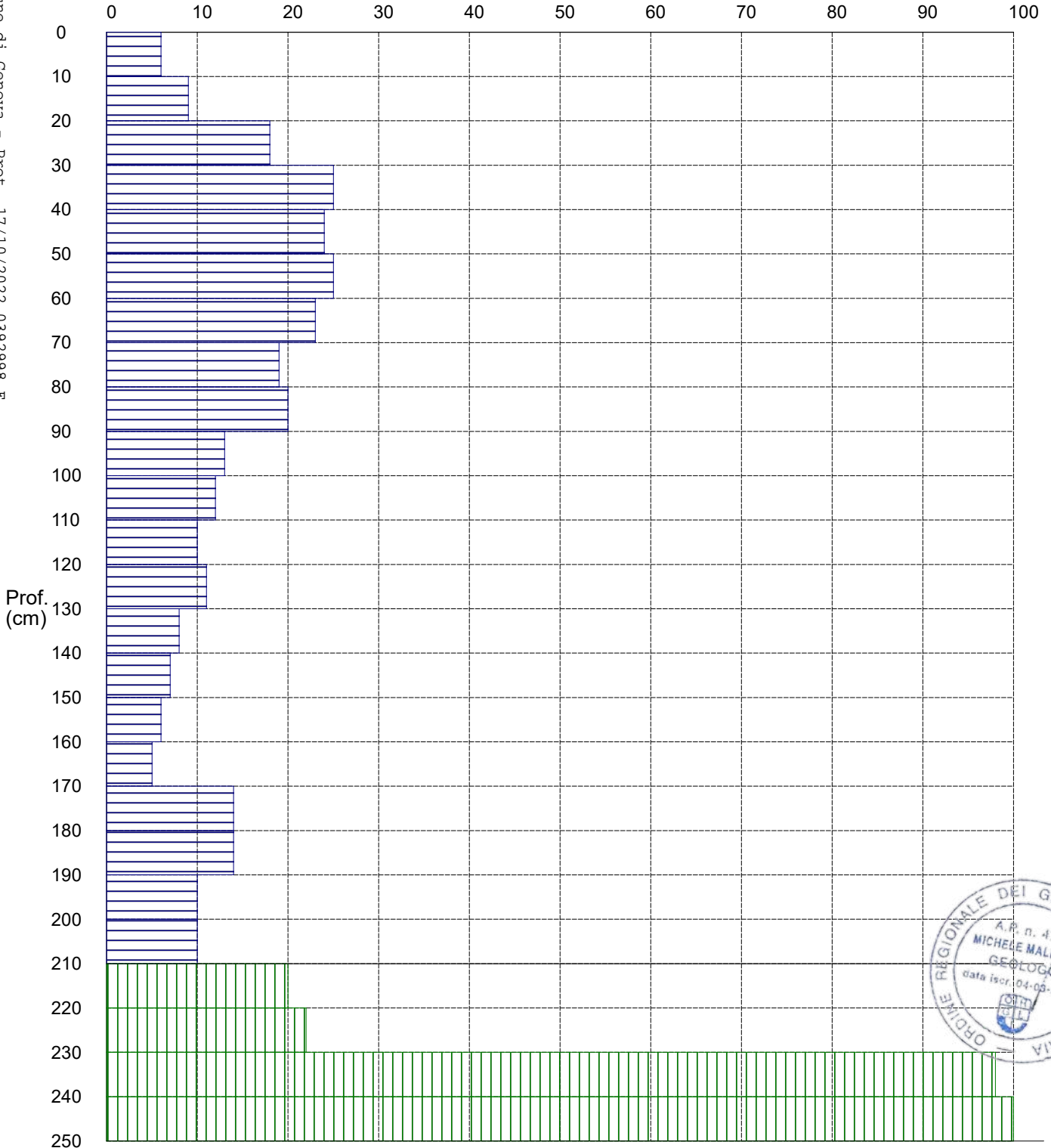
Cantiere: Demolizione e ricostruzione passerella pedonale

Prof.tà prova: 250 cm

Località: Via Torricelli\Via del Borgo, Genova

Prof.tà falda: Falda non rilevata

Colpi per tratto di infissione - valori normalizzati (Ndp norm.)



