

REGIONE
LOMBARDIA



PROVINCIA DI
BRESCIA

COMUNE DI
BERZO DEMO

**AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO GEOLOGICO
DIRETTIVA ALLUVIONI - REVISIONE COMPONENTE SISMICA**

02 – Relazione sismica

Titolo elaborato e numerazione			Scala
00	Elenco elaborati		---
01	Relazione geologica generale		---
02	Relazione sismica		---
03	Norme geologiche di piano		---
04	Carta quadro del dissesto PAI-PGRA		1:10.000
05	Carta dei vincoli		1:10.000
06	Carta della Pericolosità Sismica Locale		1:10.000
07	Carte di Sintesi	07.a – Carta di sintesi (intero territorio comunale)	1:10.000
		07.b – Carta di sintesi (territorio urbanizzato)	1:2.000
08	Carte di Fattibilità	08.a – Carta della fattibilità geologica (intero territorio comunale)	1:10.000
		08.b – Carta della fattibilità geologica (territorio urbanizzato)	1:2.000

AGGIORNAM. REVISIONI		Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
	c					
	b					
	a					

MARZO 2025
ID PROGETTO: **2403092**

Geol. Luca Maffeo Albertelli



UFFICI SEDE OPER.: Via Montegrappa, 41 – 24060 Rogno (BG)
SEDE LEGALE: Via Manifattura 29/G -25047 DARFO B.T.(BS)
Tel. 0354340011 fax. 0354340011 P.IVA 03480990989
e-mail: luca@cogeo.info / landcogeosrl@legalmail.it

Geol. Francesca Alborghetti

Indice

1	PREMESSA	2
2	COMPONENTE SISMICA: CRONISTORIA DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE	3
3	CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO	6
4	PROCEDURE REGIONALI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	13
4.1	CONSIDERAZIONI AL TERMINE DEL 1° LIVELLO E INDICAZIONI PER IL 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	14
4.2	ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA DI 2° LIVELLO	16
4.2.1	<i>Effetti di amplificazione topografica</i>	<i>16</i>
4.2.2	<i>Effetti di amplificazione litologica.....</i>	<i>21</i>
5	CONSIDERAZIONI FINALI.....	25
5.1	EFFETTI DELLE MORFOLOGIE SEPOLTE	25
5.2	CONFRONTO TRA MODELLO GEOLOGICO E GEOFISICO	25
5.2.1	<i>Attendibilità dei dati geologici e geofisici utilizzati.....</i>	<i>26</i>

ALLEGATI:

1. *Analisi II livello per effetti morfologici*
2. *Risultati indagini MASW e HVSr eseguite*
3. *Analisi II livello per effetti litologici*

1 PREMESSA

Il presente documento, redatto su incarico del comune di Berzo Demo, ha lo scopo di illustrare il lavoro svolto per eseguire la valutazione della pericolosità sismica locale, con analisi ed approfondimenti di 2° livello.

Il Comune di Berzo Demo è dotato di studio geologico non comprendente la valutazione di secondo livello per quanto riguarda la pericolosità sismica locale.

Tale studio geologico è attualmente in vigore ed il presente lavoro è relativo all'aggiornamento dello studio geologico comunale.

Per quanto riguarda l'aspetto sismico nell'ambito di tale studio erano state condotte le analisi relative ai fenomeni di pericolosità sismica locale di primo livello, in considerazione del fatto che il Comune di Berzo Demo era classificato in zona sismica 4.

Regione Lombardia, con DGR D.g.r. 11 luglio 2014 – n.° X/2129 pubblicata sul BURL n° 29 Serie Ordinaria del 16 luglio 2014 ha aggiornato la classificazione sismica dei comuni lombardi: tale classificazione è in vigore, dopo alcune proroghe, dall'aprile 2016 e prevede ora, per il Comune di Berzo Demo, la zona Sismica 3.

A questo punto è necessario procedere, secondo le disposizioni Regionali, alle analisi sismiche di secondo livello sulle aree di potenziale pericolosità / amplificazione di carattere topografico - litologico (Z4a) individuate con l'analisi di primo livello.

Nella prima parte della presente relazione si riepilogano velocemente le procedure Regionali ed i risultati dello studio di 1° livello; nella seconda parte della relazione si passa alle analisi di 2° livello ed alla valutazione dei risultati emersi.

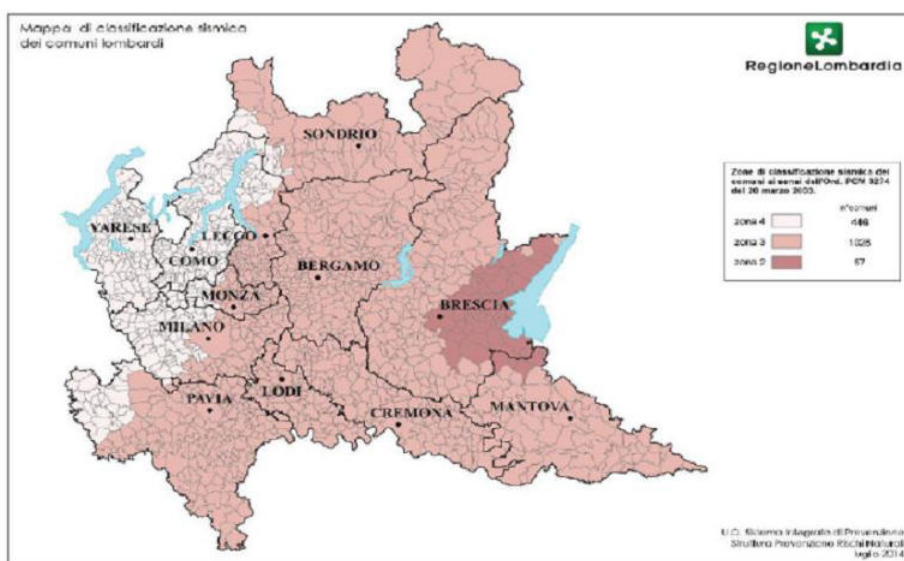
La suddivisione in classi deriva dalla valutazione della pericolosità sismica su tutto il territorio nazionale, valutata come accelerazione orizzontale massima al suolo, dovuta al sisma, con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno del sisma di 475 anni), in base alla seguente distinzione:

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

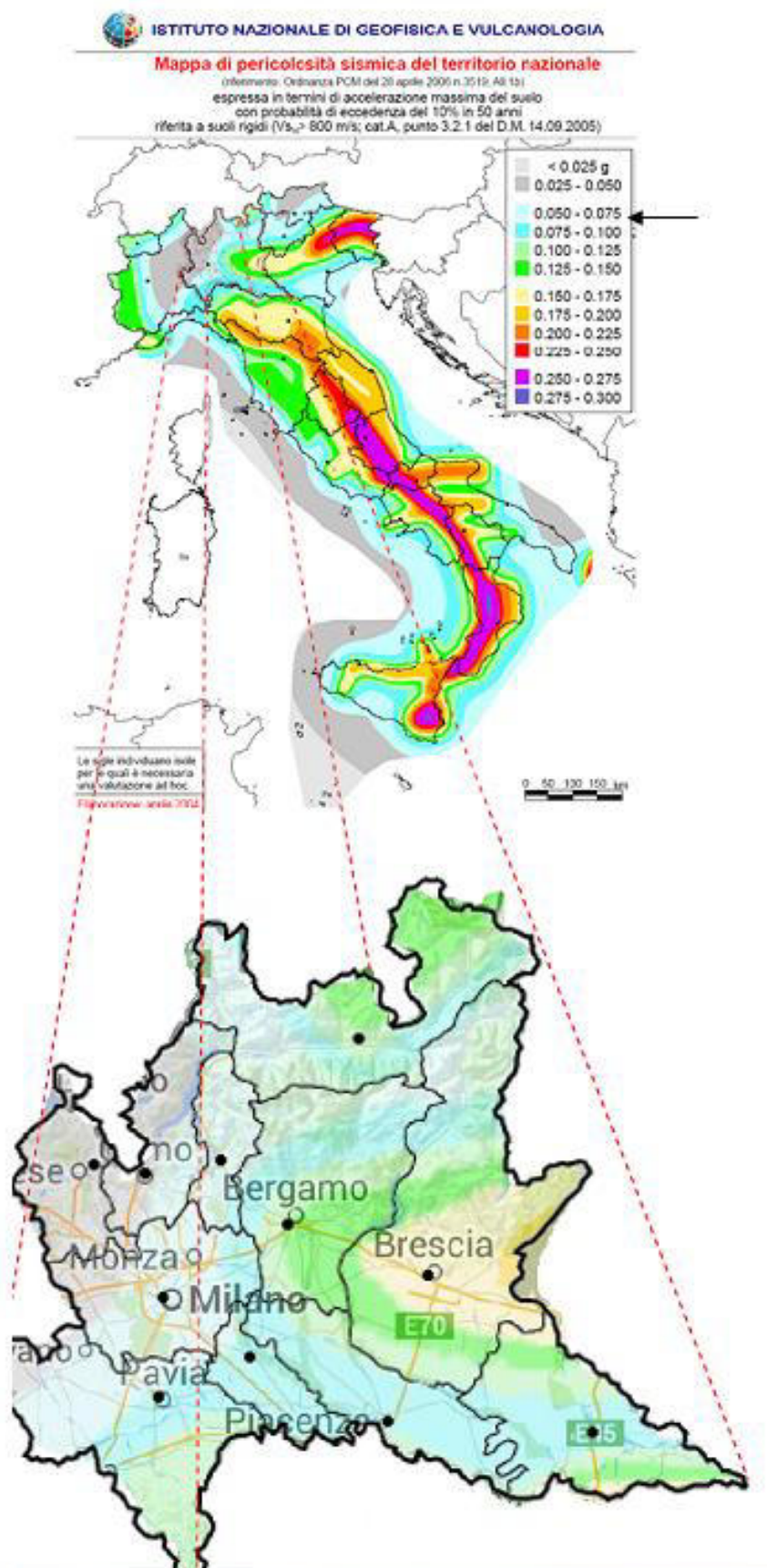
Con l'entrata in vigore dell'OPCM sopra riportata, tutto il territorio nazionale venne classificato sismico, con differenti livelli, ed anche il territorio di Berzo Demo entrò in questa classificazione in zona sismica 4, quella con il grado minore. Regione Lombardia, nella prima fase di applicazione delle nuove disposizioni nazionali, approvò integralmente la classificazione nazionale, senza proporre alcuna modifica.

Più recentemente, anche a seguito del forte evento sismico che ha colpito i territori delle province di Mantova e Modena, la Regione Lombardia ha approvato, con D.g.r. 11 luglio 2014 – n.X/2129, una nuova classificazione sismica del proprio territorio Regionale. La classificazione, dopo svariate proroghe, è entrata definitivamente in vigore nell'aprile 2016 **ed il Comune di Berzo Demo è stato inserito in classe sismica 3.**

Le figure seguenti rappresentano: la variazione di classificazione sismica della Regione Lombardia entrata in vigore con il la D.G.R. 2129 del 11/07/14 e l'accelerazione sismica al suolo, attesa a scala nazionale ed in dettaglio della stessa Regione Lombardia.



Mappa classificazione sismica in vigore dal 14.10.2014
(D.g.r. 11 luglio 2014 – n.X/2129 pubblicata sul BURL n.29 Serie Ordinaria del 16.07.2014)



Mapa dell'accelerazione sismica al suolo attesa a scala nazionale ed in dettaglio della Regione Lombardia

3 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO

Il paragrafo precedente ha focalizzato la situazione relativa alla classificazione, in relazione al rischio sismico, del territorio Comunale di Berzo Demo, sia passata che attuale, a seguito dell'entrata in vigore delle ultime disposizioni normative regionali in materia con la D.g.r. 11 luglio 2014 – n.X/2129.

