



**AGENZIA DEL DEMANIO**  
**DIREZIONE REGIONALE CALABRIA**  
SERVIZI TECNICI

RISTRUTTURAZIONE E RIFUNZIONALIZZAZIONE DI DUE IMMOBILI  
SITI IN CONTRADA LENZI - SIDERNO (RC) DA DESTINARE A UFFICI  
E ALLOGGI PER LA POLIZIA DI STATO: COMMISSARIATO, R.P.C. E  
DISTACCAMENTO POLIZIA STRADALE.  
SCHEDE RCB1327 E RCB1328

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE SISMICA E SULLE INDAGINI

IL RESPONSABILE SERVIZI TECNICI



ING. SALVATORE CONCETTINO

IL TECNICO ISTRUTTORE



ING. ALESSANDRA LEGATO

CODICE ELABORATO  
R09 b

SCALA

PROTOCOLLO E DATA  
2019 /2356/DRCAL/STE del 6/02/2019

Committente:



**AGENZIA  
DEL DEMANIO**

**AGENZIA DEL DEMANIO  
DIREZIONE REGIONALE CALABRIA**  
Via Gioacchino Da Fiore, 34 - 88100 CATANZARO (CZ)  
Tel. 0961/778911 - Fax 06/50516080  
e-mail: dre.Calabria@agenziademanio.it  
PEC: dre\_Calabria@pce.agenziademanio.it

Il Direttore Regionale:  
**Ing. Pier Giorgio Allegroni**  
Il Responsabile Unico del Procedimento:  
**Ing. Salvatore Concettino**

Contrada Lenzi - 89048 SIDERNO (RC)



Progettista:



**SIDOTI ENGINEERING S.R.L. UNIPERSONALE**  
ARCHITETTURA >> INGEGNERIA

Sede legale: via Borgo Garibaldi 33 - 00041 Albano Laziale (RM)  
Tel. e fax: 06.9323891 - cell. 393.9868781  
REA CCIAA di RM 1379068

Filiali:

Regione Marche: Via Roma 12 - 63081 Castorano (AP)  
Regione Sicilia: c/da Bastione 56 - 98071 Capo d'Orlando (ME)  
Regione Lombardia: Via degli Scipioni, n. 7 20129 - Milano (MI)  
Capitale sociale €. 10.000,00 i.v. - C.F. e P.IVA 12502151009  
A.U. e D.T. Arch. Vincenzo Sidoti  
Email: sidotiengineering@gmail.com  
PEC: sidotiengineering@legalmail.it

Responsabile delle Integrazioni Specialistiche,  
Direttore per l'esecuzione delle indagini, Progettista:  
**Arch. Vincenzo SIDOTI**

Dipartimento Geologia e Geotecnica, Direttore Tecnico:  
**Geol. Fabrizio MARINI**

Dipartimento Strutture, Progettista:  
**Ing. Simone SENZACQUA**

Dipartimento Impianti Tecnologici, Esperto Gestione Energia -  
Direttore Tecnico:  
**Ing. Francesco QUONDAMATTEO**

Indagini e Rilievi, Progettista Opere Edili:  
**Arch. Jlenia ALLEVI**

Indagini e Diagnostica strutturale UNI 9712:  
**Arch. Vincenzo SIDOTI**  
**Arch. Jlenia ALLEVI**  
**Ing. Simone SENZACQUA**  
**Ing. Sara ERCOLANI**  
**Archeologo Fabio NIEDDU**

# VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA E VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE, RILIEVO ARCHITETTONICO, TOPOGRAFICO, IMPIANTISTICO E STRUTTURALE E VERIFICA PREVENTIVA DELL'INTERESSE ARCHEOLOGICO, FINALIZZATI ALLA REDAZIONE DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA DELL'INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE RIFUNZIONALIZZAZIONE DA EFFETTUARSI SUL COMPENDIO DEMANIALE "IMMOBILI CONFISCATI", SITO IN CONTRADA LENZI, SIDERNO (RC) - SCHEDE RCB1327 - RCB1328

Livello Progettuale:

## VULNERABILITÀ SISMICA

Riferimento Immobile:

-

Descrizione elaborato:

## RELAZIONE SISMICA E SULLE INDAGINI

Timbri e firme:

Responsabile delle Integrazioni Specialistiche,  
Direttore per l'esecuzione delle indagini, Progettista:  
**Arch. Vincenzo SIDOTI**

Dipartimento Geologia e Geotecnica, Direttore Tecnico:  
**Geol. Fabrizio MARINI**

Dipartimento Strutture, Progettista:  
**Ing. Simone SENZACQUA**

Indagini e Rilievi, Progettista Opere Edili:  
**Arch. Jlenia ALLEVI**

NOME FILE		AMBIENTE SOFTWARE		SCALA
R08b.doc		Word		-
DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
15/07/2018	Prima emissione	S. SENZACQUA	S. SENZACQUA	V. SIDOTI
17/09/2018	Seconda emissione			
Codice commessa:	Livello progett.:	Elaborato:		
<b>31.18</b>	<b>VS</b>	<b>R08b</b>		

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>PROSPEZIONE SISMICA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>CENNI SULLA TEORIA DEL METODO MASW .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>CENNI SULLA TEORIA DELLE TECNICHE HVSR ED ESAC .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>RISULTATI DELLE ANALISI MASW ED ESAC.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>RISULTATI INDAGINI HVSR .....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>26</b>
<b>8</b>	<b>REPORT FOTOGRAFICO.....</b>	<b>27</b>
	<b>PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI MASW-ESAC-HVSR .....</b>	<b>28</b>

## 1 PREMESSA

Su incarico e per conto dell'Agenzia del Demanio Direzione Regionale Calabria sono state eseguite una prospezione sismica masw-esac e una misura della frequenza fondamentale di sito, relativamente al progetto "Fattibilità tecnico economica dell'intervento di ristrutturazione rifunzionalizzazione da effettuarsi sul compendio demaniale "Immobili confiscati" sito in contrada Lenzi, Siderno (RC) – Schede RCB1327 – RCB1328".

