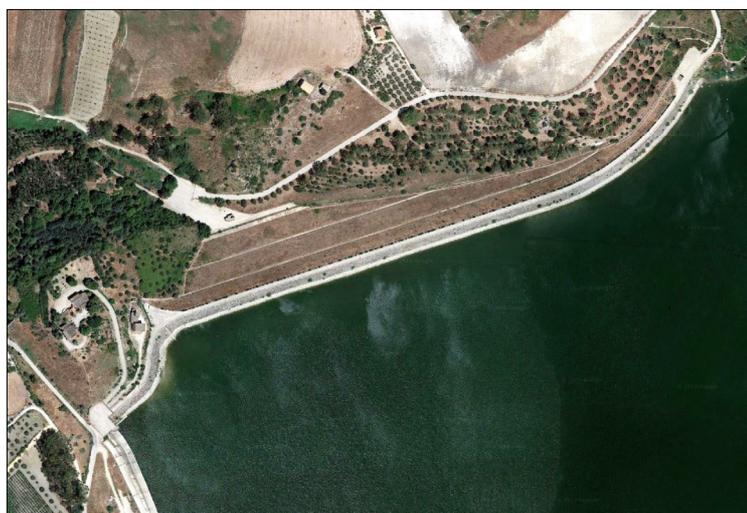




ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ
DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI
SERVIZIO 4 - GESTIONE INFRASTRUTTURE PER LE ACQUE

PROGETTO DEI LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL SISTEMA
DI TENUTA DELLA DIGA SAN GIOVANNI NEL TERRITORIO
DEL COMUNE DI NARO (AG) (SCHEDA INTERVENTO N. 080)

CUP: G29E18000040001 - CIG: 7725373B77



RTP

mandatario

mandanti

PRO-GEO
progettazione geotecnica

S P A I
SOCIETÀ DI INGEGNERIA

s.i.a.

STUDIO INGEGNERI ASSOCIATI

Studio di Geologia

G. Graziano e M. Masi

Studio di Ingegneria

Ing. E. Giannone Codiglione



PROGETTO ESECUTIVO

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO (R.U.P.):

Dott. Ing. Salvatore Stagno

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
TRA LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Pietro Umiltà

TITOLO ELABORATO:

RAPPORTO INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN SITO

ELABORATO N°:

SDF 2.2.1.1

		ELABORATO		CONTROLLATO		APPROVATO	
SIGLA							
REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE				
	0	DIC 2021	Emissione elaborati progetto esecutivo				
	1						
	2						

DATA:

DICEMBRE 2021

SCALA:

1) PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'ambito degli interventi di manutenzione straordinaria del sistema di tenuta della Diga di San Giovanni nel territorio del Comune di Naro (AG).

In particolare si sono svolte le seguenti attività:

- N° 5 sondaggi meccanici di profondità variabile in cui sono state installate le strumentazioni geotecniche (piezometri e inclinometri)
- N° 5 sondaggi tomografici (HVSr) (in corrispondenza di ogni carotaggio)
- Prelievo di n° 6 campioni indisturbati sui quali si sono effettuate le prove di laboratorio geotecnico;

Nel prosieguo si illustreranno le fasi operative.



2) SONDAGGI MECCANICI

Come specificato in premessa sono stati effettuati n° 5 sondaggi meccanici di cui si specificano le coordinate geografiche:

- Sondaggio n. 1- coordinate: lat.: 37.308357°; long.: 13.753824°; Profondità 10,00m, installazione Piezometro.
- Sondaggio n. 2- coordinate: lat.: 37.308413°; long.: 13.753733°; Profondità 10,00m, installazione Inclino metro.
- Sondaggio n. 3- coordinate: lat.: 37.308542°; long.: 13.752862°; Profondità 5,00m, installazione Piezometro.
- Sondaggio n. 4- coordinate: lat.: 37.308616°; long.: 13.753062°; Profondità 10,00m, installazione Inclino metro.
- Sondaggio n. 5- coordinate: lat.: 37.308819°; long.: 13.752933°; Profondità 15,00m, installazione Piezometro.

La loro ubicazione è illustrata nella foto aerea di seguito riportata.

I terreni estratti durante le perforazioni sono stati raccolti in apposite cassette catalogatrici, le foto delle postazioni e delle cassette sono allegate alla presente relazione.

Durante le perforazioni sono stati prelevati n°6 campioni per essere sottoposti alle relative prove di laboratorio geotecnico.

I risultati delle indagini sono sintetizzati nelle allegate colonne stratigrafiche.





SONDAGGIO N. 1	DATA 20 GENNAIO 2020
DIGA S. GIOVANNI - NARO	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Profondita'	Campioni	Piezometro
1		Terreno di riporto, costituito da elementi calcarenitici e calcari marnosi di pezzatura centimetrica immersi in matrice ruditica	4.30	4.30		
2						
3						
4						
5		Argille leggermente limose, umide, a consistenza plastica, di colore dal giallo paglierino ad ocre. Strutturalmente alterate, ma con l'aumentare della profondità sono visibili cenni di quella che era una originaria struttura scagliosa.	0.70	5.00	5.00	S1, C1
6				Con un passaggio graduale si passa ad argille grigio azzurre, moderatamente umide e con una evidente struttura a macroscaglie.	5.00	5.50
7						
8						
9						
10				10.00		

10.00

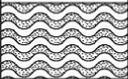
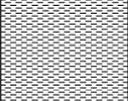


SONDAGGIO N. 2	DATA 20 GENNAIO 2020
DIGA S. GIOVANNI - NARO	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Profondita'	Campioni	Inclinometro
1		Pavimentazione stradale (bitume) con relativo sottostante massetto ghiaioso	0.35	0.35		
2		Terreno di riporto, costituito da elementi calcareo-marnosi di diversa forma e pezzatura	2.85			
3				3.20		
4		Argille limose, colore beige, moderatamente umide ed a discreta consistenza. Sono visibili evidenti cenni di una originaria struttura scagliosa (porzione superficiale alterata per processi ossidoriduttivi)	3.70		4.50 S2, C1	
5					5.00	
6						
7						
8		Passaggio netto ad argille grigio-azzurre, poco umide nella loro porzione superficiale, struttura a macroscaglie e si presentano sempre più consistenti con l'aumentare della profondità.	3.10	6.90		
9					9.00 S2, C2	
10					9.50	
				10.00		10.00

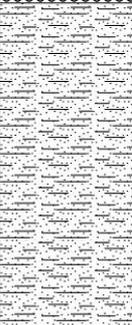
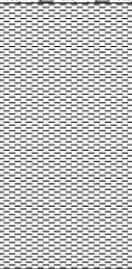


SONDAGGIO N. 3	DATA 21 GENNAIO 2020
DIGA S. GIOVANNI - NARO	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Profondita'	Campioni	Piezometro
1		Argille limose fortemente rimaneggiate, amorfe, umide ed a consistenza plastica	1.20	1.20		
2		argille debolmente limose, con evidenti segni di alterazione e cenni di una originaria struttura scagliosa, colore beige, umide e discretamente plastiche	0.60	1.80		
3		Con passaggio graduale, argille grigio-azzurre a struttura scagliosa sempre più evidente con l'aumentare della profondità, di buona consistenza .		2.00	S3	
4				2.50	C1	
5			3.20			
6				5.00		
7						
8						
9						
10						



SONDAGGIO N. 4	DATA 21 GENNAIO 2020
DIGA S. GIOVANNI - NARO	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Profondita'	Inclinometro	Campioni
1		Argille limose rimaneggiate , a colorazione beige chiaro, umide ed a comportamento plastico	1.10	1.10		
2		Argille limose di colore dal beige al marrone chiaro, umide nella loro porzione superficiale e via via sempre più asciutte con la profondità .Si presentano con una discreta consistenza e struttura scagliosa sempre più marcata con l'aumentare della profondità	4.90	6.00		4.20
3						S4 C1
4						4.50
5						
6						
7		Con un passaggio graduale si passa ad argille grigio azzurre, asciutte , scagliose e di buona consistenza	4.00	10.00		9.00
8						S4 C2
9						9.50
10						



SONDAGGIO N. 5	DATA 21 GENNAIO 2020
DIGA S. GIOVANNI - NARO	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Profondita'	Piezometro
1		Pavimentazione bituminosa e massetto di sottofondo stradale a composizione ghiaiosa	0.25	0.25	
2		argille marnose di colore biancastro, a tratti umide ed a consistenza plastica, con intercalazioni di marne argillose e calcari marnosi a consistenza lapidea	5.55	5.80	
3					
4					
5					
6					
7		Marne argillose a colorazione dal beige al bianco sporco, con intercalazioni sempre più frequenti di porzioni calcareo-marnose e sempre più consistenti con l'aumentare della profondità	9.20	15.00	
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					





3) INDAGINE SISMICA

Sul sito di cui in oggetto sono stati eseguiti n. 5 Sondaggi Tromografici (HVSR) con lo scopo di adeguare i lavori di progettazione alle Nuove Norme Tecniche per Costruzioni - D.M. del 17/01/2018, – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20/02/2018, che definiscono le regole da seguire per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni, sia in zona sismica che in zona non sismica. In particolare, dal punto di vista geologico, la normativa propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo mediante cinque (A, B, C, D, E) tipologie di suoli tramite il calcolo del parametro Vs30 e/o Vs equivalente (Velocità media delle onde sismiche di taglio Vs, nei primi 30 metri dal piano di campagna).

