SKYMETRO

PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

CUP B39J22001360001 CIG 9262977270

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
(D.lgs. n. 36 / 2023)



STUDI E INDAGINI
GEOLOGIA
REPORT PROSPEZIONI SISMICHE PRELIMINARI

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	PR	LV	GEO	COM	R	003	00	A

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Emissione report indagini geofisiche	Redatto	P. Luiso	05/07/2023
		Verificato	E. Poggi	10/10/2023
		Approvato	G. Benedetti	10/10/2023
		Autorizzato	P. Marchetti	10/10/2023
B		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
C		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
D		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		

Sommario

1. PREMESSA 4

2. METODO SISMICA A RIFRAZIONE (SRT) 5

2.1. PRINCIPI BASE DEL METODO 5

2.2. FATTORI DI INFLUENZA DELLE VELOCITÀ SISMICHE 8

2.3. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA 10

2.4. SCHEMA DI ACQUISIZIONE 12

2.5. PROCESSING 12

3. RISULTATI INDAGINE SISMICA 14

4. METODO MASW 15

4.1. PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E CENNI SUL METODO 15

4.2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA 17

4.3. SCHEMA DI ACQUISIZIONE 17

5. RISULTATI INDAGINI MASW 18

6. METODO HVSR 19

6.1. PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E CENNI SUL METODO 19

6.2. FREQUENZA FONDAMENTALE DEL SITO 20

6.3. PROFILI SISMICO-STRATIGRAFICI E PARAMETRO VS_{EQ} 21

6.4. ACQUISIZIONE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 22

7. RISULTATI INDAGINI HVSR 24

8. METODO REMI 25

8.1. PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E CENNI SUL METODO 25

8.2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE 26

8.3. SCHEMA DI ACQUISIZIONE 27

9. RISULTATI INDAGINI REMI 27

10. PROSPEZIONE DOWN HOLE 28

10.1. ACQUISIZIONE 28

10.2. PROCESSING INDAGINE DOWN HOLE 29

10.3. RISULTATI INDAGINI 34

11. RIEPILOGO INDAGINI GEOFISICHE ..... ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

12. BIBLIOGRAFIA 35

ALLEGATI 37

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati delle indagini geofisiche eseguite per il prolungamento della linea Metropolitana in Val Bisagno. Nello specifico, sono state realizzate le seguenti indagini: n°4 stendimenti di sismica a rifrazione (SRT) in onda P e Sh, n°12 stendimenti di sismica tipo Masw, n°12 indagini HVSR, n°12 indagini Remi e n°3 indagini di sismica in foro DH. Le suddette indagini sono state realizzate nel mese di maggio-giugno 2023. L'indagine ha come obiettivo quello di caratterizzare il sottosuolo da un punto di vista geologico e sismo-stratigrafico.

L'area in esame, come si vede dalla figura 1, è situata in un contesto fortemente urbanizzato e risente pertanto del passaggio di automobili, autobus, e pedoni. Tutto ciò comporta l'acquisizione di segnali affetti da noise il quale tende a diminuire notevolmente il rapporto segnale/rumore. Per ovviare a tale problematica si è cercato di acquisire in momenti di relativa calma, ovvero in momenti in cui la circolazione stradale era inferiore. Inoltre, si è aumentato il numero delle stack, sia per quanto riguarda le indagini Masw che le sismiche a rifrazione; in questo modo si è aumentato, nei limiti del possibile, il rapporto segnale/rumore.



Figura 1 - Ubicazione Indagini.

2. METODO SISMICA A RIFRAZIONE (SRT)

2.1. Principi base del metodo

Le indagini indirette, ed in particolare la metodologia a rifrazione, permettono la ricostruzione areale delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, la profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo), la verifica di eventuali discontinuità laterali, nonché di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici. Il metodo di sismica a rifrazione si basa sul concetto della bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche e uno stendimento di geofoni lungo un profilo, giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde coniche o birifratte

(*head wave*): le onde analizzate sono quelle birifratte ossia quelle che giungono sulla superficie di separazione con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche. L'indagine viene eseguita disponendo una serie di i trasduttori del moto del suolo (velocimetri o accelerometri) lungo la superficie libera del suolo e generando onde elastiche da una sorgente puntiforme che può essere una massa battente, un fucile sismico o una carica esplosiva. I trasduttori situati più vicino alla sorgente rilevano prima l'onda diretta che arriva con velocità legata alle caratteristiche meccaniche dello strato di terreno più superficiale, mentre quelli più lontani rilevano le onde birifratte che viaggiano a velocità più elevata. Quando l'onda birifratta avrà percorso sufficiente distanza alla velocità V_2, essa arriverà prima della diretta (Fig. 2).

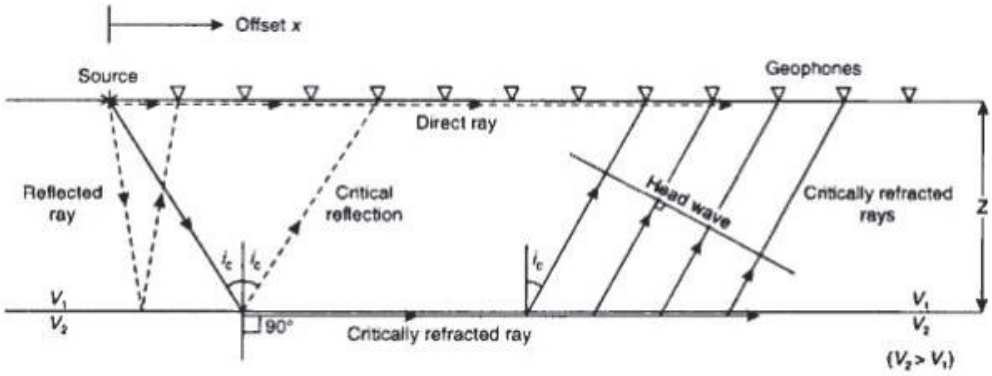


Figura 2 - Schema illustrativo delle onde sismiche

Se si riporta in un semplice grafico x-y, per ogni distanza di ciascun ricevitore, il tempo di arrivo del primo impulso letto sui sismogrammi, i punti si dispongono in una serie di allineamenti di cui il primo passante per l'origine: ciascuna linea è detta "dromocrona" ed è rappresentativa della velocità di propagazione delle onde elastiche nel mezzo posto al di sopra di un rifrattore (una superficie di separazione più o meno netta tra due materiali a comportamento elastico diverso). Il coefficiente angolare della dromocrona passante per l'origine rappresenta l'inverso della velocità di propagazione delle onde elastiche nel primo strato (V0), i coefficienti angolari delle altre dromocrone rappresentano l'inverso delle velocità degli strati sottostanti (dal più superficiale al più profondo). L'intersezione tra due dromocrone è detto "punto di ginocchio" e rappresenta il punto in cui arrivano contemporaneamente le

onde rifratte da due rifrattori adiacenti o, se consideriamo le prime due dromocrone, le onde dirette e le onde rifratte dal primo rifrattore. In un'indagine di sismica a rifrazione sarà possibile individuare un numero di punti di ginocchio pari al numero di rifrattori investigati (Fig. 3).

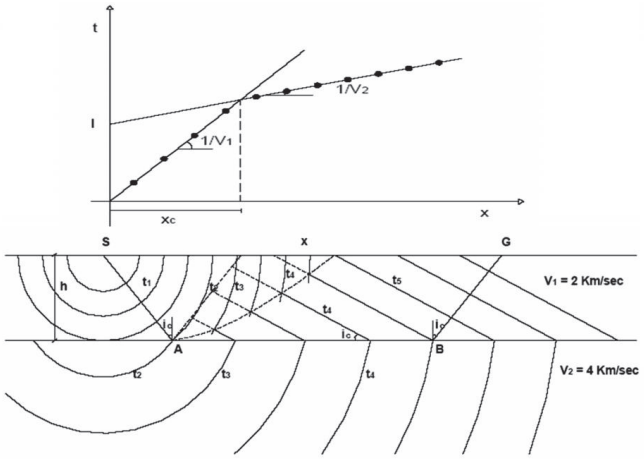


Figura 3 - Schema esemplificativo delle dromocrone in un sottosuolo a 2 strati.

Pertanto, più è profondo il rifrattore più il rispettivo punto di ginocchio sarà distante dalla sorgente: da ciò si deduce che gli impulsi rifratti possono essere ricevuti solo a partire da una certa distanza proporzionale alla profondità del rifrattore e che quindi la profondità totale di indagine è legata alla lunghezza dello stendimento dei ricevitori. Tramite semplici relazioni trigonometriche è possibile, note le velocità di propagazione delle onde elastiche nei diversi strati omogenei del sottosuolo, conoscere gli spessori di ciascuno di essi. Se gli strati sono poco spessi e caratterizzati da velocità crescente con la profondità (come normalmente avviene nei terreni non consolidati), i percorsi delle onde saranno curvi, con concavità rivolta verso l'alto, ed anche la corrispondente dromocrona sarà una curva. Nei casi reali, si assume che l'effetto delle onde dirette, in termini di ampiezza delle vibrazioni, sia predominante rispetto a quello delle onde indirette, tanto da potere trascurare queste ultime e considerare il mezzo, limitatamente all'area comprendente la sorgente e il ricevitore, come mezzo omogeneo, isotropo e non confinato.

2.2. Fattori di influenza delle velocità sismiche

Schema d Sebbene la velocità dell'onda P sia un buon indicatore del tipo di terreno o di roccia, non è un indicatore univoco. Ogni tipo di sedimento o roccia ha una vasta gamma di velocità sismiche e molti di questi range si sovrappongono tra loro. Ci sono molte variabili che influenzano il modulo elastico e quindi la velocità delle onde di compressione delle rocce e dei terreni. Nelle tabelle 1 e 2, si riportano le velocità da bibliografia di alcune delle principali litologie.

VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE		
LITOLOGIA	**VELOCITA' [m/sec]**	
Suoli superficiali	300	700
Limi ed argille sature	1100	2500
Arenarie sature e porose	2000	3500
Acqua	1450	1500
Sabbie asciutte	400	1200
Sabbie sature	1500	2000
Arenarie	2100	4400
Argilliti	2000	6000
Calcari	2000	7000
Dolomie	2500	6500
Marne	2000	3000

Tabella 1 - Velocità delle onde di compressione di alcuni terreni.

VELOCITA' ONDE DI TAGLIO		
LITOLOGIA	**VELOCITA' [m/sec]**	
Suoli superficiali	50	300
Limi ed argille sature	200	800
Arenarie sature e porose	800	1800
Acqua	-	-
Sabbie asciutte	100	500
Sabbie sature	400	600
Arenarie	900	3100
Argilliti	500	2100
Calcari	1000	3500
Dolomie	1200	3800
Marne	750	1500

Tabella 2 - Velocità delle onde di taglio di alcuni terreni.

I primi esperimenti sulla variazione delle proprietà elastiche delle rocce sono iniziati tra il 1950 e il 1960. A quel tempo molti ricercatori (Wyllie et al., 1956; 1962; 1963; 1985) hanno studiato i cambiamenti della velocità di elasticità onde in funzione di saturazione, porosità e contenuto in argilla, fratturazione. In particolare:

- Saturazione: in condizioni di saturazione totale, la velocità delle onde P è controllata dal mezzo liquido (che è incompressibile) se superiore a quello dello scheletro solido: questo perché la velocità delle onde S non risulta influenzata da tale parametro (l'acqua non può sostenere sforzi di taglio). Per saturazioni parziali, invece, la velocità delle onde P è inferiore a quella ottenibile alla massima saturazione ma, nel contempo, è inferiore anche a quella che si ottiene per gli stati secchi.
- Porosità e contenuto in argilla: la diminuzione della velocità associata ad un aumento del contenuto di argilla può essere confrontata con la diminuzione della velocità associata ad un aumento della porosità. Infatti, le particelle di argilla creano una microporosità composta da piccoli pori di 1 µm riducendo notevolmente la dimensione dei pori. Da vari studi effettuati in merito, si evince che una gran parte della variazione della velocità dovuta al cambiamento di contenuto di argilla, è attribuibile alla significativa quantità di microporosità presente all'interno di minerali di argilla. Si riscontra, infatti, un brusco cambiamento delle proprietà della matrice rocciosa con l'aggiunta di una piccola quantità d'argilla.
- Fratturazione: il grado di fratturazione di una formazione rocciosa è legato alle proprietà idrogeologiche delle rocce, come la porosità e la permeabilità (capacità delle rocce di farsi attraversare dalle acque). L'importanza dell'impiego del metodo sismico per la valutazione del grado di fratturazione di una formazione rocciosa, è basata sulle evidenze sperimentali che indicano una diminuzione della velocità delle onde di compressione (Vp) e di taglio (Vs) e un aumento del coefficiente di attenuazione α al crescere della densità di frattura. In sintesi, le indagini suggeriscono che le velocità delle onde P e S decrescono con l'aumentare dei parametri di frattura, mentre il rapporto Vp/Vs aumenta con il decrescere dei parametri di frattura.

Le velocità sismiche che si andranno a misurare su rocce o terreni, pertanto, saranno spesso influenzate dall'effetto contemporaneo di tutti i fattori citati (oltre che ad altri meno importanti nel nostro contesto).

2.3. Strumentazione impiegata

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

Nel dettaglio:

sistema energizzante: tale sistema deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali. Per generare le onde di compressione P e di taglio Sh è stata utilizzata una massa battente da 5kg.

sistema di ricezione: per l'indagine sono stati utilizzati 48 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione verticale), con frequenza caratteristica di 4.5 Hz. Per la sismica a rifrazione sono stati utilizzati anche 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione orizzontale), con frequenza caratteristica di 8 Hz.



Figura 4 – Geofoni per onda P e Sh; a) schema di funzionamento del geofono per onda P; b) geofono per onda P con frequenza caratteristica di 4.5 Hz; c) geofono per onda S con frequenza caratteristica di 8 Hz.

trigger: la metodologia utilizzata, in quanto attiva, prevede che l'inizio della registrazione sia individuato mediante un *trigger:* consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra o la trave (nel nostro caso si è usato un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

sistema di acquisizione dati: sismografo costituito da un sistema multicanale a conversione digitale. Il modello è denominato *GEODE* (prodotto dalla *GEOMETRICS,* Fig. 5; Tab. 3) ed è caratterizzato da una risoluzione di acquisizione pari a 24 bit (Tecnologia Delta Sigma). Tale sistema è in grado di registrare, su ciascun canale in forma digitale, le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 24 bit. Esso è collegato a ciascuno dei geofoni ed al sensore del trigger, consentendo quindi di registrare in forma numerica e visualizzare sotto forma di tracce, su un apposito monitor, le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.



Figura 5 - Sismografo GEODE (Geometrics).

A/D Conversion:	24 bit (Crystal Semiconductor sigma-delta converters)
DynamicRange:	144 dB (system), 110 dB (instantaneous, measured) at 2ms, 24dB.
Distortion:	0.0005% @ 2 ms, 1.75 to 208 Hz.
Bandwidth:	1.75 Hz to 20 kHz
Common Mode Rejection:	> -100 dB at <=100 Hz, 36 dB.
Crosstalk:	-125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms.
Noise Floor:	0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz.
Stacking Trigger Accuracy:	1/32 of sample interval.
Maximum Input Signal:	2.8 VPP.
Input Impedance:	20 kOhm, 0.02 uf.
Preamplifier Gains: dB, or 0dB.	24 or 36 dB
Anti-alias Filters:	-3 dB at 83% of Nyquist frequency, down 90 dB.
Pre-trigger Data:	Up to 4,096 Samples.
Sample Interval:	0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 ms.
Record Length:	16,000 samples standard
Delay:	0 to 9999 ms in 1 ms steps.
Data Transmission:	Ethernet connections

Tabella 3 - Specifiche tecniche Sismografo GEODE.

2.4. Schema di acquisizione

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati utilizzando n°24 canali canali d'acquisizione (geofoni) con un passo intergeofonico di 5 m (Fig.6).

Tutti gli stendimenti sono caratterizzati da:

- tempo di acquisizione: 1 s;
- intervallo di campionamento 0.125 µs.



Figura 6 – Esempio di fasi di acquisizione

2.5. Processing

Il processing del dataset di sismica a rifrazione è stato condotto mediante il Software RAYFRACT (Intelligent Resources Inc., Canada), studiato per l'elaborazione di dati relativi ad indagini sismiche eseguite in superficie, realizzate sia con onde P che S, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse. Rayfract consente sia la ricostruzione della

geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, soprattutto nel caso di strutture profonde.

Lo schema di interpretazione utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei "Fronti d'onda" (Brückl, 1987; Jones and Jovanovich, 1985) e del Plus-minus (Hagedoorn, 1959), fondata su una regressione del campo dei tempi di primo arrivo (Brückl, 1987). Tale metodo può essere considerato un'ottimizzazione dell'algoritmo del GRM, capace di risolvere l'immagine dei rifrattori con andamenti topografici molto accidentati. A partire dal modello sopraccitato è stato quindi utilizzato il codice di calcolo per la modellazione tomografica che utilizza, nell'algoritmo d'inversione, un "raytracing" con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller, 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell'algoritmo d'iterazione. In generale, il tempo di percorrenza di un'onda sismica lungo un percorso S attraverso un mezzo bidimensionale (2D) può essere scritto come

$$t = \int_S u[\mathbf{r}(x,y)] \tag{2.1}$$

dove u(r) è il campo delle lentezze (l'inverso delle velocità) e r è il vettore posizione. Discretizzando il campo di lentezze u(r) con m celle equidimensionali ognuna caratterizzata da una lentezza costante uk (k=1, 2, …, m) la dromocrona i-esima delle n disponibili può essere scritta come

$$t_i = \sum_{k=1}^{m} l_{ik} \cdot u_k \tag{2.2}$$

dove lik rappresenta la porzione dell'i-esima dromocrona nella cella k-esima. Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

$$\mathbf{t} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{u} \tag{2.3}$$

dove t è il vettore dei dati sperimentali (tempi di primo arrivo letti sui sismogrammi), M è la matrice rettangolare contenente le porzioni dei percorsi nelle varie celle, u è il vettore delle lentezze (incognite del problema). Il problema inverso da risolvere è pertanto:

$$\mathbf{u} = \widetilde{\mathbf{M}}^{-1} \cdot \mathbf{t} \tag{2.4}$$

dove M è la matrice inversa generalizzata. Poiché i percorsi sismici dipendono dalle lentezze, la matrice M dipende anche dalle lentezze e quindi il problema inverso è un problema non-lineare che deve essere risolto iterativamente partendo da una soluzione iniziale (modello di partenza). L'equazione da considerare è pertanto la seguente

$$\mathbf{J} \cdot \Delta\mathbf{u} = \Delta\mathbf{t} \tag{2.5}$$

dove Δt è la differenza tra i tempi sperimentali e i tempi calcolati per il modello di lentezze iniziale u_0; Δu è la perturbazione del modello iniziale; e J è la matrice jacobiana contenente le derivate parziali delle dromocrone rispetto alle lentezze nelle celle. Poiché il problema è parzialmente sovradeterminato (per alcune celle si hanno molti percorsi) e parzialmente sottodeterminato (per alcune celle non è disponibile nessun percorso) esso è stato risolto con la tecnica dei minimi quadrati smorzati, cioè è stata minimizzata con la seguente funzione errore

$$\varphi = \left\| \mathbf{J} \cdot \Delta\mathbf{u} - \Delta\mathbf{t} \right\|^2 + \lambda \left\| \mathbf{L}_2 \mathbf{u} \right\|^2 \tag{2.6}$$

dove λ è il fattore di smorzamento e la matrice L2 è una matrice derivata seconda (operatore laplaciano) che forza la soluzione verso la soluzione più regolare possibile (smoothest solution).

3. RISULTATI INDAGINE SISMICA

L'indagine di tomografia sismica ha permesso di ricostruire un assetto sismo-stratigrafico delle aree indagate. In linea generale, le tomografie hanno restituito la presenza di sismo-strati piano paralleli con la presenza di lenti di materiale talvolta più o meno compatto. Per un più immediato confronto tra le tomografie sismiche, è stata usata la stessa scala sia per le velocità in onda P che in onda Sh.

La SRT1 ha restituito la presenza di terreno caratterizzato da velocità sismiche che identificano il basamento sismico (Vs<800 m/s) a una profondità variabile tra i 20 e i 30 m dal p.c..

La SRT2 ha restituito la presenza di sismo-strati piano paralleli pur non intercettando il basamento sismico; non si rinvengono lenti di materiale meno compatto.

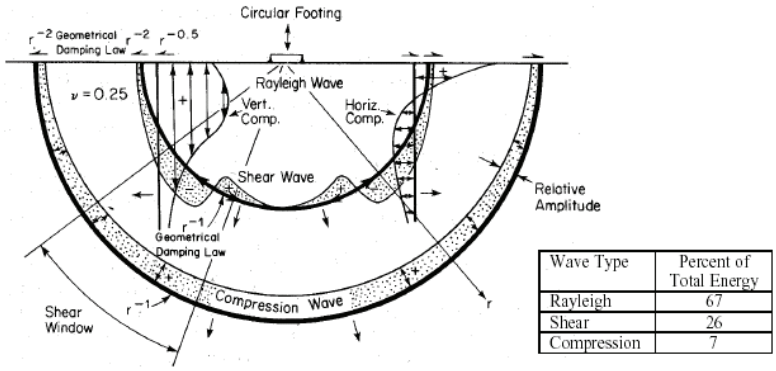
La SRT4 ha restituito le velocità sismiche che hanno identificato la presenza di basamento sismico; inoltre, il settore superficiale ha restituito, per i primi 3 m di profondità, delle velocità in onda Sh che non superano i 250 m/s suggerendo la presenza di materiale poco compatto.

La SRT5 ha restituito valori di velocità sismiche maggiori rispetto a tutte le altre tomografie con valori di Vs che superano i 1100 m/s; ciò suggerirebbe la presenza di basamento sismico a circa 20-25 m dal p.c. e di materiale particolarmente compatto sin dai primi 10 m di profondità.

4. METODO MASW

4.1. Principi di funzionamento e cenni sul metodo

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle Vs viene ottenuta tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh (Fig. 7).



Wave Type	Percent of Total Energy
Rayleigh	67
Shear	26
Compression	7

Figura 7 - Distribuzione delle onde di Rayleigh nel sottosuolo.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, ossia onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999; Aki, K. and Richards, P.G., 1980). La velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh, quindi, dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, ossia con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali dando, quindi, informazioni sulla porzione più superficiale del suolo. Onde a bassa frequenza, invece, si propagano negli strati più profondi dando informazioni, quindi, sulla parte più profonda del suolo. Le indagini MASW si distinguono in attive e passive o in una combinazione di entrambe. Nel metodo attivo, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo, lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e consente di misurare anche il rumore ambientale di fondo esistente.

Facendo riferimento al metodo attivo da noi utilizzato, possiamo dire che, una generica acquisizione di segnali sismici lungo uno stendimento lineare, con sorgente esterna alla linea sismica, può essere rappresentata come una funzione u(x, t) dove *x* è lo spazio e *t* il tempo.

Applicando ai segnali la trasformata di Fourier lungo l'asse dei tempi, otteniamo la funzione U(x,f):

$$U(x,f) = \int u(x,t) e^{ift}\, dt \tag{4.1}$$

La funzione U(x, f) può essere espressa come la moltiplicazione di due termini separati:

$$U(x,f) = P(x,f)A(x,f) \tag{4.2}$$

dove P(x,f) e A(x,f) rappresentano, rispettivamente, lo spettro di fase e di ampiezza.

Nella funzione U(x,f), ogni componente in frequenza è completamente separata dalle altre e l'informazione del tempo di arrivo è preservata nello spettro di fase P(x, f).

Nella funzione P(x,f), sono contenute inoltre tutte le informazioni relative alla dispersione delle onde superficiali di Rayleigh mentre la funzione A(x, f) contiene tutte le informazioni inerenti l'attenuazione e la divergenza sferica. Tenendo conto della rappresentazione esponenziale dello spettro di fase, la (4.2) può essere espressa come:

$$U(x,f) = e^{-i\theta x} A(x,f) \tag{4.3}$$

Dove F=f/cf con f = frequenza angolare e cf = velocità di fase per ogni frequenza.

Operando un integrale di linea in dx e normalizzando per il modulo della funzione |U(x,f)|, otteniamo la funzione V(f, ϕ):

$$V(f,\varphi) = \int e^{i\phi x}\left[U(x,f)/|U(x,f)|\right]dx = \int e^{-i(\Phi-\phi)x}\left[A(x,f)/|A(x,f)|\right]dx \qquad (4.4)$$

La funzione V(f, ϕ), ottenuta dalla trasformazione integrale, può essere pensata come la somma, lungo tutto lo stendimento, del campo d'onda relativo ad ogni frequenza, applicando uno shift di fase dipendente dall'offset, al campo d'onda, per un'assunta velocità di fase cf = f/ϕ.

La normalizzazione al modulo della funzione |U(x, f)|, minimizza i fenomeni di attenuazione e di divergenza sferica. Risulta ovvio che la funzione V(f, ϕ) avrà un massimo in corrispondenza di un valore:

$$\phi = F = f / cf \qquad (4.5)$$

Per un dato valore di ϕ, dove si verifica un massimo della funzione V(f, ϕ), la velocità di fase cf può essere determinata. Tenendo conto che cf = f/ϕ, la funzione V(f, ϕ) può essere trasformata nella funzione I(f, cf) che viene definita "spettro di velocità di fase". In essa, lungo l'asse cf, appariranno dei picchi che soddisferanno, per ogni frequenza, l'equazione (2.5). Il luogo dei punti lungo questi massimi, per differenti valori di frequenza f, perme di identificare le curve di dispersione delle velocità di fase dei modi di oscillazione dell'onda superficiale di Rayleigh.

La curva di dispersione media delle velocità di fase dell'onda di Rayleigh, estratta con la metodologia MASW, è invertita al fine ottenere un modello monodimensionale di onde di taglio.

4.2. Strumentazione impiegata

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prova è la stessa dell'indagine di sismica a rifrazione; si rimanda al paragrafo 2.3.

4.3. Schema di acquisizione

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati utilizzando 24 canali d'acquisizione (geofoni) con passo intergeofonico variabile da 2 m a 5 m a seconda dello spazio a disposizione (Fig. 8). L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 24;
- tempo di acquisizione: 1 s;

- intervallo di campionamento 0.125 µs.



Figura 8 – Esempio di fasi di acquisizione

5. RISULTATI INDAGINI MASW

Le indagini MASW hanno consentito di ottenere un modello monodimensionale di Vs che, com'è noto, può essere ritenuto esaustivo del profilo verticale di Vs nel punto centrale dello stendimento. Pertanto, secondo la nuova normativa NTC2018, si riscontra la presenza di terreno che va a collocarsi nella categoria di suolo **B** con velocità che non scendono al di sotto dei 396 m/s. In linea generale, le indagini Masw hanno intercettato il basamento sismico ad una profondità che non supera i 29 m, ad eccezione delle Masw 5 e 6 in cui il basamento sismico risulta essere presente, probabilmente, a profondità maggiori. Le indagini Masw non hanno restituito inversioni di velocità sismica, suggerendo un graduale e costante aumento delle Vs con la profondità.

Per i dettagli si rimanda all'allegato grafico.

ID	Basamento	Vseq (m/s)	Cat. Suolo
Masw 1	-	396	**B**
Masw 2	X	447	**B**
Masw 3	X	473	**B**
Masw 4	X	404	**B**
Masw 5	-	494	**B**
Masw 6	-	562	**B**
Masw 7	X	539	**B**
Masw 8	X	431	**B**
Masw 9 adriatico	X	583	**B**
Masw 10	X	455	**B**
Masw 11	X	509	**B**
Masw 12	X	640	**B**

Tabella 4 – Schema riassuntivo dei risultati delle indagini Masw.

Per i dettagli si rimanda agli elaborati grafici allegati alla presente relazione.

6. METODO HVSR

6.1. Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La tecnica di sismica passiva a stazione sismica o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è una tecnica totalmente non invasiva. Si può applicare ovunque senza nessun tipo di perforazione e non ha bisogno di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. Le registrazioni di microtremore ambientale, nelle sue tre componenti spaziali, rappresentano uno strumento per una microzonazione speditiva. Il microtremore ambientale (*noise* sismico) è un movimento minimo (nell'ordine di 10^{-2} - 10^{-6} mm) del terreno presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde di superficie (Rayleigh e Love) prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P e S negli strati superficiali. Viene prodotto anche dal vento e dalle onde del mare e a frequenze alte da sorgenti di carattere antropico (industrie e traffico veicolare; Cessaro, 1994; Gutenberg, 1958). I risultati che si possono ottenere sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito, parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici così da evitare l'effetto della "doppia risonanza";

- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio qualora la misura viene effettuata all'interno dello stesso;
- stimare la velocità delle onde di taglio Vs a patto che si dispone di informazioni aggiuntive sul modello geologico del sottosuolo o si hanno informazioni di letteratura sul sito in esame (per es. profondità del bedrock sismico, stratigrafie da sondaggi a carotaggio continuo o profili Vs da prove MASW o di sismica a rifrazione).

Il metodo si basa sul rapporto spettrale tra la componente orizzontale (H) e quella verticale (V) (eseguito nel dominio delle frequenze). Esso fu introdotto come strumento speditivo per stimare l'incidenza delle condizioni locali sull'amplificazione dello scuotimento dovuto ad un sisma. Il principio si basa sul fatto che, misurando il rapporto H/V determinabile da microtremori, si stimano le frequenze che possono essere amplificate in caso di sisma.

6.2. Frequenza fondamentale del sito

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per *risonanza stratigrafica* (si ha risonanza stratigrafica quando si è in presenza di terreni di copertura con spessore superiore a tre metri su di un substrato rigido), in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione: f=Vs/4h (formula semplificata) dove Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato. Dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale (Esempio in Fig.9a) viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di impedenza significativi) attraverso un "picco" della curva (in genere dovuto ad un minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti; Fig.9b). La frequenza fondamentale del sito è da intendersi quella più significativa a bassa frequenza. Eventuali altre frequenze evidenziate (picchi secondari) se vicine alle frequenze di interesse ingegneristico (struttura) possono essere comunque significative.

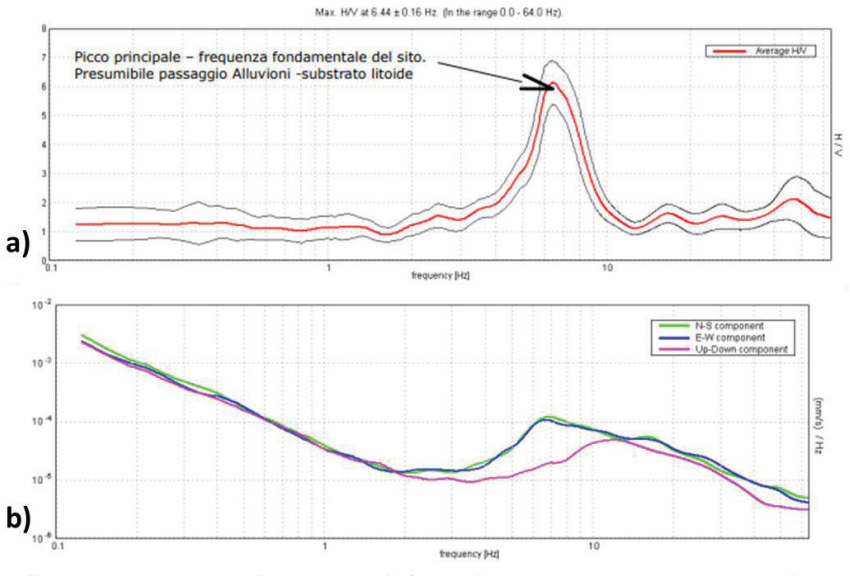


Figura 9 - a) Rapporto spettrale H/V; b) Esempio di spettri a singole componenti

Le frequenze di risonanza del sottosuolo costituiscono un parametro fondamentale per i progettisti, i quali devono evitare, o se non è possibile quanto meno tenere in debita considerazione nel dimensionamento delle strutture, i fenomeni di "doppia risonanza" che costituiscono la vera causa delle distruzioni generate da un terremoto.

6.3. Profili sismico-stratigrafici e parametro Vs_{eq}

La legislazione antisismica (NTC 2018) adotta come parametro fondamentale per la stima degli effetti di sito la velocità media delle onde di taglio nei metri di sottosuolo fino all'intercettazione del bedrock, parametro comunemente chiamato Vs_{eq}. Stime di Vs_{eq} sono perciò necessarie quasi ovunque per la microzonazione sia a grande scala che alla scala dei singoli edifici. La curva sperimentale HVSR viene "fittata" con una curva teorica usando come vincolo lo spessore dello strato più superficiale (o altro orizzonte il cui picco H/V è individuabile sulla curva sperimentale) di sottosuolo (generalmente noto dalle indagini geotecniche necessarie per legge per ogni progettazione edilizia, come ad esempio prove penetrometriche; Fig.10), basandosi sulla nota equazione che lega la frequenza di risonanza (f) allo spessore (h) dello strato e alla velocità delle onde di taglio (Vs): f=Vs/4h (da cui h=Vs/4f).

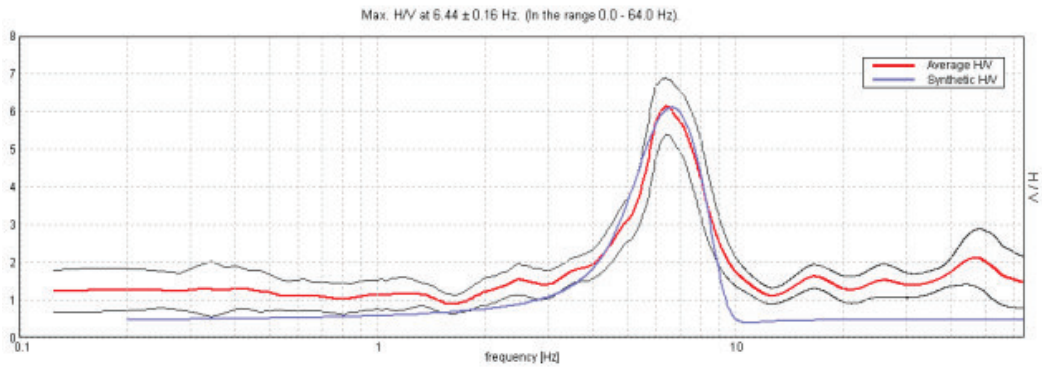


Figura 10 - esempio di fittaggio del modello teorico

6.4. Acquisizione e strumentazione utilizzata

Esistono delle note linee guida (progetto SESAME) per acquisire dati utili alle analisi HVSR (Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations Measurements, Processing and Interpretation, http://sesame-fp5.obs.ujfgrenoble.fr/Delivrables/Del-D23_HV_User_Guidelines.pdf). I dati vengono acquisiti attraverso il Tromino della Micromed (Fig. 11).



Figura 11 -Tromino della Micromed

In Tabella 5 sono elencate le caratteristiche dello strumento.

Tromino	
Numero dei canali velocimetrici	3 canali velocimetrici per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale e 3 per la registrazione di vibrazioni forti.
Numero dei canali accelerometrici	3 canali per il monitoraggio di vibrazioni.
Numero dei canali analogici	1 (es. trigger esterno).
GPS	ricevitore GPS integrato, antenna interna e/o esterna per localizzazione e/o sincronizzazione tra diverse unità.

Intervallo di frequenza	0.1 – 1024 Hz con conversione A/D > 24 bit equivalenti a 128 Hz.
cavo esterno	Nessuno

Tabella 5 - Specifiche tecniche del Tromino



Figura 12 - Esempio di fase di acquisizione Hvsr

Per tutte le misure l'intervallo di registrazione utilizzato è di 40 minuti con una frequenza di campionamento pari a 128 Hz. Per una migliore valutazione della direzionalità del segnale, lo strumento è stato messo in bolla ed orientato con il nord strumentale rispetto al nord magnetico.

Importante è la messa in bolla dello strumento al fine di minimizzare gli errori come, ad esempio, il cosiddetto "effetto del tilting" che può essere provocato da un cambiamento della livellazione mentre si effettua la misura producendo una perturbazione della forma della curva H/V risultante soprattutto nella sua parte in bassa frequenza. Importante è anche orientare il N sul sensore secondo il nord geografico, per convenzione; in questo caso il terzo canale, (connessione al geofono orizzontale N-S) è

quello maggiormente eccitato. Le registrazioni sono state suddivise in intervalli temporali di durata di 20 secondi; è stata eseguita, quindi, un'analisi spettrale delle tre componenti e calcolato il rapporto spettrale per ognuno dei segmenti temporali ottenuti. Durante tale operazione è stata eseguita una "lisciatura" dello spettro, con una finestra temporale pari al 10 % della frequenza centrale. La curva H/V finale è stata ottenuta come media dei rapporti spettrali su tutti i segmenti.

In alcuni casi è stato necessario eliminare alcuni dei segmenti temporali in cui erano presenti i cosiddetti "transienti", cioè rumore sismico elevato e occasionale (in genere di origine antropica). I risultati finali dell'elaborazione consistono in modelli mono-dimensionali che riportano una stima delle velocità delle onde di taglio in relazione alla profondità.

I dati acquisiti attraverso le misure a stazione singola HVSR sono stati elaborati mediante il software Grilla V.6.1 (Micromed). Nello specifico, Grilla è il software creato per archiviare, gestire, visualizzare ed analizzare le registrazioni del Tromino. I diversi moduli del software permettono di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- Procedure di pulizia dei tracciati nel dominio del tempo e della frequenza, test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee;
- determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- analisi direzionale, confronto tra analisi e registrazioni diverse, numerosi altri strumenti matematici di analisi;
- Referto automatico con tabelle e illustrazioni.

7. RISULTATI INDAGINI HVSR

Le indagini HVSR sono state eseguite lungo gli stendimenti Masw corrispondenti restituendo, nei primi metri investigati, velocità in onda Sh in accordo con quelle ottenute dalle indagini Masw. Si specifica che le due tipologie di indagini indagano porzioni di terreno diverse; la Masw discrimina meglio i sismostrati

da piano campagna fino a 30 m di profondità mentre le HVSR discriminano la presenza di n+1 layers dove n è il numero di picchi individuato.

In linea generale, le indagini HVSR evidenziano il basamento sismico (Vs>800 m/s) ad una profondità in forte accordo con quella riscontrata nelle Masw; in generale il basamento viene riscontrato ad una profondità che va da 13 m dal p.c. a circa 45 m dal p.c..

ID	Basamento	Profondità (m)
HVSR1	X	44.5
HVSR2	X	26
HVSR3	X	26.8
HVSR4	X	37.20
HVSR5	X	38
HVSR6	X	35
HVSR7	X	18
HVSR8	X	13
HVSR9 adriatico	X	25
HVSR10	X	32.5
HVSR11	X	27
HVSR12	X	22

Tabella 6 – Tabella riassuntiva delle indagini HVSR

8. METODO REMI

8.1. Principi di funzionamento e cenni sul metodo

L'indagine ReMi si basa sull'analisi dei microtremori spontaneamente presenti nell'ambiente, cioè sollecitazioni di qualsiasi origine, anche antropica, provenienti da sorgenti ignote e isotropiche (disposte in tutte le direzioni) rispetto allo stendimento sismico.

L'indagine viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare; per ottenere una buona risoluzione in termine di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4 - 14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15 – 30 s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale. Al contrario di ciò che avviene con la tecnica MASW attiva, in cui il segnale generato dalla sorgente sismica controllata può essere "disturbato" dal rumore di varia origine soprattutto in un ambiente molto antropizzato, il metodo MASW passiva – ReMi consente una rapida ed agevole acquisizione dei dati, senza dover operare con una sorgente attiva e quindi eseguibile da un solo tecnico

operatore. L'uso di un sismografo digitale con elevata dinamica consente di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni impiegati.

La metodologia ReMi analizza le onde di Rayleigh che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza reciproca tra onde longitudinali P e di taglio verticali SV. La dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali e quindi dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo quali ad esempio la velocità delle onde di taglio Vs e lo spessore degli strati.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cinquanta metri di profondità. L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f.

L'operatore esegue un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o 1/velocità di fase) per alcune frequenze. Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto. I dati selezionati dall'immagine p-f vengono plottati su un diagramma nel quale compare anche una curva di dispersione calcolata a partire da un modello di Vs che è modificabile dall'interpretatore. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità nel modello, la curva di dispersione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking. Si tratta di una modellazione diretta, monodimensionale, che può accettare inversioni di velocità con la profondità ed in cui conta molto il peso che deriva dall'abilità e dall'esperienza del geofisico.

8.2. Strumentazione impiegata e modalità di acquisizione

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prova è la stessa utilizzata nelle indagini di sismica a rifrazione; pertanto si rimanda al paragrafo 2.3.

8.3. Schema di acquisizione

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati utilizzando 24 canali d'acquisizione (geofoni) con passo intergeofonico variabile da 2 m a 5 m a seconda dello spazio a disposizione (Fig. 12). L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 24;
- tempo di acquisizione: 262 s;
- intervallo di campionamento 4 ms;

9. RISULTATI INDAGINI REMI

Le indagini ReMi hanno consentito di ottenere un modello monodimensionale di Vs che, com'è noto, può essere ritenuto esaustivo del profilo verticale di Vs nel punto centrale dello stendimento.

Le indagini ReMi individuano un graduale aumento delle velocità con la profondità con l'assenza di marcate inversioni di Vs. La profondità del basamento intercettato risulta in accordo con quanto individuato dalle indagini Masw e Hvsr. Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei risultati Remi.

ID	Basamento	Profondità (m)
Remi 1	-	
Remi 2	X	26.6
Remi 3	X	26
Remi 4	X	39
Remi 5	X	35
Remi 6	X	35
Remi 7	X	18
Remi 8	X	14
Remi 9 adriatico	X	23.5
Remi 10	X	33
Remi 11	X	25.5
Remi 12	X	22

Tabella 7 – Tabella riassuntiva delle indagini Remi

10. PROSPEZIONE DOWN HOLE

Lo scopo della prova DH, prova sismica in foro, è quello di valutare la velocità delle onde sismiche primarie Vp e secondarie Vsh, dal piano campagna sino ad una profondità pari a 30 m (Gasperini & Signanini, 1983). Le prove sismiche Down-Hole vengono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde dirette che si propagano dalla superficie in profondità. Il terreno viene energizzato in superficie, in prossimità di testa-foro, e la registrazione avviene in foro grazie ad un geofono triassiale ancorato a profondità crescenti. Tale geofono registra gli spostamenti, tradotti sotto forma di impulsi elettrici, lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z). Le onde sismiche vengono generate energizzando il terreno in direzione verticale e in direzione trasversale (parallelamente al suolo). Nel primo caso, verranno generate prevalentemente onde compressive (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z). Nel secondo caso, verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde Sh) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y). Le onde di taglio, avendo velocità inferiori rispetto a quelle compressive, solitamente intorno al 60 - 70%, raggiungono il geofono quando il primo fronte d'onda compressiva è già transitato. Questo passaggio, purtroppo, costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali, in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda Sh. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva P e l'energia dell'onda trasversale S a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni, riduce sensibilmente la componente compressiva presente nel segnale. Tali prove forniscono una dettagliata stratigrafia di velocità delle onde compressive (Vp) e delle onde di taglio (Vsh).

10.1. Acquisizione

La distanza tra le sorgenti di onde P e Sh ed il boccaforo è pari a 2 metro. Una volta raggiunta la profondità di prova (fondo foro), i ricevitori vengono assicurati alla parete del tubo di rivestimento mediante dei pistoni azionati da un compressore; la sorgente viene colpita in senso verticale per generare onde di compressione P e lateralmente per generare onde di taglio Sh (Fig. 13) facendo partire, per mezzo del trigger, la registrazione del segnale acquisita secondo i seguenti parametri:

Sampling interval (ms)	0. 125
Record length (s)	0.5
Spacing (m)	1

Tabella 8 – Parametri di campionamento prove DH

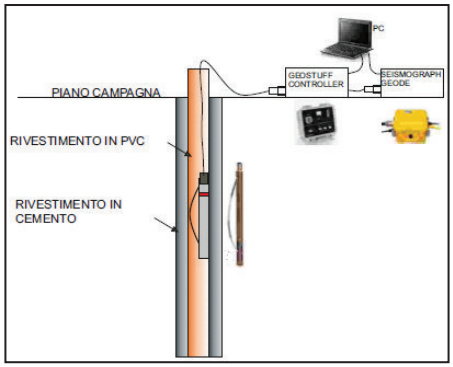


Figura 13 - Schema di acquisizione prova Down-Hole

Le indagini down hole sono state effettuate all'interno dei fori di sondaggio corrispondenti S2. L2, L6 (Fig. 14).



Figura 14 – Esempio di fasi di acquisizione

10.2. Processing indagine Down Hole

La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio pari a circa un decimo di millisecondo. La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei primi arrivi sia delle onde P che delle onde Sh. Il picking dei tempi delle onde P è una operazione relativamente semplice, mentre per la corretta individuazione dei tempi di arrivo delle onde

Sh, è necessario evidenziare l'inversione di fase dell'onda di taglio. A tale scopo, si effettua la sovrapposizione dei sismogrammi ricavati per la stessa profondità dai due punti di battuta; la corretta localizzazione delle onde Sh si avrà quando, sovrapponendo le tracce, si noterà un movimento uguale ed opposto della fase d'onda. La prima operazione da fare è la correzione, sulla verticale, dei tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto della distanza tra la sorgente e il bocca-foro. Con i tempi corretti si realizza il grafico (Tcorr, z), sia per le onde P che per le onde Sh. Le velocità dei terreni investigati vengono finalmente ottenute in maniera indiretta con il "metodo intervallo": i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due posizioni consecutive del ricevitore posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo). La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone; la velocità media delle onde sismiche, in strati omogenei di terreno, è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali. Successivamente alla costruzione delle dromocrone ed alla determinazione della velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, si potranno calcolare i moduli elastici caratteristici avendo informazioni sulla densità dei litotipi incontrati durante la perforazione.

Il **modulo di Young E** (o modulo di elasticità longitudinale) è definito a partire dalla legge di Hooke:

$E = \sigma/\varepsilon$

Con σ: sforzo, viene misurato in Pascal; ε: deformazione, è una grandezza adimensionale, spesso la si esprime in percentuale. Il modulo di Young viene determinato dal diagramma sforzo-deformazione mediante la formula appena vista, nel tratto in cui il materiale subisce una deformazione elastica (ovvero rimuovendo lo sforzo il materiale deve essere in grado di ritornare alle dimensioni iniziali, Fig. 15).



Figura 15 - Diagramma sforzo - deformazione di un materiale duttile

Il **modulo di taglio μ**, detto anche modulo di scorrimento, di rigidità o di elasticità tangenziale, è una costante di Lamè che esprime il rapporto sforzo-deformazione tangenziali.

Data una piastra di lunghezza indefinita di spessore h, perpendicolare all'asse x, sulle cui facce agisce una coppia di tensioni tangenziali (o di taglio) di verso opposto T1 e -T1, si produrrà uno spostamento **δl/2** nel senso delle z positive e **δl/2** nel senso opposto. In pratica è come se una faccia rimanesse ferma e si producesse uno spostamento di **δl**.

Lo spostamento totale **δl** sarà in relazione allo sforzo di taglio T1 e allo spessore h secondo la relazione:

$$dl = \frac{1}{\mu} h T_1$$

dove μ è il modulo di taglio. Considerando lo spostamento angolare α, ponendo l'angolo uguale alla sua tangente, la relazione diventerà semplicemente:

$$\alpha = \frac{T_1}{\mu}$$

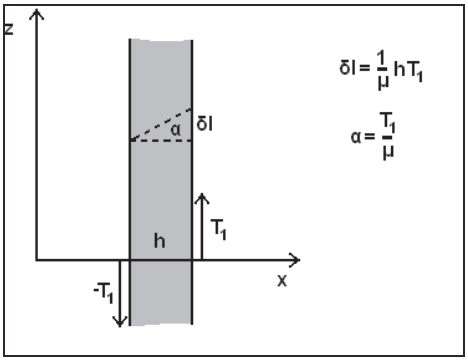


Figura 16 - Esempio di resistenza al taglio

Il modulo bulk K (o modulo di compressibilità) di un materiale definisce la capacità dello stesso di resistere ad una forza di compressione uniforme. È definito come l'incremento di pressione necessario a causare un relativo decremento di volume secondo la relazione:

$$K = -V\frac{\partial p}{\partial V}$$

dove K è appunto il modulo di compressibilità, p la pressione e V il volume.

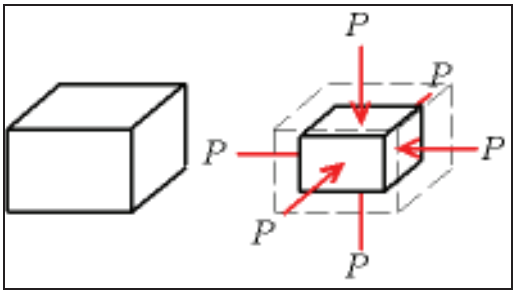


Figura 17 - Esempio di compressione uniforme

Si precisa inoltre che i moduli presentati nelle sezioni cui afferisce questa nota tecnica sono moduli dinamici cioè ottenuti calcolando i valori a piccolissime deformazioni rappresentate dal tratto iniziale reversibile della curva sforzi deformazioni. Per tanto, essi risulteranno essere molto maggiori rispetto a quelli calcolati con prove in situ e/o di laboratorio, in cui il terreno viene portato a rottura.

In particolare, nel presente lavoro è stato utilizzato il “Metodo della velocità di intervallo”.

Per interpretare i dati ottenuti dalla down-hole, è necessario correggere il i tempi di arrivo (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tener conto dell’inclinazione del percorso delle onde. Se d è la

distanza dall'asse sorgente del foro (Fig. 18), r la distanza tra la sorgente e i geofoni, z la profondità, è possibile ottenere il tempo corretto (tcor) usando la seguente formula di conversione: $t_{corr} = \frac{z}{r} t$.

In particolare, nel metodo della velocità di intervallo, i tempi di percorrenza sono misurati tra due ricevitori ubicati sulla stessa verticale (Fig. 18) ma a diverse profondità, consentendo quindi misurazioni di qualità migliore (velocità intervalli).

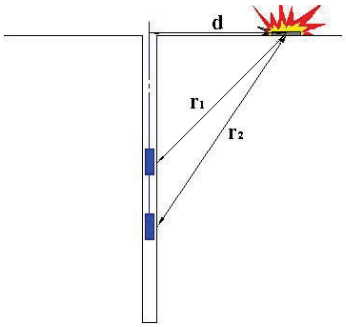


Figura 18 - Diagramma di una down-hole utilizzando il metodo d'intervallo.

Attraverso le misurazioni ottenute, è possibile calcolare il range di velocità delle onde P e S (Fig. 19), con la seguente formula:

$$v_{p,s} = \frac{z_2 - z_1}{t_{2cor} - t_{1cor}}$$

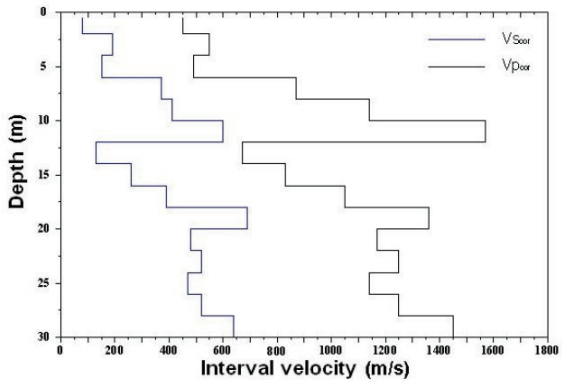


Figura 19 - Profilo di velocità sismica col metodo d'intervallo.

10.3. Risultati indagini

Prima di procedere alla descrizione dei risultati delle DH, occorre specificare che l'interpretazione sismo-litologica è stata fatta avvalendoci dei rispettivi sondaggi geognostici: L2, S2, L6.

Le indagini hanno restituito delle categorie di suolo e velocità equivalenti per ogni foro di sondaggio; in linea generale, hanno restituito valori di velocità sismiche e categorie di suolo molto simili tra loro evidenziando un a categoria di suolo di tipo **B**. Le velocità, in particolare le Vs, aumentano gradualmente con la profondità e non hanno evidenziato aree caratterizzate da inversioni di velocità, pertanto si esclude la presenza di materiale meno compatto. Inoltre, tutte le indagini DH hanno restituito, a una profondità variabile, il basamento sismico (Vs>800 m/s); in particolare, il basamento lo si riscontra a una profondità, nel settore sud e nord dell'area indagata (DH L2 e L6, rispettivamente), di 37 m dal p.c. mentre nel settore centrale (DH S2) lo si rinviene a 40 m dal p.c..

11. BIBLIOGRAFIA

Achenbach J. D., Xu Y., 1999. Wave motion in an isotropic elastic layer generated by a time-harmonic point load of arbitrary direction. Journal of the Acoustical Society of America, 106, 83 – 90.

Aki K., Richards P. G., 1980. Quantitative Seismology, Theory and Methods. Geological Magazine, 118, 02, DOI: 10.1017/S0016756800034439.

Biot M. A., 1956. Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid. Journal of the Acoustic Society of America, 28, 2, 168-191.

Biot M. A., 1962. Mechaniscm of deformation and acoustic propagation in porous media. Journal of Applied Physics, 33, 4, 1482-1498.

Boadu F. K., 1997. Fractured rock mass characterization parameters and seismic properties: Analytical studies. Journal of Applied Geophysics, 36, 1-19.

Brückl E., 1987. The interpretation of traveltime fields in refraction seismology. Geophysical prospecting, 33, 9, 973-992. https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1987.tb00855.x.

Cessaro R.K., 1994. Sources of Primary and Secondary Microseisms. Bulletin of the Seismological Society of America, 84, 1, 142-148.

Doglioni C. (1993): Some remarks on the origin of foredeeps. Tectonophysics, 228, 1-2, 1-20.

Gutenberg, 1958. Two types of microseisms. JGR, 63, 3, 595-597.

Hagedoorn J. G, 1959. The plus-minus method of interpreting seismic refraction sections. Geophysical Prospecting, 7, 2, 158-182. https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1959.tb01460.x.

Jones G.M. and Jovanovich D.B., 1985. A ray inversion method for refraction analysis. Geophysics, 50, 11, 1701-1720. https://doi.org/10.1190/1.1441861.

Kahraman S., 2002. The effects of fracture roughness on P-wave velocity. Engineering Geology, 63, 347-350.

Klimentos T. & McCann C., 1990. Relationships among compressional wave attenuation, porosity, clay content, and permeability in sandstones. Geophysics, 55, 8, 998-1014.

Kovallis B. J., Jones L. E. & Wang H. F., 1984. Velocity Porosity Clay content systematics of poorly consolidated sandstones. Journal of Geophysical Resaerch, 89, B12, 10355-10364.

Leucci G. & De Giorgi L., 2004. Studio degli effetti delle fratture sulla variazione di velocità di propagazione delle onde P ed S nelle calcareniti. Atti del 22° Convegno Nazionale GNGTS.

Liu Z., Rector J. W., Nihei K. T., Tomusa L., Myer L. R. & Nakagawa S., 2001. Extensional wave attenuation and velocity in partially-saturated sand in the sonic frequency range. EG Technical Program Expanded Abstracts 2001, 1808-1811. DOI:10.1190/1.1816479.

Watanabe T. & Sassa K., 1995. Velocity and amplitude of P-waves transmitted through fractured zones composed of multiple thin low-velocity layers. Internation Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 32, 4, 313-324.

Wyllie M. R., Gregory A. R. & Gardner G. H., 1956. Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media. Geophysics, 21, 1, 41-70.

Wyllie M. R., Gregory A. R. & Gardner G. H., 1962. Studies of elastic wave attenuation in porous media. Geophysics, 27, 3, 569-589.

Wyllie M. R., Gregory A. R., & Gardner G. H., 1963. Addendum to "Studies of elastic wave attenuation in porous media". Geophysics, 28, 6, 1074-1074.

Wyllie M. R., Gregory, A. R. & Gardner G. H., 1985. An experimental investigation of factors affecting elastic wave velocities in porous media. Geophysics, 23, 3, 459-493.

