



COMUNE DI VERDELLINO

PROVINCIA DI BERGAMO

**AGGIORNAMENTO E REVISIONE DELLO STUDIO
DELLA COMPONENTE GEOLOGICA E SISMICA DI
SUPPORTO AL PGT**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

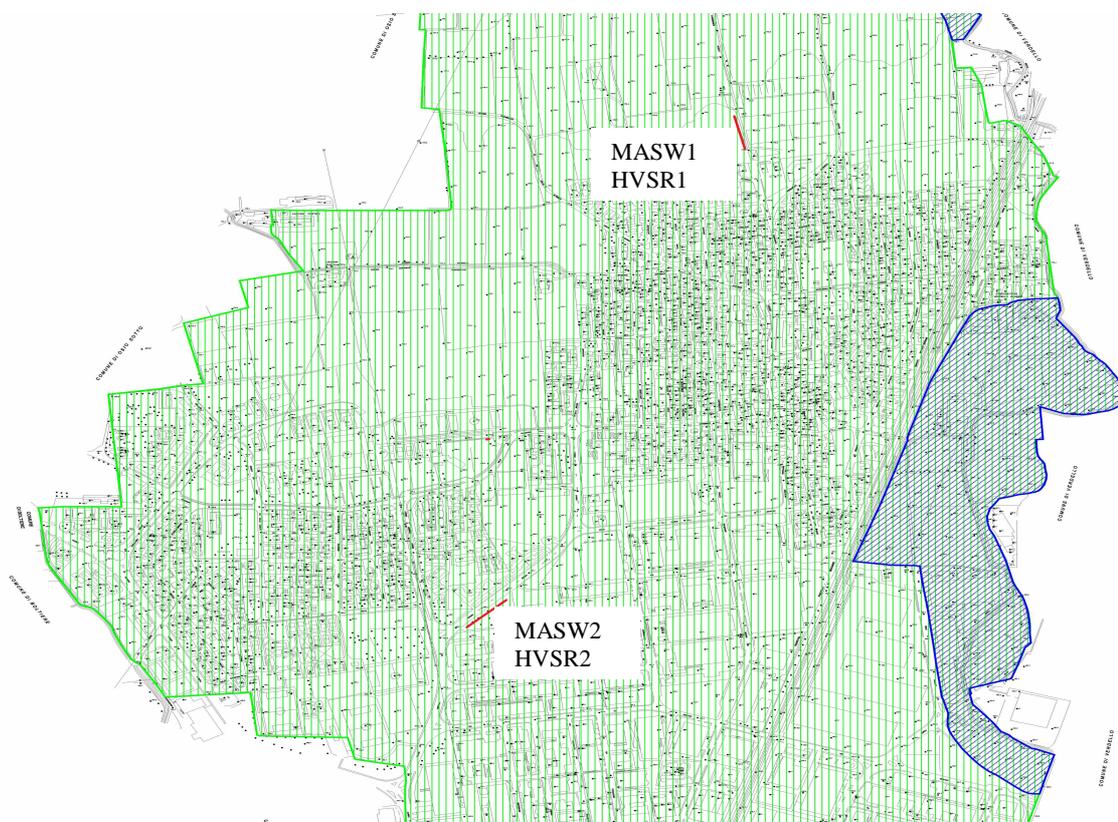
***Allegato n° 3: Relazione sulle indagini geofisiche
eseguite tipo HVSR***

1.0 PREMESSA

A supporto delle analisi sismiche di 2° livello del Comune di Verdellino è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche consistente in 2 prove MAWS e n° 2 prove HVSR; le due differenti tipologie di prova sono state effettuate nello stesso sito in modo da raccogliere tutti i parametri di interesse geofisico e sismico e per poter effettuare un'elaborazione incrociata delle due metodologie, per una maggiore affidabilità del dato.

La presente relazione si focalizza sulle indagini HVSR; i dettagli sulle prove MASW sono contenuti nell'apposita relazione.

L'ubicazione delle indagini è la seguente:



2.0 PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA – METODO HVSR

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato *microtremore* in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato *artificialmente*, come nelle energizzazione della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di “fondo”, sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4 h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.