3.1) CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

In riferimento a quanto previsto dai D.M. 14 settembre 2005 e dal D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le costruzioni” che integrano l’Ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 “primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, nonché al D.M. 17 gennaio 2018, si è provveduto alla caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione dell’intervento in progetto. E’ stata pertanto eseguita una misura delle onde di taglio S mediante metodologia Sismica Passiva con misura di Rumore Sismico Passivo (Microtremore) per la stima della velocità media delle Onde Sismiche di Taglio Vs e la frequenza di risonanza dei terreni e pertanto consentire una microzonizzazione sismica

dell'area con relativa definizione della categoria di suolo dell'area oggetto di intervento.

Sismica Passiva

La Sismica Passiva si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine etc.) e artificiali (attività antropiche).

Lo strumento utilizzato per tali misurazioni è il TROMOGRAFO "Tromino"; si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene n. 3 sensori elettrodinamici ortogonali (Velocimetri), un ampio range frequenziale (0.1 – 512 Hz). Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei Rapporti Spettrali (HVSR).

Metodo HVSR

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale).

Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza è legata allo spessore ed alla velocità delle onde di taglio V_s del primo strato dalla seguente relazione:

$$f_r = V_s/4h$$

V_s = velocità delle onde S del primo strato

H = spessore primo strato

L'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli. Riconosciuta questa capacità e dato che le frequenze di



risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

I risultati di quanto emerso dalle indagini tromografiche sono riportati nelle schede di seguito allegate.

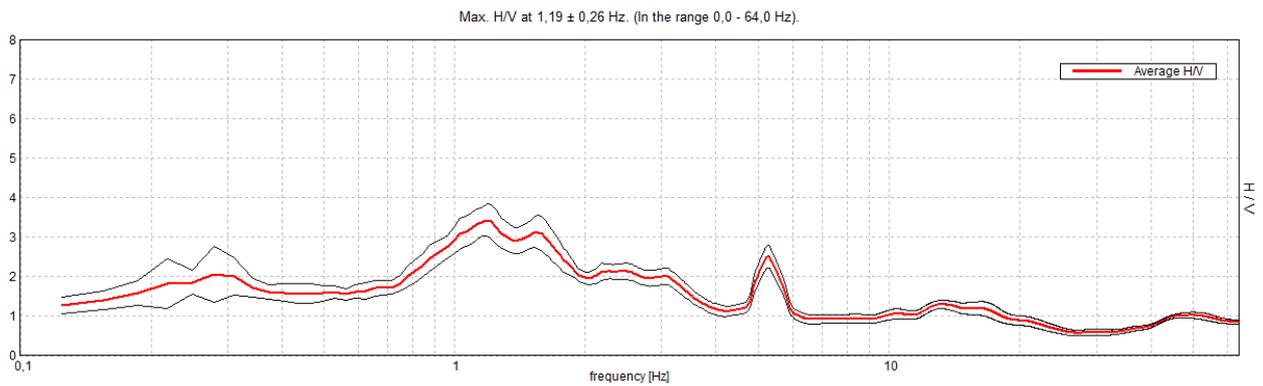


Sondaggio Tromografico "T1"

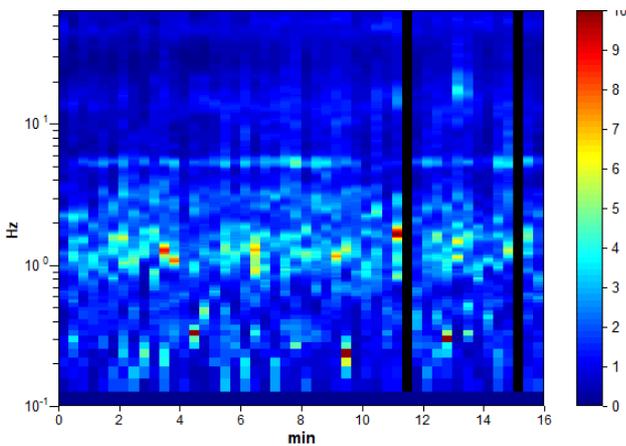


Strumento: TRZ-0029/01-09 Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 22/01/20 08:23:19 Fine registrazione: 22/01/20 08:39:20 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 96% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

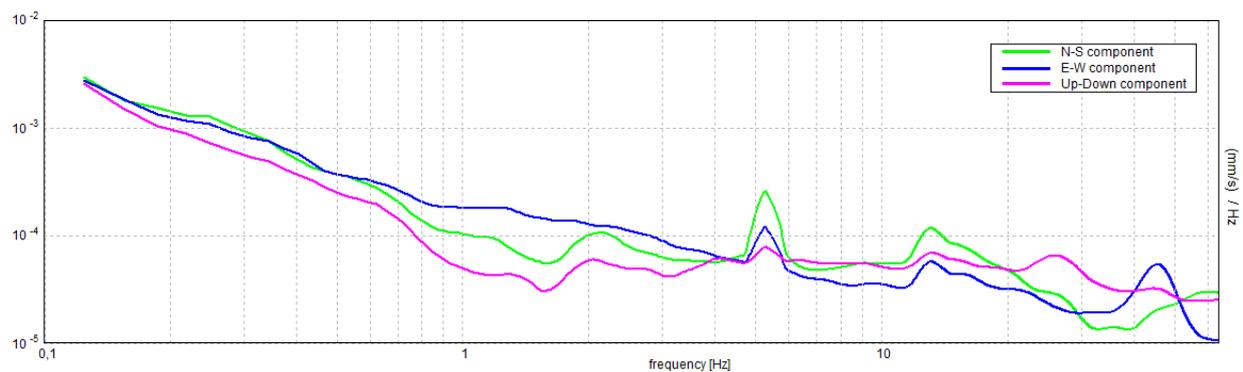
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V

