



COMUNE DI SONDRIO

(PROVINCIA DI SONDRIO)

PROGETTO PASSERELLA CICLOPEDONALE SULLE CASSANDRE DEL MALLERO A SONDRIO

TAVOLA

INDAGINE GEOGNOSTICA E SISMICA

R.03

PROGETTO DEFINITIVO

Scala 1: -----

☐ FATTIBILITA' ☐ PRELIMINARE ☒ DEFINITIVO ☐ ESECUTIVO ☐ PARTICOLARI ARCHITETTONICI

PRESENTAZIONE

GIUGNO 2019

AGGIORNAMENTO

FVA STUDIO

FRANCESCO VENZI ARCHITETTO

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti

ARCH. FRANCESCO VENZI

VIA GAVAZZENI 6 - 23100 SONDRIO
e-mail: francescovenzi@fvastudio.it

ING. PAOLO MONCECCHI

(Studio Moncecchi Associati)

ING. MASSIMO MAFFEIS

(Soc. Maffeis Engineering Spa)

GEOLOGO MAURIZIO AZZOLA

FILE:dwg

DATA PRESENTAZIONE

LUGLIO 2019

NOTA: TUTTE LE MISURE DEVONO ESSERE VERIFICATE IN CANTIERE PRIMA DELL'INIZIO DEI LAVORI; EVENTUALI DISCORDANZE O VARIAZIONI DEVONO ESSERE PREVENTIVAMENTE COMUNICATE CONCORDATE ED APPROVATE DALLA DIREZIONE LAVORI.

ELABORATO DI PROPRIETA' DEL PROGETTISTA, SOGGETTO A LEGGE SUI DIRITTI D'AUTORE, NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO, NICHIE PARZIALMENTE, O COMUNICATO A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DELL'ELABORATORE. E' VIETATO IL COPIARE, L'USARE, L'ITALIANA, E SE NON PRESENTA LA FIRMA AUTOGRAFA DEL PROGETTISTA.

1	PREMESSA	4
2	METODOLOGIA	5
3	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO CON SPT IN FORO	6
4	SISMICA	6
4.1	PASSERELLA SX 0001	13
4.2	PASSERELLA SX 0002	16
4.3	PASSERELLA DX 0001	20
4.4	PASSERELLA DX 0002	25
4.5	PASSERELLA DX 0003	29
5	SONDAGGI	33
5.1	SONDAGGIO 1	35
5.2	SONDAGGIO 2	42
6	PROVE DI LABORATORIO	47
6.1	PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE IN ROCCIA	48
6.2	POINT LOAD TEST IN ROCCIA	56
7	CONCLUSIONI	58

Figura 1 corografia intervento	4
Figura 2 ortofoto	5
Figura 3 (a) sezione schematica e (b) registrazioni	7
Figura 4 tabella categorie del sottosuolo	8
Figura 5 Spettro del rumore sismico (in termini di velocità, componente verticale del moto) minimo e massimo secondo i modelli standard del servizio geologico USA (USGS) (J. Peterson, Observations and Modelling of Background Seismic Noise, Open-file report 93-32)	9
Figura 6 esempio di risposta sismica	11
Figura 7 esempio di risposta sismica di origine stratigrafica	11
Figura 8 ubicazione sismica sponda sinistra Ponchiera	12
Figura 9 ubicazione sismica sponda destra Mossini	12
Figura 10 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO	13
Figura 11 H/V TIME HISTORY	13
Figura 12 DIRECTIONAL H/V	14
Figura 13 SINGLE COMPONENT SPECTRA	14
Figura 14 EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V	14
Figura 15 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO	16
Figura 16 H/V TIME HISTORY	17
Figura 17 DIRECTIONAL H/V	17
Figura 18 SINGLE COMPONENT SPECTRA	17
Figura 19 EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V	17
Figura 20 misura sismica DX1	20
Figura 21 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO	21
Figura 22 H/V TIME HISTORY	21
Figura 23 DIRECTIONAL H/V	21
Figura 24 SINGLE COMPONENT SPECTRA	22
Figura 25 EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V	22
Figura 26 SISMICA DX2	25
Figura 27 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO	26
Figura 28 H/V TIME HISTORY	26
Figura 29 DIRECTIONAL H/V	26
Figura 30 SINGLE COMPONENT SPECTRA	27
Figura 31 EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V	27
Figura 32 Sismica DX3	29
Figura 33 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO	30
Figura 34 H/V TIME HISTORY	30
Figura 35 DIRECTIONAL H/V	30
Figura 36 SINGLE COMPONENT SPECTRA	31
Figura 37 ubicazione sondaggi	34
Figura 38 fase esecutiva sondaggio 1 SX1 Ponchiera	35
Figura 39 ubicazione sondaggio 1	36
Figura 40 sondaggio 1 cassetta 1	36
Figura 41 sondaggio 1 cassetta 2	37
Figura 42 sondaggio 1 cassetta 3	37
Figura 43 sondaggio 1 cassetta 4	38
Figura 44 sondaggio 1 cassetta 5	38
Figura 45 sondaggio 1 cassetta 6	38
Figura 46 stratigrafia sondaggio 1	39
Figura 47 tabella riepilogo SPT sondaggio 1	40
Figura 48 correlazione N_{SPT} addensamento	41
Figura 49 fase esecutiva sondaggio 2 DX Mossini	42
Figura 50 ubicazione sondaggio 2	42
Figura 51 sondaggio 2 cassetta 1	43
Figura 52 sondaggio 2 cassetta 4	43
Figura 53 sondaggio 2 cassetta 3	44
Figura 54 sondaggio 2 cassetta 5	44
Figura 55 sondaggio 2 cassetta 6	45
Figura 56 sondaggio 2 cassetta 7	45
Figura 57 stratigrafia sondaggio 2	46
Figura 58 tabelle dei campioni prelevati	47
Figura 59 prova di compressione monoassiale campione SX1 pag 1	48
Figura 60 prova di compressione monoassiale campione SX1 pag 2	49
Figura 61 prova di compressione monoassiale campione SX2 pag 1	50
Figura 62 prova di compressione monoassiale campione SX2 pag 21	51
Figura 63 prova di compressione monoassiale campione DX4 pag 1	52
Figura 64 prova di compressione monoassiale campione DX4 pag 2	53
Figura 65 prova di compressione monoassiale campione DX5 pag 1	54
Figura 66 prova di compressione monoassiale campione DX5 pag 21	55
Figura 67 point load strength test campione dx1,dx2,dx6,sx3,sx4	56
Figura 68 point load strength test campione dx3 point 1, dx3 point 2	57

1 PREMESSA

Con determina N 142 mi è stato affidato l'incarico "DIREZIONE DEI LAVORI INERENTI L'ESECUZIONE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI E RELATIVA RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA RIGUARDANTE LA REALIZZAZIONE DI UNA PASSERELLA CICLOPEDONALE SULLE CASSANDRE DEL MALLERO. AFFIDAMENTO INCARICO (PROCEDURA SINTEL ID 110897526). CIG Z982882193"

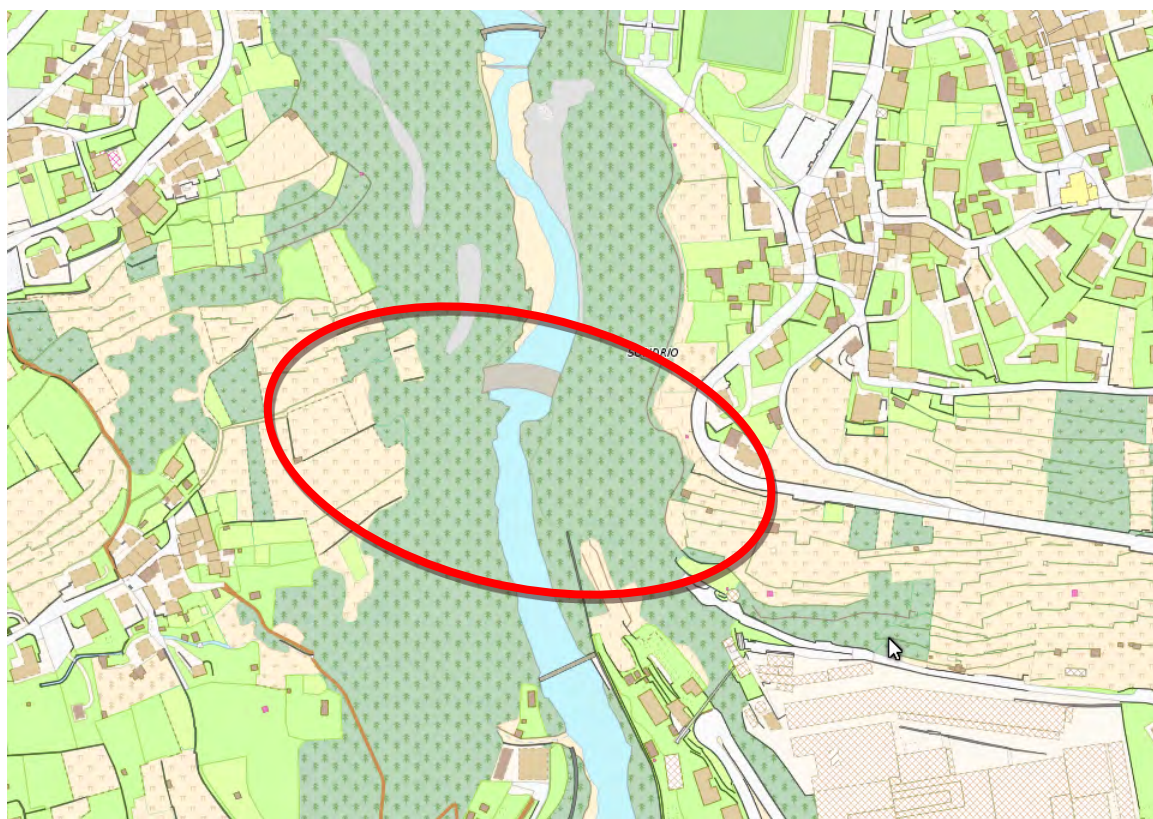


Figura 1 corografia intervento



Figura 2 ortofoto

2 METODOLOGIA

Le indagini condotte sono finalizzate a:

- Definire la categoria del suolo di fondazione e la classe di zonazione sismica, ai sensi della nuova normativa sismica (ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003).
- Assumere il modello stratigrafico e geotecnico per le verifiche di capacità portante, di stabilità dei terreni di fondazione e scavo.
- Definire i parametri geotecnici necessari per il dimensionamento delle strutture di fondazione.
- Indicare i valori di portata agli Stati Limite (NTC2018) ed i relativi cedimenti per le possibili soluzioni di fondazione.
- Indicare, in via preliminare, le possibili soluzioni e modalità d'apertura degli scavi e, ove necessario, le possibili soluzioni per il sostegno degli stessi.

Sono stati eseguiti:

- **Sondaggi a carotaggio continuo con SPT in foro**
- **Misure sismiche passive**
- **Prove di laboratorio**

3 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO CON SPT IN FORO

La ditta IN-CO srl. ha provveduto ad eseguire i 2 sondaggi geognostici di 25 e 28 metri m con carotaggio continuo e prove SPT per foro ed ad inviare al laboratorio campioni di carote per le prove.

4 SISMICA

È stata eseguita una indagine geofisica col metodo della sismica passiva.

Stante le caratteristiche geomorfologiche caratterizzata da variazioni litologiche altimetriche e laterali rilevanti si è adottato il sistema della sismica passiva che in queste situazioni litostratigrafiche da buoni risultati e permette di individuare il valore di V_{seq} richiesto dalla normativa recente e, molto importante, di misurare direttamente la frequenza di risonanza del sito.

Recenti studi evidenziano infatti, come in molti casi l'amplificazione è dovuta a fenomeni di risonanza di terreni incoerenti stratificati al di sopra del bedrock. Fenomeni di riflessione e rifrazione delle onde sismiche alle interfacce di discontinuità tra i due tipi di terreno portano, infatti, all'intrappolamento delle onde sismiche nello strato superficiale e alla successiva amplificazione; tale configurazione geomorfologica facilita anche la propagazione delle Onde di Love, che sono tra i tipi di onde sismiche più distruttive.

In pratica lo scuotimento e la durata di un sisma possono essere modificati, il più delle volte amplificati, dalle condizioni geologiche prossime alla superficie. Queste variazioni del moto sismico sono chiamati effetti **di sito**.

Questi effetti possono essere quantificati e sono connessi alle condizioni stratigrafiche e topografiche inoltre, se la frequenza di risonanza del sito, corrisponde con quella della struttura in progetto anche un terremoto non particolarmente intenso può produrre danni gravi.

Nello schema sottostante si vede che a parità di magnitudo del terremoto la risposta superficiale è molto diversa in funzione della posizione e della litologia sottostante.