**STUDIO DI GEOLOGIA**

Vico Sinope, 19r - 16155 Genova (GE) - Tel./Fax 010/4075995

c\_d969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Rpd - Profondità

### GENERALITA'

Committente: Comune di Genova

Data: 29-6-2022

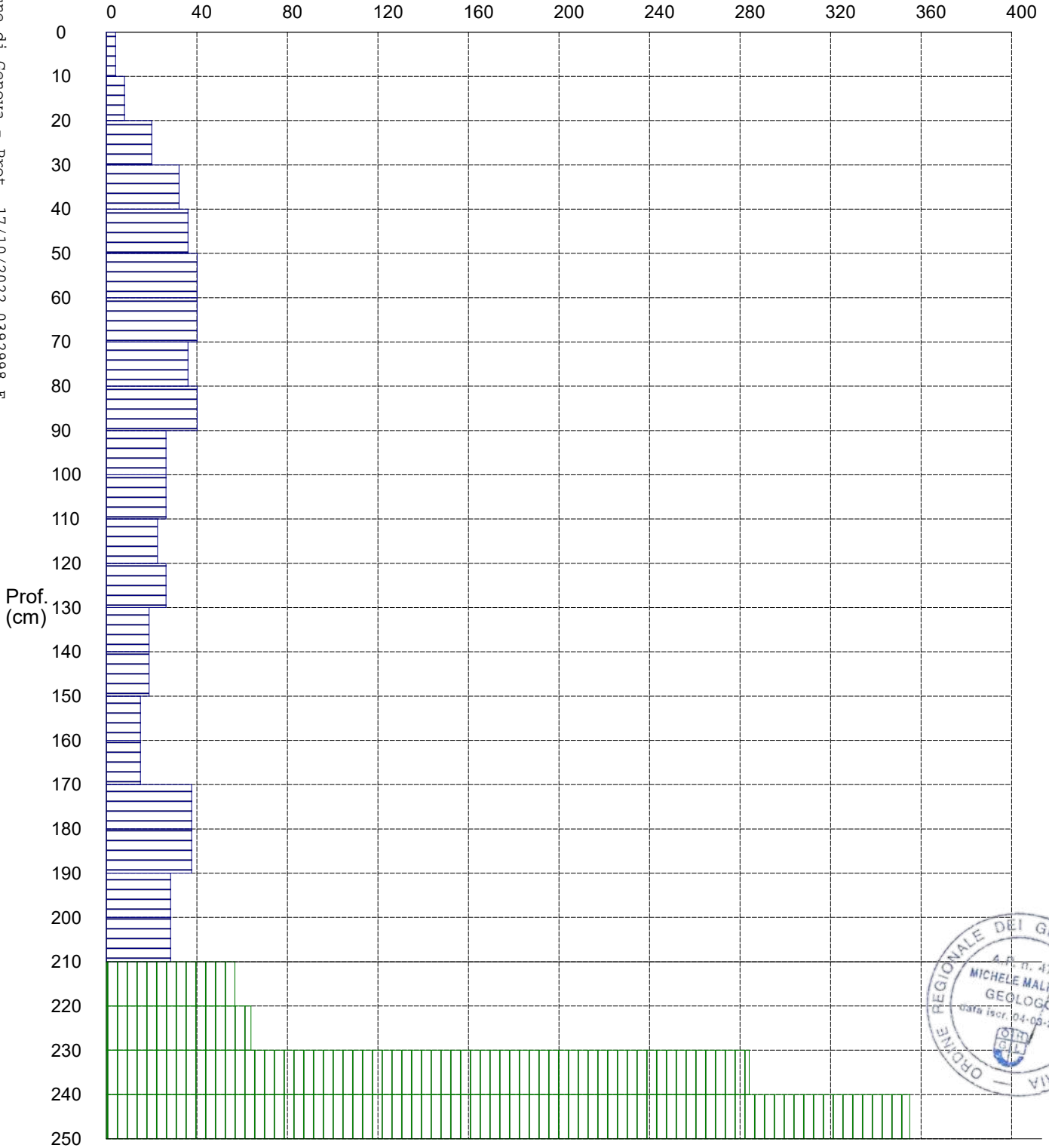
Cantiere: Demolizione e ricostruzione passerella pedonale

Prof.tà prova: 250 cm

Località: Via Torricelli\Via del Borgo, Genova

Prof.tà falda: Falda non rilevata

Resistenza dinamica alla punta Rpd (kg/cmq)