Figura 1 - Sismografo EEG con geofono triassiale in fase di acquisizione

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale EEG ed elaborati con software EEG:

- il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo t , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori .

Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

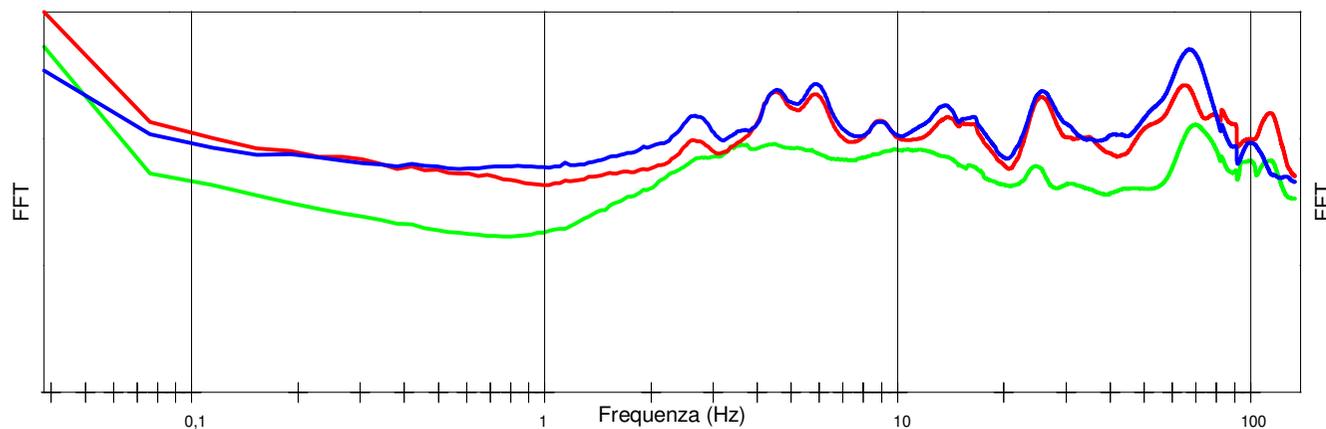
- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il “pad” di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.

