

# **ALLEGATO 2**

*Indagine geofisica HVSR*

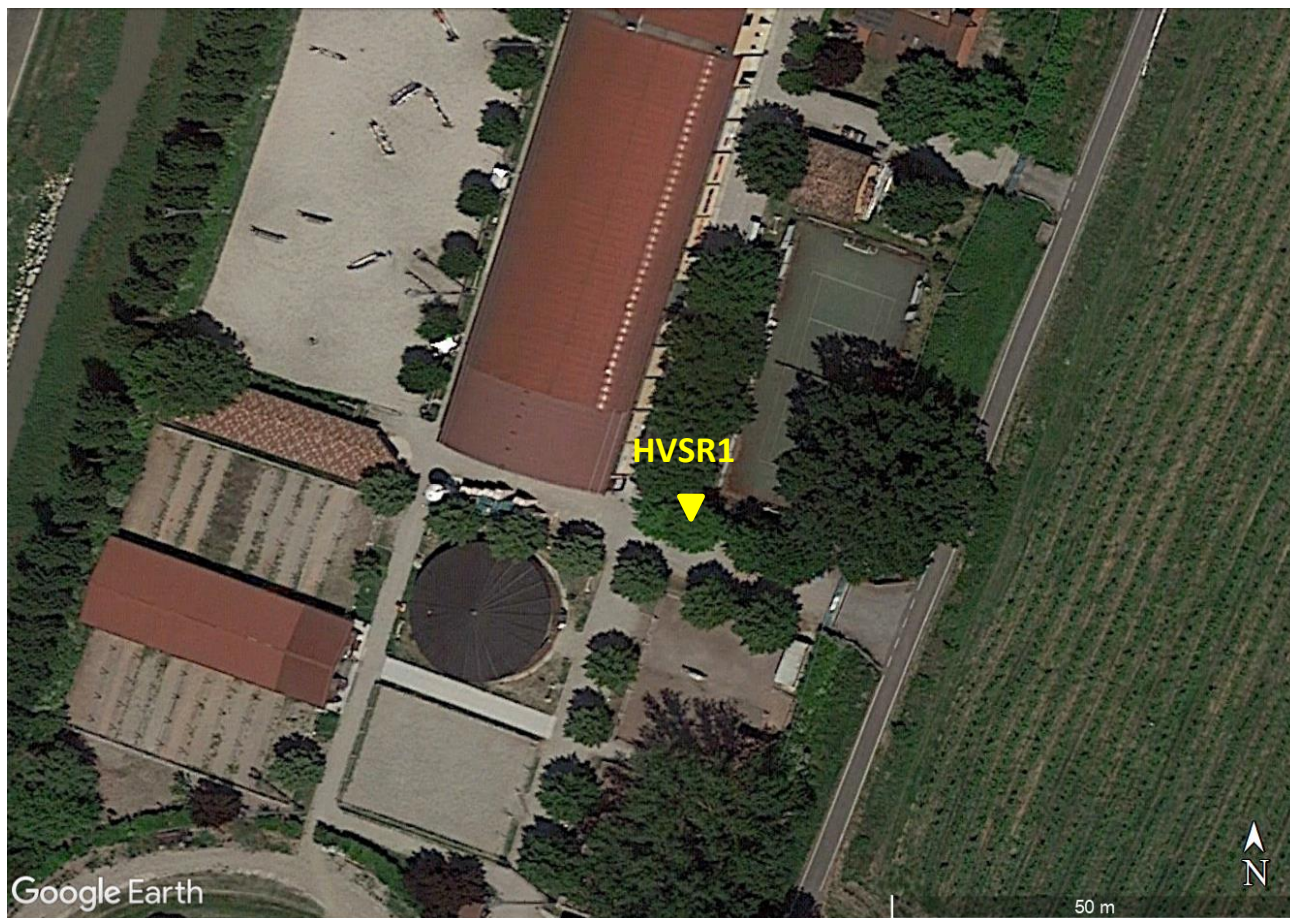
# LOCALIZZAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

INDIRIZZO: S. P. n. 468, 61/A - Società agricola Pamola S.r.l.