**STUDIO DI GEOLOGIA**

Vico Sinope, 19r - 16155 Genova (GE) - Tel./Fax 010/4075995

c\_d969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Qamm - Profondità

### GENERALITA'

Committente: Comune di Genova

Data: 29-6-2022

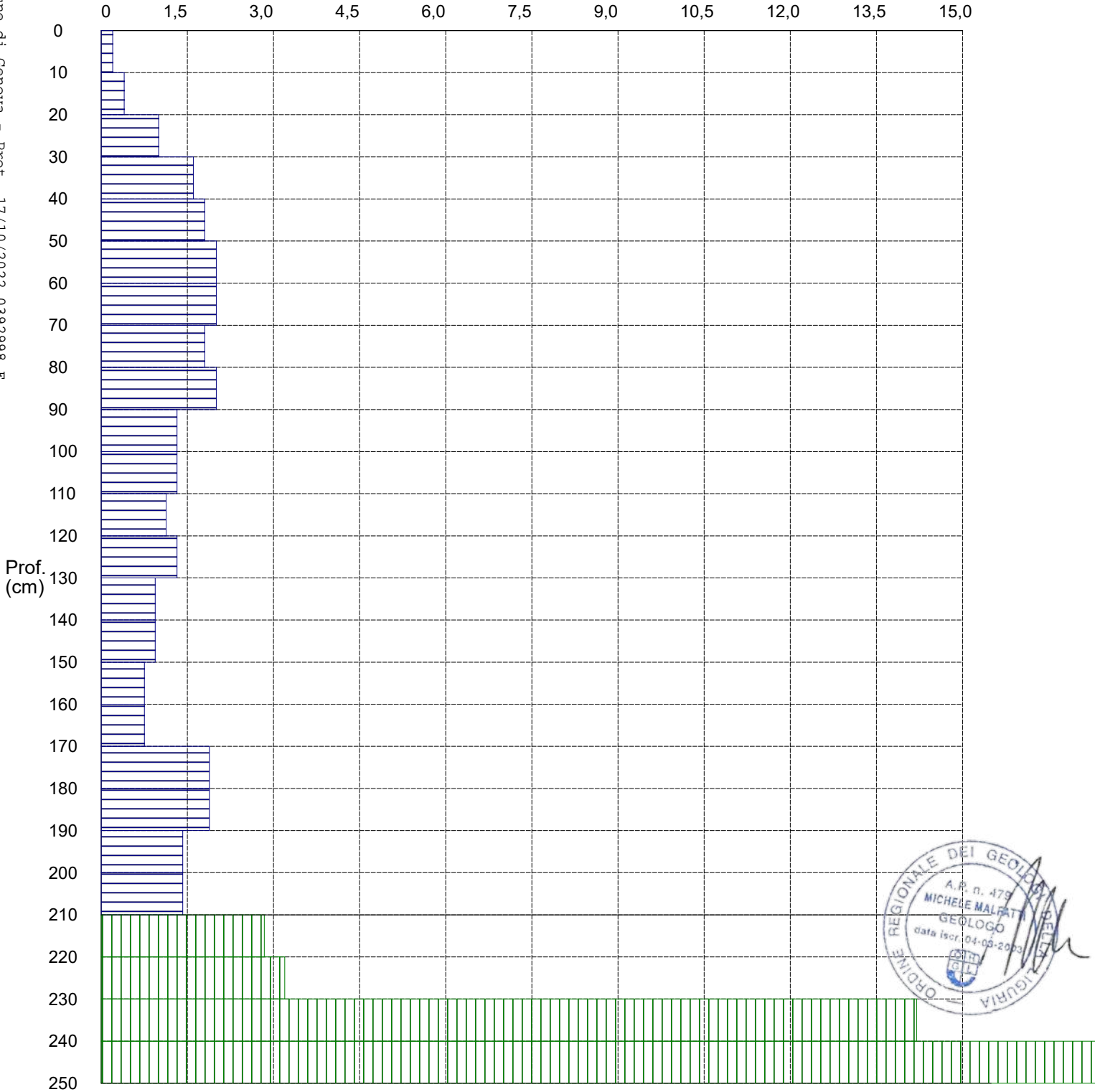
Cantiere: Demolizione e ricostruzione passerella pedonale

Prof.tà prova: 250 cm

Località: Via Torricelli\Via del Borgo, Genova

Prof.tà falda: Falda non rilevata

Capacità portante ammissibile Qamm = Rpd / 20 (kg/cmq)



