

B P i a n o e r a t i v o

COMUNE DI VOLTERRA

Il Sindaco: Giacomo Santi

L'assessore al Governo del Territorio: Roberto Castiglia

Il Responsabile del Procedimento: arch. Alessandro Bonsignori

Il Garante della Comunicazione: geom. Vinicio Ceccarelli

Progettazione urbanistica:

responsabile incaricato: arch. Antonio Mugnai

arch. Roberta Ciccarelli

Aspetti geologici :

geol. Emilio Pistilli

Aspetti idraulici:

ing. Jacopo Taccini

INDAGINI GEOLOGICHE DI SUPPORTO
ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO

Allegato 6	CAMPAGNA GEOFISICA DEL 2012
----------------------	-----------------------------



ANTONIO MUGNAI ARCHITETTO

GEOPROGETTI
Studio Associato

OGGETTO:		INDAGINI SISMICHE
TIPOLOGIA:		DATA INDAGINI:
INDAGINI HVSR INDAGINI MASW INDAGINE IN SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P		Ottobre Novembre 2012
LOCALITA':		COMUNE DI VOLTERRA (PI)
RICHIEDENTE:		GEOPROGETTI STUDIO ASSOCIATO

codice documento:	j12.120.10.16_vlt.doc
versione /revisione:	01
stato documento:	definitivo
autore:	a.benvenuti
revisione:	v.carnicelli
approvazione:	v.carnicelli
data:	18 Dicembre 2012

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	TIPO D'INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
2.1	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
2.2	INDAGINE HVSR: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE	4
2.3	INDAGINE MASW: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE	6
2.4	INDAGINE IN SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE...	9
3	ANALISI DEI RISULTATI	10

1 PREMESSA

Su richiesta di Geoprogetti Studio Associato sono state eseguite una serie di indagini geofisiche nel territorio comunale di Volterra (PI), finalizzate alla determinazione della frequenza fondamentale di sito, del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Onde S) ed al calcolo del parametro Vs30 nei vari siti indagati.

Le indagini, svolte nei mesi di Gennaio e Febbraio 2012, sono state condotte conformemente alla vigente normativa sismica e in particolare: ai contenuti dell'O.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" e s.m.i.; ai contenuti del Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche, emanato con Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 ottobre 2011, n. 53/R; ai contenuti della Delibera di Giunta Regionale Toscana n. 741 del 06.08.2012 con cui sono state approvate le nuove specifiche tecniche per gli studi di Microzonazione Sismica; alle specifiche del Programma Regionale VEL dettate nelle "Istruzioni Tecniche Regionali relative alla realizzazione delle indagini geologico-tecniche, geofisiche, geotecniche finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana" VEL della Regione Toscana; agli "Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica" approvati dalla Conferenza delle Regioni in data 13 novembre 2008.

2 TIPO D'INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'individuazione delle frequenze fondamentali di sito sono stati eseguiti sondaggi in sismica passiva a stazione singola mentre per la ricostruzione del profilo verticale di velocità delle onde S e per il calcolo del parametro Vs30 sono state eseguite, per ogni sito in cui è stato richiesto, n.1 prospezione sismica superficiale mediante la tecnica MASW ("Multichannel Analysis of Surface Waves").

L'elaborazione delle prove HVSR eseguite nelle immediate vicinanze delle indagini MASW ha consentito, unitamente ai risultati ottenuti dalla relativa indagine MASW, di investigare il sottosuolo fino a profondità superiore rispetto a quella richiesta dalla normativa.

In prossimità del Cimitero è stata inoltre eseguita una indagine in sismica a rifrazione in onde P elaborata con tecnica tomografica ed impostata lungo uno stendimento MASW ivi eseguito.

2.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata per le misure dei microtremiti ambientali, elaborati attraverso la tecnica HVSR, è costituita da un tromografo digitale (Tromino della Micromed spa) dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e UP-DOWN.

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata per le indagini MASW e per l'indagine in sismica a rifrazione sono costituite da:

un sistema di energizzazione ad impatto verticale costituito da una mazza del peso di 10 kg battente verticalmente su piastra quadrata in alluminio di dimensioni di 20 x 20 x 5 cm posta direttamente sul piano di campagna per la generazione di onde Rayleigh;

un sistema di ricezione costituito da 24 geofoni verticali monocomponente con frequenza propria di 4.5 Hz;

un sistema di acquisizione dati: costituito da un sismografo P.A.S.I. modello 16S24U; due cavi sismici telemetrici di 55 m ciascuno; un notebook PC Windows XP con software di acquisizione P.A.S.I. a 24 canali;

un sistema di trigger: consistente in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

2.2 INDAGINE HVSR: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni 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.

I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma un ruolo fondamentale nella produzione dei microtremori è rivestito dalle onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità equivalente delle onde di taglio V_s ;
- la stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri.

Per quanto concerne il fenomeno della "doppia risonanza" (cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico, così come trasmesso in superficie, e quelle dei manufatti ivi edificati) è noto che, dal punto di vista empirico, la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza.

La quantificazione della frequenza caratteristica di sito attraverso misure dirette di microtremore sismico può quindi essere di estremo aiuto nella fase di progettazione.

Le misure dei microtremori ambientali, orientate secondo il Nord e della durata di 20 minuti ciascuna, sono state effettuate con il tromografo digitale Tromino.

I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Nella tabella seguente si riporta, per ogni indagine tromografica, la denominazione, le coordinate del punto di indagine e la data di esecuzione della stessa:

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINI HVSR					
Denominazione	Coordinate Gauss Boaga		Durata acquisizione	Frequenza di campionamento	Data acquisizione
TR1	1650207	4807909	20 min	128 Hz	16.10.2012
TR2	1650165	4807659	20 min	128 Hz	16.10.2012
TR3	1650247	4806899	20 min	128 Hz	16.10.2012
TR4	1650173	4807243	20 min	128 Hz	16.10.2012
TR5	1650836	4806403	20 min	128 Hz	16.10.2012
TR6	1650804	4806399	20 min	128 Hz	16.10.2012
TR7	1650947	4807315	20 min	128 Hz	16.10.2012
TR8	1651080	4807258	20 min	128 Hz	16.10.2012
TR9	1658933	4806862	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR10	1652750	4806663	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR11	1651079	4807088	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR12	1651420	4806988	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR13	1651425	4806958	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR14	1651427	4806939	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR15	1650775	4807736	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR16	1650785	4807725	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR17	1650807	4806699	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR18	1651369	4806822	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR19	1651188	4806787	20 min	128 Hz	30.10.2012
TR20	1652162	4806770	20 min	128 Hz	19.11.2012
TR21	1650741	4807415	20 min	128 Hz	19.11.2012
TR22	1650228	4807405	20 min	128 Hz	19.11.2012
TR23	1650351	4807006	20 min	128 Hz	19.11.2012
TR24	1650840	4806347	20 min	128 Hz	19.11.2012
TR25	1649936	4808759	20 min	128 Hz	19.11.2012

I risultati ottenuti dall'esecuzione delle singole indagini tomografiche, elaborate attraverso il software Grilla della Micromed Spa, sono state verificate secondo le linee guida Sesame; in particolare, nella tabella sottostante si riporta la legenda relativa ai parametri verificati e ai criteri utilizzati.

Legenda Criteri Sesame, 2005

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

2.3 INDAGINE MASW: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè 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) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente allineata all'array geofonico) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi

fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

La metodologia utilizzata consiste in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs e il parametro Vs30.

Le elaborazioni sono state effettuate tramite il software winMASW Academy 5.0 (della eliosoft)

Nelle tabelle seguenti si riportano, per ogni indagine MASW eseguita, la denominazione, i vari parametri di acquisizione e le caratteristiche geometriche dello stendimento:

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW_1	
Coordinate GB centro stendimento	1650160; 4807255
Orientazione	NW-SE (N 132)
Lunghezza stendimento	46 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	2 m
Numero punti di energizzazione per estremo	G1: 3; G24: 2
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	G1: 2 m, 5 m, 10 m; G24: 2 m, 5 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 µs

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW_2	
Coordinate GB centro stendimento	1651428; 4806939
Orientazione	E-W (N 91)
Lunghezza stendimento	46 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	2 m
Numero punti di energizzazione per estremo	3
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	2 m, 5 m, 7 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 µs

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW_3	
Coordinate GB centro stendimento	1650788; 4807729
Orientazione	SW-NE (N 38)
Lunghezza stendimento	46 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	2 m
Numero punti di energizzazione per estremo	3
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	2 m, 5 m, 7 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 μ s

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW_4	
Coordinate GB centro stendimento	1651249; 4806813
Orientazione	SW-NE (N 77)
Lunghezza stendimento	46 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	2 m
Numero punti di energizzazione per estremo	3
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	2 m, 5 m, 7 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 μ s

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW_5	
Coordinate GB centro stendimento	1650354; 4807008
Orientazione	NE-SW (N 133)
Lunghezza stendimento	46 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	2 m
Numero punti di energizzazione per estremo	3
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	G1: 2 m, 3 m, 5 m; G24: 2 m, 5 m, 9 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 μ s

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW_6	
Coordinate GB centro stendimento	1650845; 4806339
Orientazione	NW-SE (N 32)
Lunghezza stendimento	46 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	2 m
Numero punti di energizzazione per estremo	3
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	G1: 2 m, 4 m, 6 m; G24: 2 m, 3 m, 5 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 μ s

Per valutare la validità delle ipotesi di monodimensionalità (strati piani e paralleli), per ogni indagine, sono state eseguite acquisizioni coniugate con sorgenti a distanze crescenti dal primo (G1) dall'ultimo (G24) geofono di ogni stendimento.

2.4 INDAGINE IN SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

Lungo lo stendimento MASW_3 è stato impostato uno stendimento in sismica a rifrazione in onde P.

La caratterizzazione geofisica del sottosuolo è stata effettuata mediante n. 1 prospezione sismica in onde P, secondo il metodo a rifrazione attraverso il quale è possibile determinare il profilo di rigidità del sito, tramite la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di volume, e quindi le geometrie sepolte dei sismostrati individuati.

La prospezione a rifrazione ha permesso la ricostruzione di una stratigrafia sismica 2D sotto la sezione indagata.

Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della bi-rifrazione delle onde elastiche. Data una sorgente di onde elastiche e uno stendimento di geofoni lungo un profilo, giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde bi-rifratte (head wave): le onde analizzate sono quelle birifratte, cioè quelle che giungono sulla superficie di separazione con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza.

I contrasti di proprietà fisiche rilevabili con la sismica a rifrazione possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione delle onde P e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori solidali col terreno (geofoni).

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche è articolata nelle seguenti fasi fondamentali:

- Individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazioni di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- Ricostruzione delle dromocrone e relativa interpretazione;
- Linearizzazione delle dromocrone, inversione dei dati e output tomografico.

Per le analisi interpretative è stato utilizzato il software Rayfract della Intelligent Resources Inc.

Il metodo tomografico, (rispetto ad altri metodi interpretativi quali quello delle intercette, o convenzionale, quello Reciproco generalizzato, o G.R.M., quello Reciproco di Hawkins, o Delay time) è particolarmente indicato per morfologie molto complesse con variazioni latero-verticali delle velocità sismiche.

Di seguito si riportano in modo sintetico i parametri configurazionali (spaziali e temporali) delle acquisizioni effettuate:

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE IN SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P	
Coordinate GB centro stendimento	1650788; 4807729
Orientazione	SW-NE (N 38)
Lunghezza stendimento	46 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	2 m
Numero punti di energizzazione lungo lo stendimento	5
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	s1: -1 m G1; s2: G6-G7; s3: G12-G13; s4: G18-G19; s5: +1 m G24
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 μ s

3 ANALISI DEI RISULTATI

Nella tabella sottostante sono riportati, per ogni singola indagine tomografica, i valori della frequenza di picco e i valori di picco negli intervalli di frequenza inferiore a 2 Hz, compreso tra 2 Hz e 10 Hz e maggiore di 10 Hz.

Misura	Intervallo F < 2 Hz		Intervallo 2 Hz < F < 10 Hz		Intervallo F > 10 Hz	
	frequenza di picco	valore di picco	frequenza di picco	valore di picco	frequenza di picco	valore di picco
TR1	0.28 0.90	2.25 2.20			18.28	2.55
TR2	0.28	3.00				
TR3	0.30	2.45	2.20	3.38	25.50	2.32
TR4	0.31	2.58				
TR5	0.31 1.63	2.31 3.25				
TR6	0.31 1.72	2.24 3.51			28.30	2.28
TR7	0.27	2.46				
TR8	0.28	2.11	6.00	1.72	36.56	2.88
TR9	0.60	2.36	10.00	2.49		
TR10	0.48 1.58	2.20 2.49	6.16	2.85		
TR11	0.75	2.40				
TR12					32.09	2.95
TR13	0.75	2.02			14.87	1.89
TR14	1.50	2.15			16.00 37.00	1.60 1.67
TR15	0.80	1.81			25.63	2.64
TR16			5.84	2.89		
TR17	max diffuso tra 0.3 e 1.64	circa 2				
TR18	1.12 1.56	2.53 2.54				
TR19	1.53	1.35				
TR20	max diffuso tra 0.3 e 1.38	> 2				
TR21	0.31	3.23				
TR22	0.31 1.40	2.80 2.53				
TR23	0.34 1.96	2.41 2.03			35.00	1.75

TR24	0.31 1.78	2.20 2.95				
TR25	0.28 0.76	2.68 2.15				

Nel complesso le prospezioni geofisiche eseguite, per mezzo dell'analisi delle prove MASW e delle relative prove H/V, hanno permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" nel sottosuolo per ogni singolo sito indagato sia il relativo parametro Vs30: il modello di sottosuolo in termini di Vs è stato ottenuto dal fit congiunto delle curve H/V e delle curve di dispersione ricavate dall'indagine MASW.

Nelle pagine seguenti, per ogni singola indagine eseguita, è riportato il profilo verticale delle Onde S, in corrispondenza della relativa indagine MASW, ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna.

La velocità equivalente di propagazione delle Onde di taglio entro i 30 metri di profondità (Vs30) è stata calcolata con la seguente espressione:

$$Vs30 = 30/(\sum hi/Vi)$$

Nella tabella sottostante, per ogni sito indagato, è riportato il valore del parametro **Vs30** ottenuto profilo MASW relativo, **riferito al piano di campagna**.

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRO Vs30 DAL p.d.c.	
Denominazione Indagine	Parametro Vs30
MASW_1	326 m/s
MASW_2	294 m/s
MASW_3	313 m/s
MASW_4	293 m/s
MASW_5	304 m/s
MASW_6	251 m/s
TR5	270 m/s

Pisa, 18 Dicembre 2012

P3 s.n.c.
Via delle Sette Volte, 21 - 56126 PISA
P. IVA 01923910507
Alto Benvenuti

Nelle pagine seguenti, come indicato in tabella, per ogni sito indagato sono riportate la cartografia con l'ubicazione delle indagini eseguite (in scala 1:2.000), le elaborazioni specifiche e la documentazione fotografica.

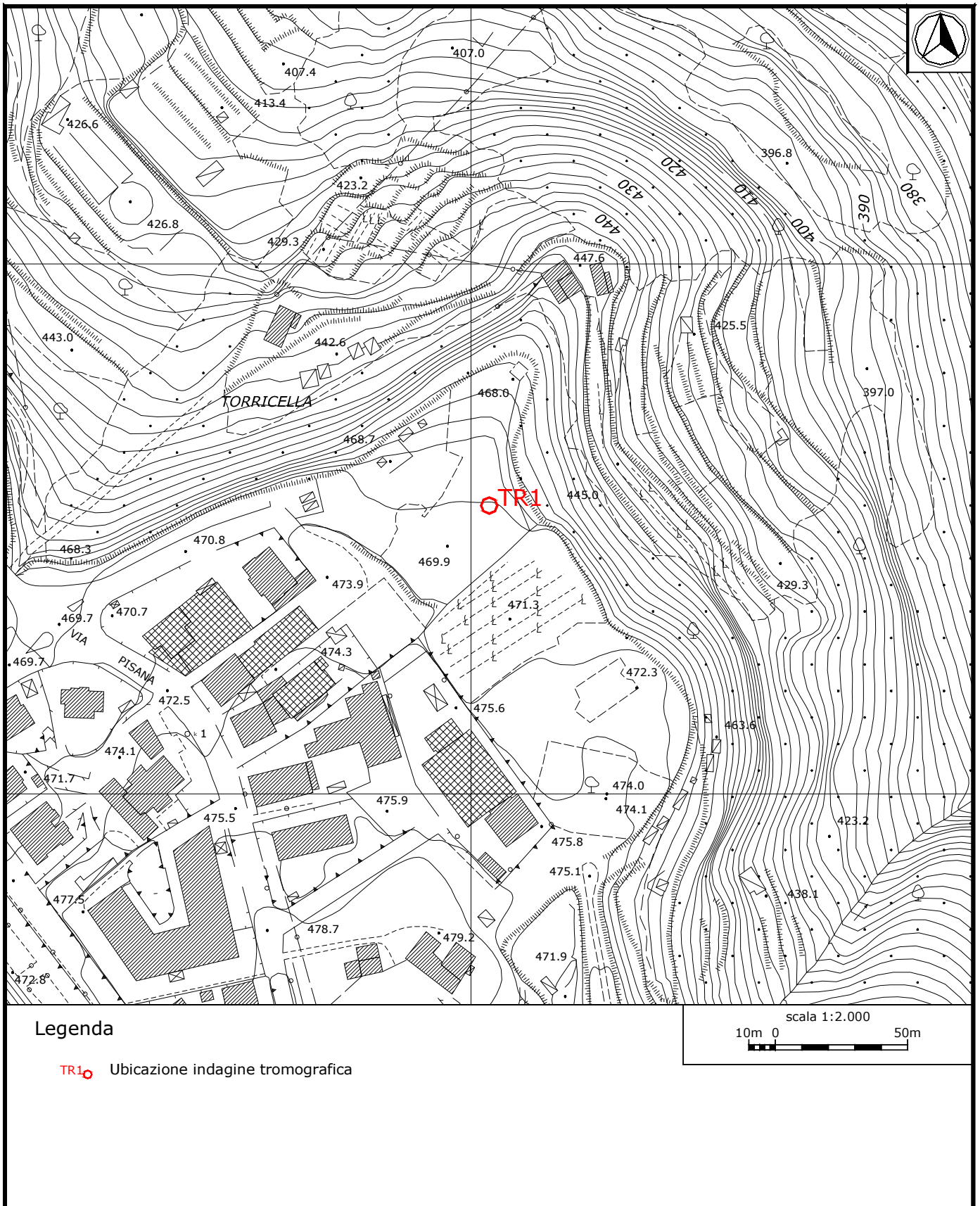
Denominazione Indagine		Denominazione Indagine	
TR1	pg. 13	TR17	pg. 84
TR2	pg. 17	TR18	pg. 88
TR3	pg. 21	TR19	pg. 88
TR4	pg. 25	TR20	pg. 97
TR5	pg. 32	TR21	pg. 101
TR6	pg. 32	TR22	pg. 105
TR7	pg. 39	TR23	pg. 109
TR8	pg. 43	TR24	pg. 116
TR9	pg. 47	TR25	pg. 123
TR10	pg. 51	MASW_1	pg. 25
TR11	pg. 55	MASW_2	pg. 59
TR12	pg. 59	MASW_3	pg. 71
TR13	pg. 59	MASW_4	pg. 88
TR14	pg. 59	MASW_5	pg. 109
TR15	pg. 71	MASW_6	pg. 116
TR16	pg. 71	Sismica a rifr. onde P	pg. 71

Per ogni indagine HVSR si riportano il grafico della curva sperimentale H/V, la serie temporale H/V, lo spettro indicante la direzionalità del rumore, gli spettri delle tre componenti del moto in velocità, la tabella con i risultati delle verifiche eseguite secondo le linee guida Sesame.

Per ogni indagine MASW è riportato il sismogramma, lo spettro di velocità, il modello di dispersione teorico e il profilo verticale delle Onde S ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna.

Relativamente all'indagine TR5 è inoltre riportato il confronto fra curva sperimentale H/V e curva teorica relativa al modello di sottosuolo proposto e il relativo profilo delle Vs calcolato sulla verticale.

Per quanto riguarda l'indagine in sismica a rifrazione in onde P sono riportati, oltre all'elaborazione della sezione tomografica, i sismogrammi relativi a ogni singolo scoppio effettuato e il grafico delle dromocrone.



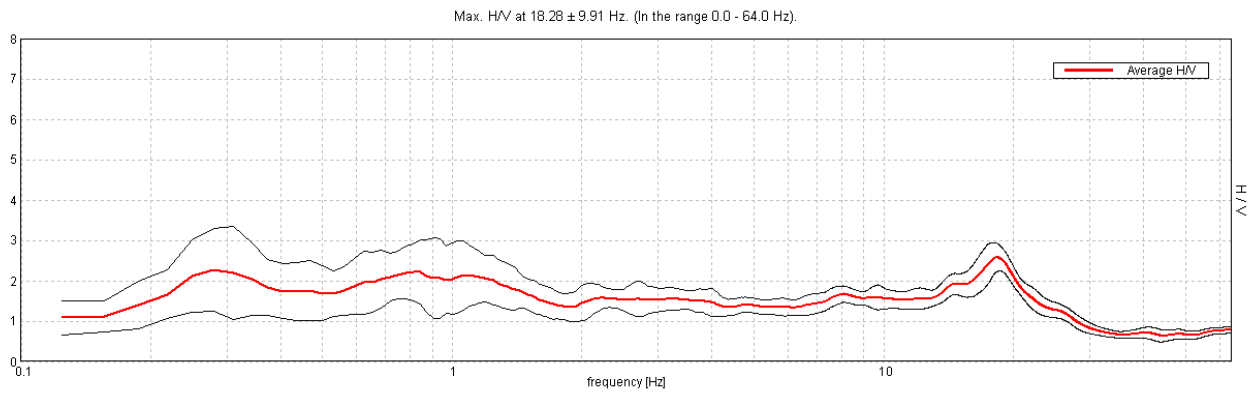
Dettaglio indagine in sismica passiva TR1.

J12_120_10_16_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR1

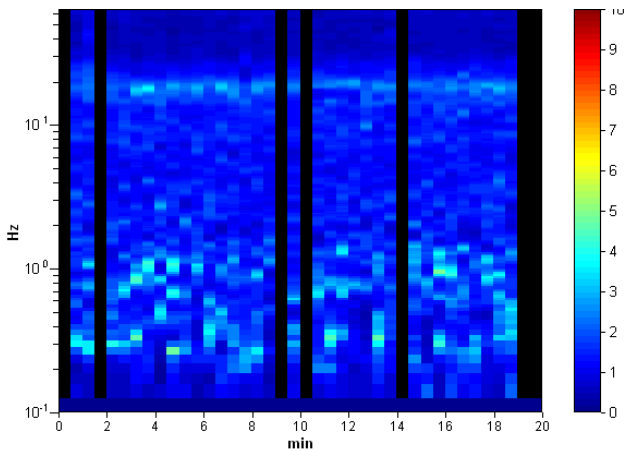
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 16/10/12 10:18:21 Fine registrazione: 16/10/12 10:38:22
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 82% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

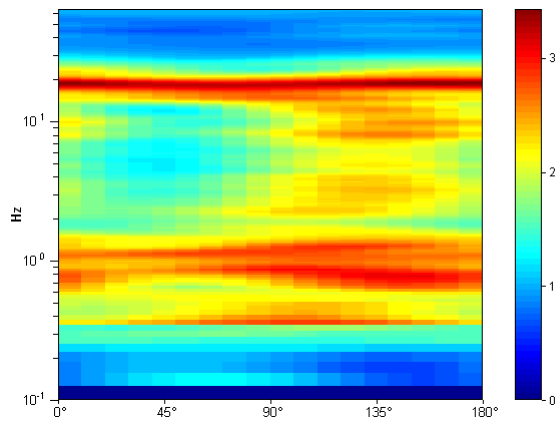
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



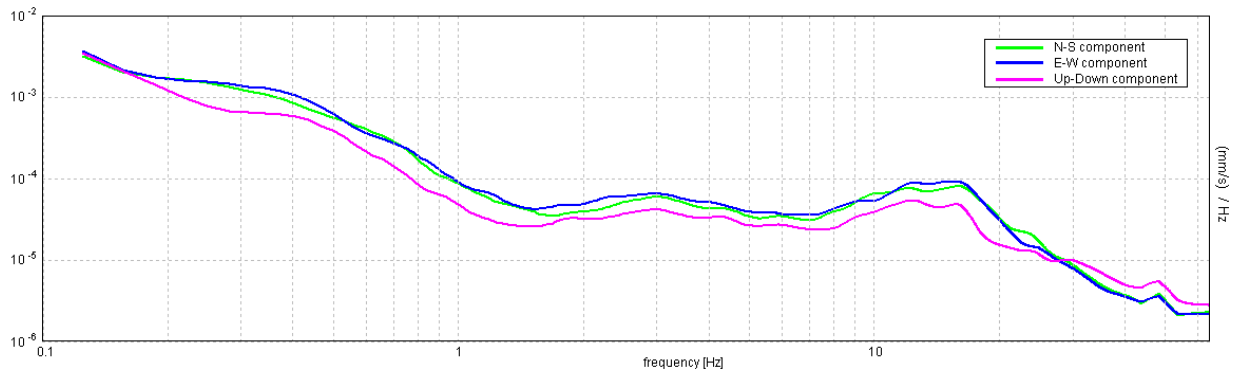
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR1 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 18.28 ± 9.91 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$18.28 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$18098.4 > 200$	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 878	OK	

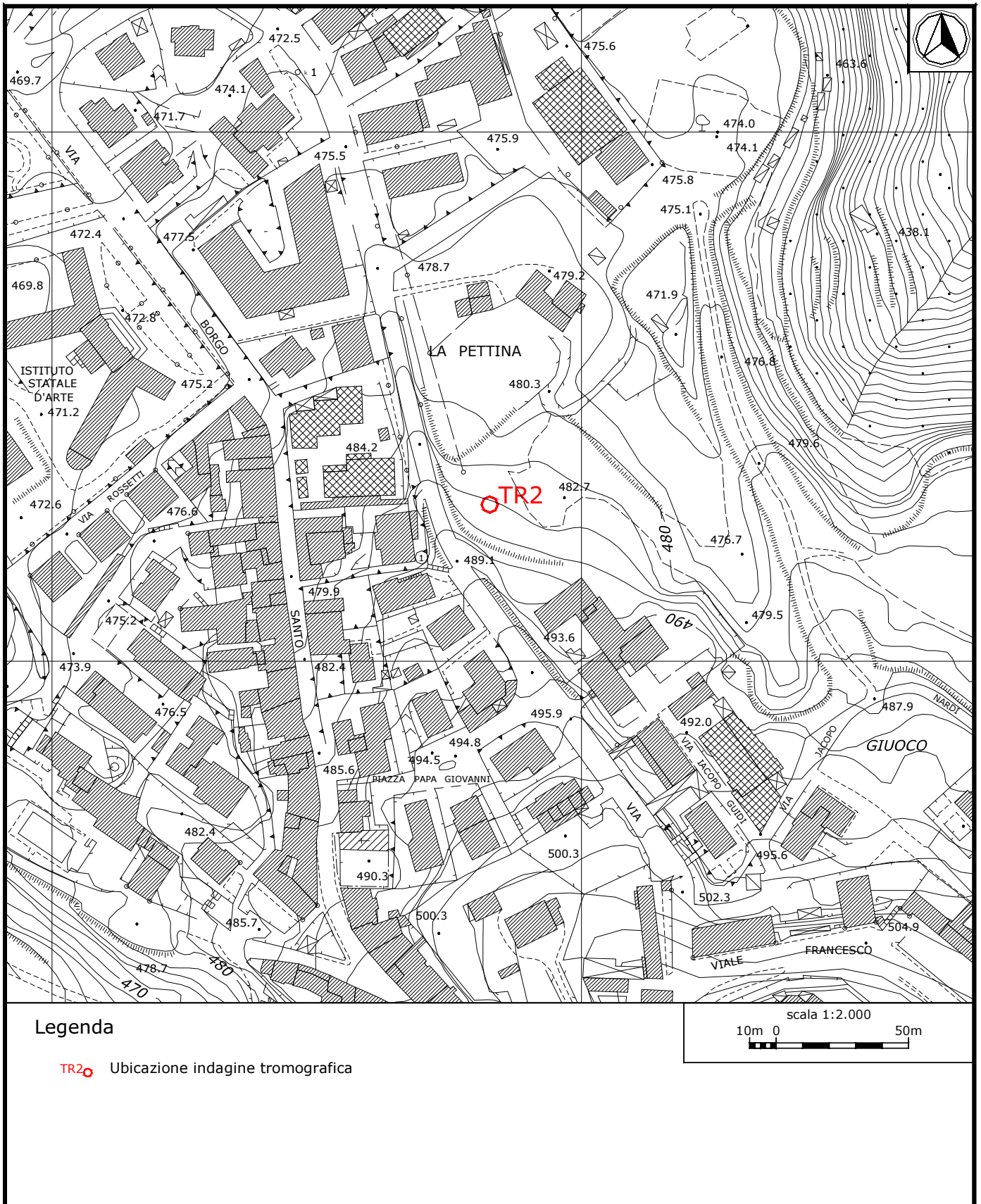
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	24.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.57 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.54209 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$9.91003 < 0.91406$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3534 < 1.58$	OK	



Indagine TR1 - Documentazione fotografica.



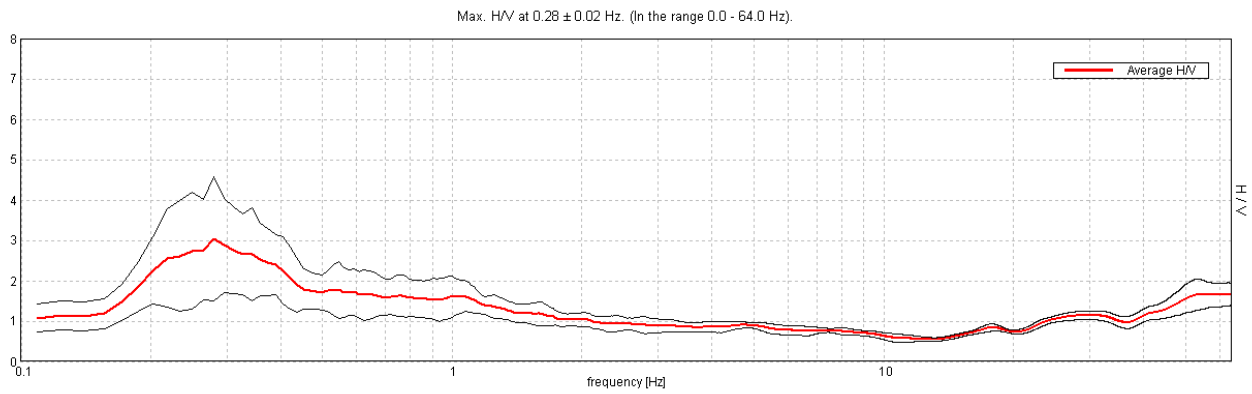
Dettaglio indagine in sismica passiva TR2.

J12_120_10_16_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR2

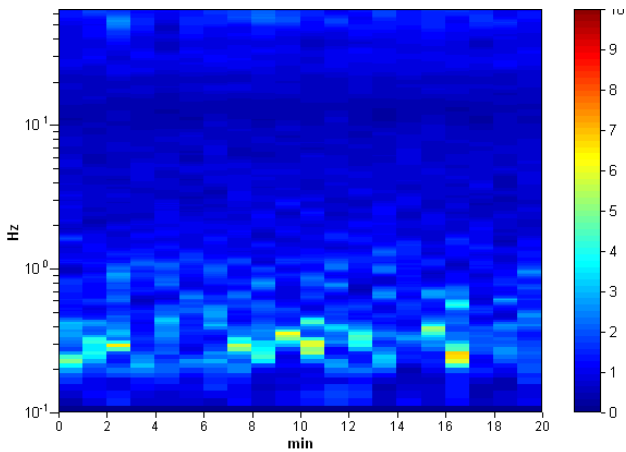
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 16/10/12 11:03:05 Fine registrazione: 16/10/12 11:23:06
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 60 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

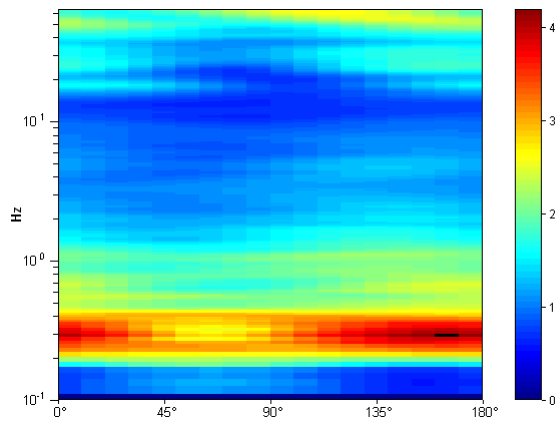
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



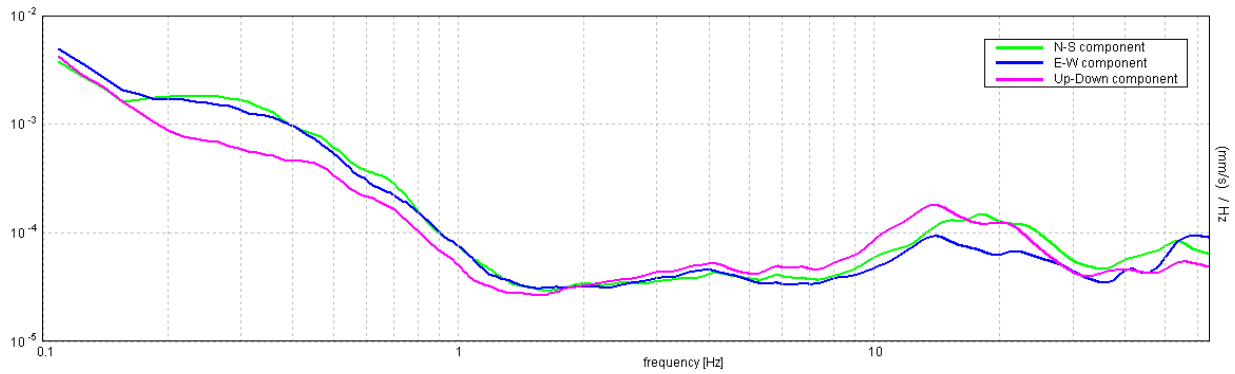
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR2 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.28 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.28 > 0.17$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$337.5 > 200$	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 28	OK	

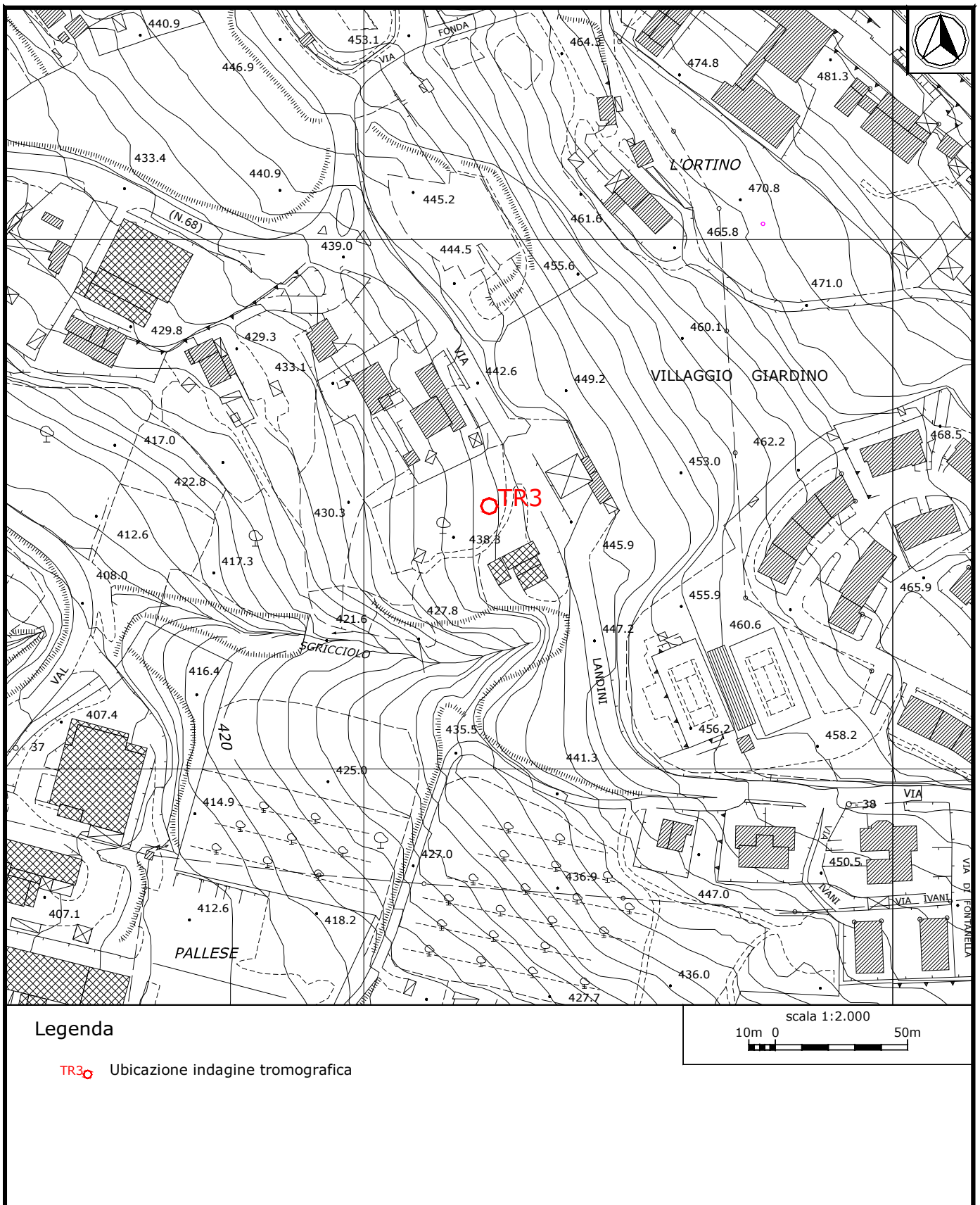
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.172 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.04 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07954 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02237 < 0.05625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.5467 < 2.5$	OK	



Indagine TR2 - Documentazione fotografica.