ALLEGATI

SOCOTEC
THE POWER OF FORESIGHT

SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Indagine tomografia sismica a rifrazione

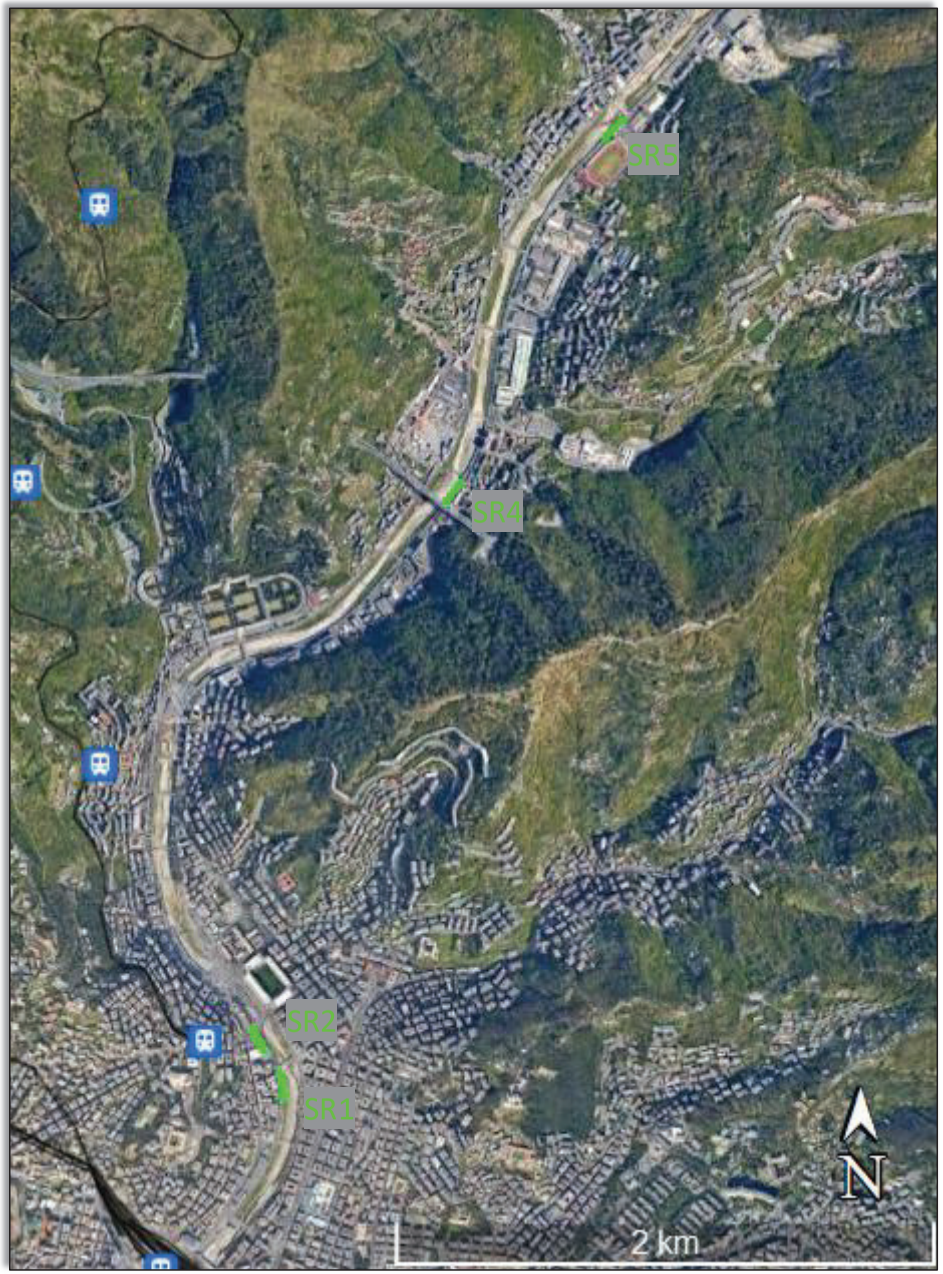
EMISSIONE: Rev.00
DATA: 05/07/2023

Elaborato	Verificato	Approvato
Paola Luiso	Donato Fiore	Massimo De Iasi
		
Umberto Giordano		
		

SOCOTEC ITALIA - AVELLINO DEPARTMENT

TAVOLA N°2

Ubicazione Indagine sismica a rifrazione (SR)











Lavoro:
SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Committente:
SYSTRA Italia

Indagini:
SR
Data di esecuzione:
Maggio 2023

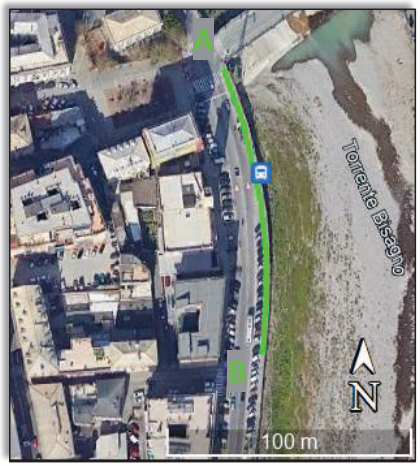
Elaborato: P. Luiso – U. Giordano

Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

SOCOTEC

TAVOLA N°3

Tomografia sismica – SR 1 – Onda P



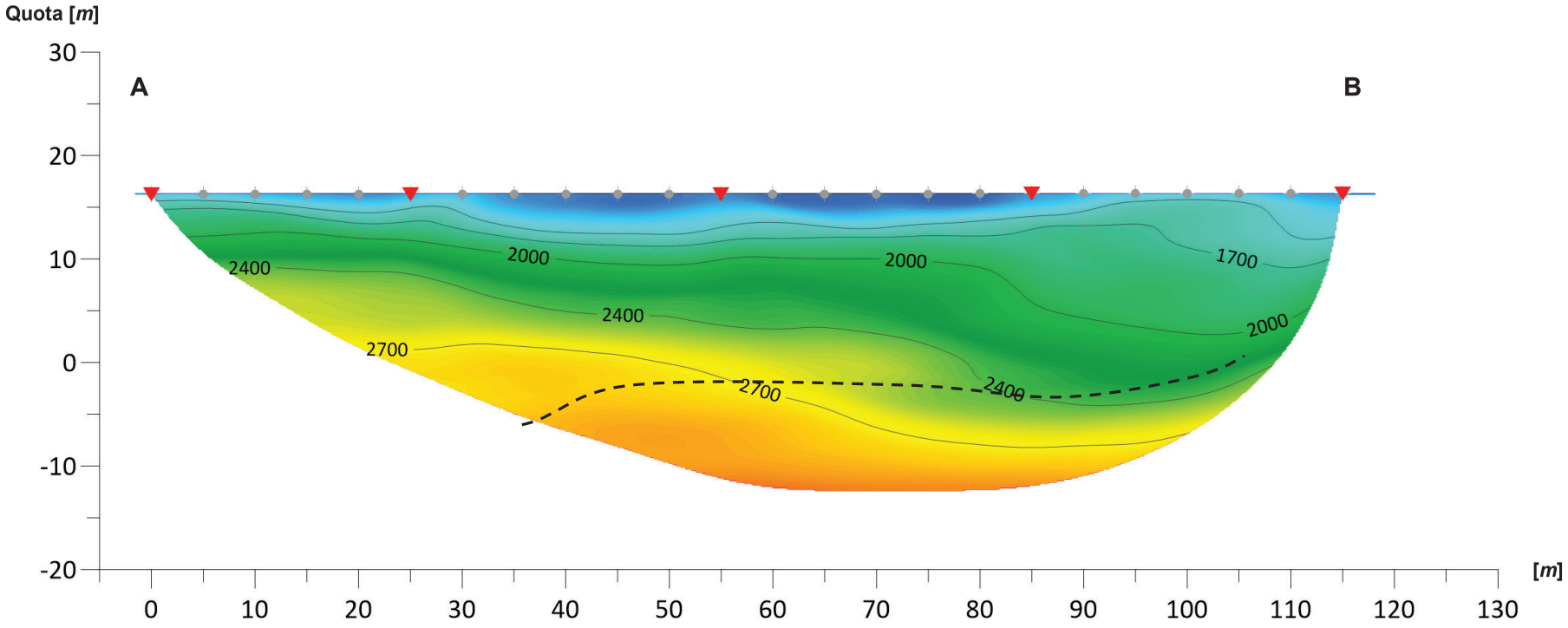
Passo intergeofonico: 5 m

Coordinate		
ID	**Latitudine**	**Longitudine**
A	4917790574 m N	496262880 m E
B	4917677843 m N	496275769 m E

Vp (m/s)

400 800 1200 1600 2000 2400 2800 3200 3600 4000

Basamento sismico individuato con indagine sismica



Scala 1 : 500

Lavoro:
SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Committente:
SYSTRA Italia

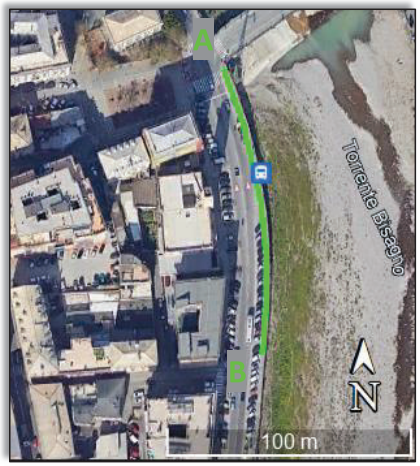
Indagini:
SR
Data di esecuzione:
Maggio 2023

Elaborato: P. Luiso – U. Giordano
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

SOCOTEC

TAVOLA N°4

Tomografia sismica – SR 1 – Onda Sh



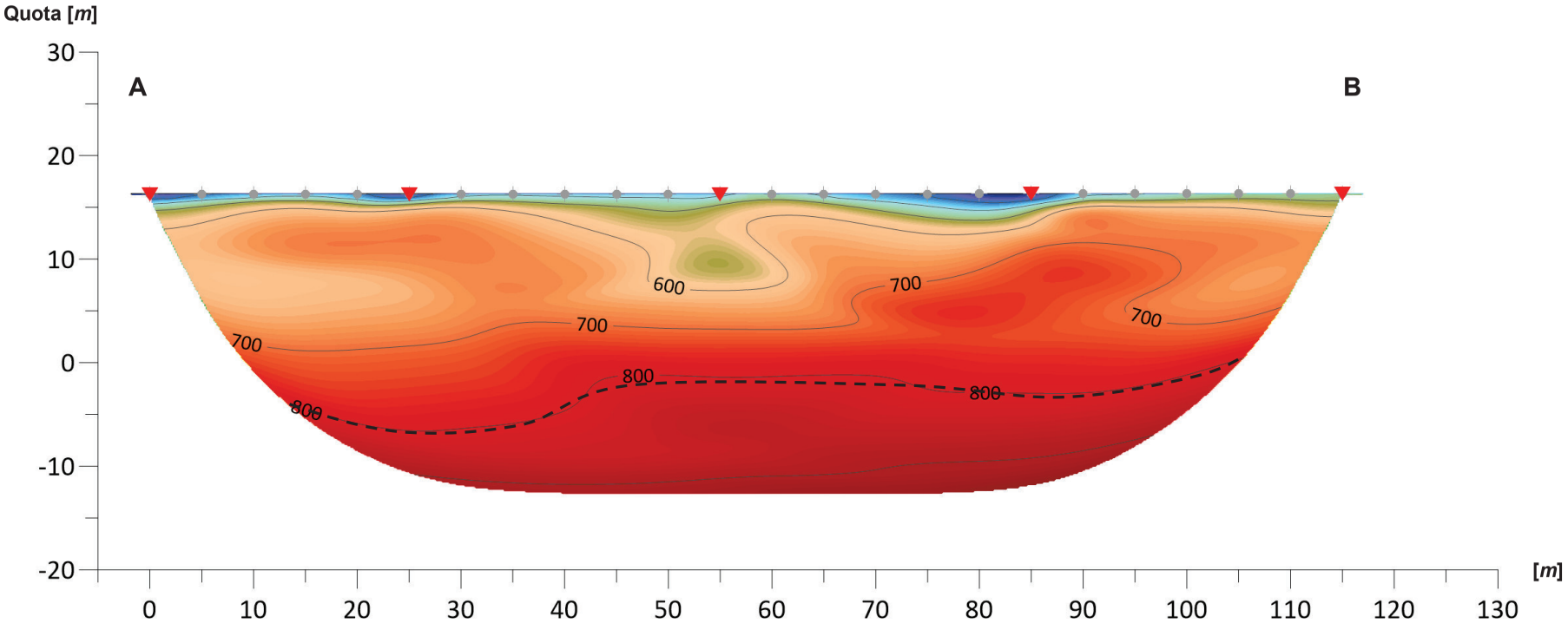
Passo intergeofonico: 5 m

Coordinate		
ID	**Latitudine**	**Longitudine**
A	4917790574 m N	496262880 m E
B	4917677843 m N	496275769 m E

Vsh (m/s)

200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100

Basamento sismico individuato con indagine sismica



Scala 1 : 500

Lavoro:
SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Committente:
SYSTRA Italia

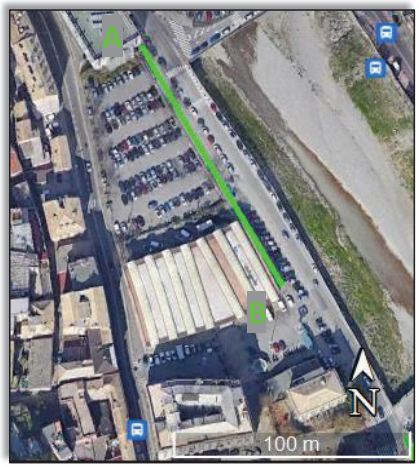
Indagini:
SR
Data di esecuzione:
Maggio 2023

Elaborato: P. Luiso – U. Giordano
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

SOCOTEC

TAVOLA N°5

Tomografia sismica – SR 2 – Onda P



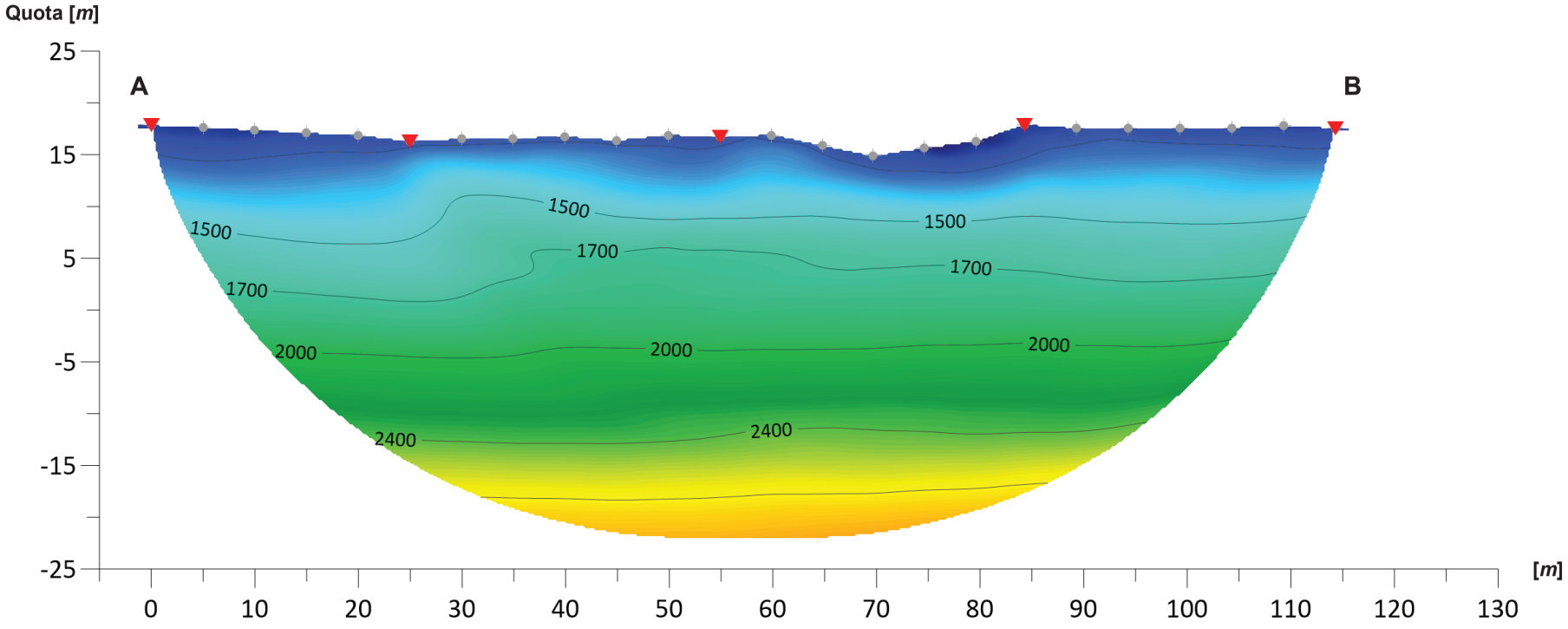
Passo intergeofonico: 5 m

Coordinate		
ID	Latitudine	Longitudine
A	4917961260 m N	496152981 m E
B	4917861066 m N	496209338 m E

Vp (m/s)

400 800 1200 1600 2000 2400 2800 3200 3600 4000

Basamento sismico individuato con indagine sismica



Scala 1 : 500

Lavoro:
SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Committente:
SYSTRA Italia

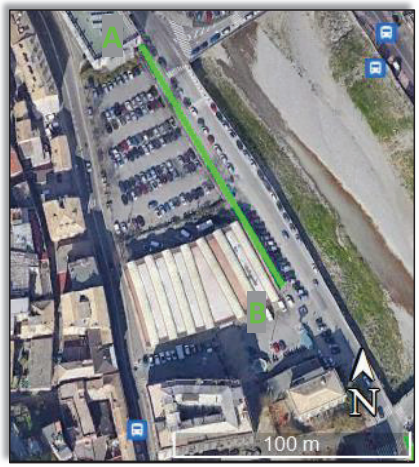
Indagini:
SR
Data di esecuzione:
Maggio 2023

Elaborato: P. Luiso – U. Giordano
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

SOCOTEC

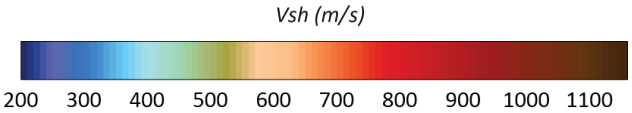
TAVOLA N°6

Tomografia sismica – SR 2 – Onda Sh

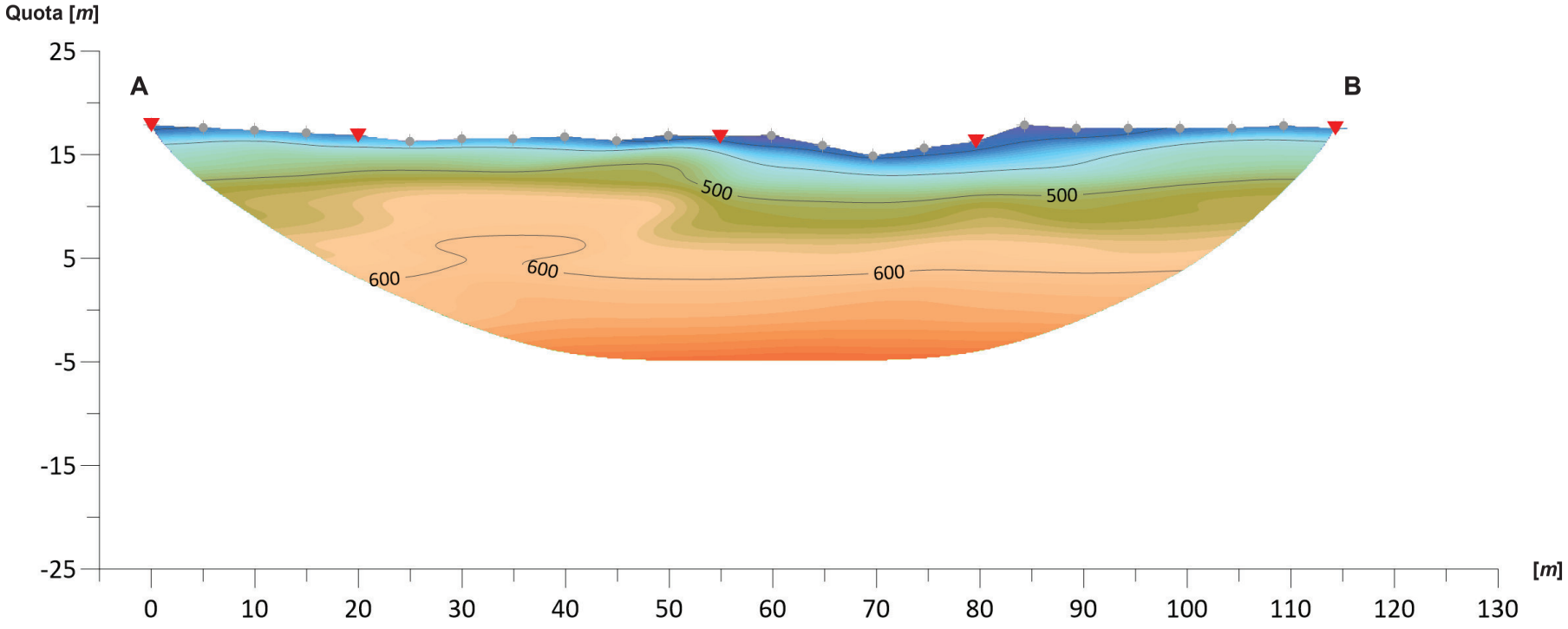


Passo intergeofonico: 5 m

Coordinate		
ID	Latitudine	Longitudine
A	4917961260 m N	496152981 m E
B	4917861066 m N	496209338 m E



Basamento sismico individuato con indagine sismica



Scala 1 : 500

Lavoro:
SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Committente:
SYSTRA Italia

Indagini:
SR
Data di esecuzione:
Maggio 2023

Elaborato: P. Luiso – U. Giordano
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

SOCOTEC

TAVOLA N°7

Tomografia sismica – SR 4 – Onda P



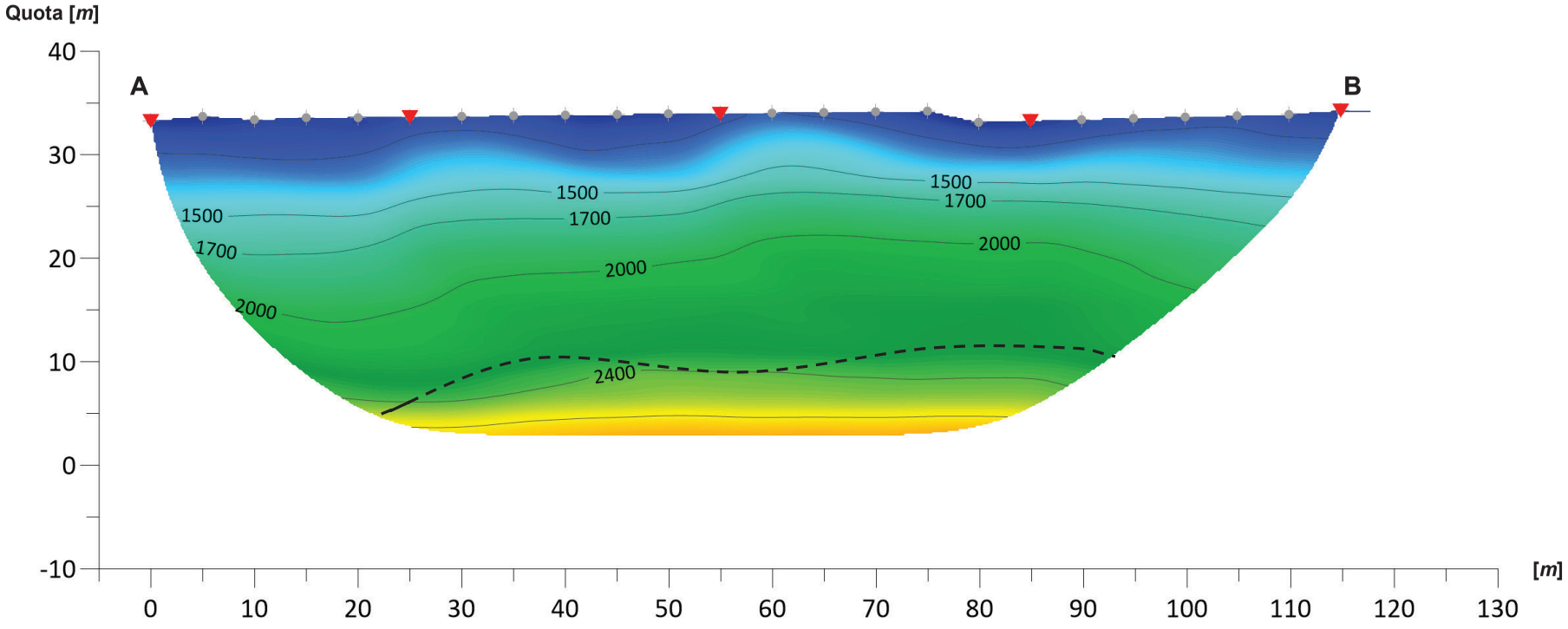
Passo intergeofonico: 5 m

Coordinate		
ID	Latitudine	Longitudine
A	4920040190 m N	496952148 m E
B	4919947797 m N	496884514 m E

Vp (m/s)

400 800 1200 1600 2000 2400 2800 3200 3600 4000

Basamento sismico individuato con indagine sismica



Scala 1 : 500

Lavoro:
SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Committente:
SYSTRA Italia

Indagini:
SR
Data di esecuzione:
Maggio 2023

Elaborato: P. Luiso – U. Giordano
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

SOCOTEC

TAVOLA N°8

Tomografia sismica – SR 4 – Onda Sh



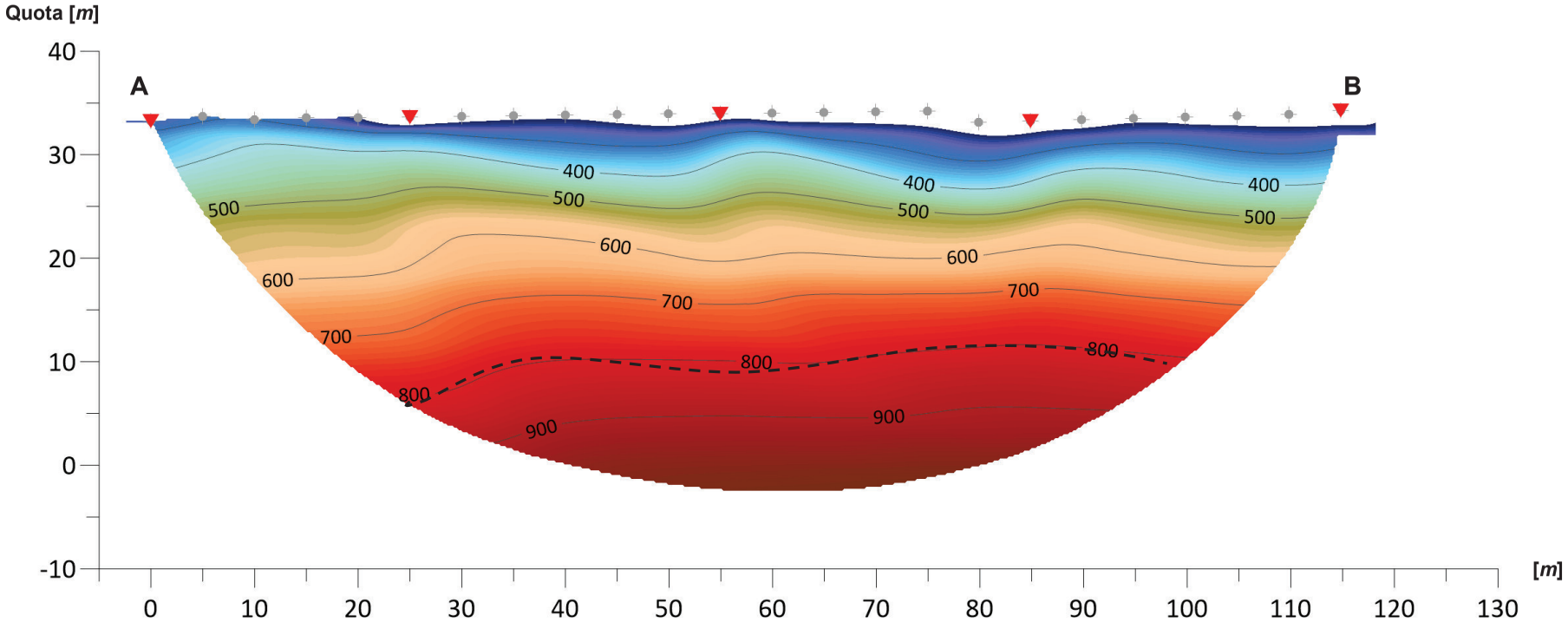
Passo intergeofonico: 5 m

Coordinate		
ID	**Latitudine**	**Longitudine**
A	4920040190 m N	496952148 m E
B	4919947797 m N	496884514 m E

Vsh (m/s)

200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100

Basamento sismico individuato con indagine sismica



Scala 1 : 500

Lavoro:
SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Committente:
SYSTRA Italia

Indagini:
SR
Data di esecuzione:
Maggio 2023

Elaborato: P. Luiso – U. Giordano
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

SOCOTEC

TAVOLA N°9

Tomografia sismica – SR 5 – Onda P



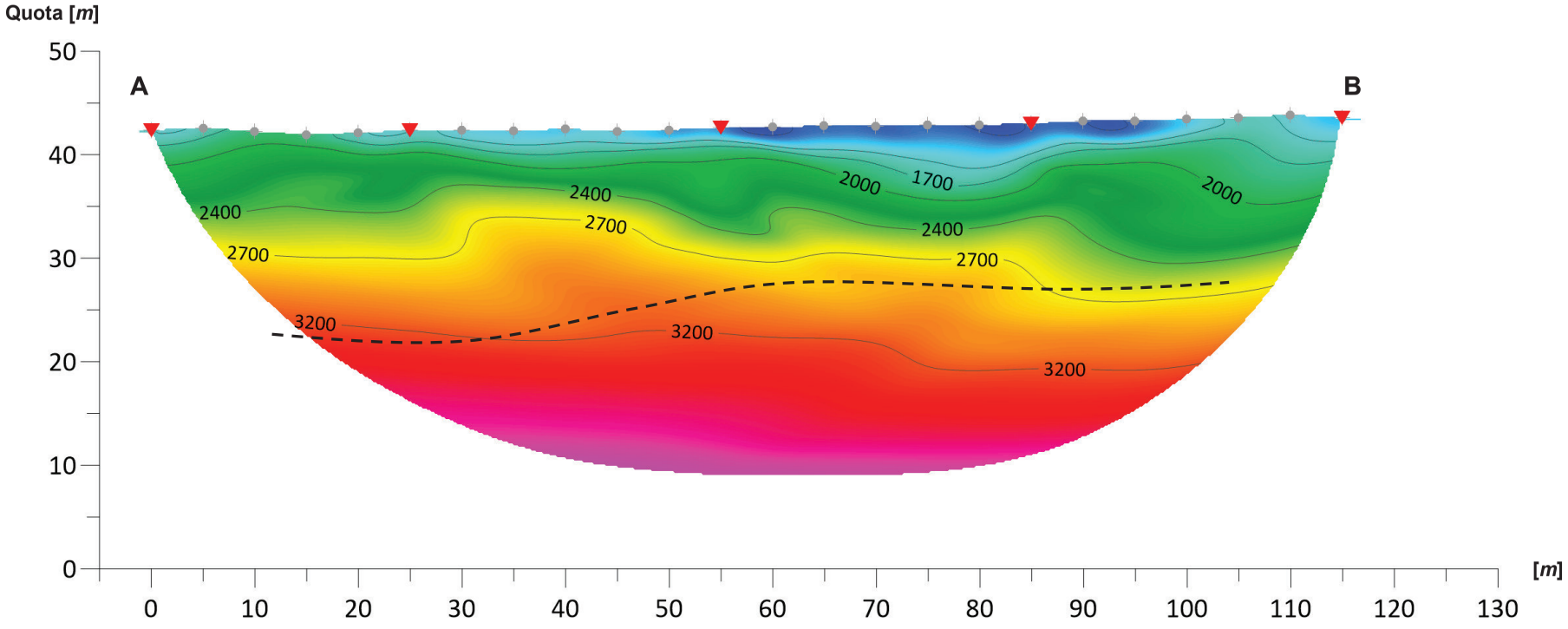
Passo intergeofonico: 5 m

Coordinate		
ID	Latitudine	Longitudine
A	4921400305 m N	497552390 m E
B	4921316714 m N	497472880 m E

Vp (m/s)

400 800 1200 1600 2000 2400 2800 3200 3600 4000

Basamento sismico individuato con indagine sismica



Scala 1 : 500

Lavoro:
SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Committente:
SYSTRA Italia

Indagini:
SR
Data di esecuzione:
Maggio 2023

Elaborato: P. Luiso – U. Giordano
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

SOCOTEC

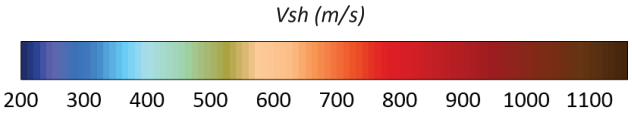
TAVOLA N°10

Tomografia sismica – SR 5 – Onda Sh

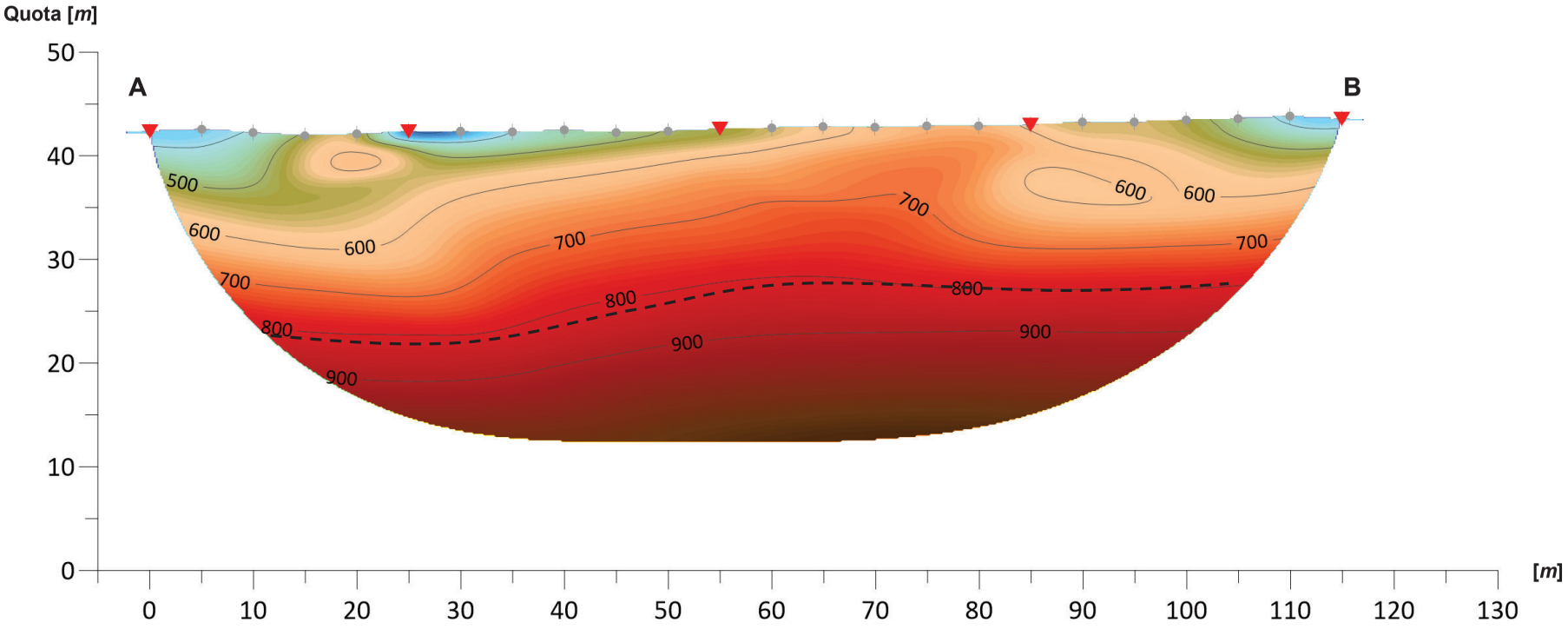


Passo intergeofonico: 5 m

Coordinate		
ID	Latitudine	Longitudine
A	4921400305 m N	497552390 m E
B	4921316714 m N	497472880 m E



Basamento sismico individuato con indagine sismica



Scala 1 : 500

Lavoro:
SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO

Committente:
SYSTRA Italia

Indagini:
SR
Data di esecuzione:
Maggio 2023

Elaborato: P. Luiso – U. Giordano
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

SOCOTEC

SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

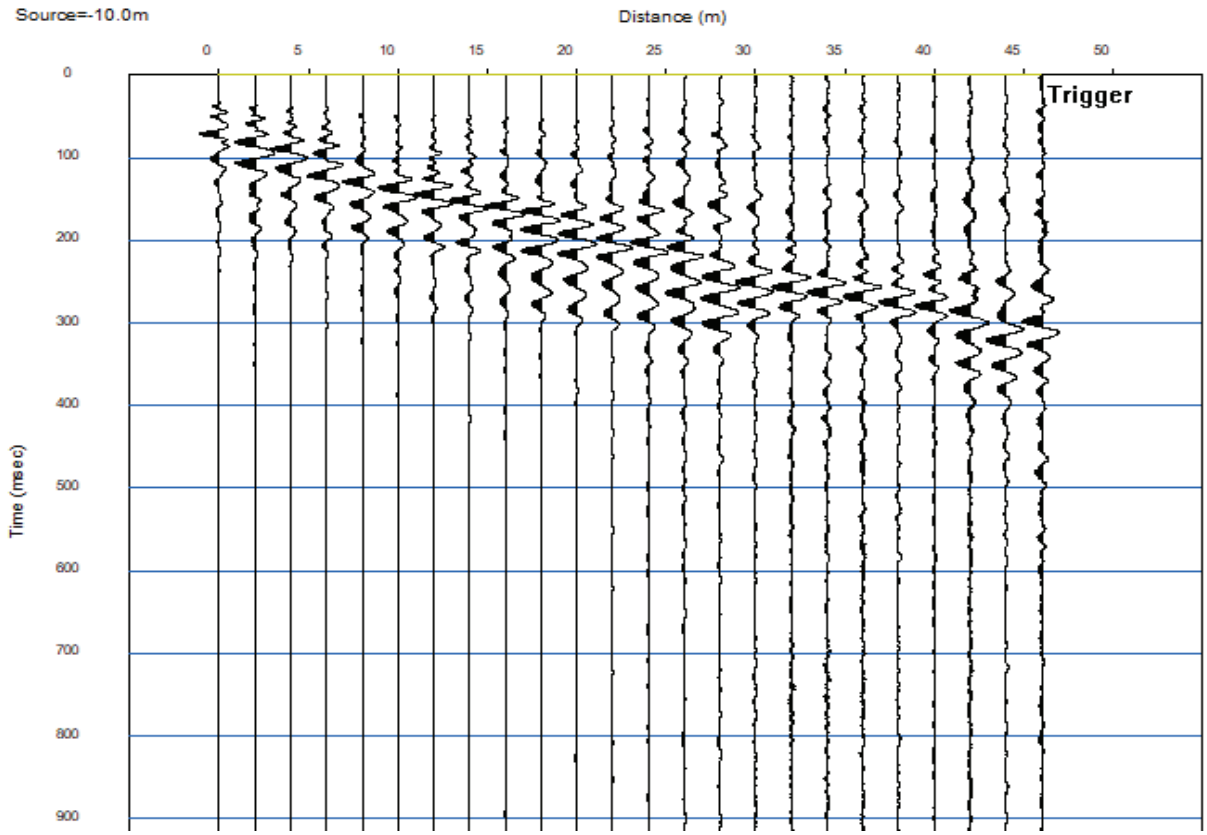
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 1		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917140.39 m N	
	Long.	496004.95 m E	



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 1		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917140.39 m N	
	Long.	496004.95 m E	

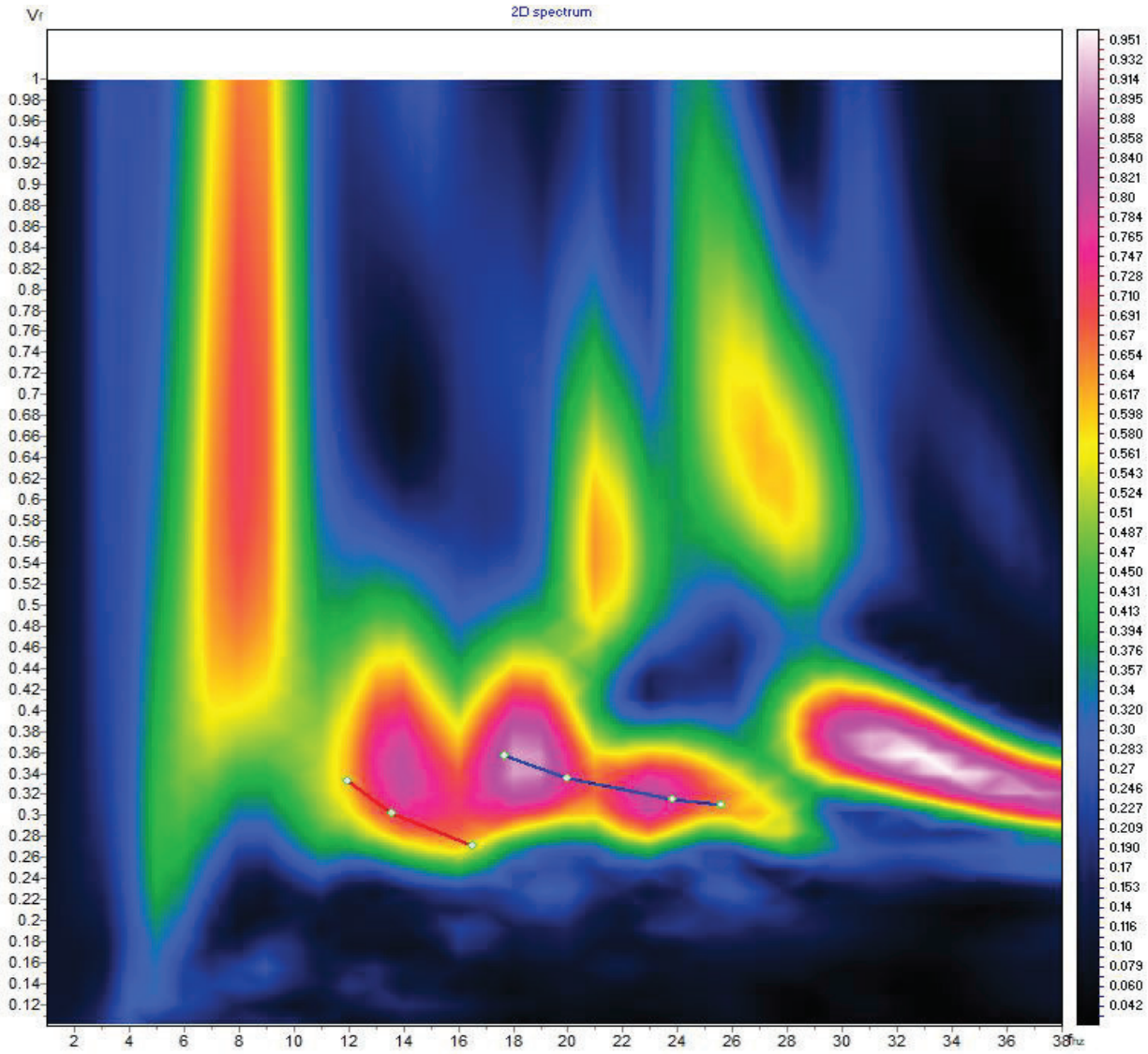
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 1		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917140.39 m N	
	Long.	496004.95 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



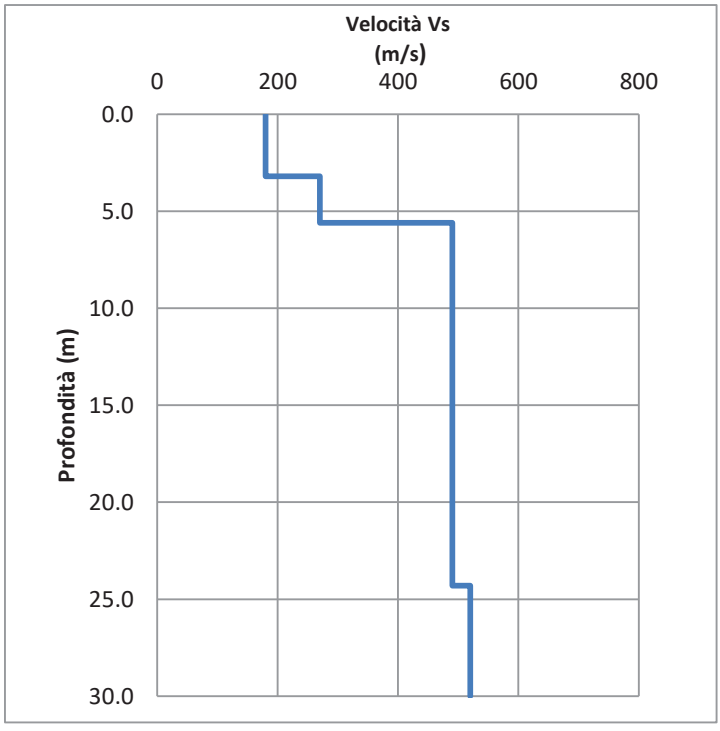
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST:	MASW 1		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917140.39 m N	
	Long.	496004.95 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	3.20	3.20	180.00
2	3.20	5.60	2.40	270.00
3	5.60	24.30	18.70	490.00
4	24.30	inf.	inf.	520.00

Vs eq (0 - 30)	**396**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

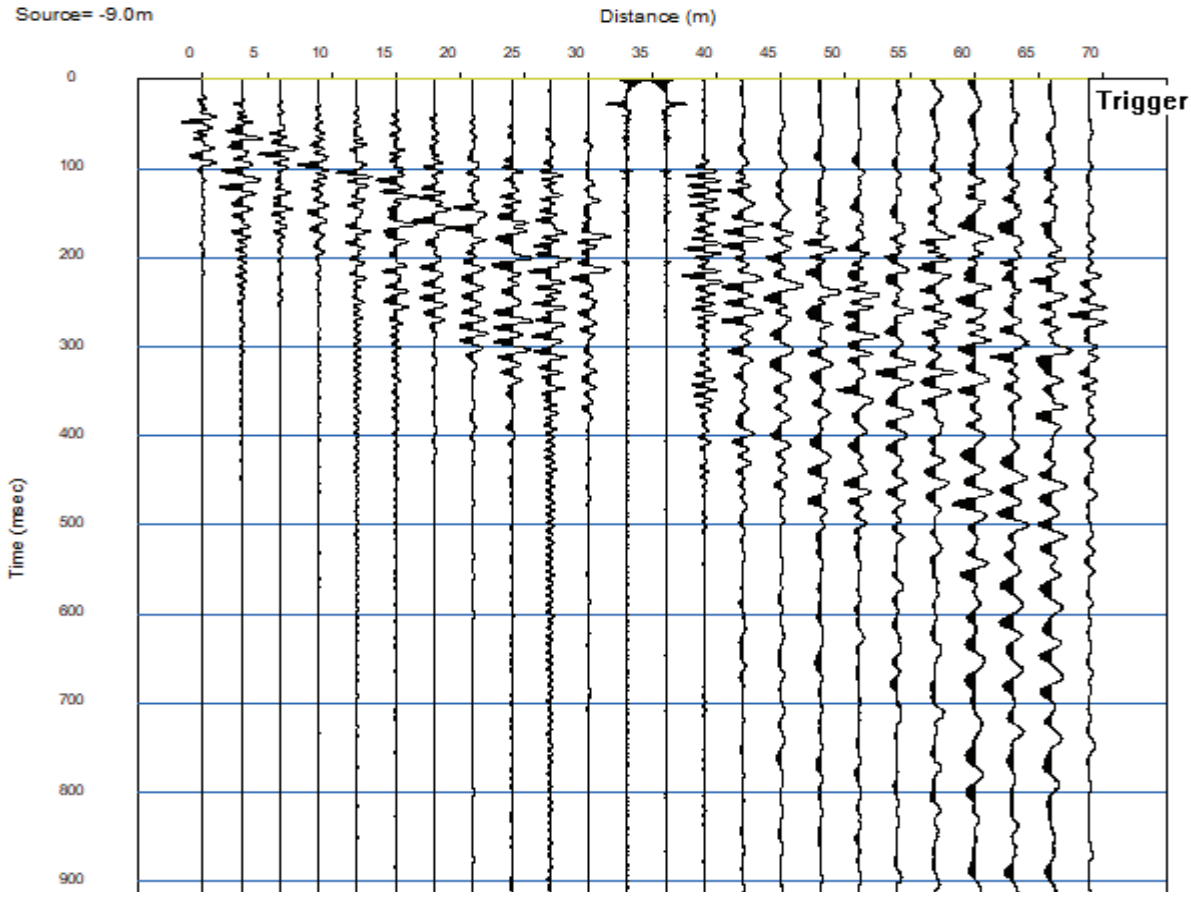
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 2		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917403.38 m N	
	Long.	496206.00 m E	



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 2		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917403.38 m N	
	Long.	496206.00 m E	

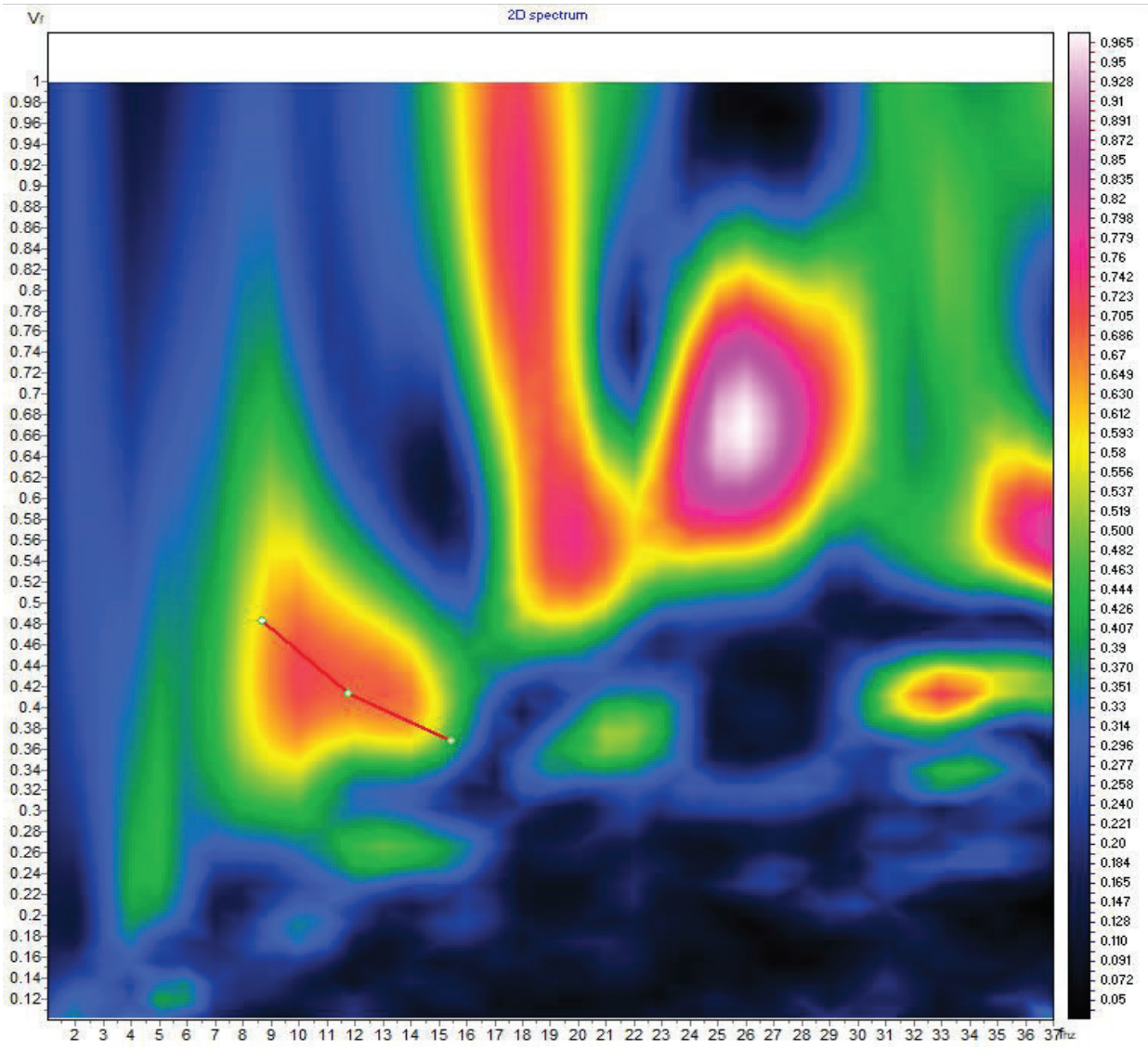
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 2		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917403.38 m N	
	Long.	496206.00 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



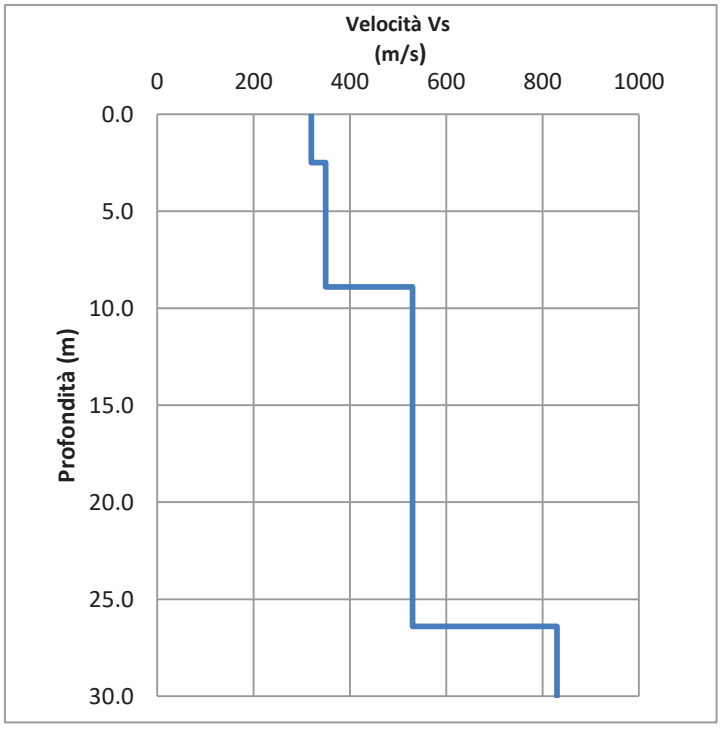
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST:	MASW 2		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917403.38 m N	
	Long.	496206.00 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	320.00
2	2.50	8.90	6.40	350.00
3	8.90	26.40	17.50	530.00
4	26.40	inf.	inf.	830.00

Vs eq (0 - 26.4)	**447**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

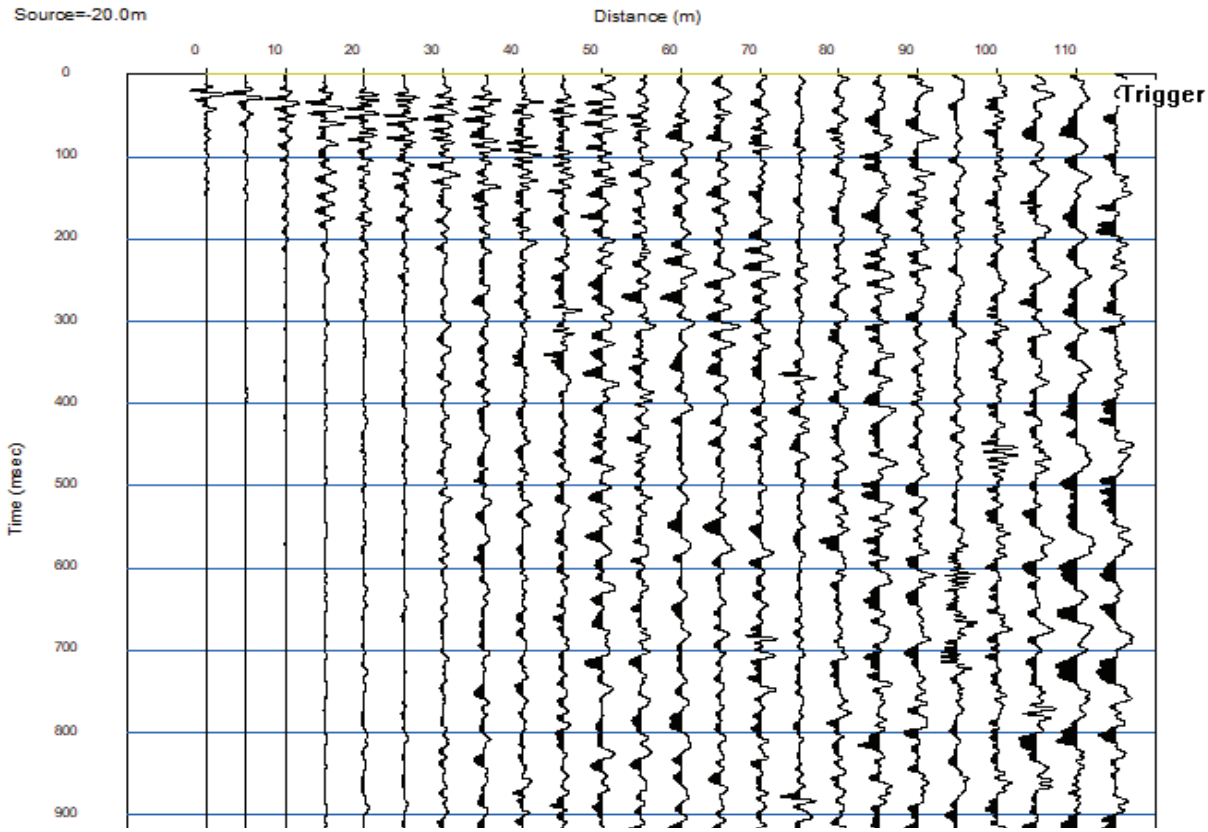
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 3		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496269.76 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 3		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496269.76 m E	

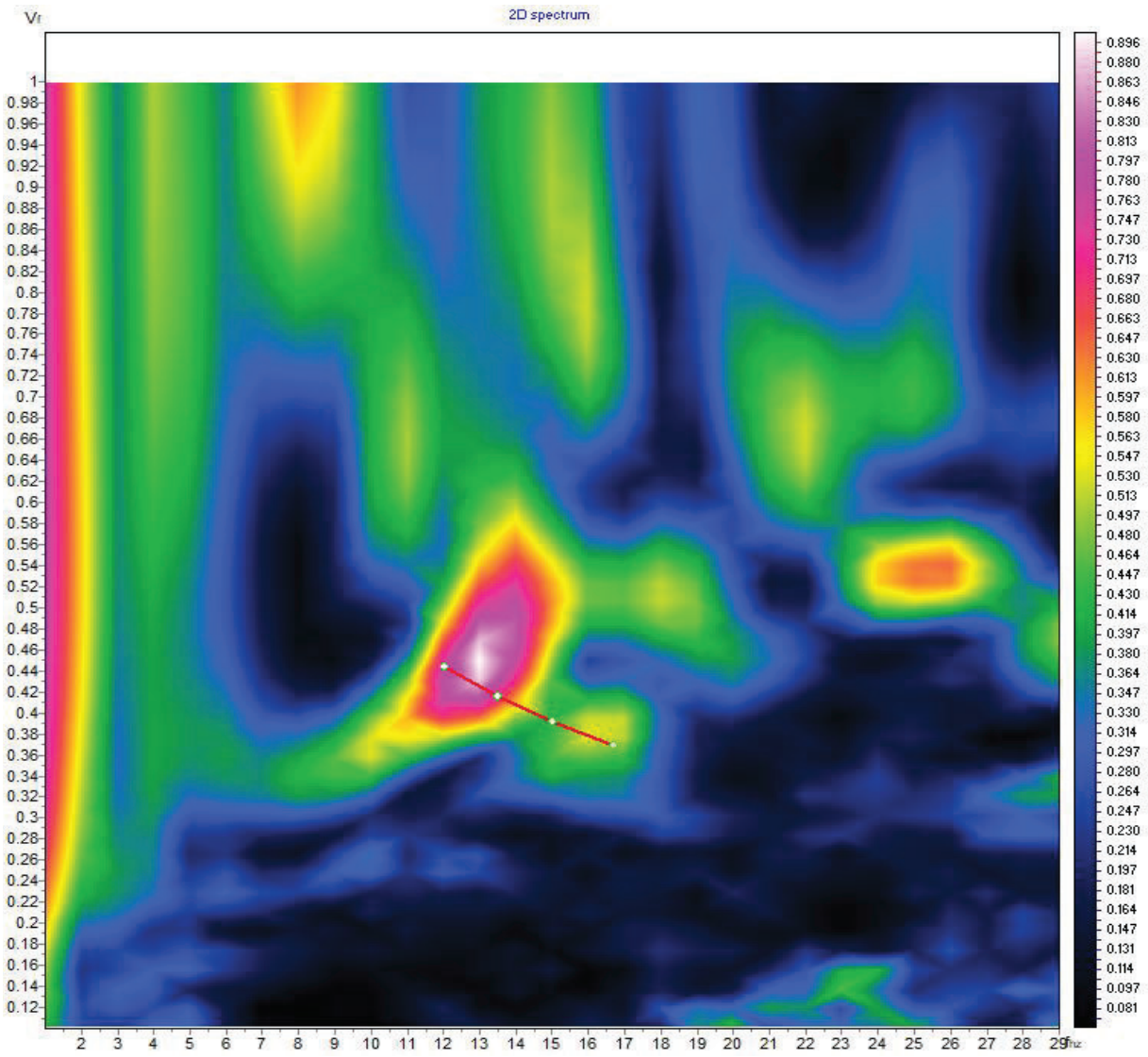
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 3		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496269.76 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



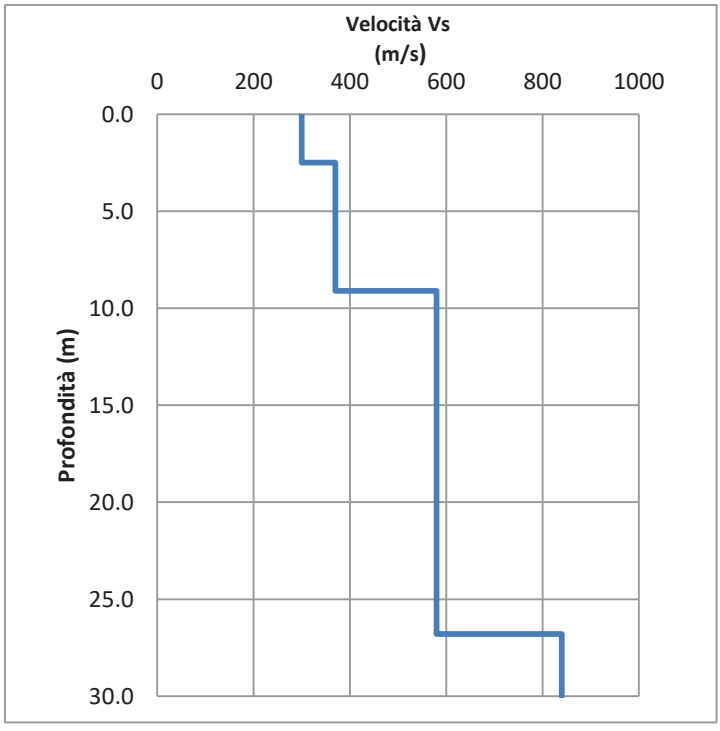
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova			
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO			
UBICAZIONE:	Brignole (GE)			
NOME TEST:	MASW 3			
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023			
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N		
	Long.	496269.76 m E		