**STUDIO DI GEOLOGIA**

Vico Sinope, 19r - 16155 Genova (GE) - Tel./Fax 010/4075995

c\_d969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: Comune di Genova

Data: 29-6-2022

Cantiere: Demolizione e ricostruzione passerella pedonale

Prof.tà prova: 250 cm

Località: Via Torricelli\Via del Borgo, Genova

Prof.tà falda: Falda non rilevata

**ELABORAZIONE STATISTICA**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 2,10	Ndp	1	10	6,9	5,5
		Rpd (kg/cmq)	4,0	40,1	26,6	
2	da 2,10 a 2,50	Ndp	16	100	53,5	48,2
		Rpd (kg/cmq)	56,8	355,0	189,9	

**PARAMETRI GEOTECNICI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
1	2,10	53,4	24,1	1,36	39,2	167,8	3241	133,5	----	----	----	----	----
2	2,50	----	----	----	----	----	----	----	1,09	3,23	2,30	240,8	28744

**STUDIO DI GEOLOGIA**

Vico Sinope, 19r - 16155 Genova (GE) - Tel./Fax 010/4075995



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: Comune di Genova

Data: 29-6-2022

Cantiere: Demolizione e ricostruzione passerella pedonale

Prof.tà prova: 250 cm

Località: Via Torricelli\Via del Borgo, Genova

Prof.tà falda: Falda non rilevata

**ELABORAZIONE STATISTICA: VALORI NORMALIZZATI**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 2,10	Ndp	5	25	13,8	13,1
		Rpd (kg/cmq)	4,0	40,1	26,6	
2	da 2,10 a 2,50	Ndp	20	100	60,0	54,0
		Rpd (kg/cmq)	56,8	355,0	189,9	

**PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI NORMALIZZATI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
1	2,10	82,1	29,0	1,63	92,8	258,2	7283	154,9	----	----	----	----	----
2	2,50	----	----	----	----	----	----	----	1,17	3,62	2,30	270,0	31434

**STUDIO DI GEOLOGIA**

Vico Sinope, 19r - 16155 Genova (GE) - Tel./Fax 010/4075995





**MBGeo**  
**Studio Associato di Geologia**

c\_d969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

**allegato 5**

**Elaborati prove sismiche HVSR – Fase 2**



**GENOVA, BORGORATTI VIA TORRICELLI - VIA DEL BORGO T3**

Strumento: TRZ-0152/01-11

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 29/06/22 10:51:54 Fine registrazione: 29/06/22 11:11:53

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

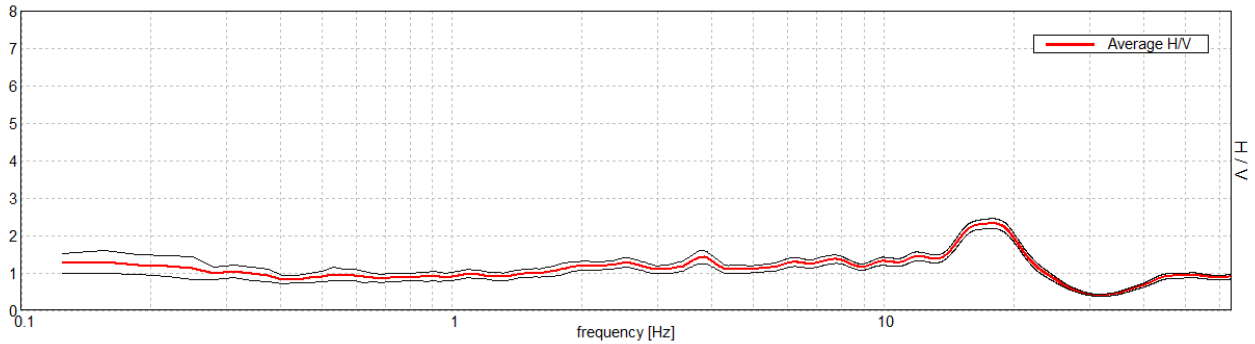
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

