

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

GEOLOGIA


Esecuzione di prospezioni geofisiche a supporto del PD Raddoppio Finale  
Ligure-Andora (SV).

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I V 0 I 0 0 D 6 9 I G G E 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	P. Luiso <i>Paola Luiso</i>	21/09/2021	E. Poggi <i>E. Poggi</i>	21/09/2021	G. Fadda <i>G. Fadda</i>	21/09/2021	M. Comedini 21/09/2021 

File: IV0100D69IGGE0000001A.doc

n. Elab.: X

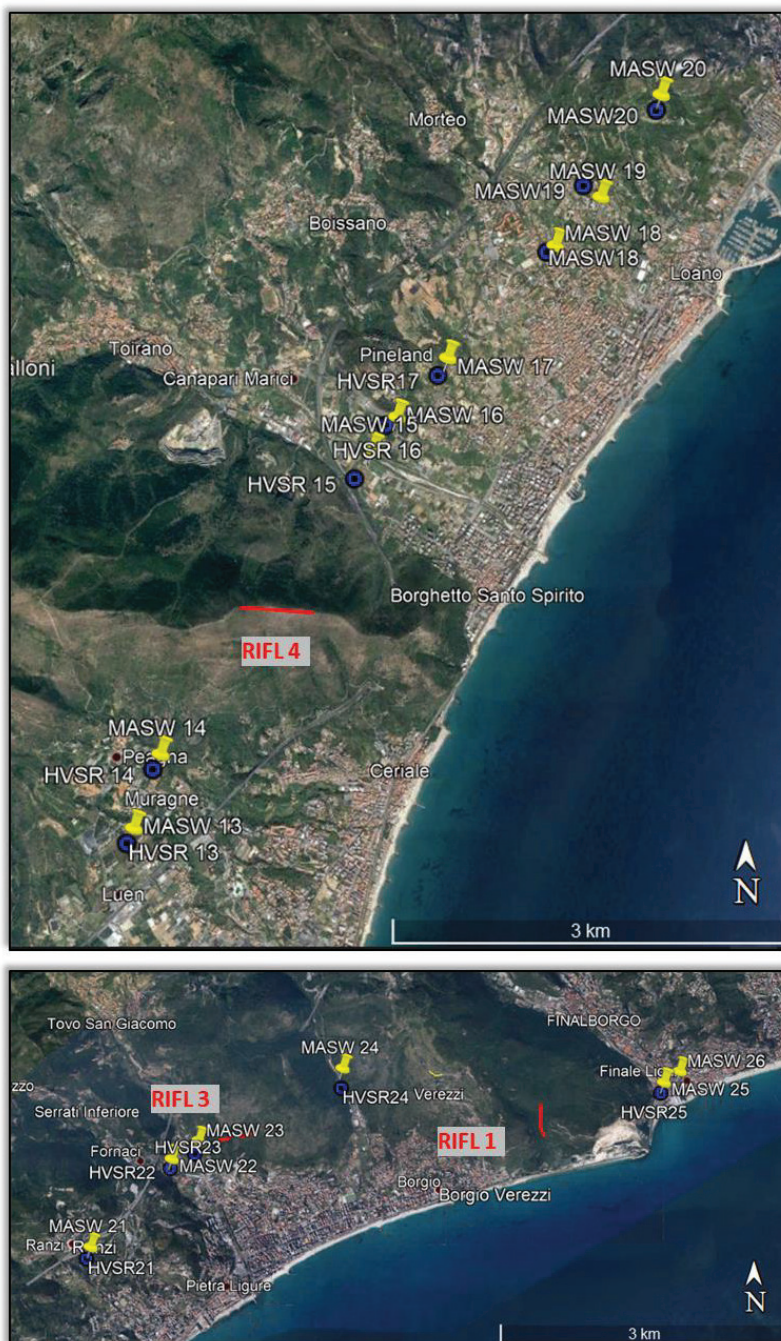
## Indice

1.	PREMESSA.....	3
2.	METODO MASW .....	8
2.1.	PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E CENNI SUL METODO .....	8
2.2.	STRUMENTAZIONE IMPIEGATA .....	10
2.3.	SCHEMA DI ACQUISIZIONE .....	12
3.	METODO HVSR.....	14
3.1.	PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E CENNI SUL METODO .....	14
3.2.	FREQUENZA FONDAMENTALE DEL SITO .....	15
3.3.	PROFILI SISMICO-STRATIGRAFICI E PARAMETRO $V_{Seq}$ .....	16
3.4.	ACQUISIZIONE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	17
4.	METODO SISMICA A RIFRAZIONE (SRT) .....	20
4.1.	PRINCIPI BASE DEL METODO .....	20
4.2.	FATTORI DI INFLUENZA DELLE VELOCITÀ SISMICHE .....	23
4.3.	STRUMENTAZIONE IMPIEGATA .....	25
4.4.	SCHEMA DI ACQUISIZIONE.....	26
4.5.	PROCESSING .....	27
5.	METODO SISMICA A RIFLESSIONE.....	29
5.1.	PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E CENNI SUL METODO .....	29
5.2.	METODOLOGIA E PRINCIPI BASE DEL METODO.....	29
5.3.	SCHEMA DI ACQUISIZIONE .....	33
5.4.	PROCESSING DEI DATI.....	34
6.	RISULTATI INDAGINI.....	35
7.	CONCLUSIONI .....	42
8.	BIBLIOGRAFIA .....	43
	ALLEGATI.....	44

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati delle indagini geofisiche tipo MASW, HVSR eseguite in merito al progetto “Raddoppio della linea Genova-Ventimiglia. Tratta Finale Ligure - Andora”. Le indagini sono state realizzate nel mese di luglio 2021. In particolare, sono state effettuate n°2 indagini di tomografia sismica a rifrazione, n°25 indagini MASW, n°26 indagini HVSR e n°5 indagini di sismica a riflessione. Essendo le indagini ubicate in un territorio molto vasto, in figura 1 sono riportate le indagini effettuate partendo da su verso nord, seguendo la numerazione delle MASW. Negli allegati verranno insiti gli zoom delle indagini eseguite.





*Figura 1 - Ubicazione Indagini.*

Si riporta di seguito il riepilogo delle indagini eseguite:

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Indagini Geofisiche**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 001	A	5 di XX

ID Prova	Lunghezza (m)	Coordinate inizio linea (A)	Coordinate fine linea (B)
MASW1	50	43°57'38.86"N 8° 8'17.69"E	43°57'37.75"N 8° 8'19.06"E
MASW2	50	43°57'46.26"N 8° 8'33.71"E	43°57'47.06"N 8° 8'35.66"E
MASW3	50	43°58'56.22"N 8° 9'10.90"E	43°58'55.88"N 8° 9'13.05"E
MASW4	50	44° 0'9.37"N 8° 9'47.36"E	44° 0'9.57"N 8° 9'49.68"E
MASW5	50	44° 0'25.57"N 8° 9'45.48"E	44° 0'23.63"N 8° 9'47.21"E
MASW6	50	44° 2'55.18"N 8° 9'37.82"E	44° 2'55.24"N 8° 9'40.04"E
MASW7	50	44° 3'22.59"N 8°10'10.45"E	44° 3'22.08"N 8°10'12.51"E
MASW8	50	44° 3'34.50"N 8°10'9.22"E	44° 3'34.49"N 8°10'11.36"E
MASW9	50	44° 3'48.09"N 8°10'21.12"E	44° 3'46.70"N 8°10'20.04"E
MASW10	50	44° 4'14.44"N 8°10'59.83"E	44° 4'12.93"N 8°10'59.55"E
MASW11	50	44° 4'30.98"N 8°11'25.95"E	44° 4'30.77"N 8°11'28.15"E
MASW12	50	44° 4'57.05"N 8°11'48.54"E	44° 4'55.40"N 8°11'48.87"E
MASW13	50	44° 5'33.06"N 8°12'23.04"E	44° 5'31.93"N 8°12'24.91"E
MASW14	50	44° 5'50.42"N 8°12'31.43"E	44° 5'50.00"N 8°12'33.86"E
MASW15	50	44° 7'0.49"N 8°13'41.43"E	44° 6'59.51"N 8°13'43.46"E
MASW16	50	44° 7'13.98"N 8°13'53.01"E	44° 7'12.08"N 8°13'53.52"E
MASW17	50	44° 7'25.36"N 8°14'10.36"E	44° 7'25.22"N 8°14'12.45"E
MASW18	50	44° 7'56.05"N 8°14'48.37"E	44° 7'55.14"N 8°14'49.32"E
MASW19	50	44° 8'12.53"N 8°15'0.75"E	44° 8'11.41"N 8°15'2.34"E
MASW20	50	44° 8'30.47"N 8°15'25.04"E	44° 8'30.16"N 8°15'27.20"E
MASW21	50	44° 9'11.58"N 8°15'57.85"E	44° 9'10.13"N 8°15'56.82"E
MASW22	50	44° 9'40.33"N 8°16'34.61"E	44° 9'39.13"N 8°16'36.01"E
MASW23	50	44° 9'45.09"N 8°16'45.63"E	44° 9'43.92"N 8°16'47.16"E
MASW24	50	44°10'6.54"N 8°17'51.98"E	44°10'5.61"N 8°17'53.58"E
MASW25	50	44°10'3.95"N 8°20'17.49"E	44°10'4.77"N 8°20'19.26"E
SRT1	90	44° 0'7.91"N 8° 9'43.76"E	44° 0'6.64"N 8° 9'47.19"E
SRT2	60	44° 0'6.02"N 8° 9'42.13"E	44° 0'7.68"N 8° 9'43.27"E
RIFL1	419	44°10'1.63"N 8°19'19.34"E	44° 9'50.69"N 8°19'22.88"E
RIFL3	383	44° 9'49.48"N 8°16'56.41"E	44° 9'51.85"N 8°17'11.03"E
RIFL4	594	44° 6'30.09"N 8°12'58.15"E	44° 6'28.44"N 8°13'23.84"E



**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Indagini Geofisiche**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 001	A	6 di XX

RIFL5	433	44° 2'40.37"N 8° 9'23.50"E	44° 2'27.29"N 8° 9'24.19"E
RIFL6	433	44° 1'34.92"N 8° 9'34.37"E	44° 1'23.35"N 8° 9'42.75"E

ID Prova	Coordinate
H/V1	43°57'38.30"N 8° 8'18.41"E
H/V2	43°57'46.63"N 8° 8'34.67"E
H/V3	43°58'56.07"N 8° 9'11.91"E
H/V4	44°00'9.50"N 8° 9'48.45"E
H/V5	44° 0'24.77"N 8° 9'46.23"E
H/V6	44° 2'55.22"N 8° 9'38.75"E
H/V7	44°3'22.32"N 8°10'11.49"E
H/V8	44° 3'34.34"N 8°10'10.29"E
H/V9	44° 3'47.41"N 8°10'20.58"E
H/V10	44° 4'13.72"N 8°10'59.69"E
H/V11	44° 4'30.87"N 8°11'27.10"E
H/V12	44° 4'56.30"N 8°11'48.70"E
H/V13	44° 5'32.60"N 8°12'23.89"E
H/V14	44° 5'50.29"N 8°12'32.73"E
H/V15	44° 7'0.04"N 8°13'42.49"E
H/V16	44° 7'13.12"N 8°13'53.29"E
H/V17	44° 7'25.34"N 8°14'11.38"E
H/V18	44° 7'55.60"N 8°14'48.89"E
H/V19	44° 8'11.99"N 8°15'1.55"E
H/V20	44° 8'30.33"N 8°15'26.12"E
H/V21	44° 9'10.88"N 8°15'57.35"E
H/V22	44° 9'39.78"N 8°16'35.26"E
H/V23	44° 9'44.52"N 8°16'46.37"E
H/V24	44°10'6.09"N 8°17'52.75"E
H/V25	44°10'4.34"N 8°20'18.30"E
H/V26	44°10'7.24"N 8°20'24.93"E

*Tabella 1 - Coordinate indagini MASW, HVSR.*

## 2. METODO MASW

### 2.1. 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  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle  $V_s$  viene ottenuta tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh (Fig. 2).

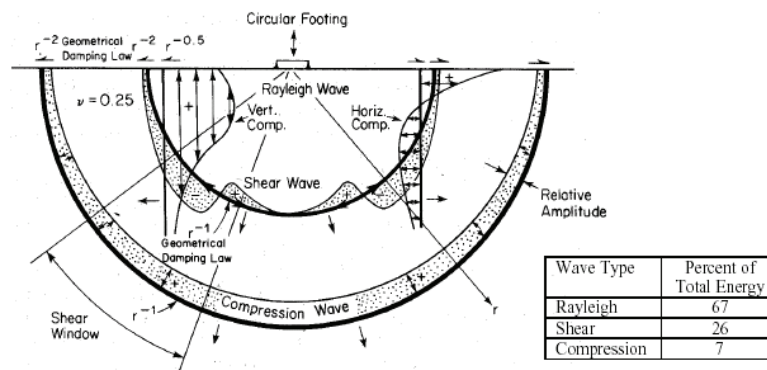



Figura 2 - Distribuzione delle onde di Rayleigh nel sottosuolo.

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



 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Indagini Geofisiche</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 IG</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 9 di XX</p>

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  $U(x, f)$ :

$$U(x, f) = \int u(x, t) e^{ift} dt \quad (2.1)$$

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

$$U(x, f) = P(x, f) A(x, f) \quad (2.2)$$

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 (2.2) può essere espressa come:

$$U(x, f) = e^{-i\theta x} A(x, f) \quad (2.3)$$

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  $V(f, \phi)$ :

$$V(f, \phi) = \int e^{i\phi x} [U(x, f) / |U(x, f)|] dx = \int e^{-i(\Phi-\phi)x} [A(x, f) / |A(x, f)|] dx \quad (2.4)$$

La funzione  $V(f, \phi)$ , 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  $cf = f/\phi$ .

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Indagini Geofisiche	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE0000 001	REV. A	FOGLIO 10 di XX

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

$$\phi = F = f / cf \quad (2.5)$$

Per un dato valore di  $\phi$ , dove si verifica un massimo della funzione  $V(f, \phi)$ , la velocità di fase  $cf$  può essere determinata. Tenendo conto che  $cf = f/\phi$ , la funzione  $V(f, \phi)$  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  $f$ , permette 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.

## 2.2. Strumentazione impiegata

L’apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prova 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 è stata utilizzata una massa battente da 5kg.

sistema di ricezione: per l’indagine sono stati utilizzati 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione verticale), con frequenza caratteristica di 4.5 Hz (Fig. 3).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA <b>IV01</b>	LOTTO <b>00</b>	CODIFICA <b>D 69 IG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 001</b>	REV. <b>A</b>

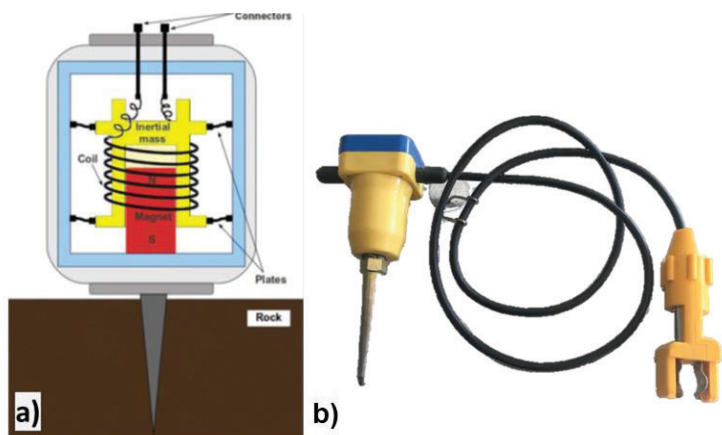


Figura 3 – Geofoni per onda P ed Sh; a) schema di funzionamento del geofono per onda P; b) geofono per onda P con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

**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. 4; Tab. 2) 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Indagini Geofisiche	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE0000 001	REV. A



Figura 4 - Sismografo GEODE (Geometrics).

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

Tabella 2 - Specifiche tecniche Sismografo GEODE.

### 2.3. Schema di acquisizione

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati utilizzando un passo intergeofonico pari a 2 m e 22 canali d'acquisizione (geofoni), ad eccezione di:

- MASW 5 con passo intergeofonico pari a 2 m e n° geofoni: 24;

- MASW 18 con passo intergeofonico pari a 2 m e n° geofoni: 19.

L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- tempo di acquisizione: 1 s;
- intervallo di campionamento 0.125  $\mu$ s.



*Figura 5 - Fasi di acquisizione di alcune delle MASW effettuate.*

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Indagini Geofisiche	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE0000 001	REV. A	FOGLIO 14 di XX

### 3. METODO HVSR

#### 3.1. 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  $V_s$  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  $V_s$  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

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA  IV01	LOTTO  00	CODIFICA  D 69 IG	DOCUMENTO  GE0000 001	REV.  A	FOGLIO  15 di XX

che, misurando il rapporto H/V determinabile da microtremiti, si stimano le frequenze che possono essere amplificate in caso di sisma.

### 3.2. 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:  $f=V_s/4h$  (formula semplificata) dove  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio nello strato che risona e  $h$  è lo spessore di detto strato. Dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale (Esempio in Fig.6a) 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.6b). 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.

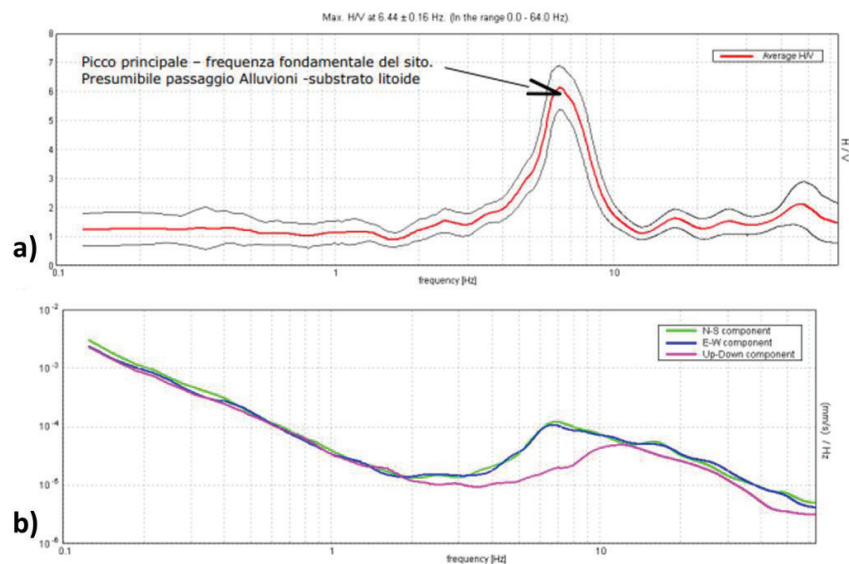


Figura 6 - a) Rapporto spettrale H/V; b) Esempio di spettri a singole componenti

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.

### 3.3. Profili sismico-stratigrafici e parametro $V_{seq}$

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  $V_{seq}$ . Stime di  $V_{seq}$  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



 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Indagini Geofisiche</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 IG</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 17 di XX</p>

penetrometriche; Fig.7), 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  $h=Vs/4f$ ).

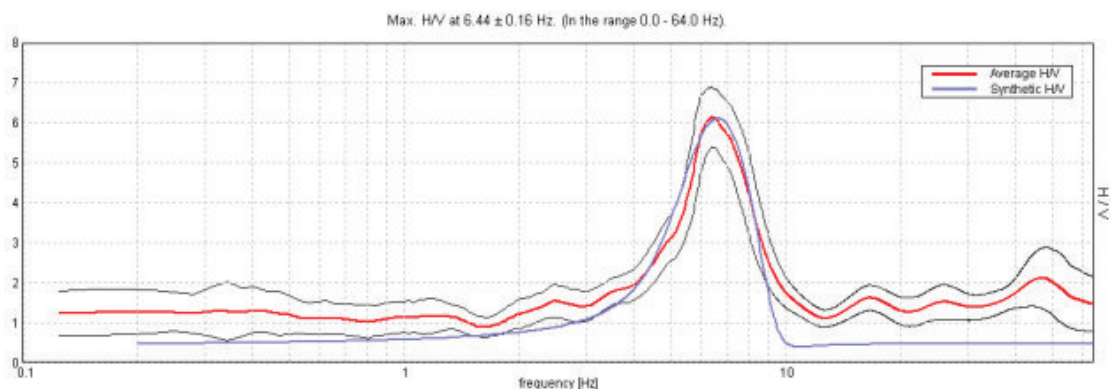


Figura 7 - esempio di fittaggio del modello teorico

### 3.4. 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](http://sesame-fp5.obs.ujfgrenoble.fr/Delivrables/Del-D23_HV_User_Guidelines.pdf)). I dati vengono acquisiti attraverso il Tromino della Micromed (Fig. 8).



Figura 8 -Tromino della Micromed

In Tabella 3 sono elencate le caratteristiche dello strumento.

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Indagini Geofisiche	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE0000 001	REV. A

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 3 - Specifiche tecniche del Tromino*

Per tutte le misure l'intervallo di registrazione utilizzato è di 40 minuti con una frequenza di campionamento pari a 128 Hz (Fig. 9). 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.

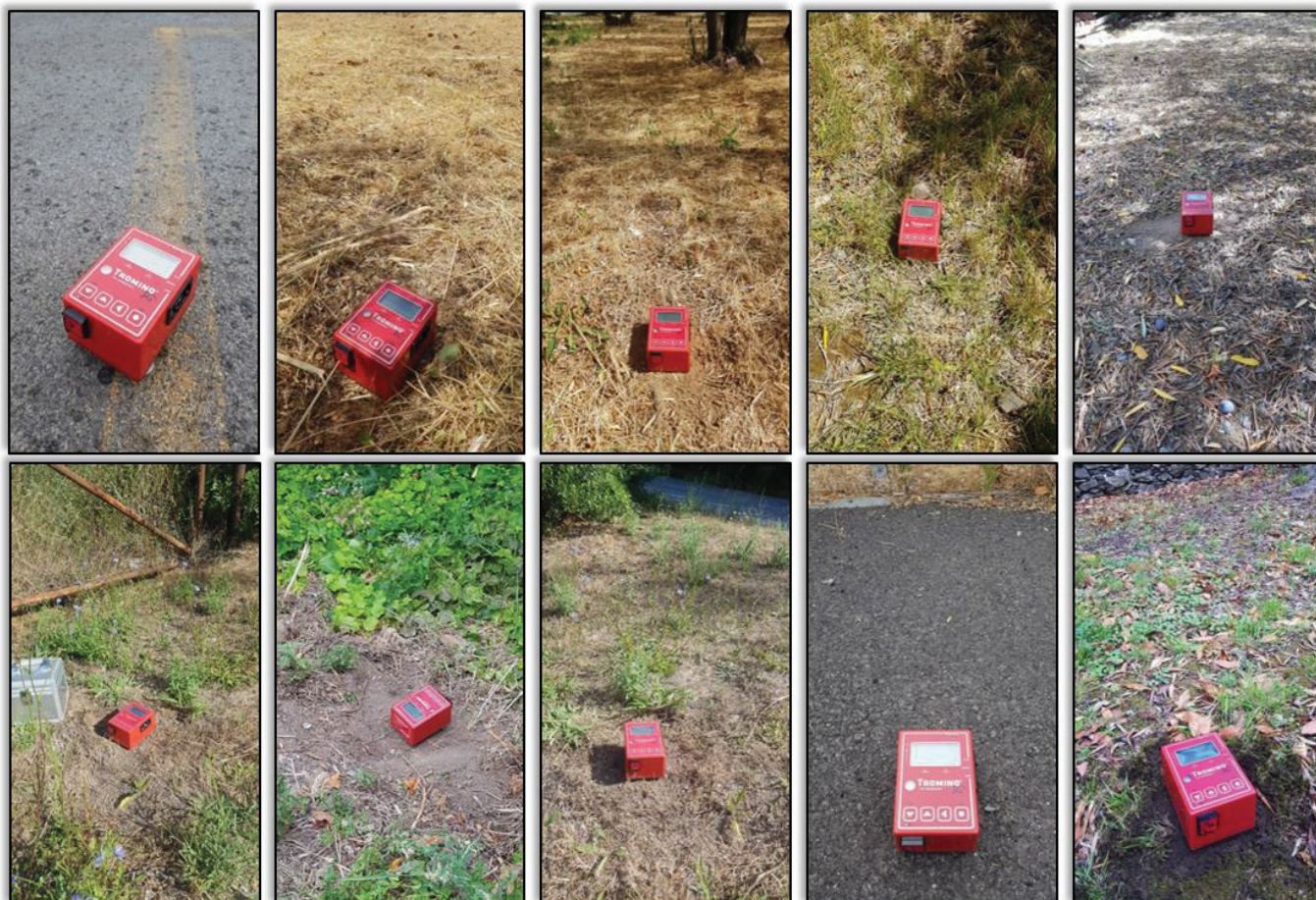
Importante è la messa in bolla dello strumento al fine di minimizzare gli errori come, ad esempio, il cosiddetto "effetto del tilting" che può essere provocato da un cambiamento della livellazione mentre si effettua la misura producendo una perturbazione della forma della curva H/V risultante soprattutto 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 modimensionali che riportano una stima delle velocità delle onde di taglio in relazione alla profondità.

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA  <b>IV01</b>	LOTTO  <b>00</b>	CODIFICA  <b>D 69 IG</b>	DOCUMENTO  <b>GE0000 001</b>	REV.  <b>A</b>	FOGLIO  <b>19 di XX</b>

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.



*Figura 9 - Fasi di acquisizione di alcuni degli HVSR acquisiti.*

#### **4. METODO SISMICA A RIFRAZIONE (SRT)**

##### **4.1. 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



delle onde elastiche nel primo strato ( $V_0$ ), 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 rifratte. In un'indagine di sismica a rifrazione sarà possibile individuare un numero di punti di ginocchio pari al numero di rifrattori investigati (Fig. 11).

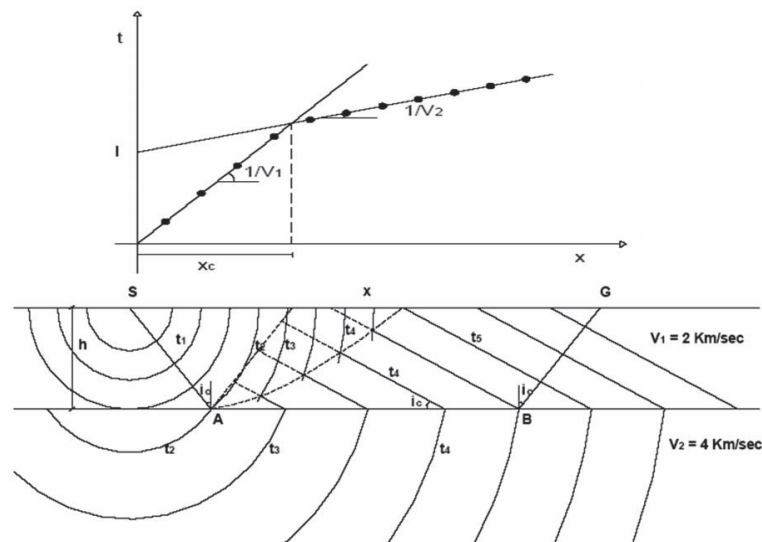


Figura 11 - Schema esemplificativo delle dromocrone in un sottosuolo a 2 strati.

Pertanto, più è profondo il rifratte 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 rifratte 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.

#### 4.2. 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 4 e 5, 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 4 - 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 5 - Velocità delle onde di taglio di alcuni terreni.

I primi esperimenti sulla variazione delle proprietà elastiche delle rocce sono iniziate 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  $\mu\text{m}$  riducendo notevolmente la dimensione dei pori. Da vari studi effettuati in



	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA  IV01	LOTTO  00	CODIFICA  D 69 IG	DOCUMENTO  GE0000 001	REV.  A	FOGLIO  25 di XX

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 ( $V_p$ ) e di taglio ( $V_s$ ) e un aumento del coefficiente di attenuazione  $\alpha$  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  $V_p/V_s$  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).

#### **4.3. Strumentazione impiegata**

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove è la stessa utilizzata per le indagini MASW. Inoltre, per l'acquisizione delle onde  $Sh$ , sono stati utilizzati anche 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione orizzontale), con frequenza caratteristica di 8 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 (Fig. 12).

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA  <b>IV01</b>	LOTTO  <b>00</b>	CODIFICA  <b>D 69 IG</b>	DOCUMENTO  <b>GE0000 001</b>	REV.  <b>A</b>	FOGLIO  <b>26 di XX</b>



*Figura 12 – geofono per onda S con frequenza caratteristica di 8 Hz.*

#### **4.4. Schema di acquisizione**

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati utilizzando 36 canali d’acquisizione (geofoni) con un passo intergeofonico di 2.5 m per tutte la tomografia sismica SRT1 e 24 canali d’acquisizione con un passo intergeofonico di 2.5 per la SRT2.

Tutti gli stendimenti sono caratterizzati da:

- tempo di acquisizione: 1 s;
- intervallo di campionamento 0.125  $\mu$ s.

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Indagini Geofisiche	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE0000 001	REV. A	FOGLIO 27 di XX



Figura 13 - Fasi di acquisizione

#### 4.5. 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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Indagini Geofisiche</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 IG</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 28 di XX</p>

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

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

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

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

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

$$\mathbf{t} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{u} \quad (2.3)$$

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

$$\mathbf{u} = \tilde{\mathbf{M}}^{-1} \cdot \mathbf{t} \quad (2.4)$$

dove  $\tilde{\mathbf{M}}$  è la matrice inversa generalizzata. Poiché i percorsi sismici dipendono dalle lentezze, la matrice  $\tilde{\mathbf{M}}$  dipende anche dalle lentezze e quindi il problema inverso è un problema non-lineare che deve essere

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Indagini Geofisiche</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 IG</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 29 di XX</p>

risolto iterativamente partendo da una soluzione iniziale (modello di partenza). L'equazione da considerare è pertanto la seguente

$$\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} = \Delta t \quad (2.5)$$

dove  $\Delta t$  è la differenza tra i tempi sperimentali e i tempi calcolati per il modello di lentezze iniziale  $u_0$ ;  $\Delta u$  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

$$\varphi = \|\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} - \Delta t\|^2 + \lambda \|\mathbf{L}_2 \mathbf{u}\|^2 \quad (2.6)$$

dove  $\lambda$  è il fattore di smorzamento e la matrice  $L_2$  è una matrice derivata seconda (operatore laplaciano) che forza la soluzione verso la soluzione più regolare possibile (smoothest solution).

## 5. METODO SISMICA A RIFLESSIONE

### 5.1. Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La sismica a riflessione è un metodo ampiamente utilizzato nell'esplorazione del sottosuolo per riconoscere la posizione stratigrafica e strutturale dei corpi geologici: stratificazione, superfici di discordanza, faglie, thrust, ecc. L'indagine di sismica a riflessione ad alta risoluzione consente una ricostruzione molto fedele delle strutture sepolte e può essere applicato in qualsiasi ambiente: terrestre, marino e di transizione (fiume, lago, delta, ecc.).

### 5.2. Metodologia e principi base del metodo

Il processo fisico di riflessione è illustrato nella Figura 14a, in cui sono mostrati i percorsi dei raggi sismici attraverso strati successivi. Di solito ci sono diversi strati sotto la superficie terrestre che contribuiscono

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA  IV01	LOTTO  00	CODIFICA  D 69 IG	DOCUMENTO  GE0000 001	REV.  A	FOGLIO  30 di XX

alle riflessioni presenti in un singolo sismogramma. Il vantaggio dei dati di riflessione sismica è che consente la mappatura di molti orizzonti o strati con ogni shot. In Figura 14b sono indicati i percorsi dei raggi e i relativi arrivi che verrebbero registrati su un sismografo multicanale; il percorso dei raggi nel sottosuolo è esattamente la metà della distanza della superficie attraverso lo stendimento geofonico. L'intervallo di campionamento del sottosuolo è la metà della distanza tra i geofoni sulla superficie. Un'altra importante caratteristica dell'acquisizione dei dati di riflessione è illustrata nella figura 14c. Se shots multipli, ad esempio S1 e S2, sono registrati da più ricevitori, R1 e R2, e la geometria è come mostrato nella figura 14c, il punto di riflessione per entrambi i percorsi dei raggi è lo stesso. Tuttavia, i percorsi dei raggi non hanno la stessa lunghezza, quindi la riflessione avverrà in momenti diversi sulle due tracce. Questo ritardo, la cui grandezza è indicativa delle velocità del sottosuolo, è chiamato *normal-moveout*. Con un opportuno time shift, chiamato correzione di normal-moveout, è possibile sommare le due tracce (da S1 a R2 e da S2 a R1), migliorando notevolmente l'energia riflessa e annullando il rumore spuro. Questo metodo è chiamato *common depth point* (CDP). Se tutte le posizioni dei ricevitori vengono utilizzate come shot, la molteplicità dei dati, riflessi su un punto del sottosuolo, è pari alla metà del numero di canali di registrazione. Pertanto, un sismografo a 24 canali registrerà i dati 12 volte se gli shots corrispondono ad ogni ricevitore. Pertanto, ogni punto del sottosuolo avrà 12 tracce separate e successivamente unite tra loro, dopo un adeguato spostamento del tempo, per rappresentare quel determinato punto con un dettaglio maggiore.

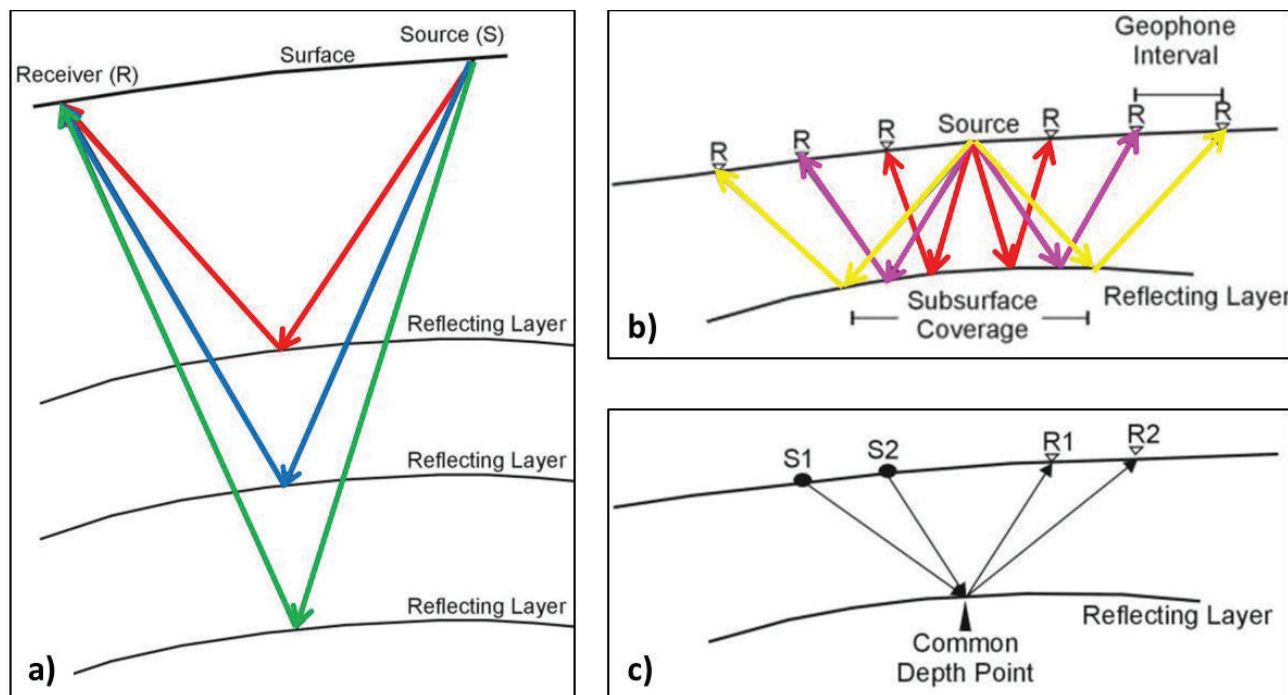


Figura 14 - Fisica del processo di riflessione; a) schema del metodo di sismica a riflessione; b) registrazione multicanale per la sismica a riflessione; c) schema del "common depth point".

Nel dettaglio, la prospezione sismica, che è basata sul modello di convoluzione che approssima la Terra ad un sistema lineare, consiste nel generare impulsi di breve durata e ampiezza limitata utilizzando fonti appropriate; i segnali riflessi vengono successivamente raccolti e registrati da opportuni sensori organizzati secondo specifiche configurazioni spaziali. L'insieme di tutti i segnali e i rumori registrati dal sensore nel tempo, formano una traccia sismica; le tracce sismiche, registrate simultaneamente in risposta a una singola energizzazione (shot), formano una registrazione sismica chiamata "shot gather". Un gruppo di shots, lungo una direzione specifica, costituisce un profilo sismico. Le onde, generate dalla sorgente, si diffondono in tutte le direzioni e l'energia viene registrata da geofoni o accelerometri, posizionati sulla superficie o in foro. I tempi e le ampiezze delle riflessioni sono usati per inferire le geometrie del sottosuolo del sottosuolo (Figura 15). Dall'interazione tra il segnale sismico, generato dalla sorgente, e il terreno si ottengono i dati sismici, costituiti da un insieme di tracce che

rappresentano la misura del movimento delle particelle sulla superficie nel tempo. In una registrazione sismica, solo una piccola percentuale dell'energia presente è rappresentata dal segnale riflesso primario, il resto è considerato "rumore" (costituito da tutti gli arrivi che non sono attribuibili ad una riflessione, come le onde rifratte e di superficie). Uno degli scopi principali dell'elaborazione è quello di "ripulire" la registrazione dal rumore generato dalla sorgente e quindi migliorare le onde riflesse. In una registrazione sismica, è possibile identificare:

- Onde riflesse;
- Onde di superficie;
- Onde dirette e rifratte;
- Onda d'aria;
- Onde multiple e riverberi;
- Noise ambientale.

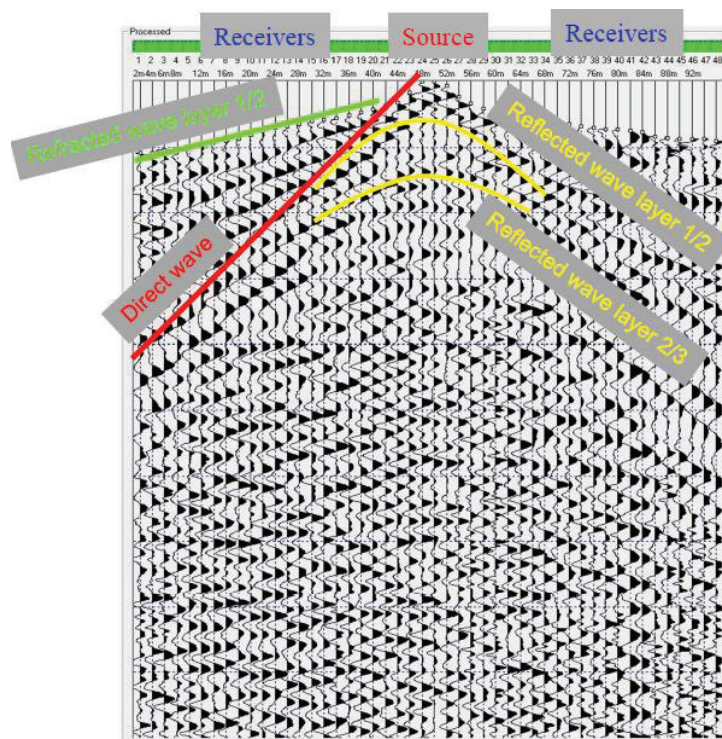


Figura 15 - Esempio di onde che possono essere identificate in una registrazione sismica.



Come ogni metodo geofisico, la riflessione sismica è sensibile solo a una proprietà fisica della roccia. Questa proprietà è l'impedenza acustica:  $I = \rho \cdot V$  (densità x velocità). L'ampiezza della riflessione sismica è proporzionale al contrasto di impedenza correlato al contatto tra due strati. L'energia sismica irradiata dalla sorgente è composta da onde di volume (compressive - P e di taglio - S) e superficiali. Quando il fronte d'onda compressivo colpisce una superficie di separazione tra due mezzi caratterizzati da proprietà fisiche diverse, una parte dell'energia incidente viene riflessa e un'altra parte viene trasmessa. Le leggi che regolano questi fenomeni sono state formulate da Knott e Zoeppritz e mettono in relazione l'ampiezza e l'angolo di incidenza per ciascuna delle onde P e S riflesse e trasmesse in corpi geologici caratterizzati da diversi valori di velocità e densità. La riflessione sismica studia gli echi delle onde a basso angolo di incidenza ( $10^\circ$ - $20^\circ$ ). In questo caso, le equazioni di Zoeppritz possono essere ridotte a una forma semplificata che porta alla definizione dei coefficienti di riflessione e trasmissione per incidenza normale. Definita  $A_0$  l'ampiezza dell'onda incidente,  $A_1$  quella dell'onda riflessa e  $A_2$  quella dell'onda trasmessa, i coefficienti di riflessione  $r$  e la trasmissione  $t$  sono dati dalle espressioni:

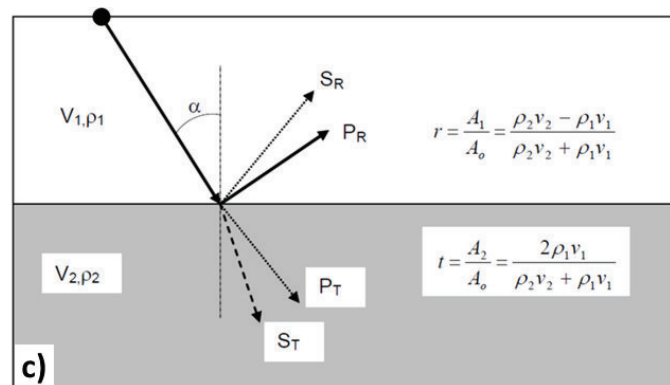


Figura 16 - schema e formule per il calcolo dei coefficienti di riflessione  $r$  e la trasmissione  $t$

### 5.3. Schema di acquisizione

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati utilizzando:

- 72 canali d'acquisizione (geofoni) passo 5 m per la RIFL1, RIFL3.
- 120 canali d'acquisizione passo 5 m per la RIFL4 in modalità roll-along;

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Indagini Geofisiche	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE0000 001	REV. A	FOGLIO 34 di XX

- 84 canali d'acquisizione passo 5 m per la RIFL5 e RIFL6 in modalità roll-along.

Tutti gli stendimenti sono caratterizzati da:

- tempo di acquisizione: 1 s;
- intervallo di campionamento 0.125  $\mu$ s.

La strumentazione utilizzata per questo tipo di indagine è la stessa utilizzata per la sismica a rifrazione.

#### 5.4. Processing dei dati

Gli obiettivi del processing sono l'aumento del segnale rispetto al rumore e il miglioramento delle risoluzioni sia verticali che orizzontali. L'elaborazione, in generale, è composta da tre fasi: pre-elaborazione, analisi della velocità ed elaborazione post-stack. Le operazioni fondamentali sui dati sismici sono, in ordine di applicazione:

- **Deconvoluzione:** è un processo di compressione del segnale registrato che agisce lungo l'asse dei tempi. Mira a rimuovere gli effetti dell'attenuazione di alcune frequenze causati dal suolo il quale provoca una distorsione della stessa onda nel tempo con la conseguente perdita delle alte frequenze e, quindi, di risoluzione verticale. La wavelet corrisponde alla forma d'onda sorgente modificata dai vari effetti del terreno e del sistema di registrazione. Pertanto, la registrazione sismica è il risultato della convoluzione della funzione sorgente con i filtri relativi al mezzo di propagazione.
- **Analisi della Velocità e Stacking:** l'analisi della velocità permette, attraverso la correzione di *normal moveout* (NMO, che elimina l'effetto dell'aumento del tempo di percorso dovuto all'incremento della distanza sorgente-ricevitore), di mettere in fase tutte le onde riflesse, al fine di sommare le tracce lungo l'asse di offset (stacking). Il processo di stacking è una procedura molto efficace per migliorare il rapporto segnale - rumore. La sezione zero-offset, prodotta dalla somma delle tracce corrette con NMO, è chiamata sezione "stack".
- **Migrazione:** Ha lo scopo di fornire la corretta posizione spaziale dei punti di riflessione e di rimuovere le diffrazioni. La migrazione è un processo che consente di riposizionare le superfici

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  Indagini Geofisiche	COMMESSA  IV01	LOTTO  00	CODIFICA  D 69 IG	DOCUMENTO  GE0000 001	REV.  A	FOGLIO  35 di XX

del riflettore nella loro posizione reale e di aumentare la risoluzione spaziale, creando un'immagine accurata delle strutture del sottosuolo.

## 6. **RISULTATI INDAGINI**

L'interpretazione congiunta delle indagini effettuate ha consentito di ottenere un inquadramento geologico-strutturale dell'area.

In generale, 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. Qualora le indagini presentino delle inversioni di velocità, non è stata specificata alcuna categoria di suolo, così come stabilito dalla normativa vigente NTC2018; le indagini HVSr e le tomografie di sismica a rifrazione, invece, hanno permesso di individuare la profondità del basamento sismico locale. Le indagini di sismica a riflessione hanno permesso di confermare, ove possibile, la presenza di strutture tettoniche mostrate nella cartografia geologica. Al fine di restituire dei risultati più immediati, è stata creata una tabella riassuntiva affiancando i risultati delle MASW e delle HVSr che, in linea di massima, risultano essere sovrapposte o molto vicine.

- I risultati ottenuti, in accordo tra loro, mostrano la presenza di basamento sismico che tende pressoché ad approfondirsi nel settore centrale dell'area indagata. Le indagini MASW hanno restituito mediamente una categoria di suolo tipo **B** talvolta riscontrando la presenza di lenti di materiale meno compatto tale da restituire un'inversione di velocità facendo, pertanto, ricadere il suolo in nessuna categoria, secondo normativa vigente. I risultati delle indagini HVSr, in buon accordo con quelli ottenuti dalle MASW, mostrano un basamento sismico che tende mediamente ad approfondirsi spostandosi nel settore centrale dell'area con profondità che raggiungono i 140 – 190 m circa dal p.c.; le indagini MASW, in tal caso, non intercettano il basamento sismico.

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 001	A	36 di XX

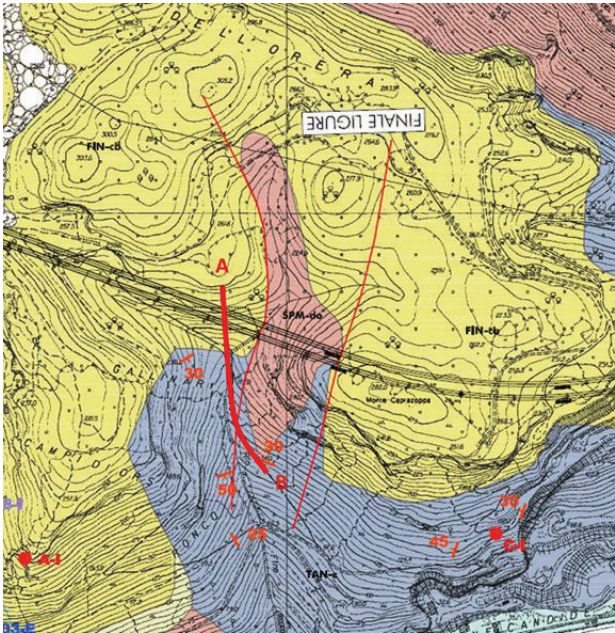
**Indagini Geofisiche**

ID MASW	Vs eq (m)	Basamento sismico (m)	Suolo	ID HVSR	Basamento sismico (m)
Masw 1	395	-	-	HVSR 1	83.00
Masw 2	348	-	C	HVSR 2	-
Masw 3	305	25.00	-	HVSR 3	25.00
Masw 4	446	7.60	B	HVSR 4	9.00
Masw 5	551	11.50	B	HVSR 5	7.00
Masw 6	463	-	B	HVSR 6	112.00
Masw 7	346	7.80	E	HVSR 7	11.00
Masw 8	497	26.90	B	HVSR 8	27.00
Masw 9	440	21.40	B	HVSR 9	16.00
Masw 10	330	25.50	-	HVSR 10	19.00
Masw 11	404	-	-	HVSR 11	-
Masw 12	478	-	B	HVSR 12	-
Masw 13	474	-	B	HVSR 13	68.50
Masw 14	573	-	B	HVSR 14	69.00
Masw 15	333	-	C	HVSR 15	-
Masw 16	512	-	B	HVSR 16	142.50
Masw 17	427	-	B	HVSR 17	101.00
Masw 18	478	-	-	HVSR 18	194.00
Masw 19	342	9.20	E	HVSR 19	12.00
Masw 20	581	10.60	-	HVSR 20	12.30
Masw 21	605	27.60	B	HVSR 21	19.00
Masw 22	412	-	B	HVSR 22	47.80
Masw 23	398	-	B	HVSR 23	49.80
Masw 24	274	13.50	E	HVSR 24	11.80
Masw 25	411	-	B	HVSR 25	87.50
				HVSR 26	76.50

Tabella 6 – Riepilogo dei risultati ottenuti con le indagini MASW e HVSR.

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Indagini Geofisiche	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE0000 001	REV. A	FOGLIO 37 di XX

- Le indagini di sismica a rifrazione SRT1 e SRT2 sono ubicate a circa 100 m dalla MASW4. Esse mostrano velocità crescenti con la profondità identificando il basamento sismico a circa 5 m dal p.c.; il sondaggio geognostico CA1, distante 65 – 100 m da SRT1 e SRT2, rispettivamente, mostra la presenza a tale profondità di argilla limosa con ghiaia, probabilmente caratterizzata da un alto grado di compattazione. Nonostante le indagini di sismica a rifrazione intercettino il basamento sismico, entrambe mostrano la presenza di lenti di materiale caratterizzato da velocità in onda P e in onda Sh inferiori rispetto alla velocità sismica circostante, suggerendo la presenza di lenti di materiale meno compatto e/o più areato.
  
- Le indagini di sismica a riflessione sono state eseguite con lo scopo di verificare la presenza delle strutture tettoniche profonde. Con una linea rossa è contrassegnato il primo orizzonte superficiale, con una linea verde il secondo orizzonte e con la linea gialla sono contrassegnate le faglie individuate. Con le linee tratteggiate sono distinte le strutture incerte.
  - La RIFL1, nel settore più settentrionale dell'area indagata, ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di calcari di Finale Ligure (FIN), calcari di Val Tanarello (TAN) e dolomie di San Pietro dei Monti (SPM); inoltre la linea sismica intercetta, nel settore finale dello stendimento, una presunta struttura tettonica della quale, nella cartografia a disposizione, non è indicata tipologia e immersione. La sezione elaborata mostra un orizzonte dislocato (linee rosse), che risulta essere più superficiale nel settore nord, ossia verso il lato collinare. Nel settore centrale della linea sismica, la riflessione sembra essere più debole, in corrispondenza della quale vengono evidenziate delle possibili faglie (linee gialle tratteggiate). Inoltre, in corrispondenza del metro 275 da inizio stendimento sismico, si distingue la presenza di una possibile faglia con immersione verso valle, la quale potrebbe corrispondere alla faglia incerta segnata sulla cartografia geologica fornita dalla committenza.



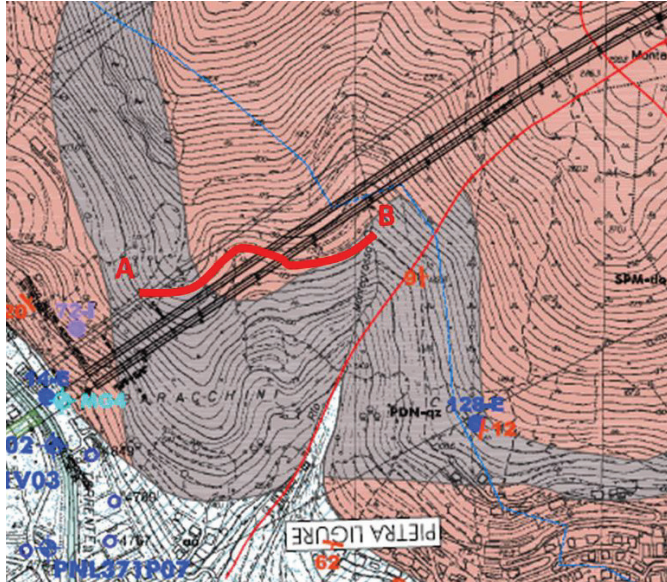
**Calcari di Finale Ligure (FIN):** calcari vacuolari con intercalazioni di arenarie in strati e lenti

**Calcari di Val Tanarello (TAN):** calcari di forma ben stratificati, passanti a marmi risati alla sommità della formazione.

**Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM):** dolomie, dolomie calcaree, calcari dolomitici e calcareniti. Il litotipo più frequente è costituito da alternanze di calcari dolomitici disposti secondo strati di potenza da decimetrica a pluridecimetrica.

*Figura 17 – inquadramento geologico della RIFL1, scala 1:5000*

- La RIFL3, è ubicata in un'area caratterizzata dalla presenza di dolomie di San Pietro dei Monti, in superficie, seguite da quartizi di Ponte di Nava. A sud dell'area mostrata in figura 10, sembra essere presente una faglia incerta con direzione NE-SO. Un forte segnale di riflessione è presente nel settore orientale della linea sismica, dal metro 125 al metro 305 circa, indicato con una linea rossa, mentre i riflessi più deboli si trovano nel settore occidentale. Si nota, più in profondità, uno orizzonte secondario indicato con delle linee verdi. Tali orizzonti sono interrotti da quelle che sembrano essere delle faglie con inclinazione verso est e indicate con delle linee gialle; molto evidente risulta la faglia segnalata con una linea gialla continua al metro 125 dal punto iniziale della linea sismica.

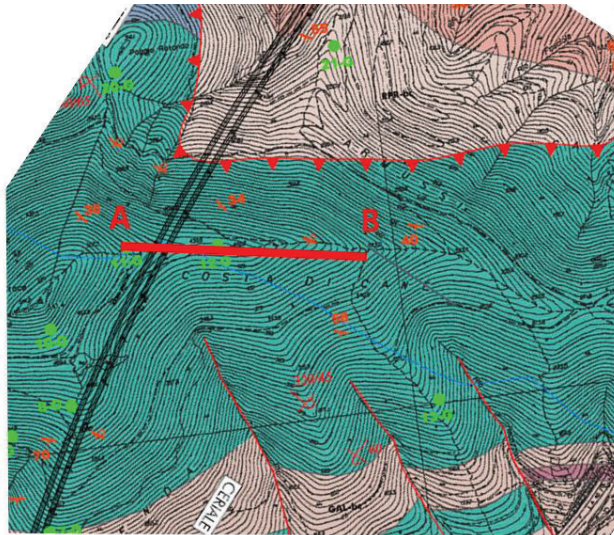


**Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM):** dolomie, dolomie calcaree, calcari dolomitici e calcareniti. Il litotipo più frequente è costituito da alternanze di calcari dolomitici disposti secondo strati di potenza da decimetrica a pluridecimetrica.

**Quarziti di Ponte di Nava (PDN):** arenarie quarzose a granulometria da media a fine di colore grigio in bancate di potenza decimetrica

*Figura 18 – inquadramento geologico della RIFL3, scala 1:5000*

- La RIFL4 cade in un'area caratterizzata dalla presenza dei calcari di Rocca Livernà portati alla luce dal sovrascorrimento indicato nella cartografia geologica. Le indagini sismiche mostrano una riflessione maggiore nel settore ovest dell'area, sia per l'orizzonte più superficiale che quello più profondo; nel settore orientale, invece, si hanno le riflessioni più deboli. Inoltre, nel settore centrale della linea sismica al metro 270 circa, si evidenzia la presenza di una faglia con inclinazione verso est e non riportata in cartografia; nel settore più orientale dell'area, si indica, con una linea gialla tratteggiata, una possibile faglia incerta.



**Brecce di Monte Galero (GAL):** brecce monogeniche e poligeniche a ciottoli e massi; scisti argilloso – marnosi con intercalazioni di brecce poligeniche.

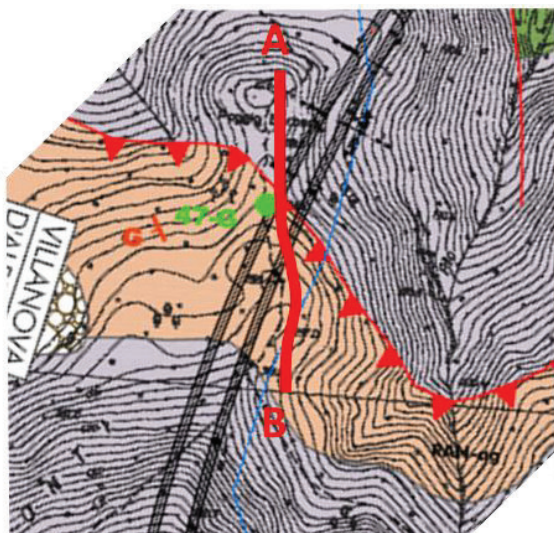
**Calcari di Rocca Livernà (LIV):** calcari grigi in strati evidenti, con frequenti e potenti lenti e bande di selce chiara.

 Sovrascorrimento

*Figura 19 – inquadramento geologico della RIFL4, scala 1:5000*

- La RIFL5 ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di argilliti e marnoscisti e dalla formazione QMB caratterizzata da livelli alternati di quarziti e argilliti. A circa metà della linea sismica, sembra essere presente un sovrascorrimento come indicato dalla cartografia 1:5000. Lungo tutta la linea sismica è visibile una superficie caratterizzata da una riflessione medio alta e indicata con una linea rossa; nel settore centrale della linea sismica, tale superficie si approfondisce e la riflessione diventa meno marcata. Inoltre, sembrano essere presenti strati, probabilmente faglie, con direzione nord-sud che vanno ad intersecare la superficie sopra descritta.



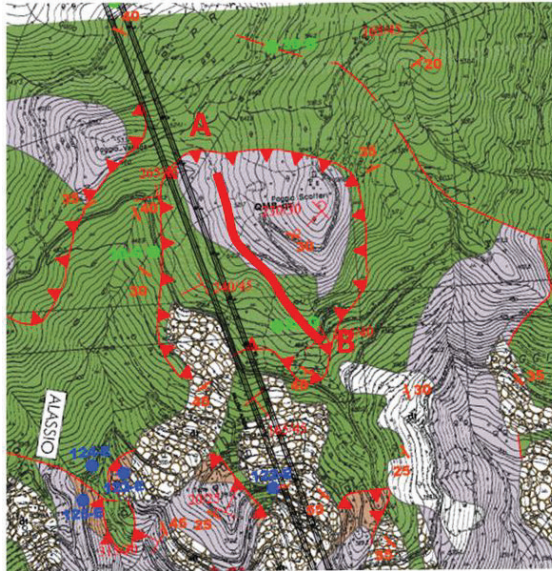


**Peliti di Ranzo (RAN):** argilliti e marnoscisti. Le sequenze hanno potenza da pochi centimetri a qualche decimetro.

**Quarziti di Monte Bignone (QMB):** quattro livelli alternati di quarziti ed argilliti rimaneggiati composti da grani quarzosi ben selezionati granulometricamente.

Figura 20 – inquadramento geologico della RIFL5, scala 1:5000

- La RIFL6 è ubicata in un'area caratterizzata dalla presenza di una serie di sovrascorrimenti e da calcari e quarziti. Lungo tutta la linea sismica è evidente un layer caratterizzato da una riflessione molto forte, assimilabile al basamento roccioso e indicato con una linea rossa. Tre faglie, al metro 40, 170 e 310 circa da inizio stendimento, interrompono questa forte riflessione; in particolare la faglia al metro 170 la quale genera una riflessione più forte delle faglie ubicate a inizio e fine della linea sismica. Inoltre, al metro 247 circa, si ipotizza la presenza di una faglia subverticale, indicata in allegato con una linea gialla tratteggiata.



**Calcarei di Ubaga (UBA):** successione torbiditica costituita alla sommità da marne prevalenti, da argillose a calcaree con intercalazioni di strati calcarei arenacei molto duri. Nella porzione inferiore prevalgono alternanze di calcari marnosi e di marne calcaree argillose

**Quarziti di Monte Bignone (QMB):** quattro livelli alternati di quarziti ed argilliti rimaneggiati composti da grani quarzosi ben selezionati granulometricamente.

 Sovrascorrimento

*Figura 21 – inquadramento geologico della RIFL6, scala 1:5000*

## 7. CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche eseguite, si è ottenuto un quadro geologico chiaro dell'area investigata. L'area sembra essere caratterizzata dalla presenza di un basamento a profondità maggiore nel settore centrale dell'area, come confermato dalle indagini HVSR e dalle indagini MASW, le quali, nell'area suddetta, non intercettano il basamento sismico entro i 30 m dal p.c..

Inoltre le indagini MASW e di sismica a rifrazione hanno evidenziato la presenza, talvolta, di lenti di materiale meno compatto e/o più areato come, ad esempio, vicino ai corsi d'acqua confluenti nel mar ligure (vedi ad es. MASW 15 e 16).

Le indagini di sismica a riflessione hanno evidenziato la presenza di una serie di strutture tettoniche, talvolta non riportate nella cartografia in scala 1:5000 fornite dalla committenza; le indagini hanno evidenziato anche una riflessione che corre lungo tutta la lunghezza delle linee fino a raggiungere profondità di 200 m dal p.c..

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Indagini Geofisiche</b></p>	<p>COMMESSA <b>IV01</b></p>	<p>LOTTO <b>00</b></p>	<p>CODIFICA <b>D 69 IG</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>GE0000 001</b></p>	<p>REV. <b>A</b></p>	<p>FOGLIO <b>43 di XX</b></p>

## 8. 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.

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. Mechanism of deformation and acoustic propagation in porous media. *Journal of Applied Physics*, 33, 4, 1482-1498.

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

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.



**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Indagini Geofisiche**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 IG	GE0000 001	A	44 di XX

# ALLEGATI

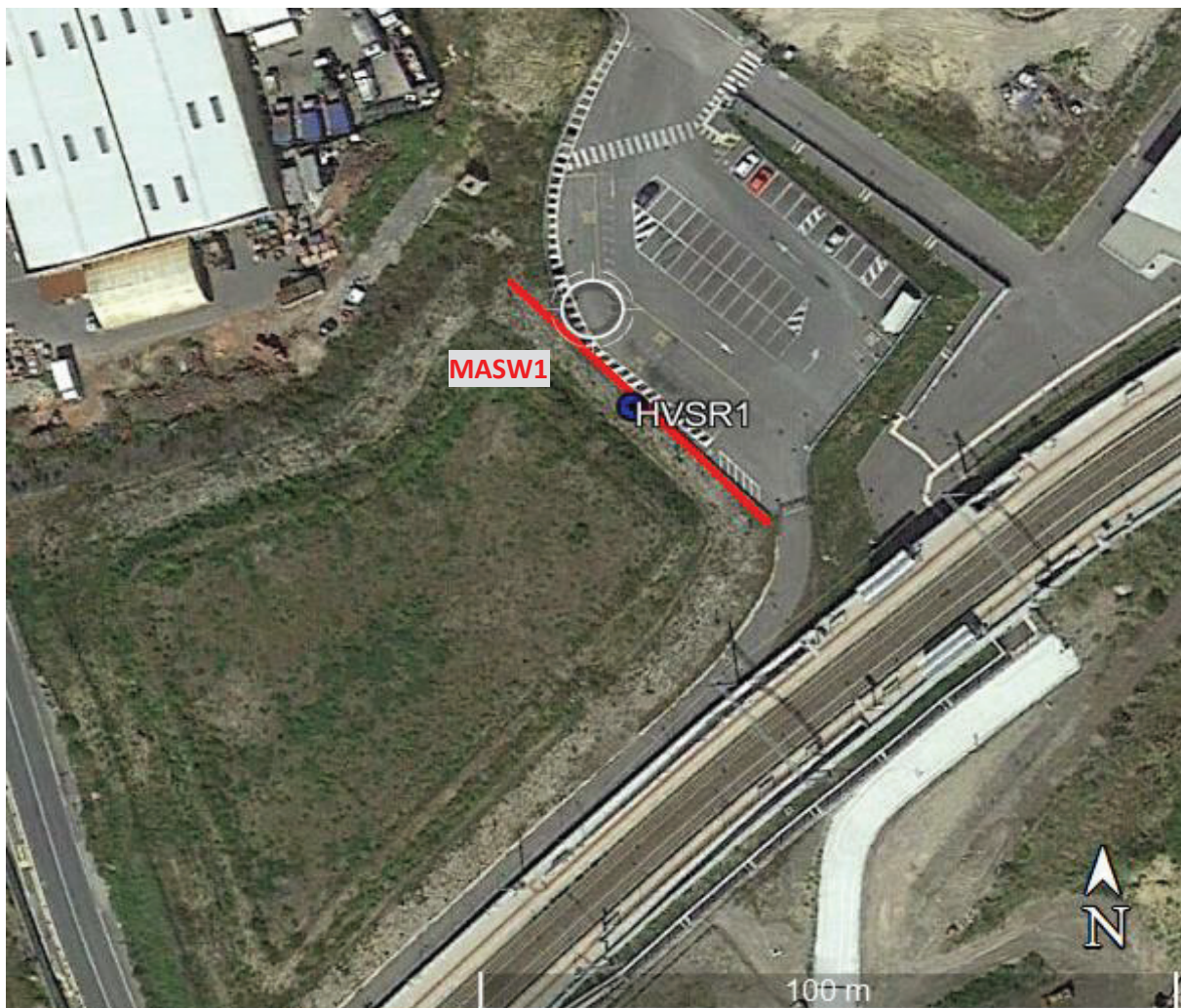


# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Gumbasso (SV)		
NOME TEST	MASW 1		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°57'38.30"N	
	Long.	8° 8'18.41"E	





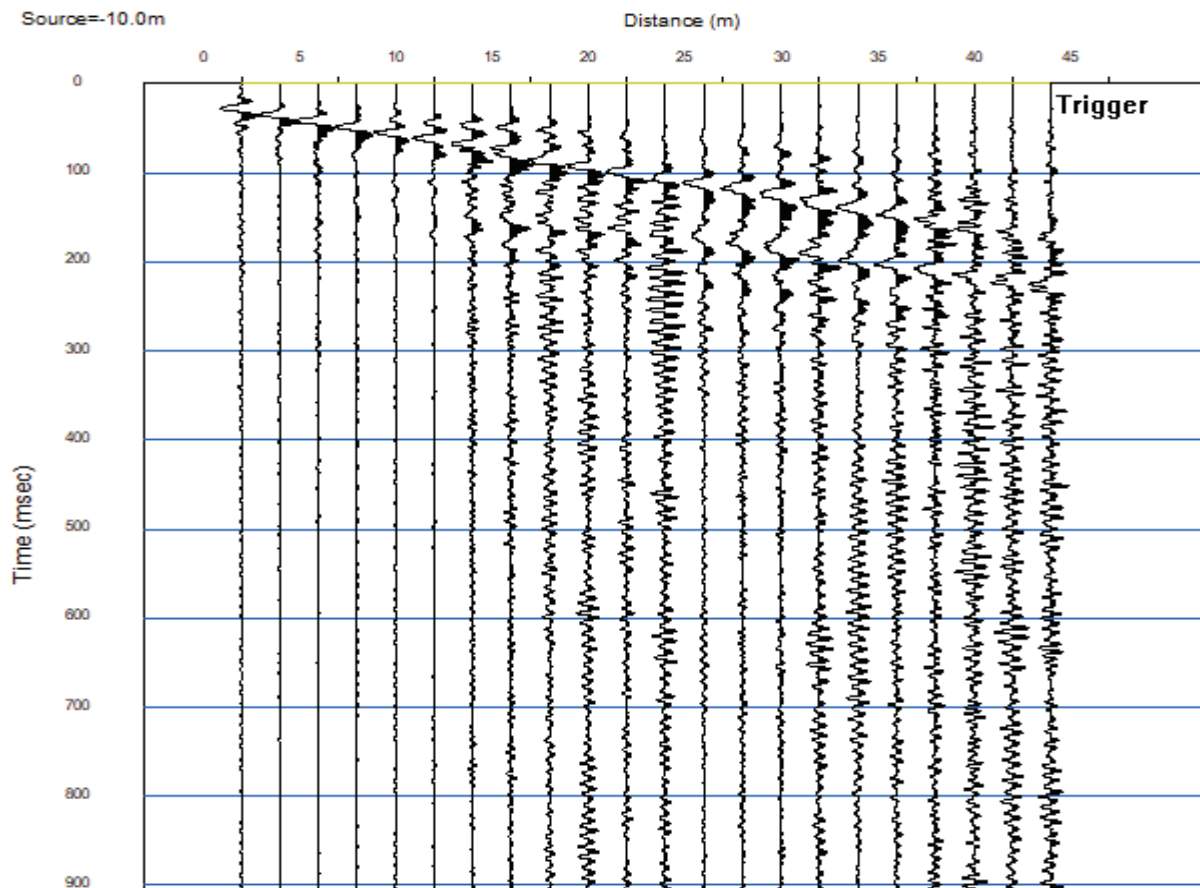
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Gumbasso (SV)		
NOME TEST	MASW 1		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°57'38.30"N	
	Long.	8° 8'18.41"E	

### SISMOGRAMMA





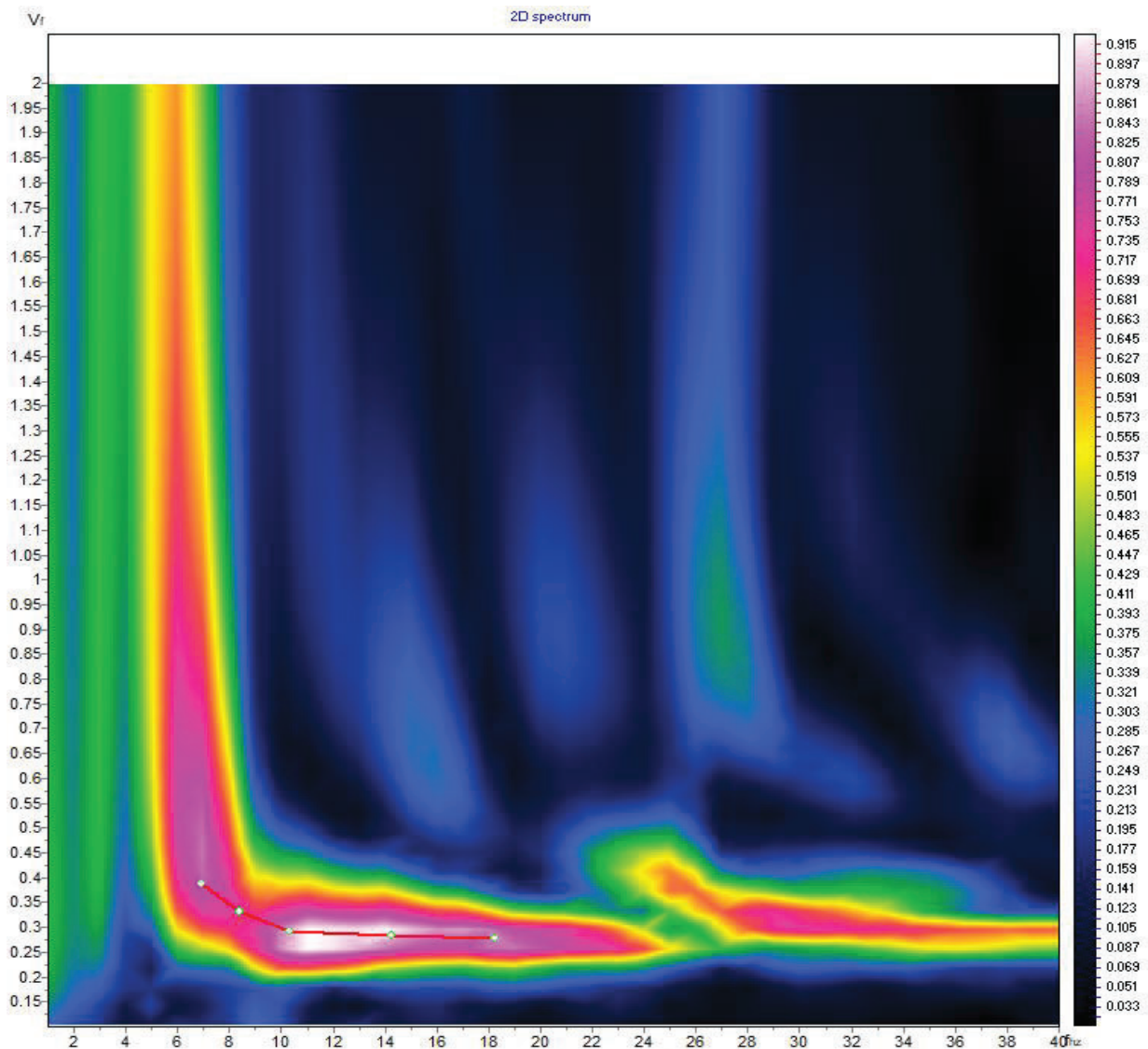
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Gumbasso (SV)		
NOME TEST	MASW 1		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°57'38.30"N	
	Long.	8° 8'18.41"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

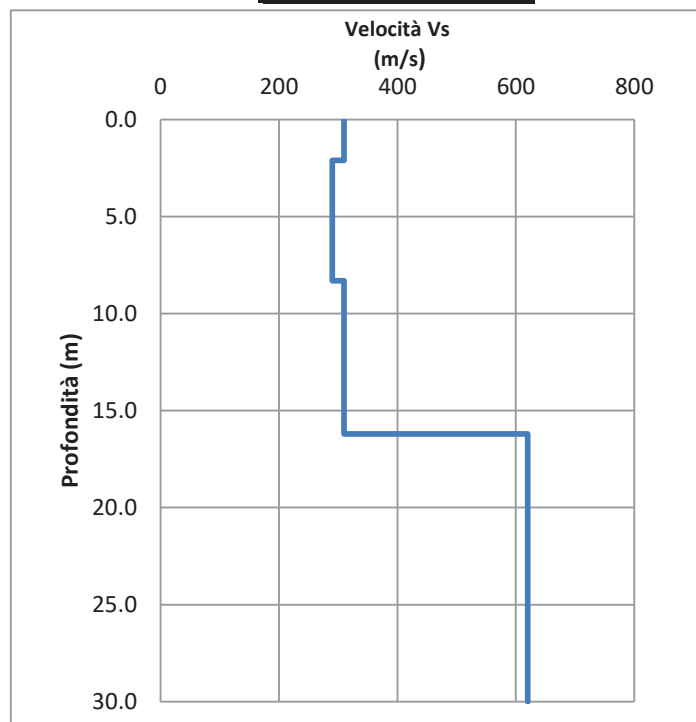
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Gumbasso (SV)		
NOME TEST:	MASW 1		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°57'38.30"N	
	Long.	8° 8'18.41"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.10	2.10	310.00
2	2.10	8.30	6.20	290.00
3	8.30	16.20	7.90	310.00
4	16.20	inf.	inf.	620.00

Vs eq (0 - 30) **395**  
Suolo -







# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Gumbasso (SV)		
NOME TEST	MASW 2		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°57'46.74"N	
	Long.	8° 8'34.69"E	