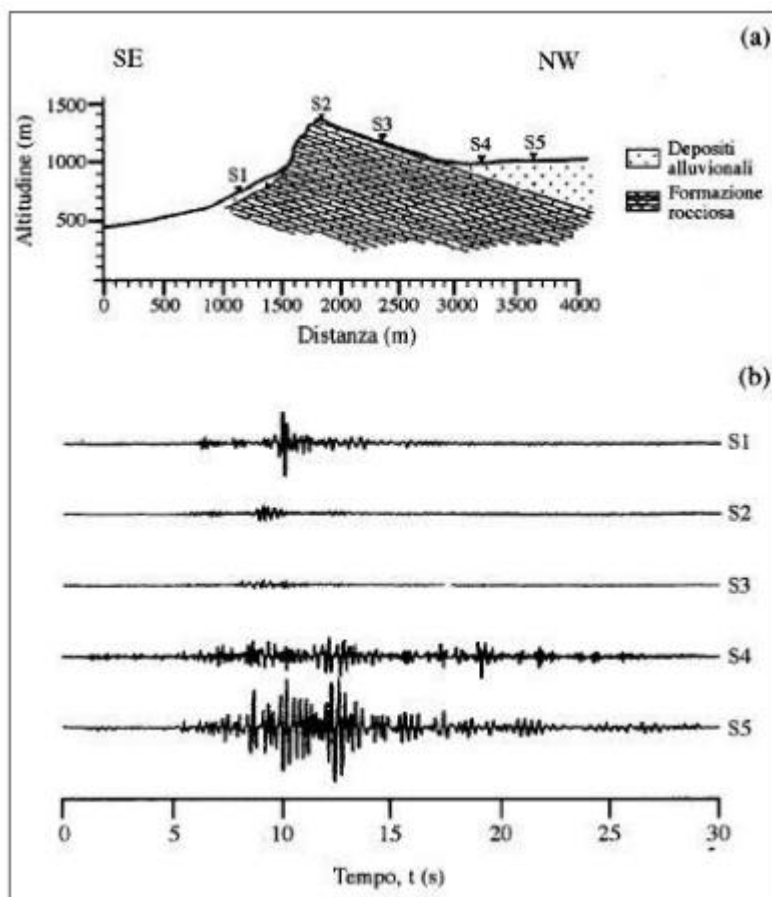


Figura 3 (a) sezione schematica e (b) registrazioni

La stazione di misura di sismica passiva premette di ottenere indicazioni ‘puntuali’ sulla stratigrafia sismica sotto il punto di misura, dato utile per ricostruire la stratigrafia geologica, oltre che di individuare la categoria del sottosuolo secondo quanto richiesto dalla normativa recente.

Per determinare i parametri geologici indispensabili per la progettazione tra l’altro la normativa prevede la individuazione della pericolosità sismica di base del sito di costruzione per poter individuare la categoria del sottosuolo secondo la tabella seguente.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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..</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.</i>
C	<i>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</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>
<i>Tabella 3.2.II – Categorie del sottosuolo DECRETO 17 gennaio 2018 . Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».</i>	

Figura 4 tabella categorie del sottosuolo

Le tecniche di sismica passiva a stazione singola forniscono:

- le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo,
- indicazioni 'puntuali' sulla stratigrafia sismica sotto il punto di misura,
- e, tramite opportuna inversione, l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s , parametro a cui è legata la rigidità del terreno) nel sottosuolo.

Per la registrazione del rumore sismico si è usato uno specifico strumento registratore (Tromino®) che per 20 minuti ha monitorato i microtrempi sismici in seguito elaborati mediante un software dedicato.

La sismica passiva si basa sull'analisi di registrazioni di perturbazioni elastiche naturali.

Il rumore sismico è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed

S negli strati superficiali. Il rumore sismico viene prodotto principalmente dal vento e dalle onde del mare. Anche le industrie e il traffico veicolare producono localmente rumore sismico ma, in genere, solo a frequenze relativamente alte, superiori ad alcuni Hz, che vengono attenuate piuttosto rapidamente.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale, in assenza di vento e nel caso in cui il terreno sia roccioso e pianeggiante, lo spettro di rumore sismico è quello mostrato in Figura 5, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento secondo il servizio geologico statunitense (USGS) mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore.

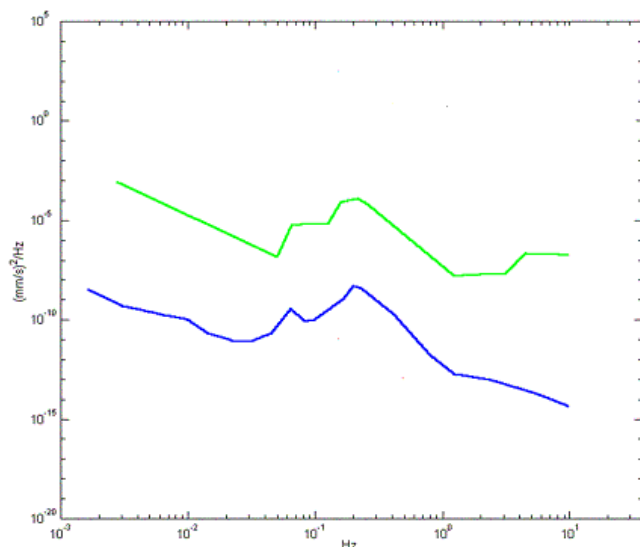


Figura 5 Spettro del rumore sismico (in termini di velocità, componente verticale del moto) minimo e massimo secondo i modelli standard del servizio geologico USA (USGS) (J. Peterson, Observations and Modelling of Background Seismic Noise, Open-file report 93-32)

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di 20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati: - le curve HVSr, secondo la procedura descritta in Castellarò et al. (2005), con parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s, lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2,
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti.

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e v la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

Nei casi più complessi si sono invertite le curve HVSr creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare ottimale il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo lavoro per l'inversione delle curve HVSr si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love.

Per facilitare l'interpretazione delle curve HVSr, in questa sezione si illustrano sinteticamente alcune casistiche generali. I picchi HVSr o H/V si spostano da basse ad alte frequenze mano a mano che il contrasto di impedenza si sposta da condizioni profonde a condizioni superficiali. Nella figura seguente sono rappresentati i picchi relativi al contatto sedimenti vs. bedrock in 3 situazioni: profonda (1500 m), intermedia (30 m) e superficiale (6 m).

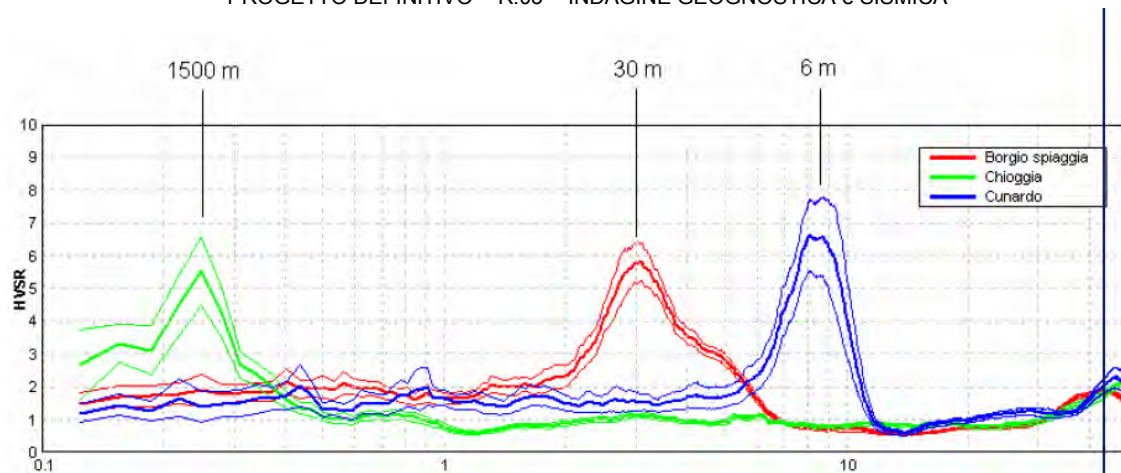


Figura 6 esempio di risposta sismica

Una curva HVSr piatta e pari a 1, come accade sotto 2 Hz nelle curve blu e rossa e sotto 0.25 Hz nella curva verde, indica la presenza del bedrock.

I picchi H/V vanno interpretati come di origine stratigrafica quando sono determinati da un minimo locale della componente spettrale verticale (curva magenta in Figura seguente) con o senza un massimo, alla stessa frequenza, delle componenti spettrali orizzontali, seguiti, a frequenza all'incirca doppia, da un massimo in tutte e tre le componenti del moto

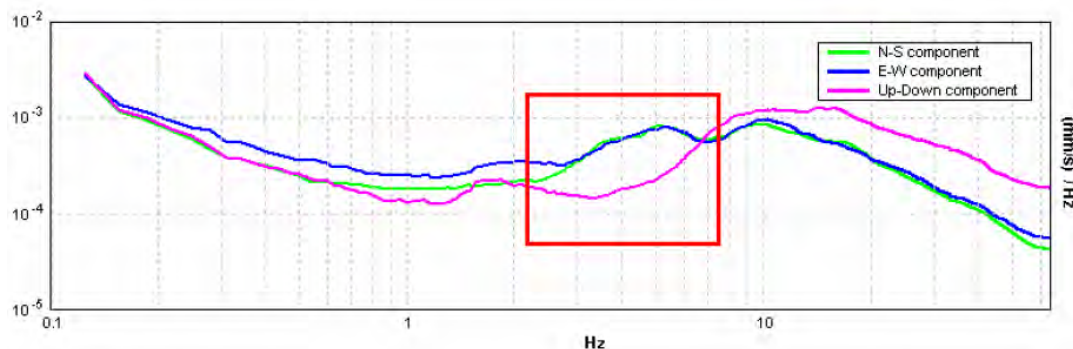


Figura 7 esempio di risposta sismica di origine stratigrafica

Utilizzando le profondità del contatto terreno sciolto roccia individuata con precisione con i carotaggi si sono eseguiti 5 misure sismiche (due in sinistra e 3 in destra per individuare l'andamento del substrato roccioso).



Figura 8 ubicazione sismica sponda sinistra Ponchiera



Figura 9 ubicazione sismica sponda destra Mossini

4.1 PASSERELLA SX 0001

Instrument: TEN-0043/01-08

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 06/06/19 08:45:00

End recording: 06/06/19 09:05:01

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ;
up down

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 55% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

