

Appendice C

CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

Con la collaborazione del Dott. Stefano Sesana

INDICE

1. APPROFONDIMENTO DI SECONDO LIVELLO .	3
2. INDAGINE SISMICA - SONDAGGIO SISMICO VERTICALE	4
2.1 Cenni sulla metodologia d'indagine	4
2.2 Interpretazione dei risultati	5
2.3. Categorie di suolo di fondazione	6
3. VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE LITOLOGIA DEL SITO	7

TAVOLE

- Tavola 1 :

ALLEGATI

- Scheda effetti litologici;
- Report Acquisizione;

1. APPROFONDIMENTO DI SECONDO LIVELLO

Il territorio comunale di Martinengo (Bg) ai sensi della nuova classificazione sismica (OPCM 3274/2003 e s.m.i.) ricade in ZONA SISMICA 3, pertanto in fase di redazione della Componente Geologica del PGT è stata prevista un'analisi sismica semiquantitativa sull'intero territorio ed in particolare nelle aree interferenti con l'urbanizzato e l'urbanizzabile.

In merito alla Pericolosità Sismica Locale (PSL) – analisi di 1° livello, il territorio comunale di Martinengo ricade all'interno dello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4a:

- Z4a: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi;
 - effetti : amplificazioni litologiche e geometriche;

Con il 2° livello di approfondimento si procede alla caratterizzazione in termini semi-quantitativi mediante il calcolo del Fattore di Amplificazione (*Fa*) successivamente confrontato con la soglia di amplificazione prevista dalla normativa per il Comune di **Martinengo**.

Il calcolo del *Fa* avviene secondo le procedure previste dalla D.g.r. 8/1566 del 22/12/05 integrata dalla D.g.r. 8/7374 del 28/05/08, in quest'ultima in particolare vengono riportate le nuove soglie previste per i Comuni

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di *Fa* calcolato è inferiore al valore di soglia corrispondente (SI): la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di *Fa* calcolato è superiore al valore di soglia corrispondente (NO): la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse sia ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D;

Il valore di *Fa* si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s, tale valore verrà scelto in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili, in genere maggiori di 5 piani.

Al fine di effettuare un'analisi significativa per l'intero territorio comunale sono stati effettuati 10 misurazioni equamente distribuite sul territorio comunale.

2. INDAGINE SISMICA - SONDAGGIO SISMICO VERTICALE

L'indagine effettuata, denominata "sondaggio sismico verticale", consiste della misurazione dei microtremori ambientali presenti nel sottosuolo, essa è stata finalizzata alla individuazione della presenza di contrasti di impedenza marcati nel sottosuolo, alla determinazione della frequenza naturale di vibrazione del sottosuolo ed alla stima del profilo di velocità delle onde S con la profondità.

I sondaggi sismici effettuati sul territorio comunale sono indicati nella tavola 1, allegata.

In allegato è riportato il diagramma del sondaggio sismico effettuato, in termini di rapporto H/V, singole componenti spettrali, direzionalità e durabilità del segnale, unitamente alla sintesi e validazione delle acquisizioni secondo le linee guida del progetto Sesame.

2.1 Cenni sulla metodologia d'indagine

L'indagine è basata sulla registrazione dei microtremori ambientali, il rumore sismico infatti è presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Viene definito microtremore in quanto riguarda oscillazioni di ridotta entità, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. L'utilizzo della tecnica HVSR comporta la misurazione di tali microtremori naturali.

L'indagine prevede l'acquisizione del rumore sismico nelle sue tre componenti attraverso un tromografo digitale ad alta sensibilità (TROMINO®). Lo strumento è dotato di tre velocimetri che misurano le componenti N-S, E-W, e verticale del tremore che vengono amplificate, digitalizzate e memorizzate nella memoria dello strumento. La durata di acquisizione, per ogni sondaggio è stata di 20 minuti.

Il segnale acquisito viene quindi rielaborato mediante software dedicato (Grilla®). Esso procede nel seguente modo:

Le profondità H delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula di seguito riportata in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$H = \left[\frac{V_0(1-\alpha)}{4\hat{v}_1} + 1 \right]^{1/(1-\alpha)} - 1$$

In presenza di variazioni litologiche, il rapporto H/V (componenti orizzontali/componenti verticali) mostra dei picchi in corrispondenza di determinate frequenze. Tali picchi sono tanto più marcati, quanto il cambiamento di litologia è netto e la loro posizione è funzione sia della profondità di tale variazione, che della velocità di trasmissione delle onde Vs nello strato superiore all'interfaccia di variazione. Per risalire alla profondità delle variazioni litologiche si ricorre a punti di taratura a stratigrafia nota, in questo caso, per ciascun punto d'indagine sono state utilizzate stratigrafie dei pozzi o indagini geognostiche prossime all'area di acquisizione delle tracce.

Nella figura 2 è sintetizzato un esempio di la curva HVSR. I picchi dei diagrammi indicati con le frecce sono attribuibili a contatti tra orizzonti con contrasto di impedenza marcato.

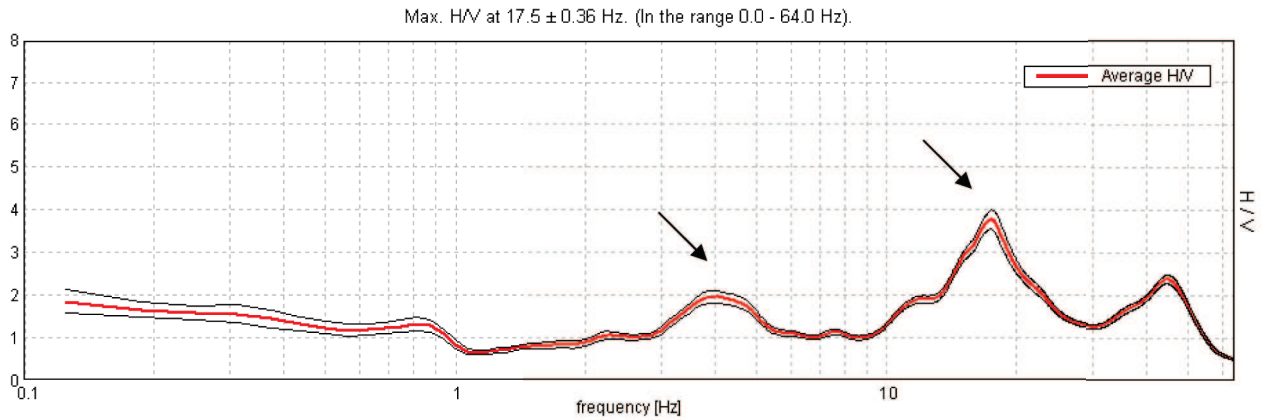


figura 2 – Curva H/V del sondaggio. Le frecce identificano i picchi di contatti stratigrafici.

2.2 Interpretazione dei risultati

Le misurazioni effettuate risultano tra loro confrontabili, in particolare:

- le 2 tracce registrate a Cortenuova presentano valori di $V_{S0-30m} > 400$ m/s;
- le 8 tracce registrate nel concentrico principale di Martinengo oscilla tra i 321 e 388 ad esclusione della n.1 (presa nel cimitero) di 296 m/s;
- le categorie di suolo individuate a Cortenuova ricadono sempre nella “B”;
- le categorie di suolo individuate nel concentrico principale di Martinengo ricadono sempre nella “C”;
- solo nelle tracce registrate a Cortenuova sono stati raggiunti valori di $V_s > 800$ m/s;

I profili V_s/depth sono stati ricavati accostando le tracce di registrazione a H/V a stratigrafie di pozzi, sondaggi, o prove penetrometriche, che hanno consentito di individuare le discontinuità più superficiali (in termini di impedenza sismica) e successivamente ricostruire l'andamento delle V_s , adottando questi dati come punto di taratura dell'indagine, si è proceduto all'inversione della curva H/V misurata.

Traccia	Categoria di suolo	V _{s0-30m} (m/s)
1	C	296
2	B	469
3	B	415
4	B	386
5	C	334
6	C	347
7	C	334
8	B	388
9	C	321
10	B	364

Tabella 1

2.3. Categorie di suolo di fondazione

Nella tabella 1 sono emersi i valori di V_{s30} ottenuti dalle singole indagini, in tutti si ricade nella **categoria B o C**, in conformità a quanto indicato nella tabella 3.2.II delle NTC 2008 di seguito ripresa.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V _{s,30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s,30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N _{SPT,30} > 50 nei terreni a grana grossa e c _{u,30} > 250 kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s,30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < N _{SPT,30} < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < c _{u,30} < 250 kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s,30} inferiori a 180 m/s (ovvero N _{SPT,30} < 15 nei terreni a grana grossa e c _{u,30} < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con V _s > 800 m/s).

tabella 2

3. VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE LITOLOGIA DEL SITO

Dalle caratteristiche geologiche / litologiche dell'area oggetto d'indagine si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Nel caso in esame delle informazioni raccolte dalle innumerevoli stratigrafie dei pozzi esistenti e dalle indagini disponibili, la scheda inizialmente scelta è stata quella relativa alla litologia ghiaiosa, l'andamento delle Vs con la profondità purtroppo non è stato verificato nel campo di validità, per cui si è optato per una scheda che presentasse un campo di validità maggiore, è stata utilizzata la scheda relativa alla litologia sabbiosa ritenuta la più affine per quanto concerne le caratteristiche litologiche – granulometriche.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1 rossa, curva 2 verde e curva 3 blu).

Scelta la curva di riferimento il Fa si determina in funzione del periodo proprio del sito T, il cui calcolo è dato dalla seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello, considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s.

Traccia	Effetti litologici Scheda litologia	T (s)	Correlazione T – Fa 0.1 – 0.5s			Correlazione T – Fa 0.5 – 1.5s	
			Curva di correlazione	Tratto Curva	Fa _{0,1-0.5}	Curva di correlazione	Fa _{0.5-1.5}
1	Sabbiosa	0.5099	n.2 - verde	Logaritmico	1.3851	n.2 – verde	1.8497
2	Sabbiosa	0.2746	n.3 - blu	Polinomiale	1.4399	n.2 – verde	1.3609
3	Sabbiosa	0.3352	n.3 - blu	Polinomiale	1.3712	n.2 – verde	1.4979
4	Sabbiosa	0.5419	n.2 - verde	Logaritmico	1.3691	n.2 – verde	1.8445
5	Sabbiosa	0.3787	n.2 - verde	Polinomiale	1.6596	n.2 – verde	1.5951
6	Sabbiosa	0.3995	n.2 - verde	Polinomiale	1.6327	n.2 – verde	1.6403
7	Sabbiosa	0.5439	n.2 – verde	Logaritmico	1.3659	n.2 – verde	1.8990
8	Sabbiosa	0.4306	n.2 – verde	Polinomiale	1.5786	n.2 – verde	1.7052
9	Sabbiosa	0.4746	n.2 – verde	Logaritmico	1.4859	n.2 – verde	1.7898
10	Sabbiosa	0.4052	n.2 – verde	Polinomiale	1.6240	n.2 - verde	1.6524

tabella 3

Il valore di Fa consente di valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione, effettuata in termini di contenuti energetici, consiste nel confronto del valore di Fa ottenuto dalle schede con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune in funzione della categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche e dell'intervallo di periodo:

Sul territorio comunale di **Martinengo**, i valori di Fa sono i seguenti:

Fa _{Martinengo}	Categoria di suolo			
	B	C	D	E
0.1-0.5	1.5	1.9	2.3	2.0
0.5-1.5	1.7	2.4	4.3	3.1

tabella 3

Traccia	Correlazione T – Fa 0.1 – 0.5s			Correlazione T – Fa 0.5 – 1.5s			Categoria di suolo
	Fa _{0.1-0.5}	Fa _{Mart 0.1-0.5}	Fa _{0.1-0.5} < Fa _{Mart 0.1-0.5}	Fa _{0.5-1.5}	Fa _{Mart 0.5-1.5}	Fa _{0.5-1.5} < Fa _{Mart 0.5-1.5}	
1	1.3851	1.9	SI	1.8497	2.4	SI	C
2	1.4399	1.5	SI	1.3609	1.7	SI	B
3	1.3712	1.5	SI	1.4979	1.7	SI	B
4	1.3691	1.5	SI	1.8445	1.7	NO	B
5	1.6596	1.9	SI	1.5951	2.4	SI	C
6	1.6327	1.9	SI	1.6403	2.4	SI	C
7	1.3659	1.9	SI	1.8990	2.4	SI	C
8	1.5786	1.5	NO	1.7052	1.7	NO	B
9	1.4859	1.9	SI	1.7898	2.4	SI	C
10	1.6240	1.5	NO	1.6524	1.7	SI	B