Lo scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismica dei terreni mediante la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

Ai sensi di quanto riportato nei paragrafi 3.2.2 e 7.11.3 delle NTC 2018 s.m.i., il profilo sismico di  $V_s$  del sottosuolo si rende necessario, assieme alle proprietà geotecniche e meccaniche del terreno, per la definizione dell'azione sismica mediante un'analisi di risposta sismica locale oppure mediante un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II) mediante il calcolo del valore della  $V_{sh}$ , se il bed rock sismico ( $V_s > 800$  m/s) è ubicato ad una profondità (H) inferiore a 30 m, o  $V_{s30}$  riferita ai primi trenta metri (H= 30 m) se il bed rock sismico si trova ad una profondità maggiore di 30 m, secondo la seguente formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

2

Il lavoro è stato eseguito in ottemperanza alla normativa vigente in materia di Edilizia urbana e nello specifico:

- Legge 2 febbraio 1974, n. 64, "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", G.U. 01.06.1988, n. 127. S.O.
- Circolare 09.01.1996 n. 218/24/3 "L. 02.02.1974, n. 64. Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11.03.1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica", G.U. 29.02.1996, n. 50.
- L.R. 7 del 27-4-1998 concernente "Disciplina per le costruzioni ricadenti in zone sismiche"
- P.A.I. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico delibera C. R. n. 115 del 28/12/2002 e relative "Norme di attuazione e misure di salvaguardia" emanate dall'Autorità di Bacino Regionale (ABR)

*Progetto di fattibilità tecnico economica dell'interventi di ristrutturazione rifunzionalizzazione da effettuarsi sul compendio demaniale "Immobili confiscati" sito in contrada Lenzi, Siderno (RC) – Schede RCB1327 – RCB1328*

- O.P.C.M. 3274 del 20/03/03 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*
- R.R. n. 15 del 29/11/2016: *Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla legge regionale n. 37 del 28 dicembre 2015*
- D.M. 17-01-2018 *(Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni") e successive modifiche ed integrazioni*

## **2 PROSPEZIONE SISMICA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

In base alle caratteristiche del sito oggetto dell'indagine e delle unità geotecniche dei terreni del sottosuolo, sono state eseguite tre prospezioni sismiche: metodo attivo Masw, metodo passivo Esac e metodo passivo HVSR.

Come riportato nell'allegato cartografico, le prospezioni sismiche sono state eseguite: la Masw su una linea sismica costituita da 24 geofoni con spaziatura di 1.5 m e una lunghezza totale pari a 34.5 m; l'Esac su una geometria 2D a forma di T con un segmento di lunghezza pari a 46.0 m, geofoni da n°1 a n°6, e l'altro di lunghezza pari a 57.0 m, geofoni da n°7 a n°12. L'ubicazione è stata effettuata considerando il contesto geologico-tecnico e geomorfologico dell'area in cui si realizzerà il progetto in oggetto, oltre che le condizioni logistiche. Sulla linea sismica Masw sono stati effettuati shots esterni all'array, sia sul lato dx che sul lato sx, con offset pari a 3 m con lo scopo di verificare l'attendibilità della curva sperimentale e quindi l'applicabilità del metodo di indagine.

La strumentazione utilizzata consiste in:

- Sismografo MAE A6000S 24 bit, matr. M044025
- N. 24 geofoni Geospace GS11D 4,5 Hz
- Piastra di battuta
- Sensore 3D 4,5 Hz Geospace

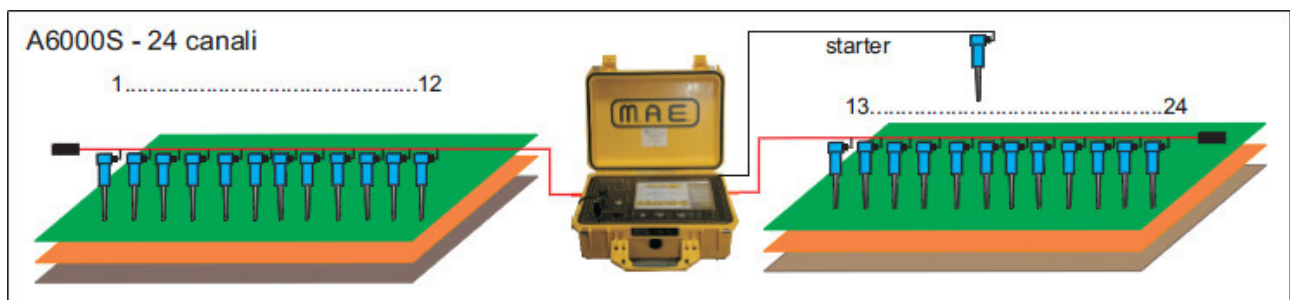


Figura 1 **Configurazione array**



### 3 CENNI SULLA TEORIA DEL METODO MASW

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 terreno. 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 (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase (o di gruppo) apparente (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) ovvero la velocità fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiale 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 terreno, invece onde a bassa frequenza (lunghezza d'onda lunga) si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del terreno. Il metodo Masw è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del terreno (energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da un'array lineare di geofoni. 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 terreno, generalmente compreso nei primi 30-50 m, in funzione della rigidità del terreno e della caratteristica della sorgente.

5

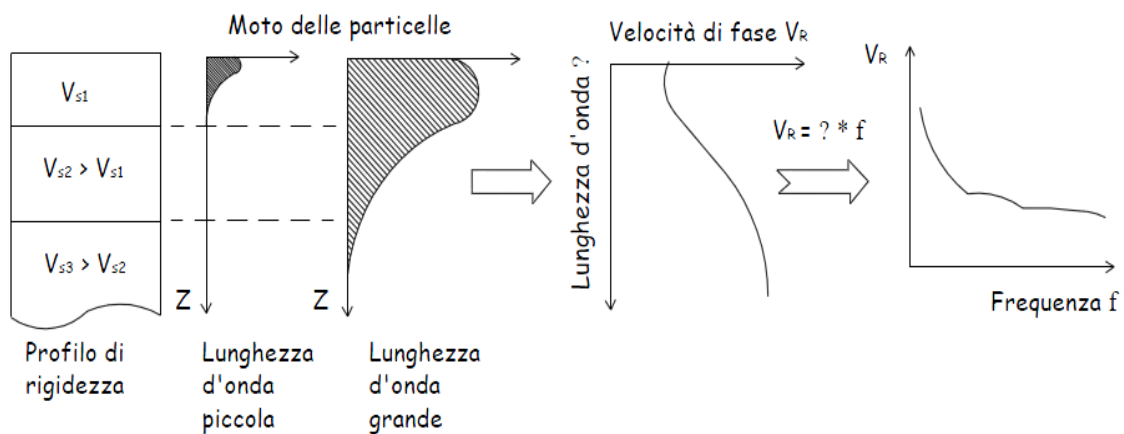


Figura 2 Proprietà dispersive delle onde di superficie in un mezzo stratificato (da Lai et al., 2001, modificata)

La metodologia utilizzata consiste in tre fasi:

- Acquisizione delle tracce sismiche nel dominio x-t, energizzando alternativamente ai due estremi dell'array per l'indagine Masw;
- Fase di processing caratterizzato dal passaggio dal dominio x-t al dominio f-k, mediante una doppia trasformata di Fourier, e dal calcolo della curva di dispersione sperimentale, per la Masw;
- Picking della curva sperimentale;
- Fase di inversione
  - Calcolo della curva apparente numerica mediante il metodo Roma (2001)
  - Calcolo della curva di dispersione effettiva numerica mediante il metodo Lai-Rix (1998)
  - Individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticale  $V_{sv}$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità onde di taglio verticale  $V_{sv}$  e di compressione  $V_p$  (o in alternativa il coefficiente di poisson  $\mu$ ), la densità di massa  $\gamma$  degli strati che costituiscono il modello del terreno, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità  $V_s$  trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.