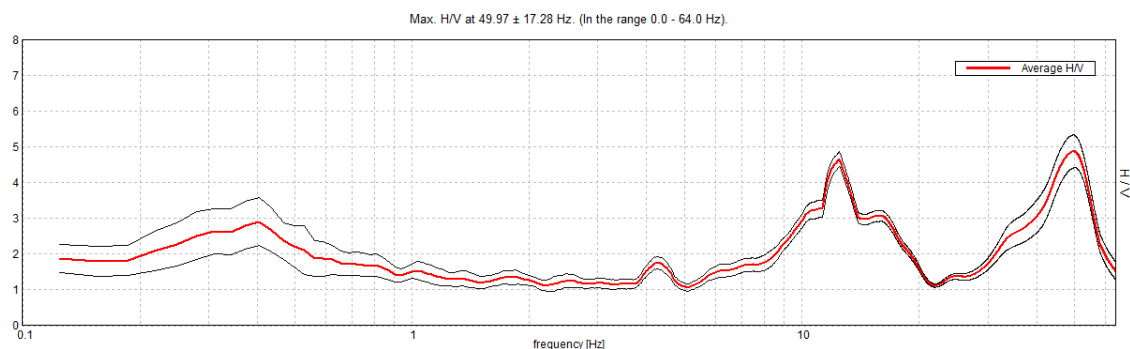


Figura 10 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

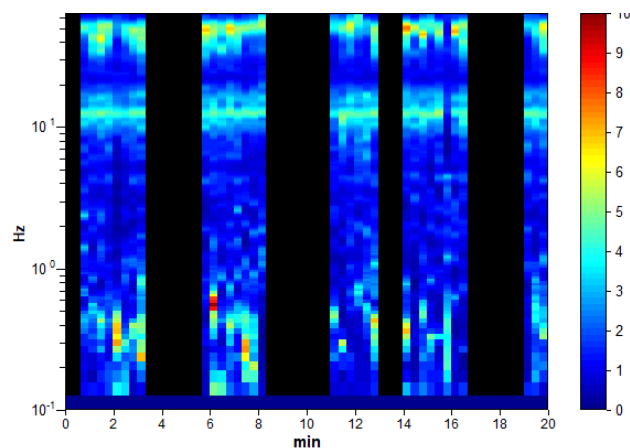


Figura 11 H/V TIME HISTORY

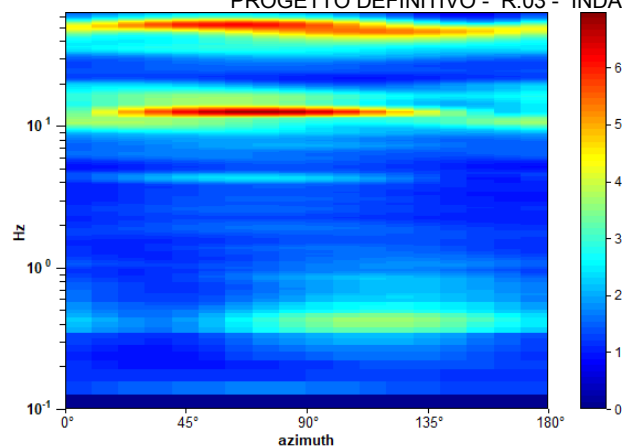


Figura 12 DIRECTIONAL H/V

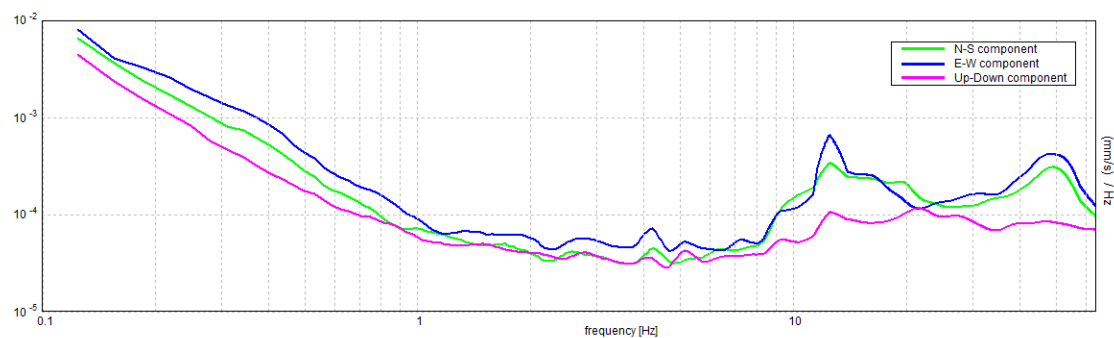


Figura 13 SINGLE COMPONENT SPECTRA

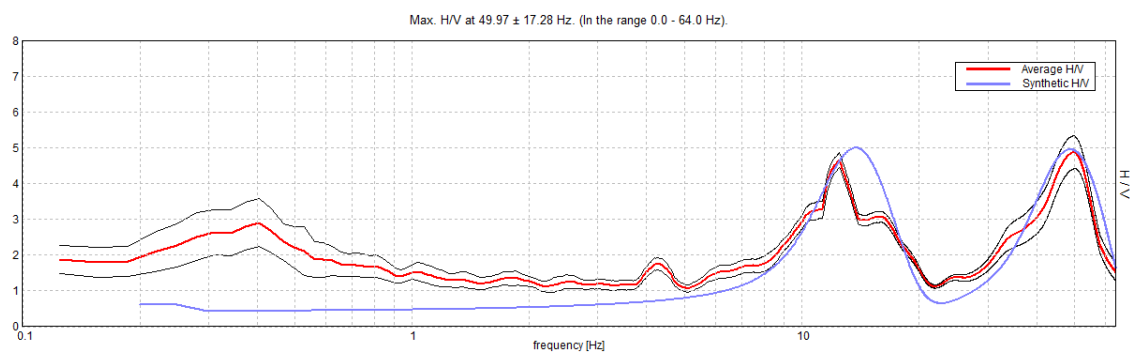
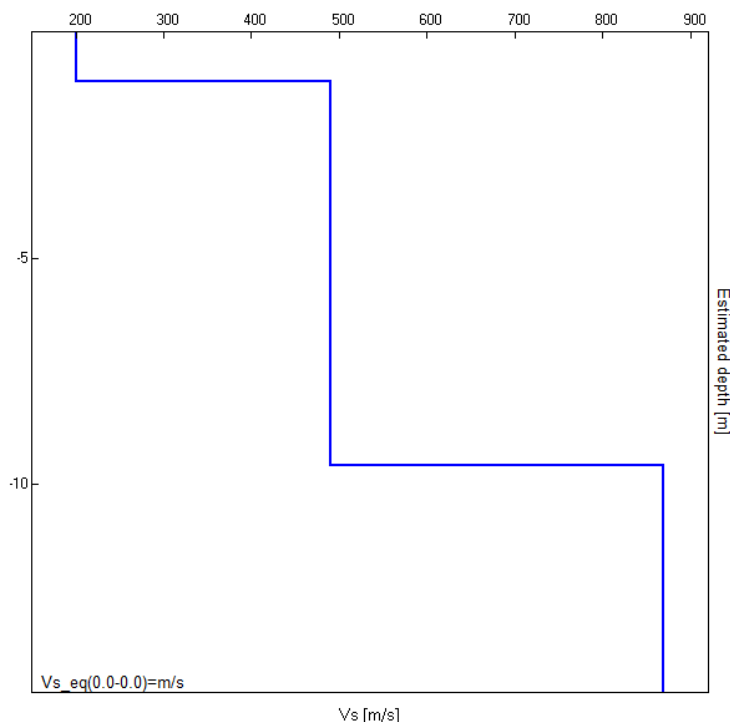


Figura 14 EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.10	1.10	200	0.42
9.60	8.50	490	0.42
inf.	inf.	870	0.42



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 49.97 ± 17.28 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	49.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	32979.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1250 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	33.594 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	57.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.87 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04581 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$17.27954 < 2.49844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4542 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$

A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

4.2 PASSERELLA SX 0002

Instrument: TEN-0043/01-08

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 10/06/19 08:55:01

End recording: 10/06/19 09:15:02

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h20'00".

Analyzed 75% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

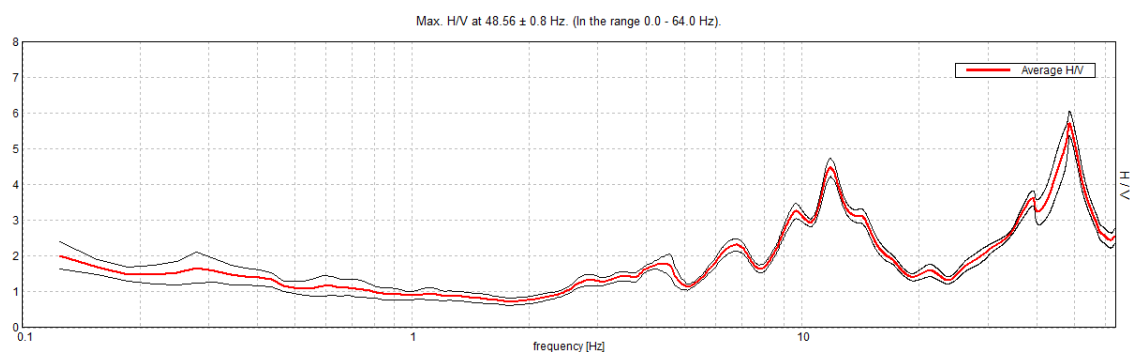


Figura 15 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

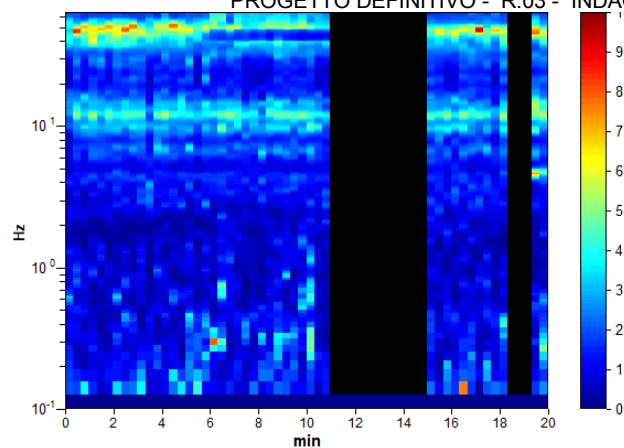


Figura 16 H/V TIME HISTORY

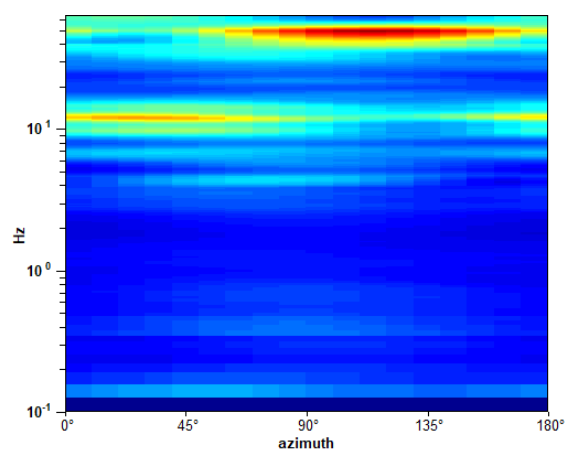


Figura 17 DIRECTIONAL H/V

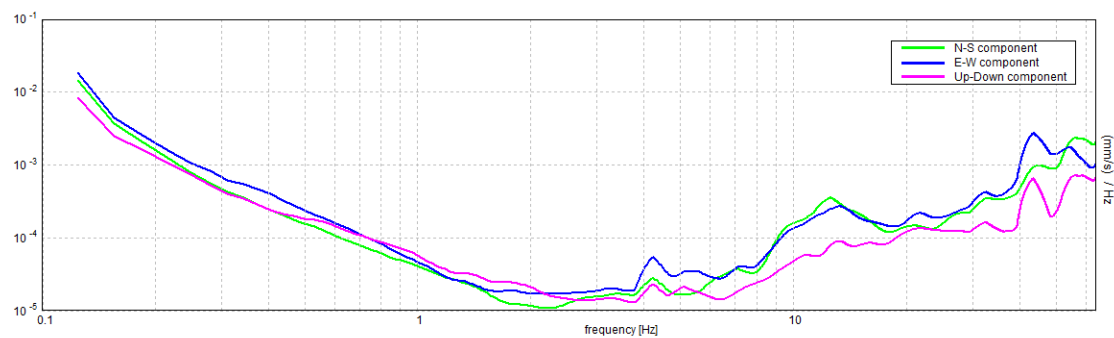


Figura 18 SINGLE COMPONENT SPECTRA

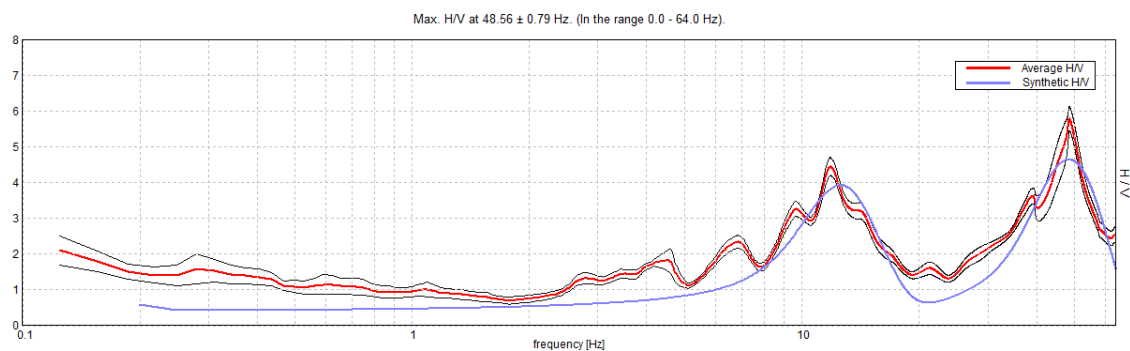
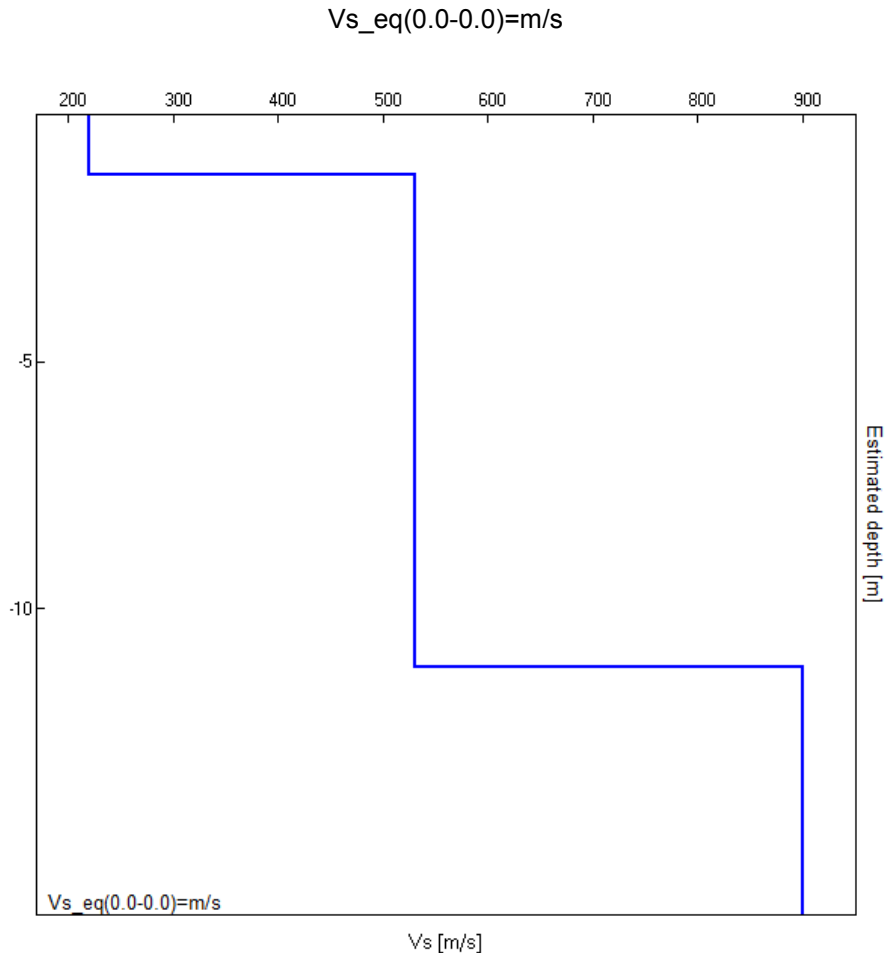


Figura 19 EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.20	1.20	220	0.42
11.20	10.00	530	0.42
inf.	inf.	900	0.45



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 48.56 ± 0.8 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$48.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$43706.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1272 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	35.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	57.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.71 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$0.01646 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.79914 < 2.42813$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3497 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

4.3 PASSERELLA DX 0001



Figura 20 misura sismica DX1

Instrument: TEN-0043/01-08

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 18/06/19 13:40:47 End recording: 18/06/19 14:00:48

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ;
up down

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 57% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