COMUNE: Carpi (MO)

DATA ACQUISIZIONE: 19 09 2023

ORA: 12.35



## Subsurface model

Vs (m/s): 70 200 190 185 180 190 210 250 325 360 450

Thickness (m): 0.3 1.7 1.0 3.0 5.0 3.0 9.0 20.0 20.0 24.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.56 1.84 1.82 1.82 1.81 1.82 1.85 1.90 1.97 2.00 2.06

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 8 74 66 62 59 66 82 119 208 259 417

Poisson: 0.37 0.35 0.27 0.22 0.44 0.38 0.31 0.37 0.31 0.29 0.26

**Vs, eq = Vs30 (m/s): 202**

## CATEGORIA C

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**Picchi di interesse ingegneristico fra 0,5-20 Hz:**

**F0 → 0,7-1,3 Hz**

## ACQUISIZIONE HVSR1



**Figura A. 1 - Acquisizione HVSR1 realizzata in corrispondenza dell'area di studio.**

## ACQUISIZIONE HVSR1

<b>CLASSE DI QUALITÀ DELLA MISURA</b>	<b>A</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>C</b>
<b>Descrizione delle Classi</b>	CLASSE A: Prova affidabile ed interpretabile	CLASSE B1: Prova da interpretare che presenta almeno un picco chiaro	CLASSE B2: Prova da interpretare che non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenze considerato	CLASSE C: Prova scadente difficile da interpretare

### SESAME HVSR MEASUREMENT FIELD SHEET

<b>Comune: Carpi (MO)</b>	<b>Indirizzo: S. P. n. 468, 61/A - Società agricola Pamola S.r.l.</b>		
<b>Attività da svolgere:</b> Indagine HVSR	<b>Data: 19/09/2023</b>	<b>Ora: 12.35</b>	
<b>DATI TECNICI</b>			
<b>Operatore: Geol. Gabriele Oppo</b>	<b>Prova n°</b> HVSR1	<b>Codice file</b> /	
<b>Strumento:</b> Geofono triassiale da 2 Hz "GEMINI 2" <i>PASI Instruments</i>	<b>Freq. Campionamento:</b> 200 Hz	<b>Durata (min):</b> 25 min	

### CONDIZIONI ATMOSFERICHE

<b>Vento</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> moderato	<input type="checkbox"/> forte
<b>Pioggia</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> moderata	<input type="checkbox"/> forte

### TERRENO DI PROVA

<b>Suolo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> argilloso limoso soffice	<input type="checkbox"/> argilloso limoso duro	<input checked="" type="checkbox"/> con erba	<input type="checkbox"/> senza erba
	<input type="checkbox"/> ghiaia	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> sabbia e ghiaia	<input type="checkbox"/> roccia
<b>Pavimentazione artificiale</b>	<input type="checkbox"/> rilevato in ghiaia	<input type="checkbox"/> cemento/cls	<input type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> sabbia
<b>Accoppiamento sensore</b>	<input checked="" type="checkbox"/> piedini infissi	<input type="checkbox"/> accoppiamento artificiale	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> altro
	<input type="checkbox"/> piedini da pavimento			

### STRUTTURE CIRCOSTANTI

<b>Abitazioni</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
<b>Fabbriche</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input checked="" type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
<b>Piante</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
<b>Ponti.</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Assenti		<input type="checkbox"/> Presenti	
<b>Strutt.sottterr.</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Assenti		<input type="checkbox"/> Presenti	

### SORGENTI DI RUMORE

<b>Disturbo discontinuo</b>	Assente	Raro	Moderato	Forte	Molto forte	Distanza (m)
	<i>auto</i>		<input checked="" type="checkbox"/>			
	<i>mezzi pesanti</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	<i>passanti</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	<i>altro</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>Disturbo continuo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Assenti			<input type="checkbox"/> Presenti		

## ACQUISIZIONE HVSR1

### Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

Dataset: SITE20230919\_1235HVSR1.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

HVSR computation: quadratic mean

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 23.7

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 10

=====

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.9 ( $\pm 0.3$ )

Peak HVSR value: 2.1 ( $\pm 0.8$ )