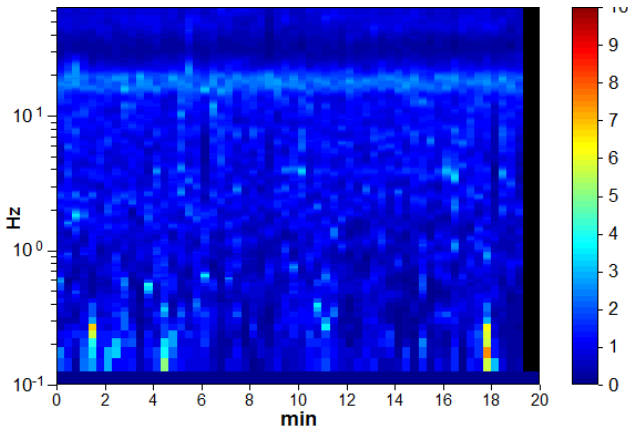
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

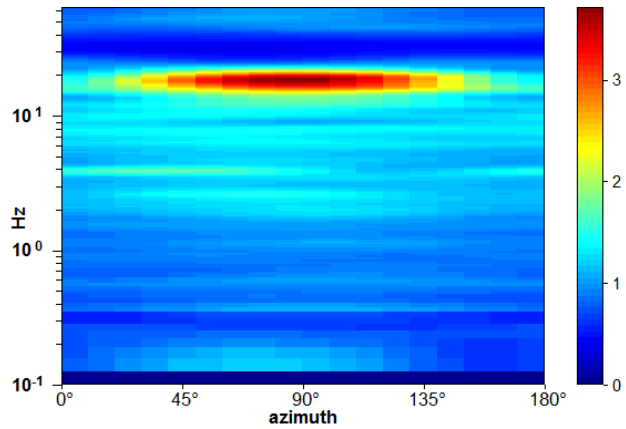
Max. H/V at 17.81 ± 4.08 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



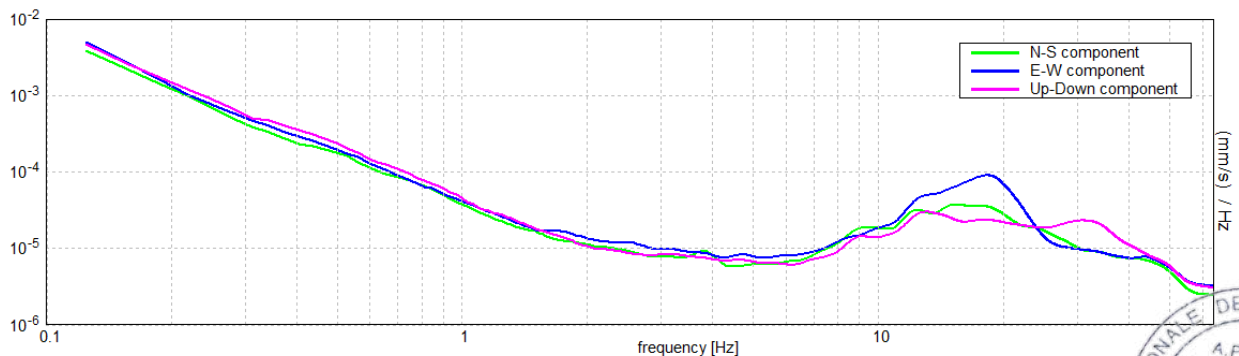
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



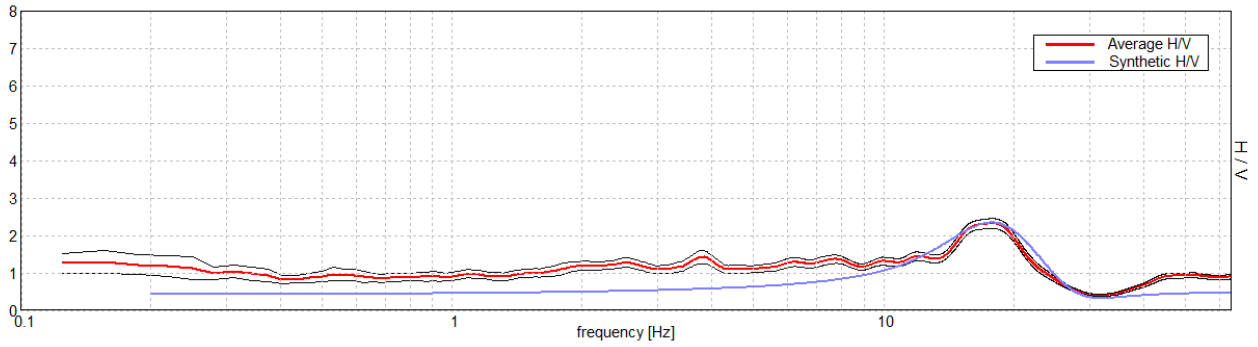
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 17.81 ± 4.08 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base dello strato [m]**

3.90  
inf.