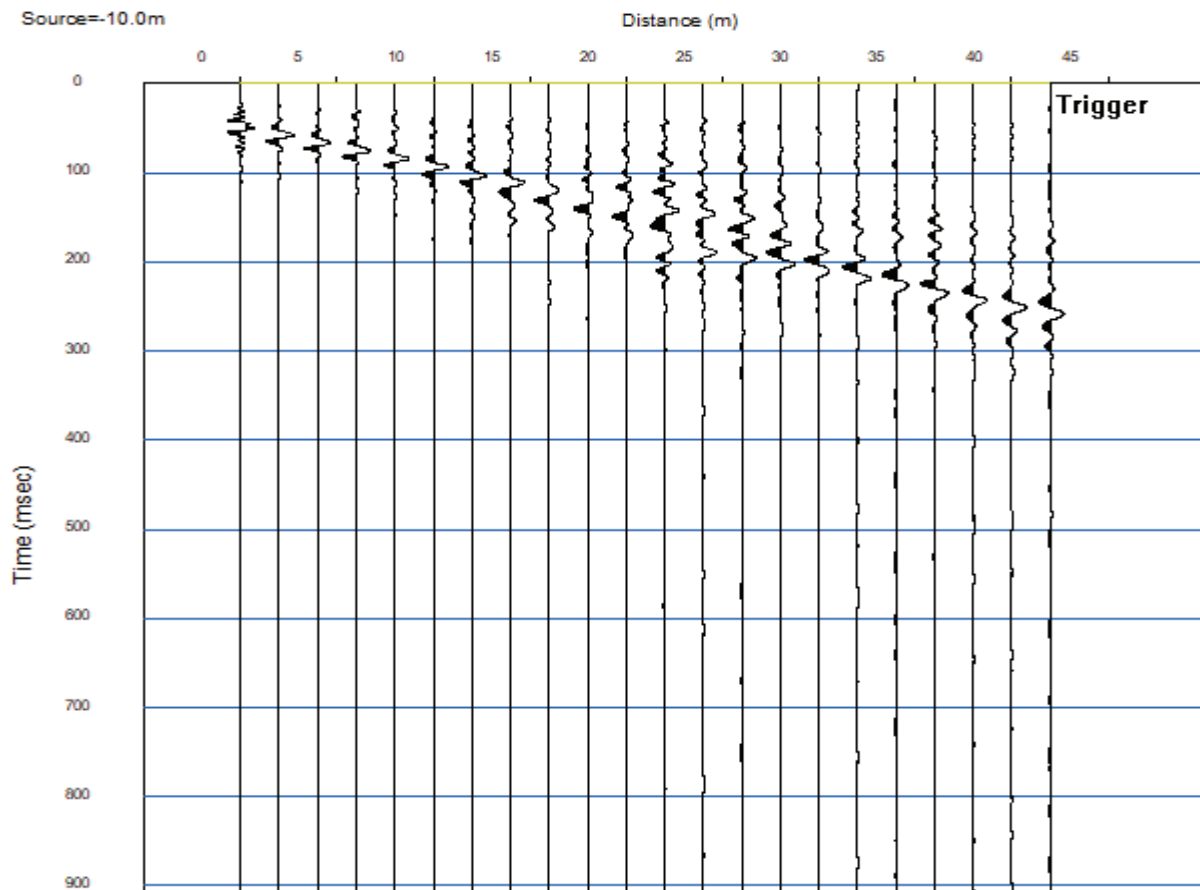
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR	
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora	Tratta
UBICAZIONE:	Gumbasso (SV)	
NOME TEST	MASW 2	
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021	
COORDINATE	Lat.	43°57'46.74"N
	Long.	8° 8'34.69"E

### SISMOGRAMMA





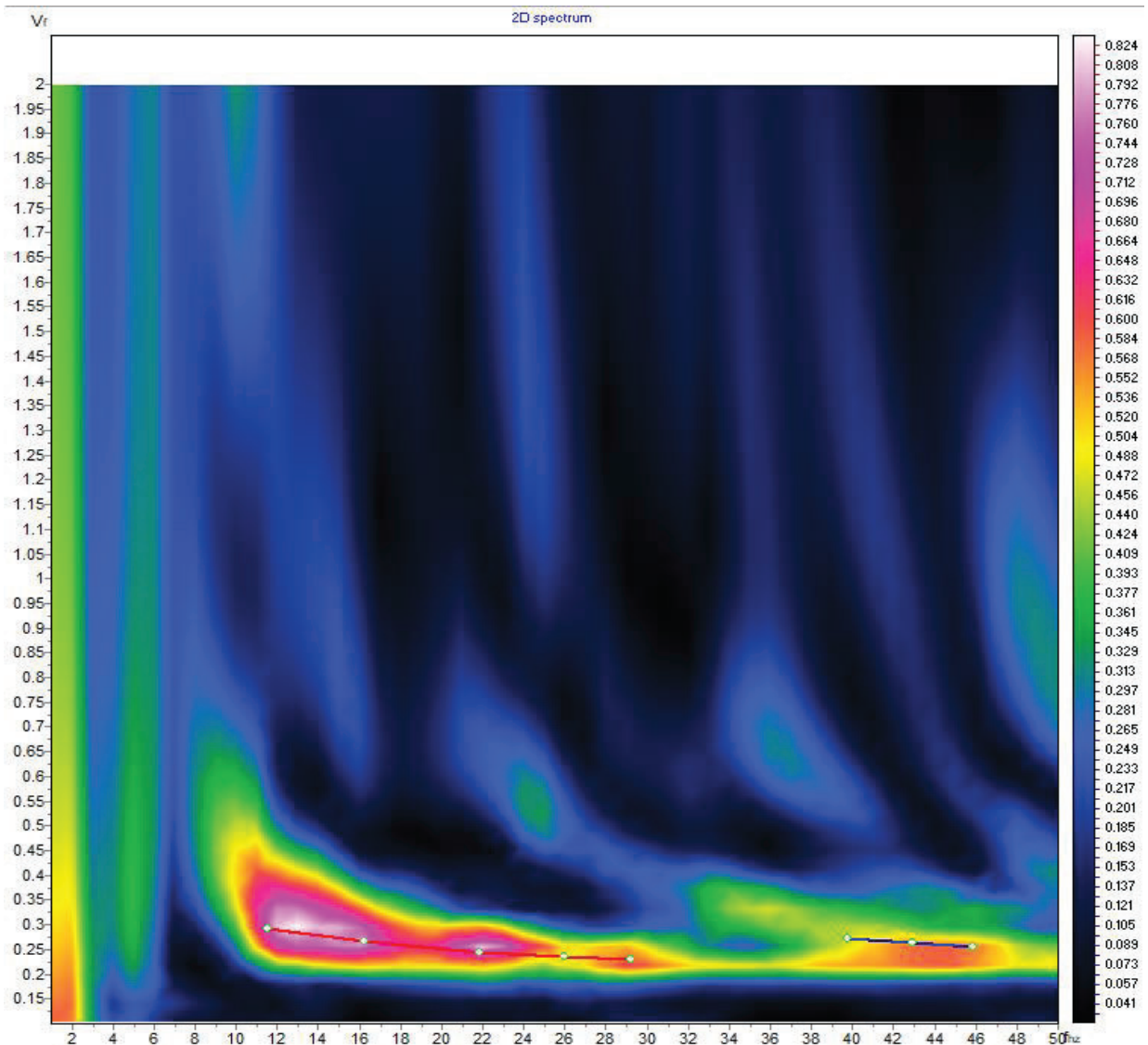
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Gumbasso (SV)		
NOME TEST	MASW 2		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°57'46.74"N	
	Long.	8° 8'34.69"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

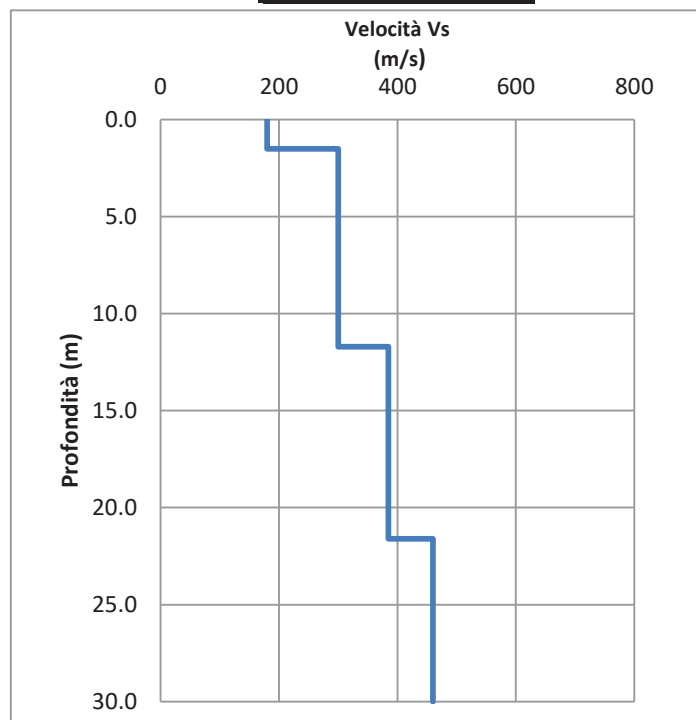
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Gumbasso (SV)		
NOME TEST:	MASW 2		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°57'46.74"N	
	Long.	8° 8'34.69"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	1.50	1.50	180.00
2	1.50	11.70	10.20	300.00
3	11.70	21.60	9.90	385.00
4	21.60	inf.	inf.	460.00

Vs eq (0 - 30) **348**  
Suolo **C**





# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Laigueglia (SV)		
NOME TEST	MASW 3		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°58'56.07"N	
	Long.	8° 9'11.91"E	





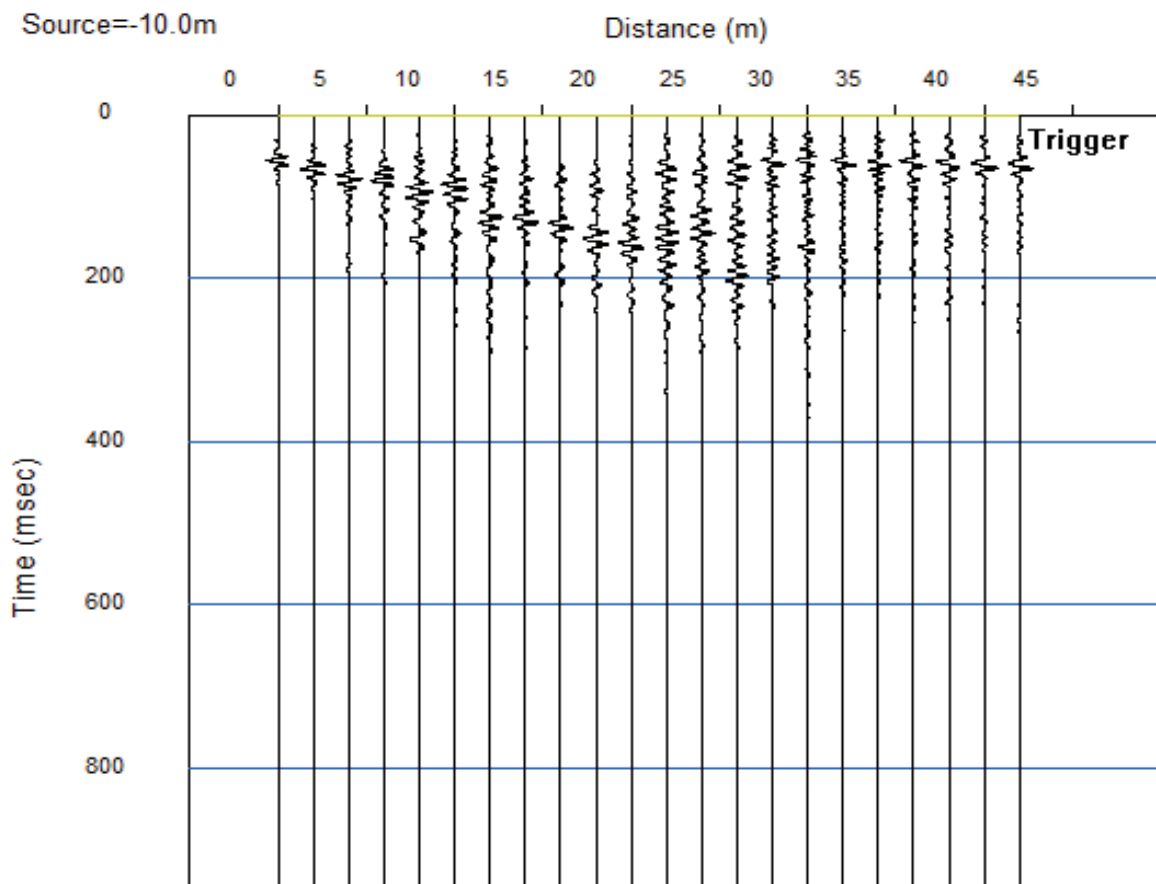
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Laigueglia (SV)		
NOME TEST	MASW 3		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°58'56.07"N	
	Long.	8° 9'11.91"E	

### SISMOGRAMMA





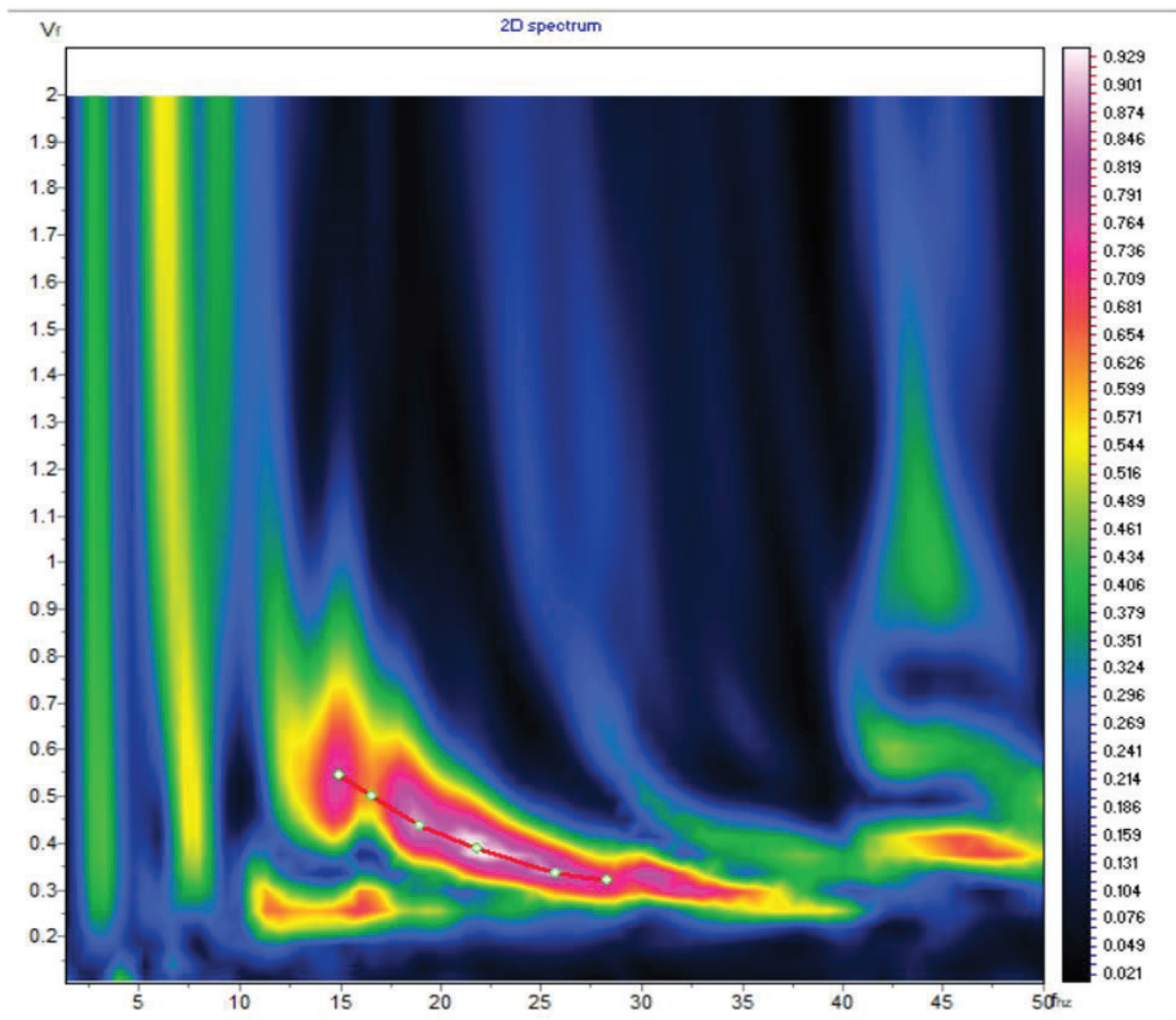
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Laigueglia (SV)		
NOME TEST	MASW 3		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°58'56.07"N	
	Long.	8° 9'11.91"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

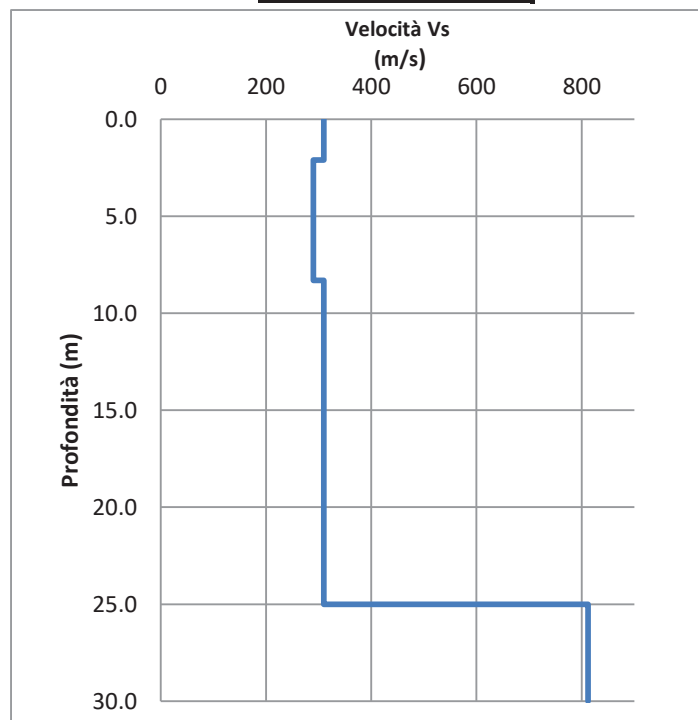
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Laigueglia (SV)		
NOME TEST:	MASW 3		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	43°58'56.07"N	
	Long.	8° 9'11.91"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.10	2.10	310.00
2	2.10	8.30	6.20	290.00
3	8.30	25.00	16.70	310.00
4	25.00	inf.	inf.	812.00

Vs eq (0 - 25) **305**  
Suolo -







# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Alassio (SV)		
NOME TEST	MASW 4		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 0'9.50"N	
	Long.	8° 9'48.45"E	





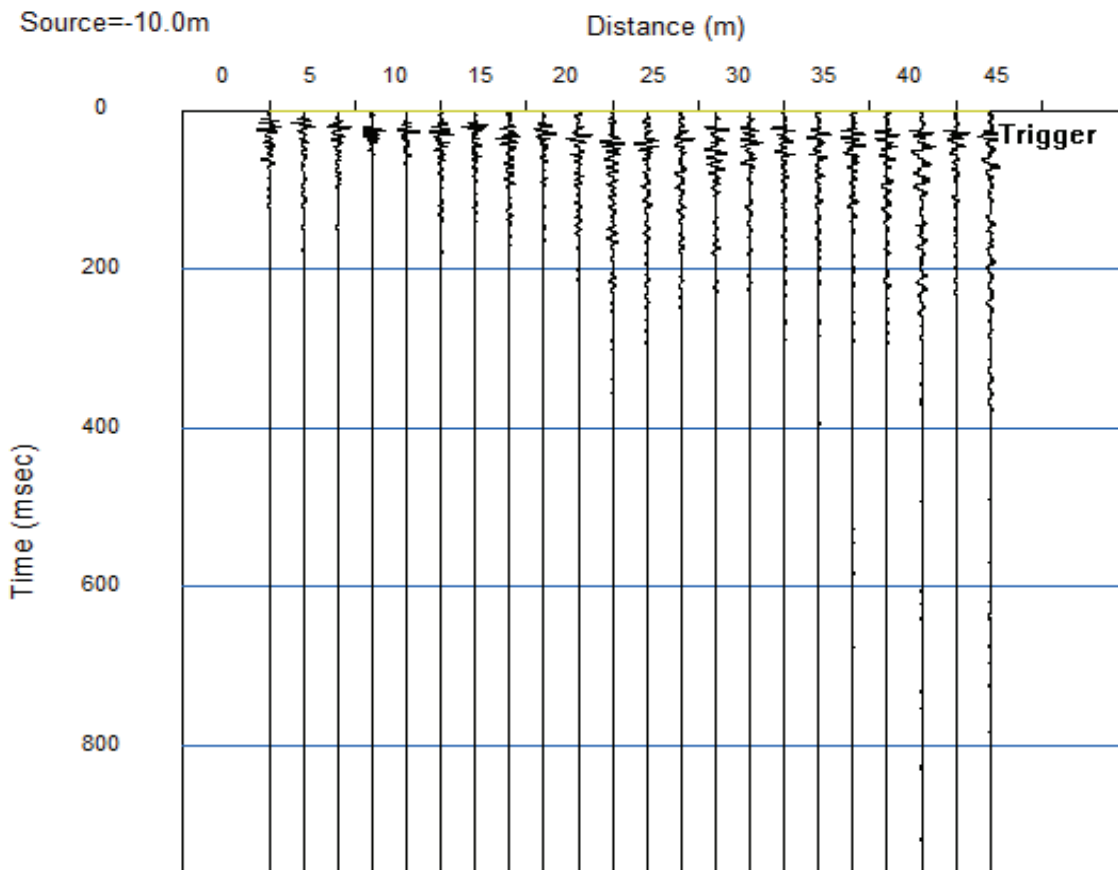
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Alassio (SV)		
NOME TEST	MASW 4		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 0'9.50"N	
	Long.	8° 9'48.45"E	

### SISMOGRAMMA





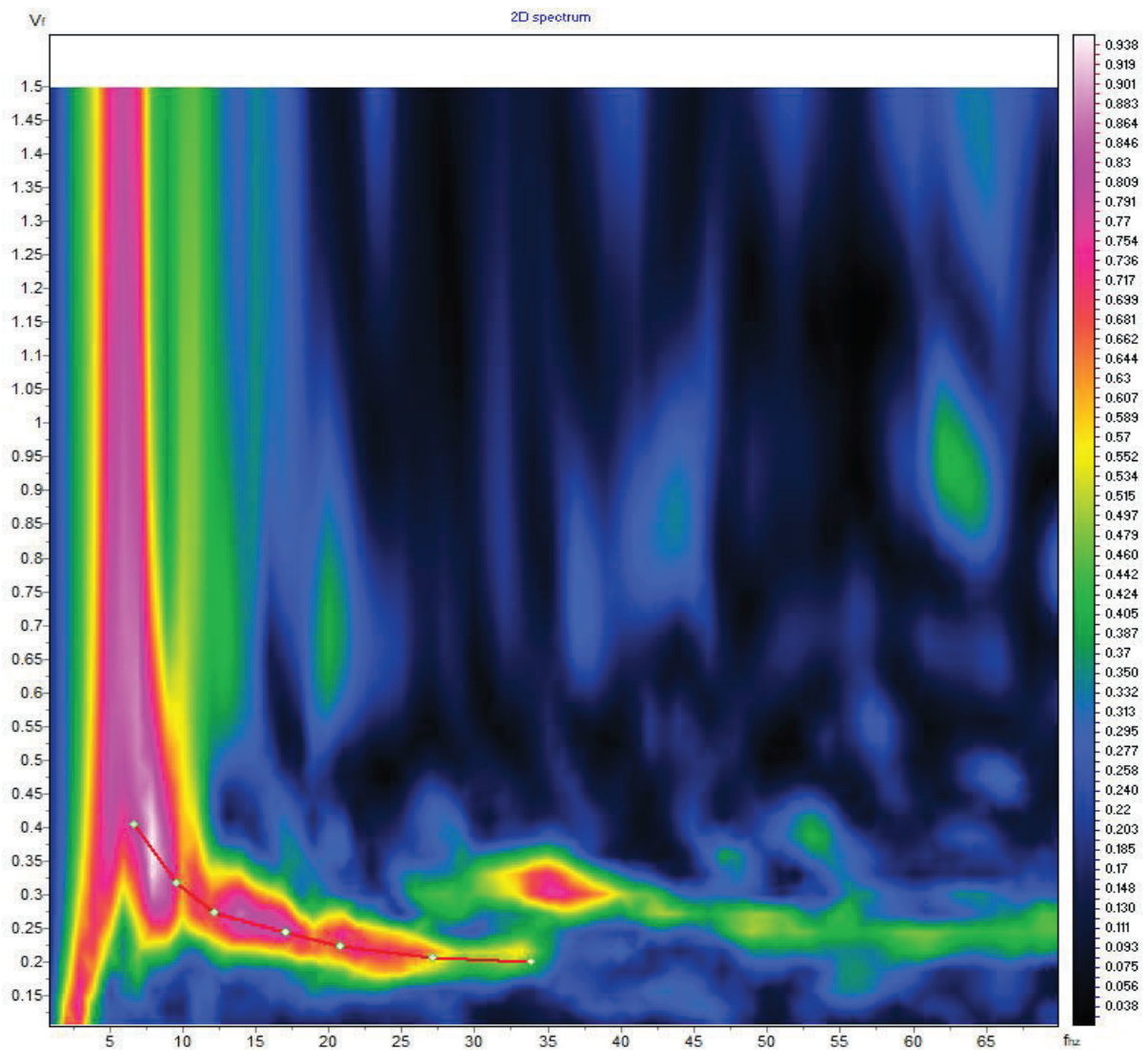
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Alassio (SV)		
NOME TEST	MASW 4		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 0'9.50"N	
	Long.	8° 9'48.45"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

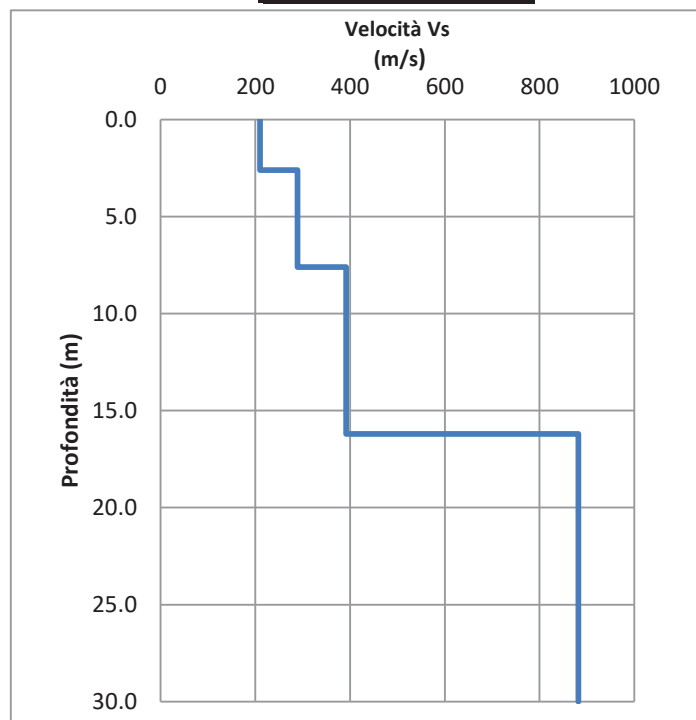
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Alassio (SV)		
NOME TEST:	MASW 4		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 0'9.50"N	
	Long.	8° 9'48.45"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.60	2.60	210.00
2	2.60	7.60	5.00	289.00
3	7.60	16.20	8.60	392.00
4	16.20	inf.	inf.	882.00

Vs eq (0 - 30) **446**  
Suolo **B**





# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Alassio (SV)		
NOME TEST	MASW 5		
DATA DI ESECUZIONE	29/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 0'9.50"N	
	Long.	8° 9'48.45"E	





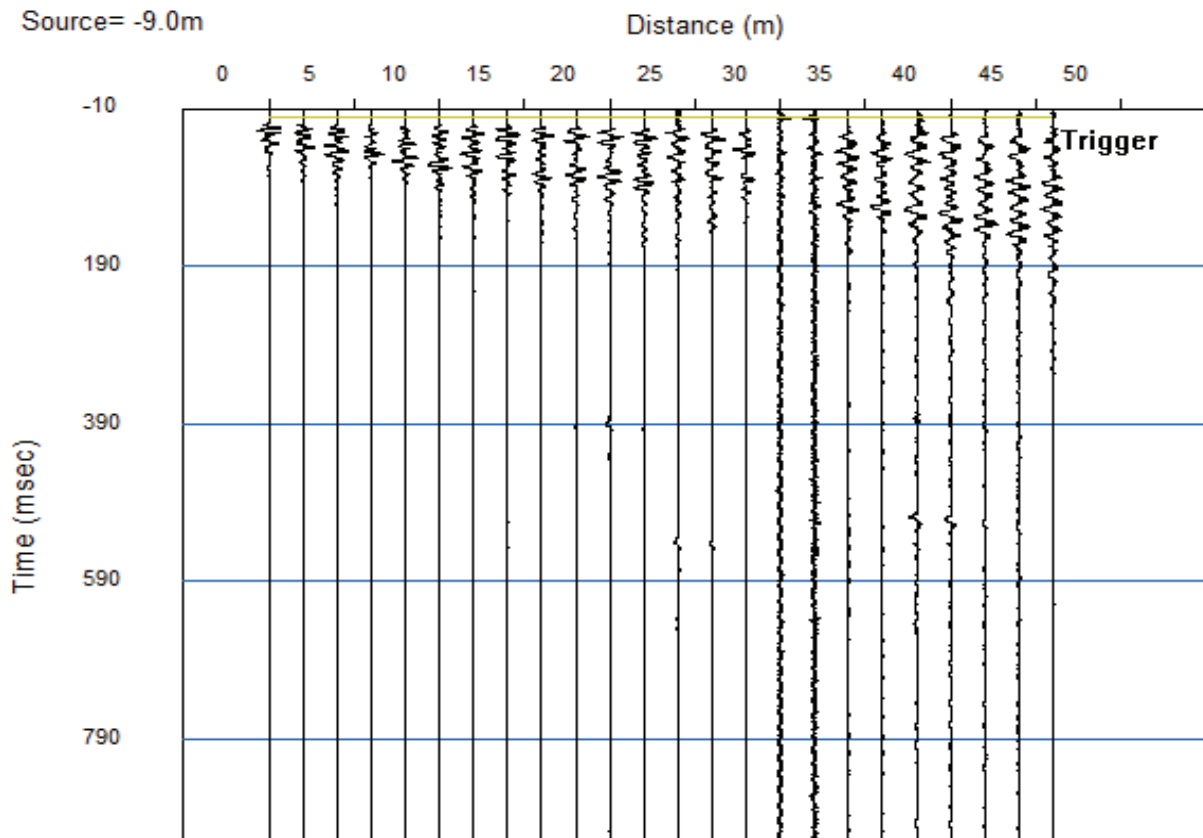
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Alassio (SV)		
NOME TEST	MASW 5		
DATA DI ESECUZIONE	29/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 0'9.50"N	
	Long.	8° 9'48.45"E	

### SISMOGRAMMA





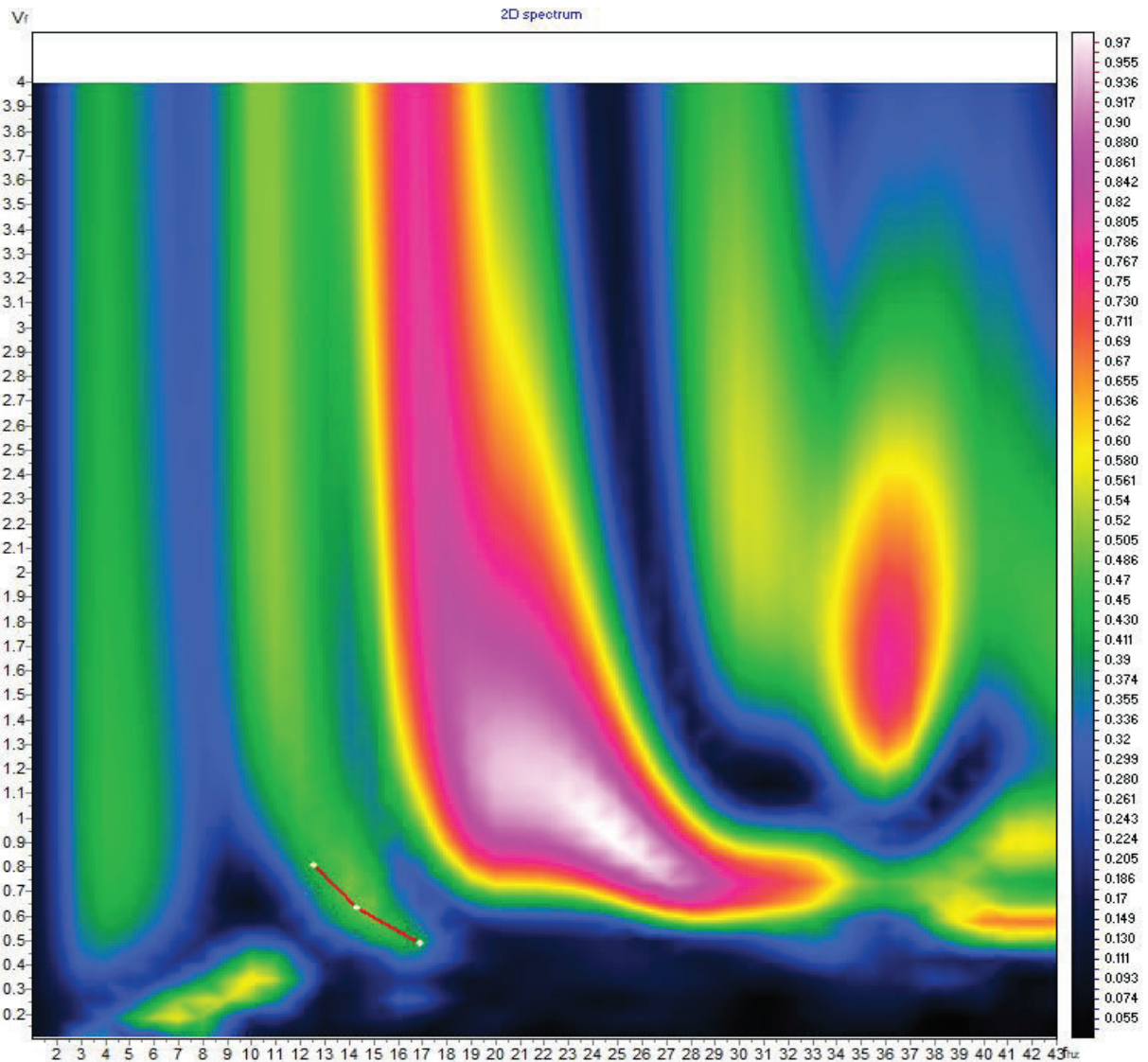
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Alassio (SV)		
NOME TEST	MASW 5		
DATA DI ESECUZIONE	29/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 0'9.50"N	
	Long.	8° 9'48.45"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

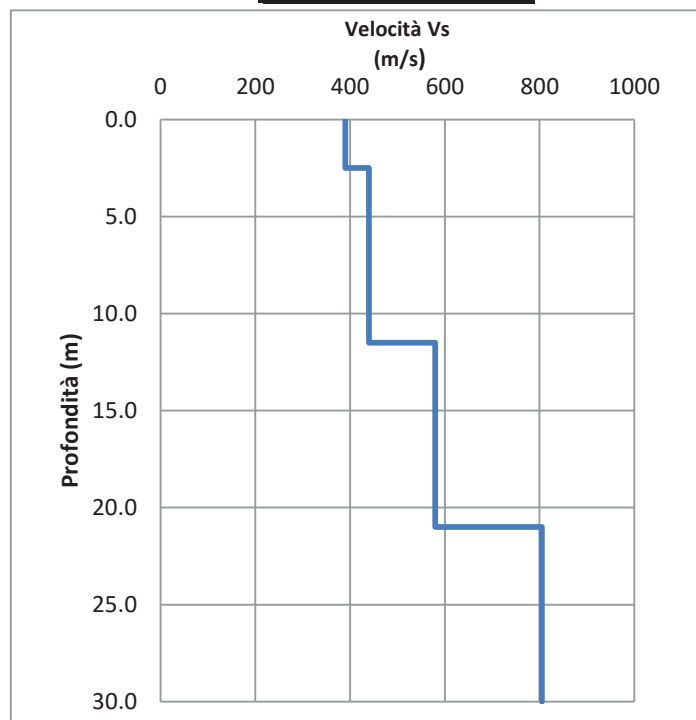
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Alassio (SV)		
NOME TEST:	MASW 5		
DATA DI ESECUZIONE	29/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 0'9.50"N	
	Long.	8° 9'48.45"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	390.00
2	2.50	11.50	9.00	440.00
3	11.50	21.00	9.50	580.00
4	21.00	inf.	inf.	805.00

Vs eq (0 - 30) **551**  
Suolo **B**







# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Alassio (SV)		
NOME TEST	MASW 6		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 2'55.22"N	
	Long.	8° 9'38.75"E	





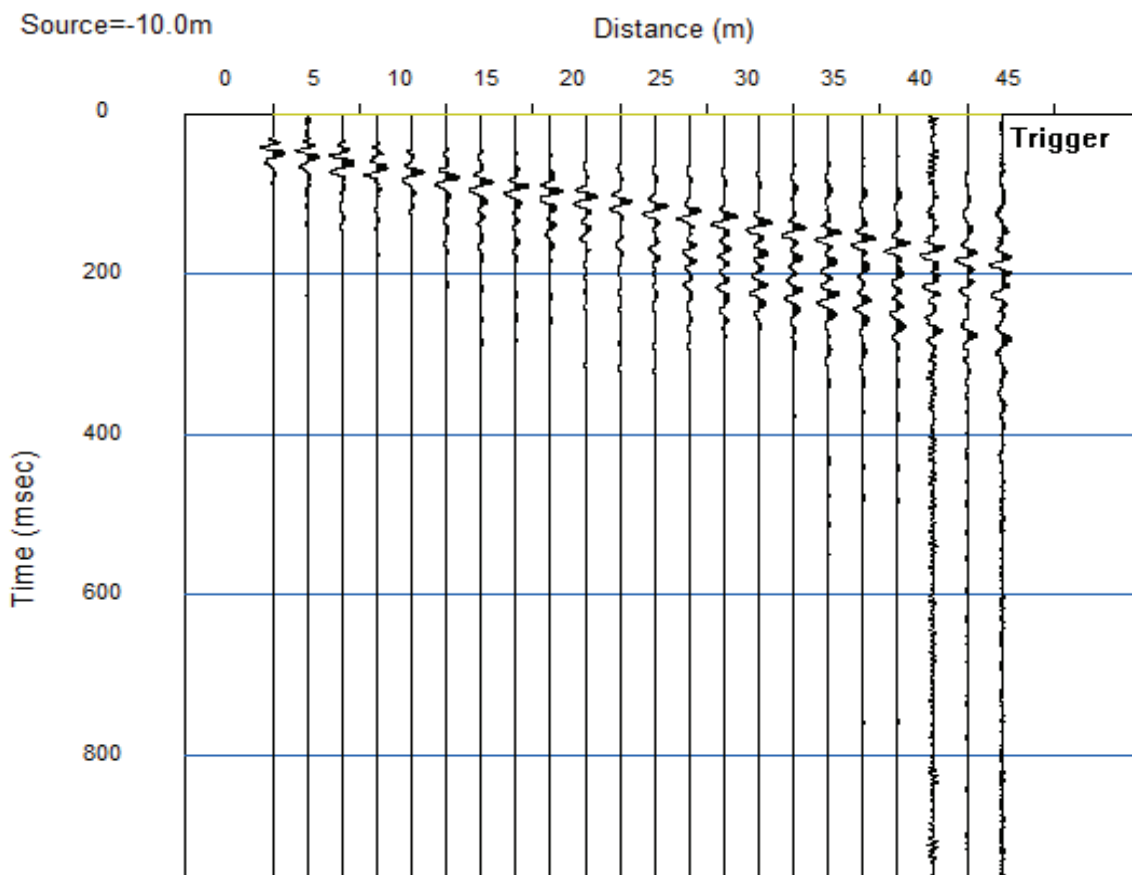
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Alassio (SV)		
NOME TEST	MASW 6		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 2'55.22"N	
	Long.	8° 9'38.75"E	

### SISMOGRAMMA





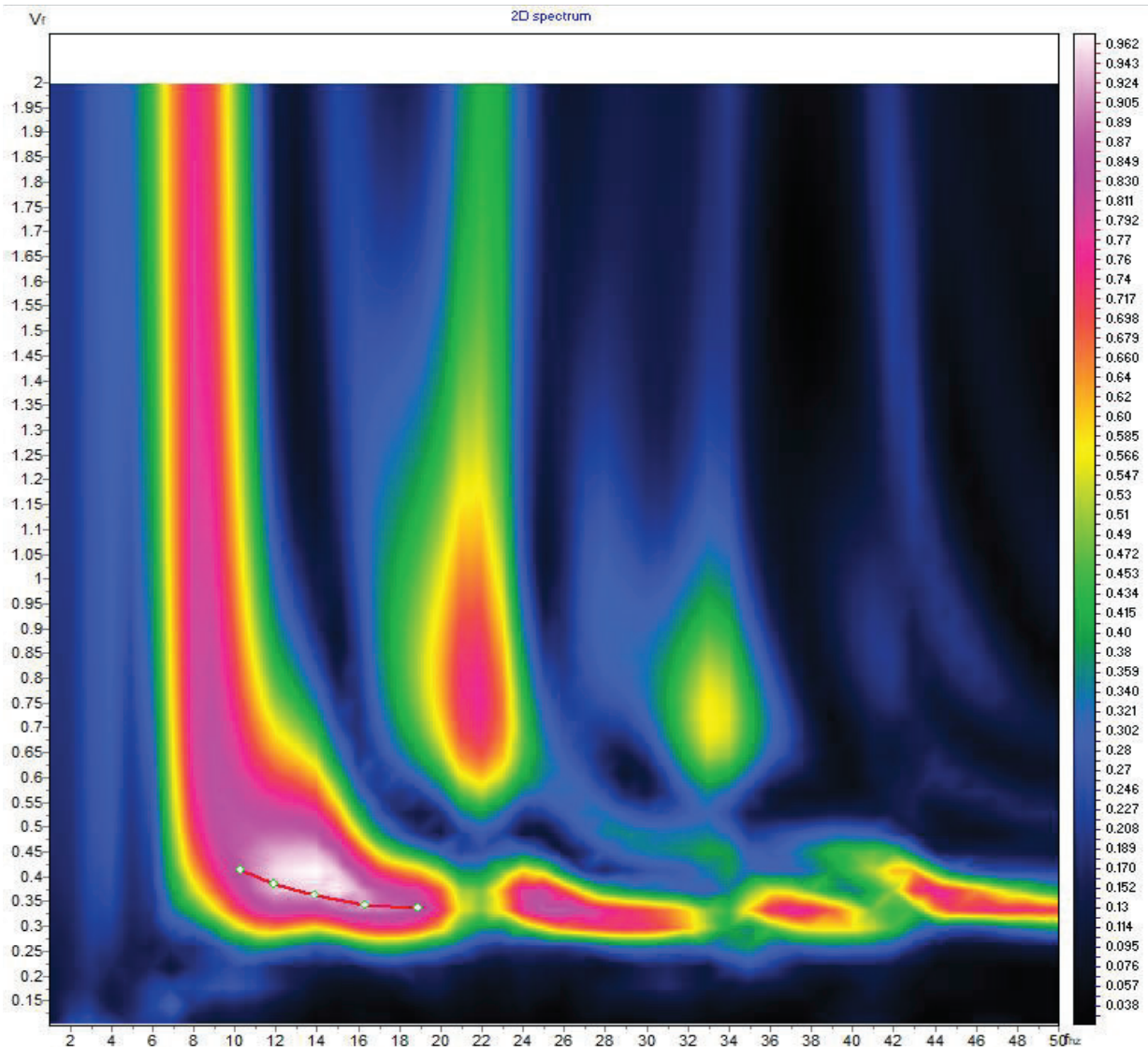
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Alassio (SV)		
NOME TEST	MASW 6		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 2'55.22"N	
	Long.	8° 9'38.75"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

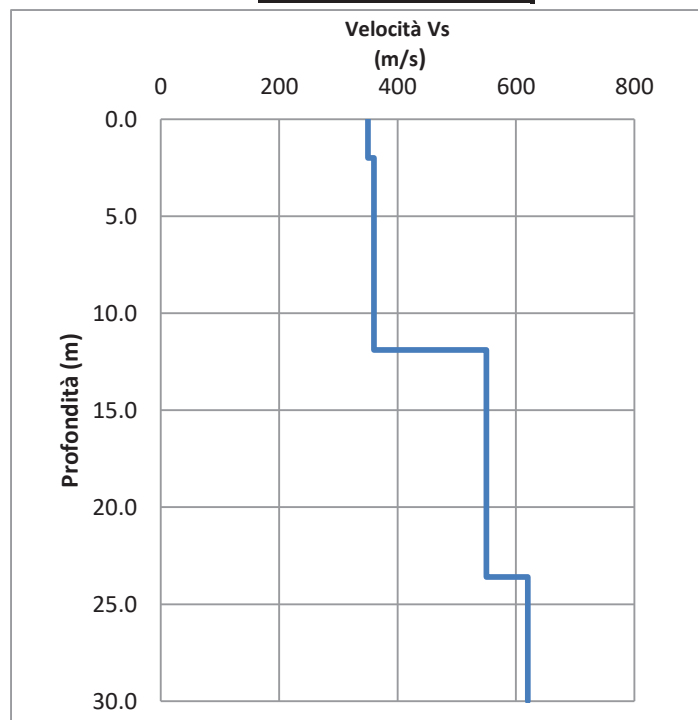
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Alassio (SV)		
NOME TEST:	MASW 6		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 2'55.22"N	
	Long.	8° 9'38.75"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.00	2.00	350.00
2	2.00	11.90	9.90	360.00
3	11.90	23.60	11.70	550.00
4	23.60	inf.	inf.	620.00

Vs eq (0 - 30) **463**  
Suolo **B**





# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Bastia (SV)		
NOME TEST	MASW 7		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'22.32"N	
	Long.	8°10'11.49"E	





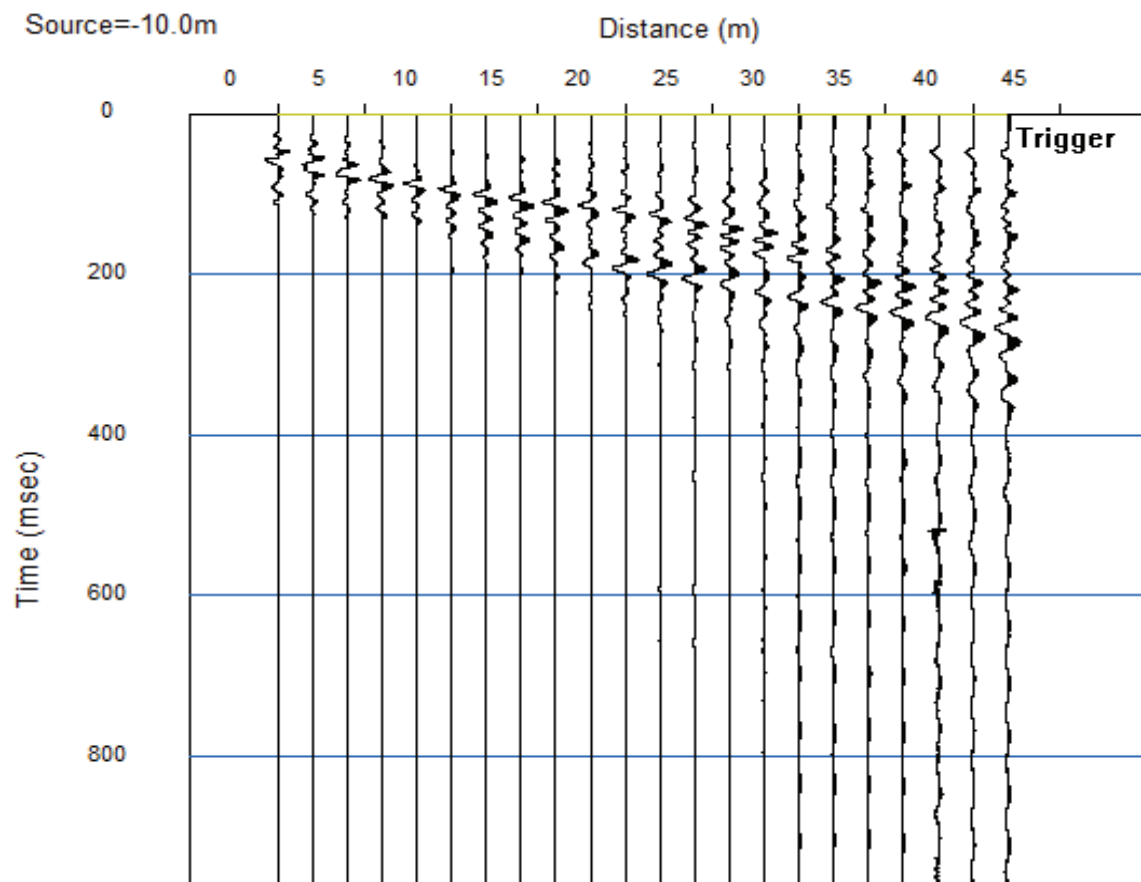
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Bastia (SV)		
NOME TEST	MASW 7		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'22.32"N	
	Long.	8°10'11.49"E	

### SISMOGRAMMA





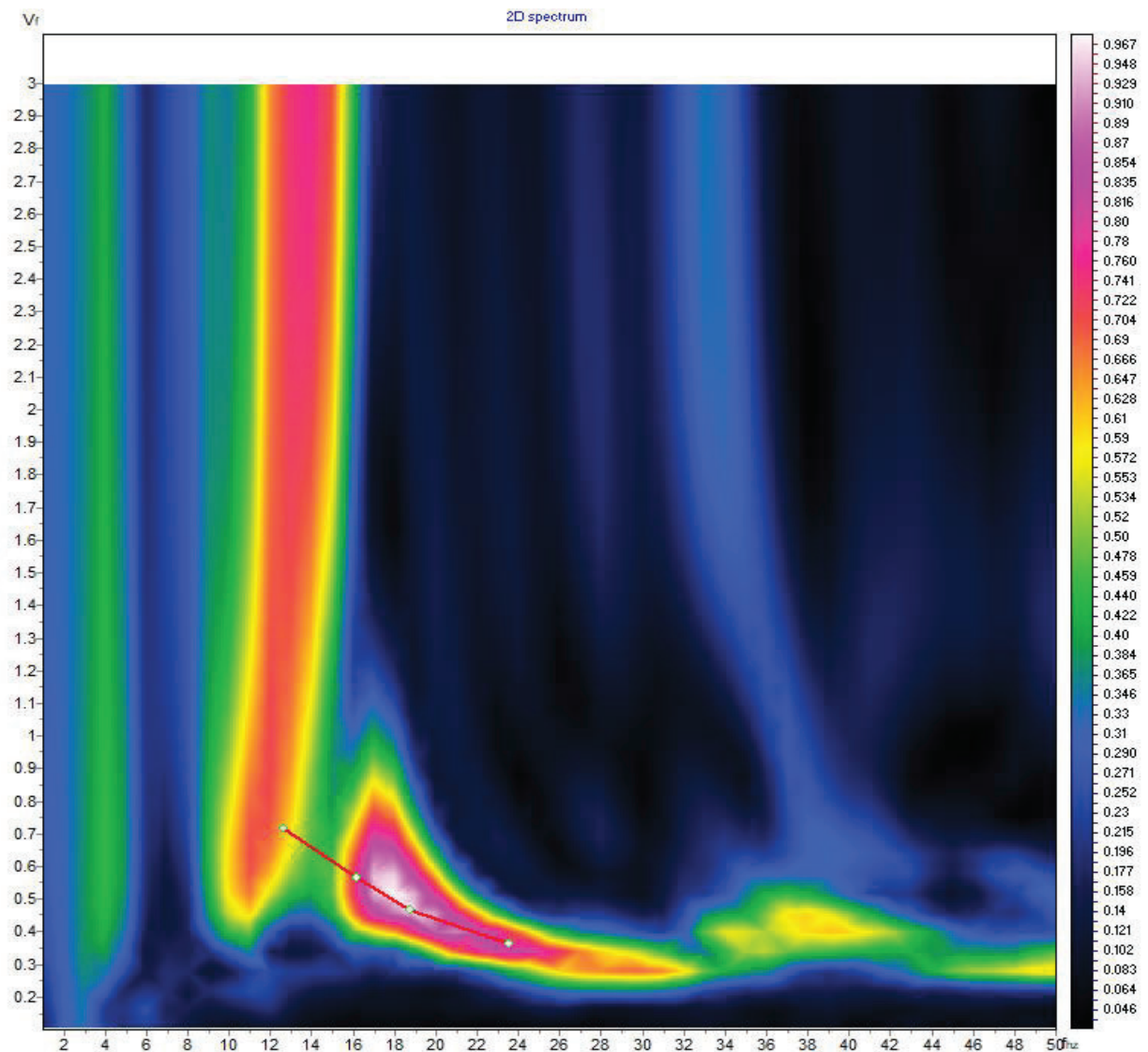
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Bastia (SV)		
NOME TEST	MASW 7		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'22.32"N	
	Long.	8°10'11.49"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

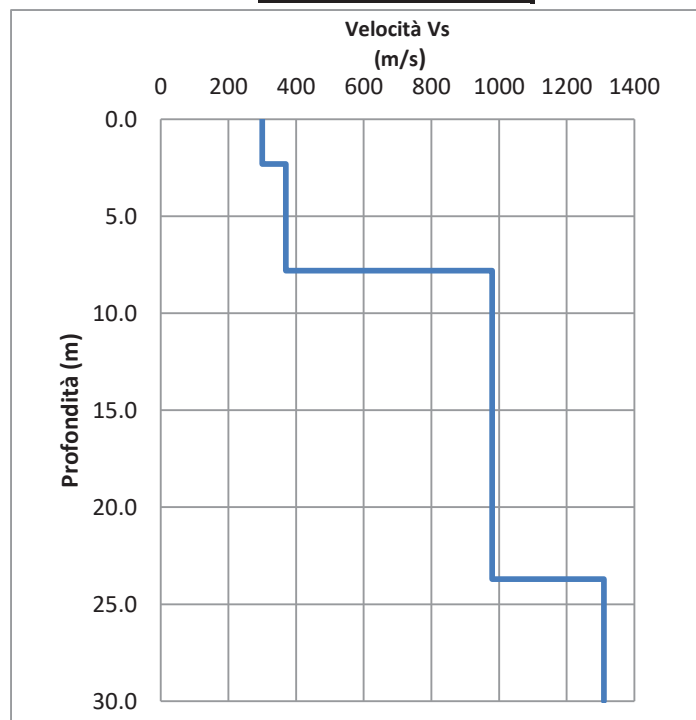
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Bastia (SV)		
NOME TEST:	MASW 7		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'22.32"N	
	Long.	8°10'11.49"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.30	2.30	300.00
2	2.30	7.80	5.50	370.00
3	7.80	23.70	15.90	980.00
4	23.70	inf.	inf.	1310.00

Vs eq (0 - 7.8) **346**  
Suolo **E**







# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Bastia (SV)		
NOME TEST	MASW 8		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'22.32"N	
	Long.	8°10'11.49"E	





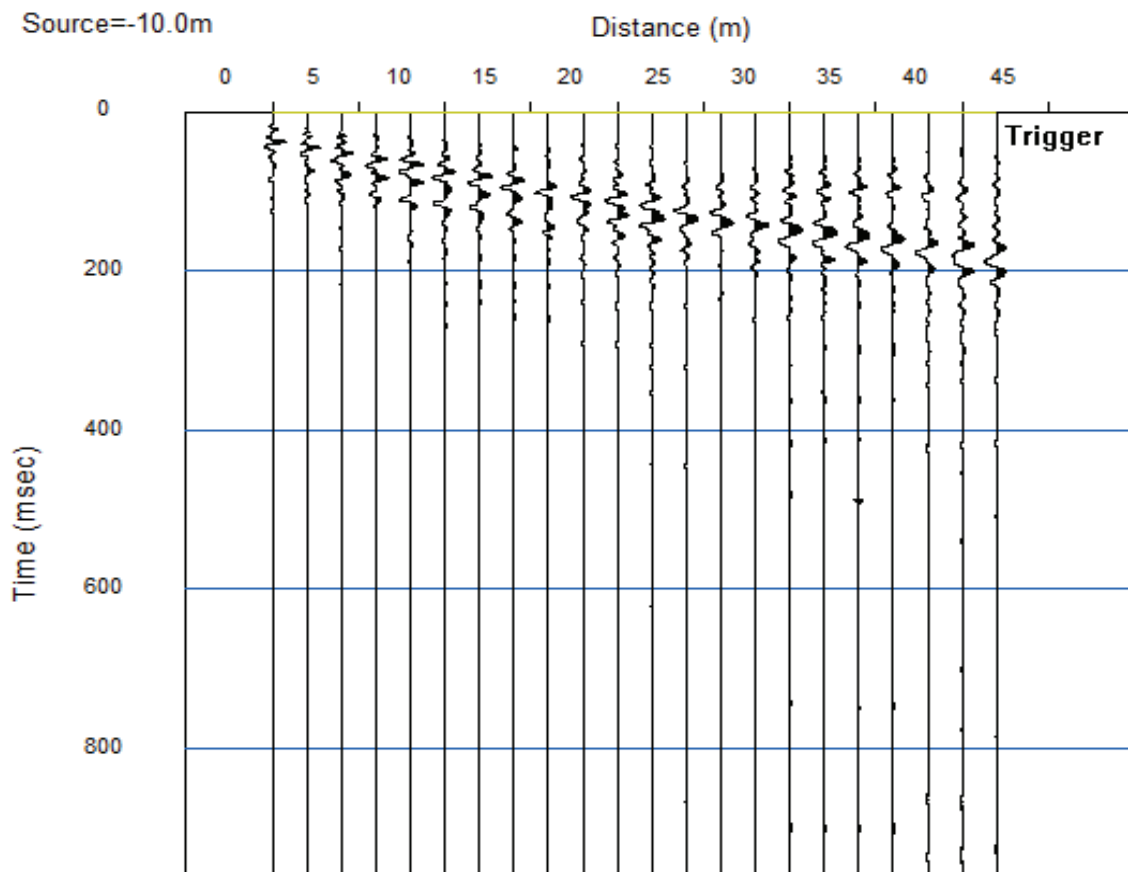
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Bastia (SV)		
NOME TEST	MASW 8		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'22.32"N	
	Long.	8°10'11.49"E	

### SISMOGRAMMA





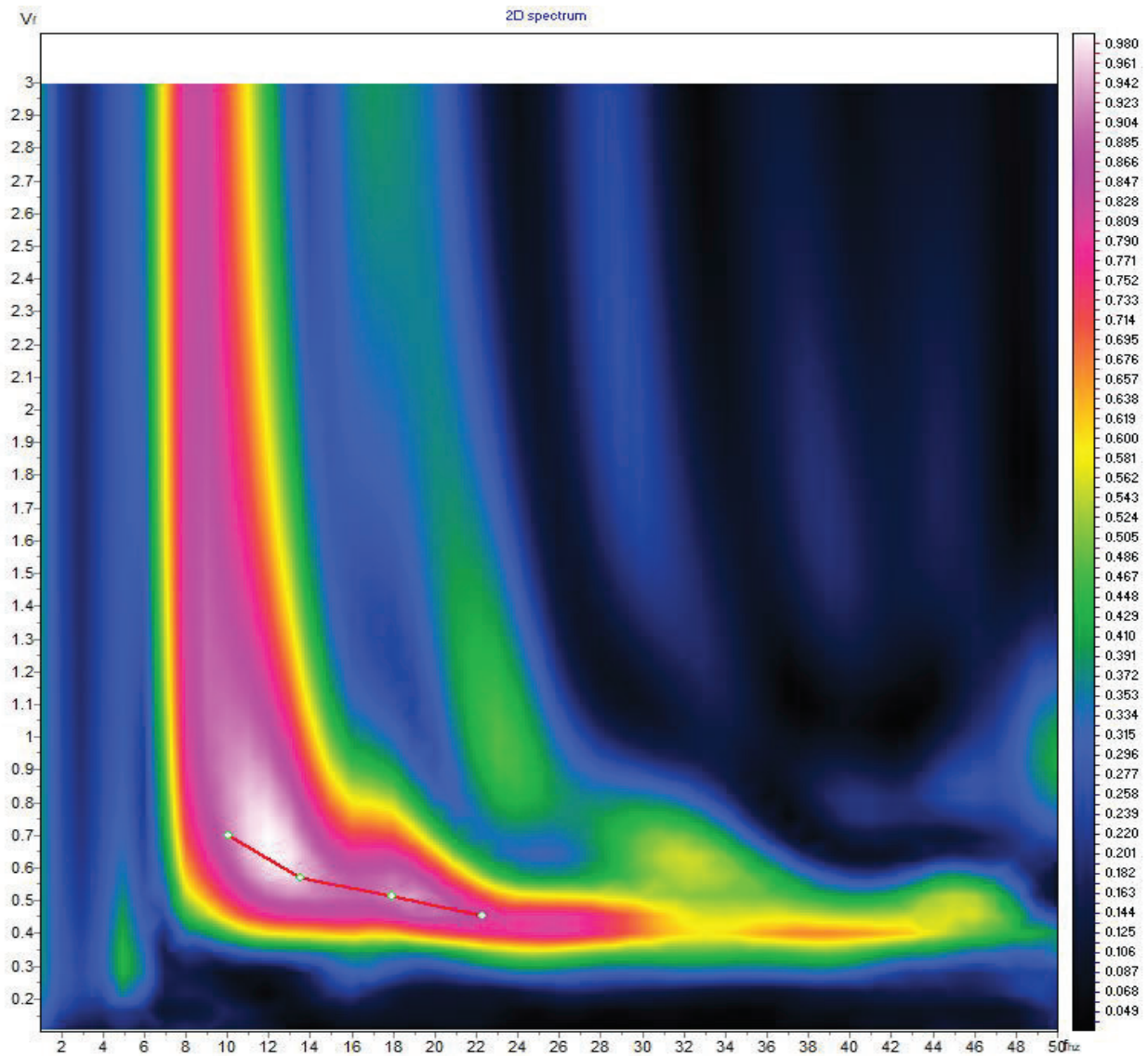
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Bastia (SV)		
NOME TEST	MASW 8		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'22.32"N	
	Long.	8°10'11.49"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

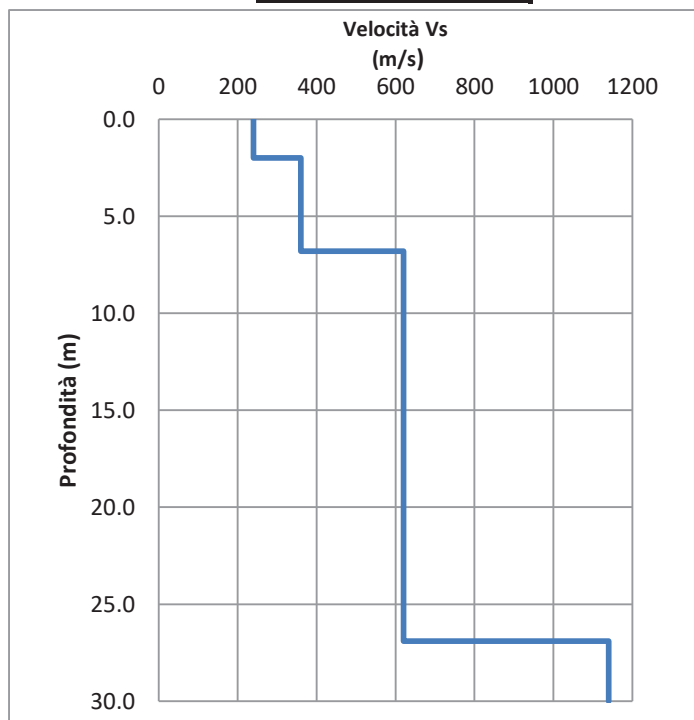
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Bastia (SV)		
NOME TEST:	MASW 8		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'22.32"N	
	Long.	8°10'11.49"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.00	2.00	240.00
2	2.00	6.80	4.80	360.00
3	6.80	26.90	20.10	620.00
4	26.90	inf.	inf.	1140.00

Vs eq (0 - 26.9) **497**  
Suolo **B**





# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Bastia (SV)		
NOME TEST	MASW 9		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'47.41"N	
	Long.	8° 10'20.58"E	





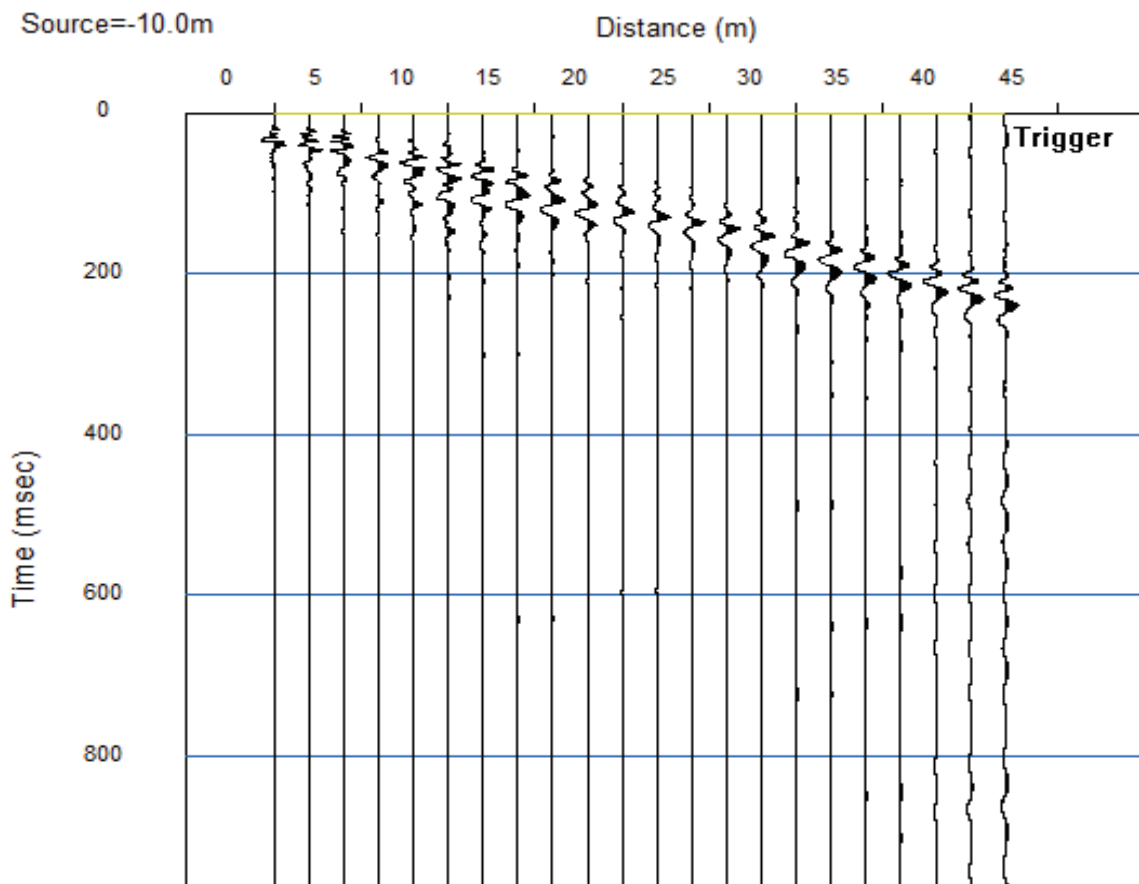
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Bastia (SV)		
NOME TEST	MASW 9		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'47.41"N	
	Long.	8°10'20.58"E	

### SISMOGRAMMA





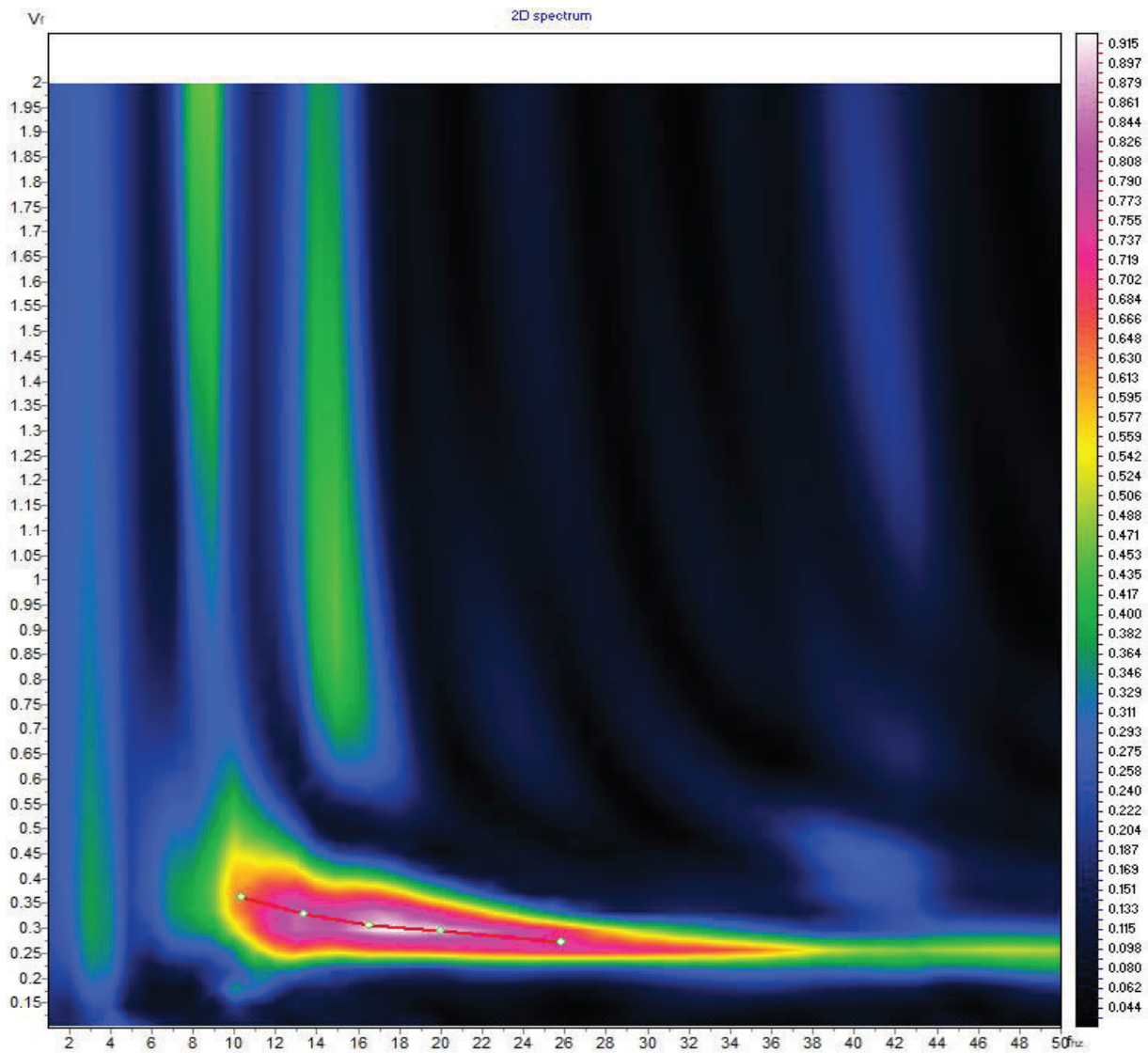
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Bastia (SV)		
NOME TEST	MASW 9		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'47.41"N	
	Long.	8°10'20.58"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

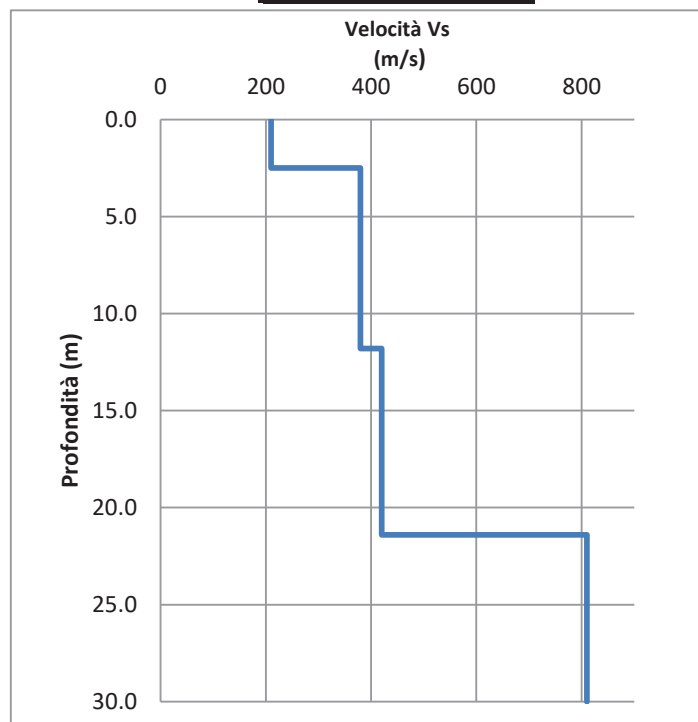
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Bastia (SV)		
NOME TEST:	MASW 9		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 3'47.41"N	
	Long.	8°10'20.58"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	210.00
2	2.50	11.80	9.30	380.00
3	11.80	21.40	9.60	420.00
4	21.40	inf.	inf.	810.00

Vs eq (0 - 30) **429**  
Suolo **B**







# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 10		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'13.72"N	
	Long.	8°10'59.69"E	