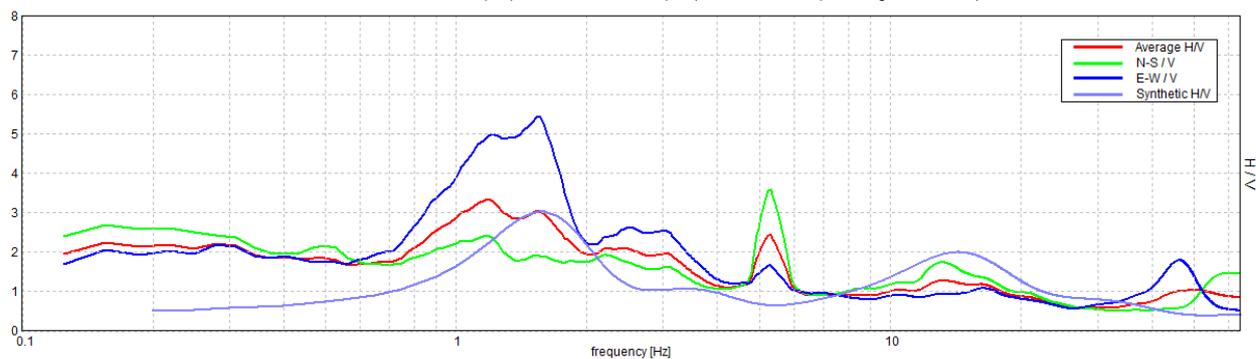


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

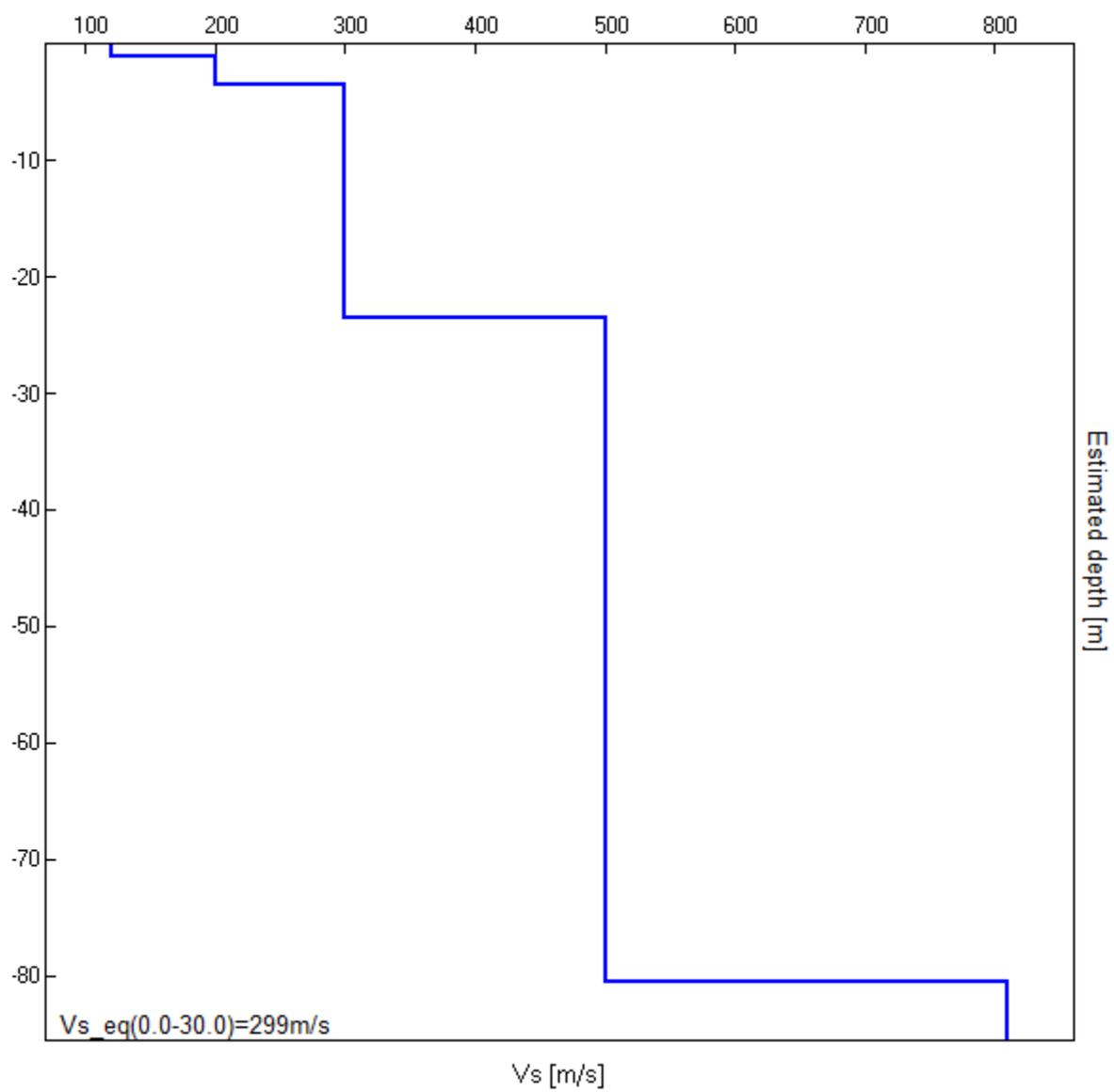
Max. H/V at 1.19 ± 0.25 Hz. Max.(N-S)/V: 5.28 ± 1.02 Hz. Max.(E-W)/V: 1.56 ± 0.42 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	120	0.42
3.50	2.50	200	0.42
23.50	20.00	300	0.42
80.50	57.00	500	0.42
inf.	inf.	810	0.42

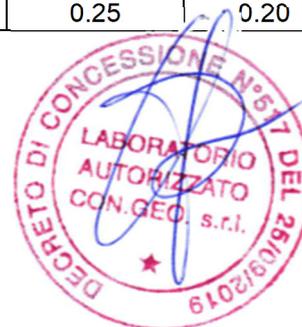
$V_{s_eq}(0.0-30.0)=299\text{m/s}$





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

Picco H/V a $1,19 \pm 0,26$ Hz (nell'intervallo 0,0 - 64,0 Hz).					
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]					
$f_0 > 10 / L_w$		1.19 > 0.50		OK	
$n_c(f_0) > 200$		1092.5 > 200		OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 58		OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		0.688 Hz		OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		3.375 Hz		OK	
$A_0 > 2$		3.44 > 2		OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		$ 0.2154 < 0.05$			NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		0.25579 < 0.11875		OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		0.3953 < 1.78		OK	
L_w	lunghezza della finestra				
n_w	numero di finestre usate nell'analisi				
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi				
f	frequenza attuale				
f_0	frequenza del picco H/V				
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V				
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0				
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f				
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$				
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



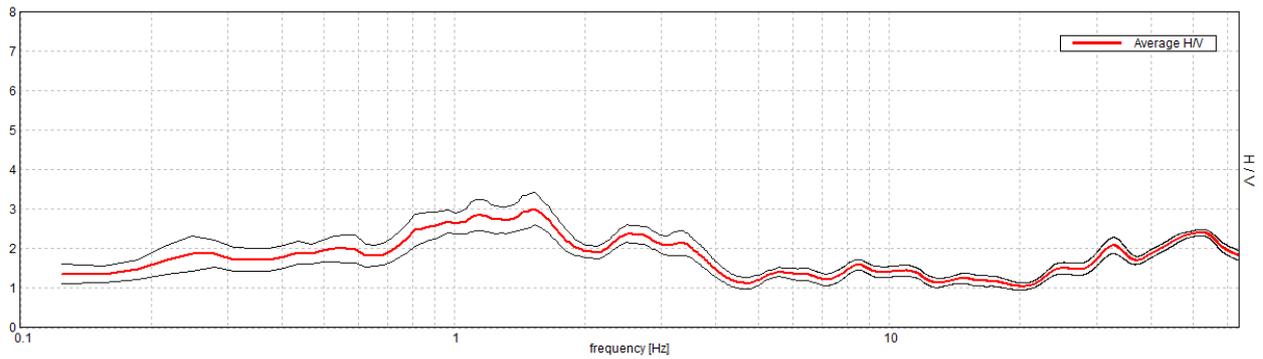
Sondaggio Tromografico "T2"



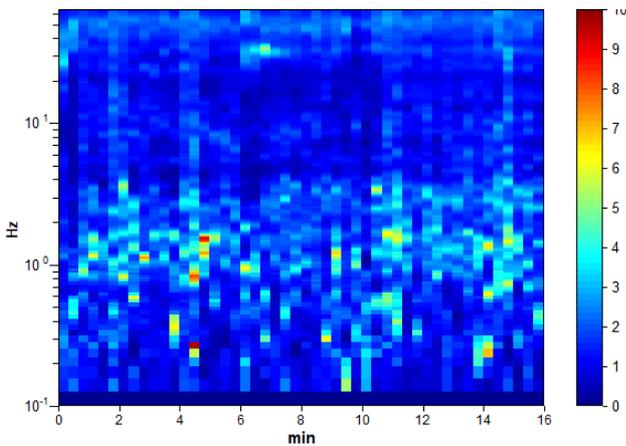
Strumento: TRZ-0029/01-09
Formato dati: 16 byte Fondo scala [mV]: n.a. Inizio registrazione: 22/01/20 08:40:54 Fine registrazione: 22/01/20 08:56:55 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN Dato GPS non disponibile Durata registrazione: 0h16'00".
Analisi effettuata sull'intera traccia. Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