**Spessore [m]**

3.90  
inf.

**Vs [m/s]**

285  
552

**Rapporto di Poisson**

0.42  
0.42

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):

B

Vs,eq:

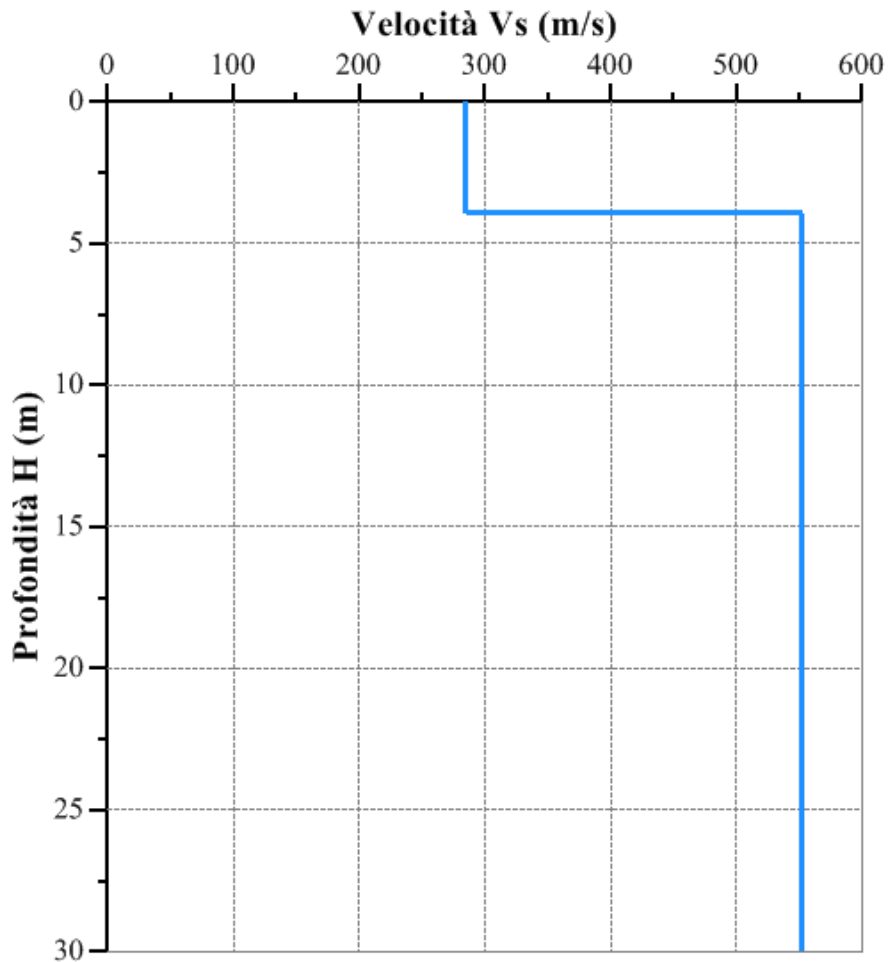
492.07

m/s

[Info](#)

Descrizione per la categoria:

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.