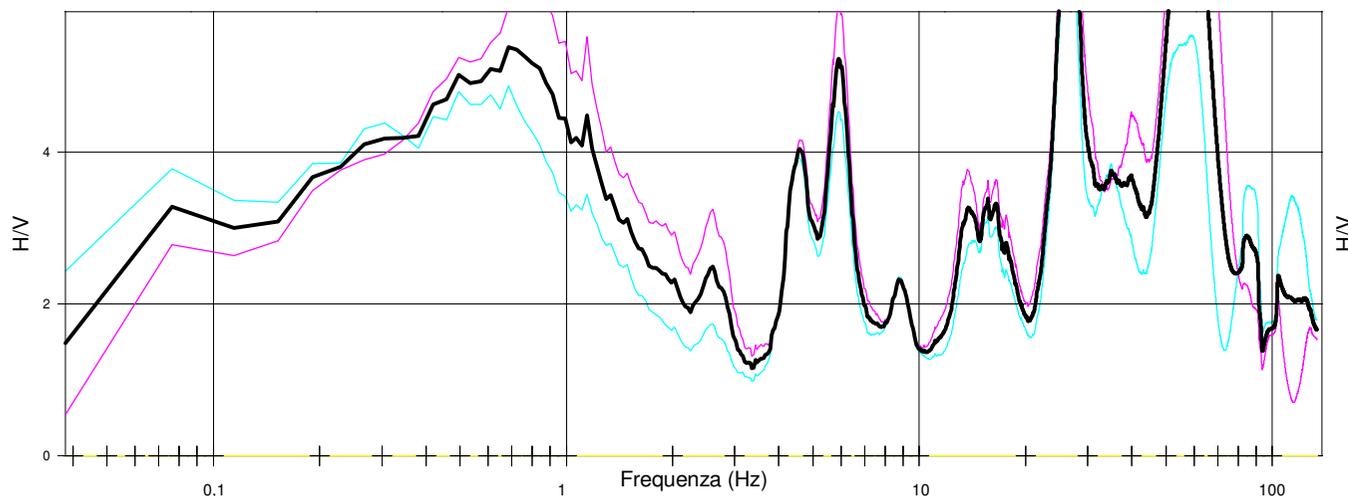
3.0 RISULTATI DELLE INDAGINI

I risultati delle indagini sono sintetizzati nelle immagini seguenti

COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE

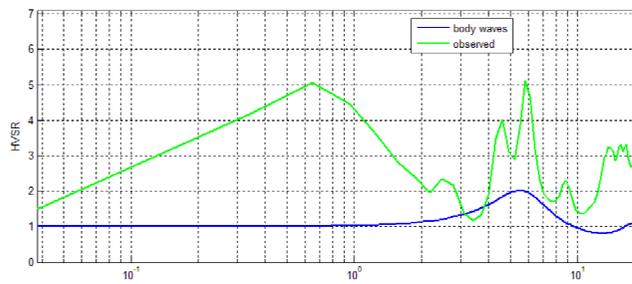
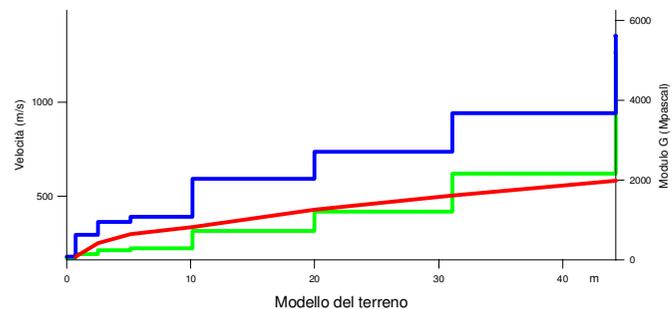


LEGENDA

- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse X
- Spettro asse Y
- H/V direzione X
- H/V direzione Y
- H/V media

Durata della registrazione 21' 50.7"
 Campionamento 10 KHz
 Finestra di campionamento 26,2 s