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

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $0.875 > 0.5$  (OK)

#2. [ $n_c > 200$ ]:  $1173 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.2Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 1.8Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $2.1 > 2$  (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$ ]:  $0.274 > 0.131$  (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $1.732 < 2$  (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change

# ACQUISIZIONE HVSR1

show current data

step#1 (optional) - decimate

128 Hz

step#2 - HV computation

remove events

20 window length (fs)  tapering (%)

9 amplitude threshold

5000 HVSR threshold

10% spectral smoothing (temporal window)

6 detrending order

full output

plot the region, all HVSRs, time lapse videos

close windows

save videos

directivity analysis

parameters to extract:

save - option#1: save HVSR as it is

save HV from: 0.5 to 60 Hz

save HV curve (as it is)

picking HV or amplitude spectra

HVSR

quick analysis (HVSR)

200 average V<sub>s</sub> (m/s) (from surface to bedrock)

20 depth of the bedrock (m)

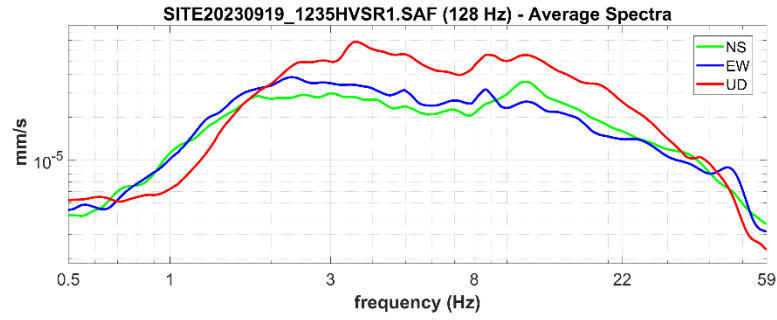
1000 V<sub>s</sub> of the bedrock

highlight a frequency

draw/highlight: 10 Hz

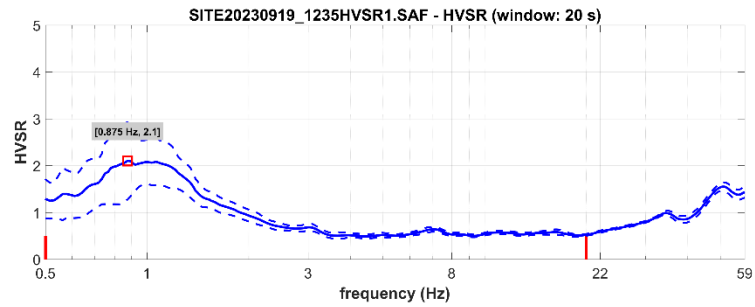
directivity over time

directivity over time:  s



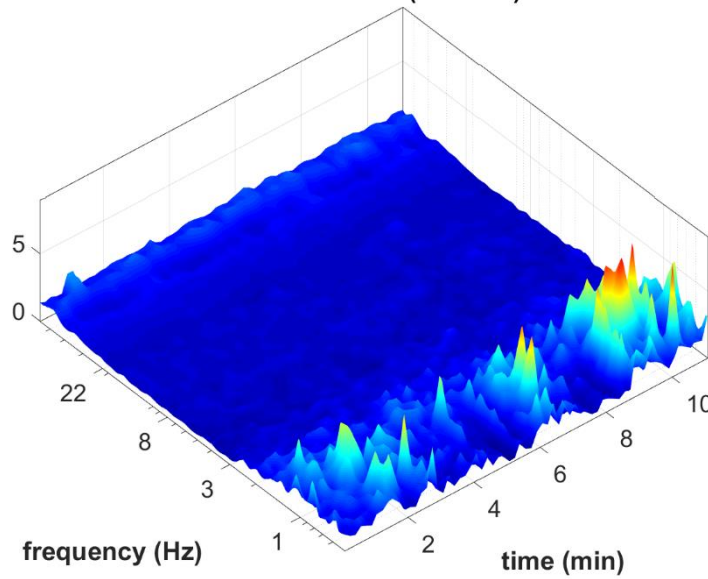
your comments

default axes

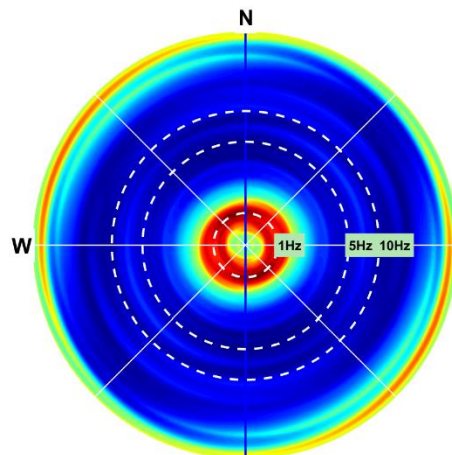
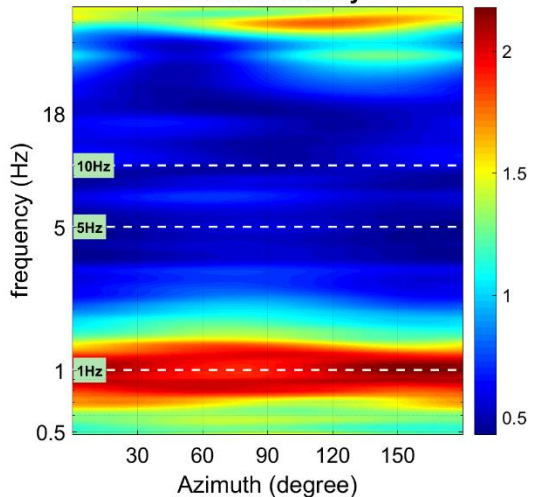


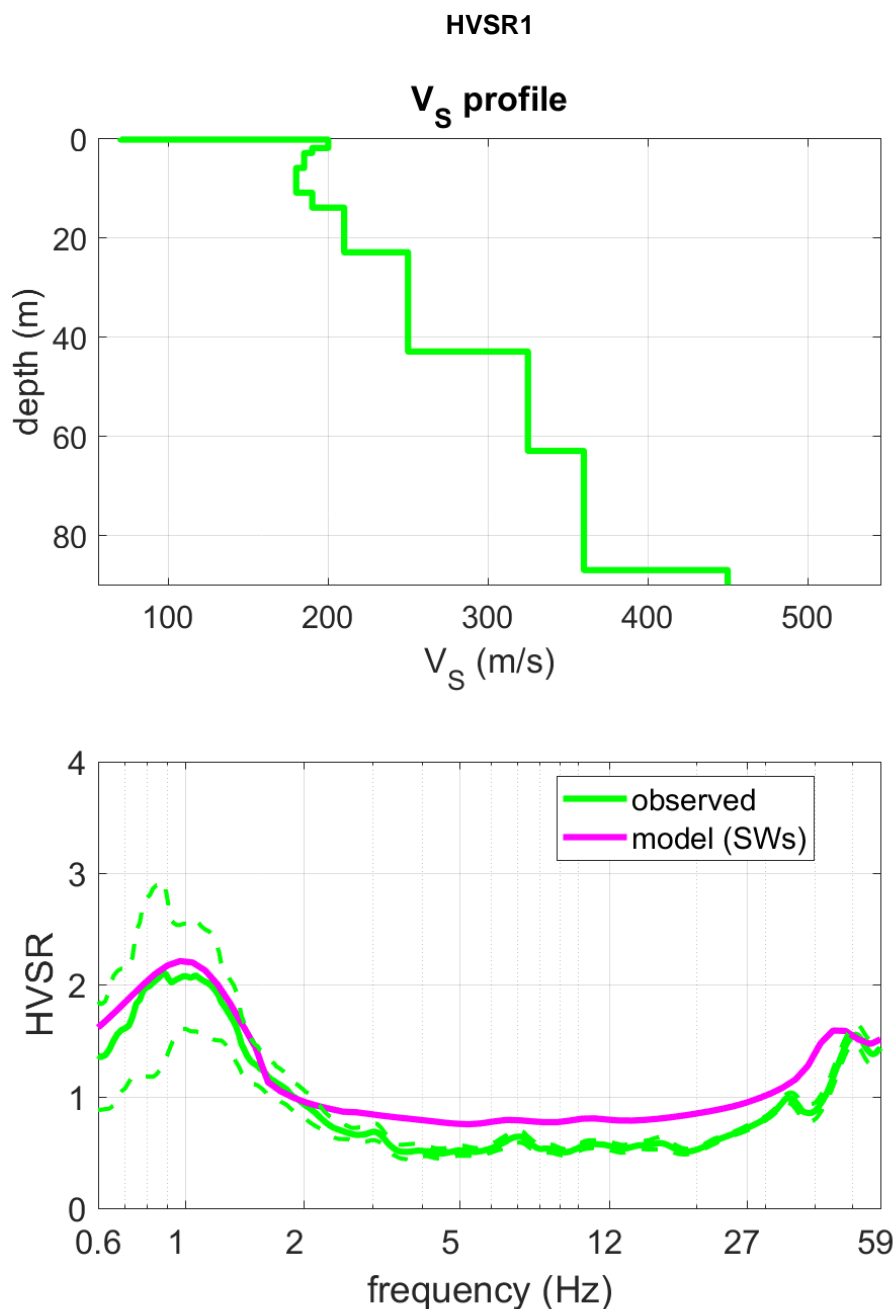
To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