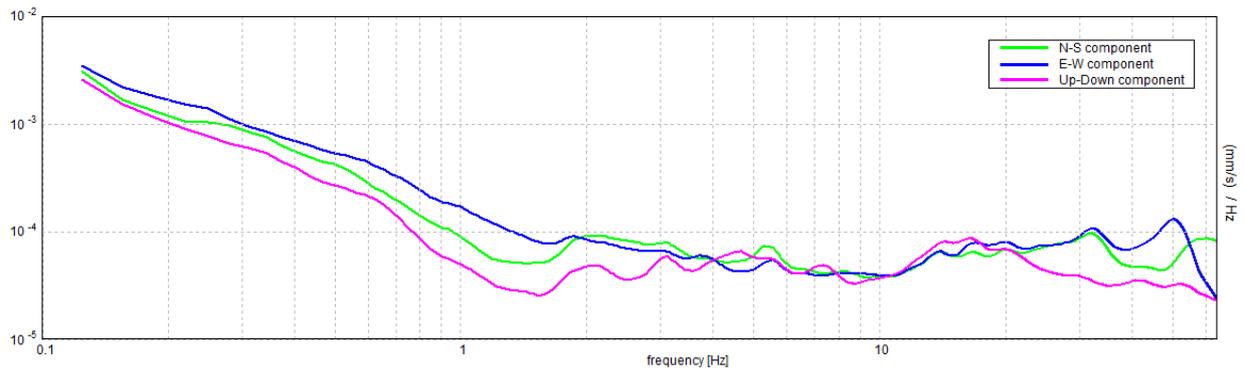
Max. H/V at 1.53 ± 3.63 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

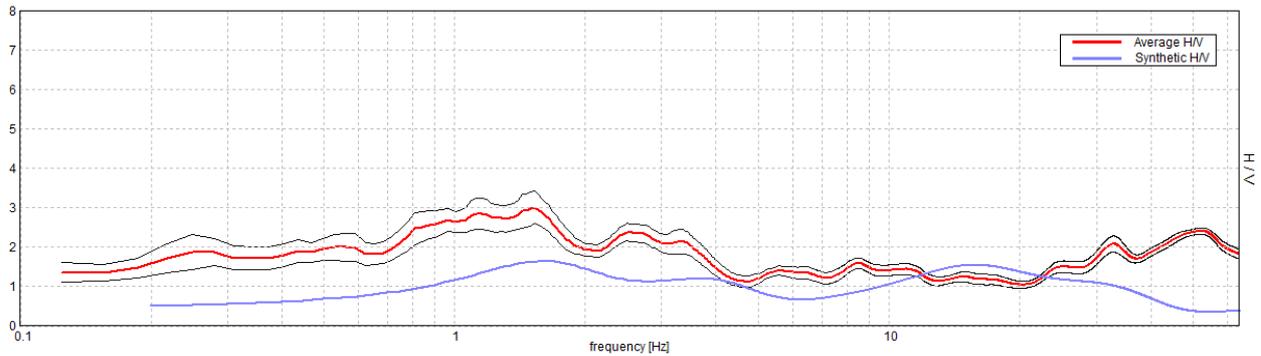


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

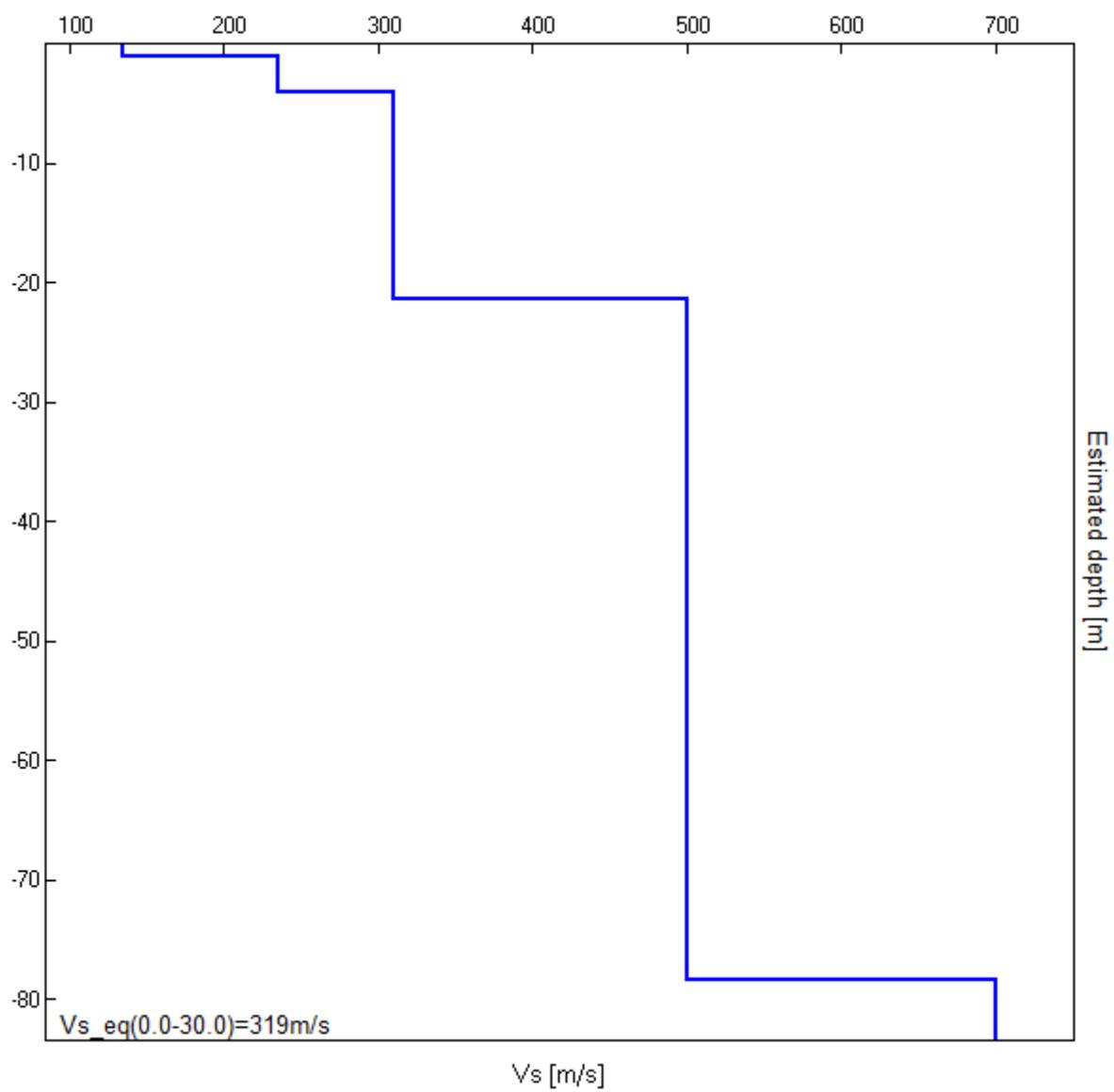
Max. H/V at 1.53 ± 3.63 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.10	1.10	135	0.45
4.10	3.00	235	0.45
21.40	17.30	310	0.42
78.40	57.00	500	0.42
inf.	inf.	700	0.42

$V_{s_eq}(0.0-30.0)=319\text{m/s}$





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

Picco H/V a 1.53 ± 3.63 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).			
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1470.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 74	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.01 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 2.36796 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.62593 < 0.15313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4126 < 1.78$	OK	

L_w	lunghezza della finestra				
n_w	numero di finestre usate nell'analisi				
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi				
f	frequenza attuale				
f_0	frequenza del picco H/V				
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V				
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0				
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f				
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$				
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Sondaggio Tromografico "T3"

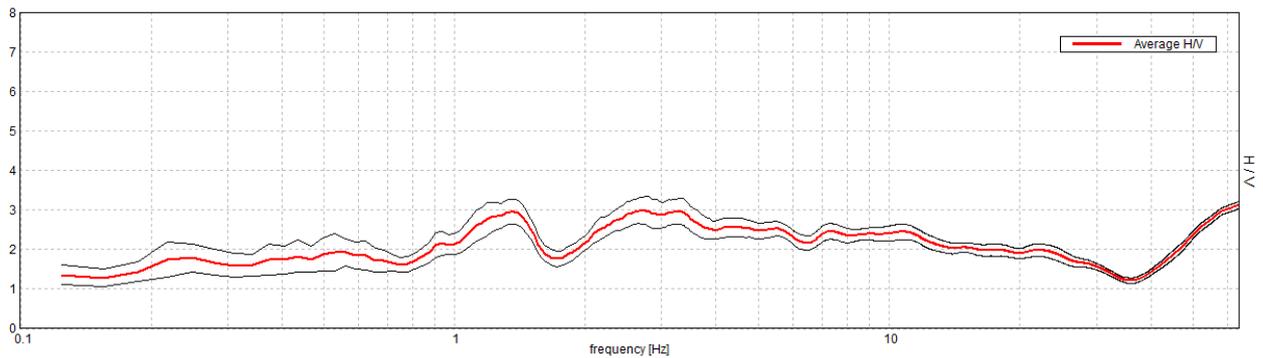


Strumento: TRZ-0029/01-09
 Formato dati: 16 byte
 Fondo scala [mV]: n.a.
 Inizio registrazione: 22/01/20 09:45:28 Fine registrazione: 22/01/20 10:01:29
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

