

COMUNE DI SONDRIO (SO)

**NUOVA CANTINA VITIVINICOLA INTERRATA**

**RELAZIONE SISMICA INTEGRATIVA**

**Data:** **novembre 2018**

**Committente:** **Sig. Davide Bettini**

**Professionista incaricato:** **Dott. Geol. Giovanni Songini**  
E-mail: [giovanni.songini@areaquattro.it](mailto:giovanni.songini@areaquattro.it)



<b>Rif. Documento</b>	<b>Data</b>	<b>Tipo revisione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato/Approvato</b>
18_109_R1_Rev0_RSismica.doc	Nov 2018	Prima emissione	M. Sceresini	G. Songini

## 1 PREMESSA E METODOLOGIA

Su incarico conferito dal Sig. Davide Bettini, si è proceduto alla redazione della presente perizia sismica integrativa inerente la realizzazione di una nuova cantina vitivinicola interrata sui terreni censiti al Fg. 23 mapp. 7 del Comune di Sondrio (SO), con accesso dalla strada vicinale dei Vitari. Il presente elaborato fa seguito alla relazione geologica redatta dallo scrivente nell'ottobre 2018, alla quale si rimanda per ogni approfondimento in tal senso.

L'indagine sismica passiva eseguita consiste nella misurazione del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali a varie frequenze per mezzo di un registratore sismico (tromografo o tromometro). Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:

- ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;
- ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico) e del parametro  $V_{seq}$  (velocità media delle onde S – di taglio – calcolata su uno spessore di sottosuolo corrispondente alla profondità del substrato caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec, e comunque non superiore a 30 metri di profondità).

La strumentazione utilizzata per la registrazione è costituita da un tromografo digitale (Echo Tromo HVSR 3 della Ambrogeo) dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati sul piano orizzontale (N-S e E-W) e sul piano verticale (Up-Down). I dati di rumore, amplificati e digitalizzati, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 172 Hz. Per l'Analisi spettrale delle tracce e la modellazione si è utilizzato uno specifico software dedicato (EASY HVSR della Geostru), conforme alle direttive fornite dal progetto di ricerca europeo SESAME.

