



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



COMUNE DI CEMBRA LISIGNAGO & LONA

## RELAZIONE GEOLOGICA & RELAZIONE GEOTECNICA

### ALLEGATO 1

Indagine geofisica sui microtremori, metodo HVSR

Collegamento Lona – Cembra per la valorizzazione della  
viabilità esistente a scopo turistico ed agricolo

COMMITTENTE: COMUNE DI CEMBRA - LISIGNAGO

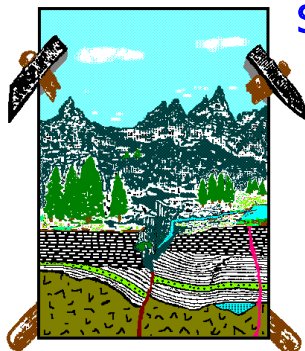
il geologo

il progettista

il committente



Luglio 2020

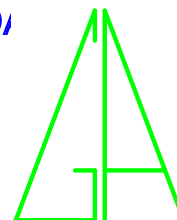


1809/20  
allegati

STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEO/

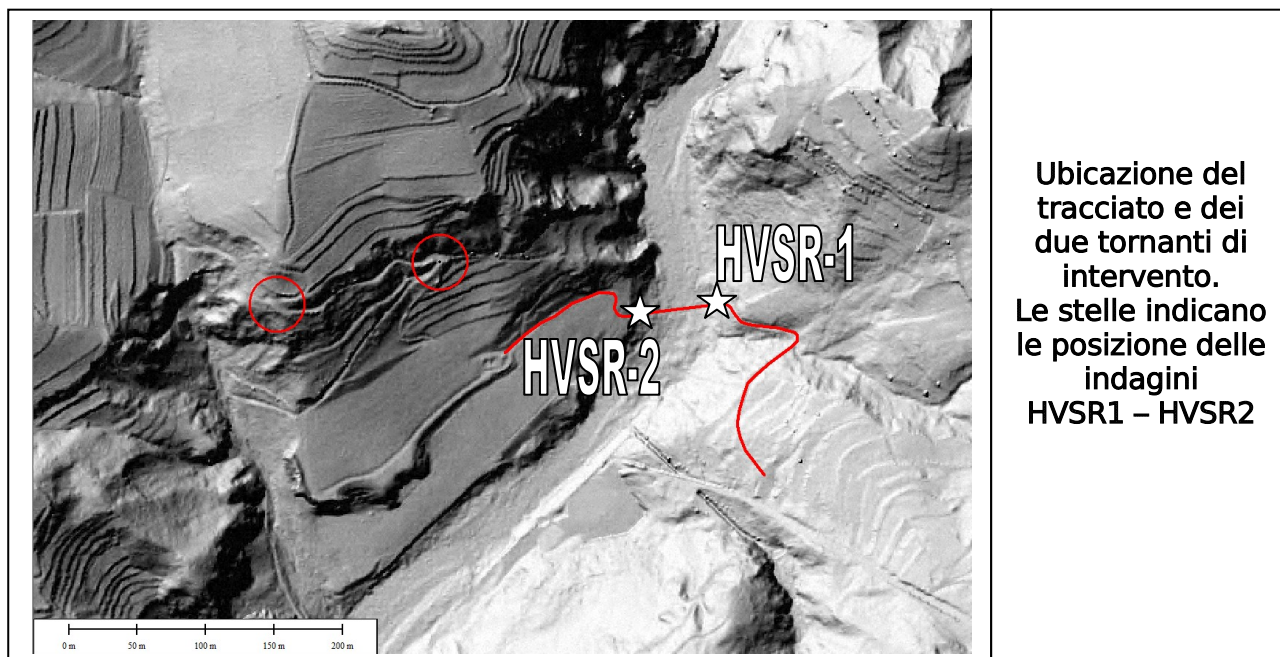
dott. geol. Franca Bazzanella  
dott. geol. Gianfranco Bazzoli  
dott. geol. Icilio Vigna  
P.IVA 01332500220

Viale Europa, 78 - Loc. San Cristoforo  
Pergine Valsugana (TN) - 38057  
Tel. 0461-985577 E-mail: [geoalp.tn@virgilio.it](mailto:geoalp.tn@virgilio.it)  
E-mail PEC: [geoalp@pec-legal.it](mailto:geoalp@pec-legal.it)  
Web homepage: <http://www.geoalp.eu>





## Allegato 1 – Indagine geofisica sui microtremori, metodo HVSR



A seguire sono riportati gli esiti delle indagini HVSR (H/V).

Sintetizzando i dati, compendianti anche a mezzo delle altre informazioni disponibili (tomografie geofisiche, rilevamento geologico) si può riassumere:

**HVSR 1:** picchi con valenza stratigrafica a 10 ed a 30 Hz, sismicamente risolvibili rispettivamente circa a 2 e 6 m da p.c.. L'interpretazione stratigrafica è che a 2 m vi sia il contatto fra colluvium e le sottostanti alluvioni grossolane o la roccia detensionata, mentre a 6 m vi sia il contatto con il bedrock sismico (roccia compatta); 10 Hz è assumibile come frequenza fondamentale del sito.