La sismicità del nord Italia e della Lombardia in particolare è connessa, a grande scala, ai fenomeni attivi di convergenza tra la placca Adria e l'Europa (gli stessi che hanno generato la catena alpina), con fenomeni prevalentemente compressivi.

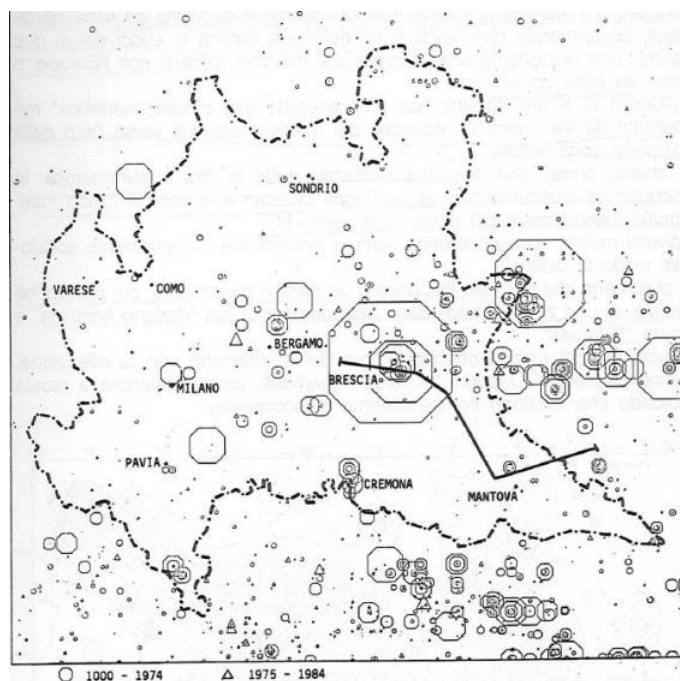
In questo contesto i terremoti avvengono tutti nella crosta superiore, con ipocentri a profondità variabili tra 5 e 15 km; in generale non si riscontra alcuna attività sismica nel mantello o nella crosta superiore.

In Lombardia la zona maggiormente sismica è al margine della Pianura Bresciana e nella zona del Lago di Garda, estremità sud del sistema di faglie delle Giudicarie.

La motivazione di tale sismicità è connessa alla struttura geologica: nella zona della pianura bresciana sono presenti nel sottosuolo numerose superfici di scorrimento delle falde, superfici connesse alla strutturazione delle Alpi Meridionali ed alla migrazione verso sud delle falde; nella zona del Garda i terremoti sono connessi ai movimenti ed ai rilasci energetici lungo la linea delle Giudicarie.

L'immagine seguente rappresenta la distribuzione dei terremoti in Lombardia dall'anno 1000 al 1984: l'area dei simboli è proporzionale alla magnitudo dei sismi stessi (il maggiore è quello della zona di Brescia del 1222).

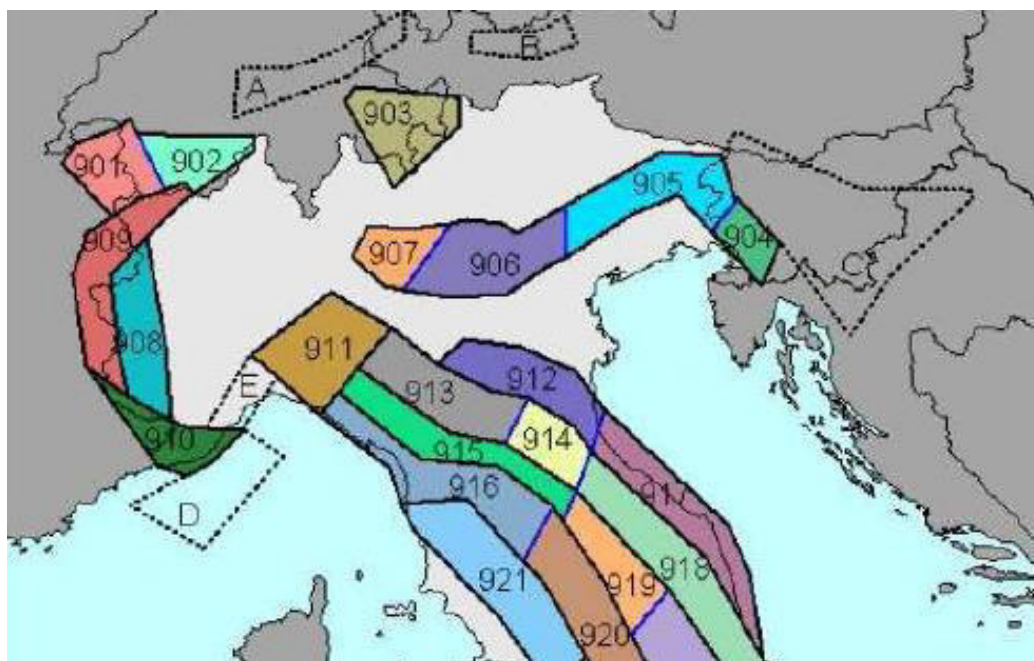
La sismicità decresce in maniera evidente da est andando verso ovest.



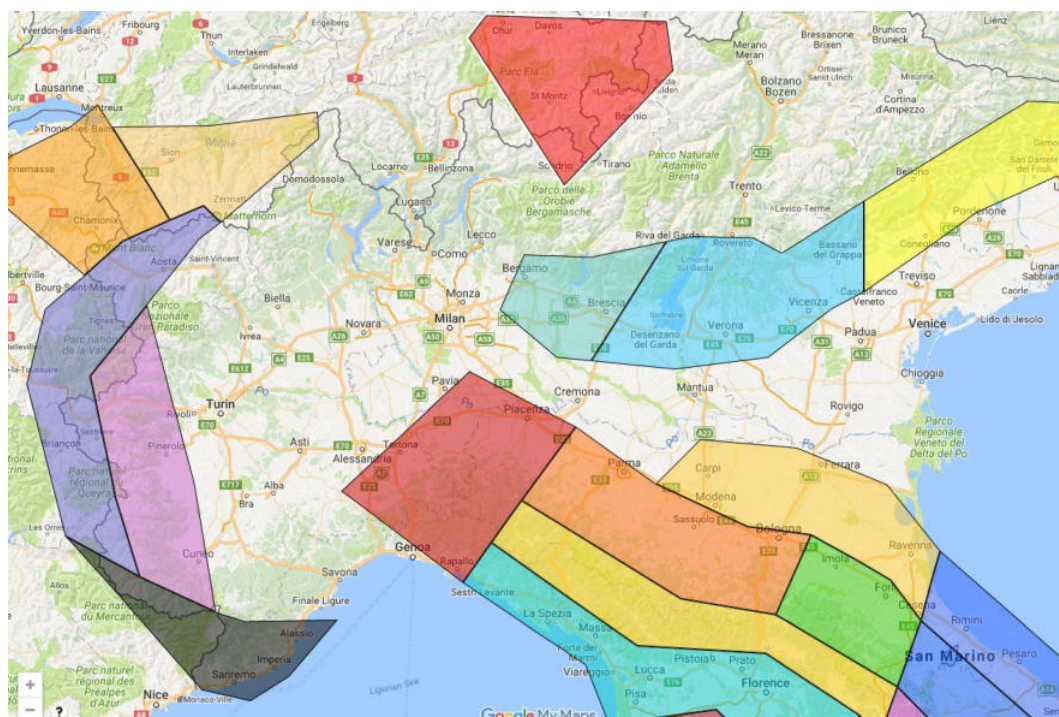
Mappa dei terremoti della Regione Lombardia dal 1000 al 1984 (tratta da "Guide Geologiche Regionali – Alpi e Prealpi Lombarde" – AAVV)

L'immagine seguente rappresenta uno stralcio della zonazione sismogenetica ZS9, utilizzata per la valutazione della pericolosità sismica di cui al precedente paragrafo.

Come si vede l'attività sismica nella zona Lombarda si concentra nelle Alpi Occidentali (zona 903) e nel Subalpino Meridionale (zona 907).



Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro 2004)



Vista di dettaglio su Google Map della zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro 2004)

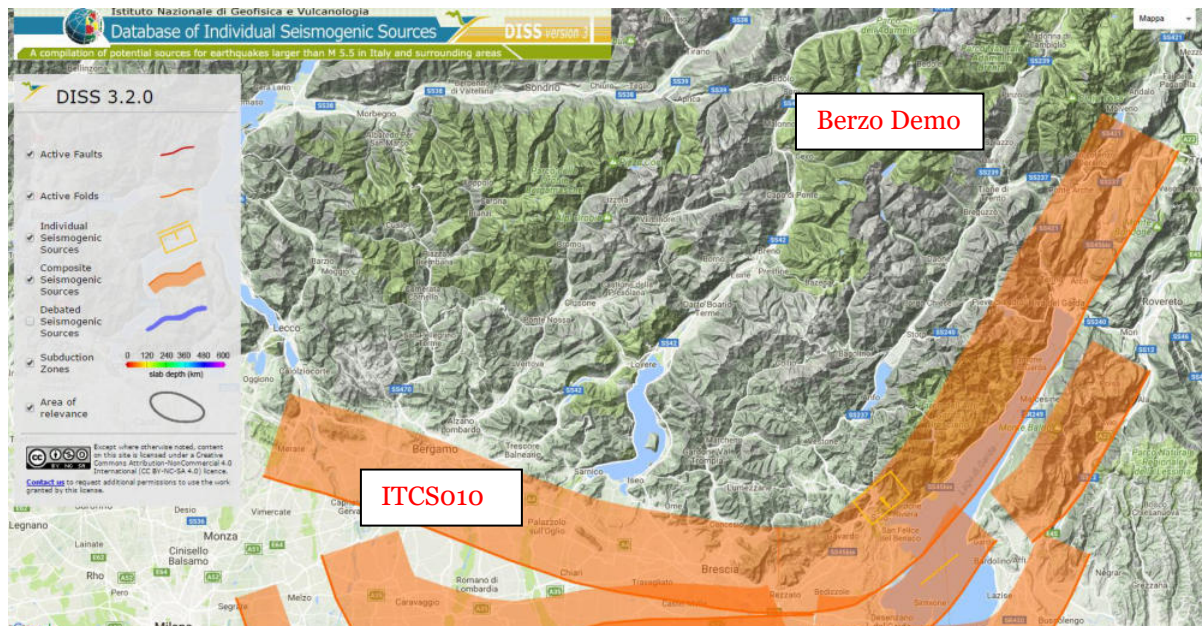
Il comune di Berzo Demo è esterno a qualunque zona sismogenetica.

Il territorio Comunale si trova tra la zona 907 “Bergamasco” e la zona 903 “Grigioni – Valtellina”.

Per quanto riguarda le strutture sismogenetiche (ossia le strutture geologiche in grado di produrre e generare terremoti) è possibile fare riferimento al DISS ver. 3.2.0. – Database of Seismogenic Sources.



Visualizzazione generale delle strutture sismogenetiche Italiane (DISS ver. 3.2.0)



Visualizzazione di dettaglio delle strutture sismogenetiche tra le Province di BG e BS (DISS ver. 3.2.0)

La struttura sismogenetica più vicina al comune di Berzo Demo, è la ITCS010 “Western S-Alps internal thrust”.

Si tratta di una struttura geologica complessa e composita, che va dalla parte nord del Lago di Garda fino alle città di Bergamo e Brescia, con un andamento nord-est / sud-ovest nella porzione orientale, per poi divenire quasi est-ovest nella porzione centrale ed occidentale.

Questa struttura appartiene ad un fronte di accavallamento interno, in connessione con il fronte di accavallamento tettonico del Sud Alpino (*Giudicarie thrust system*), con una direzione di vergenza delle falde verso sud ed una tettonica prevalentemente compressiva.