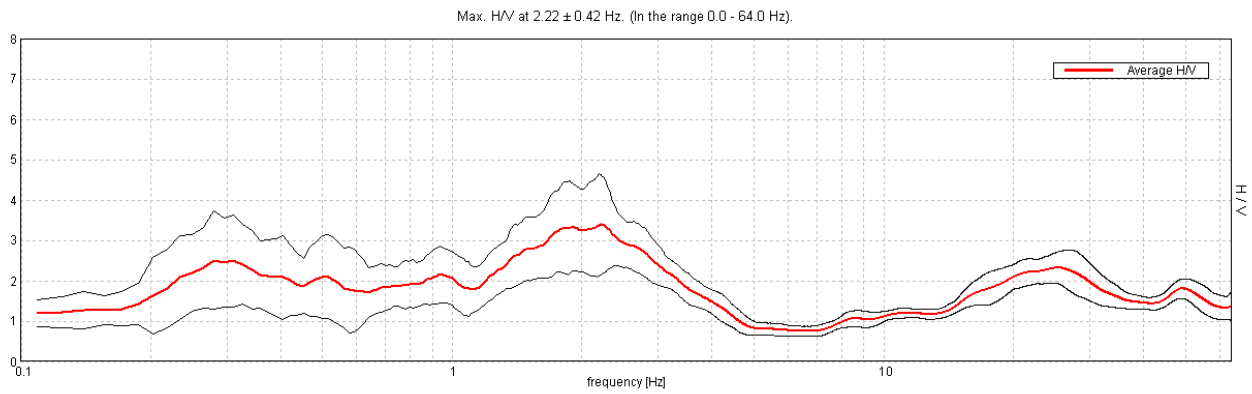
Dettaglio indagine in sismica passiva TR3.

J12_120_10_16_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR3

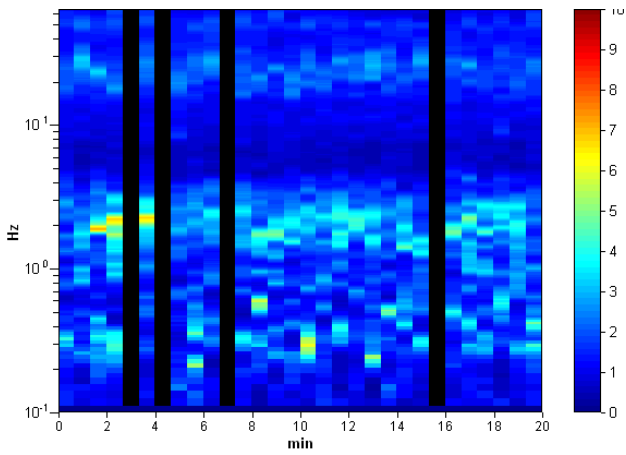
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 16/10/12 11:56:16 Fine registrazione: 16/10/12 12:16:16
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 40 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

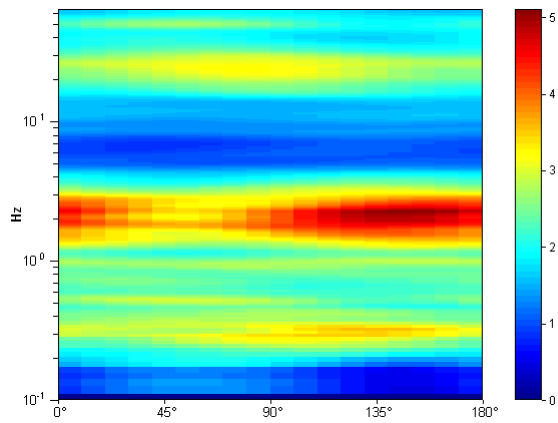
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



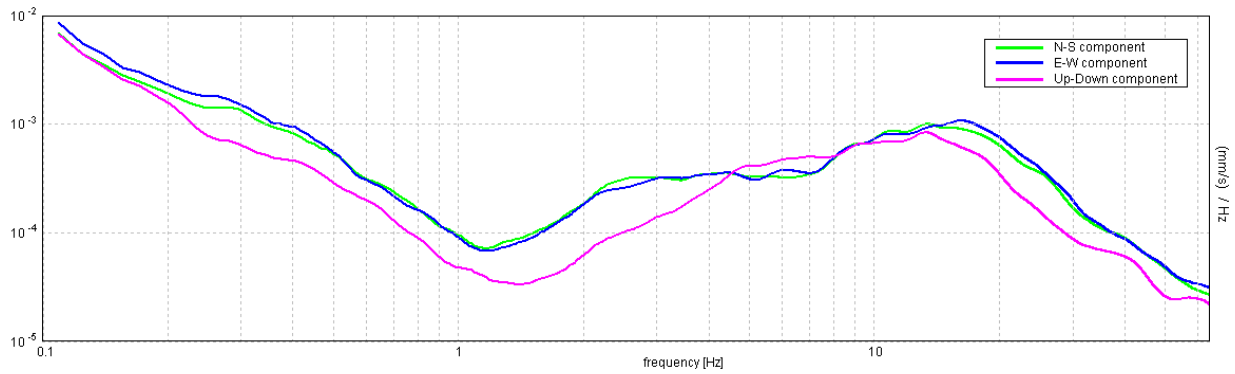
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR3 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 2.22 ± 0.42 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.22 > 0.25$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2307.5 > 200$	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 214	OK	

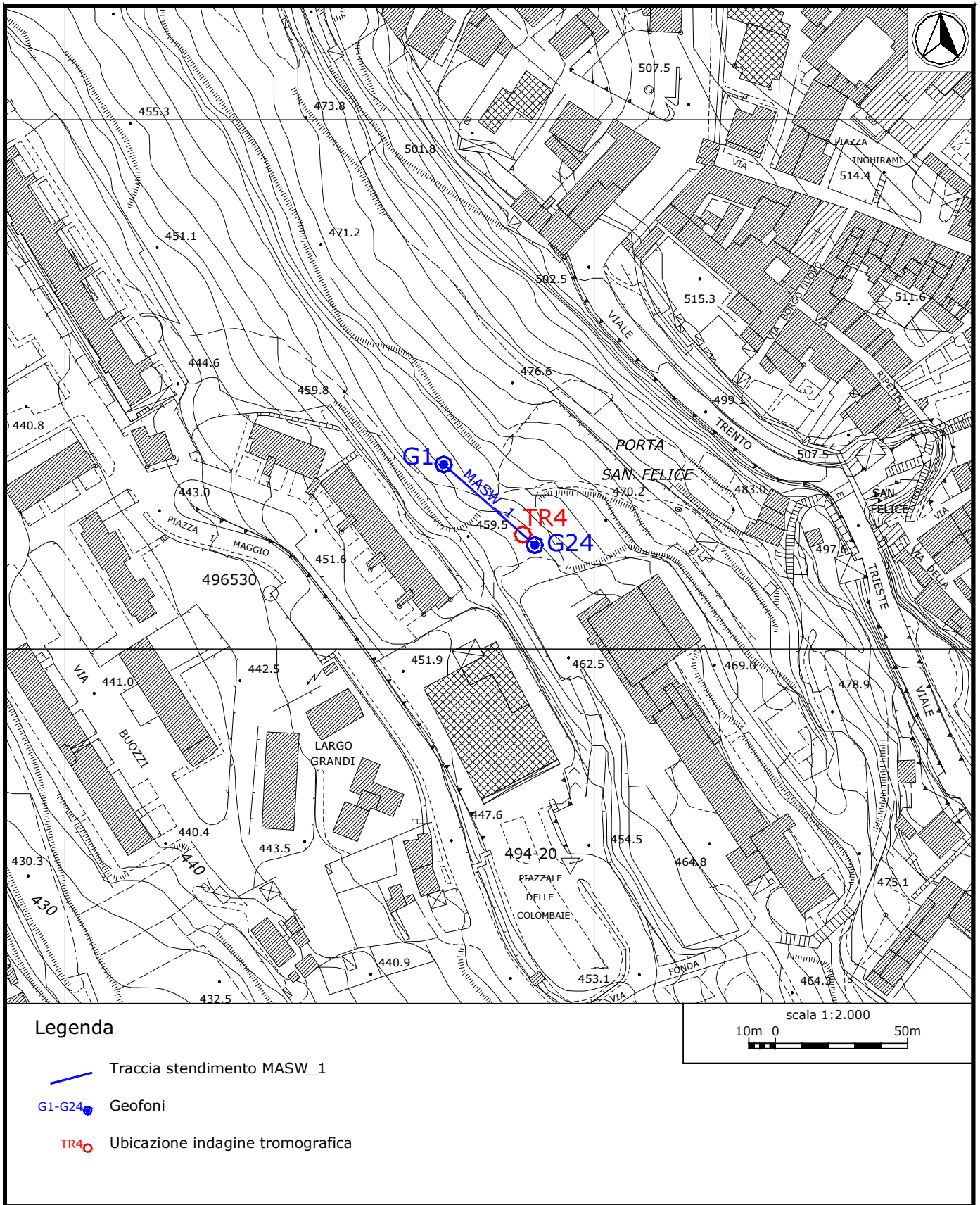
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

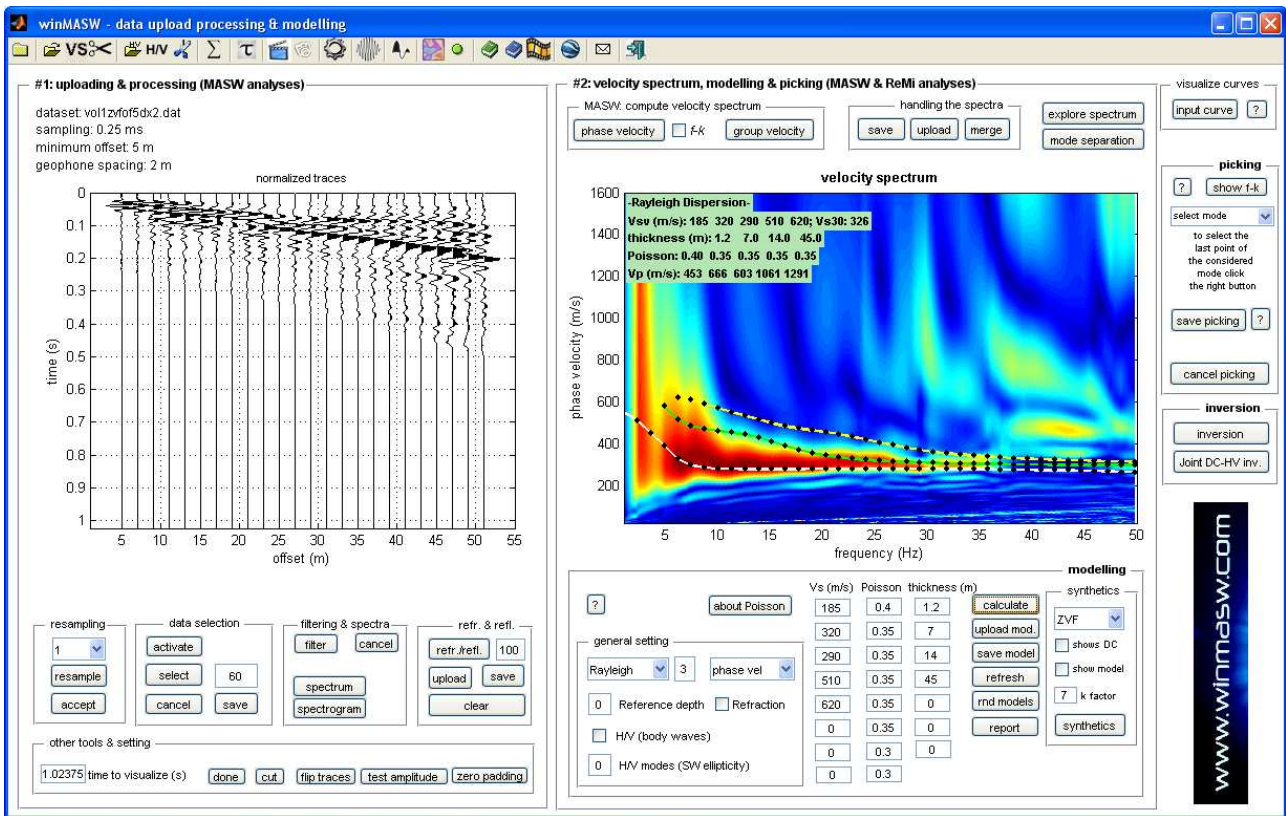
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.672 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.39 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19112 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.42405 < 0.11094$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.2397 < 1.58$	OK	



Indagine TR3 - Documentazione fotografica.



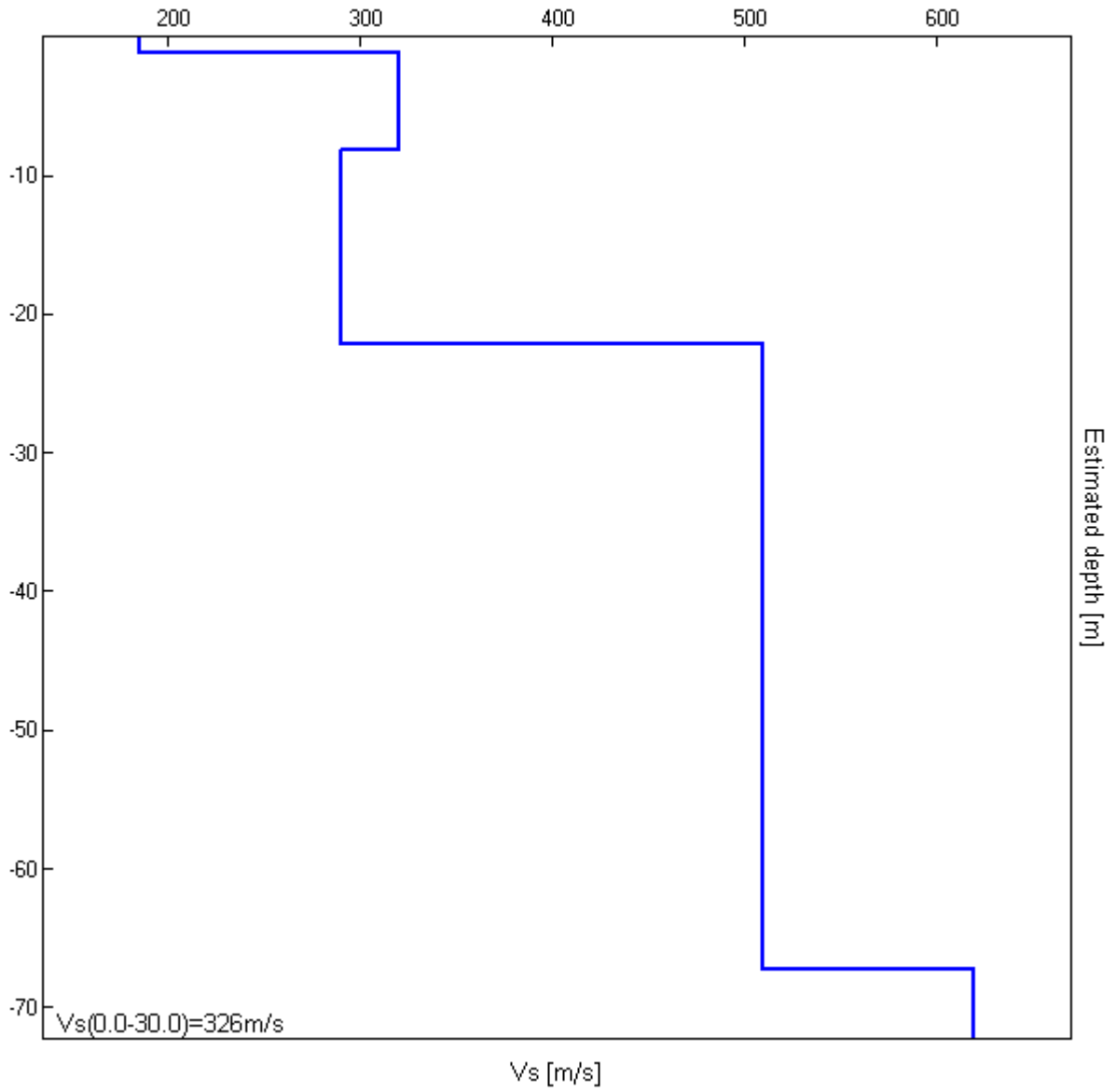
Dettaglio indagine MASW_1 e indagine in sismica passiva TR4.



Indagine MASW_1. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione calcolato

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.20	1.20	185
8.20	7.00	320
22.20	14.00	290
67.20	45.00	510
inf.	inf.	620

$Vs(0.0-30.0)=326\text{m/s}$



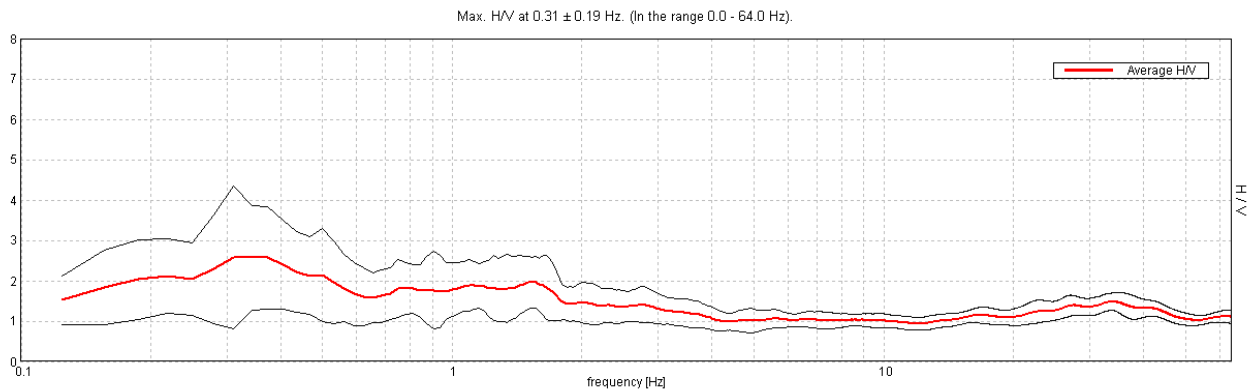
Indagine MASW_1. Profilo verticale delle V_s .

J12_120_10_16_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR4

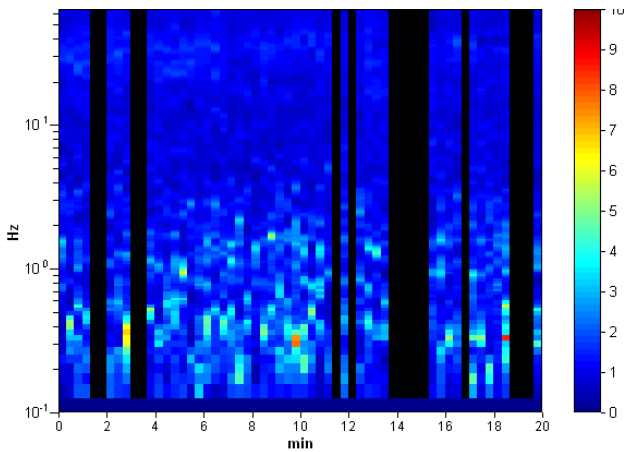
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 16/10/12 12:50:34 Fine registrazione: 16/10/12 13:10:35
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

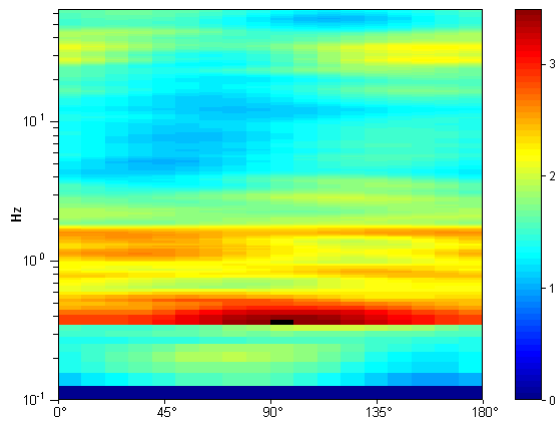
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



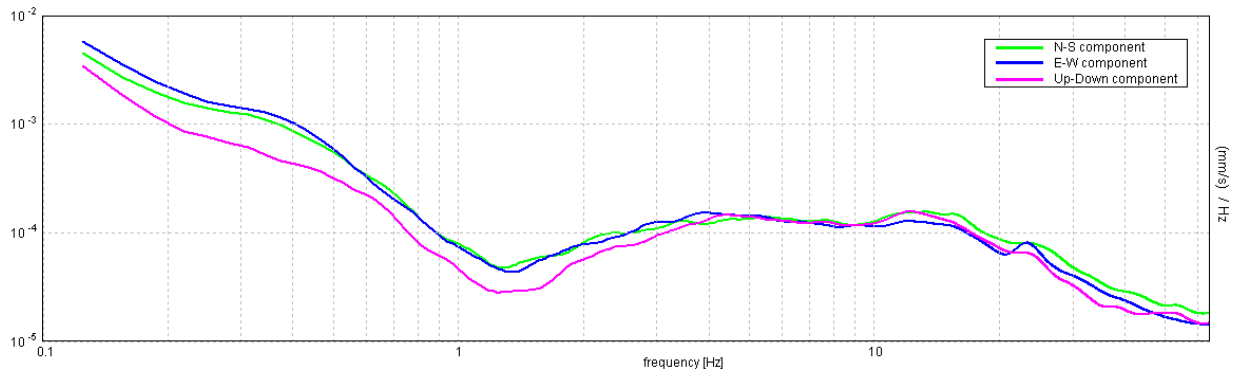
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR4 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.31 ± 0.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$281.3 > 200$	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 16	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

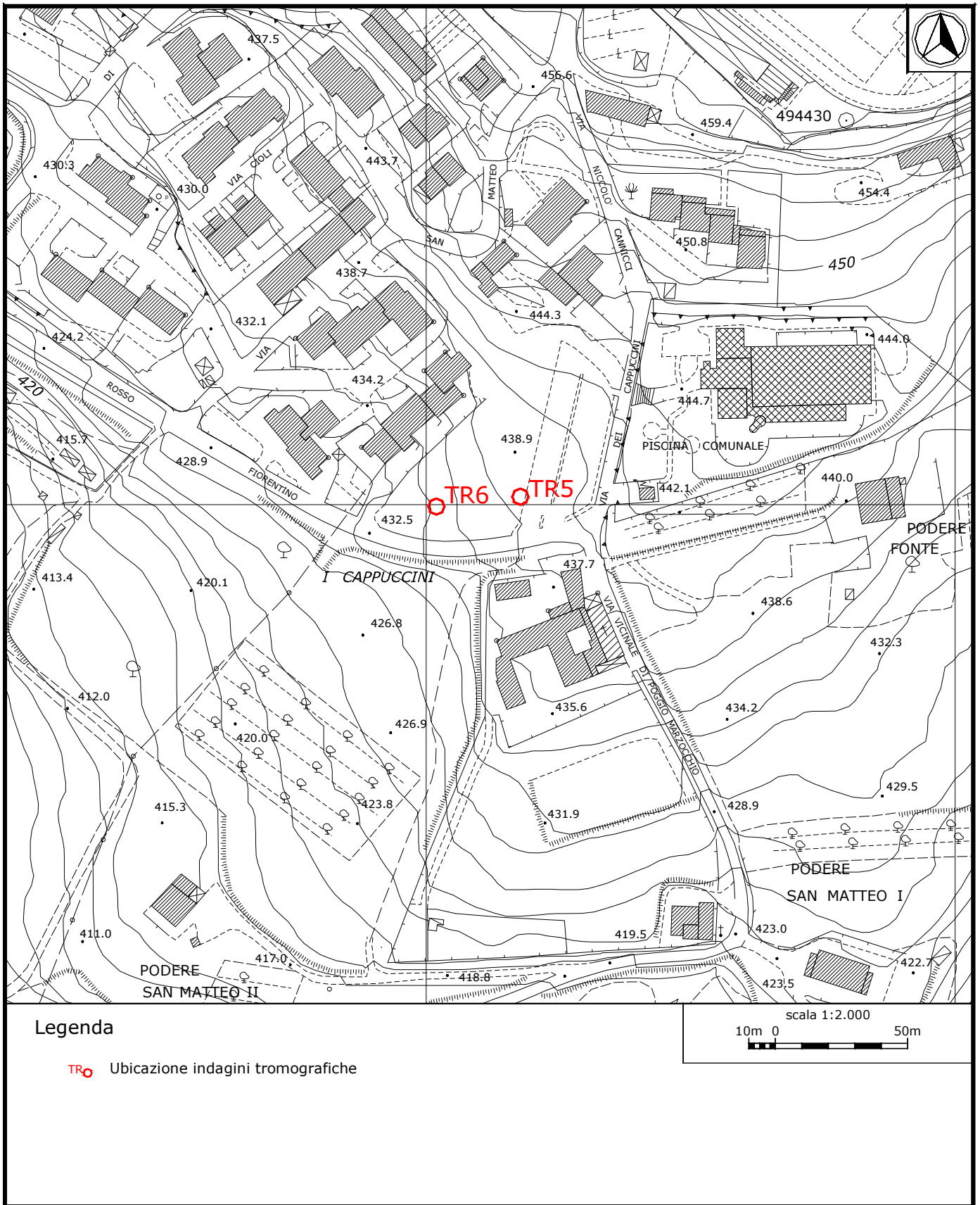
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.58 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.61716 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.19286 < 0.0625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.7641 < 2.5$	OK	



Indagine MASW_1 - Documentazione fotografica.



Indagine TR4 - Documentazione fotografica.



Dettaglio indagini in sismica passiva TR5 e TR6.

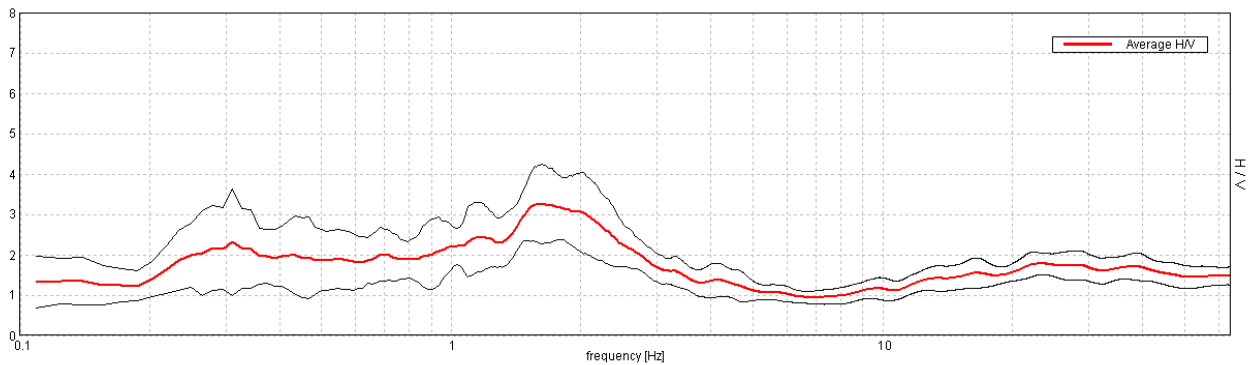
J12_120_10_16_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR5

Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 16/10/12 13:47:13 Fine registrazione: 16/10/12 14:07:13
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

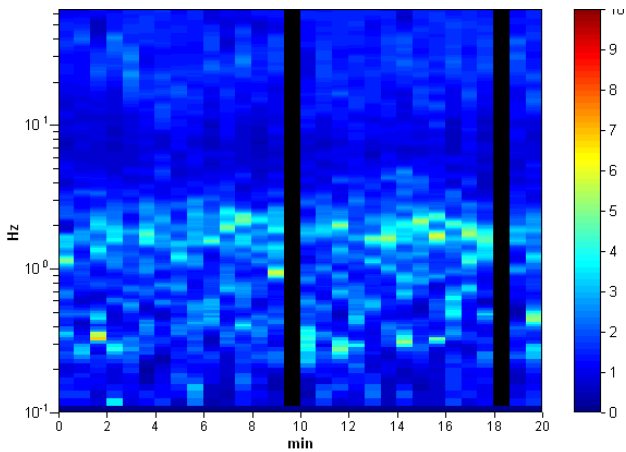
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 93% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 40 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

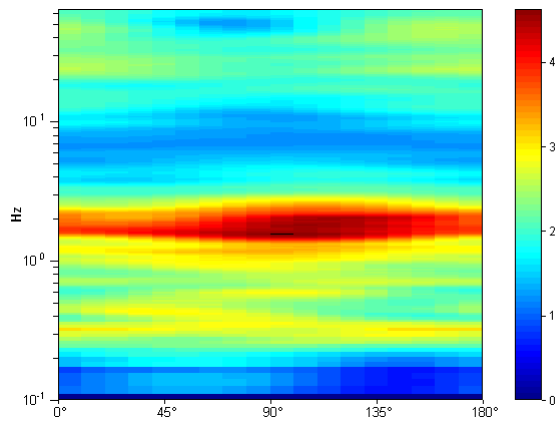
Picco H/V a 1.63 ± 0.46 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



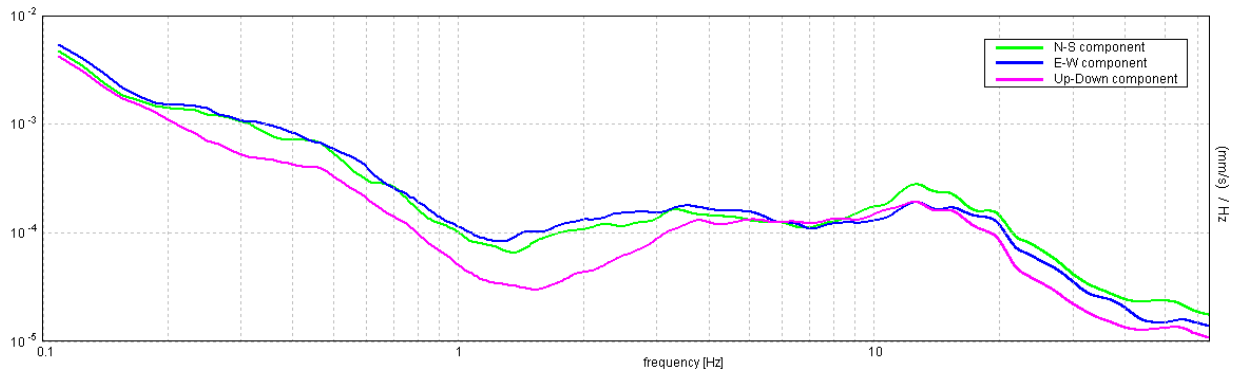
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR5 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 1.63 ± 0.46 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

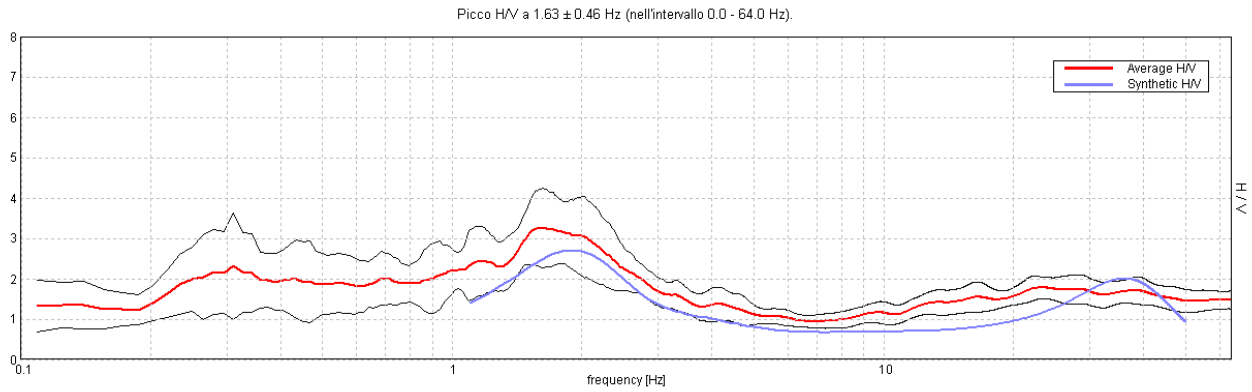
$f_0 > 10 / L_w$	$1.63 > 0.25$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1820.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 157	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

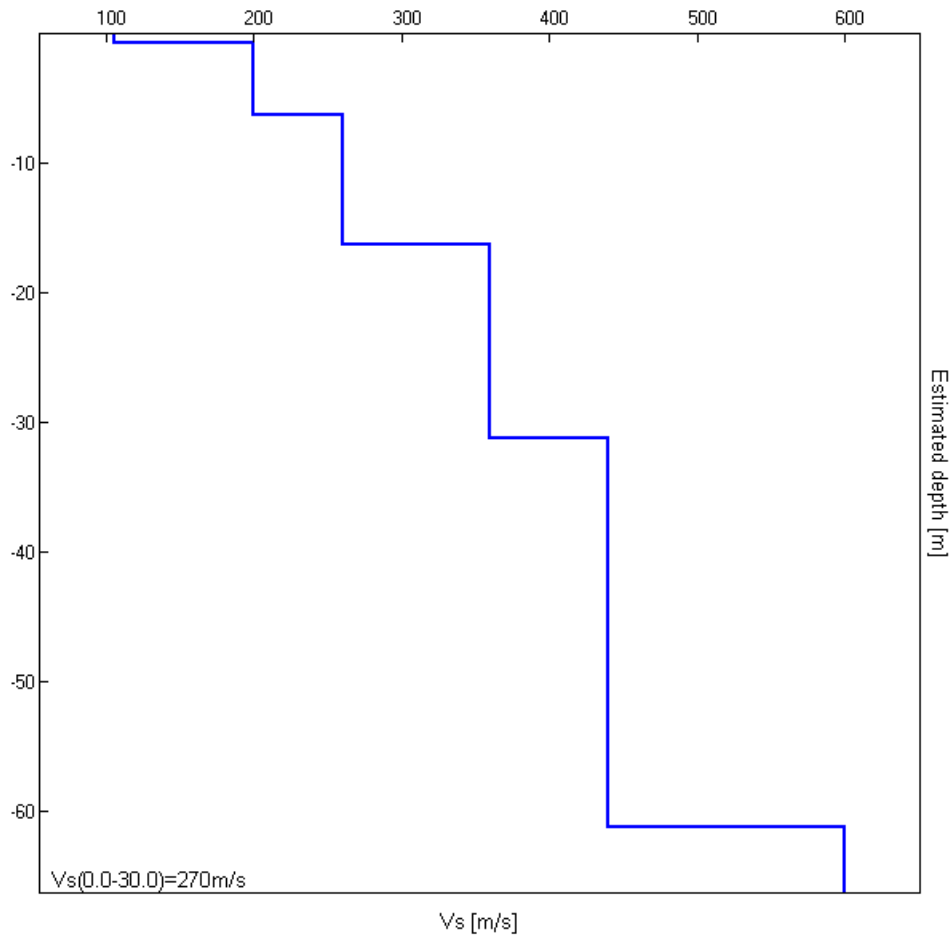
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.078 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.26 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.28471 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.46265 < 0.1625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9838 < 1.78$	OK	

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.70	0.70	105
6.20	5.50	200
16.20	10.00	260
31.20	15.00	360
61.20	30.00	440
inf.	inf.	600

Vs(0.0-30.0)=270m/s



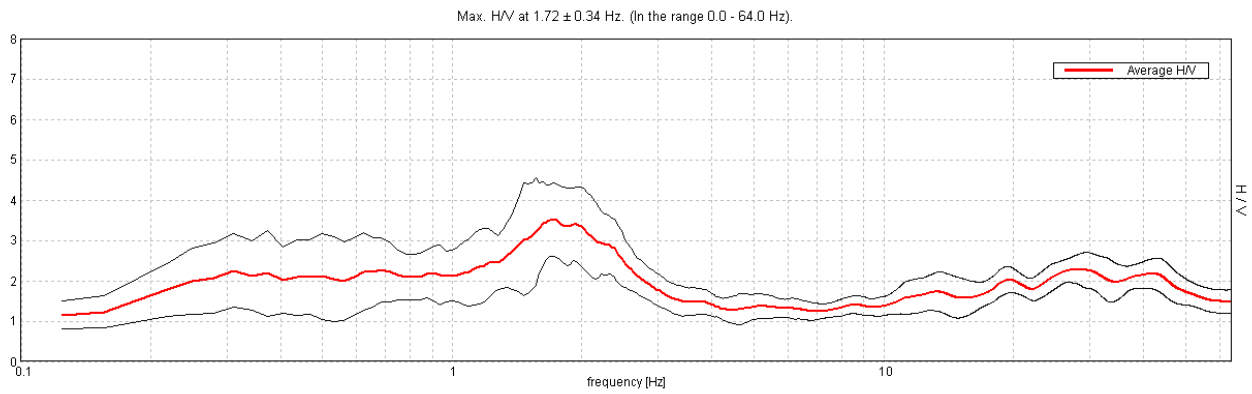
Indagine TR5. Profilo verticale delle Vs.