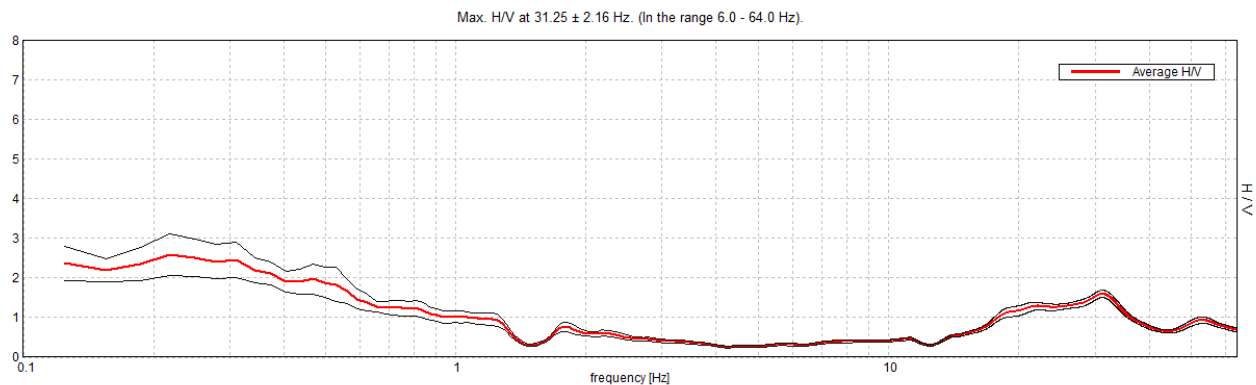


Figura 21 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

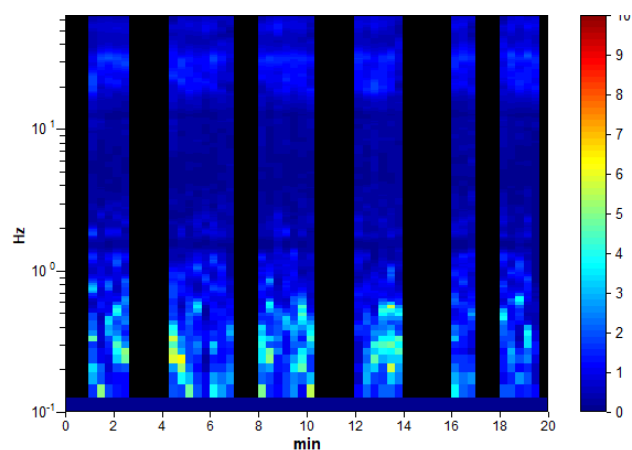


Figura 22 H/V TIME HISTORY

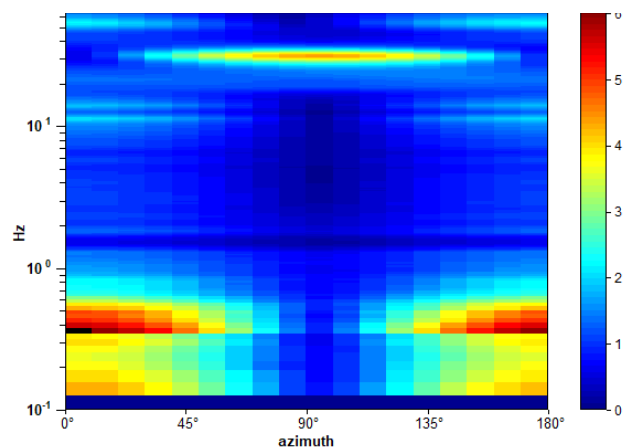


Figura 23 DIRECTIONAL H/V

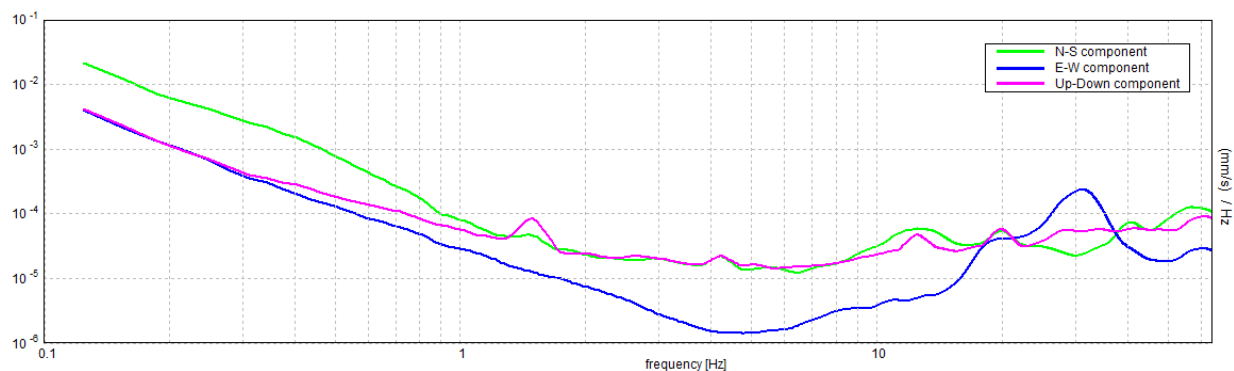


Figura 24 SINGLE COMPONENT SPECTRA

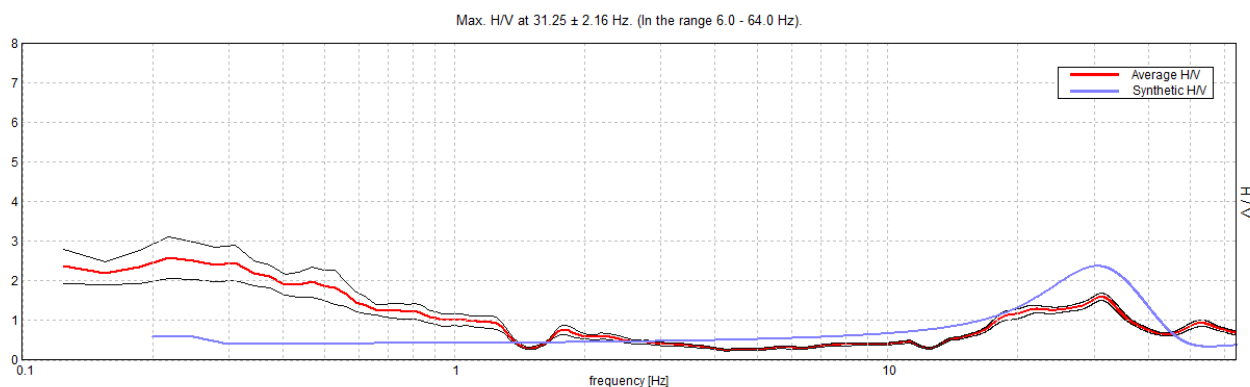
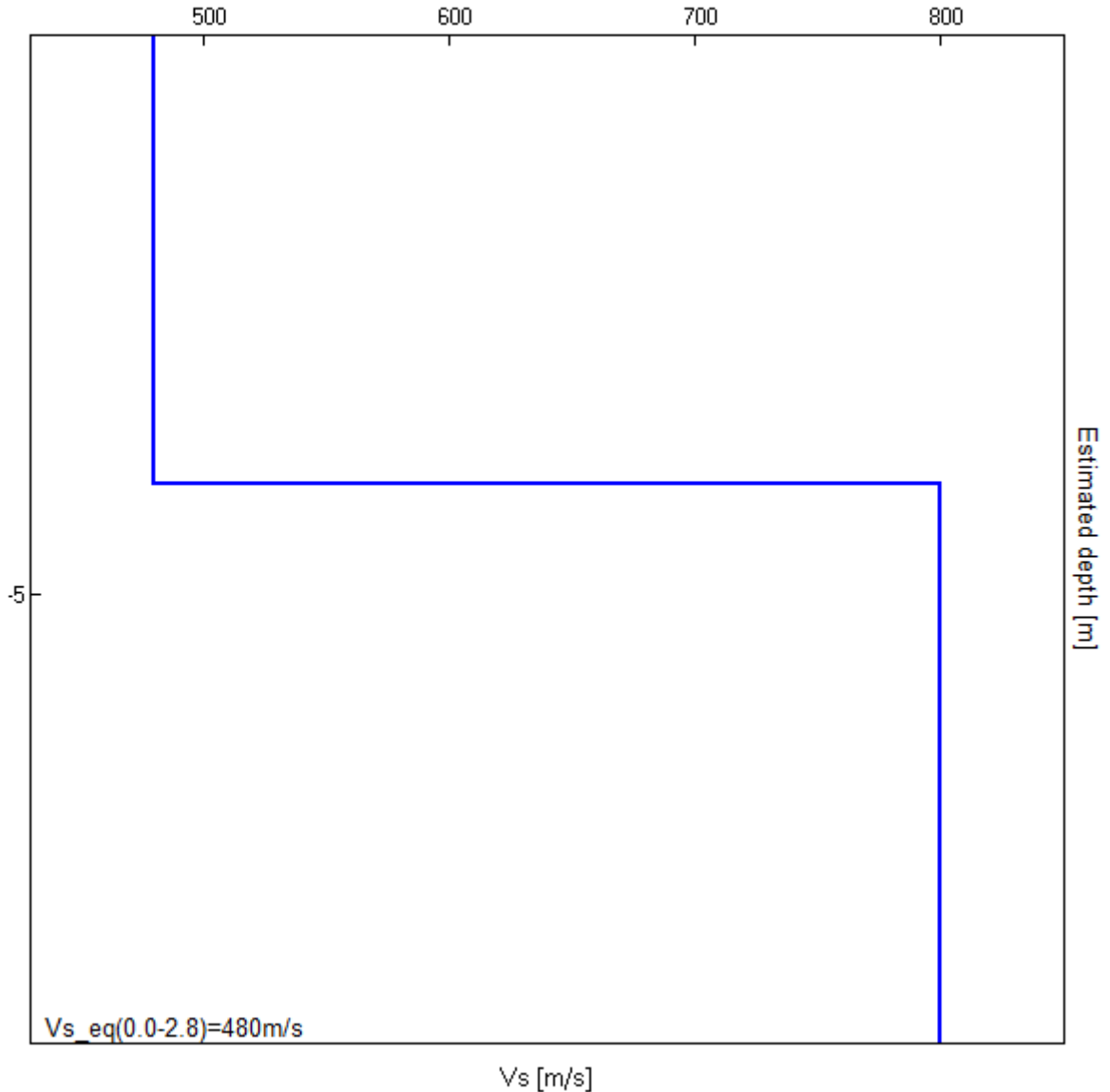


Figura 25 EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	480	0.45
inf.	inf.	800	0.45

$V_{s_eq}(0.0-4.0)=480\text{m/s}$



Max. H/V at 31.25 ± 2.16 Hz (in the range 6.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$31.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$21250.0 > 200$	OK	
$\square A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\square A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1501 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.969 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.156 Hz	OK	

$A_0 > 2$	$1.60 > 2$		NO
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04922 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	$1.16325 < 1.5625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \sigma(f_0)$	$0.0919 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \sigma(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\sigma(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \sigma(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

4.4 PASSERELLA DX 0002



Figura 26 SISMICA DX2

Instrument: TEN-0043/01-08

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 18/06/19 14:05:03 End recording: 18/06/19 14:25:04