**HVSR 2:** picchi con valenza stratigrafica a 7.5 ed a 12 Hz, sismicamente risolvibili rispettivamente circa a 5 e 8 m da p.c.. L'interpretazione stratigrafica è che a 2 m vi sia il contatto fra colluvium e le sottostanti alluvioni grossolane o la roccia detensionata, mentre a 8 m vi sia il contatto con il bedrock; 7.5 Hz è assumibile come frequenza fondamentale del sito.



## Metodologia

L'indagine sismica asincrona a stazione singola è stata eseguita in conformità con le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assesment using AMbient Excitations), utilizzando un acquisitore a sismica passiva per lo studio HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e cioè il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e quella verticale del moto (Nakamura, 1989)<sup>1</sup>.

Questa metodologia utilizza come sorgente delle energizzazioni non indotte nel sito quanto piuttosto le vibrazioni di origine antropica (tipicamente con frequenza > 1 Hz) e sia naturali, quali le onde oceaniche (0,05-1 Hz), il vento locale (1.4-5 Hz), i tremori vulcanici (2-10 Hz).

SORGENTI	Gutenberg	Asten - Asten e Henstridge
Onde oceaniche sulle coste	0.05 – 0.1 Hz	0.05 – 1.2 Hz
Perturbazioni meteorologiche a grande scala	0.1 - 0.25 Hz	0.16 – 0.5 Hz
Cicloni oceanici	0.3 – 1 Hz	0.5 – 3 Hz
Condizioni meteorologiche locali	1.4 – 5 Hz	-
Tremori vulcanici	2 – 10 Hz	-
Attività antropica	1-100 Hz	1.4 – 30 Hz

Bard riporta che a frequenze inferiori a 0,5 Hz, le sorgenti di rumore sono naturali (oceanico e condizioni meteorologiche su larga scala), ed il rumore è definito "microsisma", a  $\approx 1$  Hz, le fonti sono principalmente gli effetti del vento e le condizioni meteorologiche locali. a frequenze superiori a 1 Hz, le fonti sono le attività umane e il rumore sismico ambientale è denominato "microtremore". Il principio su cui si basa la tecnica HVSR, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Ciascuna curva HVSR ottenuta dalle misure di rumore ambientale viene valutata in termini di  $F_0$ ,  $A_0$ ,  $F_{max}$  e  $A_{max}$ .  $F_0$  è la frequenza fondamentale di risonanza, ovvero la frequenza più bassa caratterizzata da un picco che superi tutti i test statistici di significatività, mentre  $A_0$  è l'ampiezza della frequenza fondamentale di risonanza. L'eventuale frequenza caratteristica di risonanza del sito è indotta da netti contrasti d'impedenza sismica nel sottosuolo (contrasto fra i sismostrati).

L'ampiezza del picco è direttamente proporzionale al contrasto di impedenza. E' un parametro importante per l'edilizia antisismica: strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno sono soggette al pericoloso effetto di "doppia risonanza" che può danneggiare la struttura.

$F_{max}$  e  $A_{max}$  sono, rispettivamente, la frequenza e l'ampiezza del picco più alto, nel caso in cui la frequenza fondamentale non coincida con il picco più alto, come potrebbe verificarsi nel caso di una successione stratigrafica multistrato. La presenza di almeno un massimo significativo nella curva HVSR viene interpretata come

---

<sup>1</sup> Nakamura, Y. (1989) - *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1.*



un'indicazione di possibili fenomeni di risonanza sismica al sito investigato e, di conseguenza, di possibile amplificazione del locale moto del suolo (siti amplificativi); viceversa, quando le ampiezze dei picchi di risonanza sono basse (valori 2 o 3), esse dimostrano scarse capacità di amplificazione dei suoli.

Sono state condotte analisi direzionali e tempo-varianti al fine di evidenziare eventuali caratteristiche del campo di vibrazione, attraverso il codice Grilla.

Disponendo dei dati di profondità di un riflettore noto della stratigrafia (es tramite prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella curva H/V, dall'indagine è poi possibile definire la velocità media delle onde di taglio  $V_s$  o, viceversa, note le  $V_s$  si può ricavare la profondità del contatto.

Mediante opportuni metodi di inversione è possibile definire la stima del profilo del terreno in termini delle velocità  $V_s$  e  $V_p$ : da ciò si ricava la  $V_s$  e la relativa categoria del suolo, come richiesto dalle NTC18 17/01/2018.