J12_120_10_16_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR6

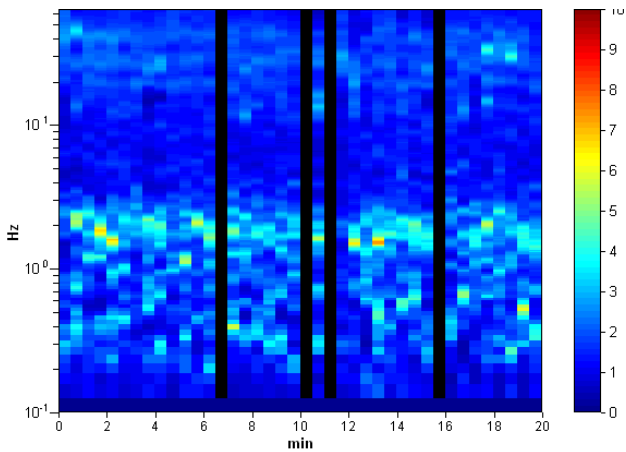
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 16/10/12 14:15:54 Fine registrazione: 16/10/12 14:35:55
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

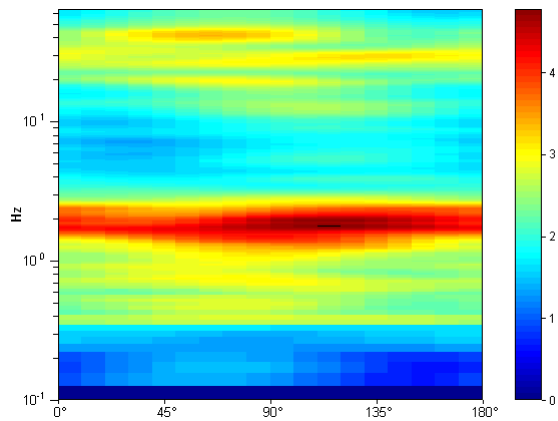
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



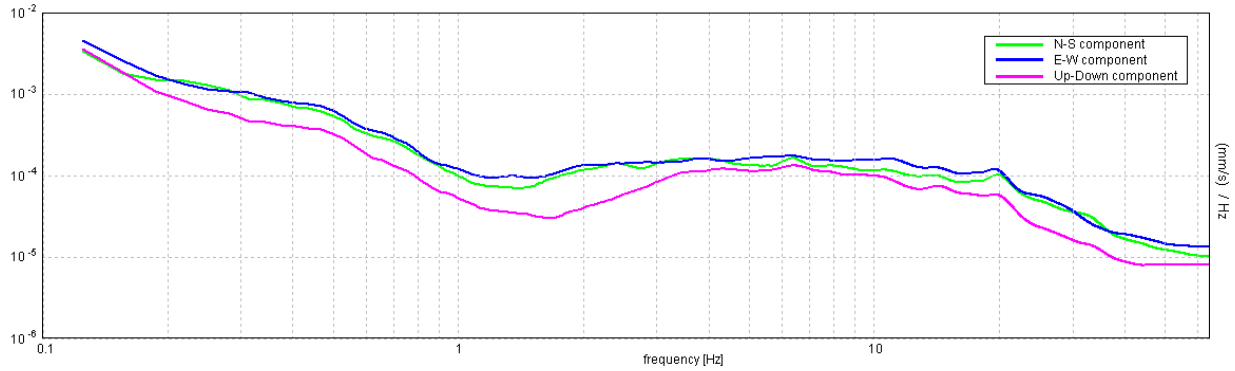
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR6 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 1.72 ± 0.34 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.72 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1856.3 > 200$	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 84	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

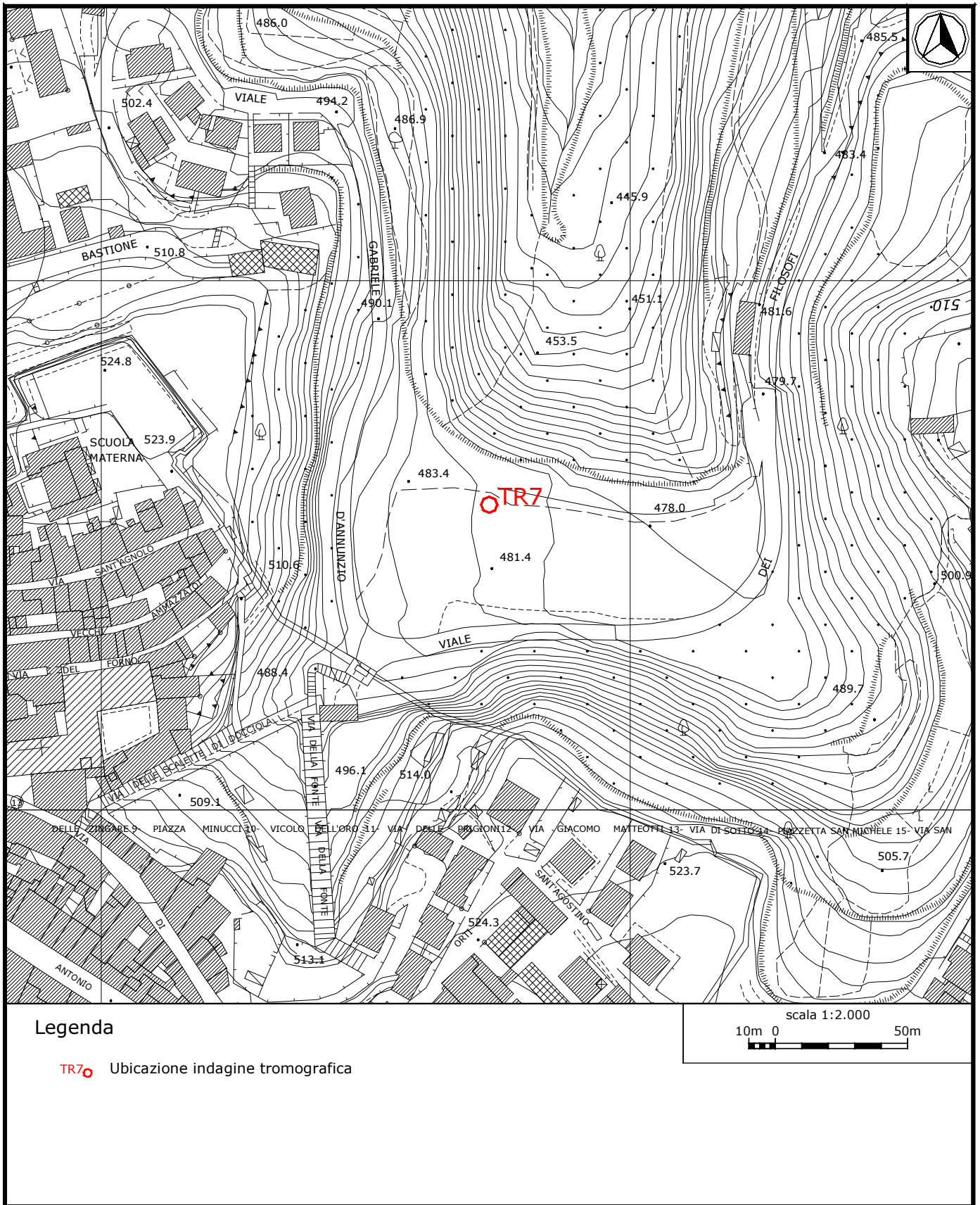
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.51 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1994 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.34272 < 0.17188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9078 < 1.78$	OK	



Indagini TR5 - Documentazione fotografica.



Indagine TR6 - Documentazione fotografica.



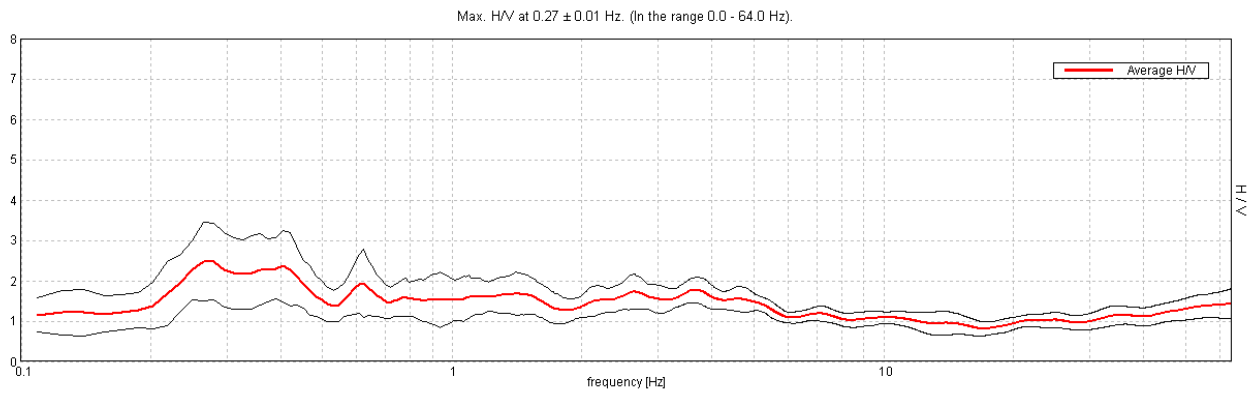
Dettaglio indagine in sismica passiva TR7.

J12_120_10_16_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR7

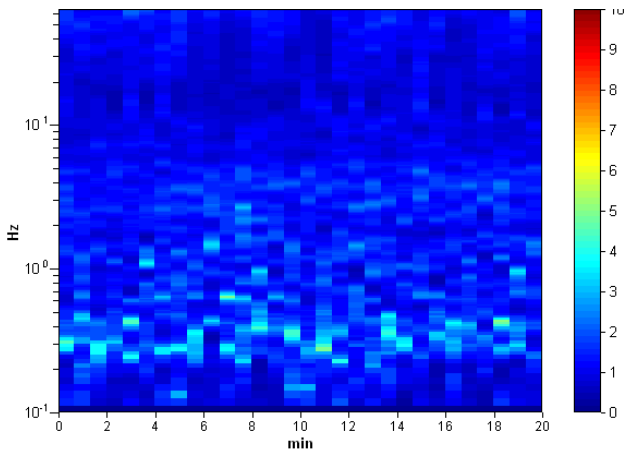
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 16/10/12 16:43:27 Fine registrazione: 16/10/12 17:03:28
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 40 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

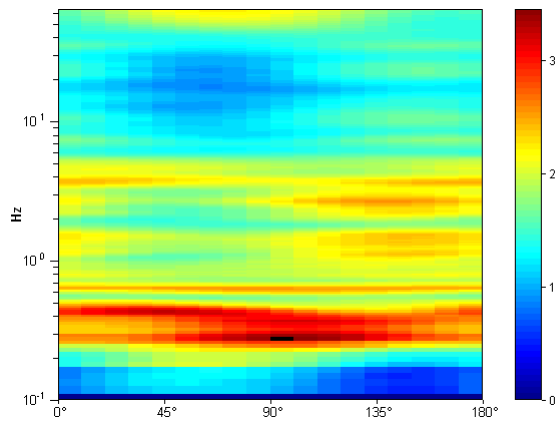
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



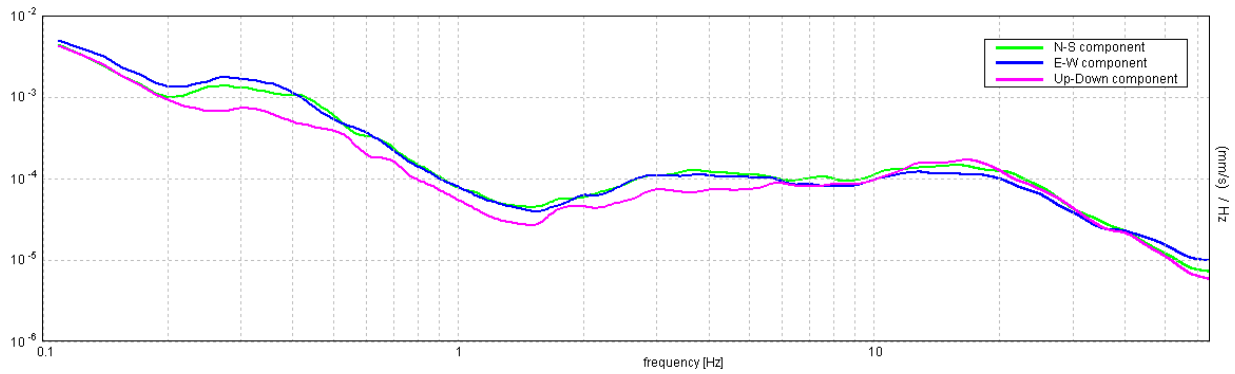
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR7 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.27 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.27 > 0.25$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$318.8 > 200$	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 26	OK	

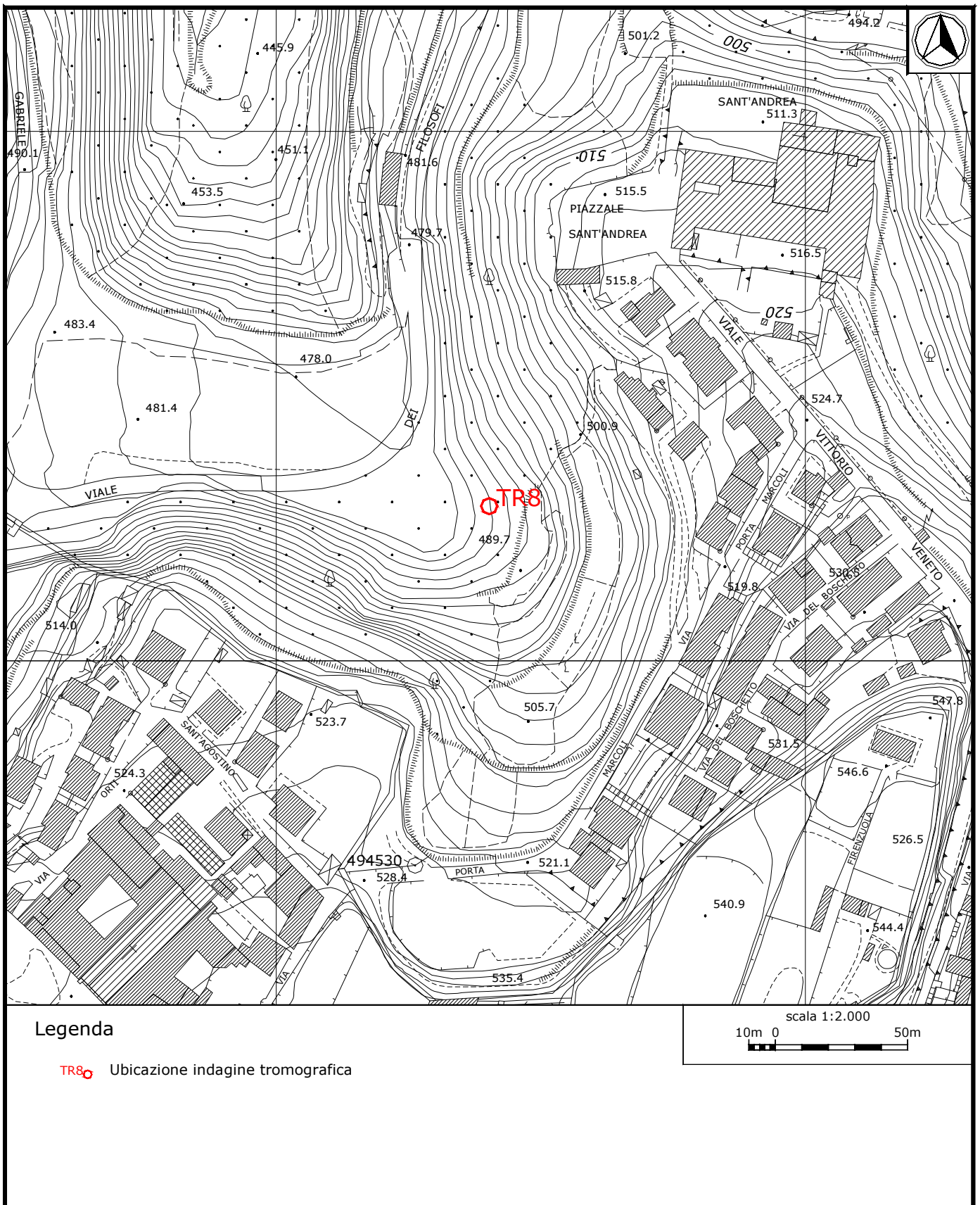
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.172 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.48 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05476 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01455 < 0.05313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9812 < 2.5$	OK	



Indagine TR7 - Documentazione fotografica.



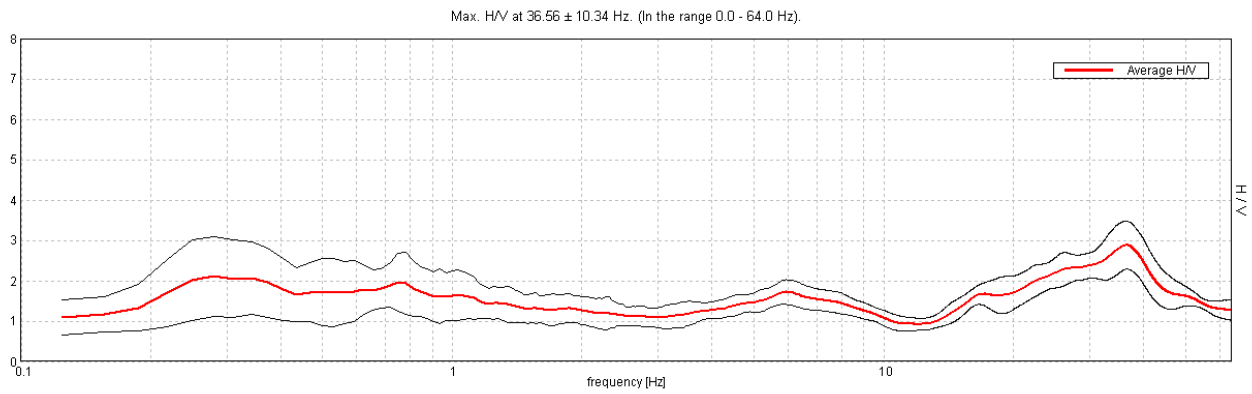
Dettaglio indagine in sismica passiva TR8.

J12_120_10_16_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR8

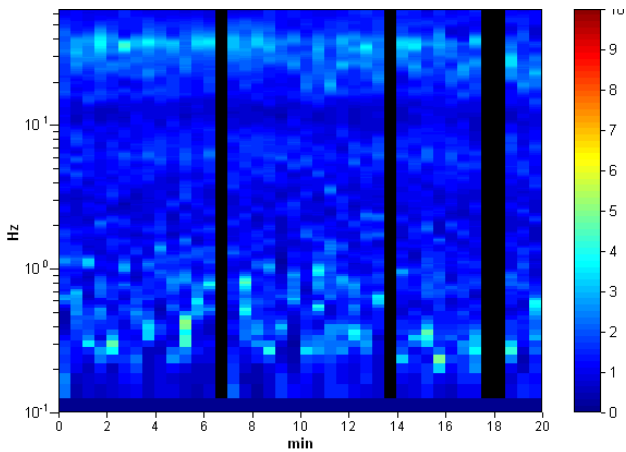
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 16/10/12 17:15:02 Fine registrazione: 16/10/12 17:35:03
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

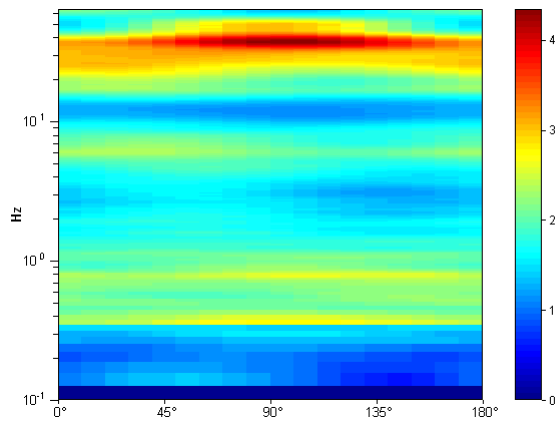
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



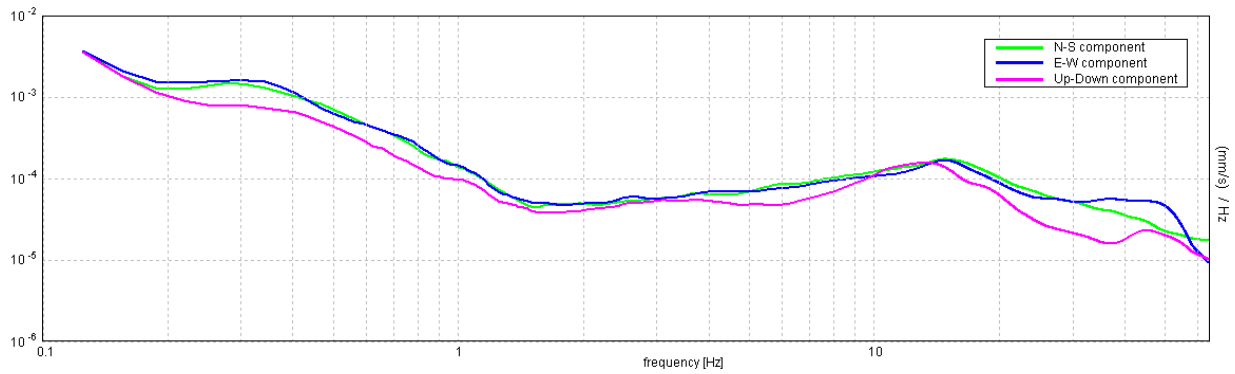
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR8 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 36.56 ± 10.34 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$36.56 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$39487.5 > 200$	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 1464	OK	

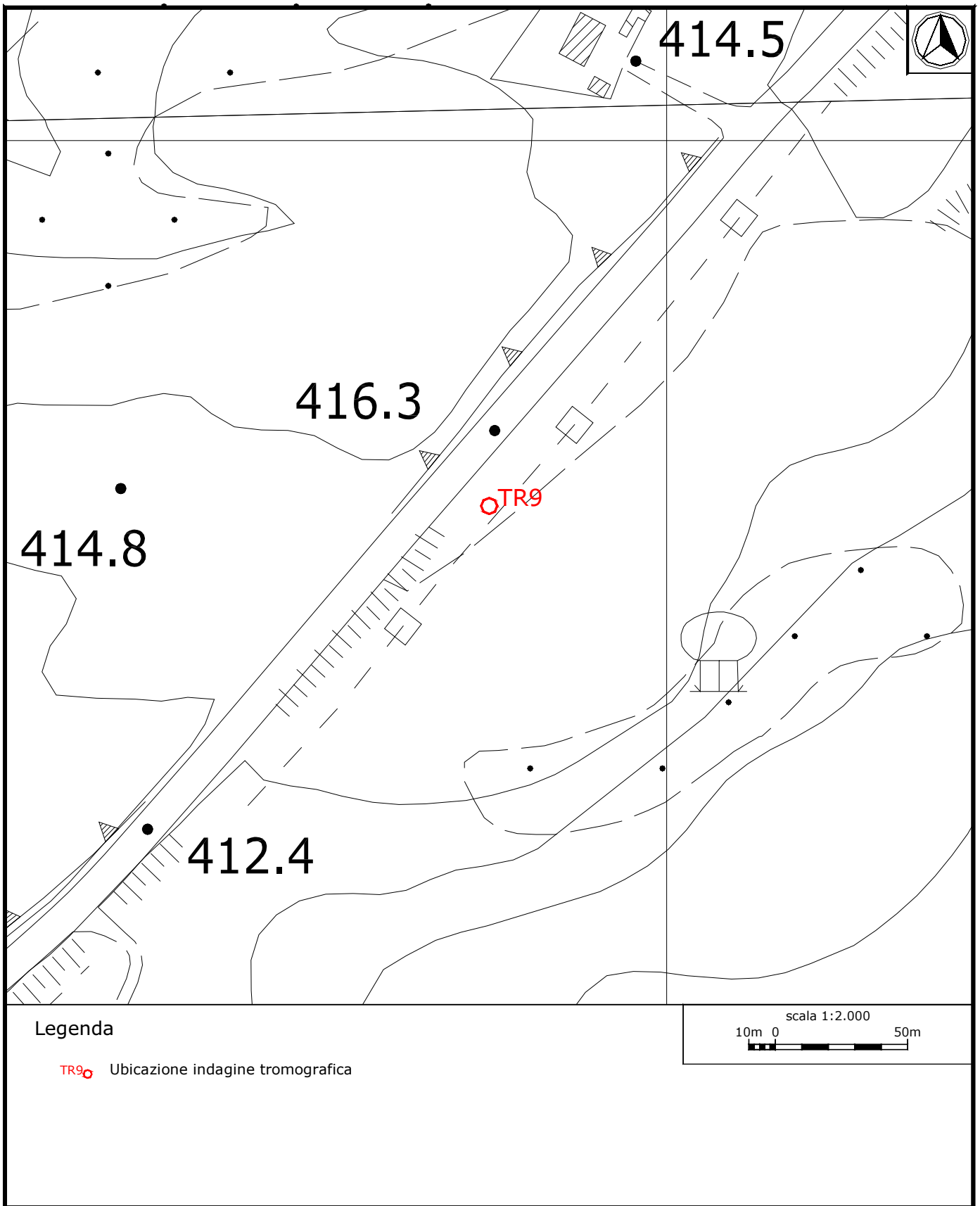
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	15.5 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	54.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.88 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.28268 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$10.33531 < 1.82813$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5928 < 1.58$	OK	



Indagine TR8 - Documentazione fotografica.



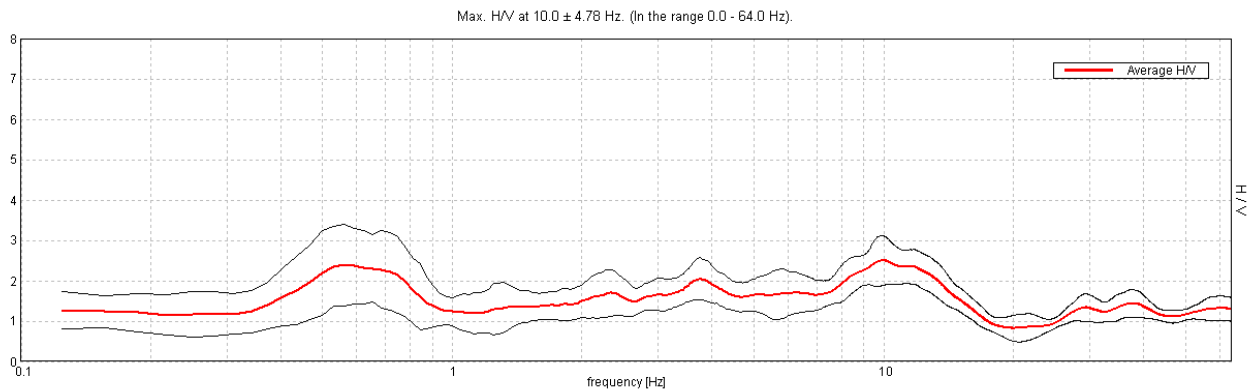
Dettaglio indagine in sismica passiva TR9.

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR9

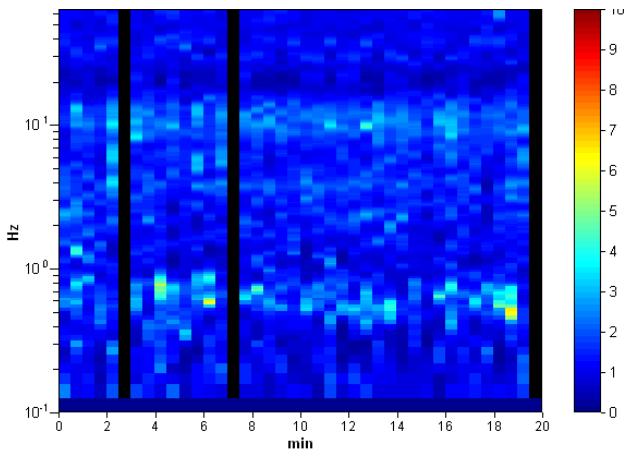
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 10:24:39 Fine registrazione: 30/10/12 10:44:40
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

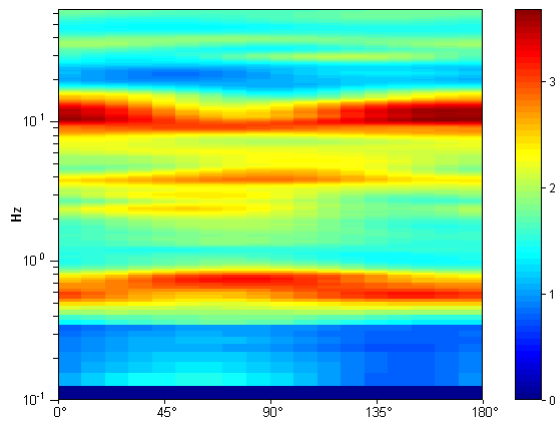
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



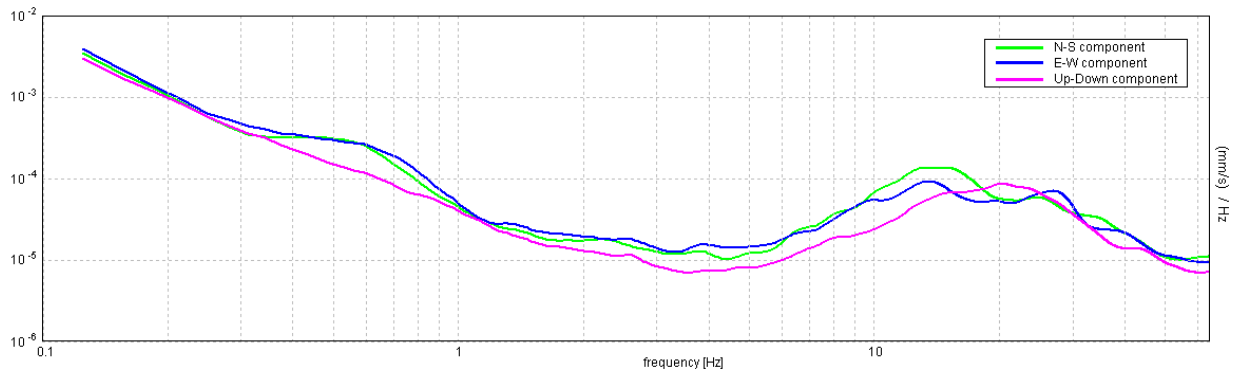
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR9 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 10.0 ± 4.78 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$10.00 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$11100.0 > 200$	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 481	OK	

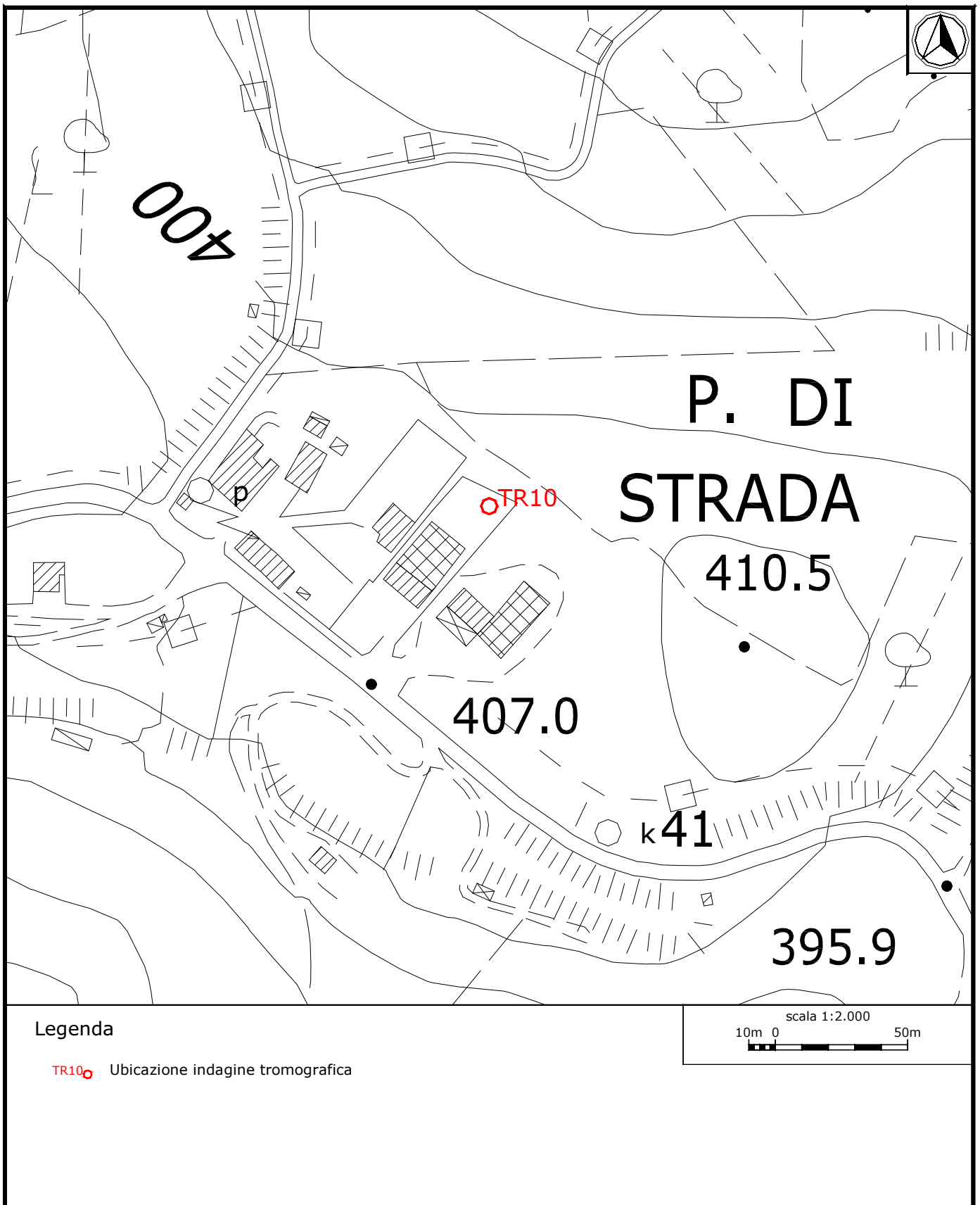
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.50 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.47794 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.77939 < 0.5$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.615 < 1.58$	OK	



Indagine TR9 - Documentazione fotografica.



Legenda

TR10 Ubicazione indagine tromografica

scala 1:2.000
10m 0 50m

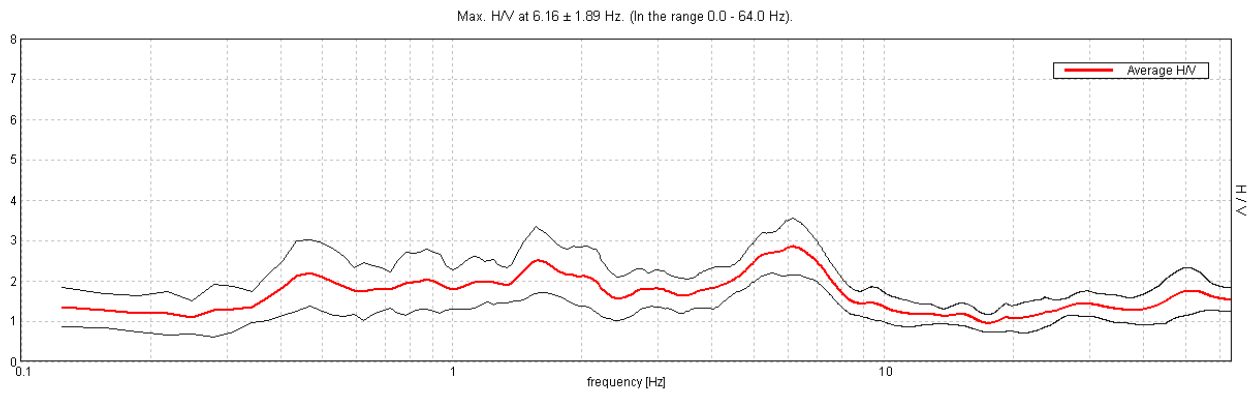
Dettaglio indagine in sismica passiva TR10.