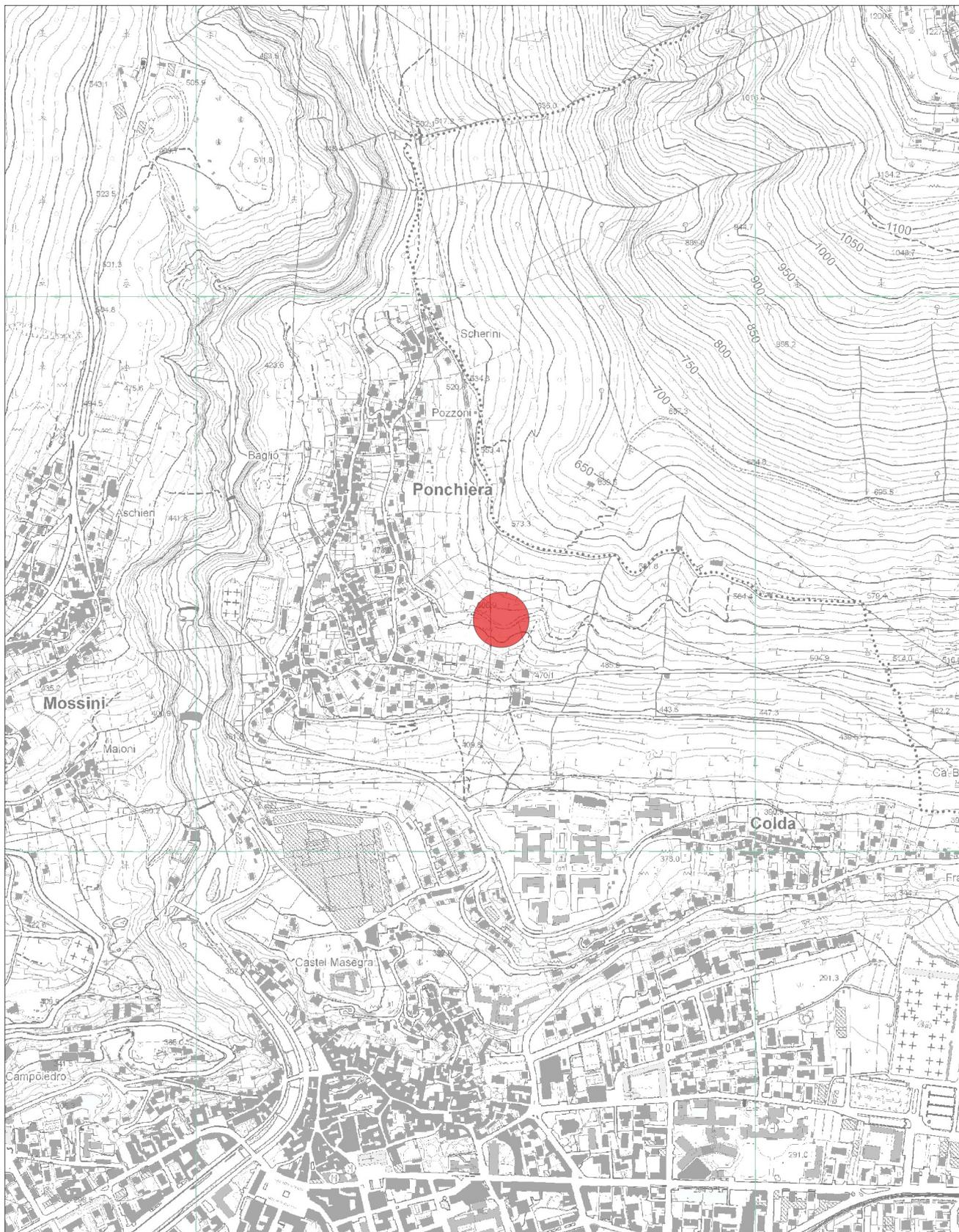
L'ubicazione dell'intervento è riportata sulla corografia di Figura 1, estratta dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, sezione C3d2.

## 2 INQUADRAMENTO SISMICO

La D.G.R. 11 luglio 2014, n.2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art.3, c.108, lett. d)", inserisce il territorio comunale di Sondrio in