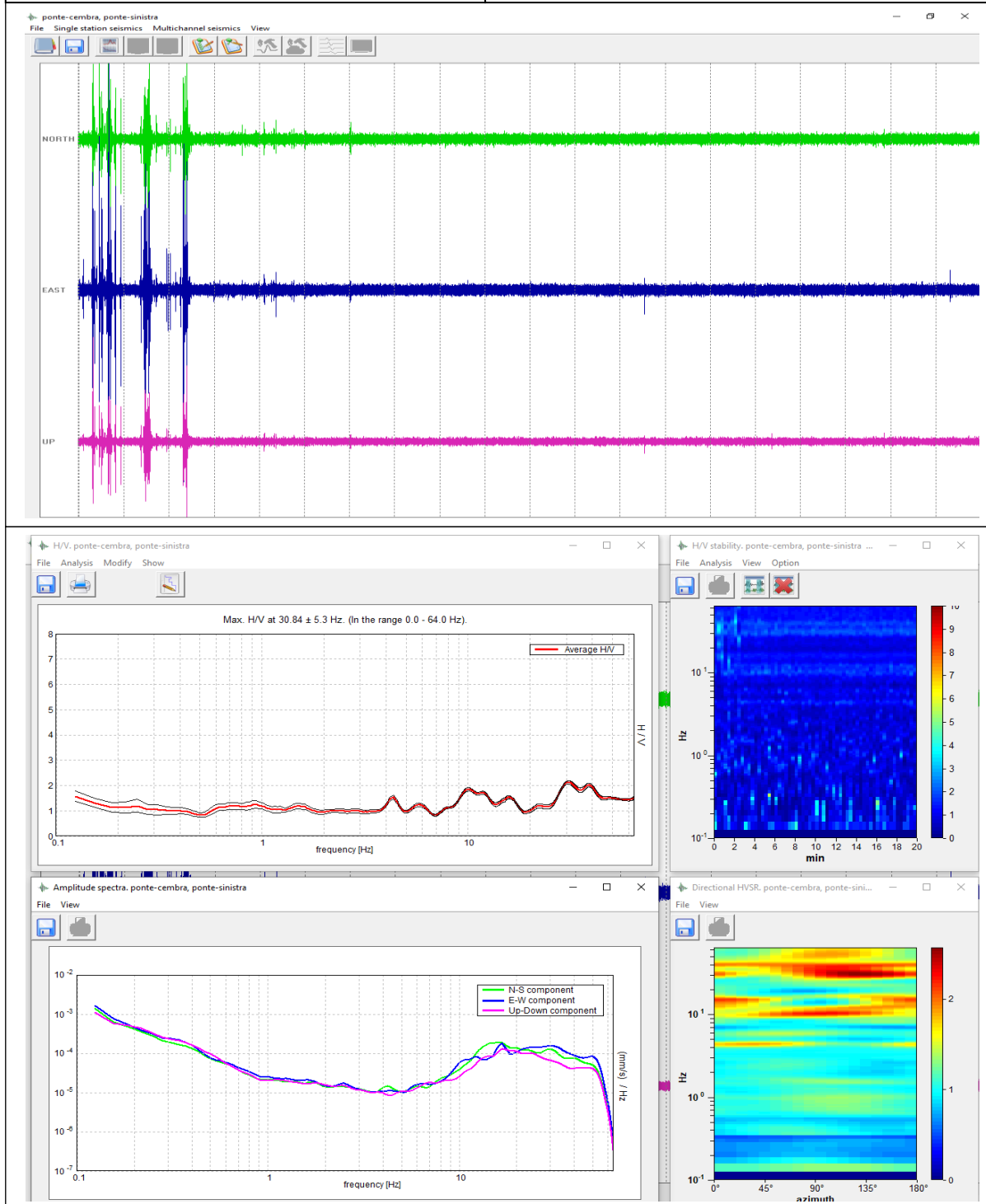
La strumentazione utilizzata per l'indagine sismica è costituita da una tripletta di geofoni a 4,5 Hz orientati ortogonalmente fra loro e posizionati parallelamente alle direttrici verticale (Z), N-S (N) ed E-W (E).



## Esiti dell'indagine HVSR 1



**Strumento:** TEB-0508/01-19  
**Formato dati:** 32 byte  
**Fondo scala [mV]:** 89  
**Inizio registrazione:** 21/05/20 08:55:18 **Fine registrazione:** 21/05/20 09:15:18  
**Durata registrazione:** 0h20'00". **Analisi effettuata sull'intera traccia.**  
**Freq. campionamento:** 128 Hz  
**Lunghezza finestre:** 20 s  
**Tipo di lisciamento:** Triangular window  
**Lisciamento:** 10%





## Esiti dell'indagine HVSR 2



**Strumento:** TEB-0508/01-19  
**Formato dati:** 16 byte  
**Fondo scala [mV]:** 5722  
**Inizio registrazione:** 21/05/20 10:43:27 **Fine registrazione:** 21/05/20 10:56:46  
**Durata registrazione:** 0h13'12". **Analisi effettuata sull'intera traccia.**  
**Freq. campionamento:** 128 Hz  
**Lunghezza finestre:** 20 s  
**Tipo di lisciamento:** Triangular window  
**Lisciamento:** 10%