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR10

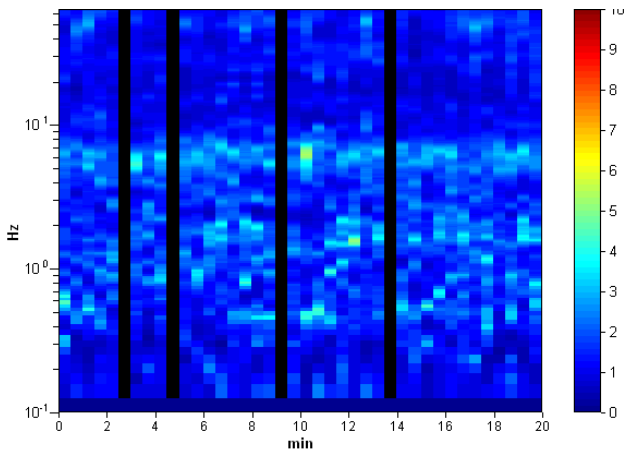
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 11:07:53 Fine registrazione: 30/10/12 11:27:54
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

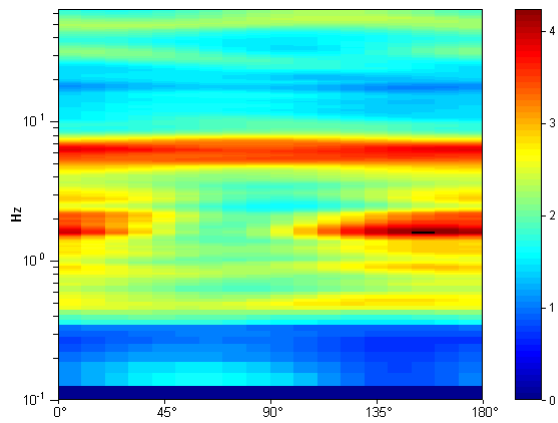
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



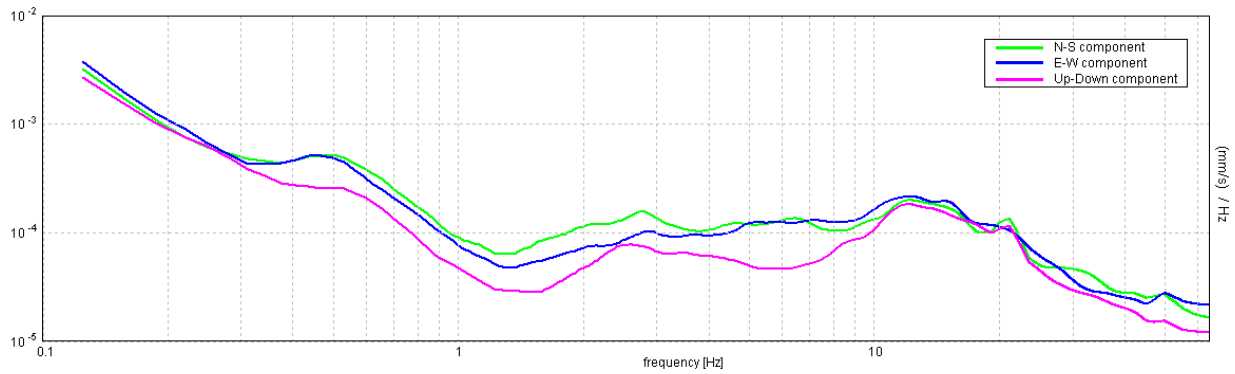
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR10 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 6.16 ± 1.89 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.16 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6648.8 > 200$	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 296	OK	

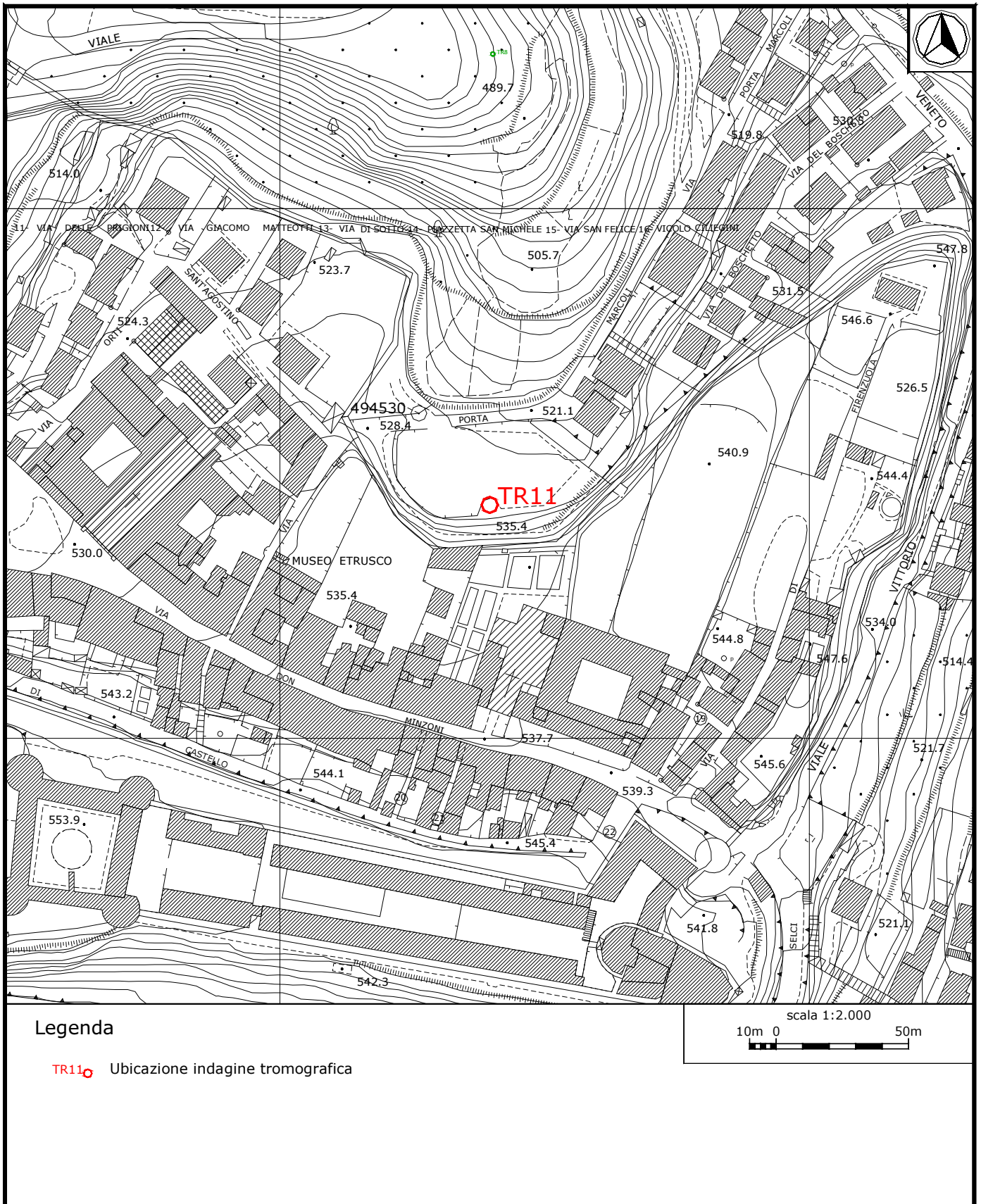
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.85 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.3065 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.88687 < 0.30781$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6997 < 1.58$	OK	



Indagine TR10 - Documentazione fotografica.



Legenda

TR11 Ubicazione indagine tromografica

scala 1:2.000
10m 0 50m

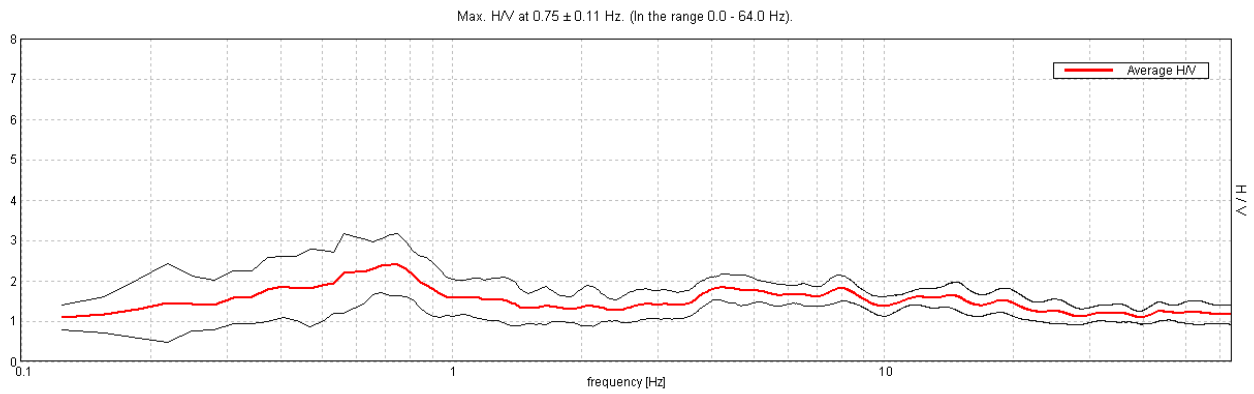
Dettaglio indagine in sismica passiva TR11.

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR11

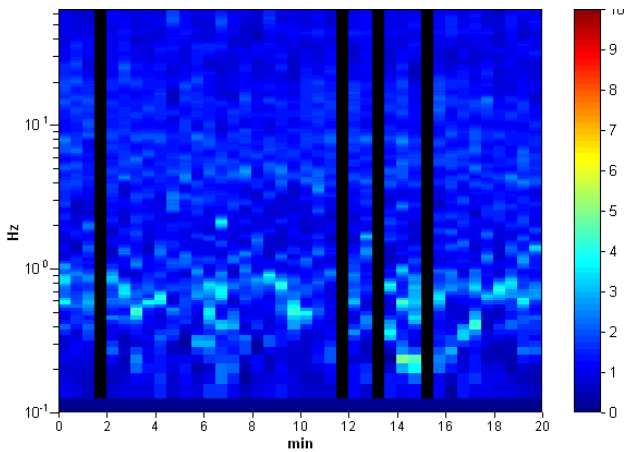
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 11:46:13 Fine registrazione: 30/10/12 12:06:14
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

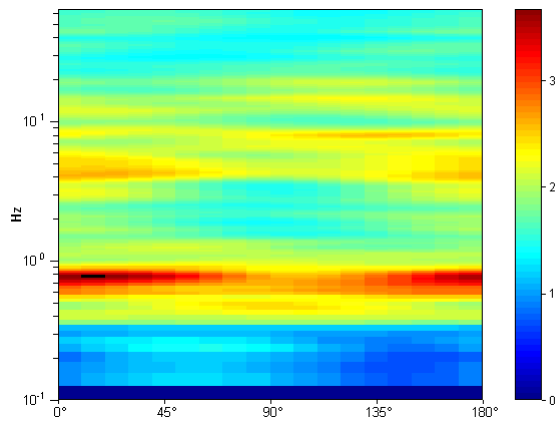
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



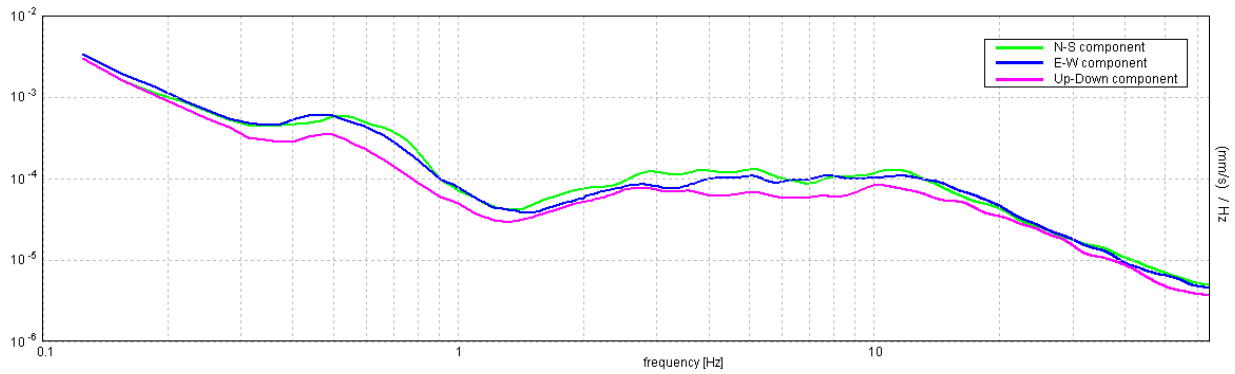
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR11 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.75 ± 0.11 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

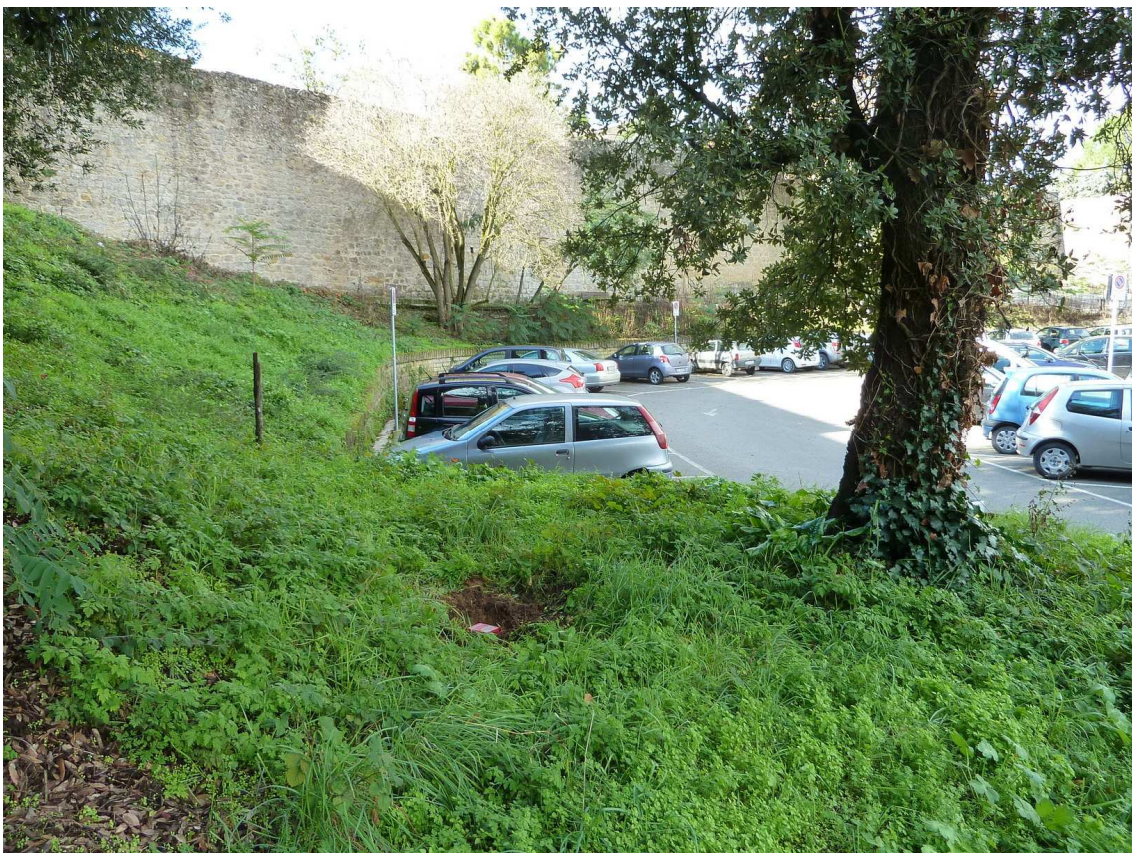
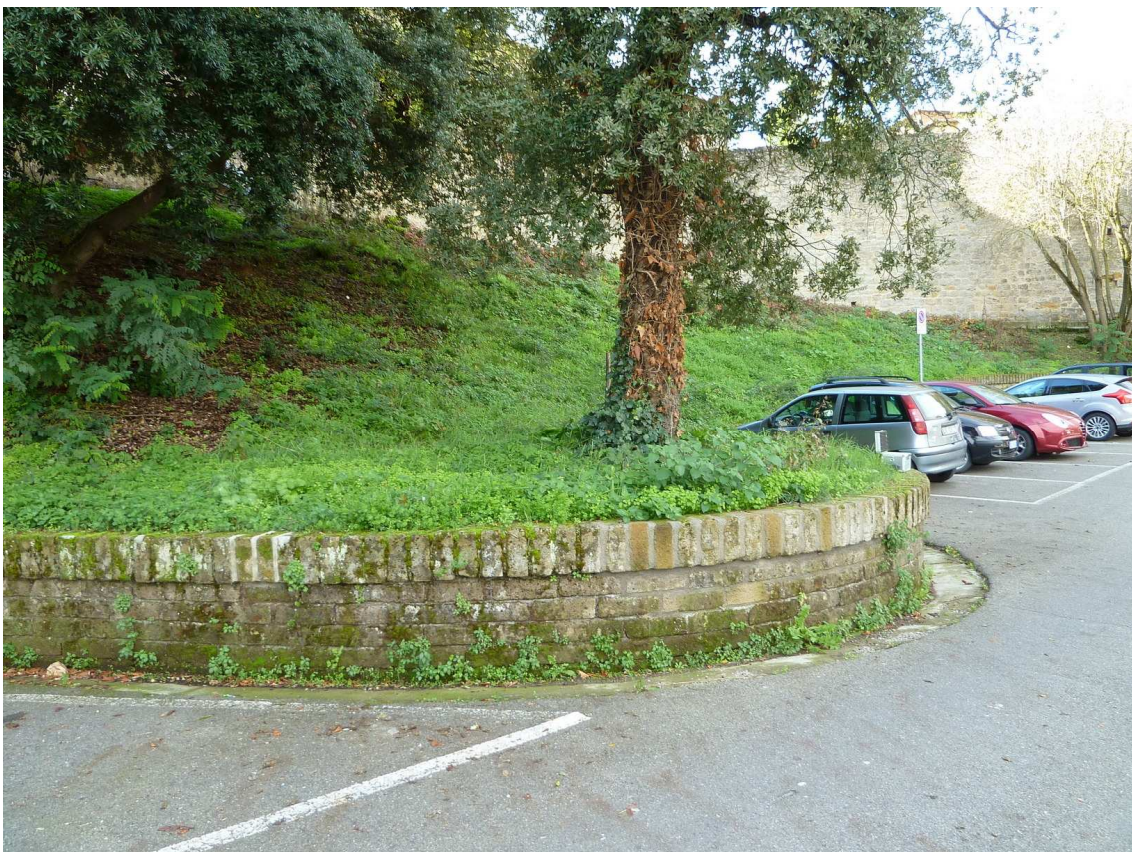
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.75 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$810.0 > 200$	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 37	OK	

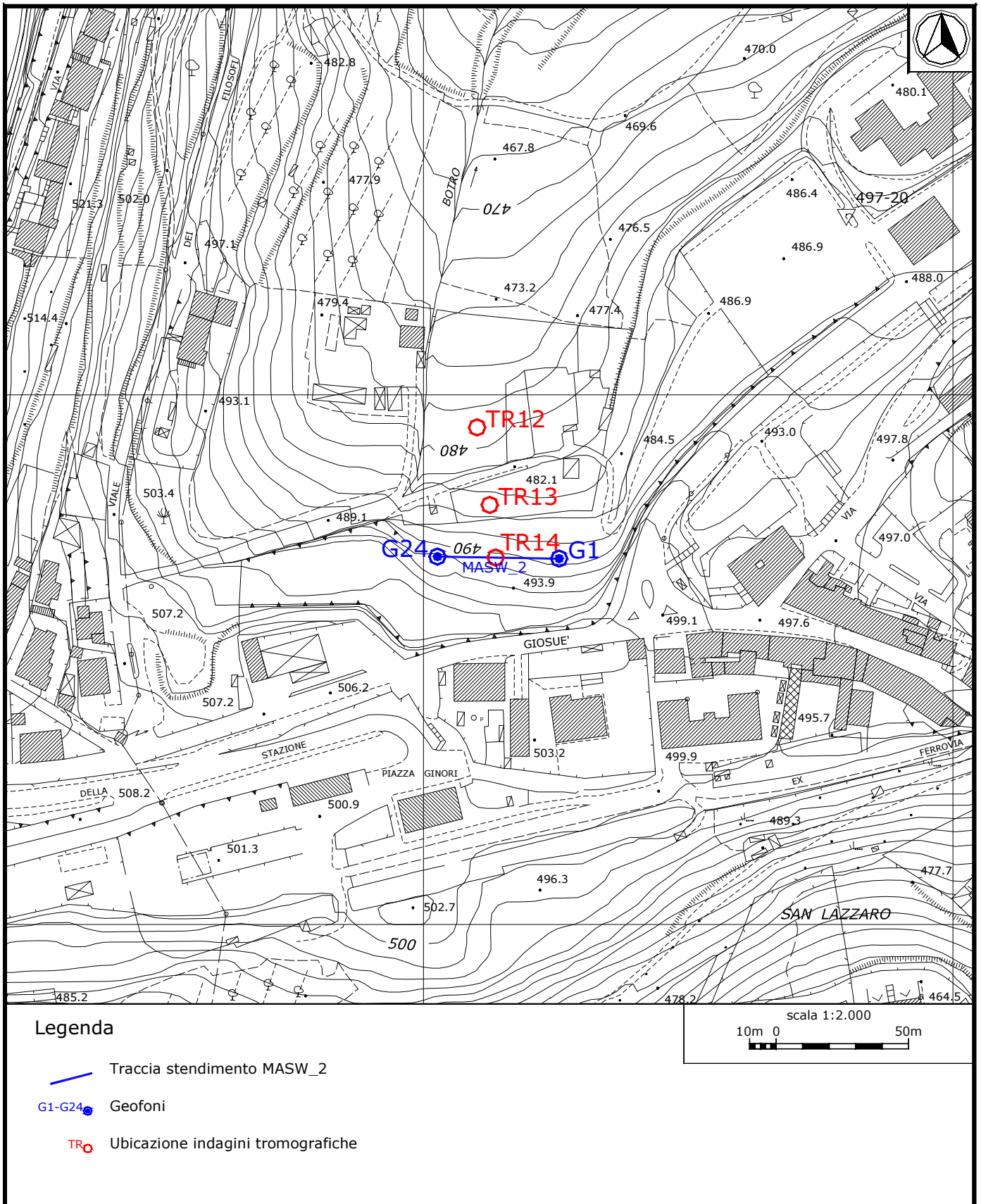
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]




Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.40 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.15023 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11267 < 0.1125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7637 < 2.0$	OK	

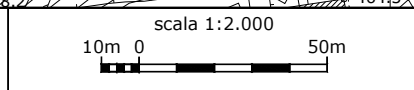


Indagine TR11 - Documentazione fotografica.

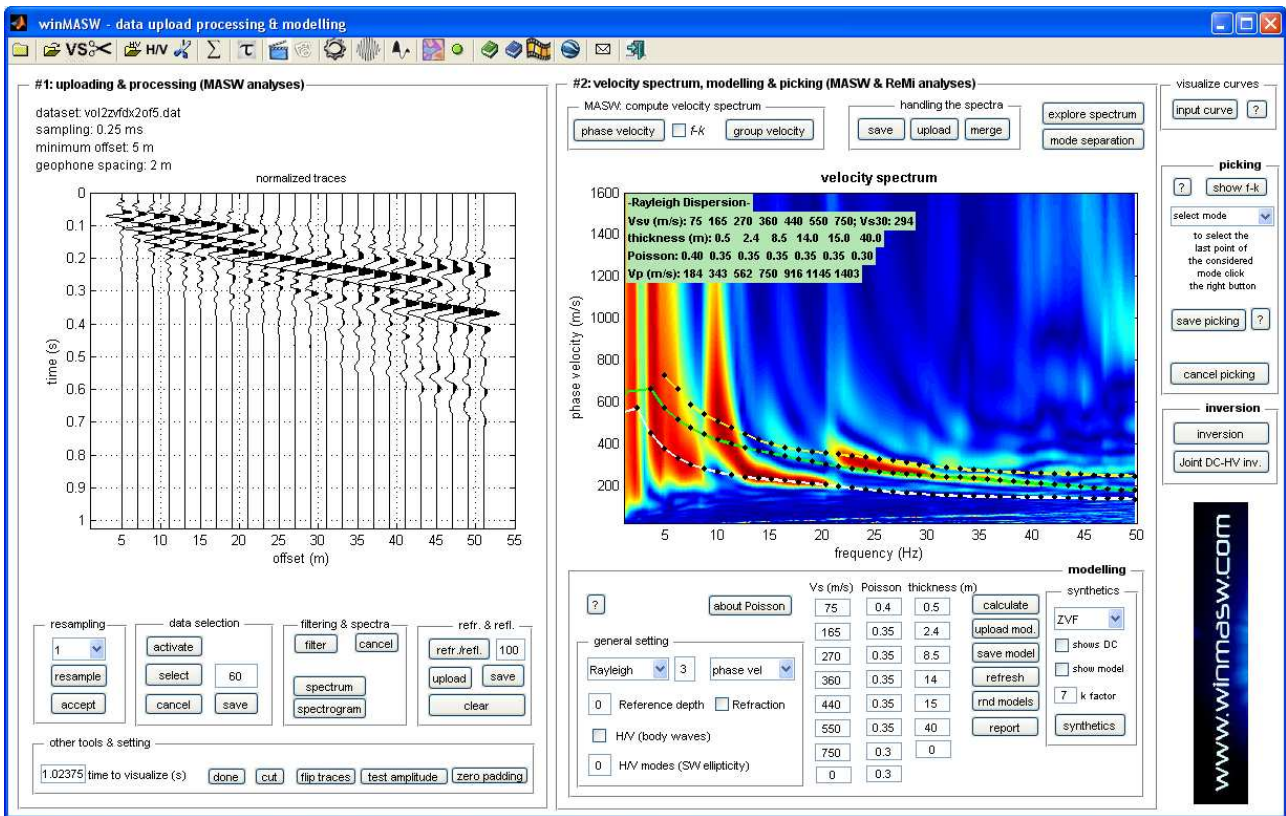


Legenda

-  Traccia stendimento MASW_2
-  G1-G24 Geofoni
-  TR_o Ubicazione indagini tromografiche



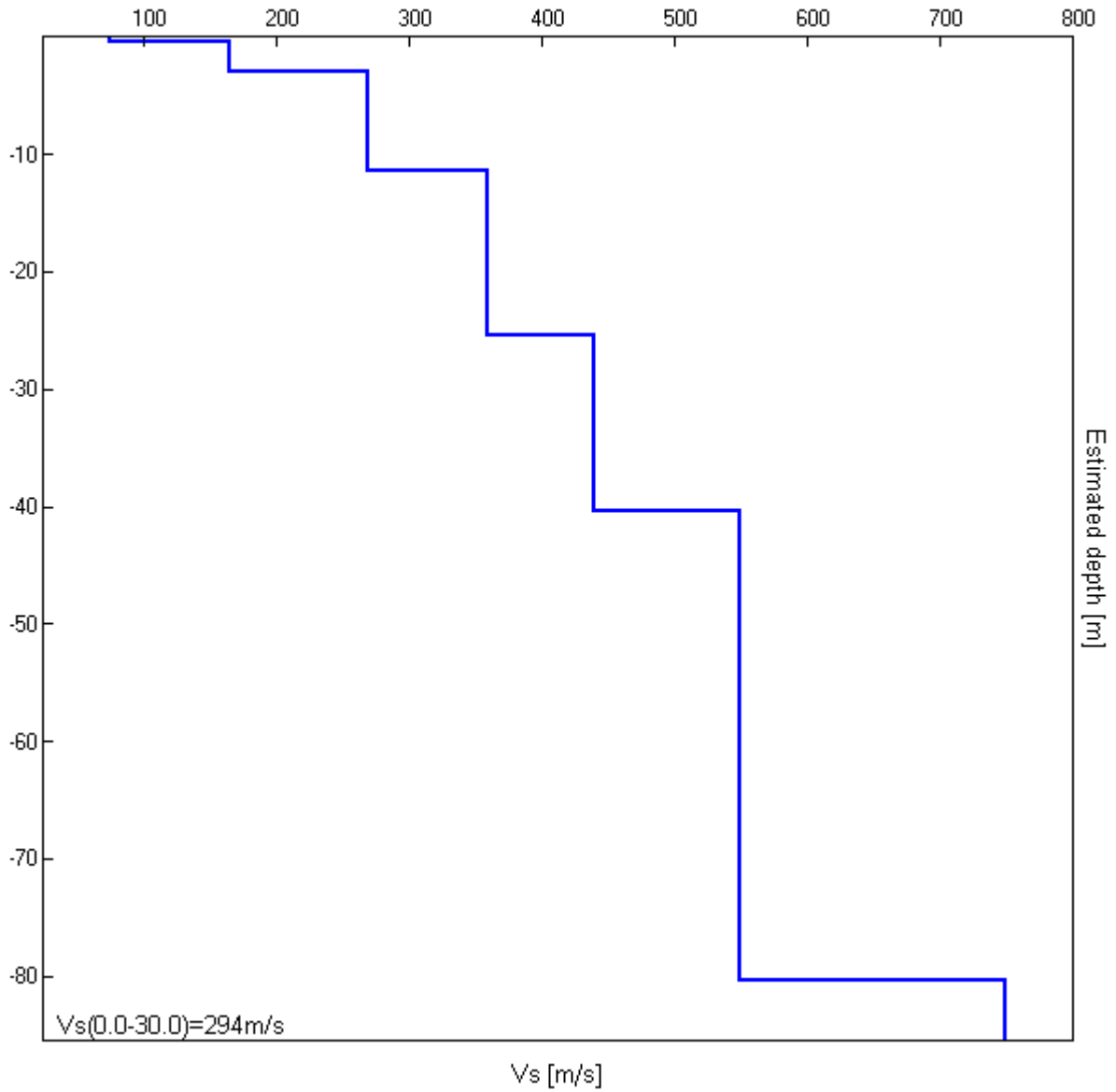
Dettaglio indagine MASW_2 e indagini in sismica passiva TR12, TR13 e TR14.



Indagine MASW_2. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione calcolato

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.50	0.50	75
2.90	2.40	165
11.40	8.50	270
25.40	14.00	360
40.40	15.00	440
80.40	40.00	550
inf.	inf.	750

Vs(0.0-30.0)=294m/s



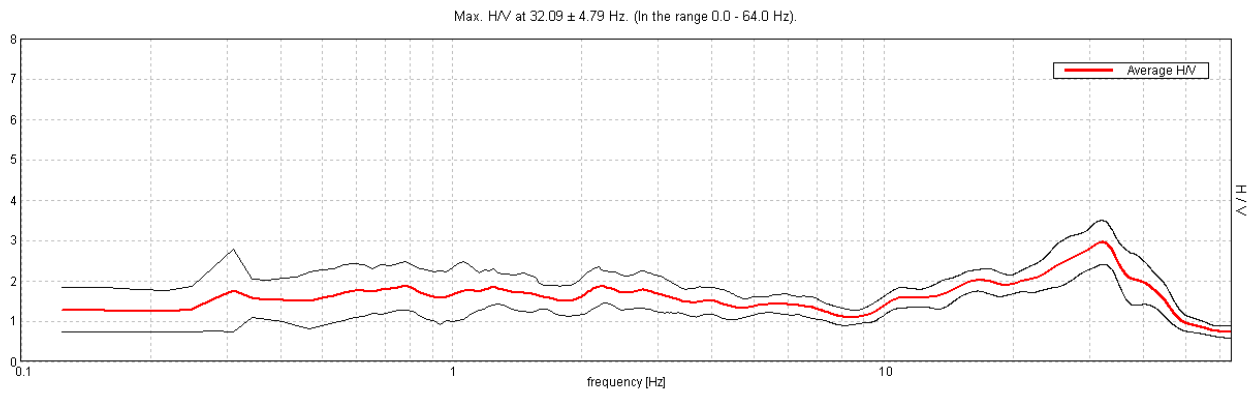
Indagine MASW_2. Profilo verticale delle V_s .

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR12

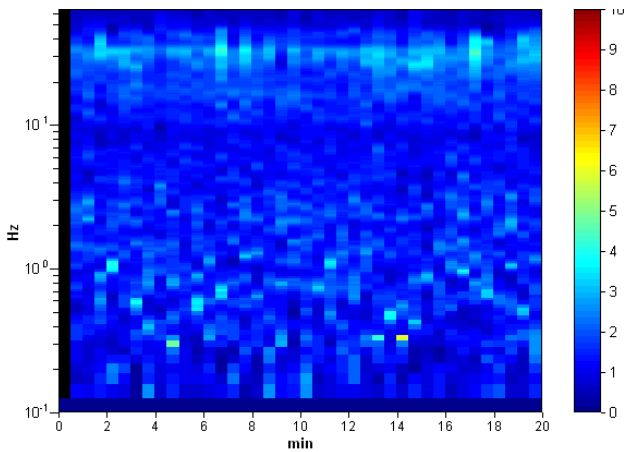
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 12:43:17 Fine registrazione: 30/10/12 13:03:18
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

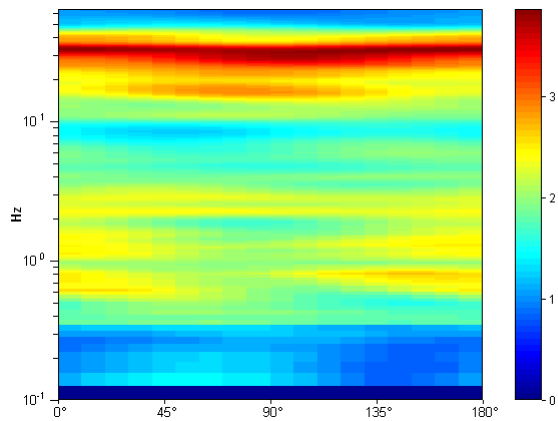
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



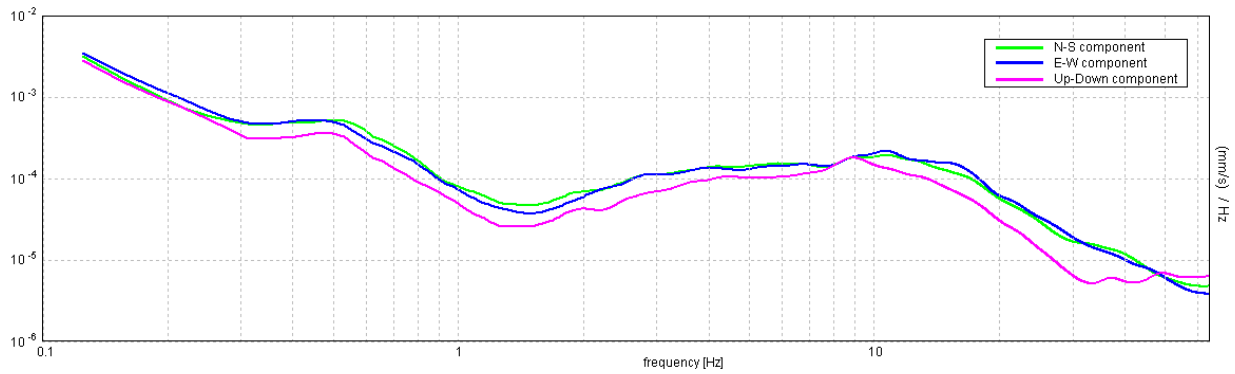
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR12 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 32.09 ± 4.79 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	32.09 > 0.33	OK	
$n_c(f_0) > 200$	37549.7 > 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 1536	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

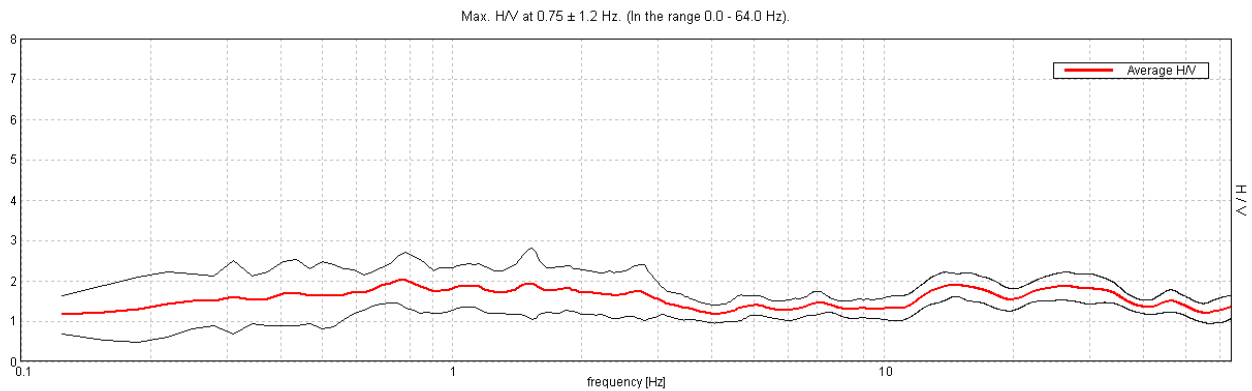
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.313 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	45.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.95 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1494 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.79486 < 1.60469		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5447 < 1.58	OK	

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR13

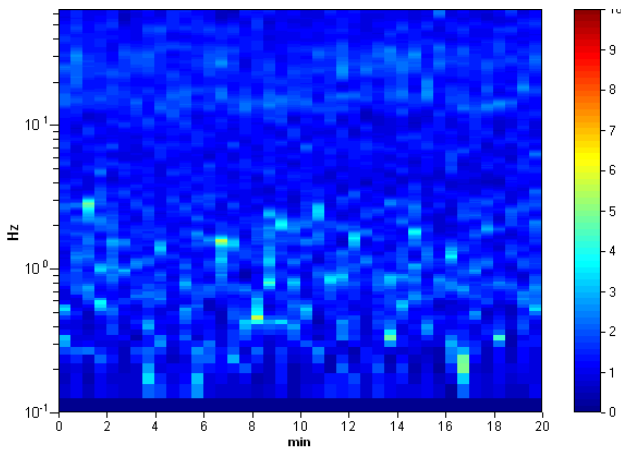
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 13:26:18 Fine registrazione: 30/10/12 13:46:19
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

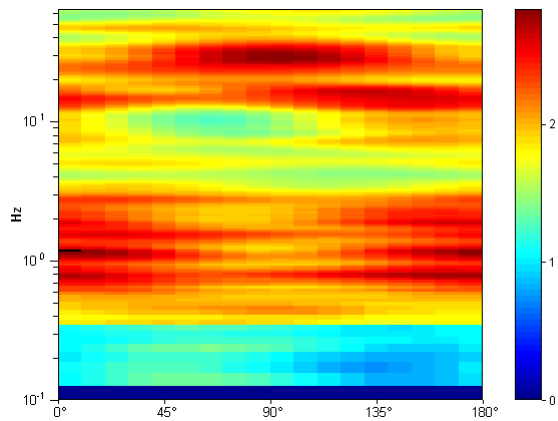
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