tabella 4

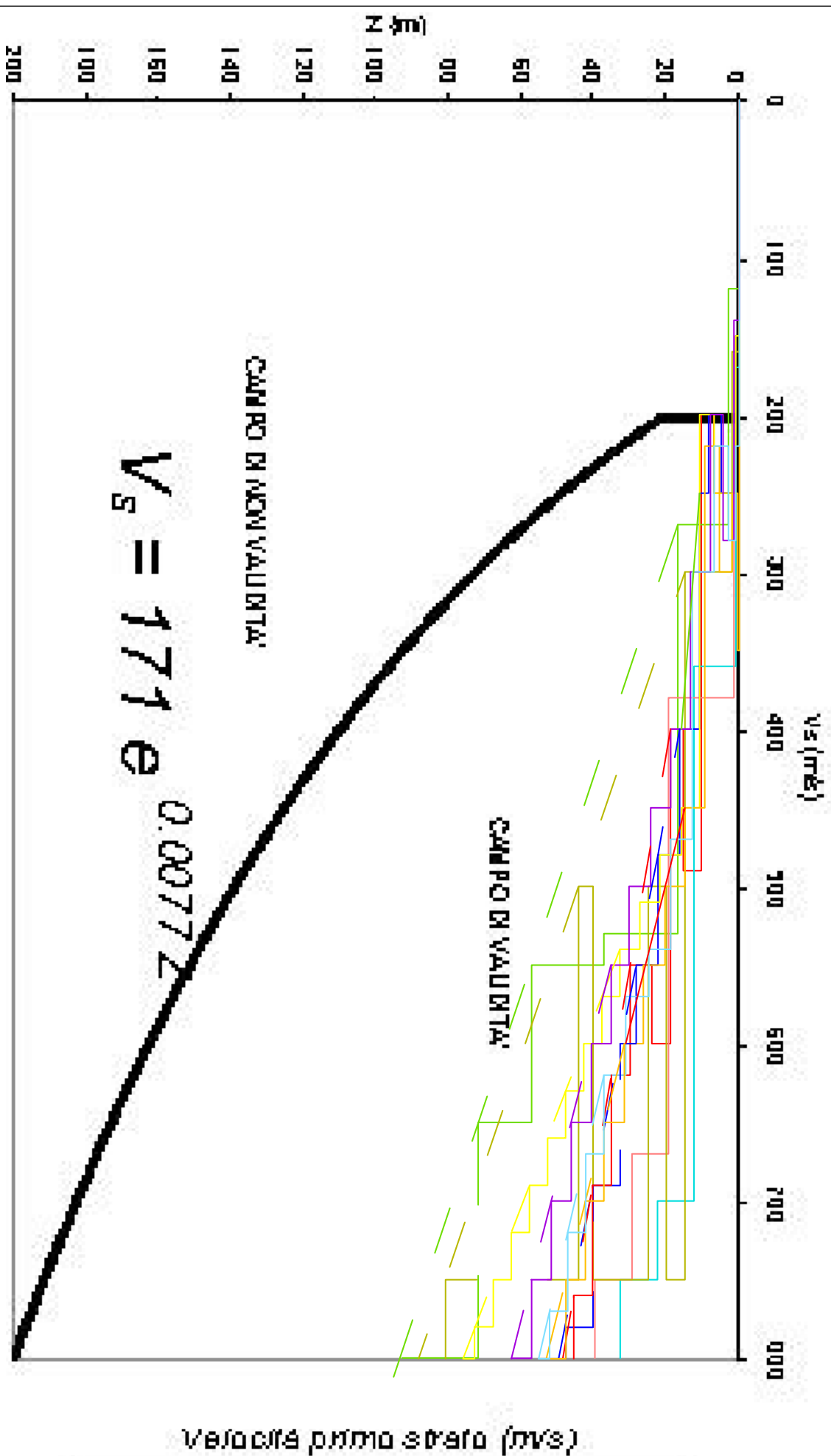
Nella maggior parte dei casi la normativa è quindi è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, nel caso in esame sono state utilizzati dati di carattere litologico e stratigrafico di carattere bibliografico e/o dati di zone limitrofe, mentre i dati di carattere geofisico (Vs) sono stati determinati da prove dirette (sismica superficiale) con attendibilità alta.

Nel primo caso sono stati raccolti dati provenienti da indagini, messe a disposizione dal Comune, effettuate sul territorio di **Martinengo**, in zone limitrofe oltre alle stratigrafie dei pozzi esistenti, significative per le aree in oggetto, nel secondo caso è stata effettuata un'indagine in sismica passiva.

ANDAMENTO DELLE V_S CON LA PROFONDITA'

LITOLOGIA SABBIOSA



- traccia 1
- traccia 2
- traccia 3
- traccia 4
- traccia 5
- traccia 6
- traccia 7
- traccia 8
- traccia 9
- traccia 10

*le porzioni di curva tratteggiate sono state ottenute per interpolazione

TRACCIA 2 MARTINENGO, CORTE NOVA 44/50

Instrument: TRZ-0047/01-09

Start recording: 05/04/11 09:56:10 End recording: 05/04/11 10:16:11

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

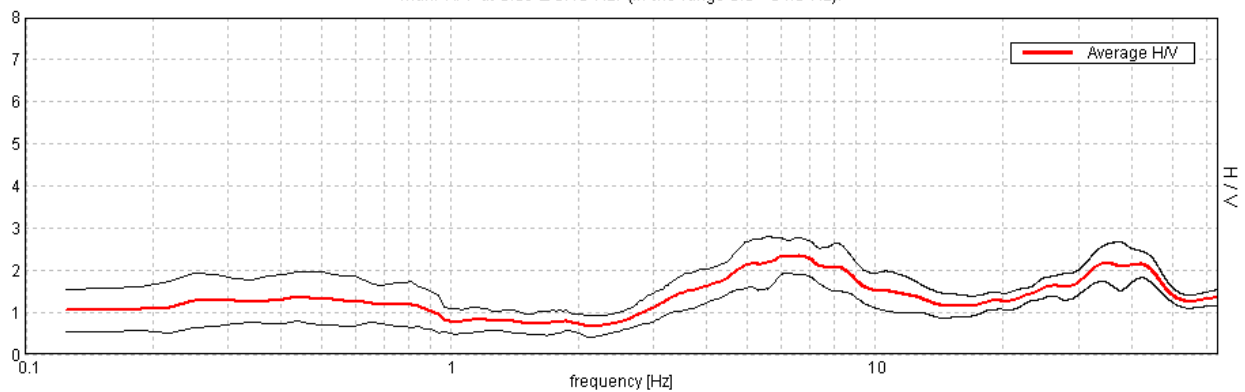
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

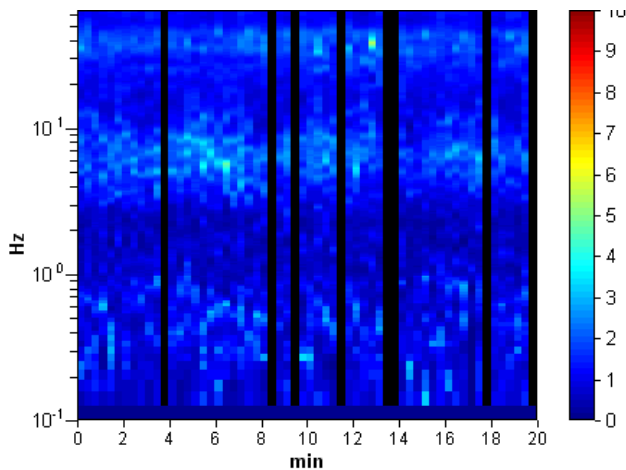
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

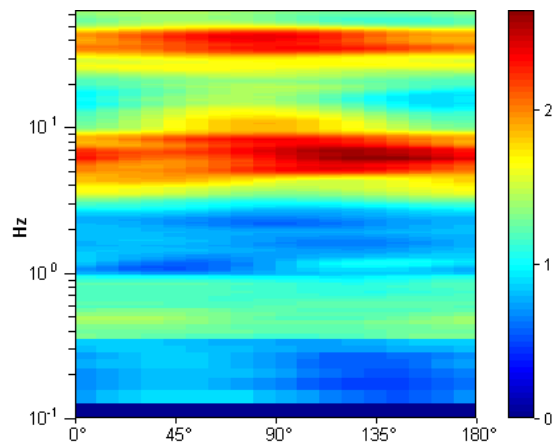
Max. H/V at 6.59 ± 3.15 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



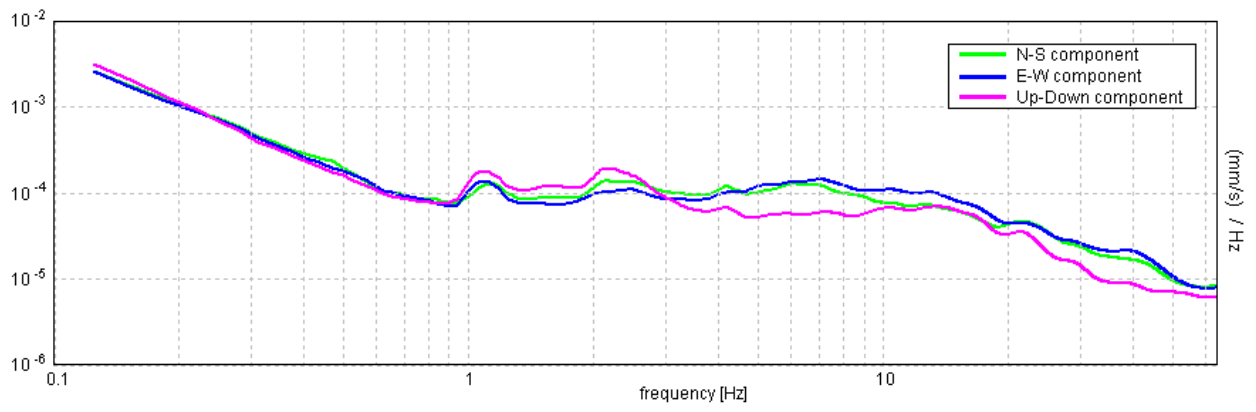
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

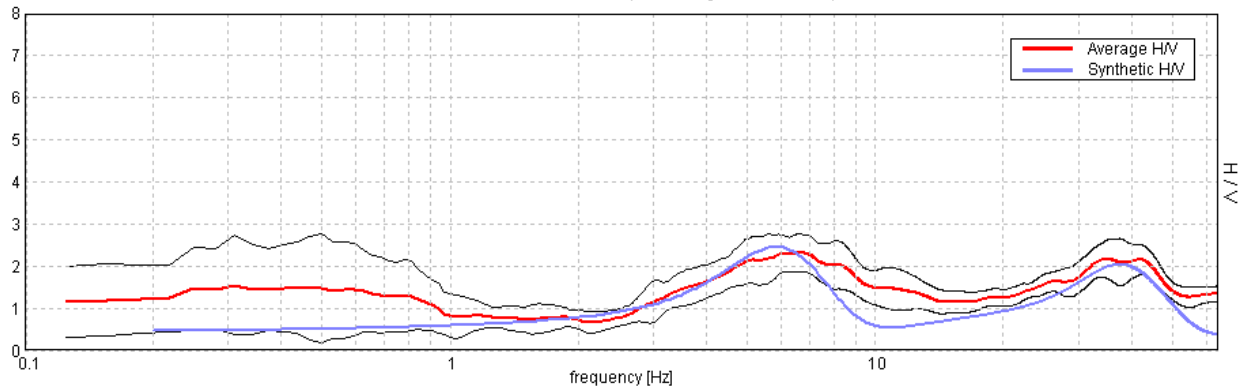


SINGLE COMPONENT SPECTRA



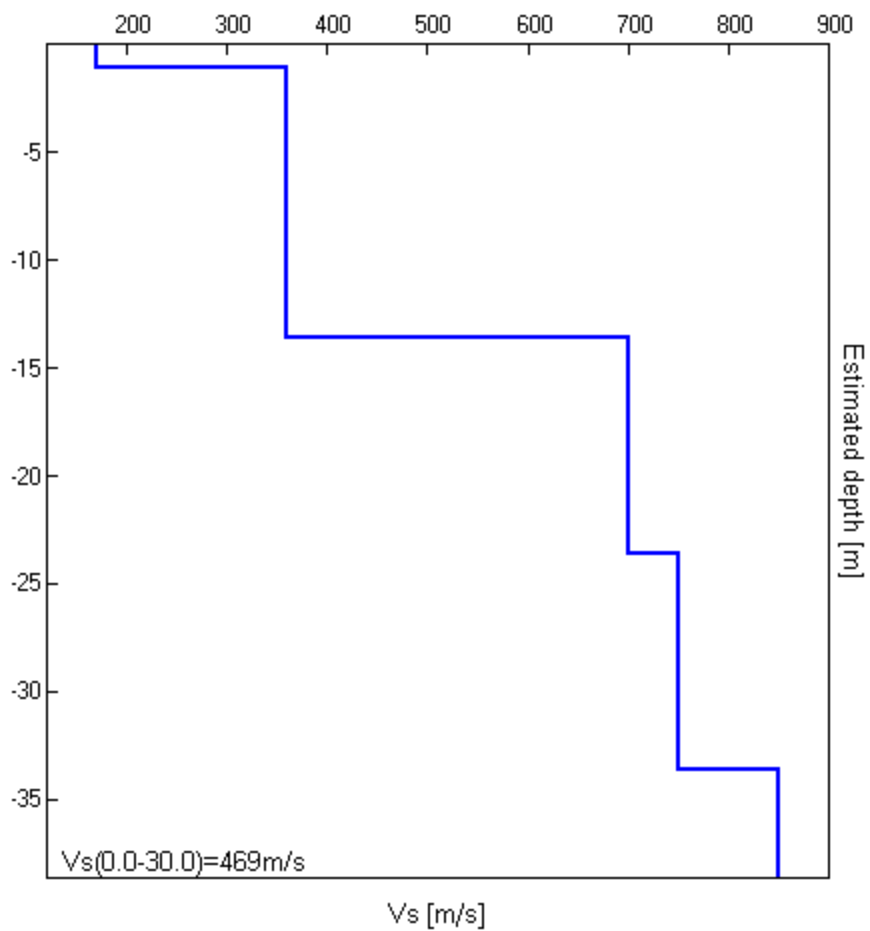
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 6.59 ± 2.72 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.10	1.10	170	0.35
13.60	12.50	360	0.35
23.60	10.00	700	0.35
33.60	10.00	750	0.35
inf.	inf.	850	0.35

Vs(0.0-30.0)=469m/s



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

Max. H/V at 6.59 ± 3.15 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	6.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6857.5 > 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 318 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.063 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	14.188 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.34 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.23557 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.5533 < 0.32969		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2153 < 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
σ_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 σ_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