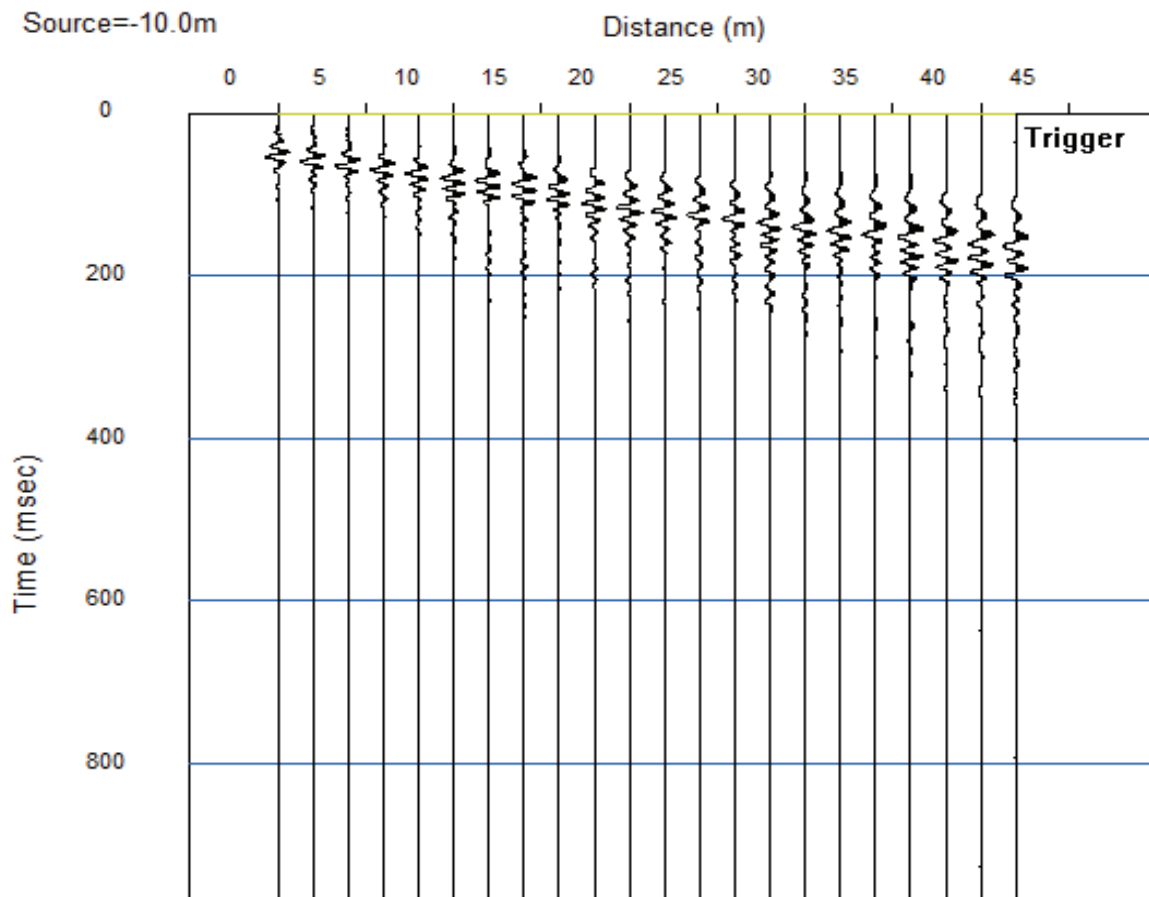
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR	
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora <span style="float: right;">Tratta</span>	
UBICAZIONE:	Albenga (SV)	
NOME TEST	MASW 10	
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021	
COORDINATE	Lat.	44° 4'13.72"N
	Long.	8°10'59.69"E

### SISMOGRAMMA





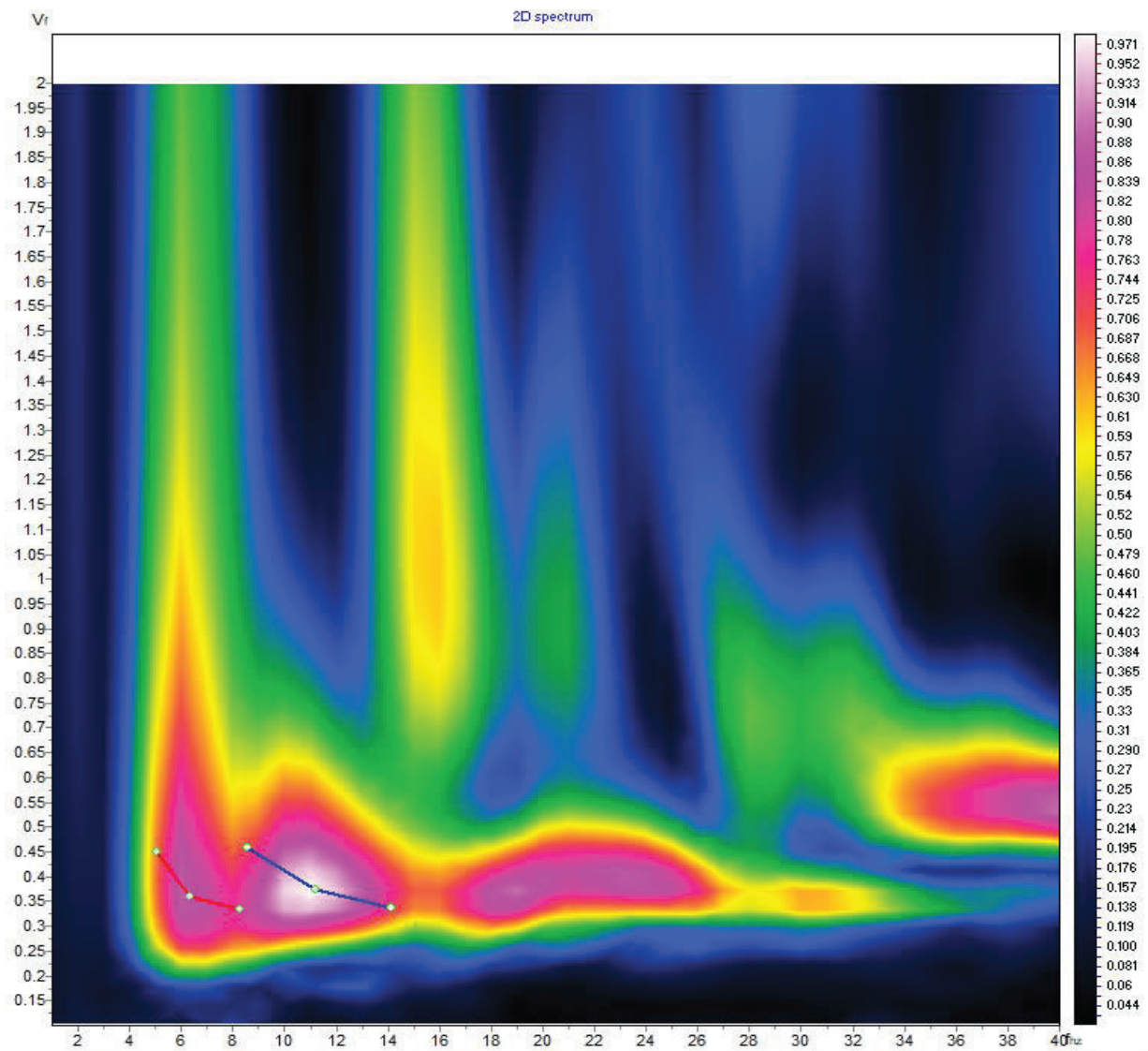
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 10		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'13.72"N	
	Long.	8°10'59.69"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

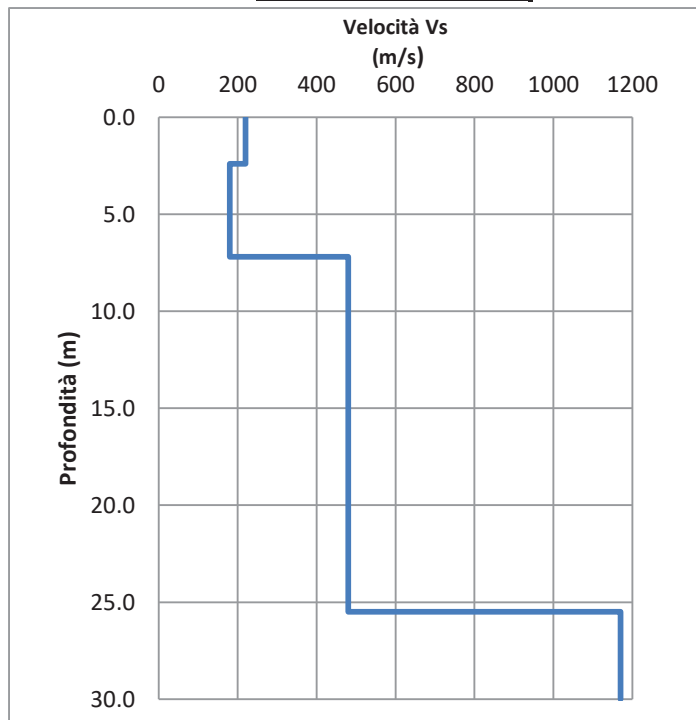
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST:	MASW 10		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'13.72"N	
	Long.	8°10'59.69"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.40	2.40	220.00
2	2.40	7.20	4.80	180.00
3	7.20	25.50	18.30	480.00
4	25.50	inf.	inf.	1170.00

Vs eq (0 -25.5) **330**  
Suolo -





# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 11		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'30.87"N	
	Long.	8°11'27.10"E	





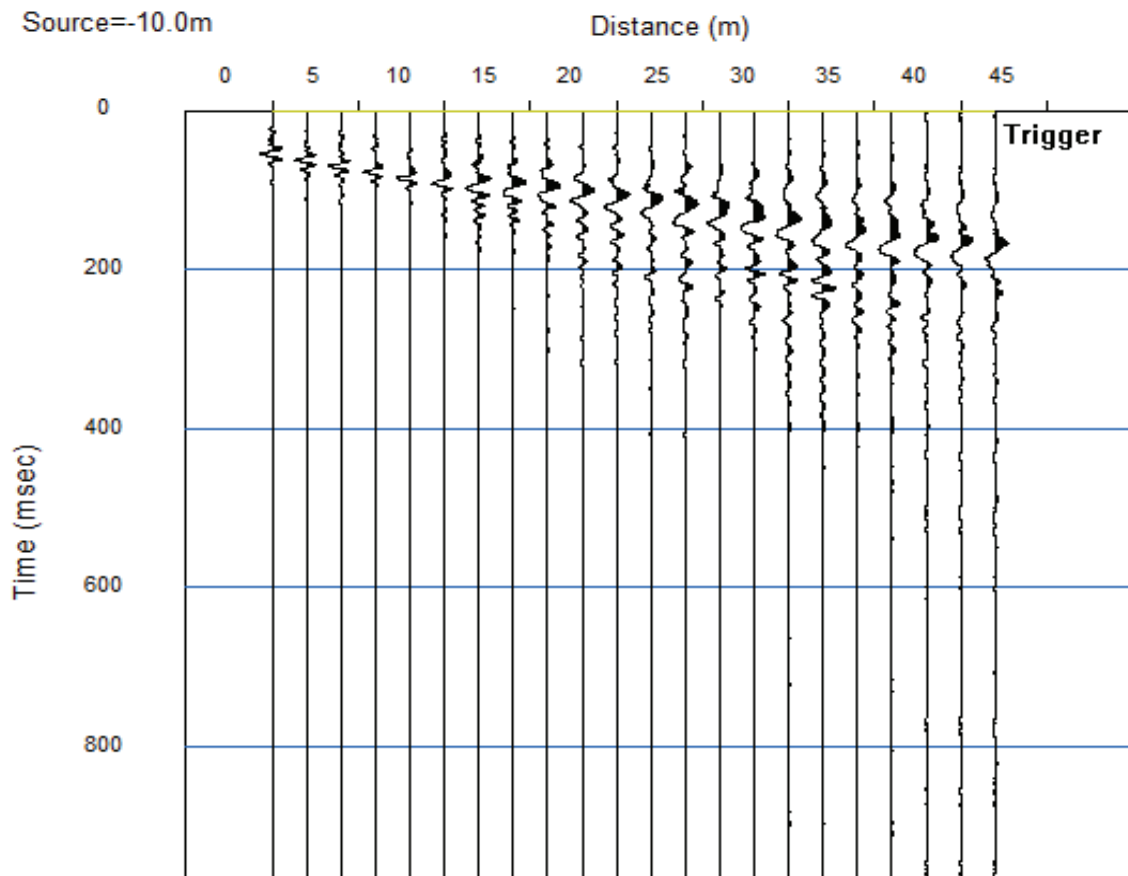
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 11		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'30.87"N	
	Long.	8°11'27.10"E	

### SISMOGRAMMA





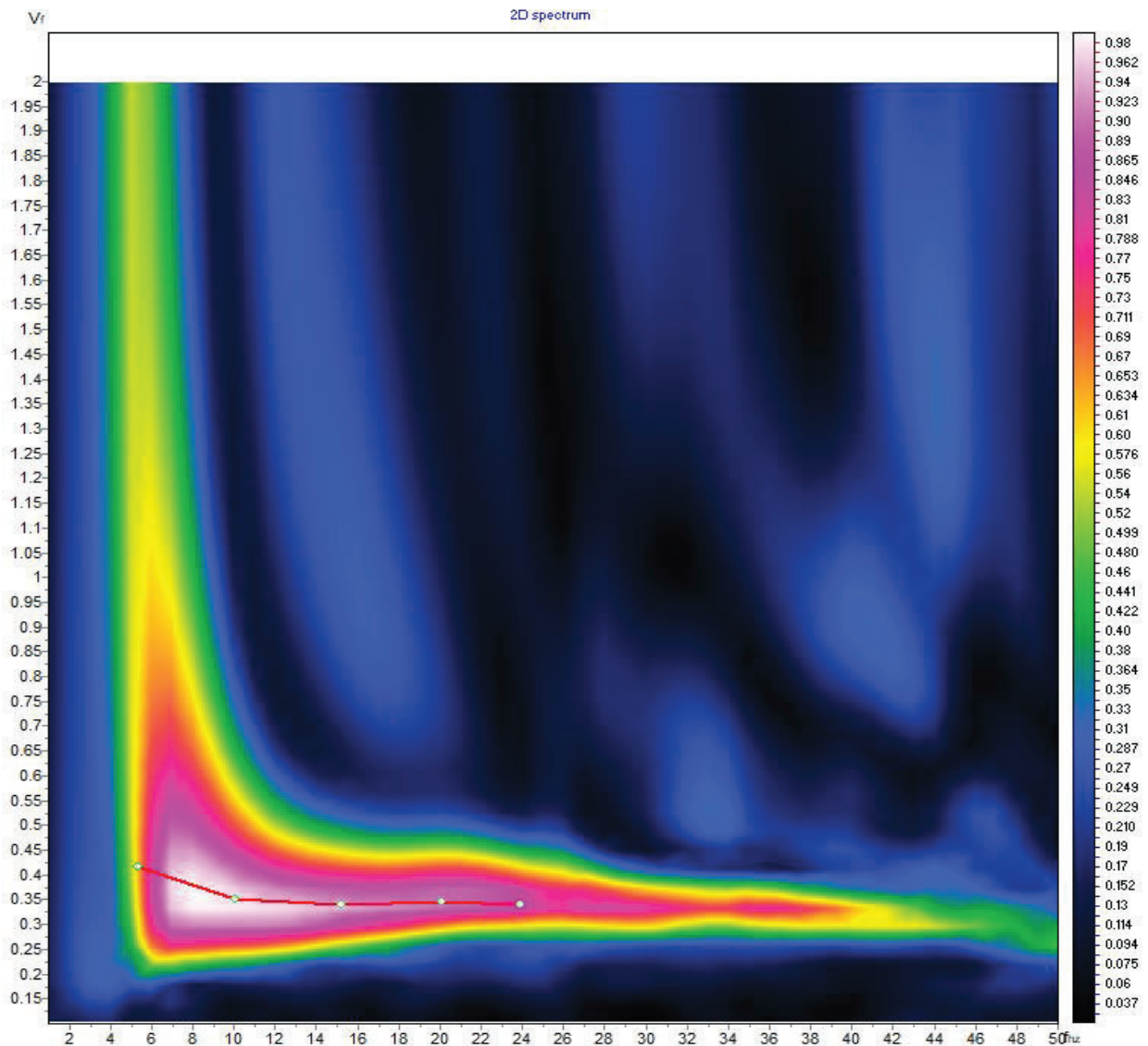
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 11		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'30.87"N	
	Long.	8°11'27.10"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

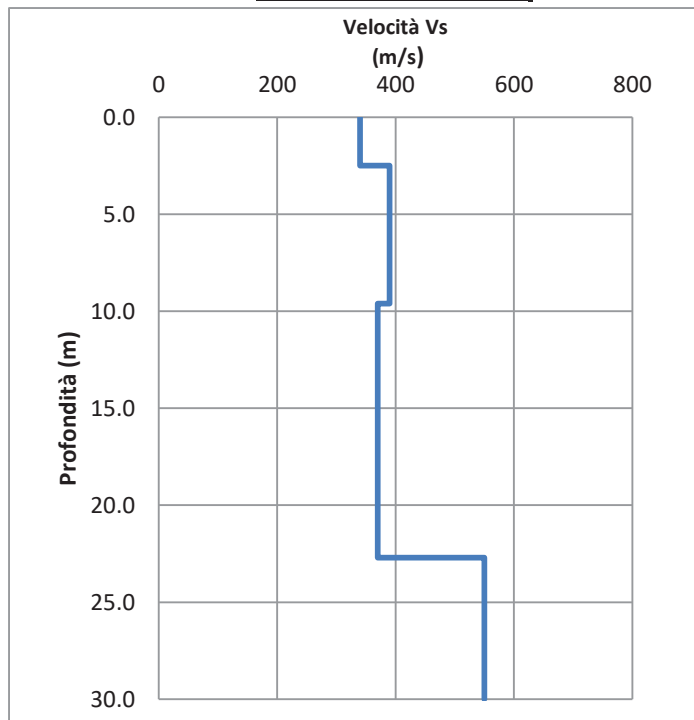
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST:	MASW 11		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'30.87"N	
	Long.	8°11'27.10"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	340.00
2	2.50	9.60	7.10	390.00
3	9.60	22.70	13.10	370.00
4	22.70	inf.	inf.	550.00

Vs eq (0 - 30) **404**  
Suolo -





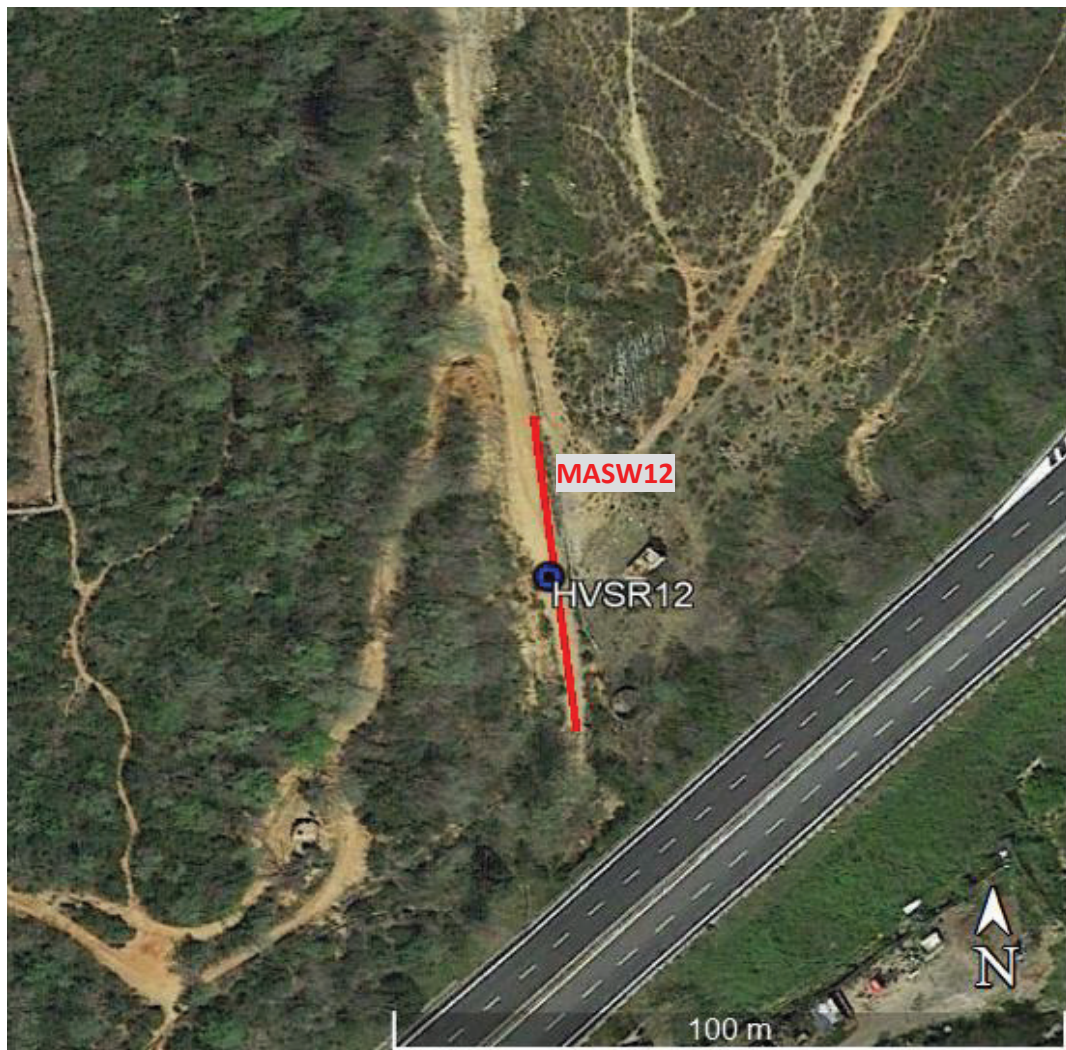


# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 12		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'56.30"N	
	Long.	8°11'48.70"E	





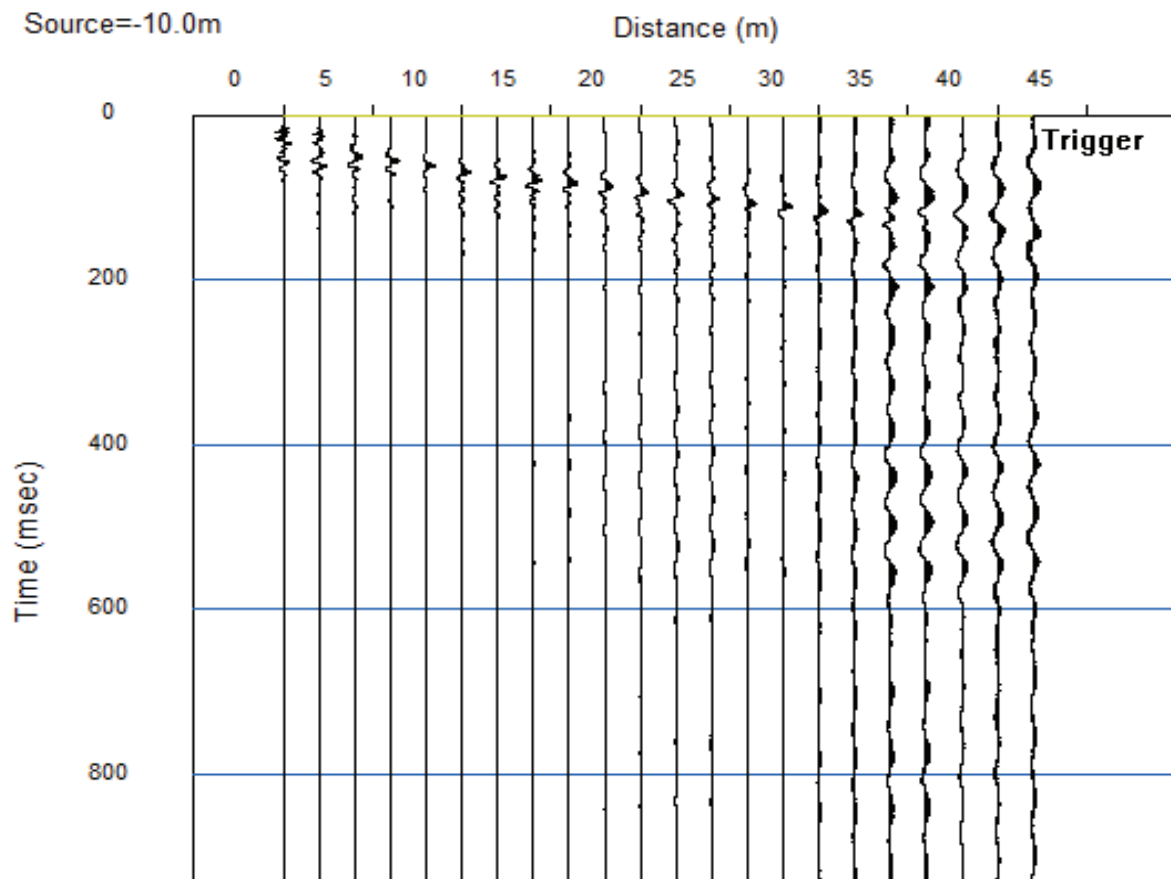
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 12		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'56.30"N	
	Long.	8°11'48.70"E	

### SISMOGRAMMA





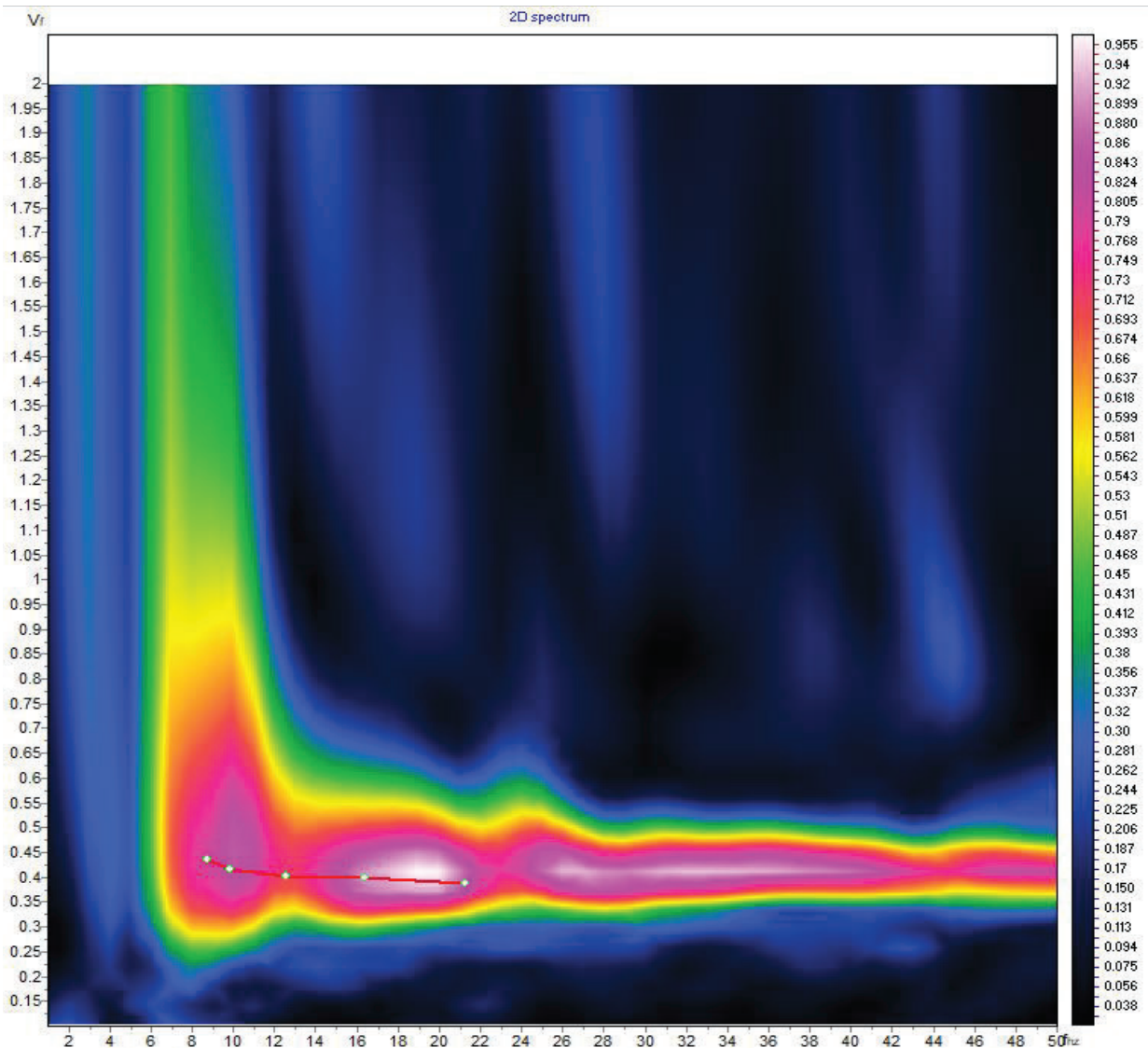
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 12		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'56.30"N	
	Long.	8°11'48.70"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

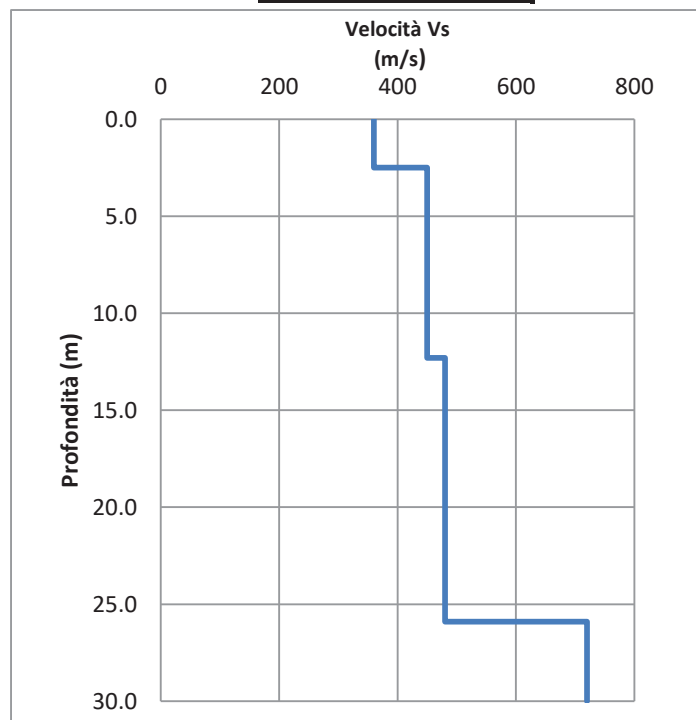
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST:	MASW 12		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 4'56.30"N	
	Long.	8°11'48.70"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	360.00
2	2.50	12.30	9.80	450.00
3	12.30	25.90	13.60	480.00
4	25.90	inf.	inf.	720.00

Vs eq (0 - 30) **478**  
Suolo **B**



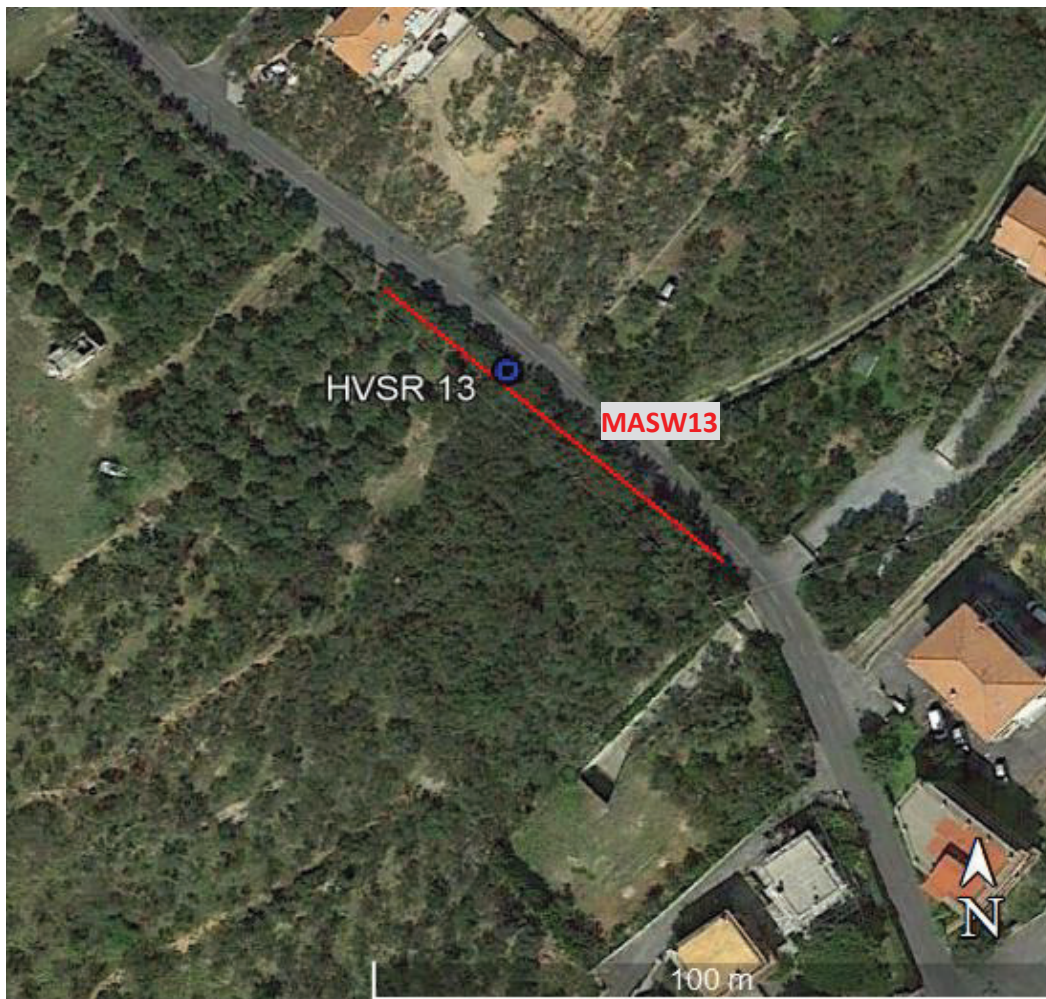


# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 13		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 5'32.60"N	
	Long.	8°12'23.89"E	





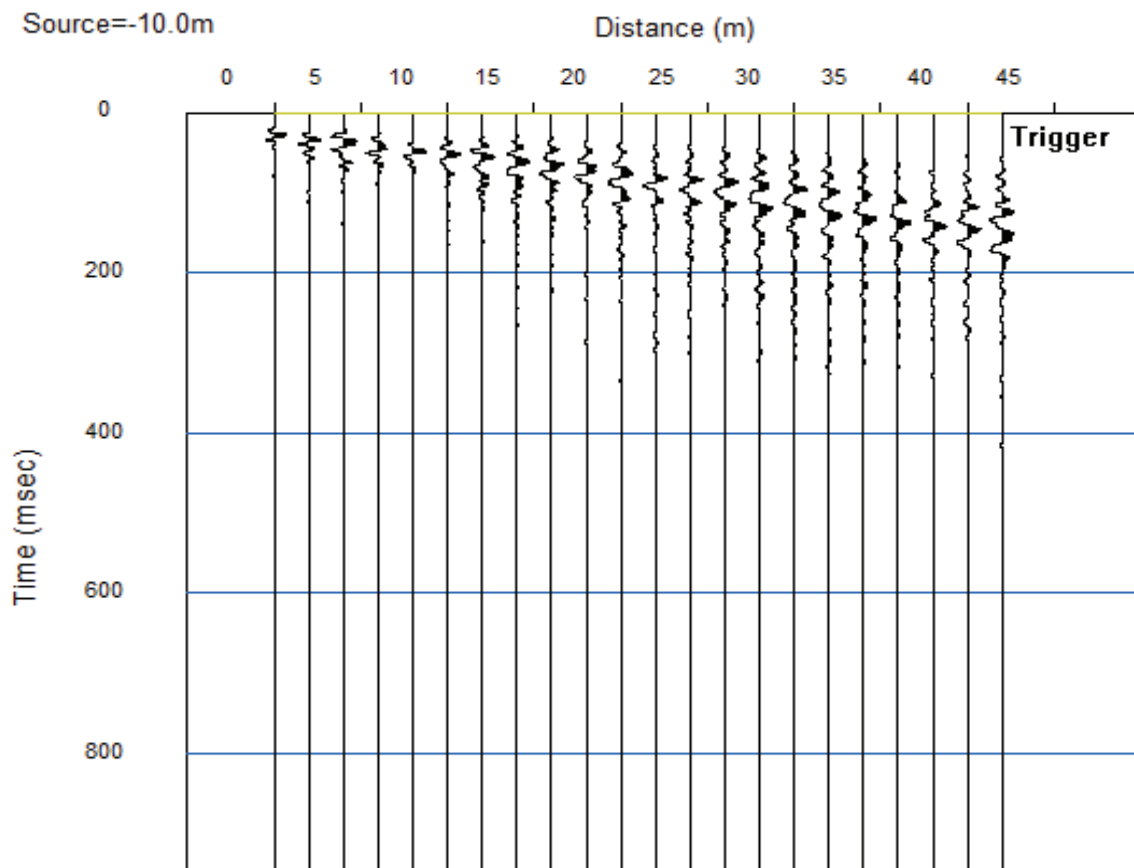
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 13		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 5'32.60"N	
	Long.	8°12'23.89"E	

### SISMOGRAMMA





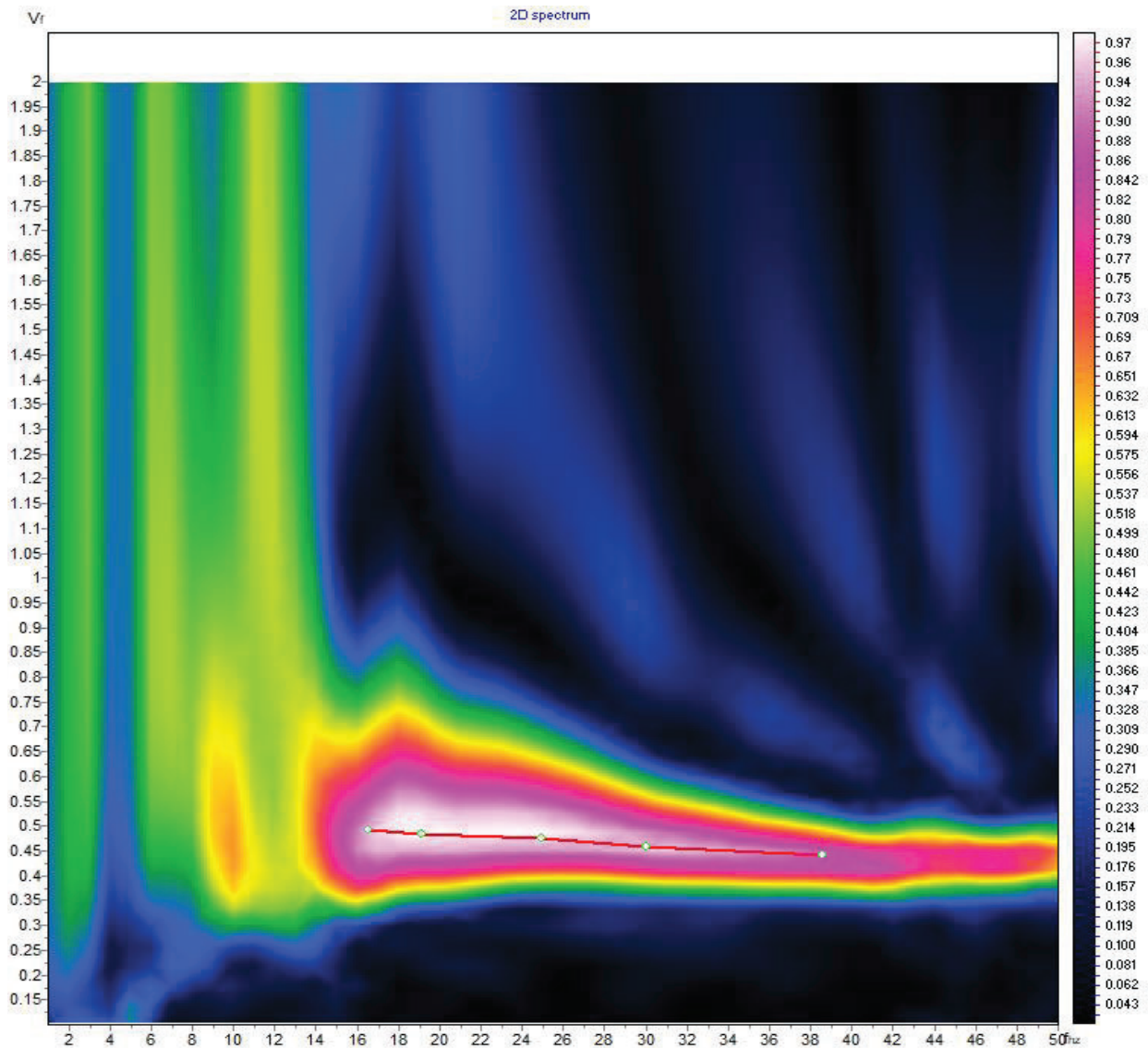
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST	MASW 13		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 5'32.60"N	
	Long.	8°12'23.89"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

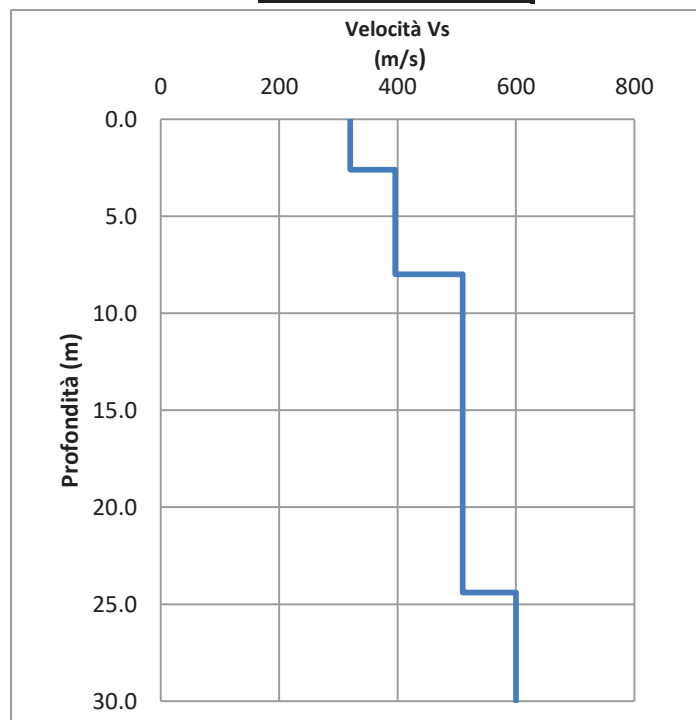
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Albenga (SV)		
NOME TEST:	MASW 13		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 5'32.60"N	
	Long.	8°12'23.89"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.60	2.60	320.00
2	2.60	8.00	5.40	396.00
3	8.00	24.40	16.40	510.00
4	24.40	inf.	inf.	600.00

Vs eq (0 - 30) **474**  
Suolo **B**





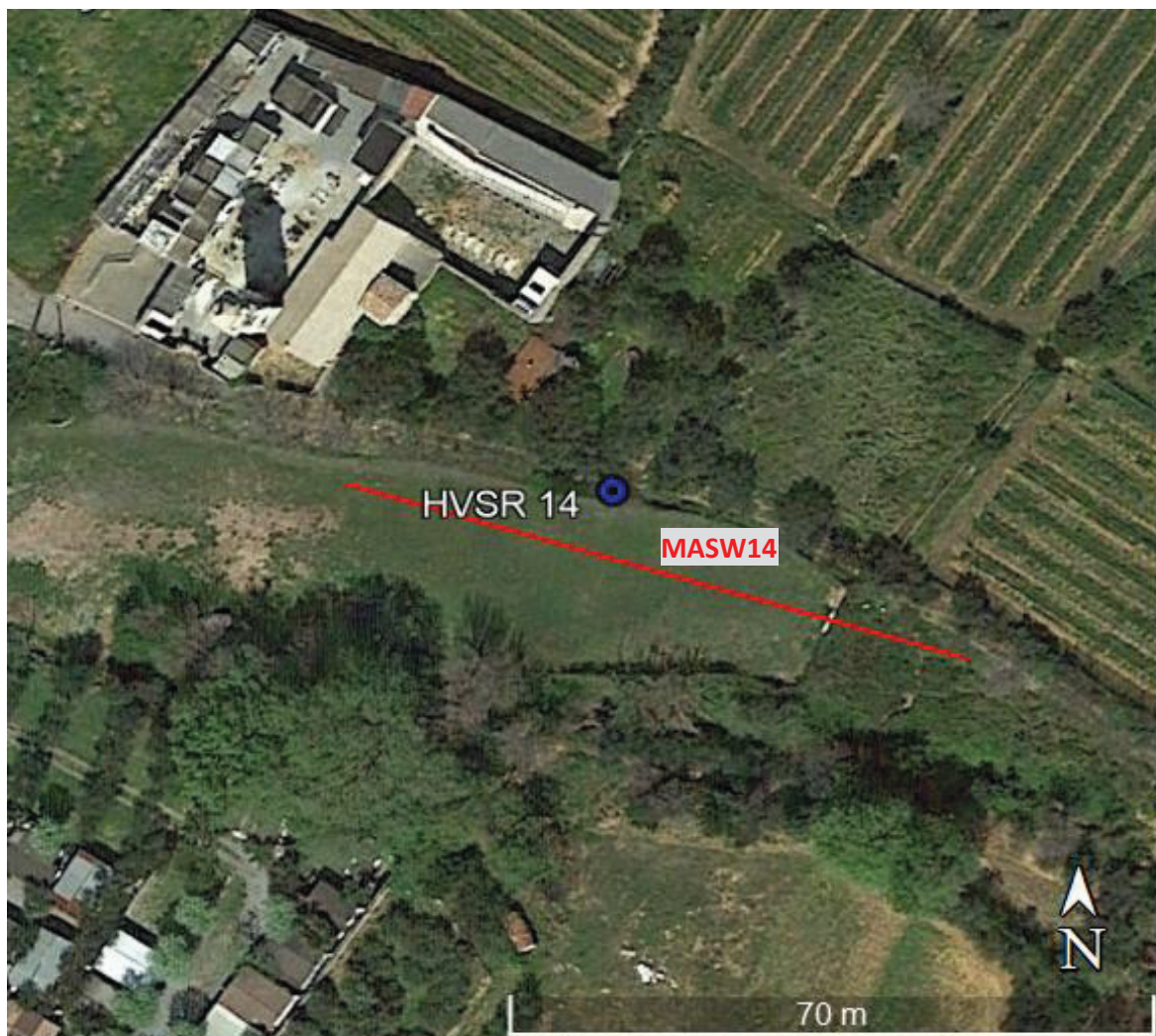


# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Ceriale (SV)		
NOME TEST	MASW 14		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 5'32.60"N	
	Long.	8°12'23.89"E	





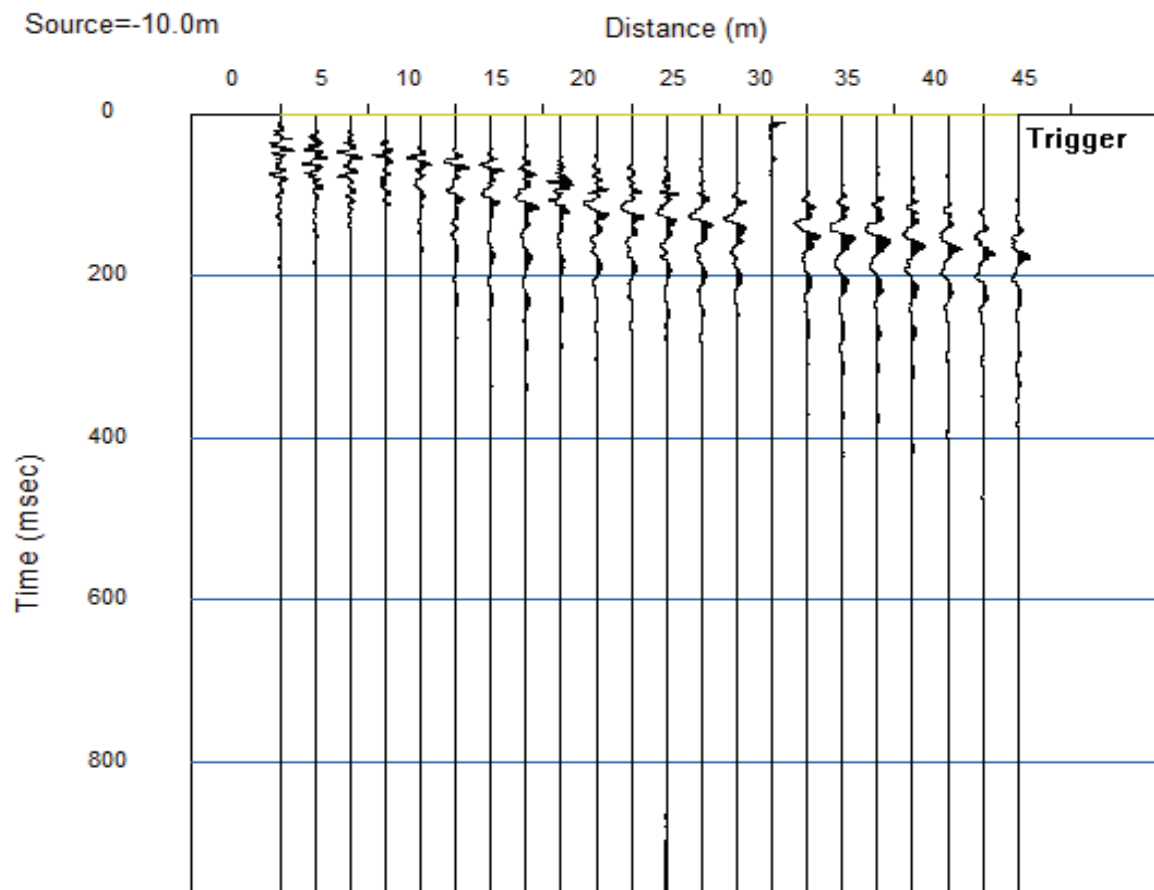
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Ceriale (SV)		
NOME TEST	MASW 14		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 5'32.60"N	
	Long.	8°12'23.89"E	

### SISMOGRAMMA





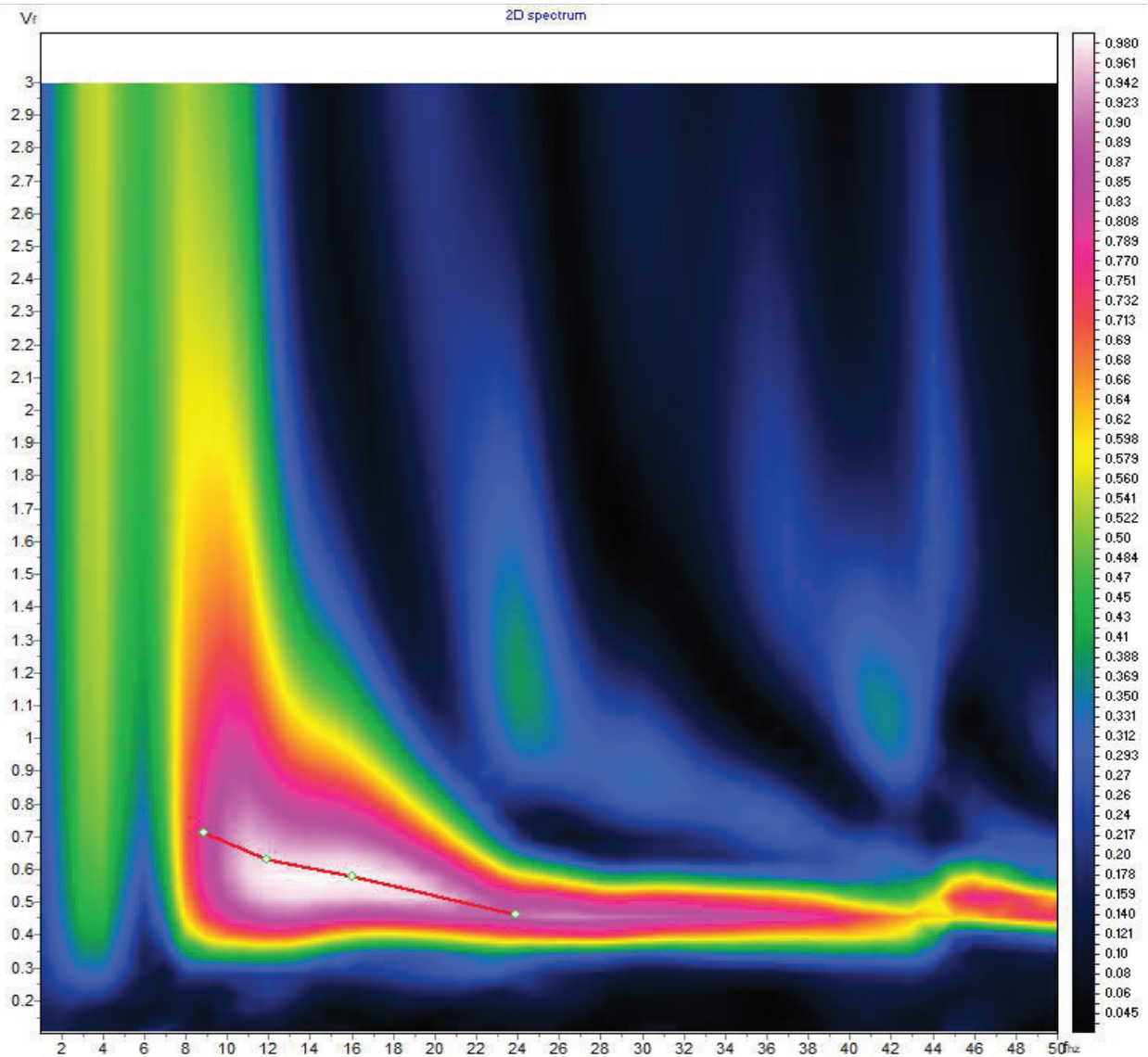
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Ceriale (SV)		
NOME TEST	MASW 14		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 5'32.60"N	
	Long.	8°12'23.89"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

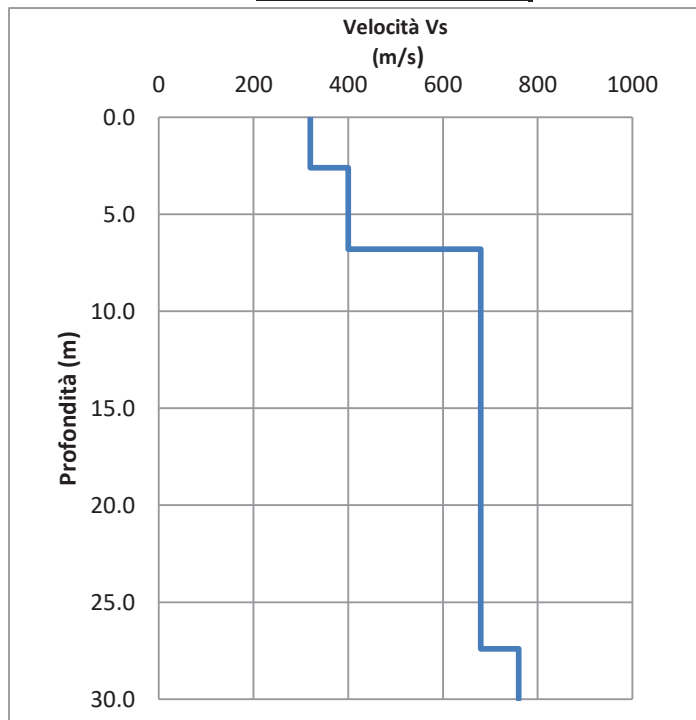
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Ceriale (SV)		
NOME TEST:	MASW 14		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 5'32.60"N	
	Long.	8°12'23.89"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.60	2.60	320.00
2	2.60	6.80	4.20	400.00
3	6.80	27.40	20.60	680.00
4	27.40	inf.	inf.	760.00

Vs eq (0 -30) **573**  
Suolo **B**



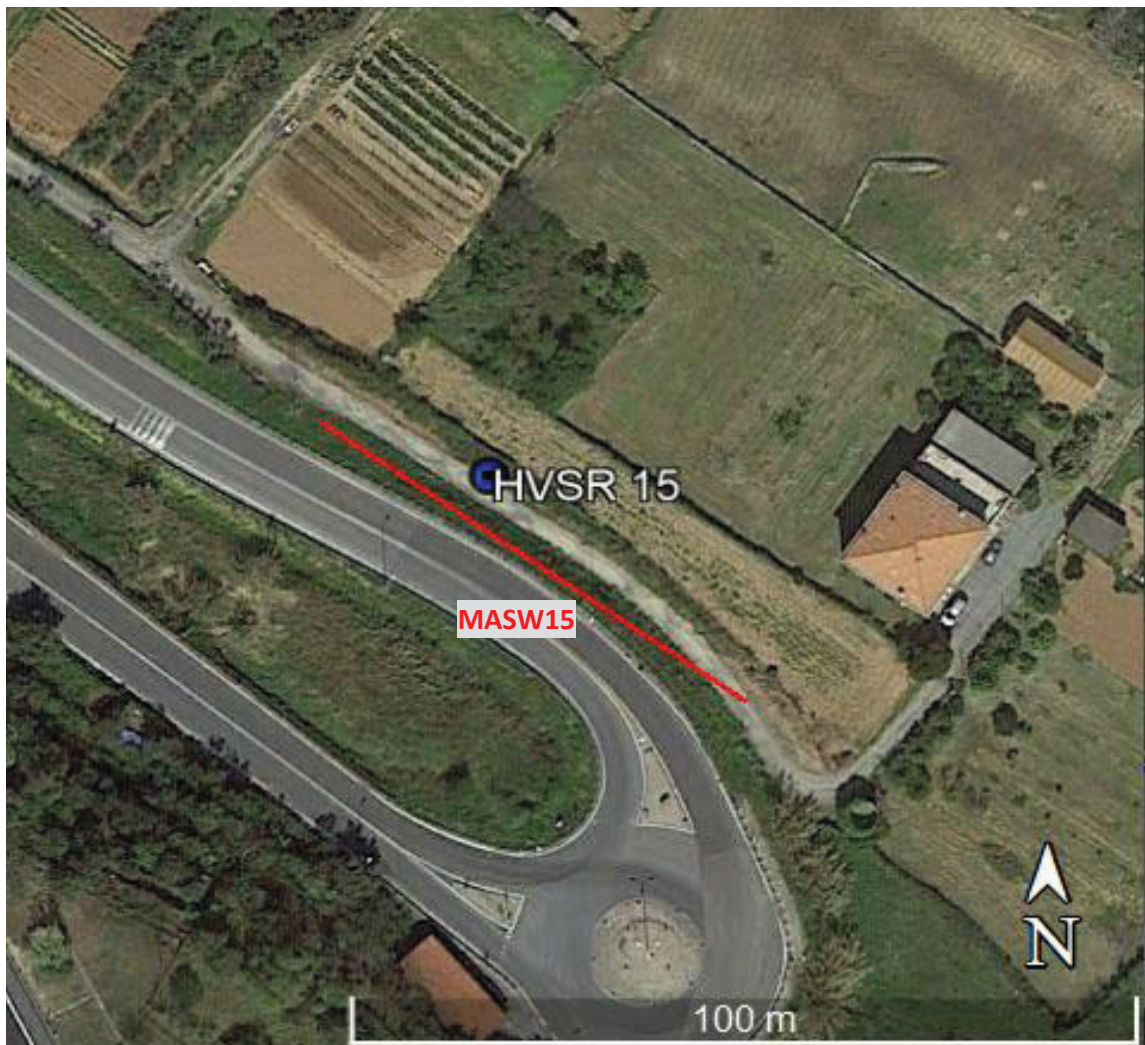


# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST	MASW 15		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'0.04"N	
	Long.	8°13'42.49"E	





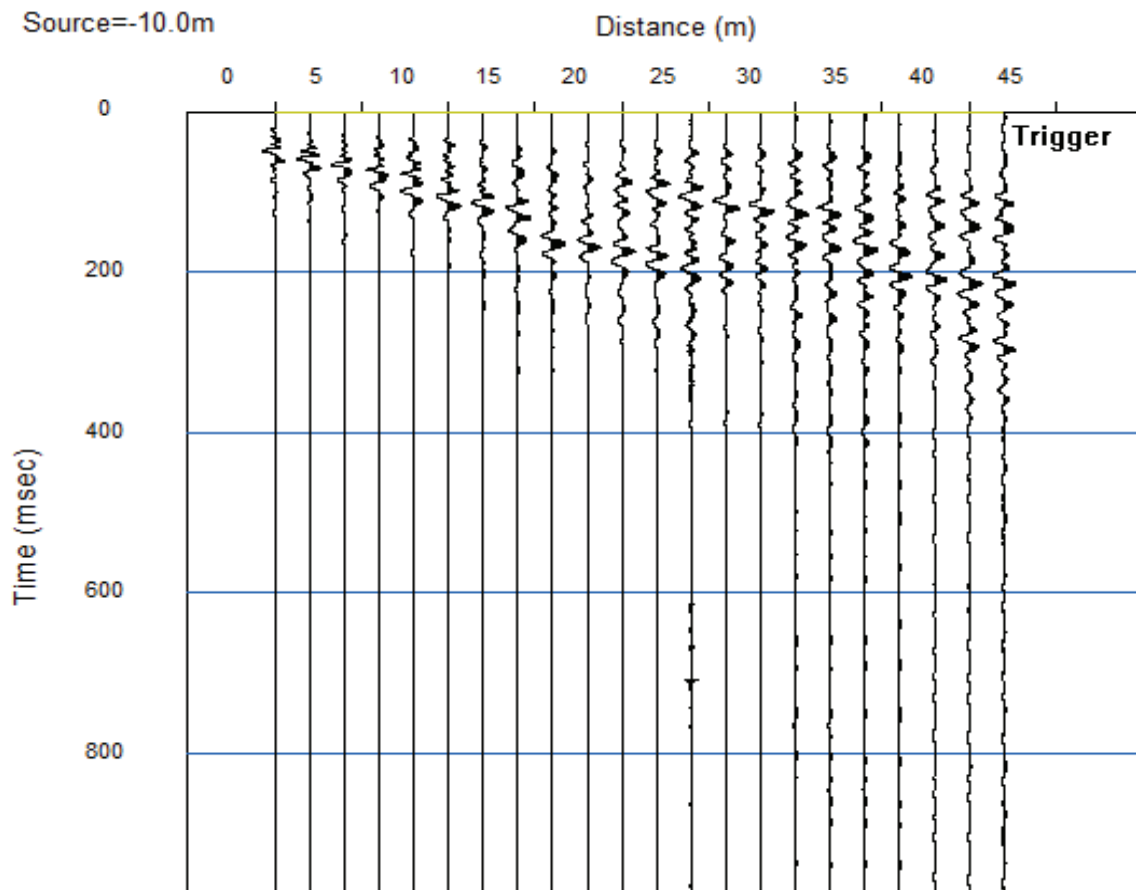
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST	MASW 15		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'0.04"N	
	Long.	8°13'42.49"E	

### SISMOGRAMMA





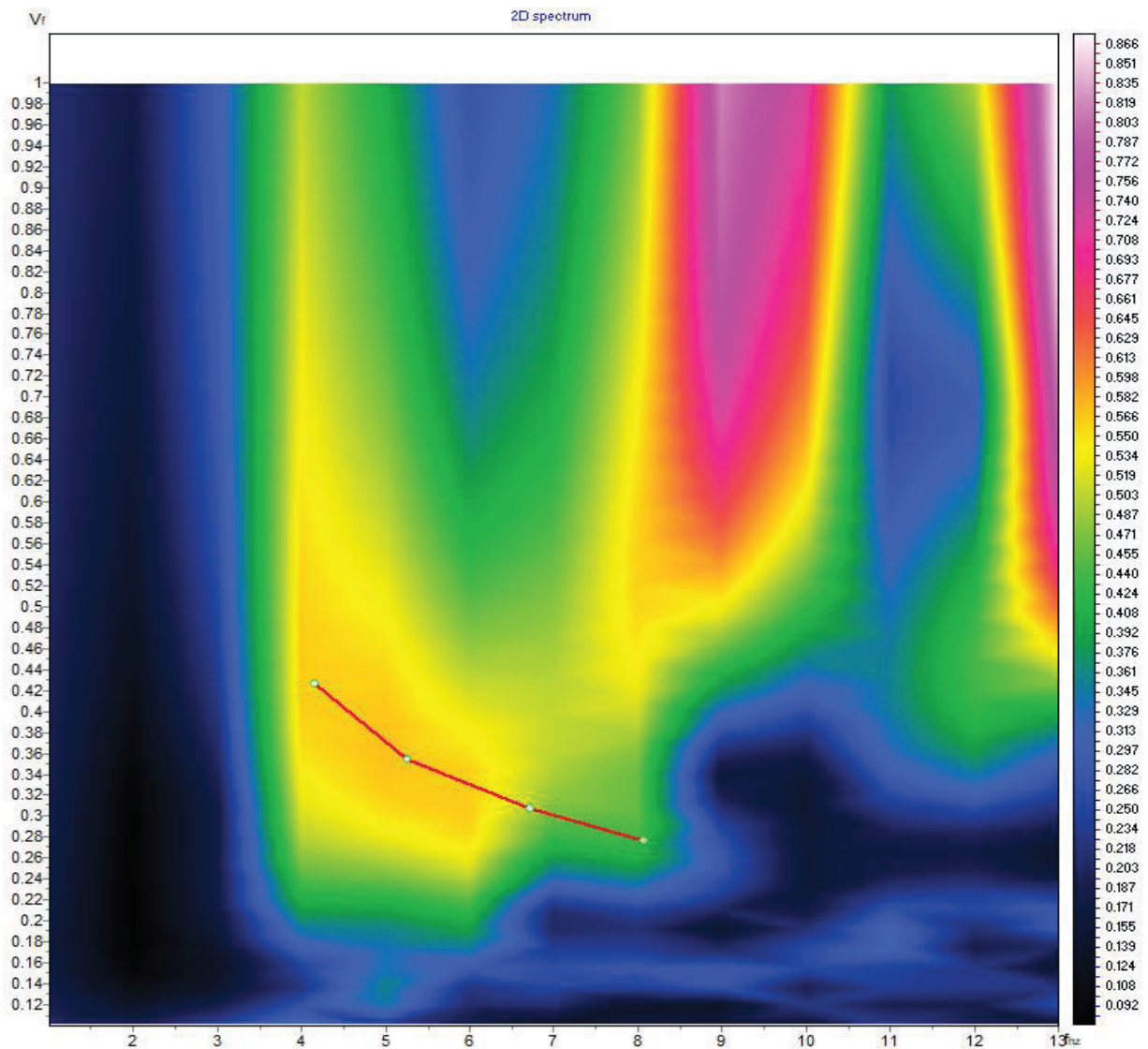
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST	MASW 15		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'0.04"N	
	Long.	8°13'42.49"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

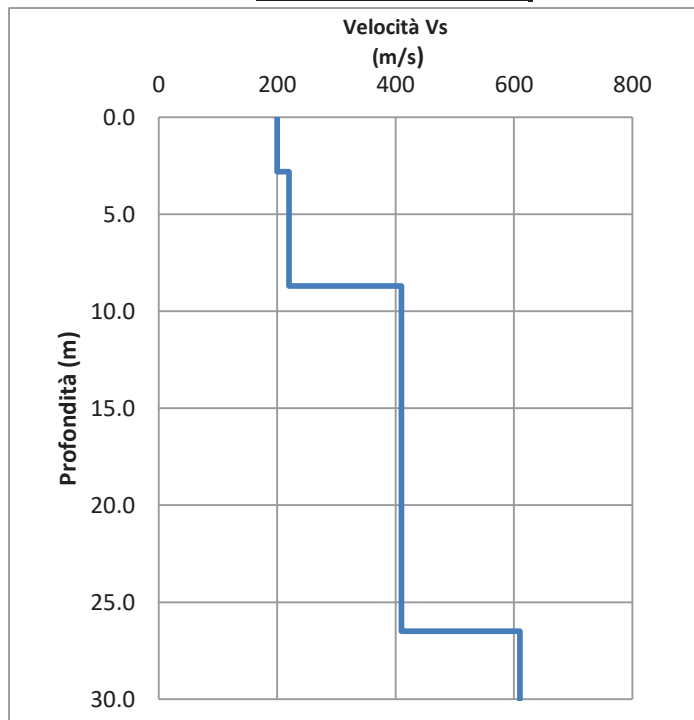
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST:	MASW 15		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'0.04"N	
	Long.	8°13'42.49"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.80	2.80	200.00
2	2.80	8.70	5.90	220.00
3	8.70	26.50	17.80	410.00
4	26.50	inf.	inf.	610.00

Vs eq (0 - 30) **333**  
Suolo **C**





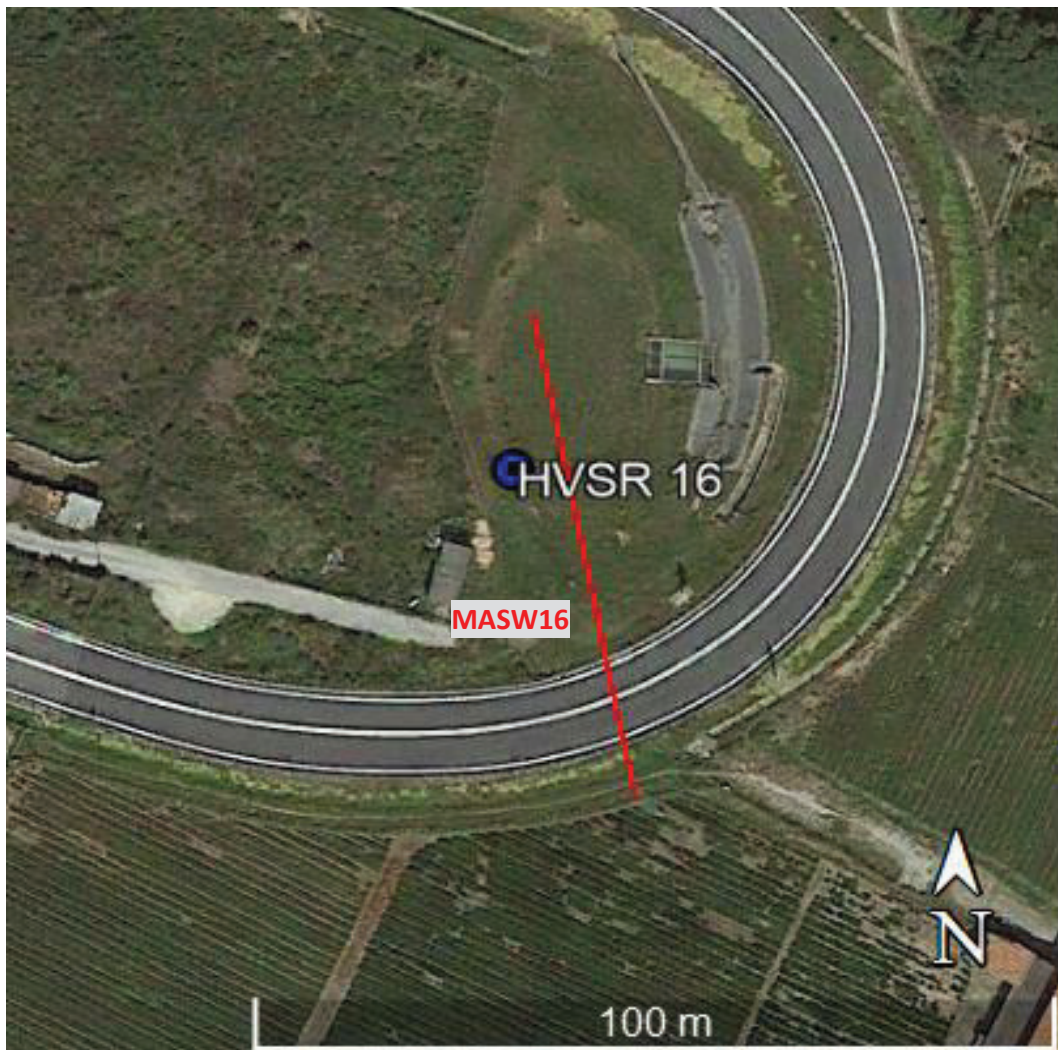


# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST	MASW 16		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'13.12"N	
	Long.	8°13'53.29"E	





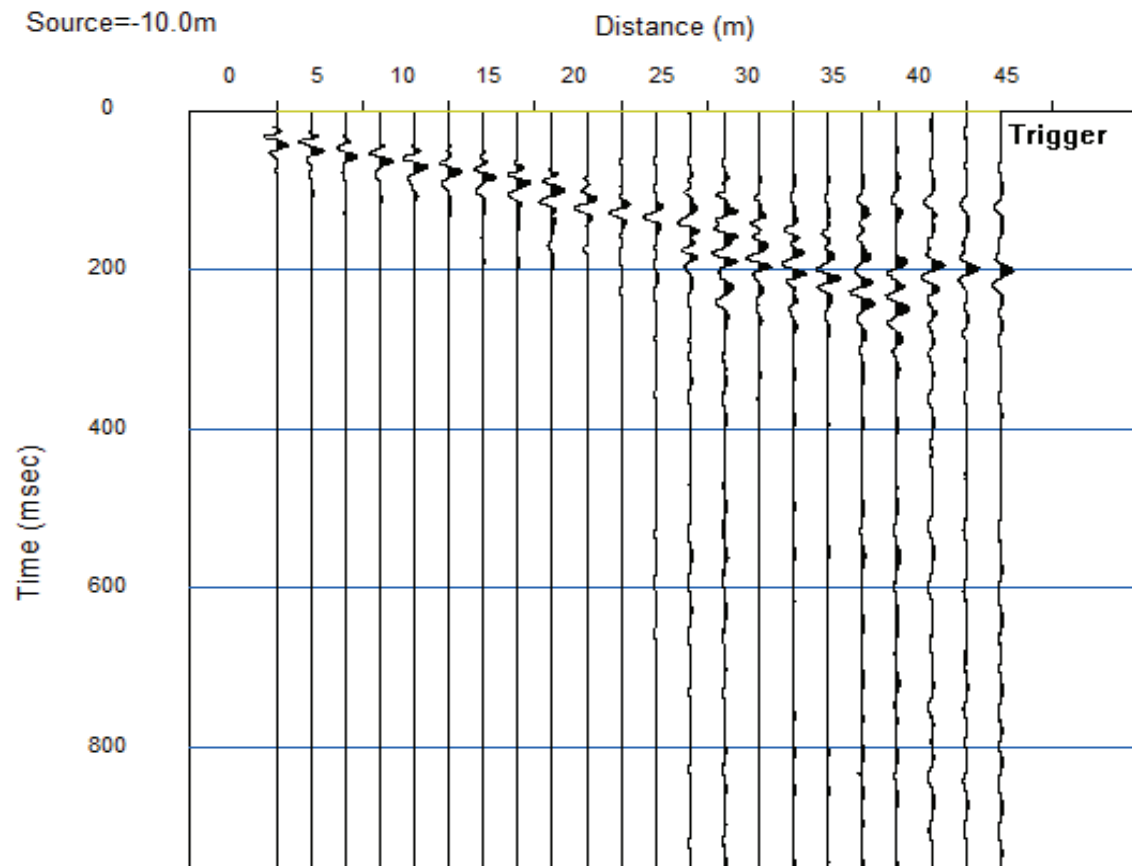
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR	
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora	Tratta
UBICAZIONE:	Borghetto Santo Spirito (SV)	
NOME TEST	MASW 16	
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021	
COORDINATE	Lat.	44° 7'13.12"N
	Long.	8°13'53.29"E