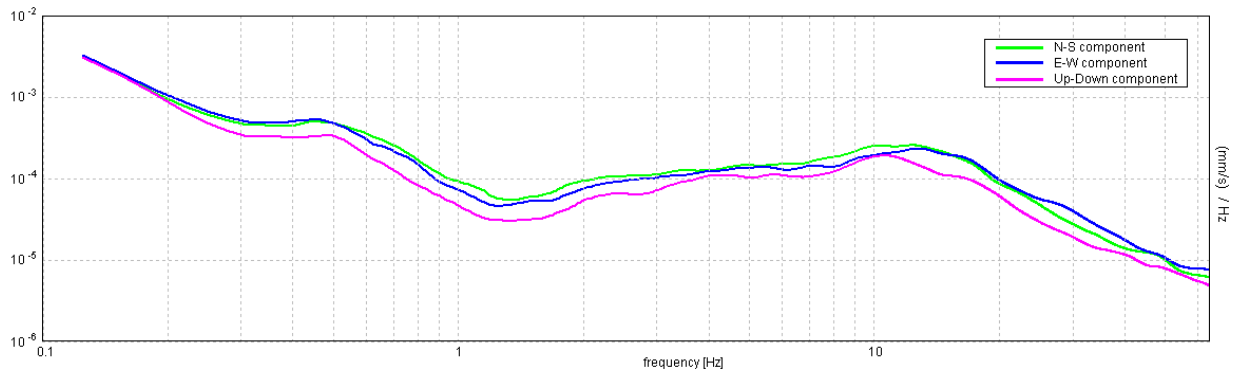
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR13 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.75 ± 1.2 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.75 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$900.0 > 200$	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 37	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.02 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.6017 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.20128 < 0.1125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5715 < 2.0$	OK	

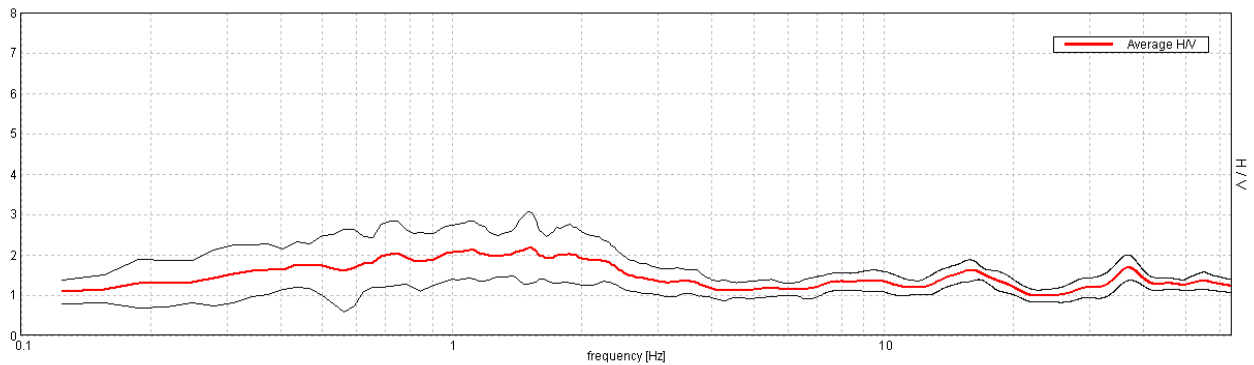
J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR14

Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 13:50:47 Fine registrazione: 30/10/12 14:10:47
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

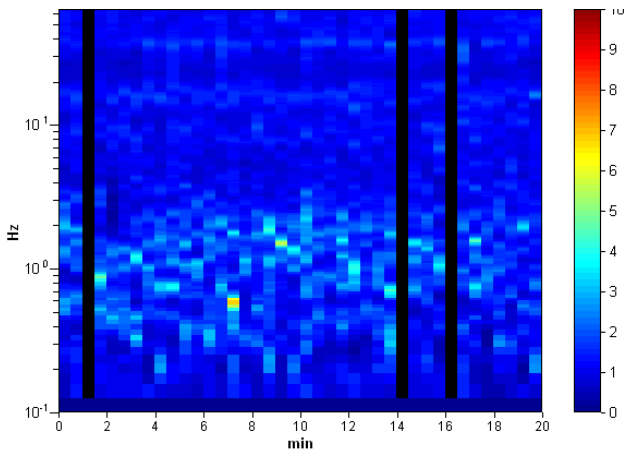
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

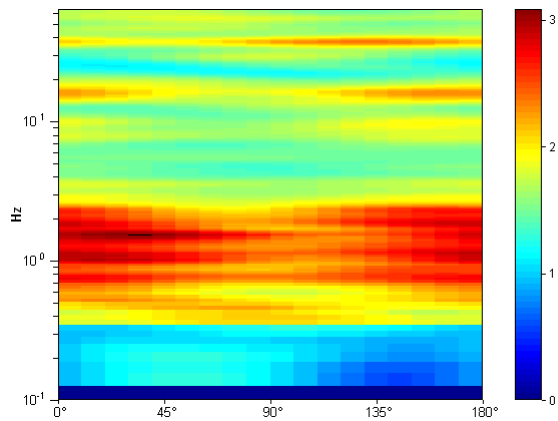
Picco H/V a 1.5 ± 0.48 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



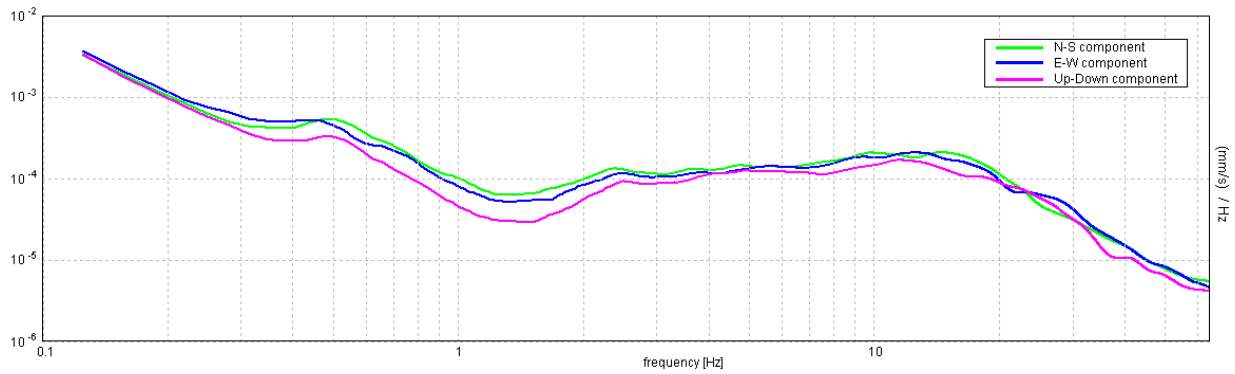
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR14 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 1.5 ± 0.48 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.50 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1665.0 > 200$	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 73	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.17 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.31885 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.47828 < 0.15$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9078 < 1.78$	OK	



Indagine MASW_2 - Documentazione fotografica.



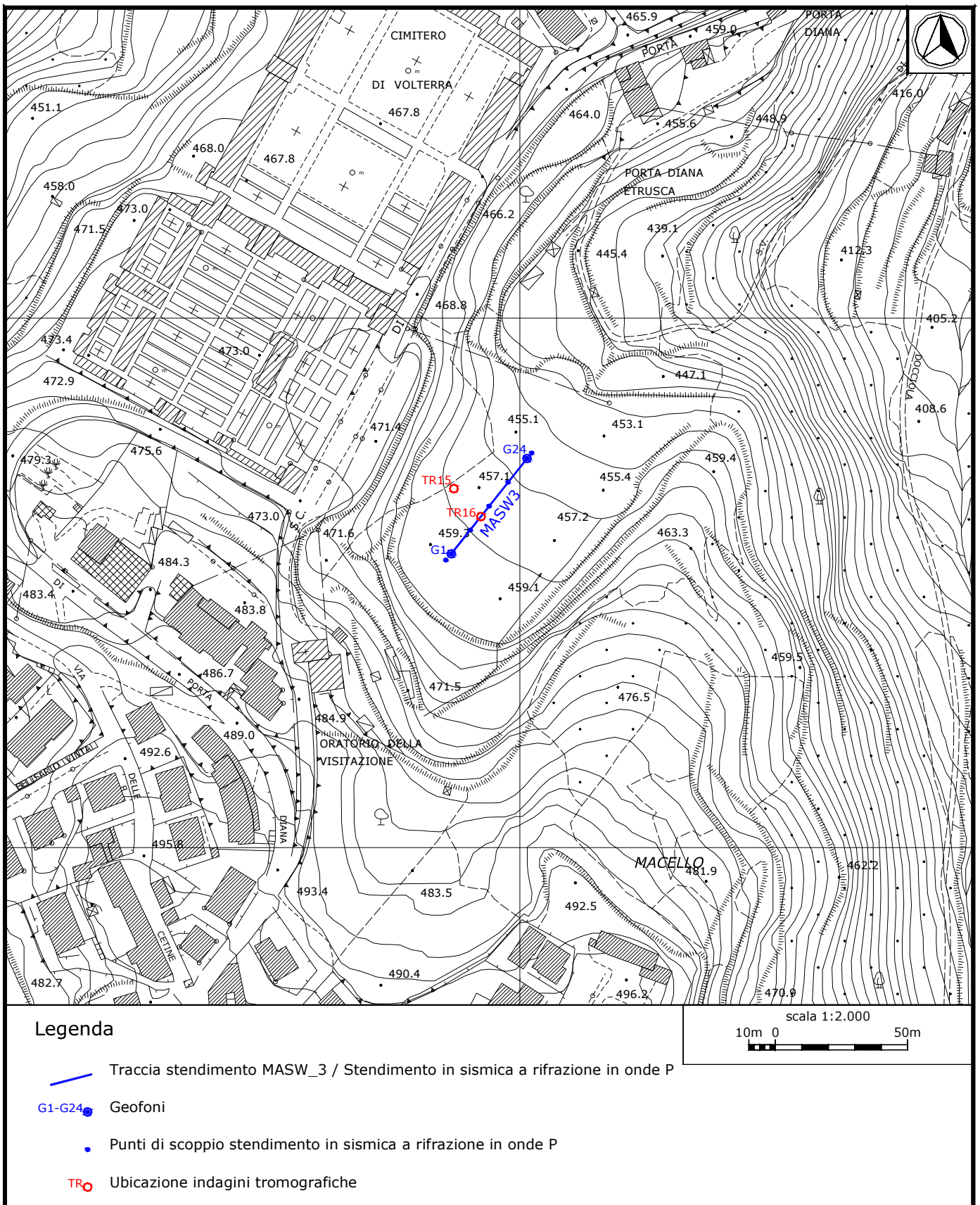
Indagine TR12 - Documentazione fotografica.



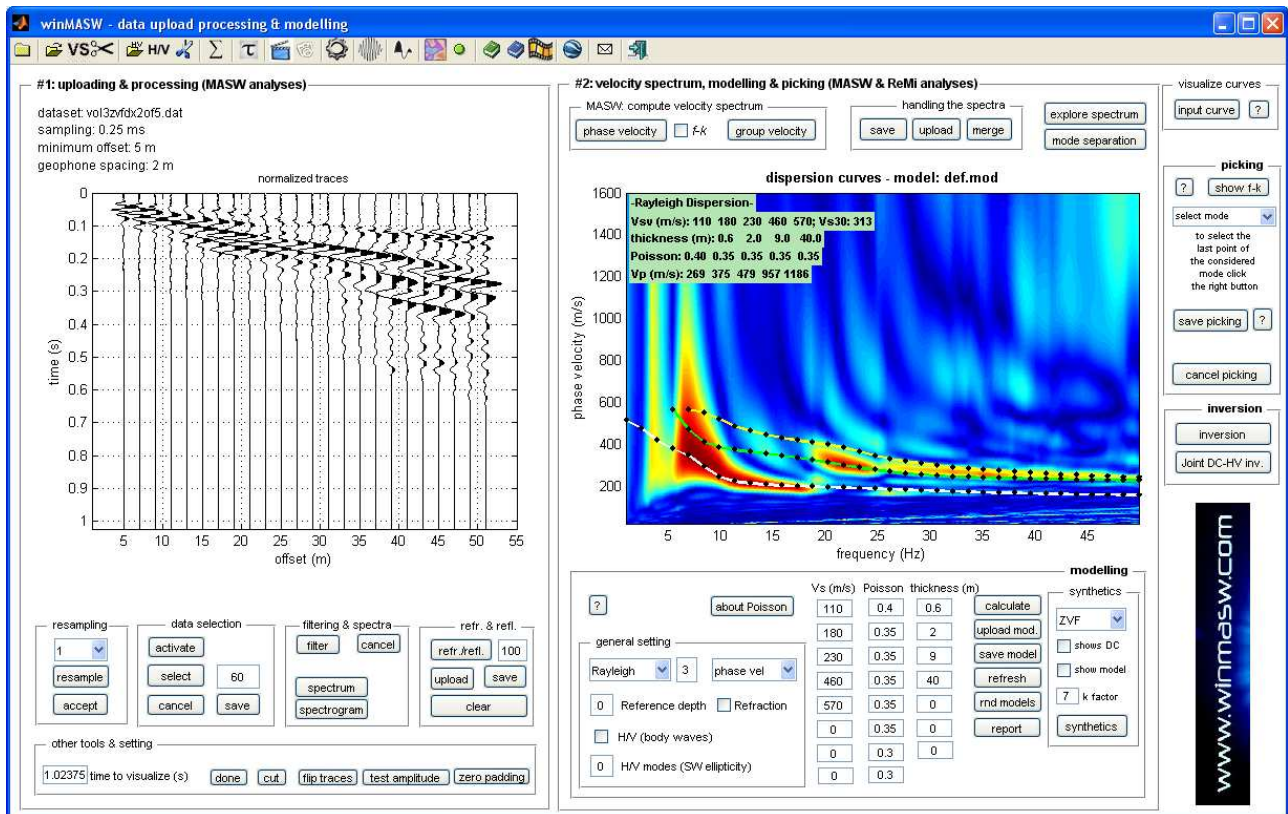
Indagine TR13 - Documentazione fotografica.



Indagine TR14 - Documentazione fotografica.



Dettaglio indagine MASW_3, sismica in rifrazione in onde P e indagini in sismica passiva TR15 e TR16.



Indagine MASW_3. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione calcolato

Profondità alla base dello strato

[m]

0.60

2.60

11.60

51.60

inf.

Spessore [m]

0.60

2.00

9.00

40.00

inf.

Vs [m/s]

110

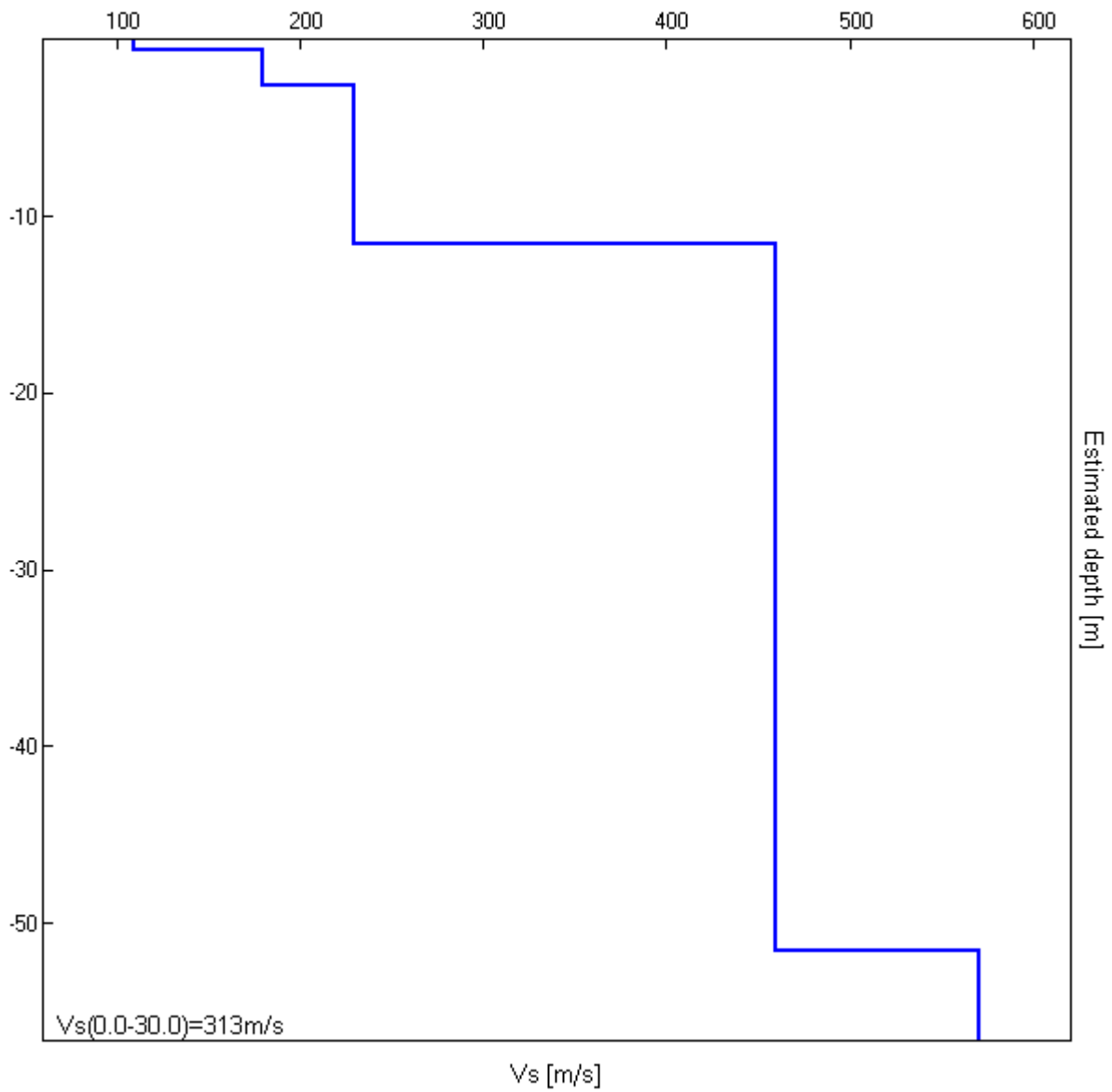
180

230

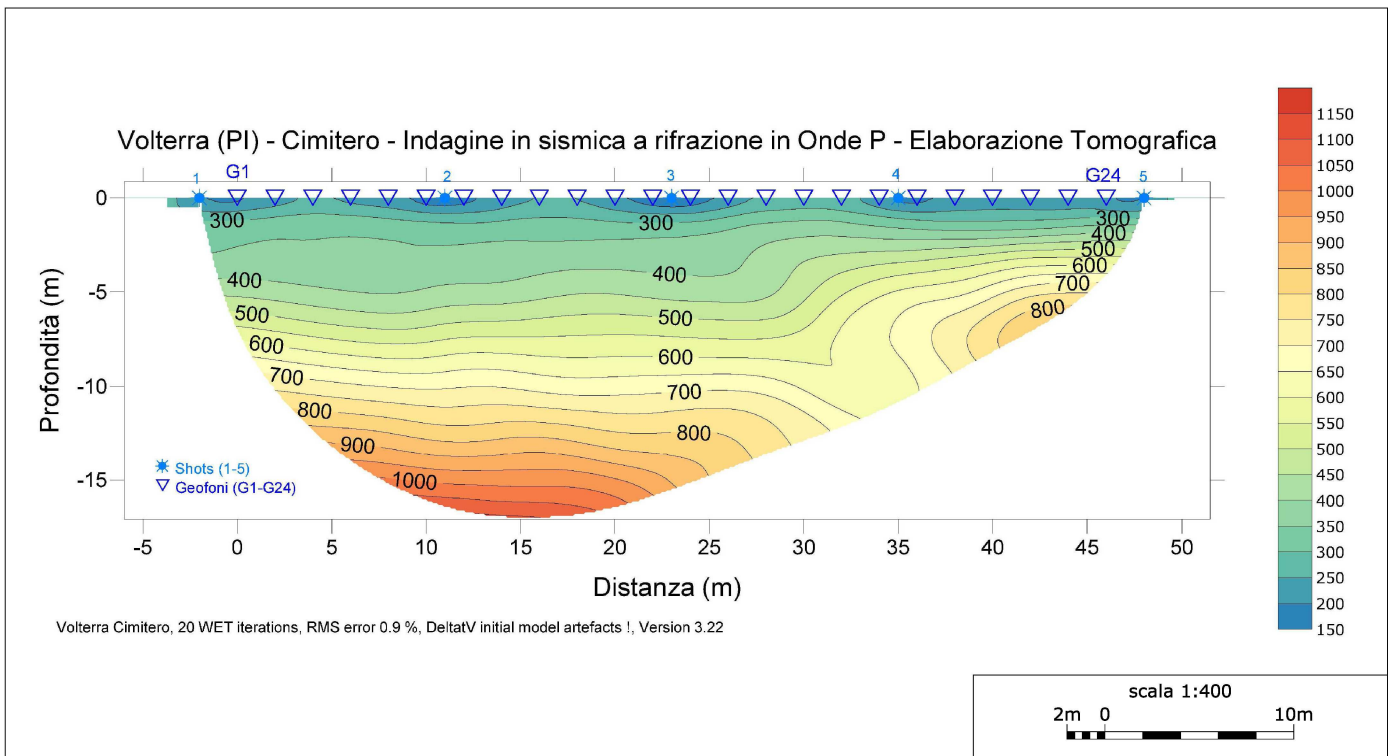
460

570

Vs(0.0-30.0)=313m/s

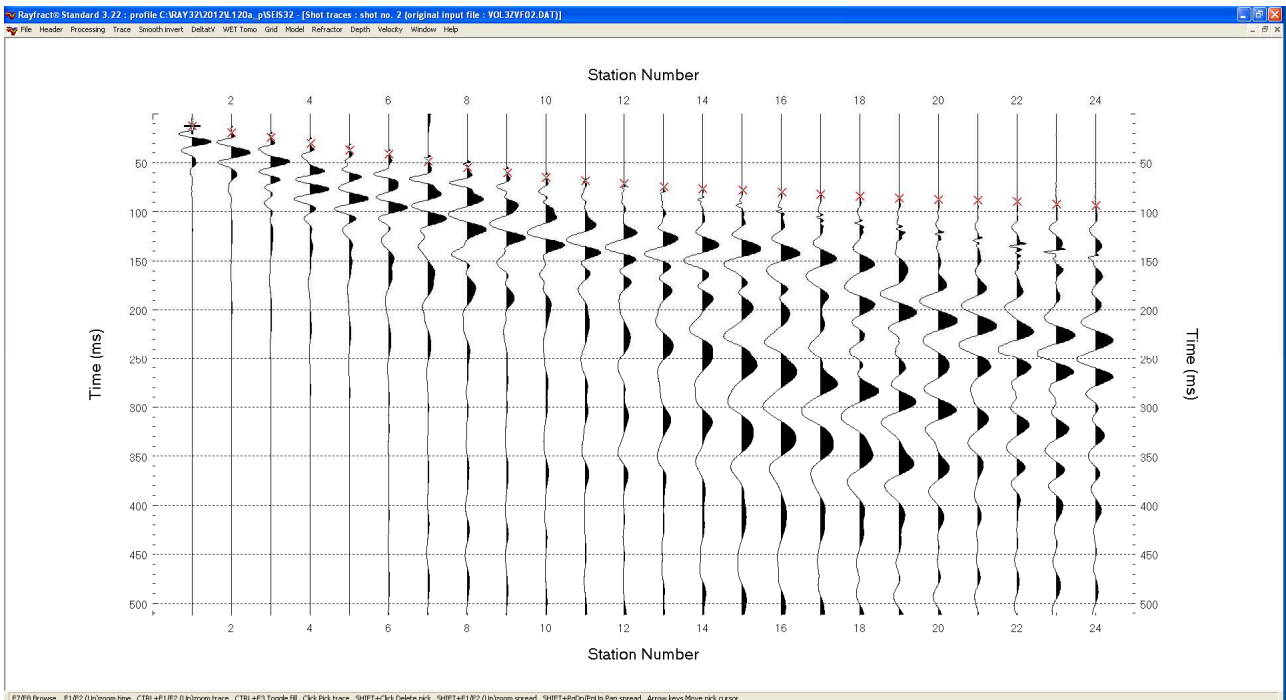


Indagine MASW_3. Profilo verticale delle V_s .

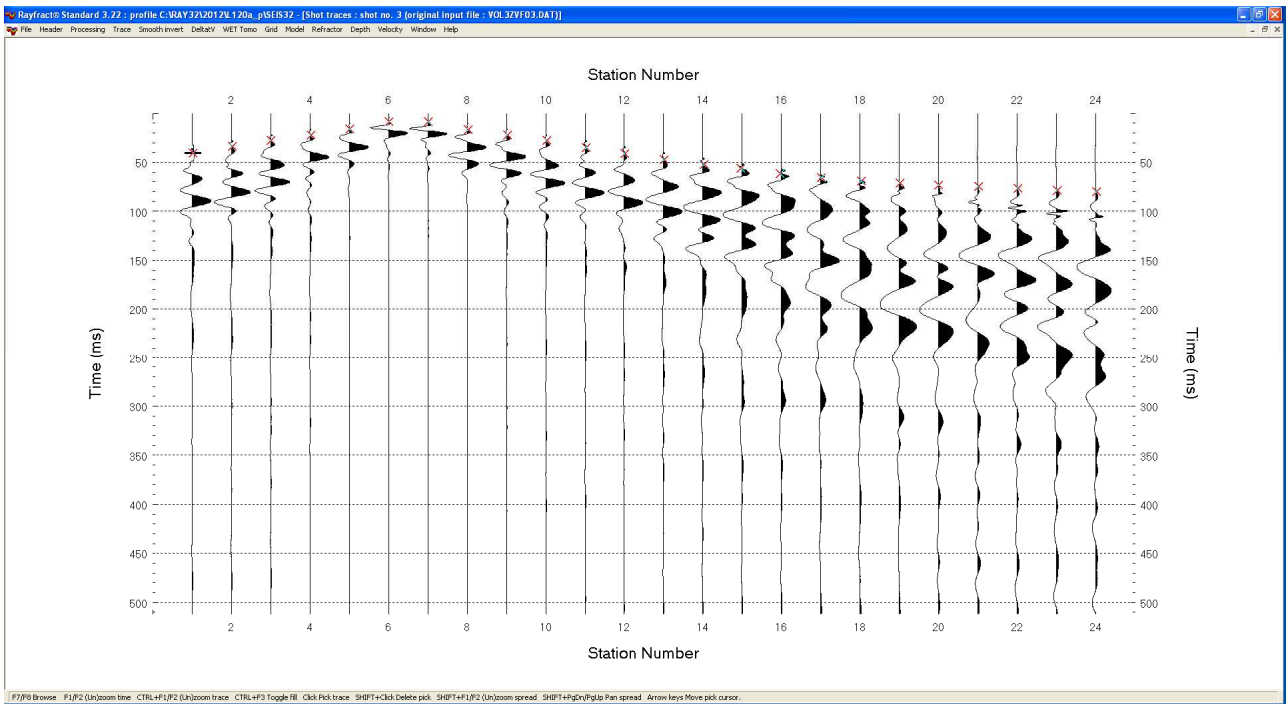


Sismica a rifrazione in onde P – Elaborazione Tomografica

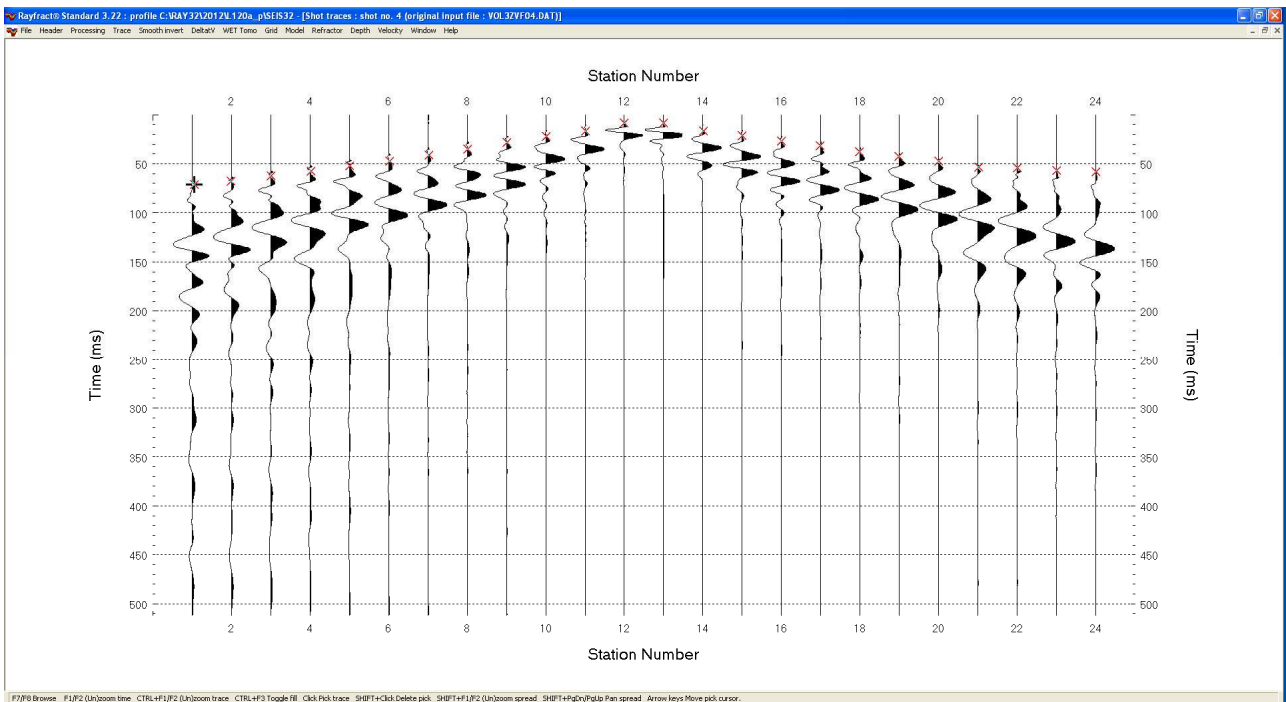
Indagine in sismica a rifrazione in onde P
Sismogrammi



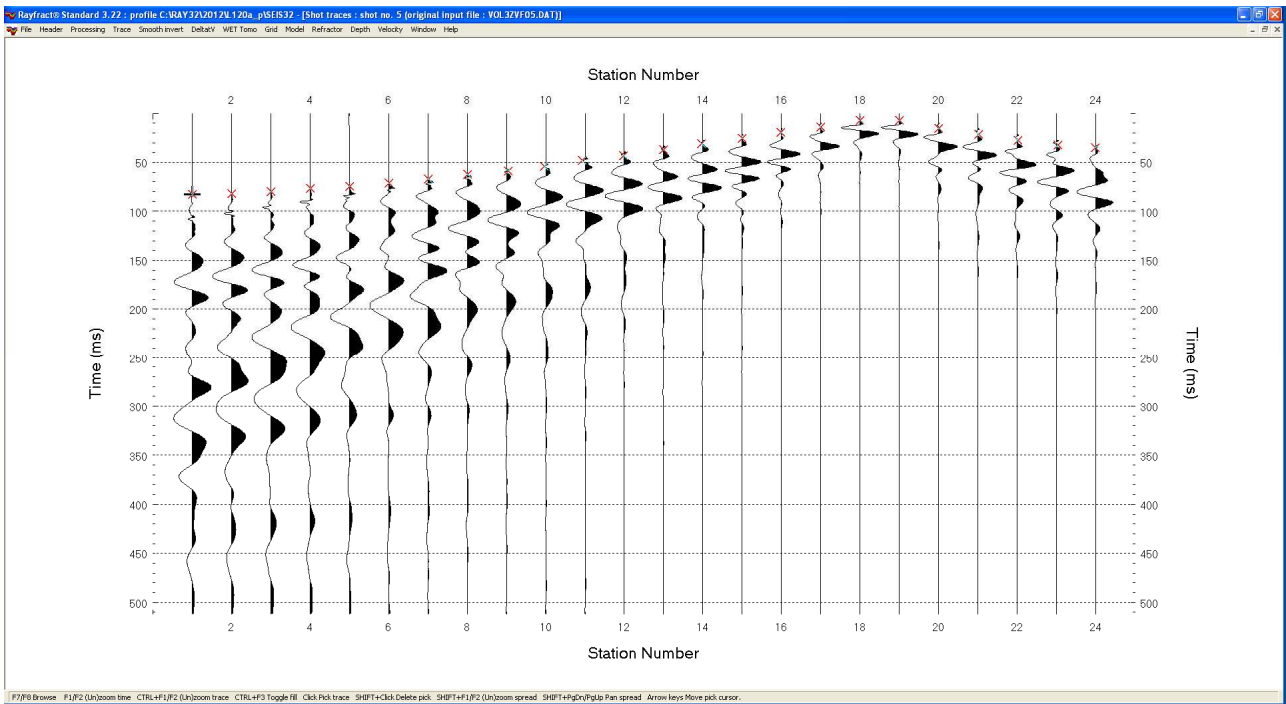
shot 1



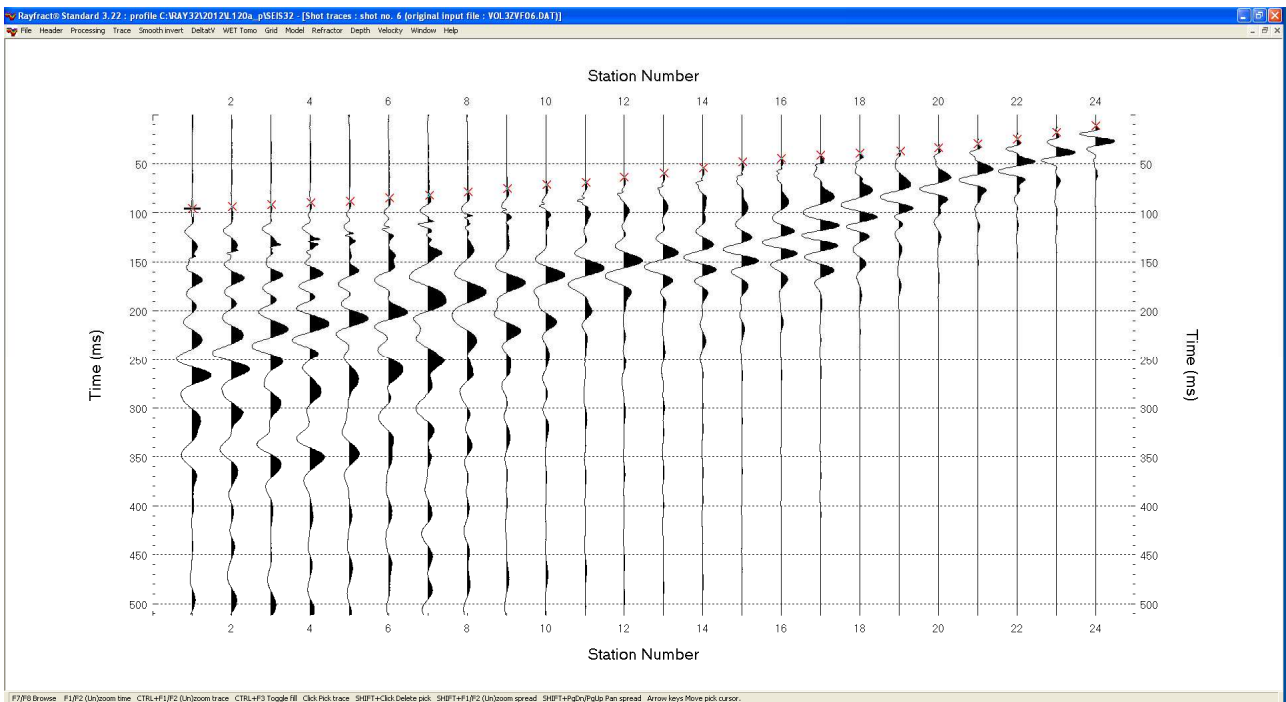
Shot 2



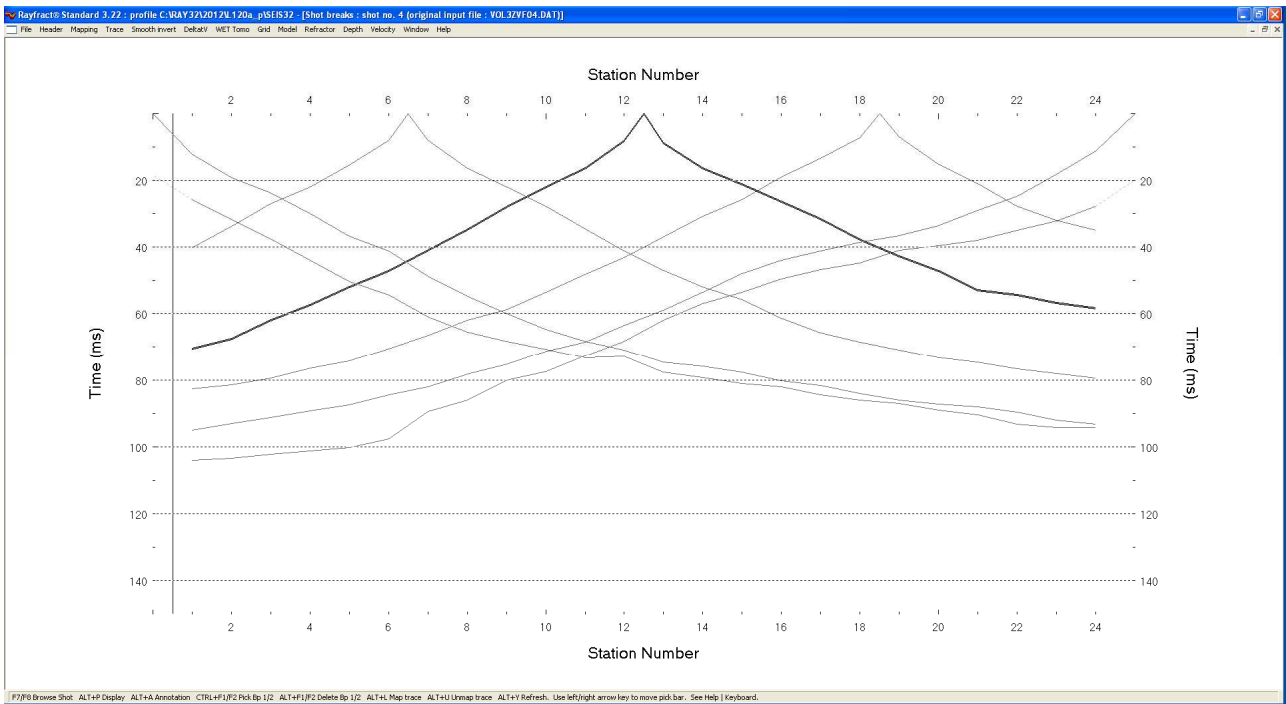
shot 3



shot 4



shot 5



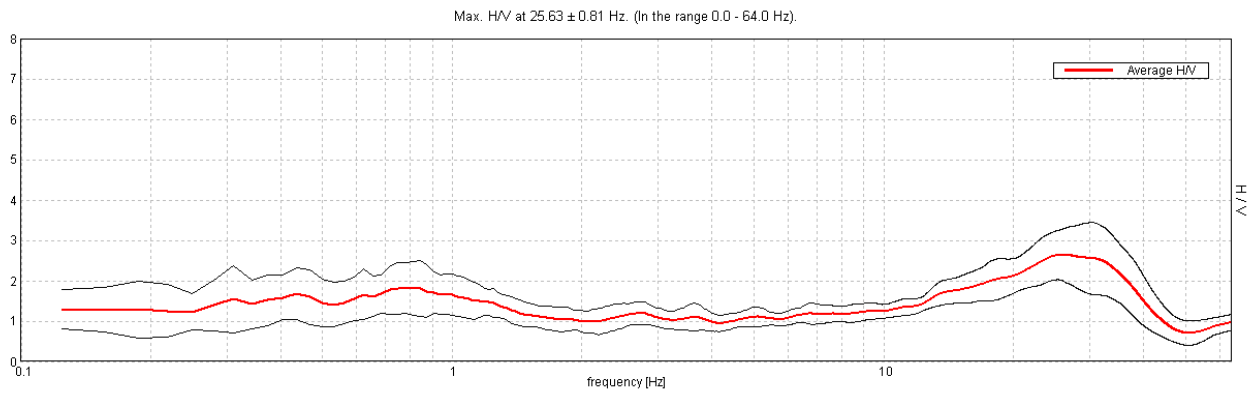
Indagine in sismica a rifrazione in onde P - Dromocrone