L'elaborazione è stata eseguita mediante il software MASW (Roma, 2007).



#### **4 CENNI SULLA TEORIA DELLE TECNICHE HVSR ED ESAC**

Le vibrazioni ambientali (o rumore sismico ambientale o microtremori) sono movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze dell'ordine di  $10^{-4}$  -  $10^{-2}$  mm. Queste vibrazioni sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti agenti a diverse frequenze: onde marine e perturbazioni atmosferiche, ad esempio, contribuiscono al campo d'onda prevalentemente a frequenze inferiori a 0.5 Hz; vento, traffico veicolare e attività industriali contribuiscono prevalentemente a frequenze superiori a 0.5 Hz. L'indipendenza dinamica delle sorgenti e la molteplicità dei percorsi delle onde da esse generate spiega la mancanza di regolarità nell'andamento temporale del campo del microtremore.

Se da un lato il carattere stocastico del fenomeno presenta difficoltà di tipo teorico, dall'altro consente, mediante operazioni di tipo statistico, di ridurre la complessità dell'analisi.

Dato che il rumore è caratterizzato da lunghezze d'onda anche molto grandi (decine o centinaia di metri), confrontabili con quelle tipiche dei fenomeni sismici, le tecniche di sismica passiva trovano una ideale applicazione negli studi della risposta sismica locale. In particolare, esse permettono di individuare situazioni sismo stratigrafiche potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza sismica, valutandone qualitativamente l'entità, la determinazione dei periodi di risonanza delle coperture sedimentarie e la determinazione del profilo di velocità delle onde S fino a profondità dell'ordine di diverse decine di metri.

Esistono sostanzialmente due configurazioni sperimentali per lo studio del rumore sismico: la configurazione a stazione singola e quella ad antenna sismica (*array*). La prima è basata sull'analisi dell'ampiezza delle componenti spettrali del campo di vibrazioni ambientali misurato nelle tre direzioni dello spazio, mentre nella seconda vengono analizzati i rapporti di fase tra i treni d'onda che attraversano un'antenna sismica (*array*) ovvero una distribuzione di sensori disposti con geometrie variabili sulla superficie del terreno.

La prova a stazione singola, nota anche come prova Nakamura (1989) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti.

Il risultato di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

La determinazione della curva HVSR in sito prevede i seguenti steps:

- 1) Misura delle tre componenti x, y, z del moto in un punto sulla superficie libera del suolo per una durata di almeno 20 min.
- 2) Eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi transitori non conformi al rumore ambientale
- 3) Definizione degli N intervalli o finestre temporali stazionari entro cui calcolare le curve HVSR
- 4) Calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto
- 5) Operazione di smoothing degli spettri di Fourier
- 6) Somma delle due componenti orizzontali x e y
- 7) Calcolo delle curve HVSR come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari
- 8) Calcolo della curva HVSR media tra le N curve HVSR

Infine, i risultati ottenuti vengono verificati secondo i criteri di ammissibilità del progetto SESAME. Il significato dei criteri di ammissibilità dei risultati è riportato di seguito.

#### Condizioni di Reliability della curva HVSR:

- 1) In corrispondenza della frequenza del picco di interesse, vi siano almeno 10 cicli significativi in ogni finestra temporale individuata nel segnale registrato
  - 2) È necessario utilizzare un grande numero di finestre temporali e di cicli, almeno 200 cicli
  - 3) Il livello di scattering, cioè di dispersione delle curve HVSR ottenute nelle diverse finestre temporali deve essere moderato, altrimenti potrebbe essere un sintomo di un rumore ambientale fortemente non-stazionario, che influenza la forma della curva HVSR in maniera non ripetibile.
- Le condizioni 1) e 2) confermano che la durata del segnale registrato sia sufficientemente estesa, la condizione 3) assicura che la curva HVSR misurata sia di buona qualità e poco dispersa.

#### Condizioni di Clarity del picco massimo:

- Condizioni sull'Ampiezza:

- 4) Esiste una frequenza  $f_-$ , compresa tra  $f^0/4$  e  $f^0$ , tale che  $A^0 / A_{H/V}(f_-) > 2$
- 5) Esiste un'altra frequenza  $f_+$ , compresa tra  $f^0$  e  $4 \cdot f^0$ , tale che  $A^0 / A_{H/V}(f_+) > 2$
- 6) Deve essere  $A^0 > 2$

Le condizioni 4) e 5) confermano che il picco sia sufficientemente isolato sia a sinistra (condizione 4), sia a destra (condizione 5) del picco. La condizione 6) assicura che il picco sia sufficientemente elevato e questo dipende dall'entità del contrasto di rigidità tra gli strati.

- Condizioni sulla Stabilità della curva HVSR:

- 7) Il picco dovrebbe comparire alla stessa frequenza (entro il  $\pm 5\%$ ) nelle curve H/V corrispondenti alla media + e- lo standard deviation.

8) Lo scarto quadratico medio  $\sigma_f$  deve essere inferiore ad un valore limite  $(f)$  dipendente dalla frequenza come riportato nella tabella dei criteri Sesame.

9) Deve essere  $\sigma_A (f^0)$  inferiore ad un valore limite  $\theta(f)$  dipendente dalla frequenza come riportato in tabella dei criteri Sesame.

Le condizioni 7), 8) e 9) confermano che la curva HVSR misurata sia stabile, cioè di buona qualità e poco dispersa.

L'elaborazione è eseguita mediante il software Geopsy ver. 2.9.0. (Università di Grenoble, Francia).

Tra le configurazioni ad antenna sismica (*array*), nel presente lavoro è stata utilizzato il metodo d'indagine Esac (Aki 1959) che si basa sul principio secondo il quale la funzione di correlazione media fra le registrazioni di un rumore isotropo effettuate su sensori verticali distribuiti nelle diverse direzioni a parità di distanza  $r$  da un sensore centrale, ha una forma nota (funzione di Bessel di ordine 0). La forma di questa funzione di Bessel ad una data frequenza ed una data distanza  $r$  è controllata dal valore della velocità di fase. Si tratta di un metodo robusto che rischia di fornire risultati errati in presenza di una sorgente dominante e quando la misura è effettuata con stendimenti lineari. Nelle indagini eseguite sono state utilizzate delle configurazioni geometriche 2D e spaziature variabili tra i sensori. Il risultato del metodo Esac è una curva di dispersione effettiva che rappresenta una combinazione delle diverse curve modali "pesate" in base al loro specifico contenuto energetico del sito, il vantaggio, soprattutto in presenza di inversioni di velocità o di forti contrasti di impedenza sismica, è di non dover identificare i vari modi di vibrazione.