I cataloghi sismici strumentali e/o a carattere storico (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una sismicità irregolare. In particolare i cataloghi storici individuano una serie di eventi sismici con una magnitudo generalmente compresa tra Mw 4,6 e 5,0 (Mw massima pari a 6,9) che potrebbero essere stati generati da questa sorgente composita. Le profondità minima e massima degli ipocentri sono basate sui dati delle strutture geologiche e sono variabili tra 5.0 and 12.0 km. Il tasso di movimento basato su dati geodinamici a carattere regionale è dell'ordine di 0.1 – 0.5 mm/y.

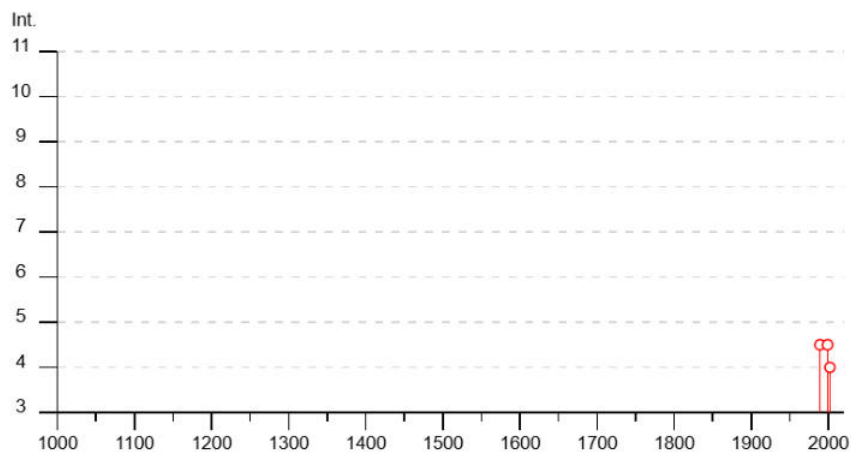
Di seguito è riportato il risultato dell'interrogazione effettuata al Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. 2016).

Il Database fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale degli anni dal 1000 al 2014.

Berzo Demo (Berzo)



PlaceID IT_15737
 Coordinate (lat, lon) 46.093, 10.333
 Comune (ISTAT 2015) Berzo Demo
 Provincia Brescia
 Regione Lombardia
 Numero di eventi riportati 4



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5		1989	09	13	21	54	0 Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
NF		1991	11	20	01	54	1 Grigioni, Vaz	468	6	4.70
4-5		1999	12	29	20	42	3 Alpi Retiche	74		4.78
4		2002	11	13	10	48	0 Franciacorta	768	5	4.21

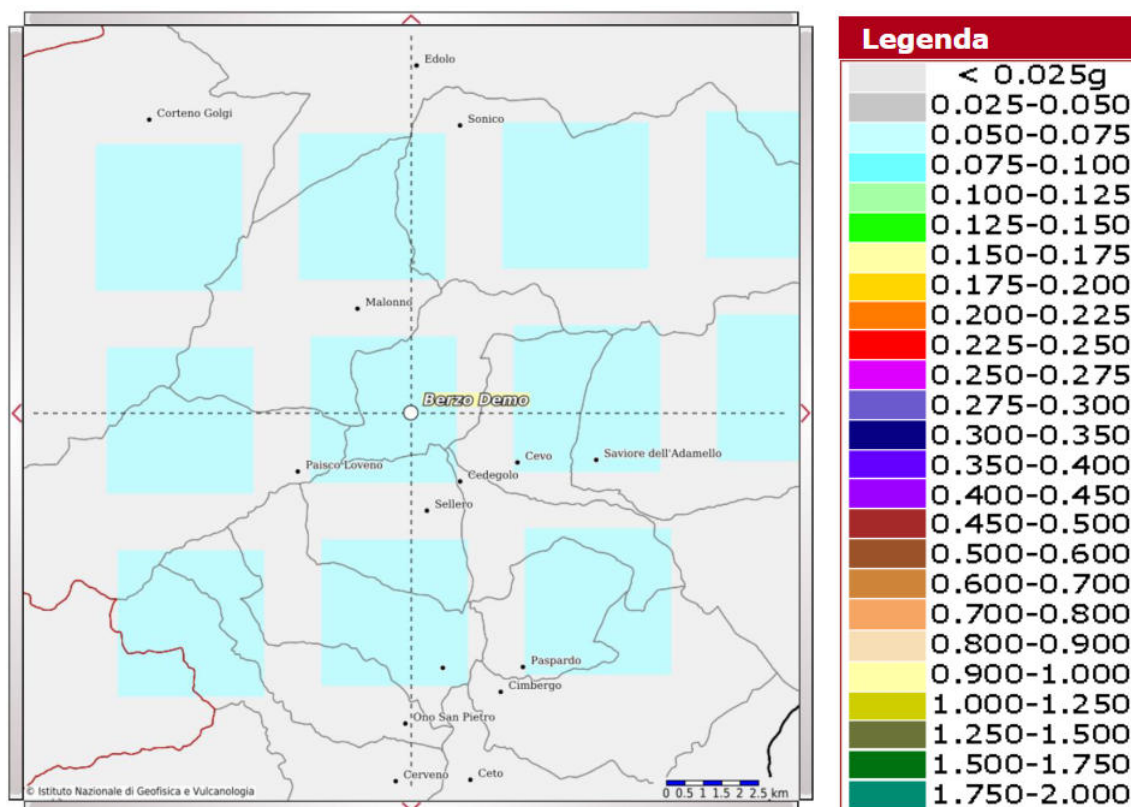
Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Cedegolo	5	2
Malonno	5	3
Cevo	3	3
Paisco Lovenò (Paisco)	4	4
Sellero	4	4
Saviore dell'Adamello	5	6
Rino	1	7
Capo di Ponte	7	7
Lovenò	2	7
Paspardo	2	8
Sonico	6	8
Cimbergo	4	8
Ono San Pietro	4	8
Edolo	14	10

Interrogazione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 per il Comune di Berzo Demo

La ricerca effettuata per il Comune di Berzo Demo evidenzia la presenza di possibili effetti in 4 terremoti, con un'intensità epicentrale $I_0 = 5-7$ ed una magnitudo $M_w = 4,21-4,85$.

Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al possibile sisma atteso / di riferimento ed alle relative accelerazioni al suolo per il Comune di Berzo Demo, si è fatto riferimento agli studi di "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε" a cura di Spallarossa e Barani del 2007.



Estratto mappa di pericolosità sismica in termini di $a(g)$ con probabilità di superamento del 10% in 50 anni per il Comune di Berzo Demo

L'analisi della disaggregazione dei valori di accelerazione $a(g)$ riporta, per ogni nodo della carta di pericolosità sismica la valutazione del contributo percentuale alla stima della pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori magnitudo e distanza del sisma che contribuisce alla valutazione stessa della pericolosità.

Per il territorio di Berzo Demo è possibile ricavare i seguenti valori:

- il parametro dello scuotimento con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni è variabile tra 0,050 e 0,075.
- sisma: magnitudo compresa tra 4 e 6 – distanza compresa tra 20 e 90 Km.

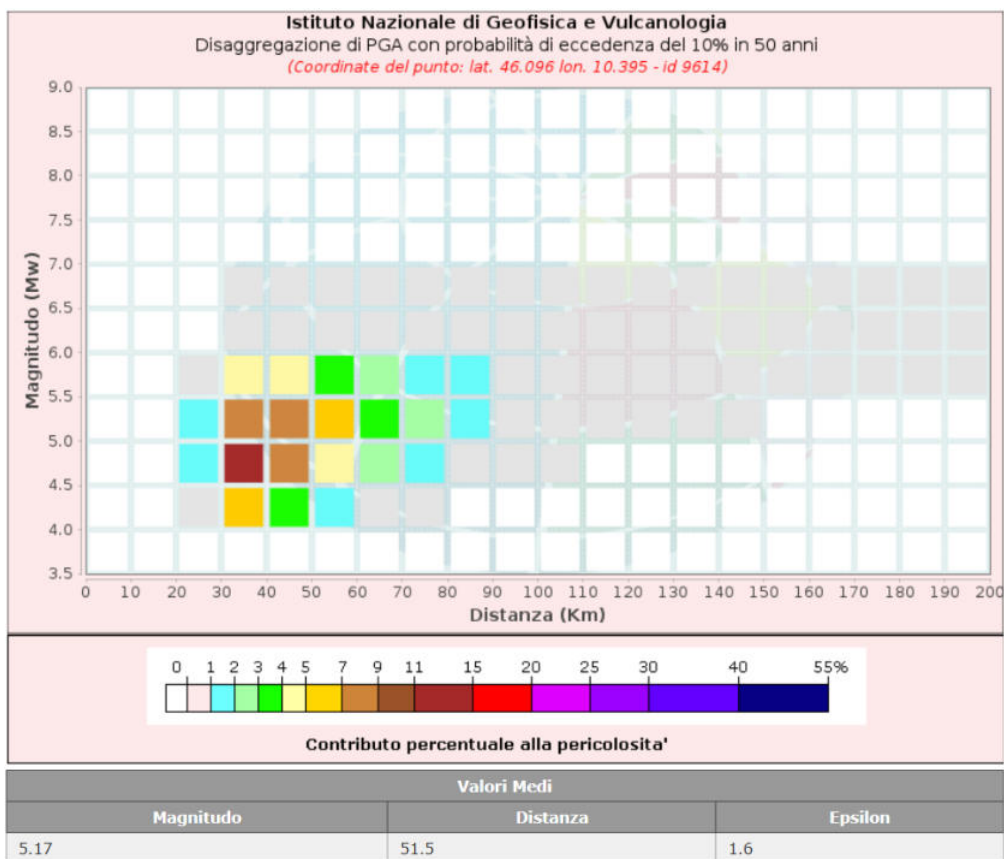
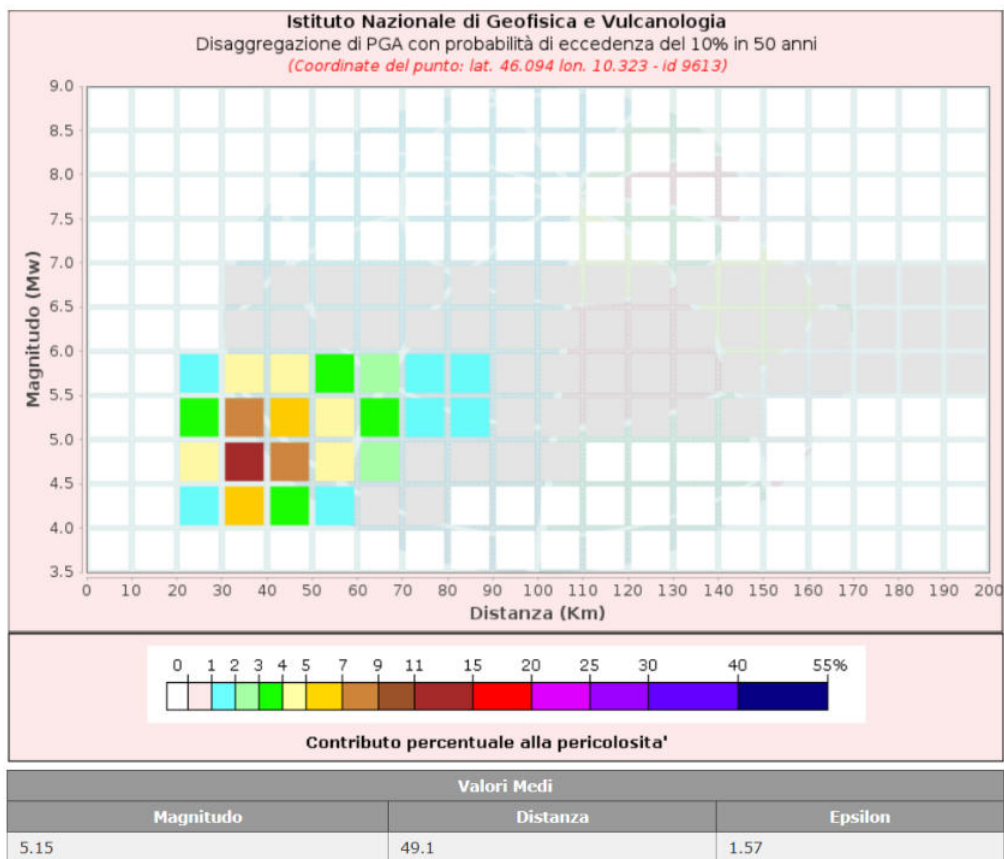


Grafico di disaggregazione Magnitudo – distanza per le celle rappresentative del Comune di Berzo Demo

4 PROCEDURE REGIONALI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente.

I primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione per casi specifici (quando il 2° livello dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per aree di possibile amplificazione, per aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione, contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse e per edifici di particolari caratteristiche).