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR15

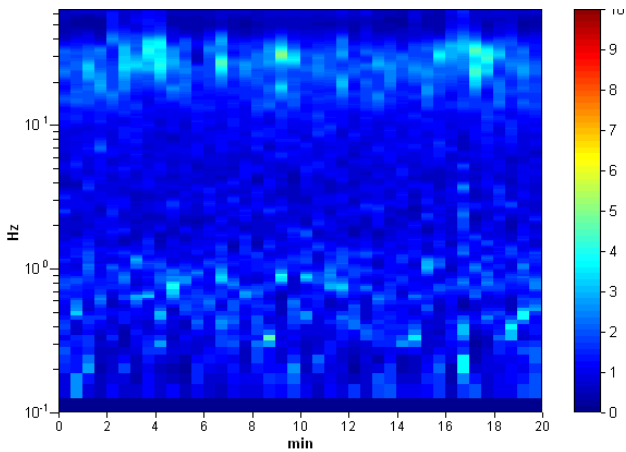
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 14:39:21 Fine registrazione: 30/10/12 14:59:22
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

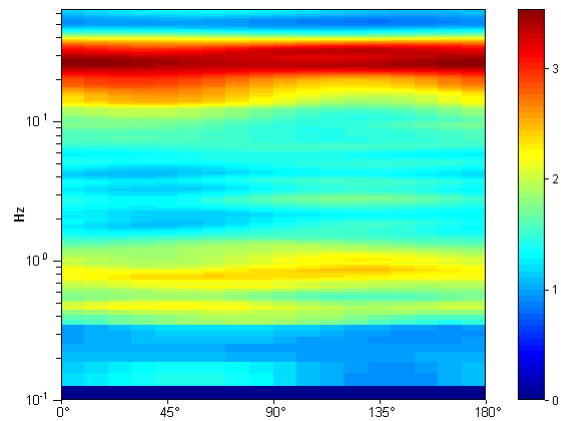
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



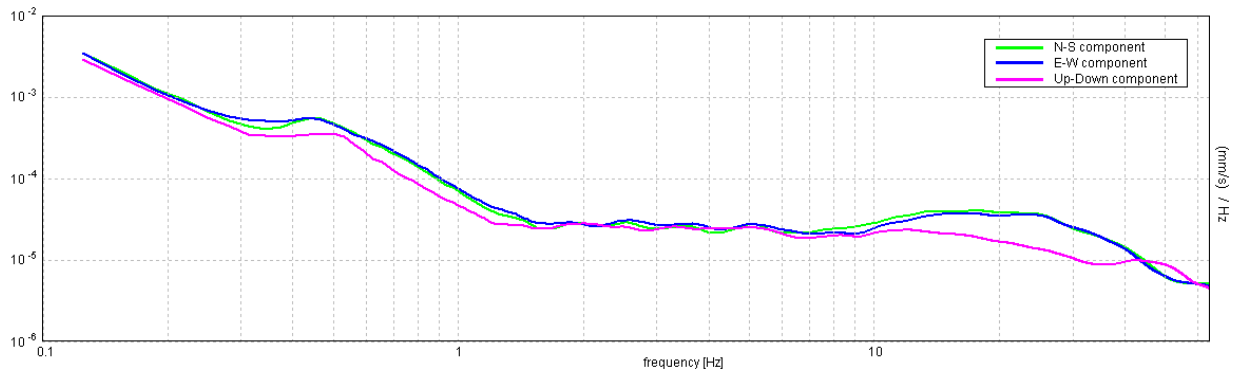
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR15 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 25.63 ± 0.81 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	25.63 > 0.33	OK	
$n_c(f_0) > 200$	30750.0 > 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 1231	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

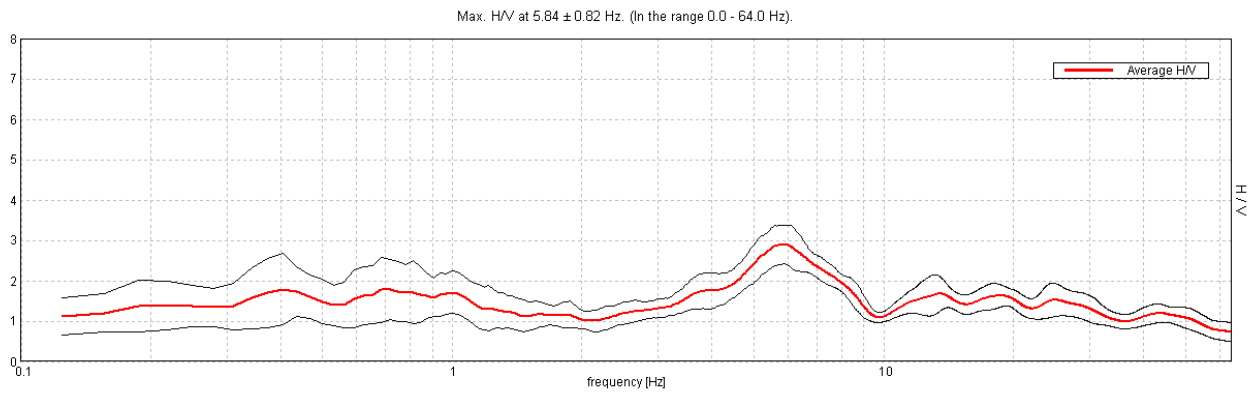
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.844 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	41.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.64 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03169 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.81212 < 1.28125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6186 < 1.58	OK	

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR16

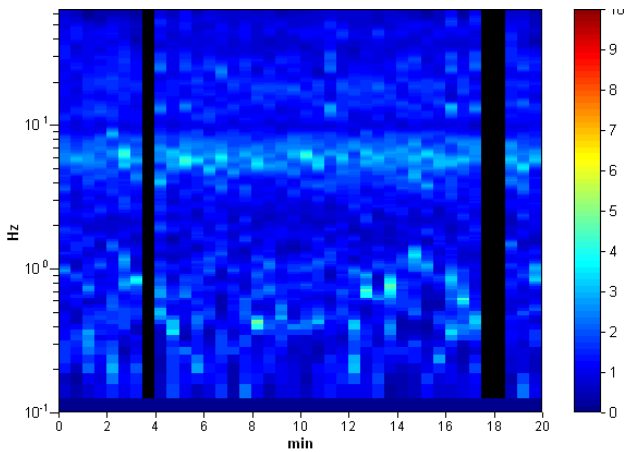
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 15:25:27 Fine registrazione: 30/10/12 15:45:28
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

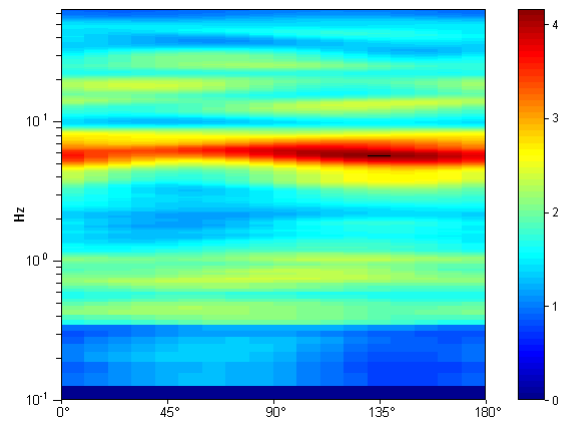
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



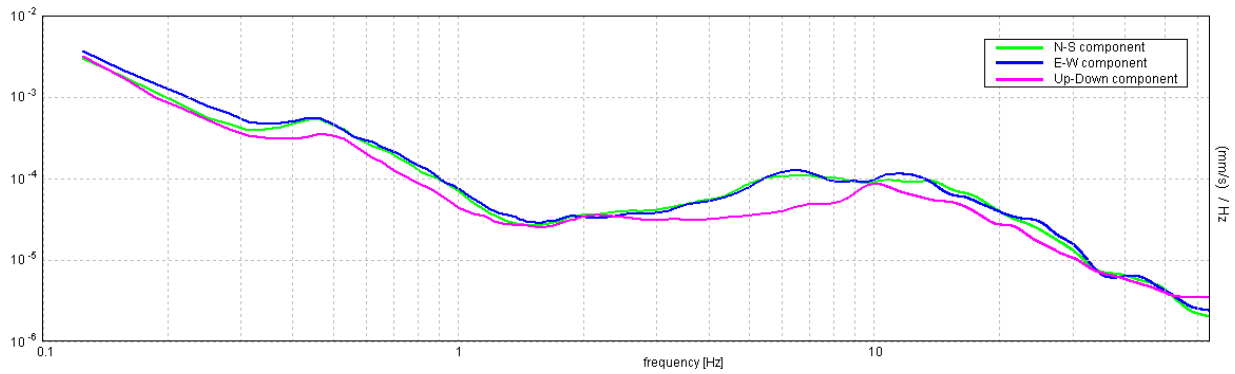
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR16 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 5.84 ± 0.82 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.84 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6486.6 > 200$	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 282	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.313 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.89 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1398 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.81697 < 0.29219$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4818 < 1.58$	OK	



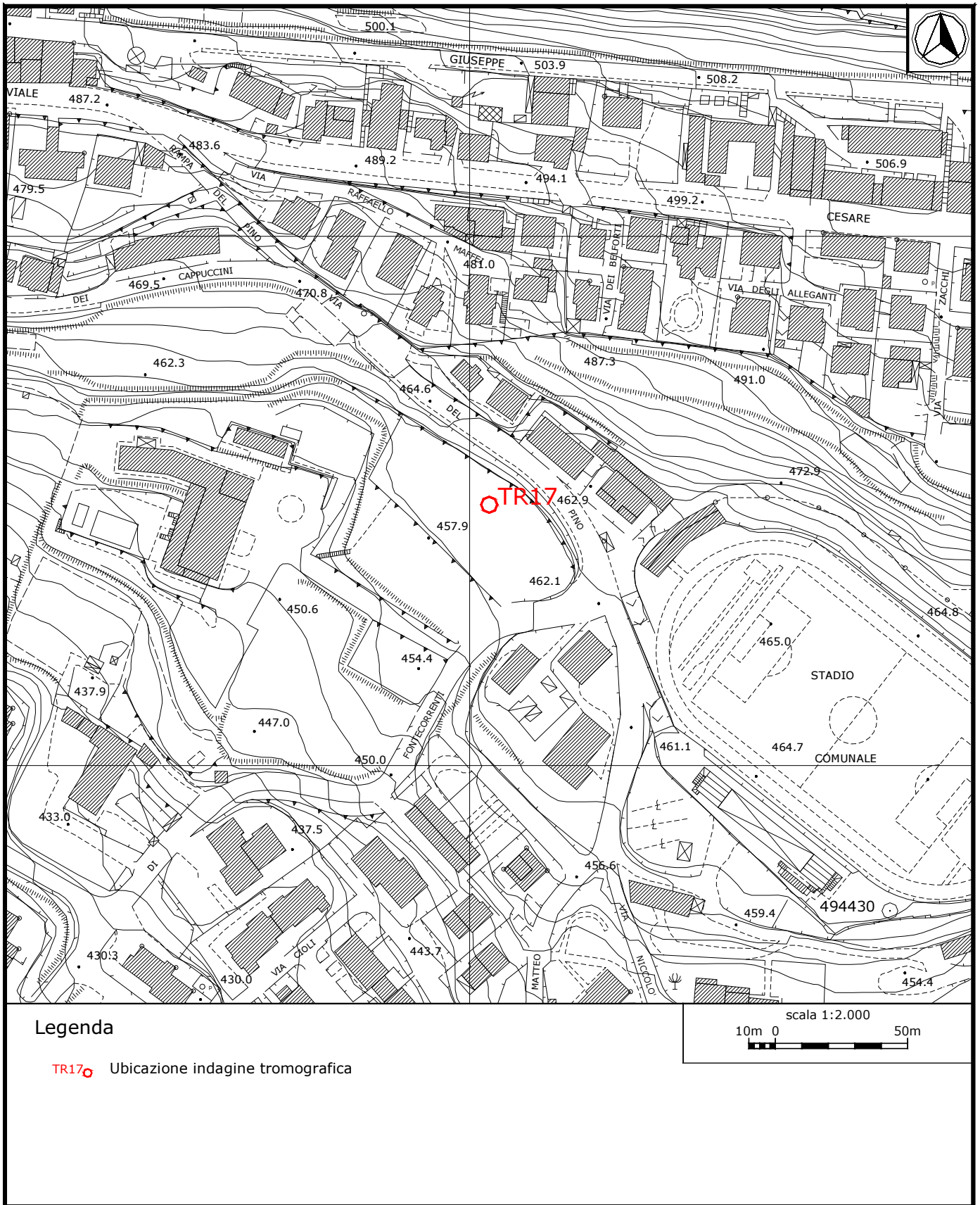
Indagine MASW_3 e sismica a rifrazione - Documentazione fotografica.



Indagine TR15 - Documentazione fotografica.



Indagine TR16 - Documentazione fotografica.



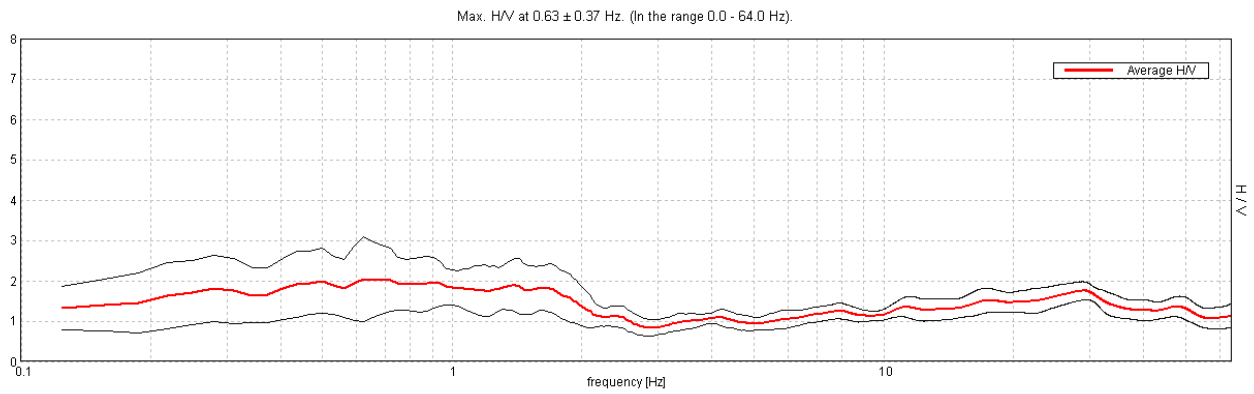
Dettaglio indagine in sismica passiva TR17.

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR17

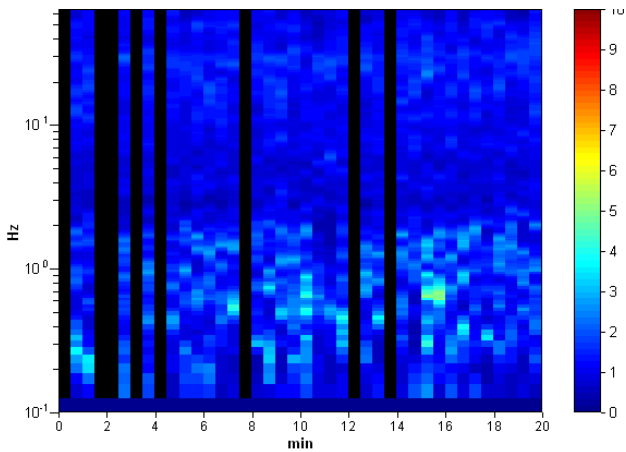
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 16:47:23 Fine registrazione: 30/10/12 17:07:24
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

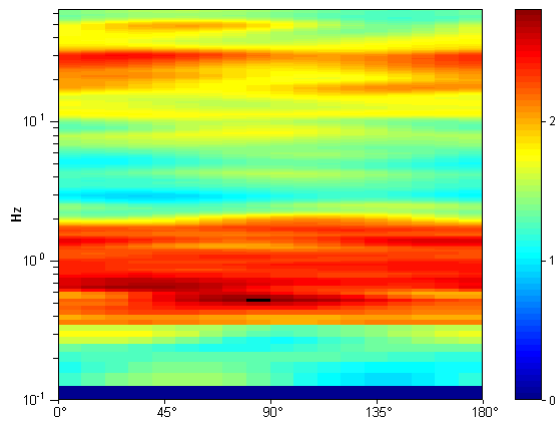
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



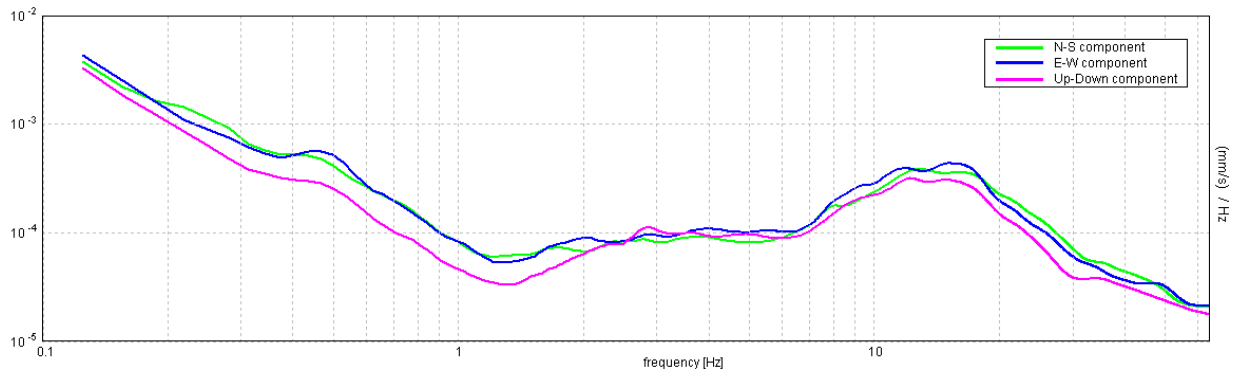
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR17 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.63 ± 0.37 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$600.0 > 200$	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 31	OK	

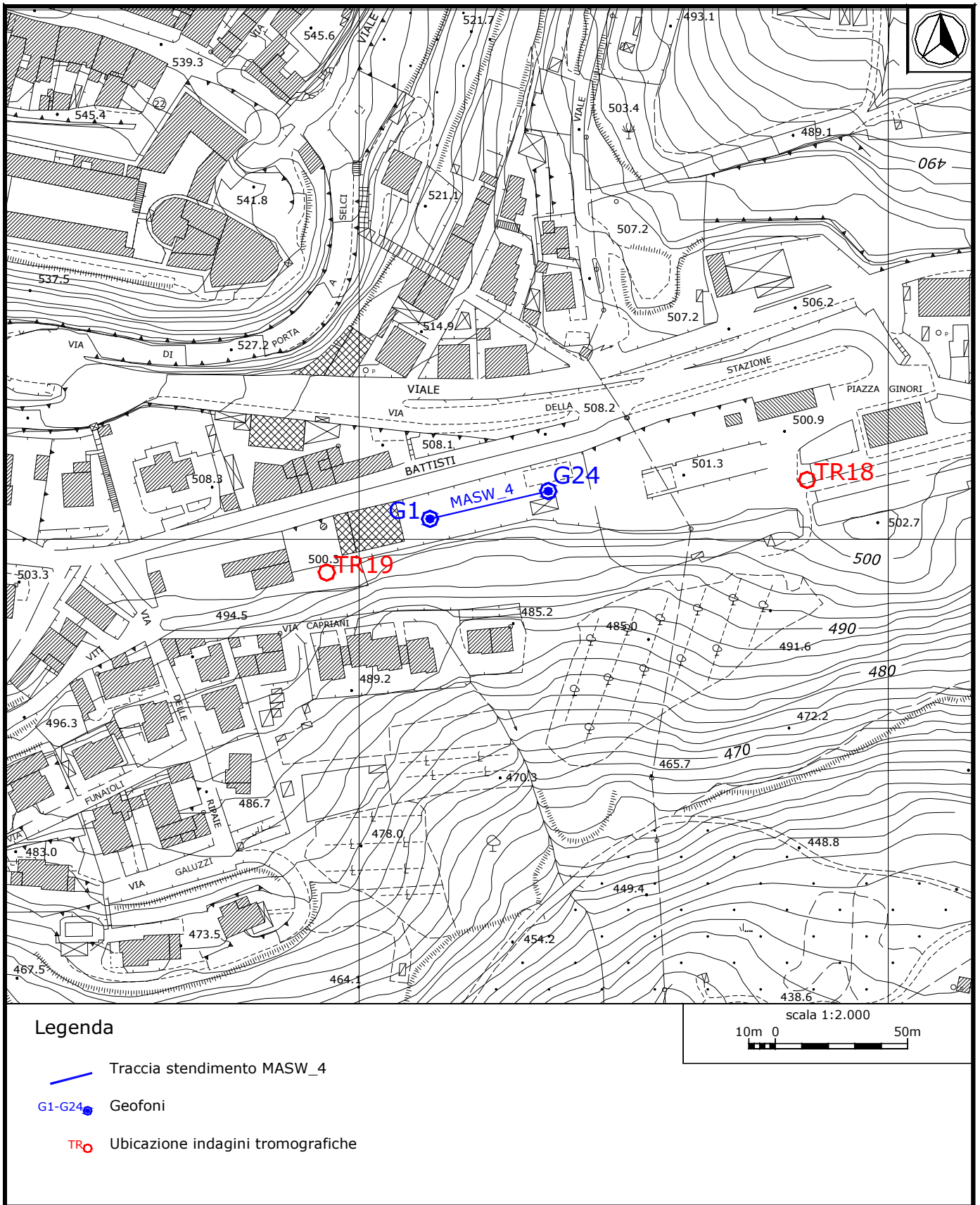
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.03 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.58803 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.36752 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0507 < 2.0$	OK	

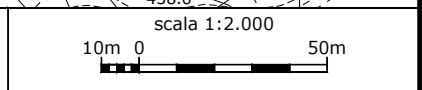


Indagine TR17 - Documentazione fotografica.

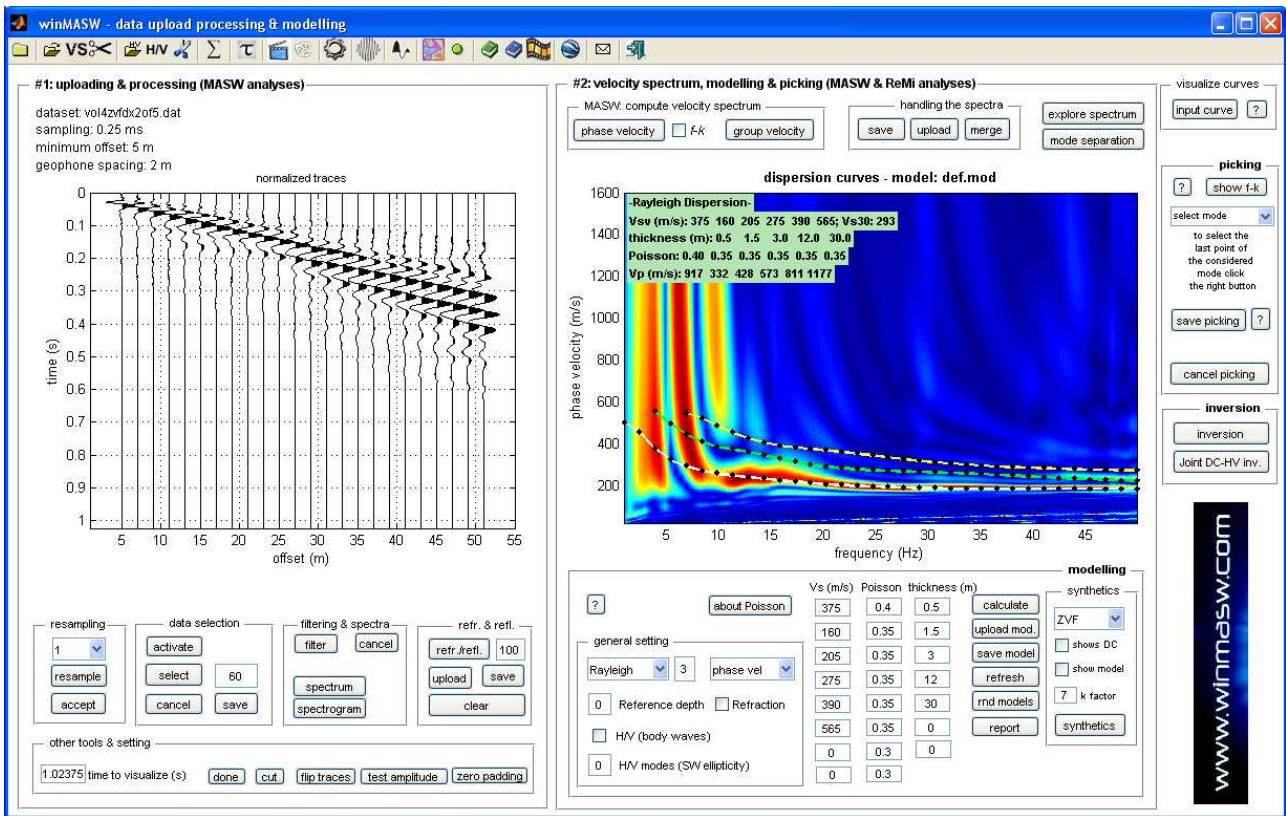


Legenda

- Traccia stendimento MASW_4
- Geofoni
- Ubicazione indagini tromografiche



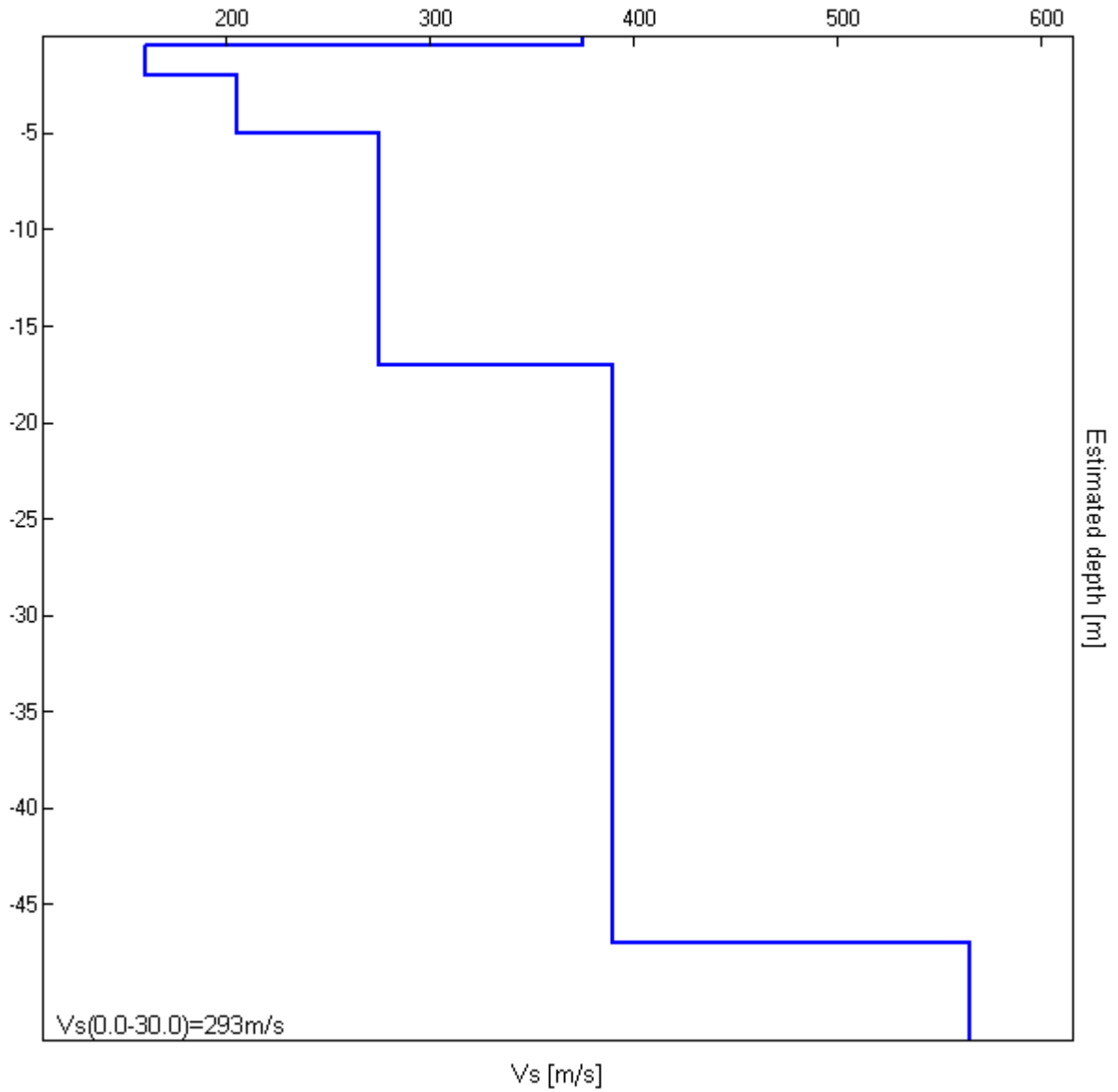
Dettaglio indagine MASW_4 e indagini in sismica passiva TR18 e TR19.



Indagine MASW_4. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione calcolato

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.50	0.50	375
2.00	1.50	160
5.00	3.00	205
17.00	12.00	275
47.00	30.00	390
inf.	inf.	565

Vs(0.0-30.0)=293m/s



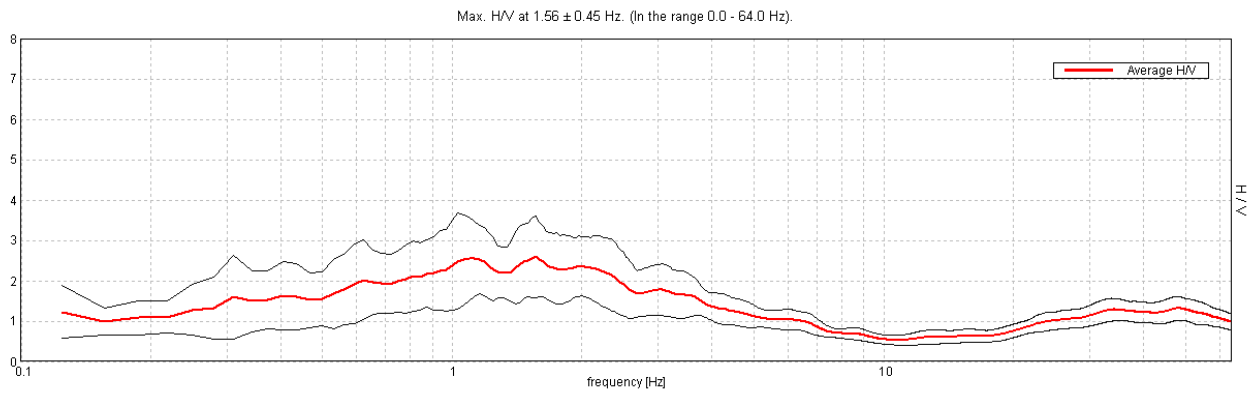
Indagine MASW_4. Profilo verticale delle V_s .