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	300.00
2	2.50	9.10	6.60	370.00
3	9.10	26.80	17.70	580.00
4	26.80	inf.	inf.	840.00

Vs eq (0 - 25.8)	**473**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

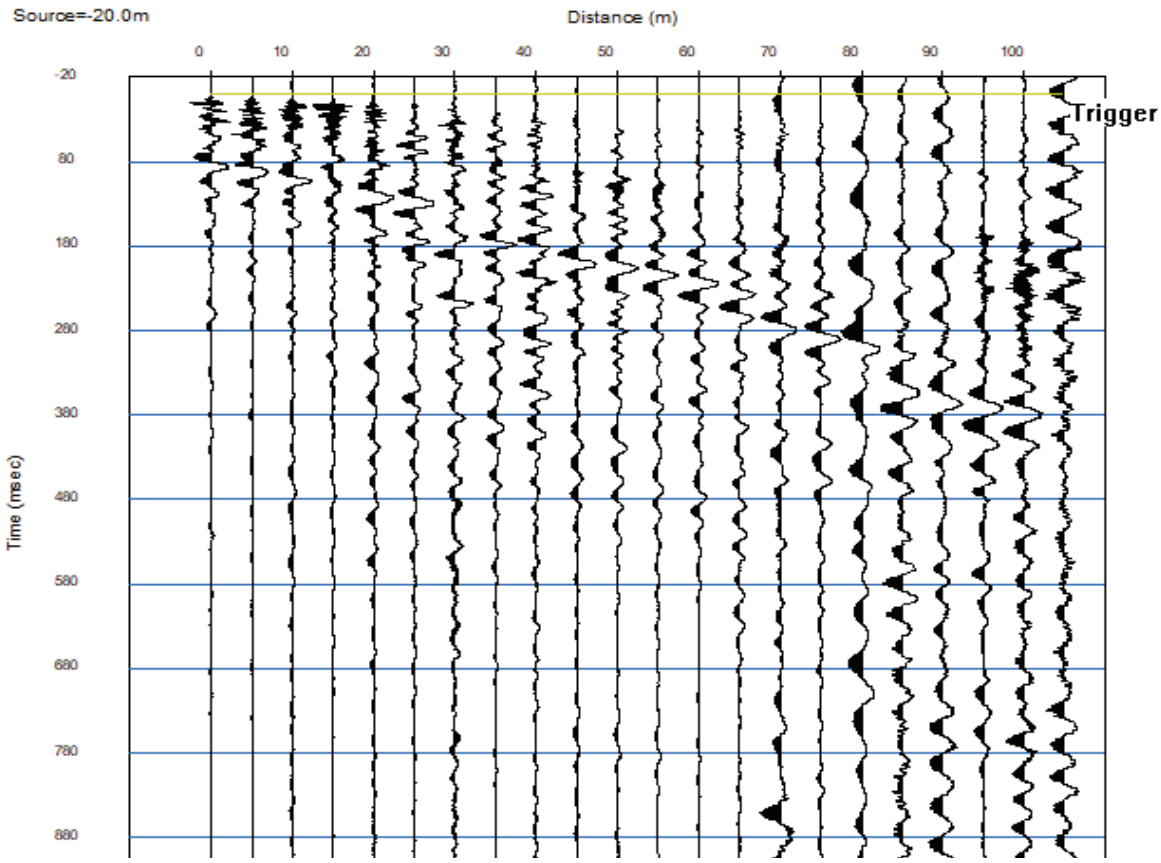
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 4		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496199.60 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 4		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496199.60 m E	

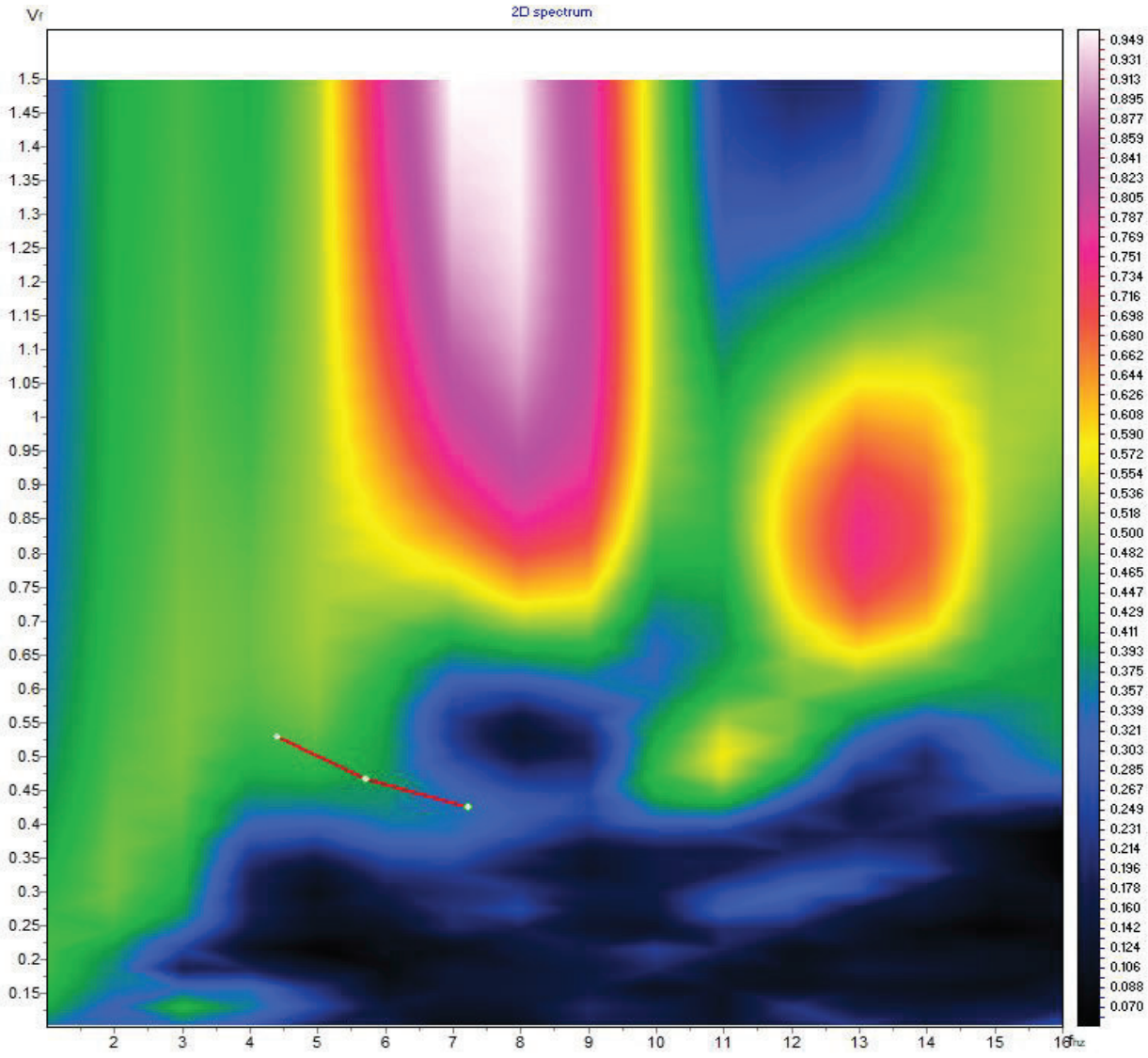
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	MASW 4		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496199.60 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



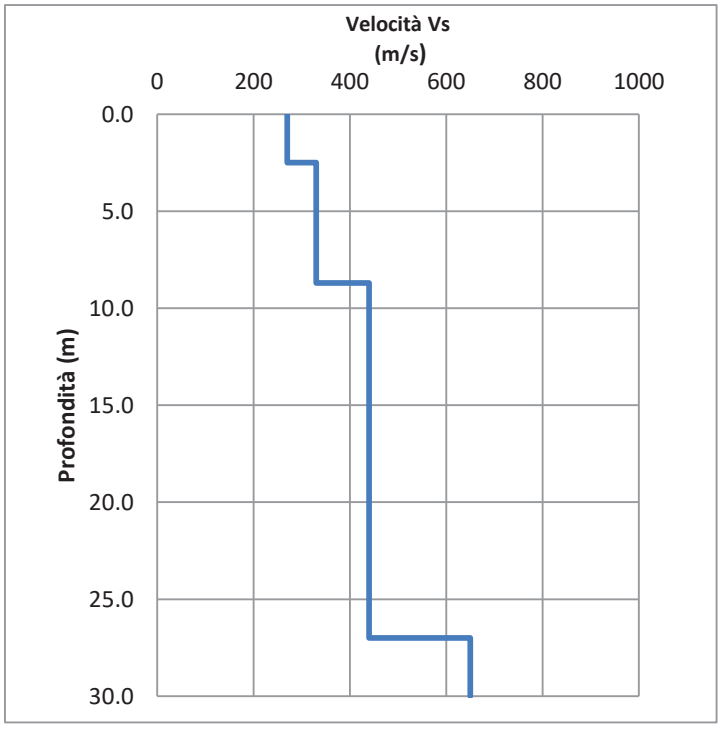
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST:	MASW 4		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496199.60 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

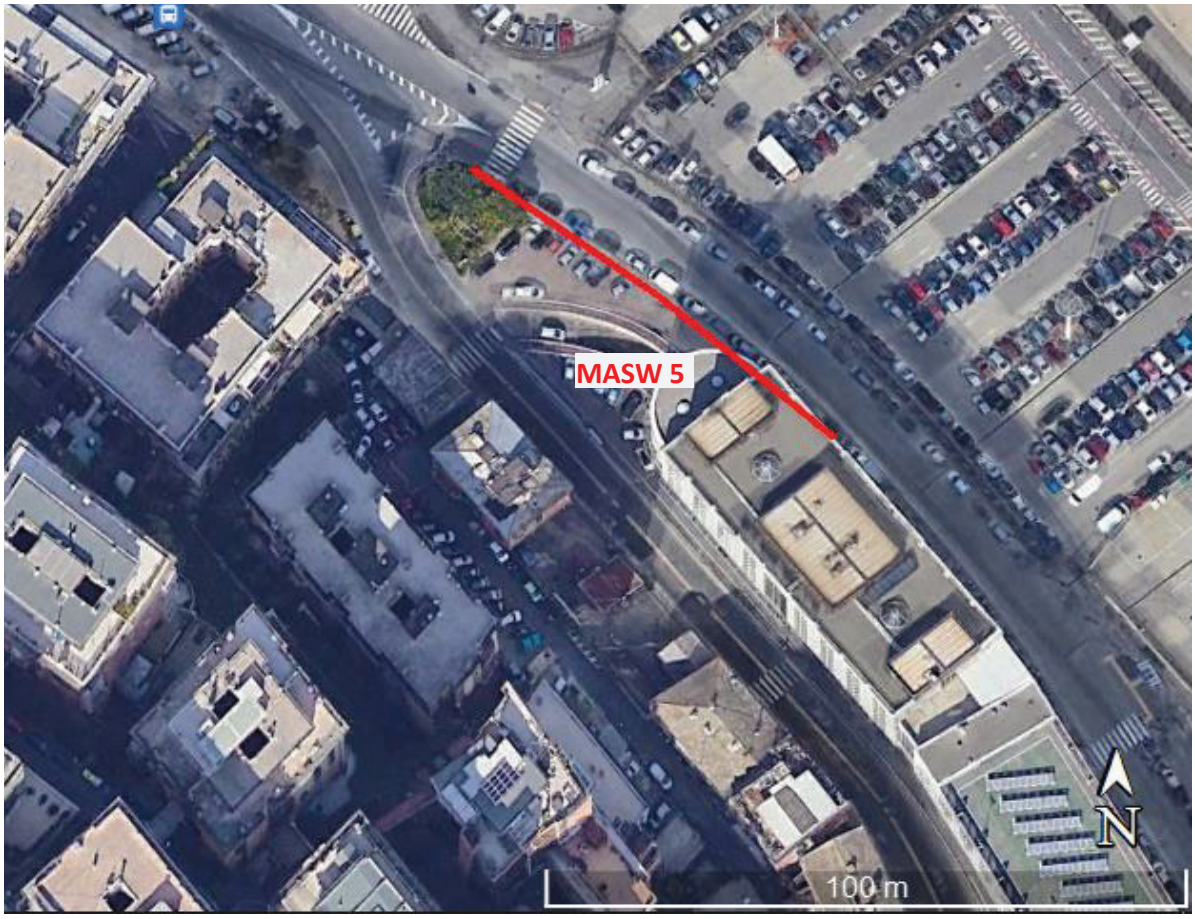
Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	270.00
2	2.50	8.70	6.20	330.00
3	8.70	27.00	18.30	440.00
4	27.00	inf.	inf.	650.00

Vs eq (0 - 26)	**404**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

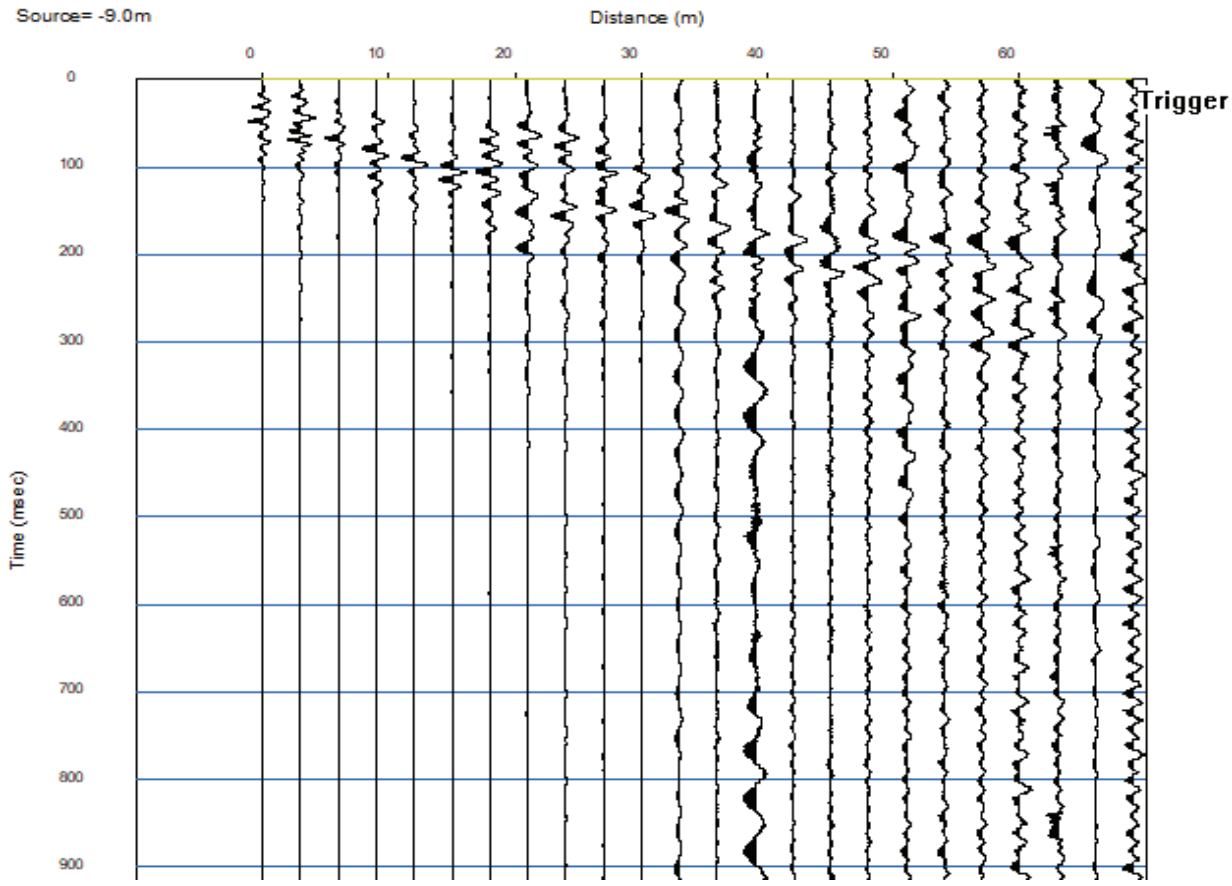
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Marassi (GE)		
NOME TEST	MASW 5		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918066.93 m N	
	Long.	496075.59 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST	MASW 5		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918066.93 m N	
	Long.	496075.59 m E	

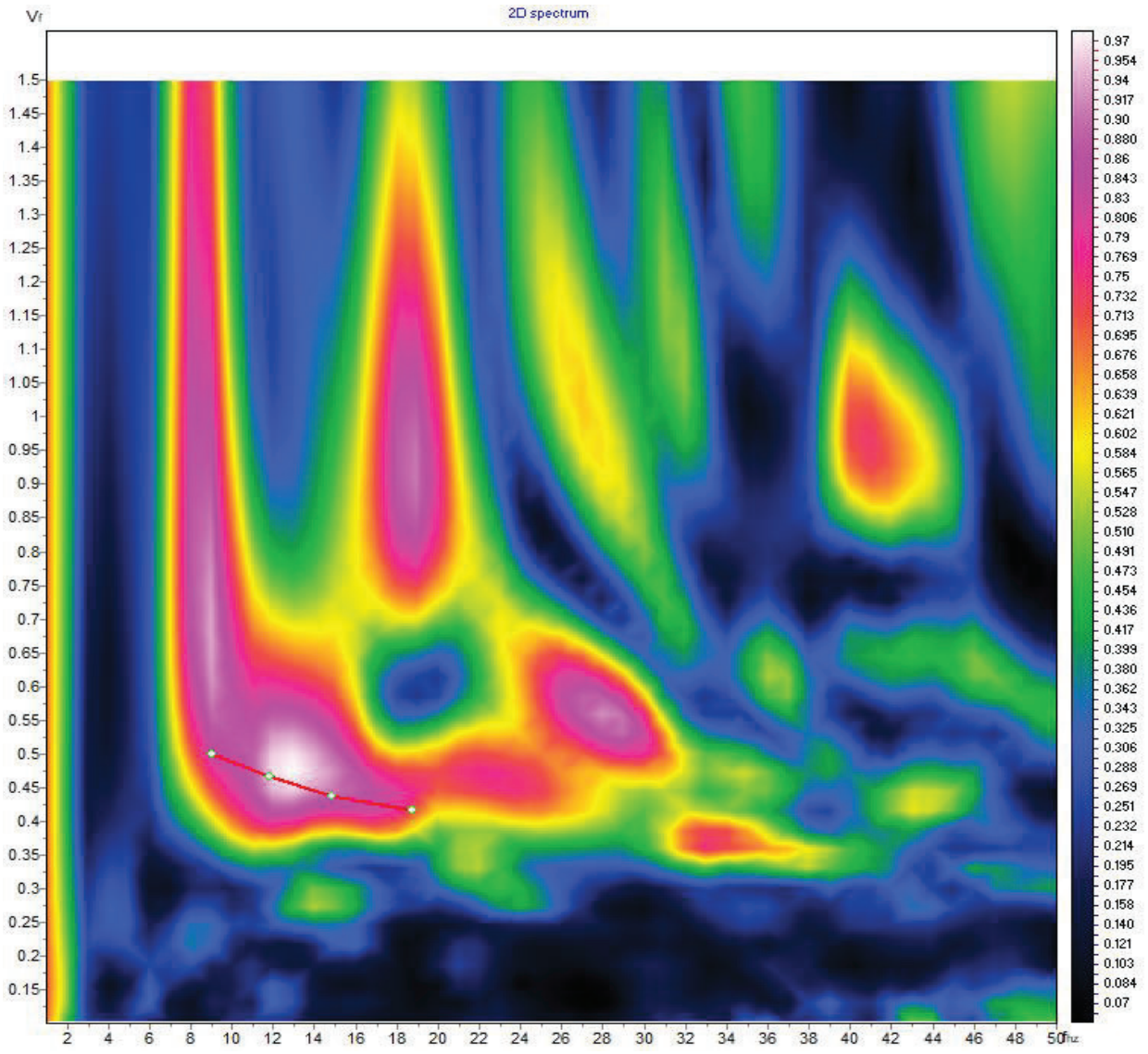
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST	MASW 5		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918066.93 m N	
	Long.	496075.59 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



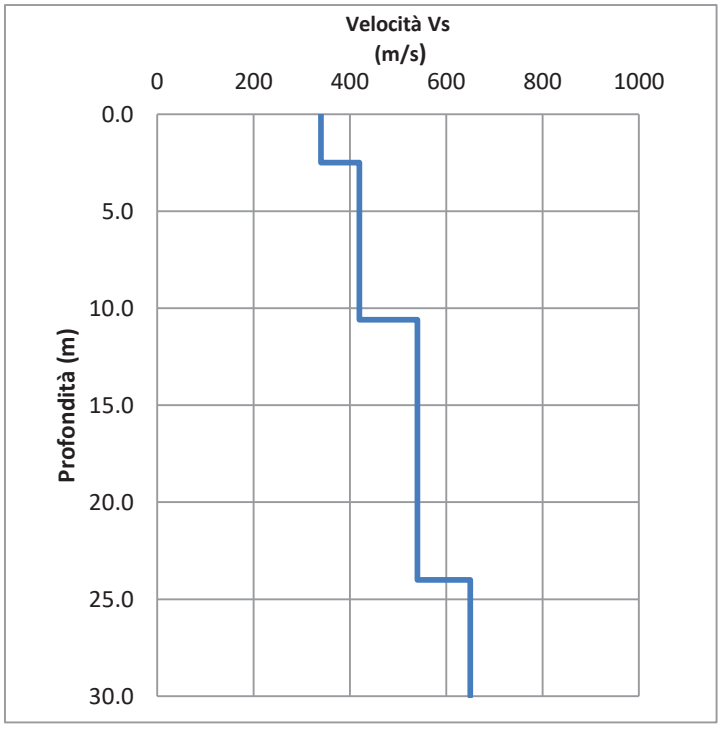
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST:	MASW 5		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918066.93 m N	
	Long.	496075.59 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	340.00
2	2.50	10.60	8.10	420.00
3	10.60	24.00	13.40	540.00
4	24.00	inf.	inf.	650.00

Vs eq (0 - 30)	**494**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

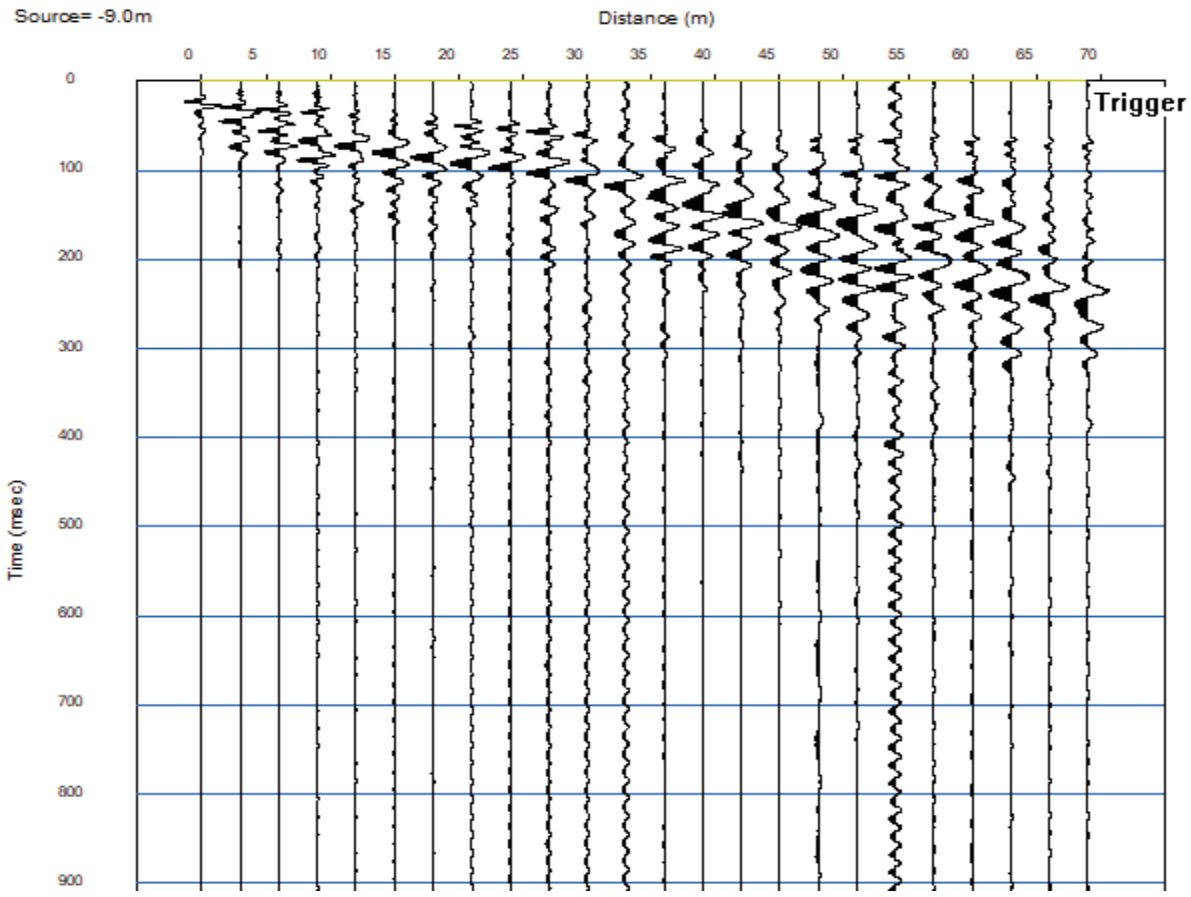
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Marassi (GE)		
NOME TEST	MASW 6		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918301.80 m N	
	Long.	495938.44 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST	MASW 6		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918301.80 m N	
	Long.	495938.44 m E	

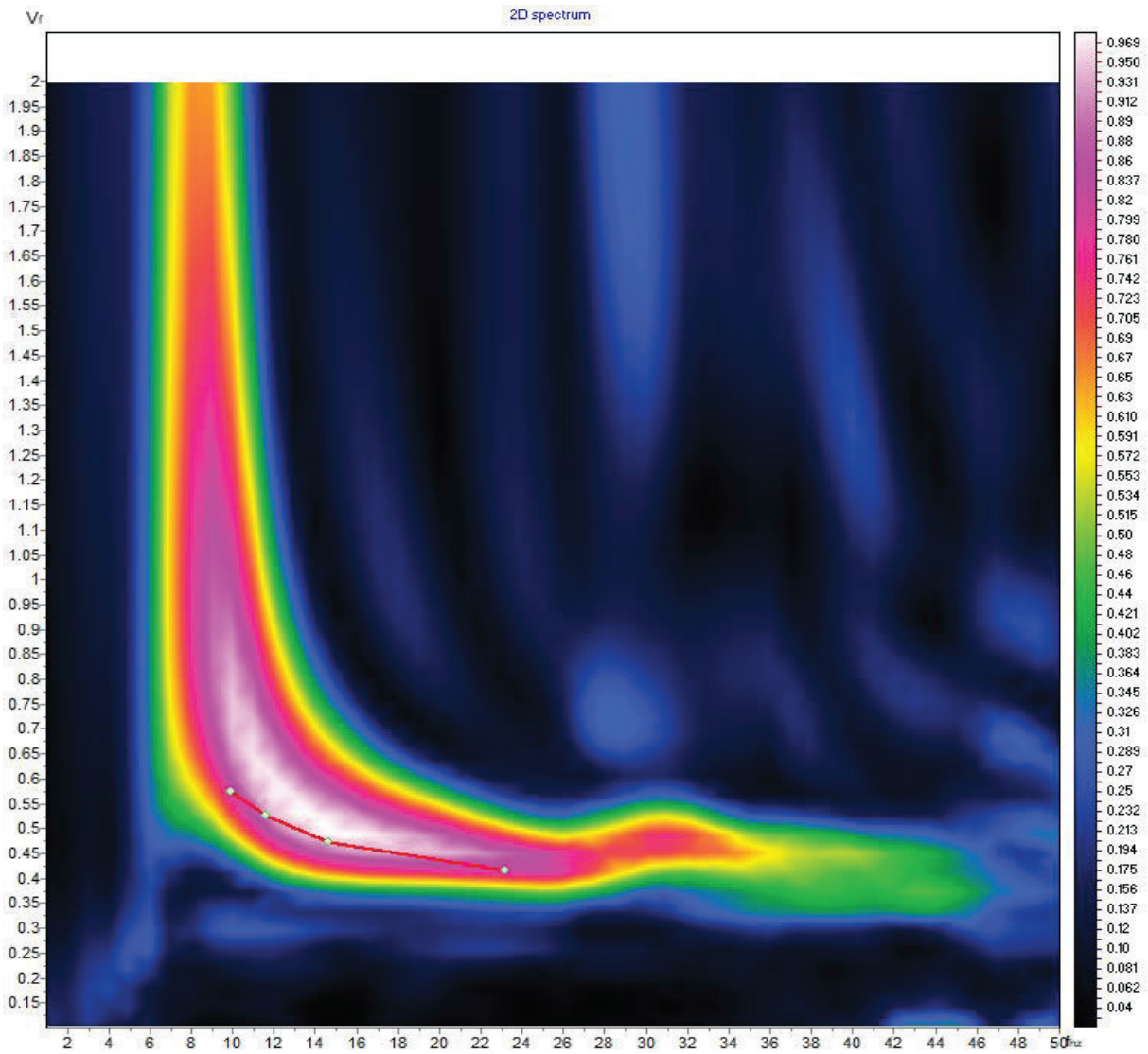
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST	MASW 6		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918301.80 m N	
	Long.	495938.44 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



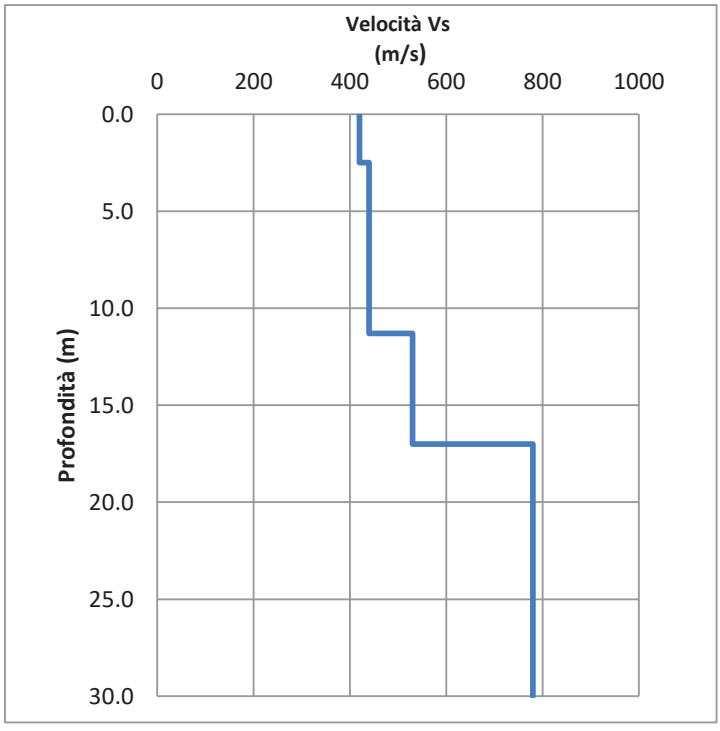
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST:	MASW 6		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918301.80 m N	
	Long.	495938.44 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	420.00
2	2.50	11.30	8.80	440.00
3	11.30	17.00	5.70	530.00
4	17.00	inf.	inf.	780.00

Vs eq (0 - 30)	**562**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

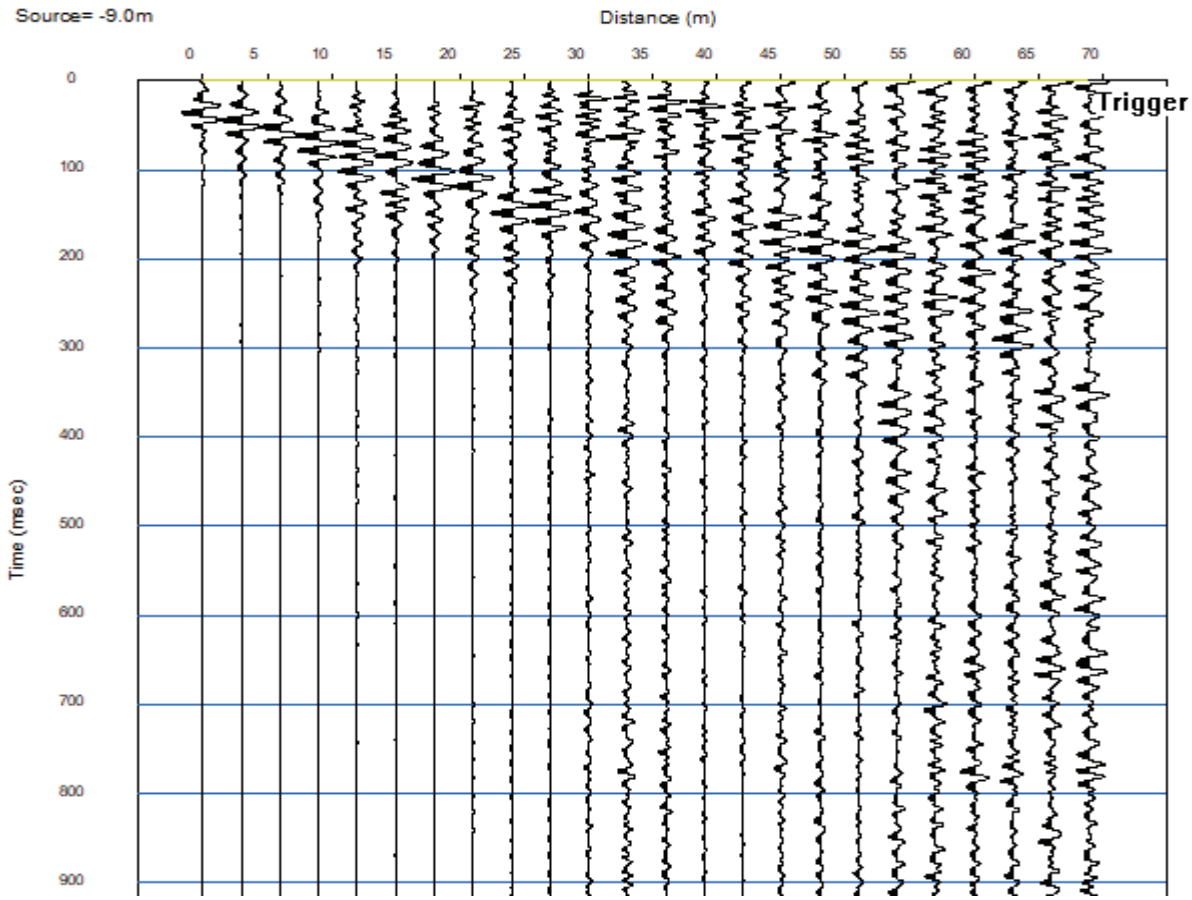
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Parenzo (GE)		
NOME TEST	MASW 7		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918906.78 m N	
	Long.	495868.74 m E	



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Parenzo (GE)		
NOME TEST	MASW 7		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918906.78 m N	
	Long.	495868.74 m E	

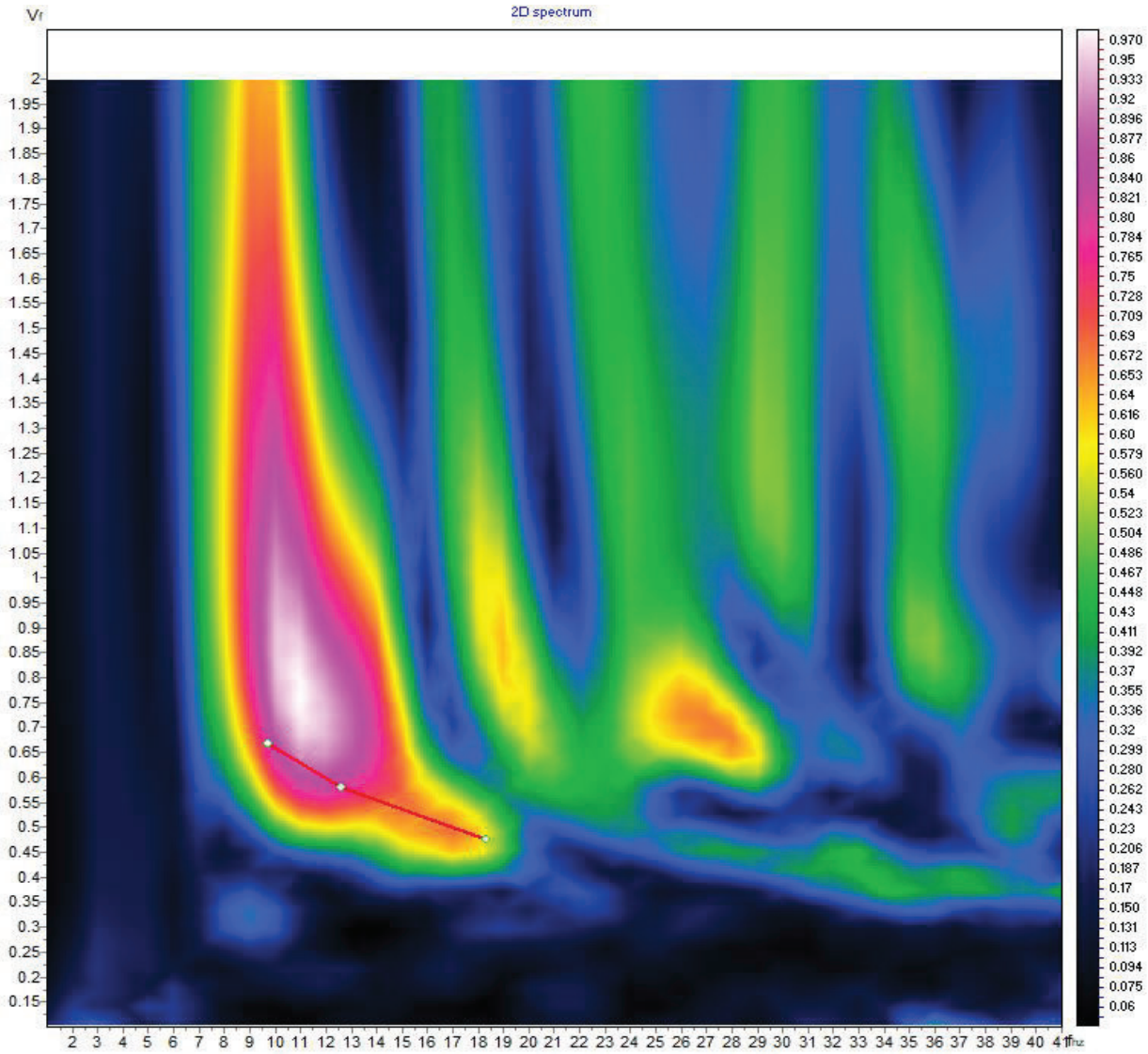
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Parenzo (GE)		
NOME TEST	MASW 7		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918906.78 m N	
	Long.	495868.74 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



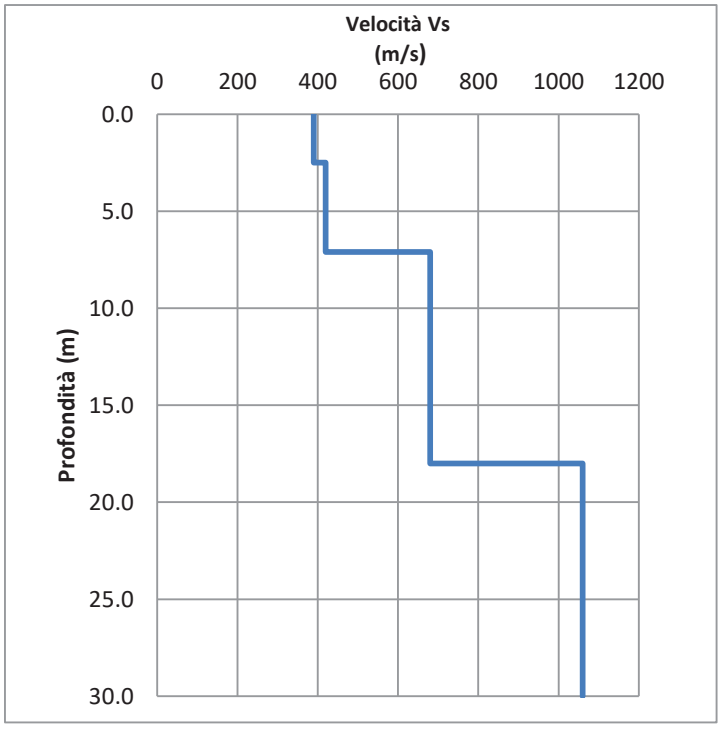
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Parenzo (GE)		
NOME TEST:	MASW 7		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918906.78 m N	
	Long.	495868.74 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	390.00
2	2.50	7.10	4.60	420.00
3	7.10	18.00	10.90	680.00
4	18.00	inf.	inf.	1060.00

Vs eq (0 - 18)	**539**
Suolo	**B**



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	MASW	

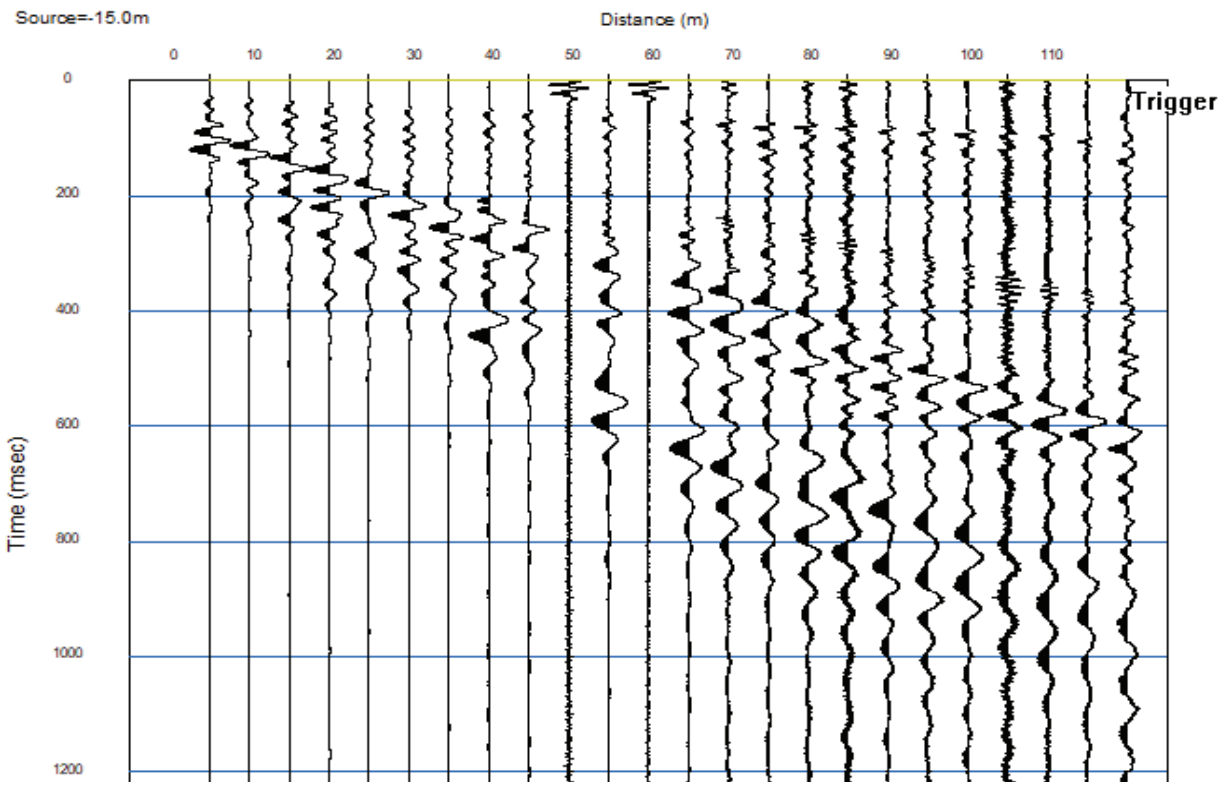
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Staglieno (GE)		
NOME TEST	MASW 8		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919376.73 m N	
	Long.	496208.07 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Staglieno (GE)		
NOME TEST	MASW 8		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919376.73 m N	
	Long.	496208.07 m E	

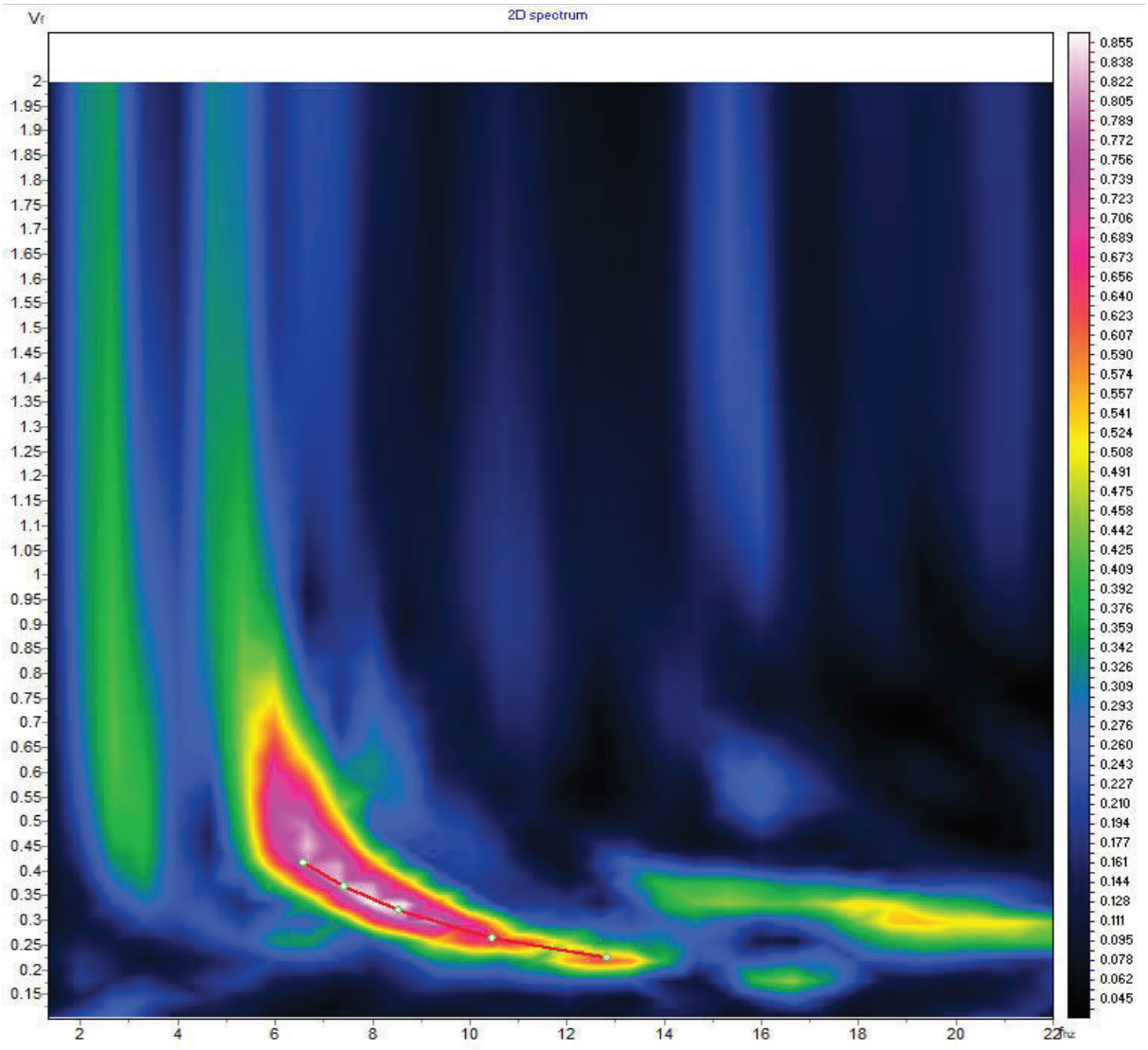
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Staglieno (GE)		
NOME TEST	MASW 8		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919376.73 m N	
	Long.	496208.07 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



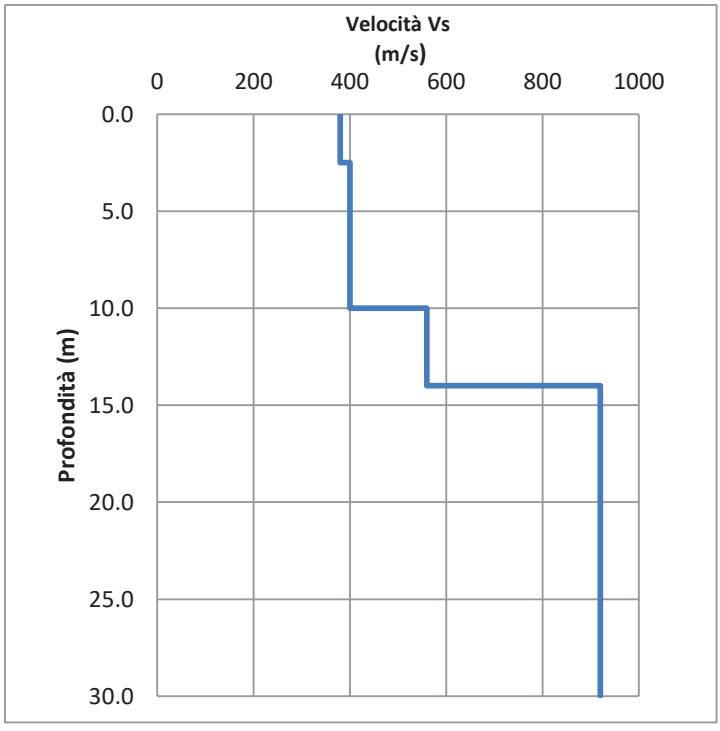
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Staglieno (GE)		
NOME TEST:	MASW 8		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919376.73 m N	
	Long.	496208.07 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	380.00
2	2.50	10.00	7.50	400.00
3	10.00	14.00	4.00	560.00
4	14.00	inf.	inf.	920.00

Vs eq (0 - 14)	**431**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

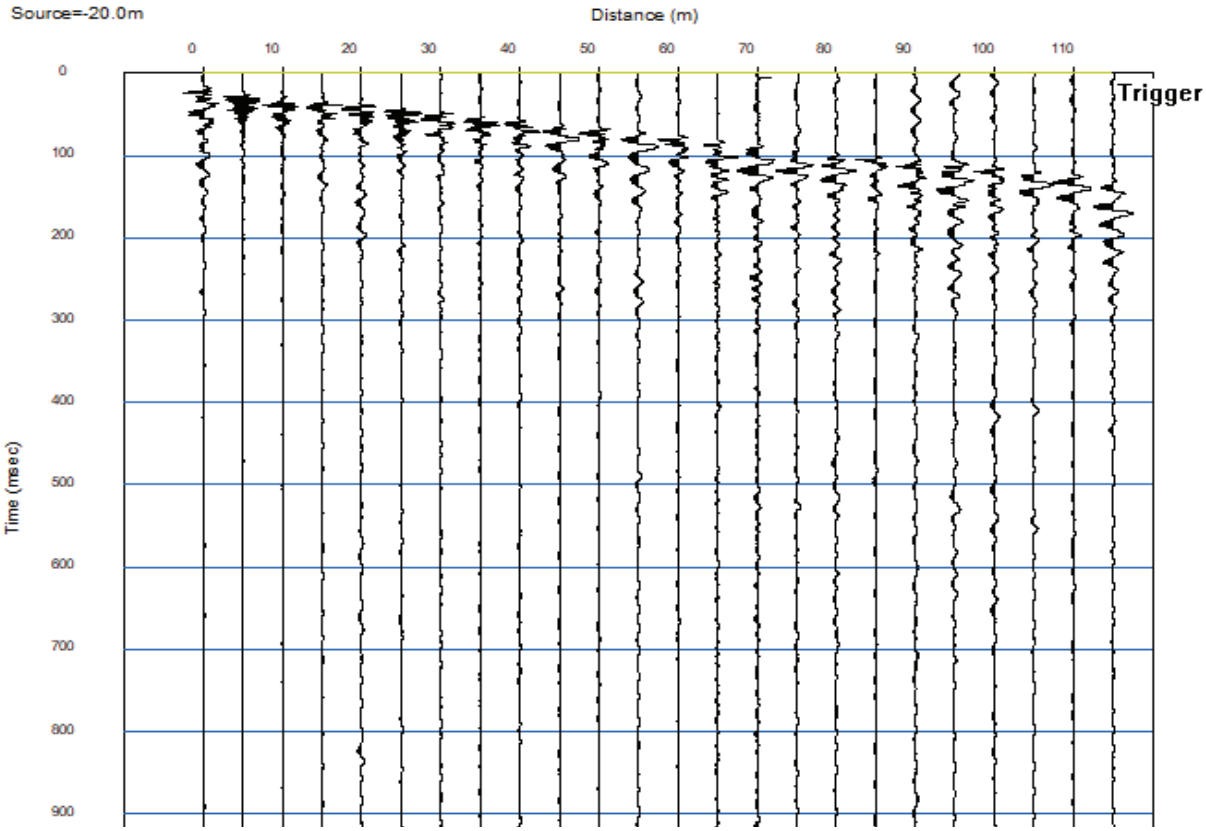
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Adriatico (GE)		
NOME TEST	MASW 9 adriatico		
DATA DI ESECUZIONE	30/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919986.07 m N	
	Long.	496916.16 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Adriatico (GE)		
NOME TEST	MASW 9 adriatico		
DATA DI ESECUZIONE	30/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919986.07 m N	
	Long.	496916.16 m E	

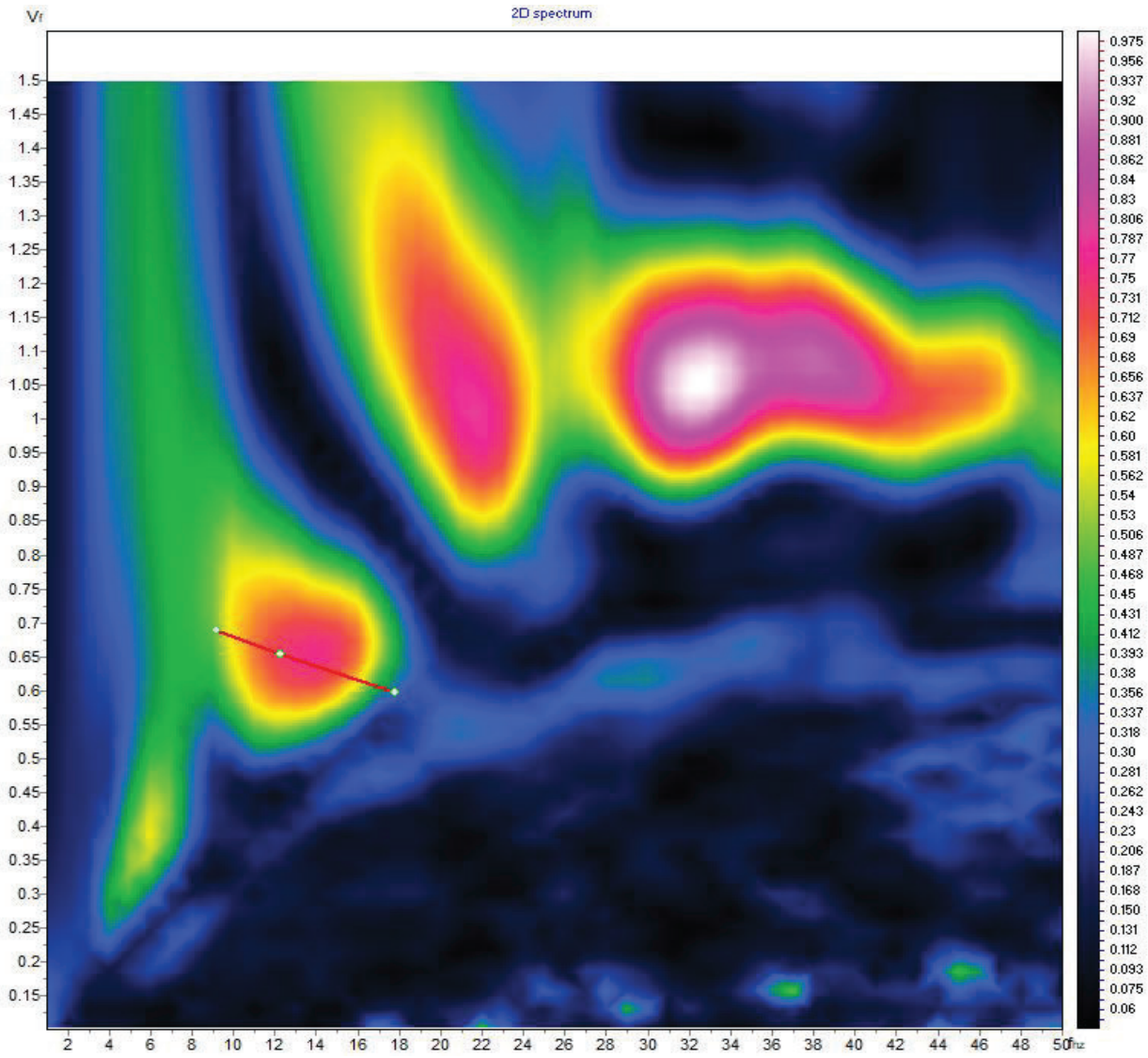
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Adriatico (GE)		
NOME TEST	MASW 9 adriatico		
DATA DI ESECUZIONE	30/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919986.07 m N	
	Long.	496916.16 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



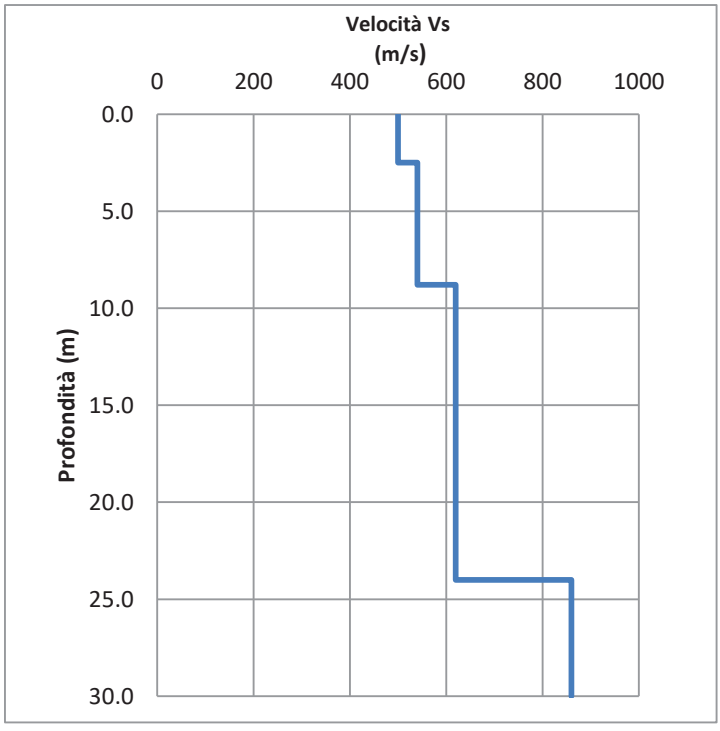
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Adriatico (GE)		
NOME TEST:	MASW 9 adriatico		
DATA DI ESECUZIONE	30/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919986.07 m N	
	Long.	496916.16 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	500.00
2	2.50	8.80	6.30	540.00
3	8.80	24.00	15.20	620.00
4	24.00	inf.	inf.	860.00