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ;
up down

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

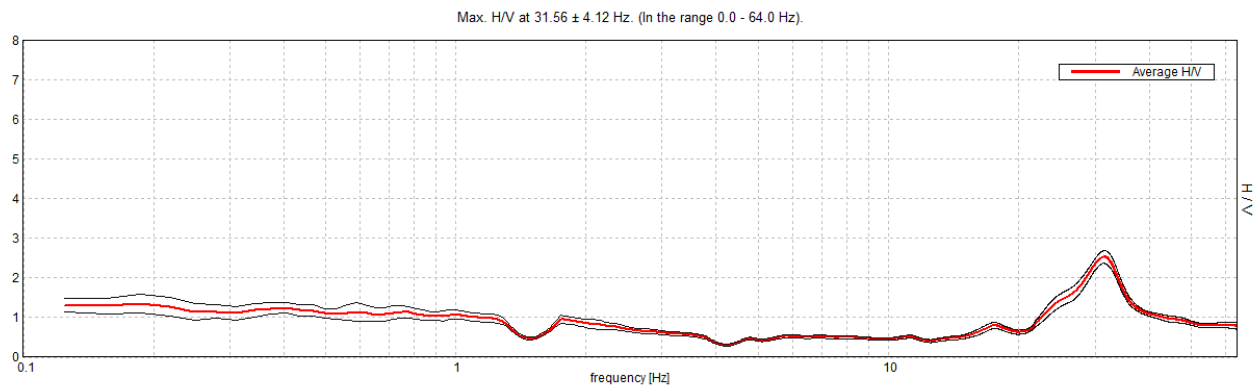


Figura 27 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

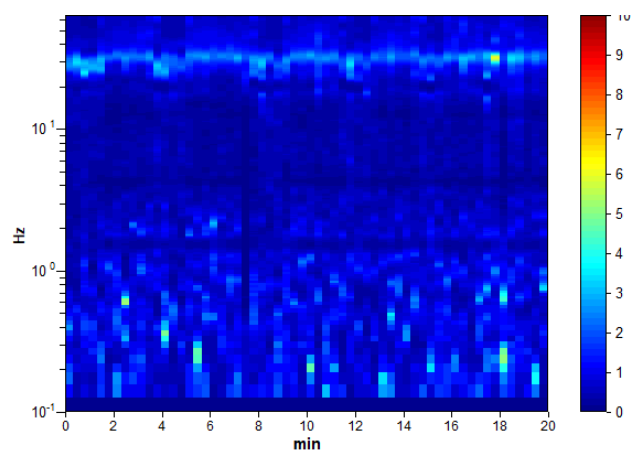


Figura 28 H/V TIME HISTORY

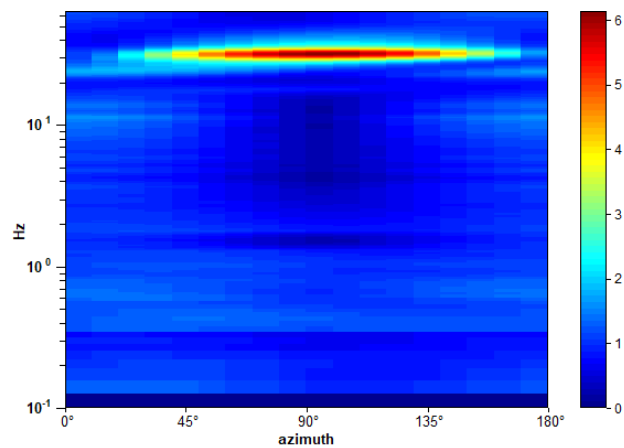


Figura 29 DIRECTIONAL H/V

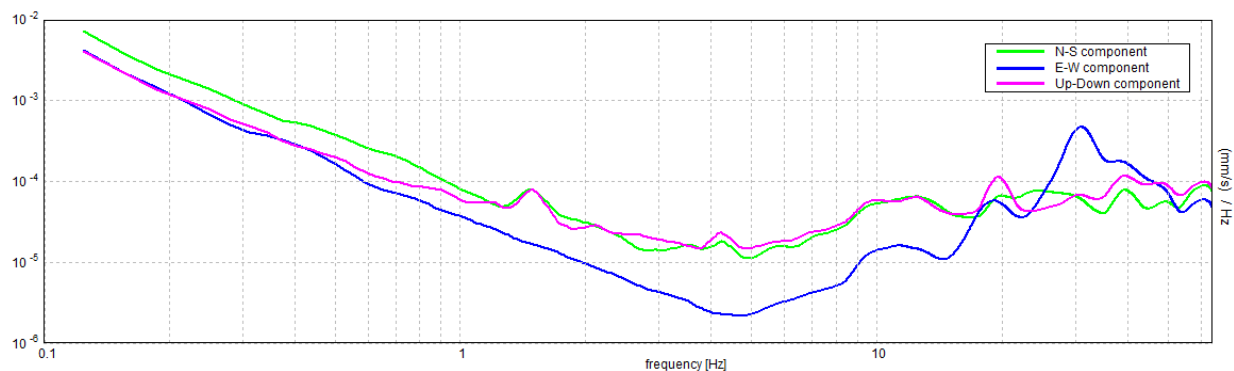


Figura 30 SINGLE COMPONENT SPECTRA

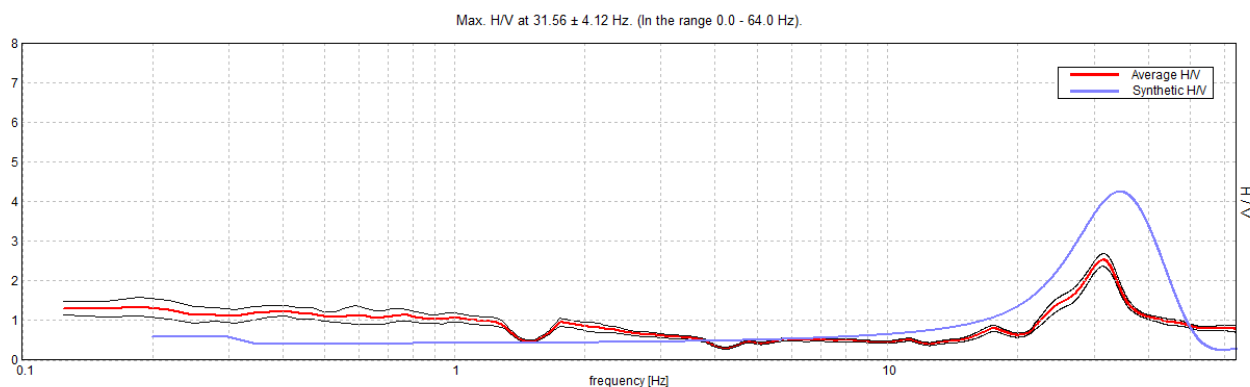
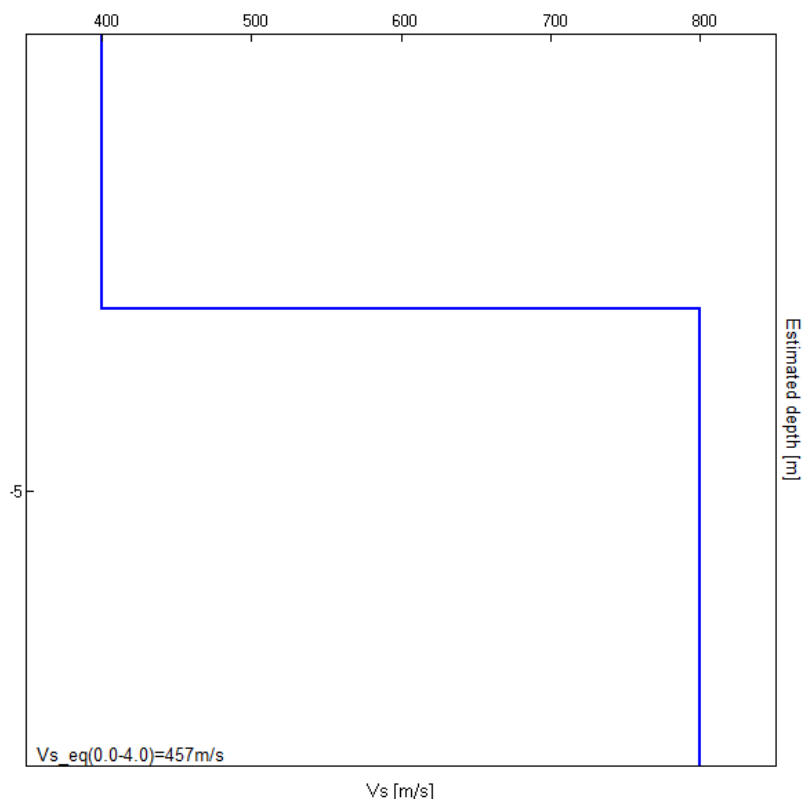


Figura 31 EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	400	0.45
inf.	inf.	800	0.45

$Vs_{eq}(0.0-3.0)=400\text{m/s}$



Max. H/V at 31.56 ± 4.12 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$31.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$37875.0 > 200$	OK	
$\square_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\square_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1516 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	23.813 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	37.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.53 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \square_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03058 < 0.05$	OK	
$\square_f < \square(f_0)$	$4.12137 < 1.57813$		NO
$\square_A(f_0) < \square(f_0)$	$0.1619 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
\square_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\square(f_0)$	threshold value for the stability condition $\square_f < \square(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0

$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\sigma(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \sigma(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

4.5 PASSERELLA DX 0003



Figura 32 Sismica DX3

Instrument: TEN-0043/01-08

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 18/06/19 14:31:16

End recording: 18/06/19 14:51:17

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

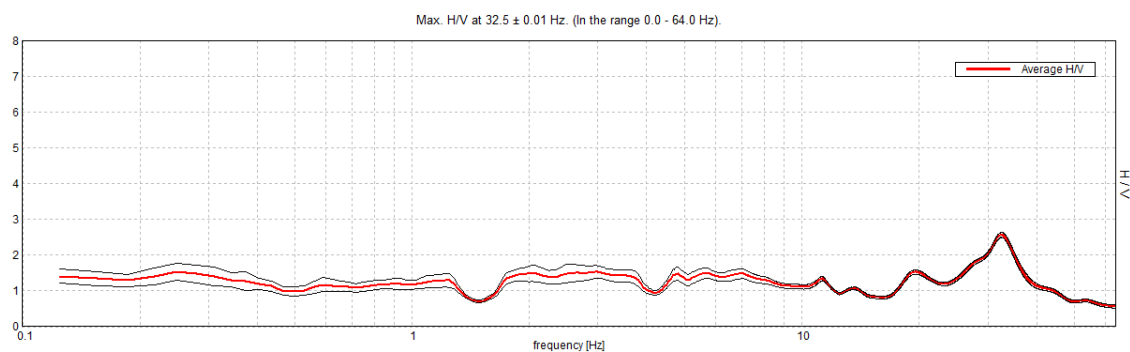


Figura 33 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

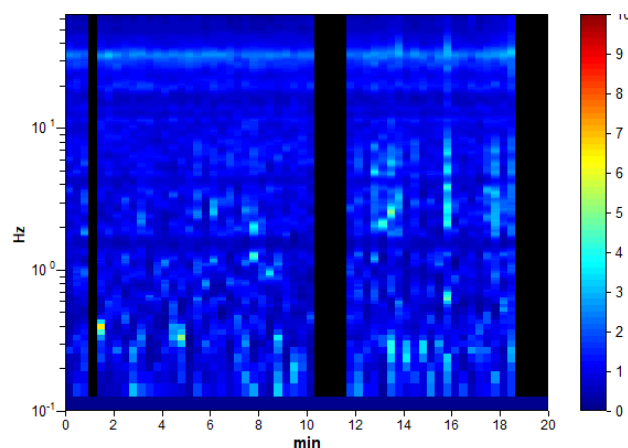


Figura 34 H/V TIME HISTORY

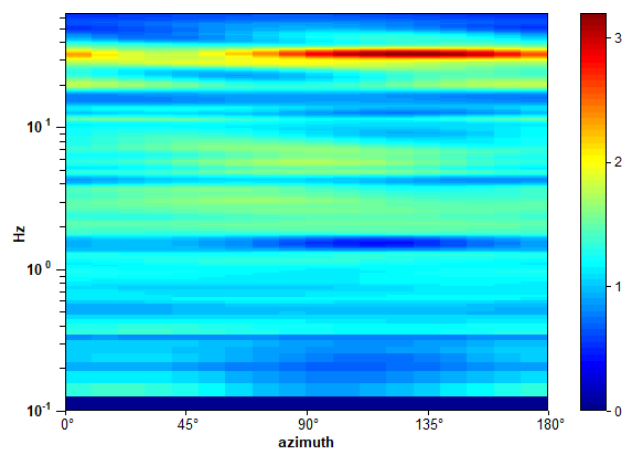


Figura 35 DIRECTIONAL H/V

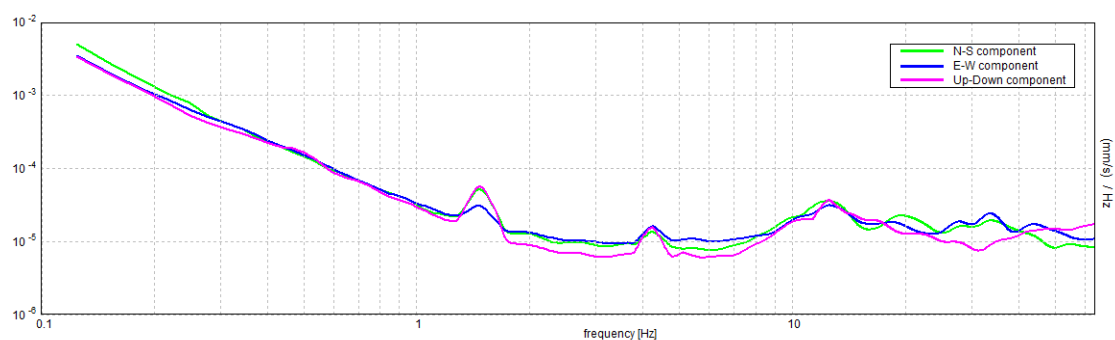
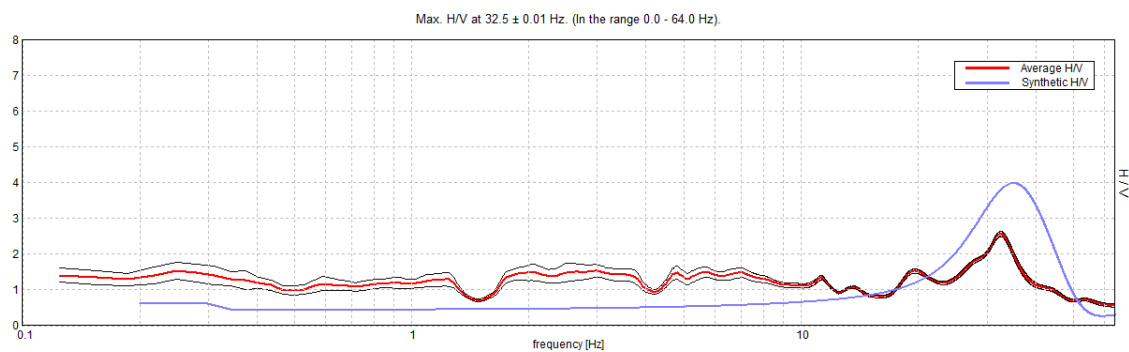


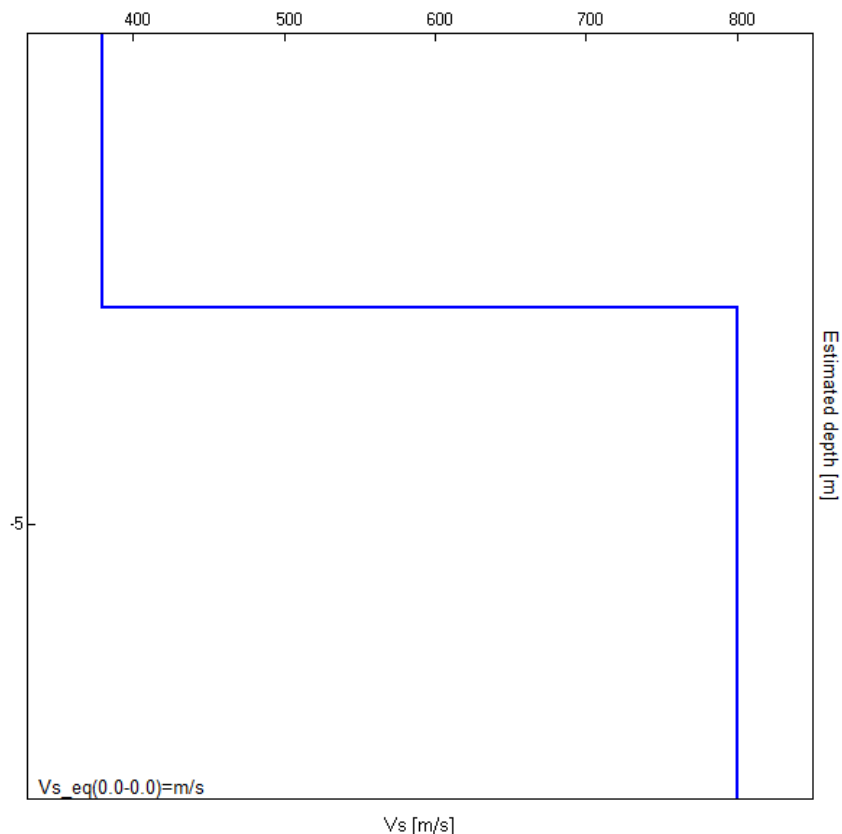
Figura 36 SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.80	2.80	380	0.42
inf.	inf.	800	0.40

$$V_{s_eq}(0.0-2.8)=380\text{m/s}$$



Max. H/V at 32.5 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$32.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$33150.0 > 200$	OK	
$\square_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\square_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1529 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	24.594 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	38.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.57 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \square_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00045 < 0.05$	OK	
$\square_f < \square(f_0)$	$0.01451 < 1.625$	OK	
$\square_A(f_0) < \square(f_0)$	$0.0693 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
\square_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\square(f_0)$	threshold value for the stability condition $\square_f < \square(f_0)$

A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\sigma(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \sigma(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

5 SONDAGGI

La ditta IN-CO srl. ha provveduto ad eseguire i 2 sondaggi geognostici con carotaggio continuo e prove SPT per foro.