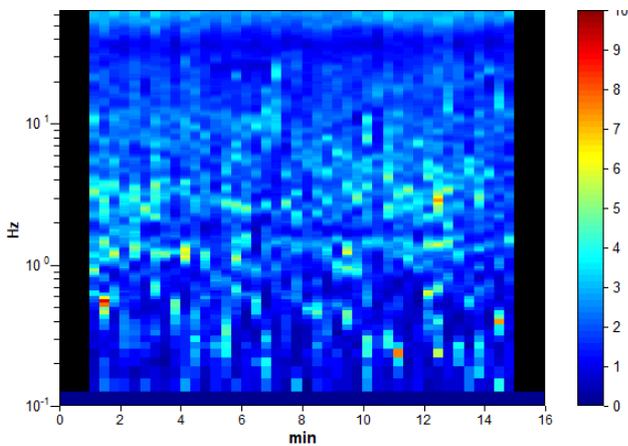
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

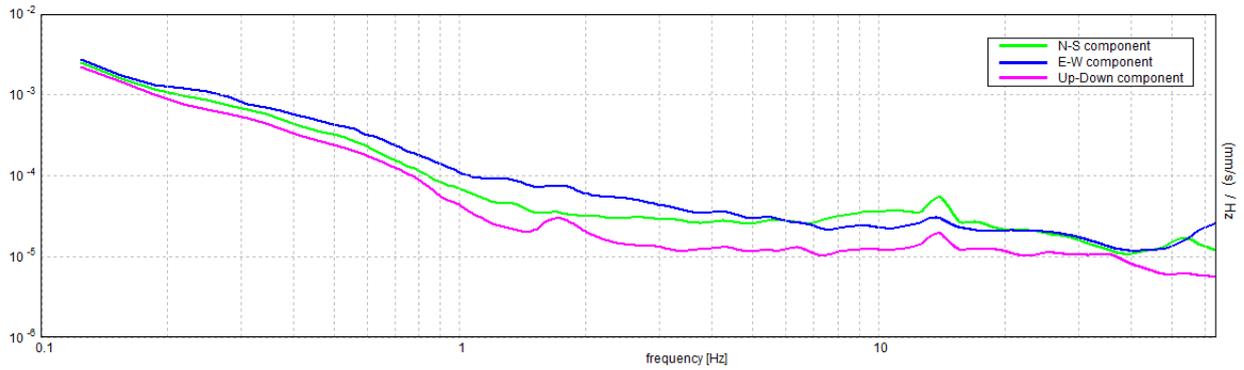
Max. H/V at 63.97 ± 40.95 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



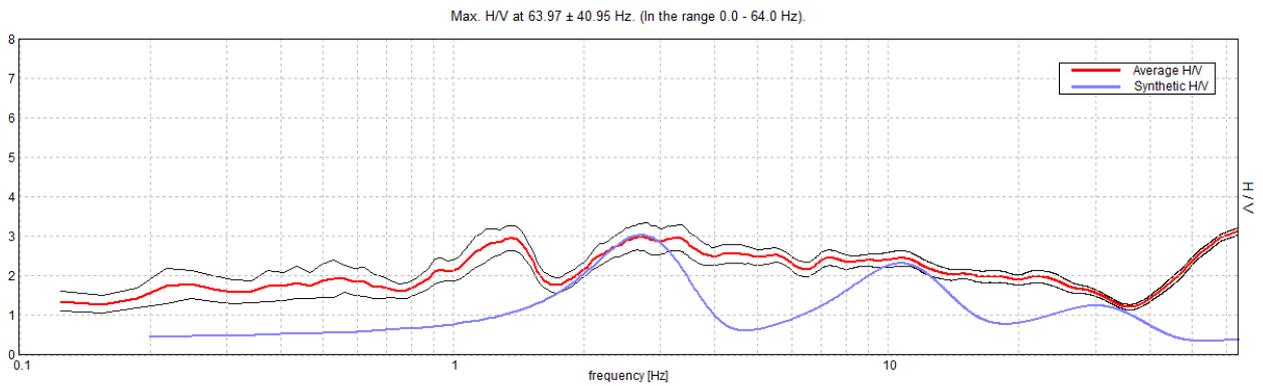
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



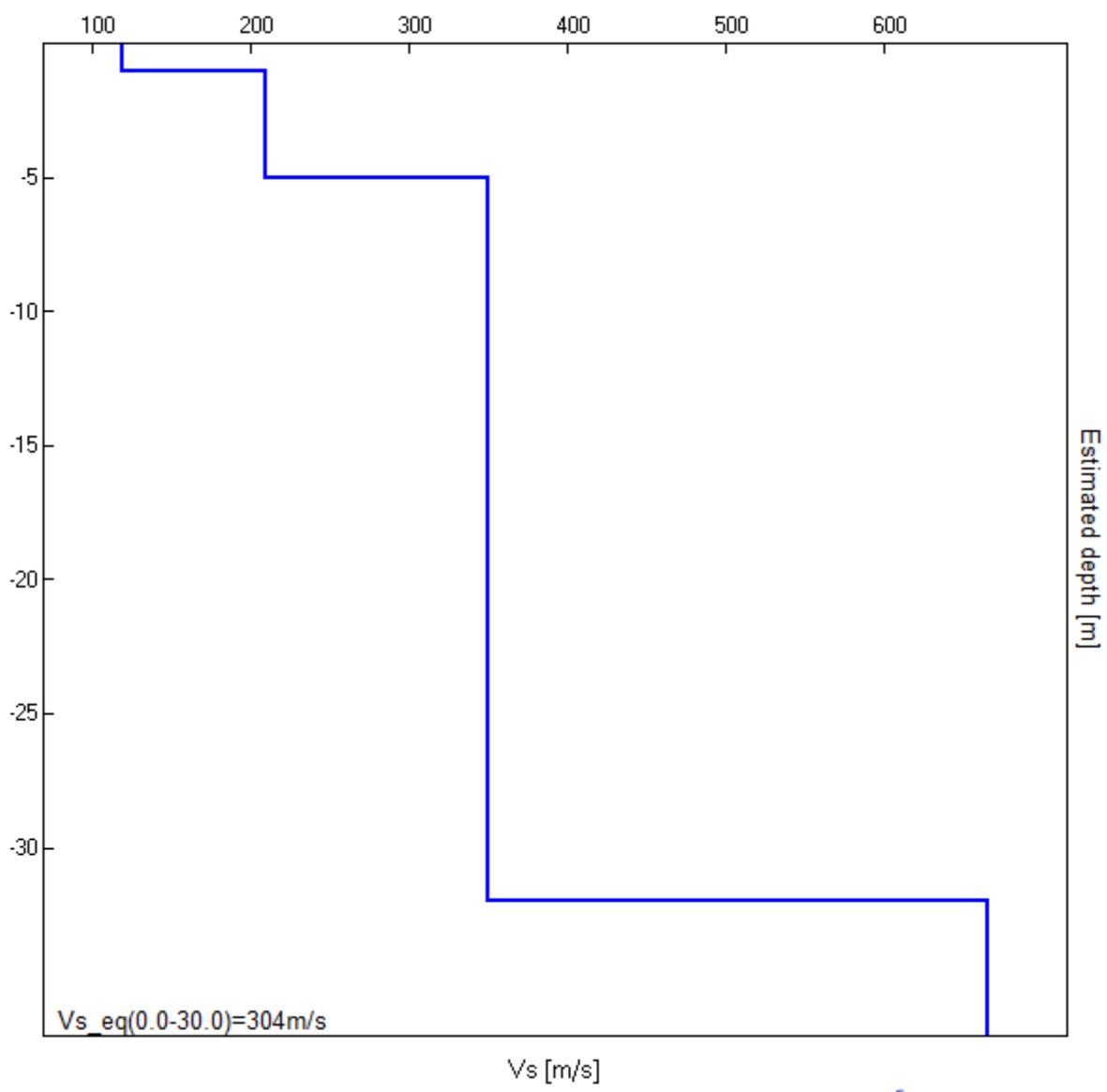
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	120	0.45
5.00	4.00	210	0.45
32.00	27.00	350	0.42
inf.	inf.	665	0.42