Vs eq (0 - 24)	**583**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

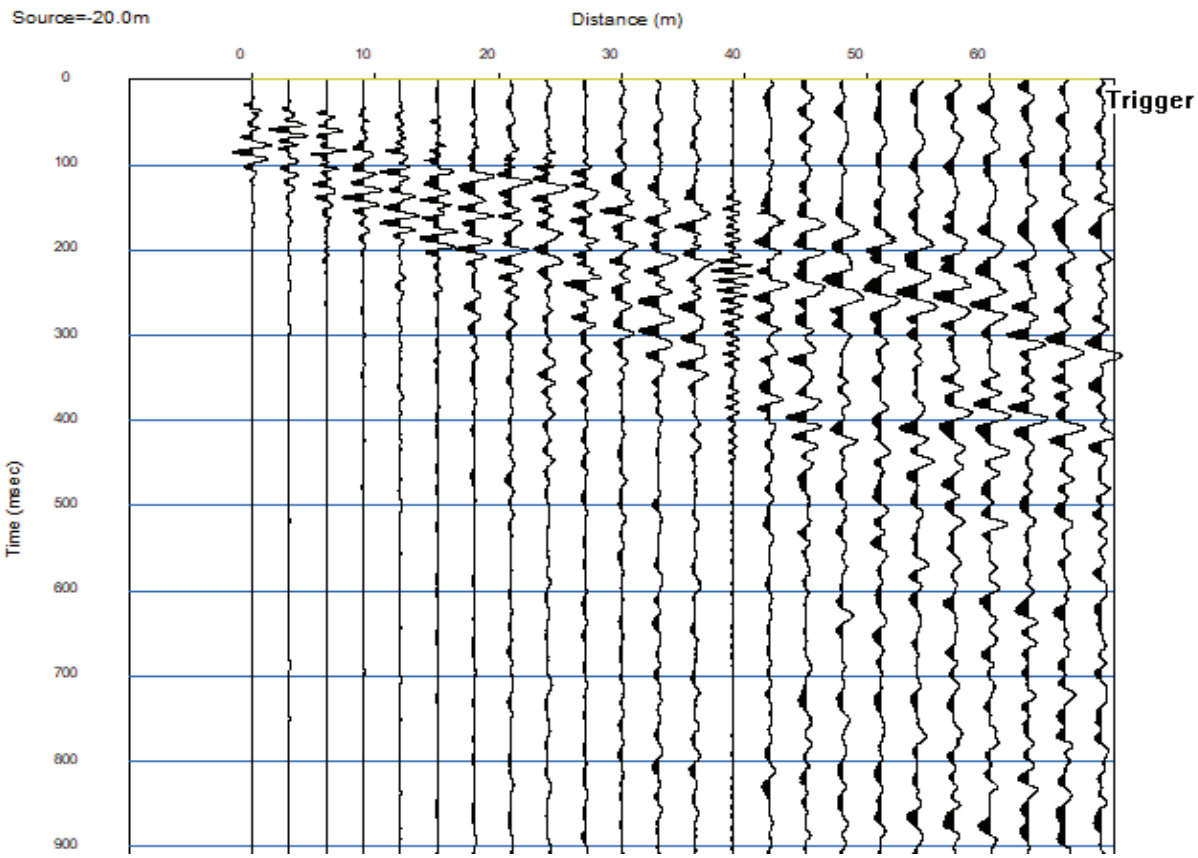
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Bligny (GE)		
NOME TEST	MASW 10		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4920672.06 m N	
	Long.	497114.46 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Bligny (GE)		
NOME TEST	MASW 10		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4920672.06 m N	
	Long.	497114.46 m E	

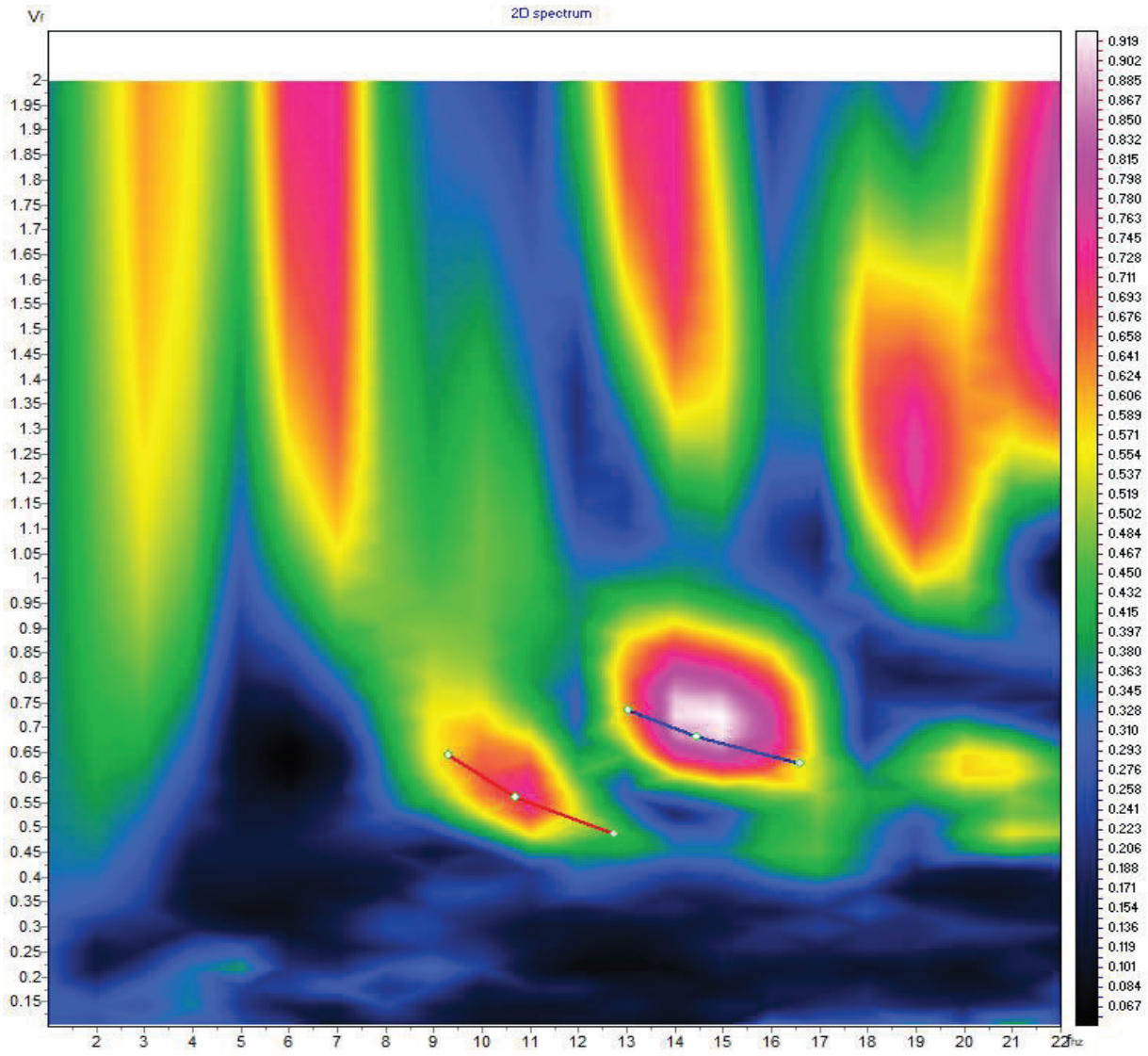
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Bligny (GE)		
NOME TEST	MASW 10		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4920672.06 m N	
	Long.	497114.46 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



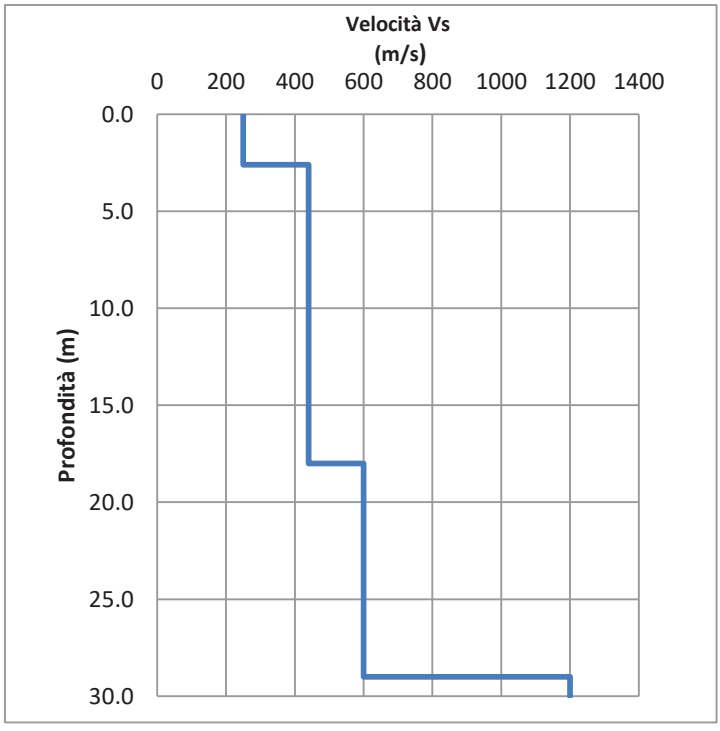
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova			
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO			
UBICAZIONE:	Bligny (GE)			
NOME TEST:	MASW 10			
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023			
COORDINATE	**Lat.**	4920672.06 m N		
	Long.	497114.46 m E		

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.60	2.60	250.00
2	2.60	18.00	15.40	440.00
3	18.00	29.00	11.00	600.00
4	29.00	inf.	inf.	1200.00

Vs eq (0 - 29)	**455**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

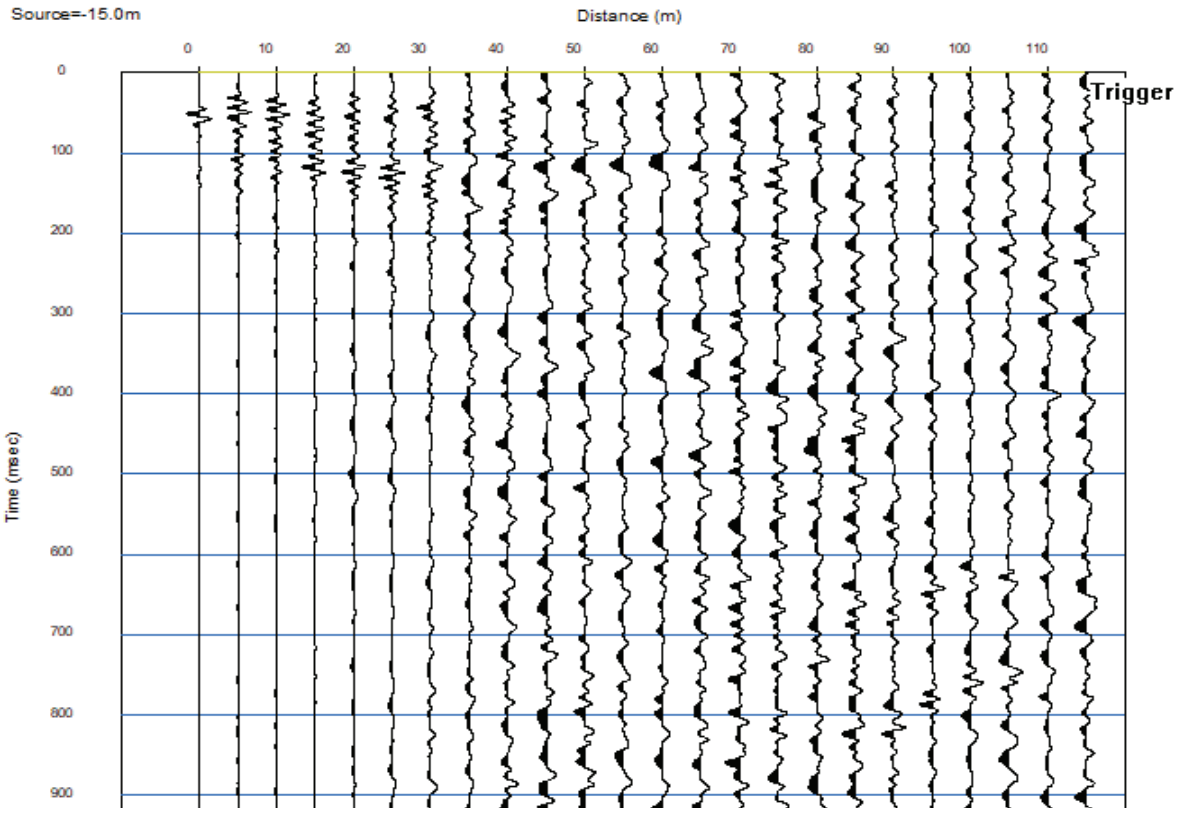
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	San Gottardo (GE)		
NOME TEST	MASW 11		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4921380.17 m N	
	Long.	497534.04 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	San Gottardo (GE)		
NOME TEST	MASW 11		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4921380.17 m N	
	Long.	497534.04 m E	

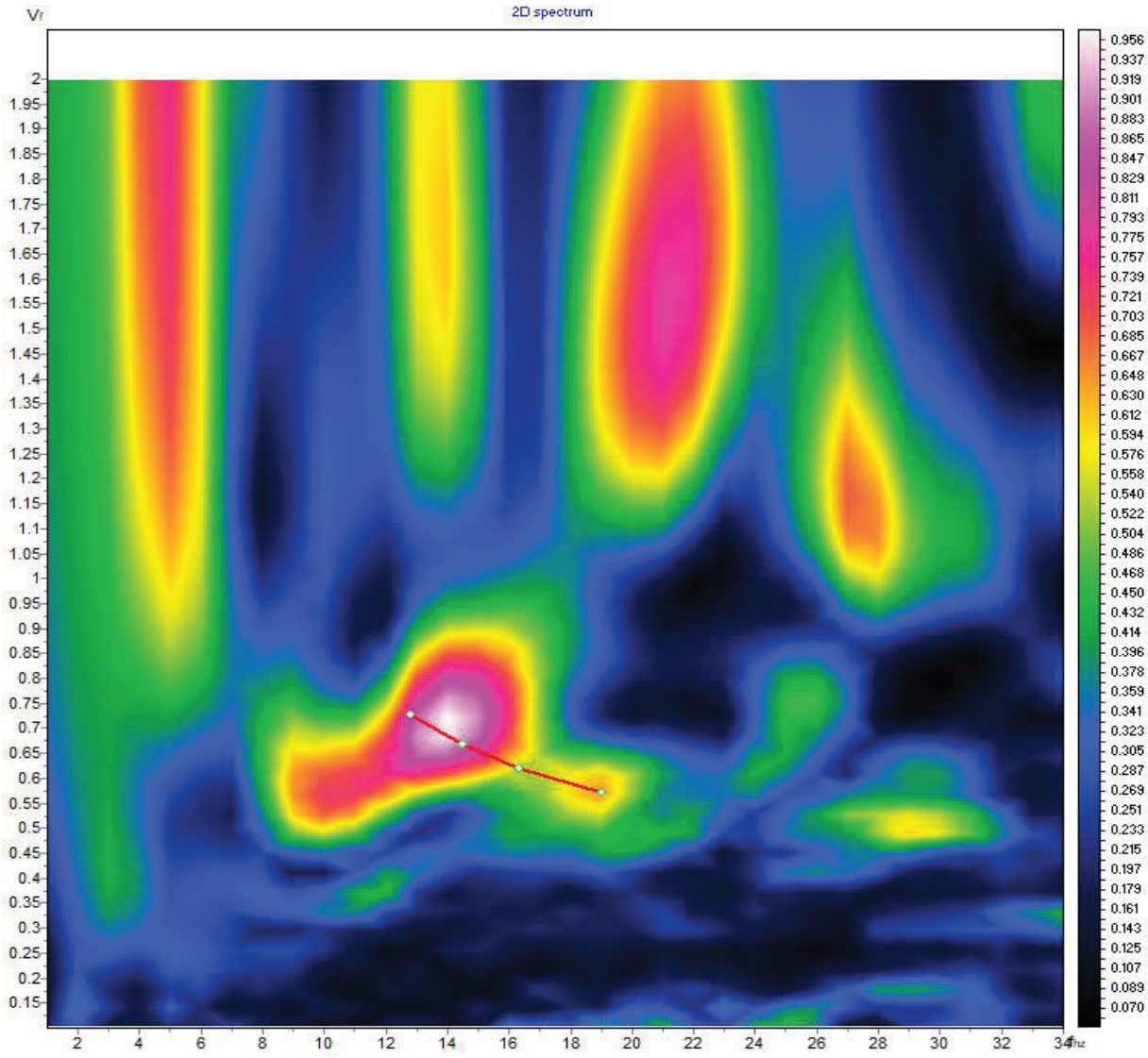
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	San Gottardo (GE)		
NOME TEST	MASW 11		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4921380.17 m N	
	Long.	497534.04 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



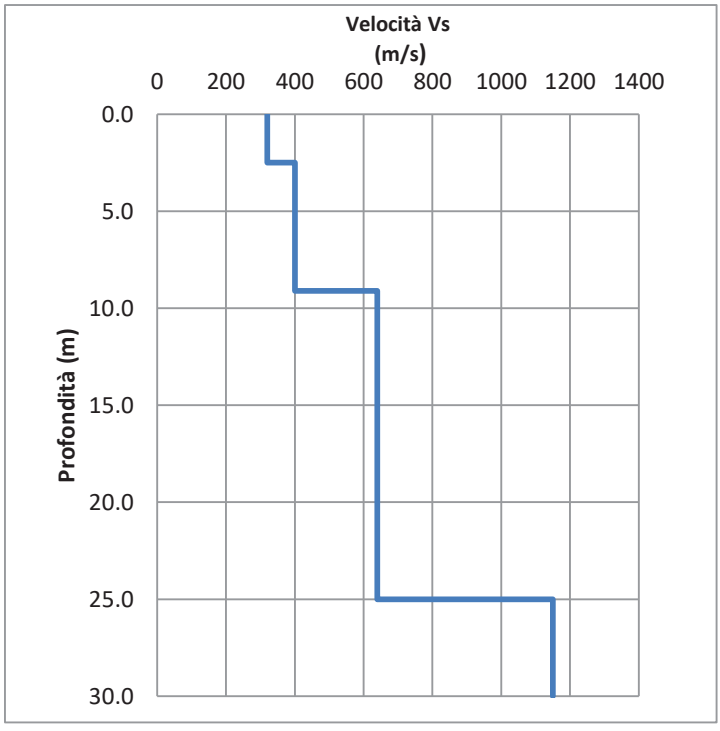
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	San Gottardo (GE)		
NOME TEST:	MASW 11		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4921380.17 m N	
	Long.	497534.04 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	320.00
2	2.50	9.10	6.60	400.00
3	9.10	25.00	15.90	640.00
4	25.00	inf.	inf.	1150.00

Vs eq (0 - 25)	**509**
Suolo	**B**



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	MASW	

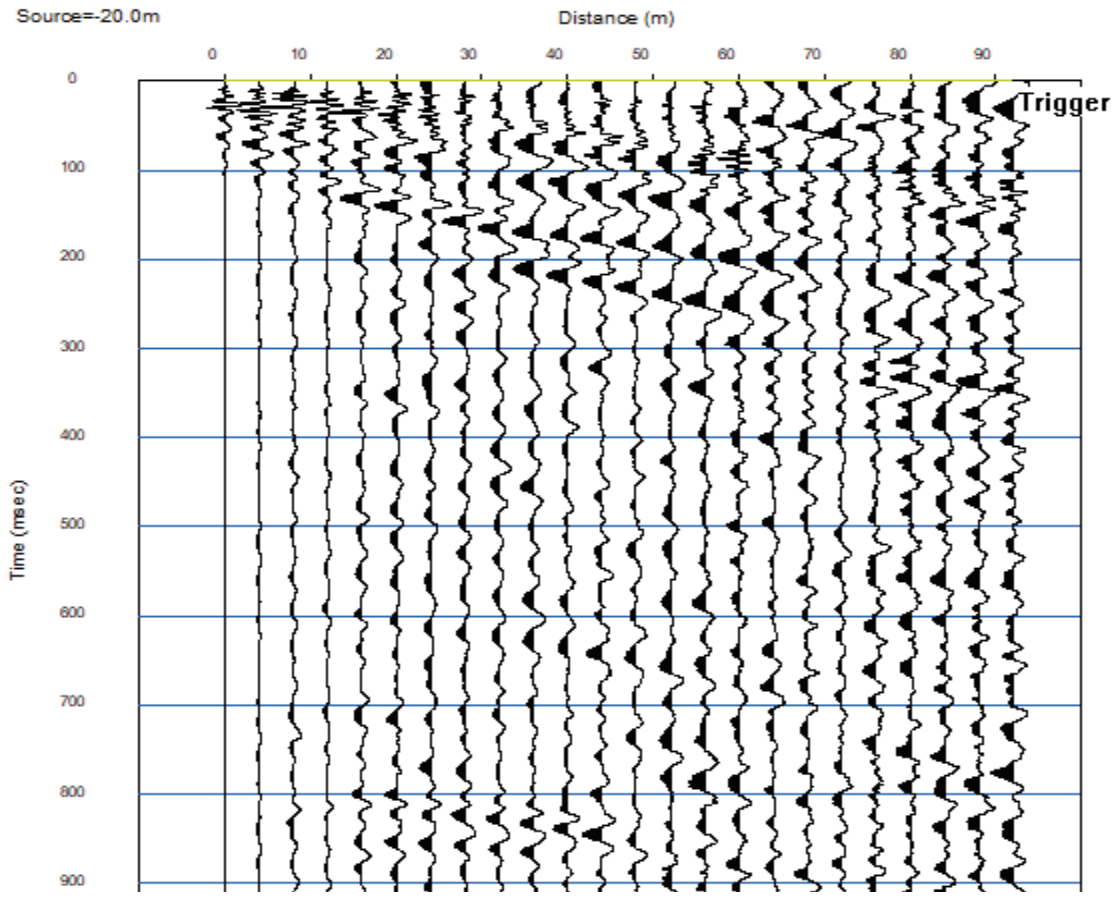
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Molassana (GE)		
NOME TEST	MASW 12		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4922192.76 m N	
	Long.	498516.21 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Molassana (GE)		
NOME TEST	MASW 12		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4922192.76 m N	
	Long.	498516.21 m E	

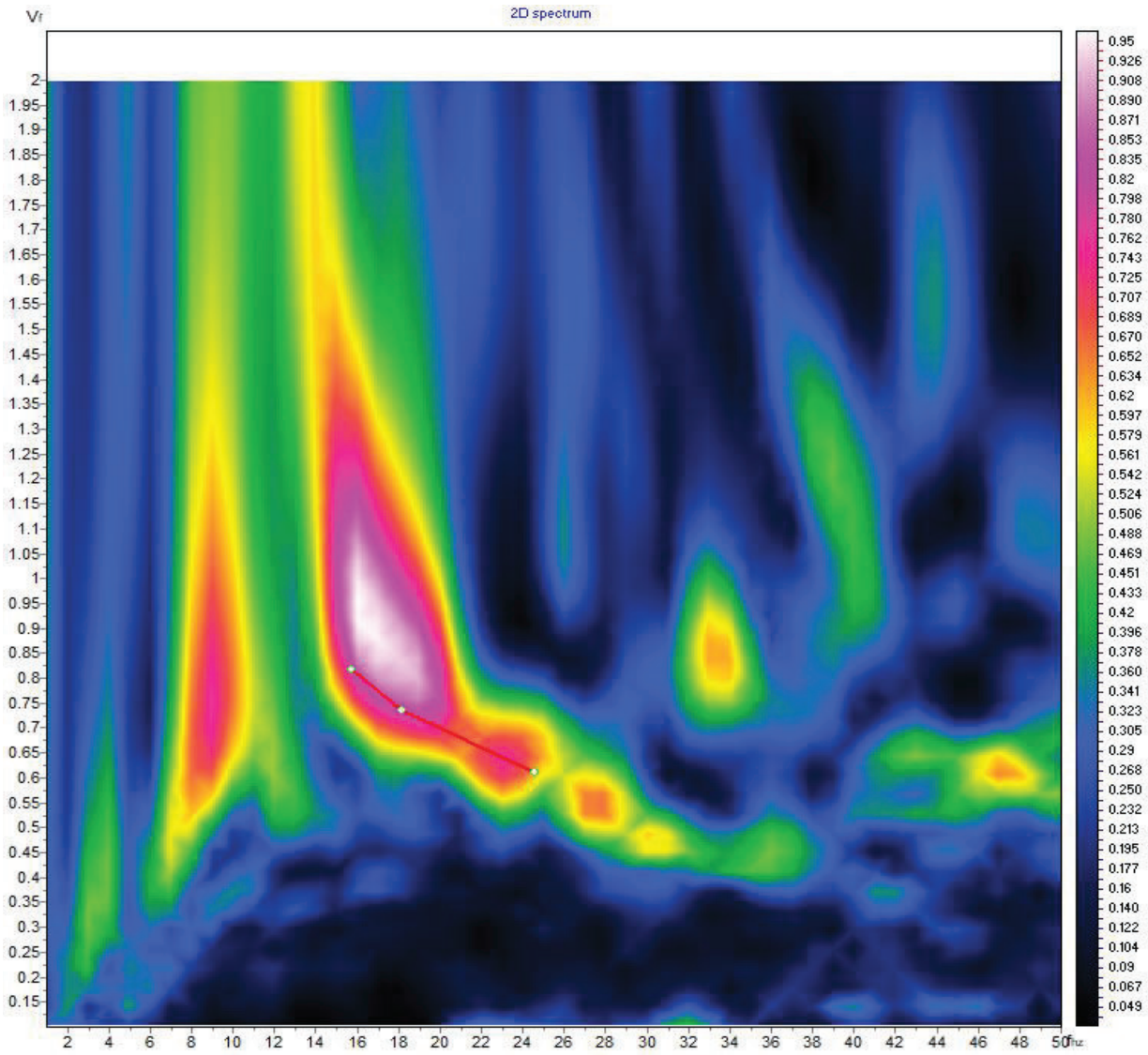
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Molassana (GE)		
NOME TEST	MASW 12		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4922192.76 m N	
	Long.	498516.21 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



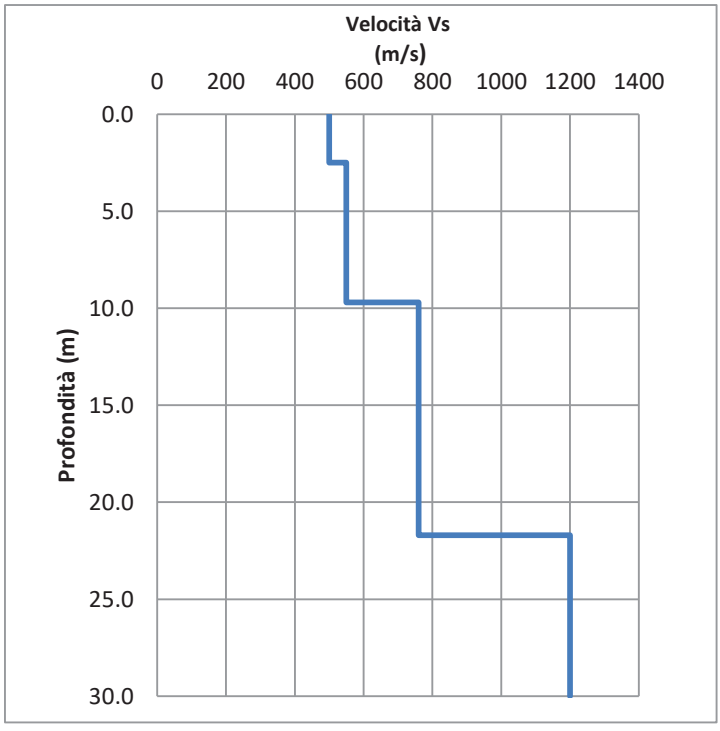
SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	MASW	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Molassana (GE)		
NOME TEST:	MASW 12		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4922192.76 m N	
	Long.	498516.21 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	500.00
2	2.50	9.70	7.20	550.00
3	9.70	21.70	12.00	760.00
4	21.70	inf.	inf.	1200.00

Vs eq (0 - 21.7)	**640**
Suolo	**B**

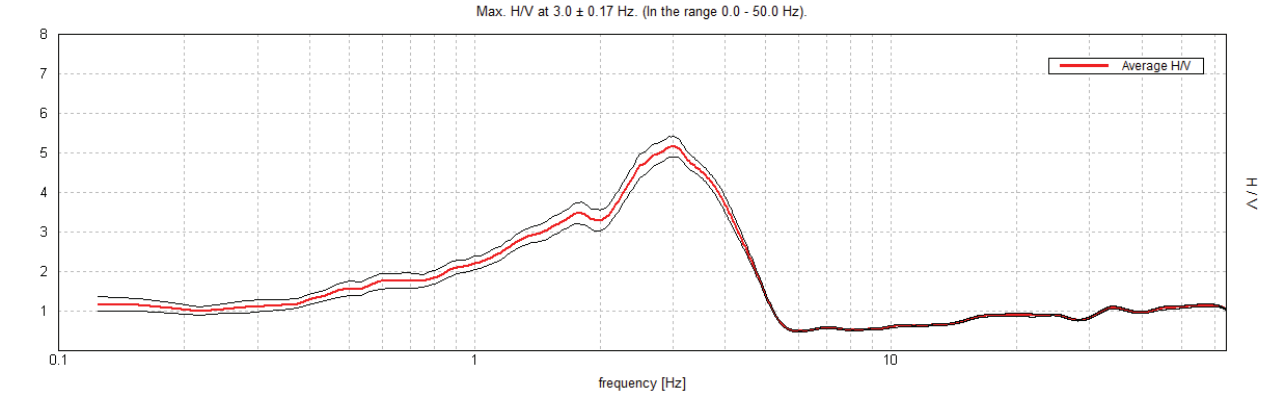


HVSR 1

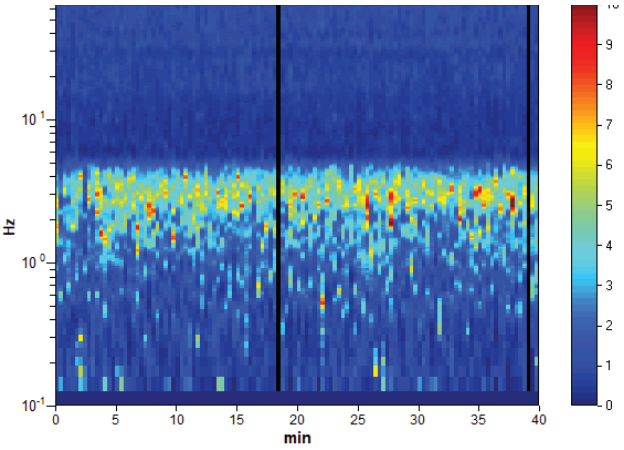
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 13/12/2012 11:09:25 Fine registrazione: 13/12/2012 11:49:25
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analizzato 98% tracciato (selezione automatica)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

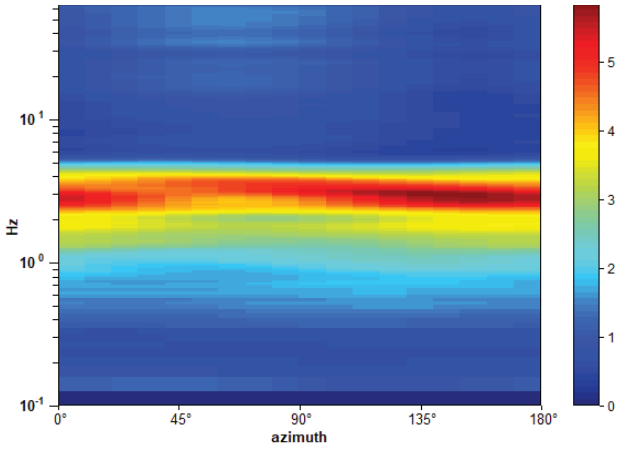
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



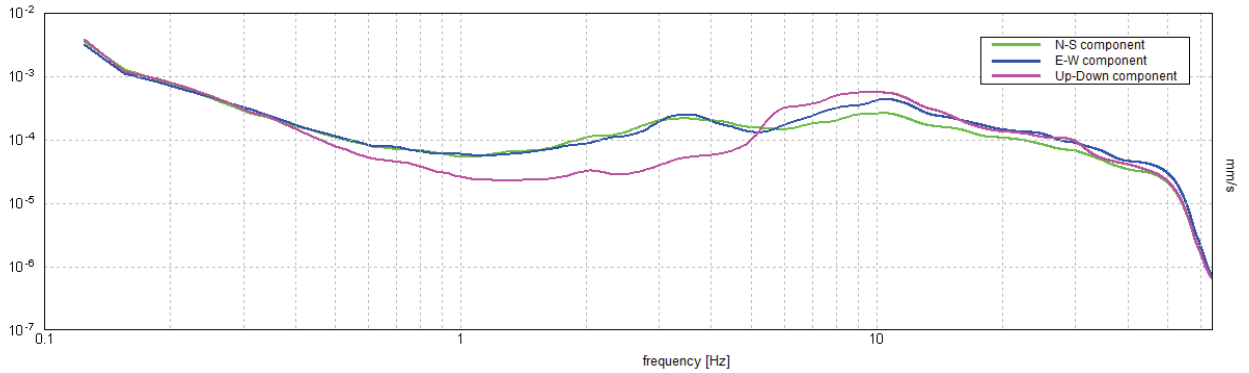
SERIE TEMPORALE H/V



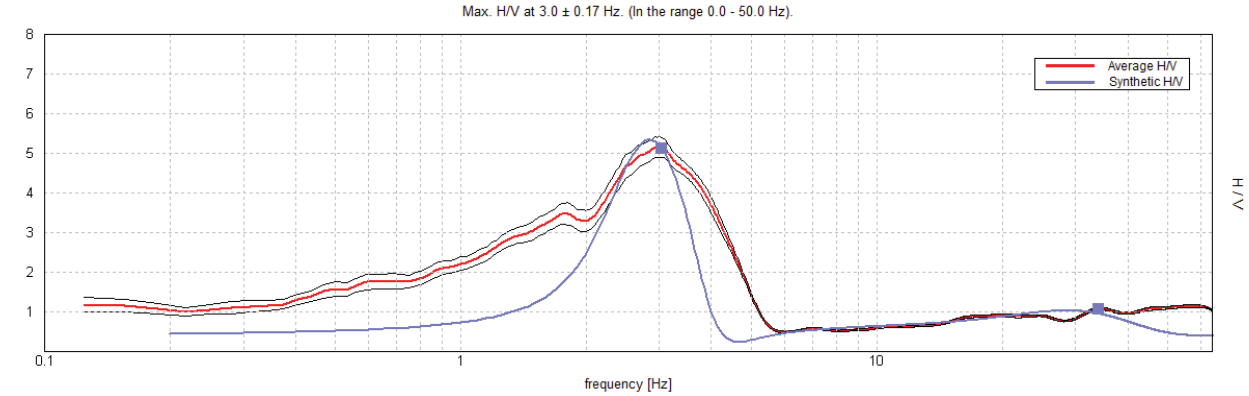
DIREZIONALITA' H/V



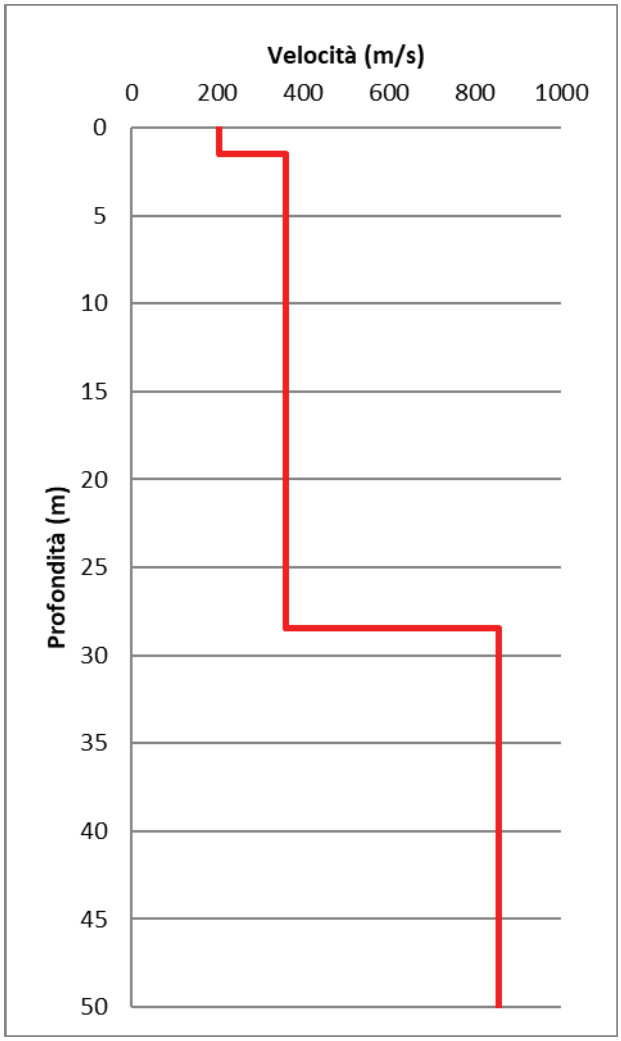
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
3.20	3.20	203
44.50	41.30	360
inf.	inf.	856


Velocità (m/s)
0
200
400
600
800
1000
Profondità (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

[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 3.0 ± 0.17 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	7080.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 145	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.15 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.05806| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.17418 < 0.15		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2565 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

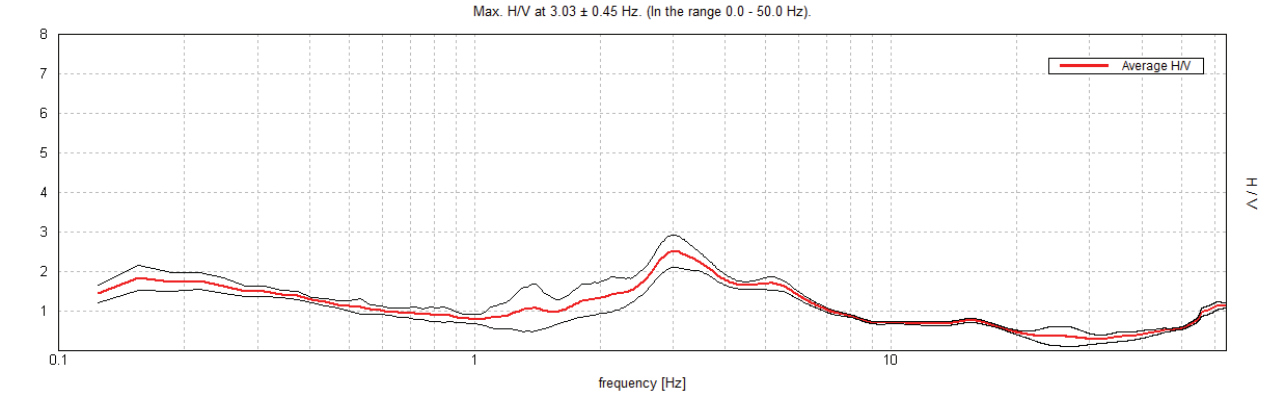
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

HVSR 2

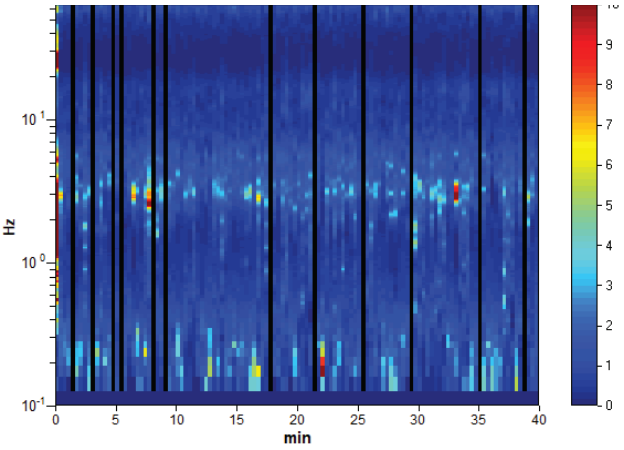
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 13/12/2012 15:56:04 Fine registrazione: 13/12/2012 16:36:04
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analizzato 90% tracciato (selezione automatica)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

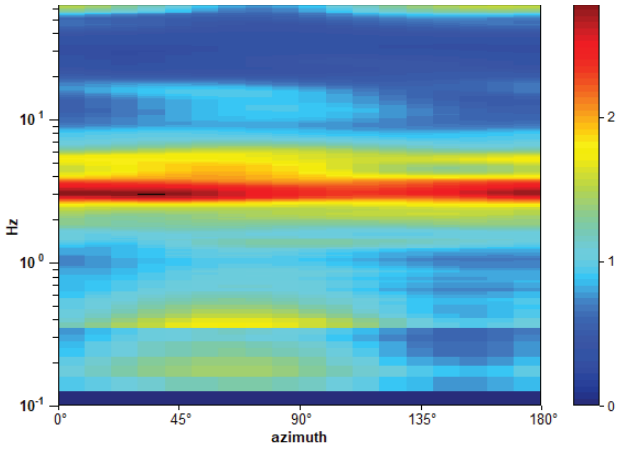
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



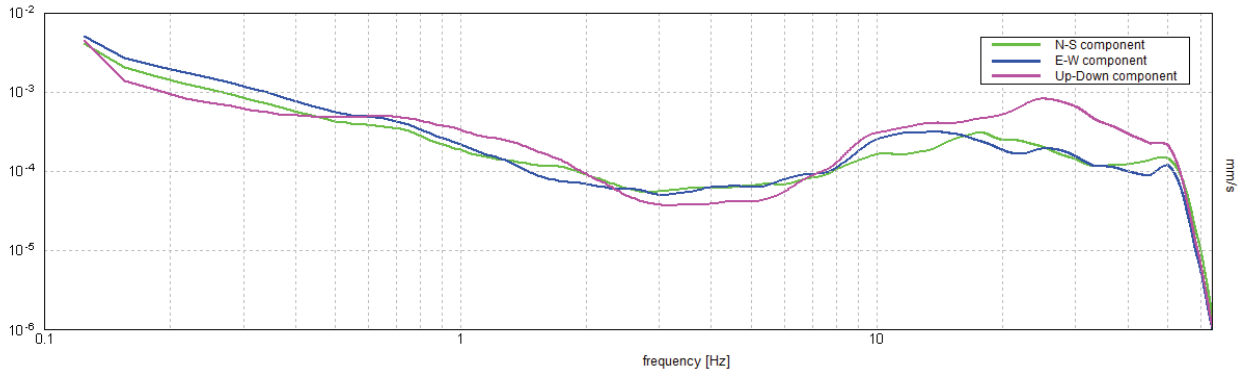
SERIE TEMPORALE H/V



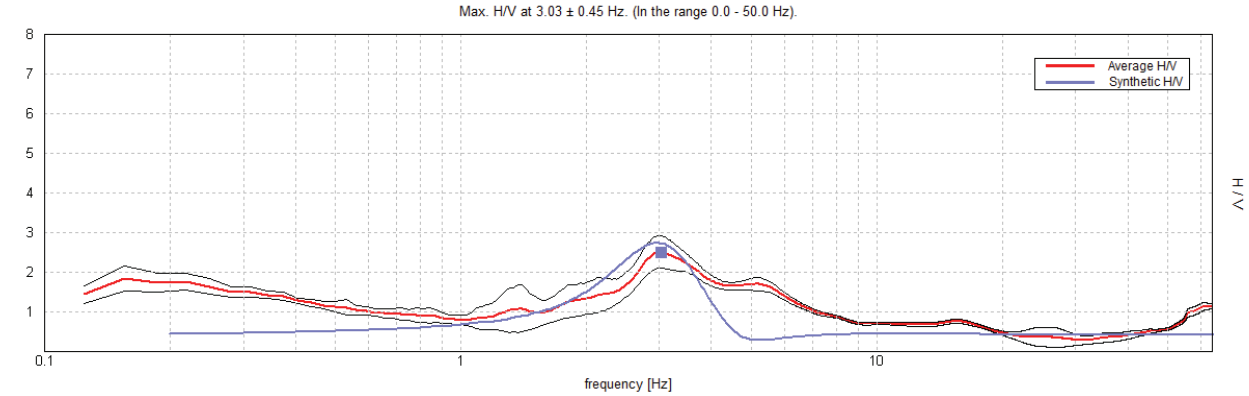
DIREZIONALITA' H/V



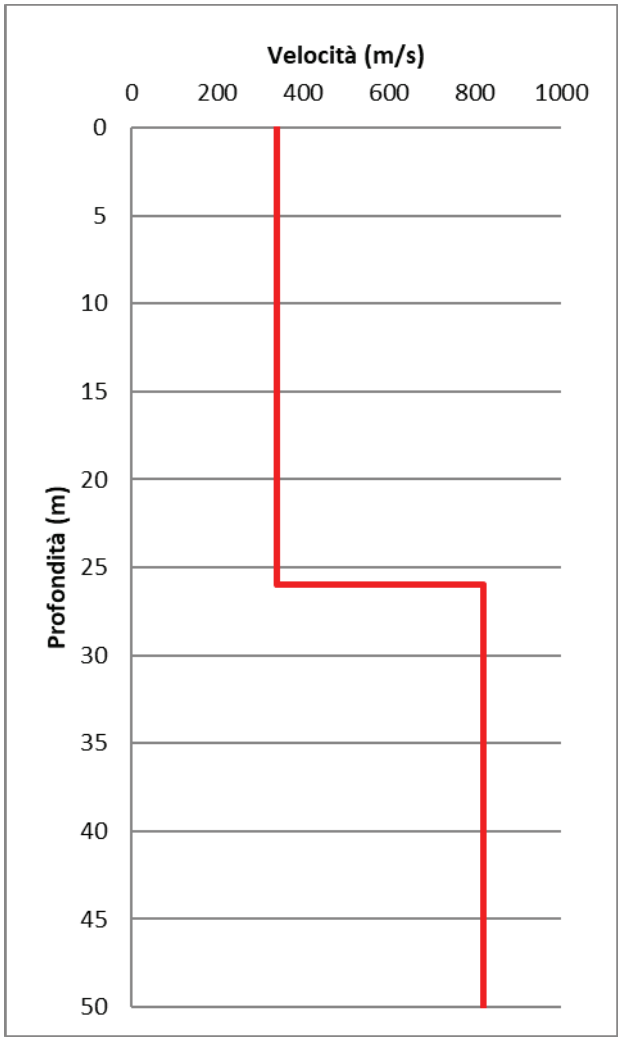
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
26.00	26.00	439
inf.	inf.	890


Velocità (m/s)
0
200
400
600
800
1000
Profondità (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

[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 3.03 ± 0.45 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6547.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 147	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.781 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.51 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.1492| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.45228 < 0.15156		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4055 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

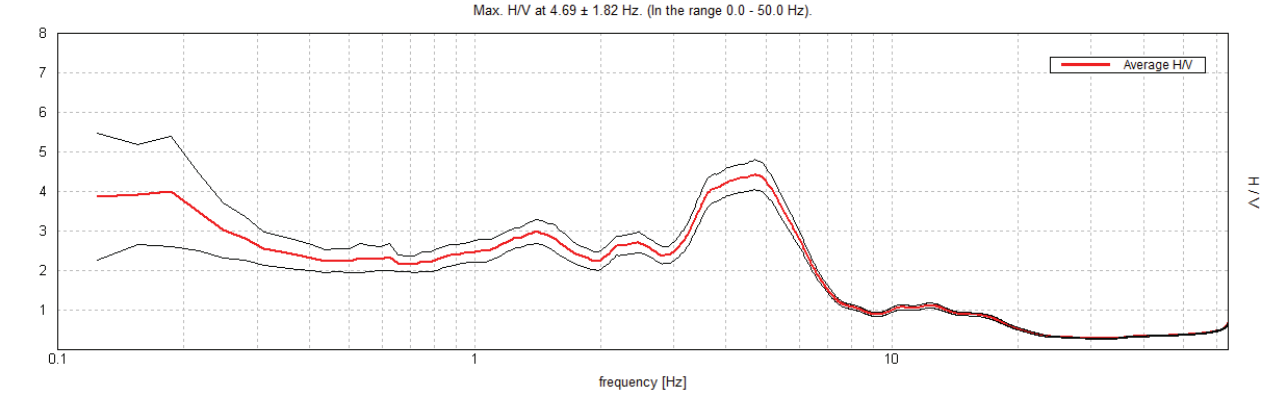
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

HVSR 3

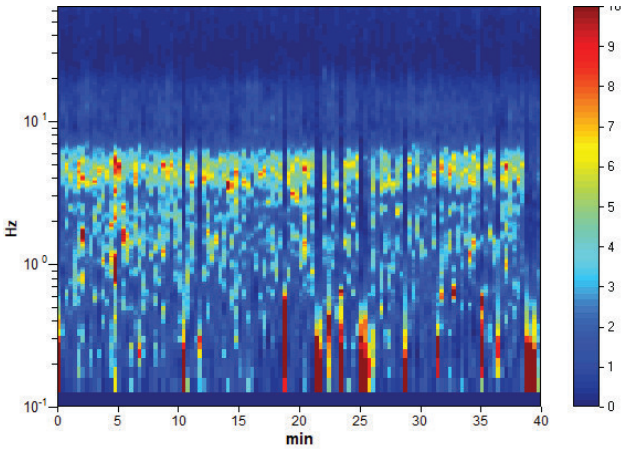
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 13/12/2012 17:16:40 Fine registrazione: 13/12/2012 17:56:40
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

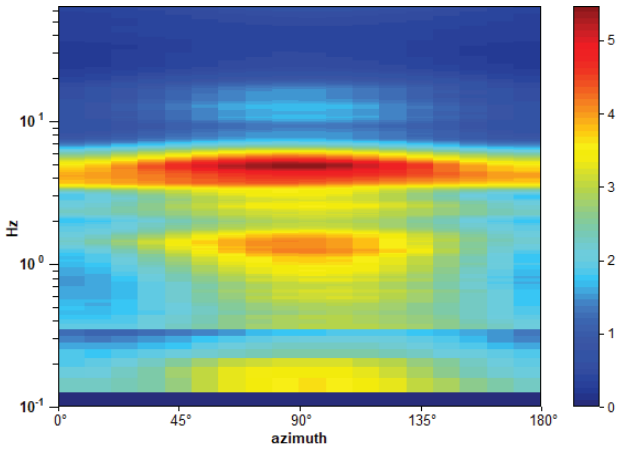
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



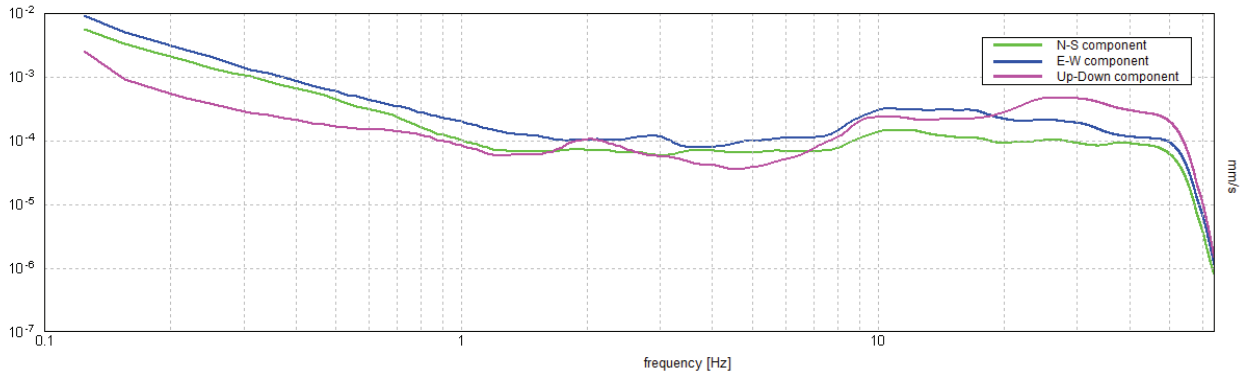
SERIE TEMPORALE H/V



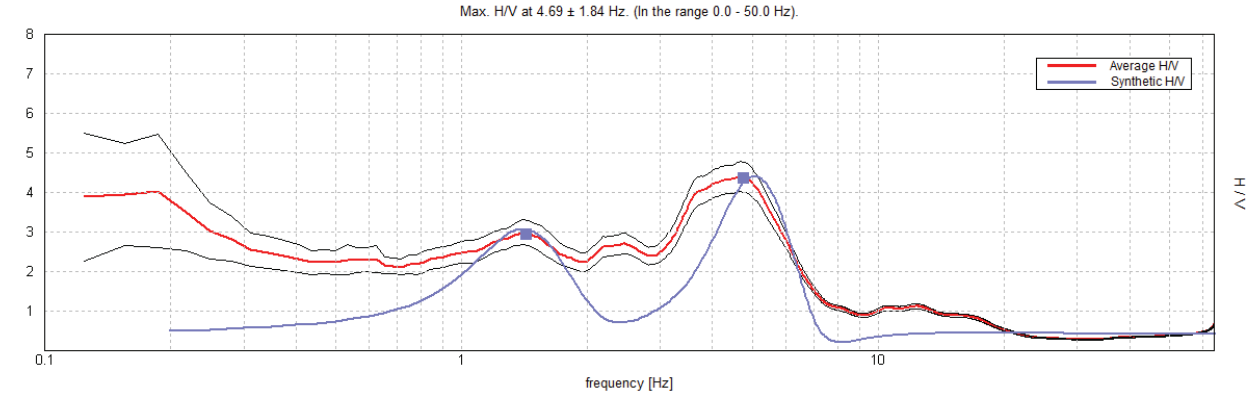
DIREZIONALITA' H/V



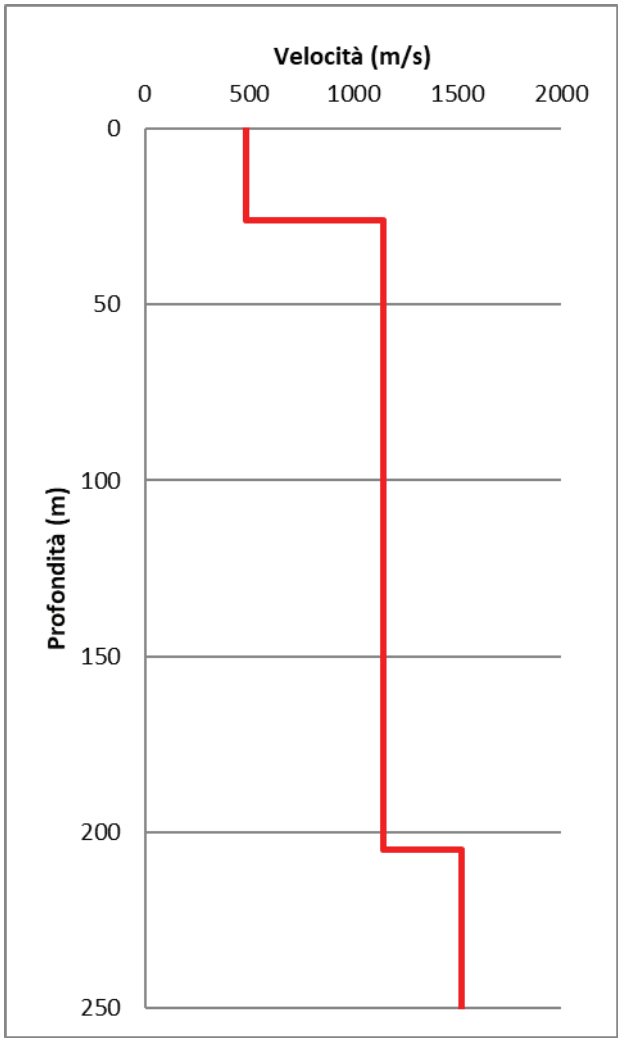
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
26.80	26.80	488
205.80	179.00	1144
inf.	inf.	1520


Velocità (m/s)
0
500
1000
1500
2000
Profondità (m)
0
50
100
150
200
250

[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 4.69 ± 1.82 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	4.69 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11250.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 226	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.43 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.3876| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.81686 < 0.23438		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3756 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

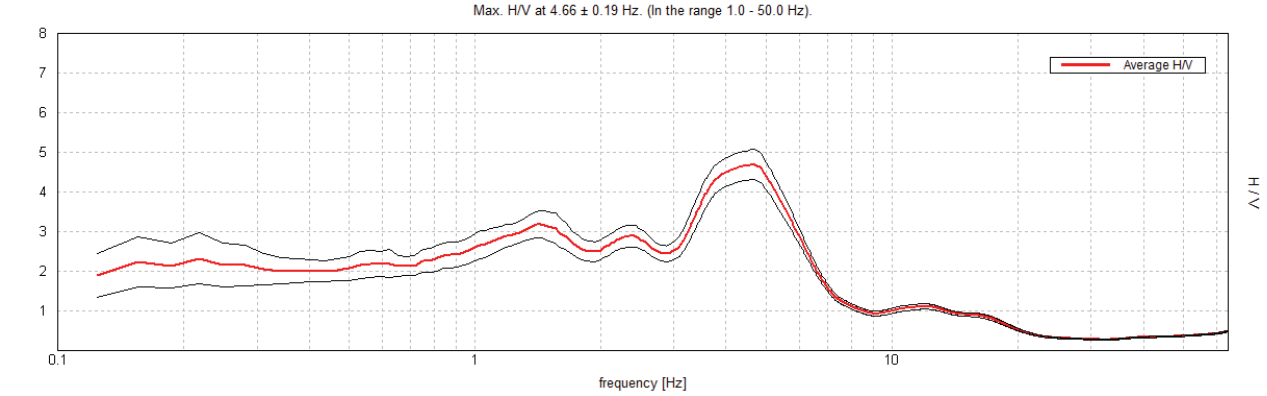
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

HVSR 4

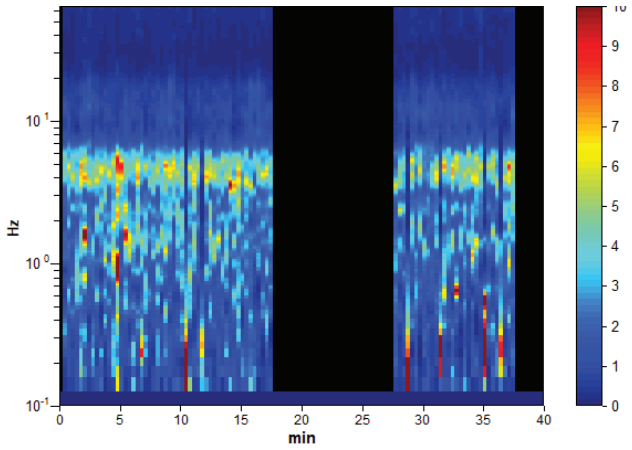
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 13/12/2012 17:16:40 Fine registrazione: 13/12/2012 17:56:40
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analizzato 68% tracciato (selezione automatica)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 14%

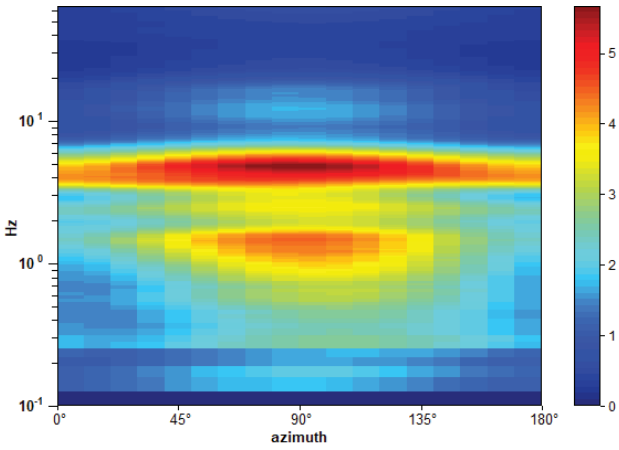
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