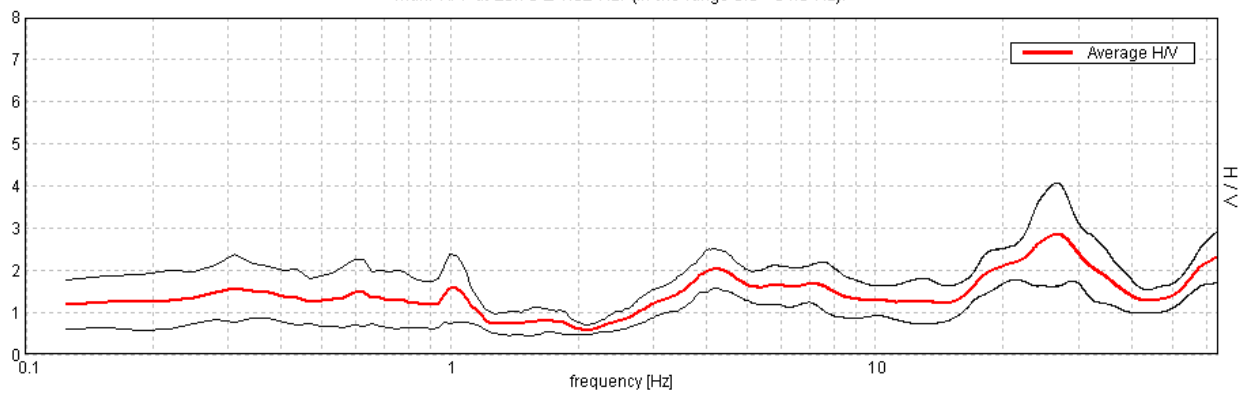
TRACCIA 3 MARTINENGO, CORTE NOVA AMB 24 45/5

Instrument: TRZ-0047/01-09
Start recording: 05/04/11 10:23:21 End recording: 05/04/11 10:43:22
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

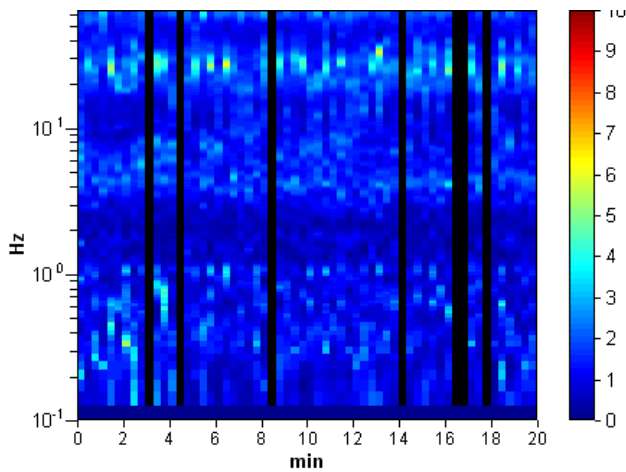
Trace length: 0h20'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

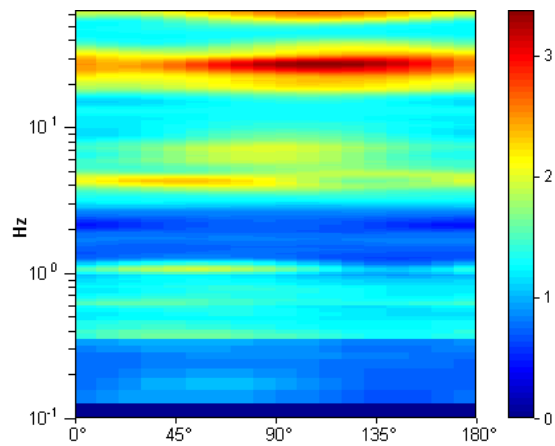
Max. H/V at 26.75 ± 1.02 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



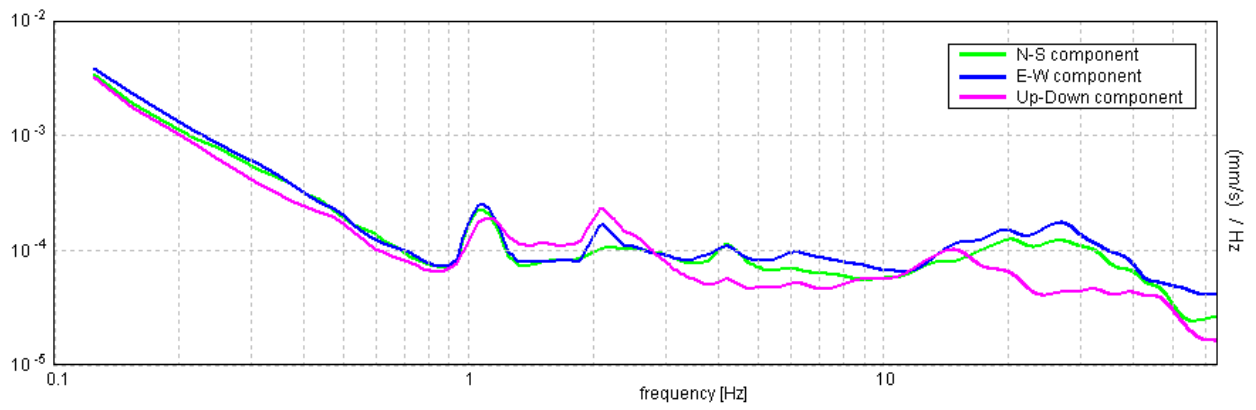
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

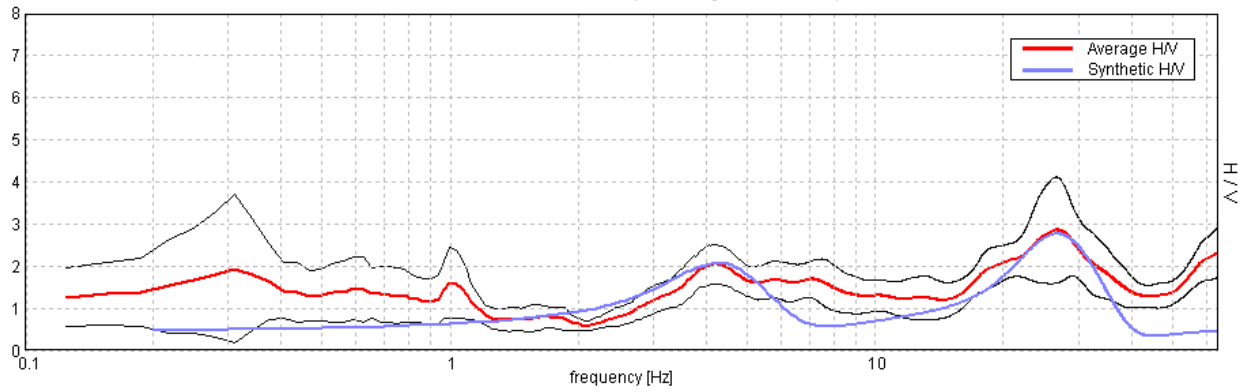


SINGLE COMPONENT SPECTRA



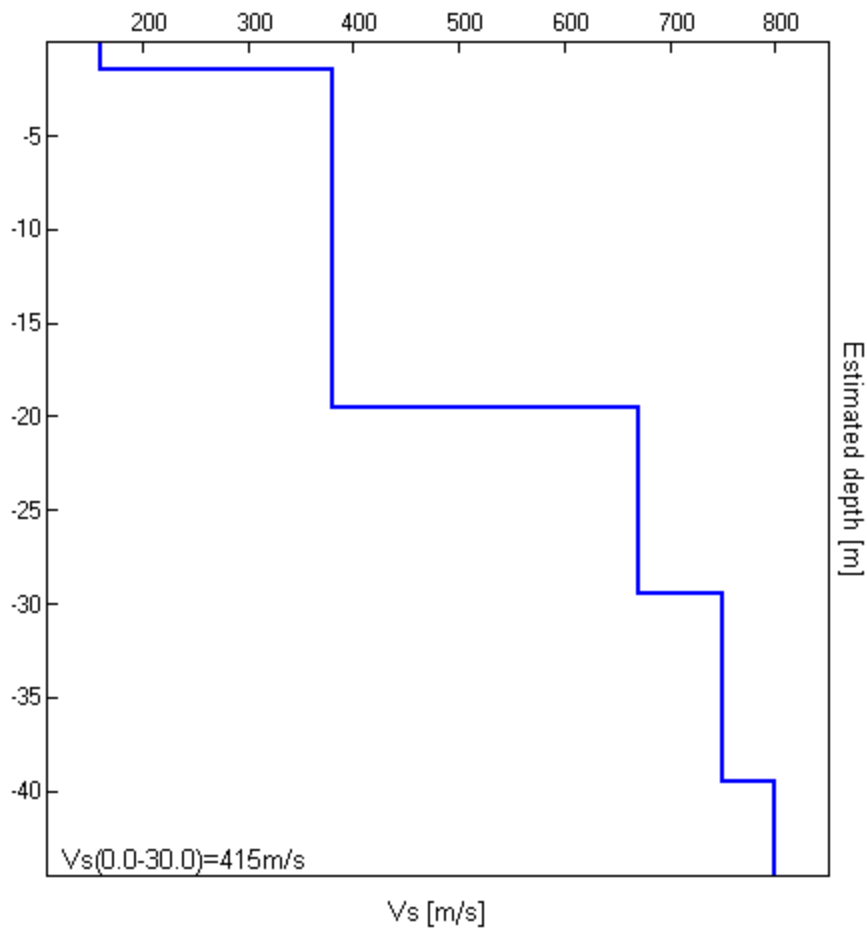
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 26.72 ± 2.18 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	160	0.35
19.50	18.00	380	0.35
29.50	10.00	670	0.35
39.50	10.00	750	0.35
inf.	inf.	800	0.35

Vs(0.0-30.0)=415m/s



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

Max. H/V at 26.75 ± 1.02 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	26.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	28355.0 > 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 1285 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.313 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.85 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0189 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.50548 < 1.3375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6068 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

TRACCIA 4 MARTINENGO, PARCO VILLE SCUOLA 46/

Instrument: TRZ-0047/01-09

Start recording: 05/04/11 11:08:41 End recording: 05/04/11 11:28:42

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

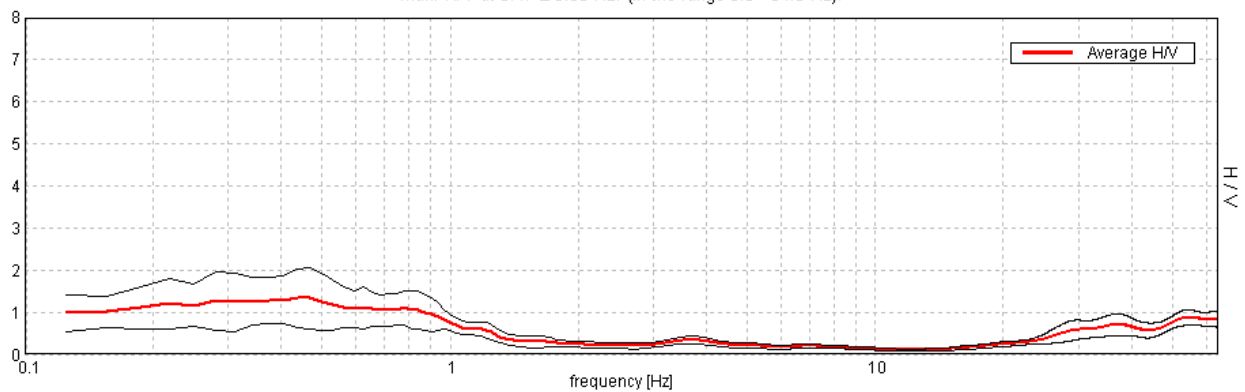
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

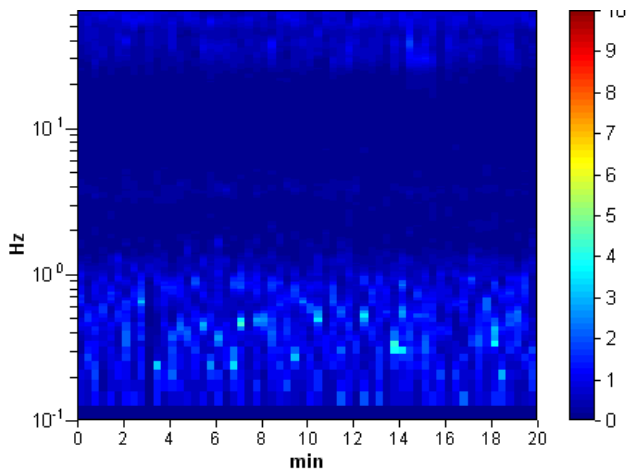
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

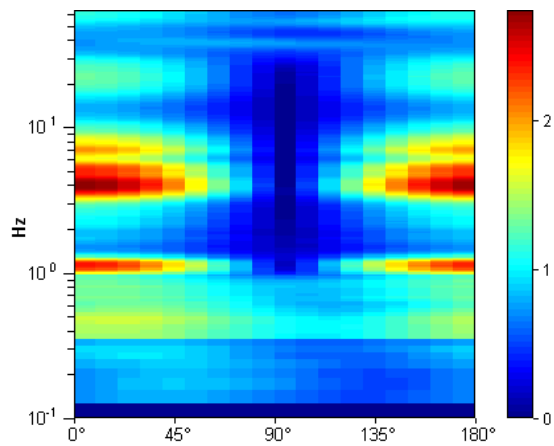
Max. H/V at 0.47 ± 0.03 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



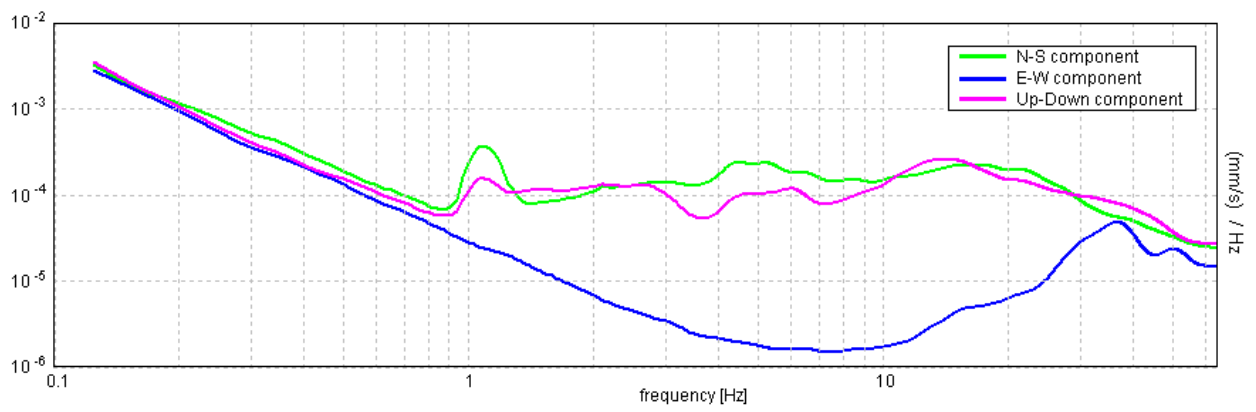
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