$V_{s_eq}(0.0-30.0)=304\text{m/s}$





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

Picco H/V a 63.97 ± 40.95 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]					
$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	53733.8 > 200	OK			
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1026	OK			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	41.656 Hz	OK			
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$					NO
$A_0 > 2$	3.13 > 2	OK			
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.64015 < 0.05$	OK			
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	40.9496 < 3.19844	OK			
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0921 < 1.58	OK			
L_w	lunghezza della finestra				
n_w	numero di finestre usate nell'analisi				
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi				
f	frequenza attuale				
f_0	frequenza del picco H/V				
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V				
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0				
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f				
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$				
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

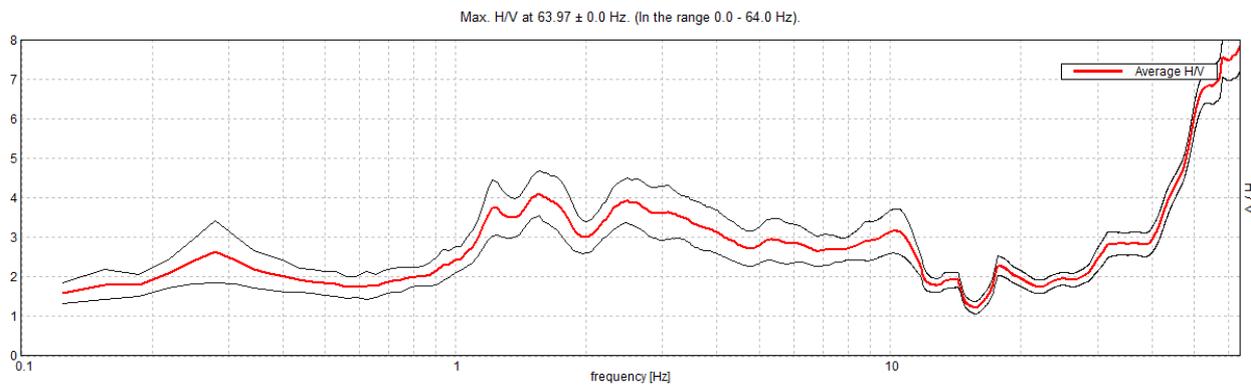


Sondaggio Tromografico "T4"

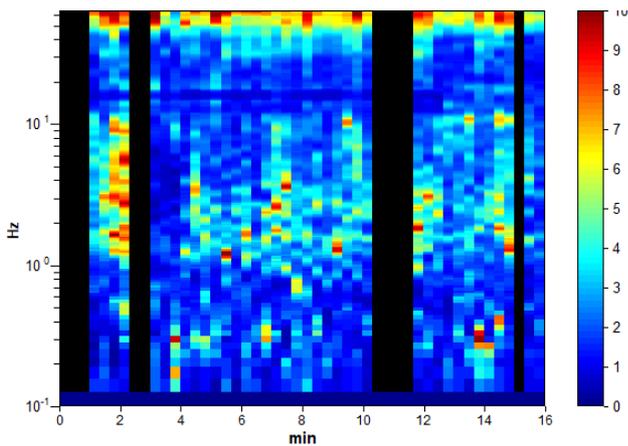


Strumento: TRZ-0029/01-09
 Formato dati: 16 byte
 Fondo scala [mV]: n.a.
 Inizio registrazione: 22/01/20 09:06:54 Fine registrazione: 22/01/20 09:22:55
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile
 Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 79% tracciato (selezione manuale) Freq. campionamento: 128 Hz Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 10%

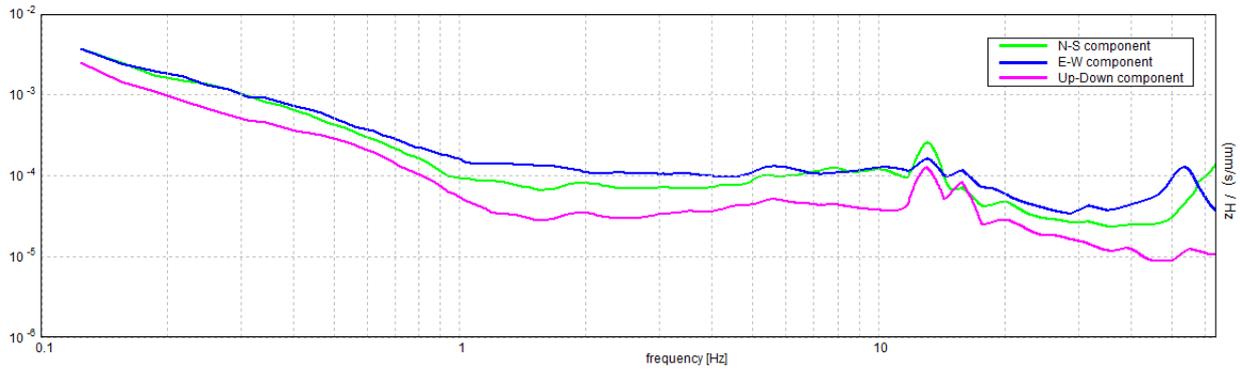
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



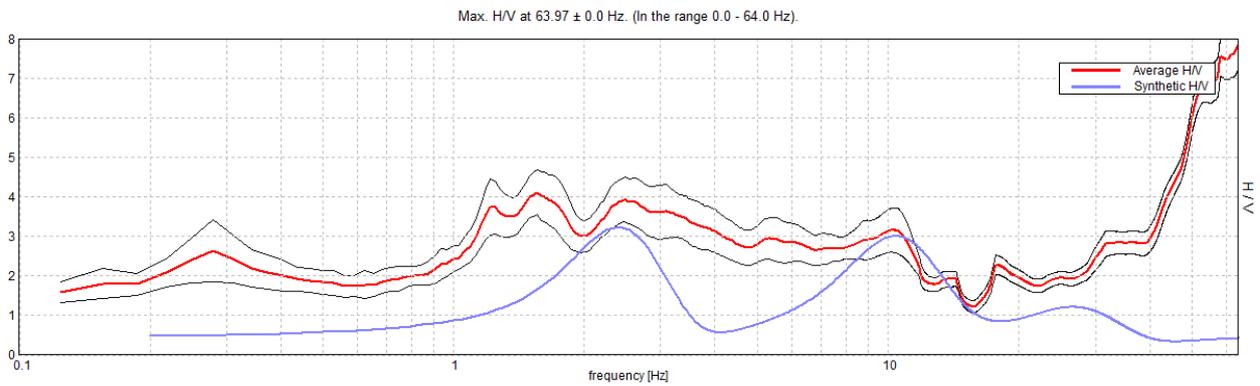
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