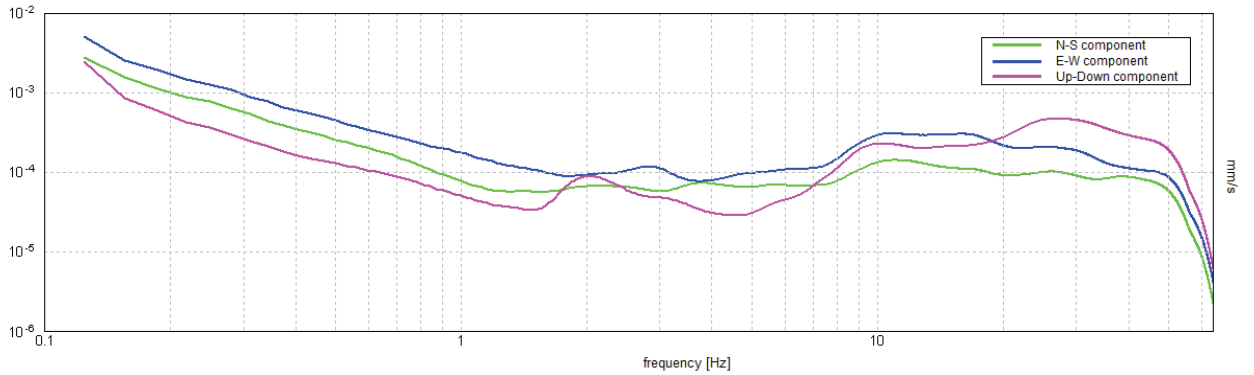
SERIE TEMPORALE H/V



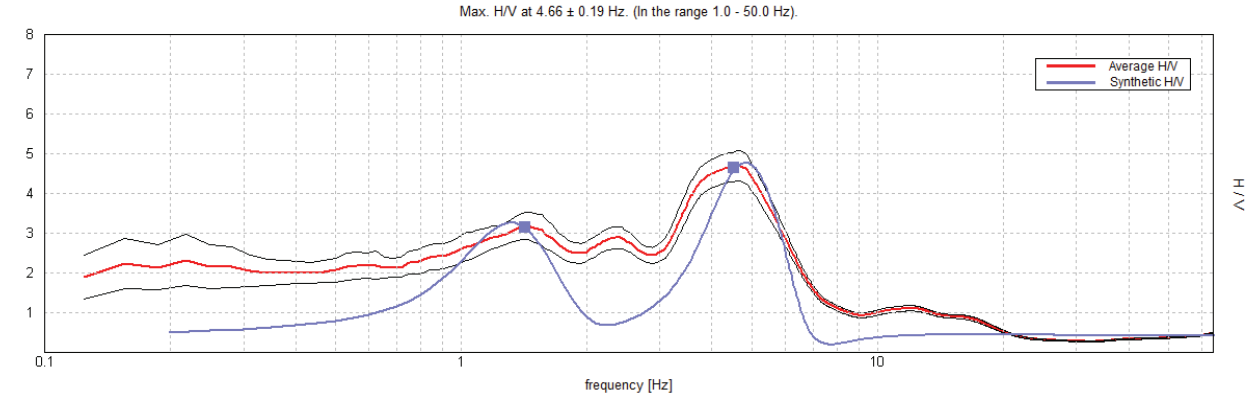
DIREZIONALITA' H/V



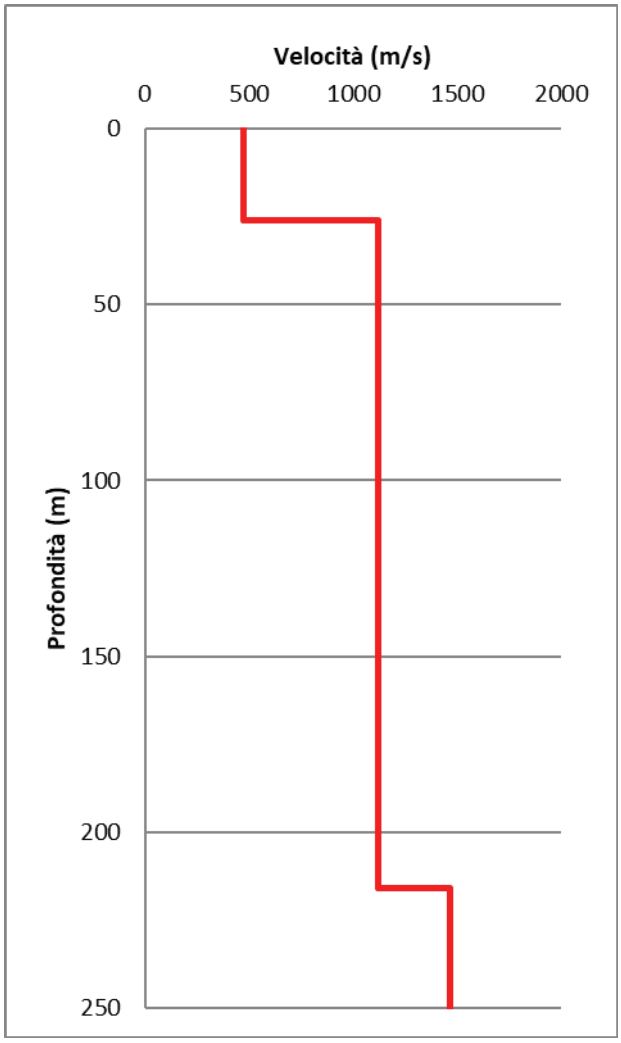
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
37.20	37.20	461
237.20	200.00	1120
inf.	inf.	1464


Velocità (m/s)
0
500
1000
1500
2000
Profondità (m)
0
50
100
150
200
250

[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 4.66 ± 0.19 Hz (nell'intervallo 1.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	4.66 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	7636.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 225	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.70 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.04129| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.19224 < 0.23281	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3848 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

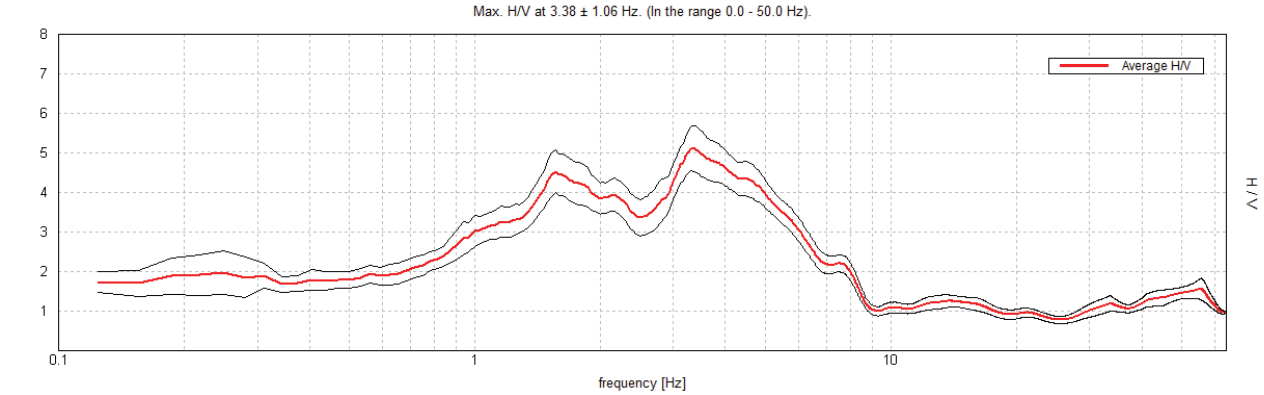
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

HVSR 5

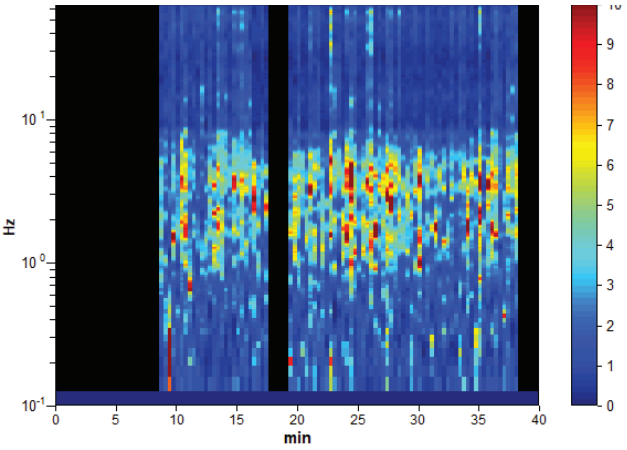
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 23/12/2012 21:43:41 Fine registrazione: 23/12/2012 22:23:41
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

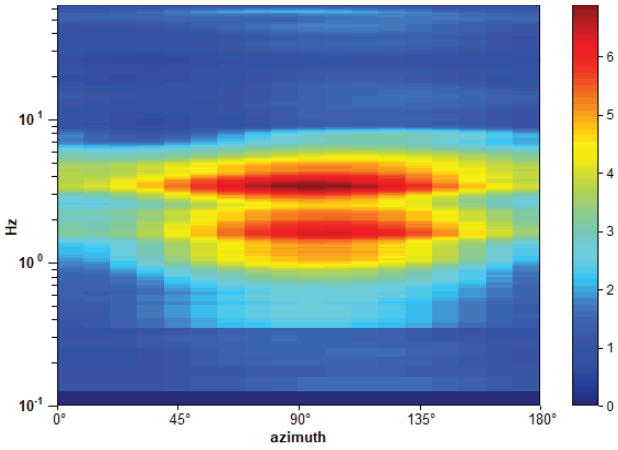
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



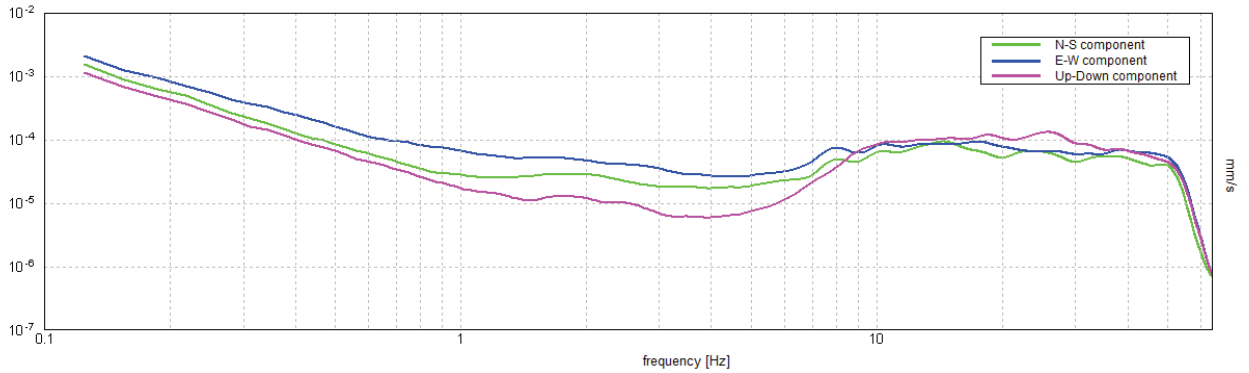
SERIE TEMPORALE H/V



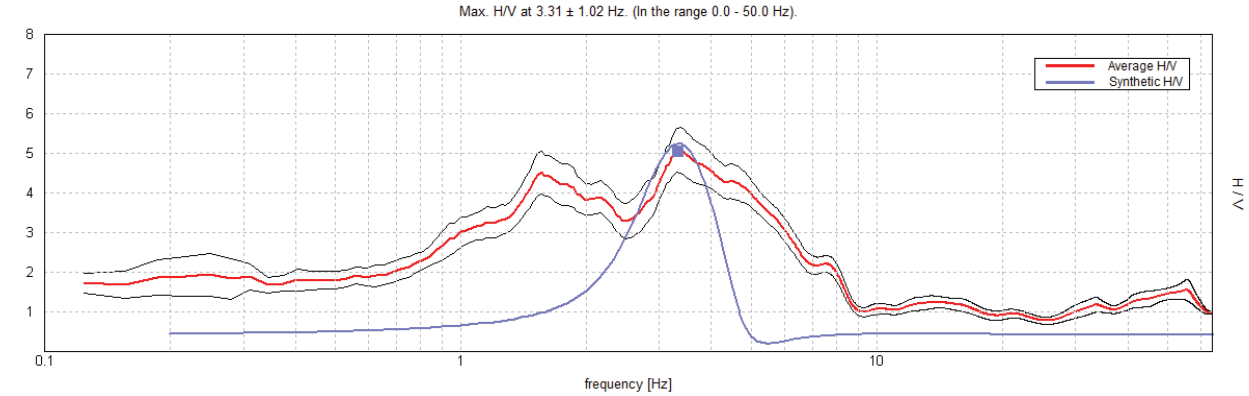
DIREZIONALITA' H/V



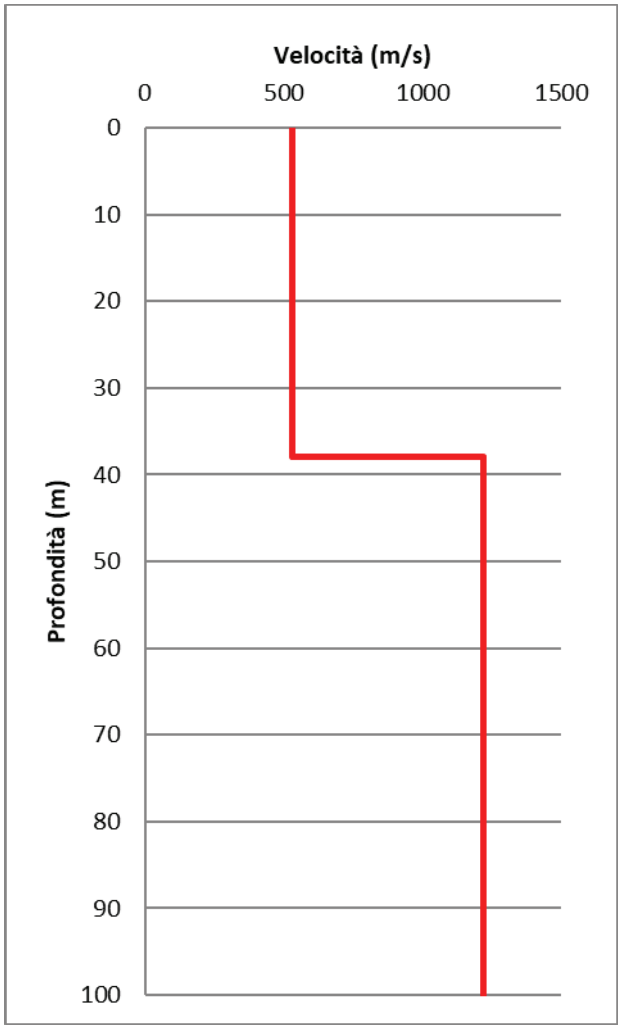
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
38.00	38.00	530
inf.	inf.	1221


Velocità (m/s)
0
500
1000
1500
Profondità (m)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

[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 3.38 ± 1.06 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5670.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 163	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.875 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.10 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.31361| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.05843 < 0.16875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5776 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

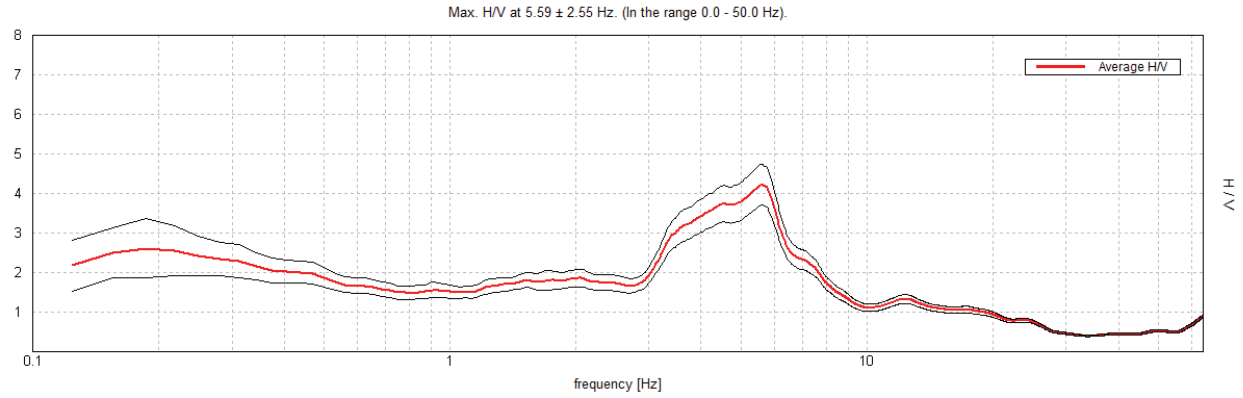
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

HVSR 6

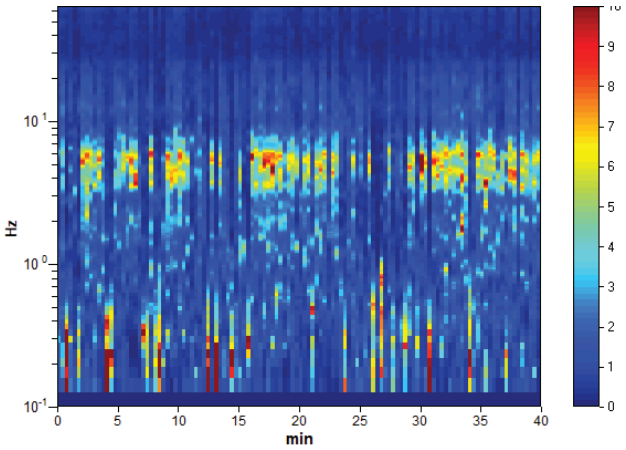
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 23/05/2023 10:43:50 Fine registrazione: 23/05/2023 11:23:50
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

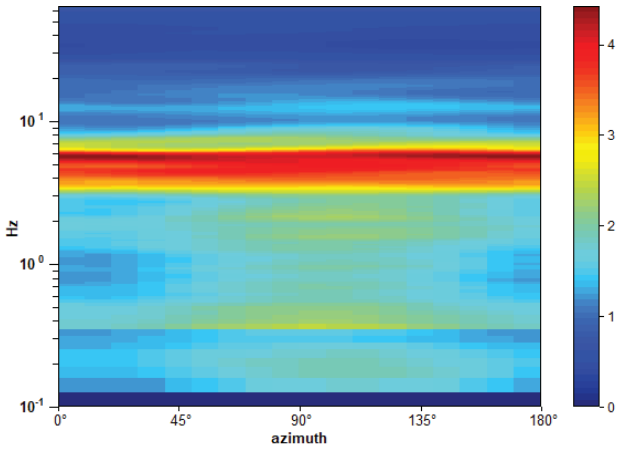
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



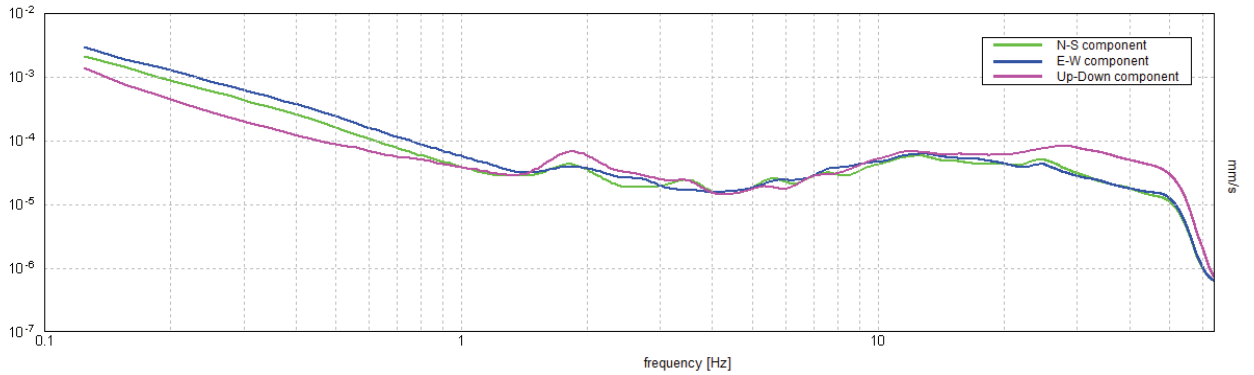
SERIE TEMPORALE H/V



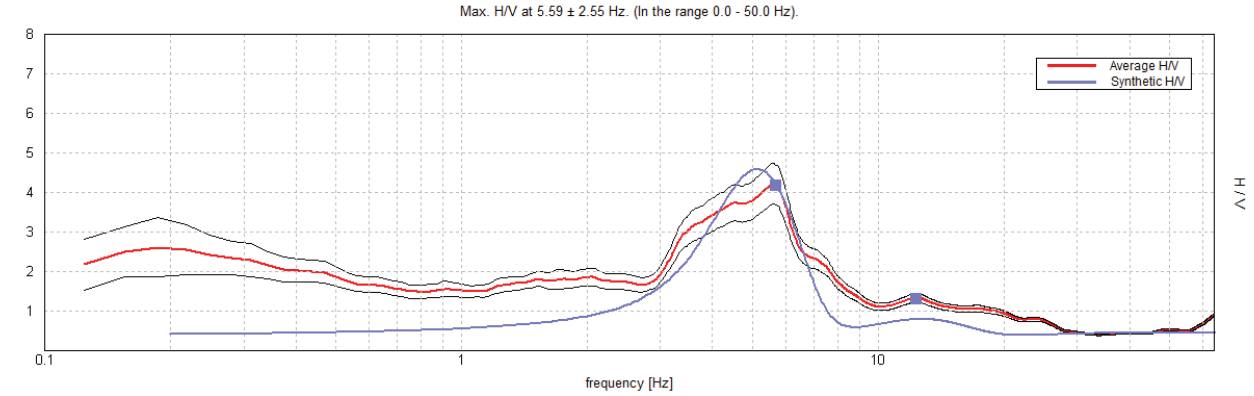
DIREZIONALITA' H/V



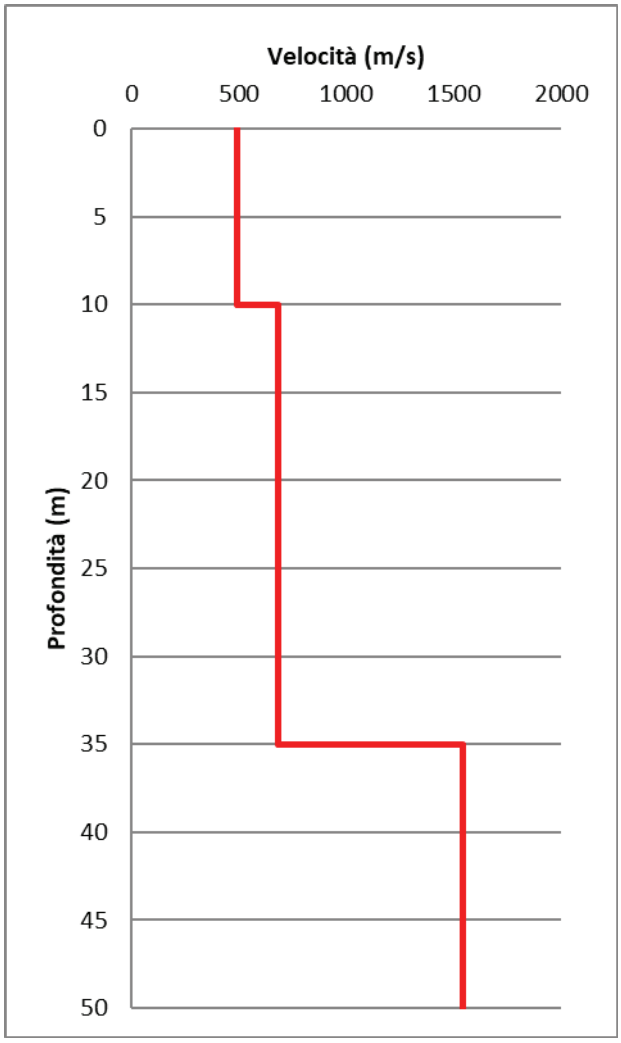
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
10.00	10.00	490
35.00	25.00	682
inf.	inf.	1541


Velocità (m/s)
0
500
1000
1500
2000
Profondità (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

[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 5.59 ± 2.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	5.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	13425.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 269	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.063 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.22 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.45653| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.55371 < 0.27969		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5126 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

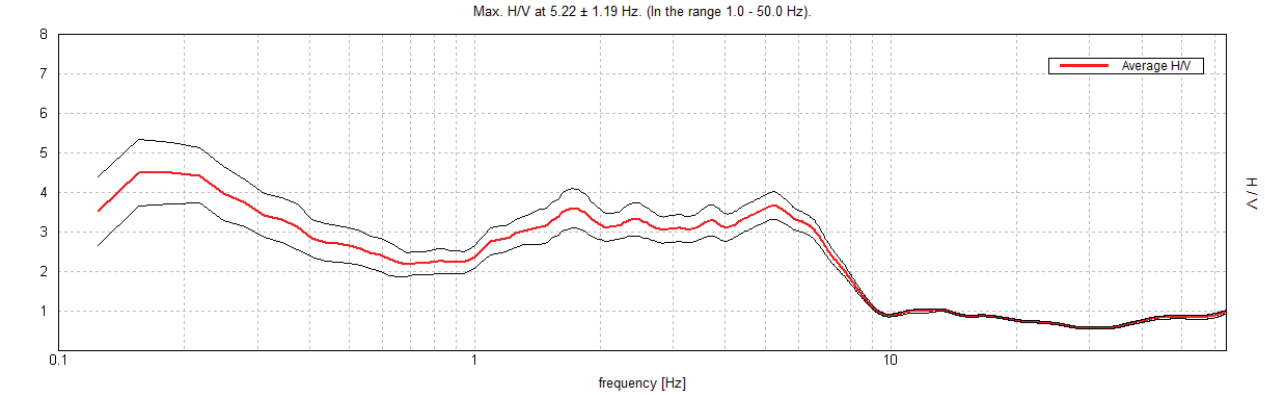
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

HVSR 7

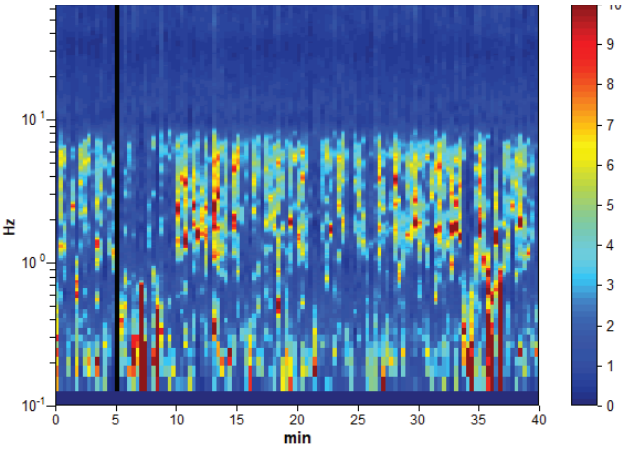
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 25/12/2012 06:47:12 Fine registrazione: 25/12/2012 07:27:12
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analizzato 99% tracciato (selezione automatica)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

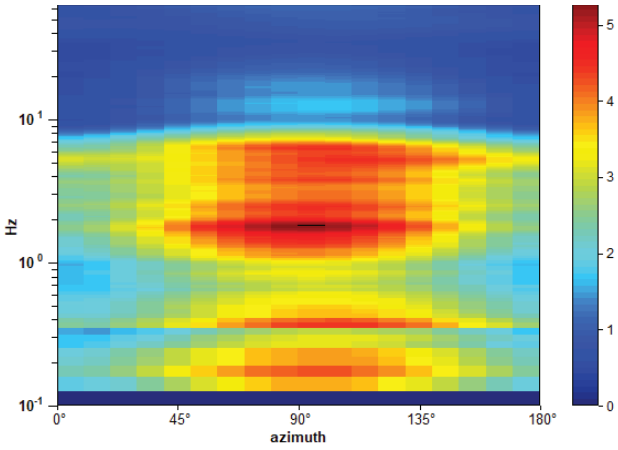
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



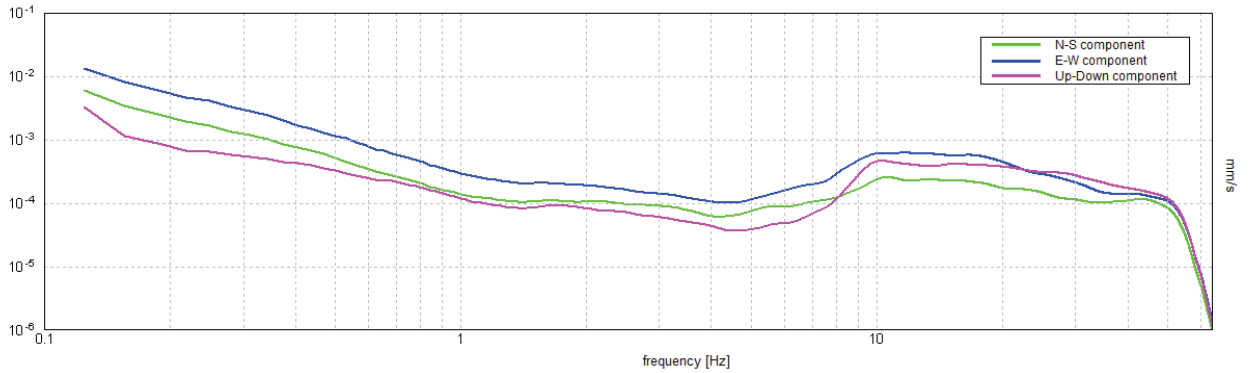
SERIE TEMPORALE H/V



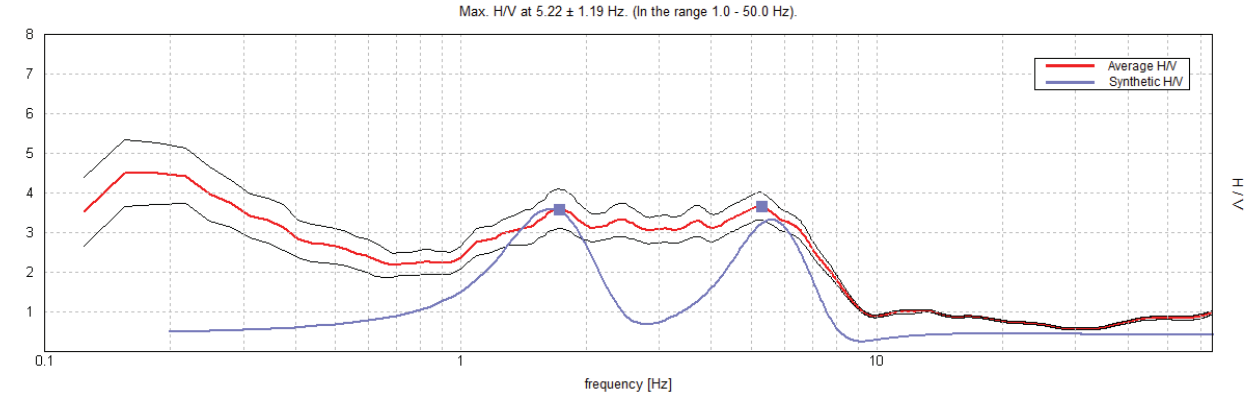
DIREZIONALITA' H/V



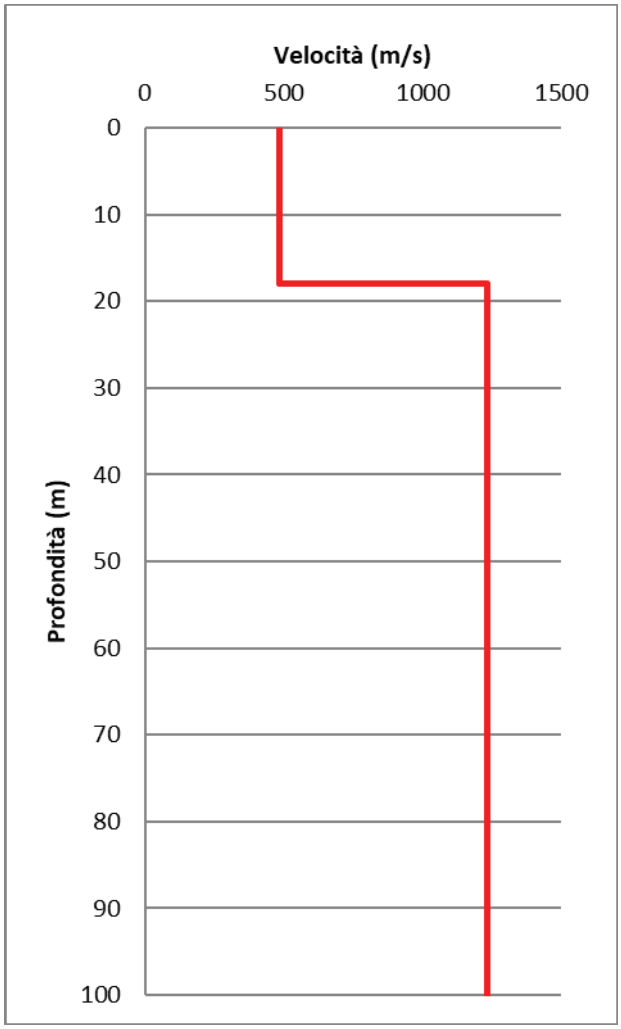
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
18.00	18.00	485
133.00	115.00	1232
inf.	inf.	1348


Velocità (m/s)
0
500
1000
1500
Profondità (m)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

[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 5.22 ± 1.19 Hz (nell'intervallo 1.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	5.22 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	12420.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 251	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.67 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.22763| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.18796 < 0.26094		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3479 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 σ_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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

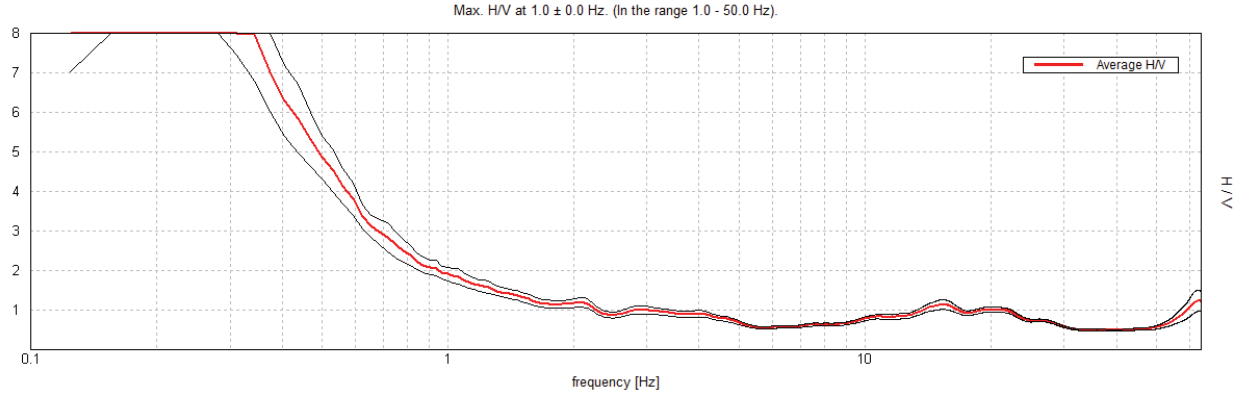
TROMINO®
www.moho.world

HV8

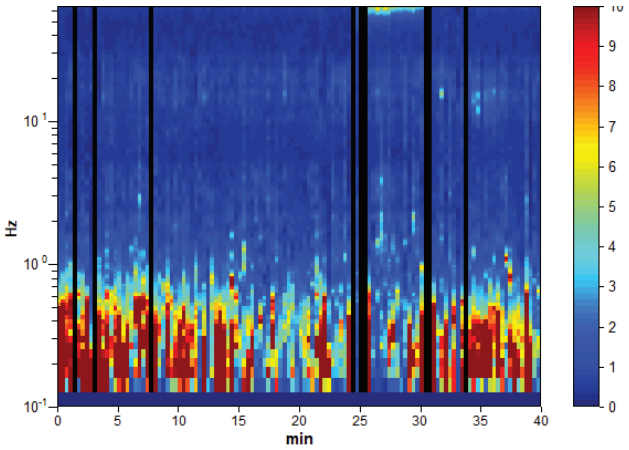
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 25/05/2025 12:12:42 Fine registrazione: 25/05/2025 12:52:42
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analizzato 92% tracciato (selezione automatica)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

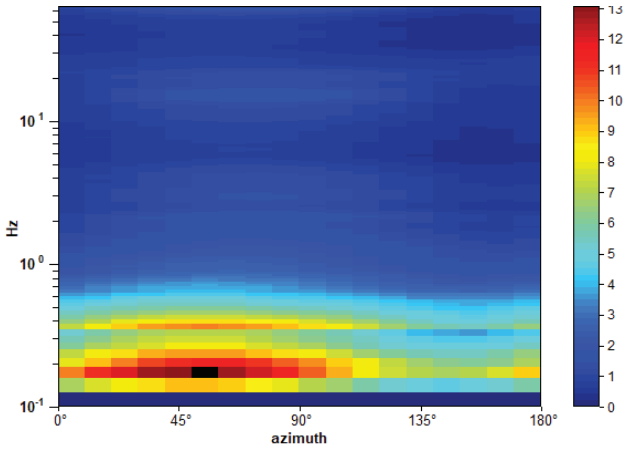
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



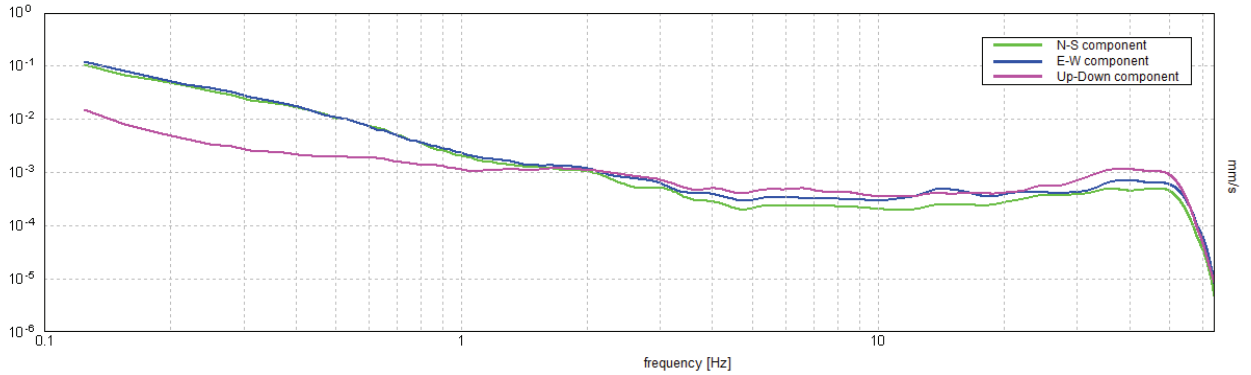
SERIE TEMPORALE H/V



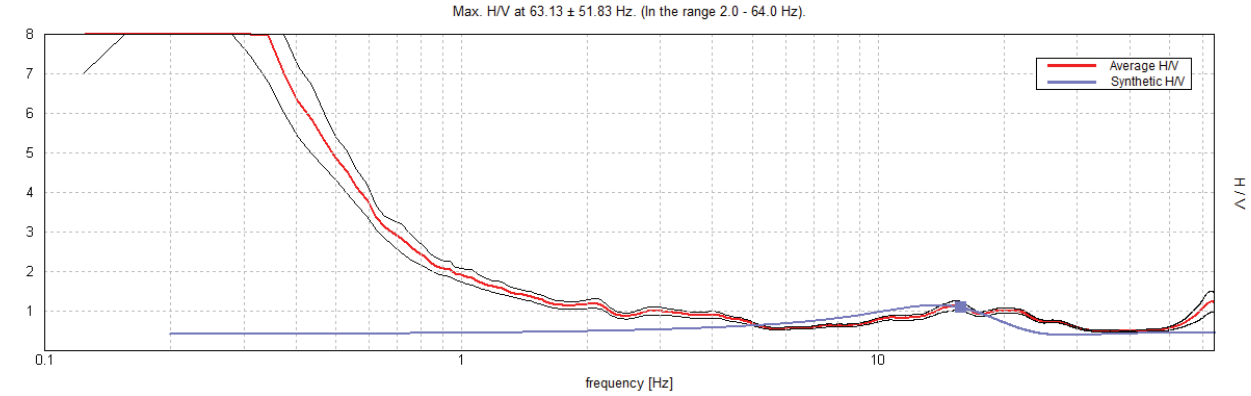
DIREZIONALITA' H/V



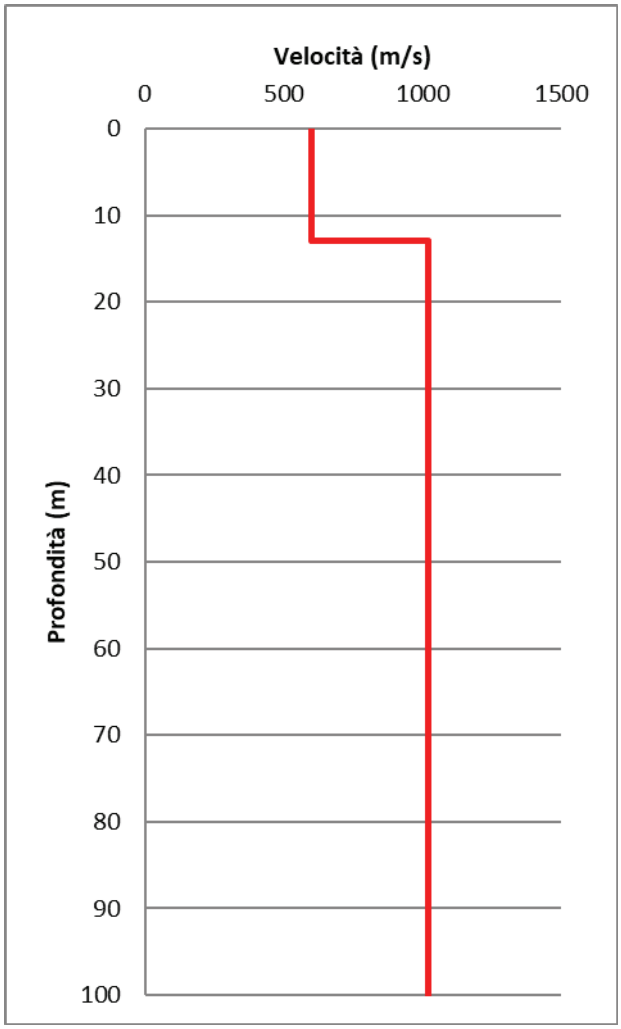
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
13.00	14.00	602
inf.	inf.	1022


Velocità (m/s)
0
500
1000
1500
Profondità (m)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

[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 1.0 ± 0.0 Hz (nell'intervallo 1.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2220.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 49	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.92 > 2		NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.0| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0 < 0.1	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1612 < 1.78	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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

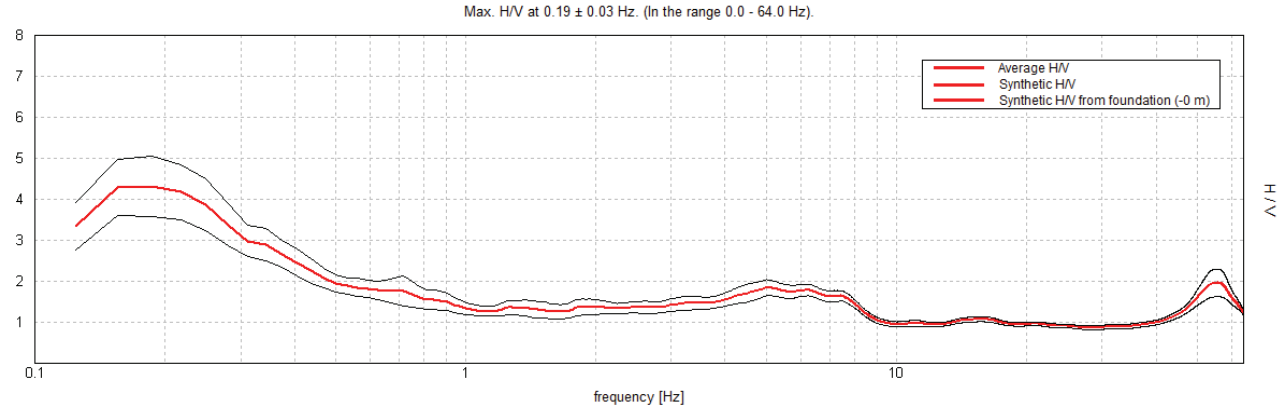
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

HV9 SKY adriatico

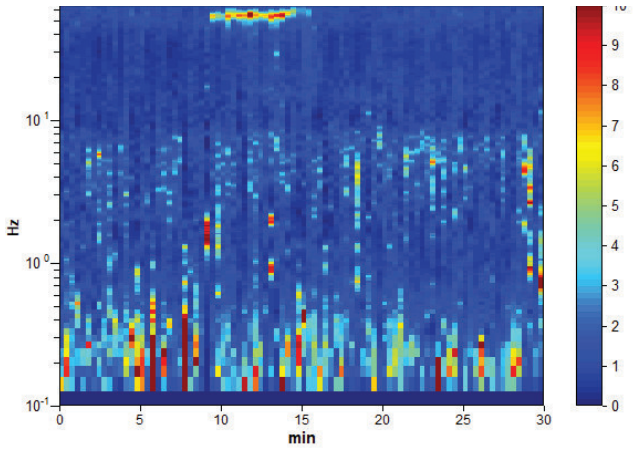
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 12/12/2012 15:35:22 Fine registrazione: 12/12/2012 16:15:22
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". (Analizzato da 0 s per 30. min)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 6%

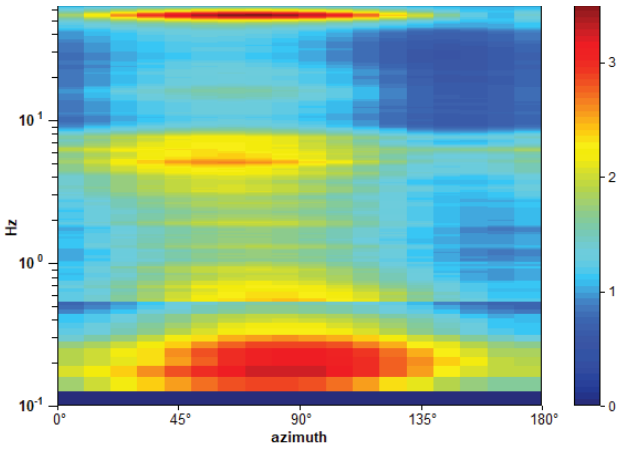
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



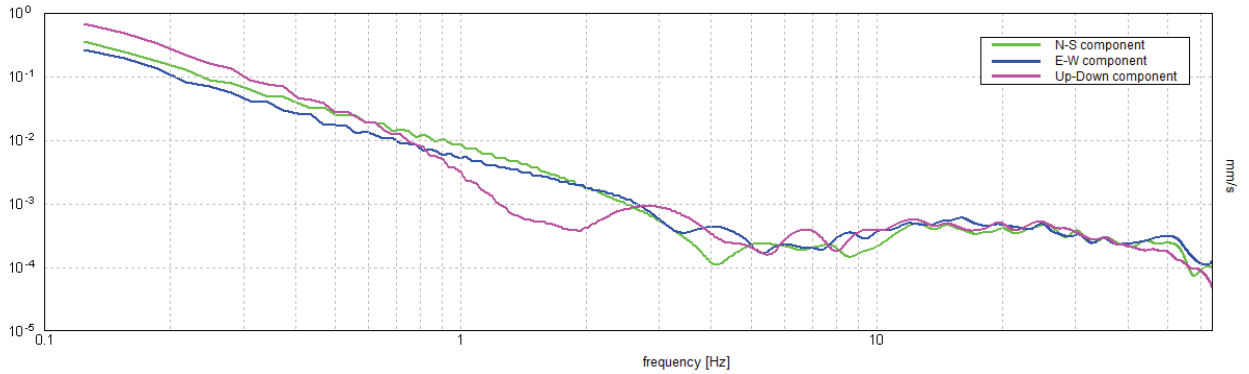
SERIE TEMPORALE H/V



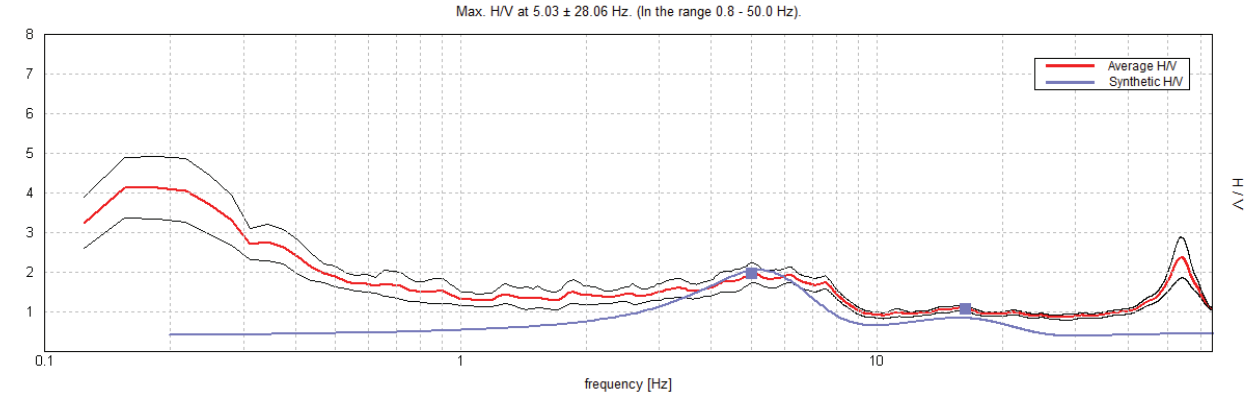
DIREZIONALITA' H/V



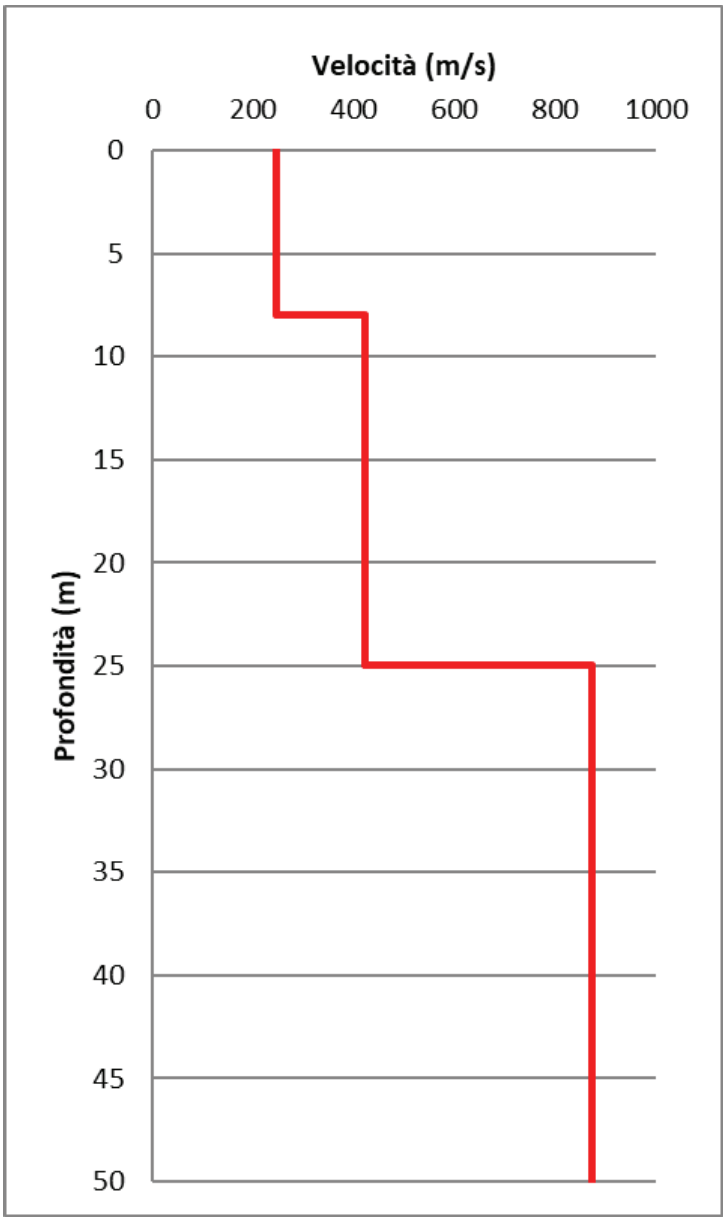
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
8.00	8.00	520
25.00	17.00	686
inf.	inf.	1219


Velocità (m/s)
0
200
400
600
800
1000
Profondità (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

[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 5.03 ± 28.06 Hz (nell'intervallo 0.8 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	5.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	9056.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 243	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.99 > 2		NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|5.57699| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	28.05925 < 0.25156		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2522 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 σ_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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

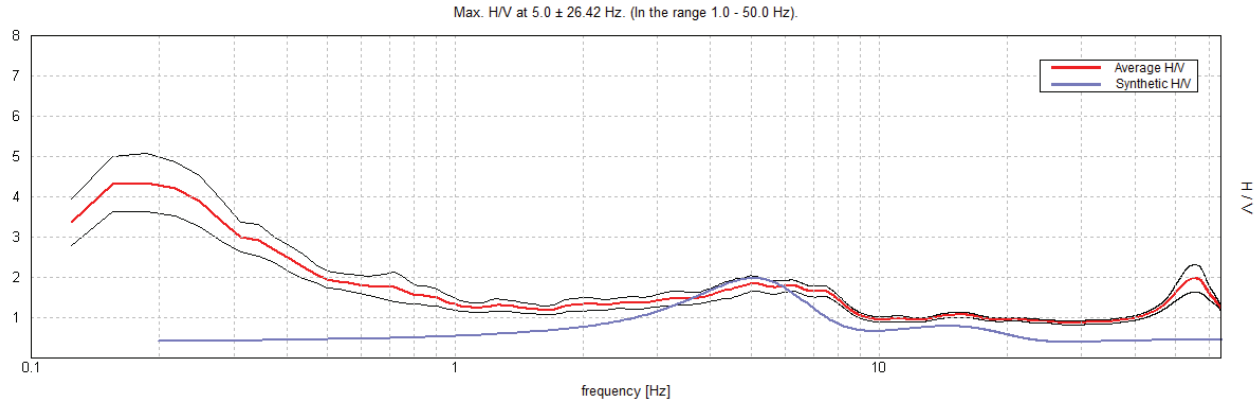
TROMINO®
www.moho.world

HVSR 10

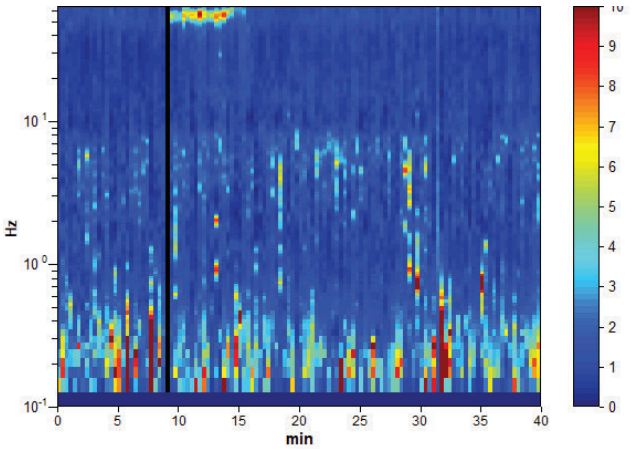
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 12/05/2023 15:35:22 Fine registrazione: 12/05/2023 16:15:22
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analizzato 99% tracciato (selezione automatica)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

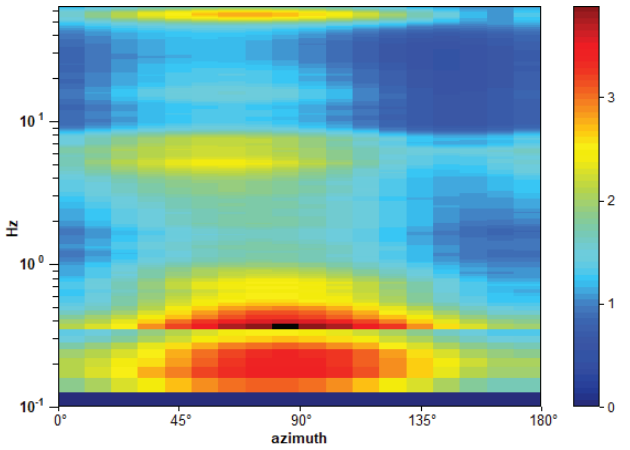
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



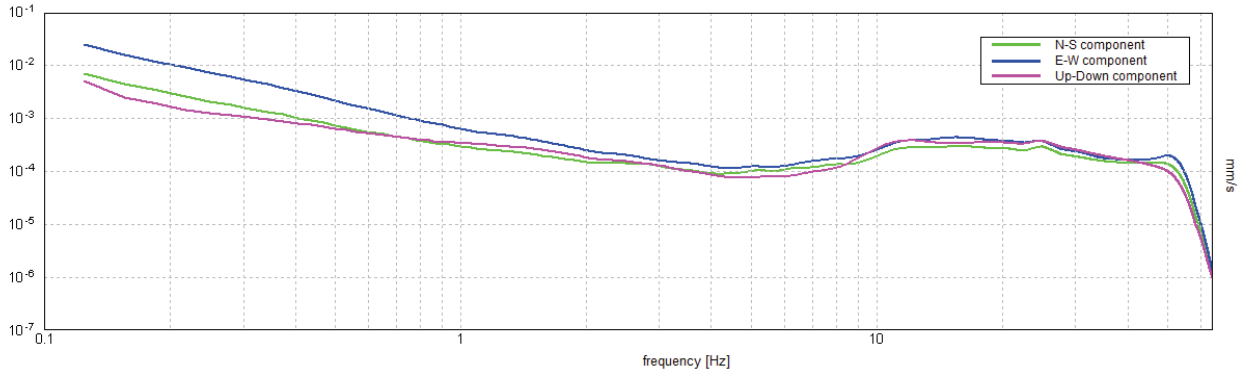
SERIE TEMPORALE H/V



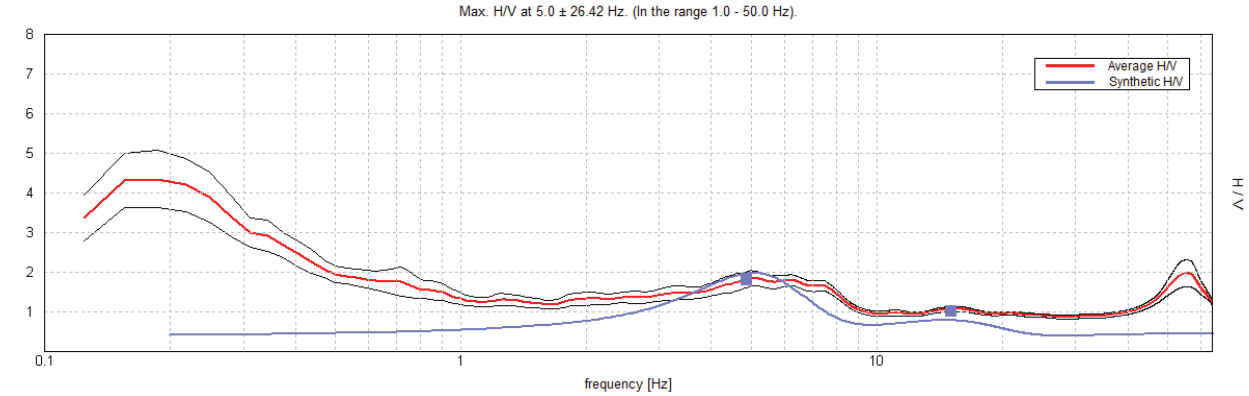
DIREZIONALITA' H/V



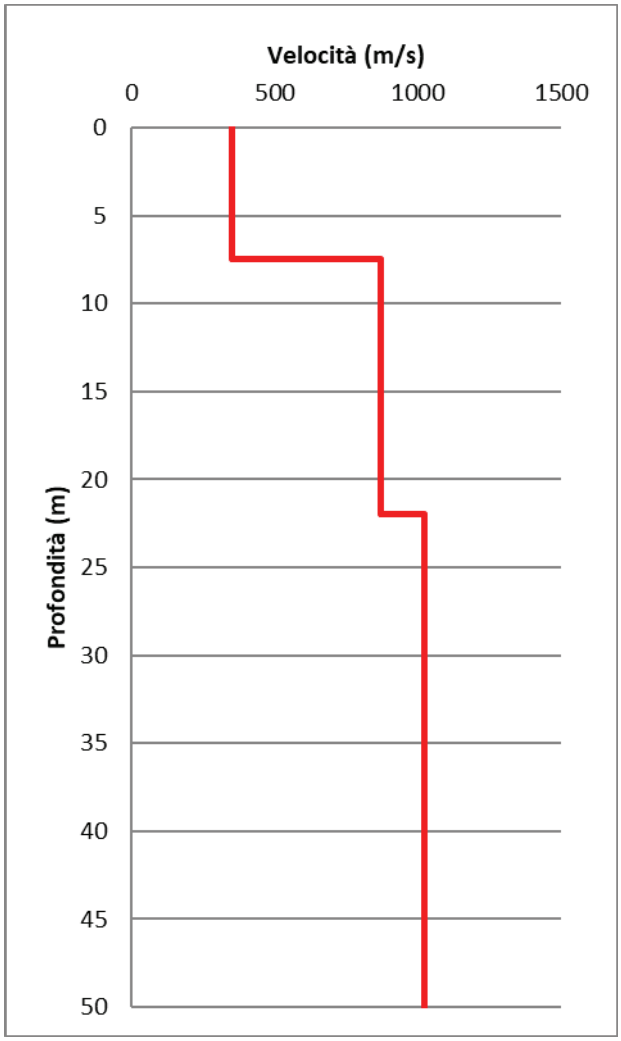
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
7.50	7.50	350
32.50	25.00	671
inf.	inf.	1022