### SISMOGRAMMA





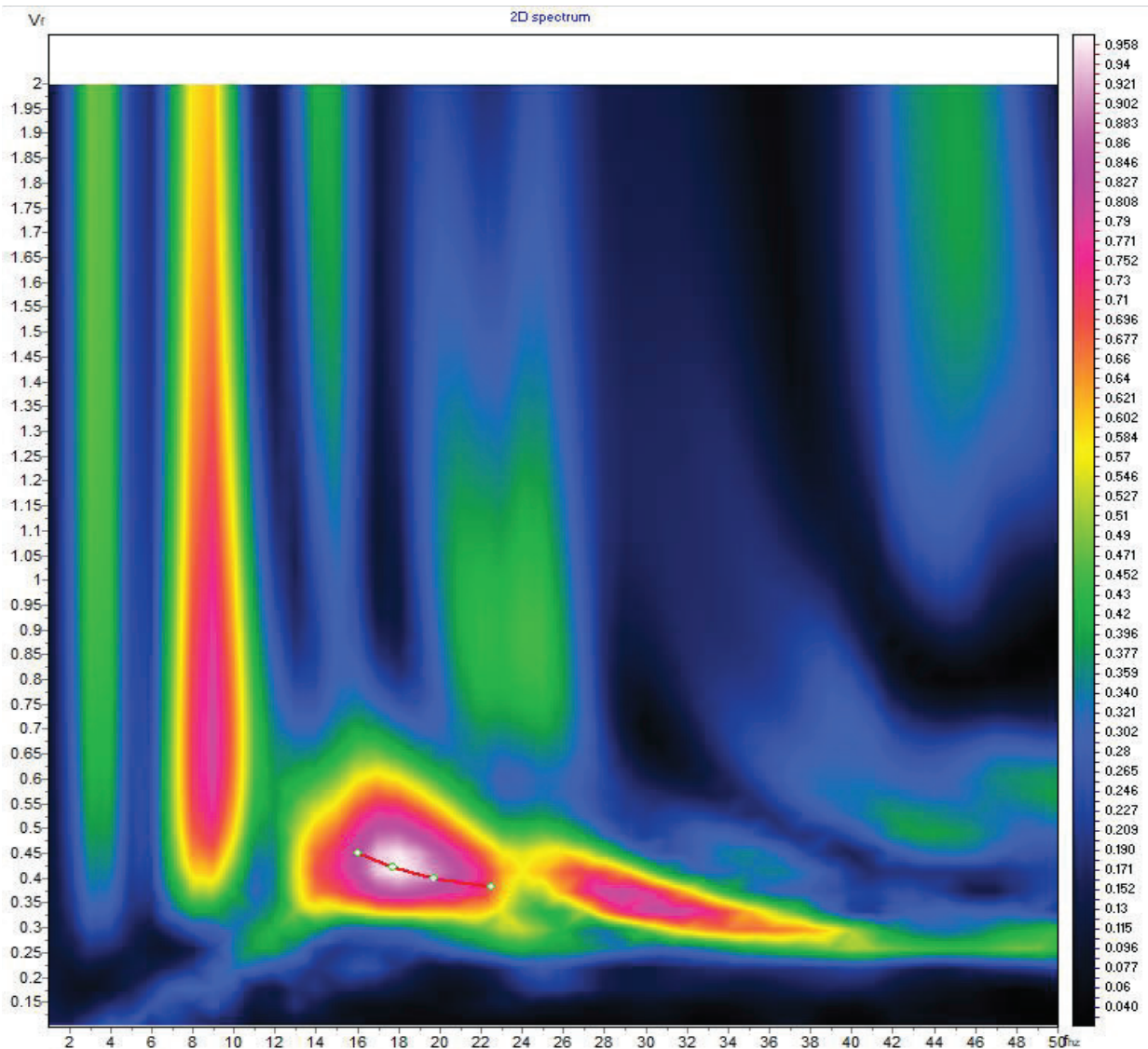
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST	MASW 16		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'13.12"N	
	Long.	8°13'53.29"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

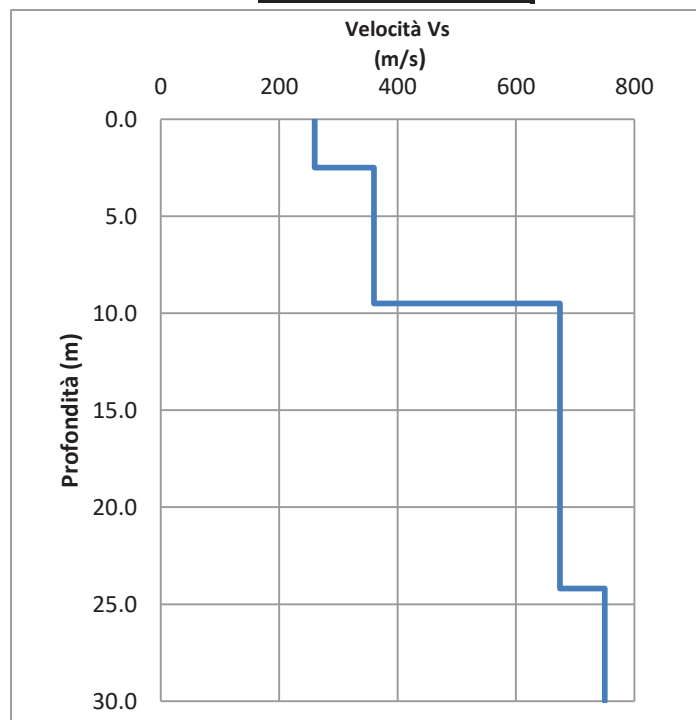
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST:	MASW 16		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'13.12"N	
	Long.	8°13'53.29"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	260.00
2	2.50	9.50	7.00	360.00
3	9.50	24.20	14.70	674.00
4	24.20	inf.	inf.	750.00

Vs eq (0 - 30) **512**  
Suolo **B**





# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST	MASW 17		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'25.34"N	
	Long.	8°14'11.38"E	





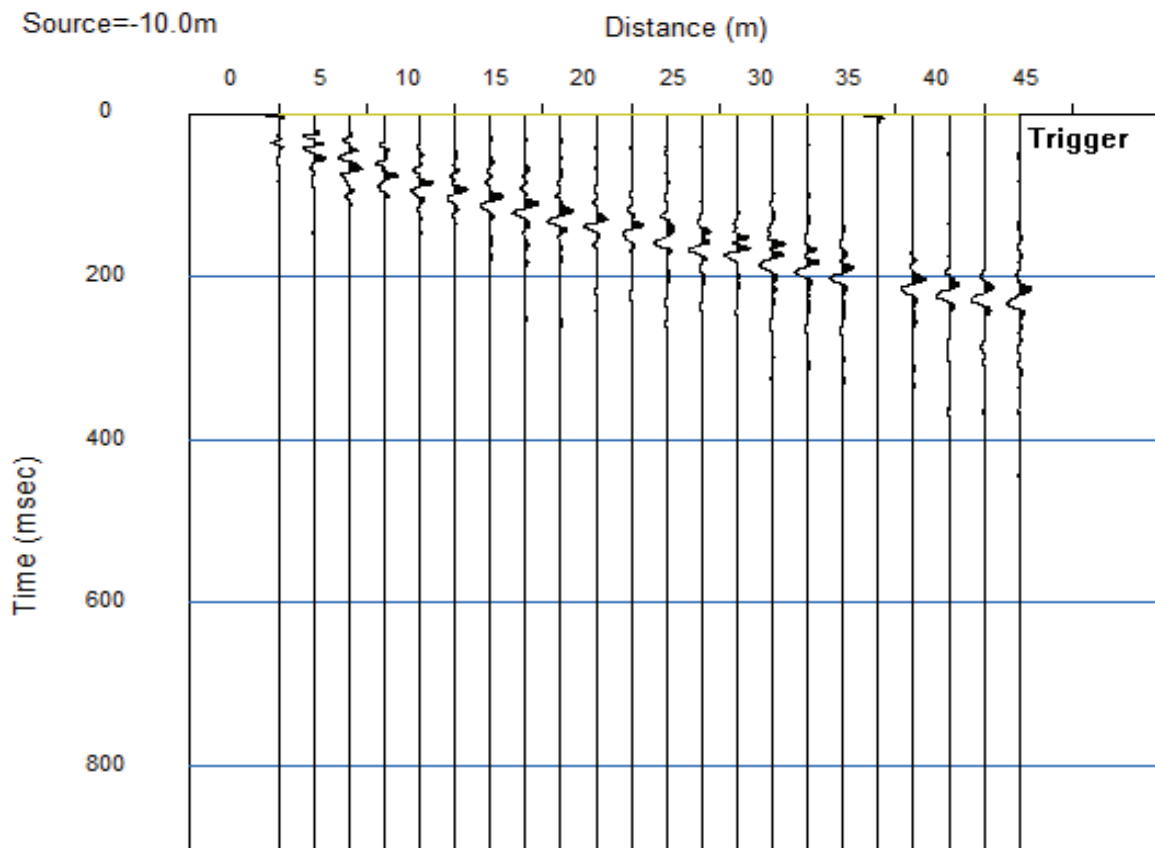
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR	
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora <span style="float: right;">Tratta</span>	
UBICAZIONE:	Borghetto Santo Spirito (SV)	
NOME TEST	MASW 17	
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021	
COORDINATE	Lat.	44° 7'25.34"N
	Long.	8°14'11.38"E

### SISMOGRAMMA





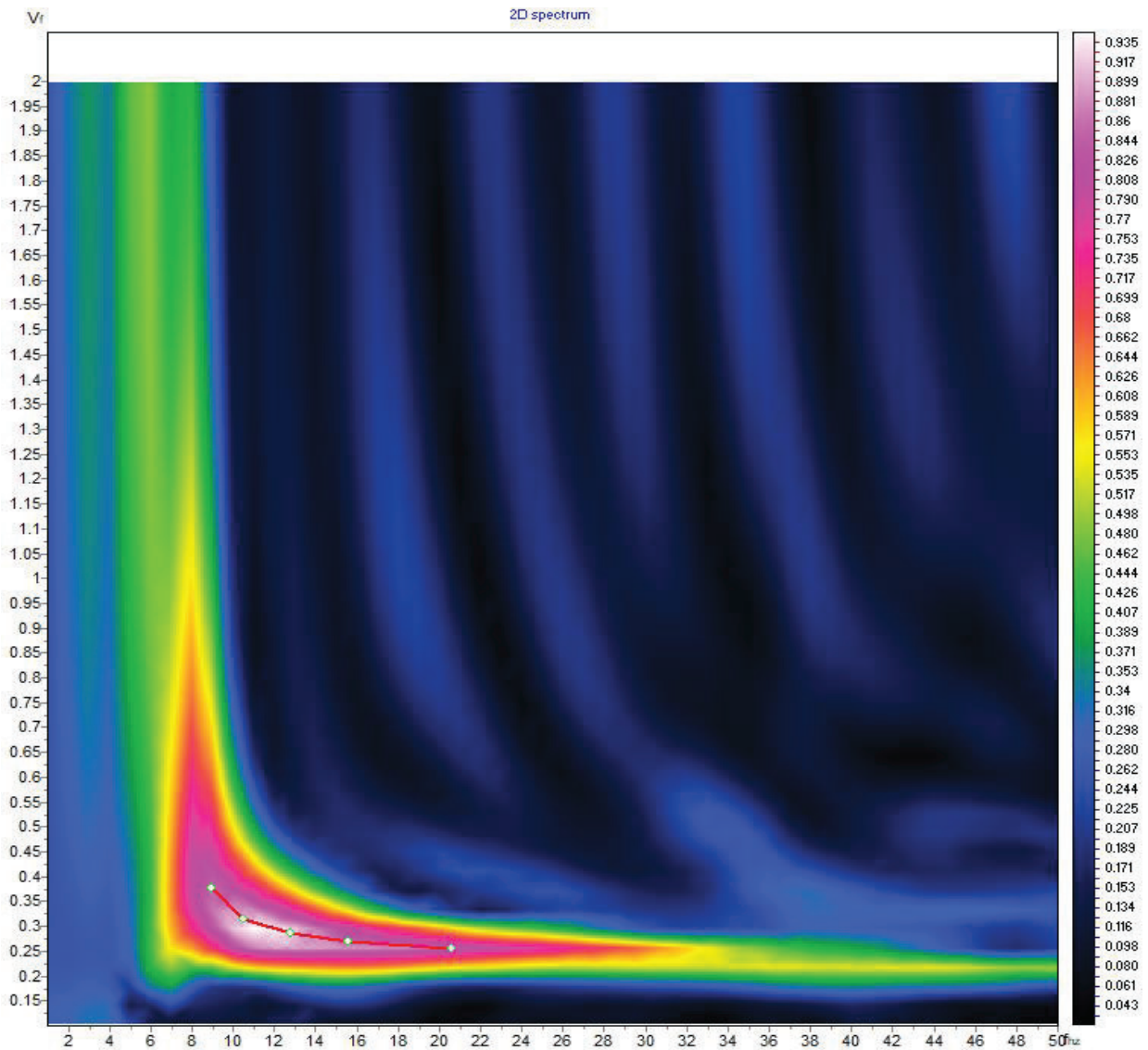
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST	MASW 17		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'25.34"N	
	Long.	8°14'11.38"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

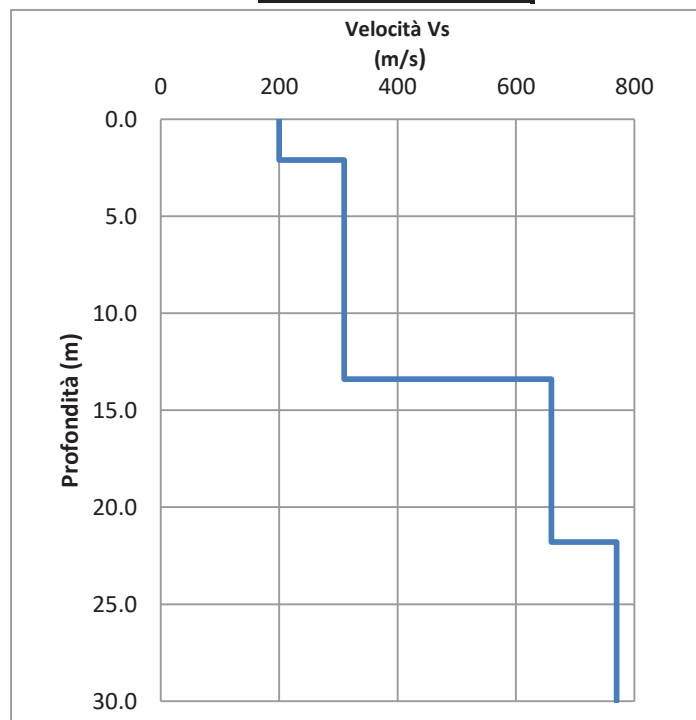
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Borghetto Santo Spirito (SV)		
NOME TEST:	MASW 17		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'25.34"N	
	Long.	8°14'11.38"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.10	2.10	200.00
2	2.10	13.40	11.30	310.00
3	13.40	21.80	8.40	660.00
4	21.80	inf.	inf.	770.00

Vs eq (0 - 30) **427**  
Suolo **B**







# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Loano (SV)		
NOME TEST	MASW 18		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'55.60"N	
	Long.	8°14'48.89"E	





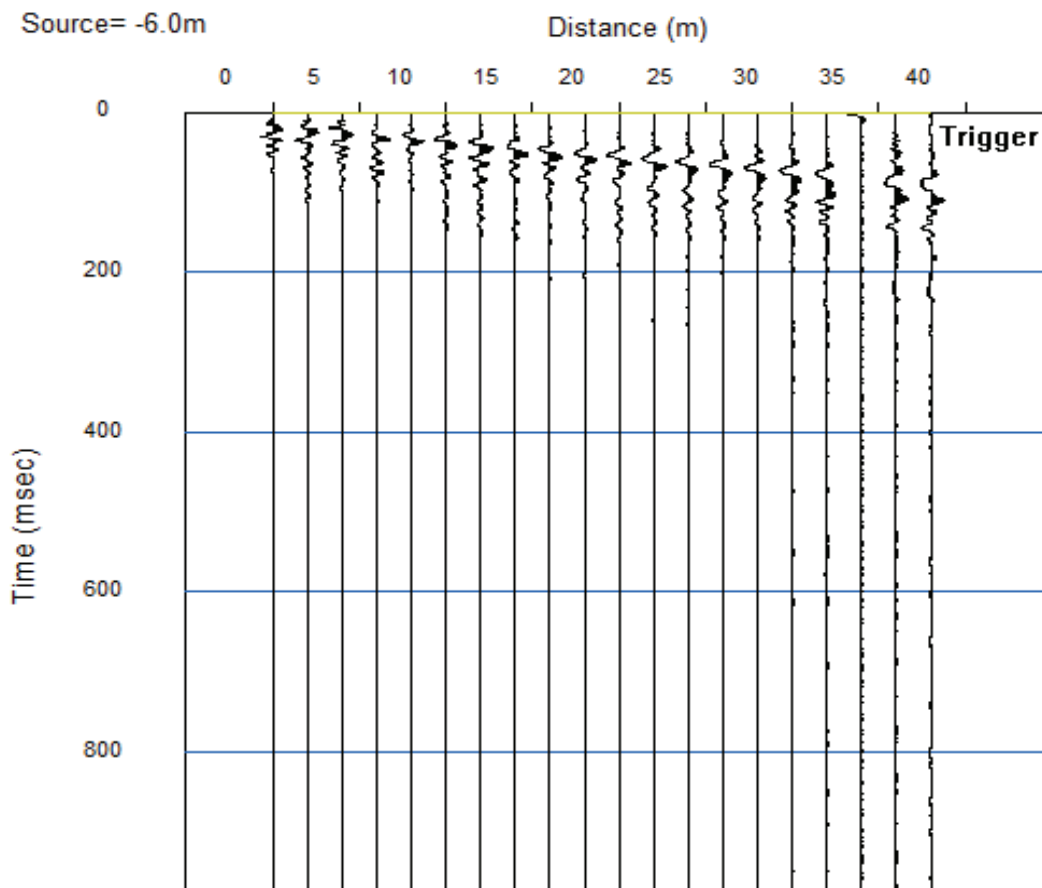
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Loano (SV)		
NOME TEST	MASW 18		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'55.60"N	
	Long.	8°14'48.89"E	

### SISMOGRAMMA





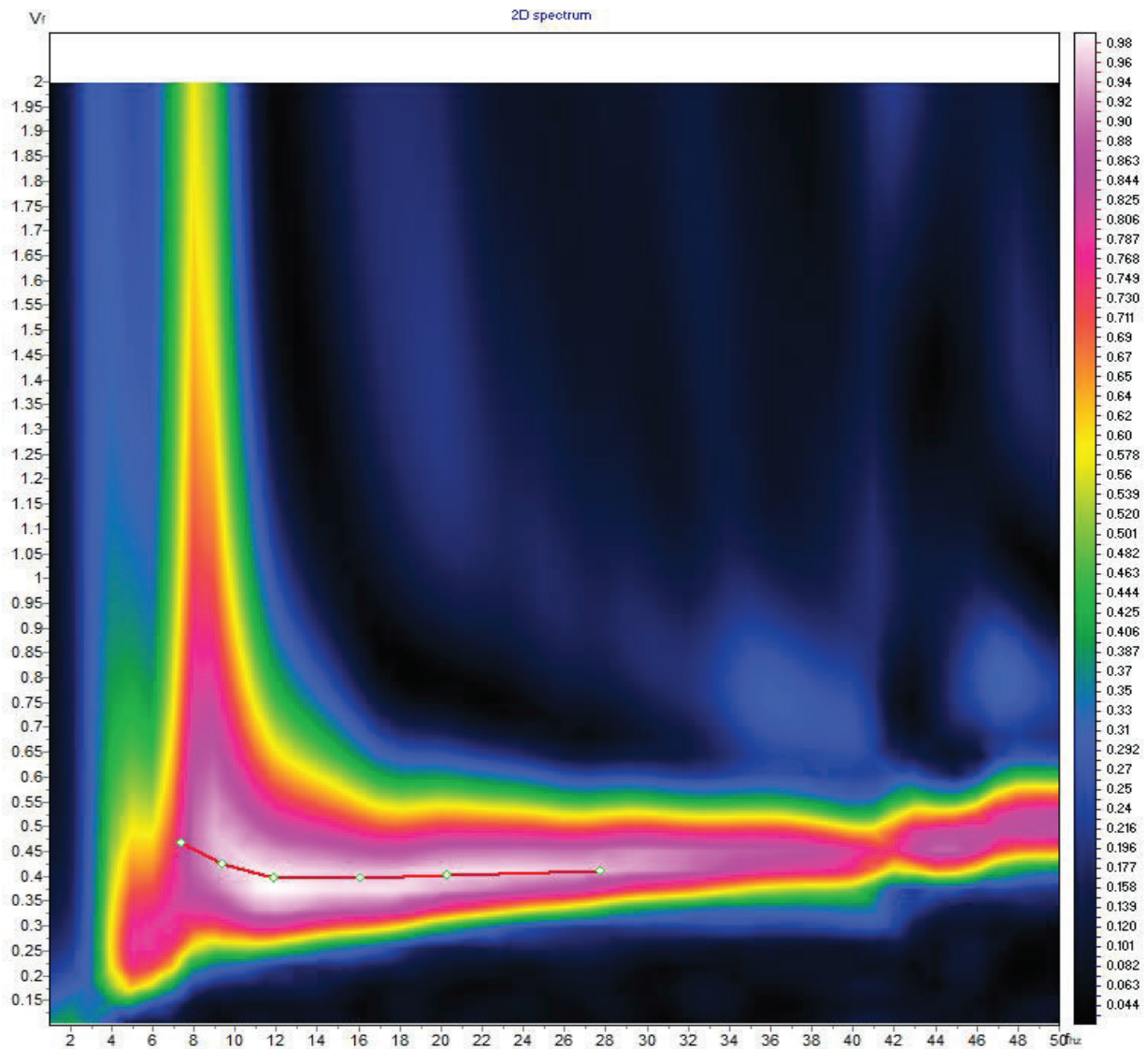
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Loano (SV)		
NOME TEST	MASW 18		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'55.60"N	
	Long.	8°14'48.89"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

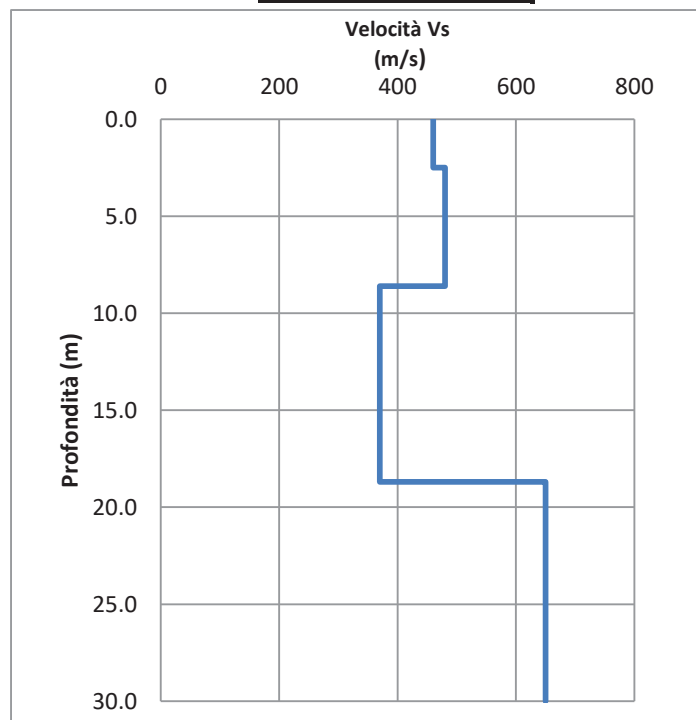
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Loano (SV)		
NOME TEST:	MASW 18		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 7'55.60"N	
	Long.	8°14'48.89"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	460.00
2	2.50	8.60	6.10	480.00
3	8.60	18.70	10.10	370.00
4	18.70	inf.	inf.	650.00

Vs eq (0 - 30) **478**  
Suolo -





# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Loano (SV)		
NOME TEST	MASW 19		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 8'11.99"N	
	Long.	8°15'1.55"E	





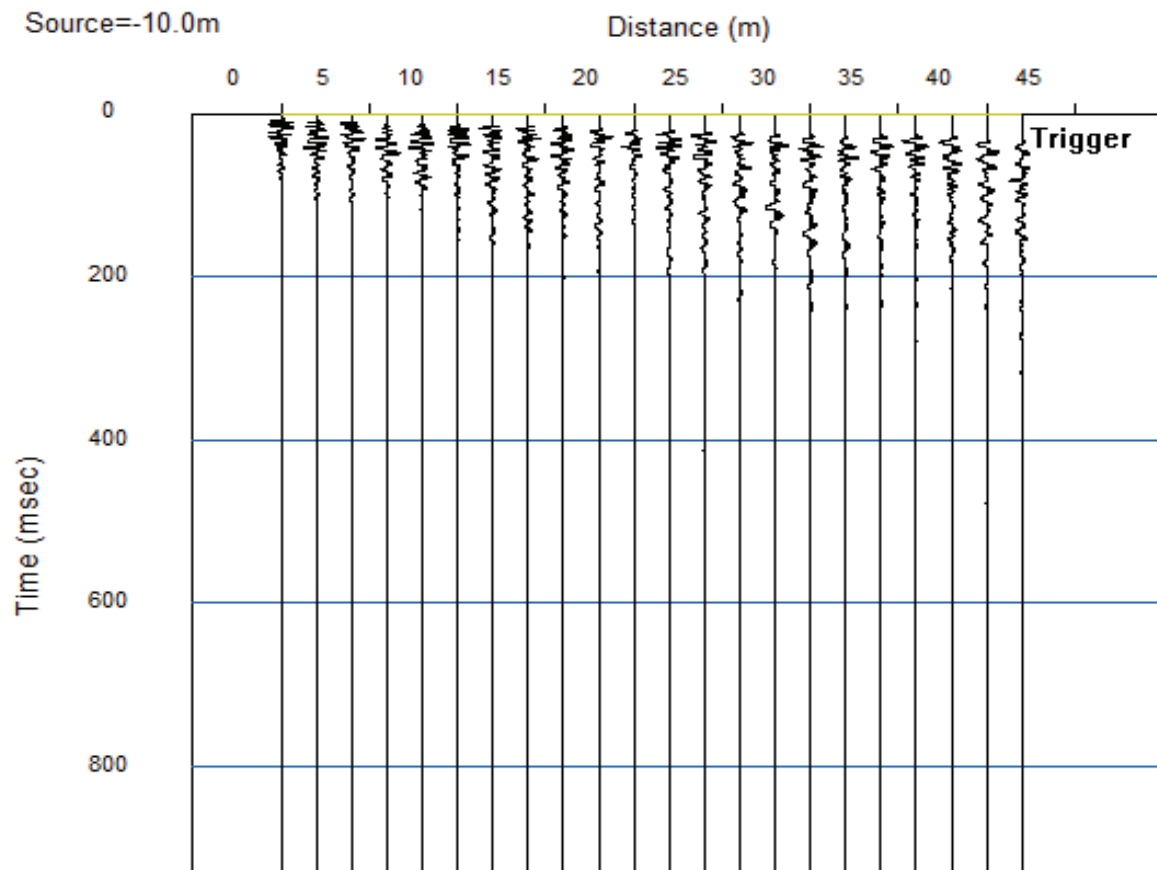
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Loano (SV)		
NOME TEST	MASW 19		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 8'11.99"N	
	Long.	8°15'1.55"E	

### SISMOGRAMMA





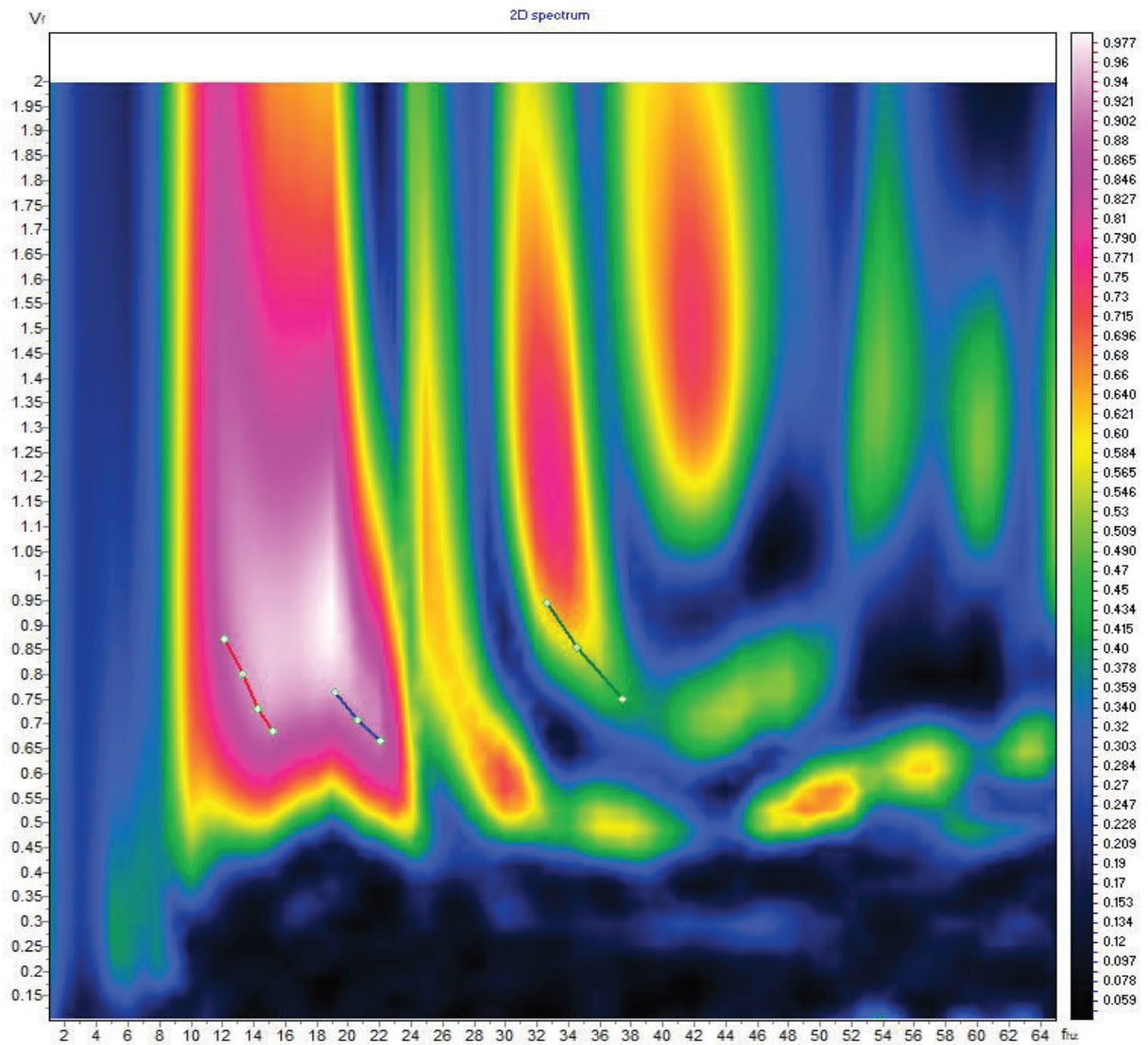
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Loano (SV)		
NOME TEST	MASW 19		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 8'11.99"N	
	Long.	8°15'1.55"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

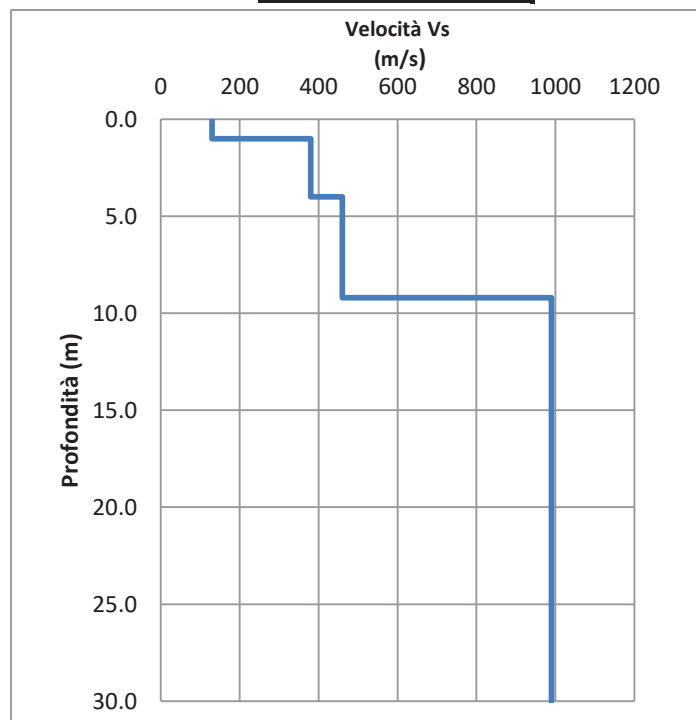
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Loano (SV)		
NOME TEST:	MASW 19		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 8'11.99"N	
	Long.	8°15'1.55"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	1.00	1.00	130.00
2	1.00	4.00	3.00	380.00
3	4.00	9.20	5.20	460.00
4	9.20	inf.	inf.	990.00

Vs eq (0 - 9.2) **342**  
Suolo **E**





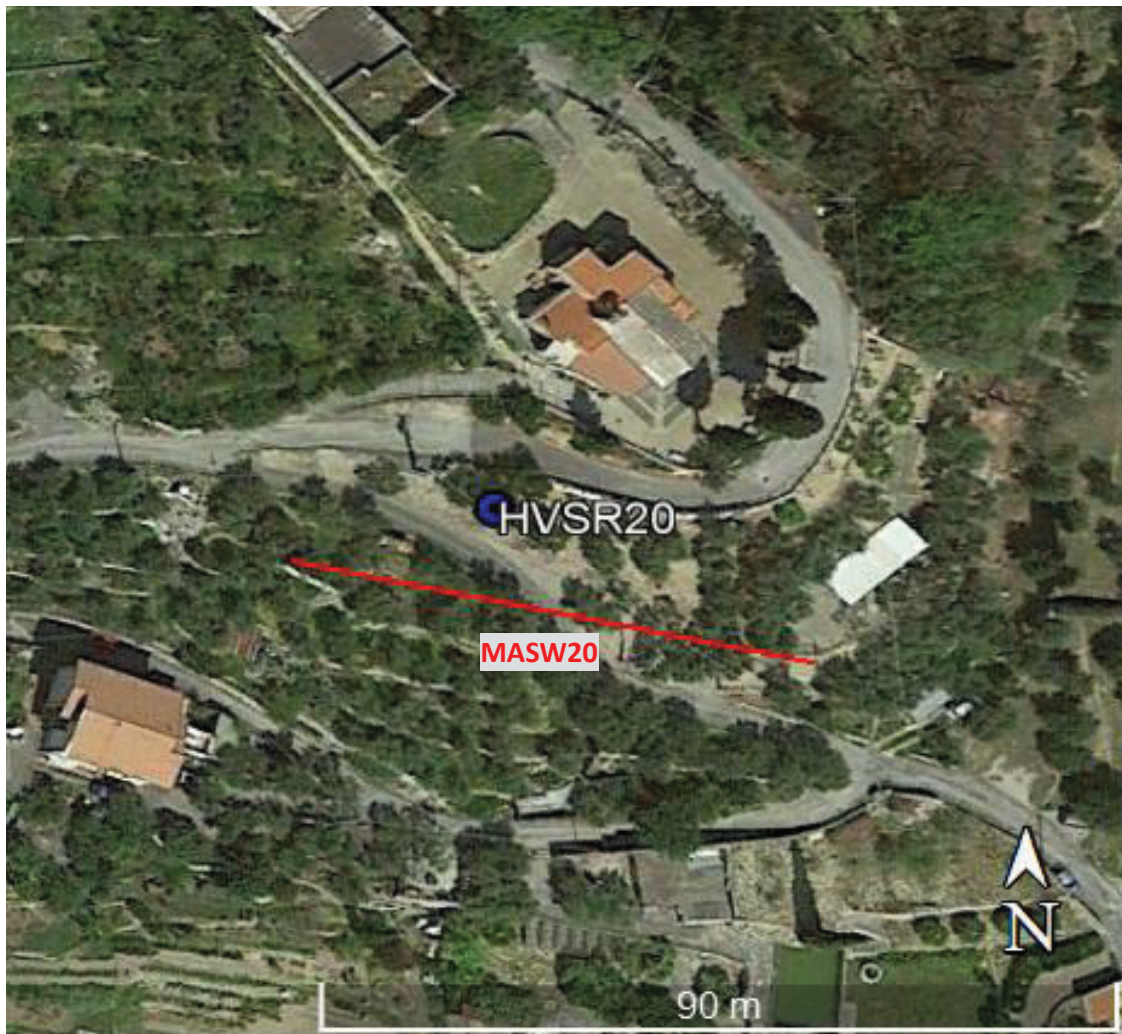


# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Loano (SV)		
NOME TEST	MASW 20		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 8'30.33"N	
	Long.	8°15'26.12"E	





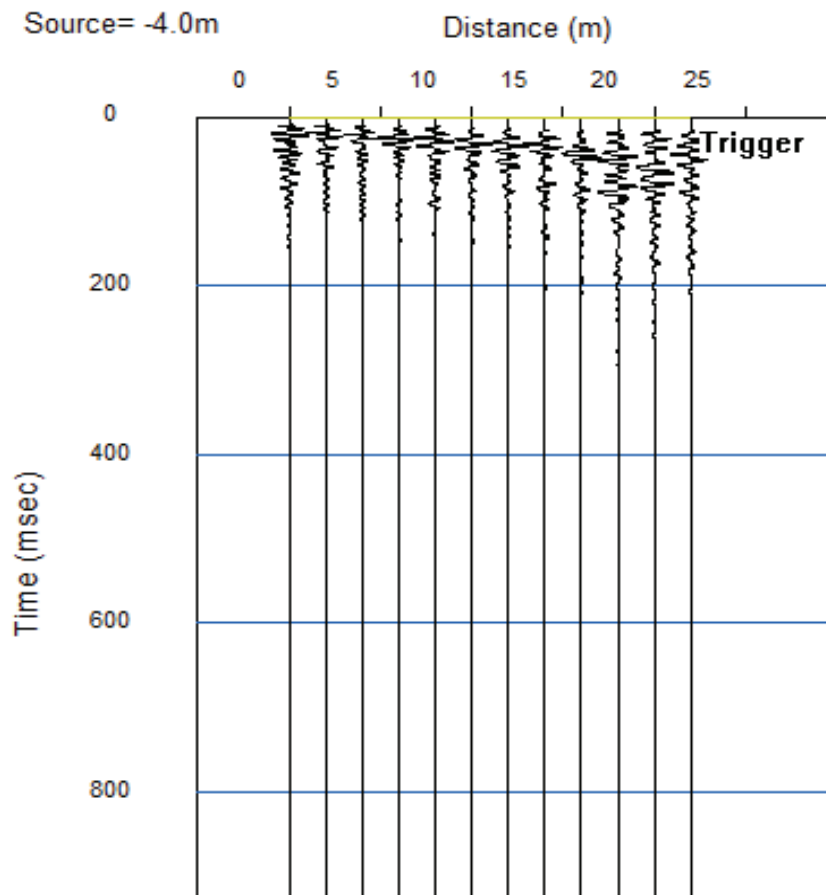
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Loano (SV)		
NOME TEST	MASW 20		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 8'30.33"N	
	Long.	8°15'26.12"E	

### SISMOGRAMMA





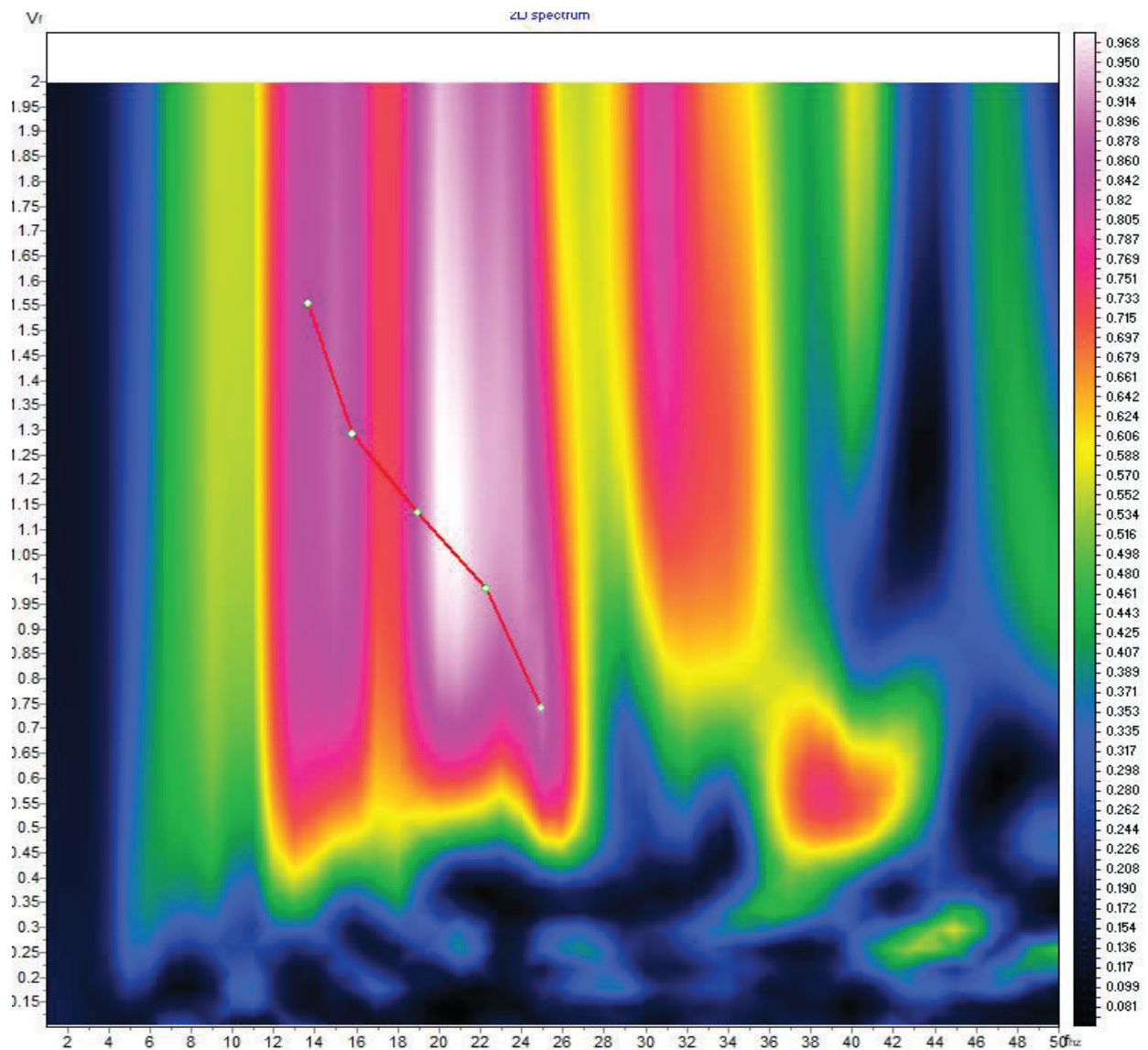
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Loano (SV)		
NOME TEST	MASW 20		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 8'30.33"N	
	Long.	8°15'26.12"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

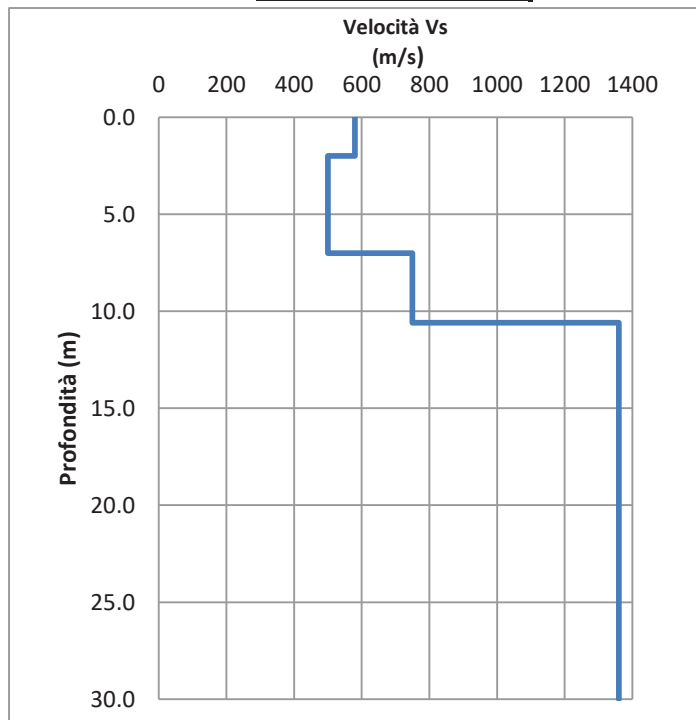
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Loano (SV)		
NOME TEST:	MASW 20		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 8'30.33"N	
	Long.	8°15'26.12"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.00	2.00	580.00
2	2.00	7.00	5.00	500.00
3	7.00	10.60	3.60	750.00
4	10.60	inf.	inf.	1360.00

Vs eq (0-10.6) **581**  
Suolo -



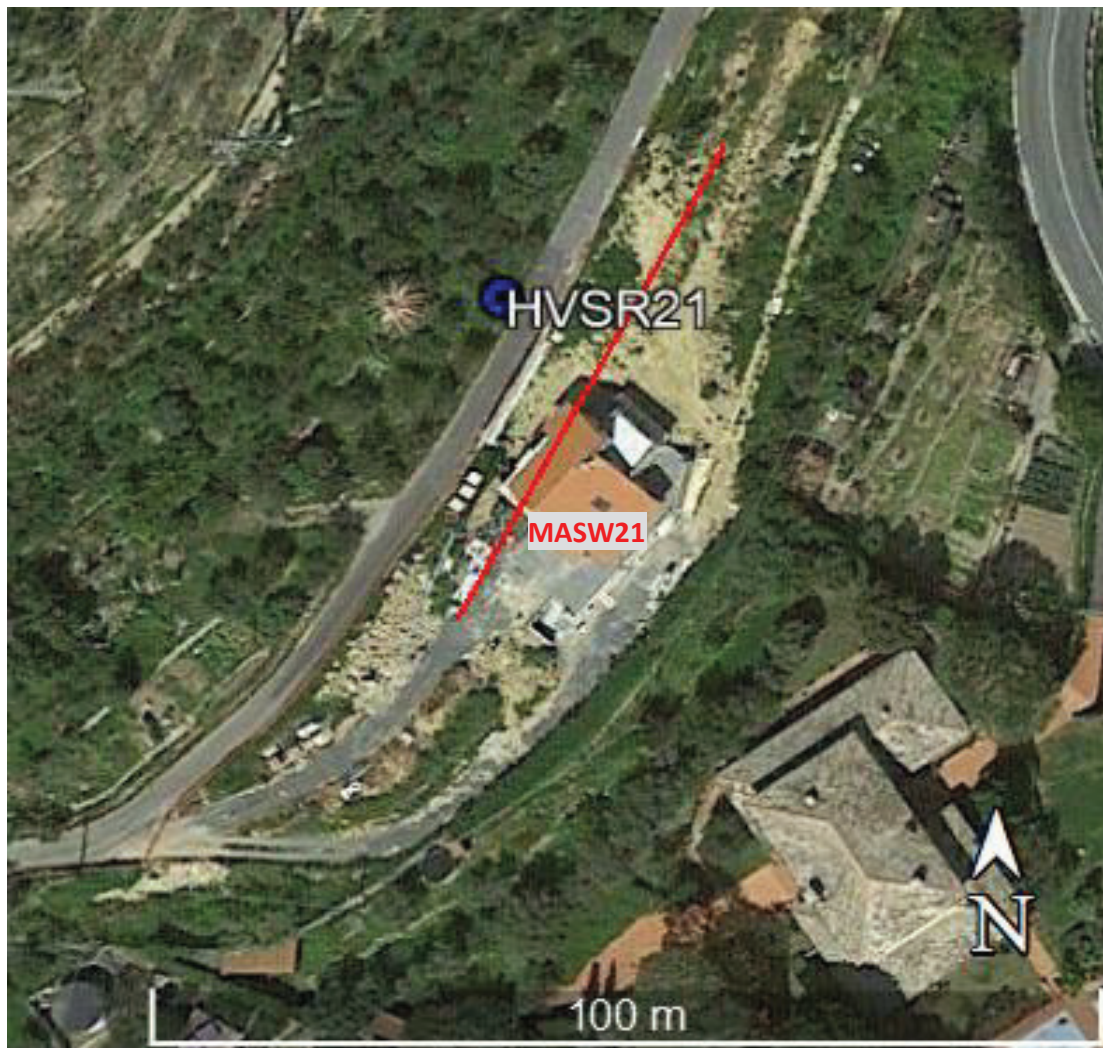


# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 21		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'10.88"N	
	Long.	8°15'57.35"E	





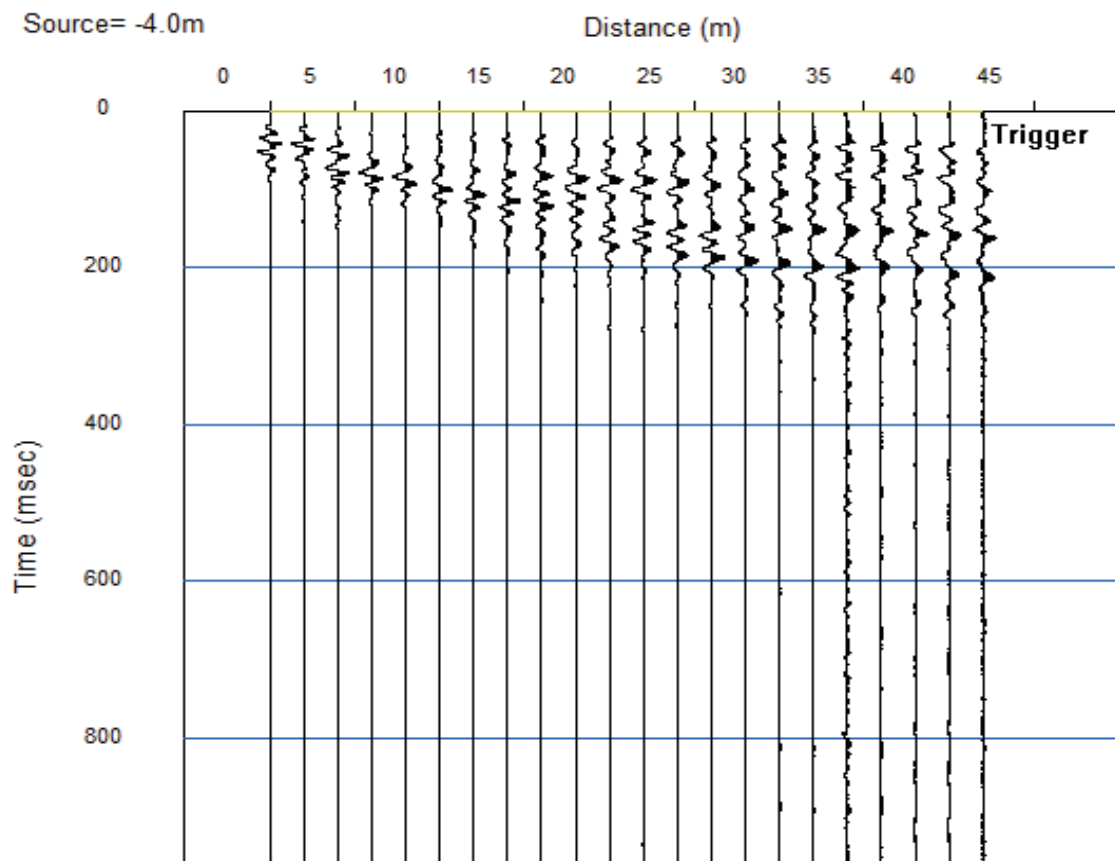
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 21		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'10.88"N	
	Long.	8°15'57.35"E	

### SISMOGRAMMA





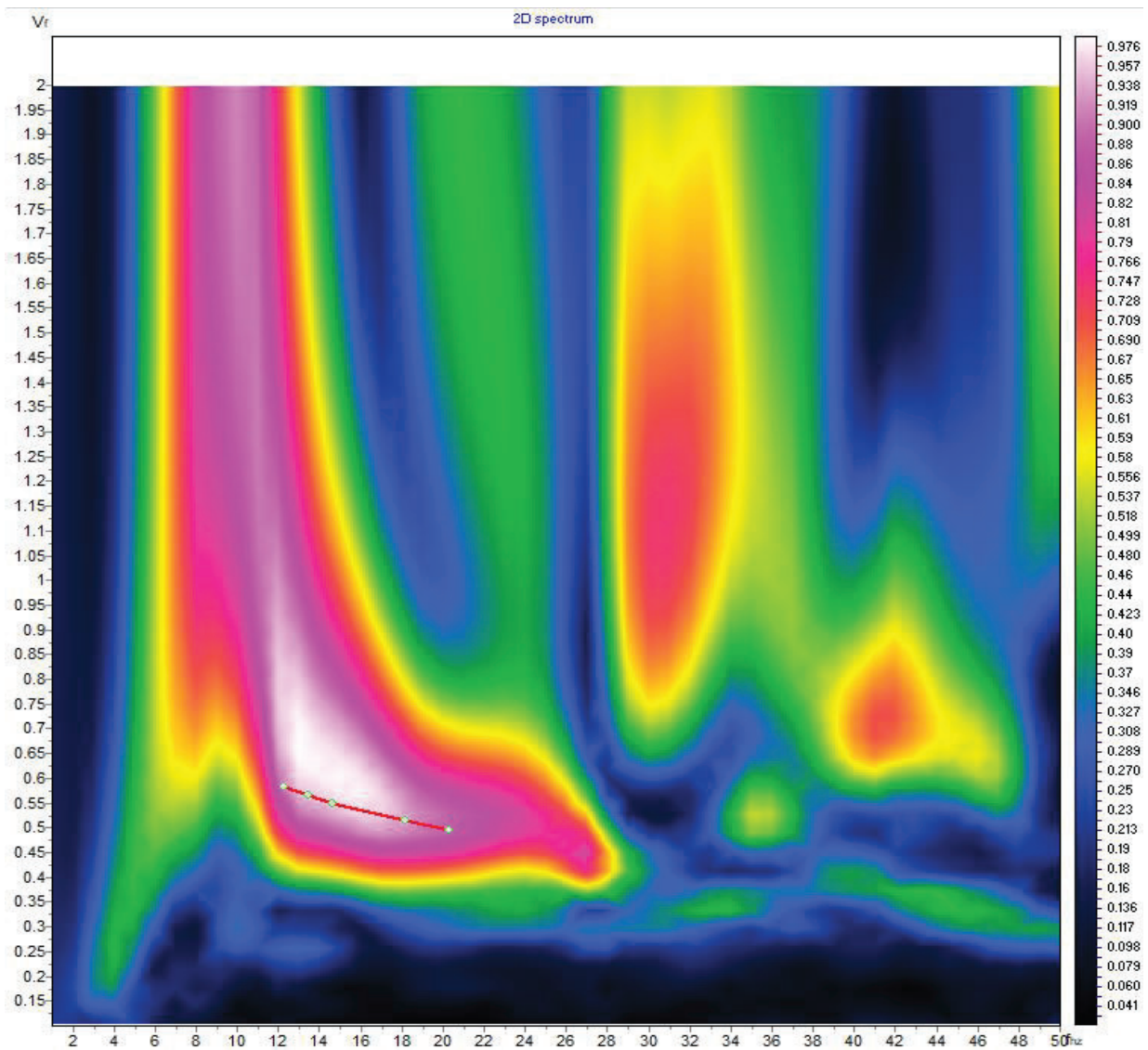
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 21		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'10.88"N	
	Long.	8°15'57.35"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

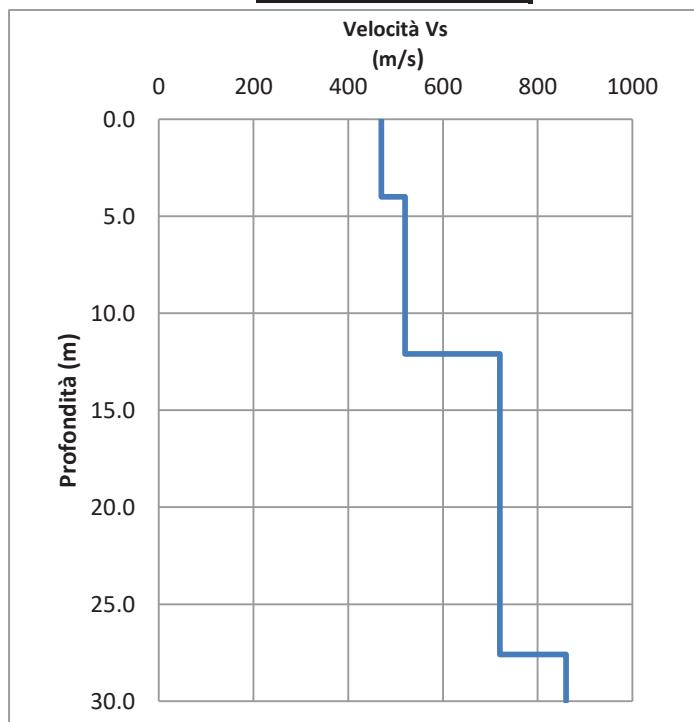
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST:	MASW 21		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'10.88"N	
	Long.	8°15'57.35"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	4.00	4.00	470.00
2	4.00	12.10	8.10	520.00
3	12.10	27.60	15.50	720.00
4	27.60	inf.	inf.	860.00

Vs eq (0 -27.6) **605**  
Suolo **B**







# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 22		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'39.78"N	
	Long.	8° 16'35.26"E	





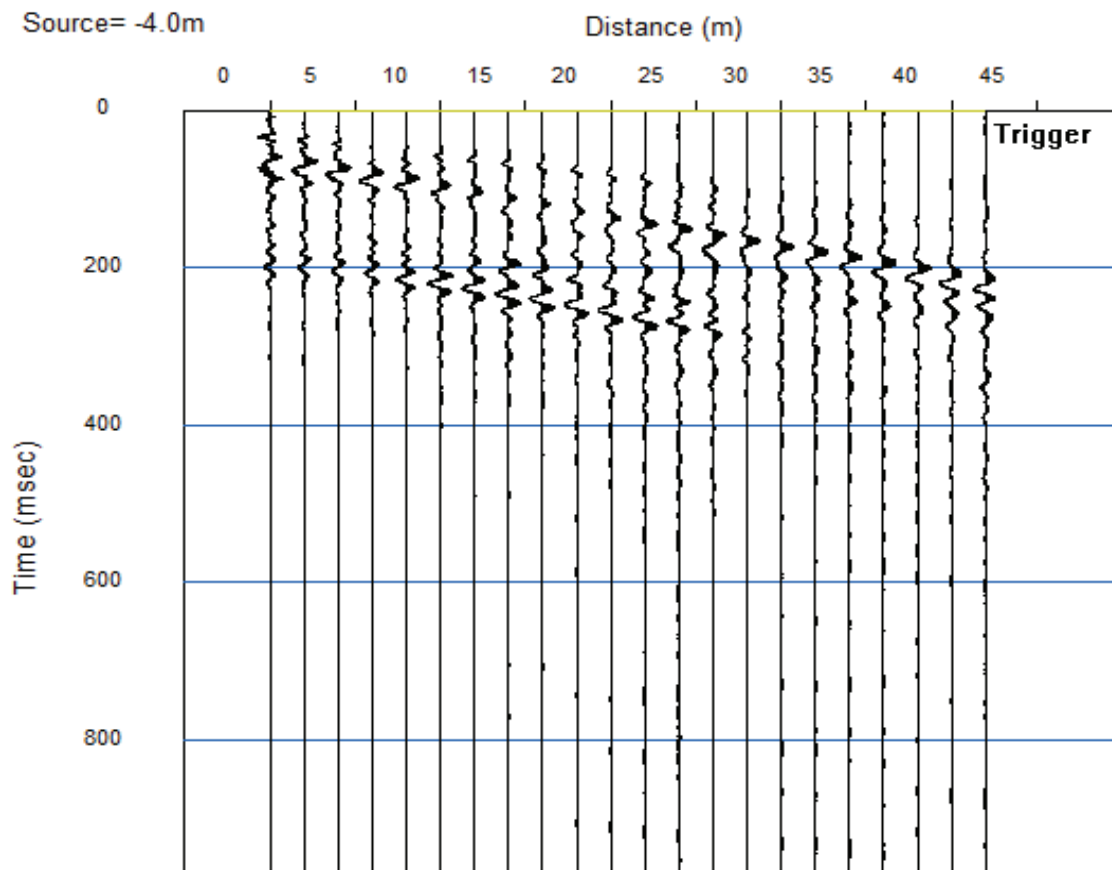
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 22		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'39.78"N	
	Long.	8° 16'35.26"E	

### SISMOGRAMMA





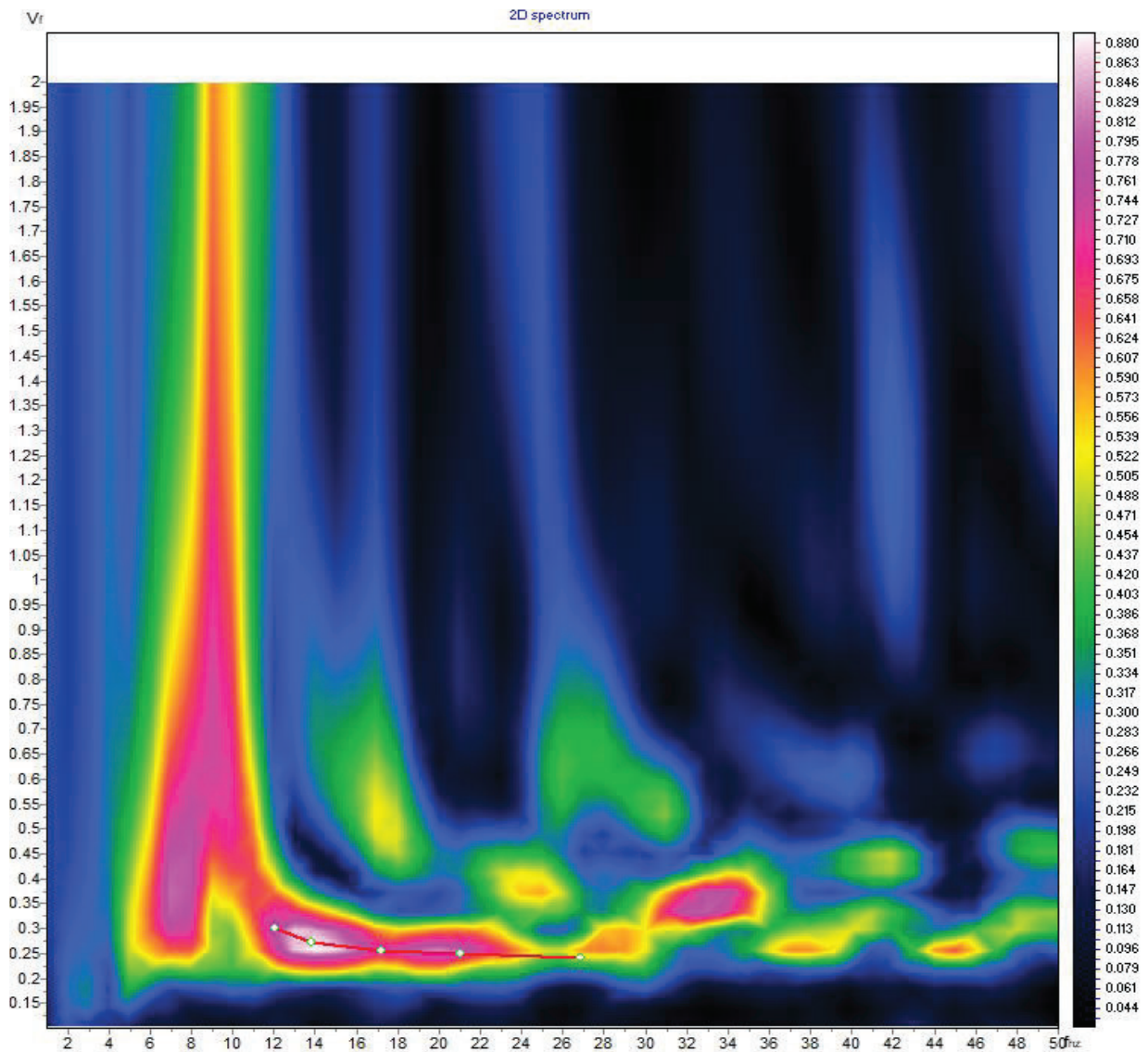
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 22		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'39.78"N	
	Long.	8°16'35.26"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

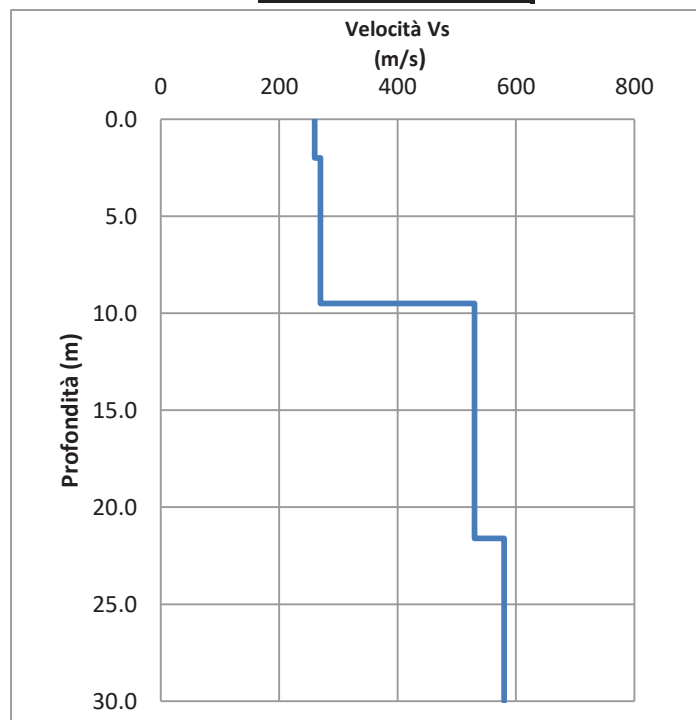
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST:	MASW 22		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'39.78"N	
	Long.	8°16'35.26"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.00	2.00	260.00
2	2.00	9.50	7.50	270.00
3	9.50	21.60	12.10	530.00
4	21.60	inf.	inf.	580.00

Vs eq (0 - 30) **412**  
Suolo **B**





# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 23		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'44.52"N	
	Long.	8° 16'46.37"E	





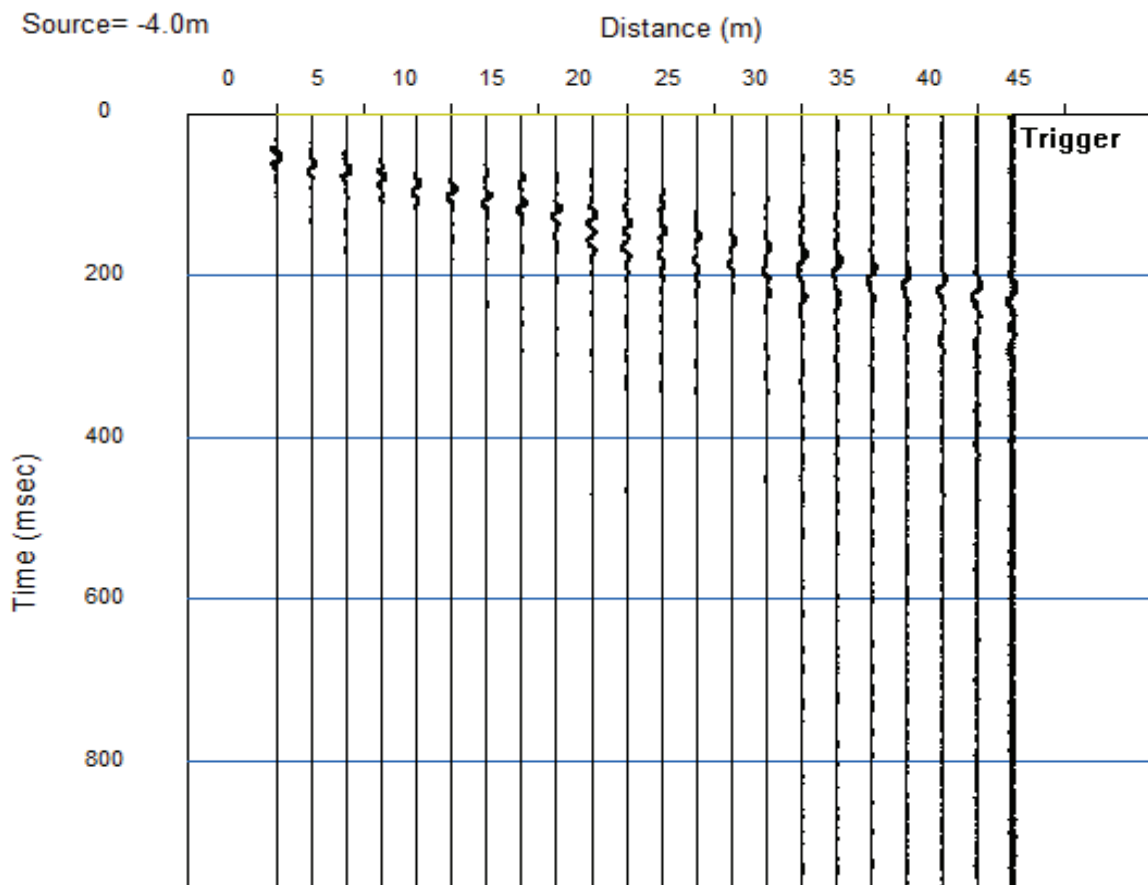
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 23		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'44.52"N	
	Long.	8°16'46.37"E	

### SISMOGRAMMA





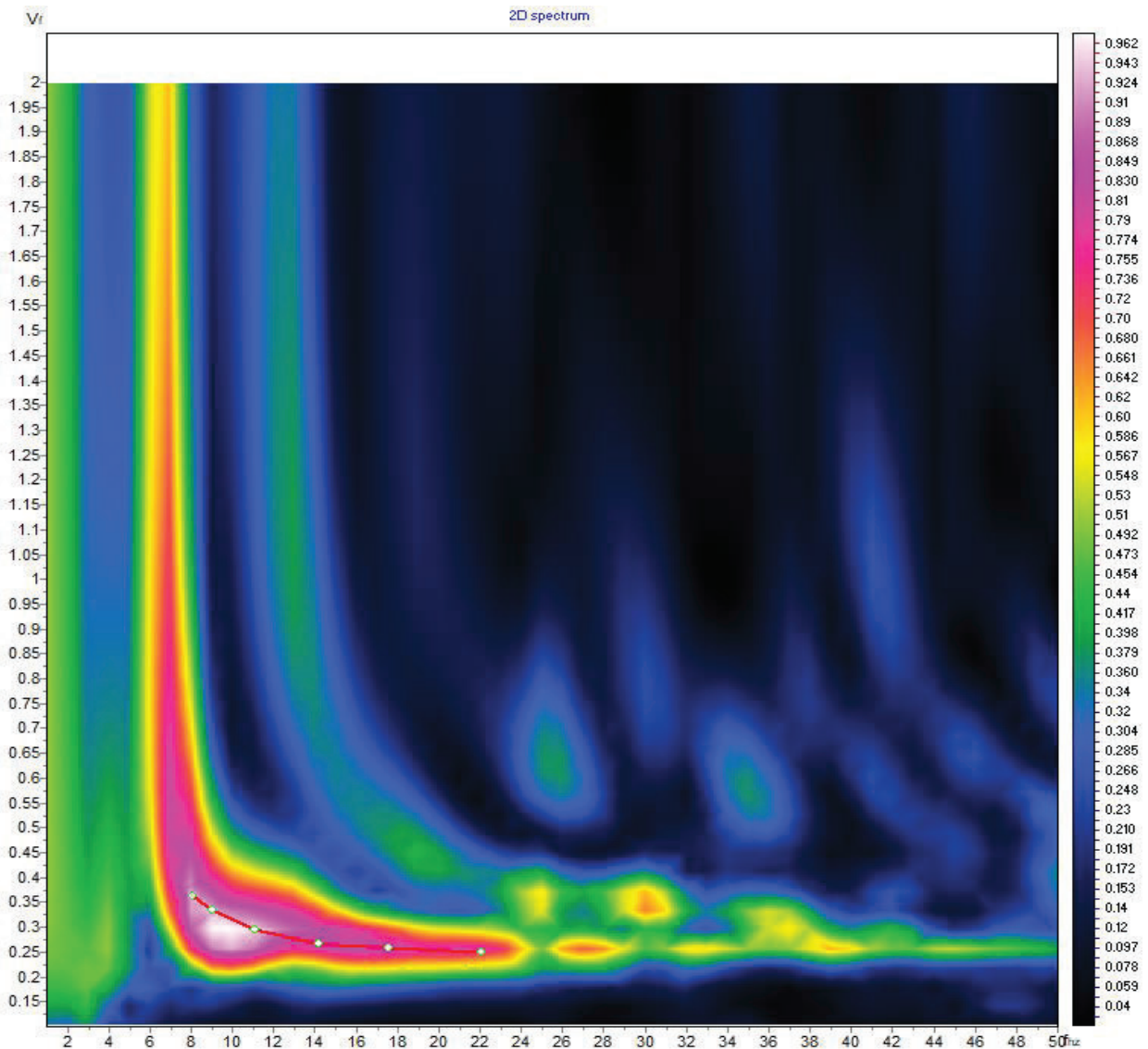
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 23		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'44.52"N	
	Long.	8°16'46.37"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

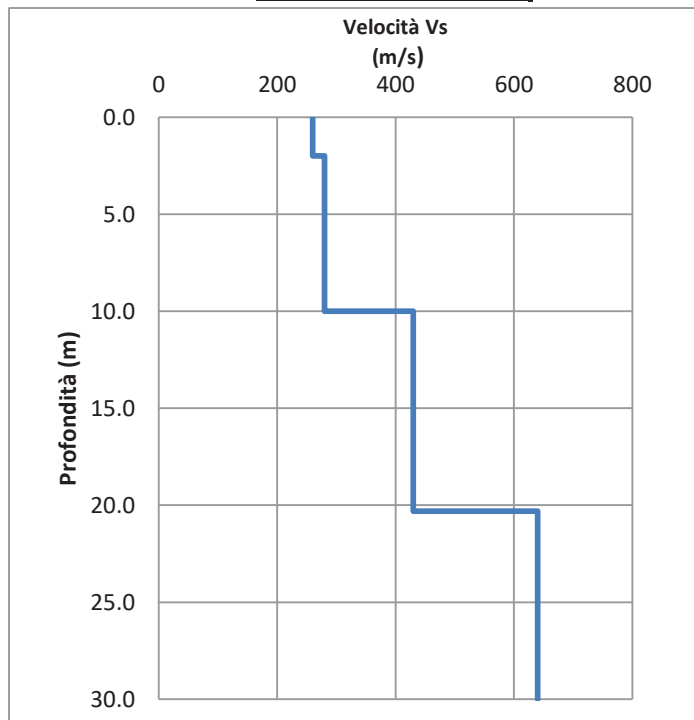
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Pietra Ligure (SV)		
NOME TEST:	MASW 23		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44° 9'44.52"N	
	Long.	8°16'46.37"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.00	2.00	260.00
2	2.00	10.00	8.00	280.00
3	10.00	20.30	10.30	430.00
4	20.30	inf.	inf.	640.00

Vs eq (0 - 30) **398**  
Suolo **B**







# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	borgio verezzi (SV)		
NOME TEST	MASW 24		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44°10'6.09"N	
	Long.	8°17'52.75"E	