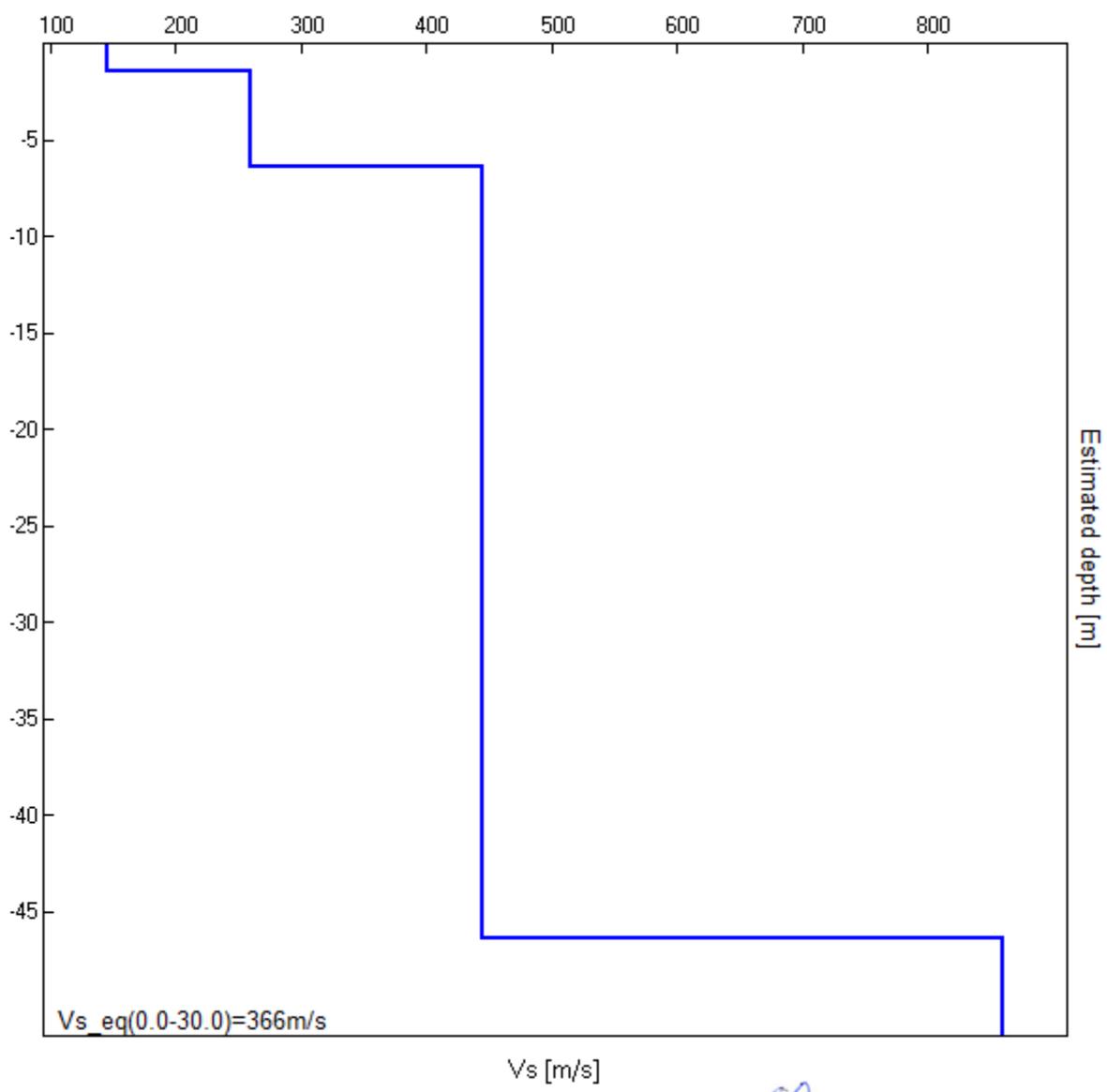
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.40	1.40	145	0.45
6.40	5.00	260	0.45
46.40	40.00	445	0.42
inf.	inf.	860	0.42

$V_{s_eq}(0.0-30.0)=366\text{m/s}$





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

Picco H/V a 63.97 ± 0.0 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]					
$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	48616.3 > 200	OK			
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1026	OK			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	43.563 Hz	OK			
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$					NO
$A_0 > 2$	7.82 > 2	OK			
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0 < 0.05$	OK			
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0 < 3.19844$	OK			
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5997 < 1.58$	OK			
L_w	lunghezza della finestra				
n_w	numero di finestre usate nell'analisi				
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi				
f	frequenza attuale				
f_0	frequenza del picco H/V				
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V				
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0				
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f				
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$				
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

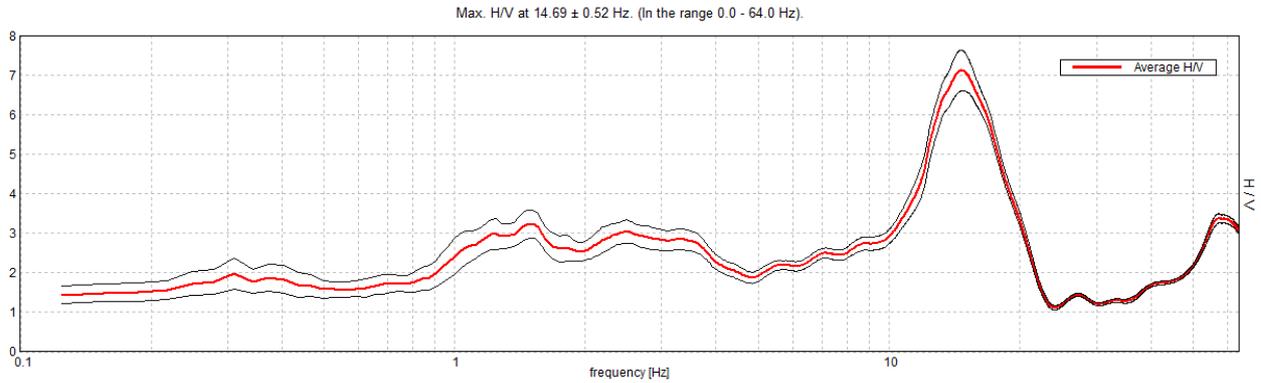


Sondaggio Tromografico "T5"

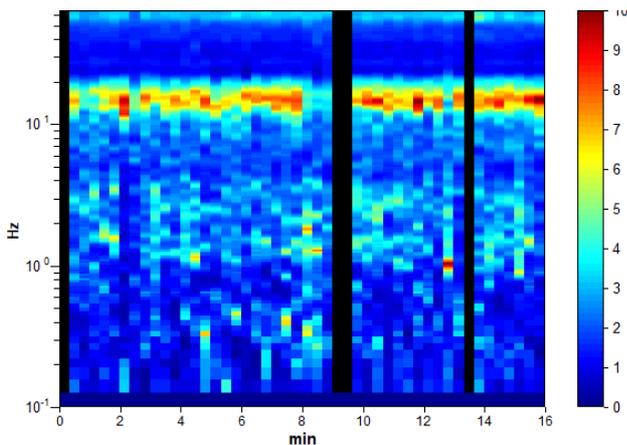


Strumento: TRZ-0029/01-09
 Formato dati: 16 byte Fondo scala [mV]: n.a.
 Inizio registrazione: 22/01/20 09:26:35 Fine registrazione: 22/01/20 09:42:36 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 10%

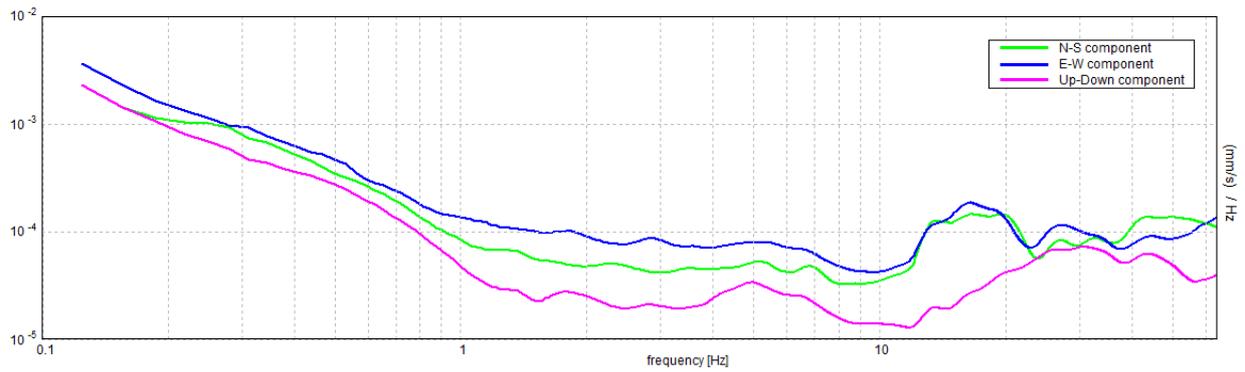
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



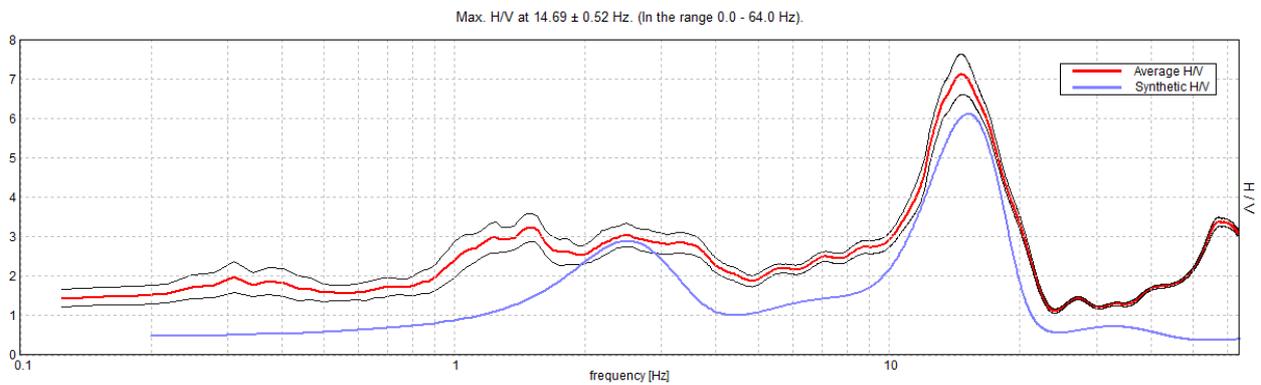
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



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

1.20
4.40
22.40
67.40
inf.