Le elaborazioni sono state effettuate con il software Esac (Albarelo 2010).

**5 RISULTATI DELLE ANALISI MASW ED ESAC**

Redatto da MASW - (c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

**1a - Dati sperimentali Masw**

File.....C:\Users\Geotech\Documents\geotech\_works\indagini\_geofisiche\MASW-Remi-HVSR\siderno\1.5\_1.1A.sg2  
 Numero di ricevitori..... 24  
 Distanza tra i sensori: ..... 1.5 m  
 Numero di campioni temporali..... 15360  
 Passo temporale di acquisizione.....0.26 ms  
 Numero di ricevitori usati per l'analisi ..... 24  
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms  
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a .....4095.5ms  
 I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

**1b - PARAMETRI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE ESAC**

PARAMETRI ACQUISIZIONE	
f campionamento	250 Hz
durata	1800 s
n° stazioni	12
coordinate X	38 28 18 8 -4 -8 0 0 0 0 0
coordinate Y	0 0 0 0 0 -31 -15 0 10 18 26
file tracce	esac.txt
PARAMETRI ELABORAZIONE	
intervallo VR	min 50 m/s – max 3000 m/s
durata totale analizzata	1800 s
durata finestre	20 s
n° finestre	90
n° campioni per finestra	5000
sovrapposizione	0 s
lisciamento	0.1
soglia pulitura	2.0
n° iterazioni	2