Velocità (m/s)
0
500
1000
1500
Profondità (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

[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 5.0 ± 26.42 Hz (nell'intervallo 1.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	5.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11900.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 241	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	1.86 > 2		NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|5.2845| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	26.4225 < 0.25		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.197 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 σ_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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

TROMINO®
www.moho.world

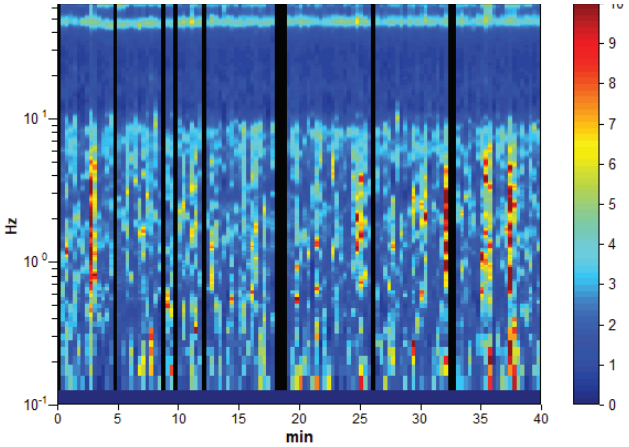
HVSR 11

Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 24/05/2023 09:11:32 Fine registrazione: 24/05/2023 09:51:32
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

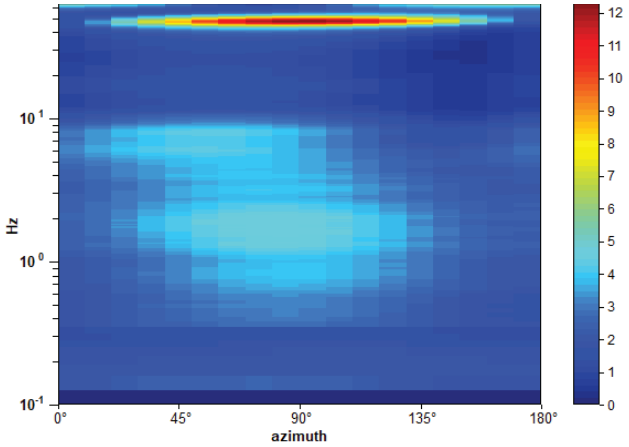
Durata registrazione: 0h40'00". Analizzato 91% tracciato (selezione automatica)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

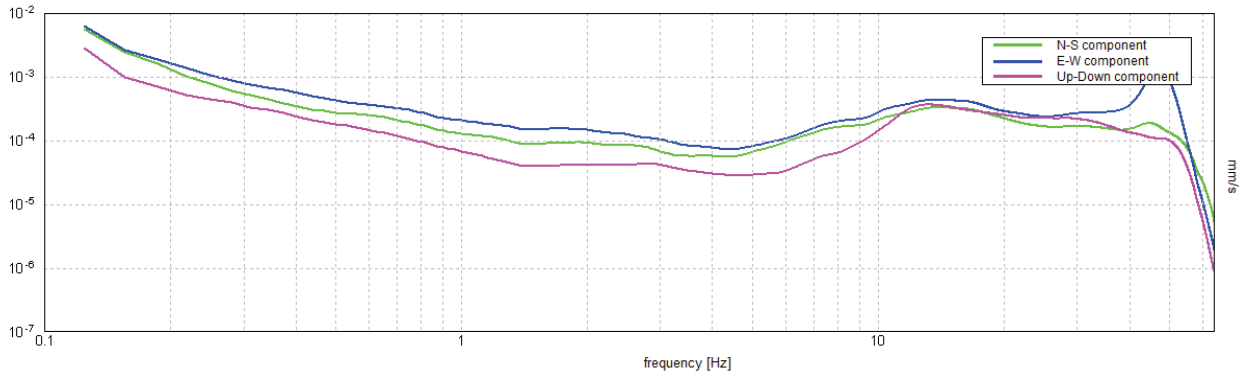
SERIE TEMPORALE H/V



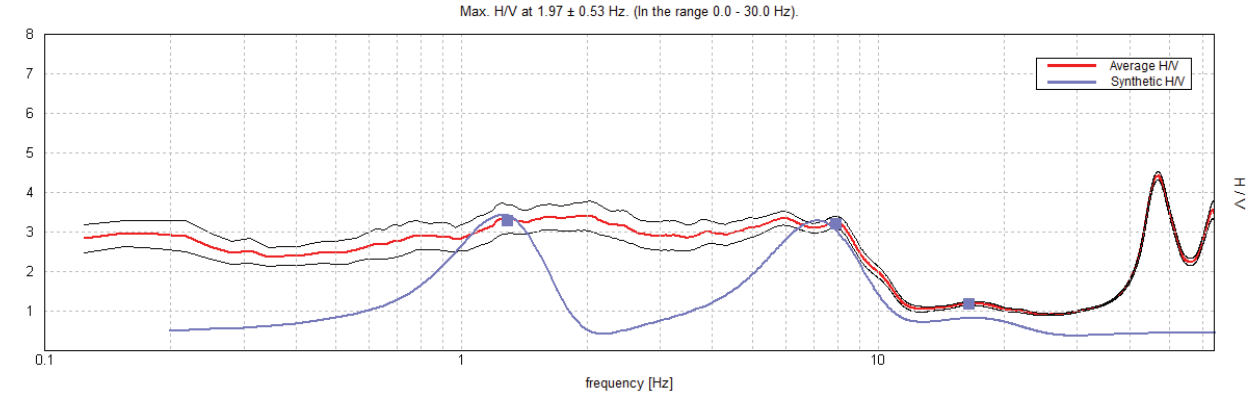
DIREZIONALITA' H/V



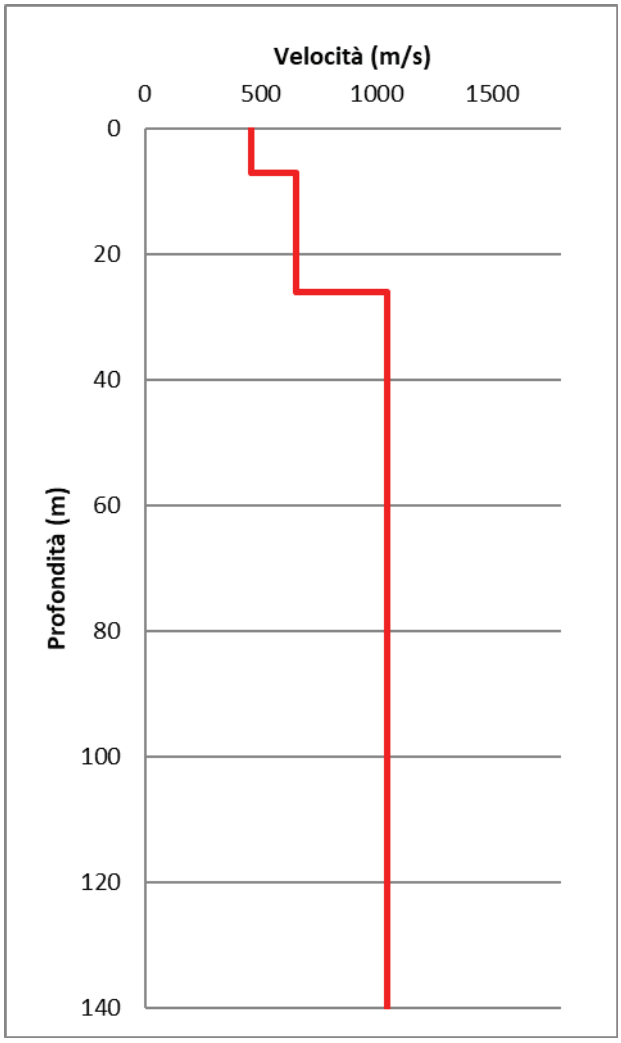
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
7.00	7.00	460
27.00	20.00	652
267.00	240.00	1046
inf.	inf.	1374


Velocità (m/s)
0
500
1000
1500
Profondità (m)
0
20
40
60
80
100
120
140

[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 1.97 ± 0.53 Hz (nell'intervallo 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4291.9 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 95	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.41 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.26865| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.5289 < 0.19688		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3638 < 1.78	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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

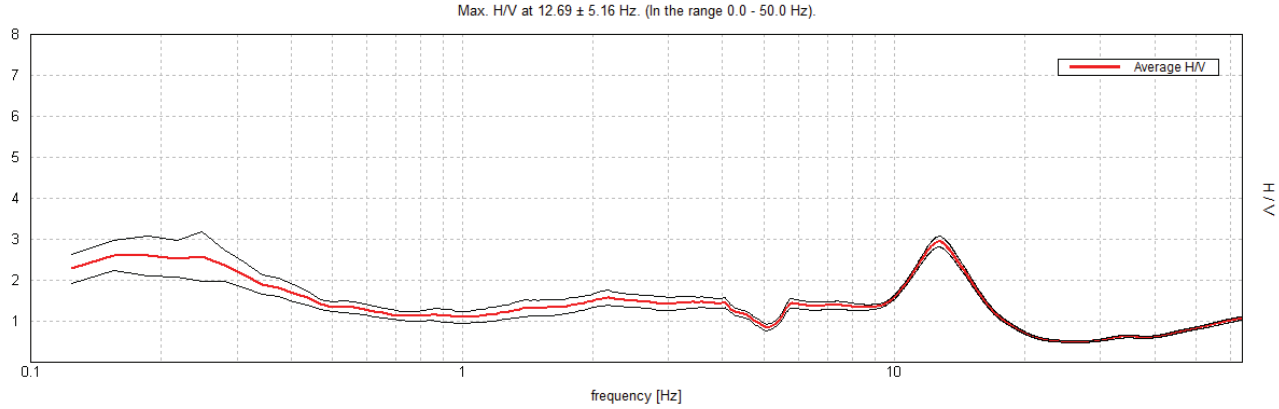
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

HVSR 12

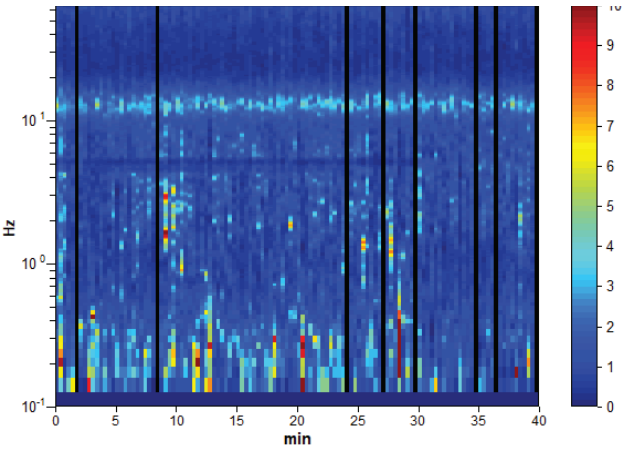
Strumento: TZ3-0005/01-13
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 31/05/2023 15:11:47 Fine registrazione: 31/05/2023 15:51:47
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h40'00". Analizzato 93% tracciato (selezione automatica)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 7%

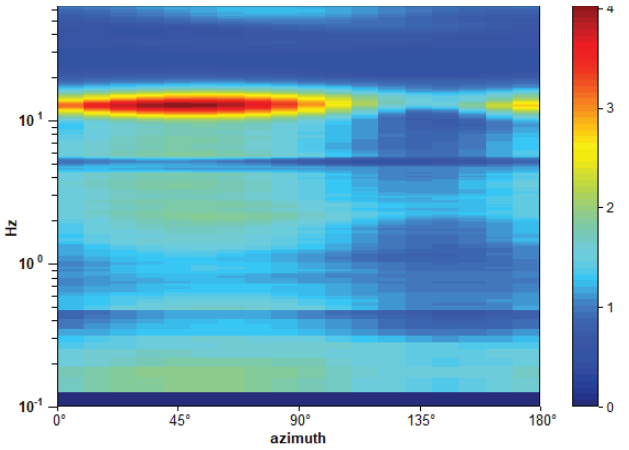
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



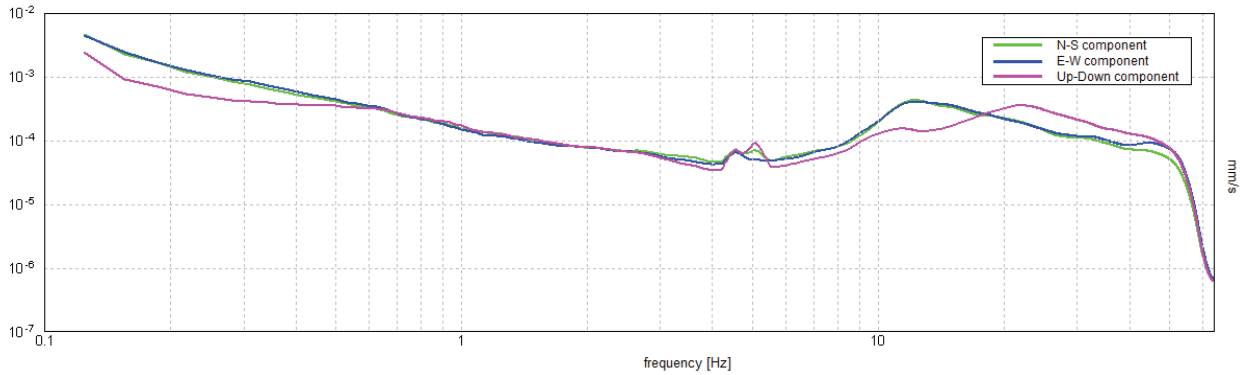
SERIE TEMPORALE H/V



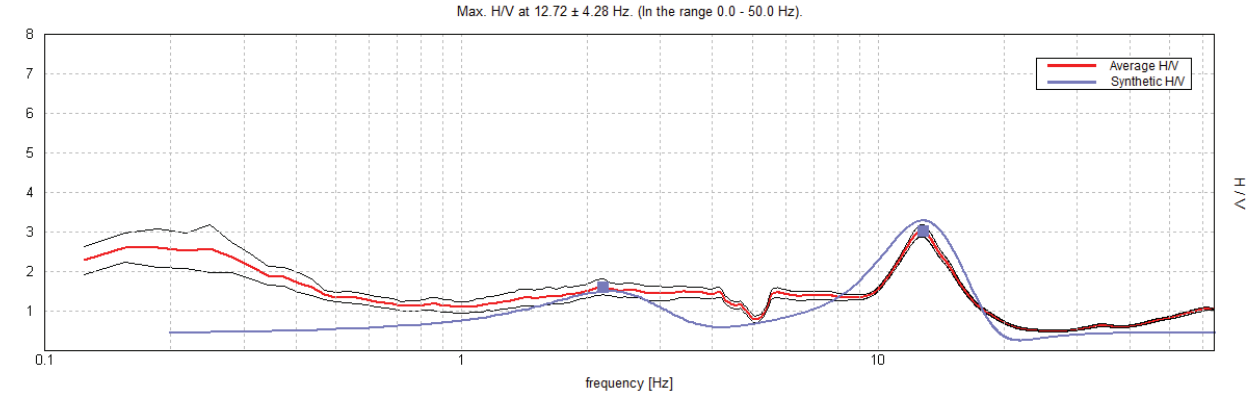
DIREZIONALITA' H/V



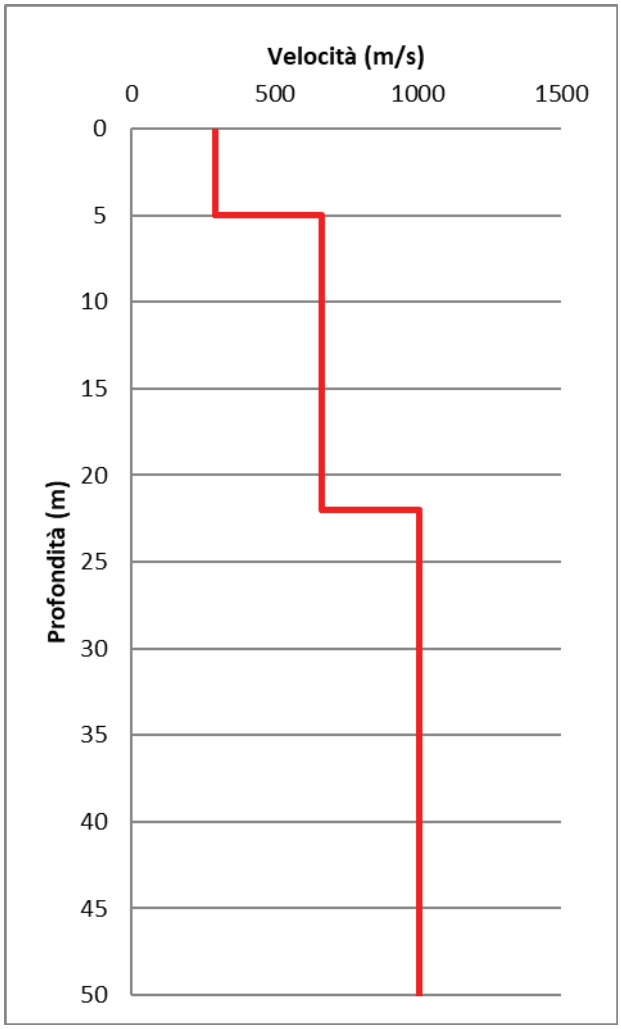
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
5.00	5.00	295
22.00	17.00	665
inf.	inf.	1005


Velocità (m/s)
0
500
1000
1500
Profondità (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

[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 12.72 ± 4.28 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	12.72 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	28490.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 611	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.844 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.04 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.33675| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.28301 < 0.63594		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1513 < 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
σ_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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 σ_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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	REMI	

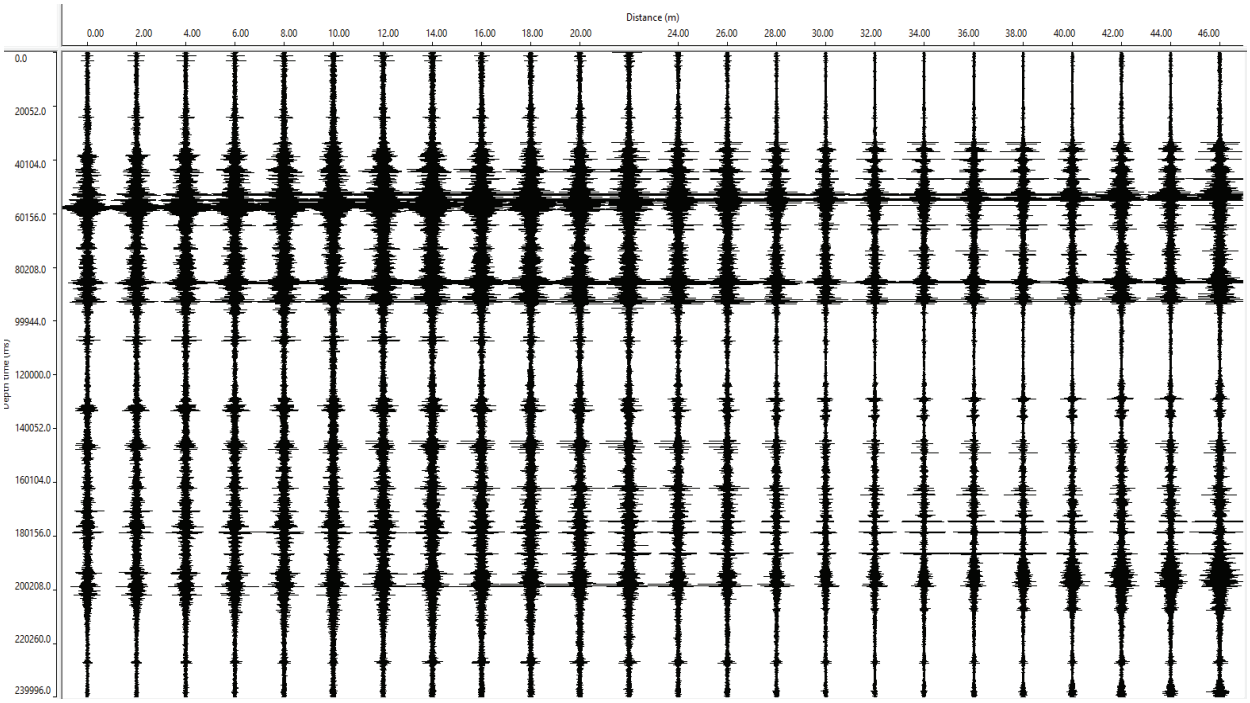
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Brignole (GE)		
NOME TEST	REMI 1		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917140.39 m N	
	Long.	496004.95 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	REMI 1		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917140.39 m N	
	Long.	496004.95 m E	

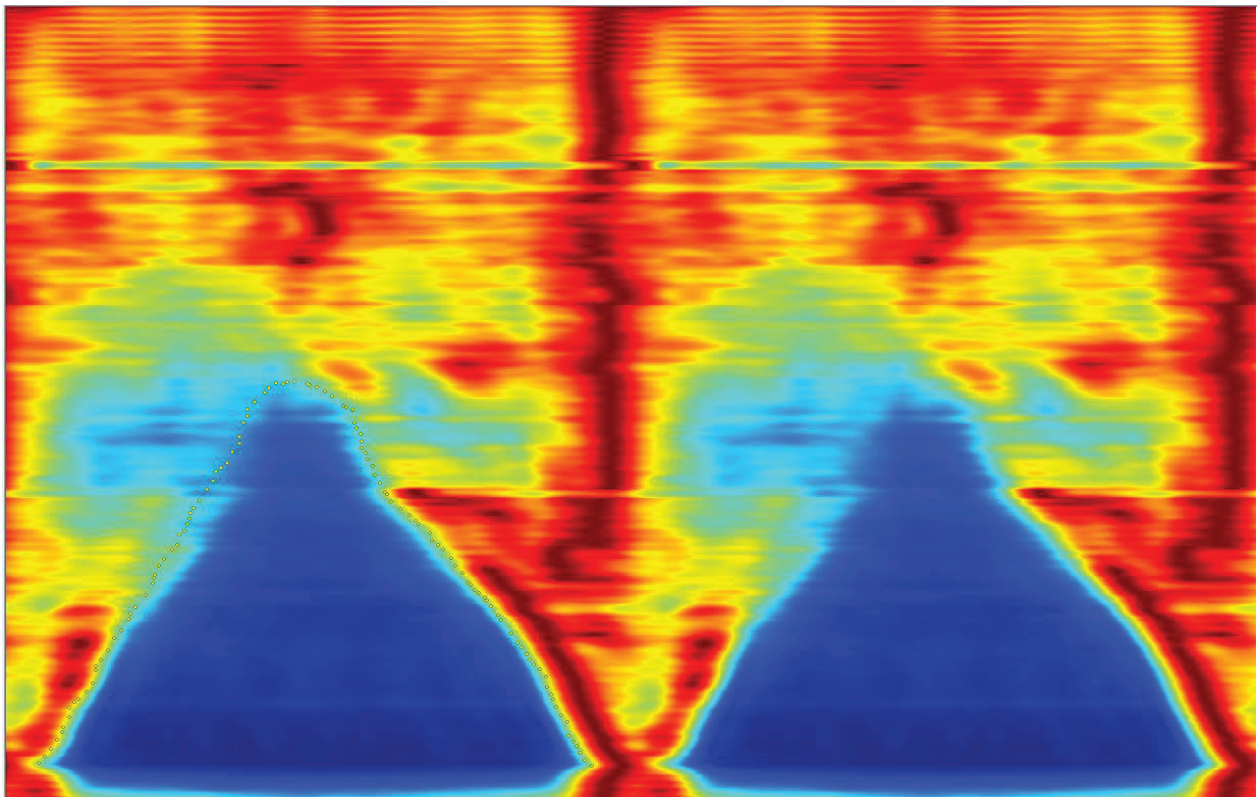
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	REMI 1		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917140.39 m N	
	Long.	496004.95 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

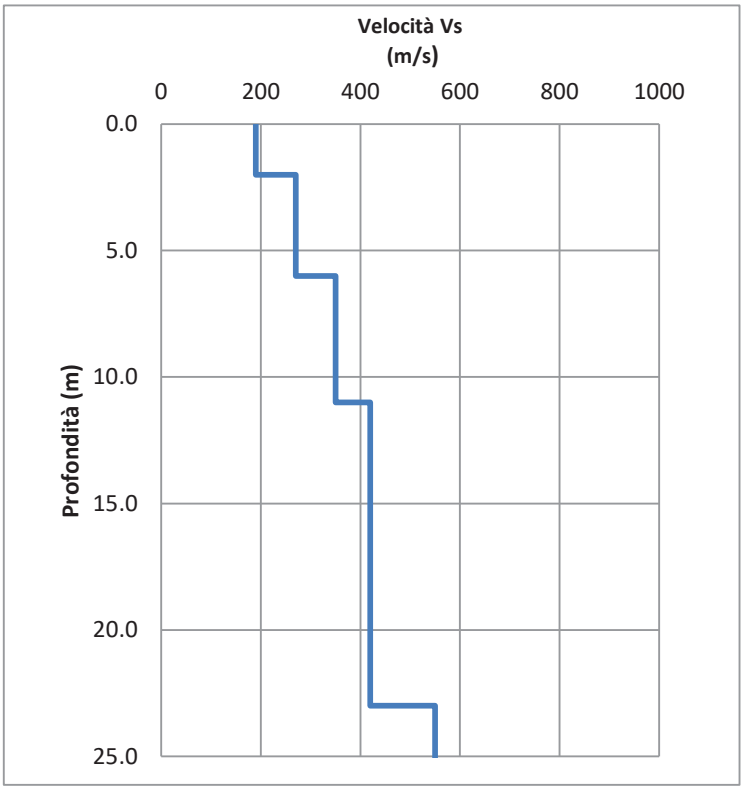


SOCOTEC	**TEST REPORT**	**4/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST:	REMI 1		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917140.39 m N	
	Long.	496004.95 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.00	2.00	190.00
2	2.00	6.00	4.00	270.00
3	6.00	11.00	5.00	350.00
4	11.00	23.00	12.00	420.00
5	23.00	inf.	inf.	550.00



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	REMI	

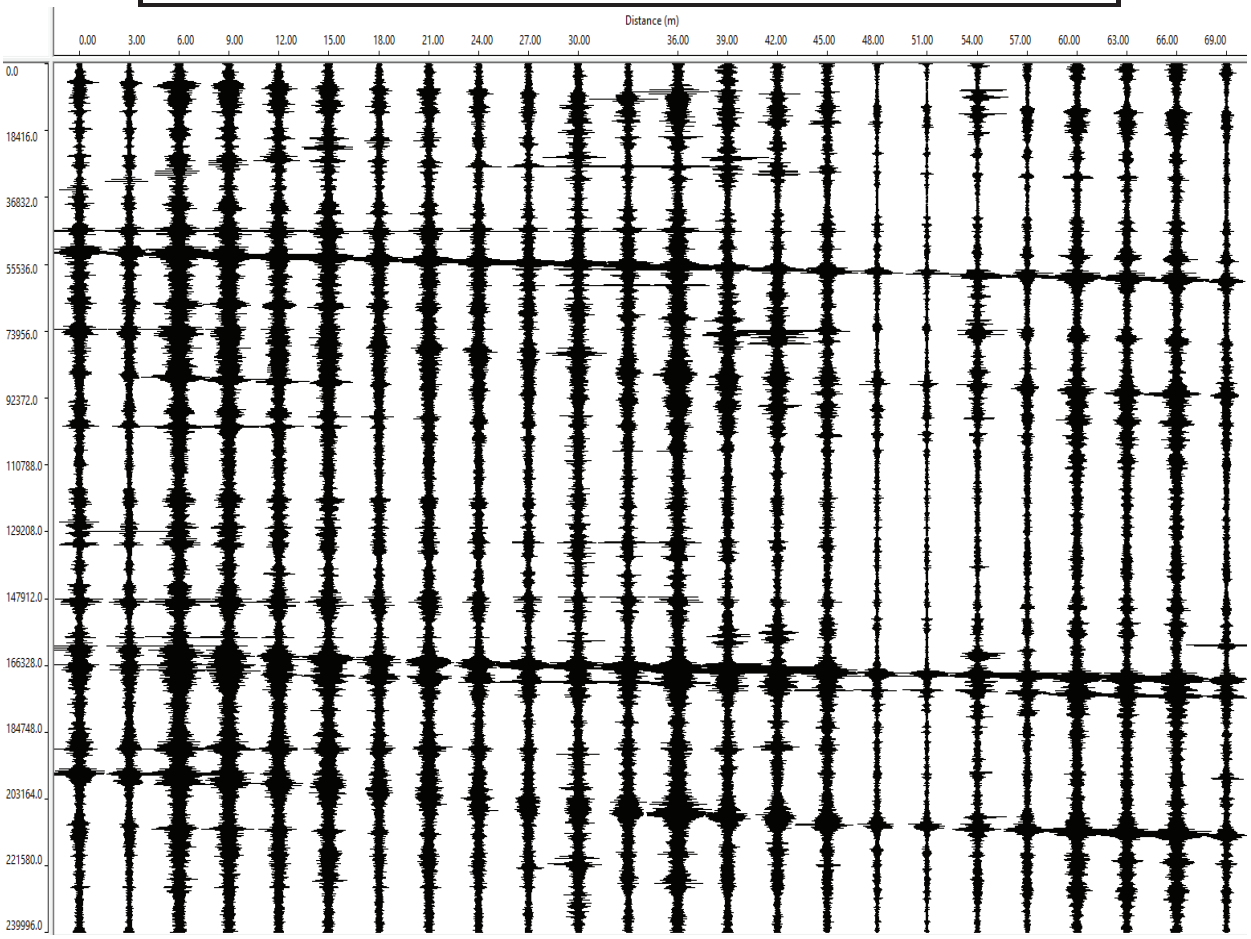
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Brignole (GE)		
NOME TEST	REMI 2		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917403.38 m N	
	Long.	496206.00 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	REMI 2		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917403.38 m N	
	Long.	496206.00 m E	

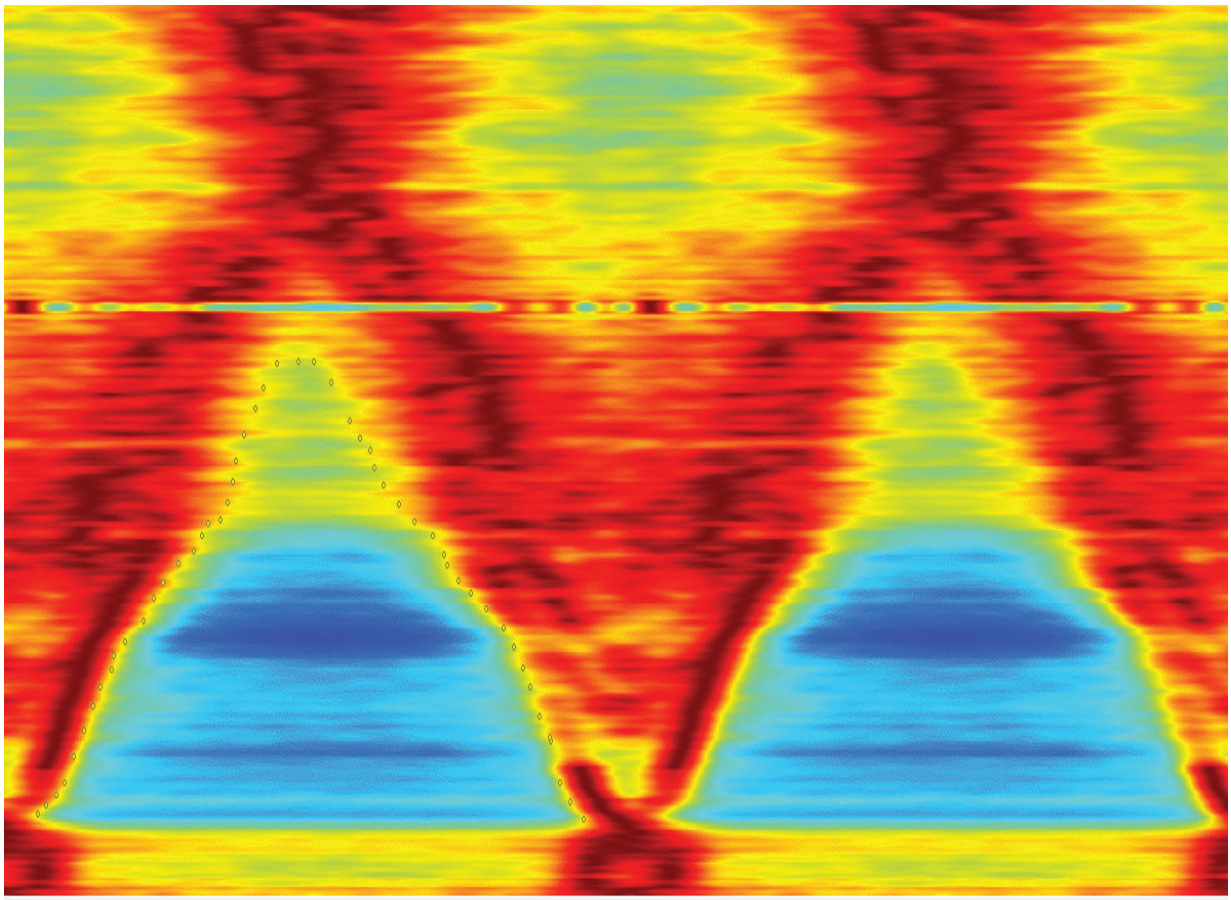
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	REMI 2		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917403.38 m N	
	Long.	496206.00 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

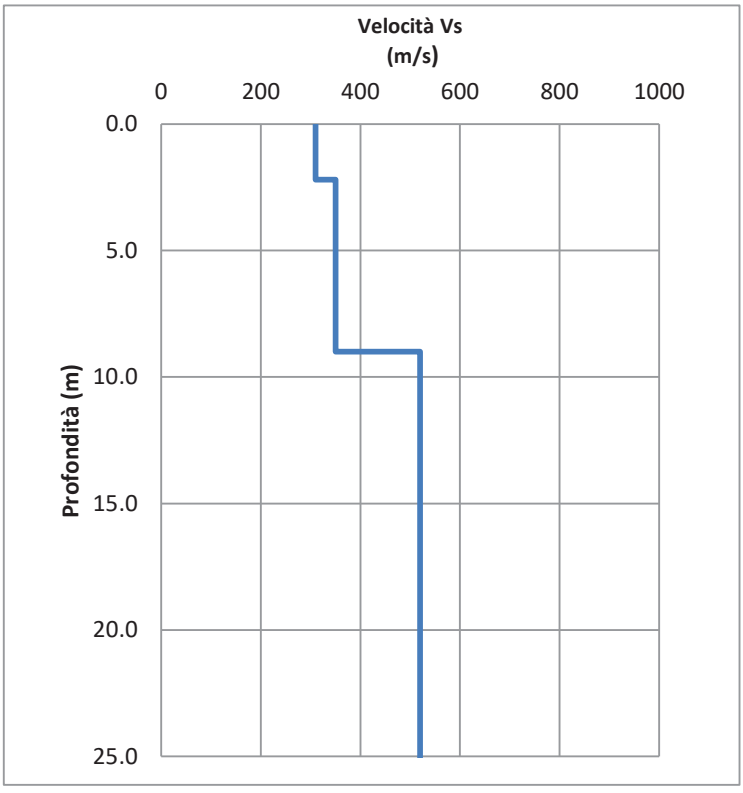


SOCOTEC	**TEST REPORT**	**4/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST:	REMI 2		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917403.38 m N	
	Long.	496206.00 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.20	2.20	310.00
2	2.20	9.00	6.80	350.00
3	9.00	26.60	17.60	520.00
4	26.60	35.00	8.40	890.00
5	35.00	inf.	inf.	1010.00



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	REMI	

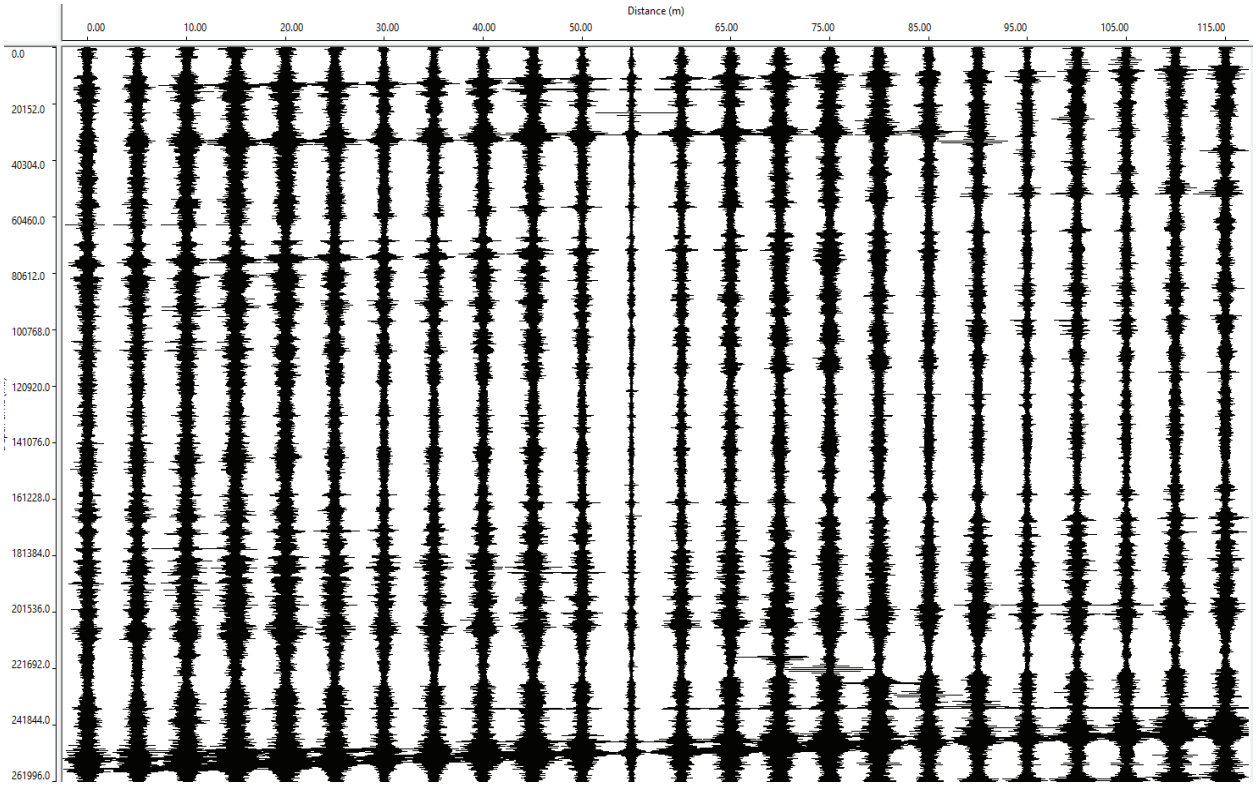
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Brignole (GE)		
NOME TEST	REMI 3		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496269.76 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	REMI 3		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496269.76 m E	

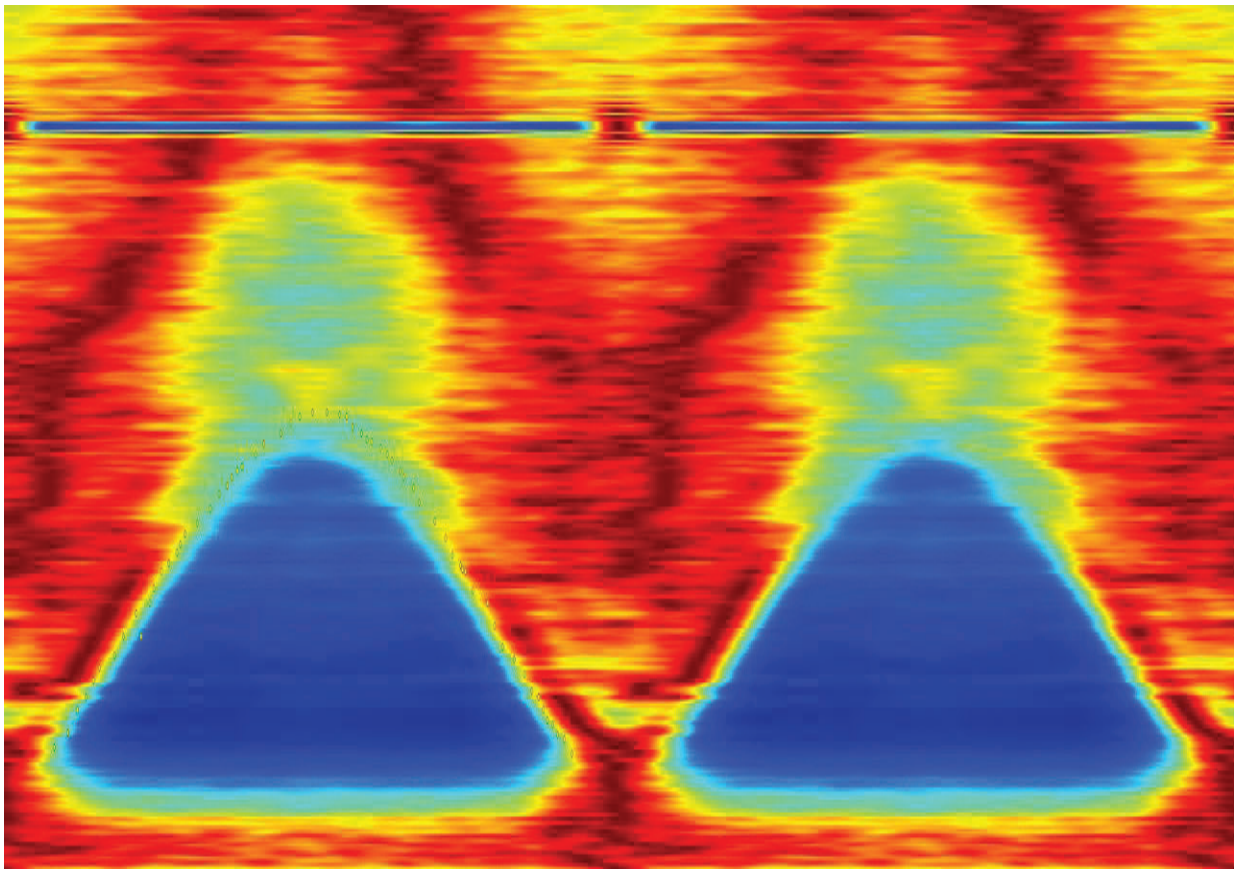
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	REMI 3		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496269.76 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

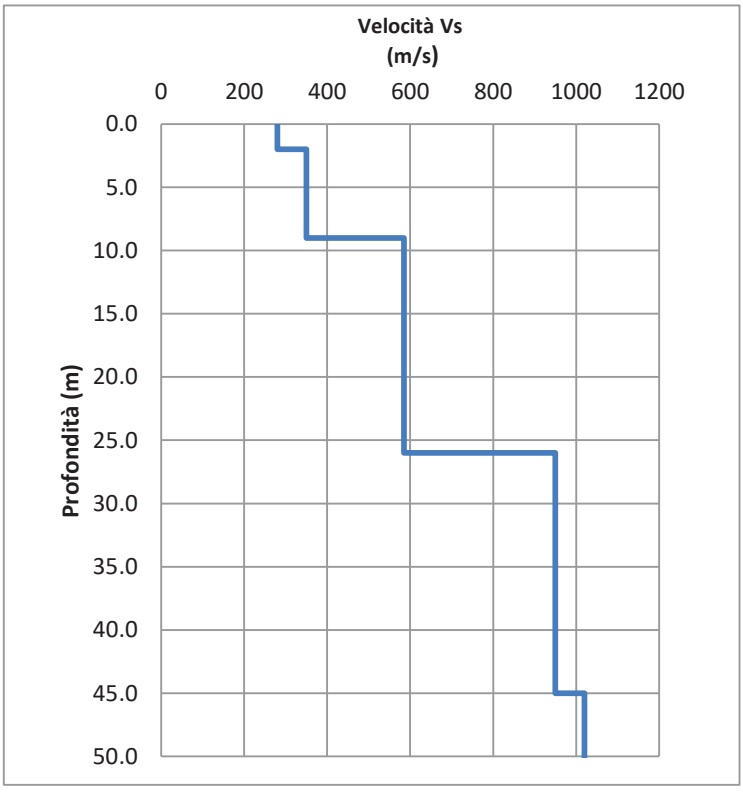


SOCOTEC	***TEST REPORT***	**4/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST:	REMI 3		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496269.76 m E	

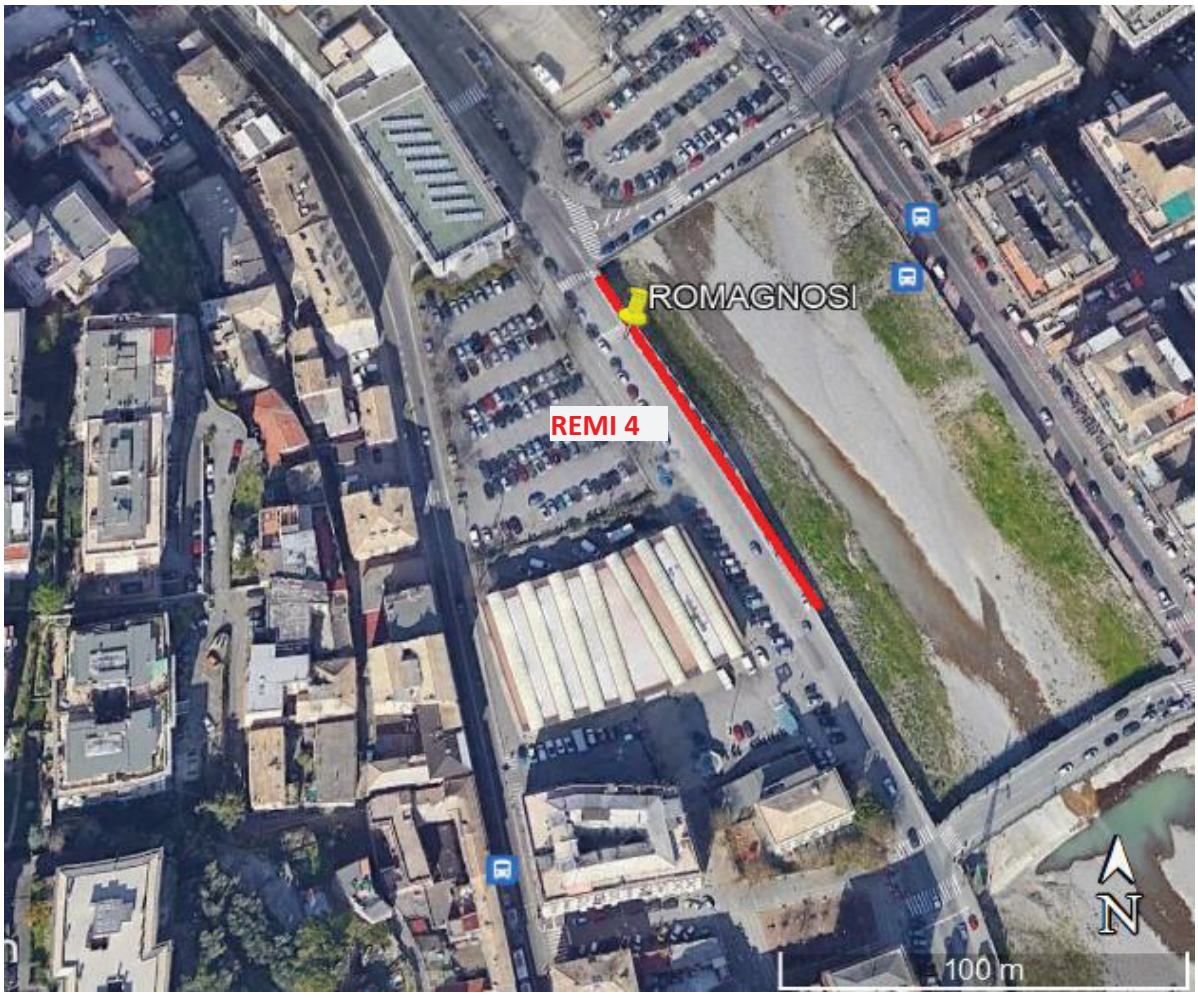
GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.00	2.00	280.00
2	2.00	9.00	7.00	350.00
3	9.00	26.00	17.00	585.00
4	26.00	45.00	19.00	950.00
5	45.00	inf.	inf.	1020.00



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	REMI	

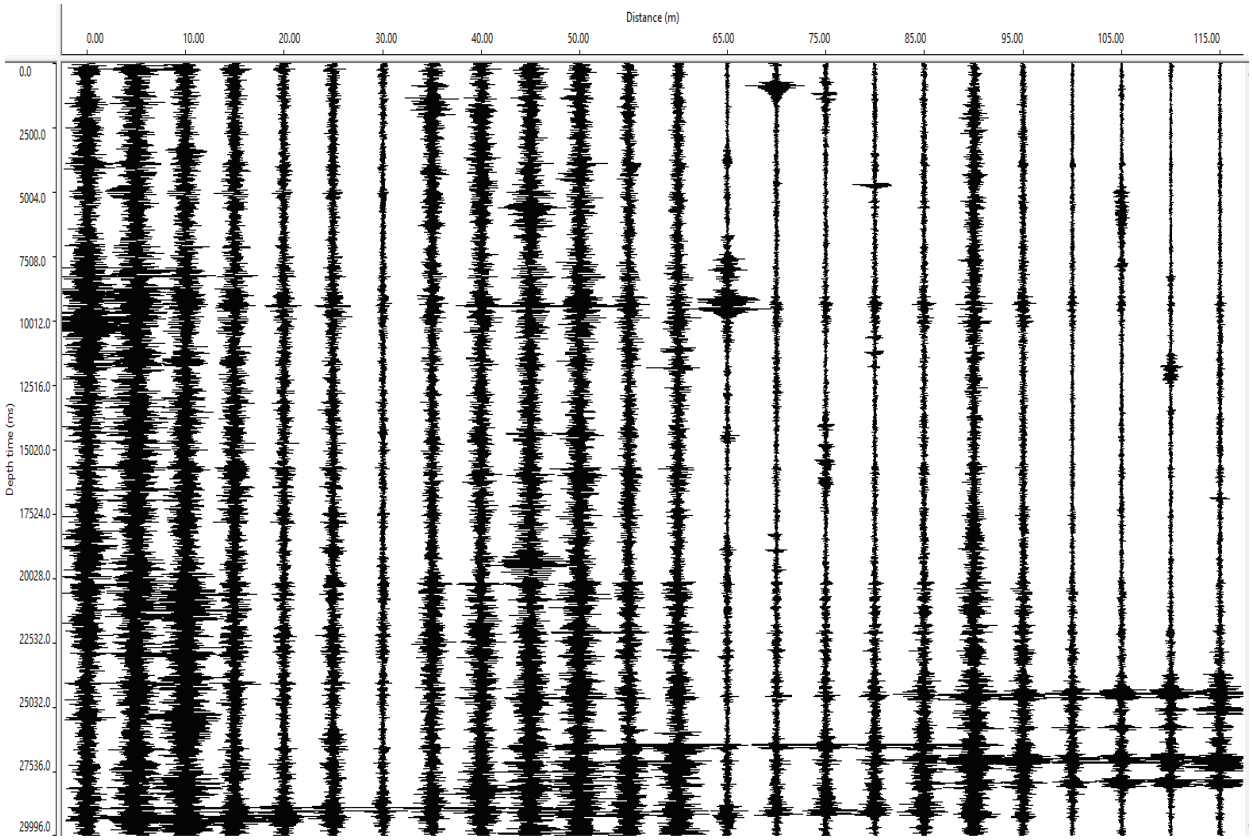
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Brignole (GE)		
NOME TEST	Remi 4		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496199.60 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	Remi 4		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496199.60 m E	

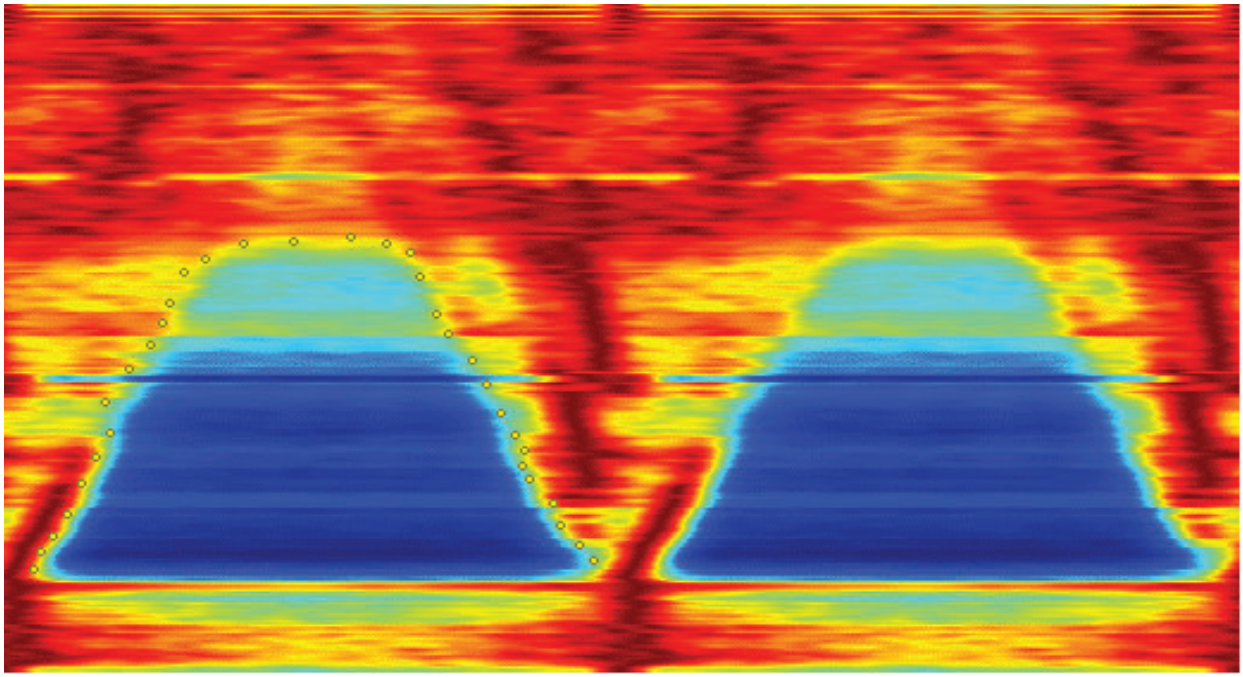
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST	Remi 4		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496199.60 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

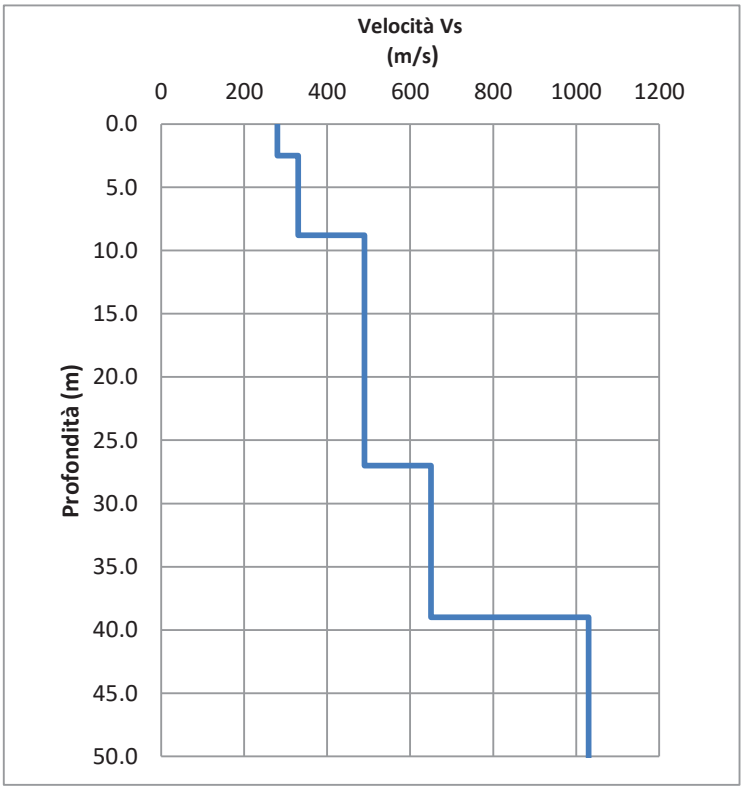


SOCOTEC	TEST REPORT	4/4
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Brignole (GE)		
NOME TEST:	Remi 4		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4917625.55 m N	
	Long.	496199.60 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	280.00
2	2.50	8.80	6.30	330.00
3	8.80	27.00	18.20	490.00
4	27.00	39.00	12.00	650.00
5	39.00	inf.	inf.	1030.00