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR18

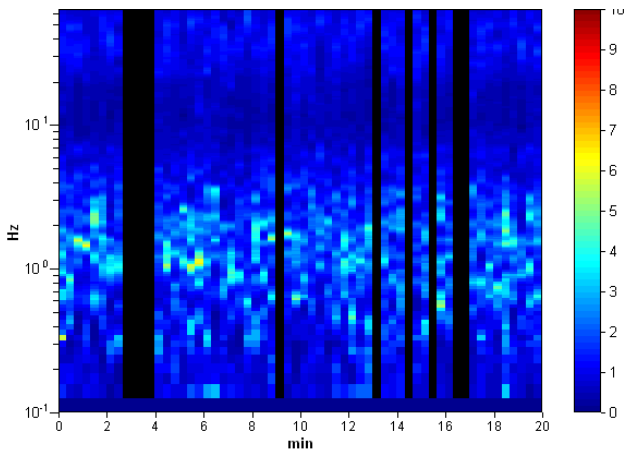
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 17:21:56 Fine registrazione: 30/10/12 17:41:57
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

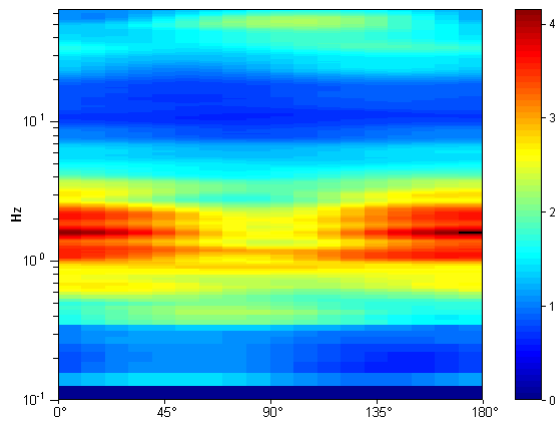
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



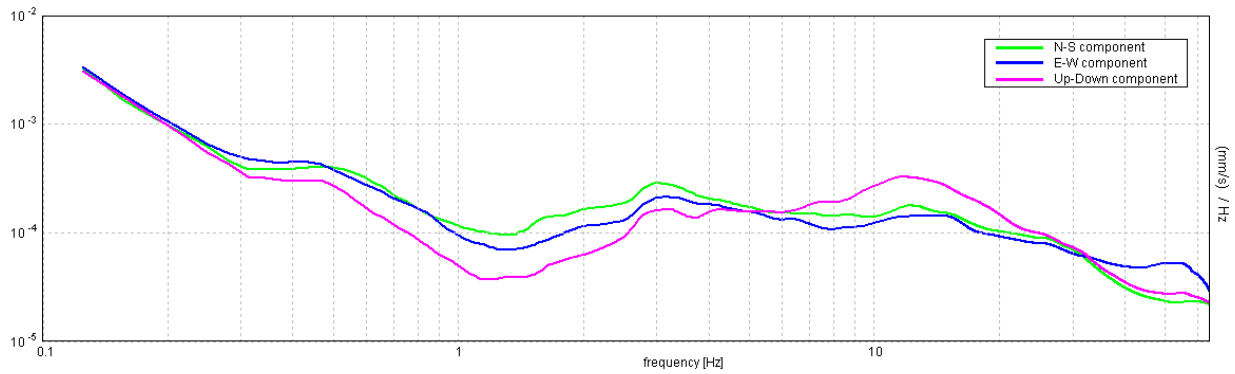
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR18 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 1.56 ± 0.45 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1562.5 > 200$	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 76	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

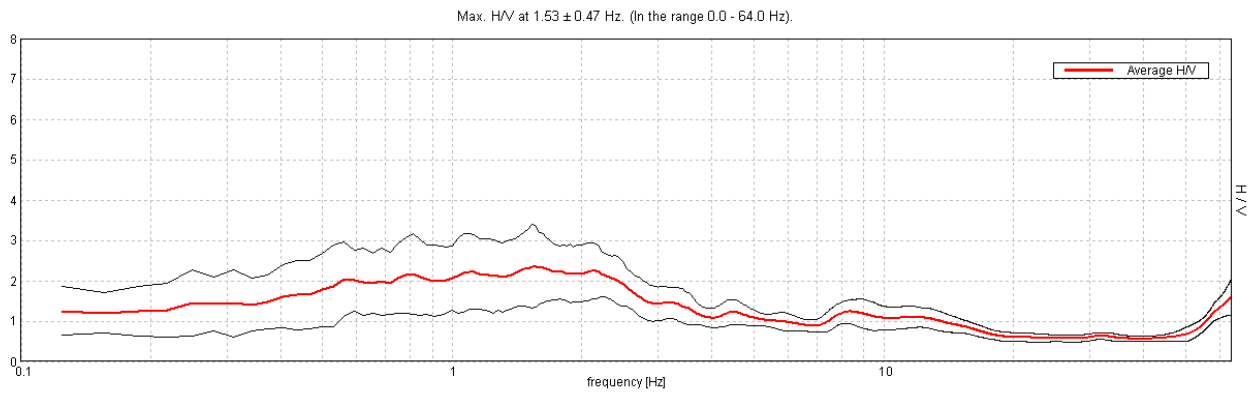
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.59 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.28686 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.44822 < 0.15625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0139 < 1.78$	OK	

J12_120_10_30_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR19

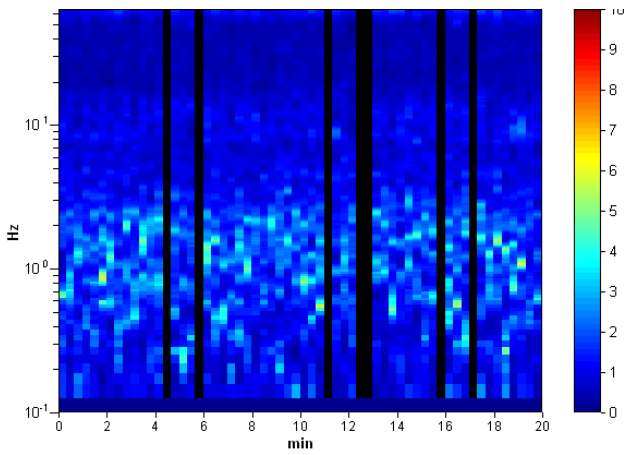
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 30/10/12 18:03:27 Fine registrazione: 30/10/12 18:23:28
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

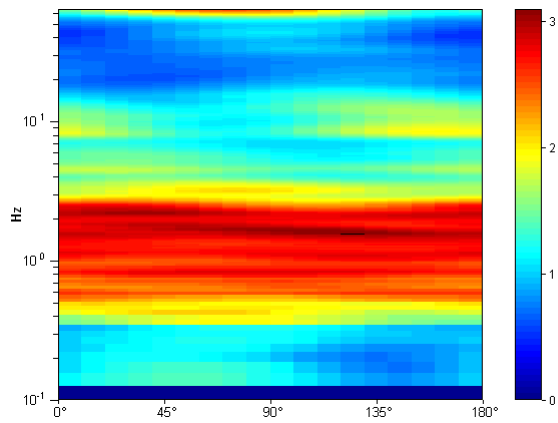
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



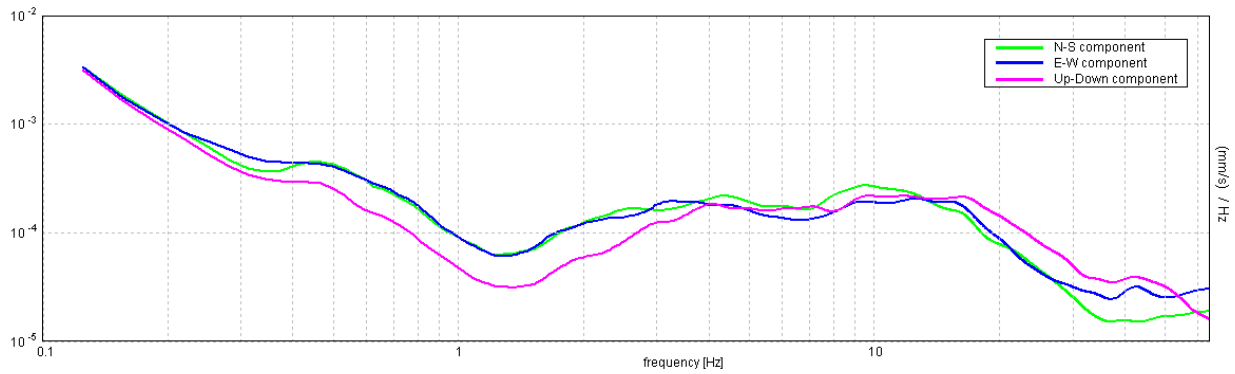
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR19 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 1.53 ± 0.47 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	
$n_c(f_0) > 200$	$1623.1 > 200$	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 $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.36 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.31006 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.47478 < 0.15313$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0379 < 1.78$	OK	



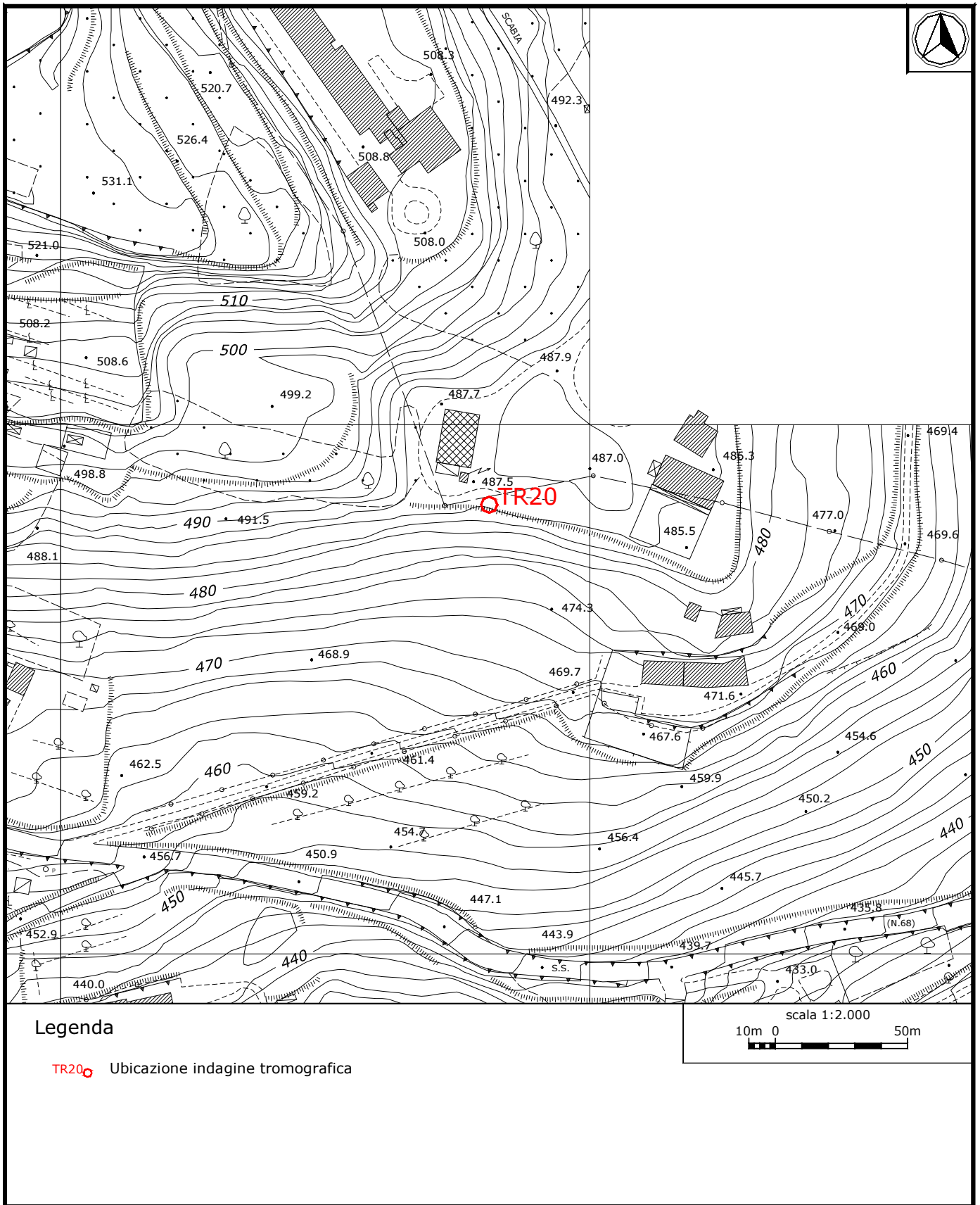
Indagine MASW_4 - Documentazione fotografica.



Indagine TR18 - Documentazione fotografica.



Indagine TR18 - Documentazione fotografica.



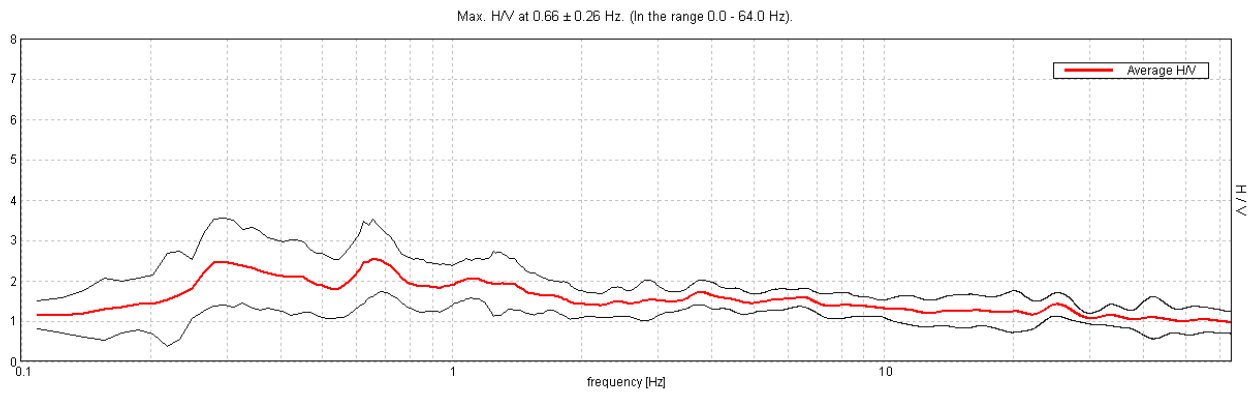
Dettaglio indagine in sismica passiva TR20.

J12_120_11_19_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR20

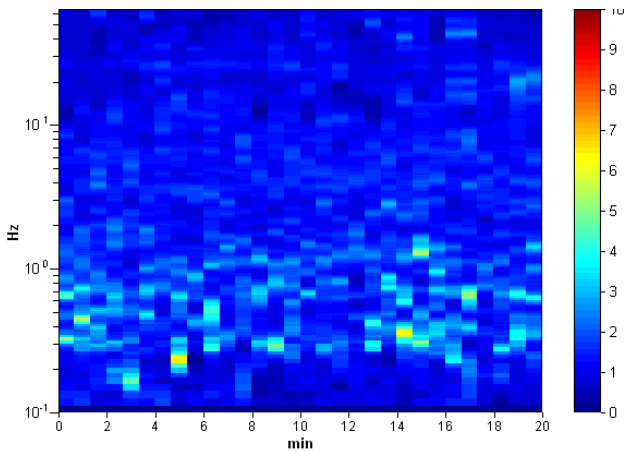
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 19/11/12 12:14:55 Fine registrazione: 19/11/12 12:34:56
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 40 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

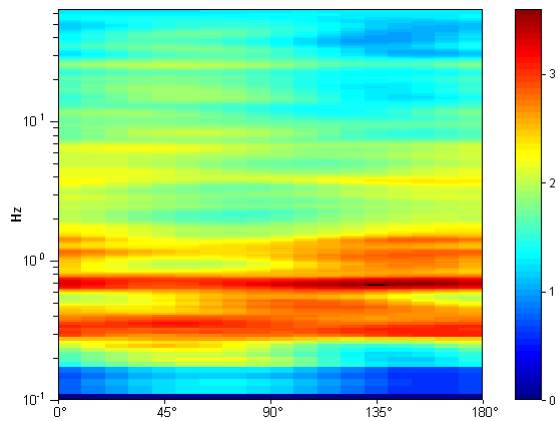
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



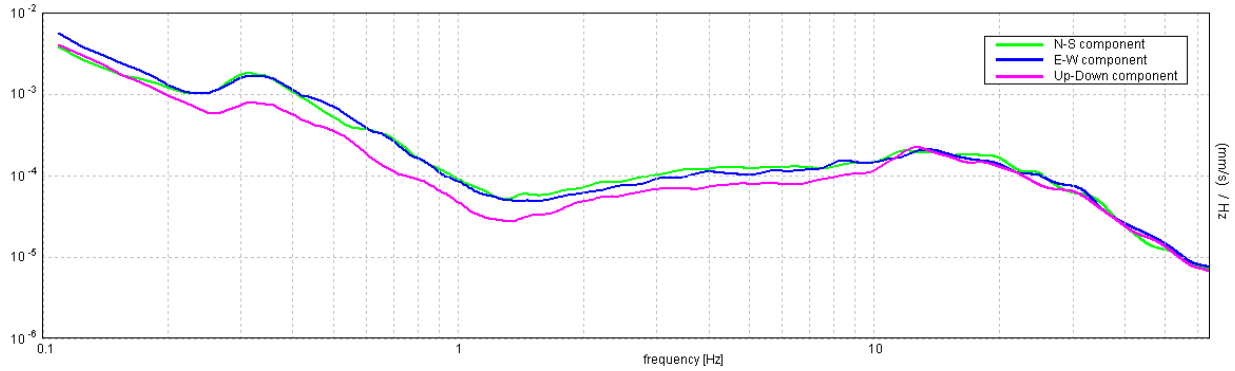
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR20 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.66 ± 0.26 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.66 > 0.25$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$787.5 > 200$	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 64	OK	

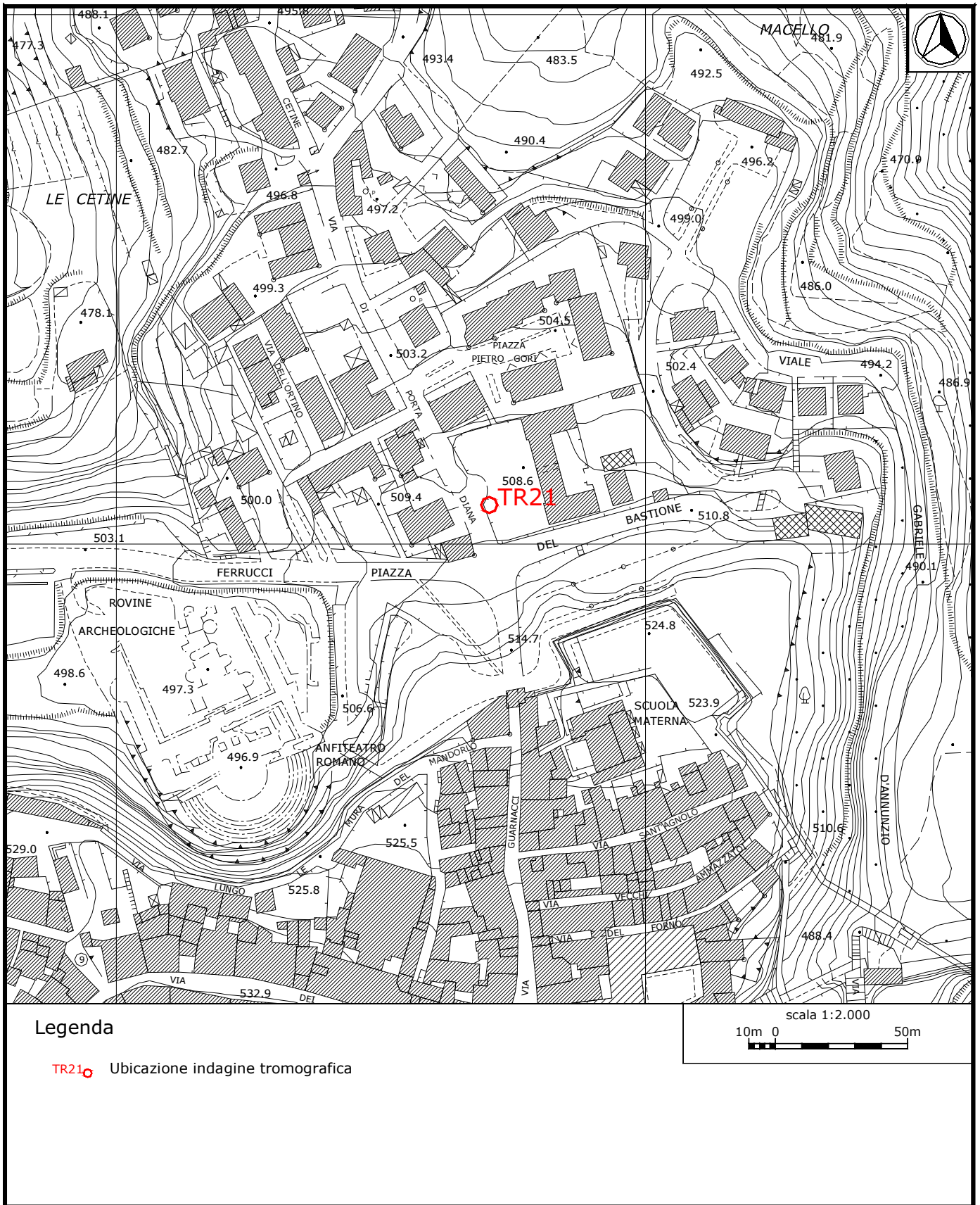
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.56 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39653 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.26022 < 0.09844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9523 < 2.0$	OK	



Indagine TR20 - Documentazione fotografica.



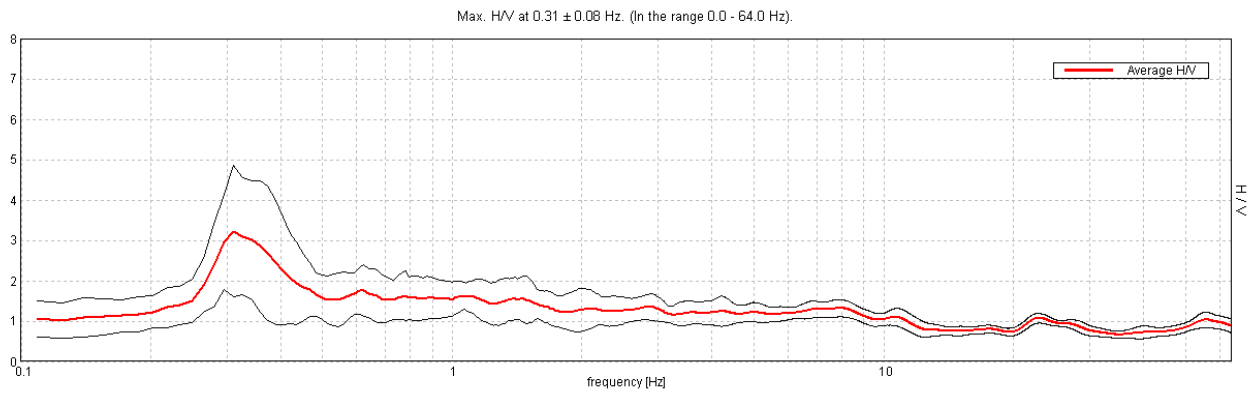
Dettaglio indagine in sismica passiva TR21.

J12_120_11_19_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR21

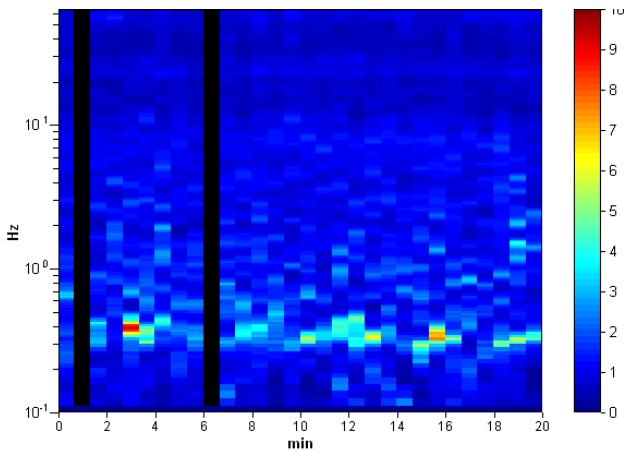
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 19/11/12 12:59:52 Fine registrazione: 19/11/12 13:19:52
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 93% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 40 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

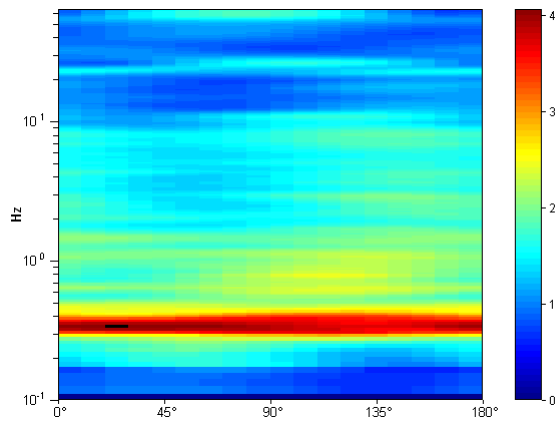
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



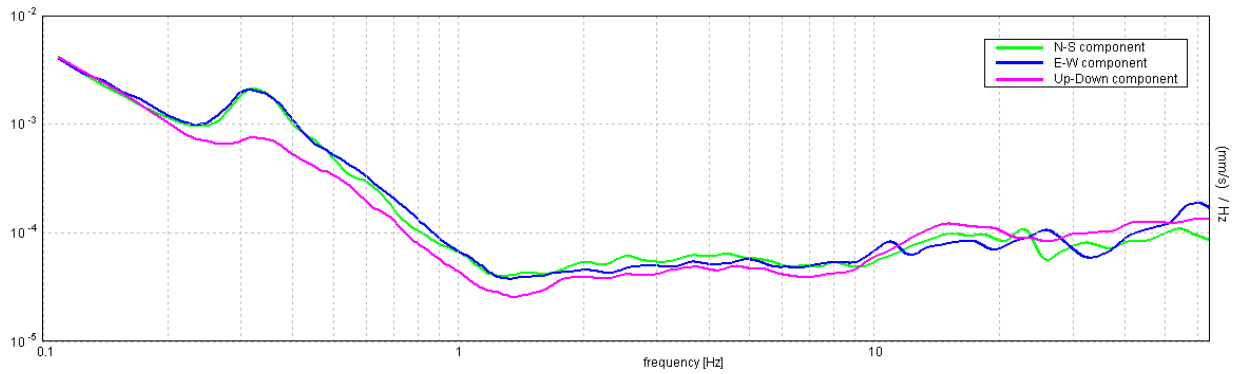
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR21 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.31 ± 0.08 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.25$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$350.0 > 200$	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 31	OK	

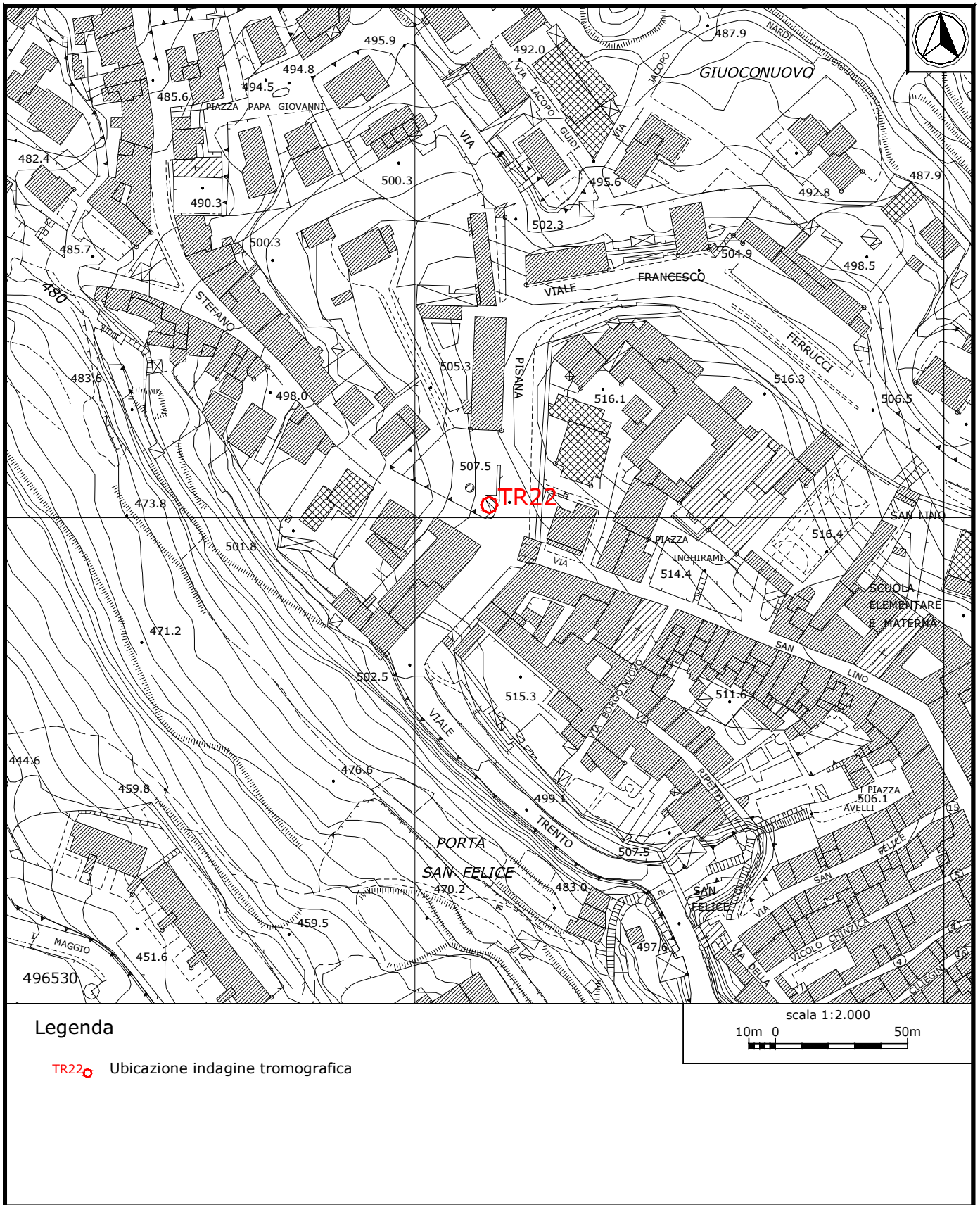
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.23 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.26152 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.08173 < 0.0625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.6166 < 2.5$	OK	



Indagine TR21 - Documentazione fotografica.



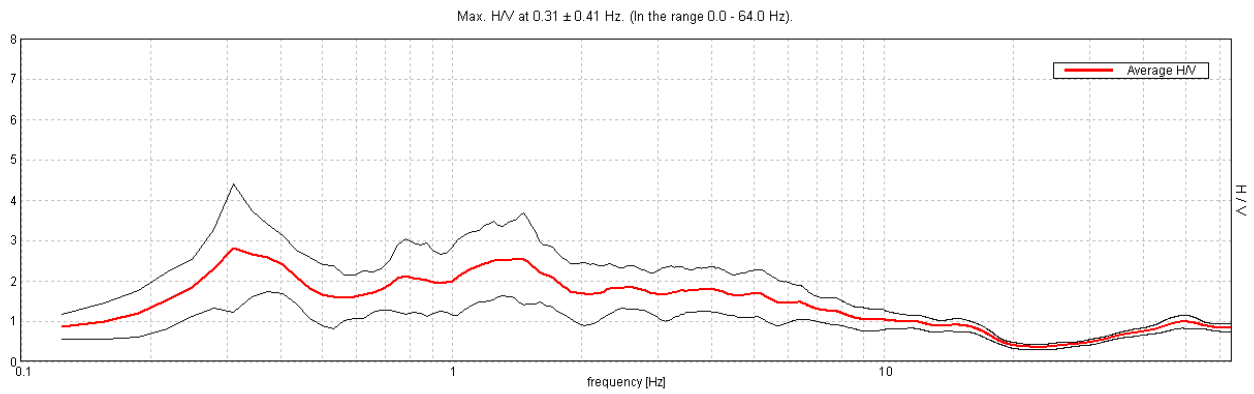
Dettaglio indagine in sismica passiva TR22.

J12_120_11_19_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR22

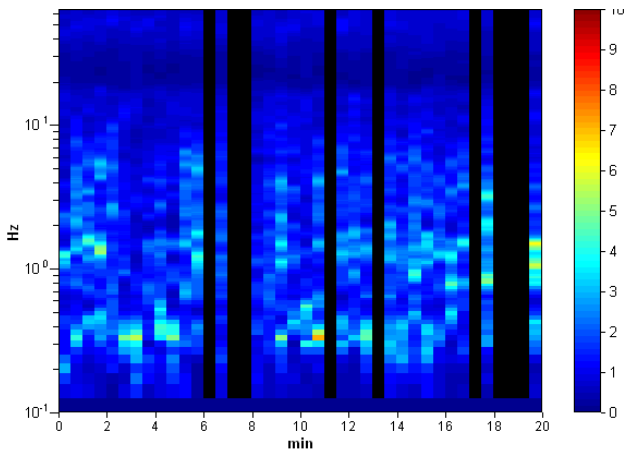
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 19/11/12 13:28:30 Fine registrazione: 19/11/12 13:48:31
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

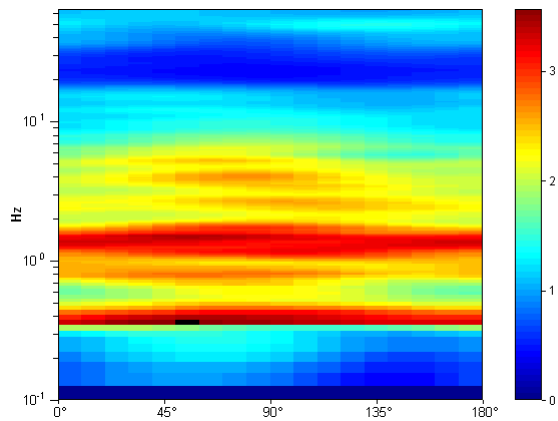
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



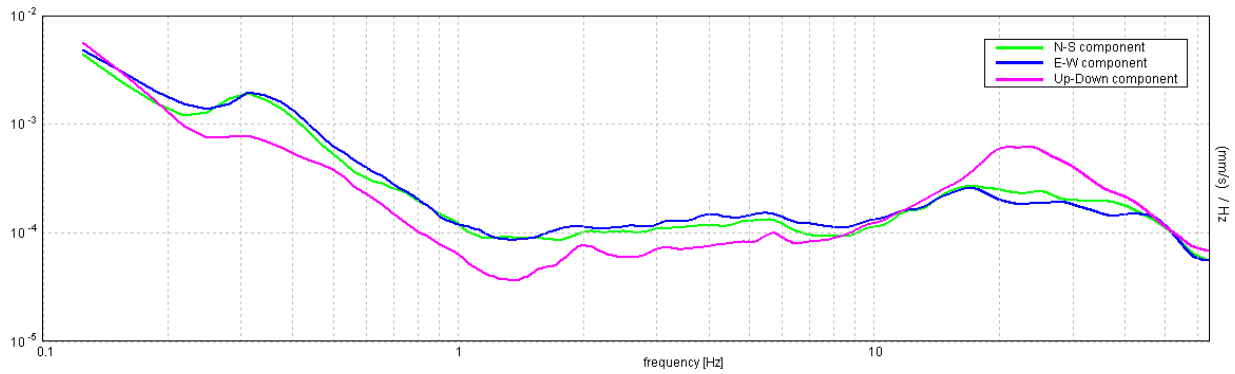
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR22 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.31 ± 0.41 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.33$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$290.6 > 200$	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 16	OK	

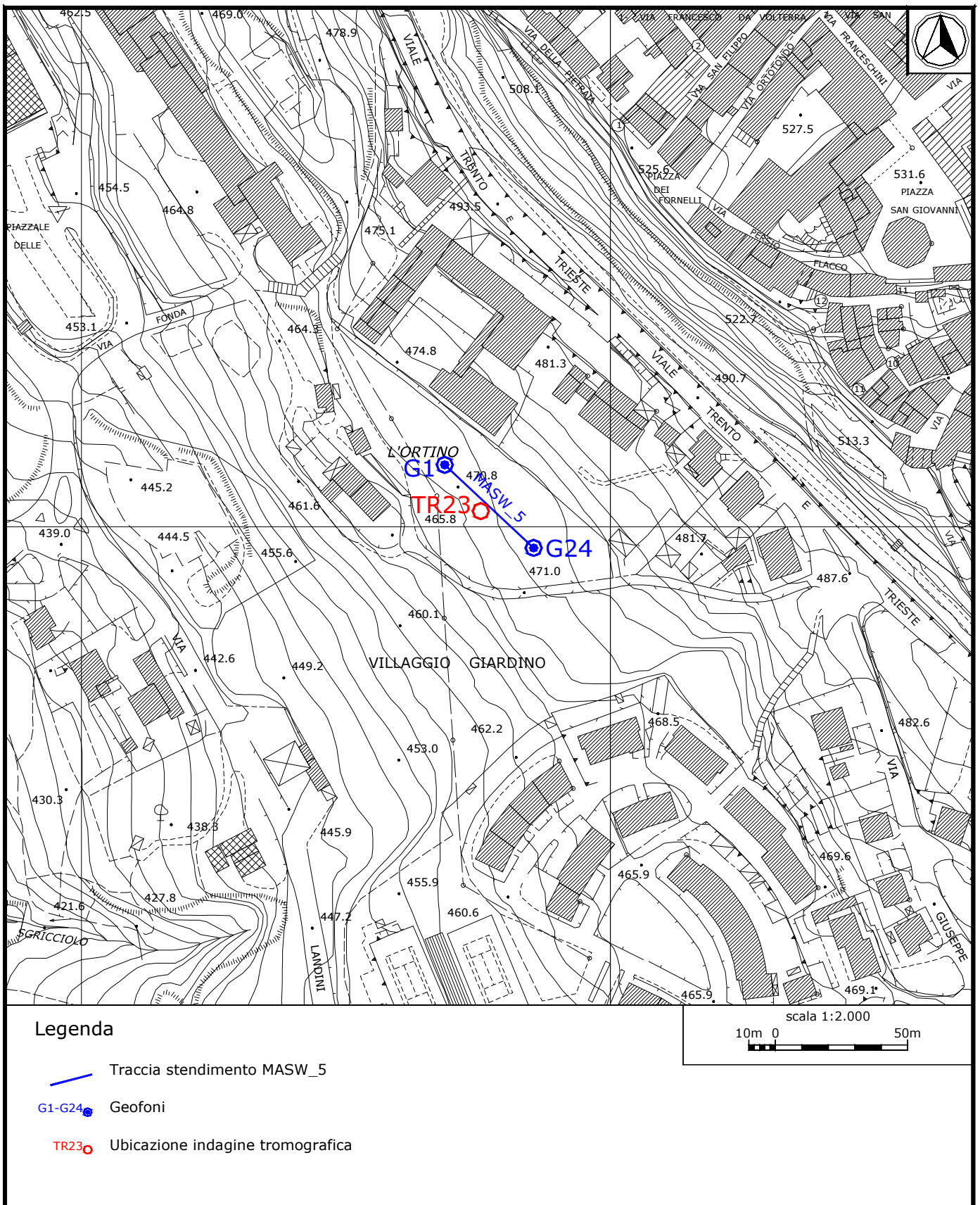
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.80 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.30557 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	$0.40799 < 0.0625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.596 < 2.5$	OK	



Indagine TR22 - Documentazione fotografica.