Sinteticamente i livelli previsti sono di seguito illustrati:

1° livello

È una fase prettamente qualitativa che si basa sulle considerazioni dirette degli effetti dei terremoti e prevede l'individuazione di una serie di zone passibili di amplificazione sismica o in cui possono verificarsi problemi particolari (liquefazione, riattivazione frane, ecc.) in caso di sisma.

2° livello

Si applica in base alle risultanze del livello 1 ed in relazione alla classificazione sismica del Comune e prevede un approccio semiquantitativo per valutare quali sono gli effetti di amplificazione attesi e se la normativa vigente è in grado di sopportarli.

3° livello

In questo caso si tratta di procedure molto complesse da attuare in fase di progettazione quando il 2° livello verifica l'inadeguatezza della norma oppure in casi di condizioni geologiche specifiche.

In considerazione del fatto che il Comune di Berzo Demo è in classe sismica 3 la norma prevede, in fase di pianificazione, l'obbligo del 1° livello con la redazione della carta della pericolosità sismica locale nonché l'obbligo delle analisi anche del 2° livello per gli scenari Z3 e Z4 per le aree edificate ed edificabili (con la sola esclusione delle aree già inedificabili per altri motivi).

4.1 Considerazioni al termine del 1° livello e indicazioni per il 2° livello di approfondimento

Nel territorio del Comune di Berzo Demo sono stati individuati, con gli studi di 1° livello, alcuni scenari di possibile amplificazione sismica: è quindi necessario procedere agli approfondimenti di secondo livello, sulla base di quanto emerso.

Si rammenta infatti che la carta della pericolosità sismica locale rappresenta, secondo le procedure da adottare, il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento che dovranno essere applicati in relazione all'utilizzo delle aree. La carta della pericolosità sismica locale permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari.

Il 2° livello prevede la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici.

Per il Comune di Berzo Demo, che ricade in zona sismica 3, l'analisi di secondo livello è obbligatoria per gli scenari Z3 e Z4 per le aree edificate ed edificabili, con l'esclusione di quelle già inedificabili (classe di fattibilità geologica 4).

Gli approfondimenti da eseguire sono quindi di due differenti tipi: morfologici e litologici.

Per quanto riguarda le verifiche morfologiche (Z3a e Z3b), si è operato sul Database Topografico regionale alla scala 1:10.000 rapportandosi alle tabelle ed ai grafici della Regione per verificare l'effetto di amplificazione atteso.

Per quanto riguarda gli aspetti litologici (Z4a, Z4b, Z4c e Z4d), per poter effettuare le verifiche con le schede predisposte dalla Regione Lombardia è necessaria una conoscenza corretta del sottosuolo oltre che in termini litologici, anche in termini di Vs e di struttura geologica.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Scenari di Pericolosità Sismica Locale

Per l'adeguamento alle norme, a supporto del livello 2 di analisi, sono state eseguite delle indagini geofisiche specifiche. La carta della Pericolosità Sismica Locale è stata redatta in scala 1:10.000 sul database topografico regionale ricoprendo tutto il territorio Comunale (Tavola 06).

L'analisi effettuata sull'intero territorio comunale evidenzia i seguenti elementi:

- Le aree che comprendono l'abitato di Berzo, l'abitato di Demo, e l'abitato di Monte sono classificate come Z4d;
- Parte dell'abitato di Demo è classificato come Z4b per la presenza di depositi di conoide alluvionale;
- L'area di Forno Allione è in parte classificata come Z4a, per la presenza dei depositi alluvionali legati alla dinamica del Fiume Oglio, e come Z4b; sussiste inoltre una buona porzione in Z2 (Z2a), a causa della presenza di terreni di fondazione con caratteristiche geotecniche potenzialmente scadenti, dovute al forte rimaneggiamento antropico con presenza di spessori non trascurabili di riporto entro tutta l'area segnalata e alla presenza di un sito ufficialmente riconosciuto come area di discarica nell'ambito del vecchio PGT (discarica cessata ex Ucar);
- Altri scenari di tipo Z2 sono stati introdotti in presenza di aree con depositi palustri e/o ulteriori siti di riporto antropico e siti ufficialmente riconosciuti come aree di discarica nel vecchio PGT (con particolare riferimento alla discarica cessata Golde);
- Tutte le aree perimetrate come Fa sono classificate come Z1a;
- Le aree classificate come Fq ricadono in classe Z1b;
- Le aree in Fs vengono classificate come Z1c.

4.2 Analisi di pericolosità sismica di 2° livello

Per gli scenari Z3a, Z3b e Z4a, Z4b, Z4c e Z4d evidenziati nel territorio di Berzo Demo, interferenti con l'edificato, la normativa prevede l'applicazione del 2° livello di approfondimento per le aree urbanizzate e di possibile espansione, con l'esclusione delle aree già inedificabili per altri motivi. Di seguito si illustrano, in dettaglio, le analisi eseguite, le procedure adottate, le scelte effettuate ed i risultati delle stesse.

4.2.1 Effetti di amplificazione topografica

Gli approfondimenti di 2° livello sono stati effettuati in siti caratterizzati da aree edificate o prossimi ad aree edificate. Rimangono nel territorio comunale, ampie aree potenzialmente soggette a questo tipo di amplificazione per la particolare conformazione morfologica del territorio comunale, che vede la presenza di ampie creste e scarpate soprattutto nelle zone montuose in quota.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei risultati ottenuti sulle sezioni topografiche ritenute più rappresentative, attraverso zone di scarpata e cresta; i parametri di riferimento sono definiti dalle figure allegate nei paragrafi successivi, tratte dalle norme regionali.

L'ubicazione delle sezioni è riportata in tavola 06.

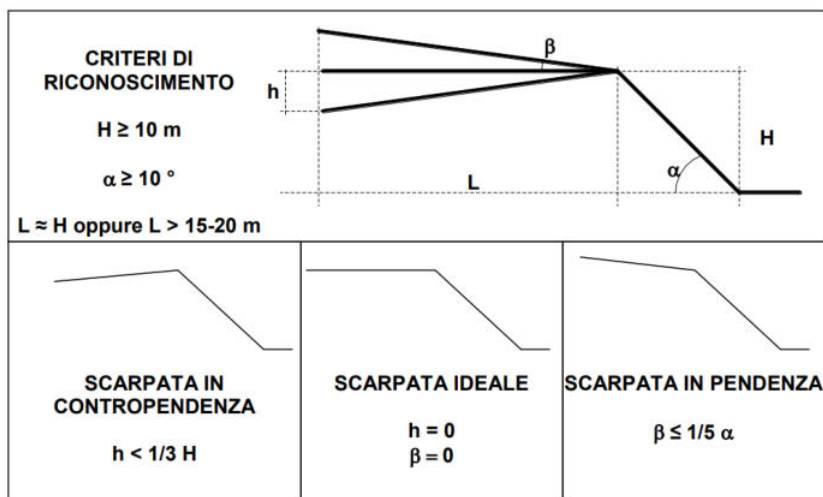
Alla presente relazione sono inoltre allegate le verifiche eseguite sulle sezioni topografiche, illustrate singolarmente caso per caso.

ID e Ubicazione	Scenario	Tipo	Fa	Fa + 0.1	Fa soglia	Confronto	Ai [m]
Sezione 1 - Berzo 1	Scarpata	In pendenza	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	106.067
Sezione 2 - Bettolino	Scarpata	Ideale	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	79.0667
Sezione 3 - Bettolino scarpata Oglio	Scarpata	In contropendenza	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	24.375
Sezione 4 - Corno Cradè	Scarpata	In pendenza	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	123.6
Sezione 5 - Fienili Carnoccolo	Scarpata	Ideale	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	202.267
Sezione 6 - Forno Allione 1	Scarpata	In pendenza	1.3	1.4	1.2	Fa > Fa soglia	45.2667
Sezione 7 - Forno Allione 2	Scarpata	In contropendenza	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	72.8667
Sezione 8 - Forno Allione 3	Scarpata	In pendenza	1.3	1.4	1.2	Fa > Fa soglia	90.0667
Sezione 9 - Lorengo	Scarpata	In pendenza	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	43.4667
Sezione 10 - Lorengo scarpata Oglio	Scarpata	In pendenza	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	19.35
Sezione 11 - Poggio la Croce 1	Cresta	Appuntita	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	---
Sezione 12 - Poggio la Croce 2	Cresta	Appuntita	1.2	1.3	1.2	Fa > Fa soglia	---
Sezione 13 - Poggio la Croce 3	Cresta	Arrotondata	1.1	1.2	1.2	Fa = Fa soglia	---
Sezione 14 - Baita Malogne	Cresta	Appuntita	1.3	1.4	1.2	Fa > Fa soglia	---

4.2.1.1 Z3a: Zona di scarpata

Le aree individuate sono 10.

I parametri di riferimento per la definizione di zona di scarpata sono definiti dalla figura seguente, tratta dalle norme regionali.



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1-0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Le sezioni considerate soddisfano tutte le condizioni dei criteri di riconoscimento, e sono quindi suscettibili di produrre amplificazioni topografiche. Sono quindi stati calcolati sia il Fattore di amplificazione sia le aree di influenza, seguendo le procedure semplificate illustrate nelle apposite direttive regionali. Secondo la normativa regionale, i valori di Fa ottenuti devono essere confrontati con i valori di St per la relativa categoria topografica, contenuti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, che rappresentano i valori di soglia della normativa.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Nel caso in esame, le scarpate esaminate ricadono in categoria T2, quindi il valore St di riferimento è 1.2; Tale valore è stato confrontato con i valori ottenuti dall'analisi di secondo livello.

Confrontando i valori ottenuti dall'analisi di secondo livello, includendo una variabilità di +0.1 per compensare la semplificazione delle procedure, si ottiene la seguente situazione:

- Scarpata 1 (Berzo 1): $Fa = 1.2 + 0.1 \rightarrow Fa > St$
- Scarpata 2 (Bettolino): $Fa = 1.2 + 0.1 \rightarrow Fa > St$
- Scarpata 3 (Bettolino scarpata Oglio): $Fa = 1.2 + 0.1 \rightarrow Fa > St$
- Scarpata 4 (Corno Cradè): $Fa = 1.2 + 0.1 \rightarrow Fa > St$
- Scarpata 5 (Fienili Carnoccolo): $Fa = 1.2 + 0.1 \rightarrow Fa > St$
- Scarpata 6 (Forno Allione 1): $Fa = 1.3 + 0.1 \rightarrow Fa > St$
- Scarpata 7 (Forno Allione 2): $Fa = 1.2 + 0.1 \rightarrow Fa > St$
- Scarpata 8 (Forno Allione 3): $Fa = 1.3 + 0.1 \rightarrow Fa > St$
- Scarpata 9 (Lorenzo): $Fa = 1.2 + 0.1 \rightarrow Fa > St$
- Scarpata 10 (Lorenzo scarpata Oglio): $Fa = 1.2 + 0.1 \rightarrow Fa > St$

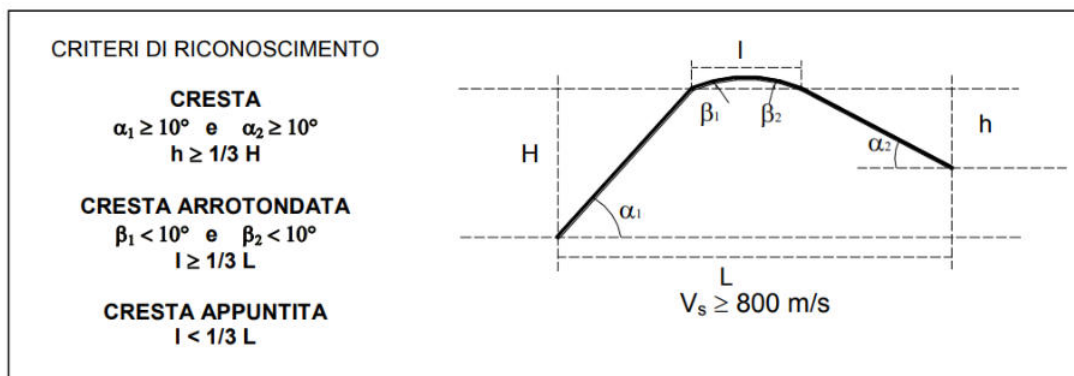
In caso di Fa che ecceda il valore di St è prevista l'esecuzione di indagini più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia; tali analisi sono inoltre obbligatorie per la progettazione di strutture alte e flessibili (tra 5 e 15 piani) in presenza di scenari Z3a e Z3b a prescindere dal Fa ottenuto.