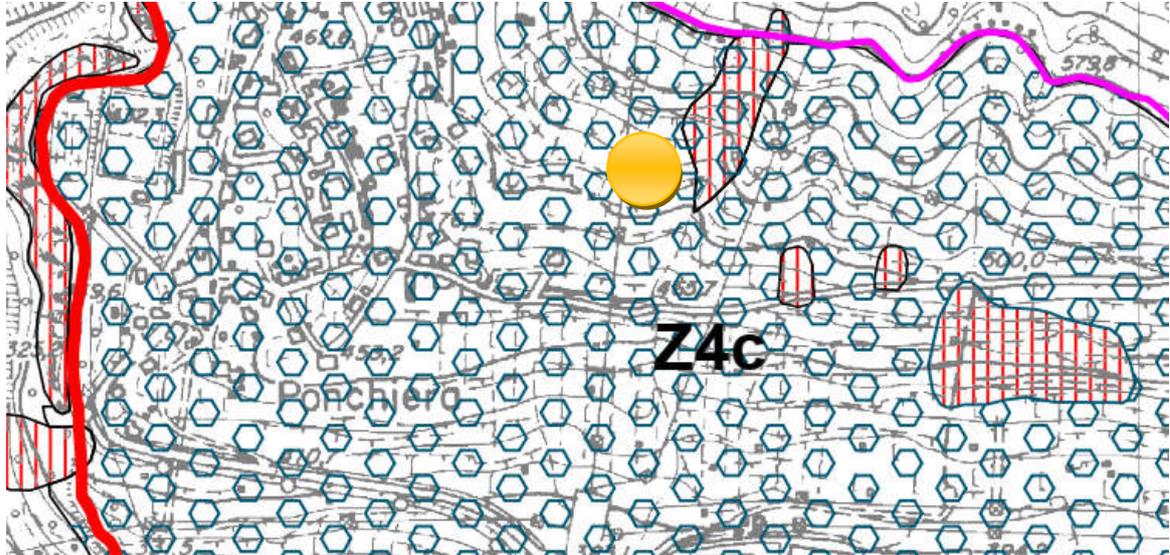
Figura 1 - scala 1:10'000

# COROGRAFIA



 area di intervento

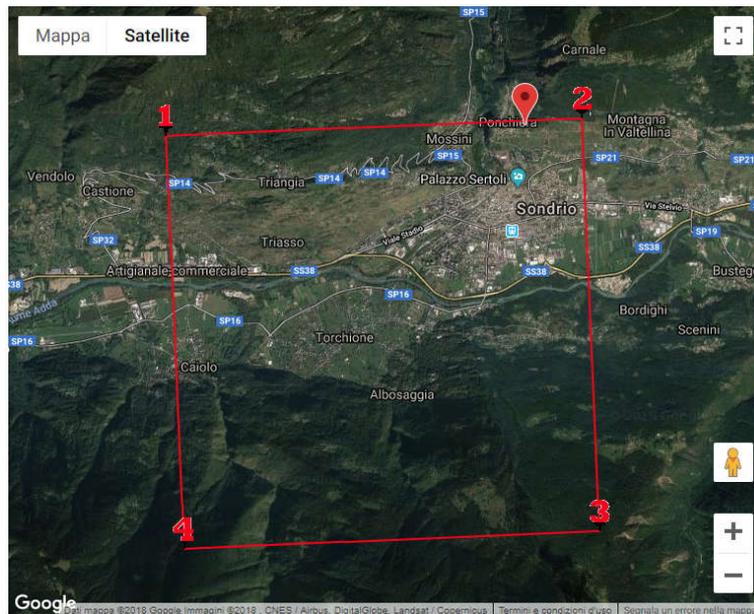
Zona Sismica 3. Lo studio geologico a supporto del PGT comunale classifica il lotto di intervento in “Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi” Z4c.



Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

*Stralcio della Carta PSL (PGT Sondrio)*

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale, riportato sulle tabelle elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e calcolato in funzione dell'ubicazione del lotto di intervento e per un periodo di riferimento pari a 475 anni (ottenuto a partire da una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni), risulta essere pari a 0.087 g.



Il Comune di Sondrio non risulta allo stato attuale dotato di uno studio sismico di II livello esteso all'area di intervento; per definire la categoria di sottosuolo in esame e verificare – come richiesto dalla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 - se la normativa nazionale risulti sufficiente o meno a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato inferiore o superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano) ci si è basati sui risultati di un'indagine sismica passiva (riportata in Allegato 1) appositamente eseguita in corrispondenza del lotto oggetto di intervento.

Il valore di Fa fissato dalla normativa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s. I due intervalli di periodo sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale lombardo: in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. Per la definizione della categoria sismica dei terreni in esame è stata eseguita un'indagine sismica mediante tromografo (riportata in Allegato 1). Il valore di  $V_{seq}$  ottenuto da tale studio risulta pari a 640 m/s rispetto al piano campagna attuale, corrispondente ad una categoria di suolo B.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Come richiesto dalla Normativa, la scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici in termini di valori di Vs utilizzati nella procedura di II livello deve essere opportunamente motivata, ed a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente tabella (sono stati evidenziati i valori relativi all'analisi in esame):

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Pur non essendo mirata all'individuazione della profondità del substrato roccioso, l'interpretazione dell'indagine sismica passiva eseguita fa presumere una limitata profondità di quest'ultimo; in ragione della tipologia di intervento prevista, si reputa verosimile che le fondazioni dell'interrato in progetto vadano ad impostarsi almeno in parte entro l'ammasso litico in posto (Categoria di suolo A), per il quale non si prevedono fenomeni di amplificazione sismica. Per completezza e a favore di sicurezza, nel presente elabora-

to è stata comunque sviluppata la verifica relativa all'adeguatezza o meno della normativa nazionale a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato inferiore o superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano)