## HVSR vs Time (3D view)



## HVSR: directivity



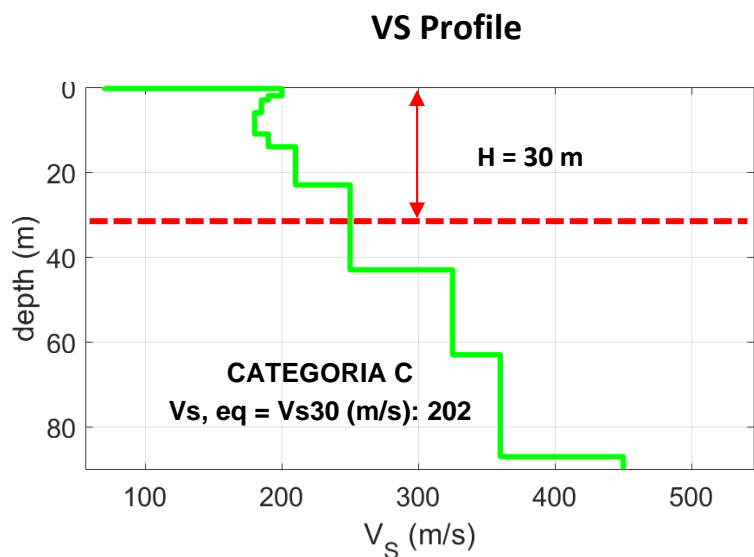


**Tabella C - Picchi delle frequenze di risonanza determinate dalle prove HVSR negli intervalli di frequenze di interesse ingegneristico.**

<b>PICCHI DELLA FREQUENZA IN SITO (da 0, 5 a 20 Hz) DA PROVE HVSR</b>						
<i>N°PROVA</i>	<i>CRITERI SESAME Reliable H/V Curve</i>	<i>CRITERI SESAME Clear H/V Peak</i>	<i>PICCHI PRINCIPALE: F0 SECONDARIO: F1</i>	<i>FREQUENZA [Hz]</i>	<i>VALORE DEL RAPPORTO H/V</i>	<i>QUALITÀ MISURA</i>
HVSR1	3 su 3	4 su 6	F0 F1	0,9 +/- 0,3 ~	2,1 +/- 0,8 ~	B1

**Tabella D - Stratigrafia sismica e parametri determinati.**

Strato	Velocità onde di taglio Vs [m/s]	Spessore [m]	Profondità [m]
1	70	0.3	0.0
2	200	1.7	0.3
3	190	1.0	2.0
4	185	3.0	3.0
5	180	5.0	6.0
6	190	3.0	11.0
7	210	9.0	14.0
8	250	20.0	23.0
9	325	20.0	43.0
10	360	24.0	63.0
11	450	Inf.	87.0