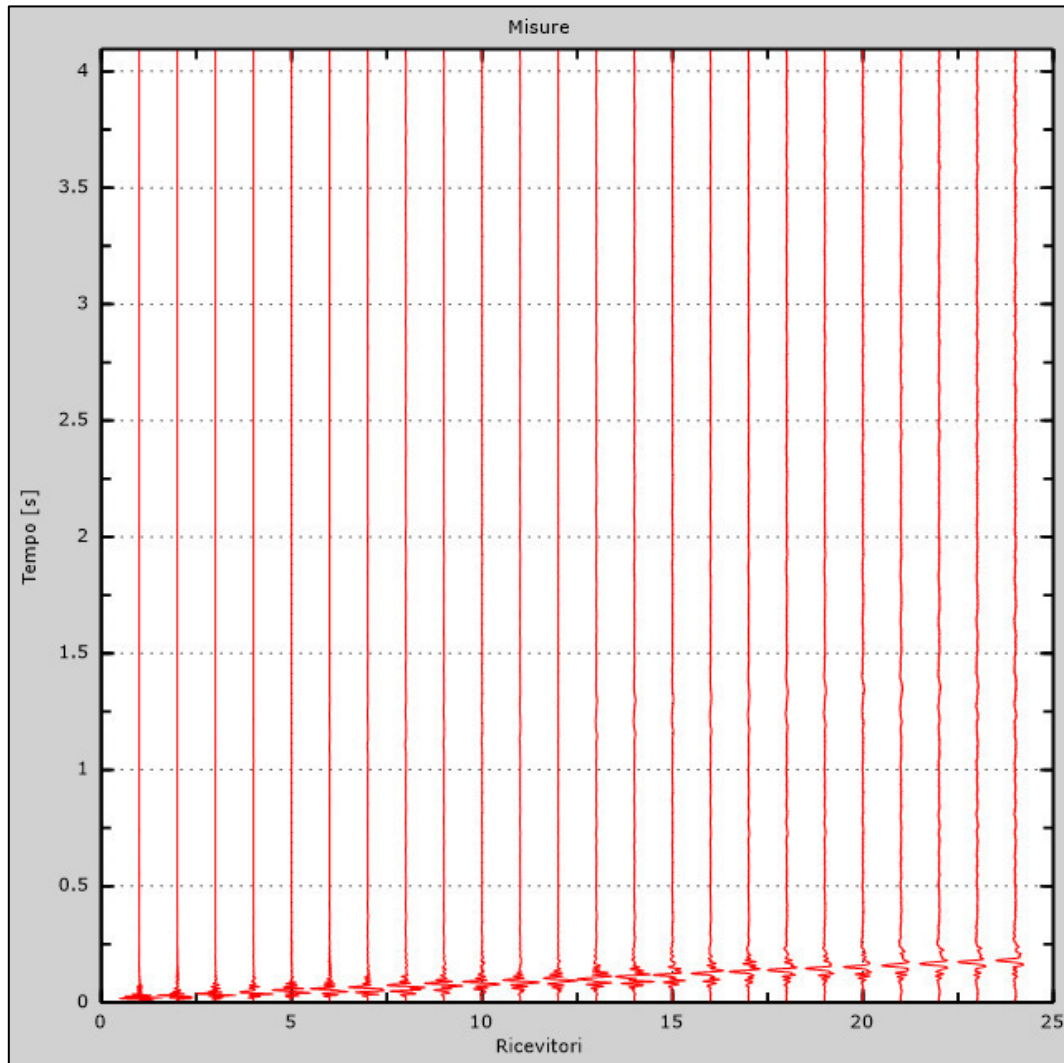


Figura 3 *Tracce sperimentali masw*

**2 - Risultati delle analisi**

Frequenza finale .....70Hz

Frequenza iniziale.....2Hz

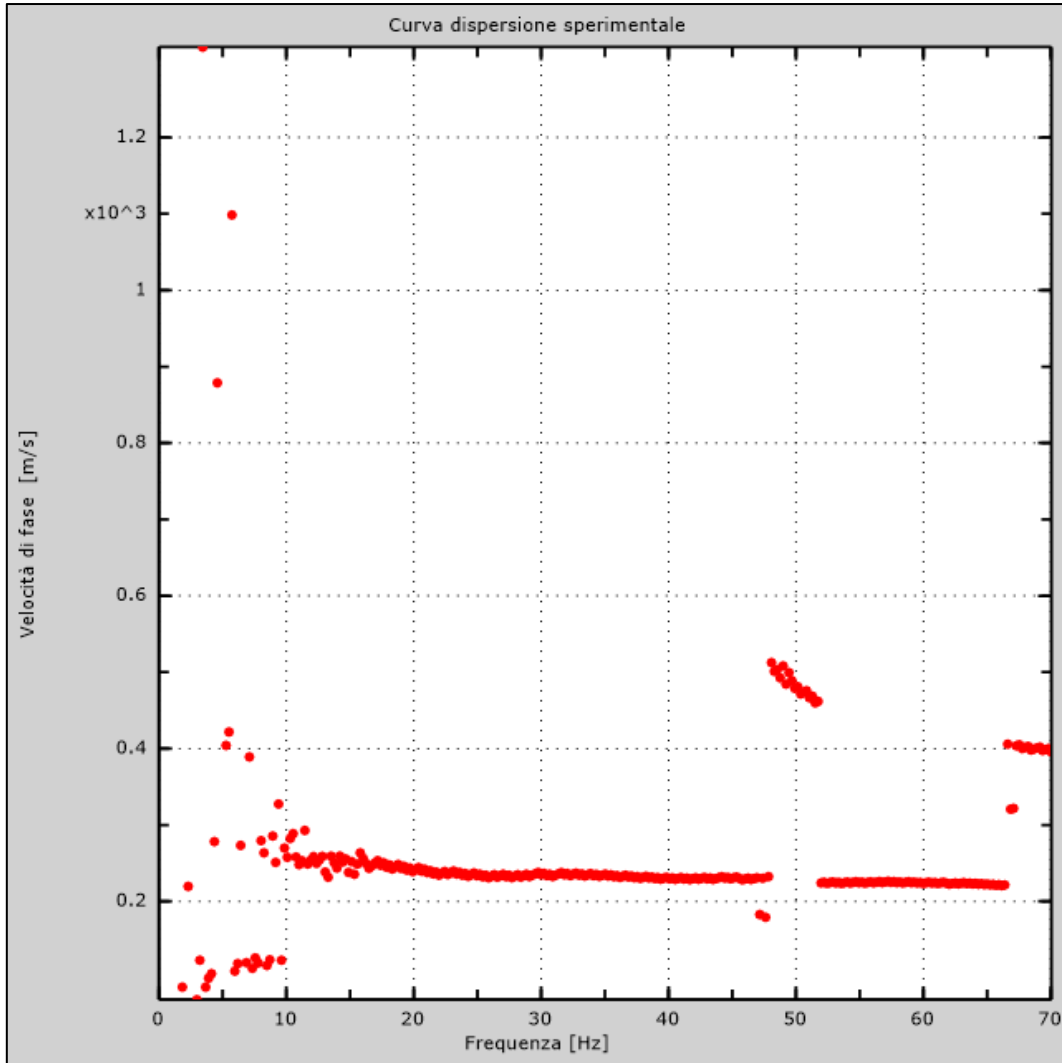


Figura 4 *Curva dispersione sperimentale masw*

**3 - Curva di dispersione****Tabella 1:** Curva di dispersione Esac

<b>Freq. [Hz]</b>	<b>V. fase [m/s]</b>	<b>V. fase min [m/s]</b>	<b>V. fase Max [m/s]</b>
1.93527	304	296.154	309.895
1.9643	299	294.137	307.972
1.99377	293	288.049	299.71
2.02367	290	286.003	299.867
2.05403	286	280.976	291.291
2.08484	285	280.924	291.457
2.11611	286	279.759	290.033
2.14785	288	281.141	292.044
2.18007	292	287.906	298.795
2.21277	295	291.597	301.813
2.24596	298	293.149	301.576
2.27965	296	292.127	299.271
2.31385	295	290.204	297.604
2.34856	290	287.645	295.574
2.38378	287	284.357	289.792
2.41954	283	278.153	285.015
2.45583	277	273.305	278.985
2.49267	266	263.851	268.887
2.53006	264	262.139	269.315
2.56801	264	260.99	266.249
2.60653	264	260.813	265.69
2.64563	259	256.999	260.811
2.68532	261	258.546	262.409



2.7256	261	259.577	262.706
2.76648	255	250.967	256.882
2.80798	252	247.833	254.77
2.8501	248	244.582	252.926
2.89285	240	231.977	243.726
2.93624	238	233.442	244.102
2.98028	232	227.405	239.222
3.02499	233	228.747	240.888
3.07036	229	224.602	234.816
3.11642	229	225.495	247.226
3.16316	228	222.591	232.04
3.21061	230	222.205	233.444
3.25877	228	220.269	231.042
3.30765	228	224.633	232.773
3.35727	225	221.279	228.735
3.40763	222	219.263	227.397
3.45874	223	213.131	225.523
3.51062	218	215.057	223.237
3.56328	215	211.453	219.588
3.61673	211	203.571	214.379
3.67098	211	207.201	216.667
3.72605	209	205.272	215.558
3.78194	208	203.681	213.297
3.83867	207	203.307	214.912
3.89625	206	197.522	209.751
3.95469	205	198.523	208.887
4.01401	204	199.782	209.018

4.07422	205	196.498	208.266
4.13533	203	199.593	208.246
4.19736	203	197.383	206.124
4.26032	202	196.949	204.834
4.32423	201	194.117	203.482
4.38909	200	197.858	210.696
4.45493	200	197.13	202.61
4.52175	199	196.116	201.354
4.58958	199	196.405	201.41
4.65842	199	195.927	201.298
4.7283	200	195.928	202.268
4.79922	201	198.264	204.367
4.87121	202	199.084	205.55
4.94428	203	197.82	205.653
5.01844	204	198.504	206.658
5.09372	203	200.559	209.869
5.17013	206	195.349	208.223
5.24768	207	201.548	209.188
5.32639	203	200.681	207.466
5.40629	201	195.748	203.313
5.48738	199	193.498	201.325
5.56969	201	198.855	209.139
5.65324	203	196.463	205.198
5.73804	202	198.351	204.268
5.82411	202	199.924	206.285
5.91147	203	200.986	209.791
6.00014	205	174.835	207.073

6.09015	204	200.676	206.772
6.1815	207	194.06	209.002
6.27422	207	204.252	210.202
6.36833	209	206.872	214.599
6.46386	208	205.433	212.08
6.56082	211	208.018	214.097
6.65923	212	209.252	215.56
6.75912	209	205.944	211.647
6.8605	208	205.768	213.547
6.96341	209	203.802	211.587
7.06786	208	165.961	210.633
7.17388	206	200.925	209.276
7.28149	204	201.087	235.675
7.39071	205	198.665	208.466
7.50157	200	195.022	203.684
7.6141	197	192.744	199.604
7.72831	196	193.734	201.247
7.84423	197	194.542	203.727
7.96189	198	195.019	202.338
8.08132	199	183.071	201.43
8.20254	200	196.135	203.667
8.32558	200	196.596	204.251
8.45046	201	186.133	203.805
8.57722	200	196.753	204.95
8.70588	200	194.64	203.106
8.83647	201	198.247	208.353
8.96902	203	199.252	206.723