Sulla base delle caratteristiche litologiche locali e dell'andamento delle Vs con la profondità, si è individuata come scheda di riferimento quella per litologie prevalentemente sabbiosa, elaborata per fusi granulometrici *da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie*; verificando l'andamento delle Vs con la profondità, si è utilizzata la curva 3 in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale per la valutazione del valore di Fa.

Il periodo proprio del sito  $T$  necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s, utilizzando la seguente equazione:

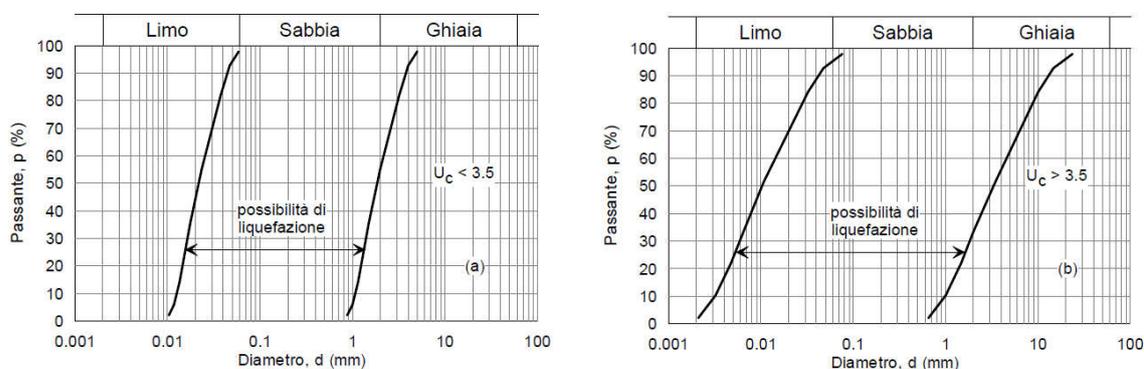
$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono rispettivamente lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo del modello.

Dall'indagine tomografica, il periodo proprio del sito è risultato essere pari a 0.12 s; partendo da tale dato, il valore di Fa per l'intervallo 0.1÷0.5 s è risultato pari a 1.29 - minore di Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano (pari a 1.5) -, così come il valore per l'intervallo 0.5÷1.5 s è risultato pari a 1.05 – minore di Fa di soglia comunale fornito dal Politecnico di Milano (pari a 1.7).

La Normativa vigente prevede inoltre di considerare la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione. Rifacendosi al par. 7.11.3.4.2 delle NTC 2008, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- **distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura sottostante di sinistra nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  nella figura sottostante di destra nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .**



L'esame di scarpate di scavo aperte su terreni limitrofi ha permesso di rilevare come il fuso granulometrico in esame sia esterno alla fascia di distribuzione granulometrica potenzialmente soggetta a fenomeni di liquefazione, consentendo di omettere la verifica nei confronti di tale fenomeno.

Sulla base dell'ubicazione del lotto di intervento, della classe d'uso degli edifici in progetto (Classe I), della tipologia di opere, della categoria di sottosuolo in oggetto (Categoria A o B, in funzione della effettiva natura dei terreni di sottofondazione, che potrà

essere definita a scavi aperti) e della categoria topografica del sito (categoria T2 – pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ), sono stati calcolati i seguenti coefficienti sismici caratteristici per l'intervento in esame per una vita nominale pari a 50 anni.