Figura 37 ubicazione sondaggi

5.1 SONDAGGIO 1



Figura 38 fase esecutiva sondaggio 1 SX1 Ponchiera



Figura 39 ubicazione sondaggio 1

Le carote sono state conservate in cassette catalogatrici della capienza di 5 metri per cassetta.



Figura 40 sondaggio 1 cassetta 1



Figura 41 sondaggio 1 cassetta 2



Figura 42 sondaggio 1 cassetta 3



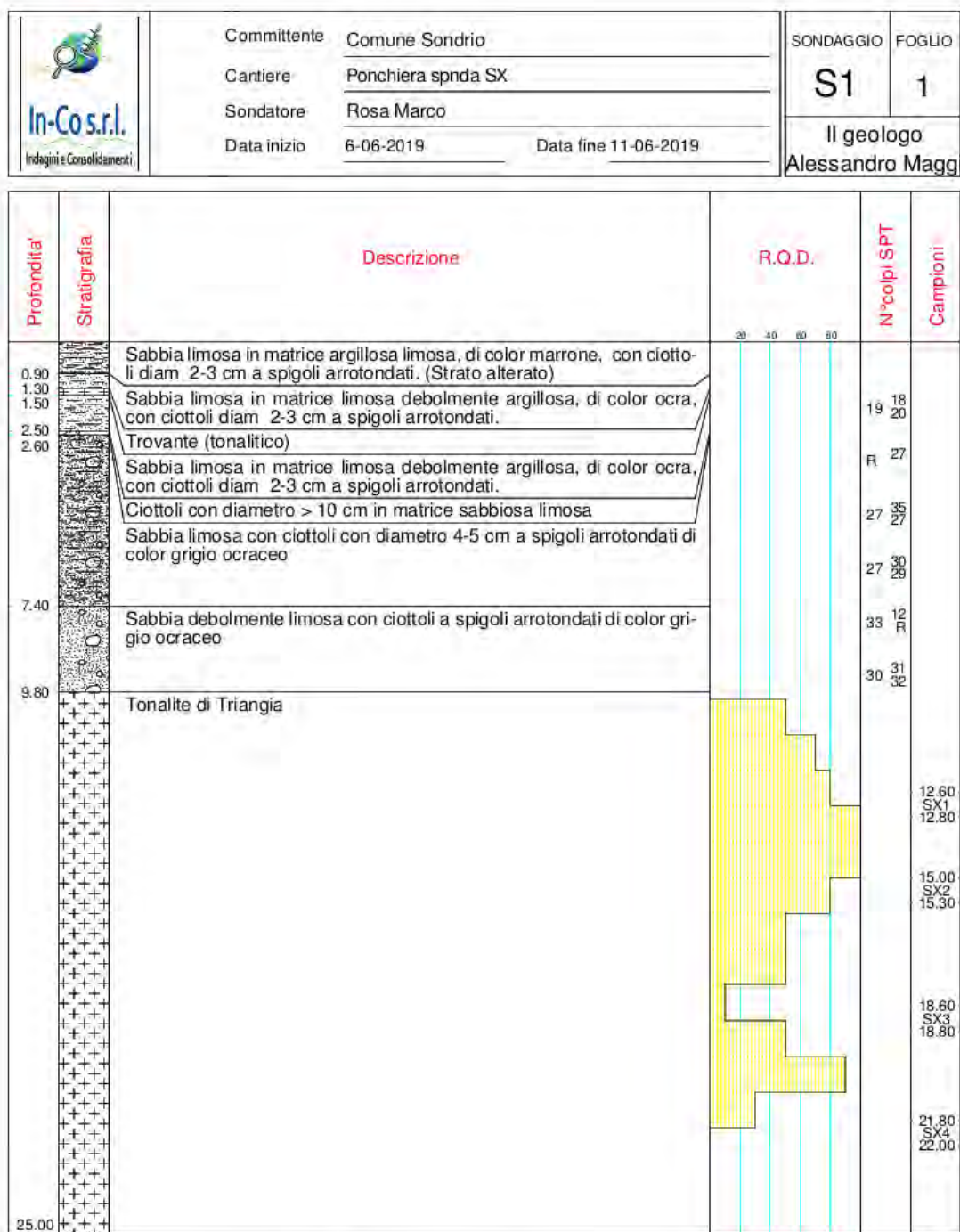
Figura 43 sondaggio 1 cassetta 4



Figura 44 sondaggio 1 cassetta 5

Figura 45 sondaggio 1 cassetta 6

Complessivamente il sondaggio ha evidenziato la presenza di depositi grossolani ghiaiosi sabbio con limo tipici di depositi alluvionali e di conoide.



LABORATORIO : IN-CO SRL

DECRETO DI AUTORIZZAZIONE: 152/11 DEL 19/4/2011

CERTIFICATO N° 025/19/st DEL 21-06-2019

COMMESSA: n° 372/19

ACCETTAZIONE del 20/05/2019

Lo sperimentatore

Il Direttore di laboratorio

Figura 46 stratigrafia sondaggio 1

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
 Prova eseguita in data 24/03/2017
 Quota 290.00 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
1.65	18
1.80	19
1.95	20
SPT	39
3.15	27
3.30	R
3.45	
SPT	R
4.65	35
4.80	27
4.95	27
SPT	54
6.15	30
6.30	27
6.45	29
SPT	56
7.65	12
7.80	33
7.95	R
SPT	R
9.15	31
9.30	30
9.45	32
SPT	62

Figura 47 tabella riepilogo SPT sondaggio 1

Gli SPT hanno verificato che i materiali sciolti superficiali sono molto compatti raggiungendo valori di SPT elevati o arrivando a rifiuto

Considerando il valore minore registrato il litotipo è classificato secondo le norme AGI come ADDENSATO

<i>descrizione</i>	<i>N_{SPT}</i> <i>[colpi/30 cm]</i>	<i>prove manuali</i>
sciolto	0-4	– si scava facilmente con un badile
poco addensato	4-10	– si scava abbastanza facilmente con un badile e si penetra con una barra
moderatamente addensato	10-30	– difficile da scavare con un badile o da penetrare con una barra
addensato	30-50	– molto difficile da penetrare; si scava con un piccone
molto addensato	>50	– difficile da scavare con un piccone

Figura 48 correlazione N_{SPT} addensamento

5.2 SONDAGGIO 2



Figura 49 fase esecutiva sondaggio 2 DX Mossini



Figura 50 ubicazione sondaggio 2



Figura 51 sondaggio 2 cassetta 1



Figura 52 sondaggio 2 cassetta 4



Figura 53 sondaggio 2 cassetta 3



Figura 54 sondaggio 2 cassetta 5



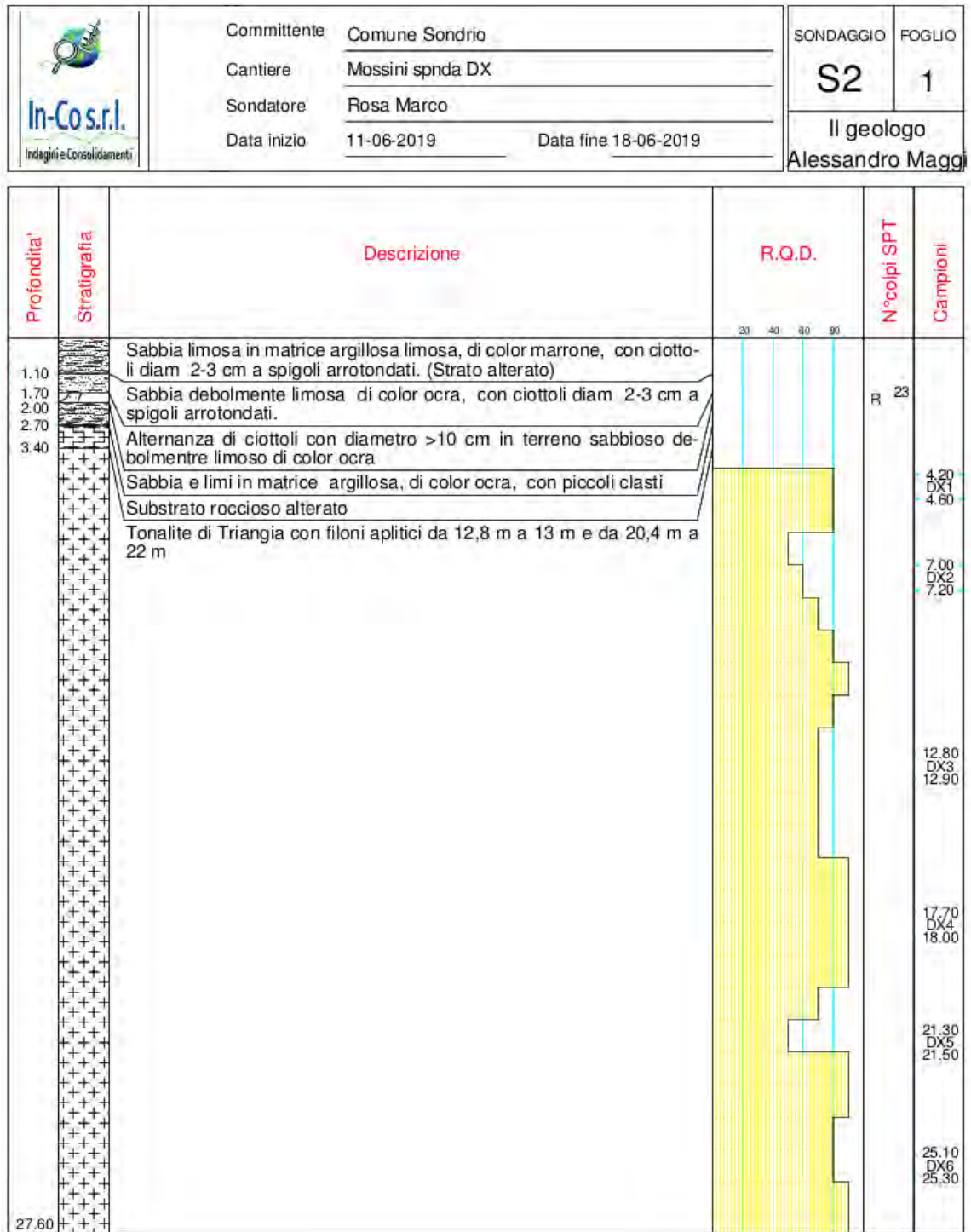
Figura 55 sondaggio 2 cassetta 6



Figura 56 sondaggio 2 cassetta 7

COMUNE DI SONDRIO

Arch Francesco Venzi, Ing. Massimo Maffei, Ing. Paolo Moncecchi, geologo Maurizio Azzola
Progetto per la realizzazione di una passerella ciclopedonale sulle Cassandre del torrente Mallero a Sondrio
PROGETTO DEFINITIVO - R.03 - INDAGINE GEOGNOSTICA e SISMICA



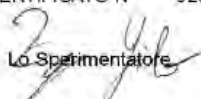
LABORATORIO : IN-CO SRL

DECRETO DI AUTORIZZAZIONE: 152/11 DEL 19/4/2011

CERTIFICATO N° 026/19/st DEL 21-06-2019

COMMESSA: n° 372/19

ACCETTAZIONE del 20/05/2019

Lo Sperimentatore


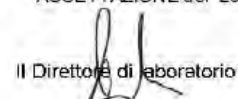
Il Direttore di laboratorio


Figura 57 stratigrafia sondaggio 2

Nel secondo sondaggio è stato possibile eseguire un solo SPT che ha dato rifiuto

6 PROVE DI LABORATORIO

I provini raccolti sono stati analizzati dal laboratorio ALTAIR srl (*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011*)

Di seguito si riportano i risultati delle analisi e prove eseguite

SONDAGGIO SX PONCHIERA			
da	a	CAMPIONI	PROVA
12,60	12,8	SX1	C.M
15,00	15,25	SX2	C.M.
18,60	18,8	SX3	P.L.S.T. diam
21,80	22	SX4	P.L.S.T. diam

SONDAGGIO DX MOSSINI			
da	a	CAMPIONI	PROVA
4,20	4,6	DX1	P.L.S.T. diam
7,00	7,2	DX2	P.L.S.T. diam
12,80	12,9	2 x DX3	P.L.S.T. assiale
17,70	18	DX4	C.M
21,30	21,5	DX5	C.M.
25,10	25,3	DX6	P.L.S.T. diam

Figura 58 tabelle dei campioni prelevati

Le prove sono state eseguite secondo le modalità Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio dell' AGI

6.1 PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE IN ROCCIA

ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Cir. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 1392	del 28/06/2019	Accettazione 2442	del 20/06/2019
-------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE (ISRM settembre 1978 parte 1 e parte 2)			
data inizio prova	21/06/2019	data fine prova	24/06/2019

COMMITTENTE:	COMUNE DI SONDRIO		
COMMESSA:	PROGETTO PASSERELLA CICLOPEDONALE SULLE CASSANDRE DEL MALLERO		
LOCALITA':	SONDRIO		
SONDAGGIO:	SX1		
CAMPIONE:	-		
PROFONDITA' DEL CAMPIONE:	12,60-12,80	m	
PROFONDITA' DEL PROVINO:	12,60-12,80	m	

Dati Generali del provino

Litologia provino:	-
Descrizione provino:	-
Orientazione delle strutture rispetto al applicazione del carico	-

Dati geometrici del provino

Diametro medio provino:	0,052	m
Altezza media provino:	0,122	m

Dati generali della prova monoassiale

Scansione acquisizione dati:	1,0	sec
Velocità pressa:	1700	Nm/sec
Controllo pressa:	Carico con acquisizione diretta delle deformazioni	

Risultati

Sforzo a rottura:	106,7	MPa	
Modulo tangente [Et 50%]	18,0	GPa	canale 6 strain gauges assiale
Modulo secante [Es 50%]	16,9	GPa	canale 6 strain gauges assiale
Coefficiente di Poisson [50 %]	0,16	---	canale 9-6 strain gauges radiale-assiale
Modulo tangente [Et 50%]	16,3	GPa	canale 7 strain gauges assiale
Modulo secante [Es 50%]	13,2	GPa	canale 7 strain gauges assiale
Coefficiente di Poisson [50 %]	0,14	---	canale 9-7 strain gauges radiale-assiale

Note

-

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Figura 59 prova di compressione monoassiale campione SX1 pag 1

ALTAIR S.R.L.