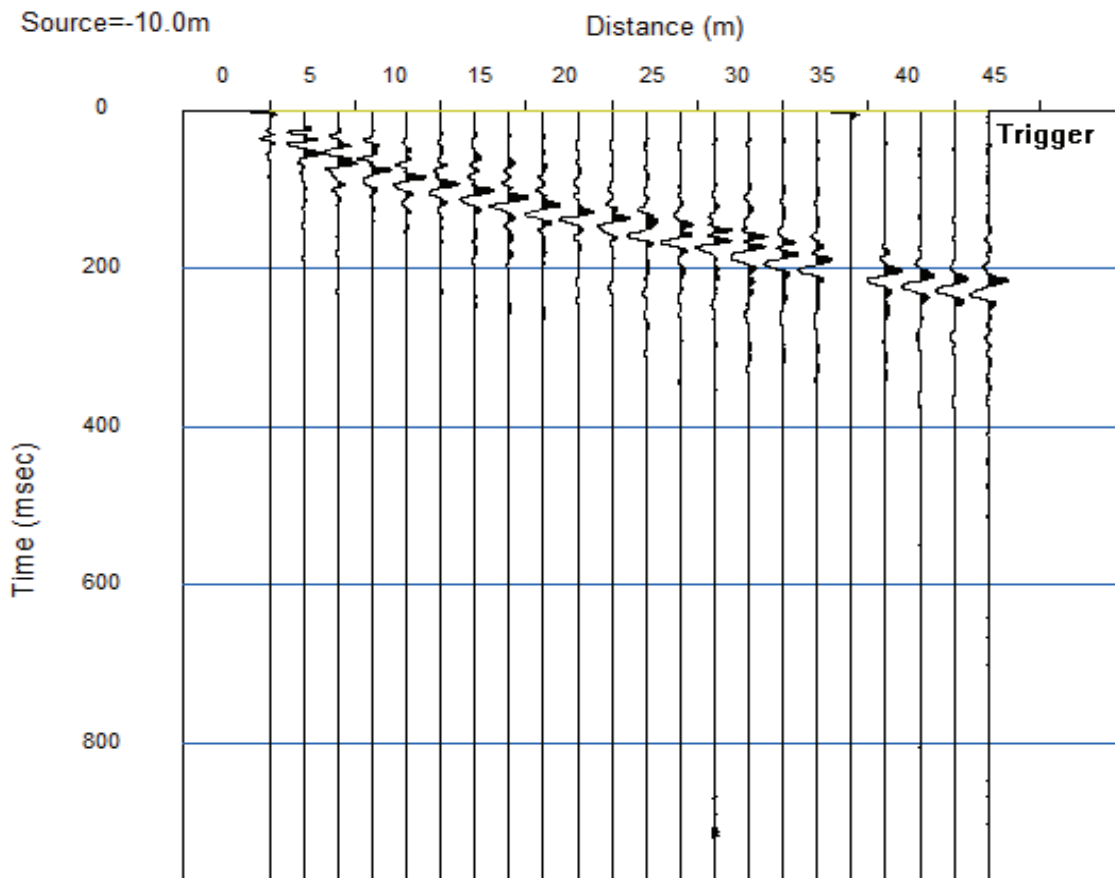
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	borgio verezzi (SV)		
NOME TEST	MASW 24		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44°10'6.09"N	
	Long.	8°17'52.75"E	

### SISMOGRAMMA





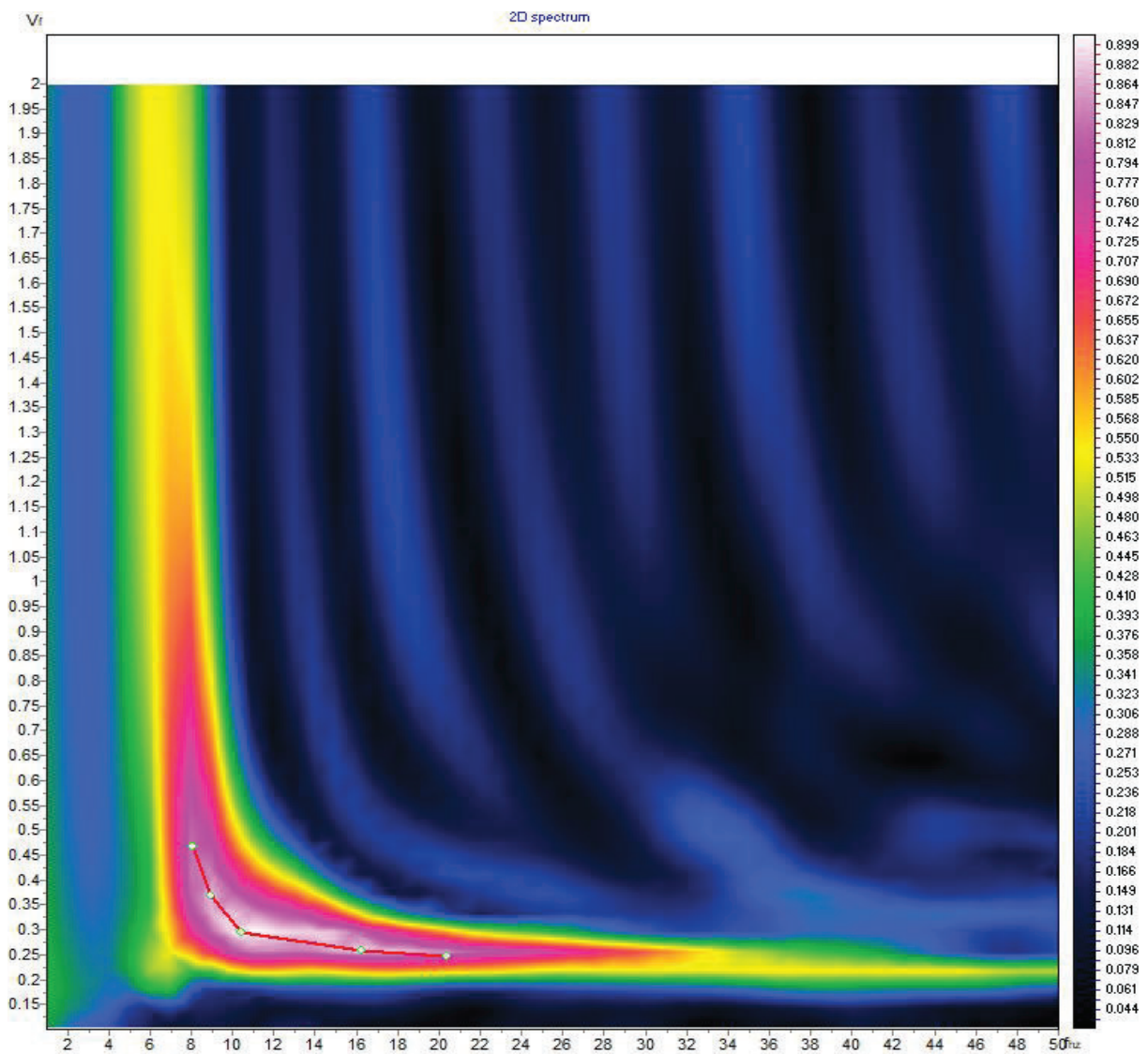
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	borgio verezzi (SV)		
NOME TEST	MASW 24		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44°10'6.09"N	
	Long.	8°17'52.75"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

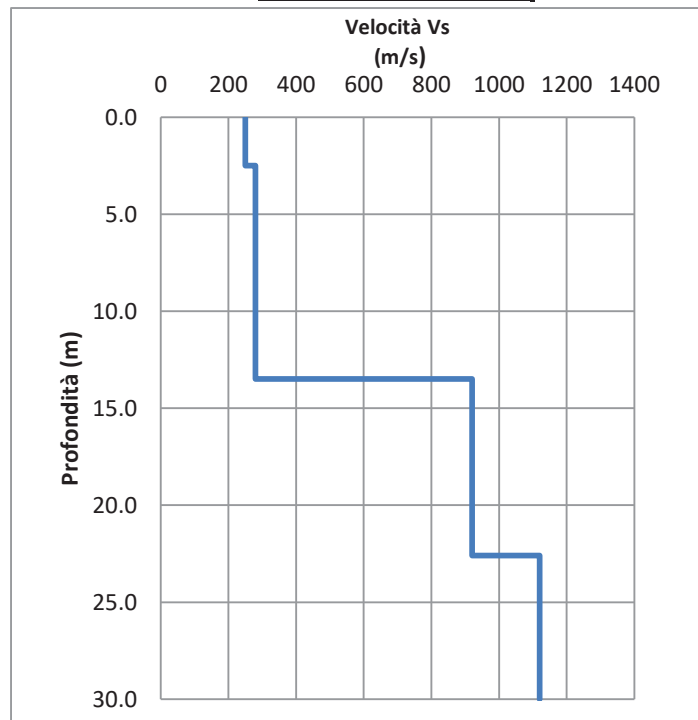
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	borgio verezzi (SV)		
NOME TEST:	MASW 24		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44°10'6.09"N	
	Long.	8°17'52.75"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	250.00
2	2.50	13.50	11.00	280.00
3	13.50	22.60	9.10	920.00
4	22.60	inf.	inf.	1120.00

Vs eq (0-13.5) **274**  
Suolo **E**





# TEST REPORT

1/4

## MASW

CLIENTE	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE	Finale Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 25		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44°10'4.34"N	
	Long.	8°20'18.30"E	





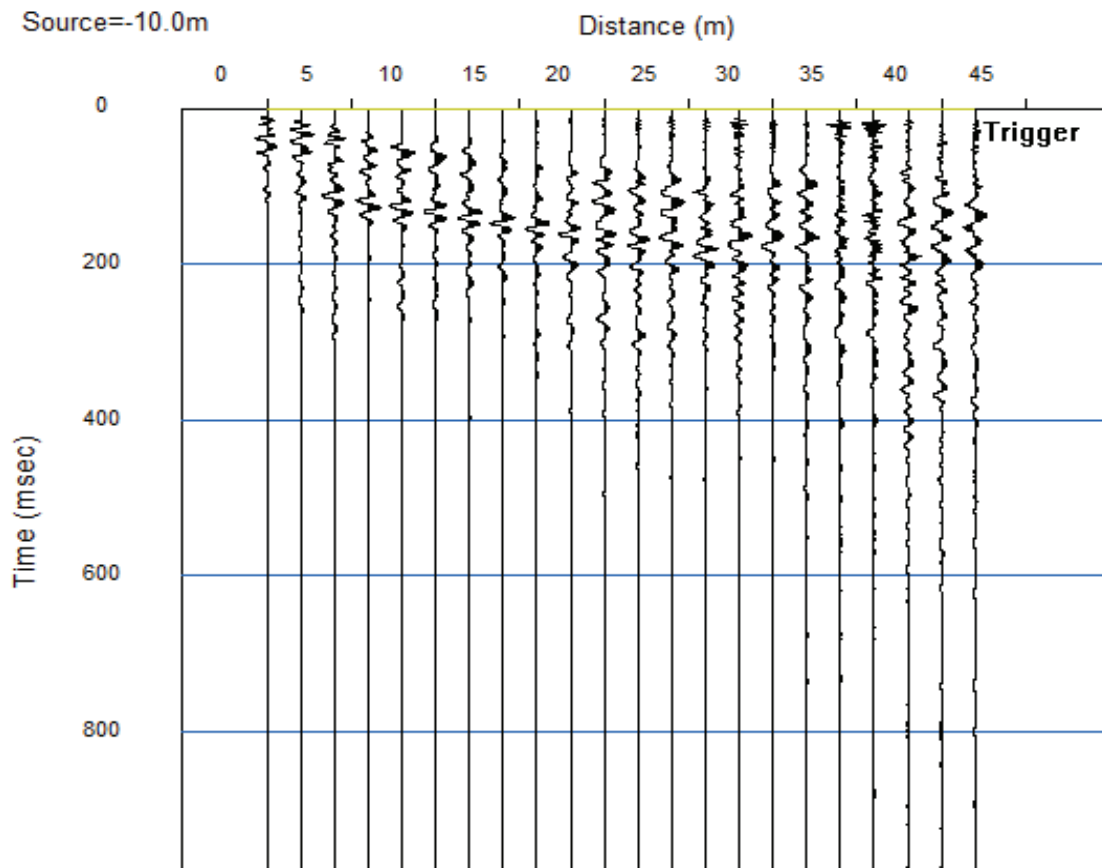
# TEST REPORT

2/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Finale Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 25		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44°10'4.34"N	
	Long.	8°20'18.30"E	

### SISMOGRAMMA





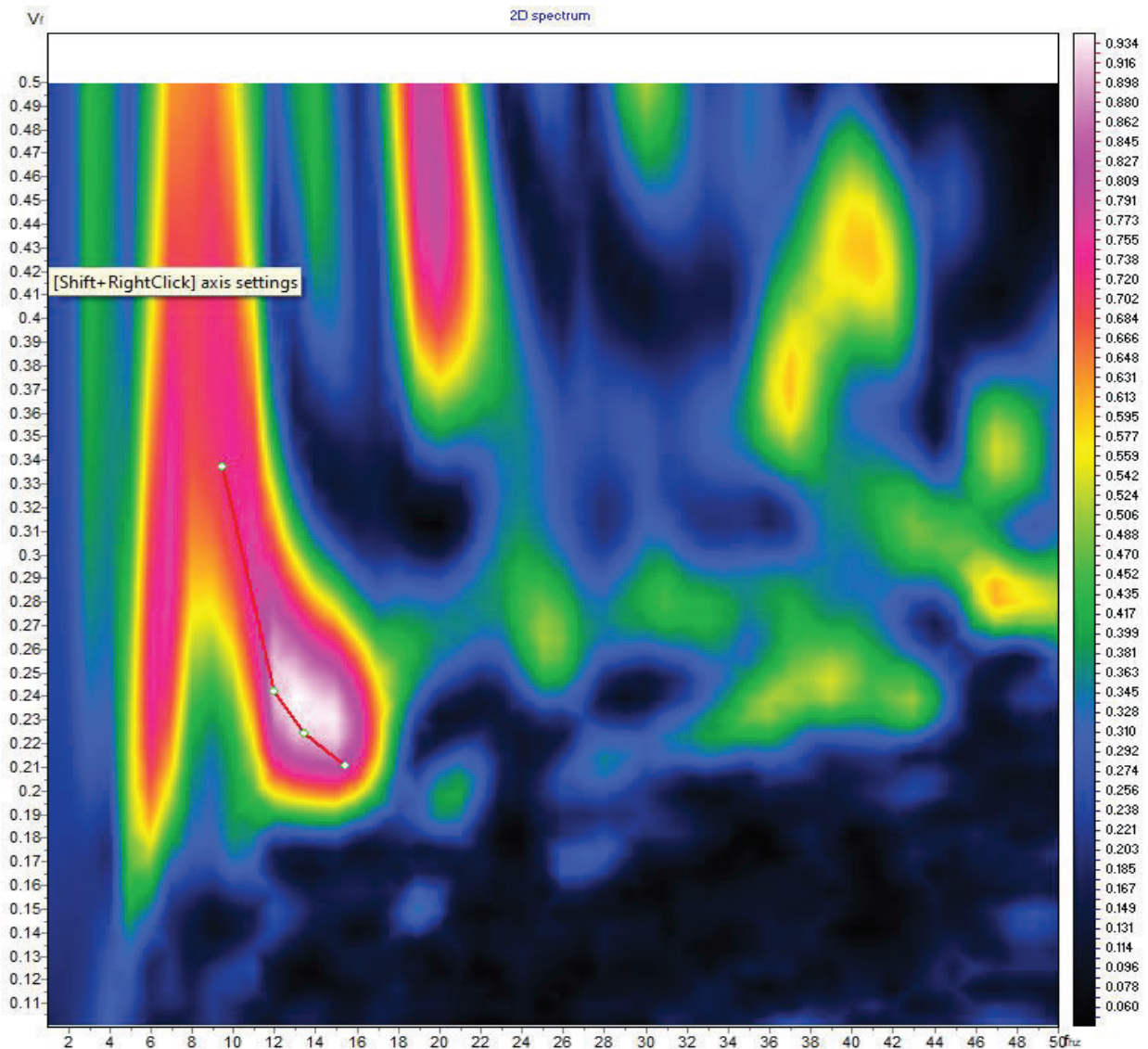
# TEST REPORT

3/4

## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Finale Ligure (SV)		
NOME TEST	MASW 25		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44°10'4.34"N	
	Long.	8°20'18.30"E	

### SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE





# TEST REPORT

4/4

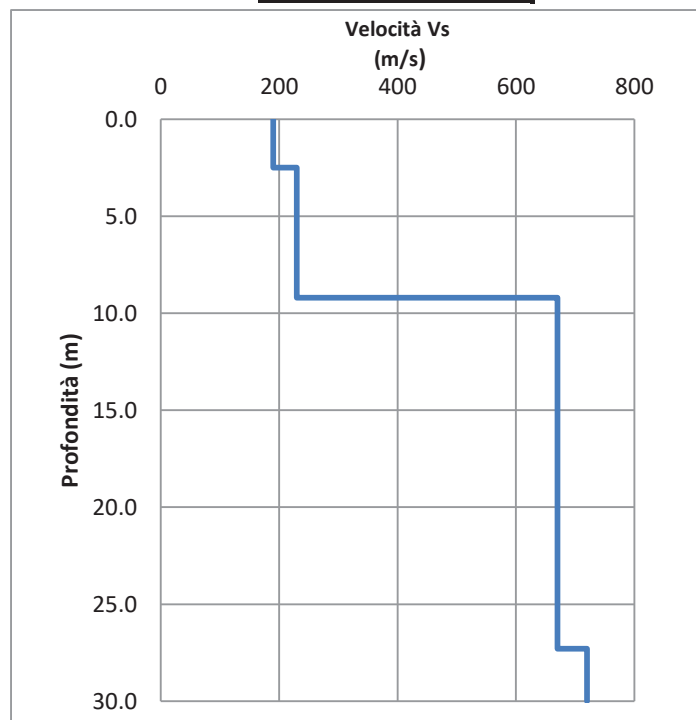
## MASW

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Finale Ligure - Andora		Tratta
UBICAZIONE:	Finale Ligure (SV)		
NOME TEST:	MASW 25		
DATA DI ESECUZIONE	15/07/2021		
COORDINATE	Lat.	44°10'4.34"N	
	Long.	8°20'18.30"E	

### GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	2.50	190.00
2	2.50	9.20	6.70	230.00
3	9.20	27.30	18.10	670.00
4	27.30	inf.	inf.	720.00

Vs eq (0 - 30) **411**  
Suolo **B**





## HVSR01

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 15/07/21 18:21:12 End recording: 15/07/21 19:01:12

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 95% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

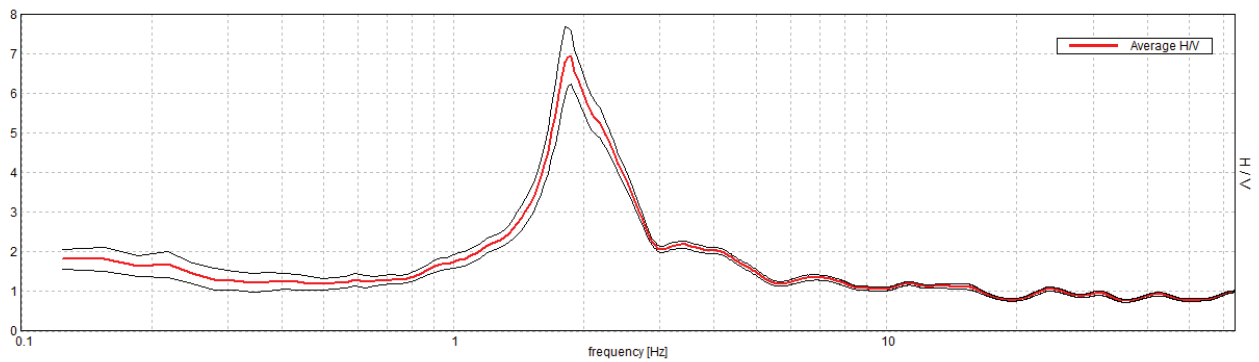
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

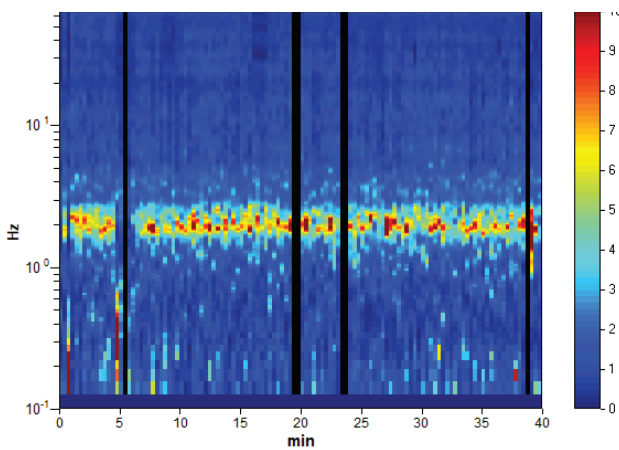
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

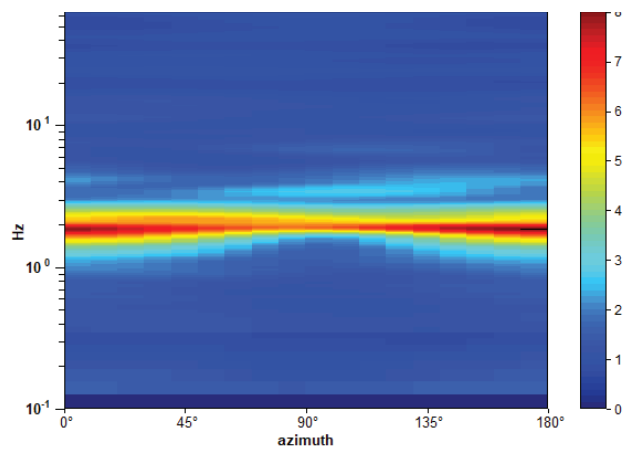
Max. H/V at  $1.84 \pm 0.3$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



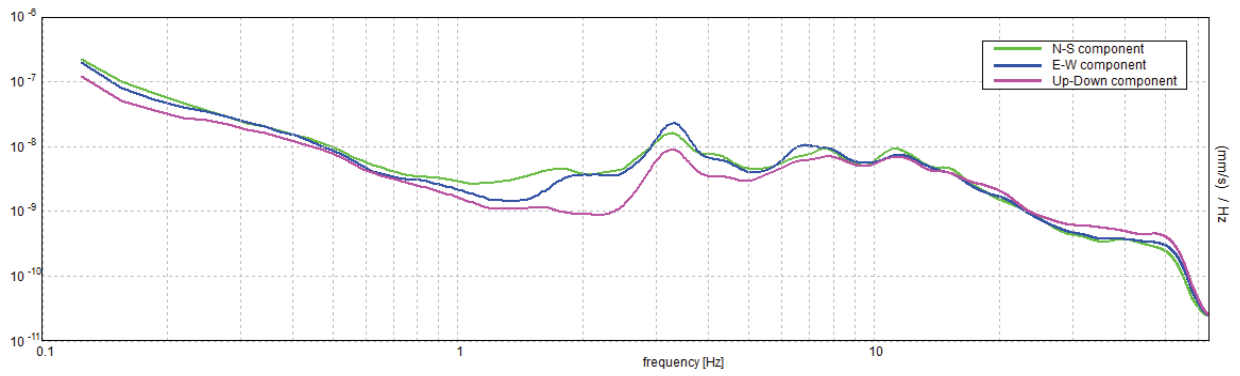
### H/V TIME HISTORY



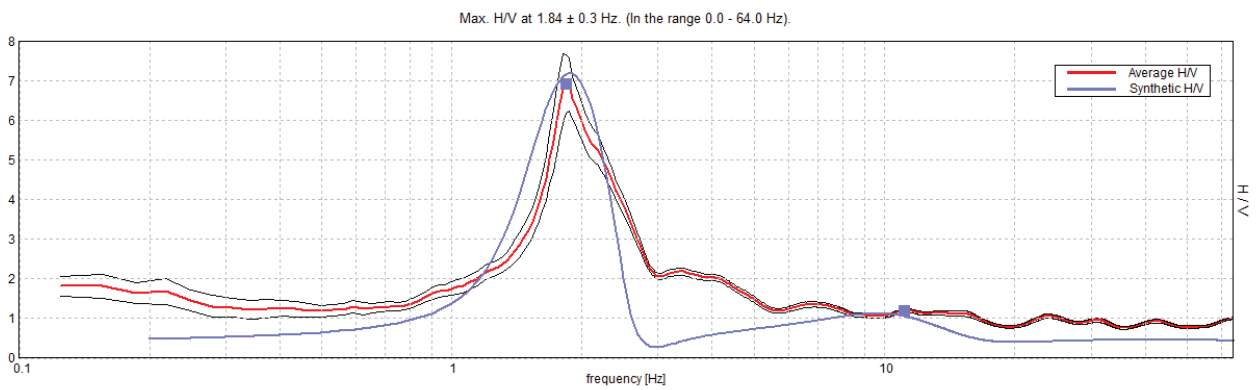
### DIRECTIONAL H/V



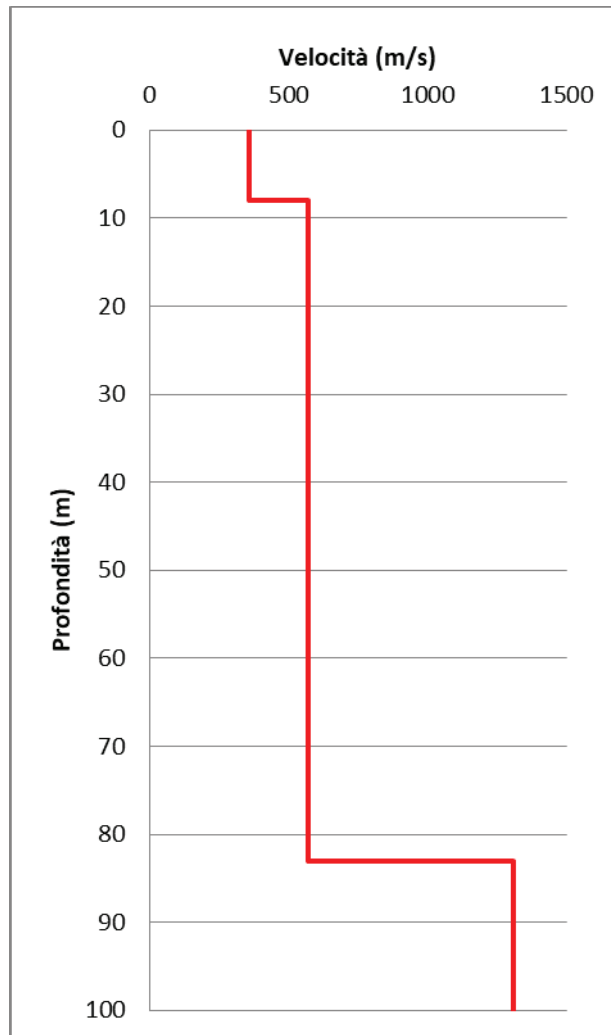
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.00	8.00	355	0.43
83.00	75.00	570	0.42
inf.	inf.	1309	0.42



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $1.84 \pm 0.3$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4203.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 90 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.531 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$6.92 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16535  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.30487 < 0.18438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7376 < 1.78$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## HVSR02

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 15/07/21 17:29:18 End recording: 15/07/21 18:09:18

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 97% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

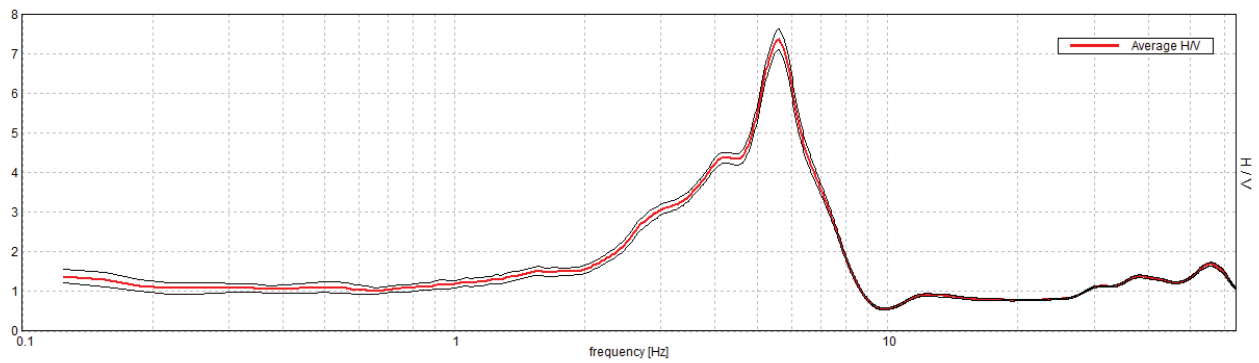
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

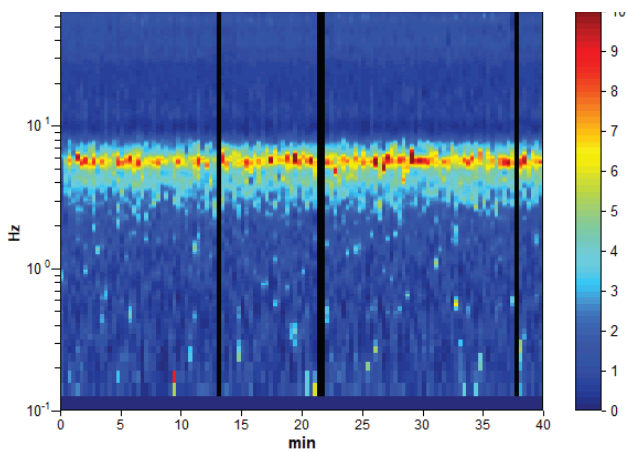
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

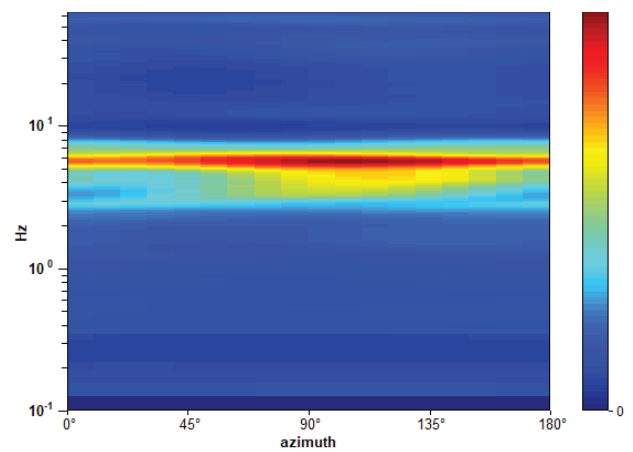
Max. H/V at  $5.63 \pm 0.44$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



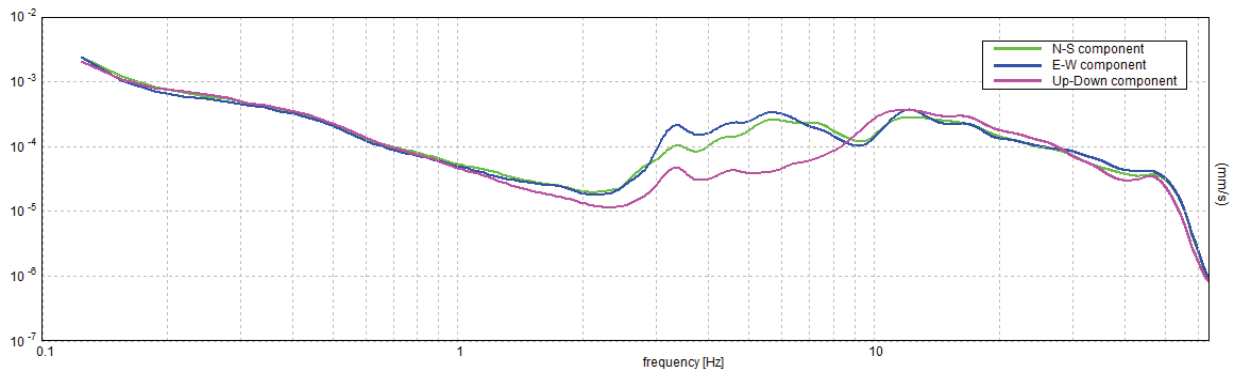
### H/V TIME HISTORY



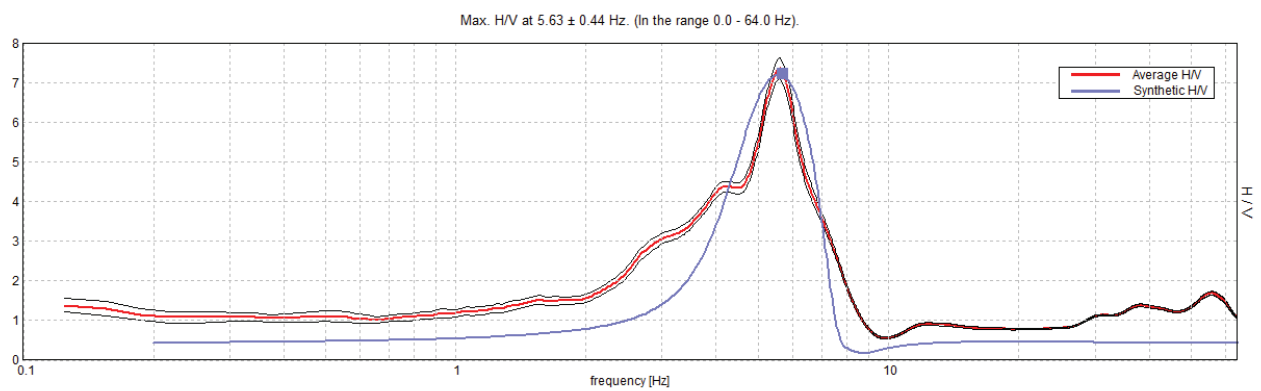
### DIRECTIONAL H/V



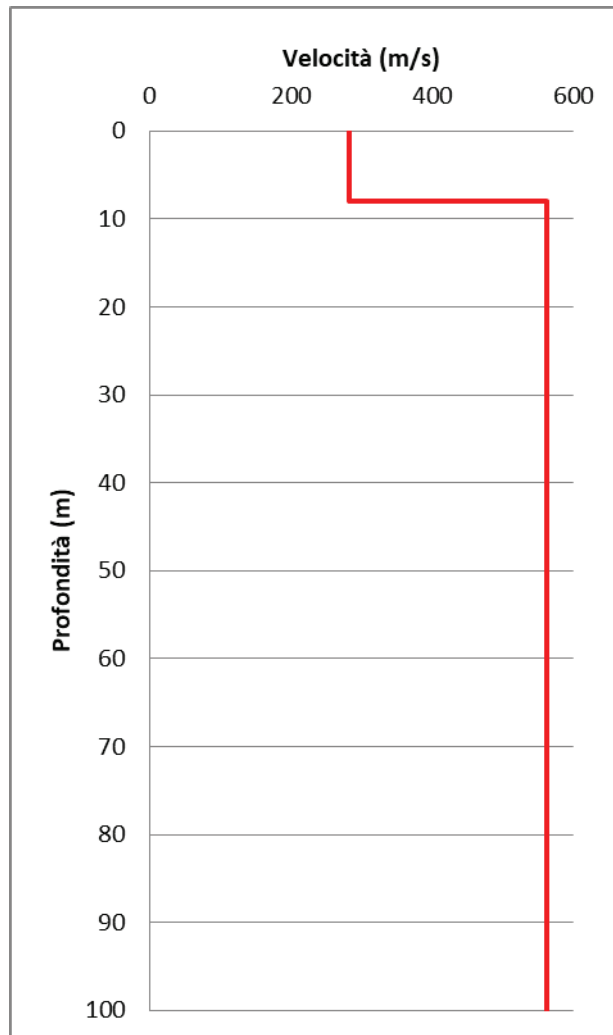
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.00	8.00	282	0.42
inf.	inf.	562	0.42



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at  $5.63 \pm 0.44$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13050.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 271 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.656 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.35 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07899  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.44431 < 0.28125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2613 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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



## HVSR03

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 16/07/21 11:57:23 End recording: 16/07/21 12:37:23

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 94% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

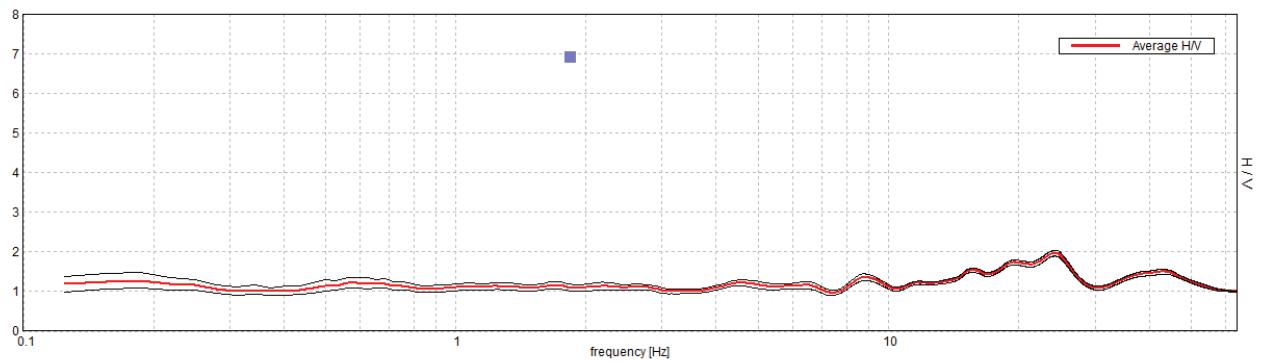
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

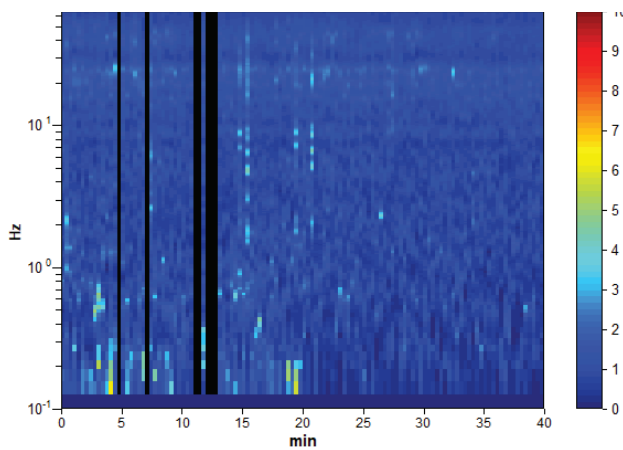
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

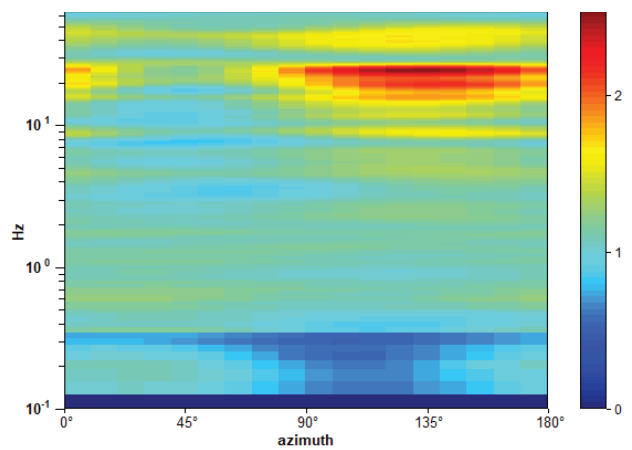
Max. H/V at  $24.28 \pm 9.02$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



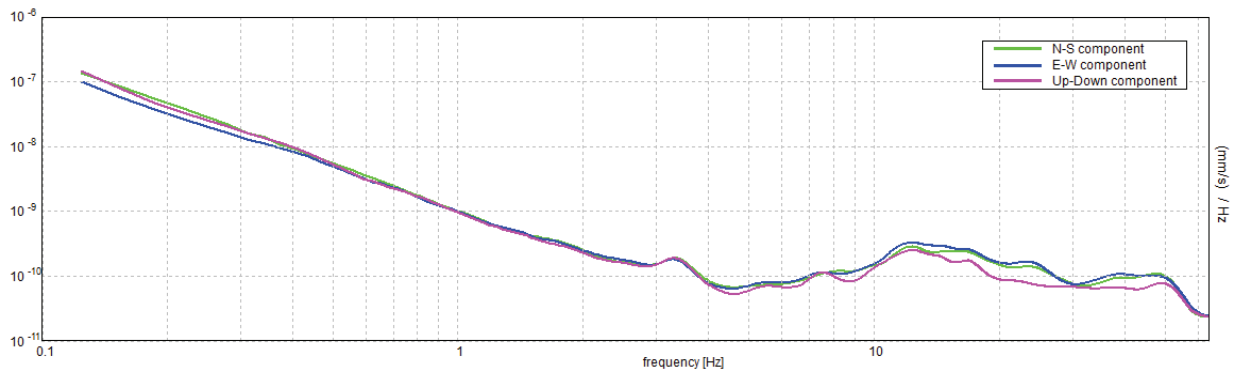
### H/V TIME HISTORY



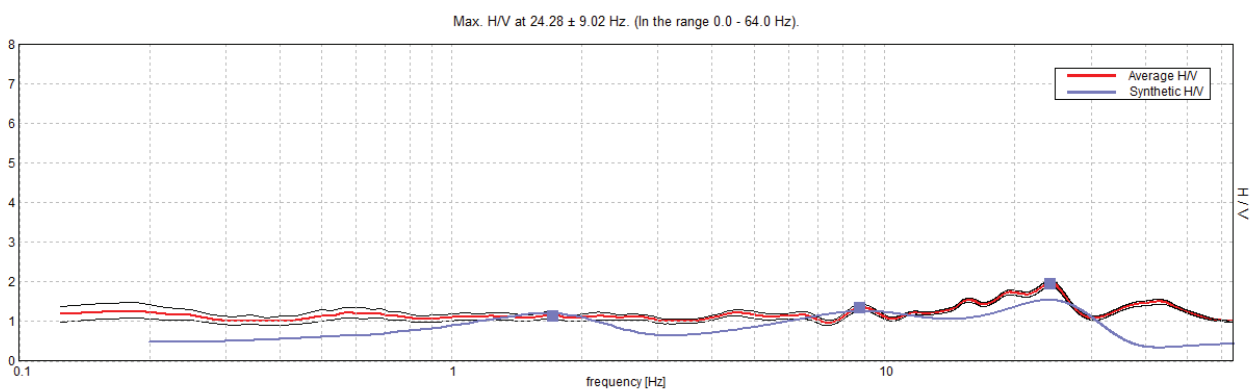
### DIRECTIONAL H/V



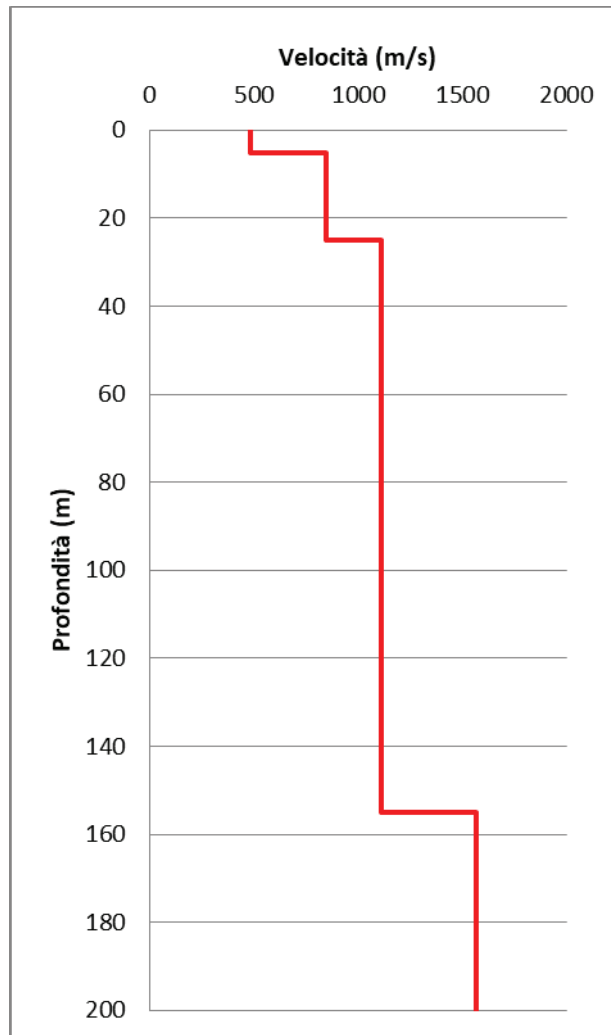
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	481	0.45
25.00	20.00	744	0.45
155.00	130.00	1112	0.45
inf.	inf.	1565	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 24.28 ± 9.02 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	24.28 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	54875.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1166 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.594 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.96 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.37138  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$9.01762 < 1.21406$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0723 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## HVSR04

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 16/07/21 13:17:19 End recording: 16/07/21 13:57:19

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

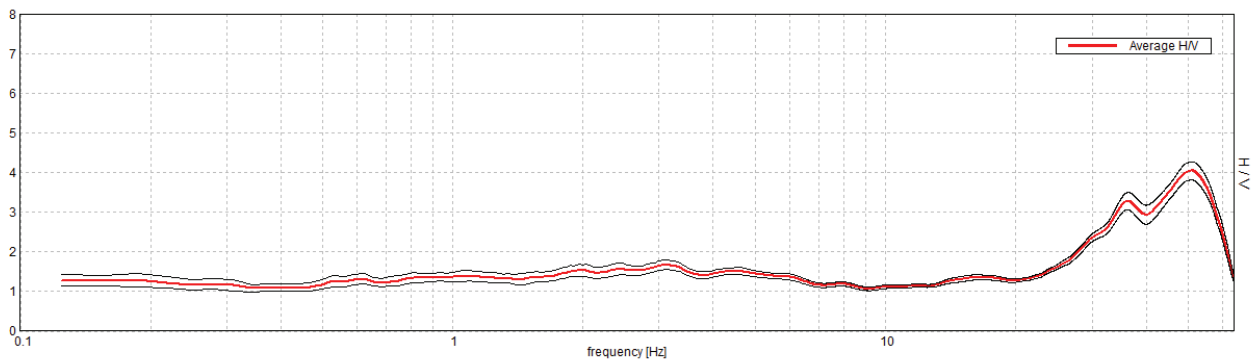
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

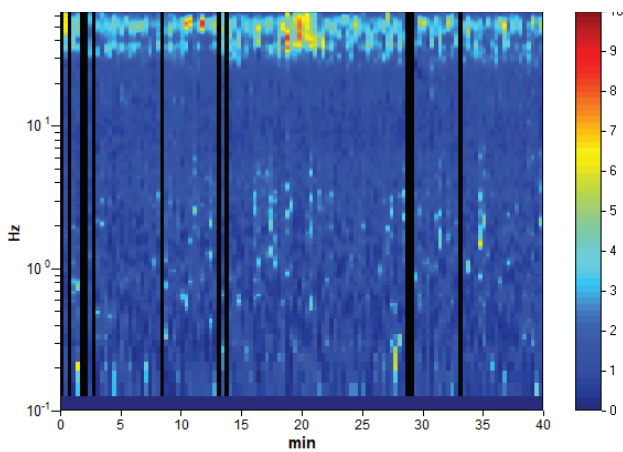
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

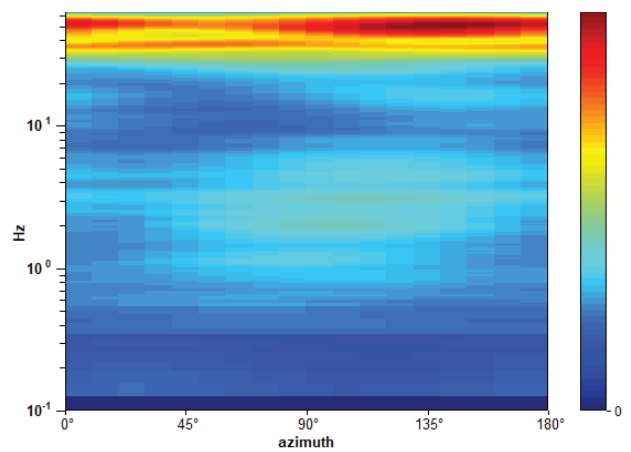
Max. H/V at  $3.13 \pm 1.29$  Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



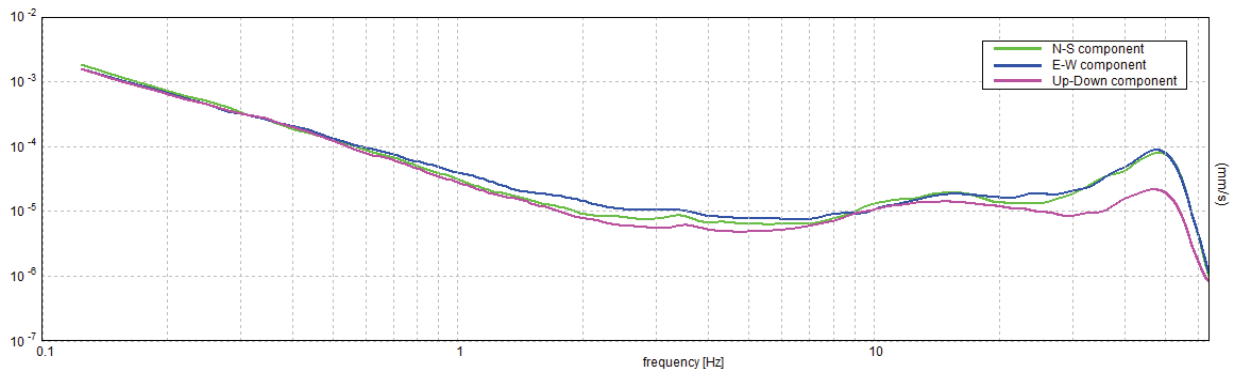
### H/V TIME HISTORY



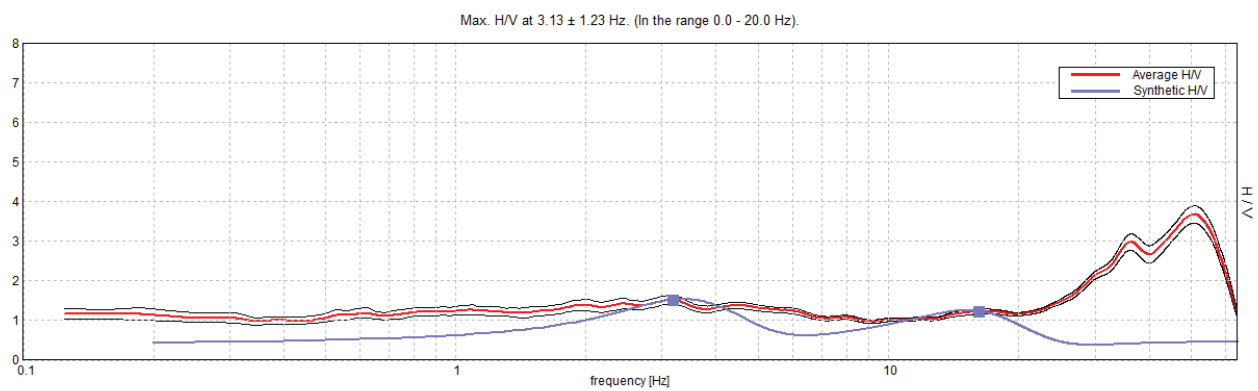
### DIRECTIONAL H/V



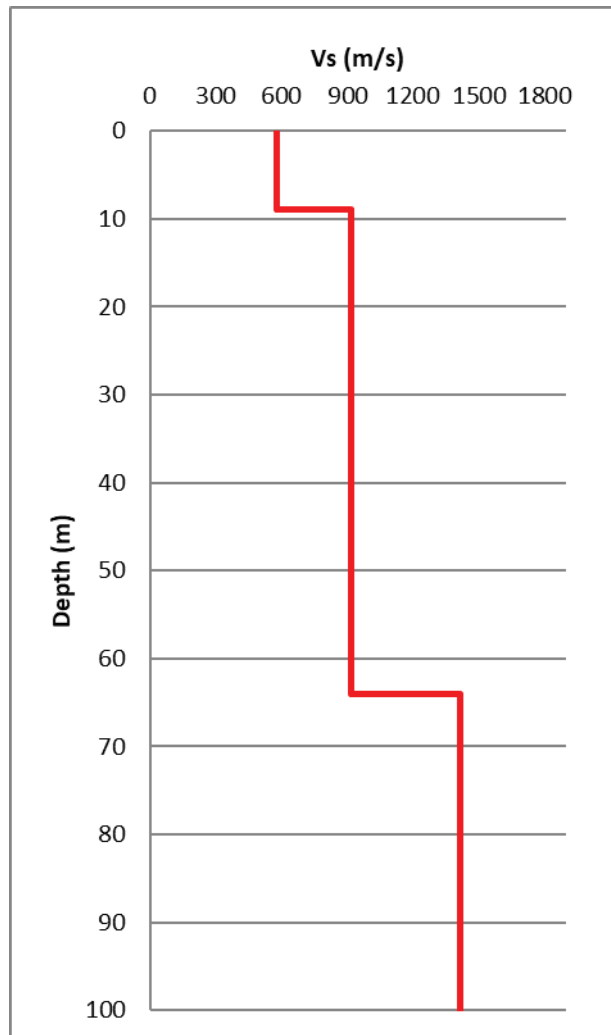
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	561	0.45
64.00	55.00	920	0.45
inf.	inf.	1417	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $3.13 \pm 1.23$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.13 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7500.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 151 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.53 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39281  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.22753 < 0.15625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1143 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

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



## HVSR05

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 16/07/21 14:10:08      End recording: 16/07/21 14:50:08

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00".      Analyzed 89% trace (automatic window selection)

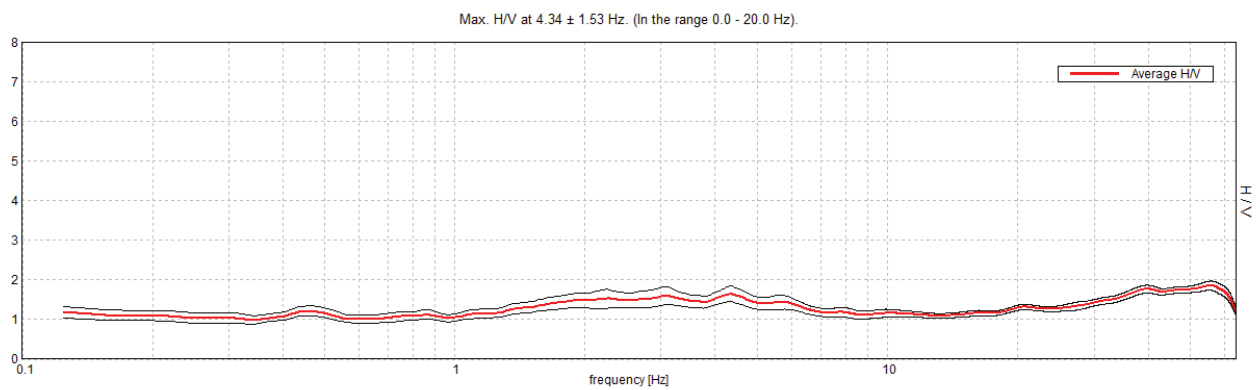
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

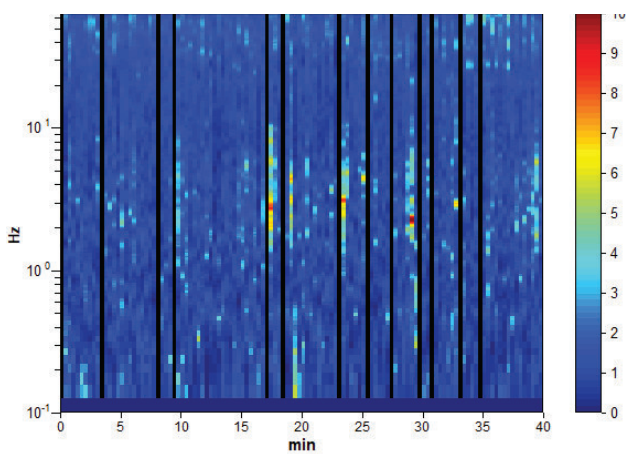
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

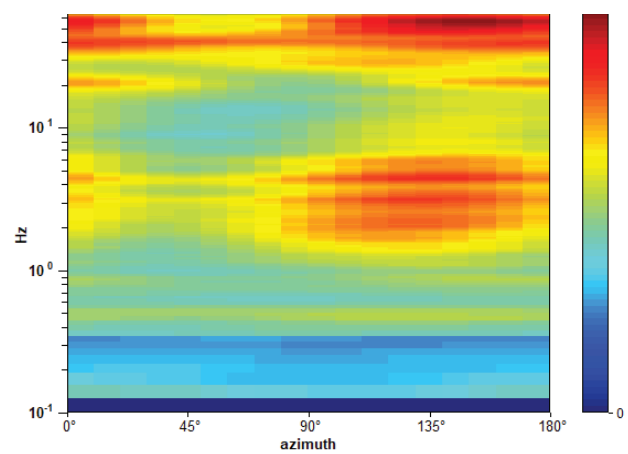
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



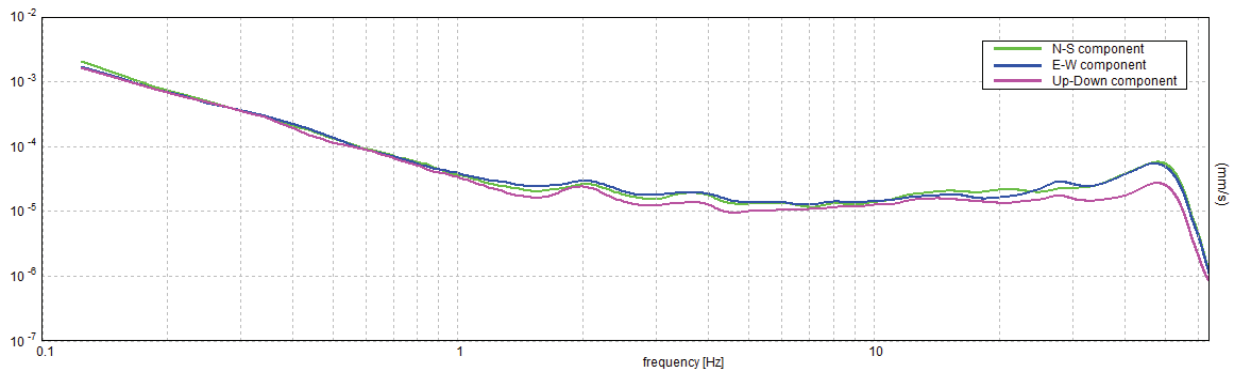
### H/V TIME HISTORY



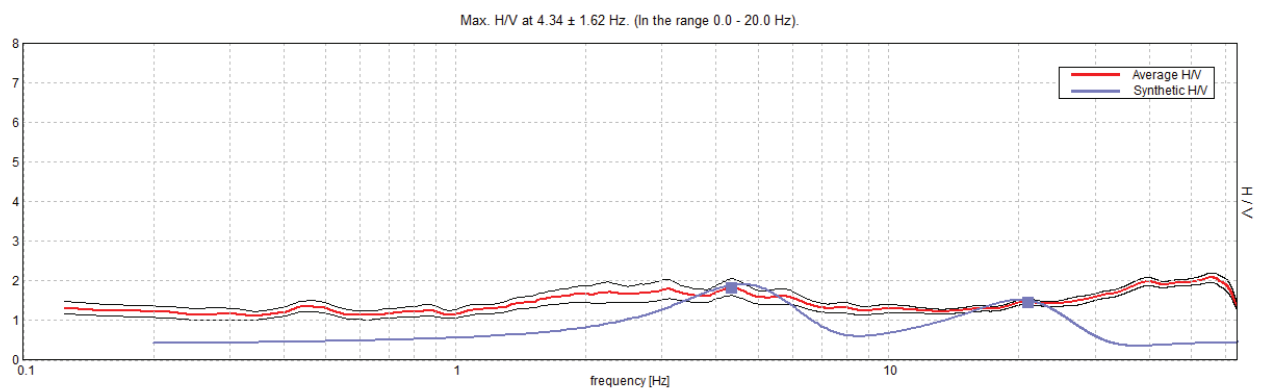
### DIRECTIONAL H/V



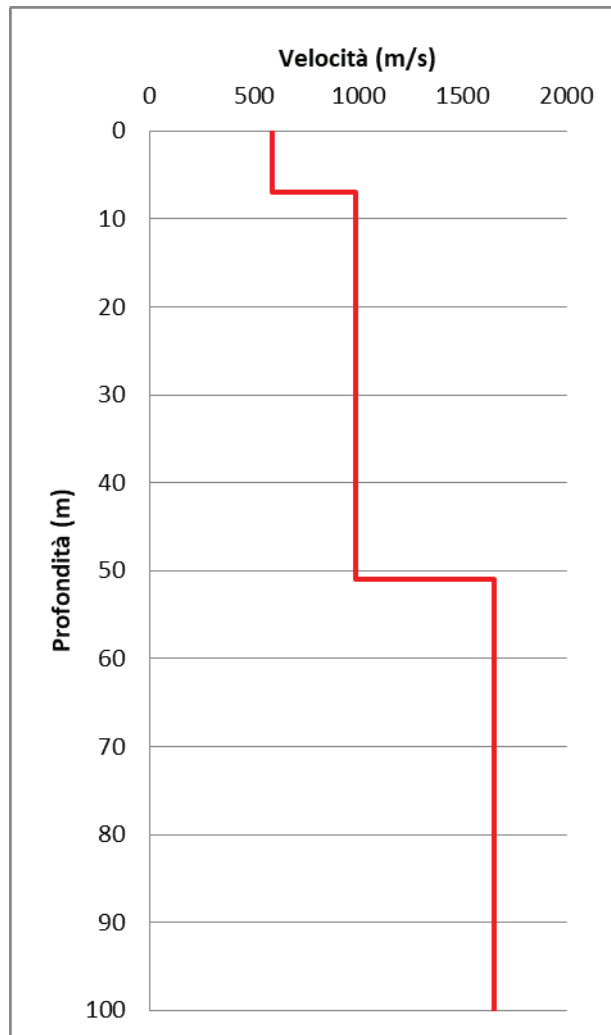
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	586	0.45
51.00	44.00	990	0.45
inf.	inf.	1655	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at  $4.34 \pm 1.62$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.34 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9295.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 210 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.85 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.37189  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.61541 < 0.21719$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2168 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## HVSR06

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 15/07/21 15:55:49 End recording: 15/07/21 16:35:49

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 93% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

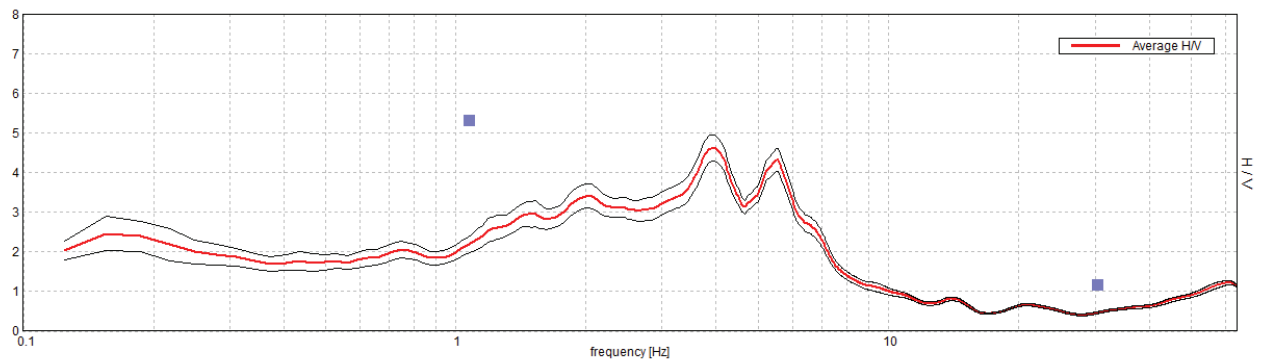
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

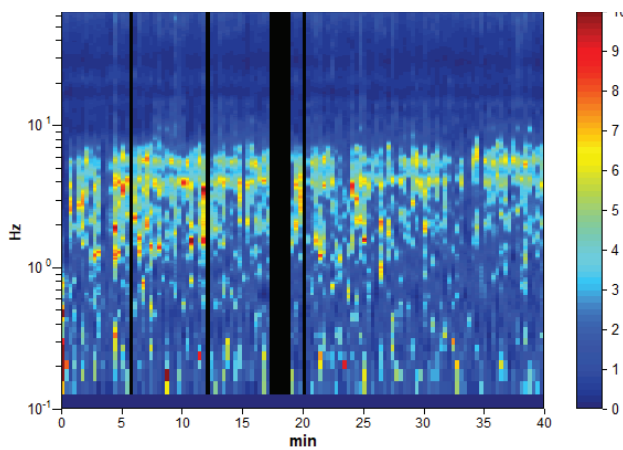
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

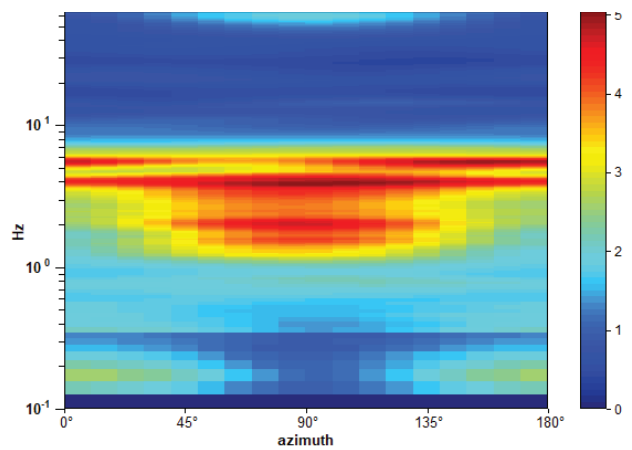
Max. H/V at  $3.94 \pm 1.38$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



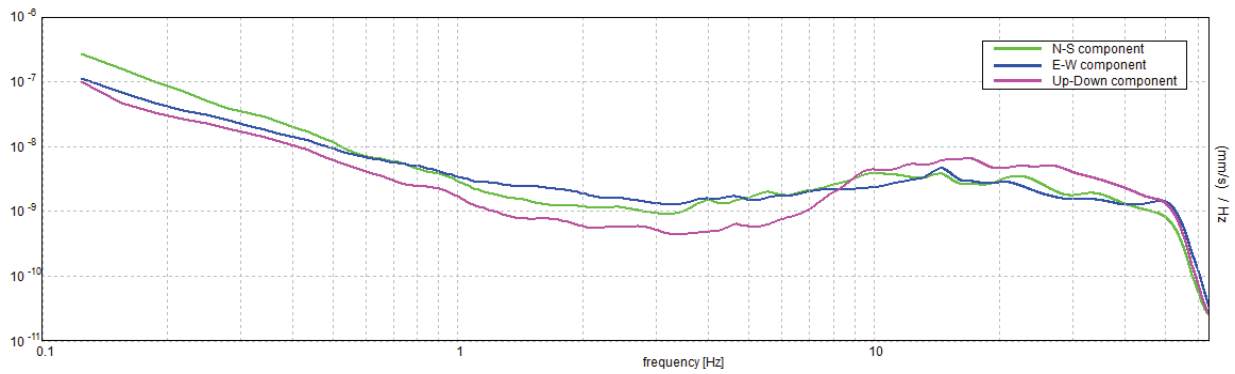
### H/V TIME HISTORY



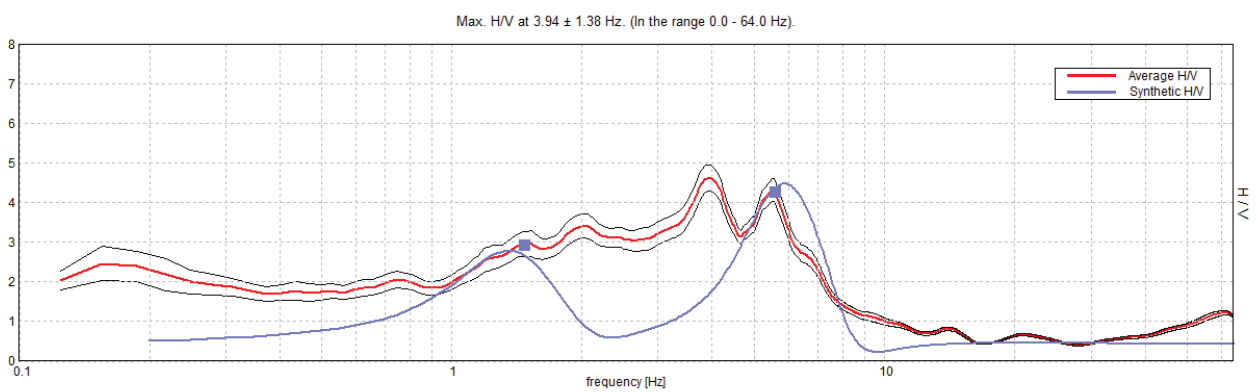
### DIRECTIONAL H/V



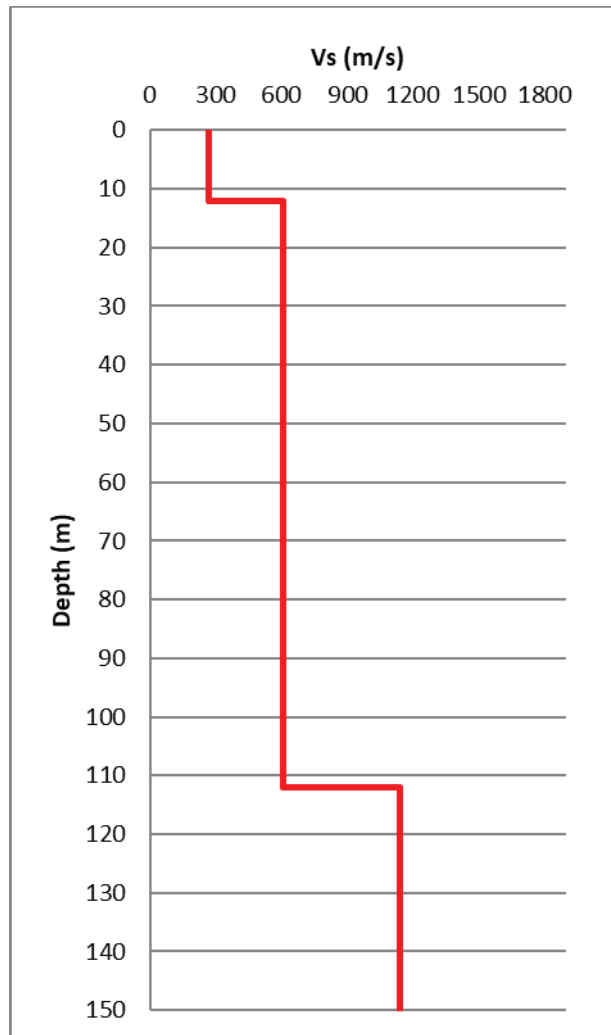
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
12.00	12.00	268	0.42
112.00	100.00	611	0.42
inf.	inf.	1142	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $3.94 \pm 1.38$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$8820.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 190 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.094 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.62 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.35049  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.38006 < 0.19688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3288 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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



## HVSR07, 07

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 15/07/21 14:52:57 End recording: 15/07/21 15:32:57

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 96% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

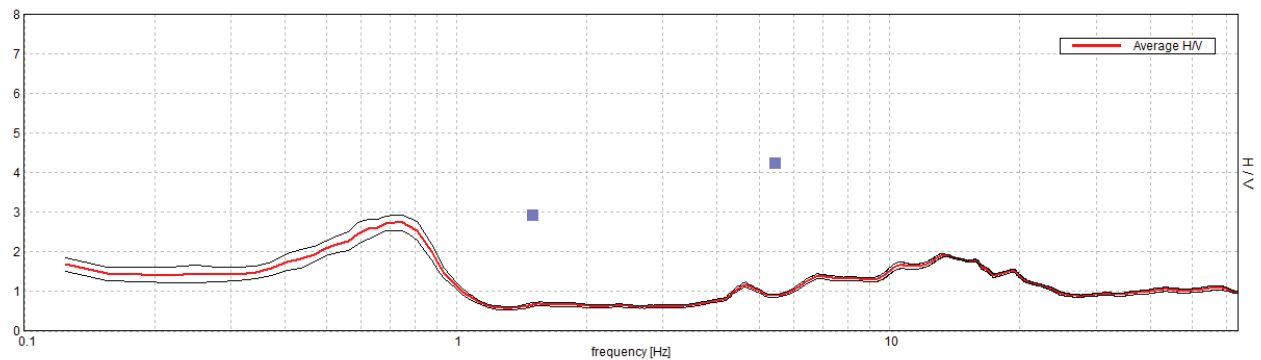
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

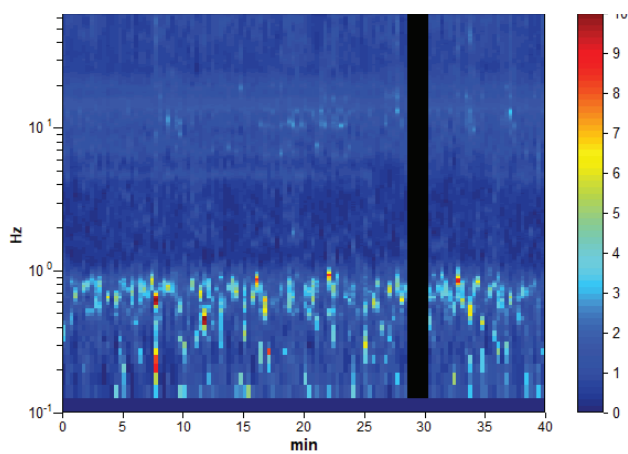
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

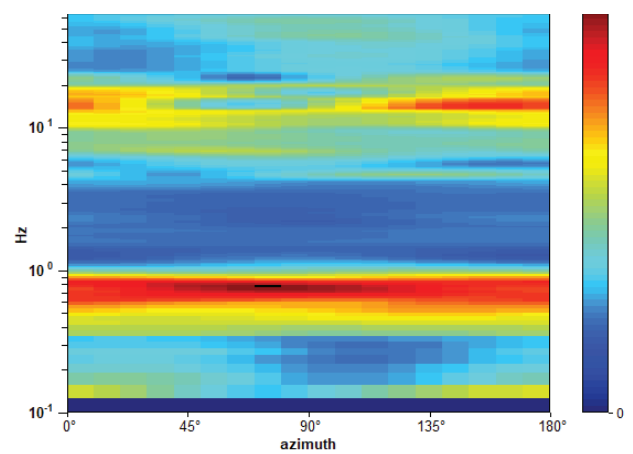
Max. H/V at  $0.75 \pm 0.07$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