Spessore [m]

1.20
3.20
18.00
45.00
inf.

Vs [m/s]

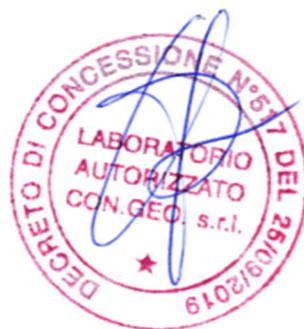
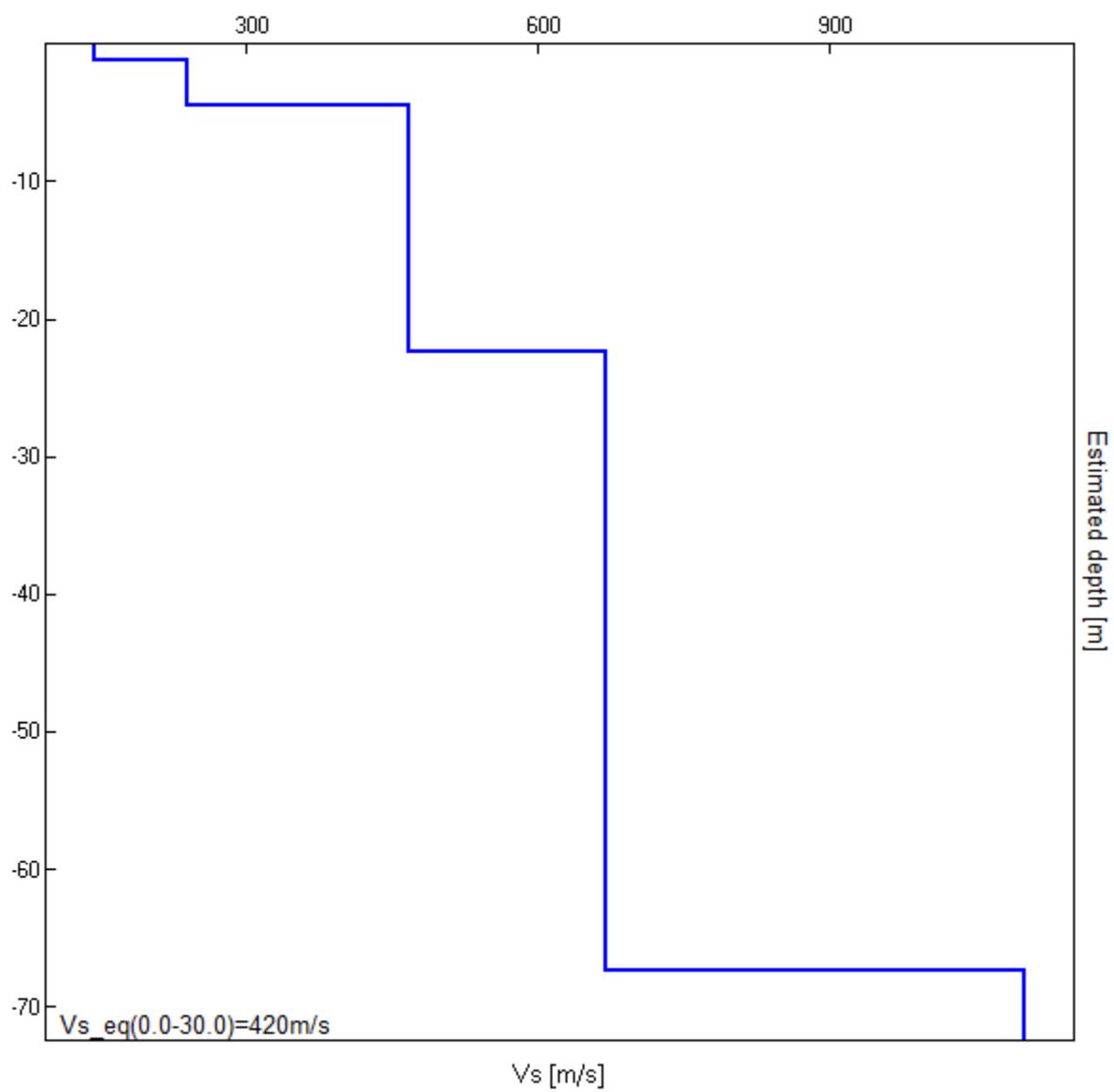
145
240
468
670
1100

Rapporto di Poisson

0.45
0.45
0.42
0.42
0.42

$V_{s_eq}(0.0-30.0)=420\text{m/s}$





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

Picco H/V a 14.69 ± 0.52 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]					
$f_0 > 10 / L_w$	14.69 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	12925.0 > 200	OK			
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 706	OK			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.969 Hz	OK			
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	19.688 Hz	OK			
$A_0 > 2$	7.11 > 2	OK			
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03567 < 0.05$	OK			
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.52389 < 0.73438$	OK			
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5187 < 1.58$	OK			
L_w	lunghezza della finestra				
n_w	numero di finestre usate nell'analisi				
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi				
f	frequenza attuale				
f_0	frequenza del picco H/V				
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V				
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0				
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f				
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$				
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Il parametro meccanico certamente più significativo per la caratterizzazione del tipo di sottosuolo è la cosiddetta “average shear wave velocity” Vs30, che è una sorta di velocità

equivalente delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità del sottosuolo.

Il confronto tra la curva teorica e quella sperimentale e il modello di Vs ha consentito di individuare il Profilo delle Vs nei primi 30 metri di profondità dal piano di campagna (Vs30).

Nei Sondaggi è stato ottenuto un valore di Vs_{eq(0.0-30.0)} velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s nei sondaggi nn. T1, T2, T3 e T4, ottenendo una categoria di suolo “C”, mentre nel sondaggio n. T5 il valore della velocità equivalente è risultata compreso tra 360 m/s e 800 m/s, corrispondente ad una categoria di suolo “B”.

Categoria sottosuolo	Caratteristiche della superficie topografica	Spessore (m)	Vs (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni caratteristiche meccaniche con spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente, compresi fra 360 m/s e 800 m/s.		≥360 ≤800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s.	> 30 m	≥180 ≤360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	> 30 m	≥100 ≤180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	> 30 m	≈ C e D



4) PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

I campioni prelevati durante le fasi di perforazione sono stati portati al laboratorio autorizzato CON.GEO S.r.l. per le opportune analisi geotecniche.

Le analisi e prove di laboratorio fanno parte di un allegato distinto relativo allo stesso progetto.

Palermo lì, Marzo 2020

Il Tecnico della Con. Geo srl
(Dott. Vincenzo Costanza)



ALLEGATO A
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Postazione sondaggio S1





Sondaggio 1 cassetta 1 da 0 a 5 m



Sondaggio 1 cassetta 2 da 5 a 10 m



Piezometro nel sondaggio S1





Postazione Sondaggio S2



Sondaggio 2 Cassetta 1 da 0 a 5 m



Sondaggio 2 Cassetta 2 da 5 a 10 m





Postazione Sondaggio S3





Sondaggio 3 cassetta 1 da 0 a 5 m





Postazione Sondaggio S4





Sondaggio 4 Cassetta 1 da 0 a 5 m



Sondaggio 4 cassetta 2 da 5 a 10 m





Postazione Sondaggio 5





Sondaggio 5 cassetta 1 da 0 a 5 m



Sondaggio 5 cassetta 2 da 5 a 10 m





Sondaggio 5 cassetta 3 da 10 a 15 m