9.10355	205	199.921	208.54
9.2401	206	202.665	213.608
9.37871	210	206.551	217.444
9.51939	211	204.597	214.29
9.66218	211	207.2	216.808
9.80711	211	205.61	214.819
9.95422	212	207.113	216.006
10.1035	212	209.022	242.684
10.2551	213	208.163	217.179
10.4089	213	209.828	226.057
10.565	216	209.777	220.226
10.7235	218	197.195	221.68
10.8844	217	212.526	222.221
11.0476	220	198.109	224.139
11.2134	224	209.883	229.278
11.3816	224	216.377	234.087
11.5523	223	211.442	232.968
11.7256	212	206.427	218.348
12.2612	213	209.232	216.457
12.4451	213	206.403	216.172
12.6318	215	201.407	217.895
12.8212	216	211.833	219.742
13.0136	216	212.108	221.725
13.2088	217	213.076	227.056
13.4069	219	212.901	224.311
13.608	200	198.039	204.257
13.8121	202	200.388	207.53

14.0193	205	202.332	206.88
14.2296	207	205.071	210.157
14.443	210	206.726	211.749
14.6597	212	203.743	213.979
14.8796	212	209.763	217.981
15.1028	213	210.666	244.369
15.3293	215	212.389	221.771
15.5592	218	215.181	223.22
15.7926	220	216.995	225.675
16.0295	215	211.15	220.988
16.27	216	212.168	222.371
20.6463	223	218.361	225.187
20.956	225	222.829	229.439
21.2704	228	225.062	230.668
21.5894	231	228.913	235.835
21.9133	235	230.555	237.117
27.8076	233	230.958	236.554
28.2247	236	233.624	238.776
28.6481	239	237.048	243.406
29.0778	242	239.745	245.037
29.514	245	241.759	247.323
31.3251	224	222.397	227.552
31.795	228	217.034	229.331
32.2719	231	228.606	232.506
32.756	233	231.079	234.519
33.2473	236	233.506	237.452
33.746	239	236.047	240.537

34.2522	242	239.52	243.84
35.2875	237	235.375	241.767
35.8168	239	235.026	240.365
36.354	241	235.204	242.245
39.9158	228.913	219.562	238.264
45.8784	228.913	219.562	238.264
52.2185	225.796	218.003	233.589
55.9168	225.796	216.444	235.147
59.3133	222.679	211.769	233.589
62.3323	222.679	211.769	233.589
66.1817	219.562	210.21	228.913

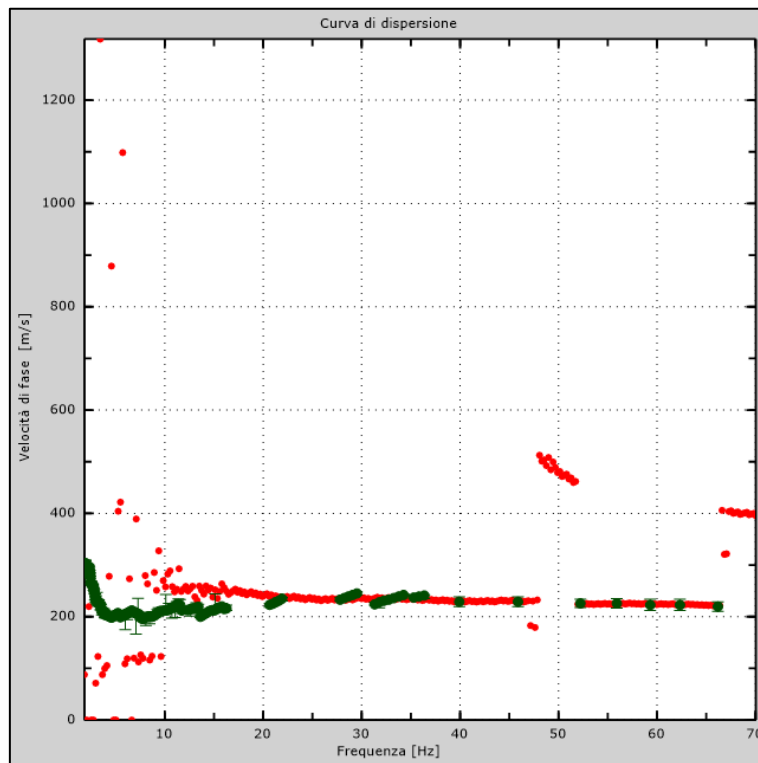


Figura 5 **Curva di dispersione f-v masw-esac**

**4 - Profilo in sito masw-esac**

Numero di strati (escluso semispazio) .....	7
Spaziatura ricevitori .....	1.5 m
Numero ricevitori.....	24
Numero modi .....	5

**Strato 1**

h [m].....	2.0
z [m].....	-2.0
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Vs [m/s] .....	244
Falda non presente nello strato	

**Strato 2**

h [m].....	3.0
z [m].....	-5.0
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Vs [m/s] .....	259
Falda non presente nello strato	

**Strato 3**

h [m].....	3.0
z [m].....	-8.0
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Vs [m/s] .....	243
Falda presente nello strato	

**Strato 4**

h [m].....	4.0
z [m].....	-12.0
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Vs [m/s] .....	219
Falda presente nello strato	

**Strato 5**

h [m].....	9.0
z [m].....	-21.0
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Vs [m/s] .....	224
Falda presente nello strato	

**Strato 6**

h [m].....	10.0
z [m].....	-31.0
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Vs [m/s] .....	250
Falda presente nello strato	

**Strato 7**

h [m].....	10.0
z [m].....	-41.0
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	2000
Vs [m/s] .....	320
Falda presente nello strato	



**Strato 8**

h [m].....	0
z [m].....	-00
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	2400
Vs [m/s] .....	.800
Falda non presente nello strato	