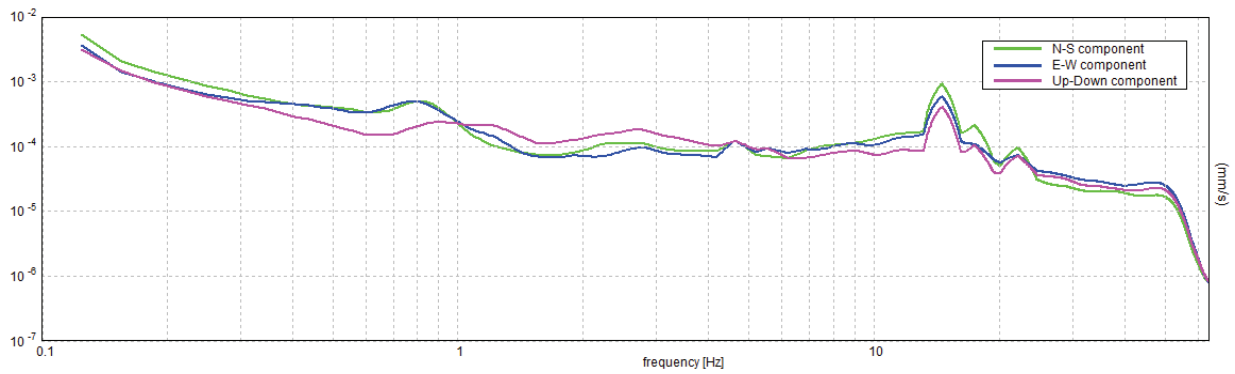
### H/V TIME HISTORY



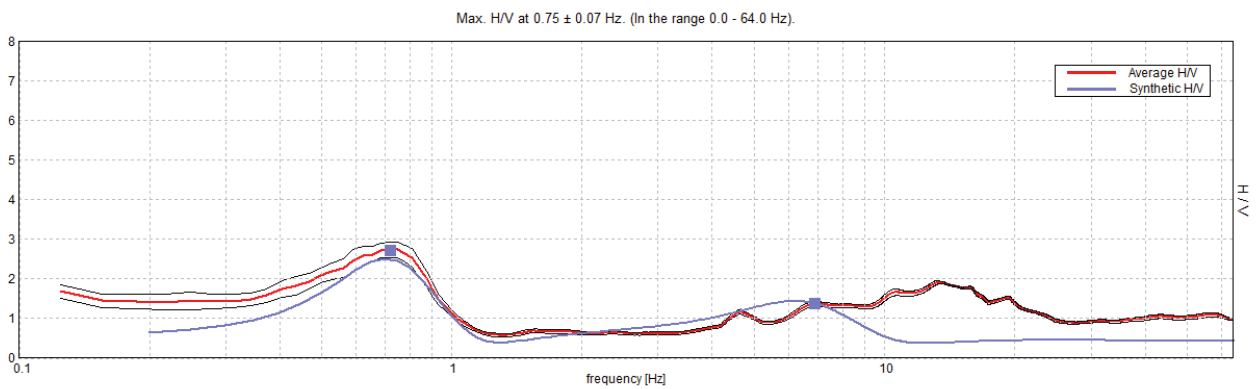
### DIRECTIONAL H/V



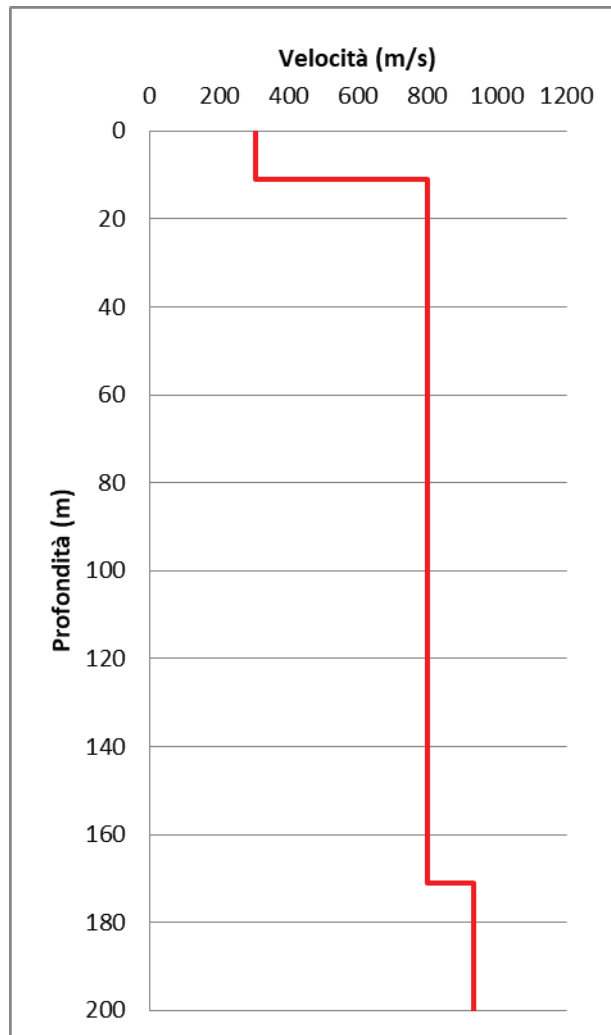
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
11.00	11.00	303	0.45
171.00	160.00	804	0.45
inf.	inf.	932	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.75 \pm 0.07$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1725.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 37 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.74 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08688  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06516 < 0.1125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1967 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

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

## HVSR08

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 15/07/21 13:57:59 End recording: 15/07/21 14:37:59

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 100% trace (automatic window selection)

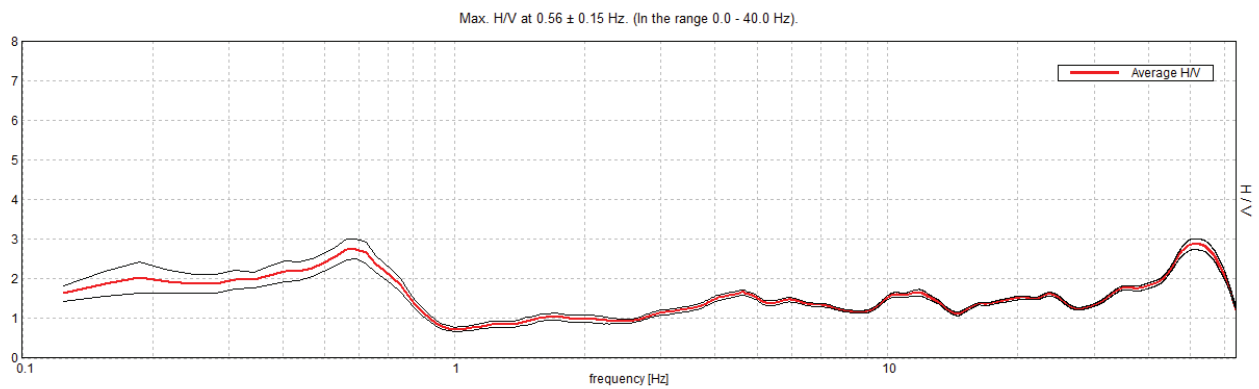
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

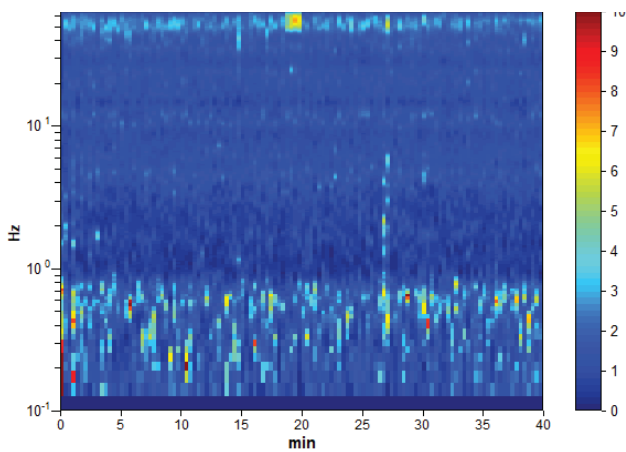
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

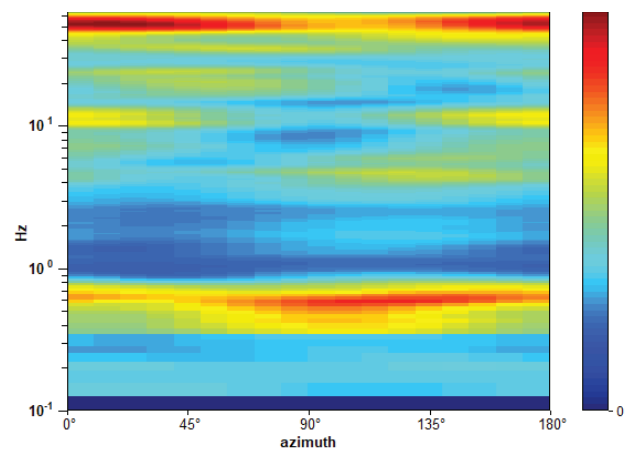
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



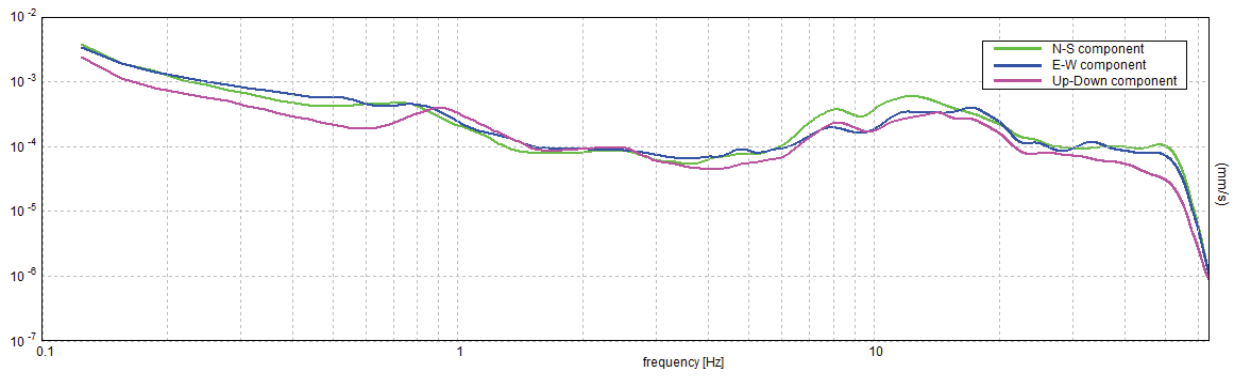
### H/V TIME HISTORY



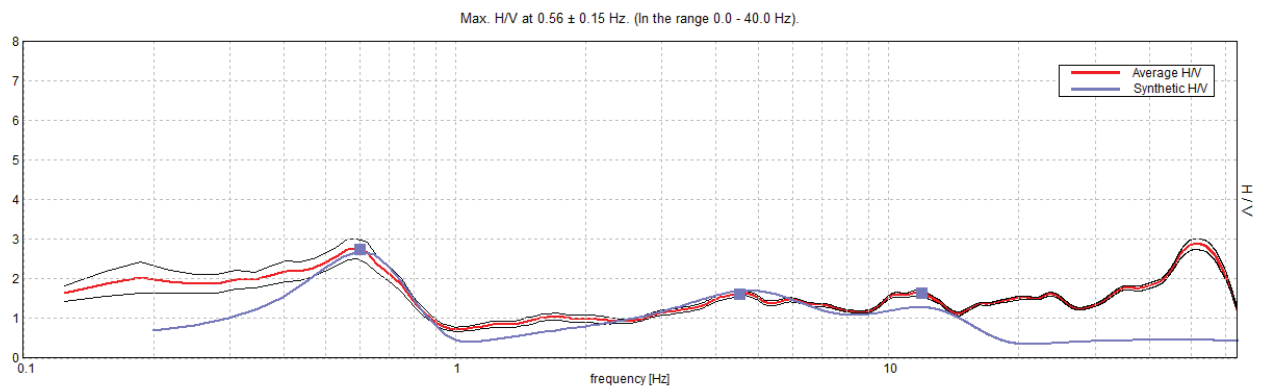
### DIRECTIONAL H/V



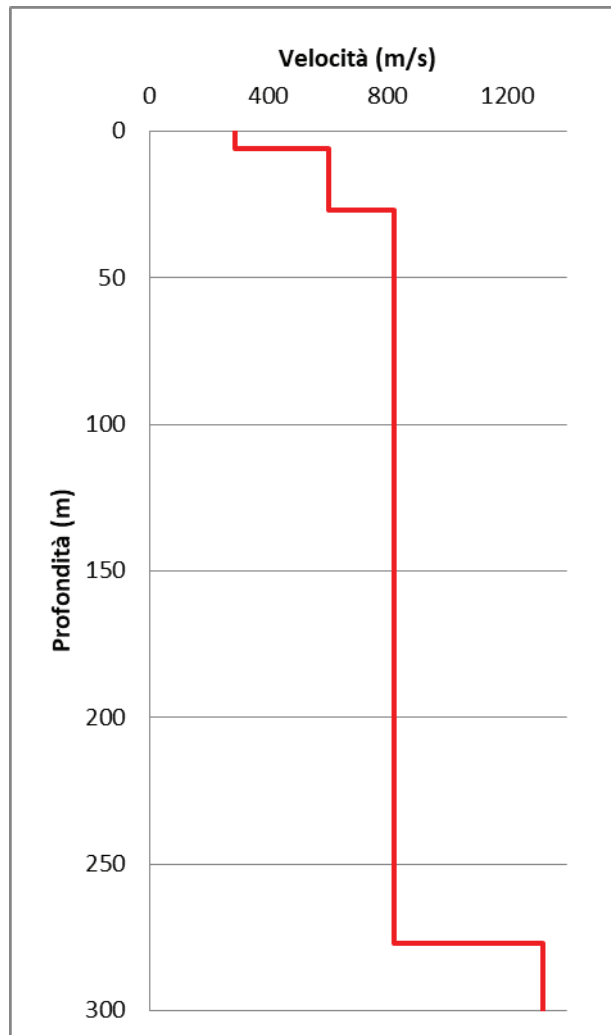
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.00	6.00	286	0.45
27.00	21.00	601	0.45
277.00	250.00	820	0.45
inf.	inf.	1319	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.56 \pm 0.15$  Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1350.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 28 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.75 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.26063  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.1466 < 0.08438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2655 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

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



## HVSR09

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 15/07/21 12:42:20 End recording: 15/07/21 13:22:20

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 98% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

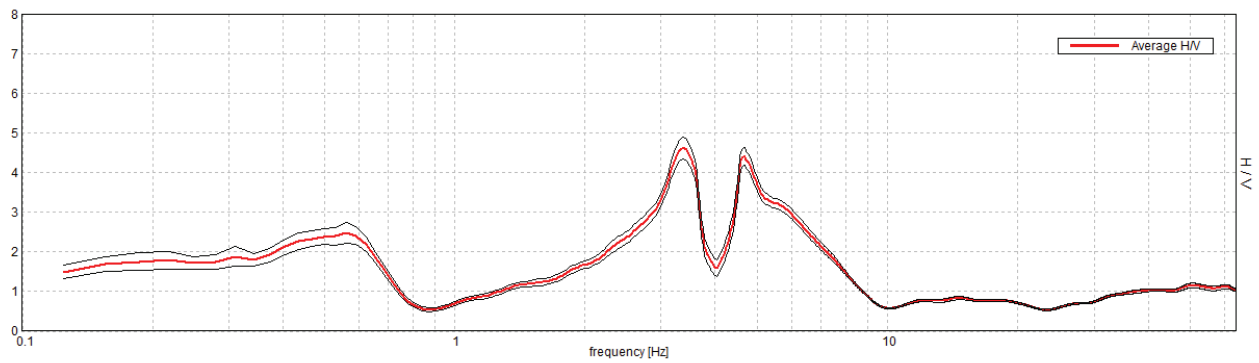
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

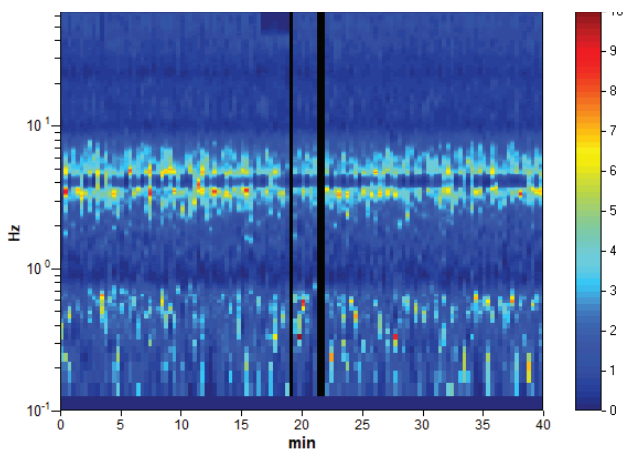
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

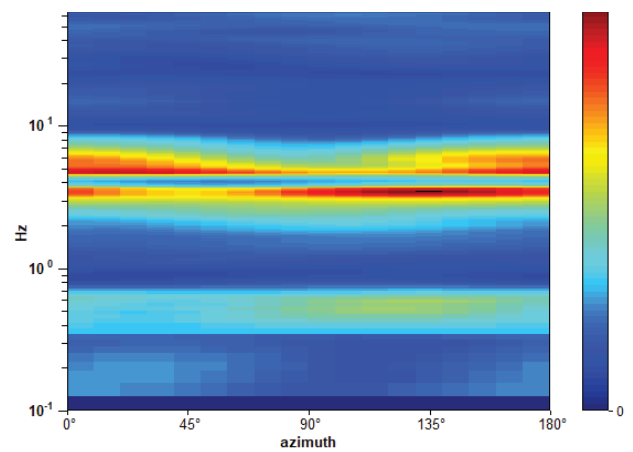
Max. H/V at  $3.38 \pm 0.5$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



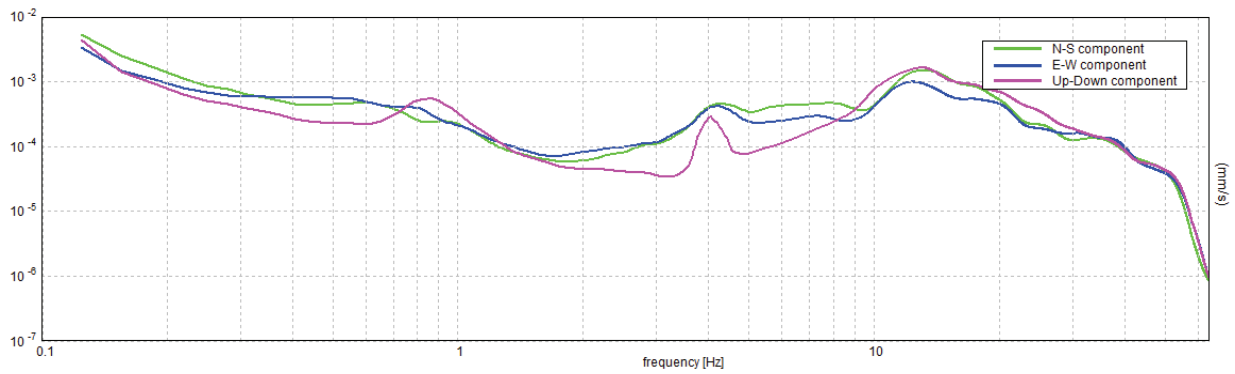
### H/V TIME HISTORY



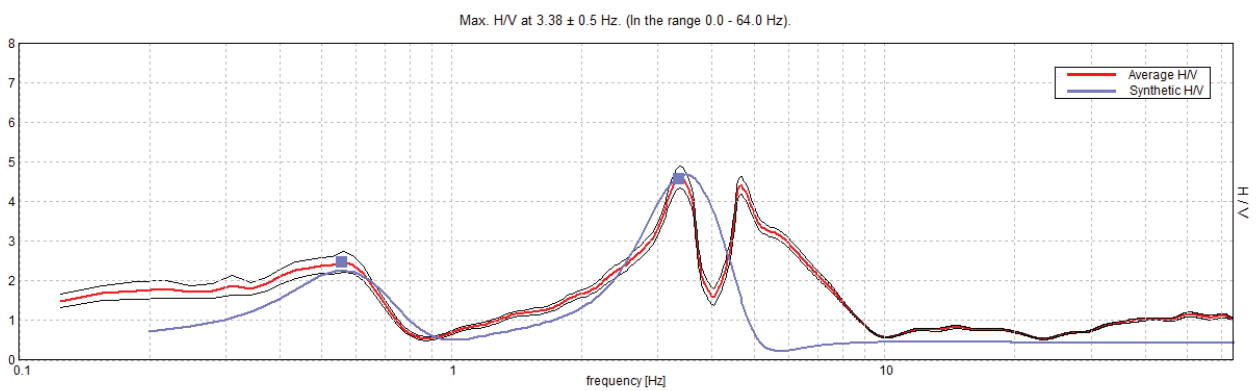
### DIRECTIONAL H/V



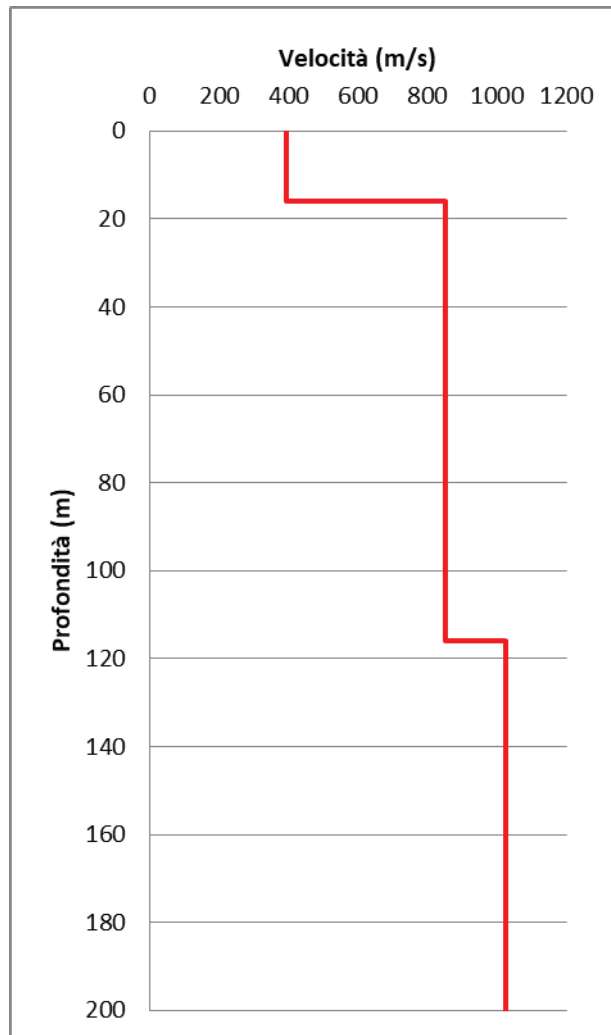
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
16.00	16.00	393	0.42
116.00	100.00	850	0.42
inf.	inf.	1025	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 3.38 ± 0.5 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	3.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	7897.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 163 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.438 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.61 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14842  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.50092 < 0.16875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2733 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## HVSR10

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 15/07/21 11:20:35 End recording: 15/07/21 12:00:35

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 98% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

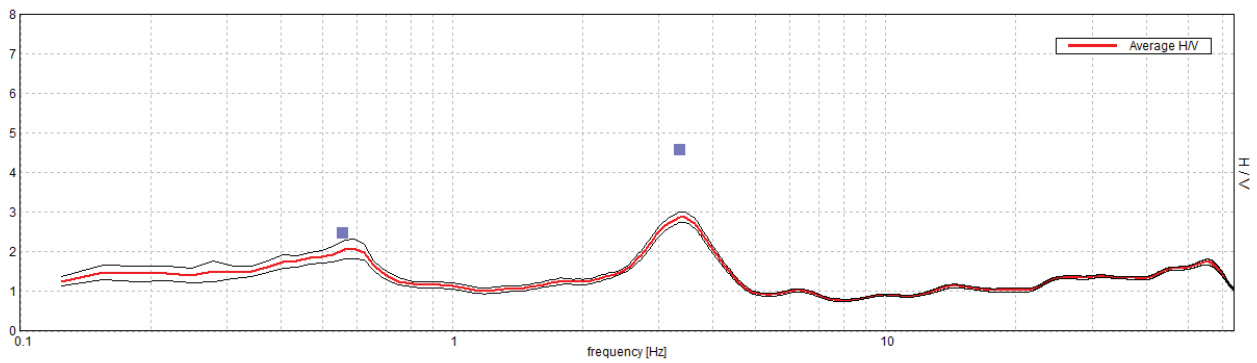
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

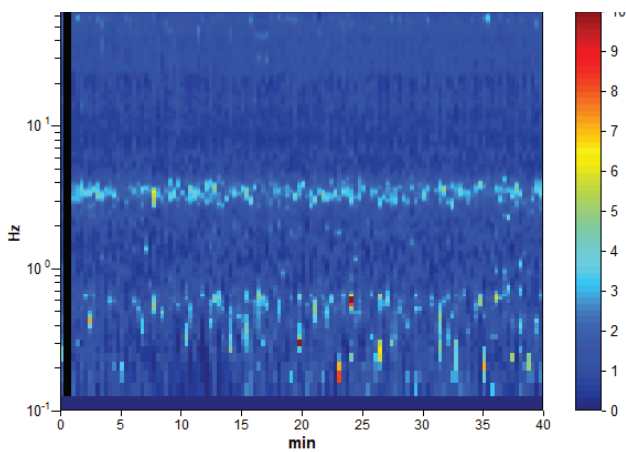
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

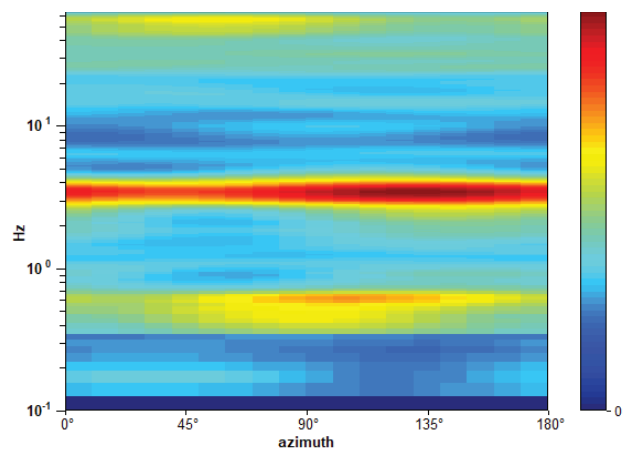
Max. H/V at  $3.41 \pm 0.42$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



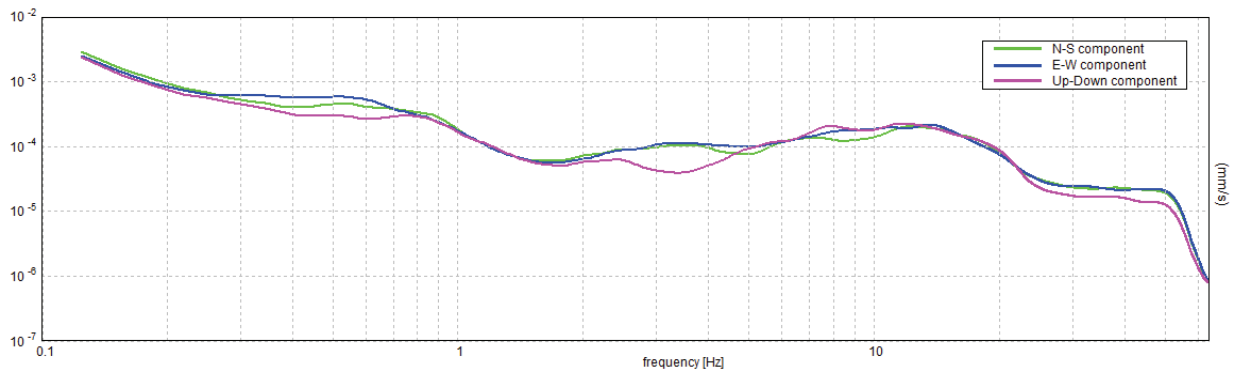
### H/V TIME HISTORY



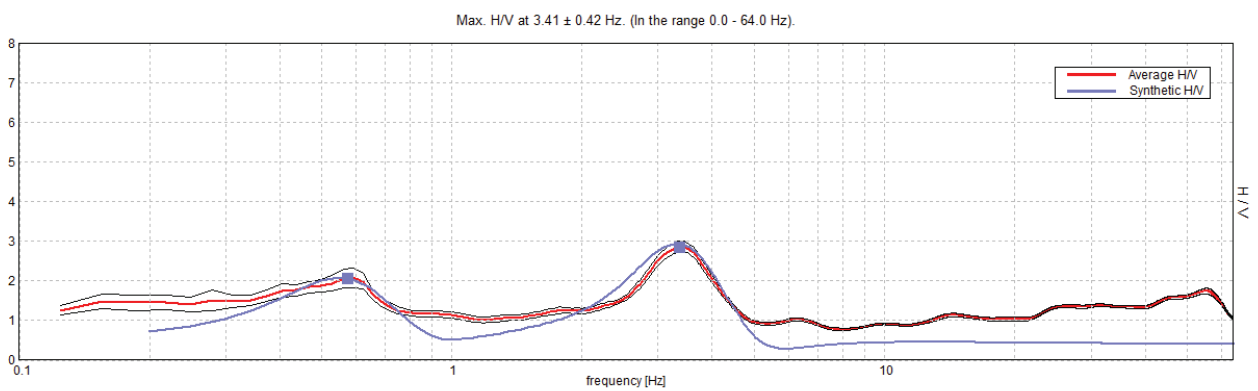
### DIRECTIONAL H/V



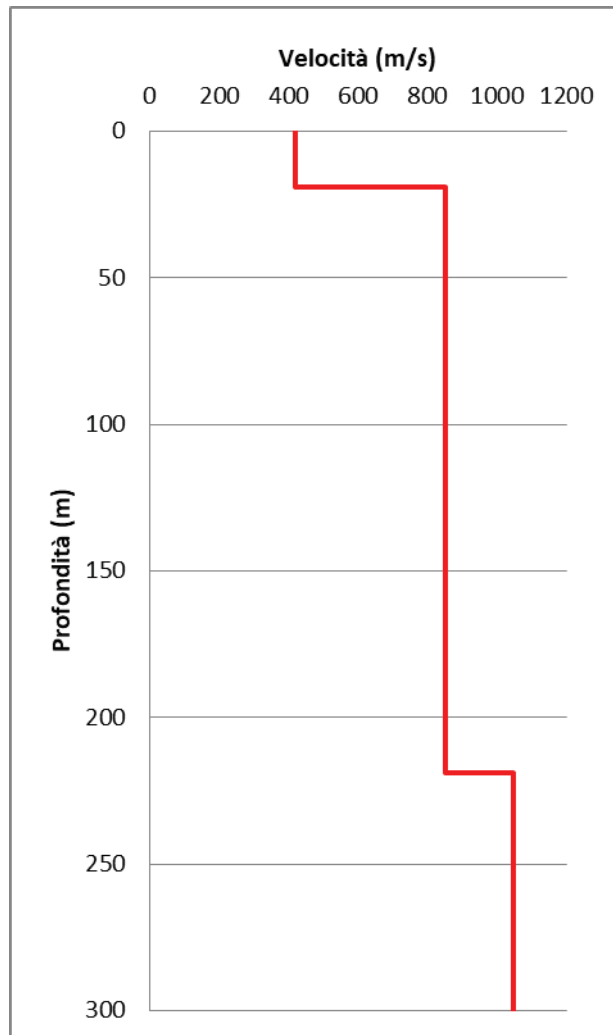
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
19.00	19.00	420	0.45
219.00	200.00	852	0.45
inf.	inf.	1049	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $3.41 \pm 0.42$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.41 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$8038.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 164 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.375 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.88 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12214  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.41602 < 0.17031$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.135 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

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



## HVSR11

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/07/21 18:03:21 End recording: 14/07/21 18:43:21

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 94% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

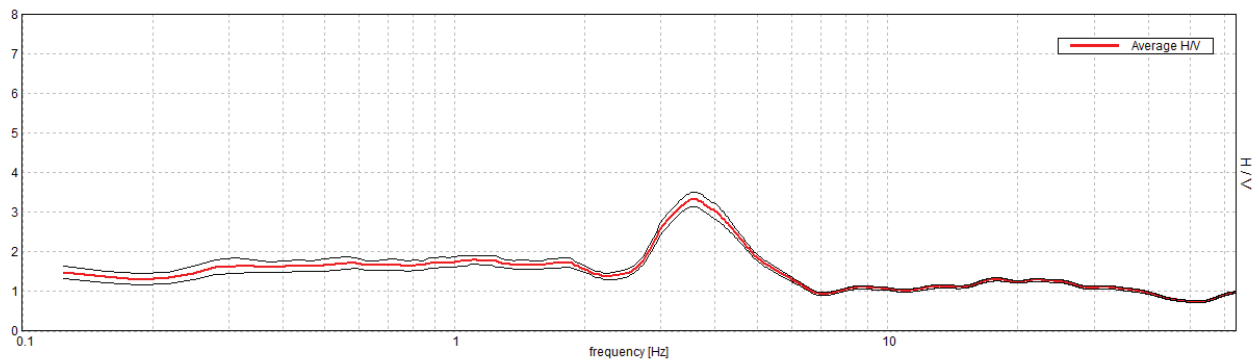
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

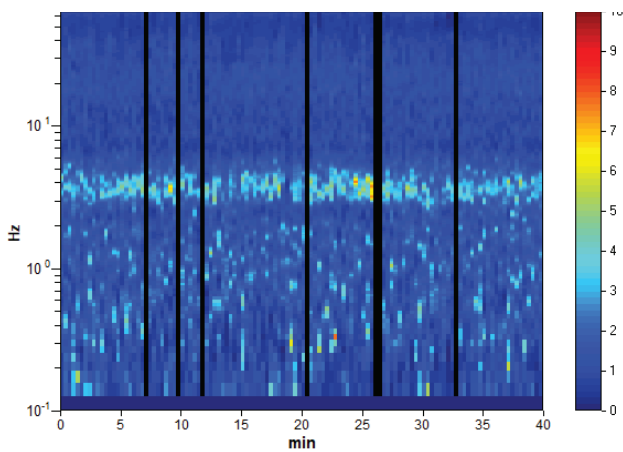
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

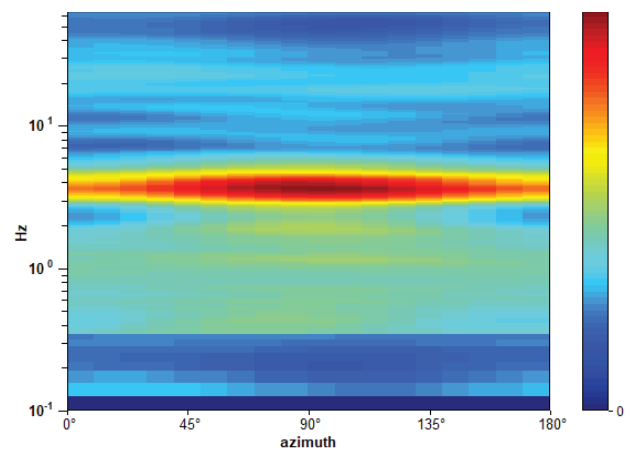
Max. H/V at  $3.56 \pm 0.11$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



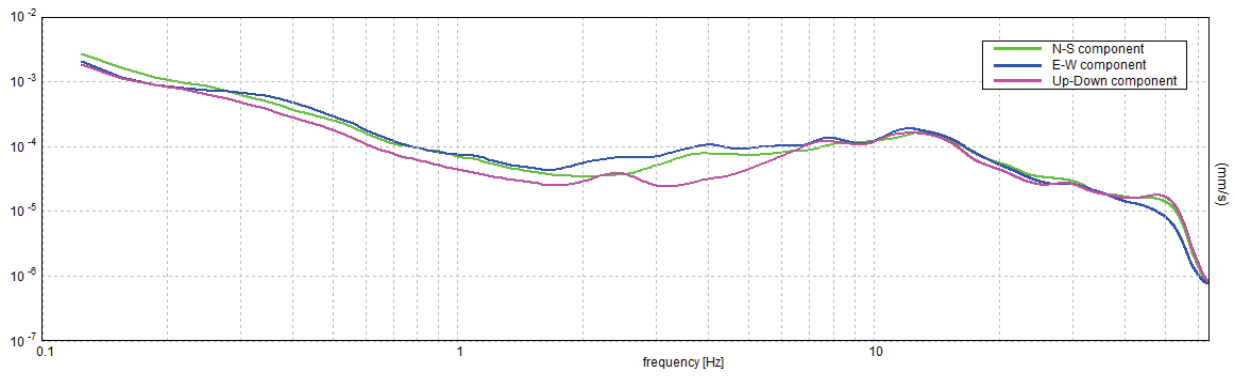
### H/V TIME HISTORY



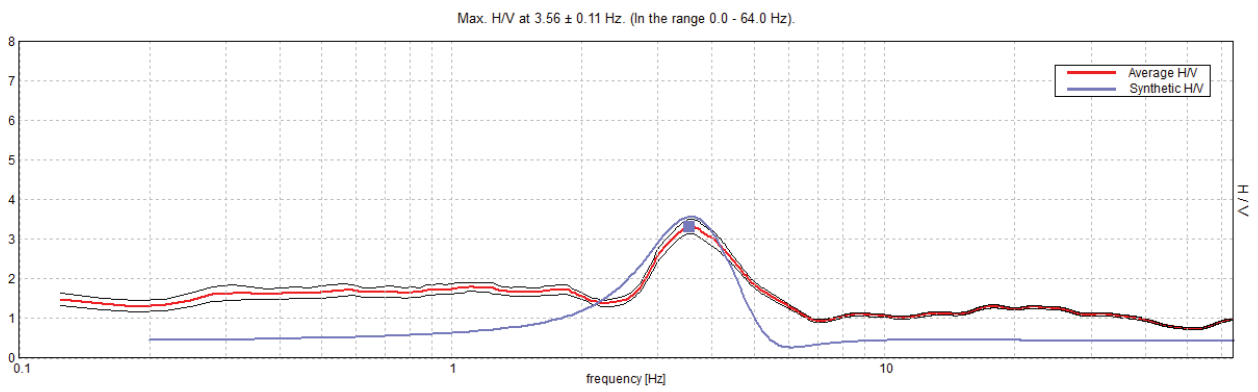
### DIRECTIONAL H/V



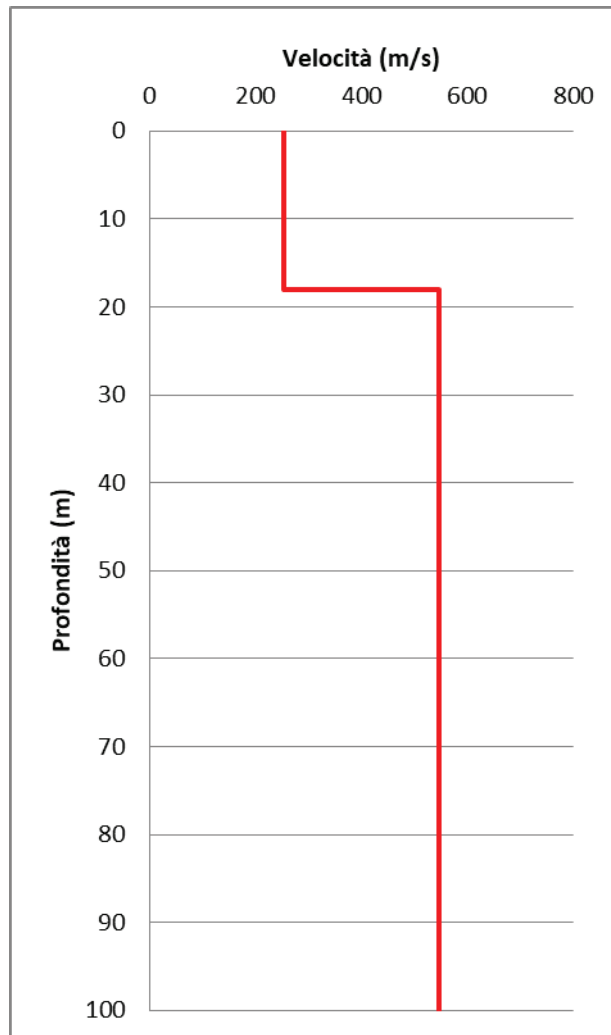
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
18.00	18.00	254	0.42
inf.	inf.	547	0.42



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at  $3.56 \pm 0.11$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$8051.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 172 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.656 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.33 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03075  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.10956 < 0.17813$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.187 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## HVSR12

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 15/07/21 10:21:13 End recording: 15/07/21 11:01:13

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 95% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

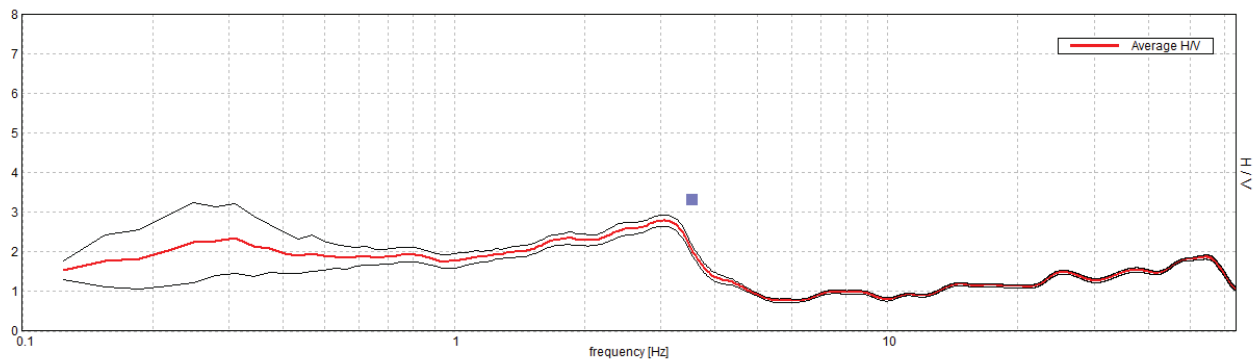
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

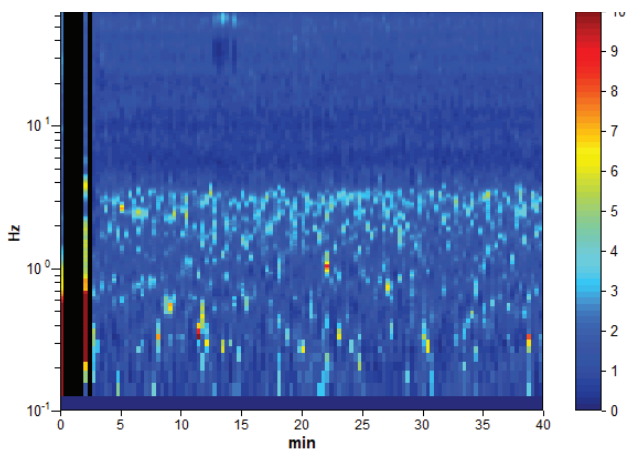
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

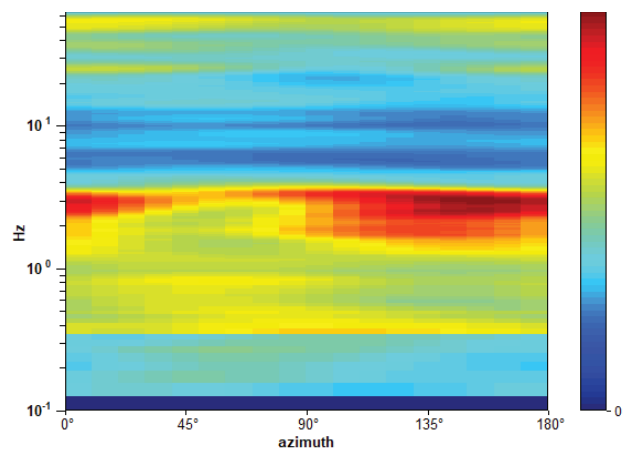
Max. H/V at  $3.03 \pm 2.14$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



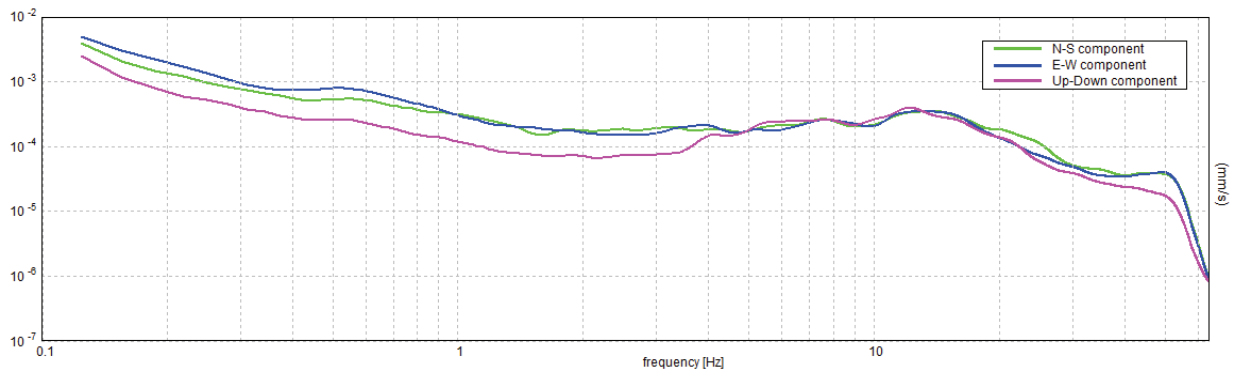
### H/V TIME HISTORY



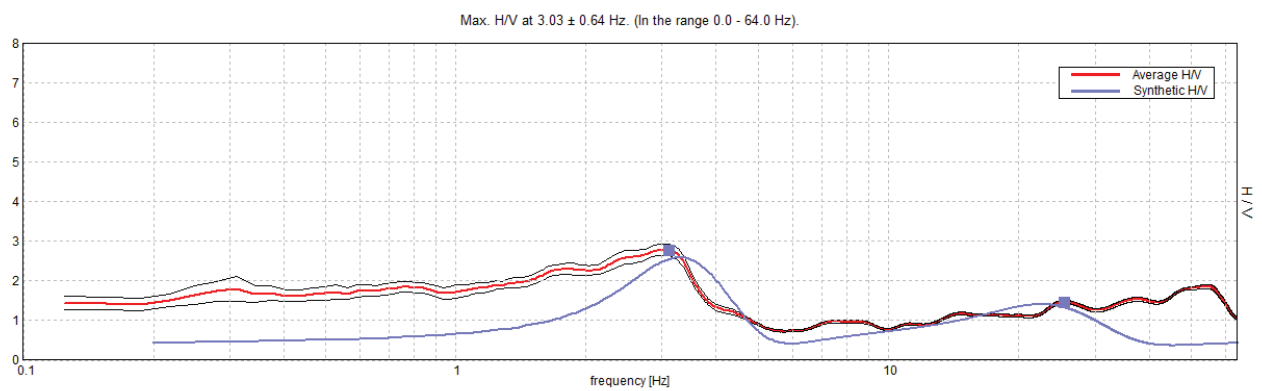
### DIRECTIONAL H/V



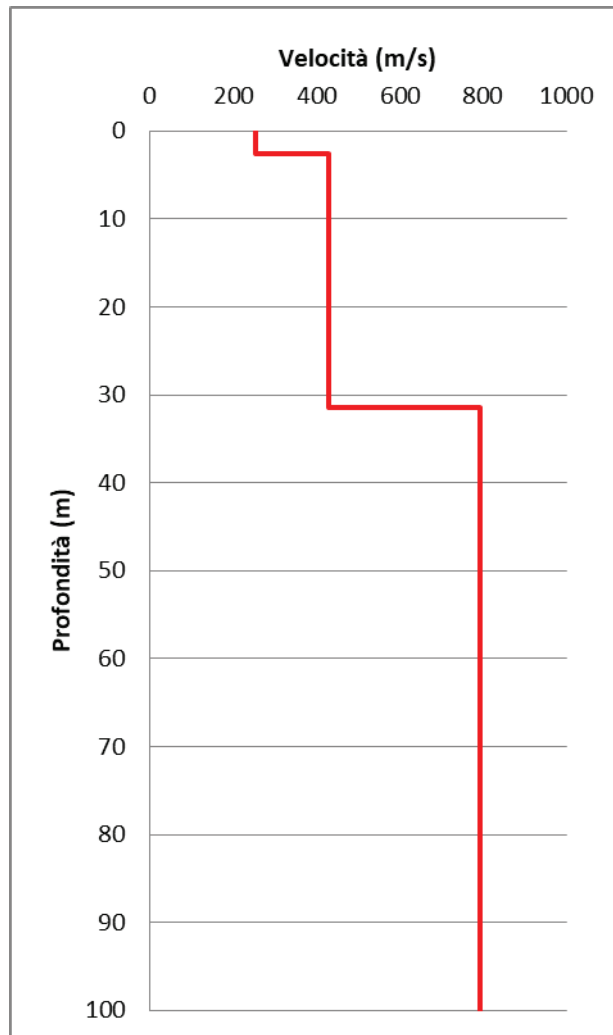
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	254	0.45
31.50	29.00	429	0.45
inf.	inf.	793	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at  $3.03 \pm 2.14$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.03 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6911.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 146 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.79 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.70575  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.13931 < 0.15156$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1457 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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



## HVSR13

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 13/07/21 14:06:24 End recording: 13/07/21 14:46:24

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 92% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

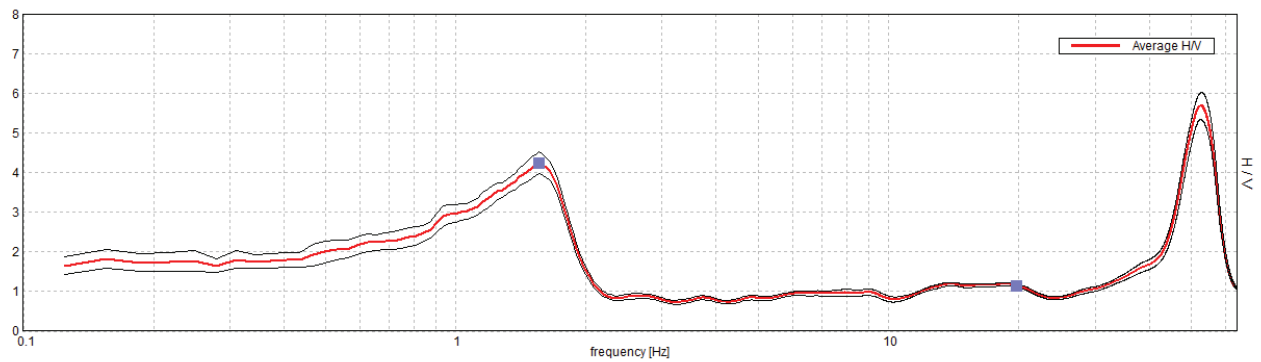
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

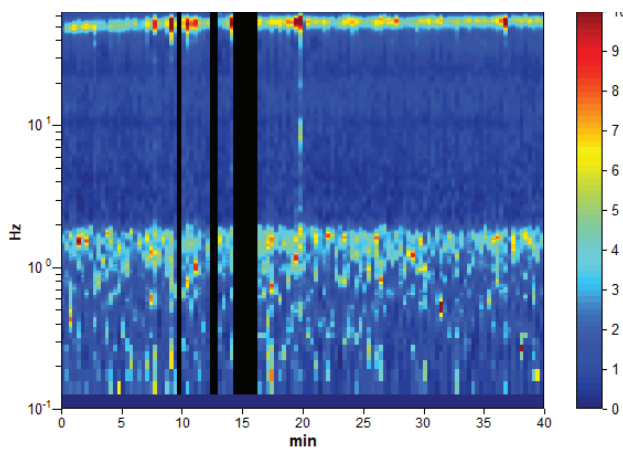
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

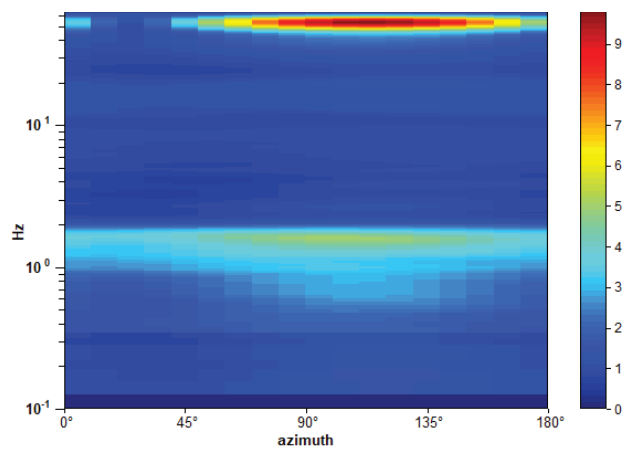
Max. H/V at  $1.56 \pm 0.04$  Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).



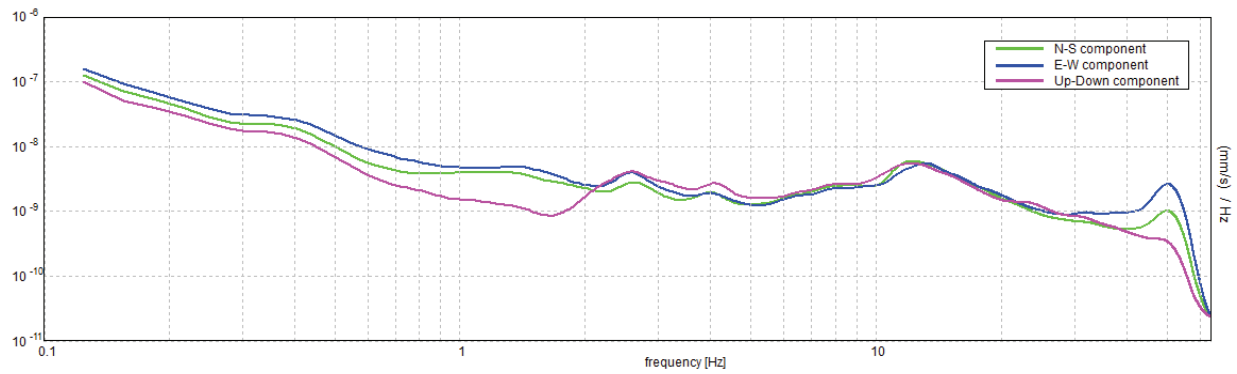
### H/V TIME HISTORY



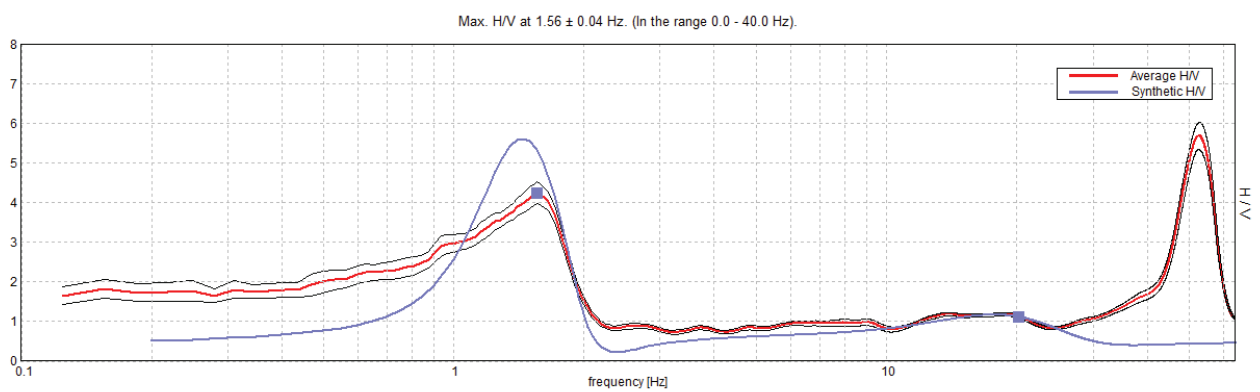
### DIRECTIONAL H/V



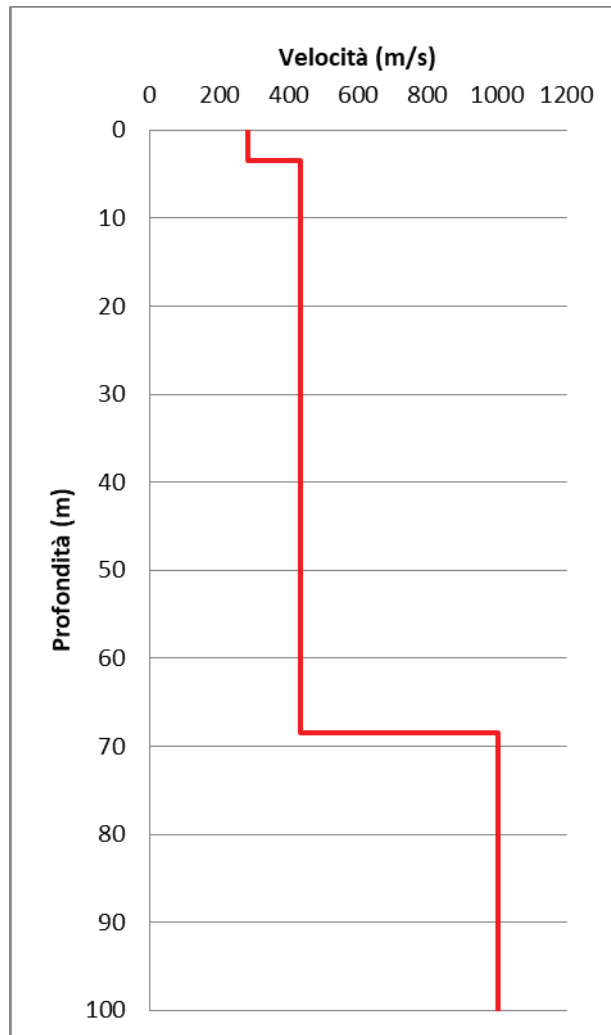
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.50	3.50	282	0.45
68.50	65.00	432	0.45
inf.	inf.	1002	0.42



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $1.56 \pm 0.04$  Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3468.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 76 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.563 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.24 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02783  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04349 < 0.15625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2804 < 1.78$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## HVSR14

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 13/07/21 12:53:41 End recording: 13/07/21 13:33:41

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 95% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

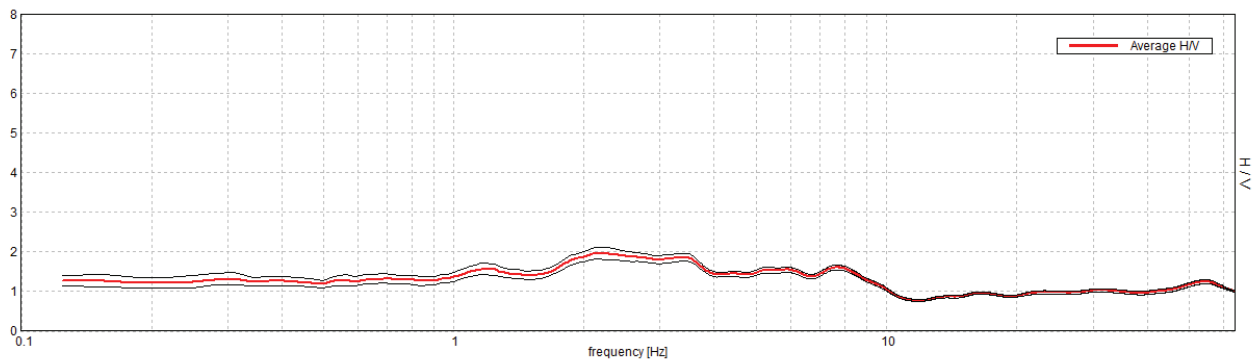
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

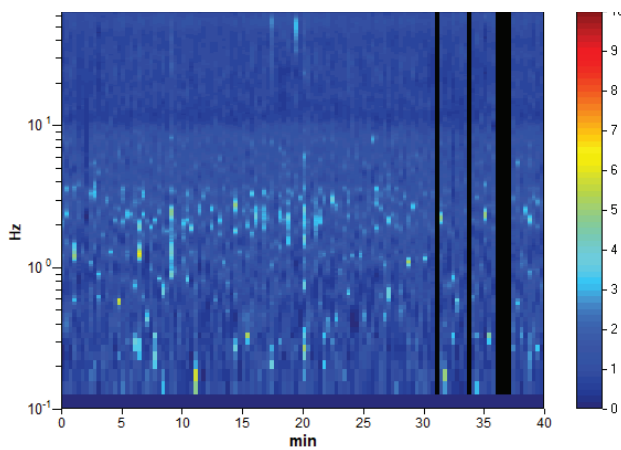
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

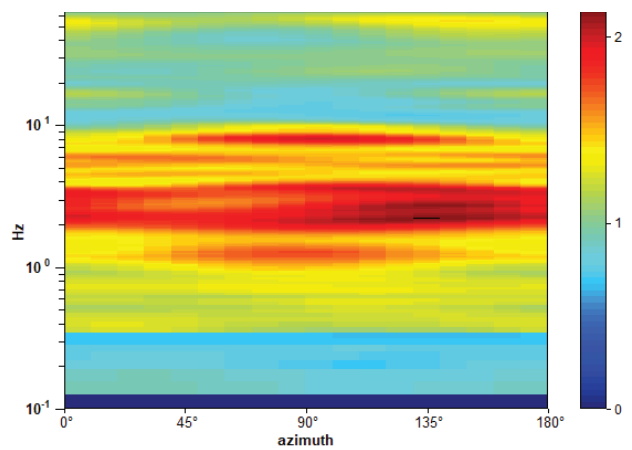
Max. H/V at  $2.19 \pm 0.56$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



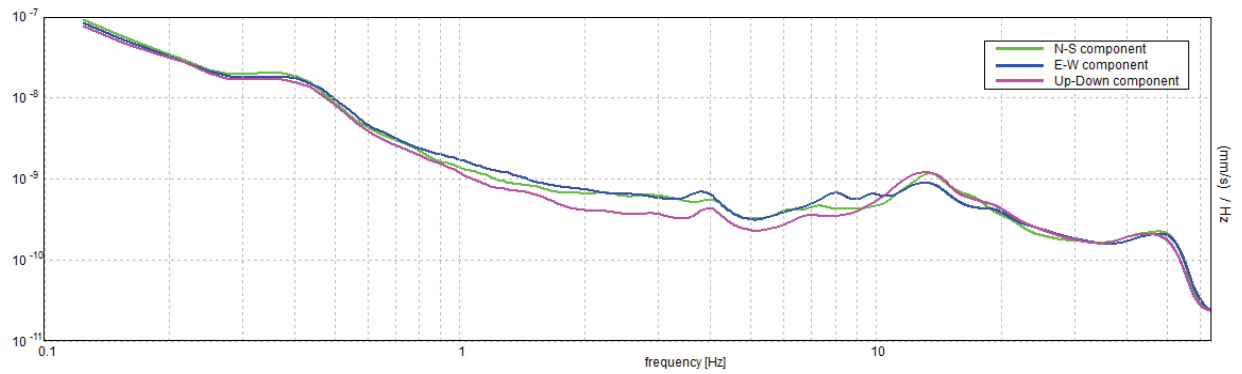
### H/V TIME HISTORY



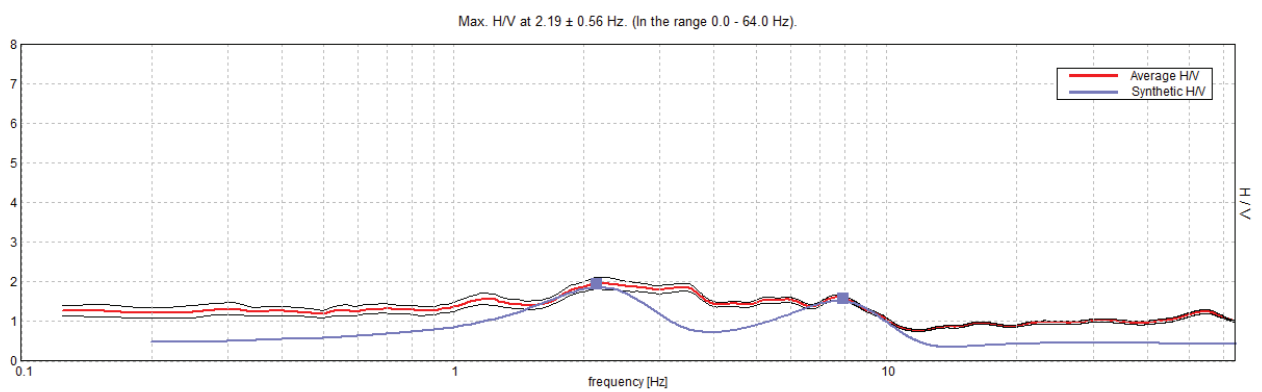
### DIRECTIONAL H/V



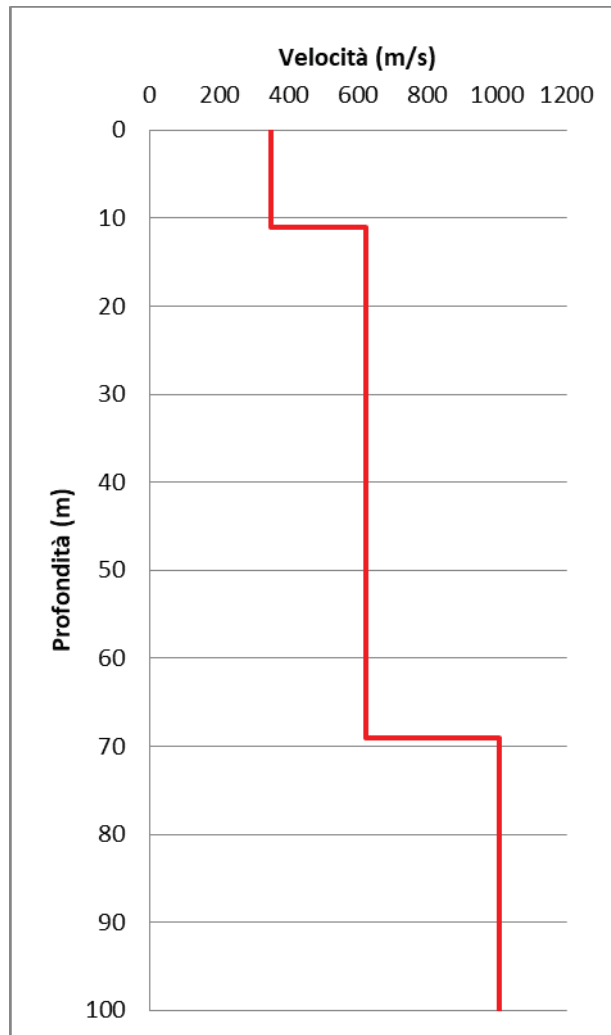
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
11.00	11.00	348	0.43
69.00	58.00	621	0.42
inf.	inf.	1005	0.42



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $2.19 \pm 0.56$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4987.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 106 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.97 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25478  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.55734 < 0.10938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1497 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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



## HVSR15

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 13/07/21 10:36:30 End recording: 13/07/21 11:16:30

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 96% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

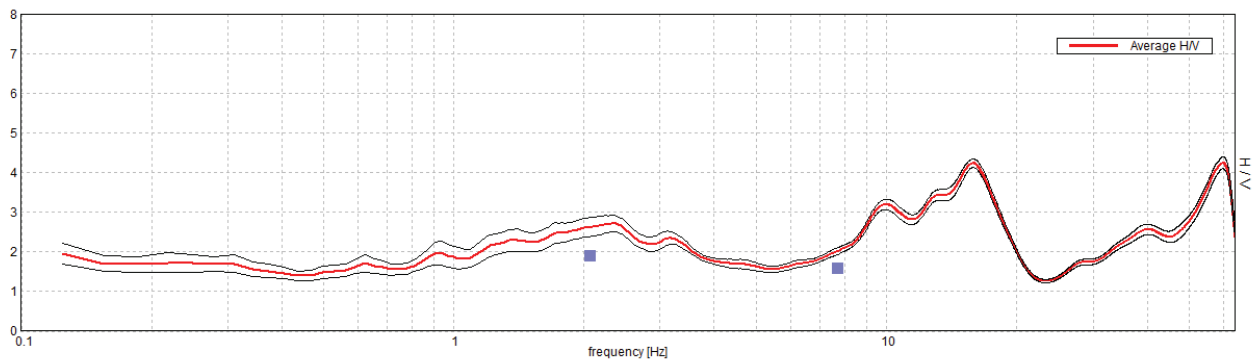
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

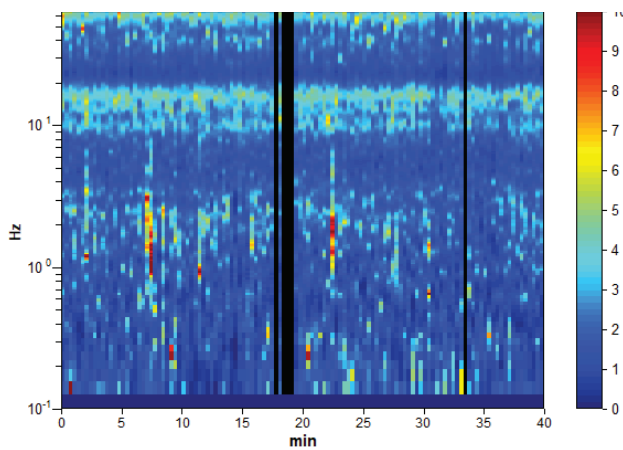
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

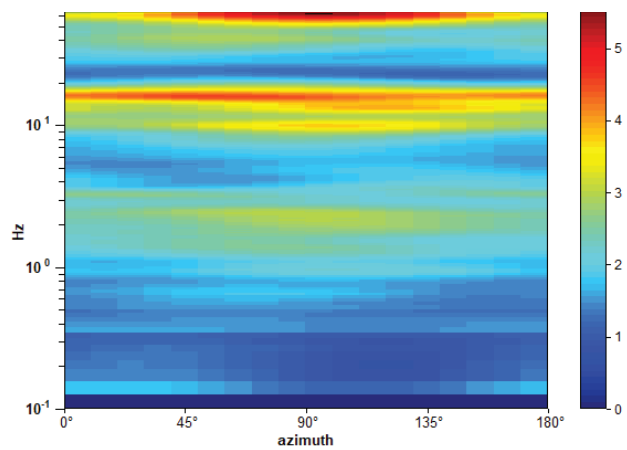
Max. H/V at 59.91 ± 4.11 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



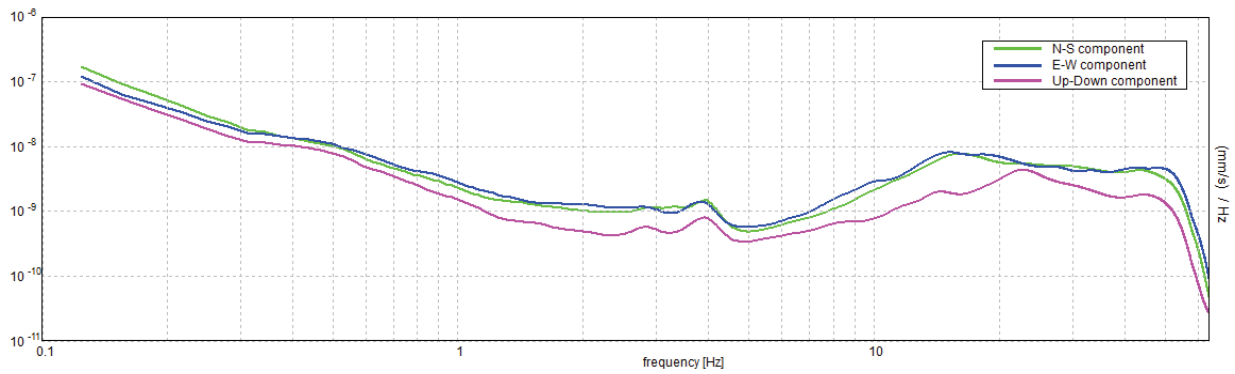
### H/V TIME HISTORY



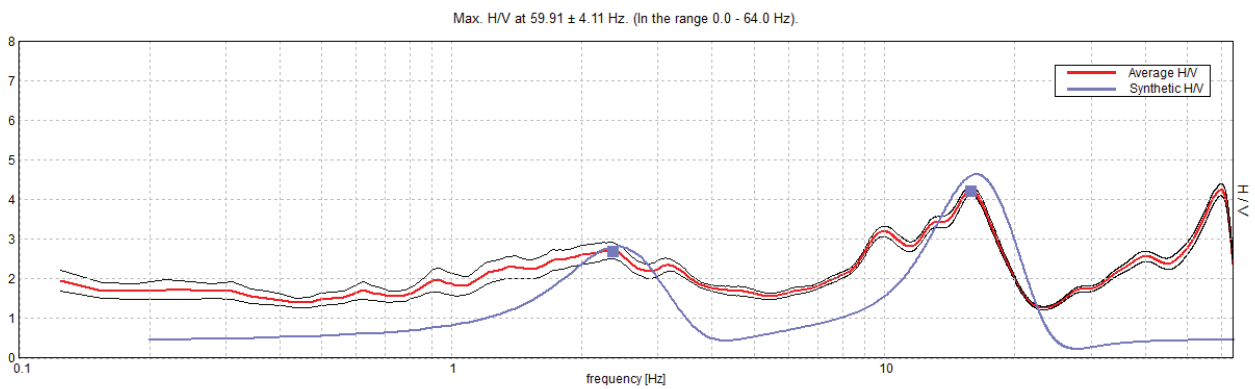
### DIRECTIONAL H/V



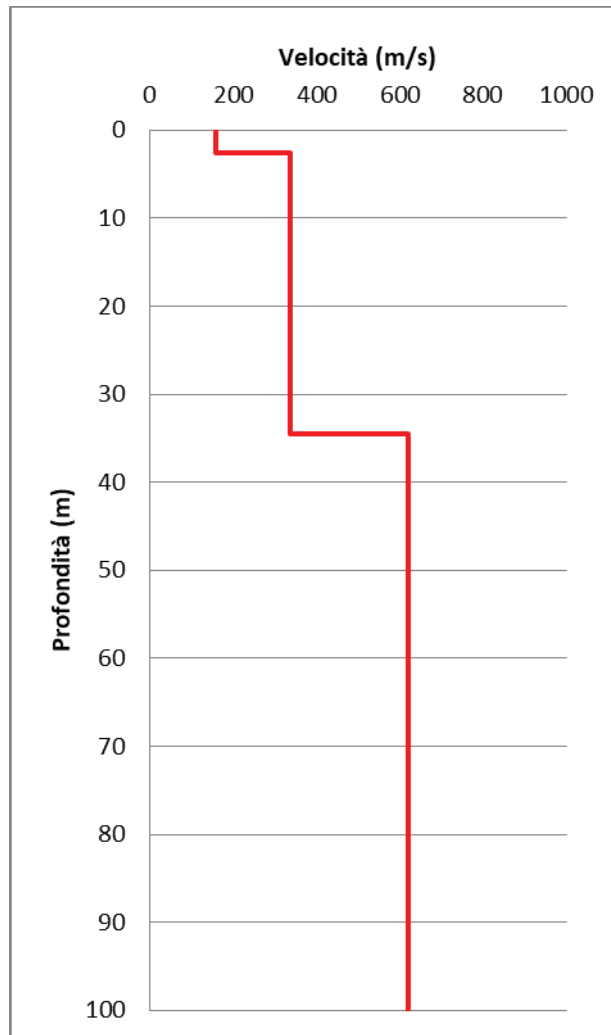
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	158	0.45
34.50	32.00	336	0.45
inf.	inf.	621	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 59.91 ± 4.11 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	59.91 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	137784.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1090 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	34.031 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	4.25 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06859  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.10884 < 2.99531		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1499 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## HVSR16

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 13/07/21 11:36:54 End recording: 13/07/21 12:16:54

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 89% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

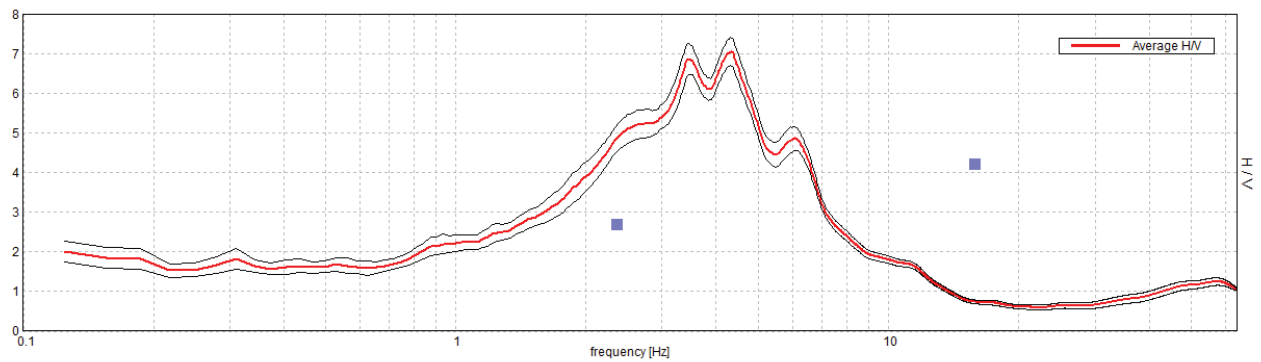
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