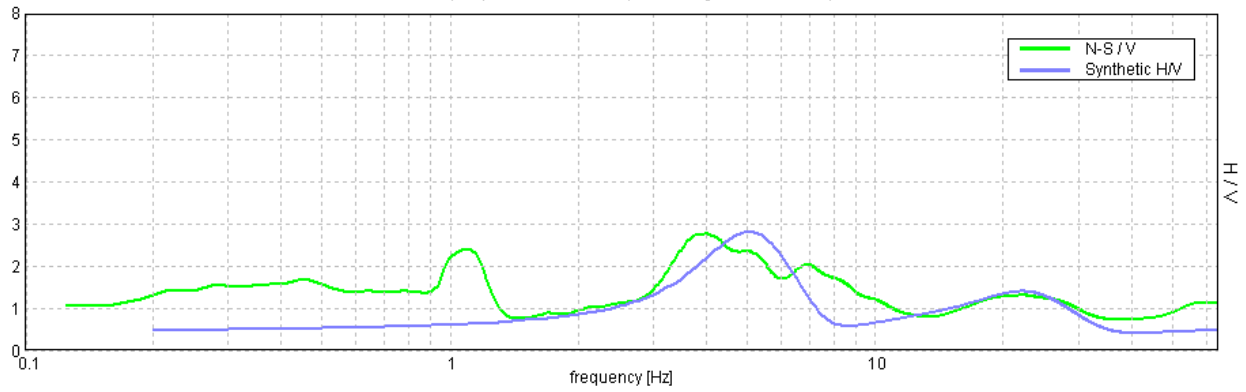


SINGLE COMPONENT SPECTRA



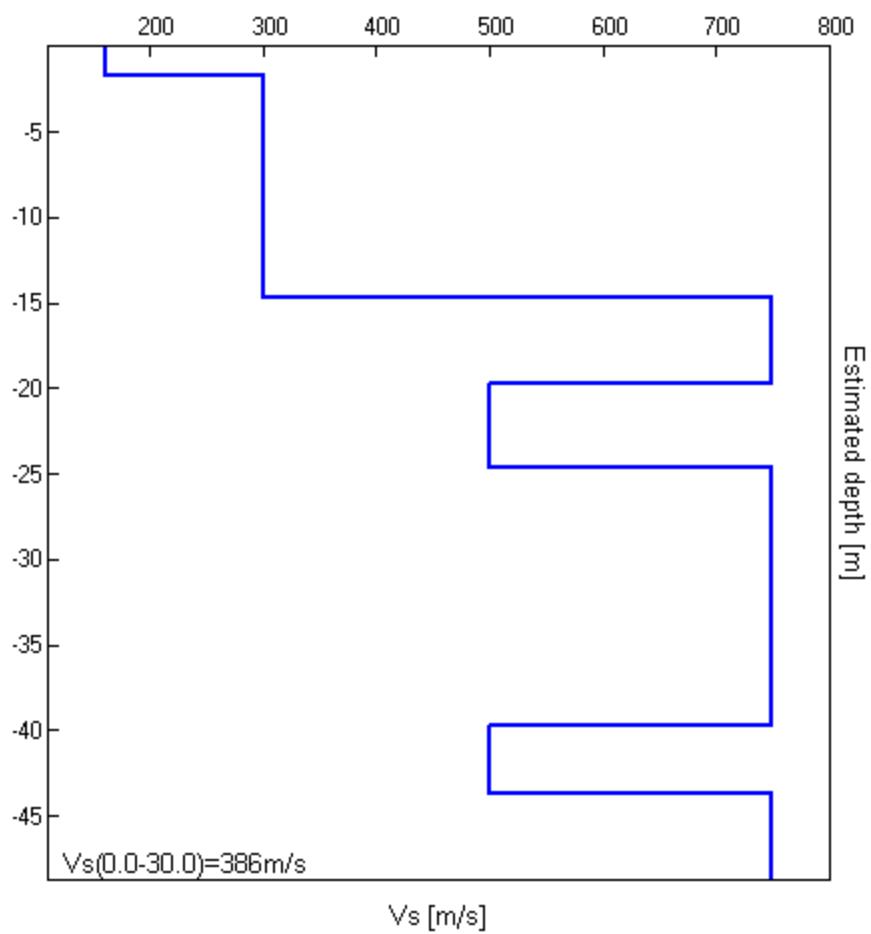
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. (N-S)/V: 4.0 ± 0.1 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.70	1.70	160	0.35
14.70	13.00	300	0.35
19.70	5.00	750	0.35
24.70	5.00	500	0.35
39.70	15.00	750	0.35
43.70	4.00	500	0.35
inf.	inf.	750	0.35

Vs(0.0-30.0)=386m/s



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

Max. H/V at 0.47 ± 0.03 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.47 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$562.5 > 200$	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 24 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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.34 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02912 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01365 < 0.09375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3603 < 2.5$	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
σ_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 σ_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

TRACCIA 5 MARTINENGO, AMBITO 5 47/50

Instrument: TRZ-0047/01-09

Start recording: 05/04/11 11:50:05 End recording: 05/04/11 12:10:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

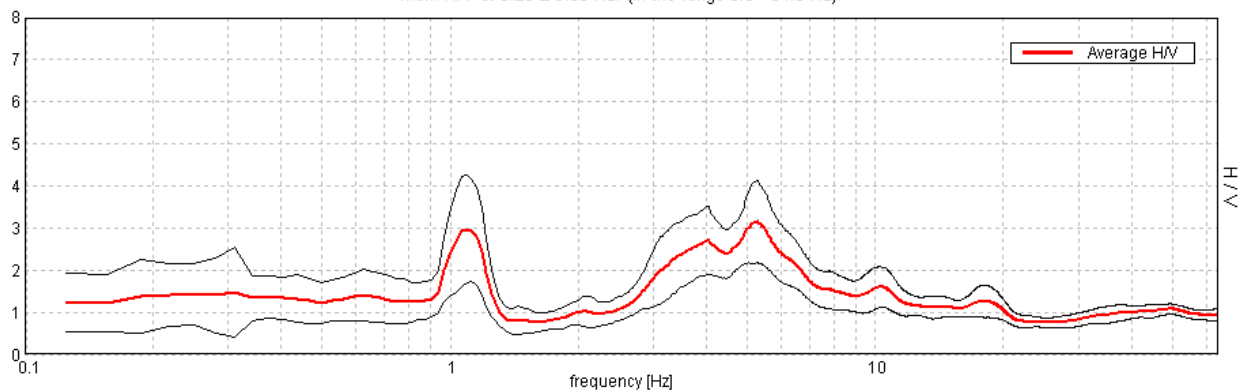
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

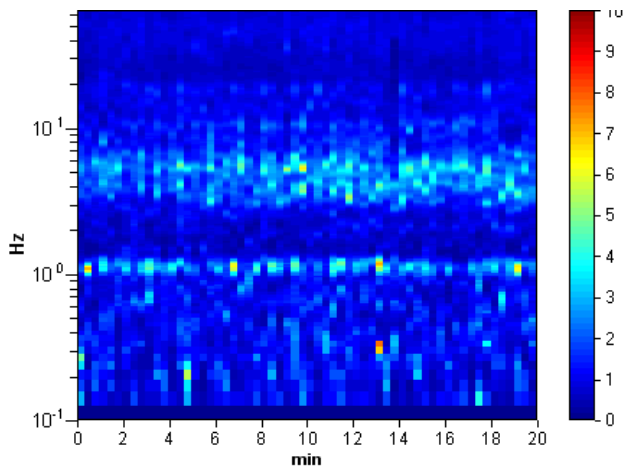
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

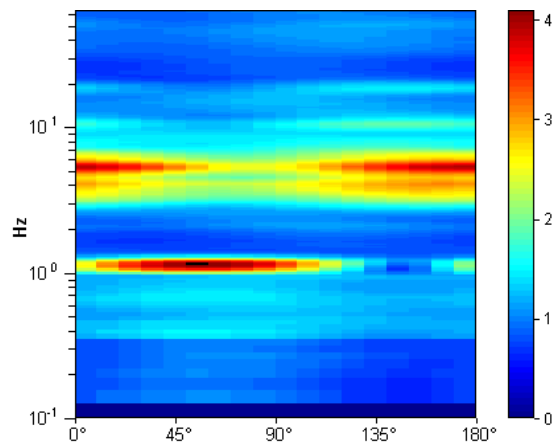
Max. H/V at 5.28 ± 0.66 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



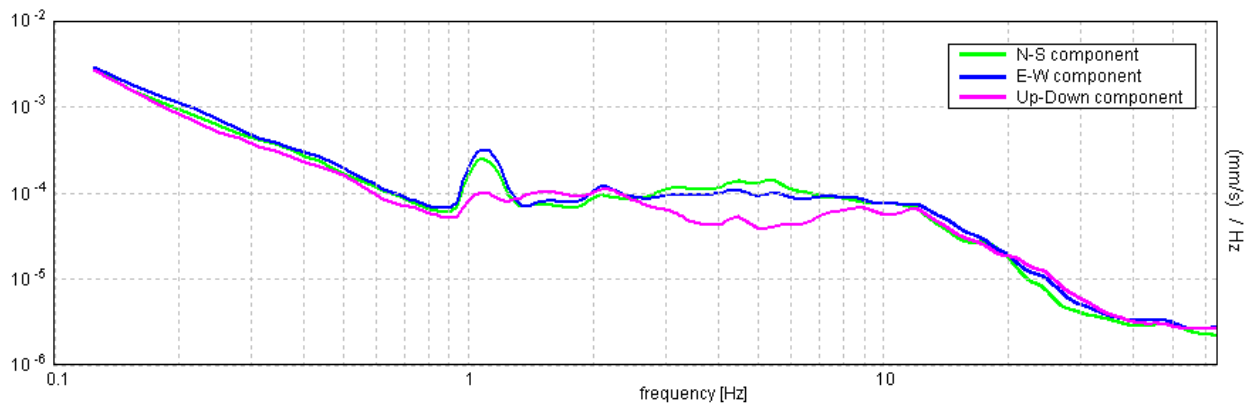
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

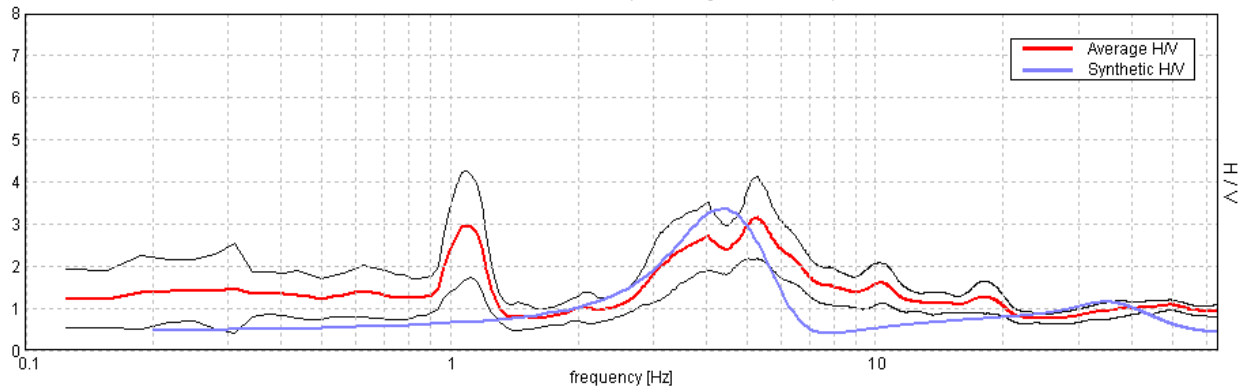


SINGLE COMPONENT SPECTRA



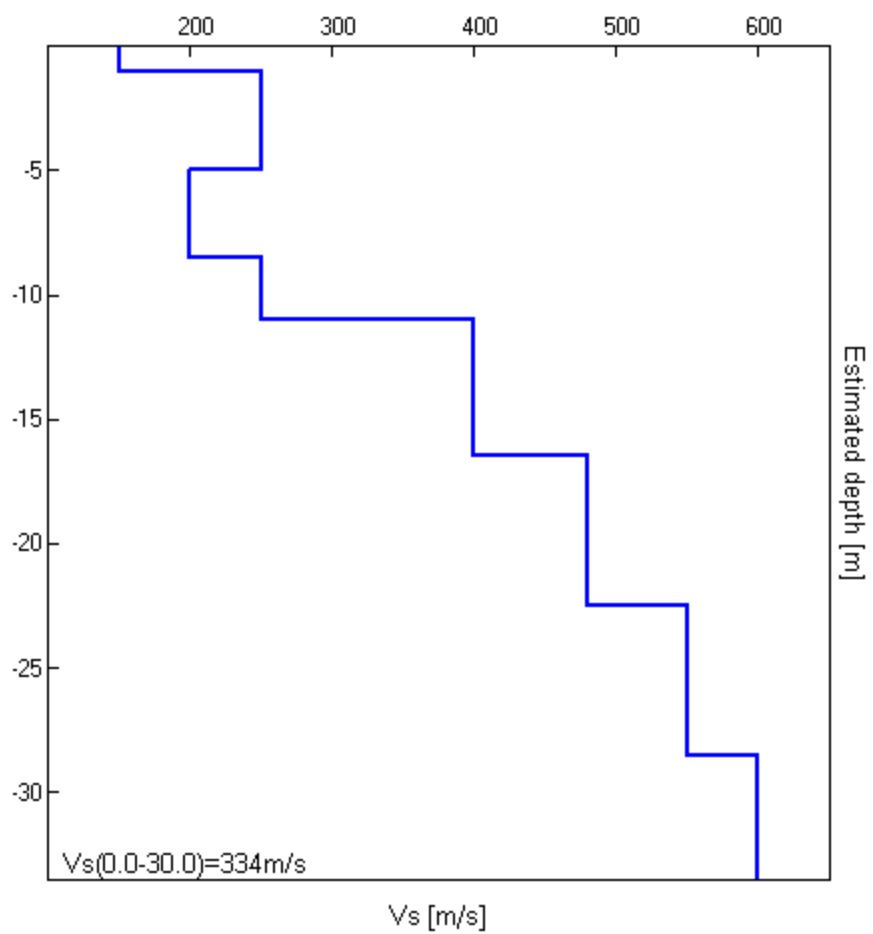
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 5.28 ± 0.66 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	150	0.35
5.00	4.00	250	0.35
8.50	3.50	200	0.35
11.00	2.50	250	0.35
16.50	5.50	400	0.35
22.50	6.00	480	0.35
28.50	6.00	550	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=334m/s