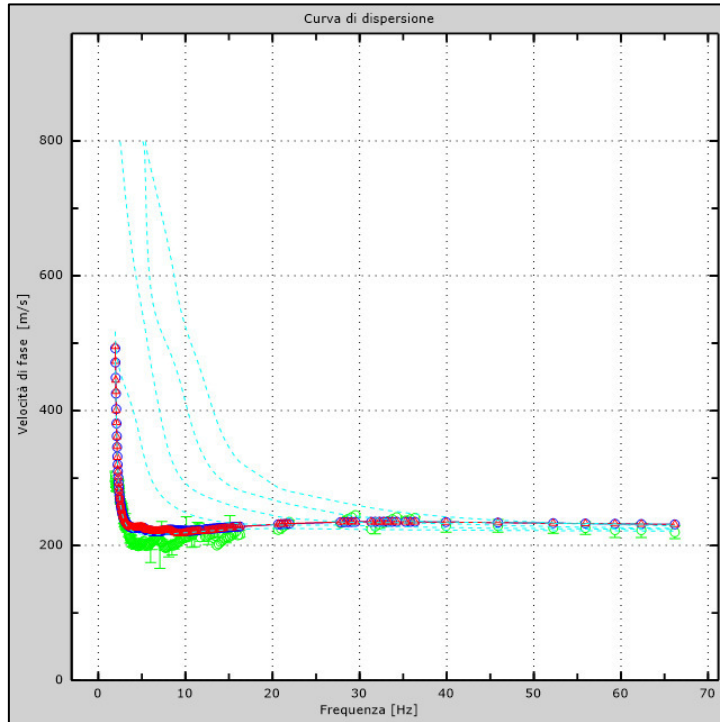


Figura 6 Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

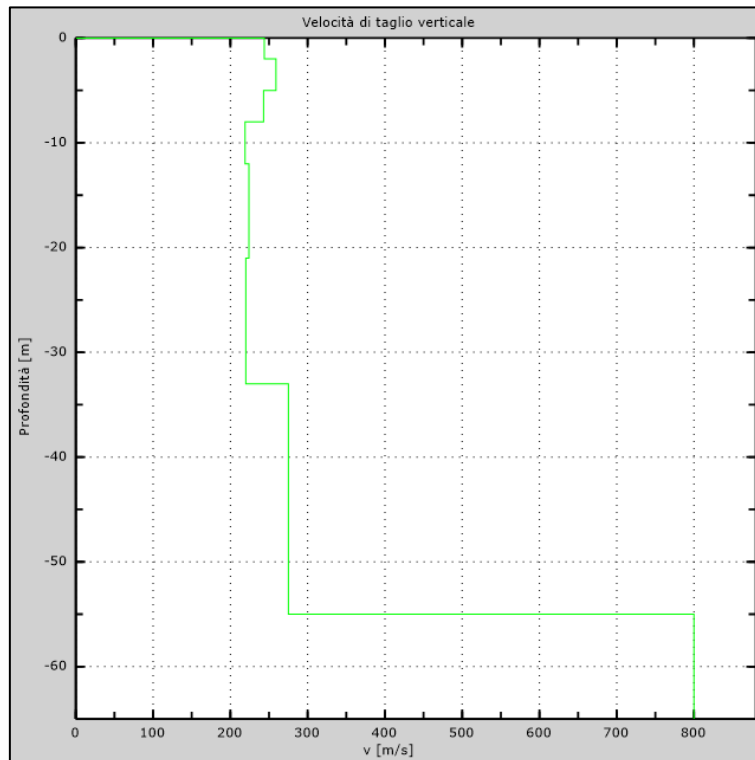


Figura 7 Profilo Vs numerico

**6 RISULTATI INDAGINI HVSR**

## PARAMETRI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE HVSR

PARAMETRI ACQUISIZIONE	
Strumentazione	Sismografo MAE A6000S – sensore 3D 4,5 Hz Geospace
f campionamento	500 Hz
durata	1200 s
PARAMETRI ELABORAZIONE	
durata totale analizzata	1200 s
durata finestre	20s – 50s
n° finestre	20
overlap	0 %
smoothing type	Konno & Omhachi
smoothing constant	40
intervallo f	0.3 Hz – 20.00 Hz