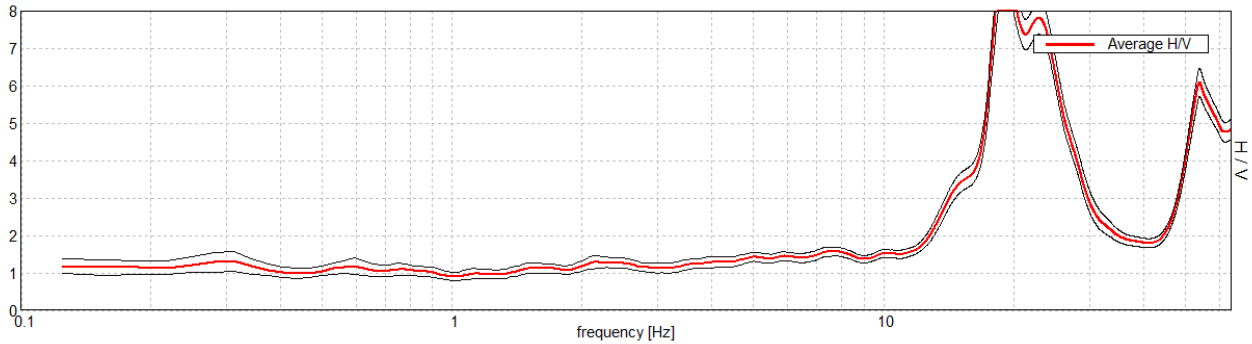
**GENOVA, BORGORATTI VIA TORRICELLI - VIA DEL BORGO T4**

Strumento: TRZ-0152/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 29/06/22 12:04:19 Fine registrazione: 29/06/22 12:24:19  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS non disponibile

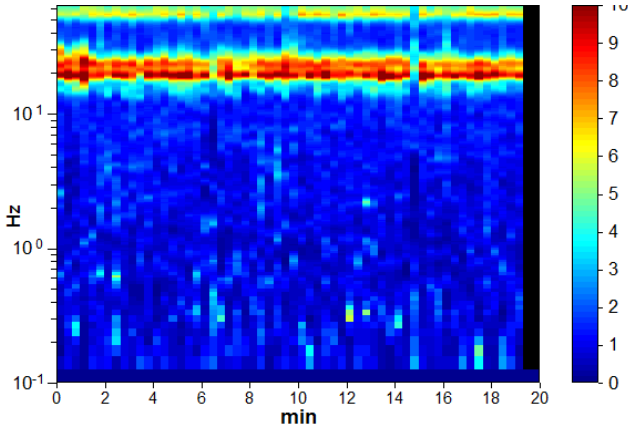
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

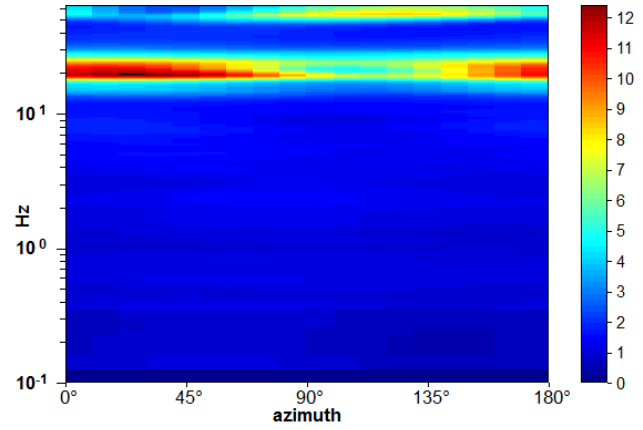
Picco H/V a  $19.06 \pm 3.48$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



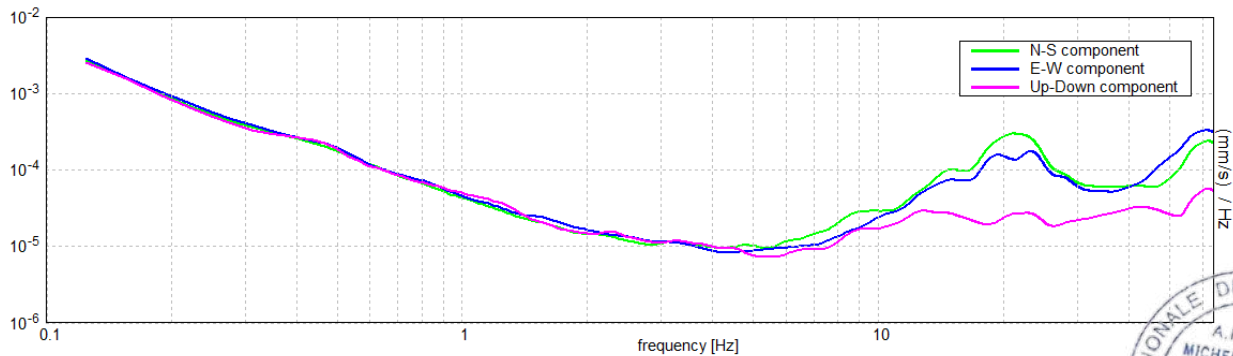
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