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

Max. H/V at 5.28 ± 0.66 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	5.28 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6337.5 > 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 254 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.875 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.15 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06156 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3251 < 0.26406		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4837 < 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
σ_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 σ_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

TRACCIA 6 MARTINENGO, STAMPERIA 48/5

Instrument: TRZ-0047/01-09

Start recording: 05/04/11 13:43:38 End recording: 05/04/11 14:03:39

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

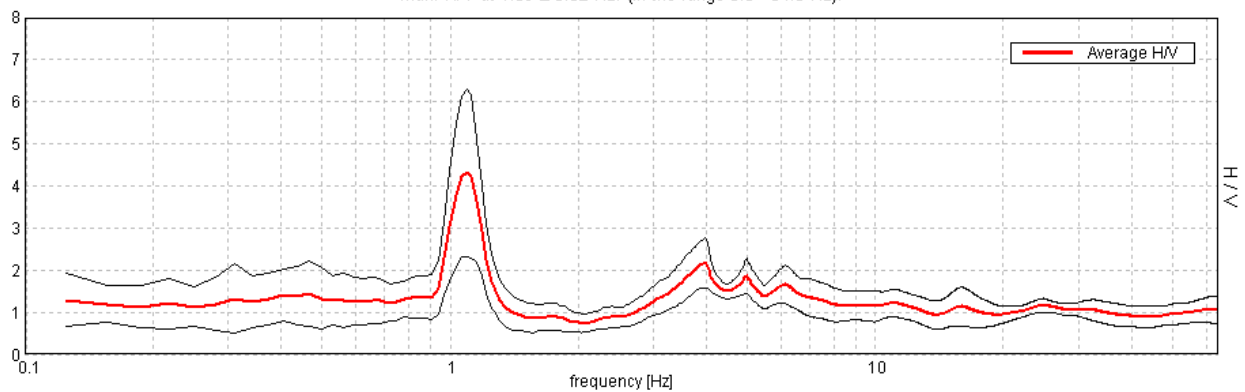
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

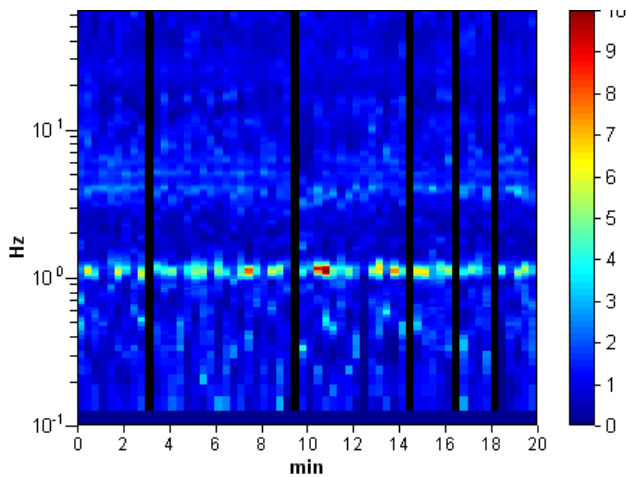
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

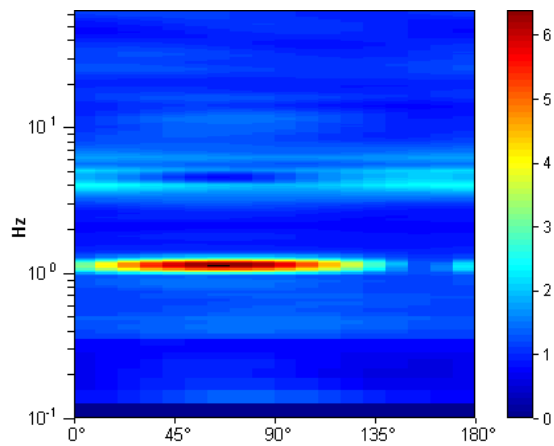
Max. H/V at 1.09 ± 0.02 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



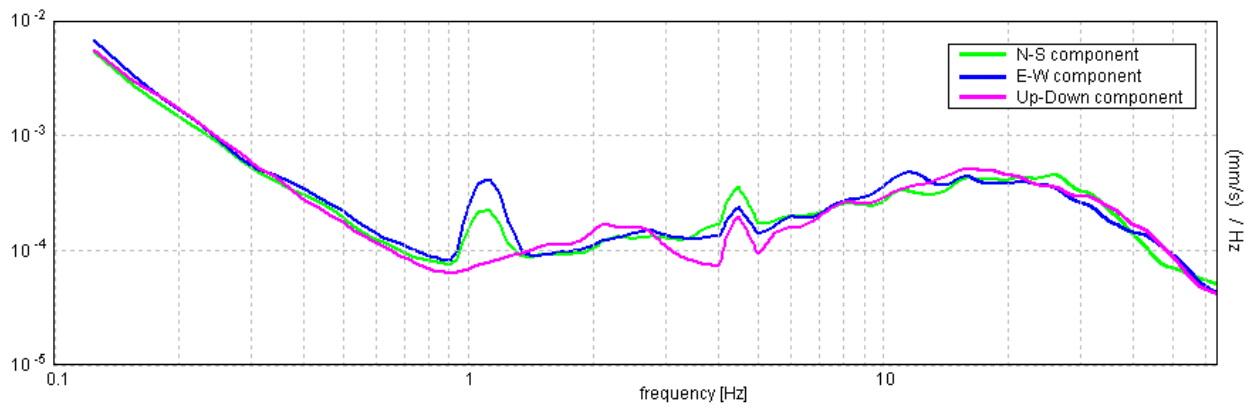
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

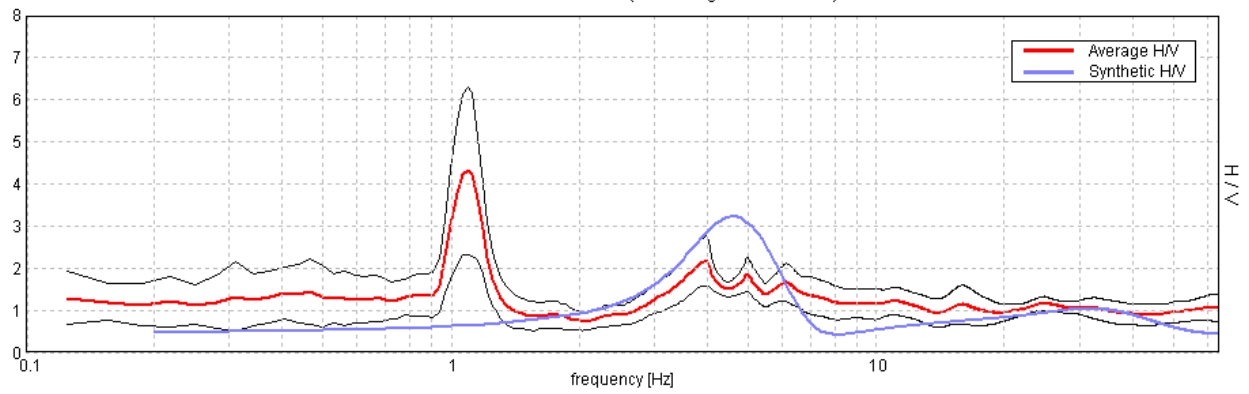


SINGLE COMPONENT SPECTRA



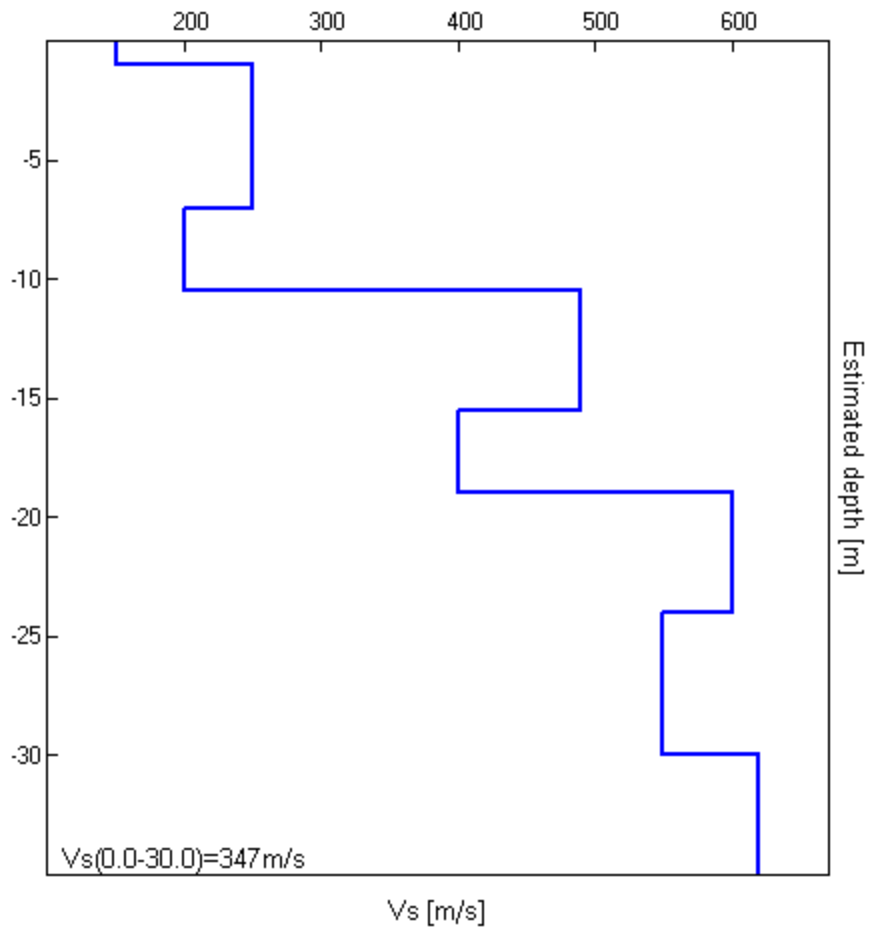
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.09 ± 0.02 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	150	0.35
7.00	6.00	250	0.35
10.50	3.50	200	0.35
15.50	5.00	490	0.35
19.00	3.50	400	0.35
24.00	5.00	600	0.35
30.00	6.00	550	0.35
inf.	inf.	620	0.35

Vs(0.0-30.0)=347m/s



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

Max. H/V at 1.09 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1203.1 > 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 $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.938 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.32 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00727 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00795 < 0.10938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9815 < 1.78$	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
σ_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 σ_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

TRACCIA 7 MARTINENGO_04_07_2011, VIA TRENTO

Instrument: TRZ-0047/01-09

Start recording: 04/07/11 10:43:48 End recording: 04/07/11 11:03:49

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

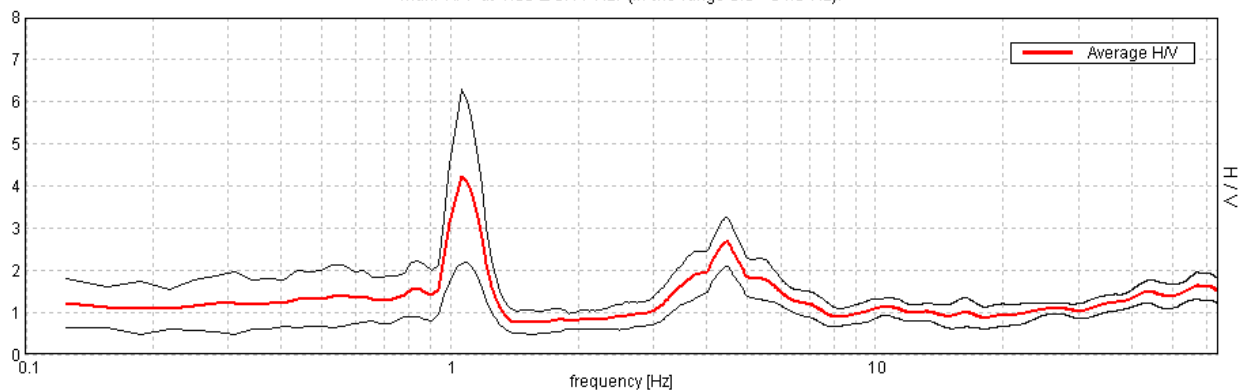
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

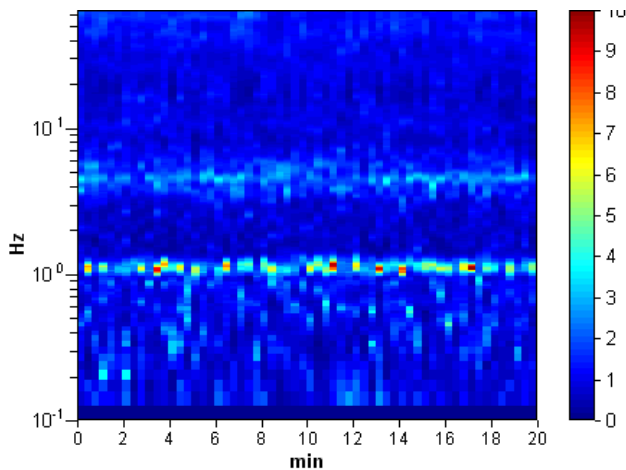
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