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.007	0.018	0.024
kv	0.003	0.003	0.009	0.012
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.301	0.326	0.885	1.171
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

*Coefficienti per terreni di fondazione in Categoria A*

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.007	0.007	0.019	0.026
kv	0.003	0.004	0.010	0.013
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.362	0.391	1.062	1.406
Beta	0.180	0.180	0.180	0.180

*Coefficienti per terreni di fondazione in Categoria B*

Sondrio, novembre 2018

(Dott. Geol. Giovanni Songini)



**ALLEGATO 1**  
**INDAGINE SISMICA PASSIVA**

## Dati generali

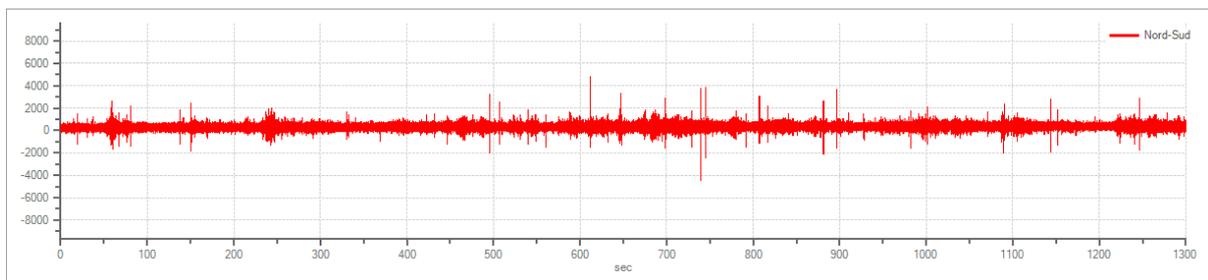
Committente: Bettini  
Località: Ponchiera  
Data: 26/10/2018 00:00:00  
Latitudine: 46.1796913146973  
Longitudine: 9.87026023864746

## Tracce in input

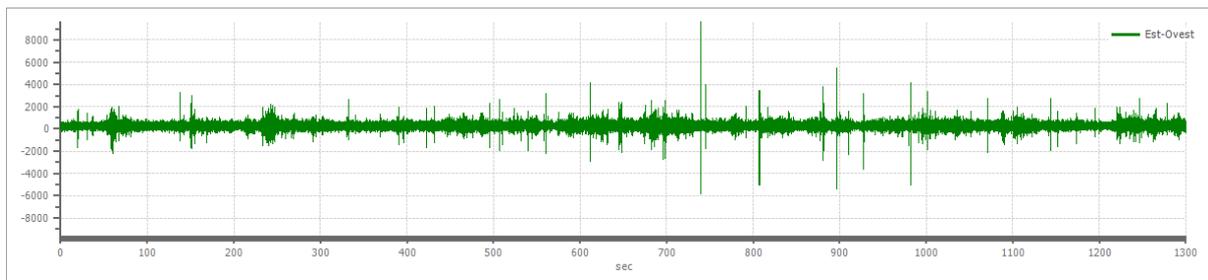
### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1300 s  
Frequenza di campionamento: 172.00 Hz  
Numero campioni: 223600  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

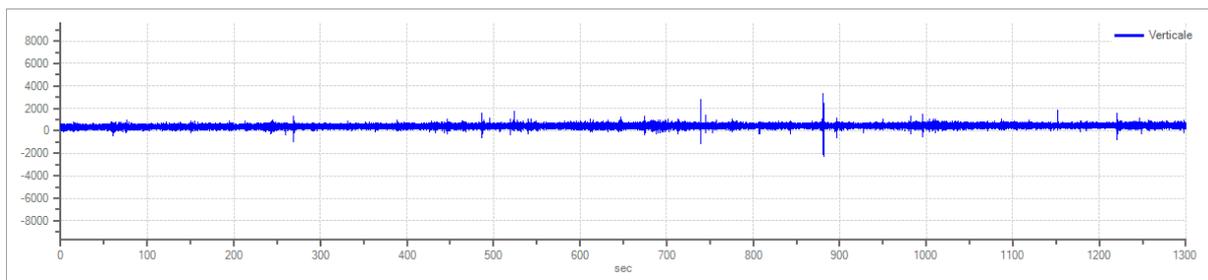
### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