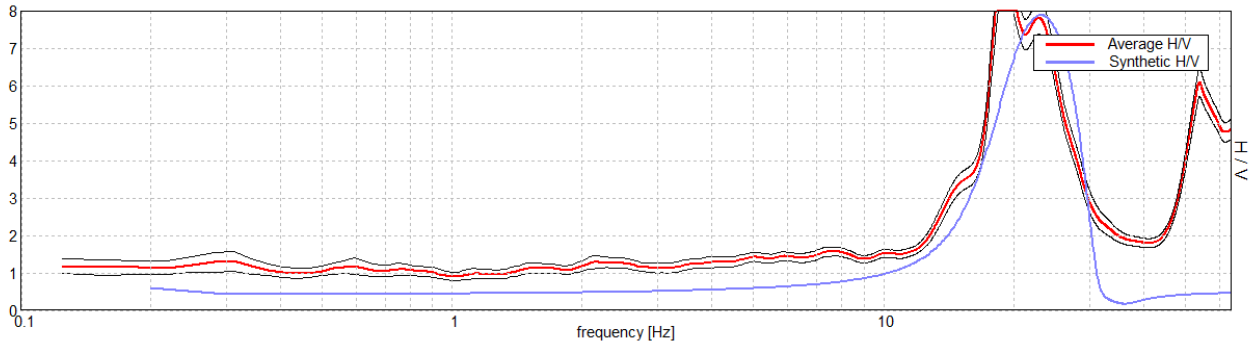


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $19.06 \pm 3.48$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

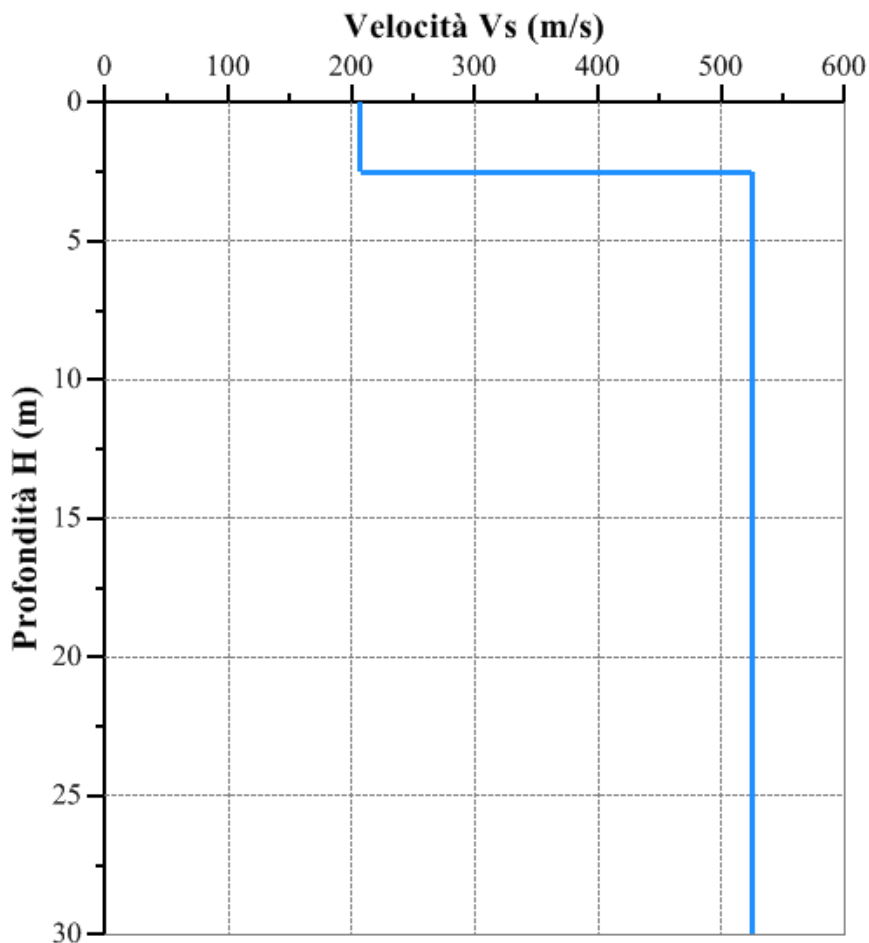


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.50	2.50	207	0.42
inf.	inf.	525	0.42

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs,eq:  m/s Info

Descrizione per la categoria:

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.





# SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 16.5-16.5

scala 1:250

c\_d9969.Comune di Genova - Prot. 17/10/2022.0392998.E