**C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180m/s e 360m/s.**

**Tabella E - Calcolo  $V_{s, eq} = V_{s30}$  per i primi 2,5 m dalla profondità di appoggio della fondazione.**

<b>DETERMINAZIONE <math>V_{s, eq} = V_{s30}</math></b>		
Profondità appoggio	$V_{s, eq} = V_{s30}$ [m/s]	Categoria di sottosuolo
P.C.	202	C
-0,5m	206	C
-1m	207	C
-1,5m	208	C
-2,0m	208	C
-2,5m	209	C



## CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE PER L'ACQUISIZIONE GEOFISICA

Per effettuare le misure di sismica attiva/passiva è stato impiegato il "GEMINI-MASW" della **PASI S.r.l.** (Fig. A. 2a; Fig A. 2b). Per le specifiche tecniche dello strumento si rimanda alla **Figura A.3** e all'indirizzo internet del produttore: <https://www.pasisrl.it/>.

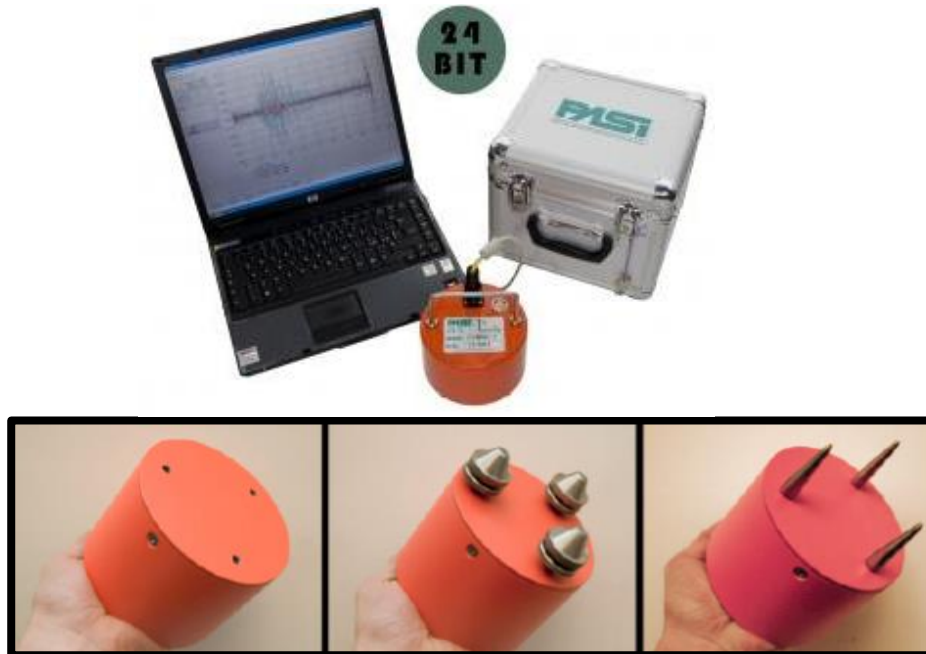


Figura A. 2a - Versione "GEMINI HVSR" basilare impiegata per la prospezione sismica passiva: dettaglio dei supporti intercambiabili in dotazione, da sostituire a seconda che si acquisisca su superficie rigida o su terreno.



Figura A. 2b - Versione "GEMINI MASW" impiegata per la prospezione sismica attiva: lo stendimento prevede il collegamento della strumentazione procedendo da sinistra verso destra. In aggiunta va inserito il PC come per una normale acquisizione HVSR.