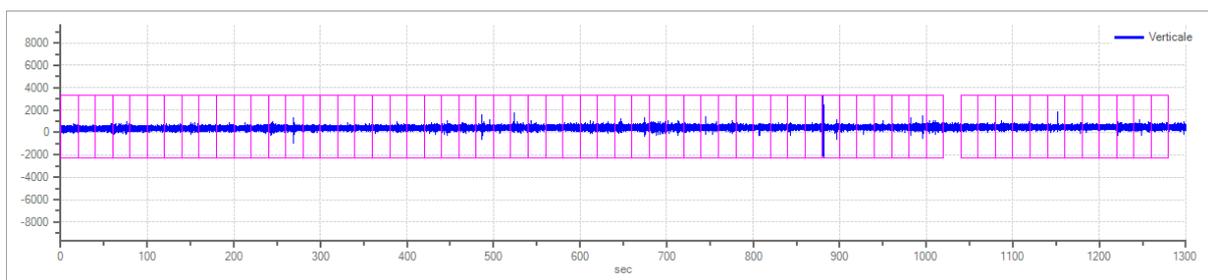
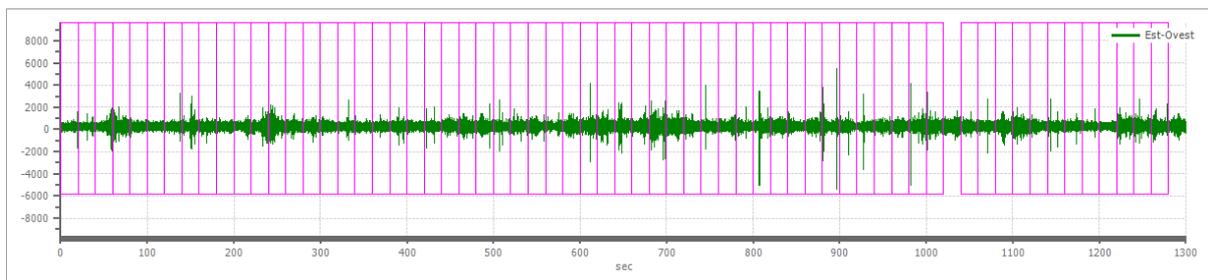
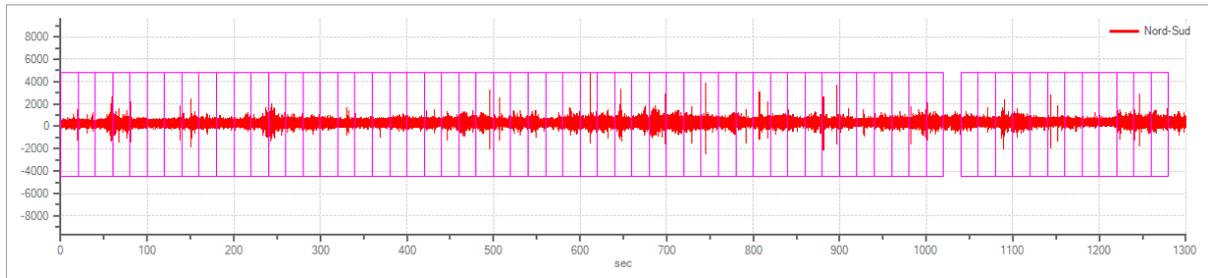
Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

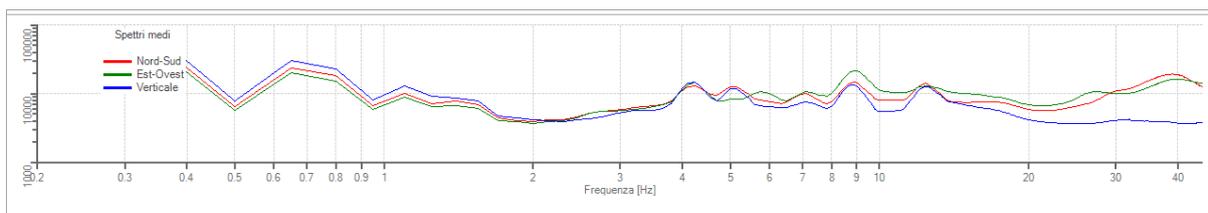
### Dati riepilogativi:

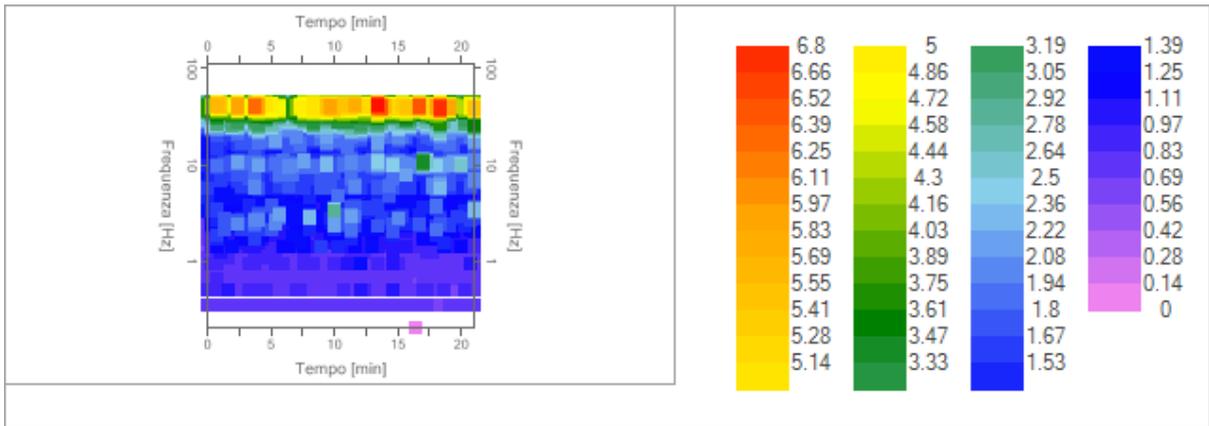
Numero totale finestre selezionate: 63  
Numero finestre incluse nel calcolo: 63  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamo: Triangolare proporzionale  
Percentuale di lisciamo: 10.00 %