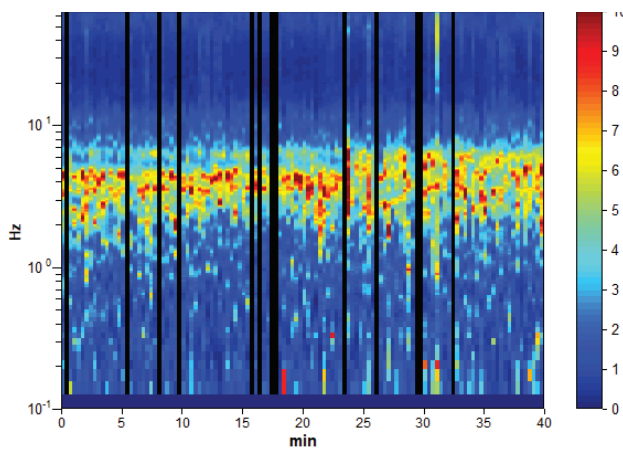
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

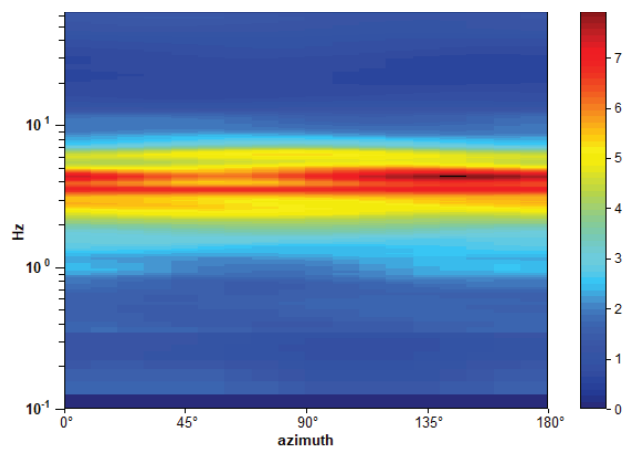
Max. H/V at  $4.31 \pm 0.02$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



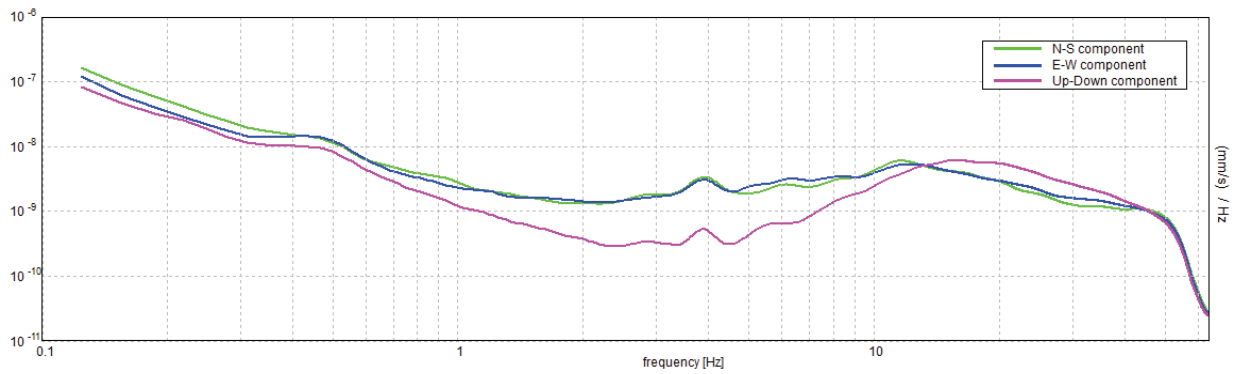
### H/V TIME HISTORY



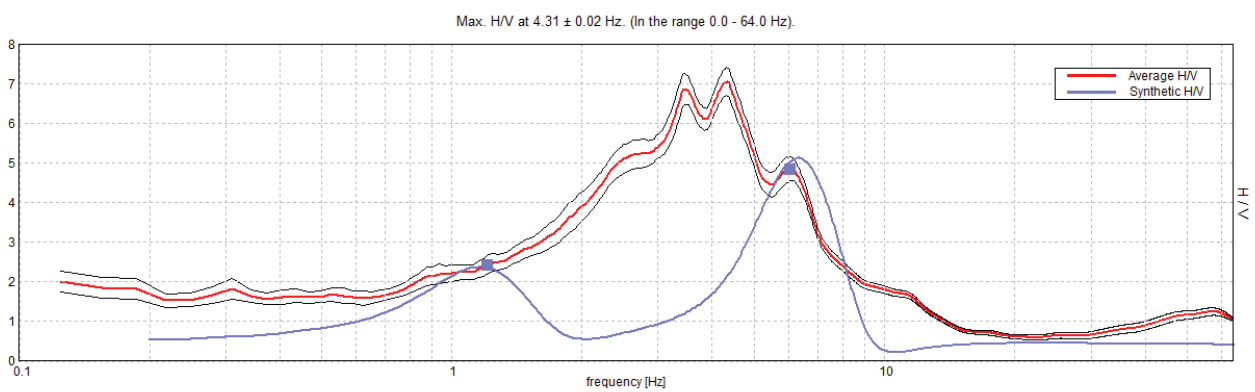
### DIRECTIONAL H/V



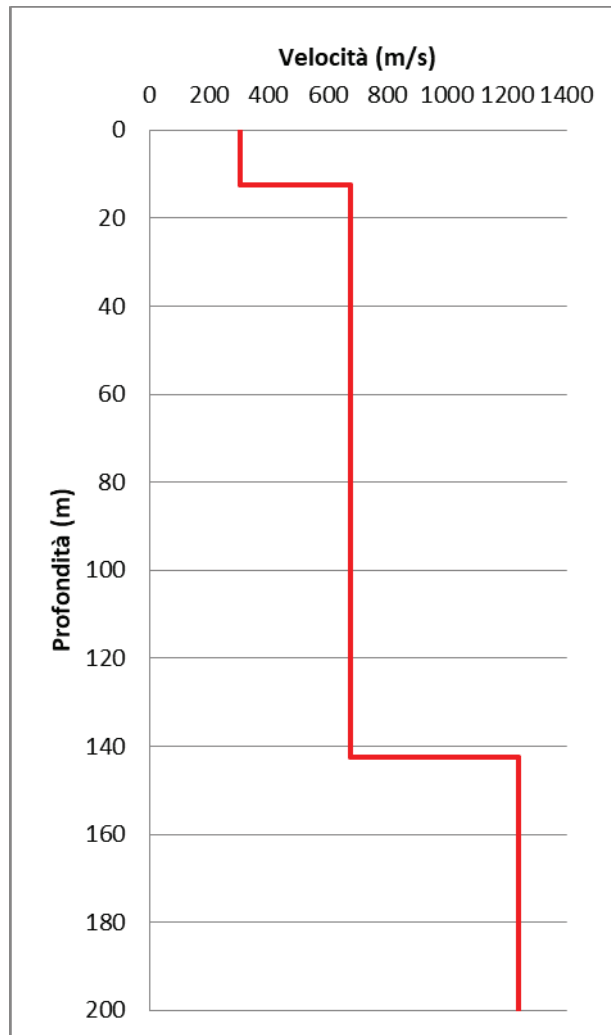
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
12.50	12.50	301	0.45
142.50	130.00	674	0.40
inf.	inf.	1241	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $4.31 \pm 0.02$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.31 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9228.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 208 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.813 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.05 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00443  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01911 < 0.21563$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3494 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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



## HVSR17

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 13/07/21 15:36:10 End recording: 13/07/21 16:16:10

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 92% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

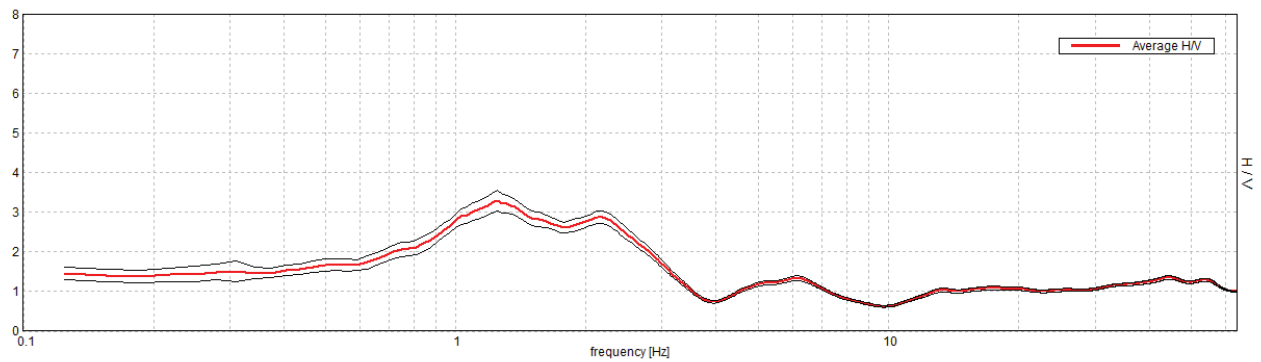
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

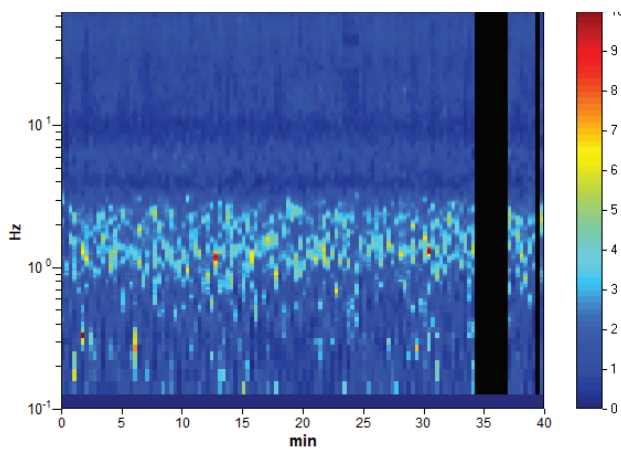
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

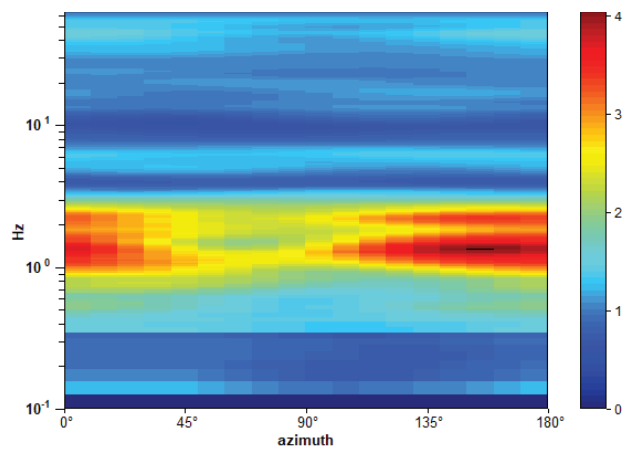
Max. H/V at  $1.25 \pm 0.19$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



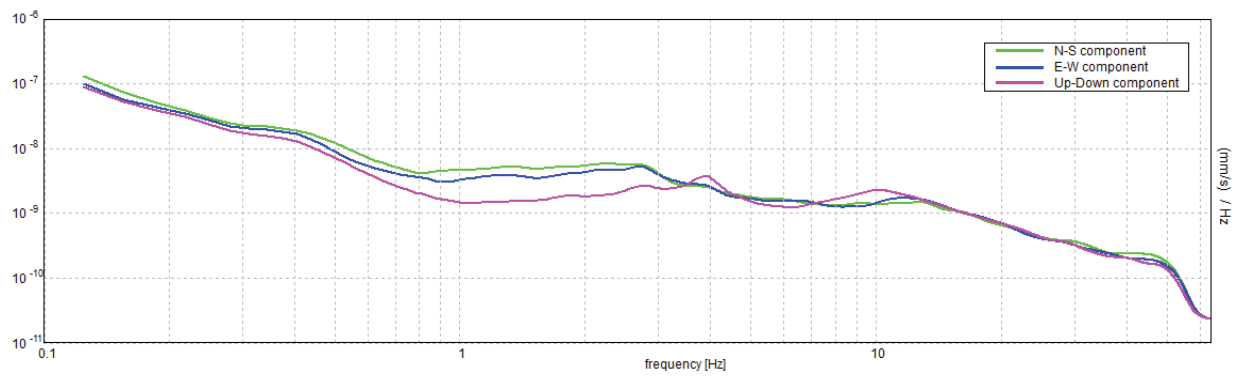
### H/V TIME HISTORY



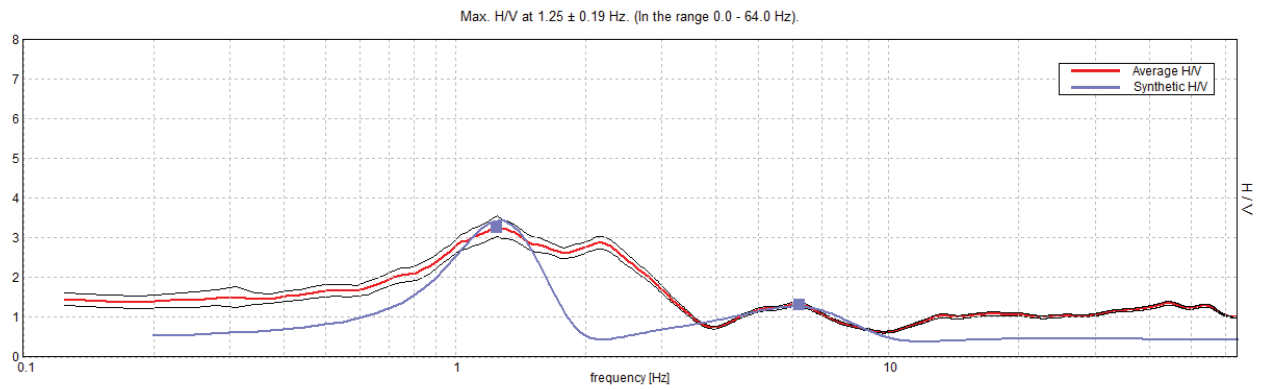
### DIRECTIONAL H/V



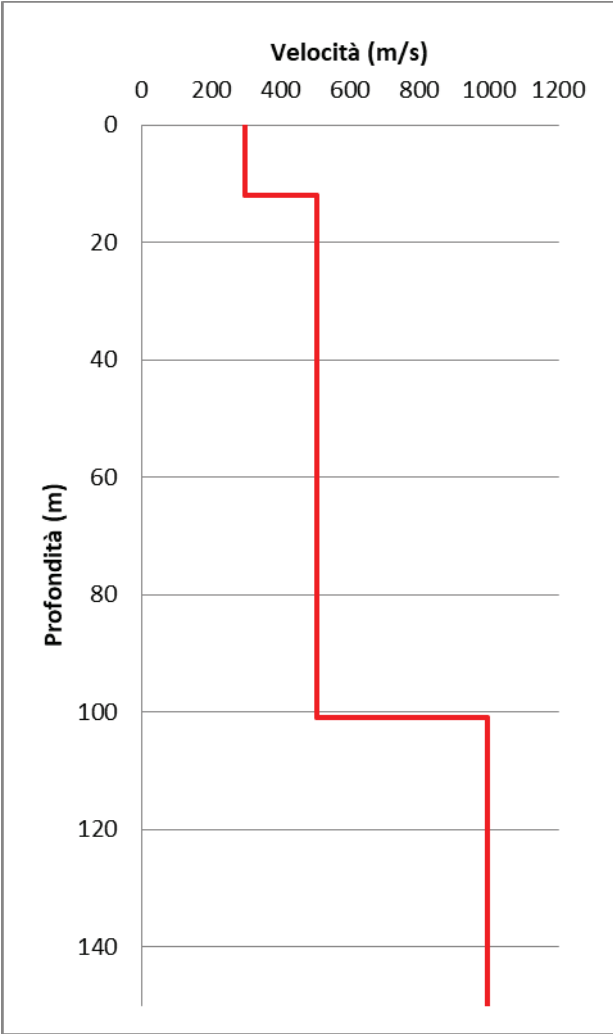
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
12.00	12.00	298	0.42
101.00	90.00	505	0.42
inf.	inf.	994	0.42



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $1.25 \pm 0.19$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2775.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 61 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.469 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.29 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14857  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18571 < 0.125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2675 < 1.78$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## HVSR18

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/07/21 16:34:58 End recording: 14/07/21 17:14:58

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 98% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

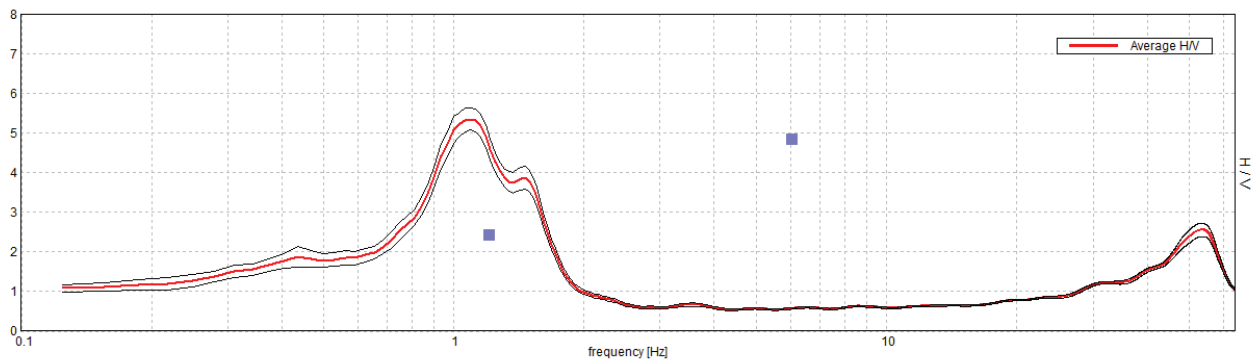
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

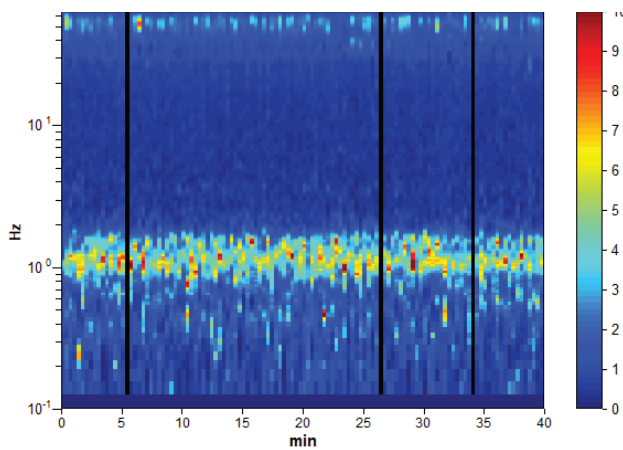
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

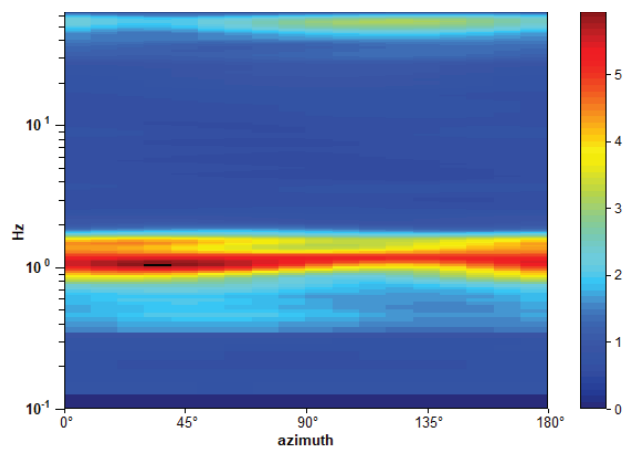
Max. H/V at  $1.09 \pm 0.03$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



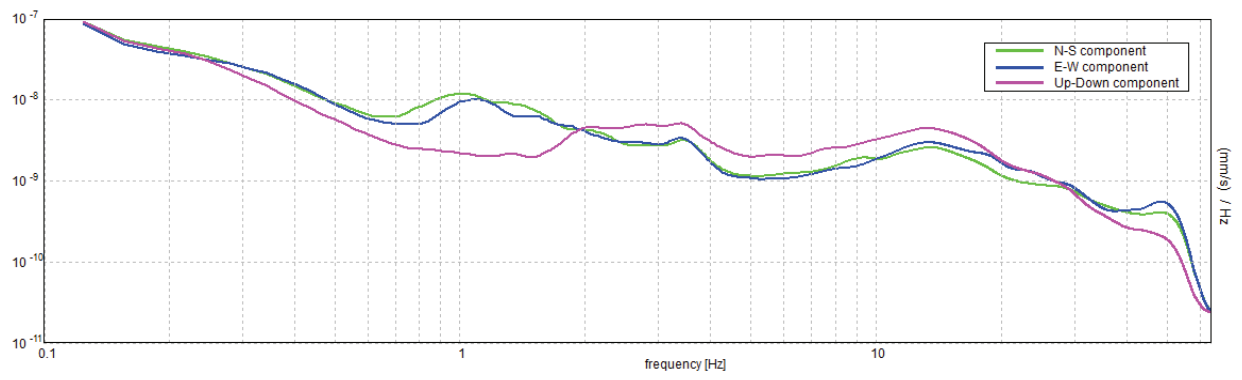
### H/V TIME HISTORY



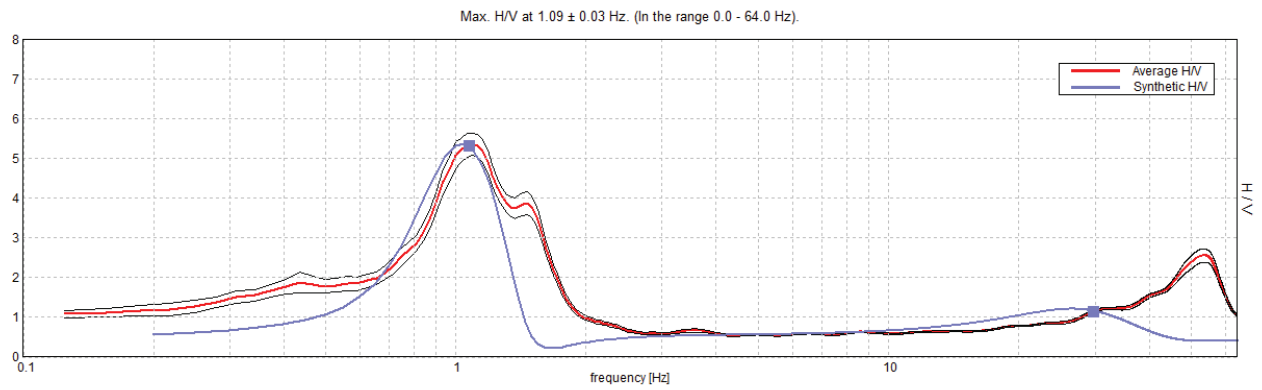
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

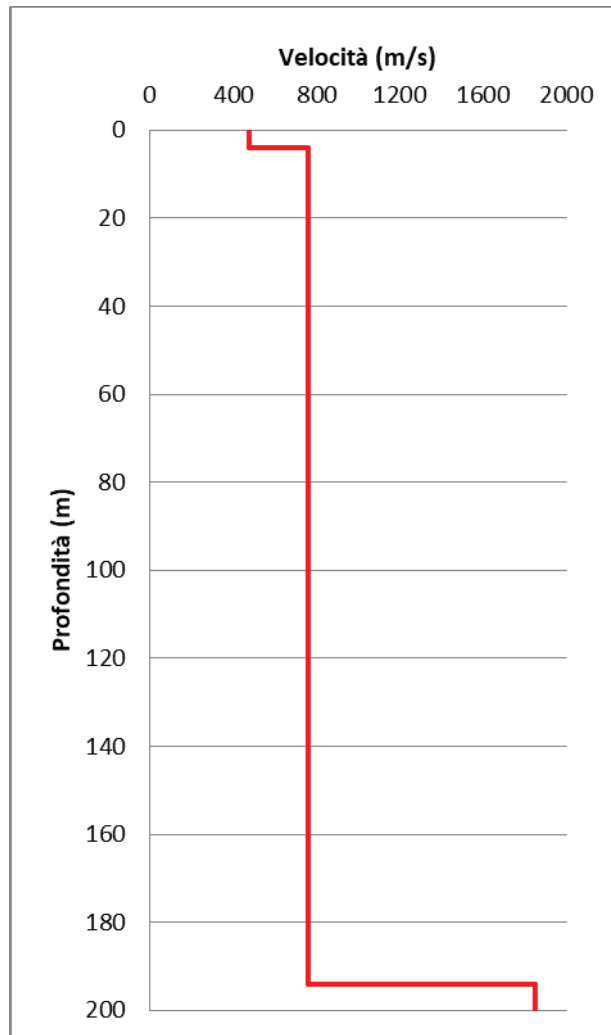


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	475	0.42
194.00	190.00	759	0.42
inf.	inf.	1850	0.42





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $1.09 \pm 0.03$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.09 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2559.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 54 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.75 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.35 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02707  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0296 < 0.10938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2729 < 1.78$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

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

## HVSR19

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 16/07/21 09:38:25 End recording: 16/07/21 10:18:25

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 92% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

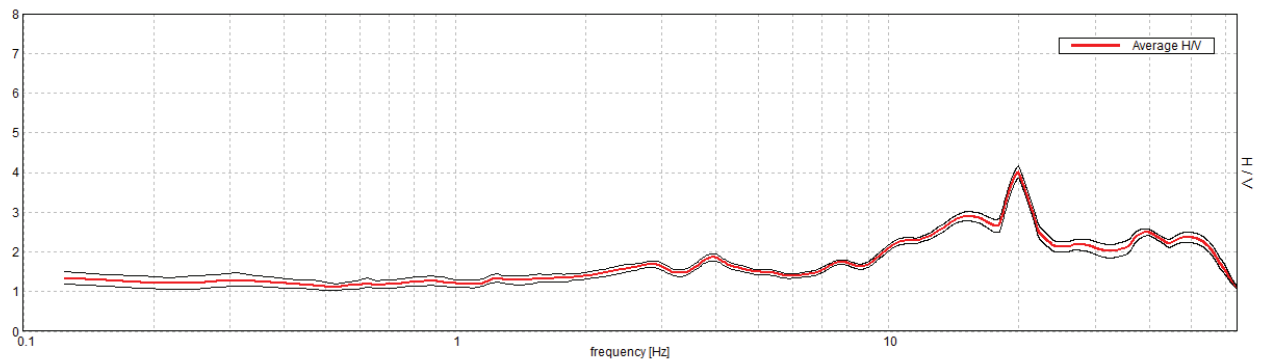
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

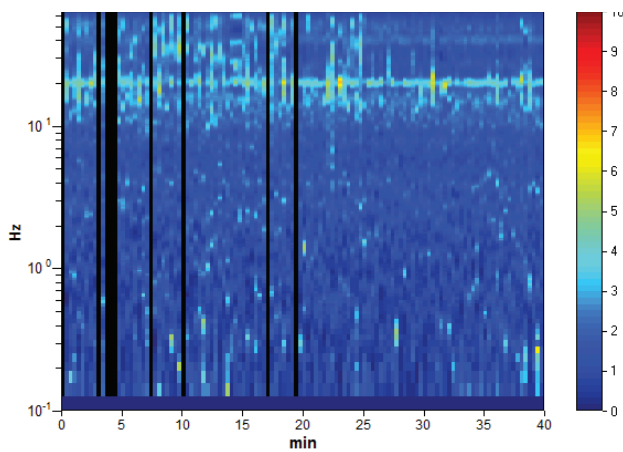
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

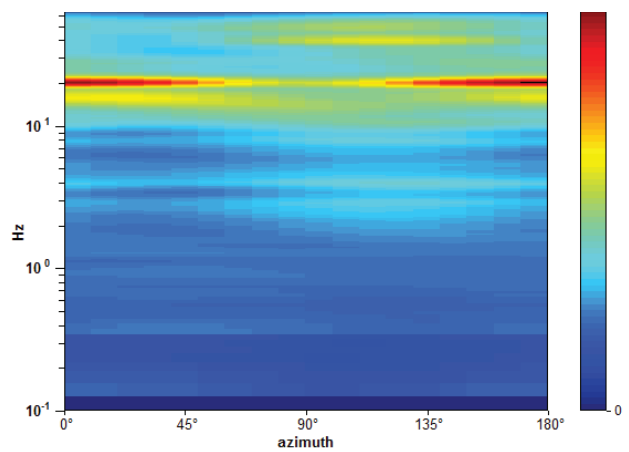
Max. H/V at 19.94 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



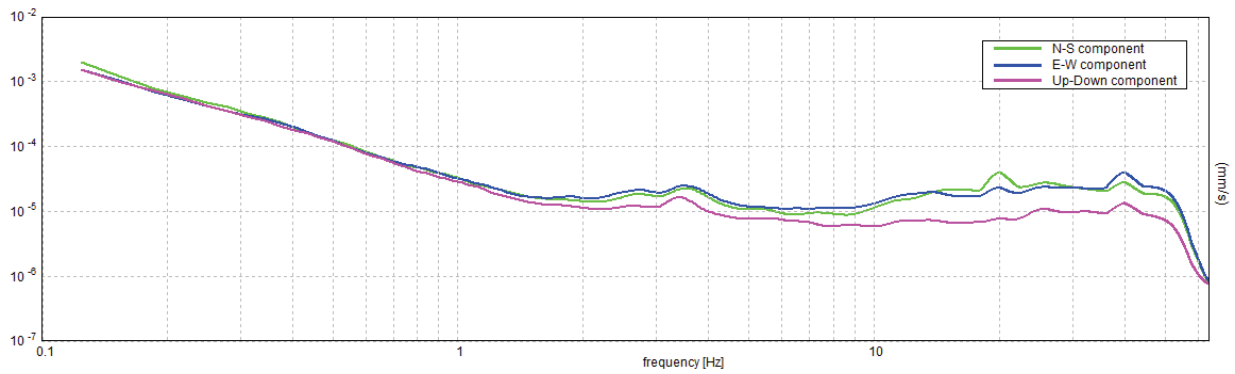
### H/V TIME HISTORY



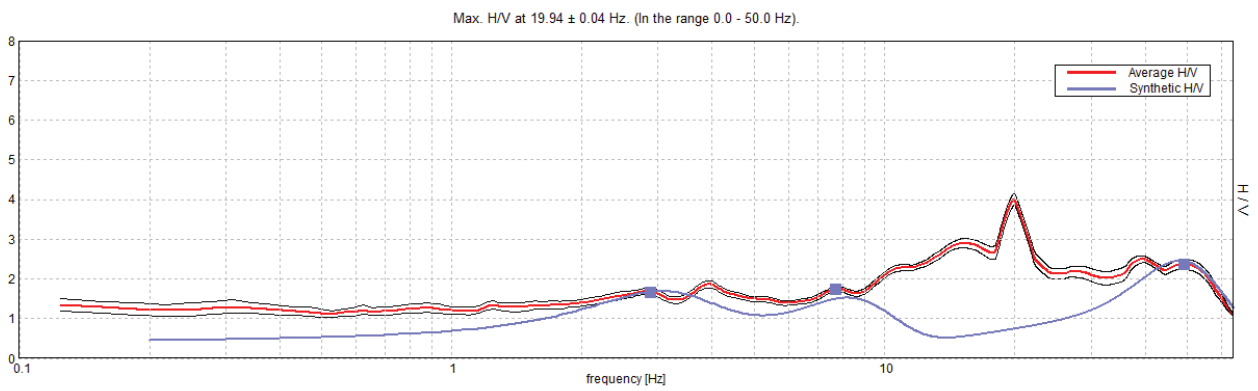
### DIRECTIONAL H/V



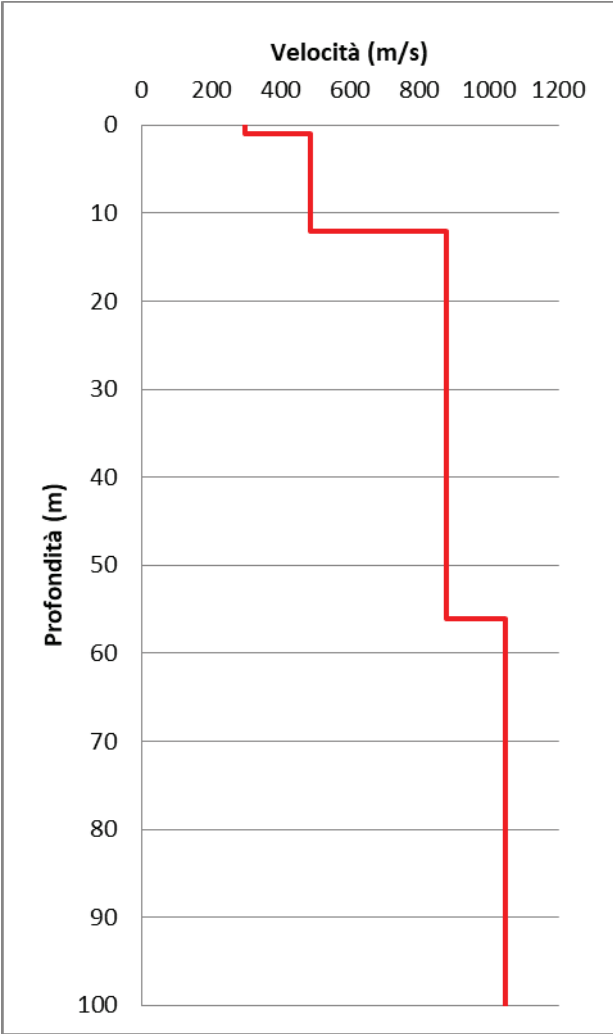
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	296	0.42
12.00	11.00	484	0.42
56.00	44.00	877	0.45
inf.	inf.	1047	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 19.94 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	19.94 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	44261.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 958 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.75 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	56.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.01 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00213  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04247 < 0.99688$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1517 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## HVSR20

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/07/21 15:00:18 End recording: 14/07/21 15:40:18

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 95% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

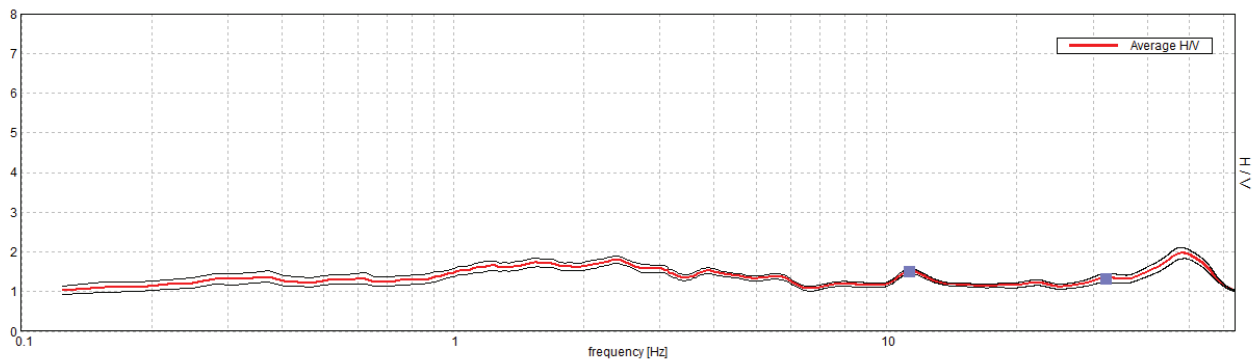
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

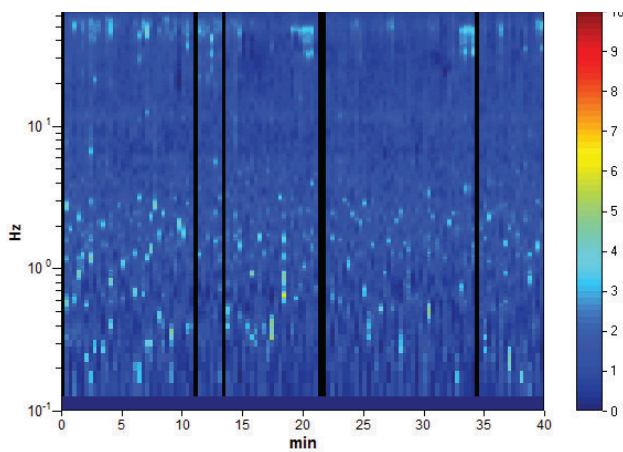
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

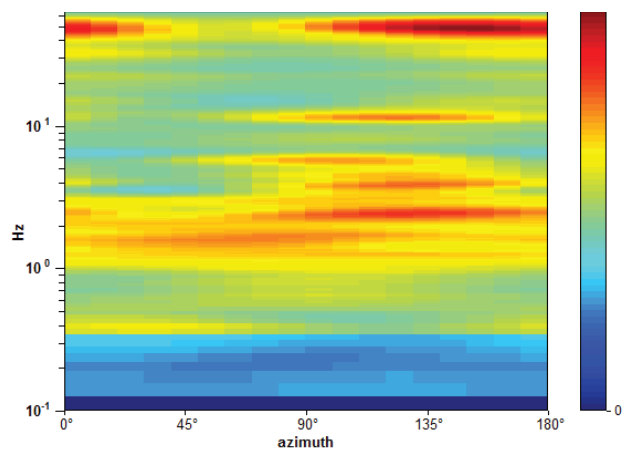
Max. H/V at  $48.13 \pm 12.38$  Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).



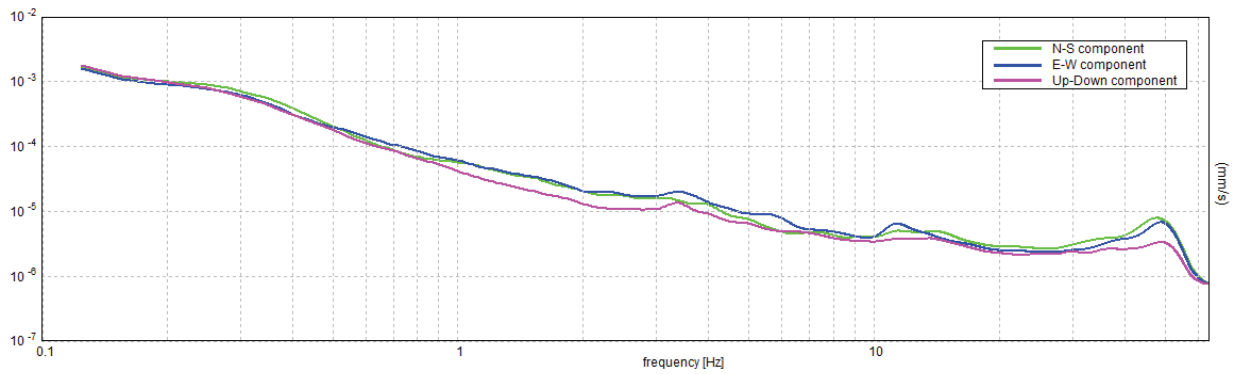
### H/V TIME HISTORY



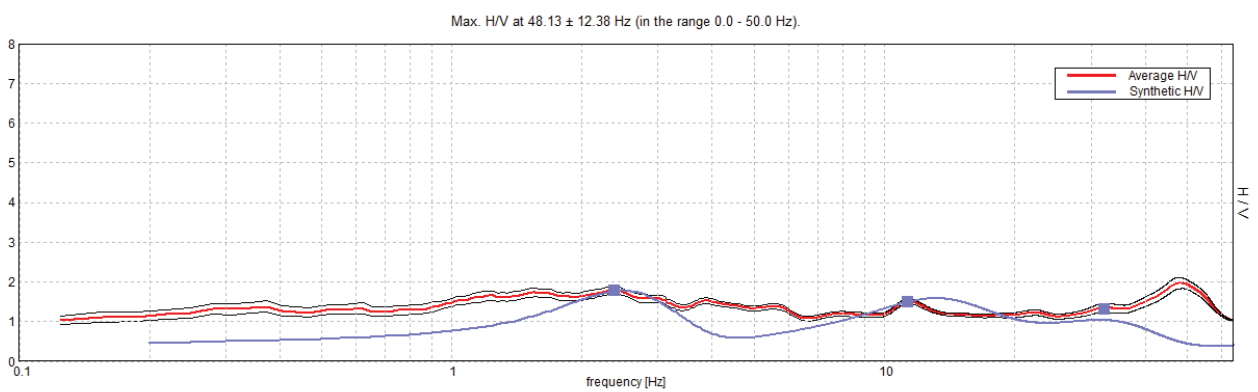
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

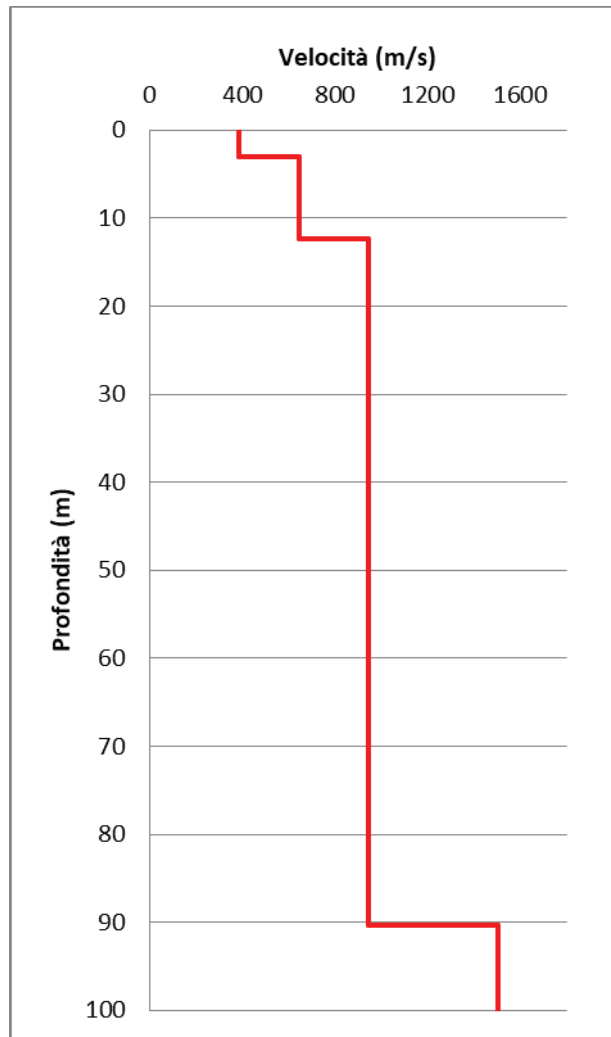


### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	385	0.42
12.30	9.30	644	0.42
90.30	78.00	943	0.45
inf.	inf.	1505	0.42





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 48.13 ± 12.38 Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	48.13 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	109725.0 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1279 times	<b>OK</b>	
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	1.97 > 2		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25717  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	12.37627 < 2.40625		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1383 < 1.58	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## HVSR21

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/07/21 13:09:57 End recording: 14/07/21 13:49:57

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 98% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

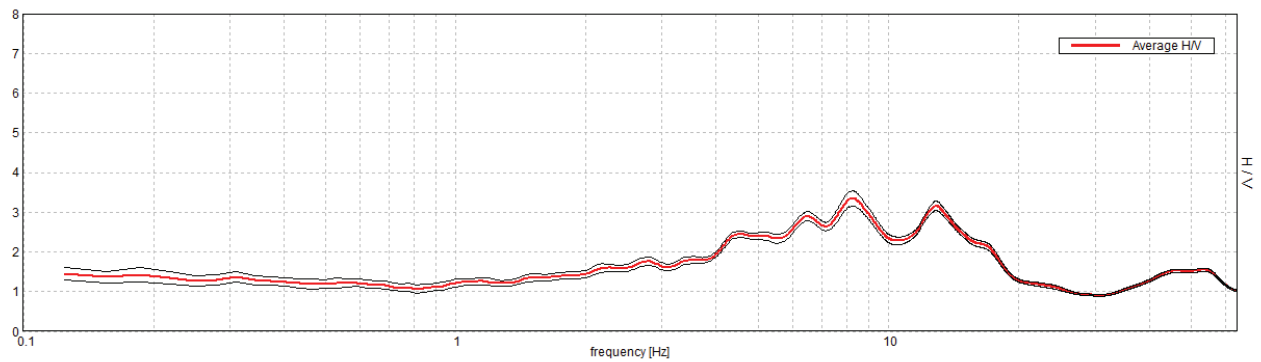
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

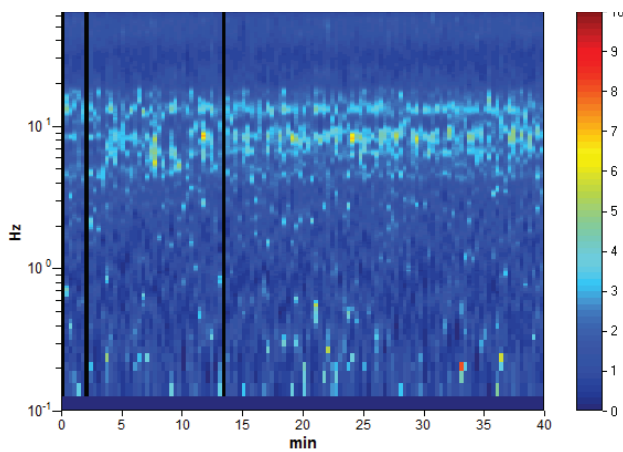
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

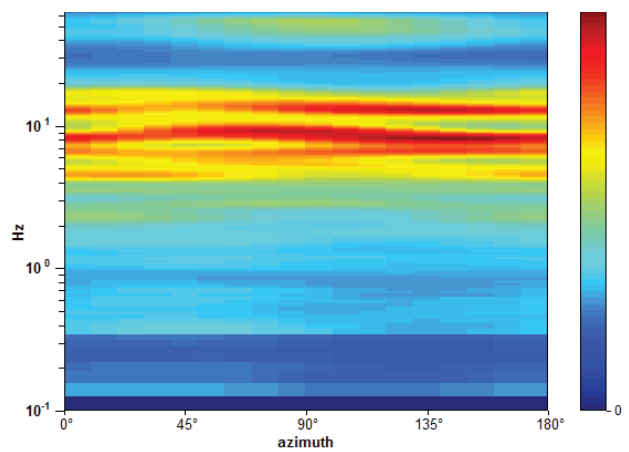
Max. H/V at  $8.31 \pm 3.17$  Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



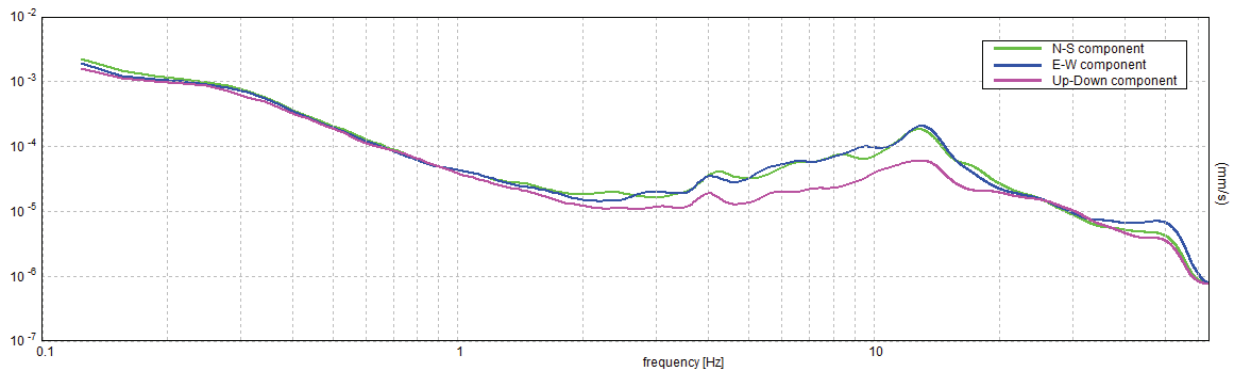
### H/V TIME HISTORY



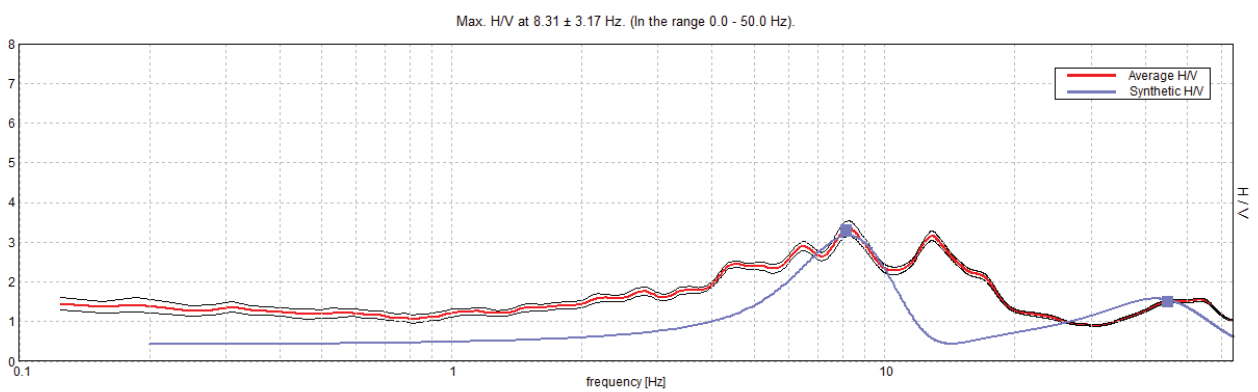
### DIRECTIONAL H/V



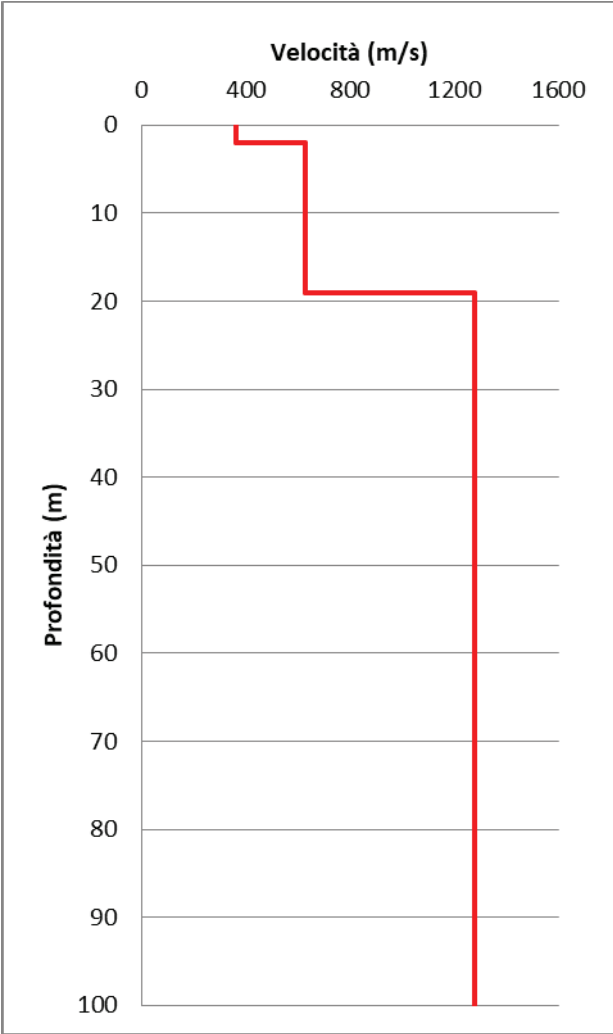
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	359	0.42
19.00	17.00	628	0.42
inf.	inf.	1277	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 8.31 ± 3.17 Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	8.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	19451.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 400 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.219 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	18.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.34 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.38132  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.16974 < 0.41563$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1886 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## HVSR22

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/07/21 12:11:01 End recording: 14/07/21 12:51:01

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 94% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

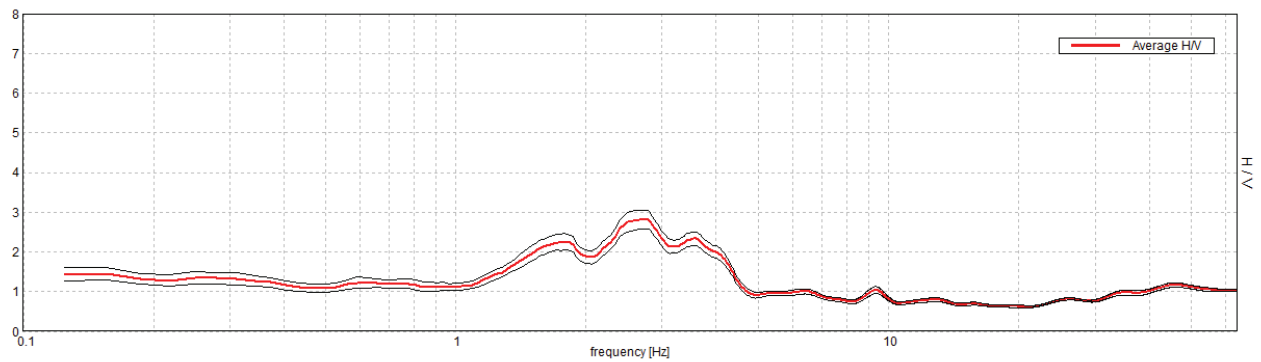
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

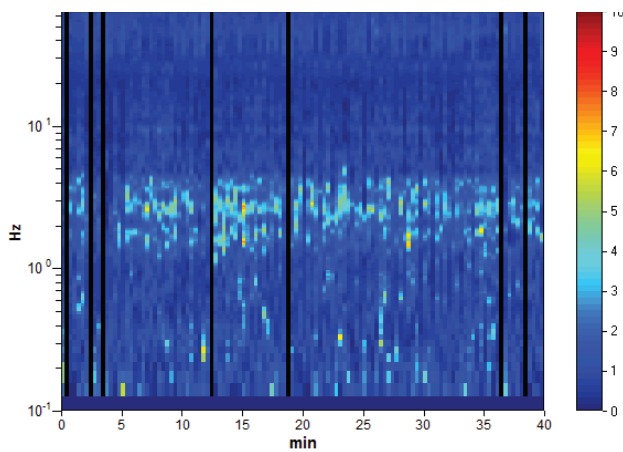
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

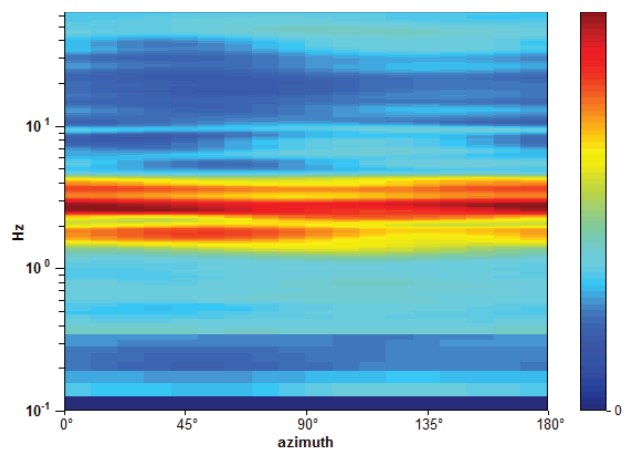
Max. H/V at 2.72 ± 0.45 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



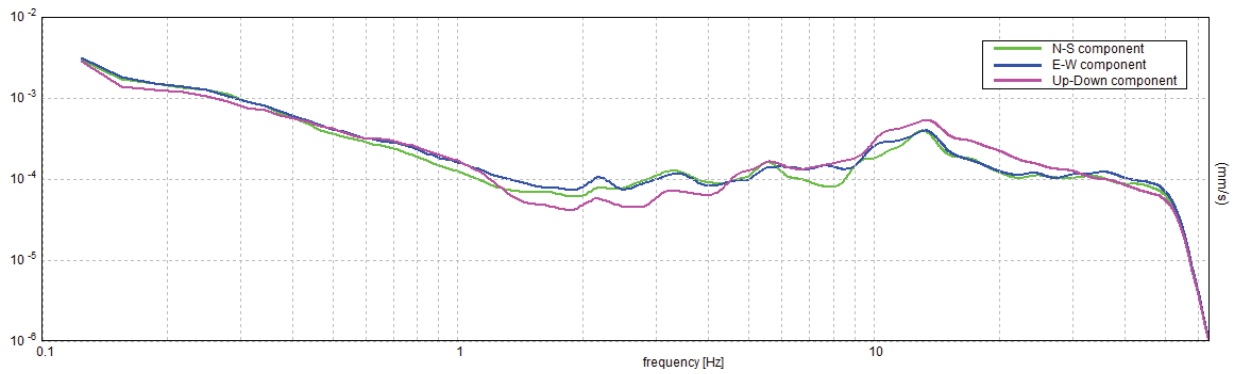
### H/V TIME HISTORY



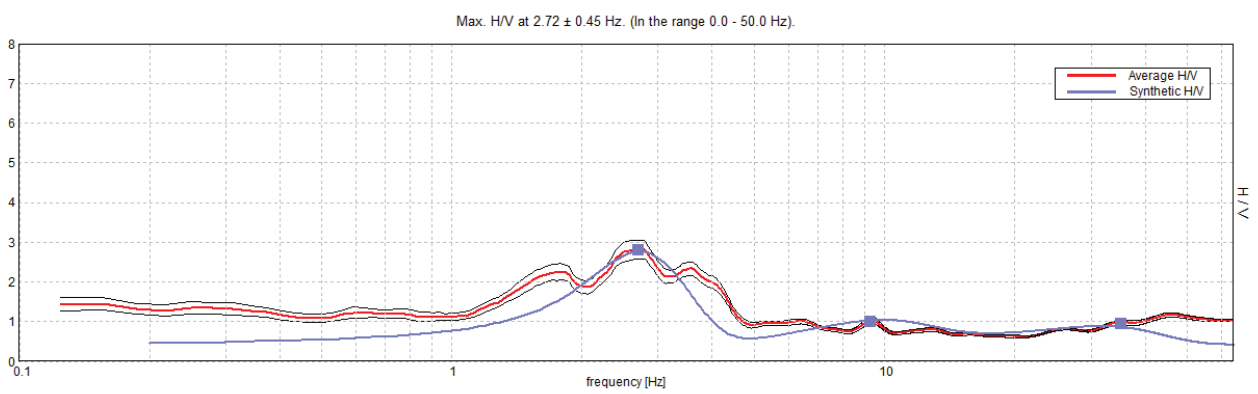
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

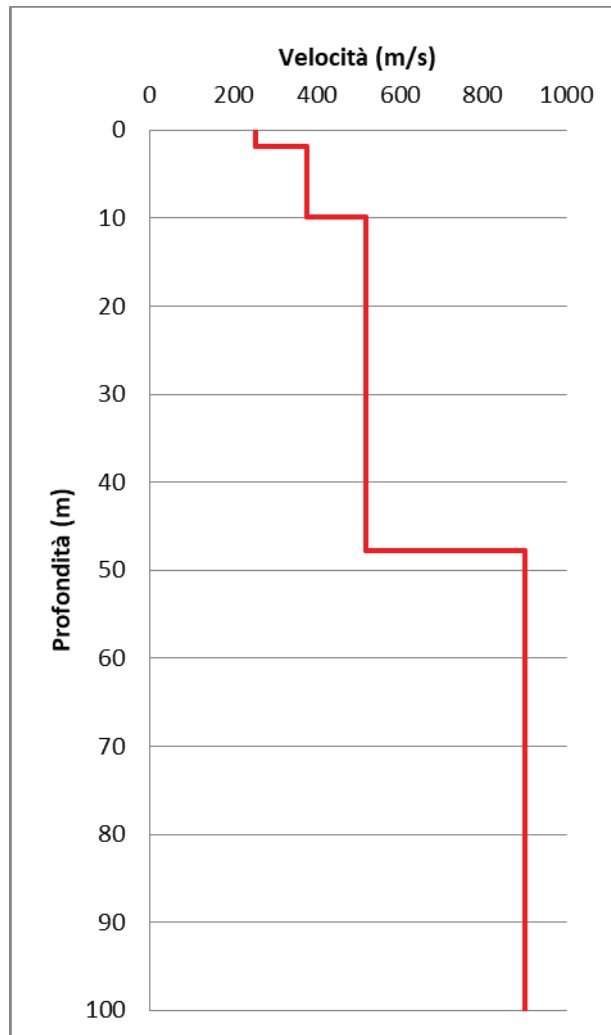


### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	252	0.42
9.80	8.00	378	0.42
47.80	38.00	519	0.45
inf.	inf.	902	0.45





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $2.72 \pm 0.45$  Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6144.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 132 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.219 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.82 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16652  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.45273 < 0.13594$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2343 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## HVSR23

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/07/21 11:05:37 End recording: 14/07/21 11:45:37

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 94% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

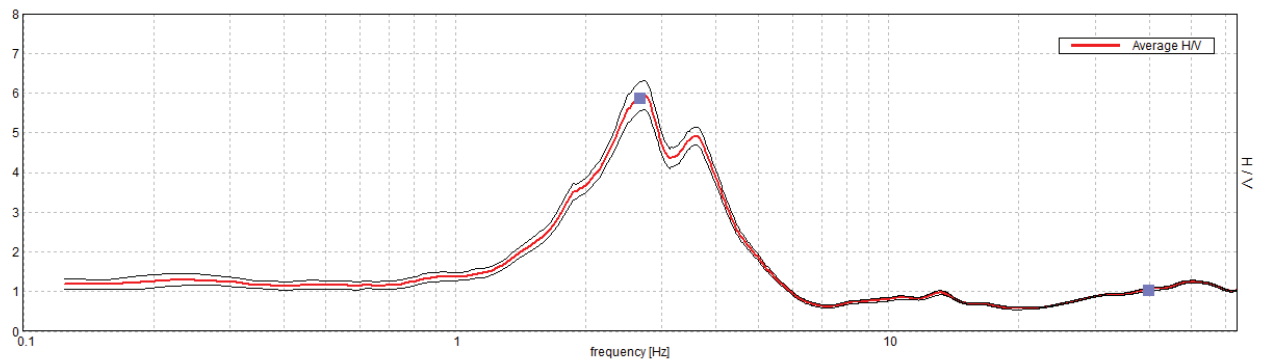
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

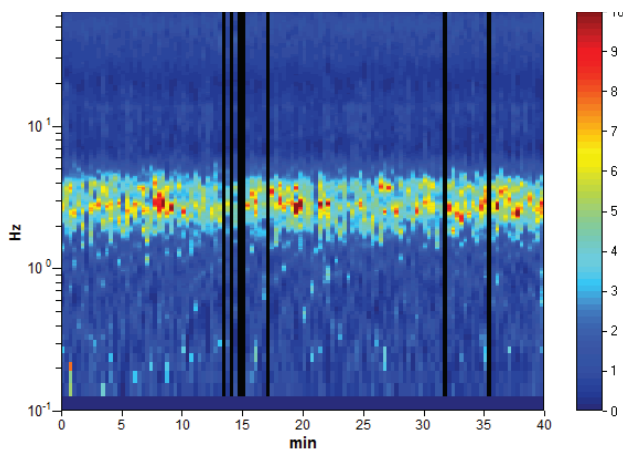
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

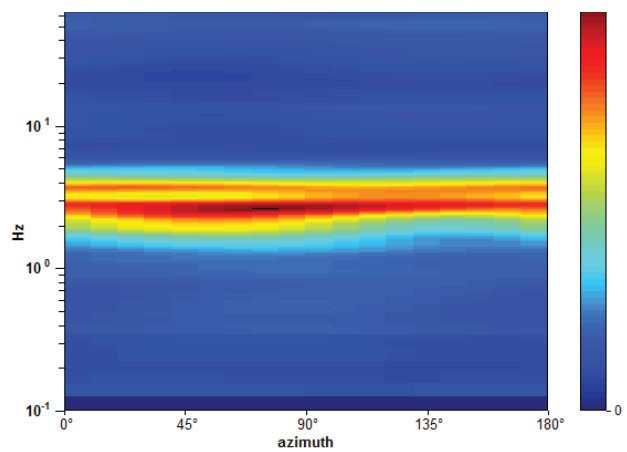
Max. H/V at  $2.72 \pm 0.09$  Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).