I valori di Fa ottenuti si assegnano solo al ciglio della scarpata: entro l'area di influenza il parametro Fa va scalato linearmente con la distanza dal ciglio, arrivando a valere 1 al perimetro dell'area di influenza. Quindi, più ci si allontana dalla sommità, minore è Fa , fino a quando $Fa < St$; oltre questo punto si potranno mantenere i valori di normativa, relativi alle amplificazioni topografiche, per i calcoli delle strutture.

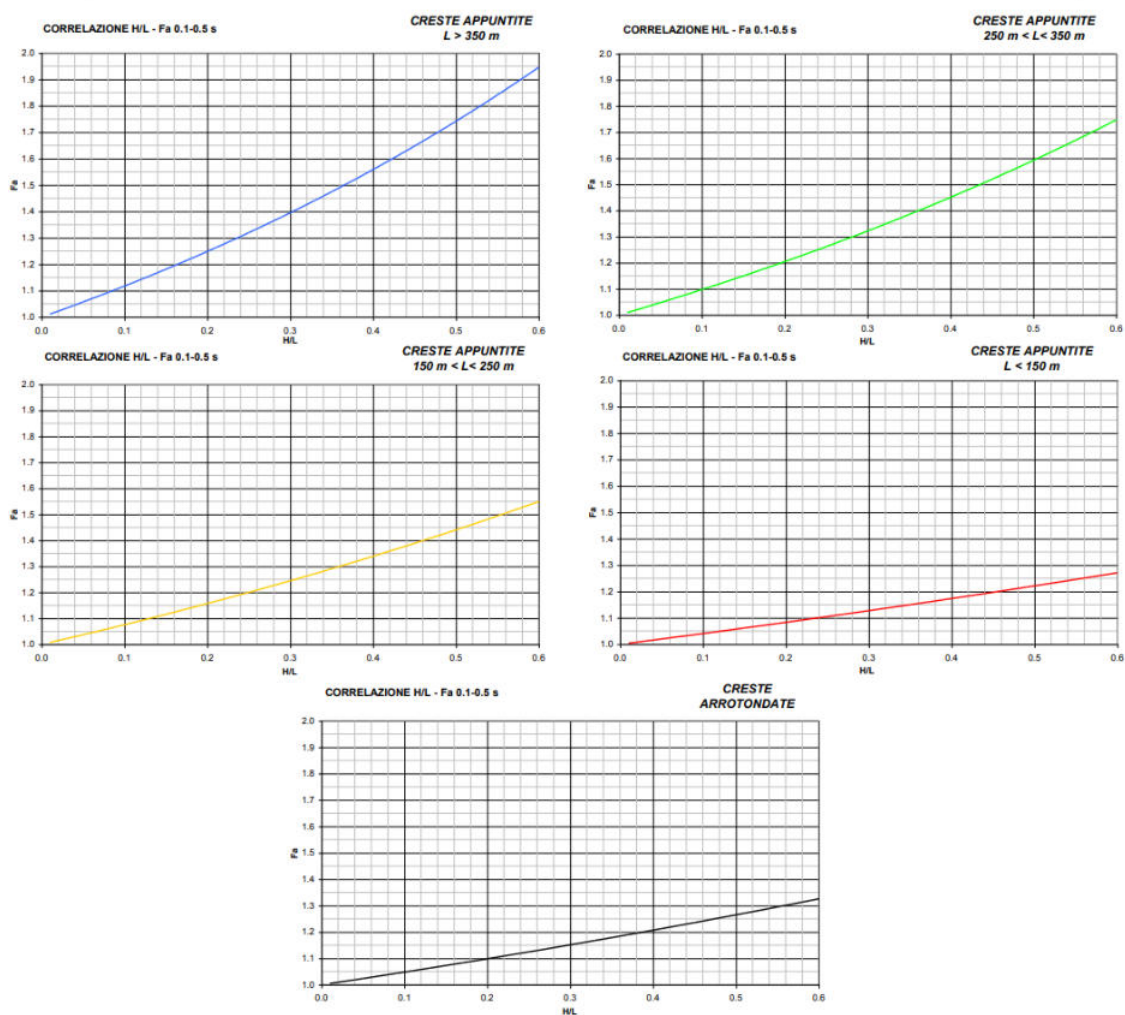
4.2.1.2 Z3b: Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo

Le aree individuate sono 4.

I parametri di riferimento per la definizione di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo sono definiti dalla figura seguente, tratta dalle norme regionali.



	$L > 350$	$250 < L < 350$	$150 < L < 250$	$L < 150$
Creste Appuntite	$Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$
Creste Arrotondate	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



Le sezioni considerate soddisfano tutte le condizioni dei criteri di riconoscimento, e sono quindi suscettibili di produrre amplificazioni topografiche.

Analogamente a quanto eseguito per lo scenario Z3a, anche in questo caso sono stati calcolati il Fattore di amplificazione e le aree di influenza, seguendo le procedure semplificate illustrate nelle direttive regionali.

Nuovamente, è necessario eseguire il confronto fra i valori di F_a ottenuti ed i valori di St per la relativa categoria topografica, contenuti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, che rappresentano i valori di soglia della normativa. In questo caso il valore di F_a ottenuto va confrontato con St relativo alla categoria T3 se l'inclinazione media dei fianchi è tra 15° e 30° , si usa invece il parametro della categoria T4 con pendii più ripidi di 30° .

Confrontando i valori ottenuti dall'analisi di secondo livello, includendo una variabilità di $+0.1$ per compensare la semplificazione delle procedure, si ottiene la seguente situazione:

- Cresta 1 (Poggio la Croce 1): $F_a = 1.2 + 0.1 \rightarrow F_a > St$
- Cresta 2 (Poggio la Croce 2): $F_a = 1.2 + 0.1 \rightarrow F_a > St$
- Cresta 3 (Poggio la Croce 3): $F_a = 1.1 + 0.1 \rightarrow F_a = St$
- Cresta 4 (Baita Malogne): $F_a = 1.3 + 0.1 \rightarrow F_a > St$

I valori di F_a ottenuti si attribuiscono alla sola cresta rocciosa, assegnandoli ad una fascia larga l , dove l è il parametro di larghezza della cresta ottenuto con l'analisi di secondo livello; entro l'area di influenza il parametro F_a va scalato linearmente con la distanza dalla cresta, arrivando a valere 1 al perimetro dell'area di influenza. Più ci si allontana dalla sommità, minore è F_a , fino a quando $F_a < St$; oltre questo punto si potranno mantenere i valori di normativa, relativi alle amplificazioni topografiche, per i calcoli delle strutture.

4.2.2 Effetti di amplificazione litologica

4.2.2.1 Dati generali

Nel territorio di Berzo Demo, stante la notevole articolazione geologica e litologica, soprattutto per quanto riguarda i depositi quaternari, sono state rilevate, con l'analisi sismica di primo livello, una serie di potenziali condizioni di amplificazione litologica, sulla base delle casistiche Regionali.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Nel territorio comunale sono state evidenziate condizioni attribuibili a tutti gli scenari.

Nell'impostazione del presente lavoro si è concentrata l'attenzione sui depositi glaciali, di conoide, alluvionali ed eluvio-colluviali, su cui insistono i principali nuclei abitativi del comune.

La procedura Regionale prevede una verifica di tipo litologico, basata sulla conoscenza del modello geologico del sottosuolo e del relativo modello geofisico semplificato, fino alla profondità del bedrock sismico ($V_s > 800$ m/sec.).

La procedura Regionale per la valutazione analitica del potenziale di amplificazione litologica prevede il confronto del modello geofisico di dettaglio del sottosuolo delle differenti porzioni individuate con una serie di schede tipo predisposte dalla Regione Lombardia. In queste schede, sulla base della litologia prevalente e dell'andamento delle Vs nel sottosuolo, si ricava, in modo semplificato, il fattore di amplificazione sismica del sito (F_a), sia per edifici di altezza limitata (0.1 – 0.5 s) che per edifici di altezza maggiore (0.5 – 1.5 s).

I valori ricavati devono essere confrontati con i valori soglia, distinti in base alle categorie di suolo del D.M. 14/01/2018, forniti dalla Regione Lombardia, al fine di verificare se la normativa è in grado di coprire l'amplificazione calcolata o meno.

Nel secondo caso diviene necessario o prevedere il passaggio, in fase di progettazione, agli approfondimenti di 3° livello, oppure l'utilizzo dello spettro di norma per una categoria di suolo maggiormente cautelativa.

La struttura geologica del Comune di Berzo Demo fa sì che i depositi che costituiscono le porzioni edificate siano prevalentemente conoide o eluvio-colluviali, oppure un misto dei due; in misura minore si osservano anche depositi glaciali e fluviali.

Le indagini geofisiche sono state distribuite in modo da acquisire gli elementi (andamento Vs in profondità, categoria di sottosuolo e profondità del bedrock sismico con Vs > 800 m/sec,) in corrispondenza delle differenti tipologie di deposito, così da poter effettuare una caratterizzazione sismica di ogni zona per poi poter applicare la procedura Regionale.

È evidente che una situazione geologica come quella sopra descritta (alternanza di depositi di natura e genesi differente) fa sì che non vi sia una caratterizzazione litologica univoca ben definita. Sarà necessario, nel tempo, acquisire ulteriori dati e conoscenze degli aspetti geofisici attraverso indagini specifiche che potranno consentire di meglio dettagliare questa problematica.

Per la scelta delle schede Regionali, che sono organizzate per tipologie litologiche ben definite (ghiaiose – limoso argillose – limoso sabbiose – sabbiose), si è quindi fatto riferimento ai dati di sottosuolo disponibili, cercando di utilizzare le schede adatte per la litologia prevalente, ma si è comunque sempre considerato prioritario l'andamento delle Vs con la profondità.

4.2.2.2 Risultati dei dati geofisici e individuazione delle categorie di sottosuolo

Alla luce di quanto sopra, ed in considerazione del fatto che la risposta sismica litologica è funzione dell'andamento delle Vs in profondità, si è ritenuto necessario eseguire una serie di indagini geofisiche specifiche per poter effettuare un raffronto con le schede Regionali.

Sono state quindi effettuate n. 5 indagini di tipo MASW-HVSR con analisi congiunta delle due tecniche, è n.1 indagine di tipo MASW.

L'ubicazione delle indagini è riportata nella Tavola 06.