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	REMI	

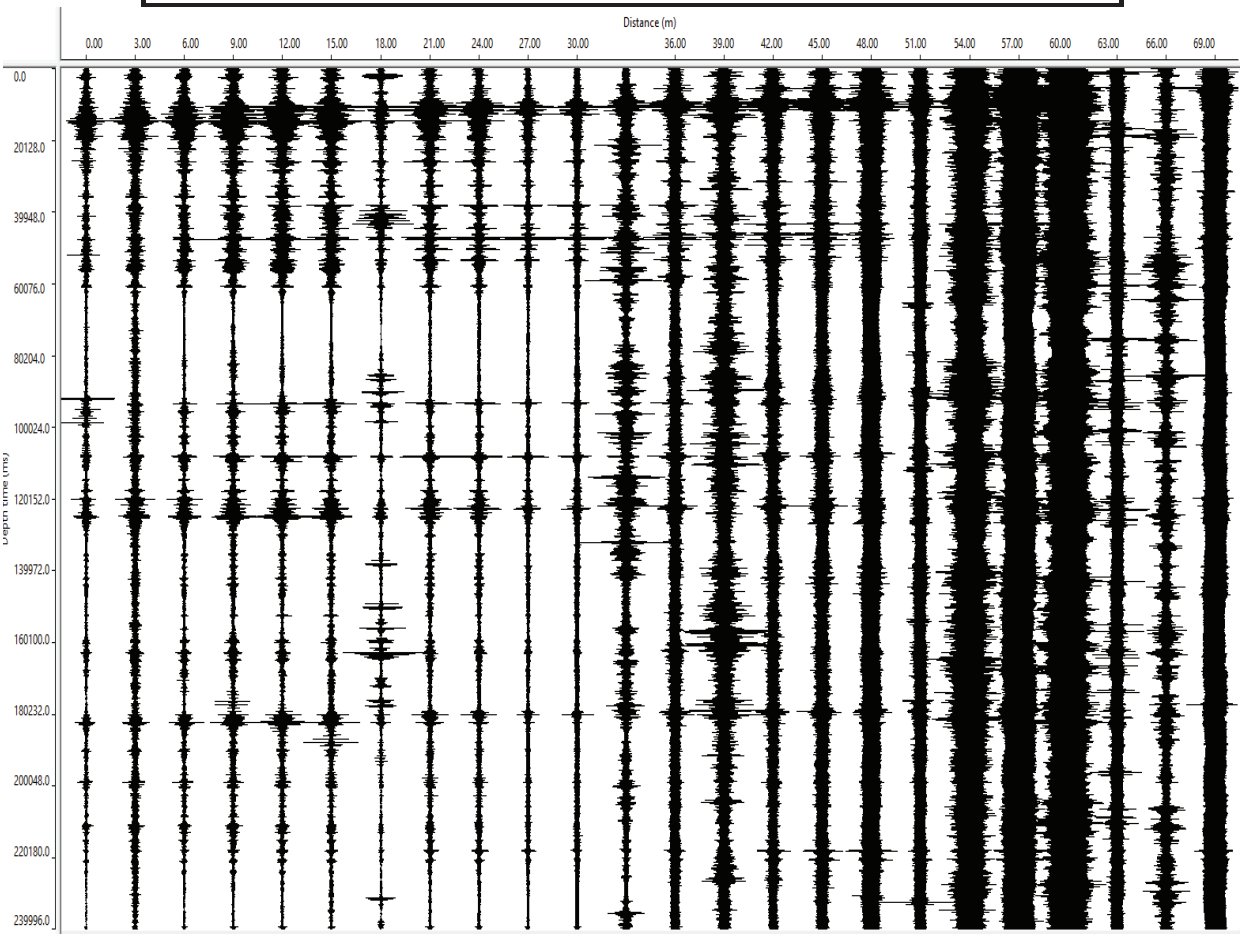
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Marassi (GE)		
NOME TEST	Remi 5		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918066.93 m N	
	Long.	496075.59 m E	



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST	Remi 5		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918066.93 m N	
	Long.	496075.59 m E	

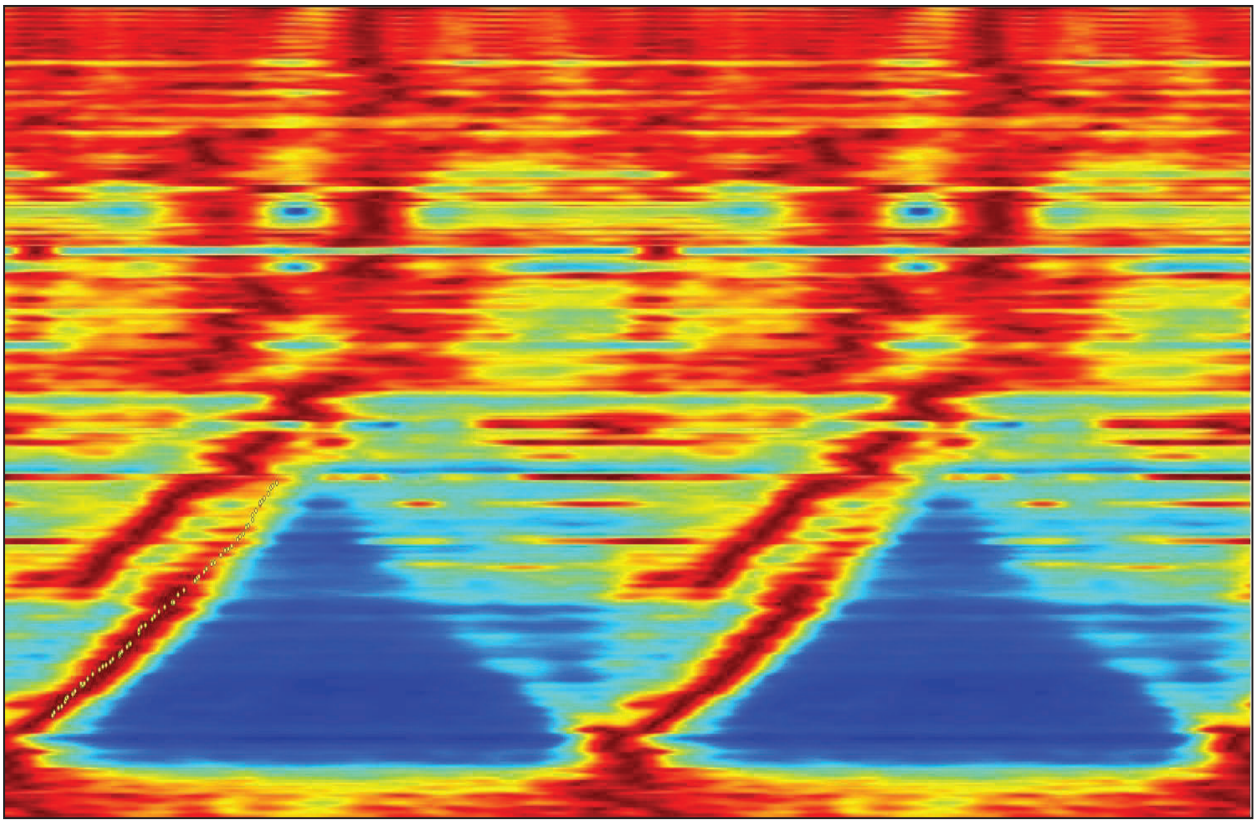
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST	Remi 5		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918066.93 m N	
	Long.	496075.59 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

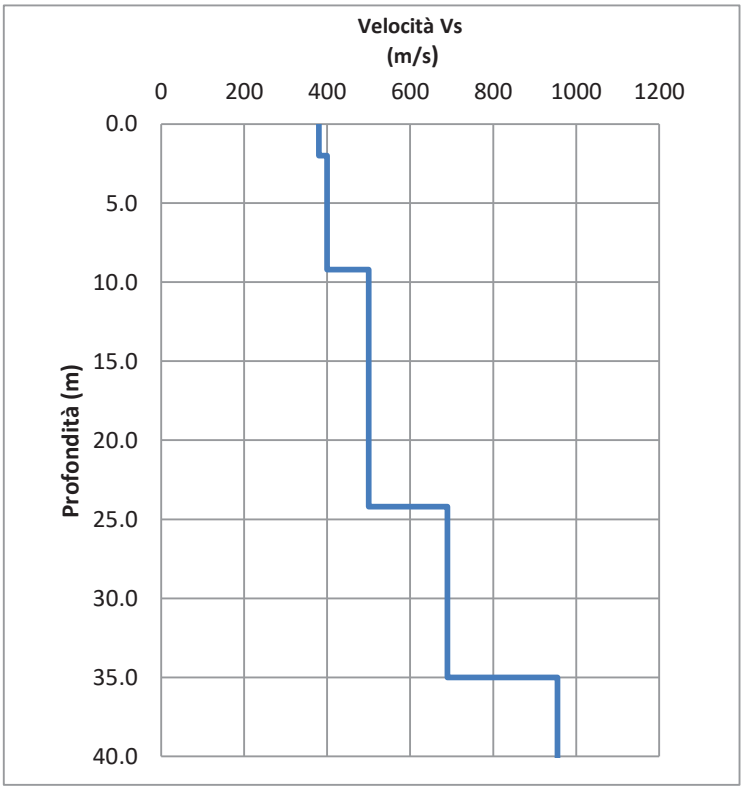


SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST:	Remi 5		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918066.93 m N	
	Long.	496075.59 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.00	2.00	380.00
2	2.00	9.20	7.20	400.00
3	9.20	24.20	15.00	500.00
4	24.20	35.00	10.80	690.00
5	35.00	inf.	inf.	955.00



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	REMI	

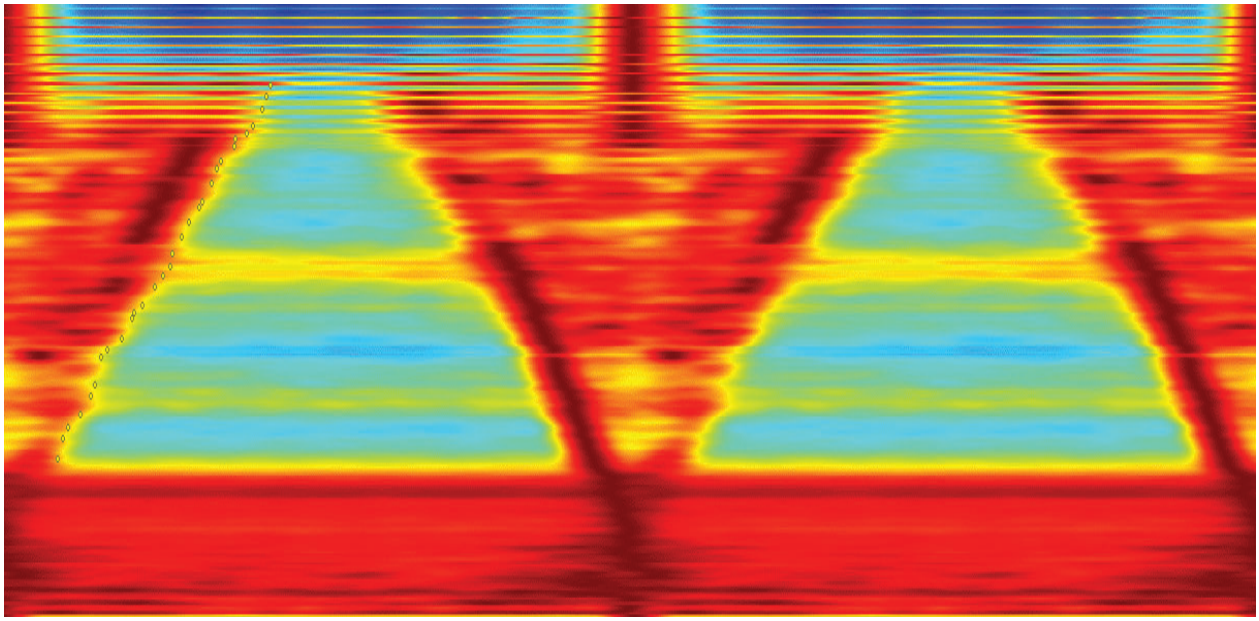
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Marassi (GE)		
NOME TEST	Remi 6		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918301.80 m N	
	Long.	495938.44 m E	



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST	Remi 6		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918301.80 m N	
	Long.	495938.44 m E	

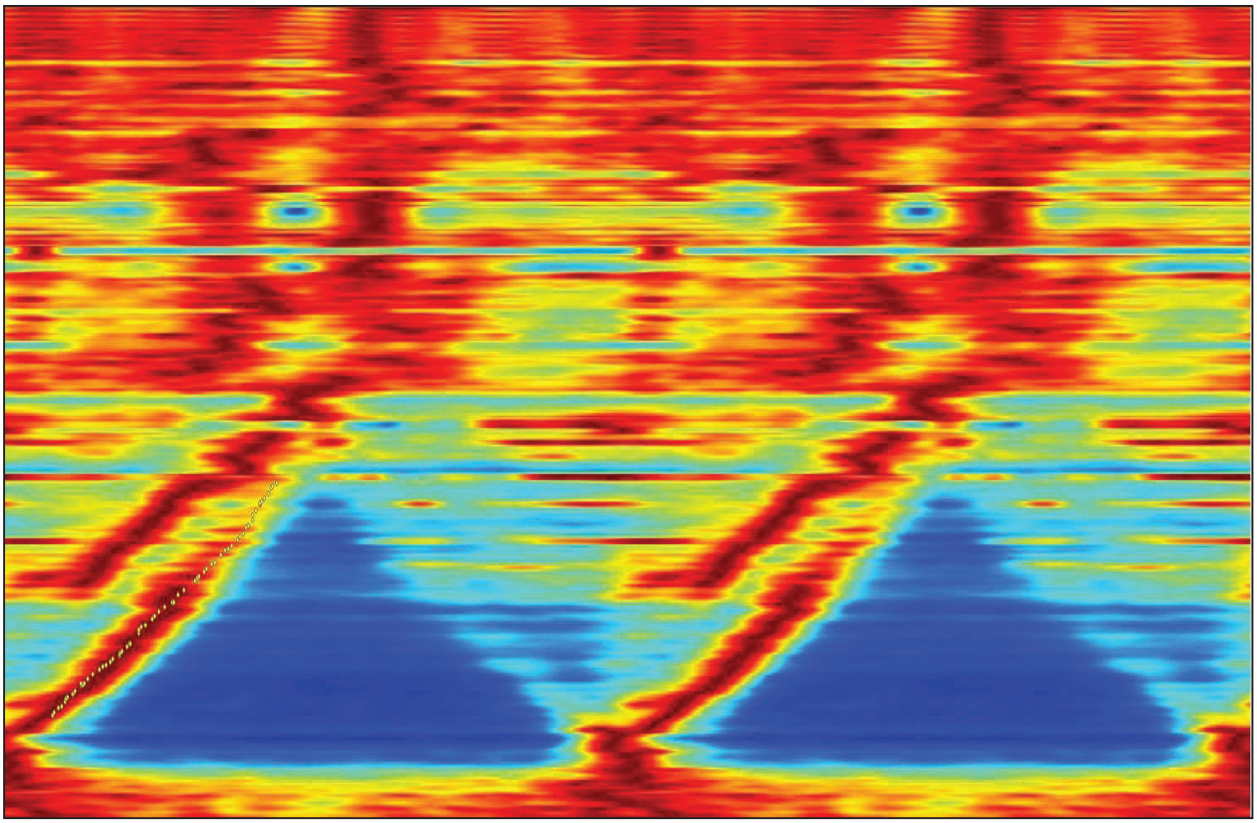
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST	Remi 6		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918301.80 m N	
	Long.	495938.44 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

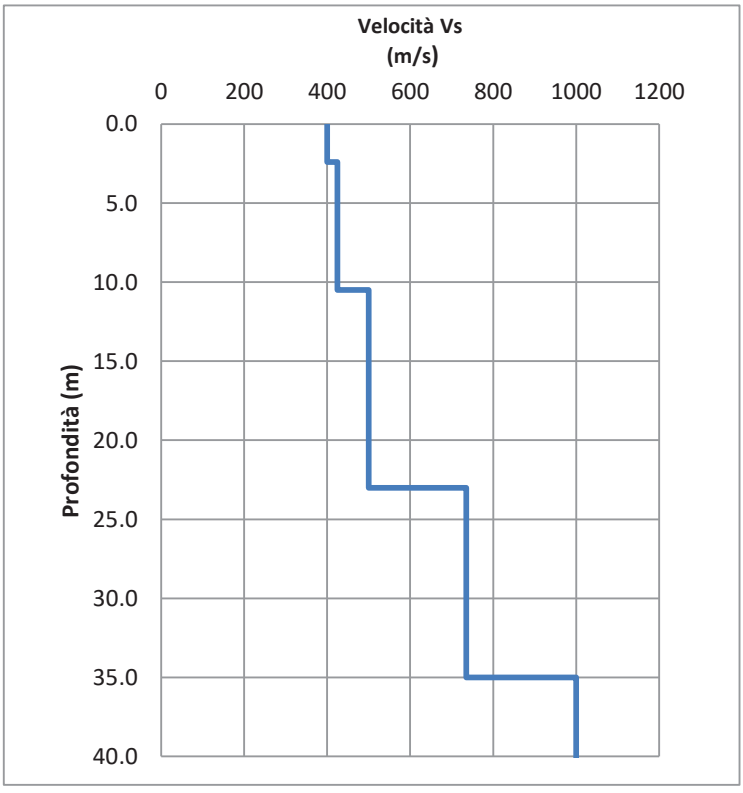


SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Marassi (GE)		
NOME TEST:	Remi 6		
DATA DI ESECUZIONE	24/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918301.80 m N	
	Long.	495938.44 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.40	2.40	400.00
2	2.40	10.50	8.10	425.00
3	10.50	23.00	12.50	500.00
4	23.00	35.00	12.00	735.00
5	35.00	inf.	inf.	1000.00



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	REMI	

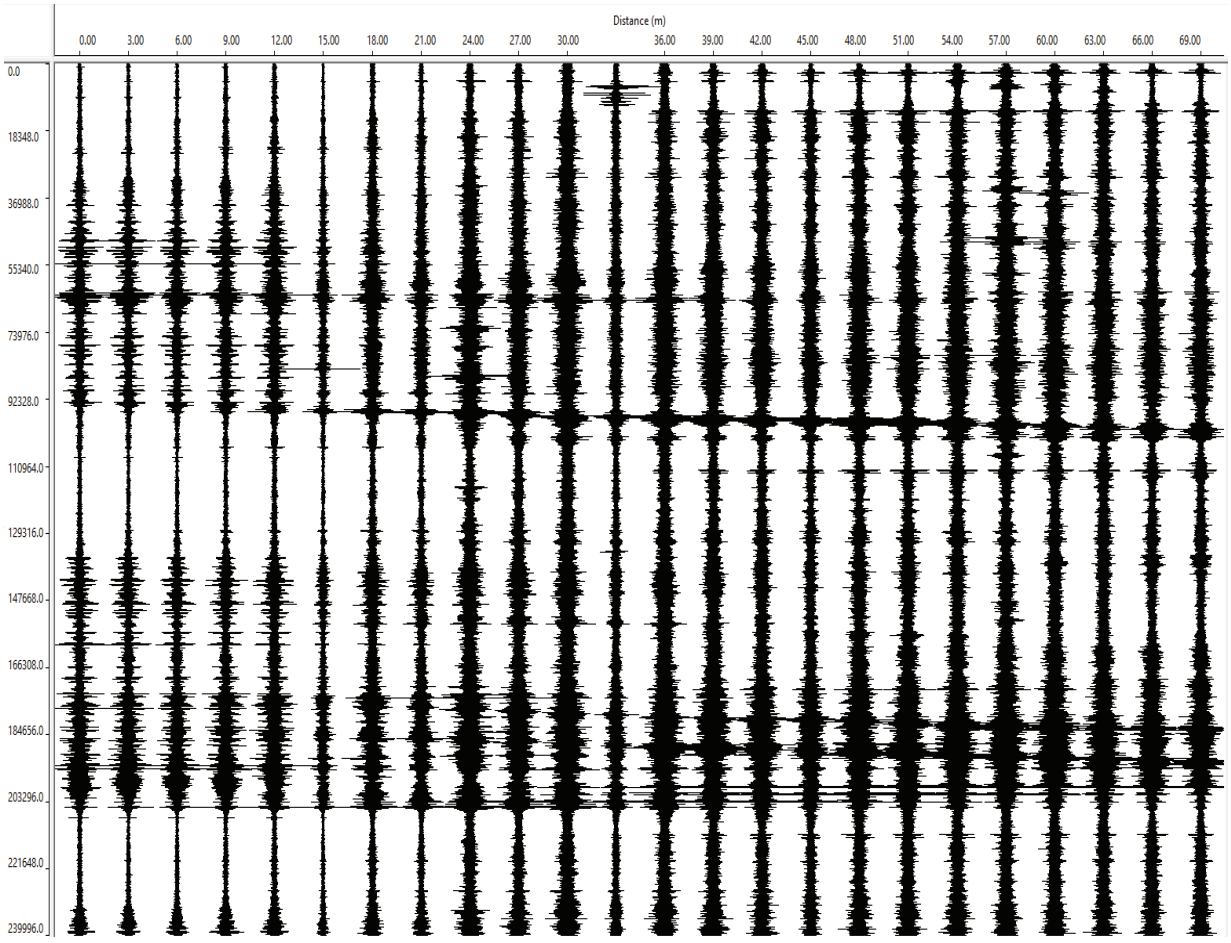
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Parenzo (GE)		
NOME TEST	Remi 7		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918906.78 m N	
	Long.	495868.74 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Parenzo (GE)		
NOME TEST	Remi 7		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918906.78 m N	
	Long.	495868.74 m E	

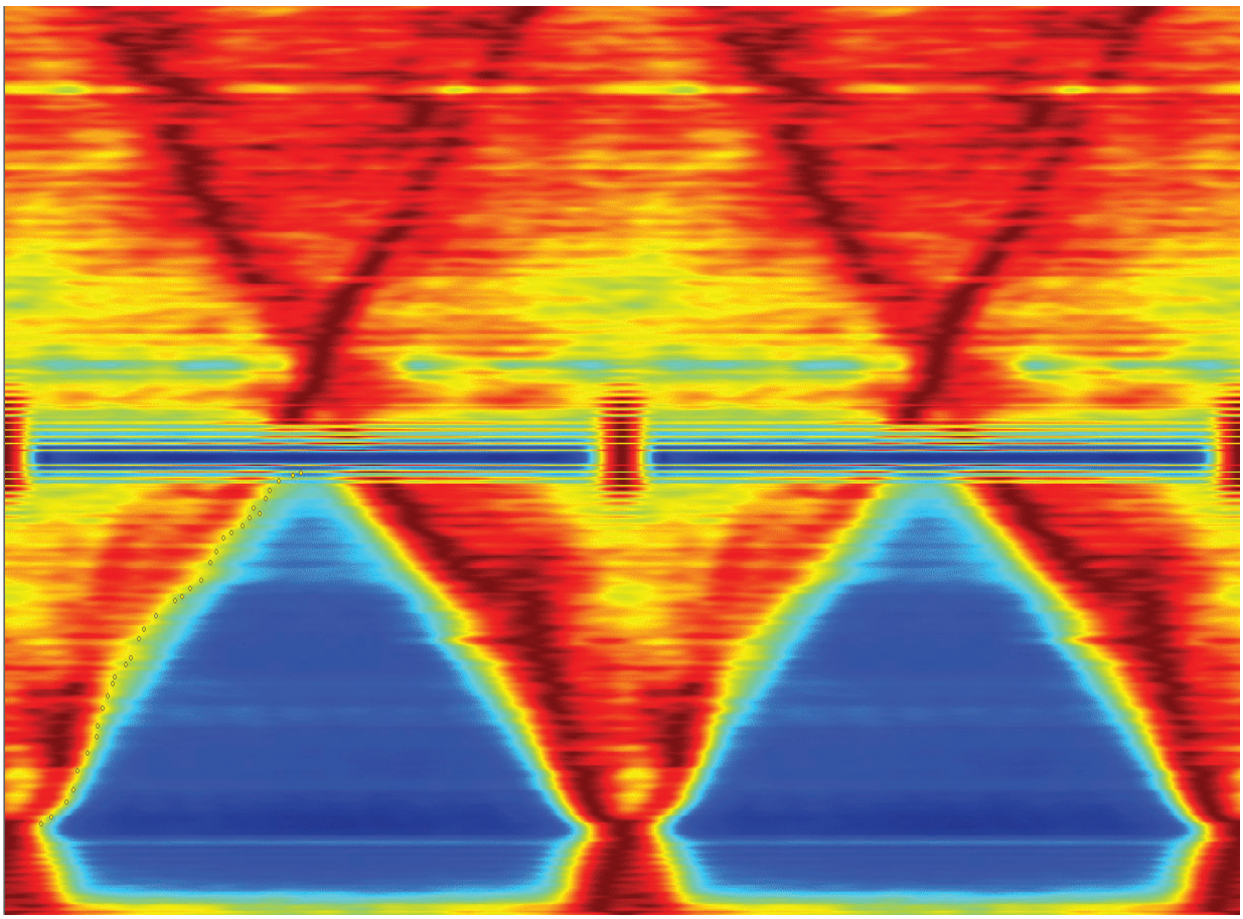
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Parenzo (GE)		
NOME TEST	Remi 7		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918906.78 m N	
	Long.	495868.74 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

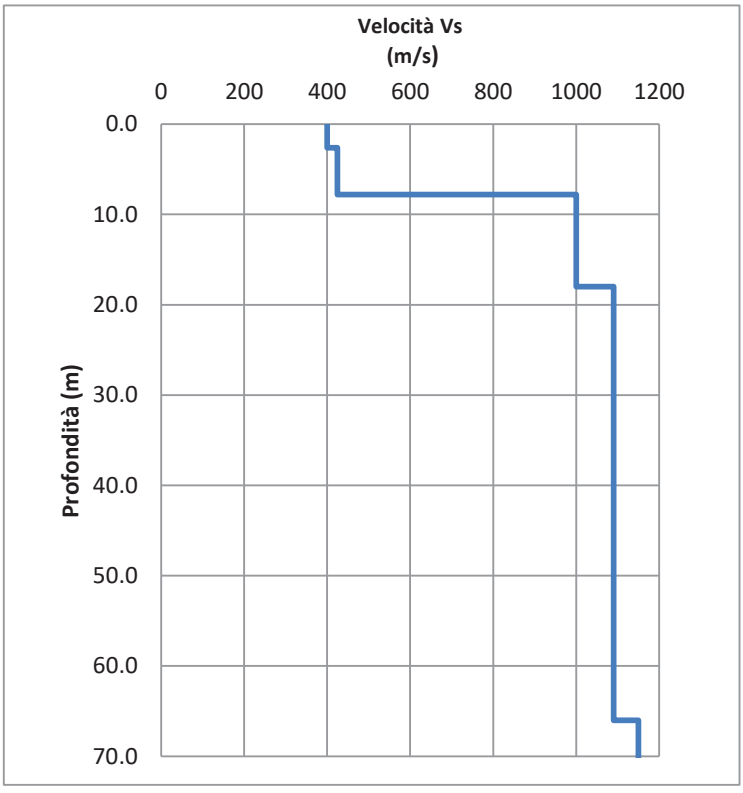


SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Parenzo (GE)		
NOME TEST:	Remi 7		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4918906.78 m N	
	Long.	495868.74 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.60	2.60	400.00
2	2.60	7.80	5.20	425.00
3	7.80	18.00	10.20	700.00
4	18.00	66.00	48.00	1090.00
5	66.00	inf.	inf.	1150.00



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	REMI	

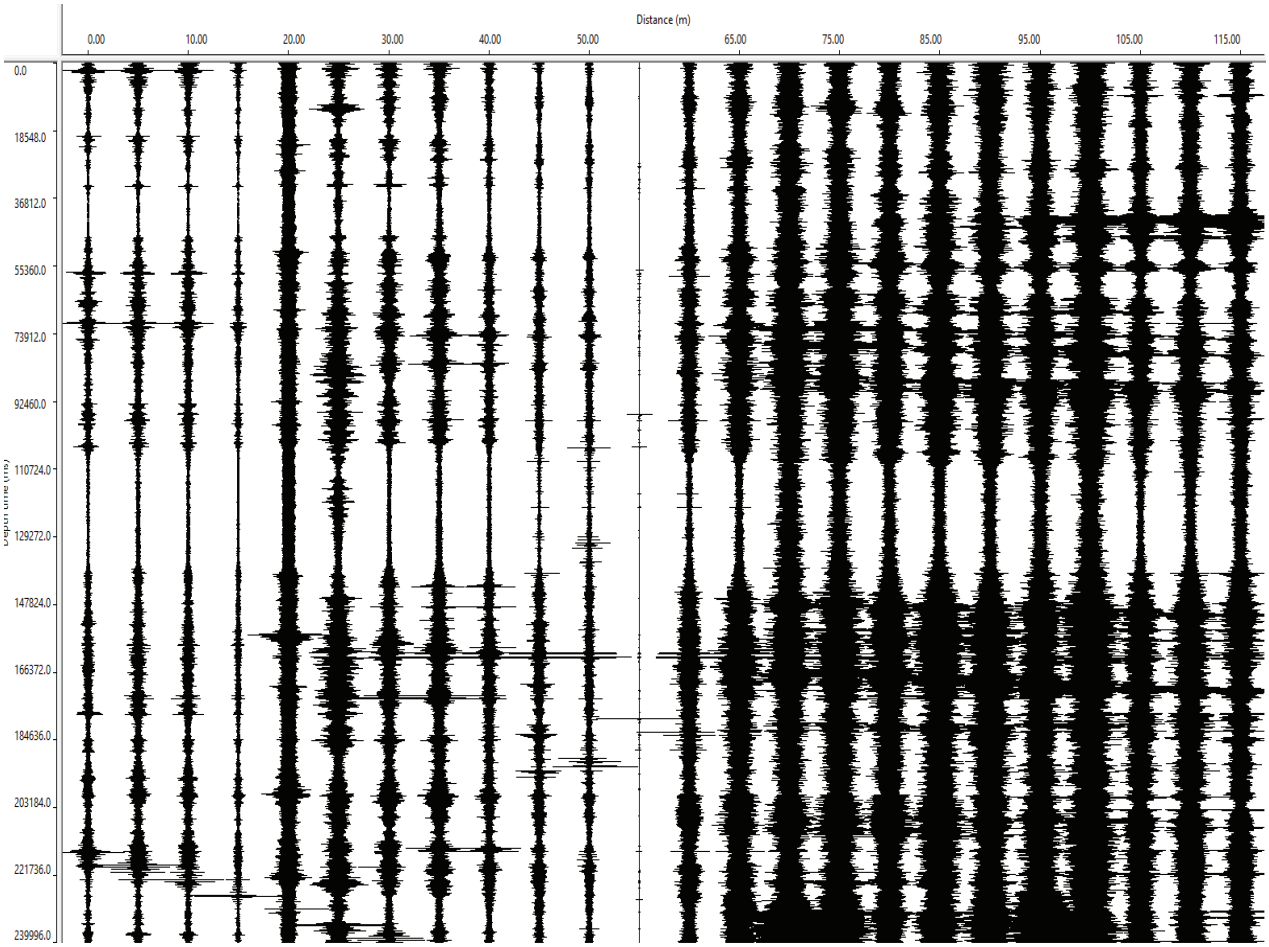
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Staglieno (GE)		
NOME TEST	Remi 8		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919376.73 m N	
	Long.	496208.07 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Staglieno (GE)		
NOME TEST	Remi 8		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919376.73 m N	
	Long.	496208.07 m E	

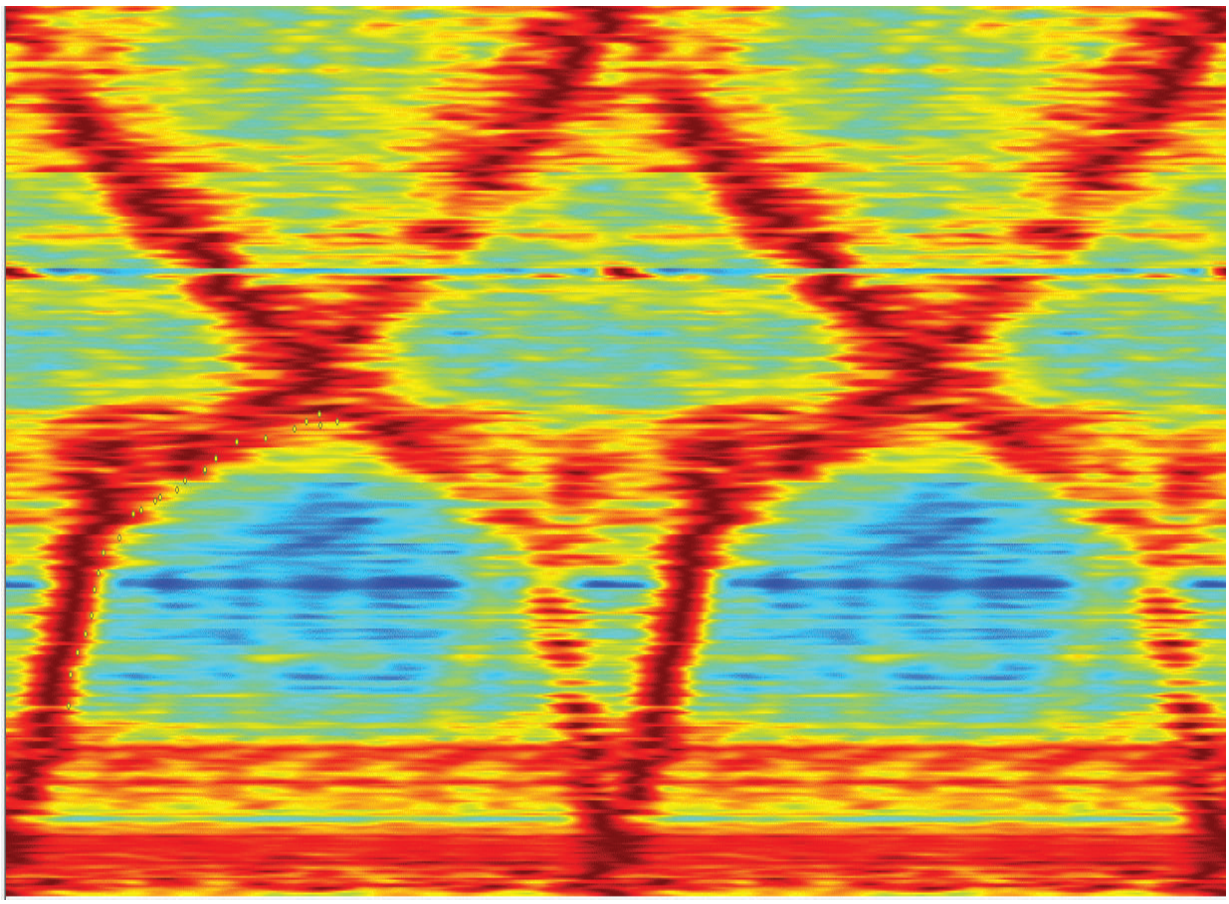
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Staglieno (GE)		
NOME TEST	Remi 8		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919376.73 m N	
	Long.	496208.07 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

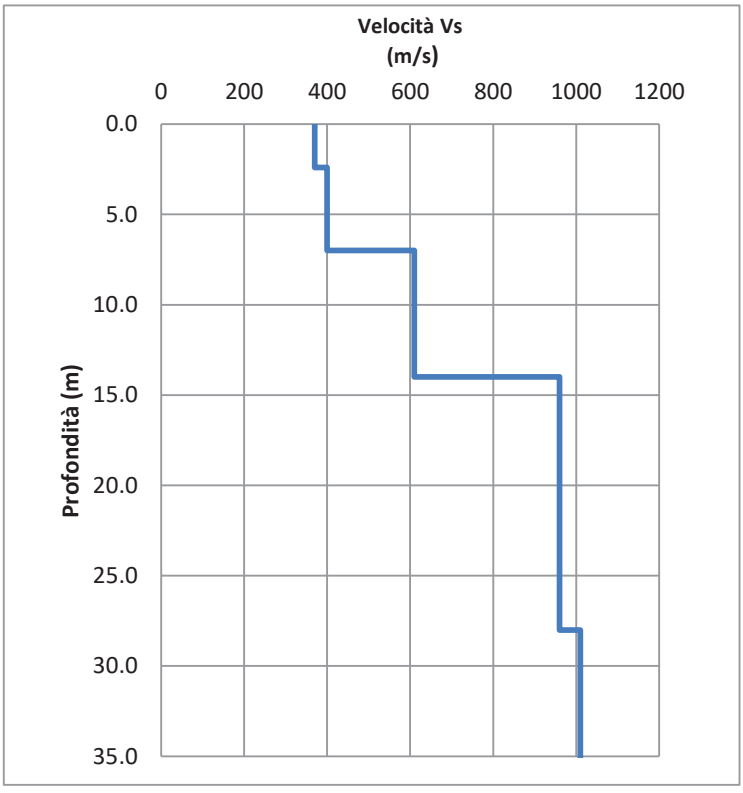


SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Staglieno (GE)		
NOME TEST:	Remi 8		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919376.73 m N	
	Long.	496208.07 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.40	2.40	370.00
2	2.40	7.00	4.60	400.00
3	7.00	14.00	7.00	610.00
4	14.00	28.00	14.00	960.00
5	28.00	inf.	inf.	1010.00



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**1/4**
	REMI	

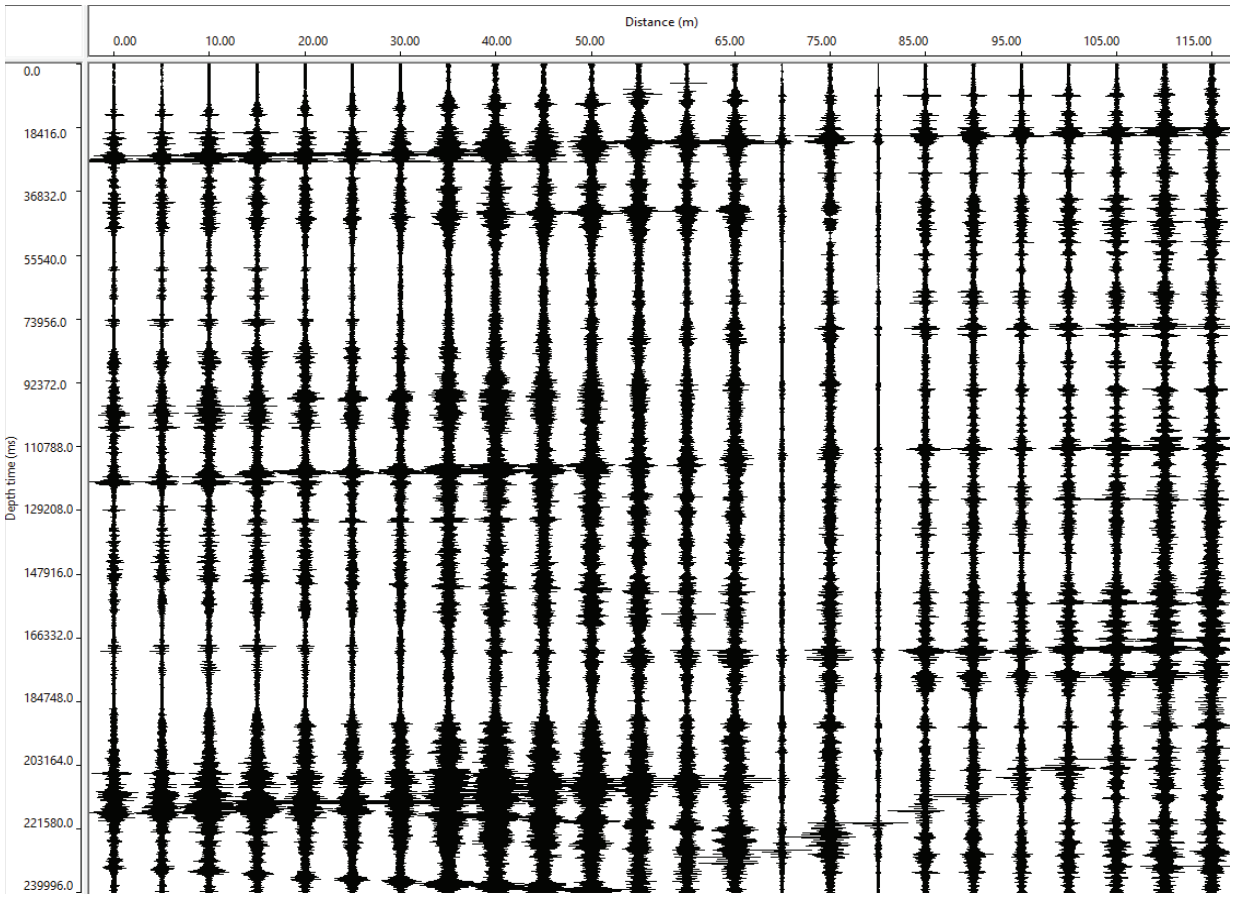
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Adriatico (GE)		
NOME TEST	Remi 9 adriatico		
DATA DI ESECUZIONE	30/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919986.07 m N	
	Long.	496916.16 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Adriatico (GE)		
NOME TEST	Remi 9 adriatico		
DATA DI ESECUZIONE	30/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919986.07 m N	
	Long.	496916.16 m E	

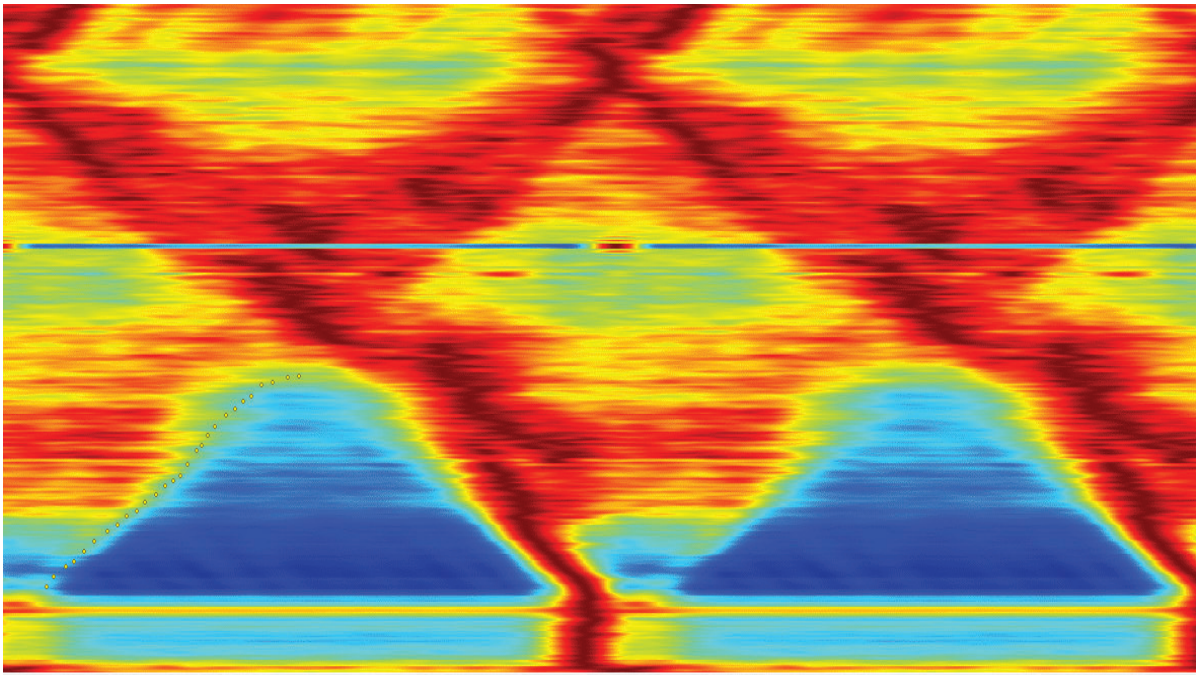
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Adriatico (GE)		
NOME TEST	Remi 9 adriatico		
DATA DI ESECUZIONE	30/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919986.07 m N	
	Long.	496916.16 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

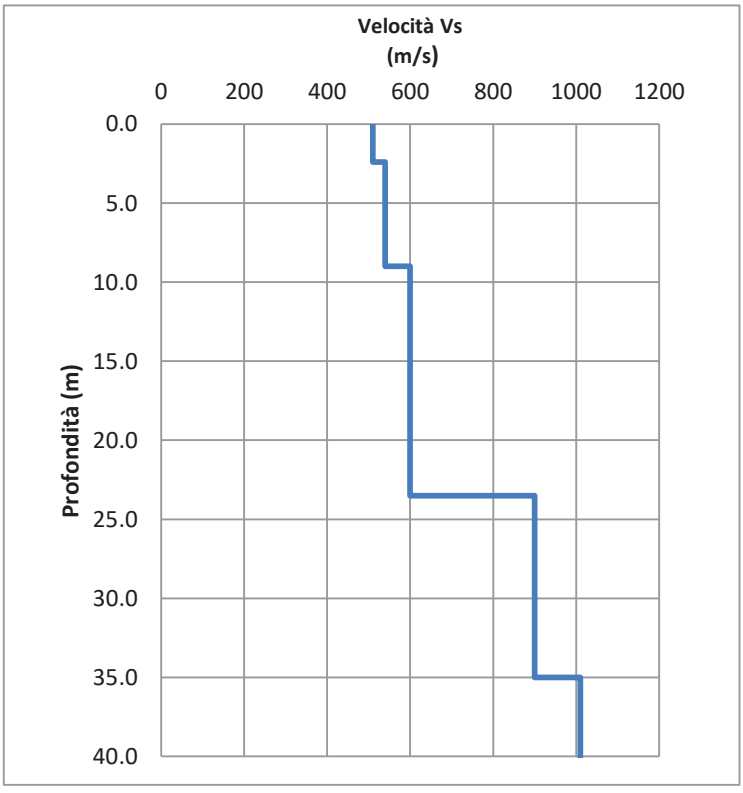


SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Adriatico (GE)		
NOME TEST:	Remi 9 adriatico		
DATA DI ESECUZIONE	30/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4919986.07 m N	
	Long.	496916.16 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.40	2.40	510.00
2	2.40	9.00	6.60	540.00
3	9.00	23.50	14.50	600.00
4	23.50	35.00	11.50	900.00
5	35.00	inf.	inf.	1010.00



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	REMI	

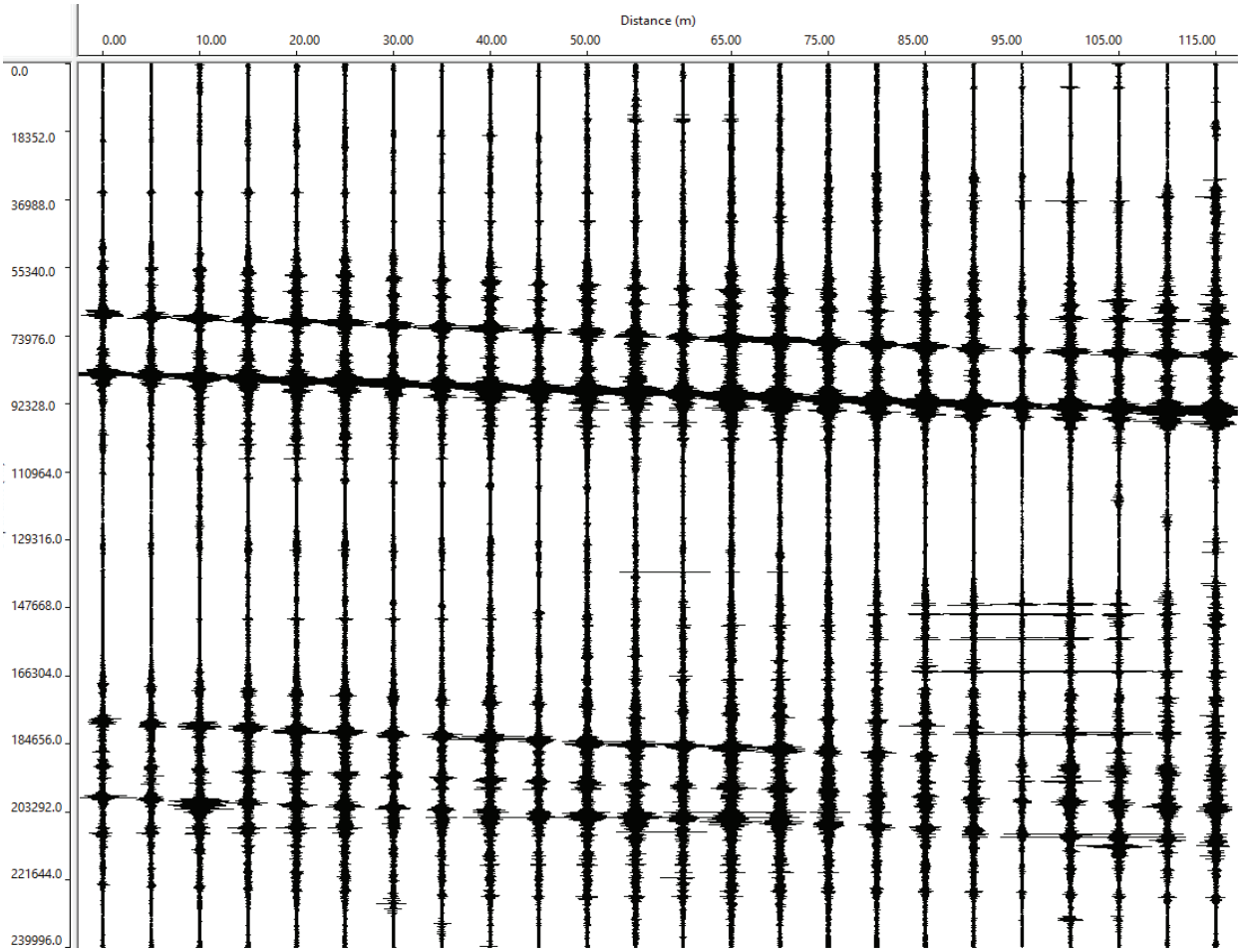
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Bligny (GE)		
NOME TEST	Remi 10		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4920672.06 m N	
	Long.	497114.46 m E	



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Bligny (GE)		
NOME TEST	Remi 10		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4920672.06 m N	
	Long.	497114.46 m E	

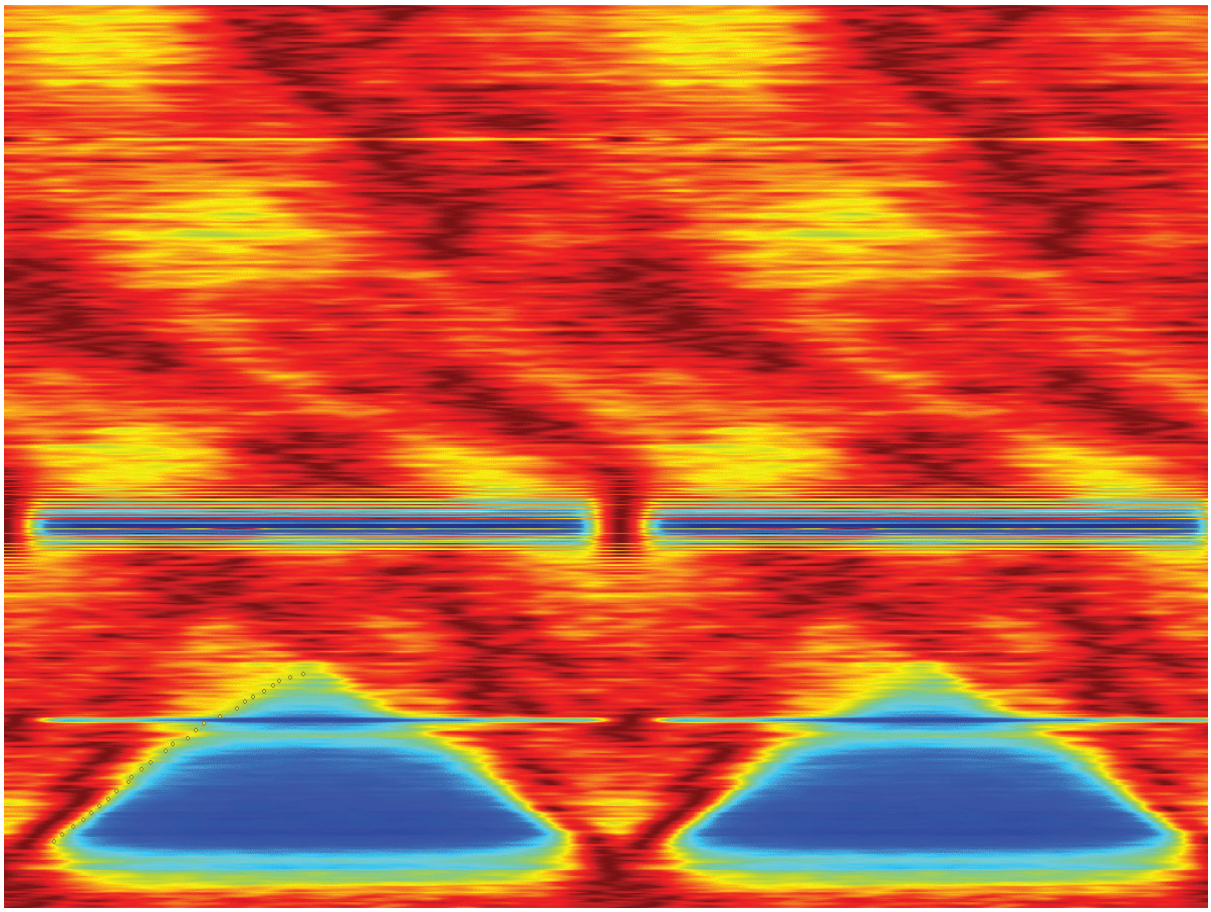
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Bligny (GE)		
NOME TEST	Remi 10		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4920672.06 m N	
	Long.	497114.46 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

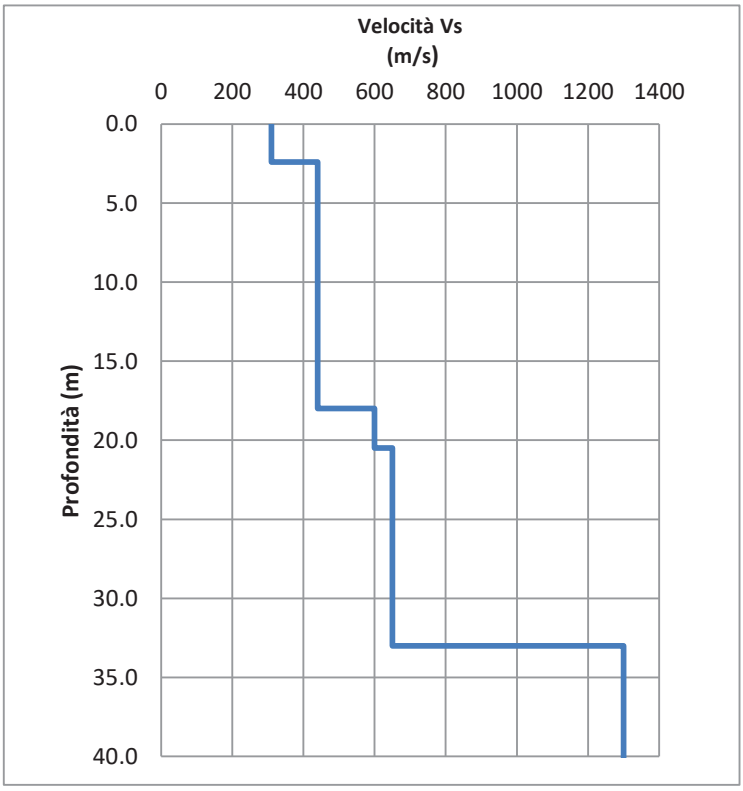


SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Bligny (GE)		
NOME TEST:	Remi 10		
DATA DI ESECUZIONE	25/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4920672.06 m N	
	Long.	497114.46 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.40	2.40	310.00
2	2.40	18.00	15.60	440.00
3	18.00	20.50	2.50	600.00
4	20.50	33.00	12.50	650.00
5	33.00	inf.	inf.	1300.00



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	REMI	

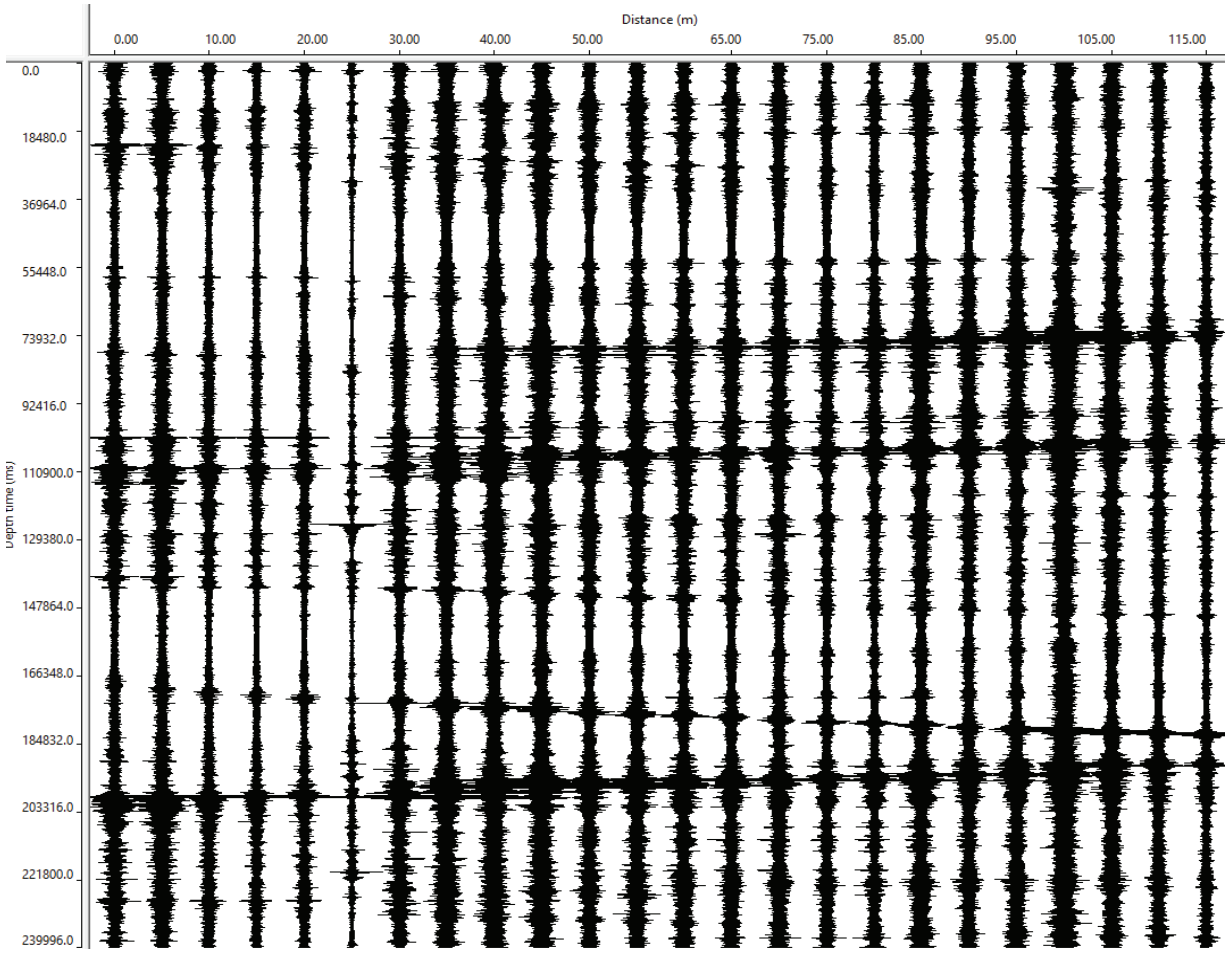
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	San Gottardo (GE)		
NOME TEST	Remi 10		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4921380.17 m N	
	Long.	497534.04 m E	



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	San Gottardo (GE)		
NOME TEST	Remi 10		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4921380.17 m N	
	Long.	497534.04 m E	