## GEOFONO 3D DA SUPERFICIE CON INTERFACCIA USB MOD. GEMINI-2

www.pasigeophysics.com



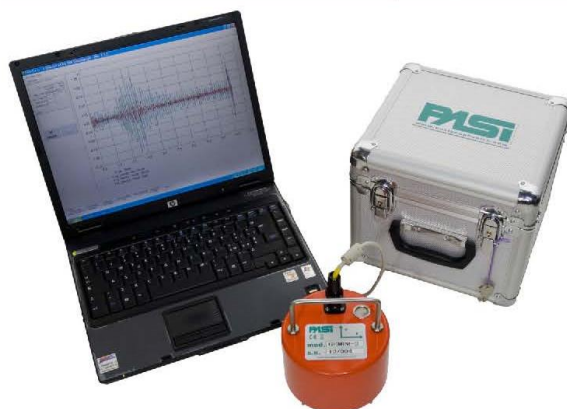
### SPECIFICHE TECNICHE GEMINI -2

#### SCHEDA ACQUISIZIONE DATI

Alimentazione / Registrazione Dati	Tramite porta USB di un PC esterno (di fornitura Cliente)
Conversione Dati	Convertitore A/D Sigma-Delta 24 bit reali
Frequenza di Campionamento	Max. Freq. 8ksps, simultaneamente su 3+1 canali
Rapporto S/N	Max 117 db
Largh.Banda +/- 0.1 dB	108 Hz @ 1ksps
Largh.Banda -3 dB	212 Hz @ 1ksps
Numero di canali	3 + 1 (trigger)
Formato Dati	SAF (Sesame ASCII Format) / SEG2 (.dat)

#### SENSORI GEMINI 2

Freq. nat. di risonanza	2 Hz $\pm$ 10%
Sensibilità	2 V/cm $\cdot$ S <sup>-1</sup> $\pm$ 5%
Resistenza interna	5.8 k $\Omega$ $\pm$ 5%
Damping	0.7 $\pm$ 10%
Distorsione armonica	$\leq$ 0.2%
Impedenza d'ingresso	$\geq$ 10 M $\Omega$
Temperatura operativa	da -25°C a +55°C
Bloccaggio sensori	automatico quando non in uso
Dimensioni	Diam. 128 mm h. 175mm
Peso	2.4 Kg



#### Accessori Disponibili:

- Opzione trigger esterno
- Opzione GPS (georeferenziazione, temporizzazione e sincronizzazione)
- Geofono starter
- Cavo Prolunga Trigger (graduato in cm)



**P.A.S.I. S.R.L. — Via Galliani 5/E — 10125 Torino - Italy**  
**tel. +39 (0)11 6507033 - sales@pasisrl.it - www.pasigeophysics.com**

Specifiche soggette a cambiamento senza preavviso

Figura A. 3 - Specifiche tecniche del "GEMINI MASW" della PASI S.r.l., impiegato per le prospezioni sismiche.

### **ACCESSORI “GEMINI HVSR”**

- n.1 geofono triassiale Gemini da 2 Hz;
- n°3 puntali per terreno;
- n°3 piedini regolabili (per utilizzo su asfalto o supporti/materiali rigidi);
- n.1 cavo USB per connessione a PC;
- n.1 chiave USB con manuale, software di gestione e documentazione tecnica.

### **ACCESSORI “GEMINI MASW”**

- n.1 geofono triassiale Gemini da 2 Hz;
- n°3 puntali per terreno;
- n°3 piedini regolabili (per utilizzo su asfalto o supporti/materiali rigidi);
- n.1 cavo USB per connessione a PC dotato di connessione per trigger (geofono starter o mazza di battuta);
- n.1 cavo schermato su rullo (Mt. 100) per trigger Gemini;
- n.1 geofono starter;
- n.1 mazza di battuta da 8Kg, con starter piezoelettrico;
- n.1 piattello di battuta in alluminio per energizzazione verticale, dimensioni 20x20x5 cm;
- n.1 traversina in legno per energizzazione laterale;
- n.1 chiave USB-GPS per geo-localizzazione;
- n.1 chiave USB con manuale, software di gestione e documentazione tecnica.

### **SOFTWARE DI ACQUISIZIONE DATI:**

- ***PASI GEA 24 - Versione 2.1.2***
- ***PASI GEMINI - Versione 3.2.4***

### **SOFTWARE DI ELABORAZIONE DATI:**

- ***WinMASW 3C - Versione 2019***
- ***HoliSurface - Versione 2019***

Per maggiori dettagli, si prega di consultare l'indirizzo Internet:

<https://www.winmasw.com/>

- ***ZondST2D - Seismic Tomography 2D (vers. 4.2).***

Per maggiori dettagli, si prega di consultare l'indirizzo Internet:

<http://zond-geo.ru/english>