L'analisi congiunta MASW-HVSR consiste nell'interpretazione contemporanea delle due prove, arrivando alla definizione di un unico modello che riproduca, contemporaneamente, quanto registrato da MASW e HVSR. Si tratta in questo caso di un approccio particolarmente proficuo, dato che le due indagini sono tra loro complementari per caratteristiche e informazioni ricavabili: laddove la MASW risulta molto efficace a ridotte profondità e in contesti con stratigrafia uniforme, l'HVSR è molto performante in profondità e laddove siano presenti punti di contrasto di velocità sismica, ma in genere necessità di avere dei dati di contorno per la sua corretta interpretazione, che sono in questo caso forniti dalla MASW. L'esecuzione e interpretazione congiunta permette quindi alle due prove di compensare reciprocamente i propri limiti, nonché fornisce una certa robustezza al modello risultante che deve essere in grado di soddisfare contemporaneamente i dati ricavati con due approcci differenti. La prova condotta con singola tecnica MASW è stata invece eseguita con questa modalità per l'impossibilità, a livello logistico, di eseguire una prova HVSR.

Le prove sono state finalizzate all'identificazione del profilo delle Vs in profondità, ricavando il valore di Vs_eq.

La procedura Regionale prevede che il fattore di amplificazione calcolato con la presente procedura semplificata venga poi confrontato con i valori soglia Comunali, forniti dalla Regione stessa:

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 – 0.5	1.4	1.8	2.1	1.9
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.0	3.0

Come si vede dalla tabella sopra riportata i valori di riferimento sono distinti in base al periodo di riferimento per gli edifici e soprattutto in relazione alle categorie di sottosuolo, secondo la classificazione introdotta dal D.M. 14/01/2008 e all'aggiornamento della stessa contenuto nel decreto n°8 del 17/01/2018, di seguito riportata.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 360 m/s.</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 e 180 m/s.</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>

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Sulla base del profilo delle Vs in profondità ricavato dalle prove MASW-HVSR sono state calcolate le Vseq ed è stata definita la categoria di sottosuolo. La litologia, come sopra esposto, è molto variabile per cui si è effettuato il confronto della curva Vs-profondità con tutte le schede regionali, in modo da individuare la curva che consentisse una migliore applicabilità al singolo caso.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei risultati ottenuti confrontando i valori di Fa calcolati e i valori di soglia comunali.

ID prova	Anno	Categoria originale	Periodo di riferimento	Fa	Fa + 0.1	Fa soglia	Confronto	Categoria finale
MASW1-HVSR1 (Forno Allione)	2024	B	0.1 - 0.5 s 0.5 - 1.5 s	1.7 1.1	1.8 1.2	1.4 1.7	Fa > Fa soglia Fa < Fa soglia	C B
MASW2-HVSR2 (via Nazionale - Fiume Oglio)	2024	B	0.1 - 0.5 s 0.5 - 1.5 s	2.2 1.2	2.3 1.3	1.4 1.7	Fa > Fa soglia Fa < Fa soglia	D B
MASW3-HVSR3 (Località Palazzina)	2024	A	0.1 - 0.5 s 0.5 - 1.5 s	--- ---	--- ---	--- ---	--- ---	A A
MASW4-HVSR4 (Demo)	2024	B	0.1 - 0.5 s 0.5 - 1.5 s	1.3 1.0	1.4 1.1	1.4 1.7	Fa = Fa soglia Fa < Fa soglia	B B
MASW5-HVSR5 (Via Kennedy)	2024	B	0.1 - 0.5 s 0.5 - 1.5 s	1.3 1.1	1.4 1.2	1.4 1.7	Fa = Fa soglia Fa < Fa soglia	B B
MASW6 (Monte)	2024	B	0.1 - 0.5 s 0.5 - 1.5 s	1.2 1.0	1.3 1.1	1.4 1.7	Fa < Fa soglia Fa < Fa soglia	B B

Per i dettagli, si vedano le schede riassuntive dell'analisi di secondo livello eseguita per le singole prove, allegate alla presente relazione.

Il valore del parametro Vs_eq, calcolato dal piano campagna sino a 30 m di profondità, porta all'individuazione di un suolo di categoria B per la maggior parte delle prove eseguite, ad eccezione della prova MASW3-HVSR3, dove è stato individuato un suolo di categoria A, in virtù, verosimilmente, della presenza di substrato roccioso subaffiorante e/o comunque localizzato a pochi metri di profondità dal piano campagna.

Nell'ambito della verifica di secondo livello, i valori del Fa calcolati, per il periodo 0.1 – 0.5 s (comprende tutte le tipologie di edifici di altezza inferiore ai 5 piani) sono superiori ai valori soglia Comunali per la prova MASW1-HVSR1 e per la prova MASW2-HVSR2. Questo significa che, in fase di progettazione, deve essere presa in considerazione l'ipotesi di effettuare analisi più dettagliate o passare a un suolo di categoria superiore.

I valori di Fa calcolati per il periodo 0.5 – 1.5 s (comprende tutte le tipologie di edifici di altezza superiore ai 5 piani) sono sempre inferiori o uguali ai valori soglia Comunali e quindi non si pongono particolari problemi per questo tipo di edificazione.

5 CONSIDERAZIONI FINALI

5.1 Effetti delle morfologie sepolte

Si tratta di effetti 2D causati da riflessioni multiple delle onde sismiche in presenza di morfologie rocciose sepolte (conche, valli). Il problema principale che queste pongono è che le onde sismiche si riflettono da una sponda all'altra, rimanendo di fatto intrappolate nel pacchetto di sedimenti adagiato sulla roccia e colpendo ripetutamente la superficie topografica, moltiplicando così l'effetto sismico. Poiché viaggiando nel terreno l'energia sismica si dissipa, il fenomeno di riflessione multipla è ostacolato da morfologie ampie, in cui le sponde sono molto lontane e in cui le onde sismiche devono viaggiare per lunghi percorsi, disperdendo molta energia. Ne consegue che le situazioni più problematiche sono quelle collegate a forme strette e profonde. Nel territorio comunale di Berzo Demo, con particolare riferimento alle zone urbanizzate, queste situazioni sono generalmente scarse o assenti: le valli principali, con sedimenti in grado di coprire forme problematiche, sono in genere molto ampie e poco profonde; le valli più incise, abbondanti nelle zone più montuose, sono in genere prive di depositi sufficientemente spessi. In sintesi, quindi, si ritiene che questi fenomeni siano globalmente scarsi, anche se si raccomanda di valutarne attentamente la possibile esistenza ogni volta che si esegue un'analisi sismica. Alcuni criteri per il riconoscimento di queste situazioni sono contenuti in *"Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"*, cui si rimanda per eventuali approfondimenti.

5.2 Confronto tra modello geologico e geofisico

Al momento della stesura del presente documento, non è stato possibile reperire informazioni da dati geologici profondi, (sondaggi, prove penetrometriche ecc) eseguiti in zone limitrofe alla localizzazione delle prove MASW e HVSR eseguite, l'unico elemento di confronto tra il modello geologico e quello geofisico è pertanto costituito dalla distribuzione superficiale delle unità litologiche e le loro caratteristiche generali.

Parte del territorio comunale, fra cui i centri abitati di Berzo e Monte e parte dell'abitato di Demo, si imposta su depositi superficiali detritico-colluviali che ricoprono il substrato roccioso, la cui origine è legata al disfacimento del substrato stesso; queste aree sono contenute entro uno scenario di tipo Z4d. Lo spessore di questi depositi è generalmente basso, talora è talmente ridotto da consentire in alcuni punti l'affioramento del substrato roccioso. Questa caratteristica trova una buona corrispondenza con il profilo delle Vs ricavato dalle acquisizioni eseguite in corrispondenza di tali depositi (MASW4-HVSR4, MASW5-HVSR5 e MASW6): tali profili evidenziano, a profondità variabili, un salto nelle Vs, compatibile con il passaggio a substrato roccioso o, comunque, a unità abbastanza addensate.

La prova MASW3-HVSR3 è stata eseguita entro uno scenario di tipo Z4b ed i valori della velocità di propagazione delle onde di taglio in profondità sono tuttavia compatibili con una categoria di suolo A, ad indicare uno spessore molto ridotto (inferiore a 3 m) dei depositi glaciali vi presenti, quantomeno in corrispondenza del punto di acquisizione. Questo dato non è comunque considerabile estendibile all'intera perimetrazione Z4b, per la quale in assenza di indagini dedicate, si consiglia l'utilizzo della categoria di suolo B, data l'incertezza della profondità del substrato.

Le restanti prove (MASW1-HVSR1 e MASW2-HVSR2) insistono su depositi di tipo alluvionale ed hanno individuato un alto spessore dei depositi a copertura del substrato roccioso; in particolare, l'indagine MASW2-HVSR2 non ha intercettato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s) entro i primi 30 m di profondità, compatibilmente alla posizione del punto di acquisizione, ubicato entro la piana alluvionale del Fiume Oglio, a differenza dell'indagine MASW1-HVSR1, ubicata invece sul margine di questi depositi e vicina al versante.

In conclusione, è possibile affermare che, globalmente, esistono correlazioni abbastanza soddisfacenti, sebbene approssimative, tra le caratteristiche geologiche e quelle sismiche.

5.2.1 Attendibilità dei dati geologici e geofisici utilizzati

In conformità a quanto previsto dalle disposizioni Regionali si individua, di seguito, l'affidabilità dei dati utilizzati per le valutazioni descritte:

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 o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette
Geofisici (V_s)	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)

Si è ritenuto fondamentale avere la massima affidabilità sui dati che maggiormente condizionano la verifica e la buona riuscita delle analisi secondo la procedura semplificata Regionale (profilo delle V_s in profondità).

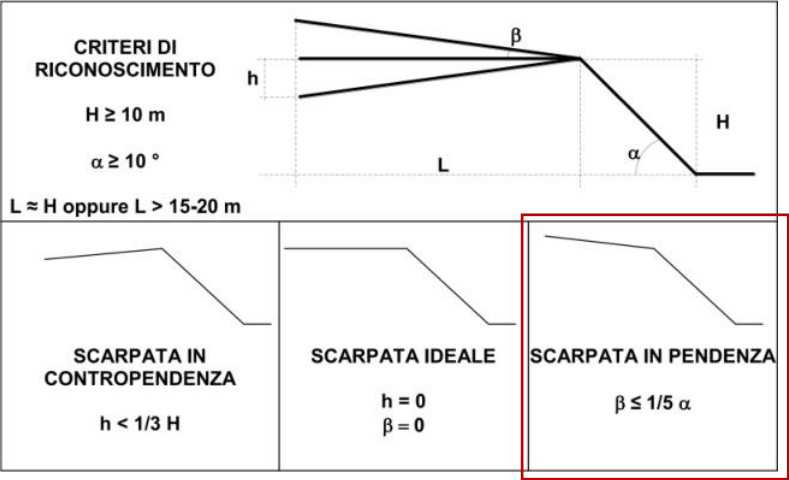
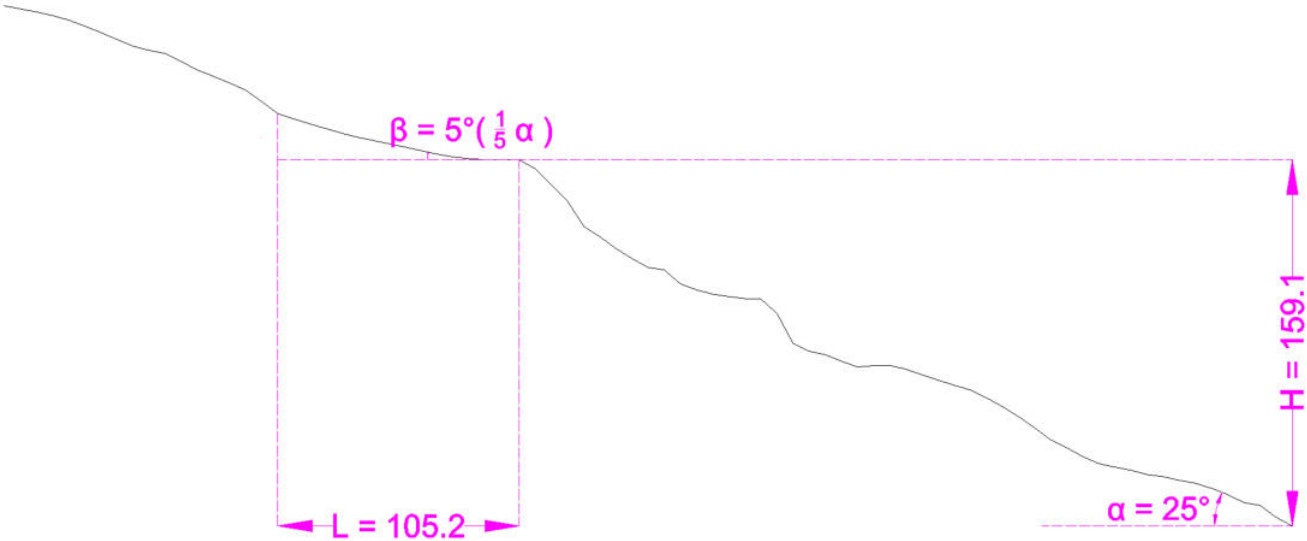
ALLEGATO 1