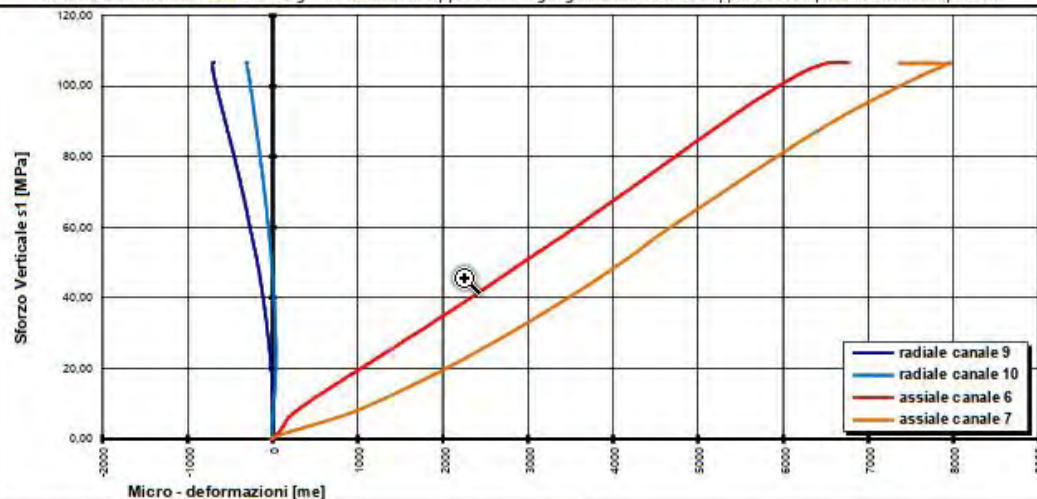
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
 D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n.52.505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 1392	del 28/06/2019	Accettazione 2442	del 20/06/2019
------------------	----------------	-------------------	----------------

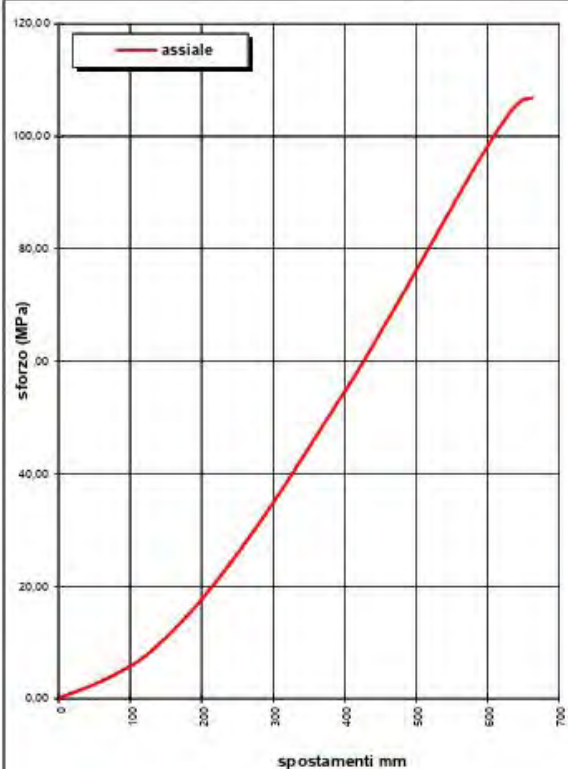
GRAFICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

La misura delle deformazioni è eseguita mediante 2 coppie di strain gauges radiali e assiali applicati nella parte centrale del provino



La misura degli spostamenti è eseguita tra i piatti della pressa da tre trasduttori LVDT disposti a 120°

POST ROTTURA



Capitale Sociale 95.000.000,- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
 Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
 E-mail: info@geosaltair.it P.E.C.: altair srl@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

Pagina 2 di 2

Figura 60 prova di compressione monoassiale campione SX1 pag 2

ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove statiche (sezione "a") e prove (sezione "b")
 D.P.R. 06/06/2001 n.380 art. 59 - C.O.S. 7618/STC del 08/09/2010 Autorizzazione n. 52505 del 11/10/2004 (successa) finitimi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28/10/2011



Certificato 1393	del 28/06/2019	Accettazione 2442	del 20/06/2019
------------------	----------------	-------------------	----------------

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE (ISRM settembre 1978 parte 1 e parte 2)

data inizio prova	21/06/2019	data fine prova	24/06/2019
-------------------	------------	-----------------	------------

COMMITTENTE:	COMUNE DI SONDRIO		
COMMESSA:	PROGETTO PASSERELLA CICLOPEDONALE SULLE CASSANDRE DEL MALLERO		
LOCALITA':	SONDRIO		
SONDAGGIO:	SX2		
CAMPIONE:	-		
PROFONDITA' DEL CAMPIONE:	15,00-15,25	m	
PROFONDITA' DEL PROVINO:	15,00-15,25	m	

Dati Generali del provino

Litologia provino:	-
Descrizione provino:	-
Orientazione delle strutture rispetto al applicazione del carico:	-

Dati geometrici del provino

Diametro medio provino:	0,054	m
Altezza media provino:	0,132	m

Dati generali della prova monoassiale

Scansione acquisizione dati:	1,0	sec
Velocità pressa:	1700	Nm/sec
Controllo pressa:	Carico con acquisizione diretta delle deformazioni	

Risultati

Sforzo a rottura:	51,9	MPa		
Modulo tangente [Et 50%]	31,8	GPa	canale 6	strain gauges assiale
Modulo secante [Es 50%]	nd	GPa	canale 6	strain gauges assiale
Coefficiente di Poisson [50 %]	nd	---	canale 9-6	strain gauges radiale-assiale
Modulo tangente [Et 50%]	7,1	GPa	canale 7	strain gauges assiale
Modulo secante [Es 50%]	12,1	GPa	canale 7	strain gauges assiale
Coefficiente di Poisson [50 %]	0,11	---	canale 10-7	strain gauges radiale-assiale

Note

Andamento canale 6 anomalo

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Pagina 1 di 2

Figura 61 prova di compressione monoassiale campione SX2 pag 1

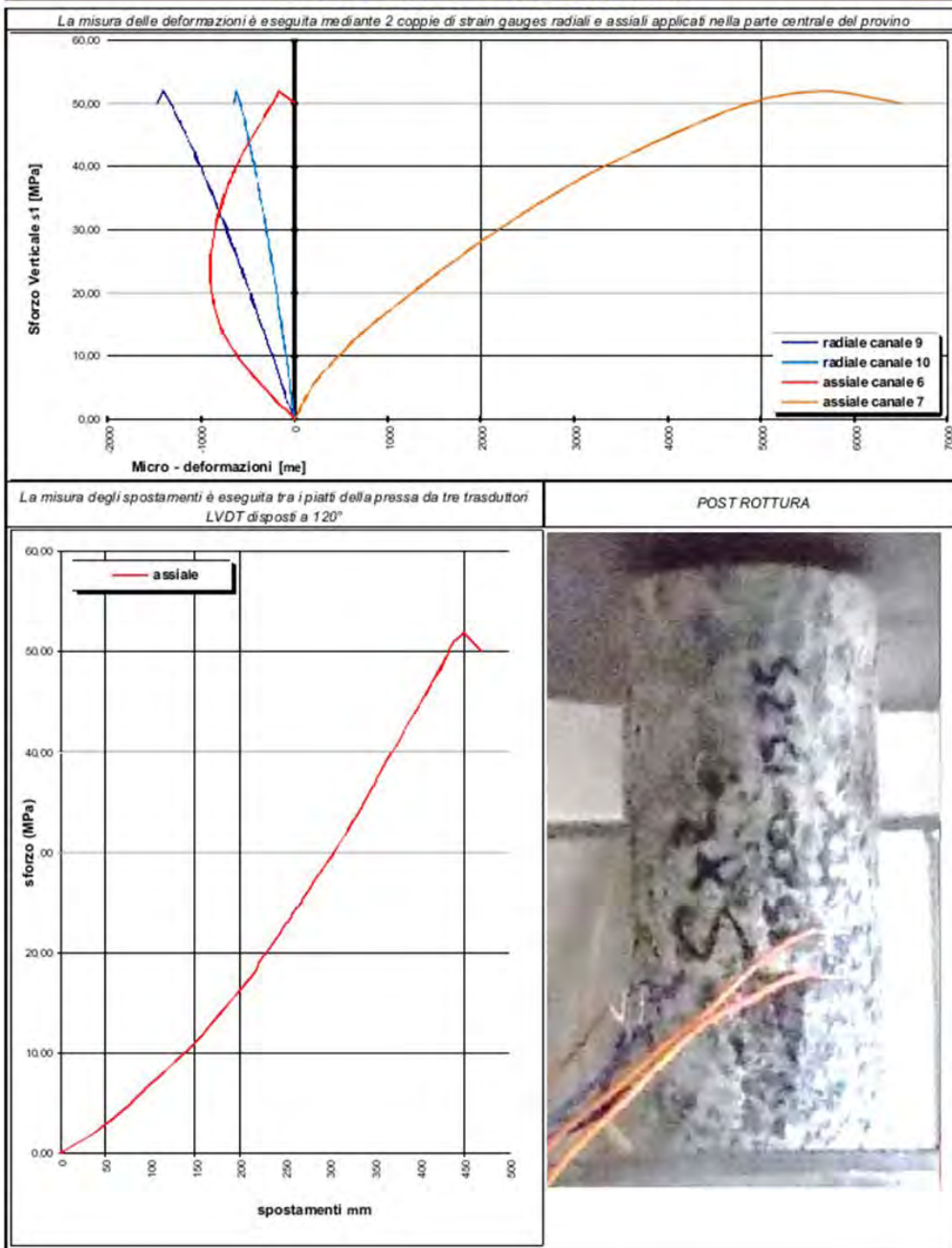
ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settori "a") e rocce (settori "b")
 D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52503 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 1393 del 28/06/2019 Accettazione 2442 del 20/06/2019

GRAFICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Capitale Sociale 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliaro, 37 20149 MILANO
 Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
 E-mail: info@geosaltair.it P.E.C.: altsair@geosaltair.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041380133

Figura 62 prova di compressione monoassiale campione SX2 pag 21

ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove statiche (senza "n") e prove (senza "E")
 D.P.R. 06/06/2001 n. 480 art. 59 - Cir. 76/8/STC del 08/09/2010 Autorizzazione n. 52505 del 11/10/2004 e successive rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 (CMQ) n. 11553 del 28/10/2011



Certificato	1394	del 28/06/2019	Accettazione	2442	del 20/06/2019
-------------	------	----------------	--------------	------	----------------

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE (ISRM settembre 1978 parte 1 e parte 2)

data inizio prova	21/06/2019	data fine prova	24/06/2019
-------------------	------------	-----------------	------------

COMMITTENTE:	COMUNE DI SONDRIO
COMMESSA:	PROGETTO PASSERELLA CICLOPEDONALE SULLE CASSANDRE DEL MALLERO
LOCALITA':	SONDRIO
SONDAGGIO:	DX4
CAMPIONE:	-
PROFONDITA' DEL CAMPIONE:	17,70-18,00 m
PROFONDITA' DEL PROVINO:	17,70-18,00 m

Dati Generali del provino

Litologia provino:	-
Descrizione provino:	-
Orientazione delle strutture rispetto al applicazione del carico	-

Dati geometrici del provino

Diametro medio provino:	0,079	m
Altezza media provino:	0,197	m

Dati generali della prova monoassiale

Scansione acquisizione dati:	1,0	sec
Velocità pressa:	3500	Nm/sec
Controllo pressa:	Carico con acquisizione diretta delle deformazioni	

Risultati

Sforzo a rottura:	104,8	MPa		
Modulo tangente [Ei 50%]	8,8	GPa	canale 6	strain gauges assiale
Modulo secante [Es 50%]	15,5	GPa	canale 6	strain gauges assiale
Coefficiente di Poisson [50 %]	0,33	---	canale 9-6	strain gauges radiale-assiale
Modulo tangente [Ei 50%]	8,5	GPa	canale 7	strain gauges assiale
Modulo secante [Es 50%]	17,7	GPa	canale 7	strain gauges assiale
Coefficiente di Poisson [50 %]	0,32	---	canale 9-7	strain gauges radiale-assiale

Note

-

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Figura 63 prova di compressione monoassiale campione DX4 pag 1

ALTAIR S.R.L.