Figura 8 Sensore 3D Geospace 4.5 Hz, sismografo MAE A6000S

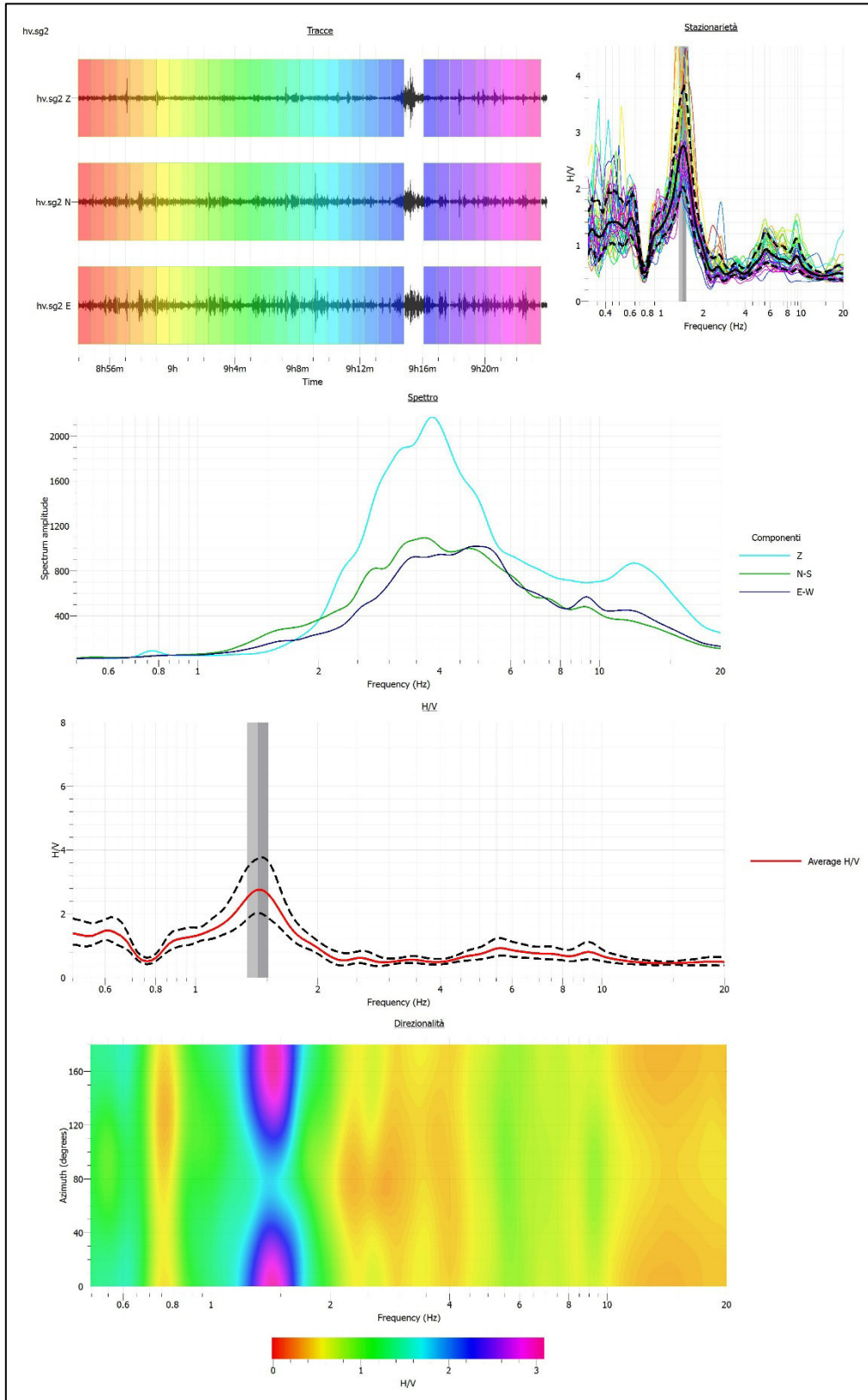


Figura 9 HVSR

Siderno - hv					
<b>CRITERI PROGETTO SESAME</b>					
<b>Criteri per una curva HVSr affidabile [R]</b> <i>[devono essere soddisfatti tutti]</i>					
i R	$f_0 > 10 / L_w$	1.43	>	0.40	ok
ii R	$n_c(f_0) > 200$	1213	>	200	ok
iii R	$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	eccede 0	su	660 punti	ok
<b>Criteri per un picco HVSr chiaro [C]</b> <i>[almeno 5 su 6 devono essere soddisfatti]</i>					
i C	esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.033	Hz		ok
ii C	esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.771	Hz		ok
iii C	$A_0 > 2$	2.75	>	2	ok
iv C	$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.023	<	0.05	ok
v C	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08586	<	0.14270	ok
vi C	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.362	<	1.78	ok
$L_w$	larghezza della finestra [s]	25			
$n_w$	numero di finestre utilizzate per l'analisi [num]	34			
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi [num]	1213			
$f_0$	frequenza di picco H/V [Hz]	1.43			
$f$	frequenza				
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza di picco di H/V [Hz]	$\pm 0.08$			
$\varepsilon(f_0)$	valore soglia per condizioni di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ - vedi tabella sotto	0.14			
$A_0$	ampiezza del picco H/V alla frequenza $f_0$	2.75			
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$				
$f^-$	frequenza fra $f_0/4$ e $f_0$ per la quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
$f^+$	frequenza fra $f_0$ e $4f_0$ per la quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f_0)$	deviazione standard di $A_0$	$\pm 1.36$			
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della curva $\log A_{H/V}(f)$				
$\theta(f_0)$	valore soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ - vedi tabella sotto	1.78			
<b>Freq.range [Hz]</b>					
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	3	2.5	2	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.4	0.3	0.25	0.2
[specifiche da Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations - measurements, processing and interpretations. SESAME European research project, deliverable D23.12, 2005.]					

Figura 10 Criteri SESAME

## **7 CONCLUSIONI**

Così come riportato in premessa, a seguito delle presenti indagini è stato possibile definire le velocità delle onde Vs del sottosuolo, riferiti al modello geologico tecnico di riferimento.

In base ai risultati ottenuti e alla normativa vigente si procederà ad uno studio di risposta sismica locale 1D per calcolare gli spettri di risposta di sito.

Si rimane a completa disposizione per ulteriori chiarimenti in merito a quanto esposto.

***Belmonte Castello, lì 16 Luglio 2018***

Il Direttore Tecnico  
Dott. Geol. Fabrizio Marini

A.P. n.1741



**8 REPORT FOTOGRAFICO**



Figura 111 **MASW**

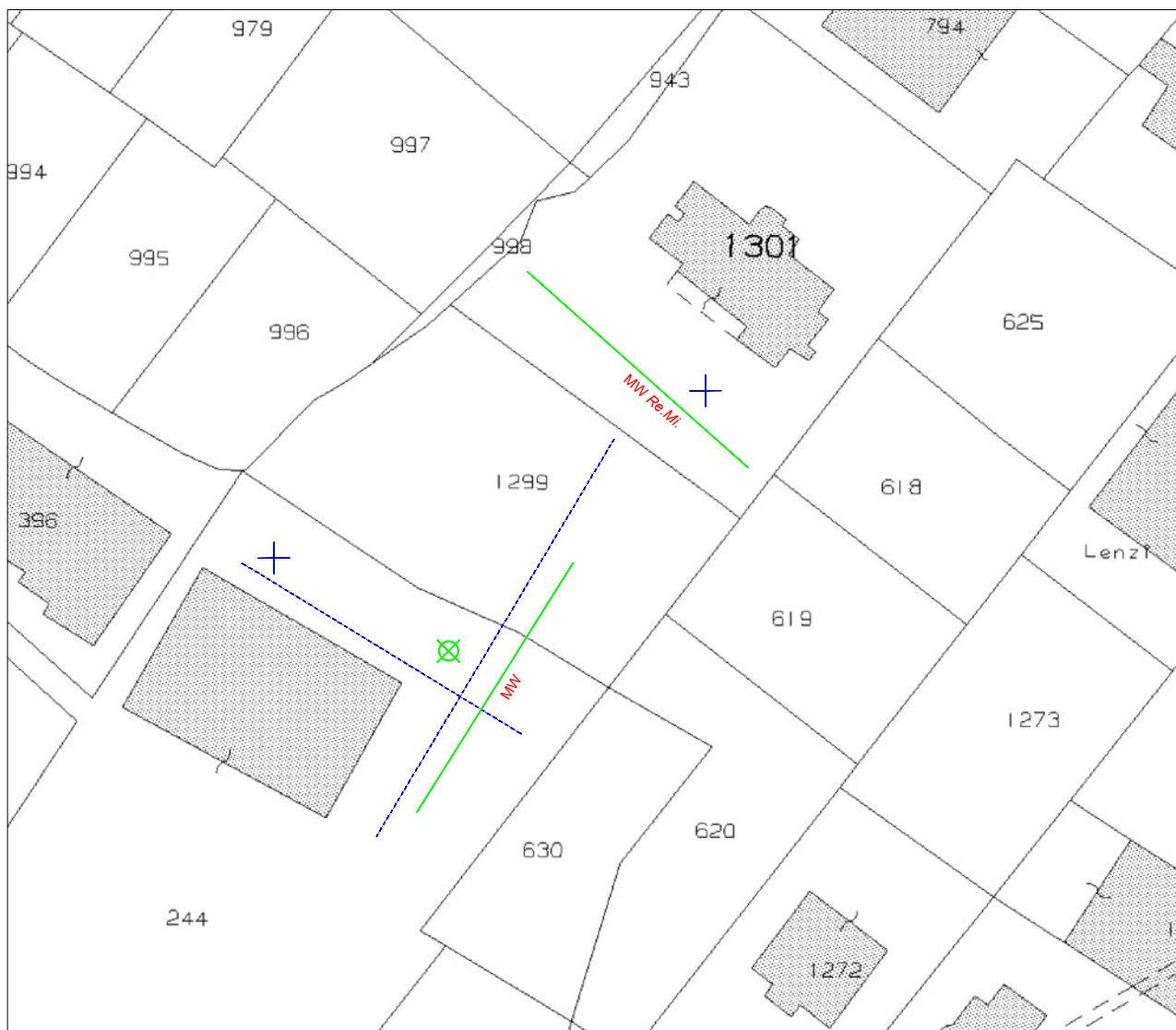


**PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI MASW-ESAC-HVSR**

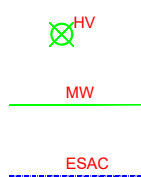
(Scala 1:1000)

# Allegato 1.3

## UBICAZIONE INDAGINI E PROVE . Comune di SIDERNO



### Legenda



Sismica passiva HVSR

Sismica attiva tipo MASW

Sismica Passiva ESAC