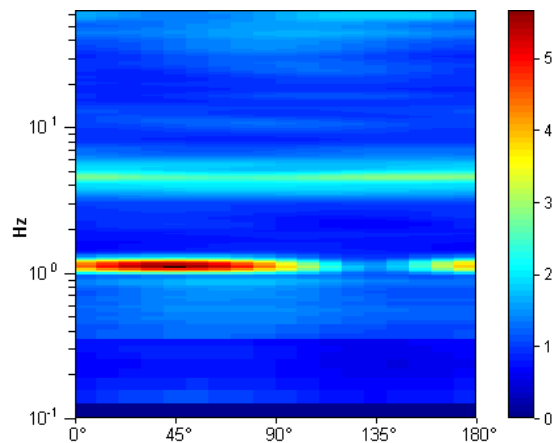
Max. H/V at 1.06 ± 0.11 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



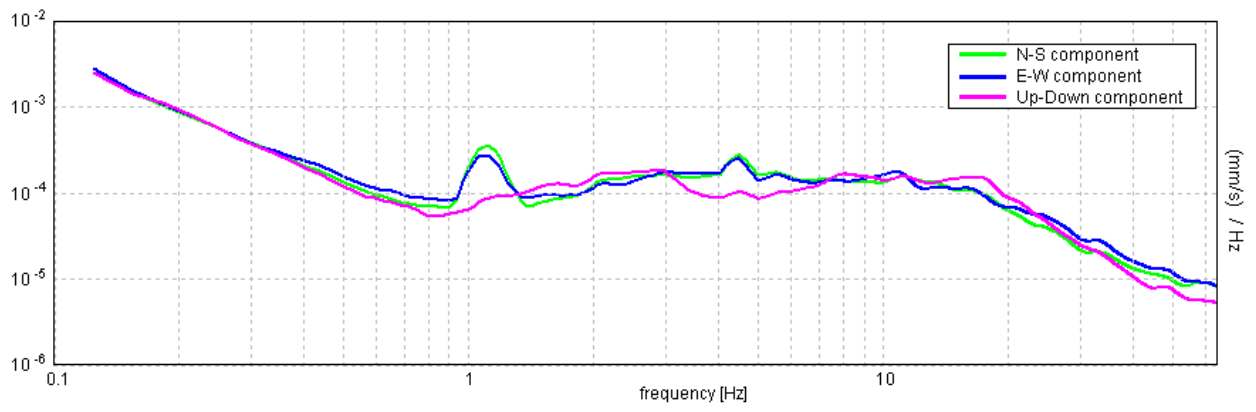
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

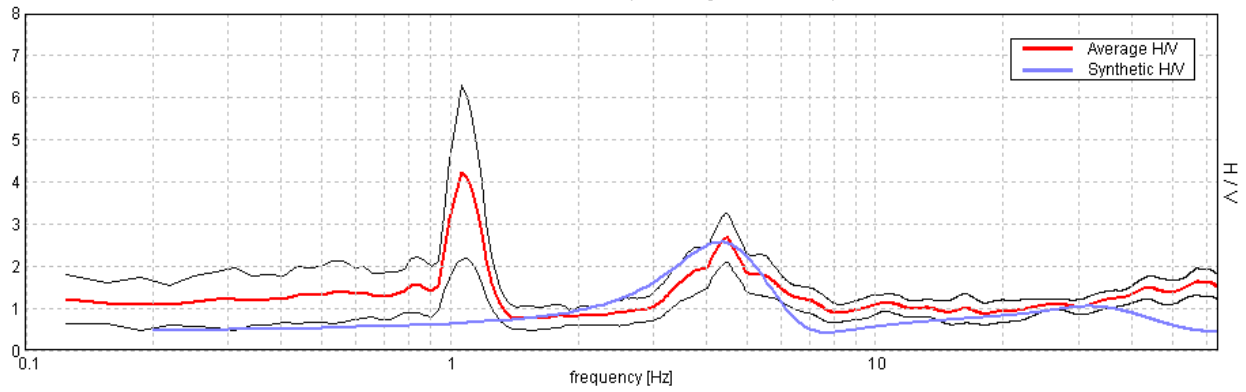


SINGLE COMPONENT SPECTRA



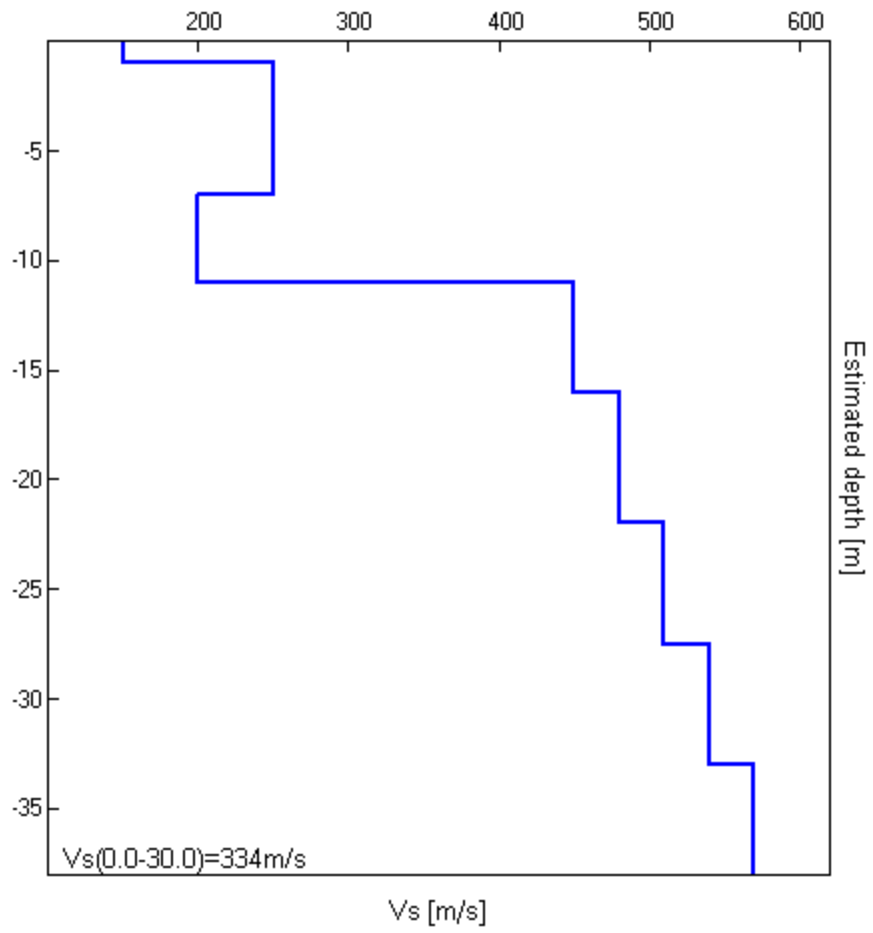
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.06 ± 0.11 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	150	0.35
7.00	6.00	250	0.35
11.00	4.00	200	0.35
16.00	5.00	450	0.35
22.00	6.00	480	0.35
27.50	5.50	510	0.35
33.00	5.50	540	0.35
inf.	inf.	570	0.35

Vs(0.0-30.0)=334m/s



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

Max. H/V at 1.06 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1275.0 > 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 1 out of 52 times		NO

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.938 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.22 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05198 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.05523 < 0.10625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.0308 < 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
σ_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 σ_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

TRACCIA 8 MARTINENGO_04_07_2011, VIA GROMAGLIE

Instrument: TRZ-0047/01-09

Start recording: 04/07/11 11:20:00 End recording: 04/07/11 11:40:01

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

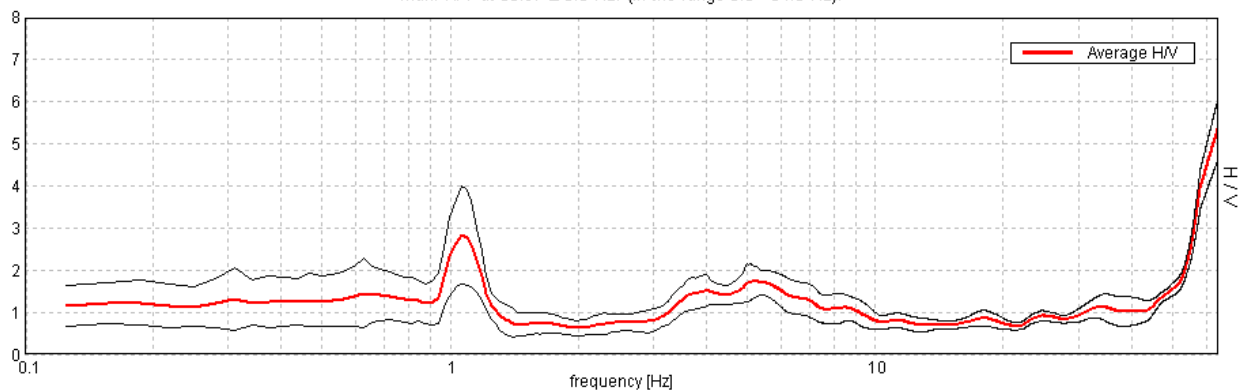
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

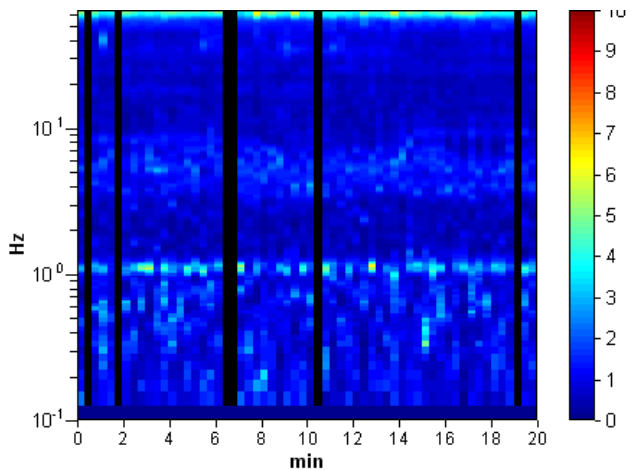
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

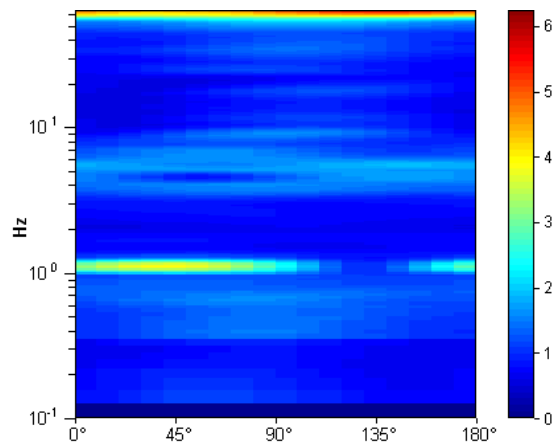
Max. H/V at 63.97 ± 0.0 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



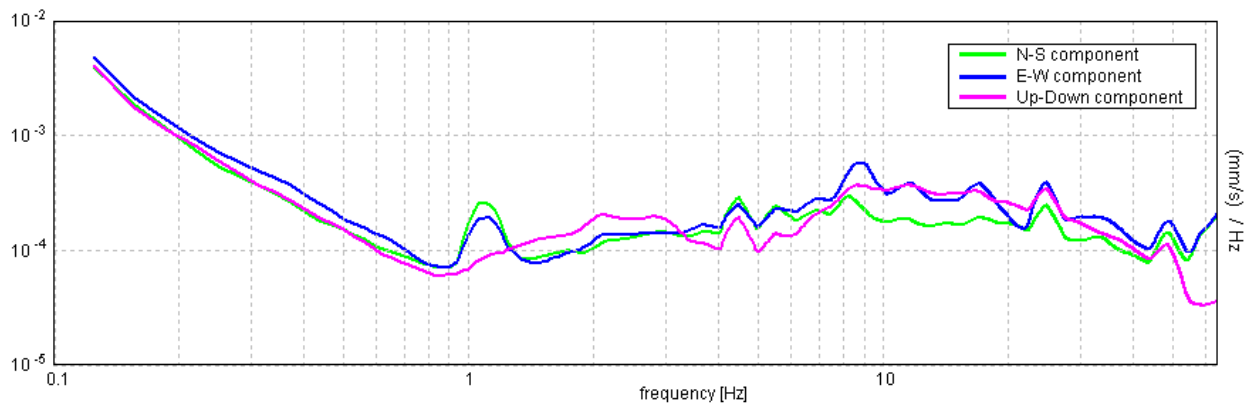
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