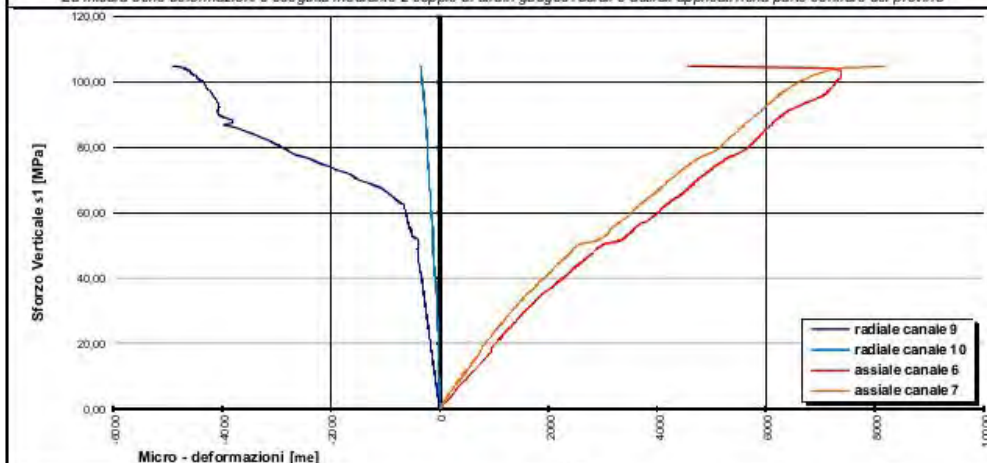
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
 D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 39 - Cir. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 1394 del 28/06/2019 Accettazione 2442 del 20/06/2019

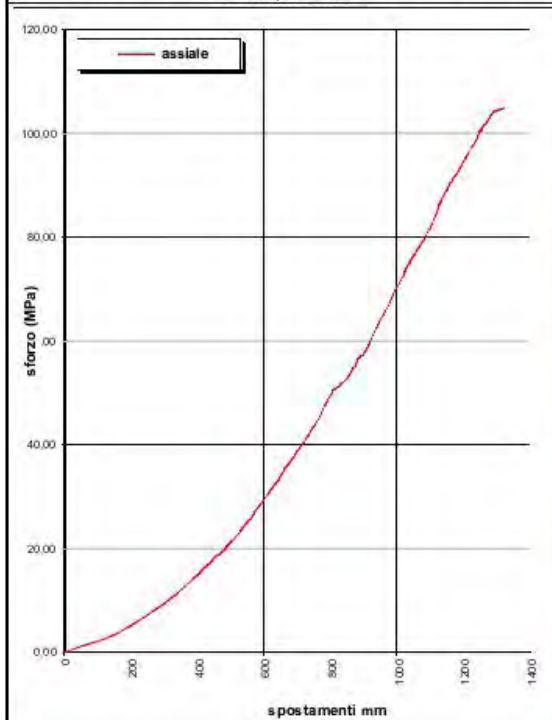
GRAFICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

La misura delle deformazioni è eseguita mediante 2 coppie di strain gauges radiali e assiali applicati nella parte centrale del provino



La misura degli spostamenti è eseguita tra i piatti della pressa da tre trasduttori LVDT disposti a 120°

POST ROTTURA



Capitale Sociale: 95.000,00 - i.v. Sede Legale Via E. Pagliaro, 37 20149 MILANO
 Laboratorio: Via A. Marini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293830 r.a. Fax 0261770281
 E-mail: info@geolair.it P.E.C.: alairsr11@le.galmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

Pagina 2 di 2

Figura 64 prova di compressione monoassiale campione DX4 pag 2

ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (prove Jolly (severe "a") e prove (severe "b")
 D.P.R. 06/06/2001 n.380 art. 59 - Cir. 76185TC del 09/09/2010 Autorizzazione n. 52505 del 11/10/2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.1333 del 28/10/2011



Certificato	1395	del 28/06/2019	Accettazione	2442	del 20/06/2019
-------------	------	----------------	--------------	------	----------------

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE (ISRM settembre 1978 parte 1 e parte 2)					
data inizio prova		21/06/2019		data fine prova 24/06/2019	

COMMITTENTE:	COMUNE DI SONDRIO				
COMMESSA:	PROGETTO PASSERELLA CICLOPEDONALE SULLE CASSANDRE DEL MALLERO				
LOCALITA':	SONDRIO				
SONDAGGIO:	DX5				
CAMPIONE:	-				
PROFONDITA' DEL CAMPIONE:	21,30-21,50	m			
PROFONDITA' DEL PROVINO:	21,30-21,50	m			

Dati Generali del provino

Litologia provino:	-
Descrizione provino:	-
Orientazione delle strutture rispetto al applicazione del carico	-

Dati geometrici del provino

Diametro medio provino:	0,040	m
Altezza media provino:	0,131	m

Dati generali della prova monoassiale

Scansione acquisizione dati:	1,0	sec
Velocità pressa:	1700	Nm/sec
Controllo pressa:	Carico con acquisizione diretta delle deformazioni	

Risultati

Sforzo a rottura:		17,3	MPa	
Modulo tangente	[Ei 50%]	8,2	GPa	canale 6 strain gauges assiale
Modulo secante	[Es 50%]	18,5	GPa	canale 6 strain gauges assiale
Coefficiente di Poisson	[50 %]	0,38	---	canale 9-6 strain gauges radiale-assiale
Modulo tangente	[Ei 50%]	4,2	GPa	canale 7 strain gauges assiale
Modulo secante	[Es 50%]	5,8	GPa	canale 7 strain gauges assiale
Coefficiente di Poisson	[50 %]	0,19	---	canale 9-7 strain gauges radiale-assiale

Note

-

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Pagina 1 di 2

Figura 65 prova di compressione monoassiale campione DX5 pag 1

ALTAIR S.R.L.

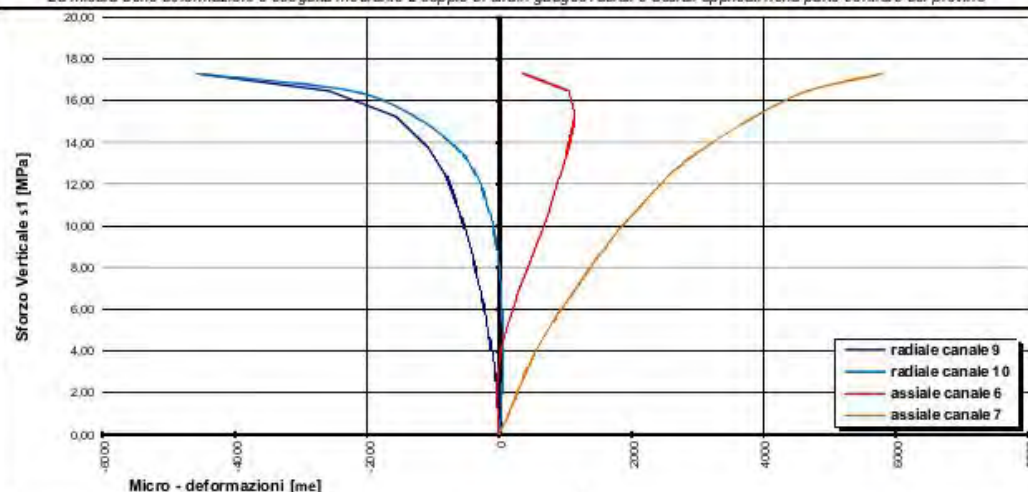


Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
 D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Cir. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato 1395 del 28/06/2019 Accettazione 2442 del 20/06/2019

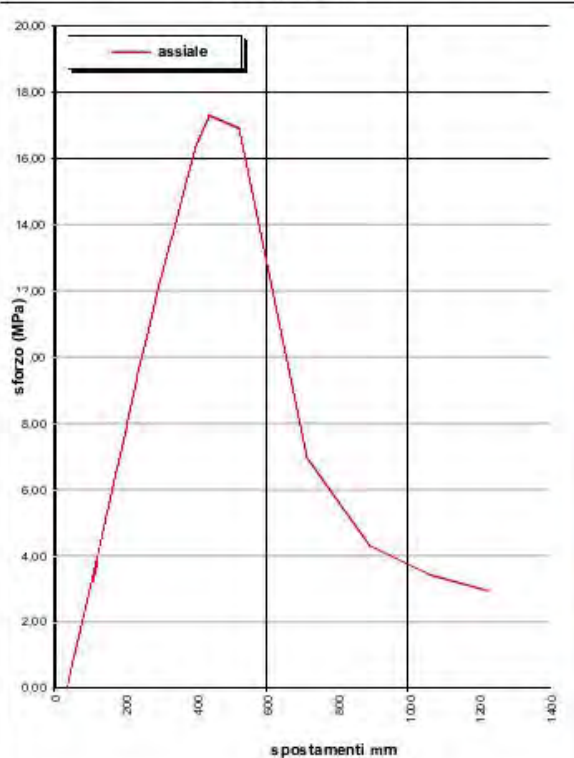
GRAFICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

La misura delle deformazioni è eseguita mediante 2 coppie di strain gauges radiali e assiali applicati nella parte centrale del provino



La misura degli spostamenti è eseguita tra i piatti della pressa da tre trasduttori LVDT disposti a 120°

POST ROTTURA



Capitale Sociale 95.000,00 - i.v. Sede Legale Via E. Paghano, 37 20149 MILANO
 Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
 E-mail: info@geotalair.it P.E.C. altair@geotalair.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p. IVA n. 08041580153

Pagina 2 di 2

Figura 66 prova di compressione monoassiale campione DX5 pag 21

6.2 POINT LOAD TEST IN ROCCIA

ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terra (sezione "a") e roccia (sezione "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Cir. 761/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successive rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMA n.11353 del 28.10.2011



Certificato 1397	del 01/07/2019	Accettazione	2442	del 20/06/2019
------------------	----------------	--------------	------	----------------

POINT LOAD STRENGTH TEST (ISRM - 1985)

data inizio prova	21/06/2019	data fine prova	24/06/2019
-------------------	------------	-----------------	------------

COMMITTENTE:	COMUNE DI SONDRIO
COMMESSA:	PROGETTO PASSERELLA CICLOPEDONALE SULLE CASSANDRE DEL MALLERO
LOCALITA'	SONDRIO
SONDAGGIO:	-
CAMPIONE:	12,80-12,90 m
PROFONDITA':	12,80-12,90 m

DATI SPERIMENTALI - Prova assiale

[illegible]

DATI SPERIMENTALI - Prova diametrale

n.	Campione	Quota	D	L	I	L/D	F
[.]	[.]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[.]	[kN]
1	dx1	4,20-4,60	76,7	88,4	76,7	1,15	10,77
2	dx2	7,00-7,20	76,7	116,0	76,7	1,51	9,83
3	dx6	25,10-25,30	77,0	119,2	77,0	1,55	23,73
4	sx3	18,00-18,80	76,6	104,9	76,6	1,37	3,74
5	sx4	21,80-22,00	77,0	111,6	77,0	1,45	14,91

RISULTATI - Prova assiale

n.	Campione	Is50	Co	n.	Campione	Is50	Co
[-]	[-]	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]	[MPa]	[MPa]
				1	dx1	2,22	48,86
				2	dx2	2,02	44,54
				3	dx6	4,86	107,03
				4	sx3	0,77	16,99
				5	sx4	3,06	67,26

RISULTATI - Prova diametrale

<i>Is50 medio</i>	MPa	<i>Is50 medio</i>	2,59 MPa
<i>D. standard</i>	-	<i>D. standard</i>	1,51

Rappporto Is50 medio Ass. - Is50 medio Diam.

Lunghezza			
pa	applicazione di carico perpendicolare alla sordisostituziona/d'isco nullo	I	Lunghezza
pa	applicazione di carico parallela alla sordisostituziona/d'isco nullo	O	Orientazione del carico
pa	applicazione di carico concorrente con l'orientazione del carico	DW	Rapporto di verifica (0.5) < 1
O	distanza tra le punte	P	centro a nautica rilevato
E	Sostegno/diametro		

Note

Secondo le raccomandazioni (SRM 1985) il coefficiente moltiplicativo da utilizzare per ottenere i valori Cd del 155, varia da 2,0-25, anche se in funzione della tipologia e dell'ambiente del terreno può variare da 15 a 50.

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale 95.000.000.- in: Sede Legale Via E. Pagliaro, 37 20149 MILANO
Laboratorio Via A. Manzoni, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 02/61293850 e.d. Fax 02/61770281

Figura 67 point load strength test campione dx1,dx2,dx6,sx3,sx4

ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settori "a") e rocce (settori "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Cir. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi (10000)
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 1396	del 01/07/2019	Accettazione 2442	del 20/06/2019
------------------	----------------	-------------------	----------------

POINT LOAD STRENGTH TEST (ISRM-1985)

data inizio prova	21/06/2019	data fine prova	24/06/2019
-------------------	------------	-----------------	------------

COMMITTENTE:	COMUNE DI SONDRIO
COMMESSA:	PROGETTO PASSERELLA CICLOPEDONALE SULLE CASSANDRE DEL MALLERO
LOCALITA':	SONDRIO
SONDAGGIO:	DX3
CAMPIONE:	12,80-12,90 m
PROFONDITA':	12,80-12,90 m

DATI SPERIMENTALI - Prova assiale

n.	Campione	Quota	D	L	I	D/I	P
[+]	[+]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[+]	[kN]
1	dx3-point 1	12,8+12,9	34,8	76,7	76,7	0,45	8,43
2	dx3-point 2	12,8+12,9	35,1	76,8	76,8	0,46	3,97

DATI SPERIMENTALI - Prova diametrale

n.	Campione	Quota	D	L	I	L/D	P
[+]	[+]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[+]	[kN]

RISULTATI - Prova assiale

n.	Campione	Is50	Co	n.	Campione	Is50	Co
[+]	[+]	[MPa]	[MPa]	[+]	[+]	[MPa]	[MPa]
1	dx3-point 1	2,66	58,4				
2	dx3-point 2	1,24	27,3				
Is50 medio		1,95 MPa		Is50 medio		MPa	
D. standard		1,00		D. standard		-	

RISULTATI - Prova diametrale

Rapporto Is50 medio Ass. - Is50 medio Diam.

Legenda

pe	applicazione del carico perpendicolare alla sezione di riferimento (continua)	P	lunghezza
pa	applicazione del carico parallelo alla sezione di riferimento (continua)	Q	orientazione del carico
pr	applicazione del carico con direzione di riferimento del campione	D/W	Rapporto di verifica (d < w < 1)
D	distanza tra le punte	P	carico a rottura rilevato
L	spessore/diametro		

Note

Secondo le raccomandazioni ISRM-1985 il coefficiente moltiplicativo da utilizzare per ottenere il valore Co dal Is50 varia tra 20-25 anche se in funzione della litologia e dell'entità della prova può variare da 15 a 50.

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale 95.000,00 - L. Sede Legale Via E. Pagliaro, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Manzoni, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 e Fax 0261770281

Figura 68 point load strength test campione dx3 point 1, dx3 point 2

7 CONCLUSIONI

Riepilogando in sede esecutiva sono state eseguite le prove seguenti precedentemente descritte per la classificazione dei terreni di fondazione

- Sondaggi geognostici 2
- Sismica passiva 5
- SPT 6+1
- Prove di compressione monoassiale 4
- Point Load Strength Test diametrale 5
- Point Load Strength Test assiale 2

Sondrio, 1 luglio 2019

dr. M. Azzola