### Grafici tracce con finestre selezionate:

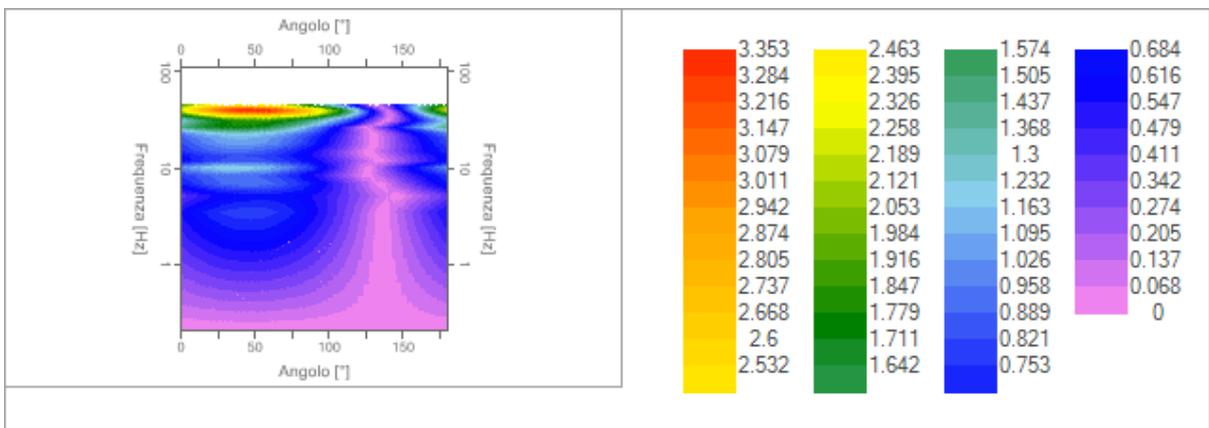


### Grafici degli spettri





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

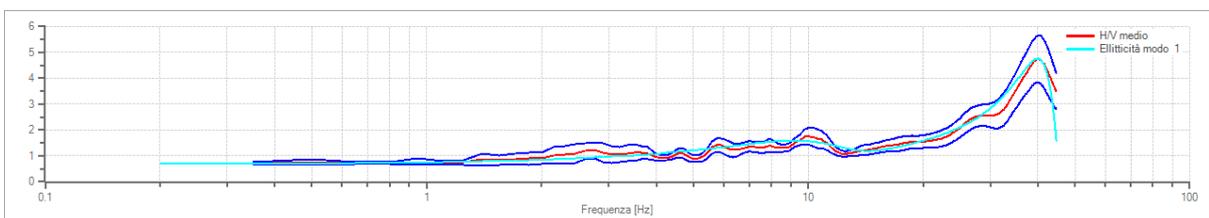
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 45.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.20 Hz  
 Passo frequenze: 0.15 Hz  
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 40.10 Hz  $\pm$  0.19 Hz

### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

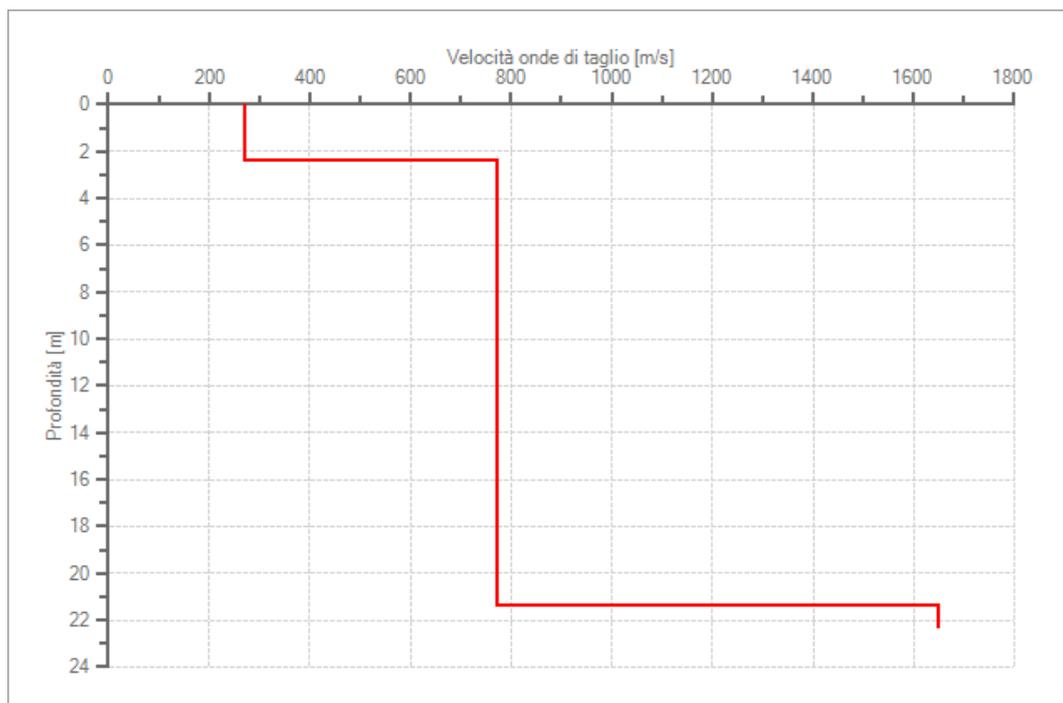
## Modello stratigrafico

### Dati riepilogativi:

Numero strati:	3
Frequenza del picco dell'ellitticità:	39.95 Hz
Valore di disadattamento:	0.12
Valore Vseq:	640.05 m/s

### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2.4	19	0.35	272
2	2.4	19	25	0.25	772
3	21.4	1	25	0.3	1650



Profilo delle velocità delle onde di taglio.