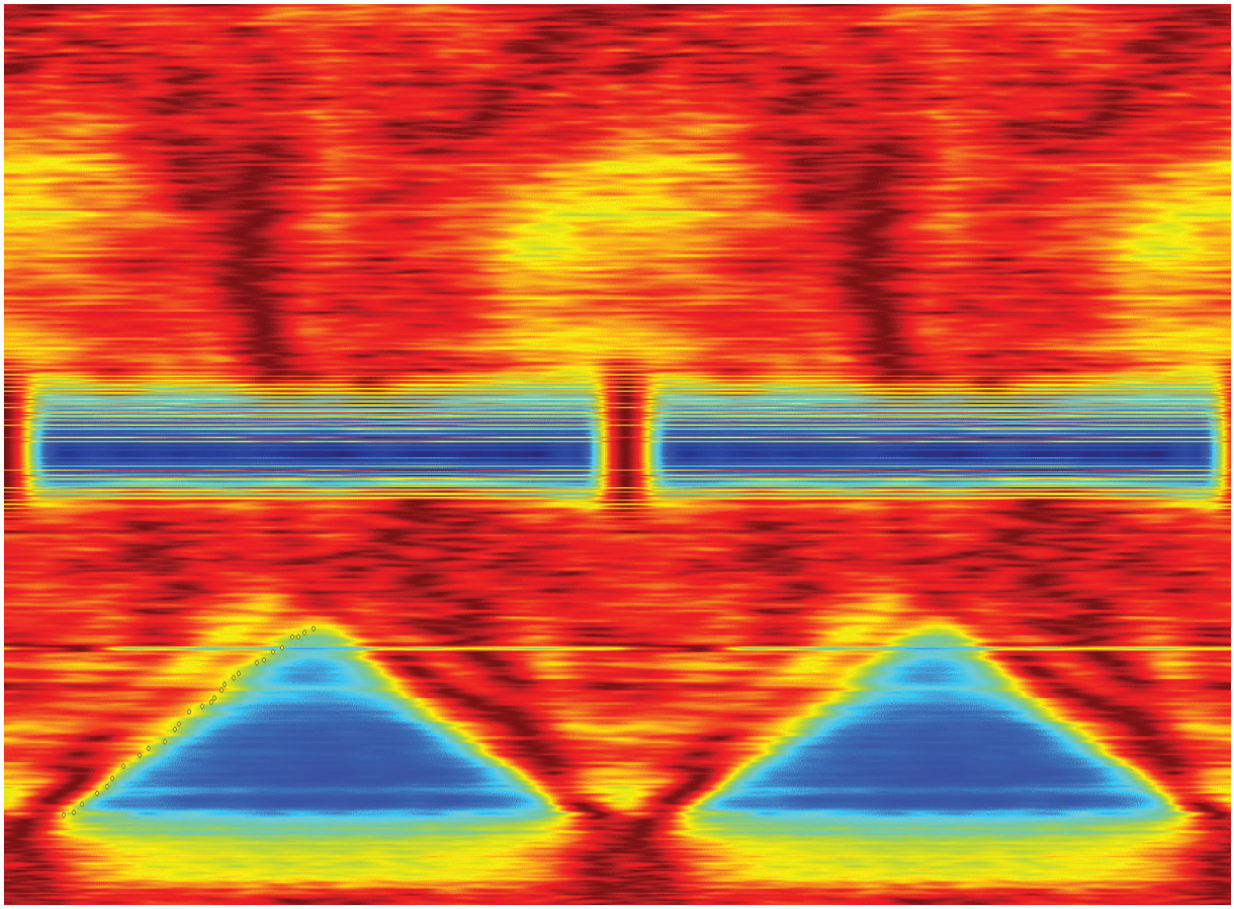
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	San Gottardo (GE)		
NOME TEST	Remi 10		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4921380.17 m N	
	Long.	497534.04 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

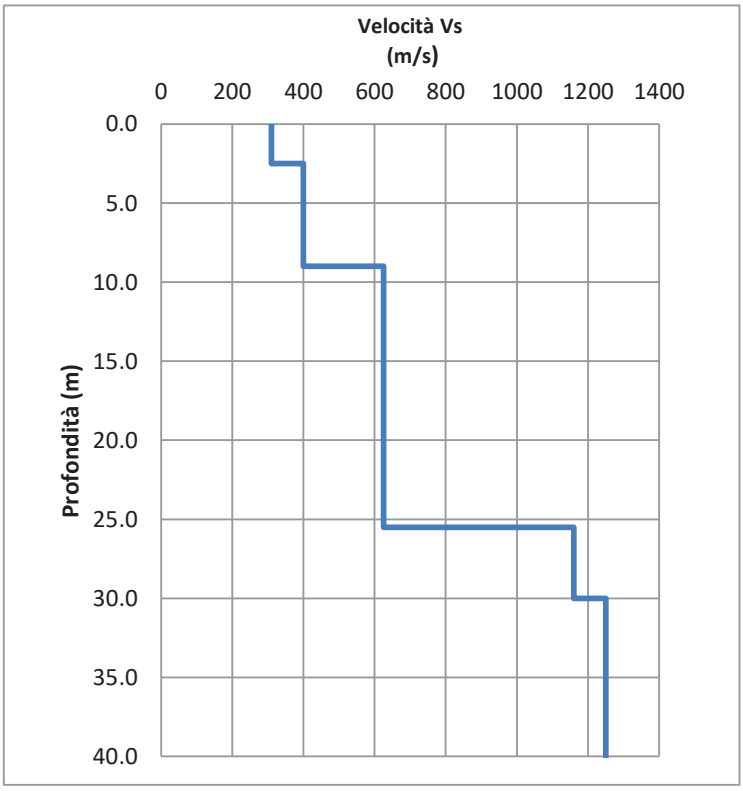


SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	San Gottardo (GE)		
NOME TEST:	Remi 10		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4921380.17 m N	
	Long.	497534.04 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	310.00
2	2.50	9.00	6.50	400.00
3	9.00	25.50	16.50	625.00
4	25.50	30.00	4.50	1160.00
5	30.00	inf.	inf.	1250.00



SOCOTEC	**TEST REPORT**	1/4
	REMI	

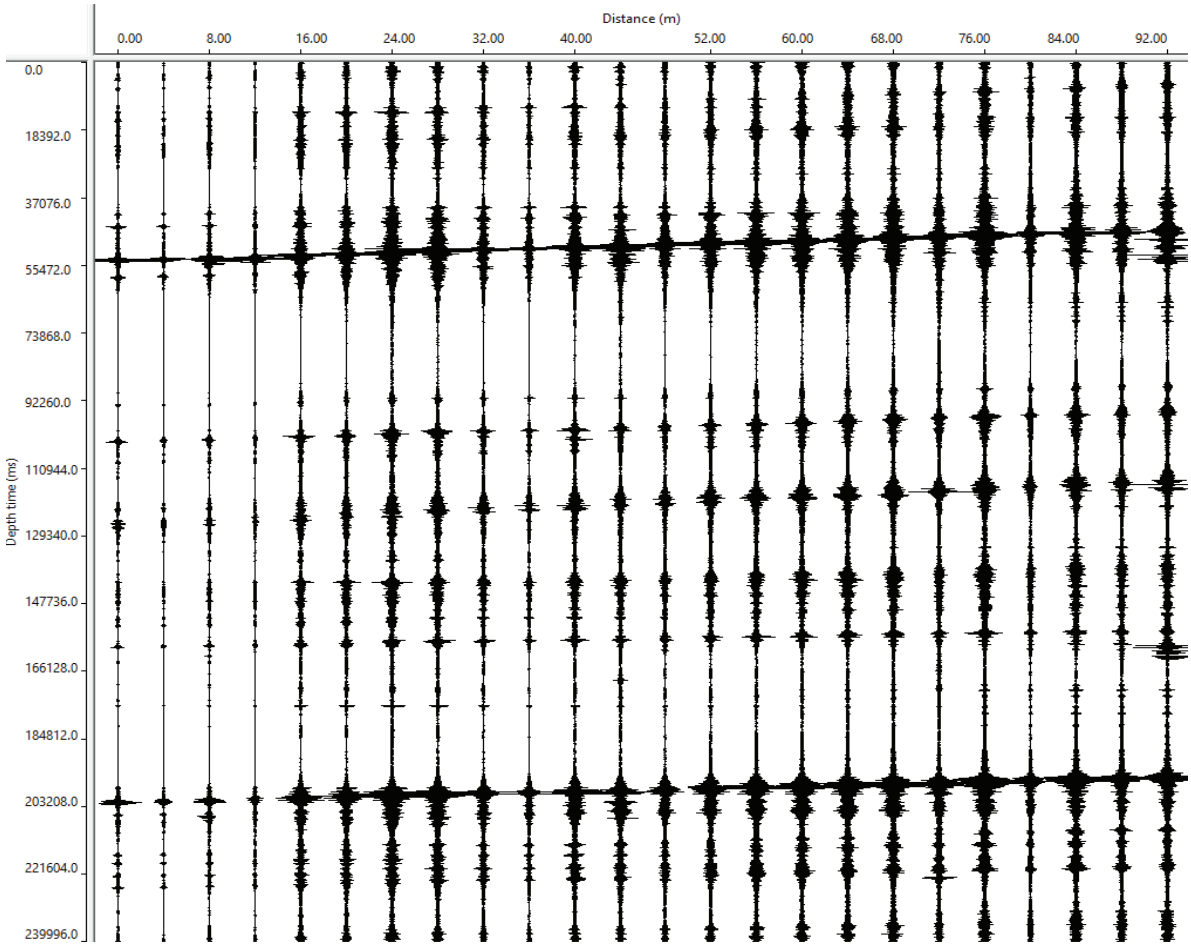
CLIENTE	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE	Molassana (GE)		
NOME TEST	Remi 12		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4922192.76 m N	
	Long.	498516.21 m E	



SOCOTEC	**TEST REPORT**	**2/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Molassana (GE)		
NOME TEST	Remi 12		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4922192.76 m N	
	Long.	498516.21 m E	

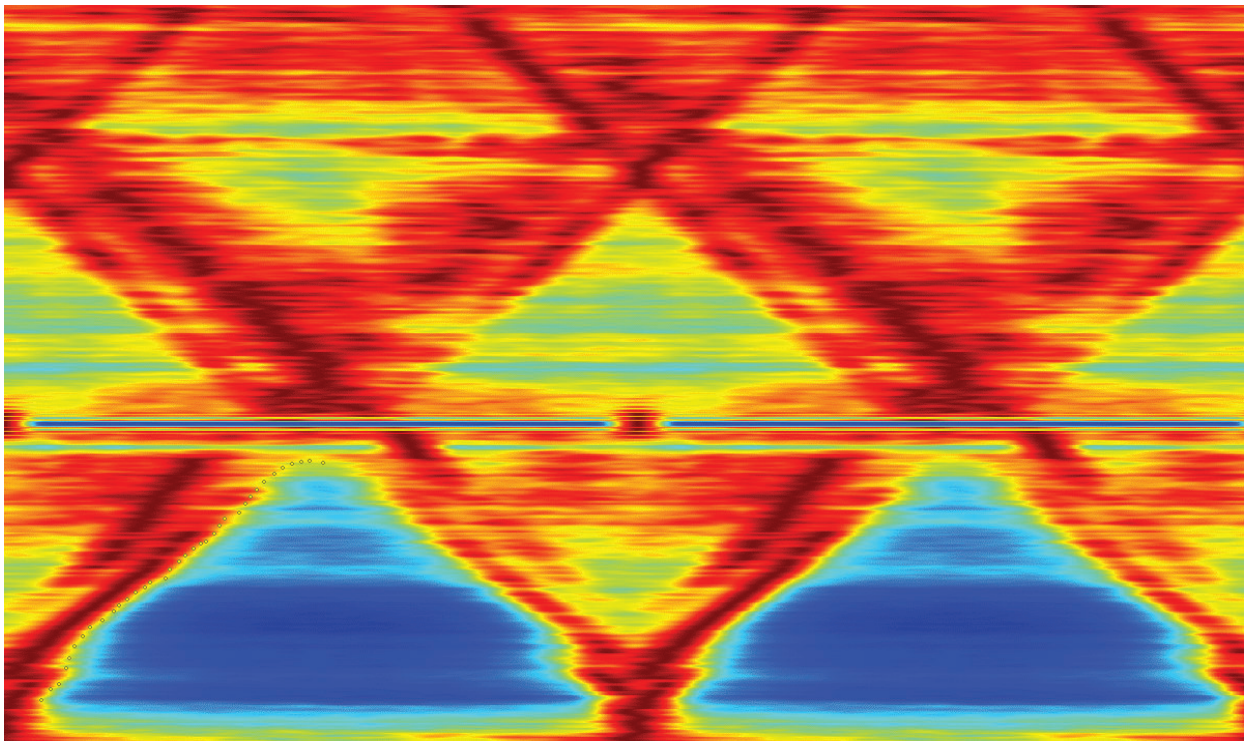
SISMOGRAMMA



SOCOTEC	***TEST REPORT***	**3/4**
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Molassana (GE)		
NOME TEST	Remi 12		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4922192.76 m N	
	Long.	498516.21 m E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE

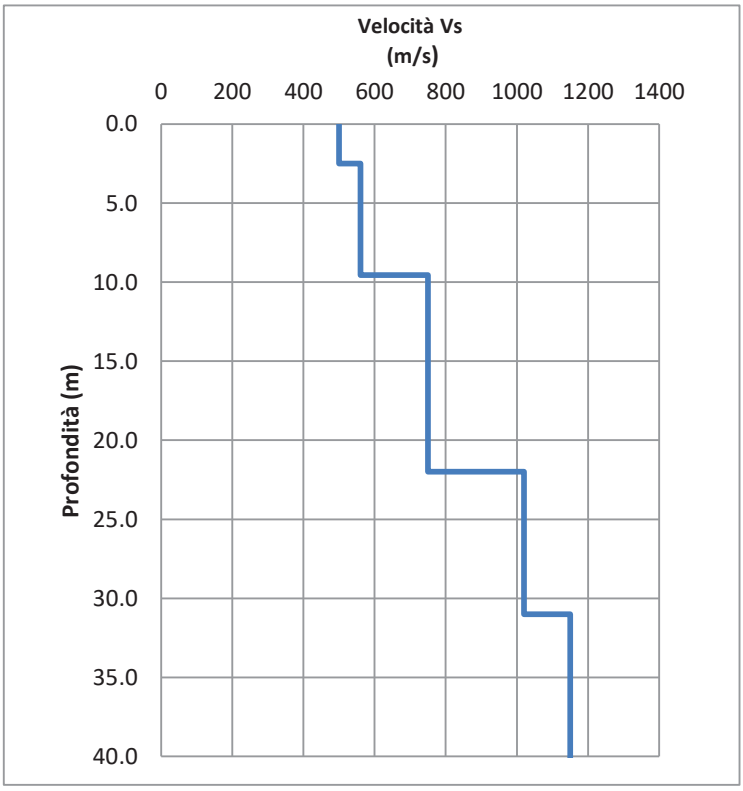


SOCOTEC	**TEST REPORT**	4/4
	REMI	

CLIENTE:	SKYMETRO Genova		
LAVORO:	SKYMETRO – PROLUNGAMENTO DELLA LINEA METROPOLITANA IN VAL BISAGNO		
UBICAZIONE:	Molassana (GE)		
NOME TEST:	Remi 12		
DATA DI ESECUZIONE	31/05/2023		
COORDINATE	**Lat.**	4922192.76 m N	
	Long.	498516.21 m E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	500.00
2	2.50	9.55	7.05	560.00
3	9.55	22.00	12.45	750.00
4	22.00	31.00	9.00	1020.00
5	31.00	inf.	inf.	1150.00



SOCOTEC

TEST REPORT

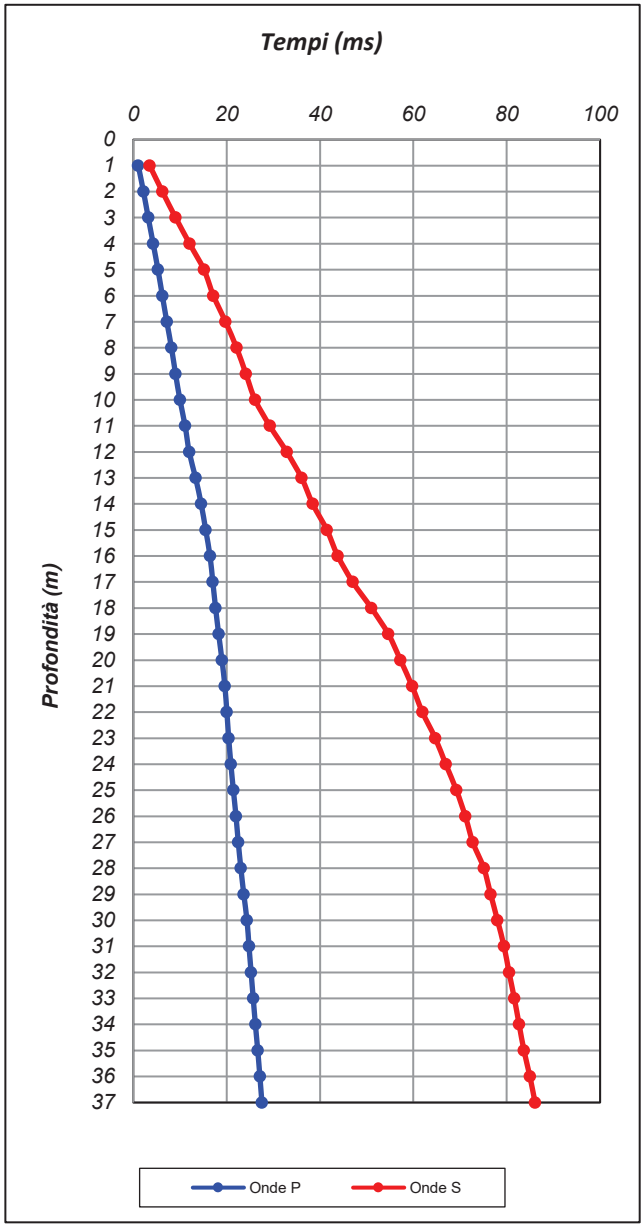
DOWN HOLE

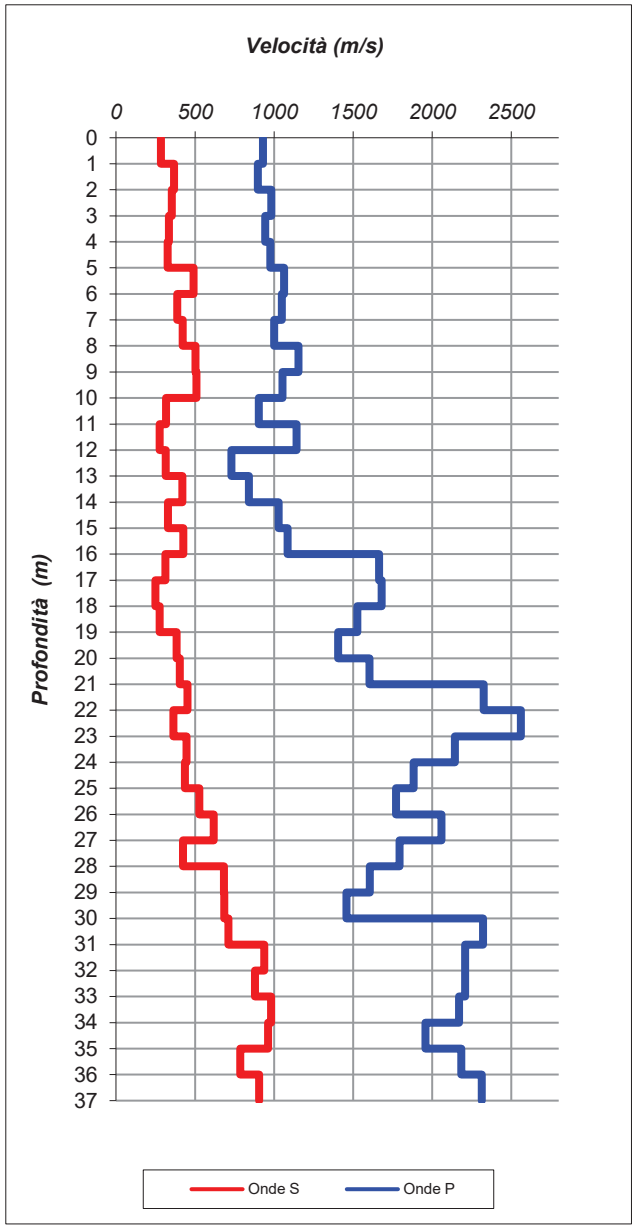
CLIENTE:	SYSTRA S.p.A.		
LAVORO:	SKYMETRO - PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO		
UBICAZIONE:	Genova (Ge)		
NOME TEST:	DH L2		
DATA DI ESECUZIONE	08/08/2023		
COORDINATE	**Y**	4917193.24 m N	
	X	496047.24 m E	

Profondità	***Onde P***		***Onde S***		*Poisson*	*Young*	*Taglio*	*Bulk*	γ
(m)	*Tempo*	*Velocità*	*Tempo*	*Velocità*		*(MPa)*	*(MPa)*	*(MPa)*	*(kN/m^3)*
1.00	1.07	930.58	3.52	284.24	0.45	418.1	144.3	1354.3	17.9
2.00	2.19	896.68	6.24	367.09	0.40	671.0	239.8	1111.0	17.8
3.00	3.21	982.30	9.08	352.72	0.43	637.4	223.5	1435.4	18.0
4.00	4.27	944.03	12.07	334.13	0.43	570.5	199.7	1327.9	17.9
5.00	5.29	976.01	15.14	326.14	0.44	548.8	190.9	1455.5	18.0
6.00	6.23	1063.91	17.18	490.40	0.37	1255.9	460.0	1551.7	19.1
7.00	7.19	1048.31	19.76	387.00	0.42	812.9	286.0	1717.3	19.1
8.00	8.18	1001.15	22.13	421.00	0.39	938.0	336.8	1455.5	19.0
9.00	9.05	1155.06	24.13	501.86	0.38	1345.9	486.3	1927.8	19.3
10.00	10.00	1052.45	26.09	508.58	0.35	1331.9	494.1	1457.3	19.1
11.00	11.11	903.57	29.25	316.83	0.43	539.9	188.8	1283.8	18.8
12.00	11.98	1142.40	32.87	276.06	0.47	431.8	147.0	2320.9	19.3
13.00	13.35	730.07	36.05	314.23	0.39	505.4	182.3	740.9	18.5
14.00	14.54	839.72	38.44	419.26	0.33	876.0	328.3	879.4	18.7
15.00	15.52	1028.02	41.48	329.48	0.44	596.9	206.9	1738.1	19.1
16.00	16.44	1084.46	43.82	426.77	0.41	932.1	330.9	1695.6	18.2
17.00	17.04	1663.65	47.01	313.60	0.48	563.2	190.1	5095.8	19.3
18.00	17.63	1679.36	51.02	249.50	0.49	358.8	120.5	5299.0	19.4
19.00	18.29	1525.62	54.64	275.63	0.48	429.3	144.7	4241.2	19.1
20.00	19.00	1405.08	57.25	383.59	0.46	808.0	276.8	3344.5	18.8
21.00	19.63	1603.79	59.73	403.18	0.47	915.6	312.2	4524.2	19.2
22.00	20.05	2326.39	61.94	452.20	0.48	1250.4	422.3	10614.4	20.7
23.00	20.45	2560.61	64.70	362.77	0.49	828.2	278.0	13478.1	21.1
24.00	20.91	2143.06	66.94	446.48	0.48	1194.8	404.4	8777.6	20.3
25.00	21.44	1883.39	69.23	436.28	0.47	1107.4	376.2	6510.0	19.8
26.00	22.01	1771.80	71.13	526.79	0.45	1574.5	542.3	5412.2	19.5
27.00	22.49	2059.16	72.74	618.84	0.45	2234.9	770.5	7503.1	20.1
28.00	23.05	1793.02	75.10	424.76	0.47	1039.1	353.4	5825.6	19.6
29.00	23.67	1604.59	76.56	682.27	0.39	2485.2	894.2	3753.6	19.2
30.00	24.36	1457.05	78.02	684.85	0.36	2409.8	887.1	2832.7	18.9
31.00	24.79	2321.77	79.43	711.66	0.45	3028.2	1045.5	9734.1	20.6
32.00	25.24	2209.11	80.50	938.48	0.39	4998.9	1798.3	7566.6	20.4
33.00	25.70	2207.64	81.63	878.54	0.41	4430.6	1575.7	7848.8	20.4
34.00	26.16	2170.27	82.65	980.88	0.37	5368.7	1957.0	6971.2	20.3
35.00	26.67	1957.71	83.69	961.59	0.34	4938.9	1841.5	5177.6	19.9
36.00	27.13	2183.40	84.97	785.90	0.43	3586.6	1257.9	8032.0	20.4
37.00	27.56	2314.24	86.07	906.16	0.41	4774.8	1693.8	8789.5	20.6

SOCOTEC	TEST REPORT	2/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	SYSTRA S.p.A.		
LAVORO:	SKYMETRO - PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO		
UBICAZIONE:	Genova (Ge)		
NOME TEST:	DH L2		
DATA DI ESECUZIONE	08/08/2023		
COORDINATE	**Y**	4917193.24 m N	
	X	496047.24 m E	

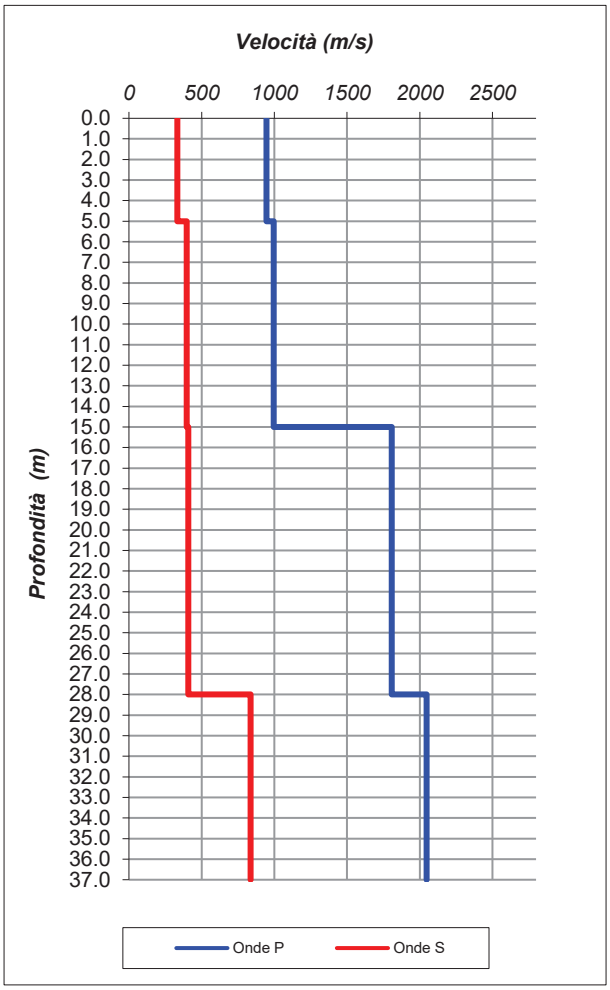


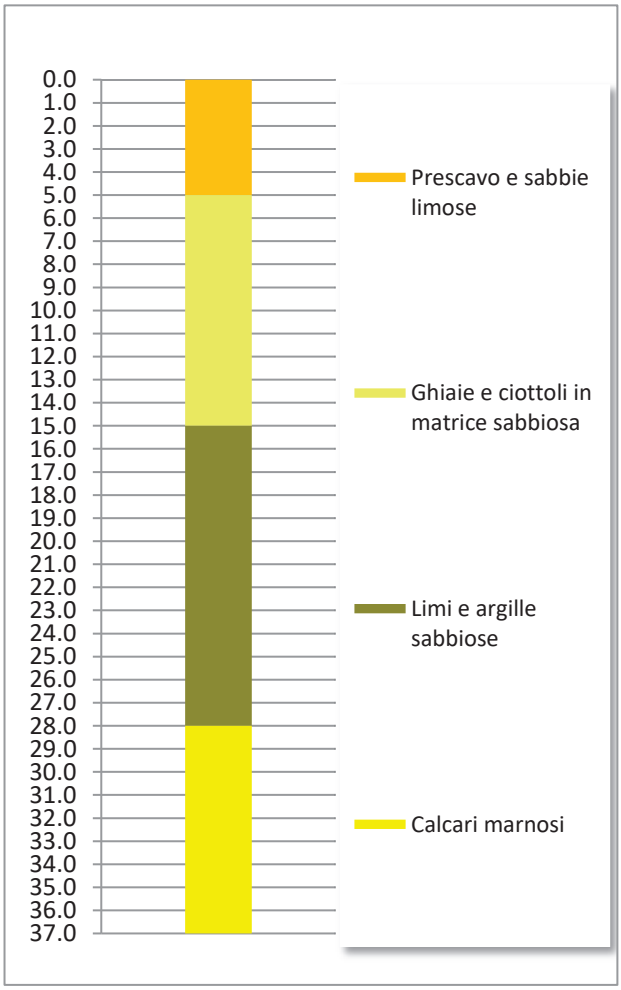


SOCOTEC	TEST REPORT	3/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	SYSTRA S.p.A.		
LAVORO:	SKYMETRO - PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO		
UBICAZIONE:	Genova (Ge)		
NOME TEST:	DH L2		
DATA DI ESECUZIONE	08/08/2023		
COORDINATE	**Y**	4917193.24 m N	
	X	496047.24 m E	

Profondità base(m)	***Onde P*** *Velocità (m/sec)*	***Onde S*** *Velocità (m/sec)*	*Poisson*	*Young (MPa)*	*Share (MPa)*	*Bulk (MPa)*	*γ (kN/m³)*
5.00	945.92	332.86	0.43	566.69	198.24	1336.59	17.9
15.00	996.47	396.47	0.41	839.49	298.54	1487.83	19.0
28.00	1807.65	409.26	0.47	967.89	328.55	5971.40	19.6
37.00	2047.31	836.70	0.40	3938.23	1406.77	6546.91	20.1





$V_{S\ eq(0-28)}$	Suolo
417	B

SOCOTEC

TEST REPORT

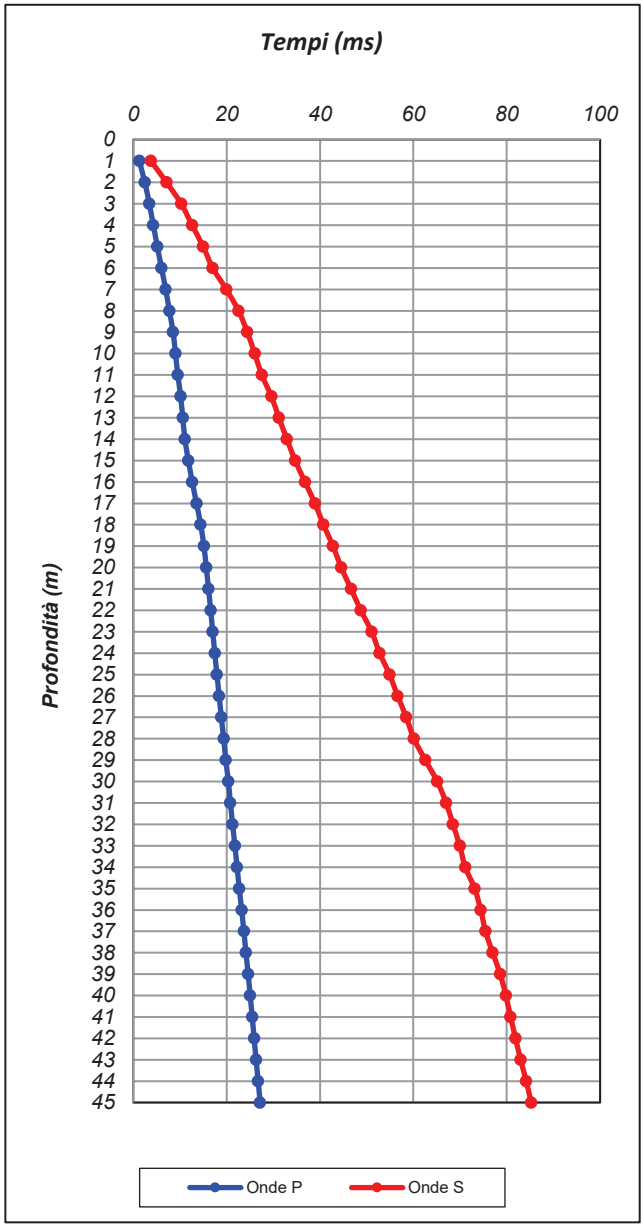
DOWN HOLE

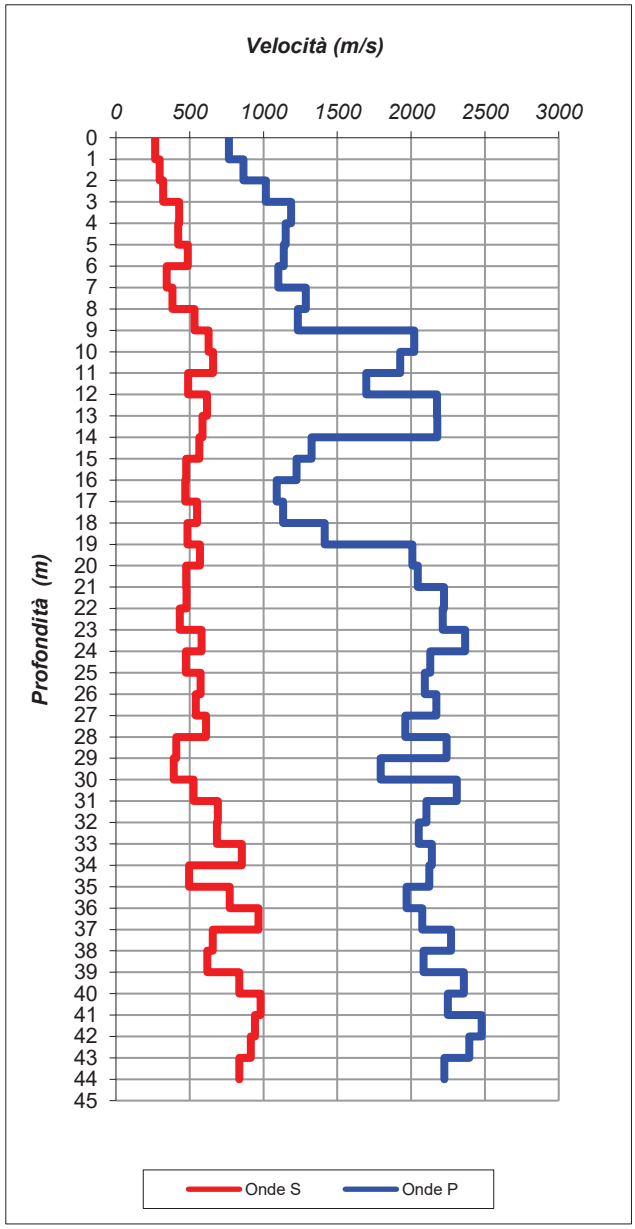
CLIENTE:	SYSTRA S.p.A.		
LAVORO:	SKYMETRO - PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO		
UBICAZIONE:	Genova (Ge)		
NOME TEST:	DH S2		
DATA DI ESECUZIONE	08/08/2023		
COORDINATE	**Y**	4918871.21 m N	
	X	495866.35 m E	

Profondità	Onde P		Onde S		Poisson	Young	Taglio	Bulk	γ
(m)	(ms)	(m/sec)	(ms)	(m/sec)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m^3)
1.00	1.31	765.36	3.77	265.35	0.43	353.4	123.4	862.3	17.5
2.00	2.47	863.00	7.14	296.85	0.43	447.6	156.2	1111.9	17.7
3.00	3.45	1015.36	10.27	319.04	0.45	530.5	183.5	1614.2	18.0
4.00	4.29	1187.24	12.61	428.46	0.43	961.4	337.3	2140.2	18.4
5.00	5.16	1150.11	14.97	422.19	0.42	927.8	326.2	1985.8	18.3
6.00	6.04	1136.19	17.02	487.68	0.39	1271.5	458.4	1876.8	19.3
7.00	6.95	1100.43	19.94	343.43	0.45	655.0	226.5	2023.1	19.2
8.00	7.73	1287.41	22.55	382.04	0.45	829.5	285.7	2863.4	19.6
9.00	8.54	1231.45	24.43	531.94	0.39	1525.8	550.7	2217.2	19.5
10.00	9.03	2020.57	26.02	628.70	0.45	2405.9	831.7	7481.6	21.0
11.00	9.55	1926.60	27.55	657.04	0.43	2582.2	900.2	6540.0	20.9
12.00	10.14	1697.14	29.59	489.90	0.45	1423.9	489.5	5221.5	20.4
13.00	10.60	2175.17	31.21	617.23	0.46	2369.0	813.4	9017.1	21.4
14.00	11.06	2177.44	32.92	585.78	0.46	2141.2	732.8	9147.9	21.4
15.00	11.82	1324.91	34.69	564.80	0.39	1741.3	626.8	2613.6	19.6
16.00	12.63	1223.99	36.79	475.27	0.41	1239.9	439.3	2327.9	19.4
17.00	13.55	1089.37	38.92	469.73	0.39	1172.9	423.2	1711.8	19.2
18.00	14.43	1132.39	40.74	548.87	0.35	1562.9	580.4	1696.5	19.3
19.00	15.14	1414.96	42.80	485.67	0.43	1340.8	467.7	3346.5	19.8
20.00	15.64	2008.44	44.56	568.38	0.46	1977.8	679.0	7572.6	21.0
21.00	16.13	2044.89	46.66	475.58	0.47	1403.7	477.0	8182.8	21.1
22.00	16.58	2221.88	48.75	479.07	0.48	1452.5	492.2	9930.0	21.4
23.00	17.03	2214.54	51.07	431.77	0.48	1182.7	399.5	9976.5	21.4
24.00	17.45	2366.56	52.79	580.55	0.47	2150.6	732.5	11195.2	21.7
25.00	17.92	2130.17	54.90	473.95	0.47	1407.8	477.6	9010.3	21.3
26.00	18.40	2092.35	56.64	573.57	0.46	2034.2	696.9	8345.3	21.2
27.00	18.86	2170.58	58.49	540.61	0.47	1829.9	623.7	9223.1	21.3
28.00	19.37	1961.24	60.13	610.91	0.45	2258.6	780.8	7006.6	20.9
29.00	19.82	2240.16	62.57	408.95	0.48	1065.3	359.2	10300.5	21.5
30.00	20.37	1793.07	65.13	391.02	0.48	928.6	314.8	6198.9	20.6
31.00	20.81	2310.54	67.03	525.61	0.47	1759.3	597.3	10746.2	21.6
32.00	21.28	2103.96	68.48	689.55	0.44	2903.8	1008.4	8043.4	21.2
33.00	21.77	2051.19	69.94	684.75	0.44	2844.2	989.4	7559.3	21.1
34.00	22.24	2140.15	71.11	853.83	0.41	4360.5	1551.4	7678.4	21.3
35.00	22.71	2123.31	73.14	494.88	0.47	1531.2	520.3	8885.1	21.2
36.00	23.22	1969.99	74.43	770.74	0.41	3506.9	1243.9	6468.0	20.9
37.00	23.70	2074.93	75.47	966.40	0.36	5378.6	1975.2	6472.1	21.1
38.00	24.14	2271.05	76.99	656.04	0.45	2697.0	927.1	9874.5	21.5
39.00	24.62	2083.36	78.61	618.33	0.45	2349.6	809.3	8108.2	21.2
40.00	25.04	2358.13	79.81	834.83	0.43	4323.7	1513.5	10057.9	21.7
41.00	25.49	2249.23	80.83	979.97	0.38	5975.6	2160.6	8501.3	22.5
42.00	25.89	2477.85	81.89	941.99	0.42	5766.8	2037.0	11378.3	23.0
43.00	26.31	2395.10	82.98	914.45	0.41	5392.0	1905.7	10532.7	22.8
44.00	26.76	2226.02	84.18	836.22	0.42	4452.0	1570.0	9032.1	22.5
45.00	27.18	2369.25	85.25	932.90	0.41	5573.6	1978.9	10125.3	22.7

SOCOTEC	TEST REPORT	2/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	SYSTRA S.p.A.		
LAVORO:	SKYMETRO - PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO		
UBICAZIONE:	Genova (Ge)		
NOME TEST:	DH S2		
DATA DI ESECUZIONE	08/08/2023		
COORDINATE	**Y**	4918871.21 m N	
	X	495866.35 m E	

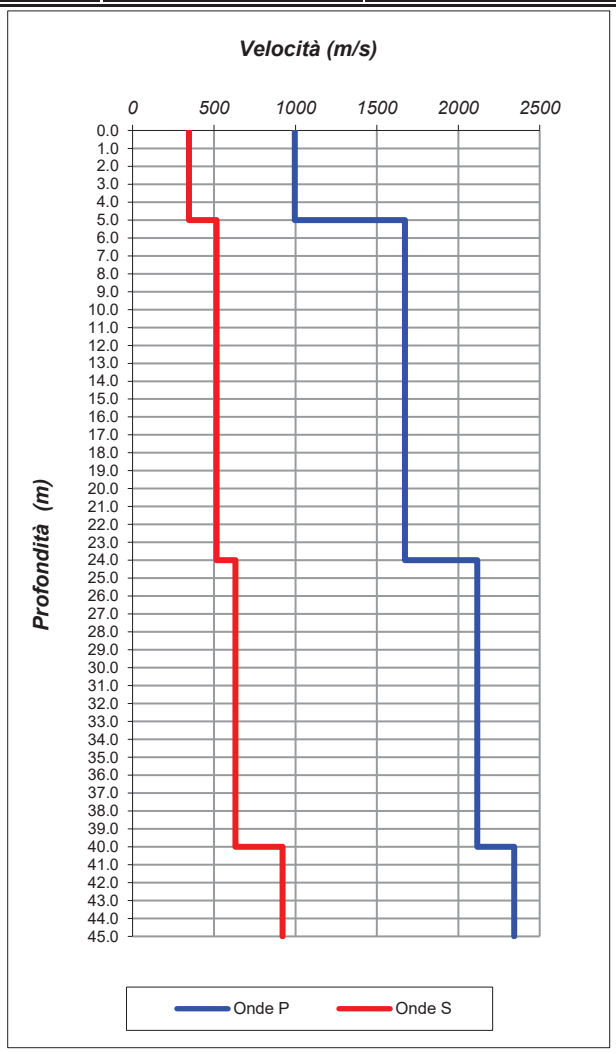


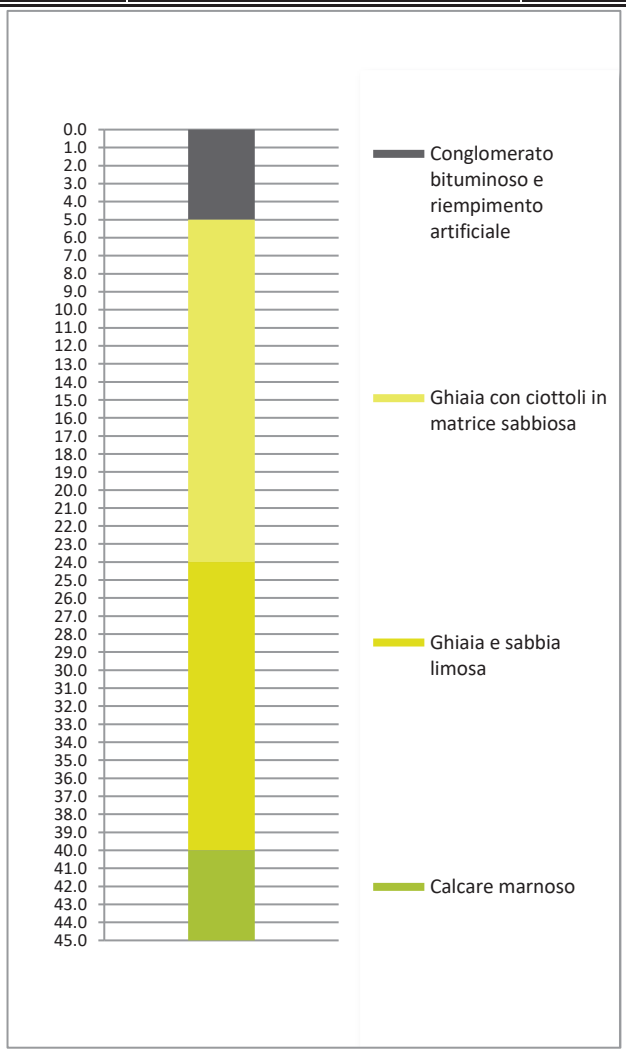


SOCOTEC	TEST REPORT	3/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	SYSTRA S.p.A.		
LAVORO:	SKYMETRO - PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO		
UBICAZIONE:	Genova (Ge)		
NOME TEST:	DH S2		
DATA DI ESECUZIONE	08/08/2023		
COORDINATE	**Y**	4918871.21 m N	
	X	495866.35 m E	

Profondità base(m)	***Onde P*** *Velocità (m/sec)*	***Onde S*** *Velocità (m/sec)*	*Poisson*	*Young (MPa)*	*Share (MPa)*	*Bulk (MPa)*	*γ (kN/m³)*
5.00	996.21	346.38	0.43	617.92	215.87	1497.82	18.0
24.00	1673.39	515.97	0.45	1568.14	541.68	4975.30	20.3
40.00	2117.14	630.87	0.45	2453.02	845.12	8390.92	21.2
45.00	2343.49	921.11	0.41	5422.83	1924.84	9893.14	22.7





$V_{S\ eq\ (0\text{-}30)}$	Suolo
474	B

SOCOTEC

TEST REPORT

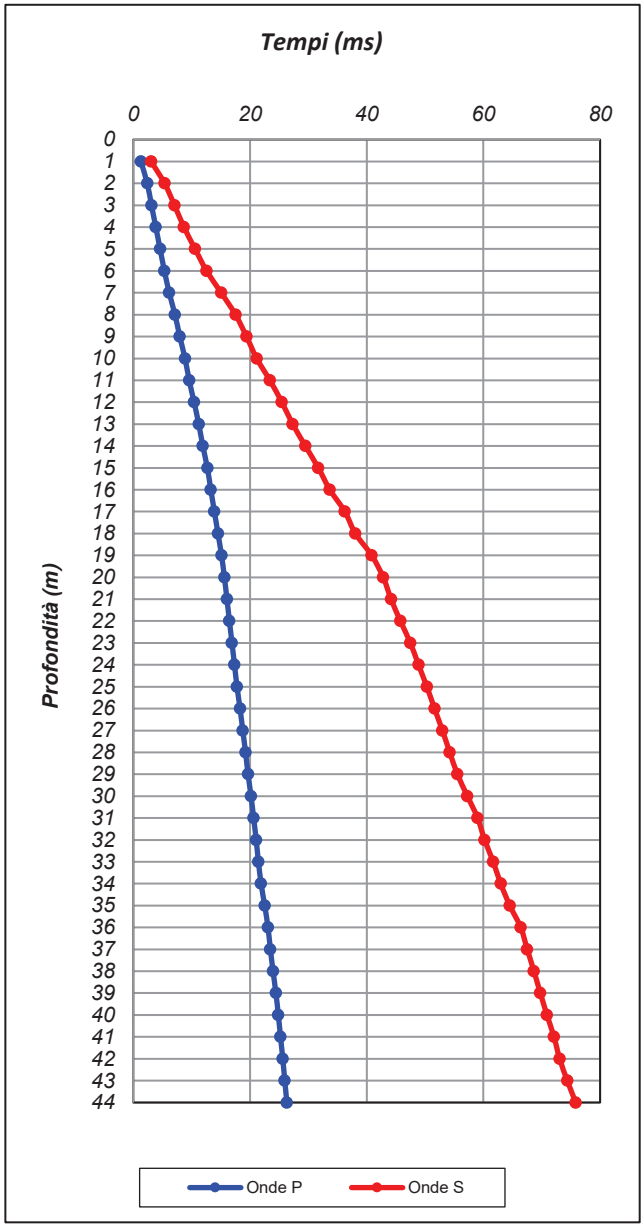
DOWN HOLE

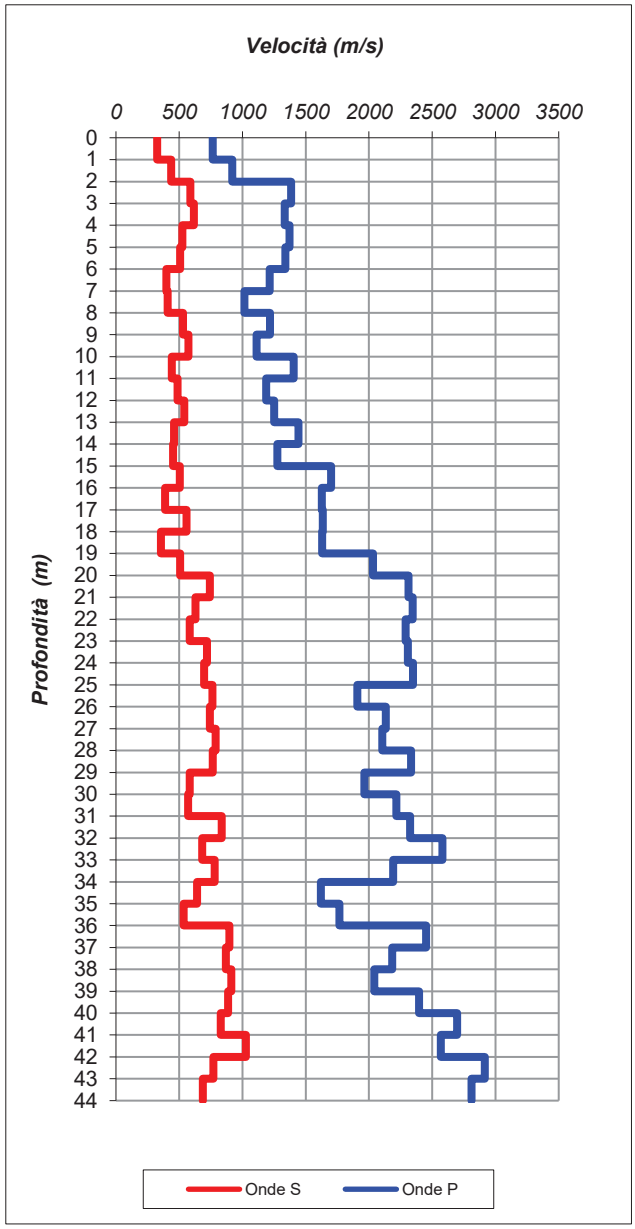
CLIENTE:	SYSTRA S.p.A.		
LAVORO:	SKYMETRO - PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO		
UBICAZIONE:	Genova (Ge)		
NOME TEST:	DH L6		
DATA DI ESECUZIONE	08/08/2023		
COORDINATE	**Y**	4918304.38 m N	
	X	495935.09 m E	

Profondità	Onde P		Onde S		Poisson	Young	Taglio	Bulk	γ
(m)	(ms)	(m/sec)	(ms)	(m/sec)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m^3)
1.00	1.31	764.98	3.07	325.69	0.39	546.2	196.6	822.3	18.5
2.00	2.39	919.60	5.37	435.53	0.36	968.7	357.4	1116.7	18.8
3.00	3.12	1383.78	7.07	587.99	0.39	1899.7	683.4	2874.0	19.8
4.00	3.87	1334.92	8.69	616.97	0.36	2042.8	748.7	2506.9	19.7
5.00	4.59	1372.82	10.59	524.53	0.41	1536.9	543.3	2997.0	19.7
6.00	5.34	1339.34	12.57	506.55	0.42	1430.5	504.9	2856.8	19.7
7.00	6.16	1216.18	15.08	397.91	0.44	886.2	307.7	2464.0	19.4
8.00	7.15	1015.32	17.53	409.05	0.40	893.6	318.4	1537.2	19.0
9.00	7.97	1217.87	19.41	530.61	0.38	1513.4	547.2	2153.1	19.4
10.00	8.87	1110.34	21.16	572.69	0.32	1662.7	630.4	1529.1	19.2
11.00	9.58	1404.03	23.42	442.70	0.44	1121.7	388.2	3387.2	19.8
12.00	10.42	1187.11	25.47	486.79	0.40	1284.5	459.1	2118.1	19.4
13.00	11.22	1251.10	27.32	540.90	0.39	1580.6	570.6	2291.8	19.5
14.00	11.92	1443.84	29.50	459.03	0.44	1210.0	419.1	3587.2	19.9
15.00	12.70	1276.32	31.71	450.98	0.43	1136.3	397.7	2654.9	19.6
16.00	13.29	1701.23	33.69	505.46	0.45	1513.3	521.3	5209.9	20.4
17.00	13.90	1626.13	36.27	388.66	0.47	899.2	305.9	4947.4	20.3
18.00	14.52	1633.85	38.06	557.53	0.43	1807.0	630.0	4570.4	20.3
19.00	15.13	1629.89	40.87	356.07	0.47	757.7	256.9	5039.6	20.3
20.00	15.62	2031.12	42.84	507.85	0.47	1593.5	543.2	7964.9	21.1
21.00	16.05	2311.71	44.19	742.01	0.44	3434.9	1190.5	9968.1	21.6
22.00	16.48	2345.59	45.78	627.63	0.46	2497.5	854.4	10794.8	21.7
23.00	16.92	2290.63	47.49	583.00	0.47	2149.8	733.5	10345.6	21.6
24.00	17.35	2308.01	48.88	720.36	0.45	3244.0	1121.7	10019.1	21.6
25.00	17.78	2347.05	50.32	696.77	0.45	3057.9	1053.2	10546.2	21.7
26.00	18.30	1909.30	51.63	762.36	0.41	3400.4	1210.0	5976.0	20.8
27.00	18.77	2133.65	52.98	741.96	0.43	3351.3	1170.8	8120.9	21.3
28.00	19.24	2104.96	54.25	788.27	0.42	3738.8	1317.9	7640.6	21.2
29.00	19.67	2333.06	55.55	766.05	0.44	3660.7	1271.4	10098.0	21.7
30.00	20.18	1963.84	57.26	583.44	0.45	2068.2	712.4	7121.3	20.9
31.00	20.63	2216.07	59.02	570.10	0.46	2040.3	696.6	9596.5	21.4
32.00	21.06	2325.61	60.22	834.68	0.43	4302.2	1508.4	9698.8	21.7
33.00	21.45	2580.65	61.69	680.43	0.46	3001.5	1026.0	13390.9	22.2
34.00	21.91	2191.38	62.97	779.90	0.43	3713.2	1300.6	8534.2	21.4
35.00	22.52	1618.69	64.53	640.24	0.41	2334.8	829.5	4196.4	20.2
36.00	23.09	1767.33	66.40	534.29	0.45	1699.6	586.2	5632.4	20.5
37.00	23.50	2450.98	67.52	896.81	0.42	5012.2	1761.5	10808.6	21.9
38.00	23.96	2184.34	68.67	869.81	0.41	4758.1	1692.3	8416.4	22.4
39.00	24.45	2041.75	69.76	912.21	0.38	5054.6	1837.6	6755.9	22.1
40.00	24.86	2397.24	70.89	885.88	0.42	5083.6	1788.9	10714.3	22.8
41.00	25.23	2696.45	72.10	827.63	0.45	4640.4	1602.4	14872.1	23.4
42.00	25.62	2569.19	73.07	1027.03	0.40	6857.7	2440.6	12018.9	23.1
43.00	25.97	2915.63	74.37	768.93	0.46	4121.7	1409.0	18380.0	23.8
44.00	26.32	2809.91	75.83	686.71	0.47	3270.7	1113.8	17164.1	23.6

SOCOTEC	TEST REPORT	2/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	SYSTRA S.p.A.		
LAVORO:	SKYMETRO - PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO		
UBICAZIONE:	Genova (Ge)		
NOME TEST:	DH L6		
DATA DI ESECUZIONE	08/08/2023		
COORDINATE	**Y**	4918304.38 m N	
	X	495935.09 m E	

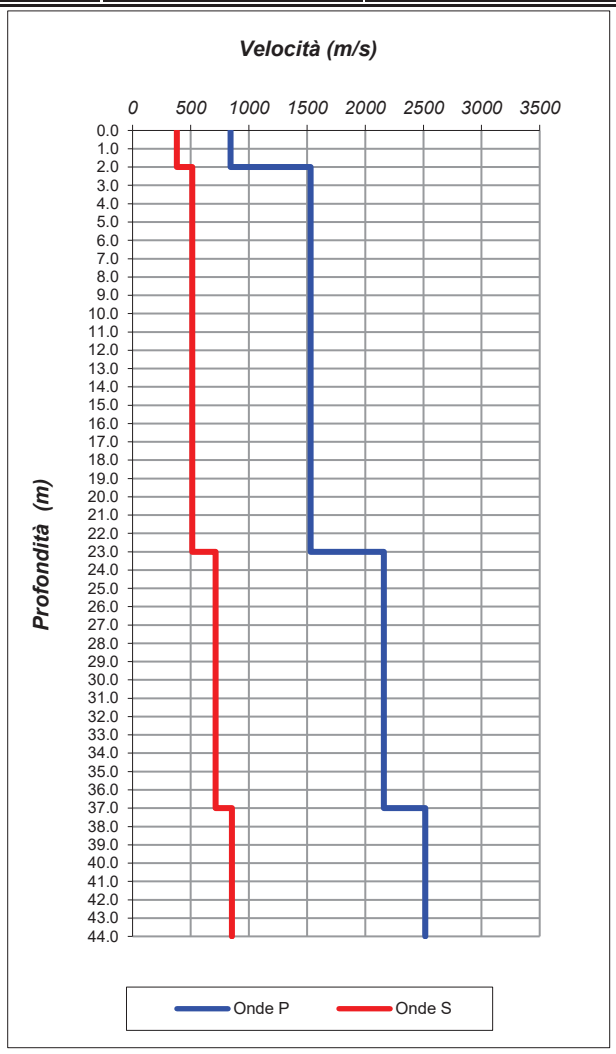


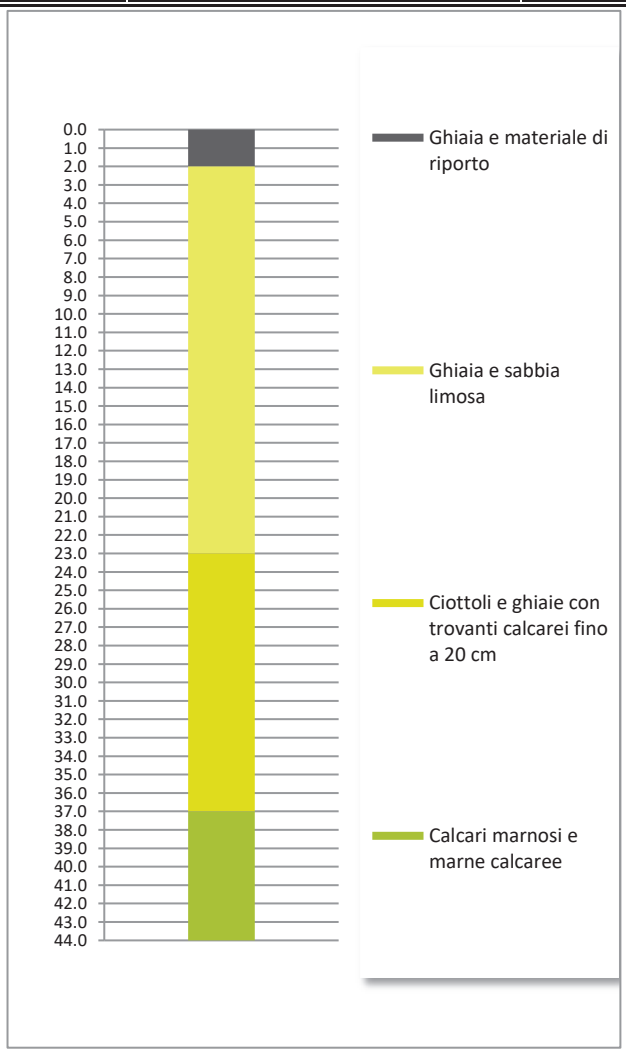


SOCOTEC	TEST REPORT	3/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	SYSTRA S.p.A.		
LAVORO:	SKYMETRO - PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO		
UBICAZIONE:	Genova (Ge)		
NOME TEST:	DH L6		
DATA DI ESECUZIONE	08/08/2023		
COORDINATE	**Y**	4918304.38 m N	
	X	495935.09 m E	

Profondità base(m)	***Onde P*** *Velocità (m/sec)*	***Onde S*** *Velocità (m/sec)*	*Poisson*	*Young (MPa)*	*Share (MPa)*	*Bulk (MPa)*	*γ (kN/m³)*
2.00	842.29	380.61	0.37	742.58	270.68	964.68	18.7
23.00	1529.67	514.04	0.44	1522.67	530.05	3986.95	20.1
37.00	2160.76	713.98	0.44	3127.45	1086.89	8505.56	21.3
44.00	2516.36	854.03	0.43	4821.07	1679.92	12344.56	23.0





$V_{S\ eq\ (0\text{-}30)}$	Suolo
538	B