Picco alla frequenza: 5.5 Hz



PROVA H/V

COMUNE DI VERDELLINO (BG) - HVSr 1

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Metodo Nakamura

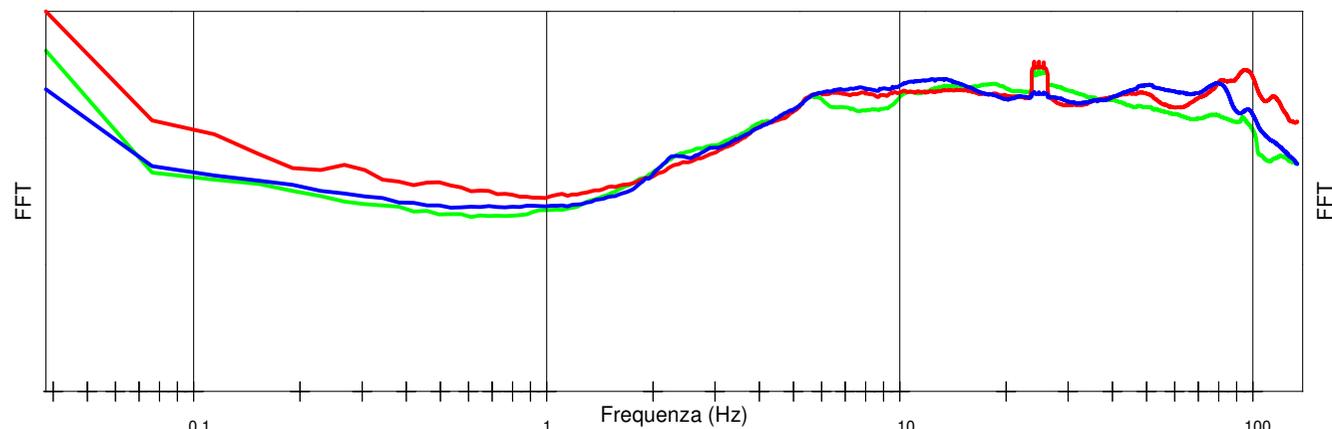
**SPETTRI DI FREQUENZA
 PROVA SB-238**

All. 2/b

Ottobre 2016

EEG s.p.a.
 GEOPISICA
 ELABORAZIONE DATI

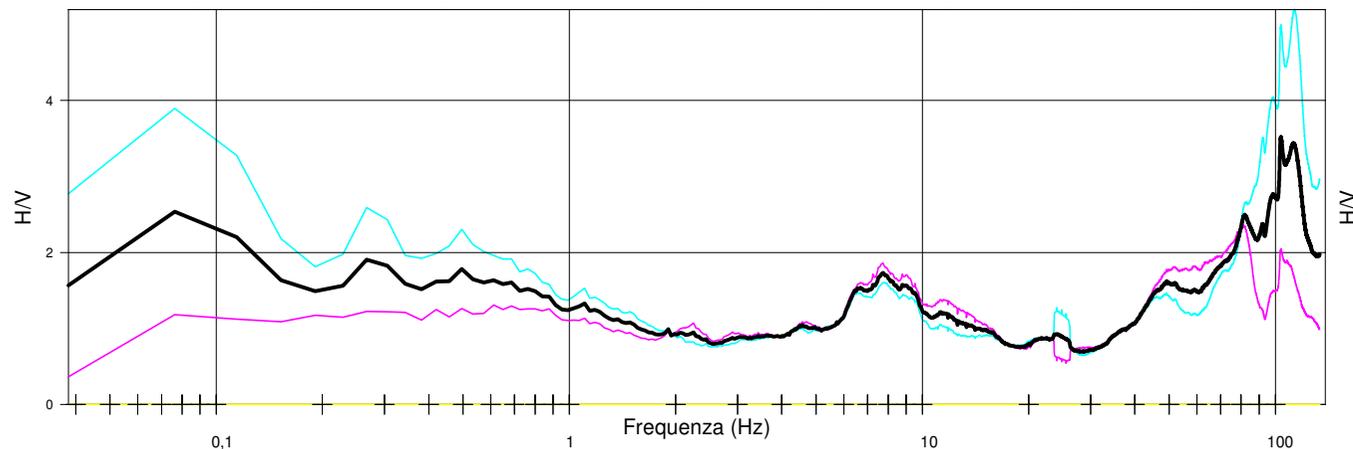
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA

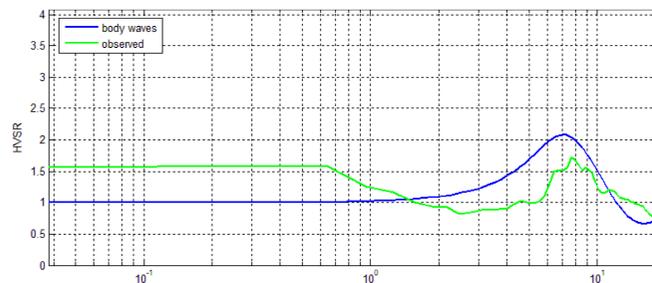
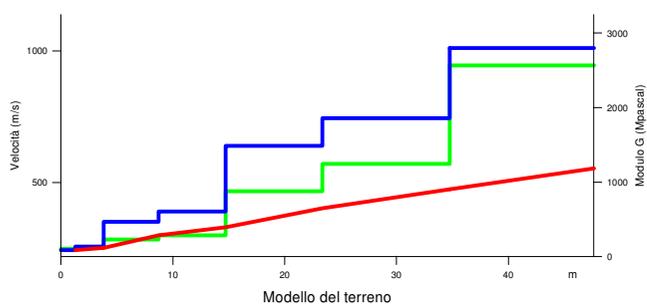
- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse X
- Spettro asse Y
- H/V direzione X
- H/V direzione Y
- H/V media

RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 20' 58.3"
 Campionamento 10 KHz
 Finestra di campionamento 26,2 s

Picco alla frequenza: 7 Hz circa



PROVA H/V

COMUNE DI VERDELLINO (BG) - HVS R 2

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Metodo Nakamura

**SPETTRI DI FREQUENZA
 PROVA SB-249**

All. 2/b

Ottobre 2016

EEG s.r.l.
 GEOPISICA
 ELABORAZIONE DATI