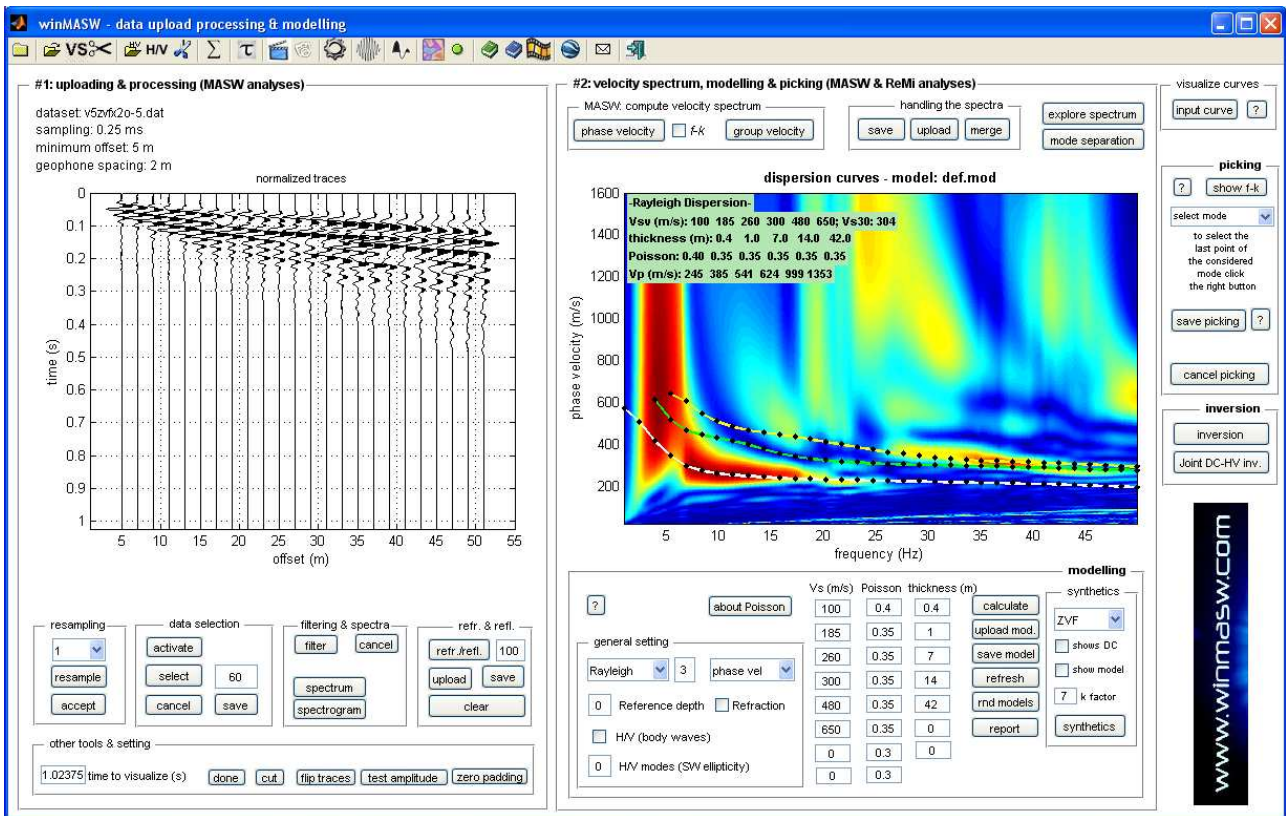


Legenda

- Traccia stendimento MASW_5
- G1-G24 Geofoni
- TR230 Ubicazione indagine tromografica

scala 1:2.000
10m 0 50m

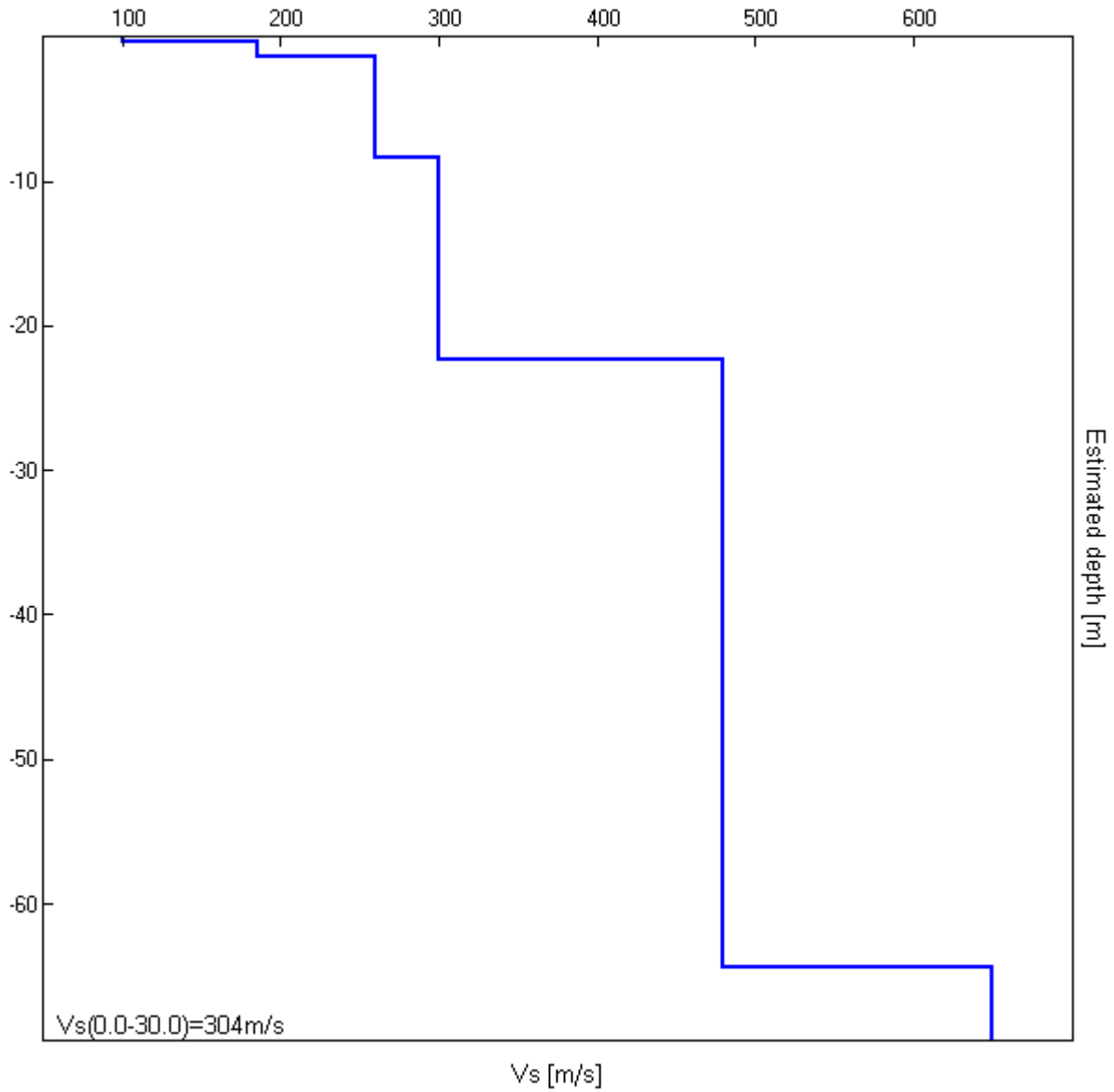
Dettaglio indagine MASW_5 e indagini in sismica passiva TR23.



Indagine MASW_5. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione calcolato

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.40	0.40	100
1.40	1.00	185
8.40	7.00	260
22.40	14.00	300
64.40	42.00	480
inf.	inf.	650

Vs(0.0-30.0)=304m/s



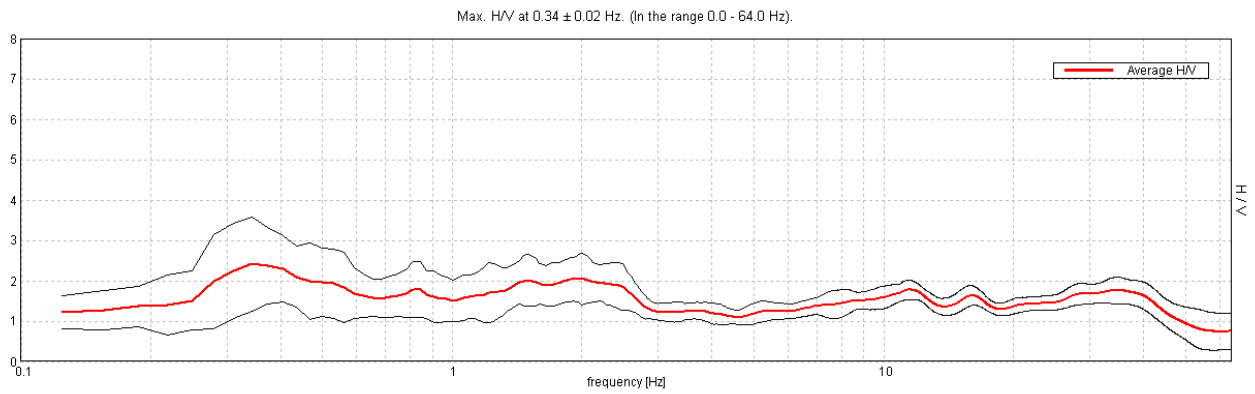
Indagine MASW_5. Profilo verticale delle Vs.

J12_120_11_19_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR23

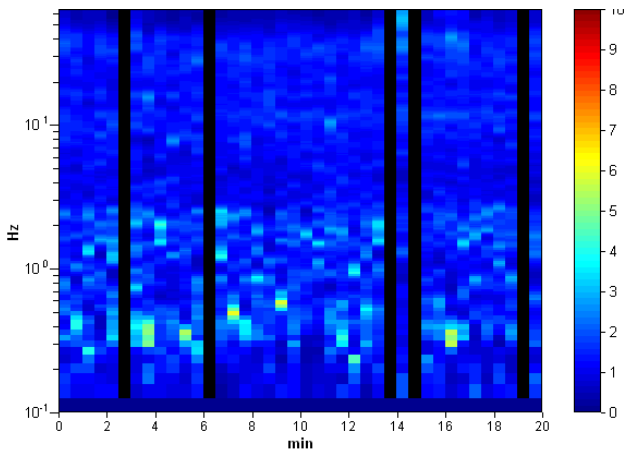
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 19/11/12 14:57:24 Fine registrazione: 19/11/12 15:17:25
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

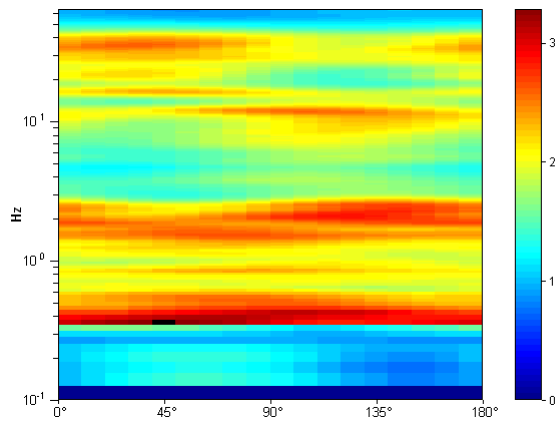
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



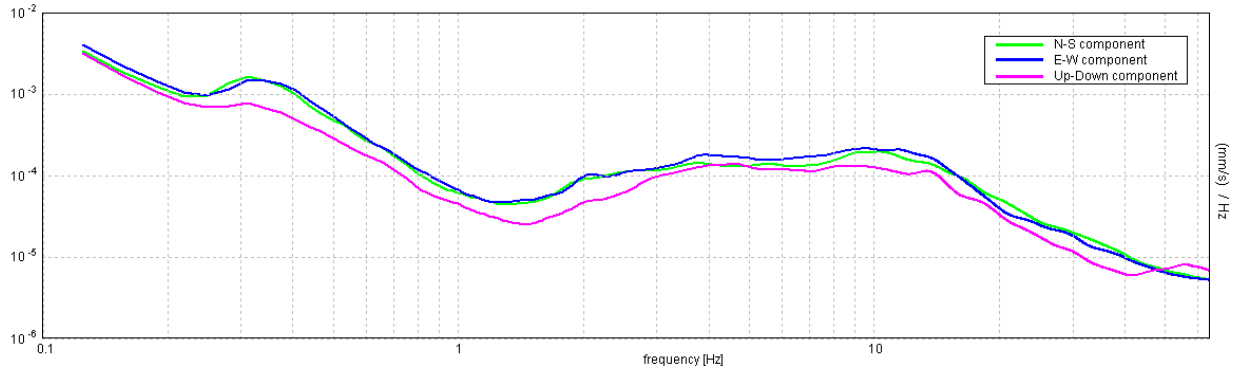
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR23 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.34 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.34 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$360.9 > 200$	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 18	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

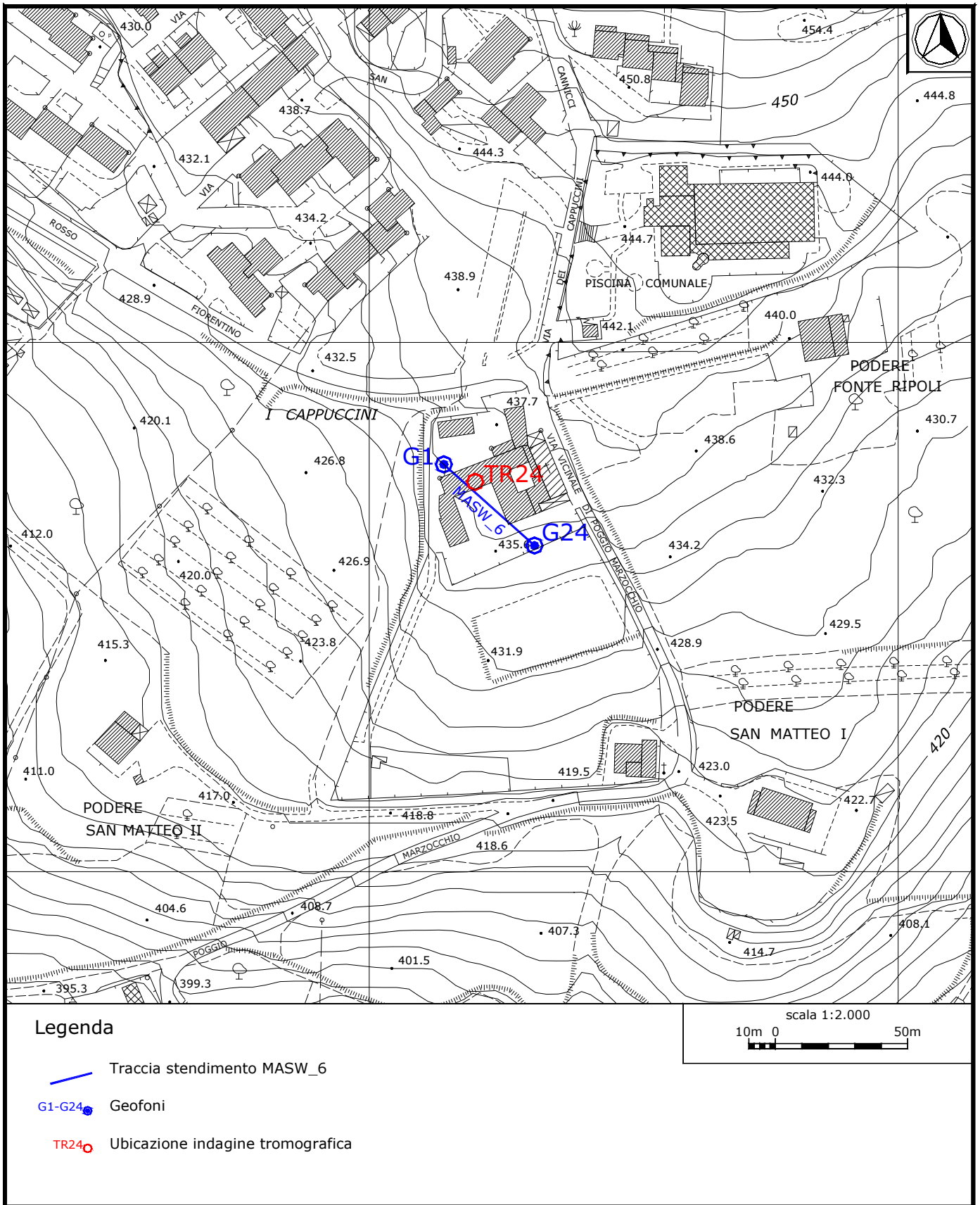
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.42 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07208 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02478 < 0.06875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.1705 < 2.5$	OK	



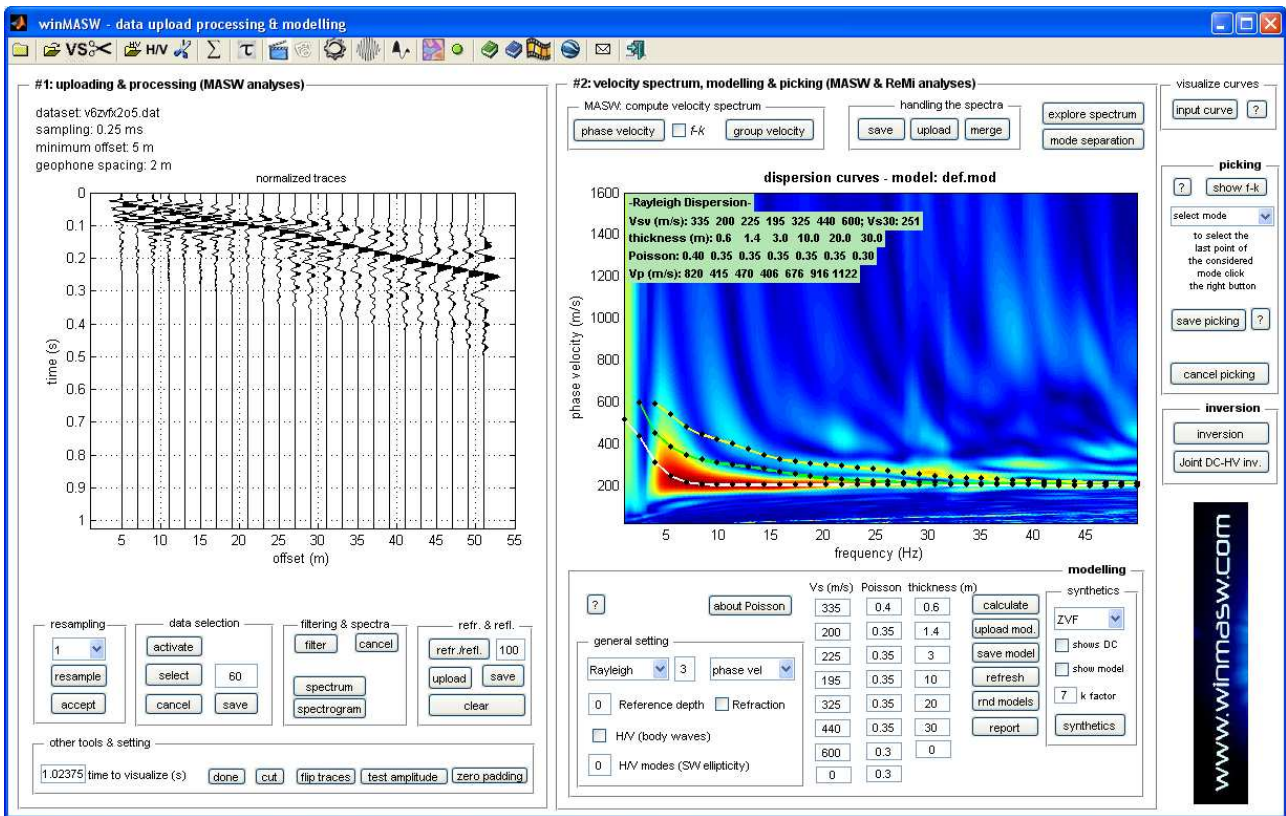
Indagine MASW_5 - Documentazione fotografica.



Indagine TR23 - Documentazione fotografica.



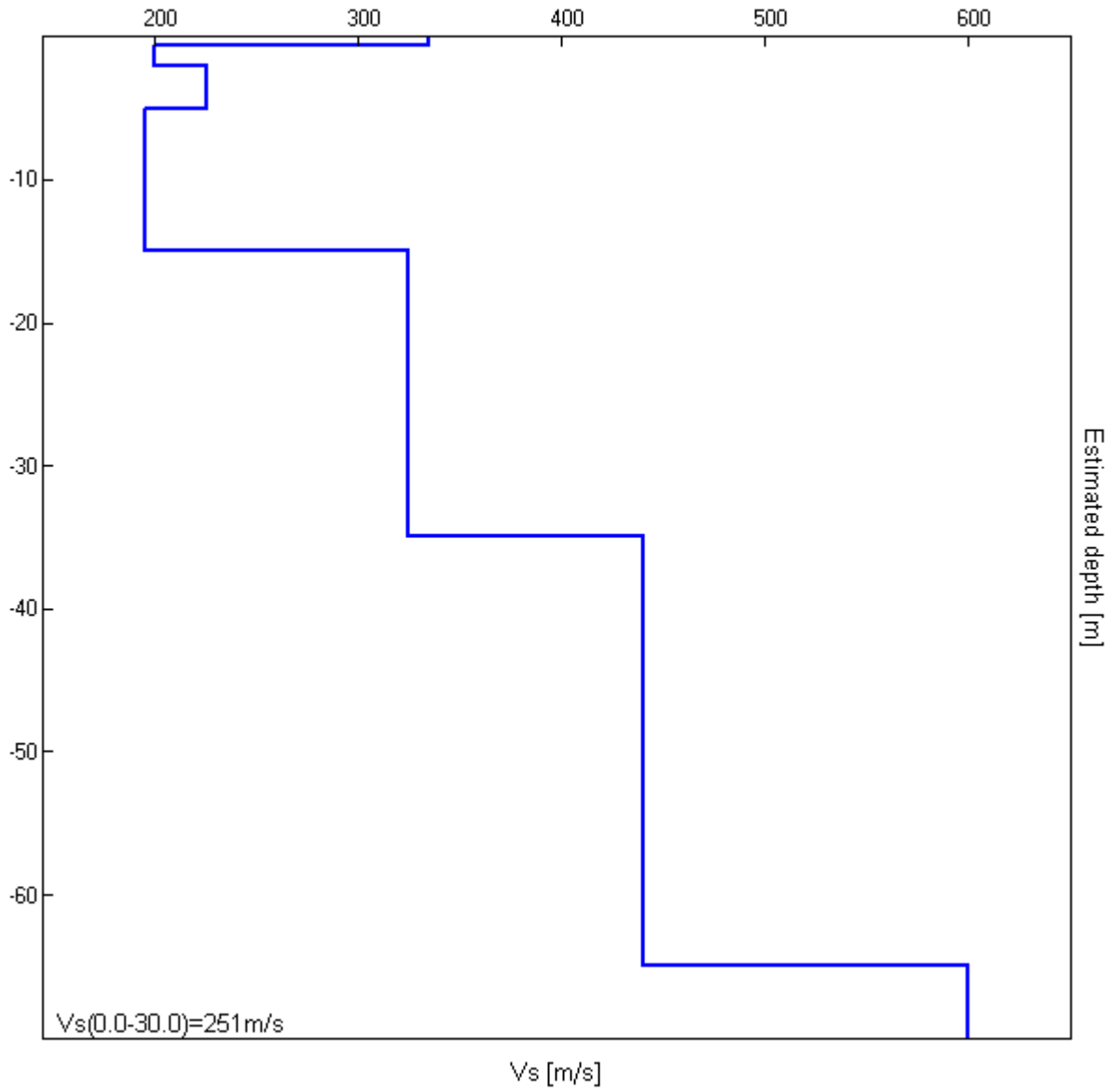
Dettaglio indagine MASW_6 e indagini in sismica passiva TR24.



Indagine MASW_6. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione calcolato

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.60	0.60	335
2.00	1.40	200
5.00	3.00	225
15.00	10.00	195
35.00	20.00	325
65.00	30.00	440
inf.	inf.	600

Vs(0.0-30.0)=251m/s



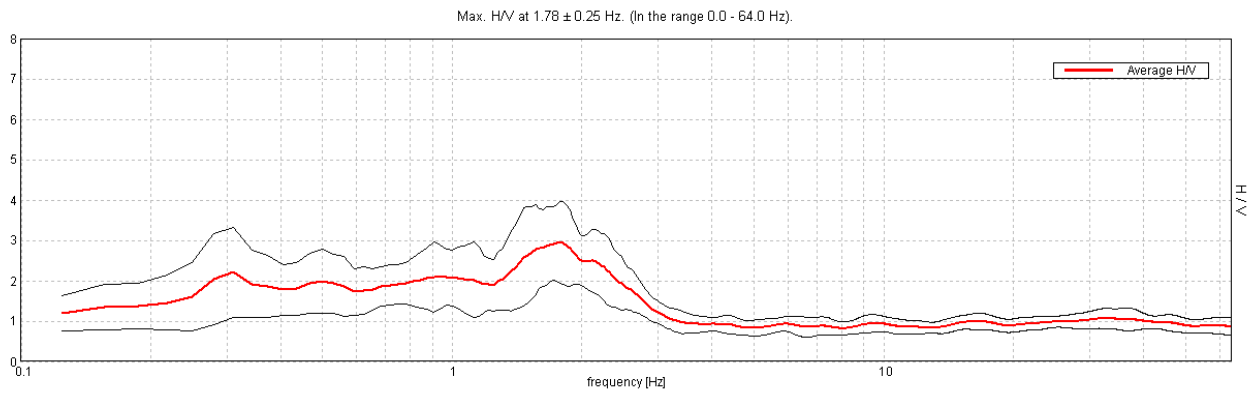
Indagine MASW_6. Profilo verticale delle V_s .

J12_120_11_19_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR24

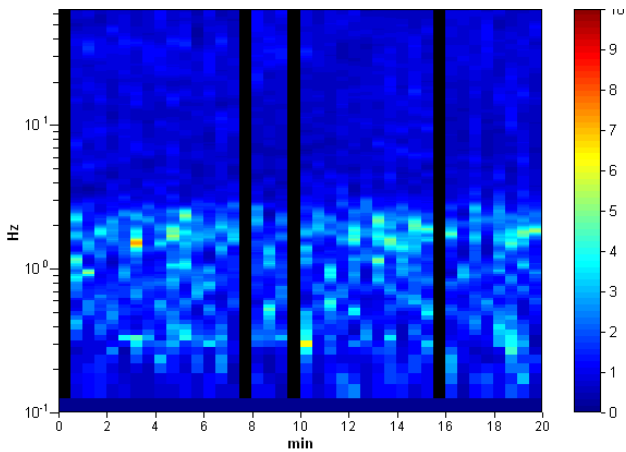
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 19/11/12 15:56:07 Fine registrazione: 19/11/12 16:16:08
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

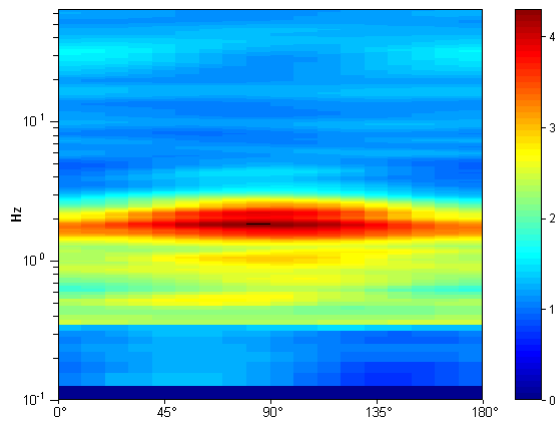
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



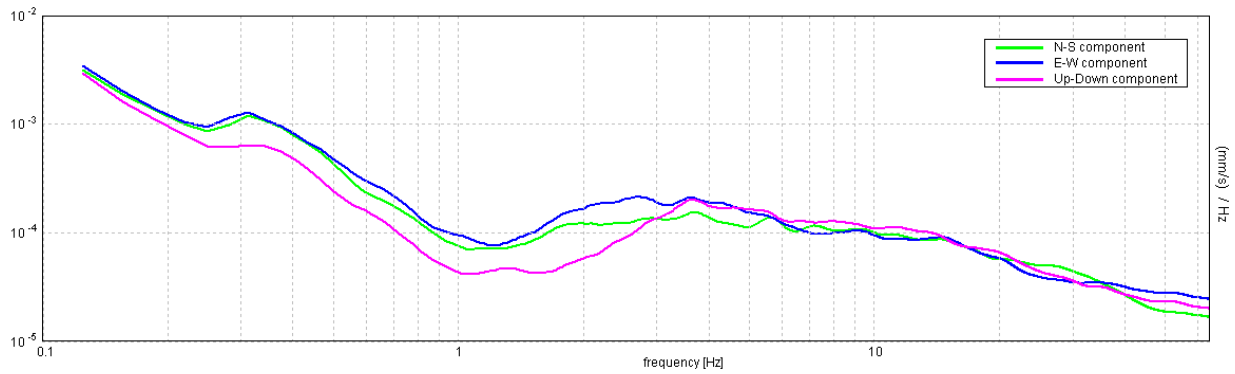
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR24 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 1.78 ± 0.25 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.78 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1923.8 > 200$	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 86	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

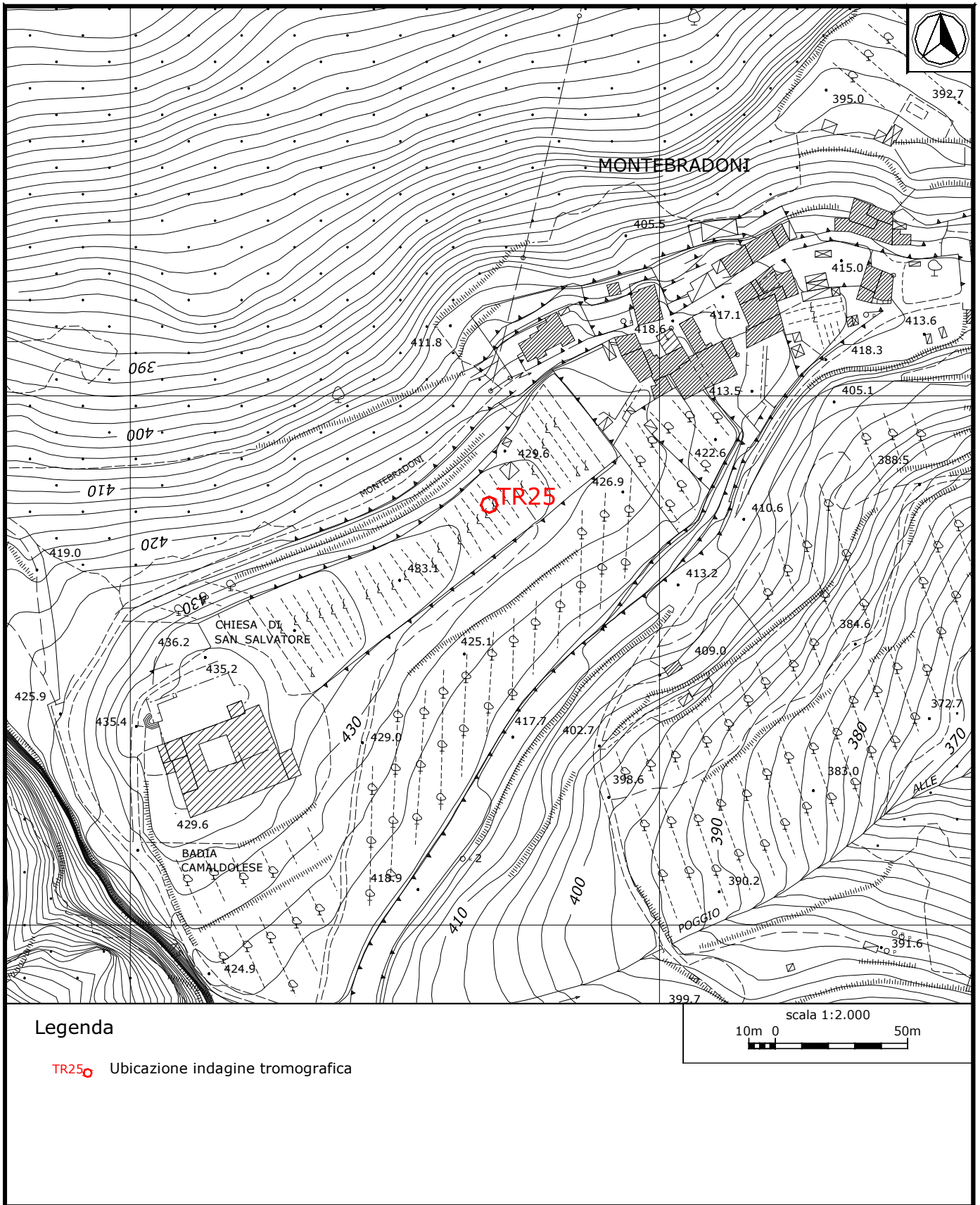
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.95 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14235 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.25356 < 0.17813$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0146 < 1.78$	OK	



Indagine MASW_6 - Documentazione fotografica.



Indagine TR24 - Documentazione fotografica.



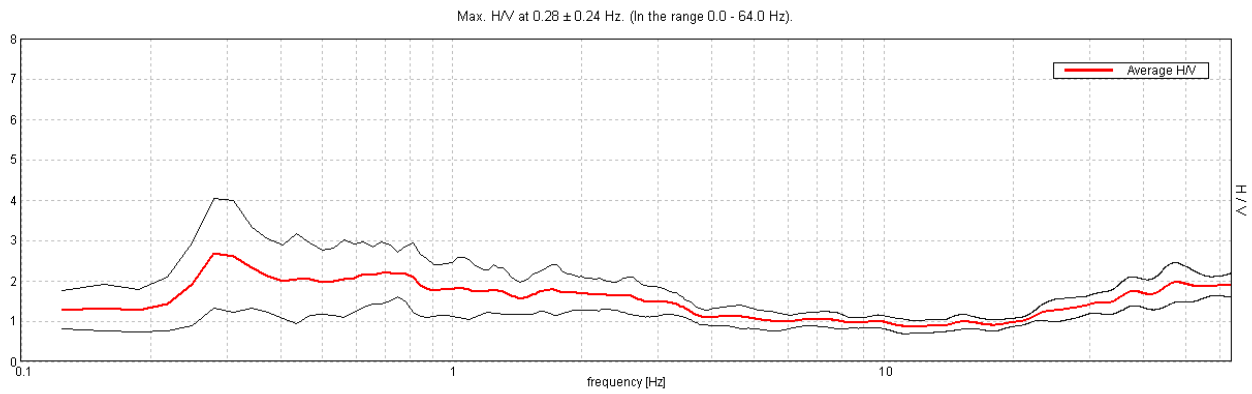
Dettaglio indagine in sismica passiva TR25.

J12_120_11_19_VOLTERRA_TR, VOLTERRA TR25

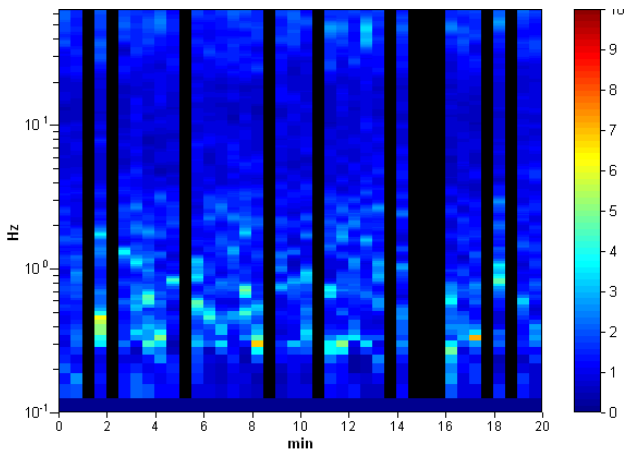
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 19/11/12 17:45:06 Fine registrazione: 19/11/12 18:05:07
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 72% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

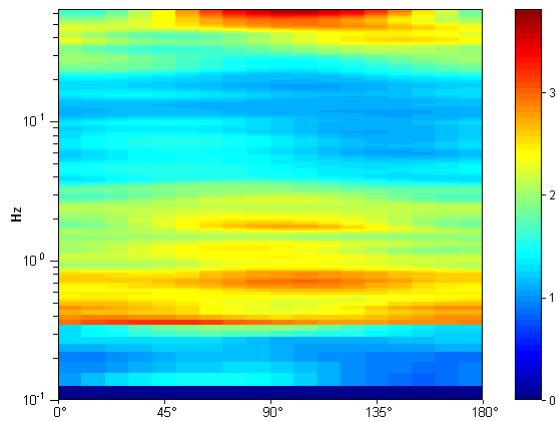
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



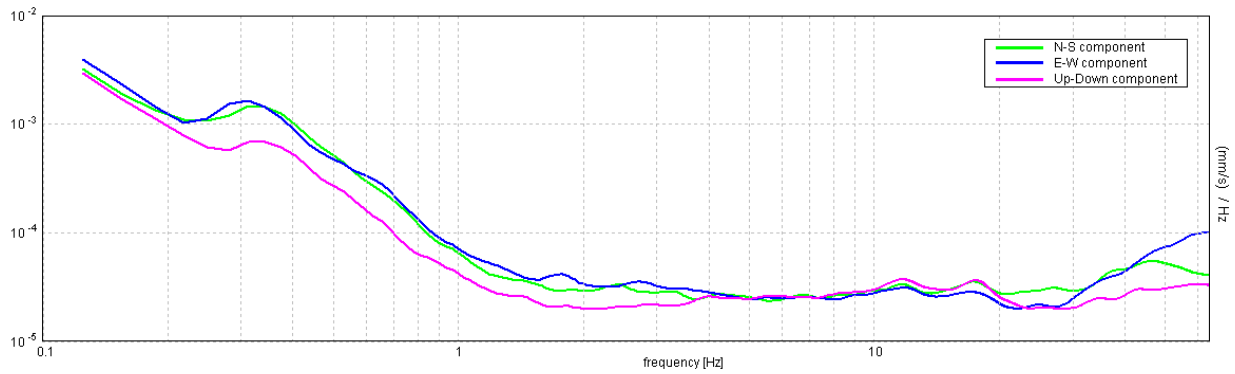
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Indagine TR25 - Verifiche secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 0.28 ± 0.24 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.28 > 0.33$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$244.7 > 200$	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 14	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.68 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.86436 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.2431 < 0.05625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.3613 < 2.5$	OK	



Indagine TR25 - Documentazione fotografica.