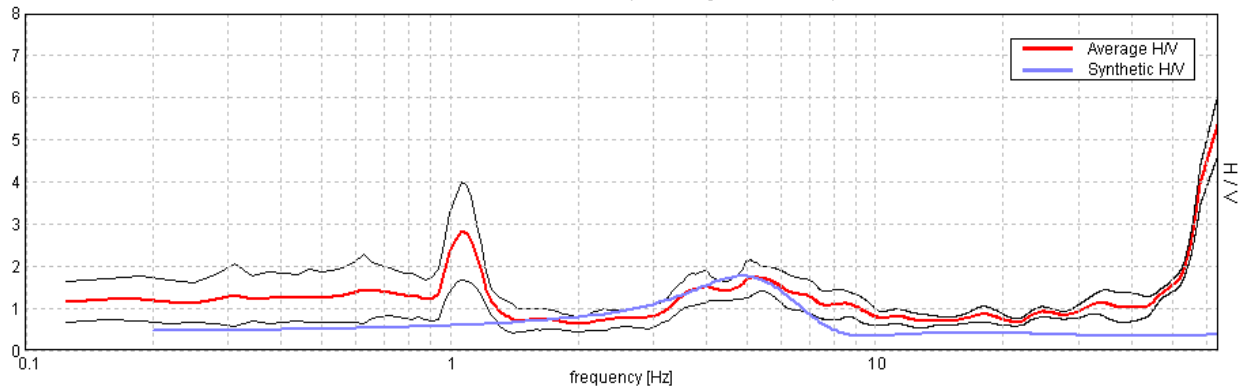


SINGLE COMPONENT SPECTRA



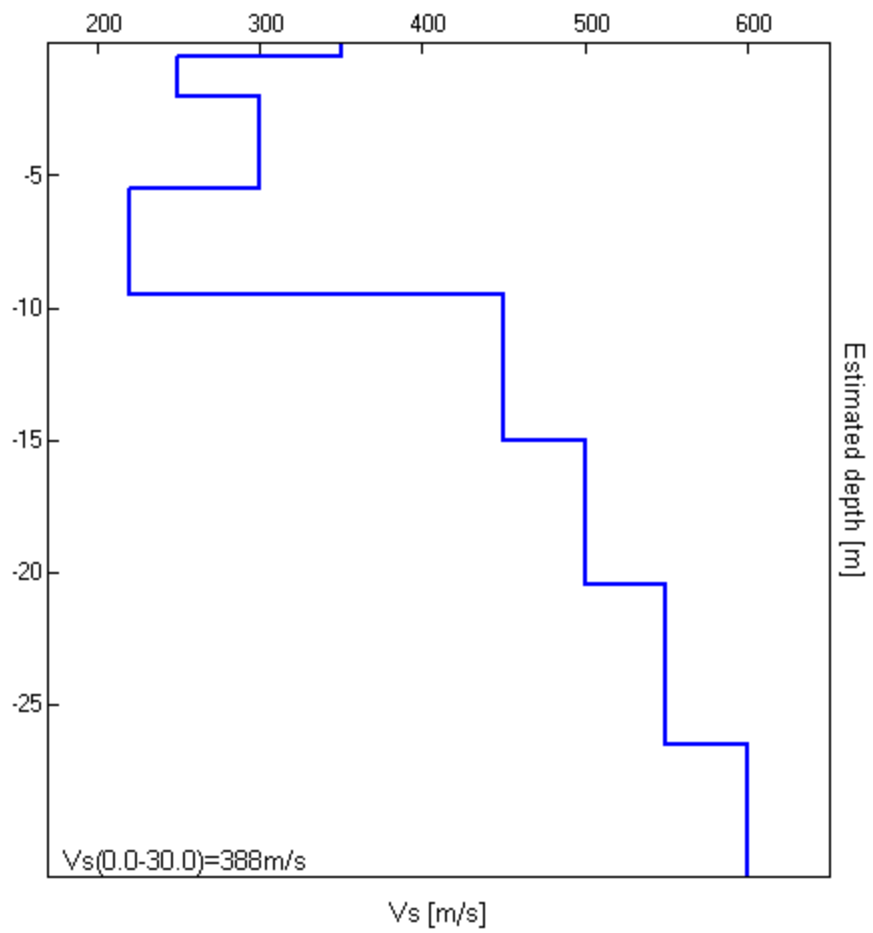
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

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



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	350	0.35
2.00	1.50	250	0.35
5.50	3.50	300	0.35
9.50	4.00	220	0.35
15.00	5.50	450	0.35
20.50	5.50	500	0.35
26.50	6.00	550	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=388m/s



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

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

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	69086.3 > 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 1026 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	55.563 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	5.35 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0 < 3.19844	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3568 < 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
σ_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 σ_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

TRACCIA 9 MARTINENGO_04_07_2011, VIA I DA LUMEZZANE

Instrument: TRZ-0047/01-09

Start recording: 04/07/11 11:58:02 End recording: 04/07/11 12:18:03

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

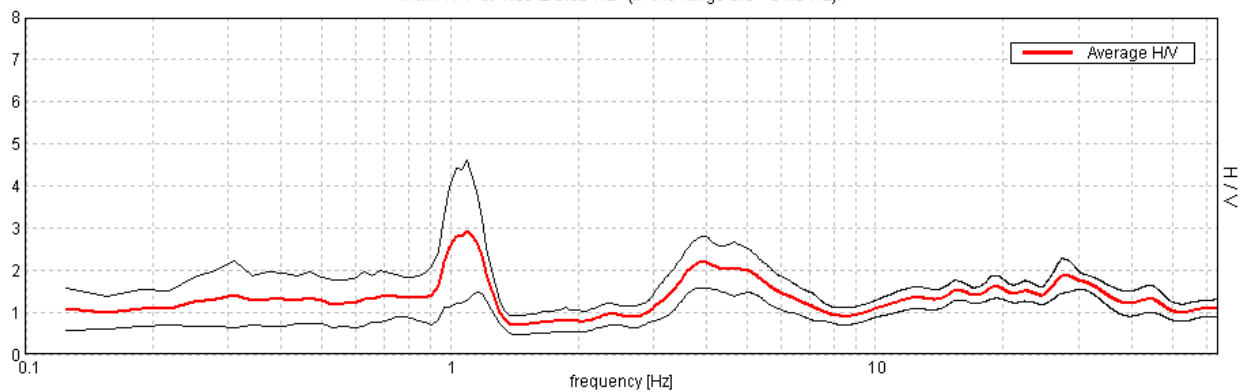
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

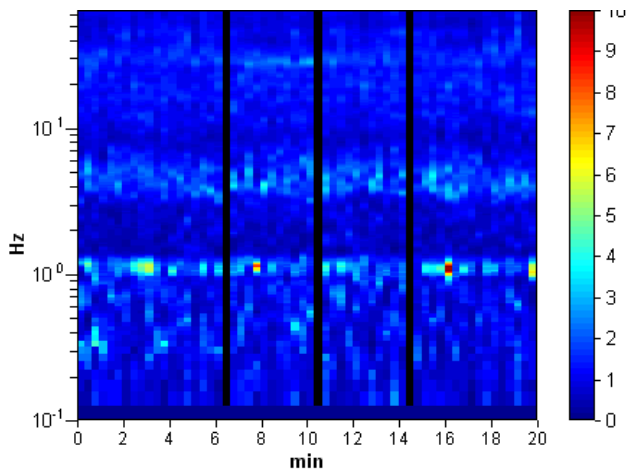
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

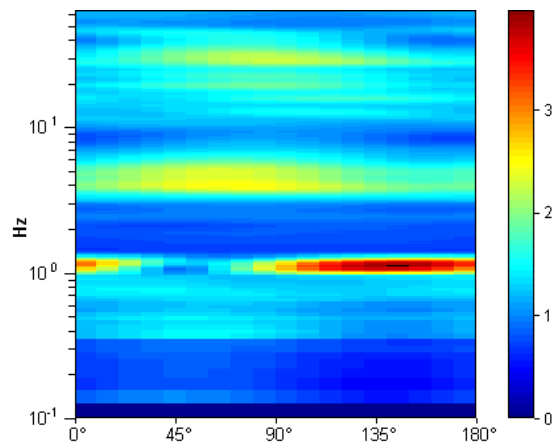
Max. H/V at 1.09 ± 0.05 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



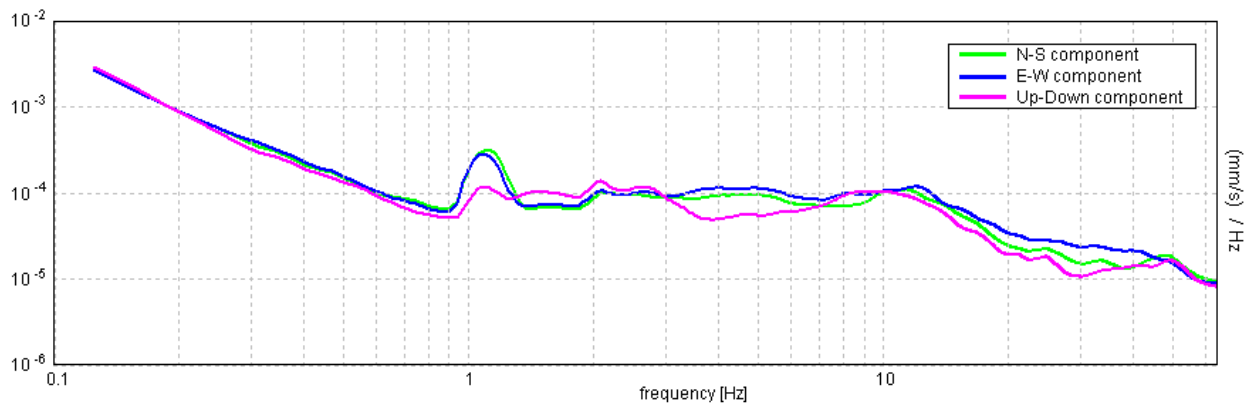
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

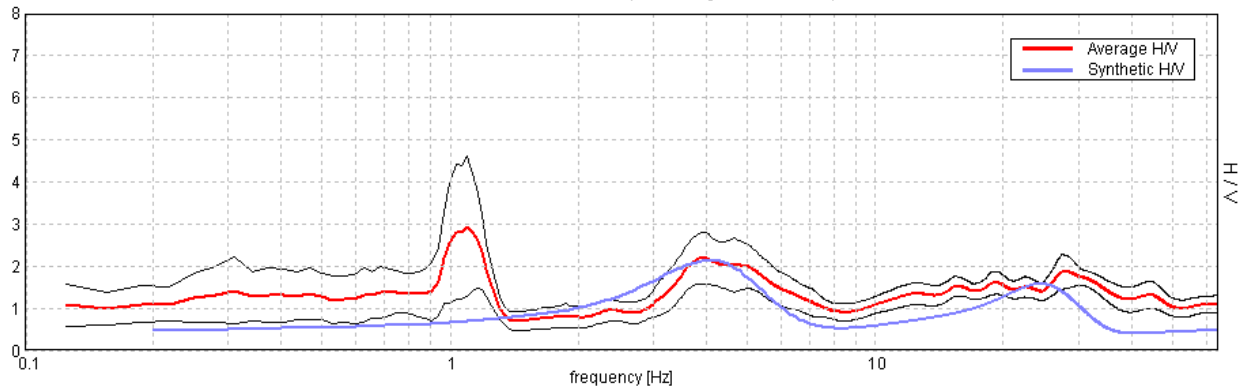


SINGLE COMPONENT SPECTRA



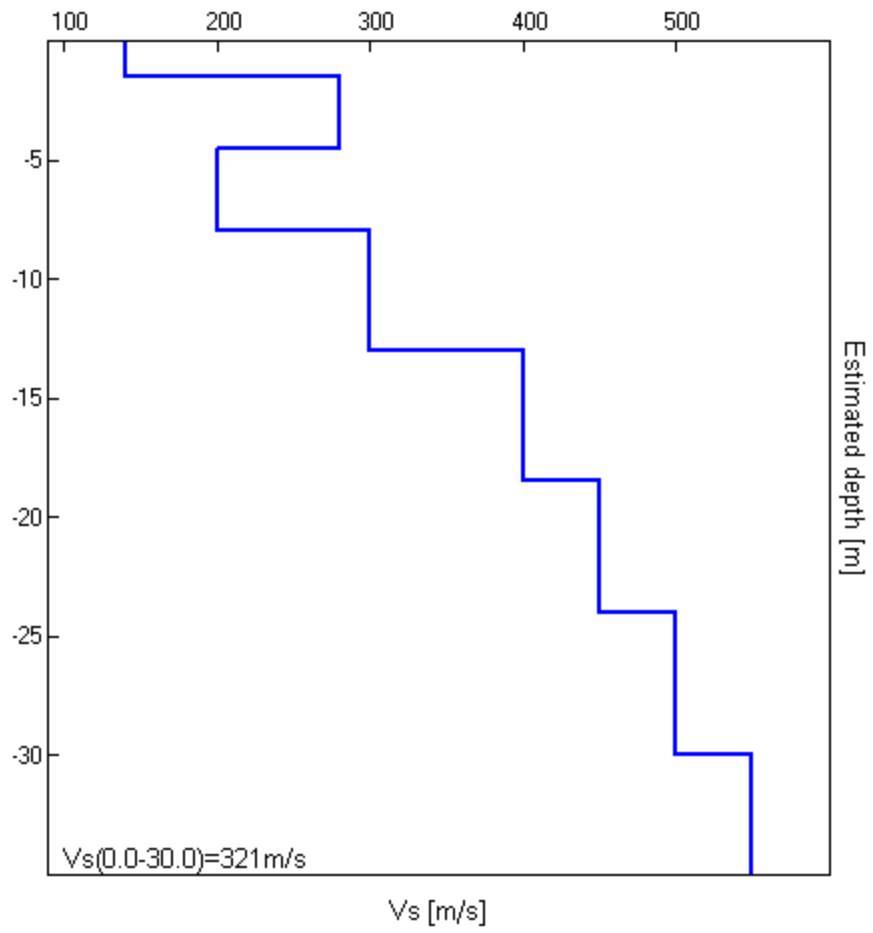
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.09 ± 0.05 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	140	0.35
4.50	3.00	280	0.35
8.00	3.50	200	0.35
13.00	5.00	300	0.35
18.50	5.50	400	0.35
24.00	5.50	450	0.35
30.00	6.00	500	0.35
inf.	inf.	550	0.35

$V_s(0.0-30.0)=321\text{m/s}$



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

Max. H/V at 1.09 ± 0.05 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	
$n_c(f_0) > 200$	1246.9 > 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 $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.906 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.94 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02196 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02402 < 0.10938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8291 < 1.78$	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
σ_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 σ_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