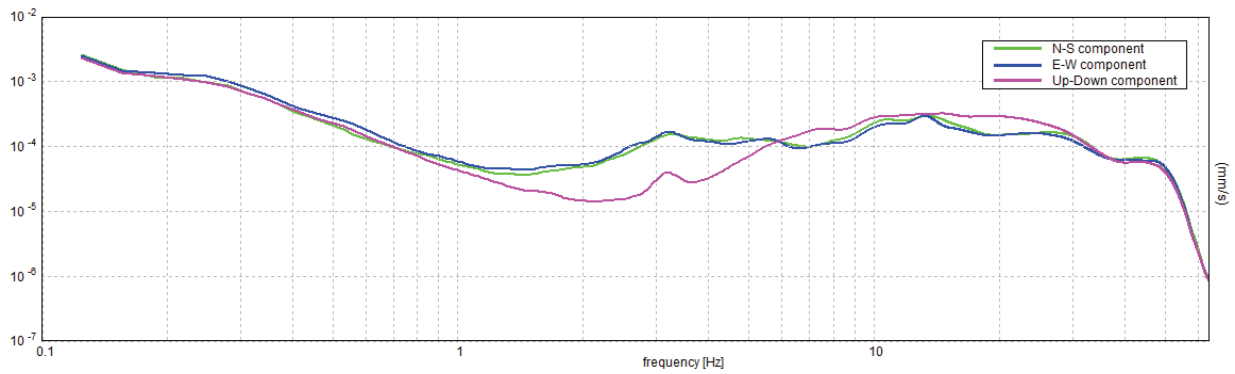
### H/V TIME HISTORY



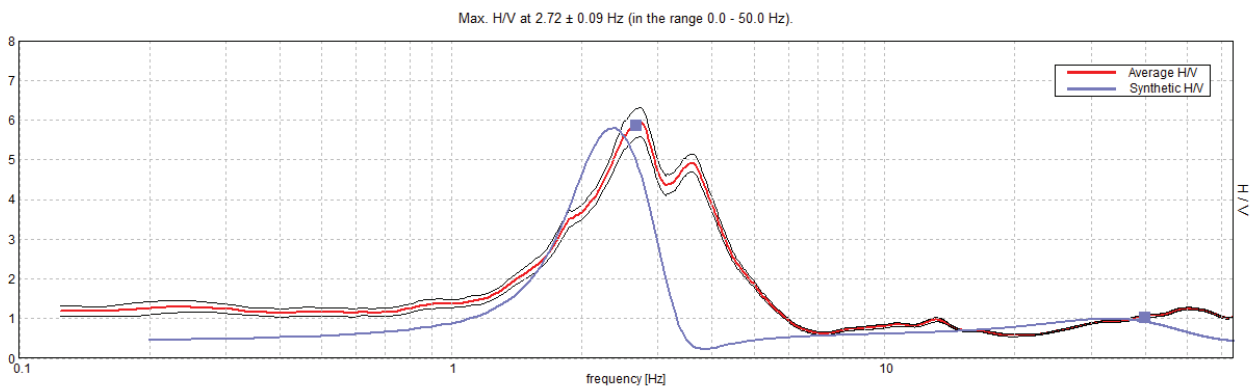
### DIRECTIONAL H/V



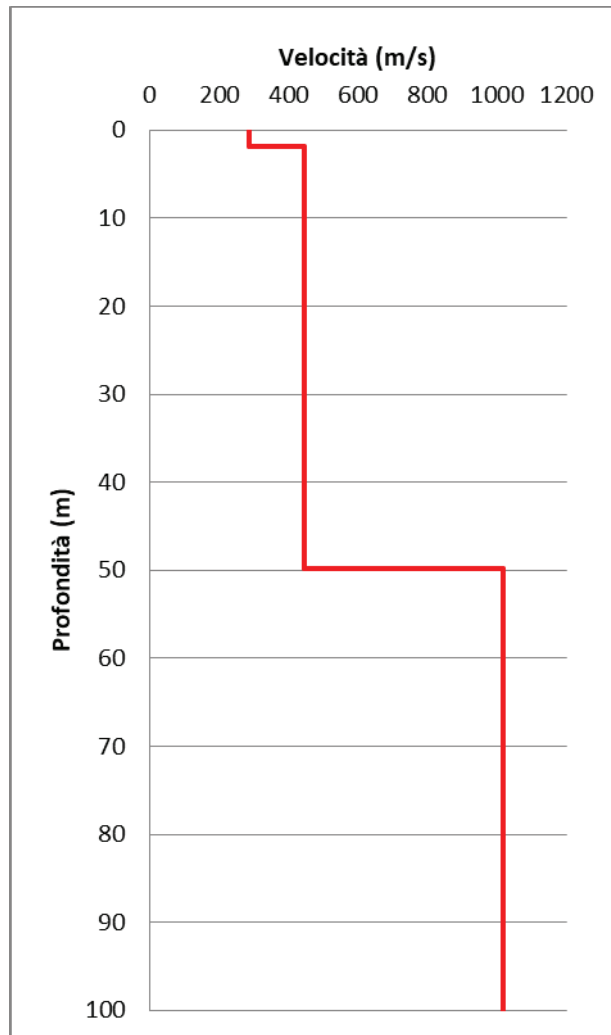
### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	286	0.42
49.80	48.00	443	0.42
inf.	inf.	1017	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $2.72 \pm 0.09$  Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6144.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 132 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.75 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.95 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03443  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.09361 < 0.13594$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3653 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## HVSR24

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/07/21 09:59:26 End recording: 14/07/21 10:39:26

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 96% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

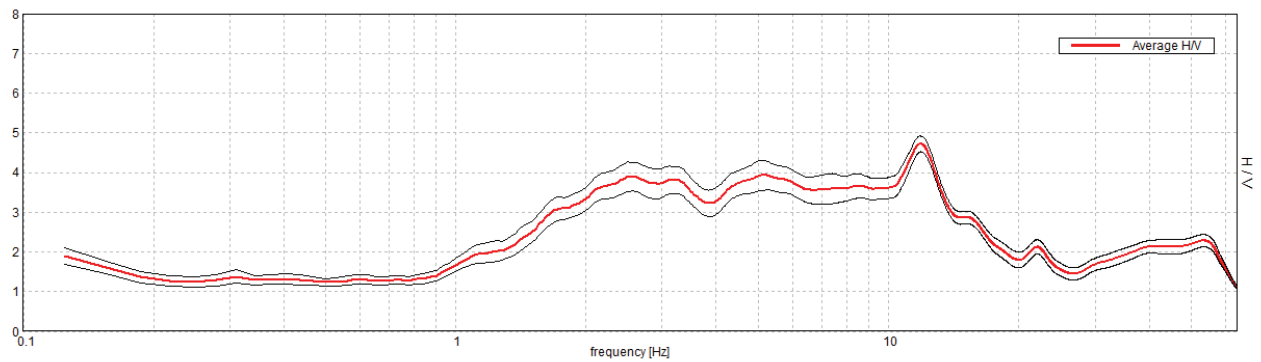
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

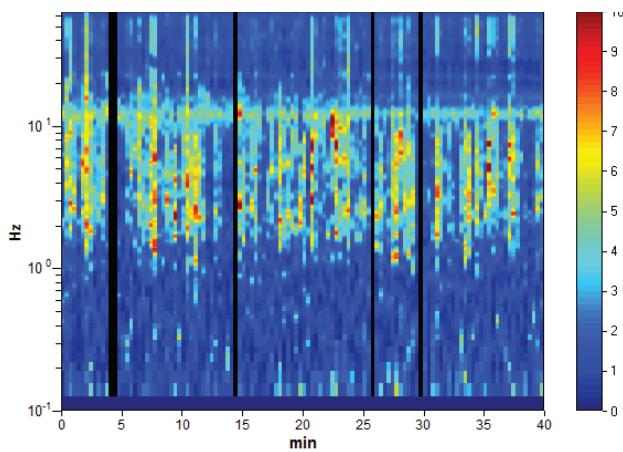
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

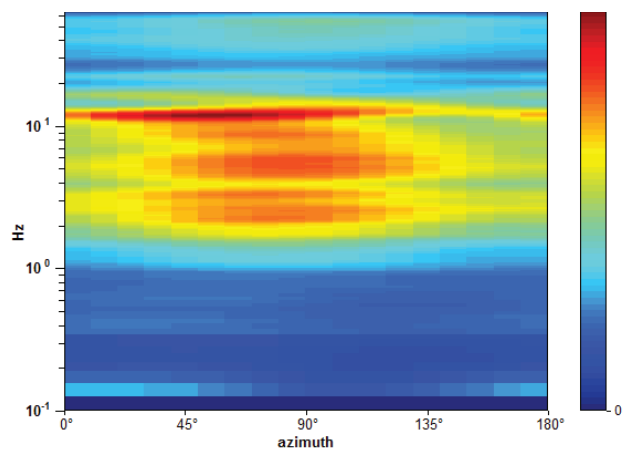
Max. H/V at 11.88 ± 0.1 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



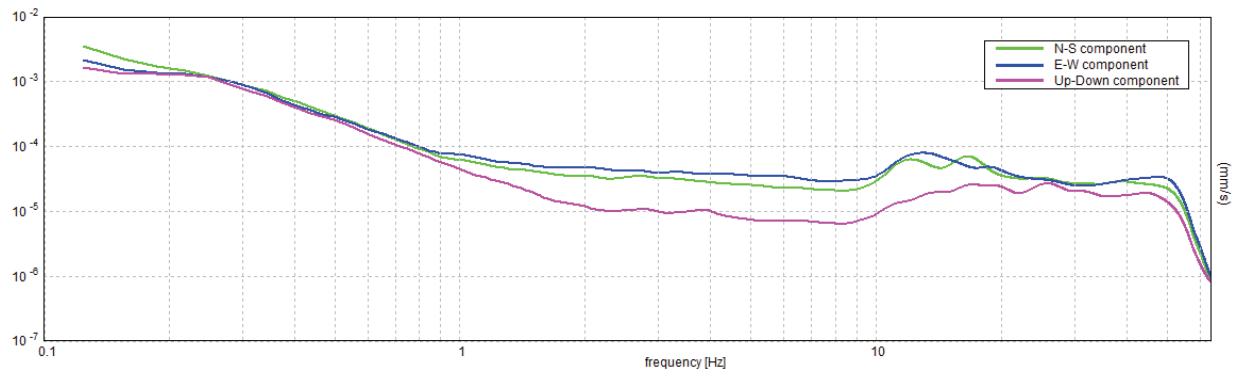
### H/V TIME HISTORY



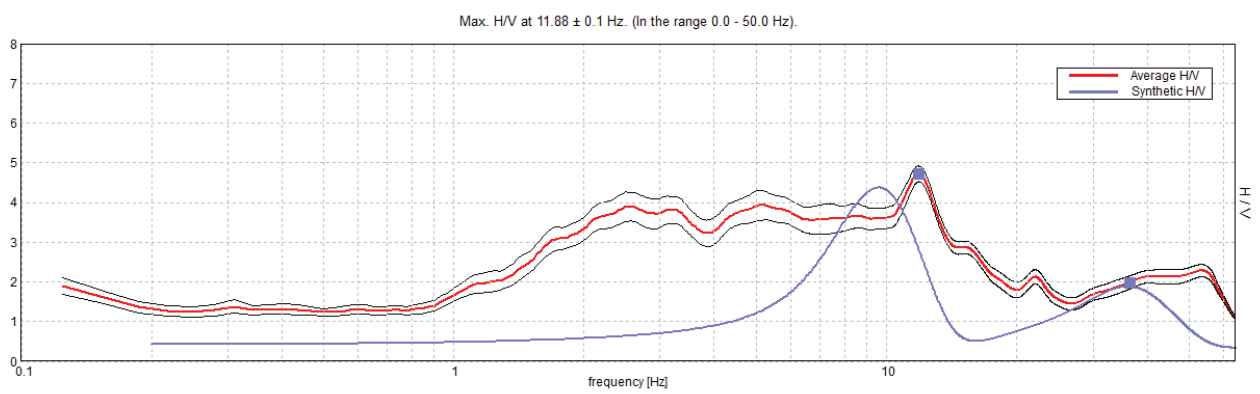
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

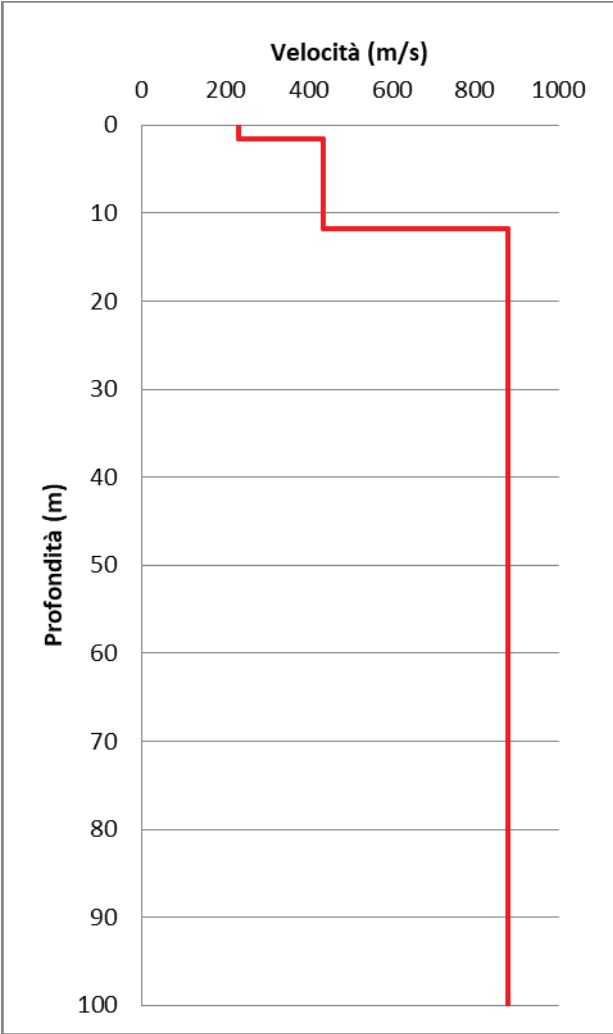


### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.60	1.60	233	0.42
11.80	10.20	434	0.42
inf.	inf.	879	0.45





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 11.88 ± 0.1 Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	11.88 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	27312.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 571 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.73 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00837  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.09942 < 0.59375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1996 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## HVSR25

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 16/07/21 15:27:11 End recording: 16/07/21 16:07:11

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 93% trace (automatic window selection)

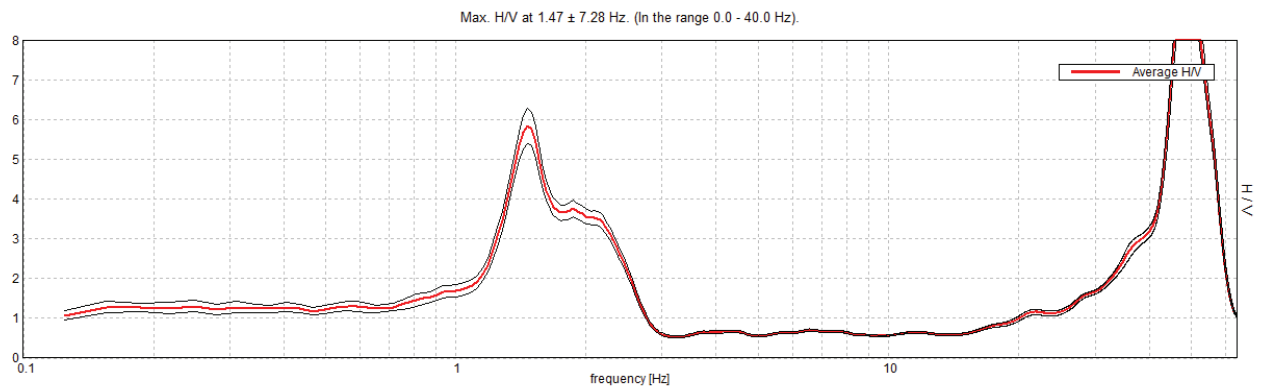
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

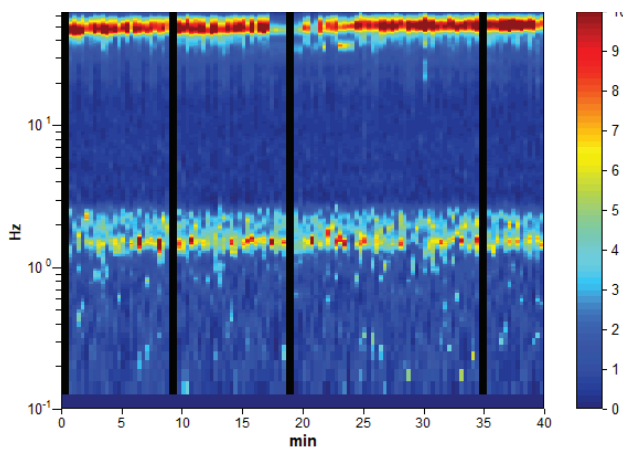
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

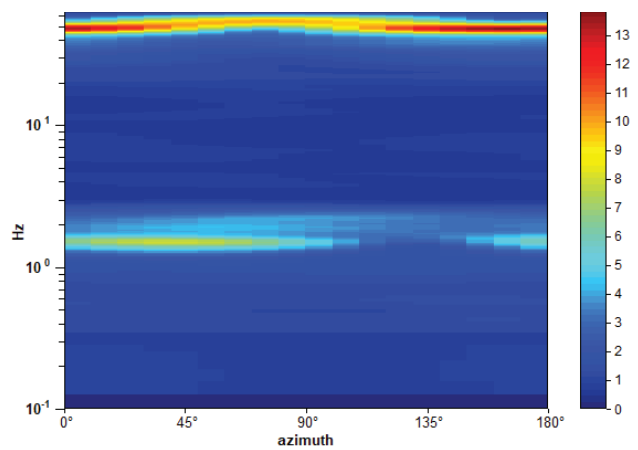
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



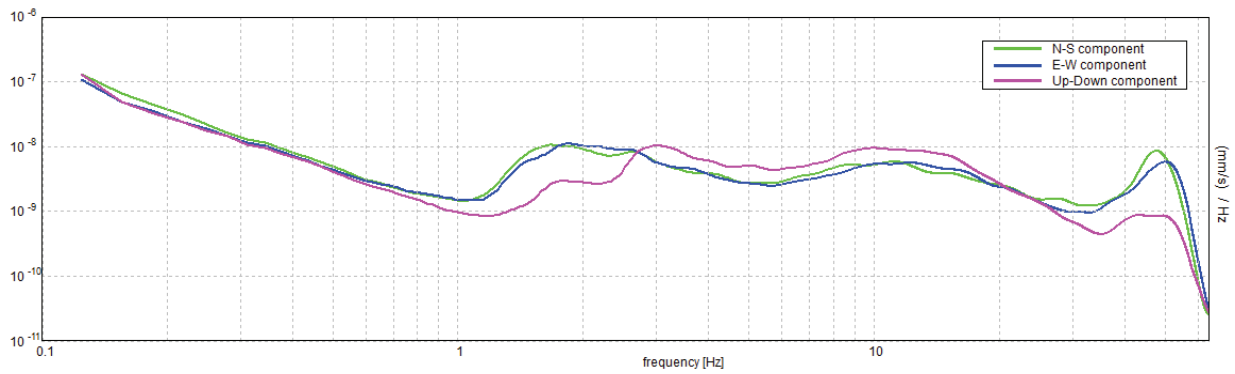
### H/V TIME HISTORY



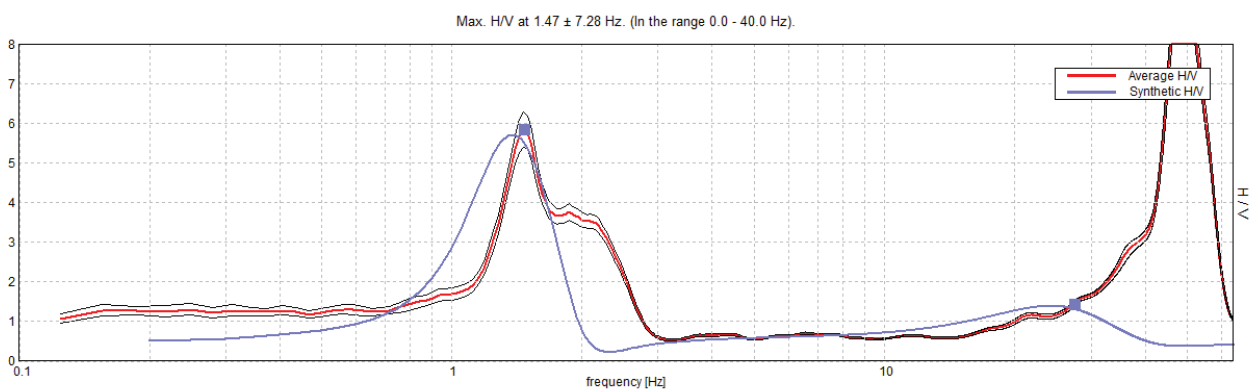
### DIRECTIONAL H/V



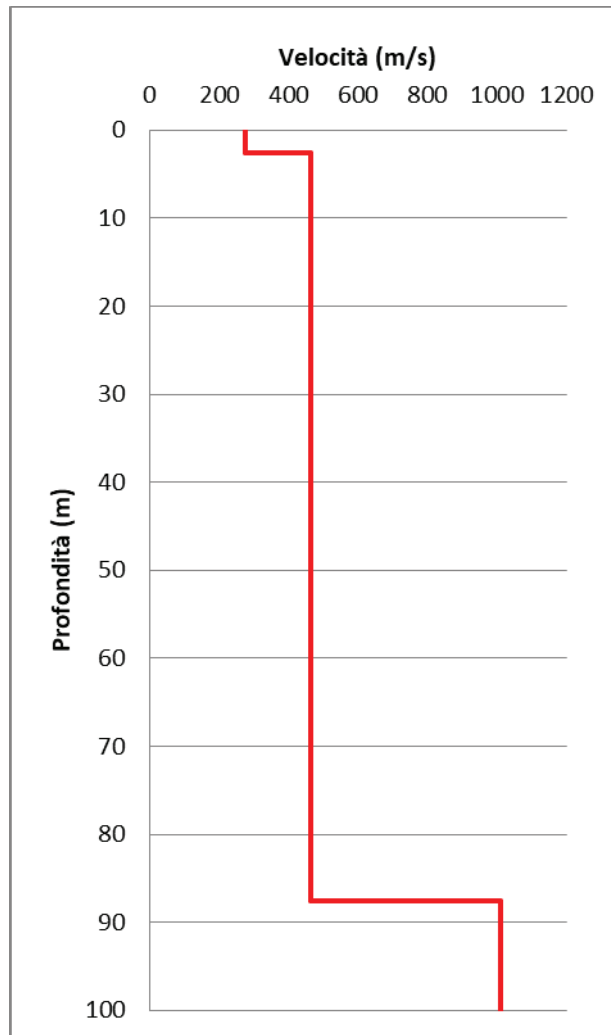
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	275	0.45
87.50	85.00	462	0.45
inf.	inf.	1010	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $1.47 \pm 7.28$  Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3290.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 72 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.219 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.84 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 4.95819  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$7.28234 < 0.14688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4445 < 1.78$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## HVSR26

Instrument: TE3-0338/02-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 16/07/21 16:21:41 End recording: 16/07/21 17:01:41

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h40'00". Analyzed 94% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

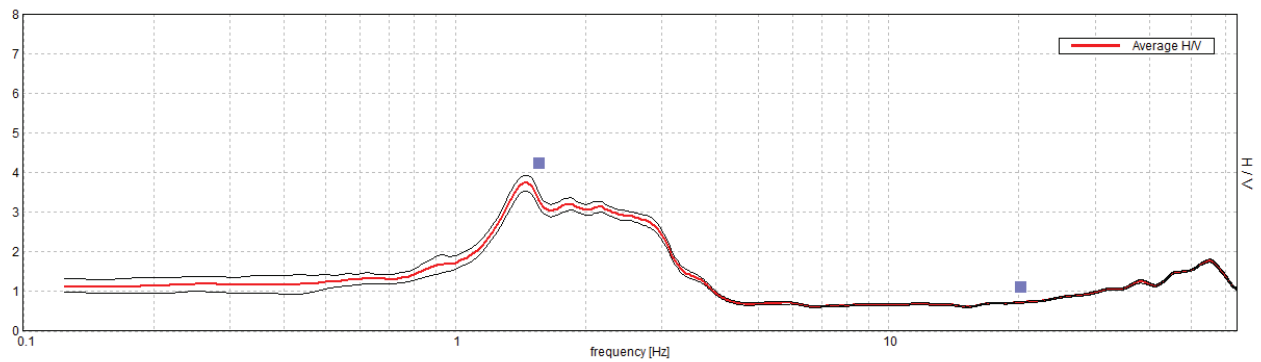
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

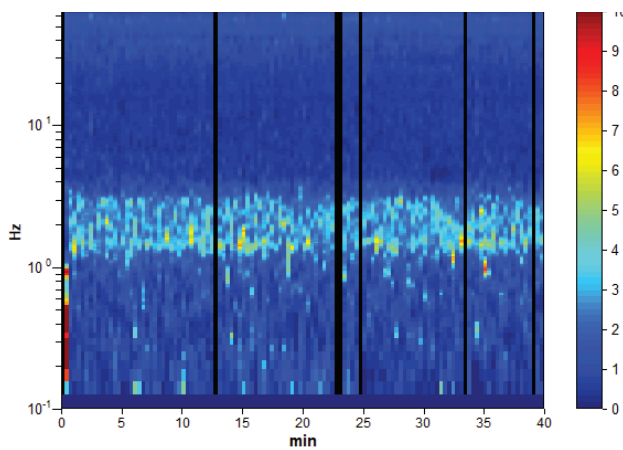
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

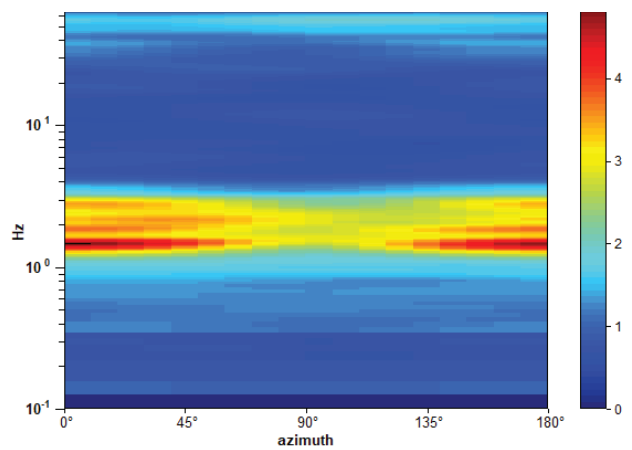
Max. H/V at  $1.47 \pm 0.22$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



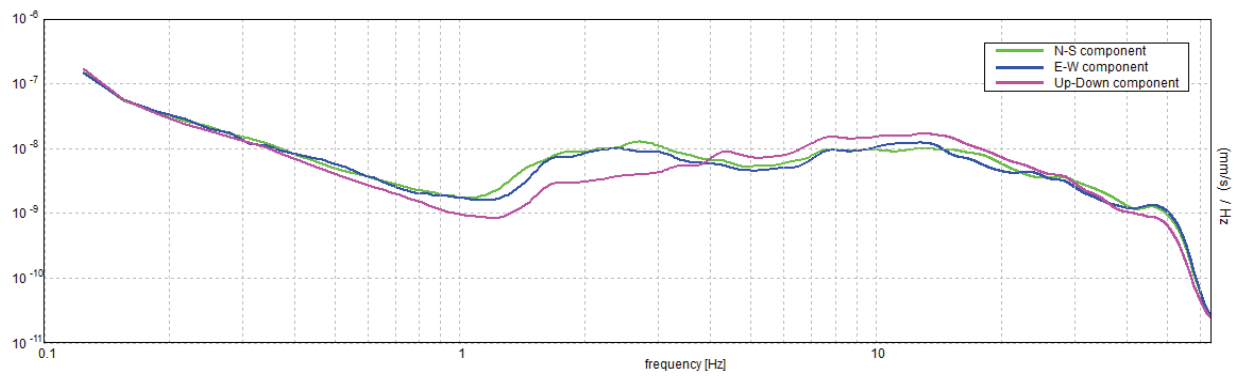
### H/V TIME HISTORY



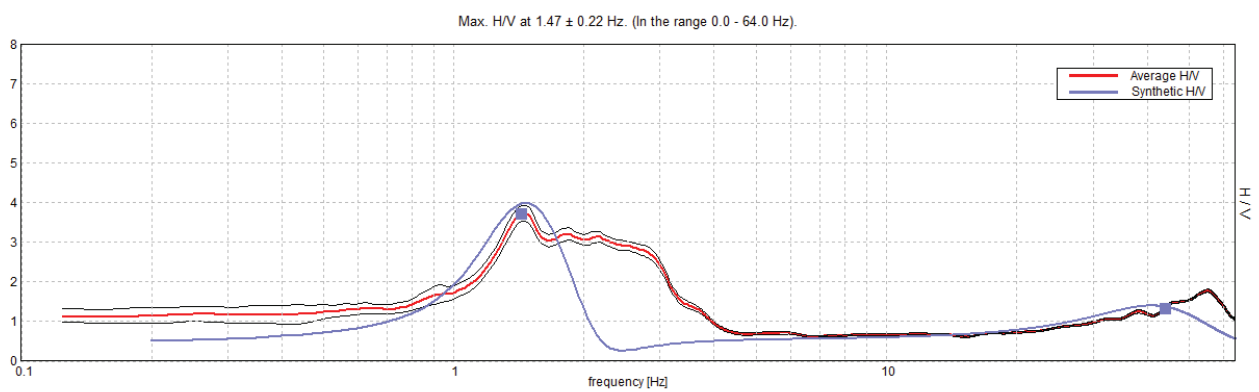
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

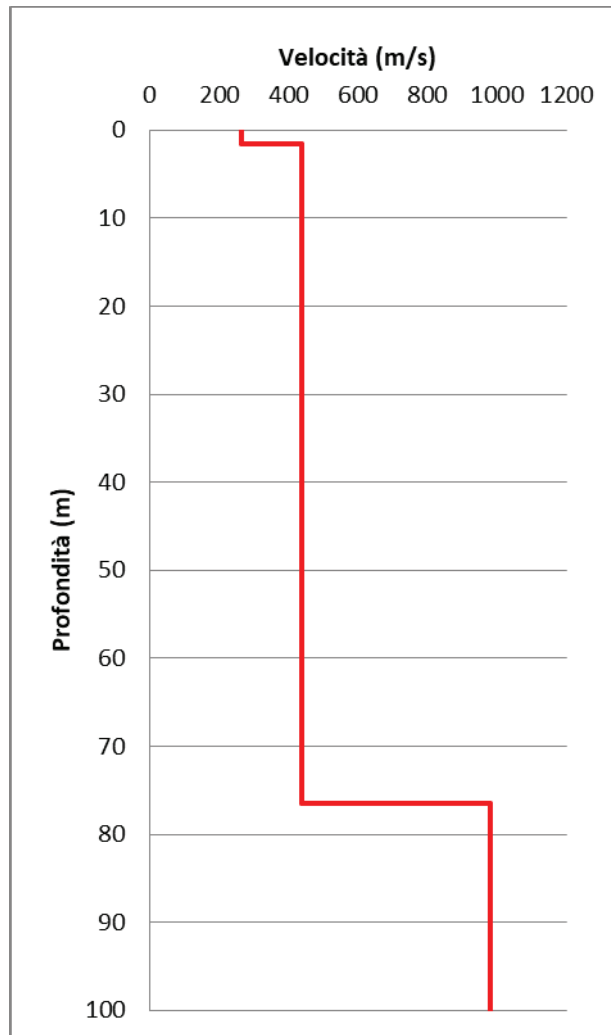


### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	264	0.40
76.50	75.00	438	0.42
inf.	inf.	982	0.42





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $1.47 \pm 0.22$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3319.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 72 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.063 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.188 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.73 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14868  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.21837 < 0.14688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2027 < 1.78$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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



**SOCOTEC**  
THE POWER OF FORESIGHT

## Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia. Tratta Finale Ligure – Andora

Tomografia sismica a rifrazione  
Sismica a riflessione

EMISSIONE: Rev.01  
DATA: 21/09/2021

Elaborato	Verificato	Approvato
Paola Luiso	Donato Fiore	Massimo De Iasi
<i>Paola Luiso</i>	<i>Donato Fiore</i>	<i>Massimo De Iasi</i>
Marco Taddeo		
<i>Marco Taddeo</i>		

# TAVOLA N°1

Ubicazione indagini e fasi di acquisizione



**Lavoro:**  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora

**Committente:**  
  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

**Indagini:**  
SRT - RIFL  
**Data di esecuzione:**  
Luglio 2021

**Elaborato:** P. Luiso, M. Taddeo  
**Verificato:** D. Fiore  
**Approvato:** M. De Iasi



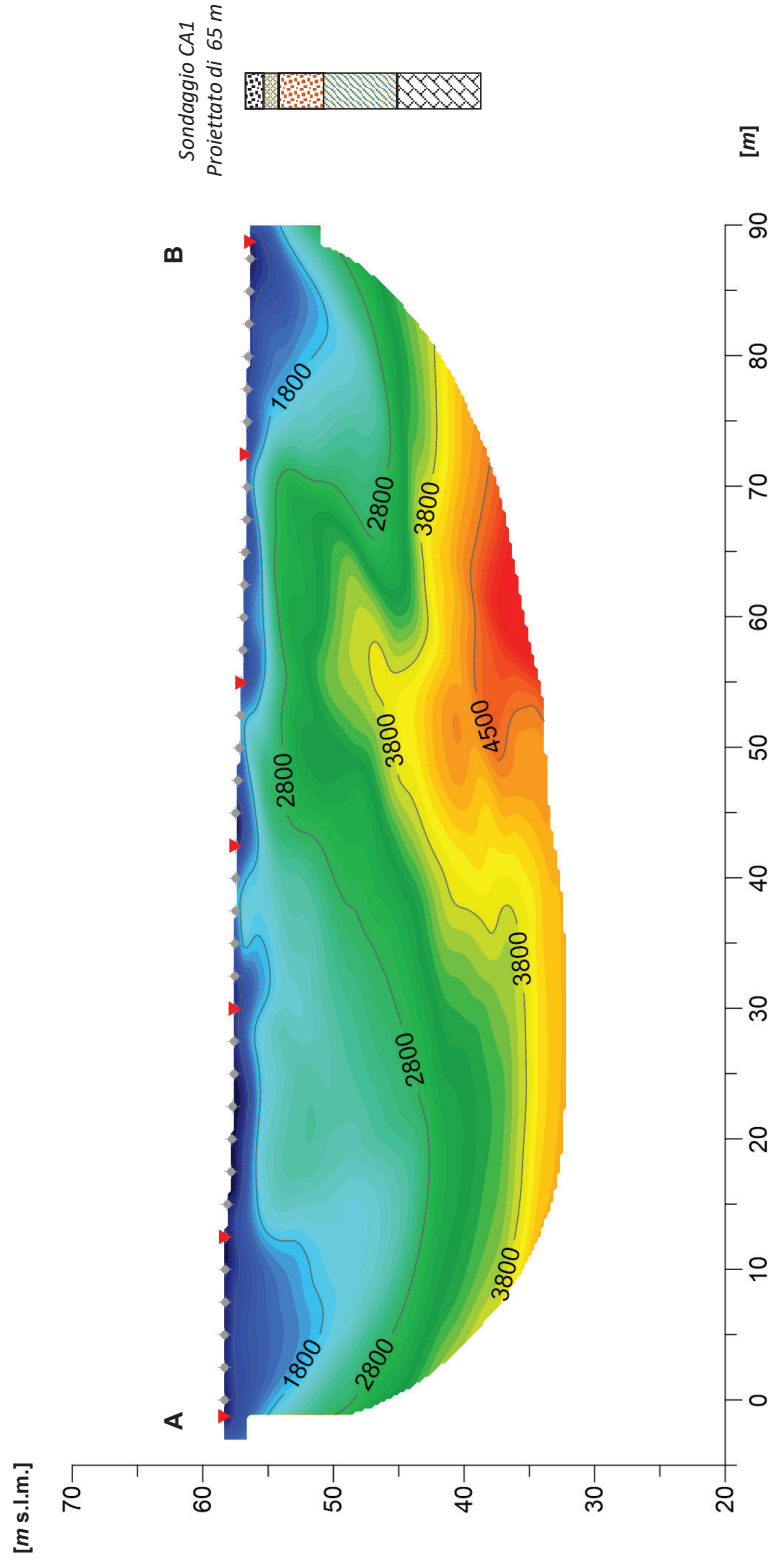
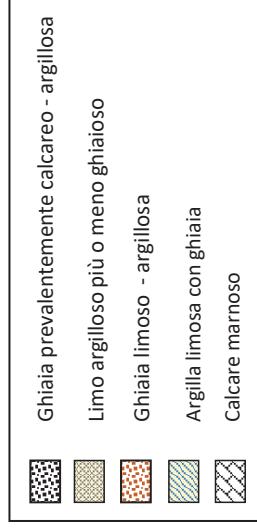
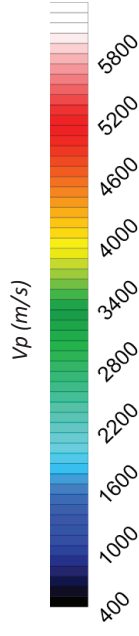
# TAVOLA N°2

Tomografia sismica a rifrazione – SRT1 Onda P



Passo intergeofonico: 2.5 m

Coordinate UTM-WGS84	
ID	Longitudine
A	4872458.917m N 432829.013 m E
B	4872418.047 mN 432905.893 mE



Scala 1:450

**Lavoro:**  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora



**Indagini:**  
SRT - RIFL  
**Data di esecuzione:**  
Luglio 2021

**Elaborato:** P. Luiso, M. Taddeo  
**Verificato:** D. Fiore  
**Approvato:** M. De Iasi



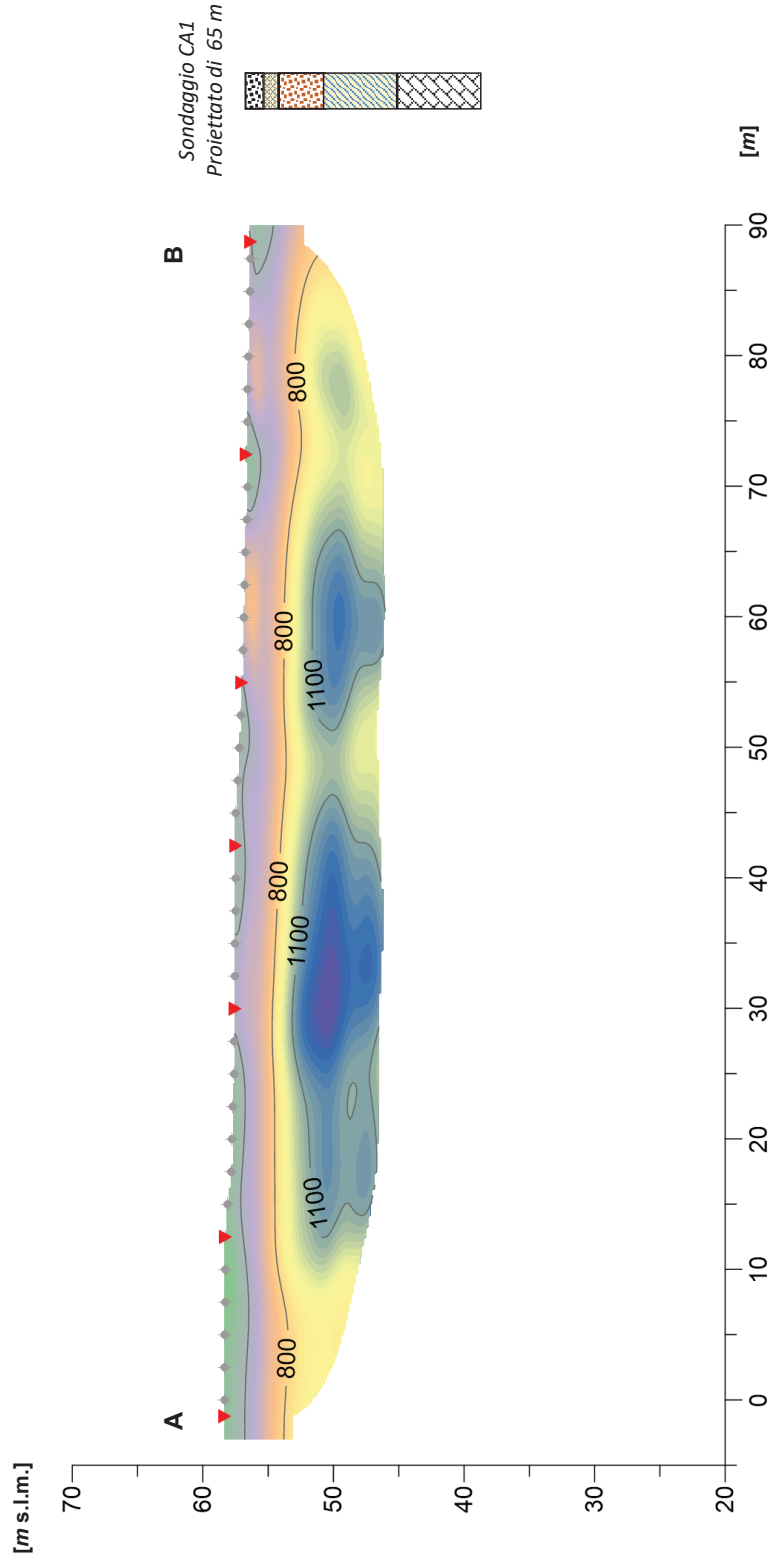
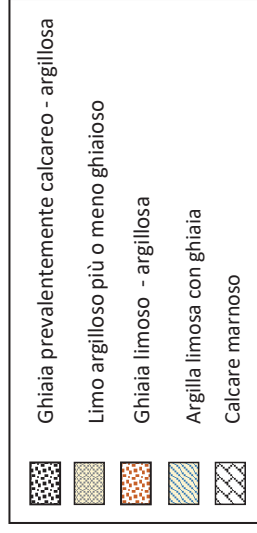
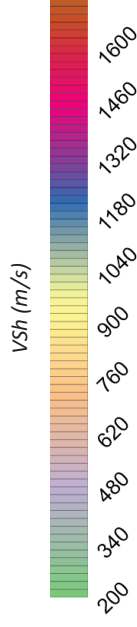
# TAVOLA N°3

Tomografia sismica a rifrazione – SRT1 Onda Sh



Passo intergeofonico: 2.5 m

Coordinate UTM-WGS84	
ID	Longitudine
A	4872458.917m N
B	4872418.047 mN
	432905.893 mE



Scala 1:450

Lavoro:  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora



Indagini:  
SRT - RIFL  
Data di esecuzione:  
Luglio 2021

Elaborato: P. Luiso, M. Taddeo  
Verificato: D. Fiore  
Approvato: M. De Iasi



# TAVOLA N° 4

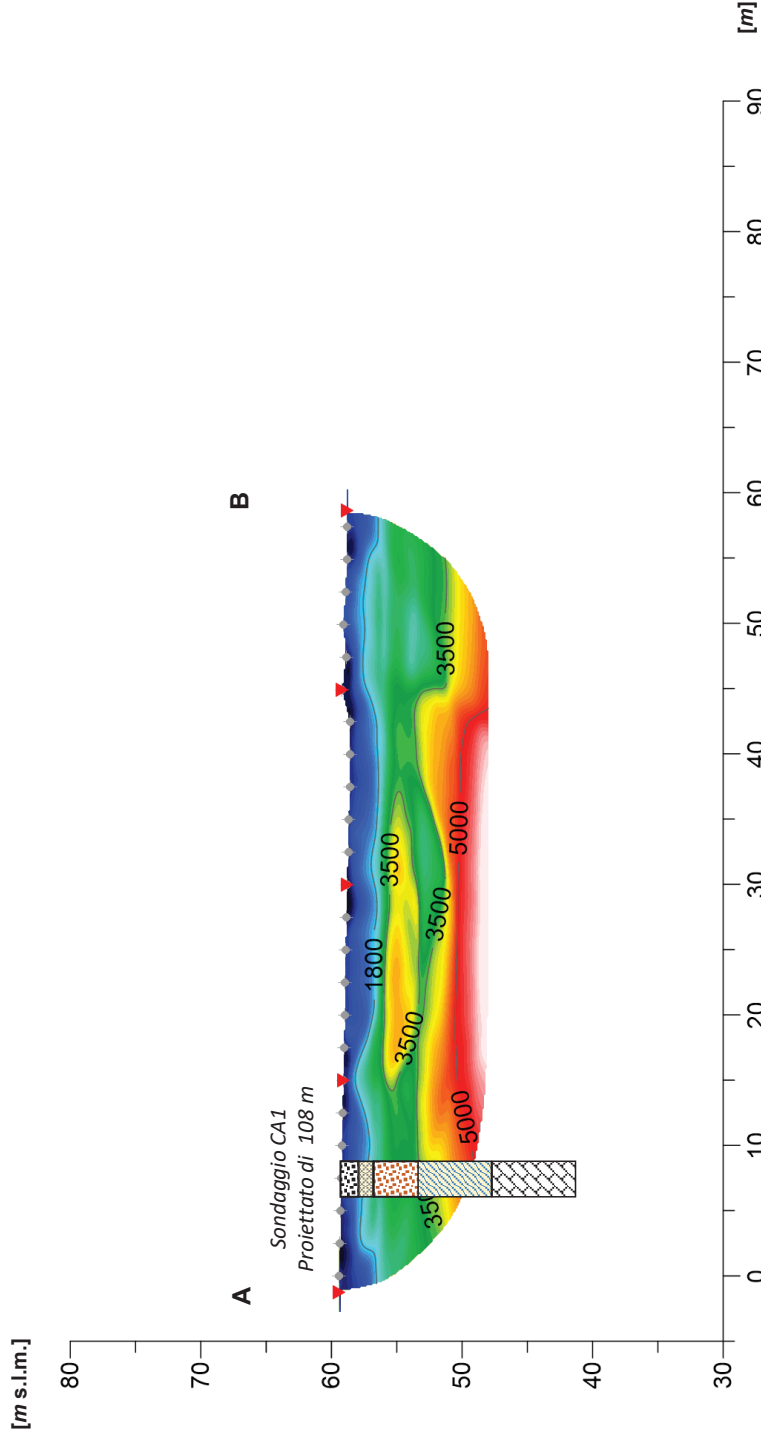
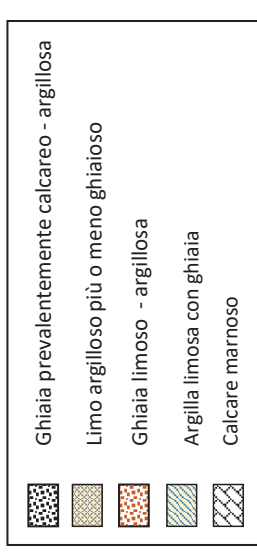
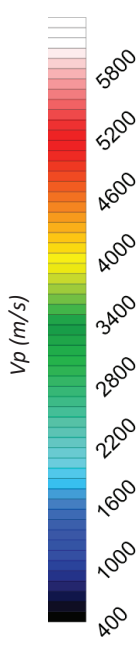
Tomografia sismica a rifrazione – SRT2 Onda P



SRT2

Passo intergeofonico: 2.5 m

Coordinate UTM-WGS84	
ID	Longitudine
A	432792.294 m E
B	432818.982 m E



Scala 1:450

Lavoro:  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora

Committente:  
**ITALFERR**  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Indagini:  
SRT - RIFL  
Data di esecuzione:  
Luglio 2021

Elaborato: P. Luiso, M. Taddeo  
Verificato: D. Fiore  
Approvato: M. De Iasi

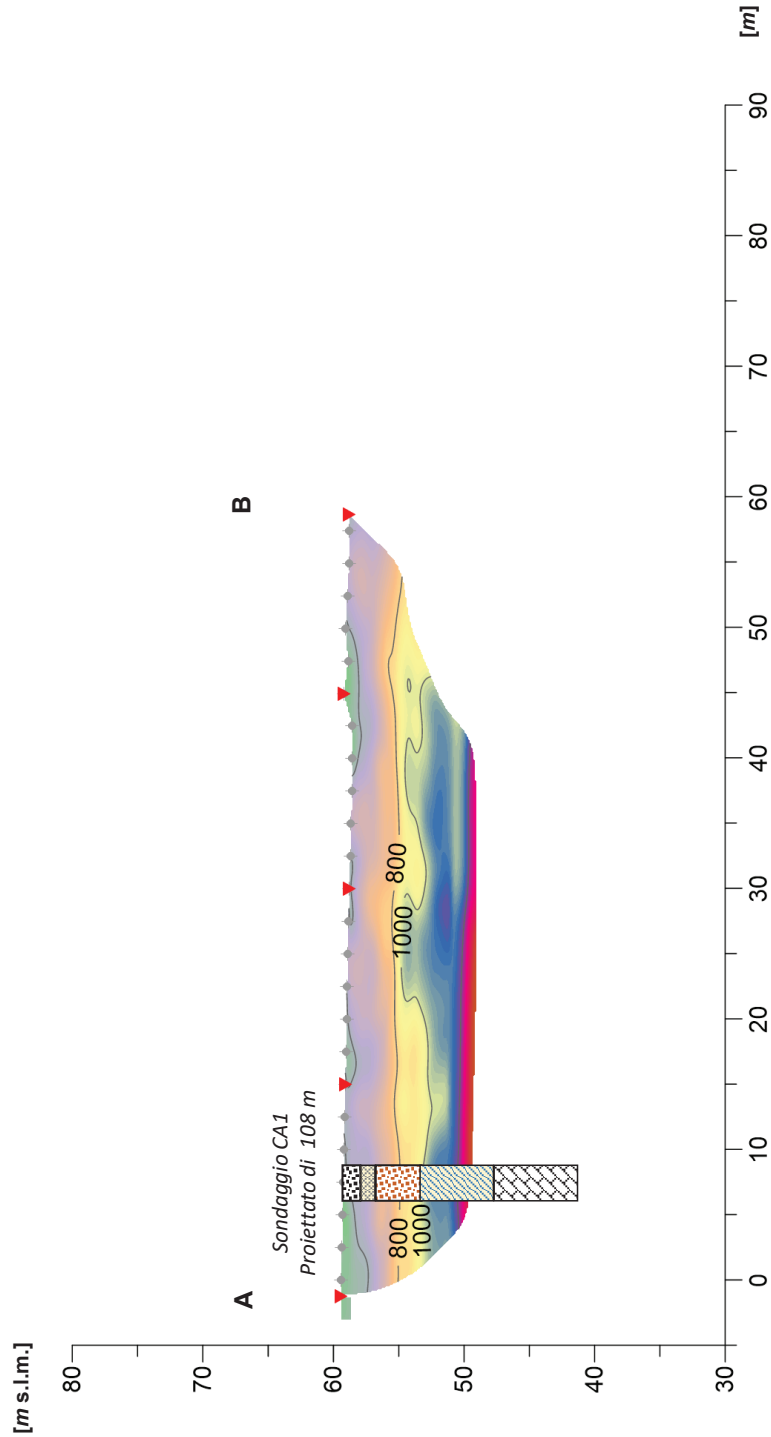
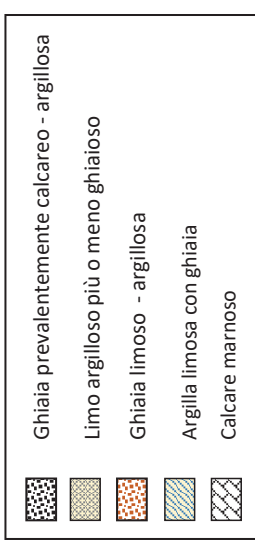
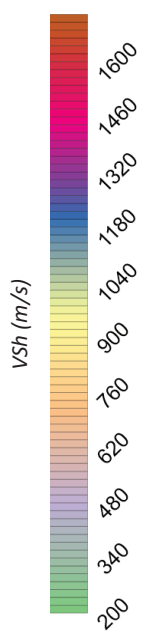
# TAVOLA N° 5

Tomografia sismica a rifrazione – SRT2 Onda Sh



Passo intergeofonico: 2.5 m

Coordinate UTM-WGS84	
ID	Longitudine
A	432792.294 m E
B	432818.982 m E



Scala 1:450

Lavoro:  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora



Indagini:  
SRT - RIFL  
Data di esecuzione:  
Luglio 2021

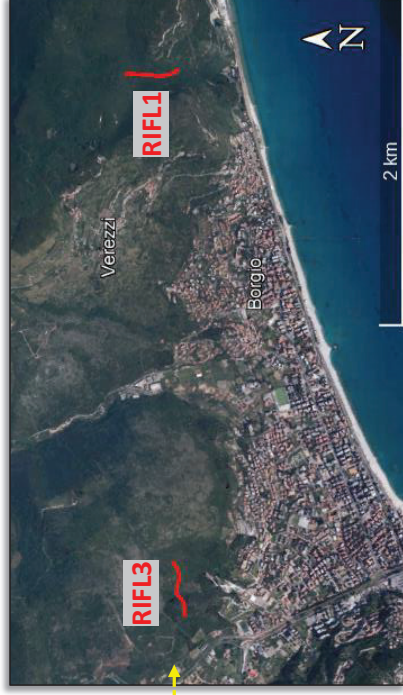
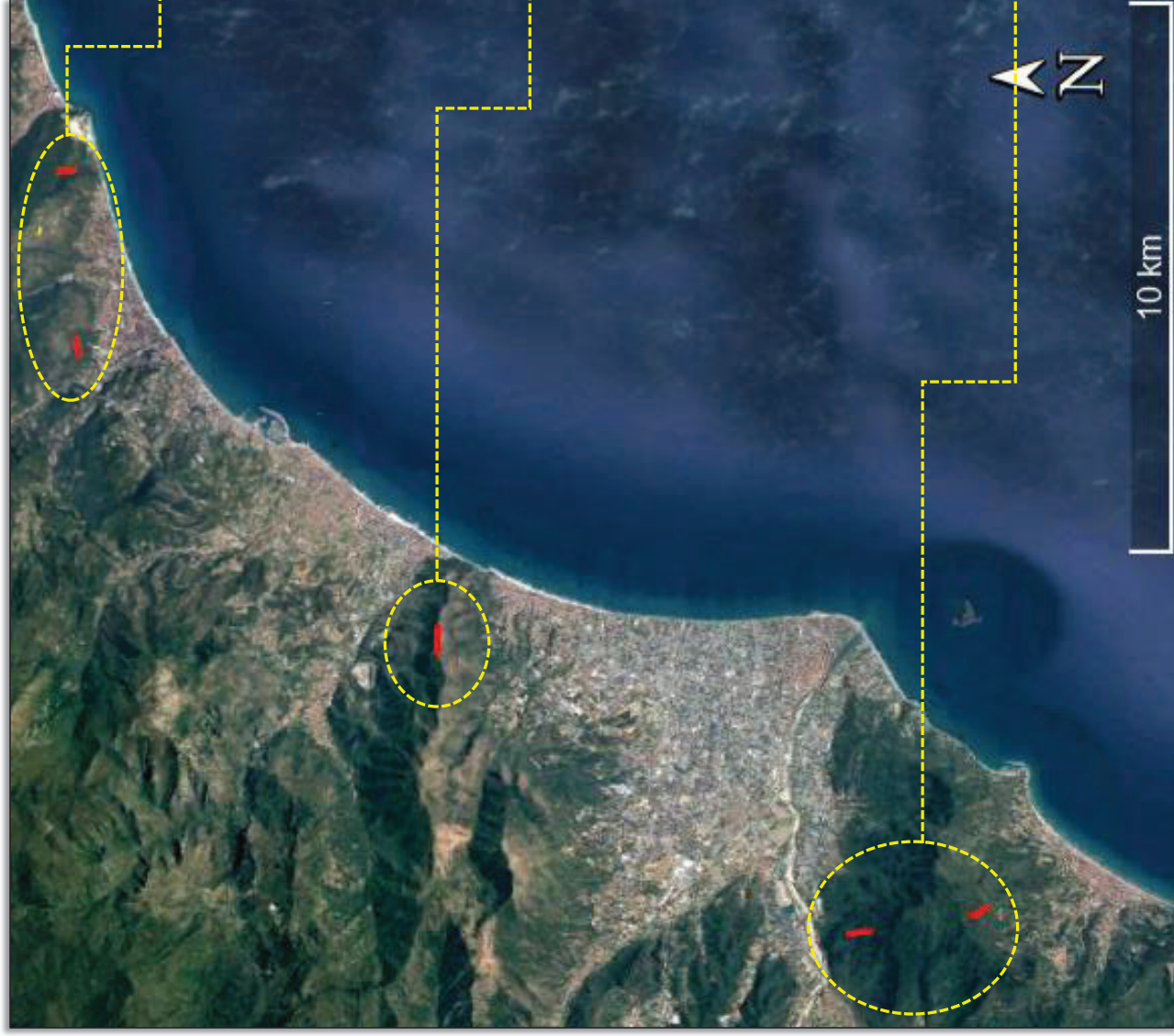
Elaborato: P. Luiso, M. Taddeo  
Verificato: D. Fiore  
Approvato: M. De Iasi





# TAVOLA N°6

Ubicazione indagini e fasi di acquisizione



**Lavoro:**  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora

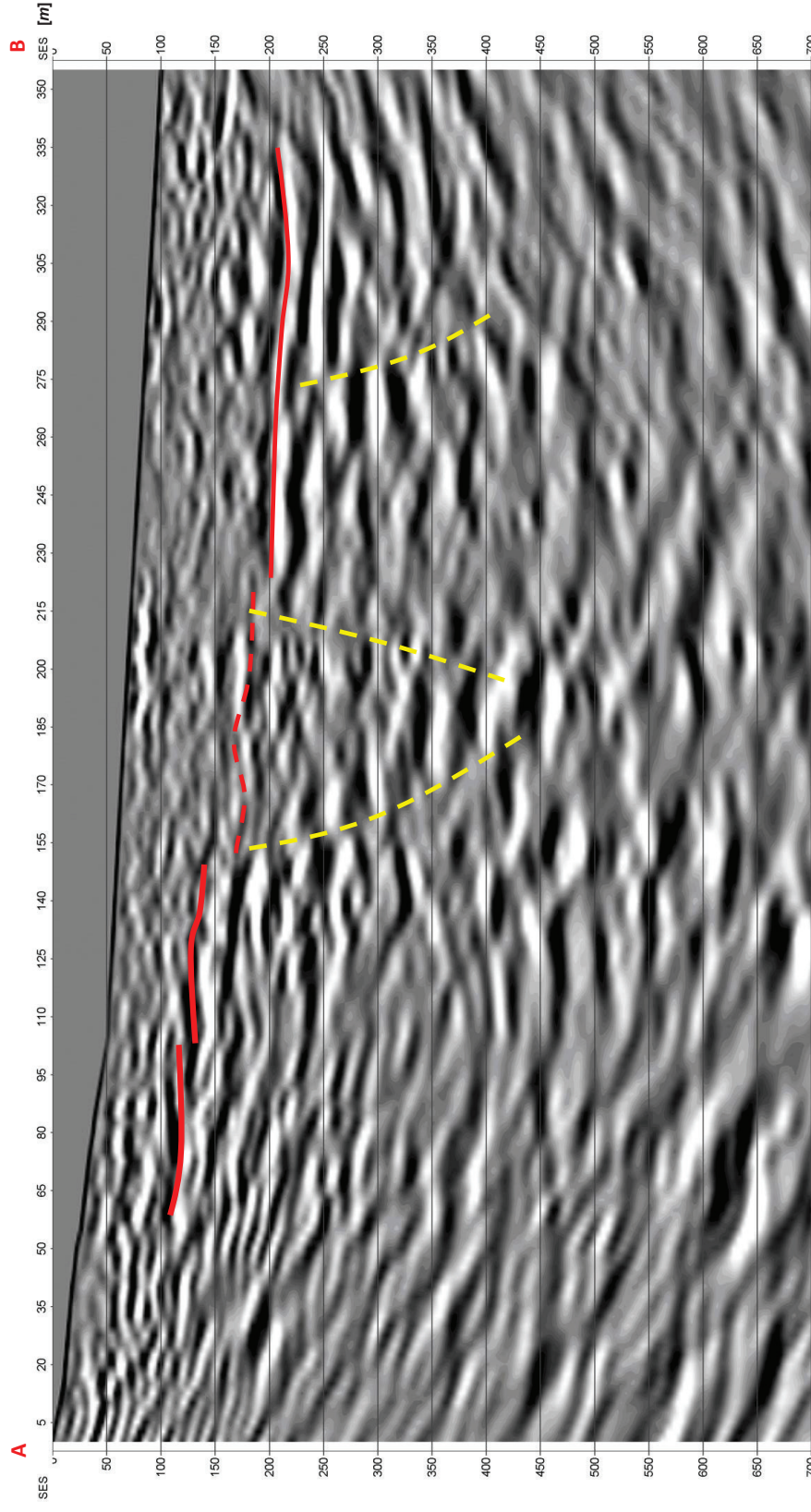
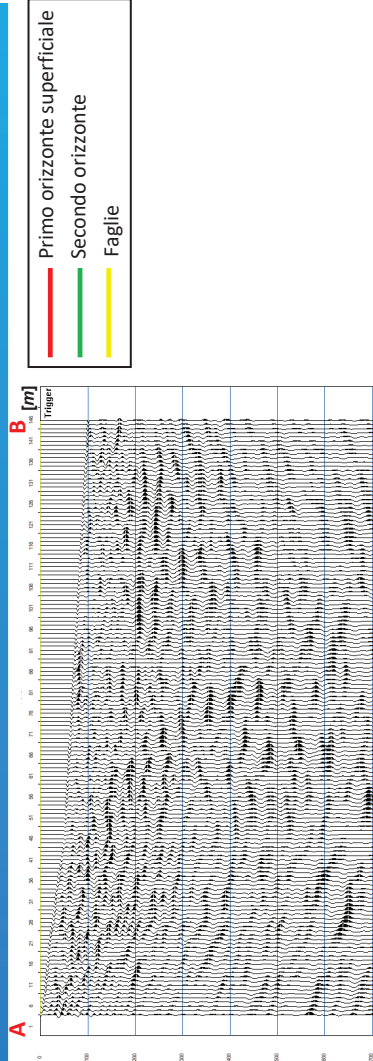
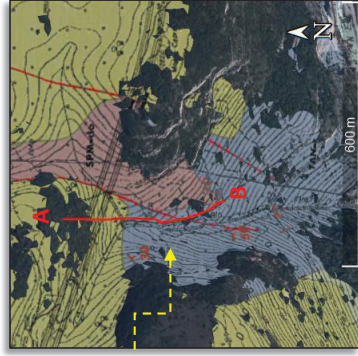
**Committente:**  
  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

**Indagini:**  
SRT - RIFL  
**Data di esecuzione:**  
Luglio 2021

**Elaborato:** P. Luiso, M. Taddeo  
**Verificato:** D. Fiore  
**Approvato:** M. De Iasi

# TAVOLA N°7

Tomografia sismica a riflessione – RIFL1



**Lavoro:**  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora

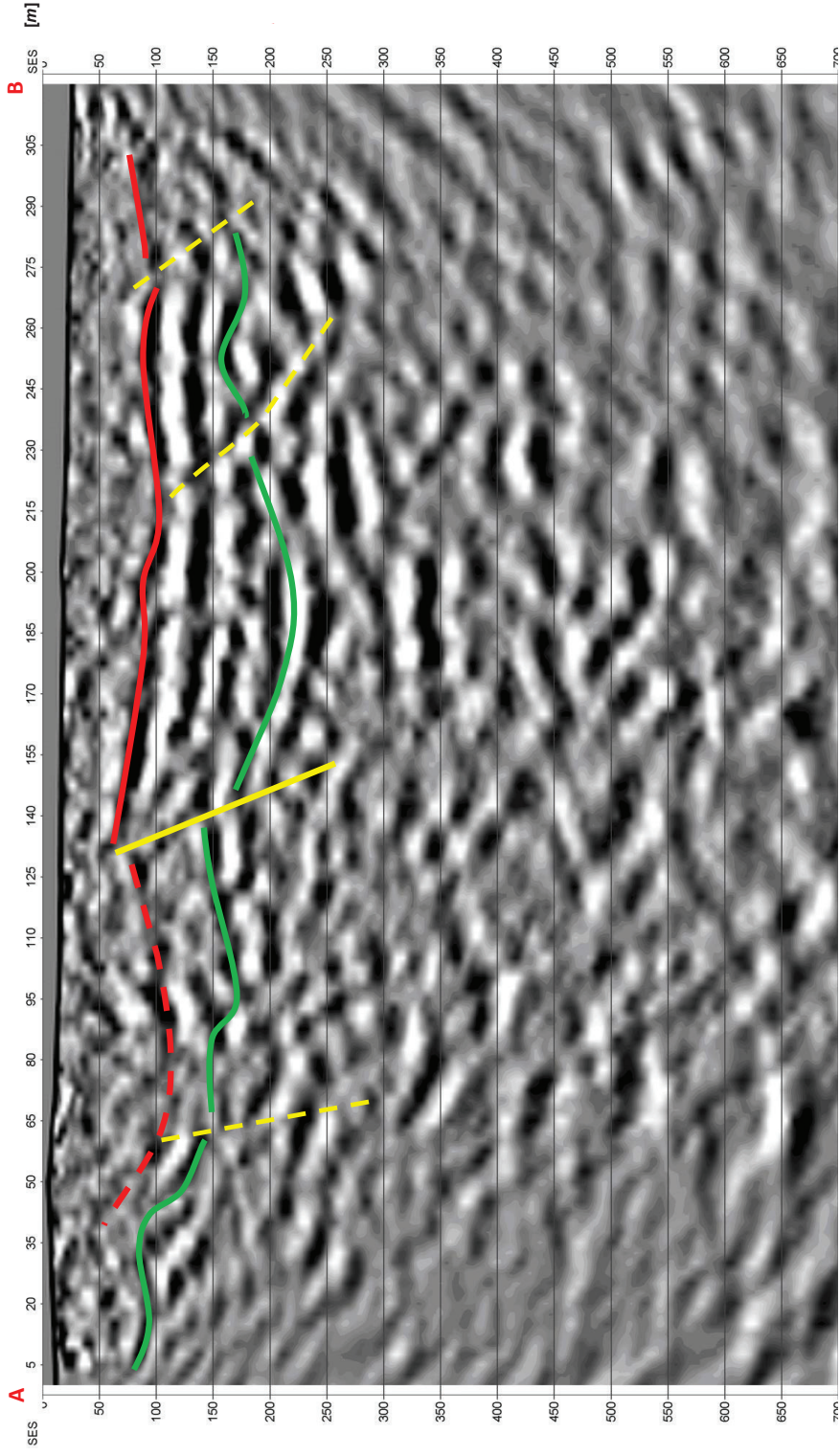
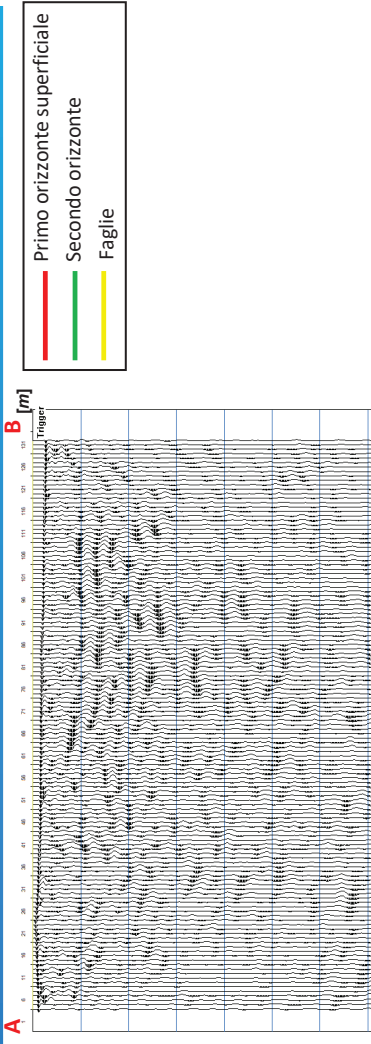
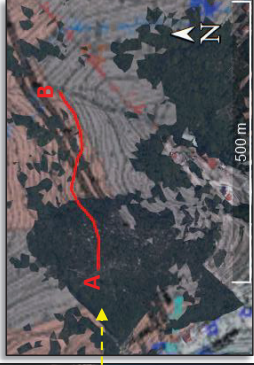
**Committente:**  


**Indagini:**  
SRT - RIFL  
**Data di esecuzione:**  
Luglio 2021

**Elaborato:** P. Luiso, M. Taddeo  
**Verificato:** D. Fiore  
**Approvato:** M. De Iasi

# TAVOLA N°8

Tomografia sismica a riflessione – RIFL3



**Lavoro:**  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora

**Committente:**  
  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

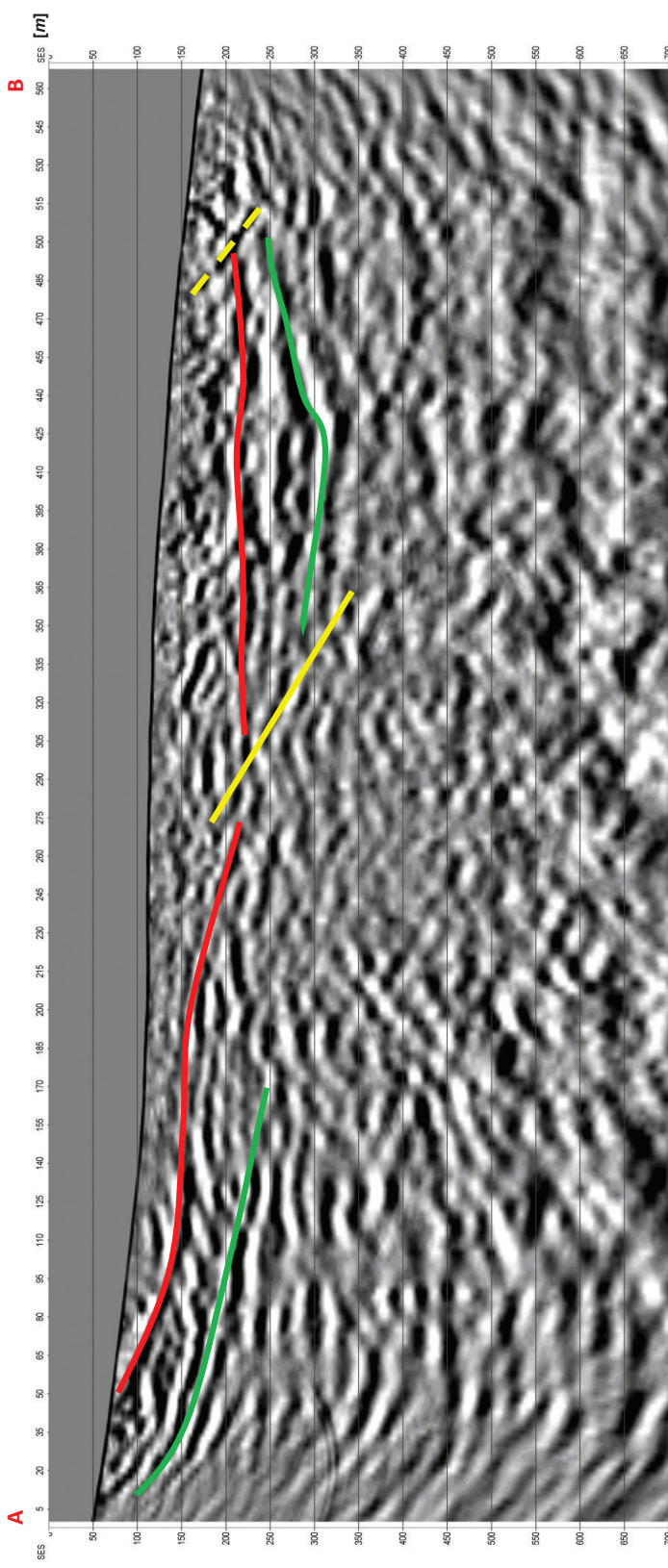
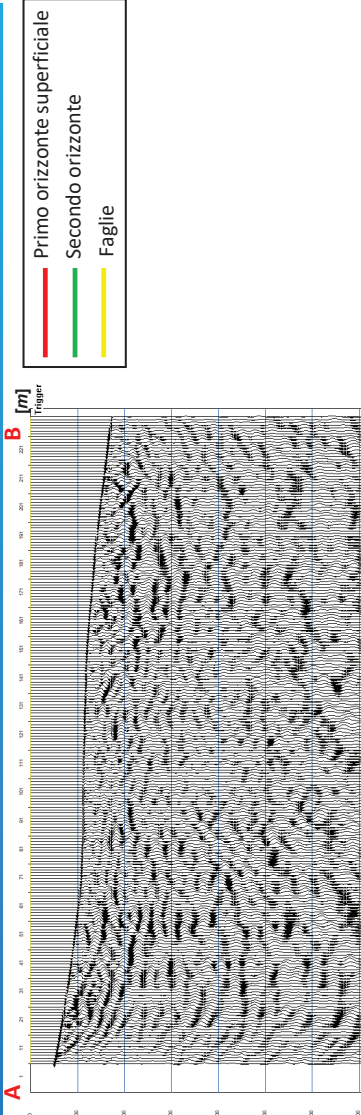
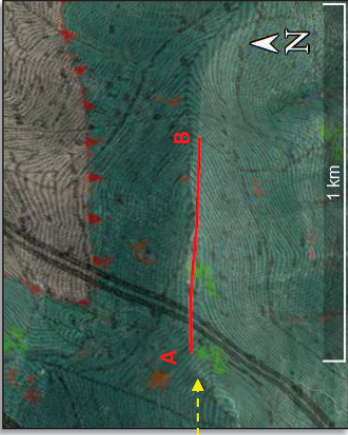
**Indagini:**  
SRT - RIFL  
**Data di esecuzione:**  
Luglio 2021

**Elaborato:** P. Luiso, M. Taddeo  
**Verificato:** D. Fiore  
**Approvato:** M. De Iasi



# TAVOLA N°9

Tomografia sismica a riflessione – RIFL4



**Lavoro:**  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora

**Committente:**

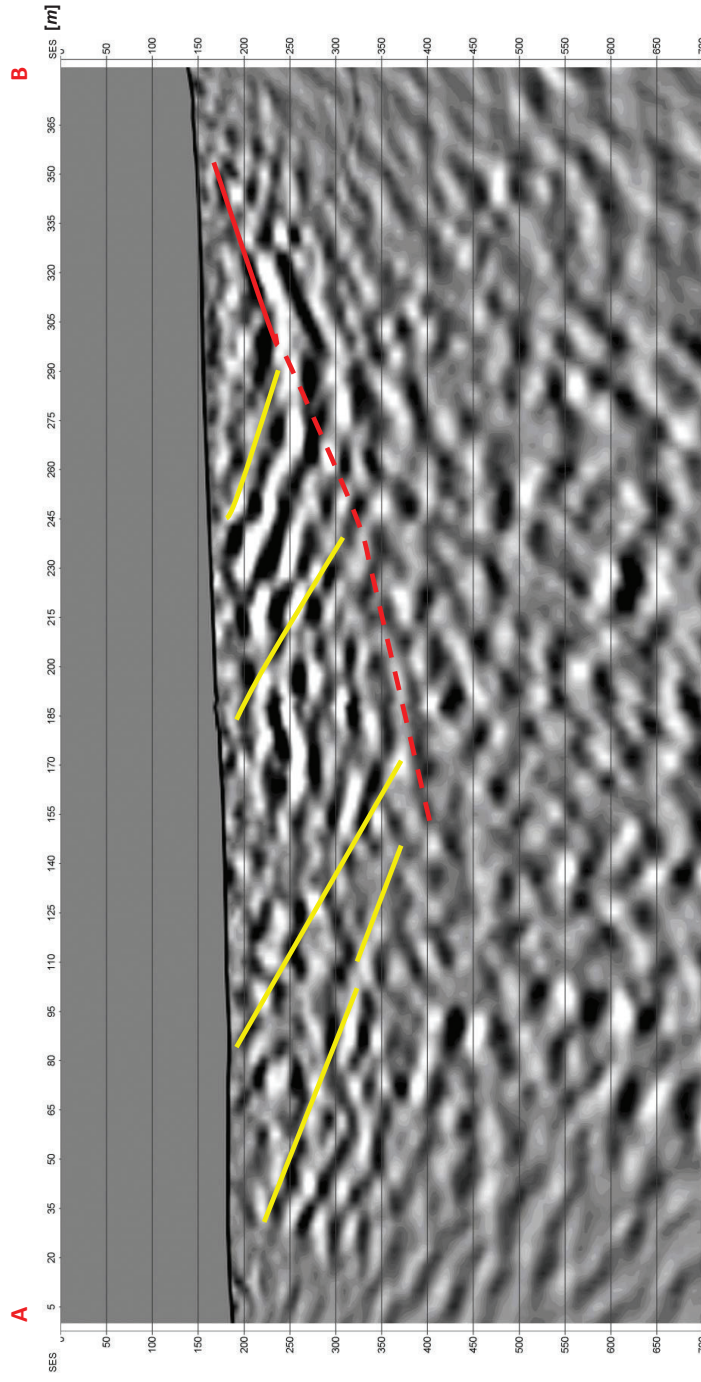
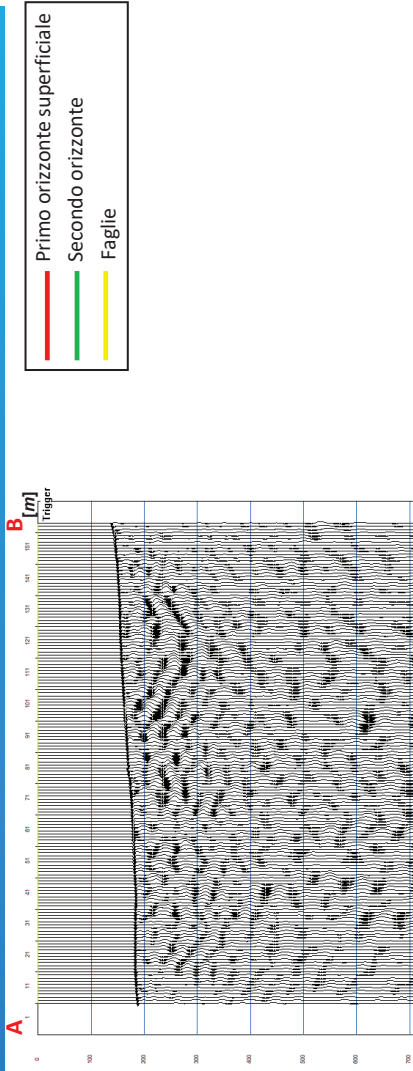
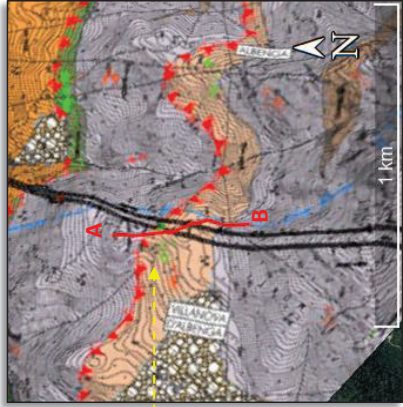
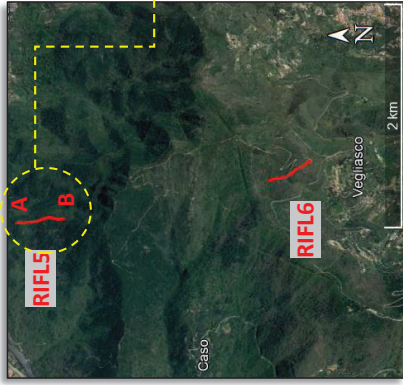
**Indagini:**  
SRT - RIFL  
**Data di esecuzione:**  
Luglio 2021

**Elaborato:** P. Luiso, M. Taddeo  
**Verificato:** D. Fiore  
**Approvato:** M. De Iasi



# TAVOLA N° 10

Tomografia sismica a riflessione – RIFL5



**Lavoro:**  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora

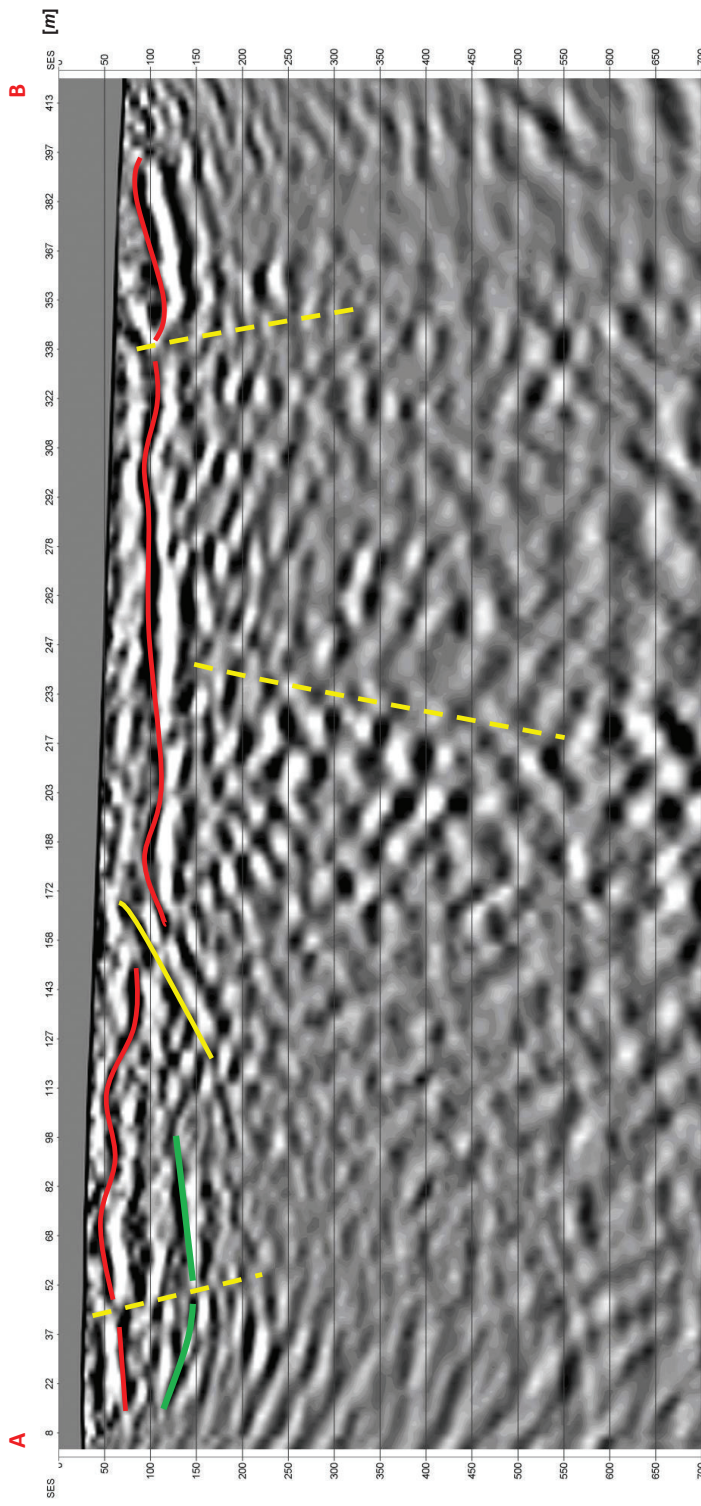
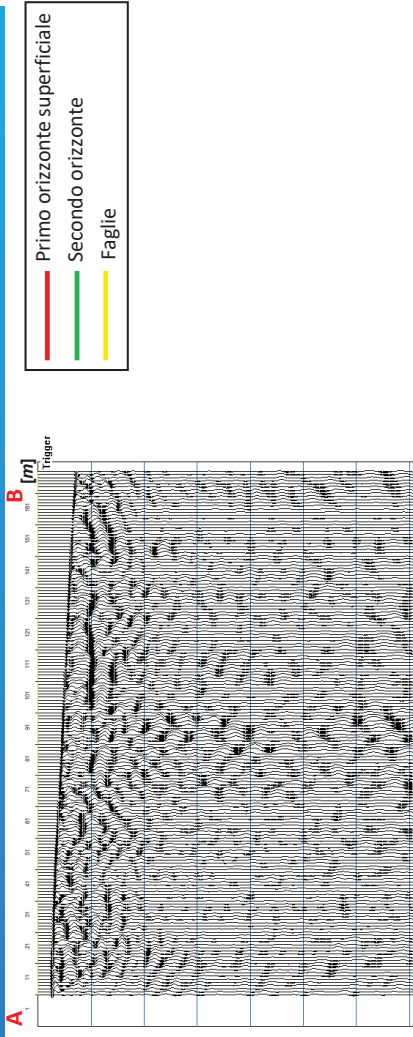
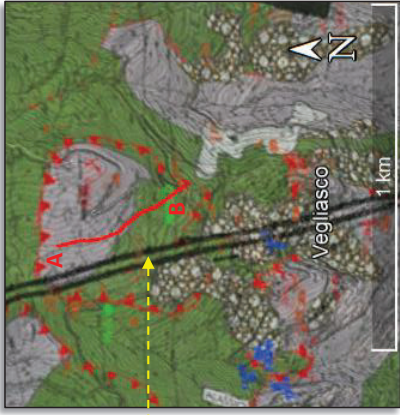
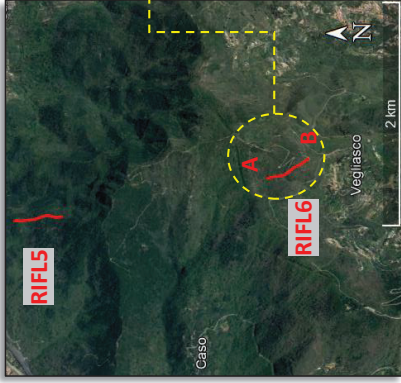
**Committente:**  


**Indagini:**  
SRT - RIFL  
**Data di esecuzione:**  
Luglio 2021

**Elaborato:** P. Luiso, M. Taddeo  
**Verificato:** D. Fiore  
**Approvato:** M. De Iasi

# TAVOLA N° 11

Tomografia sismica a riflessione – RIFL6



**Lavoro:**  
Raddoppio della linea Genova - Ventimiglia.  
Tratta Finale Ligure - Andora

**Committente:**  
  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

**Indagini:**  
SRT - RIFL  
**Data di esecuzione:**  
Luglio 2021

**Elaborato:** P. Luiso, M. Taddeo  
**Verificato:** D. Fiore  
**Approvato:** M. De Iasi