TRACCIA 10 MARTINENGO_04_07_2011, MARTINENGO CONFINE CON GHISALBA

Instrument: TRZ-0047/01-09

Start recording: 04/07/11 12:29:36 End recording: 04/07/11 12:49:37

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

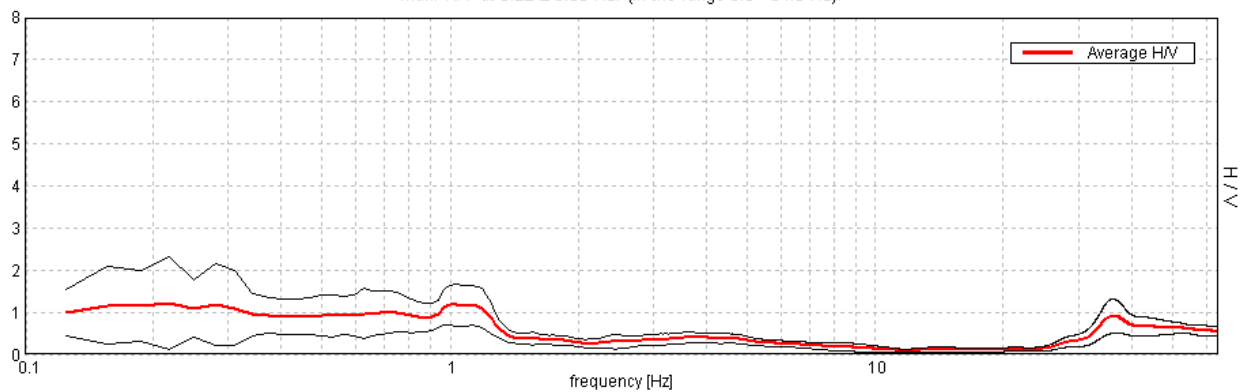
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

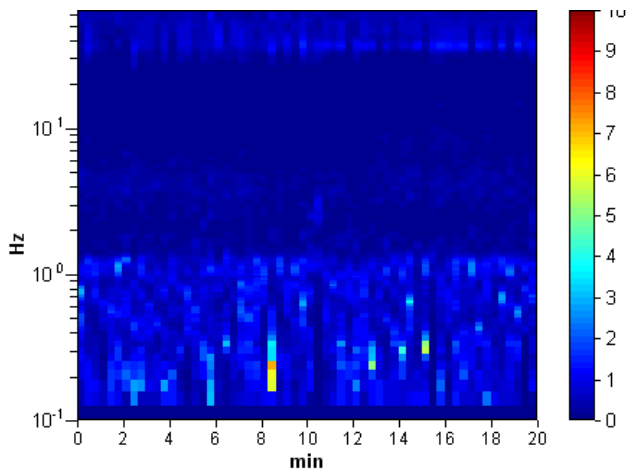
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

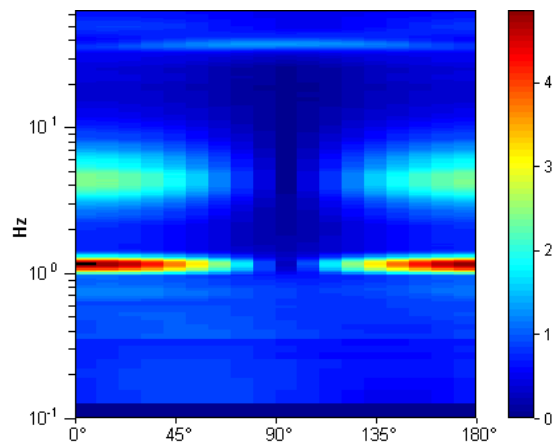
Max. H/V at 0.22 ± 0.06 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



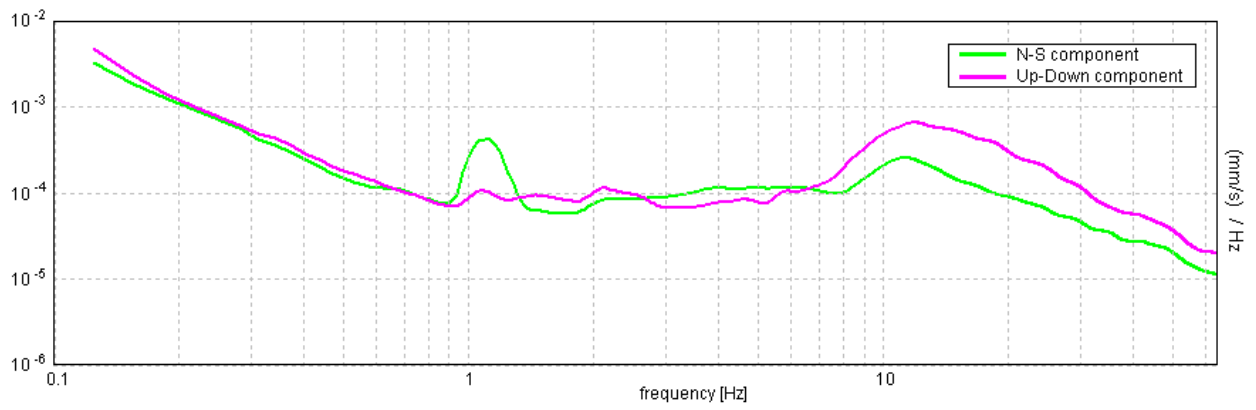
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

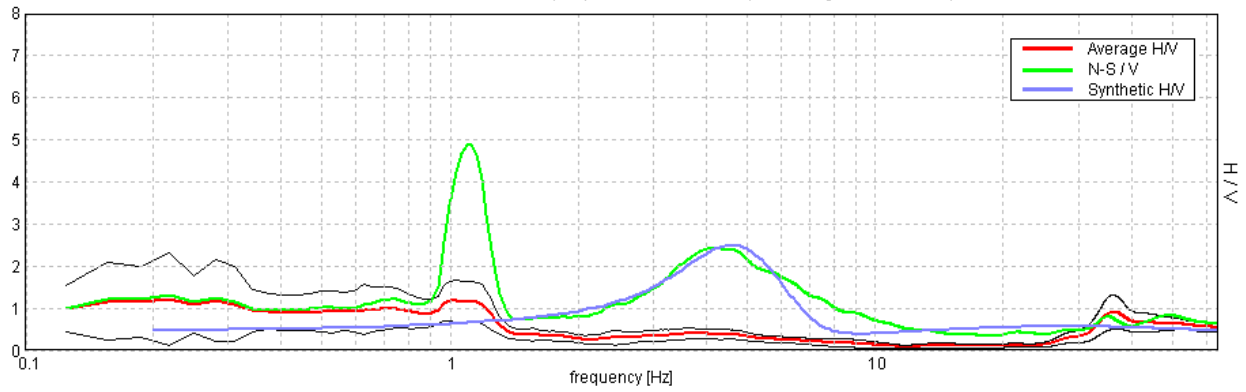


SINGLE COMPONENT SPECTRA



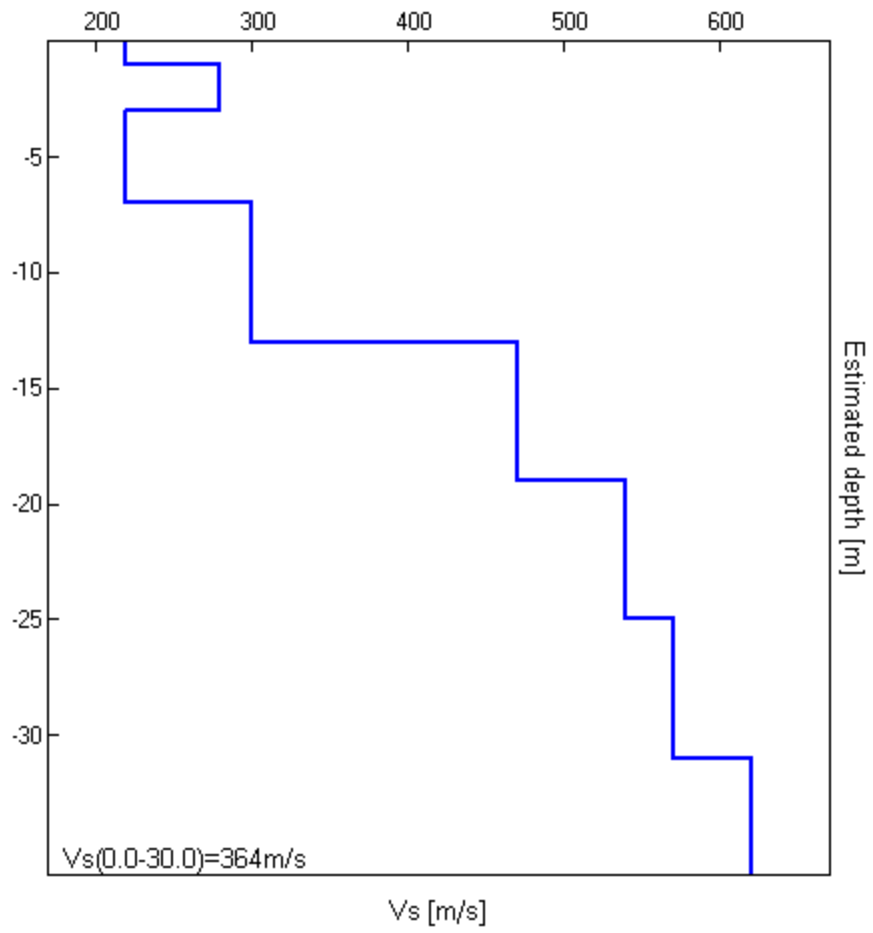
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 0.22 ± 0.06 Hz. Max. (N-S)/V: 1.13 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	220	0.35
3.00	2.00	280	0.35
7.00	4.00	220	0.35
13.00	6.00	300	0.35
19.00	6.00	470	0.35
25.00	6.00	540	0.35
31.00	6.00	570	0.35
inf.	inf.	620	0.35

Vs(0.0-30.0)=364m/s



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

Max. H/V at 0.22 ± 0.06 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.22 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$262.5 > 200$	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 12 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.21 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13388 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02929 < 0.04375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5399 < 2.5$	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
σ_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 σ_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

COMUNE DI MARTINENGO				
Categorie di suolo				
Fa	B	C	D	E
0.1-0.5	1.5	1.9	2.3	2.0
0.5-1.5	1.7	2.4	4.3	3.1

se F_a calcolato $\leq F_a$ soglia del Comune di Martinengo: utilizzo dello spettro di risposta elastico previsto dalle NTC 2008;
 se F_a calcolato $> F_a$ soglia del Comune di Martinengo: approssimare di 3° livello oppure scelta dello spettro di risposta elastico previsto dalla zona sismica superiore con il seguente schema:

- * anziché lo spettro della categoria di suolo "B", si utilizzerà quello della categoria di suolo "C"; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo "D";
- * anziché lo spettro della categoria di suolo "C", si utilizzerà quello della categoria di suolo "D";
- * anziché lo spettro della categoria di suolo "D", si utilizzerà quello della categoria di suolo "E";

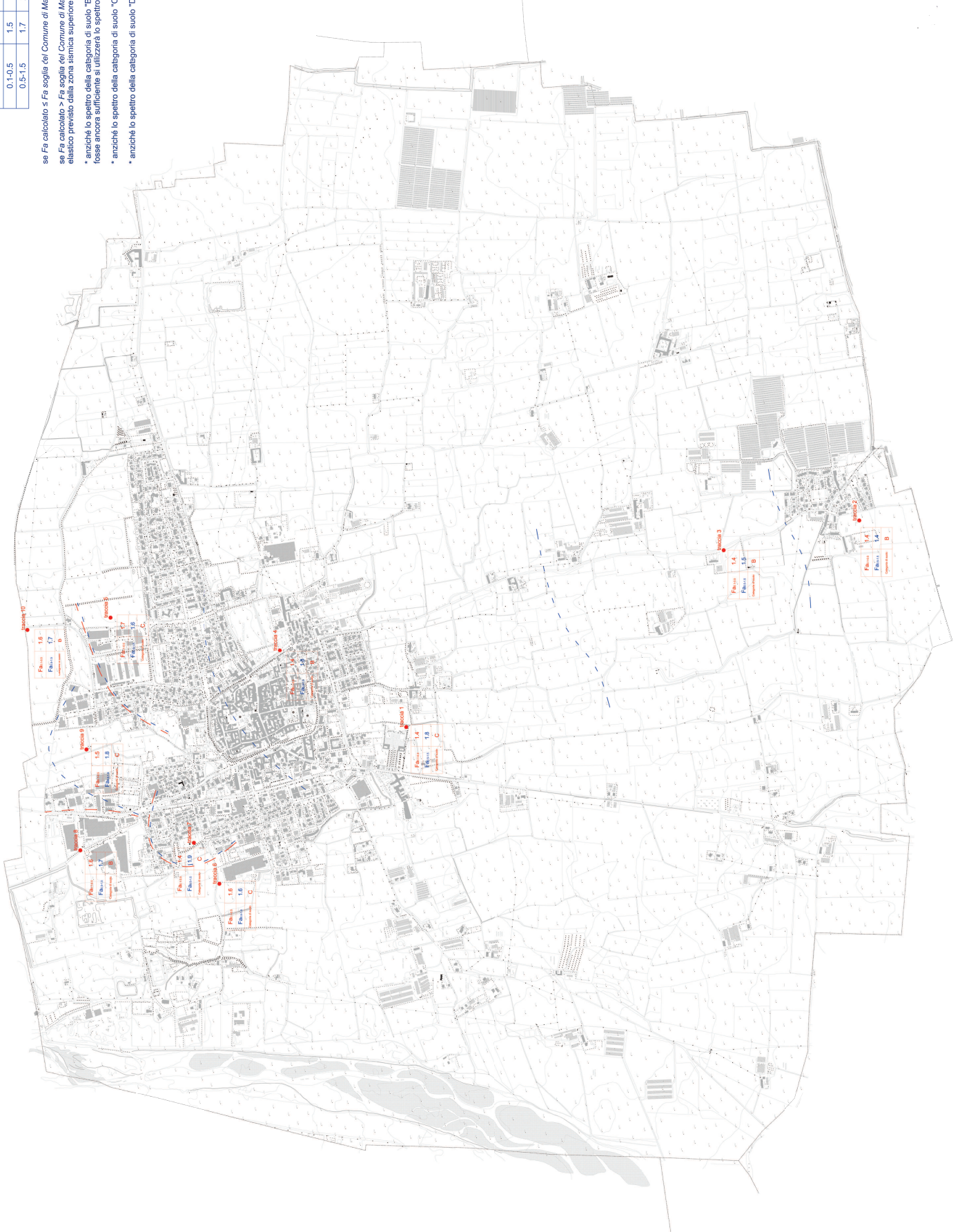


TAVOLA 1
 Ubicazione dei sondaggi sismici