Analisi II livello per effetti morfologici

Sezione 1 – BERZO (SCARPATA)

NE

SW



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1-0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

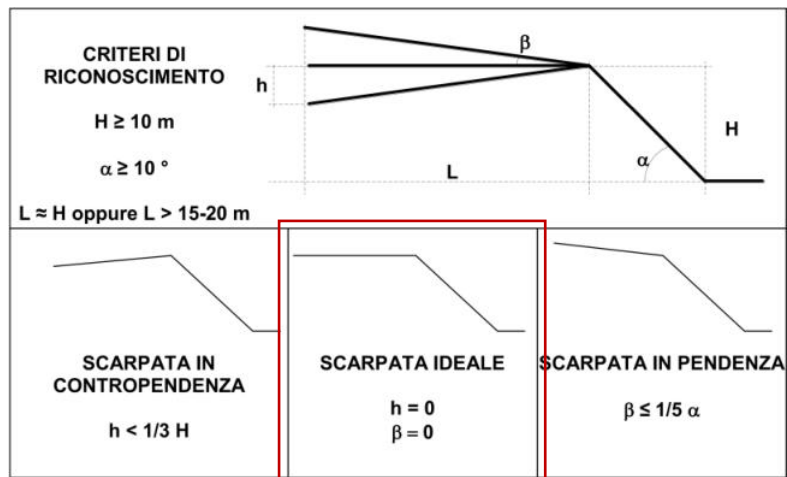
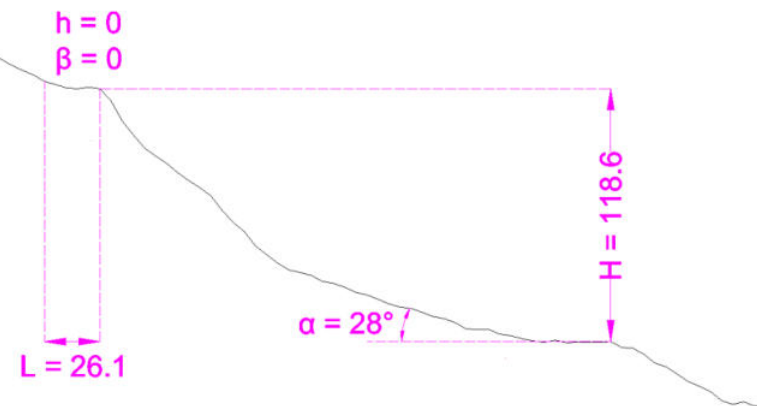
Area di influenza scarpata = 106 m

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 2 - BETTOLINO (SCARPATA)

E-SE

W-NW



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

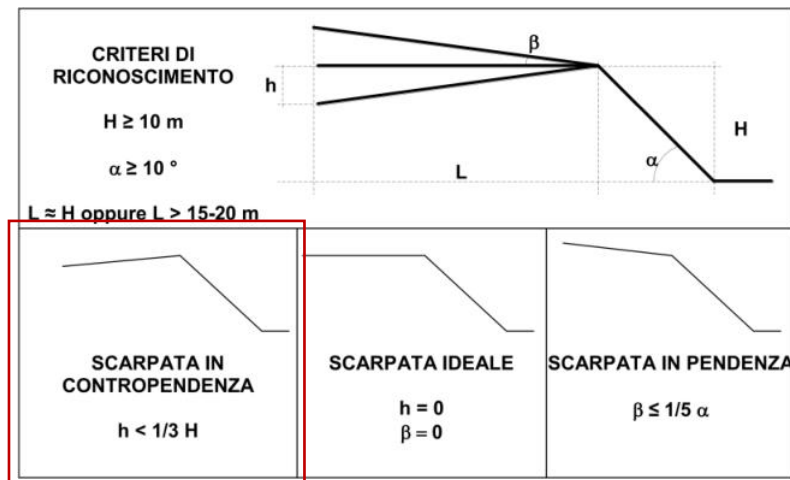
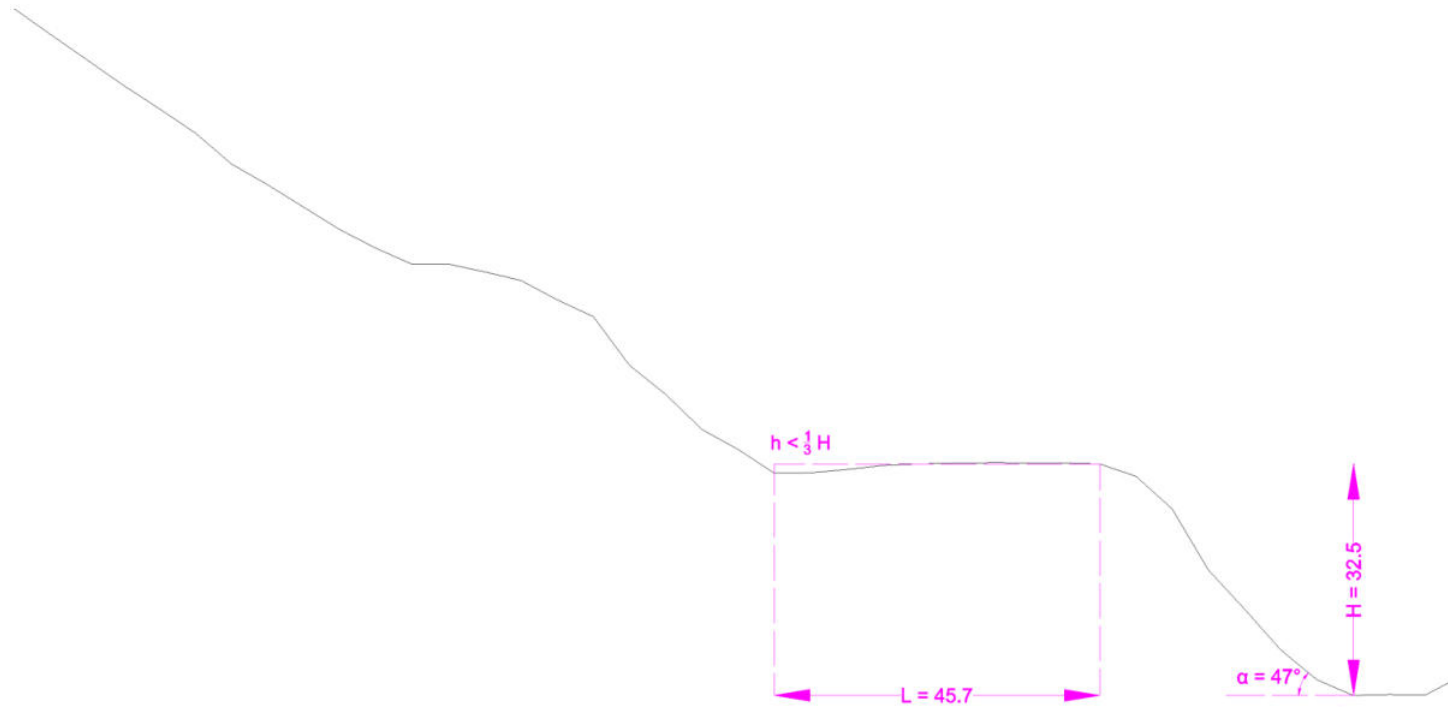
Area di influenza scarpata = 79 m

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 3 - BETTOLINO SCARPATA OGlio (SCARPATA)

E-NE

W-SW

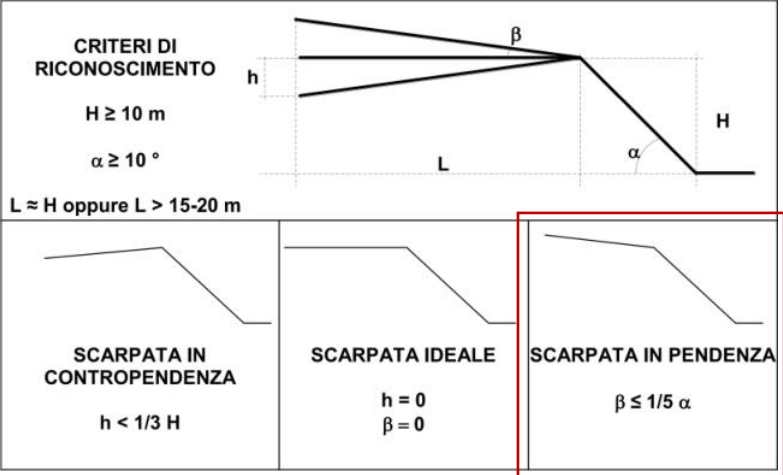
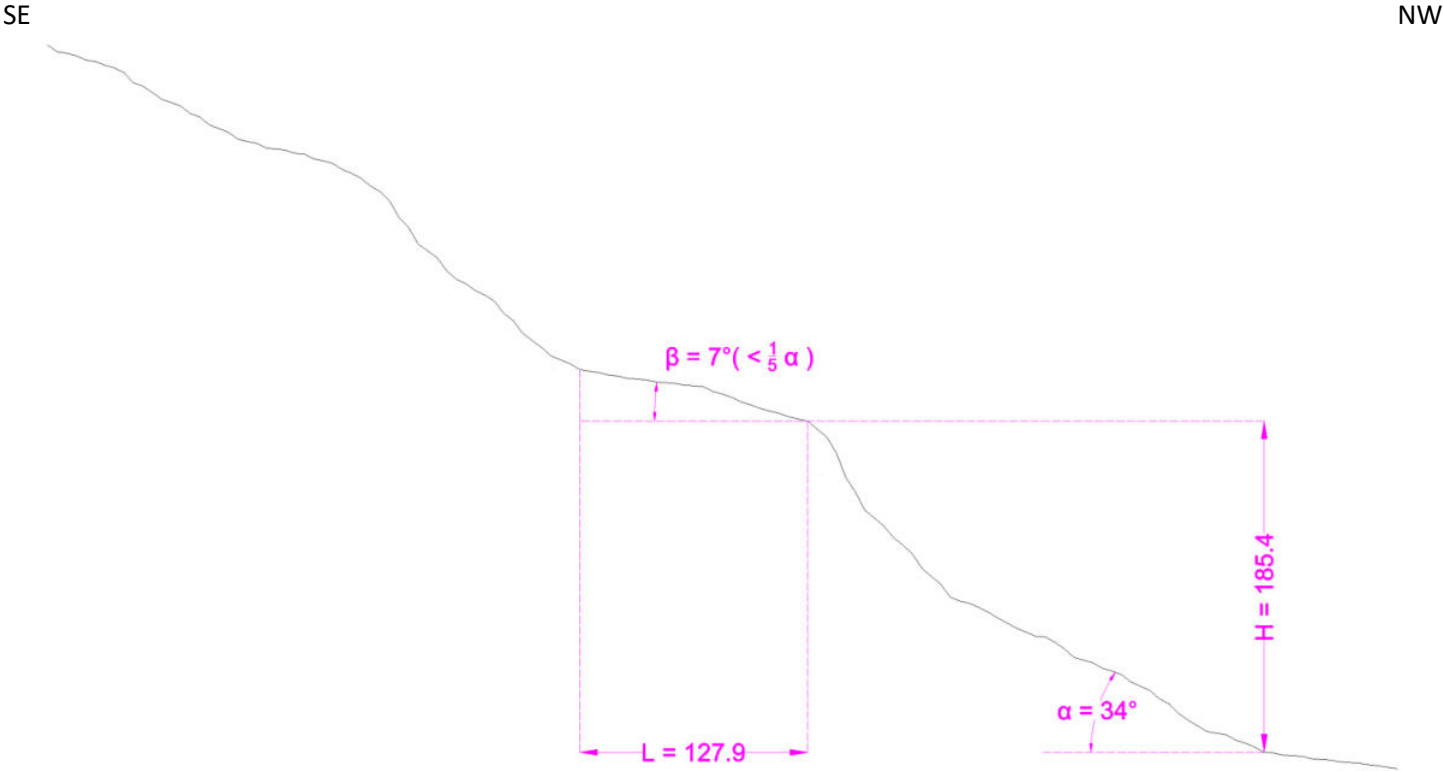


Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Area di influenza scarpata = 24 m

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 4 – CORNO CRADE' (SCARPATA)



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1-0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

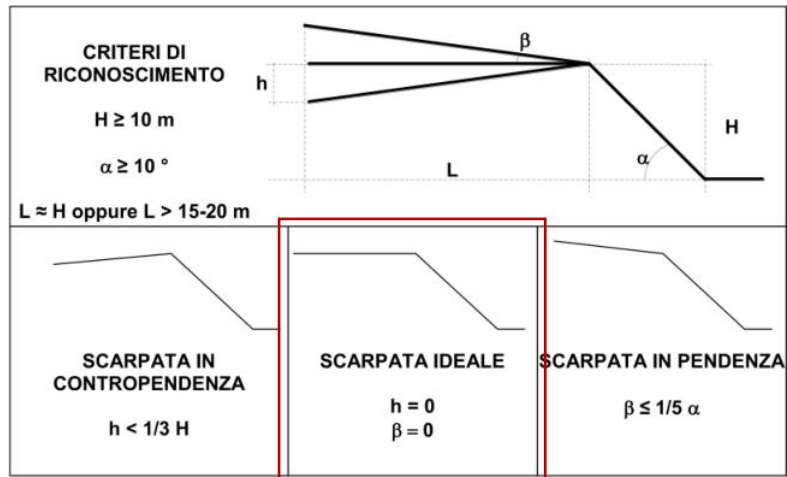
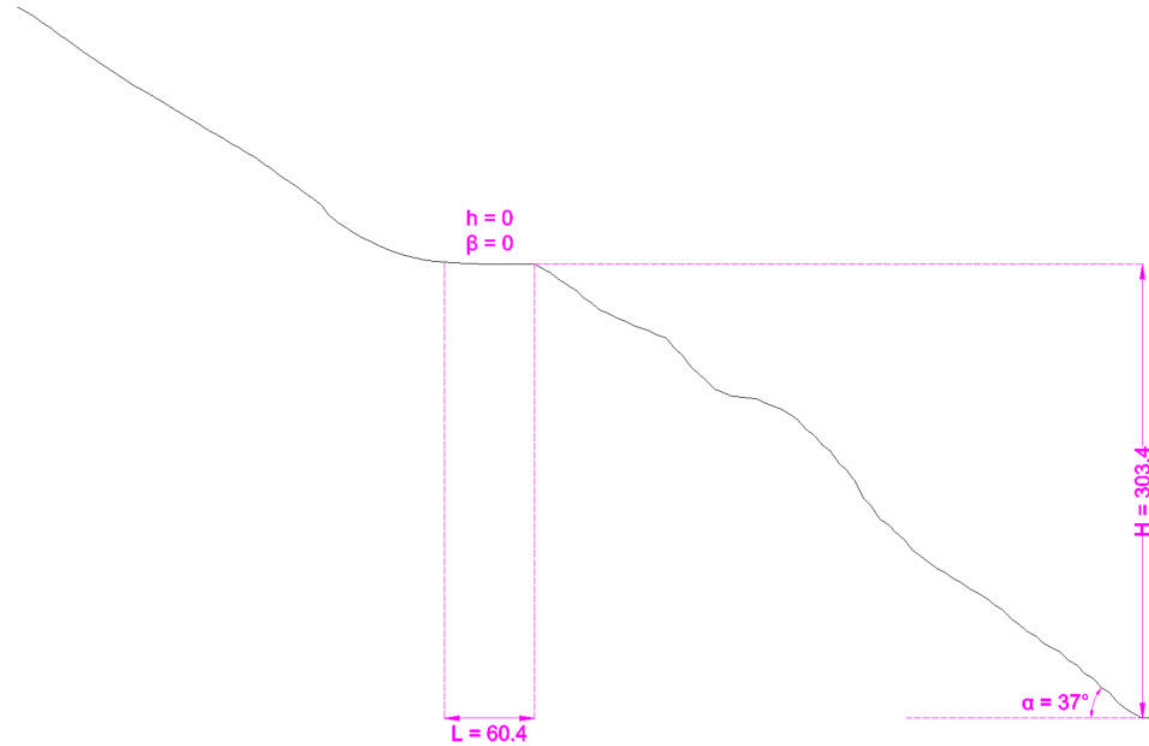
Area di influenza scarpata = 124 m

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 5 – FIENILI CARNOCOLO (SCARPATA)

SE

NW



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Area di influenza scarpata = 202 m

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 6 – FORNO ALLIONE 1 (SCARPATA)

SW

NE



CRITERI DI RICONOSCIMENTO

$H \geq 10 \text{ m}$

$\alpha \geq 10^\circ$

$L \approx H$ oppure $L > 15\text{-}20 \text{ m}$

SCARPATA IN CONTROPENDENZA

$h < 1/3 H$

SCARPATA IDEALE

$h = 0$
 $\beta = 0$

SCARPATA IN PENDENZA

$\beta \leq 1/5 \alpha$

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

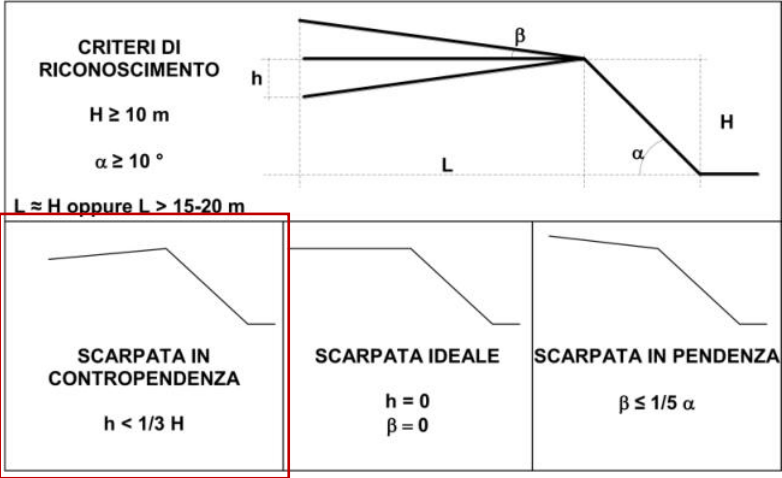
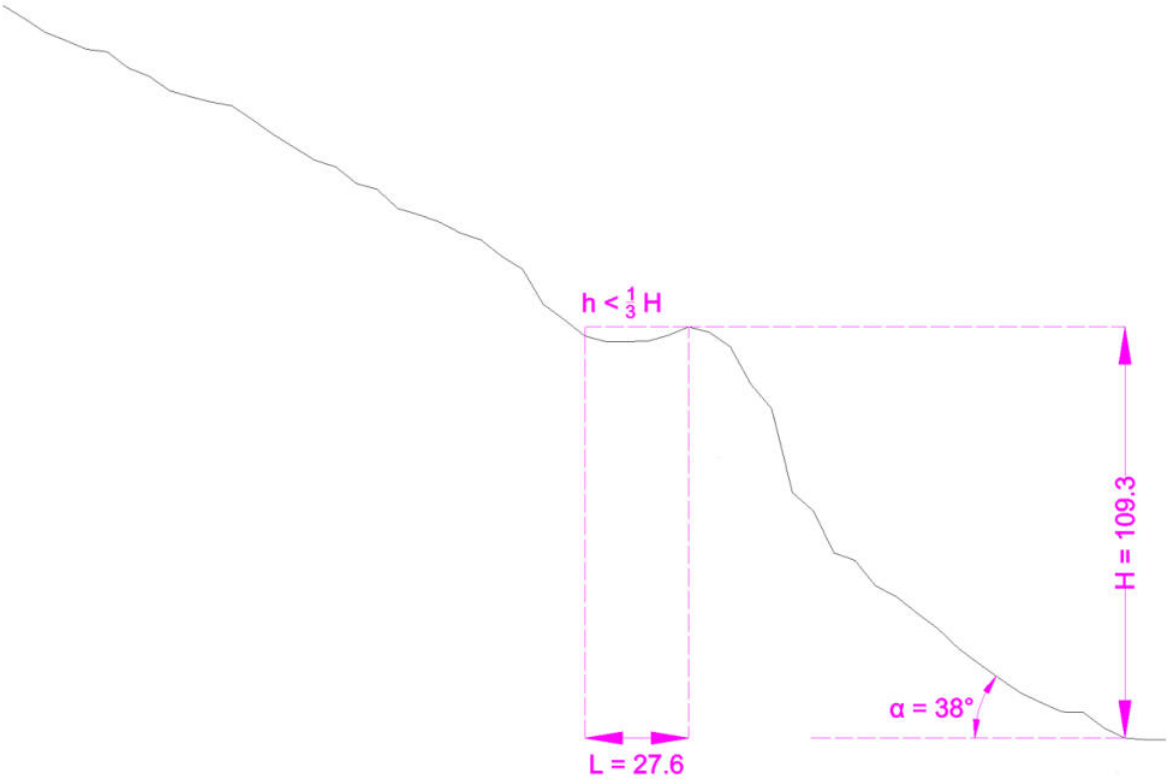
Area di influenza scarpata = 45 m

Fa calcolato = 1.3 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 7 – FORNO ALLIONE 2 (SCARPATA)

N-NE

S-SW



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

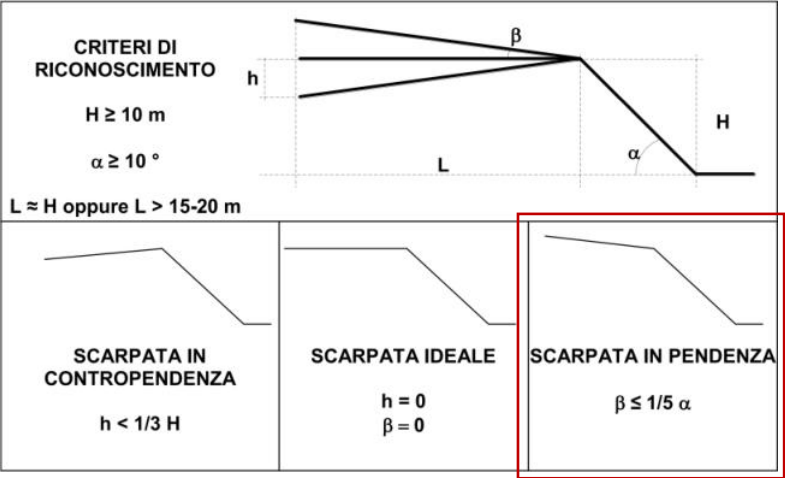
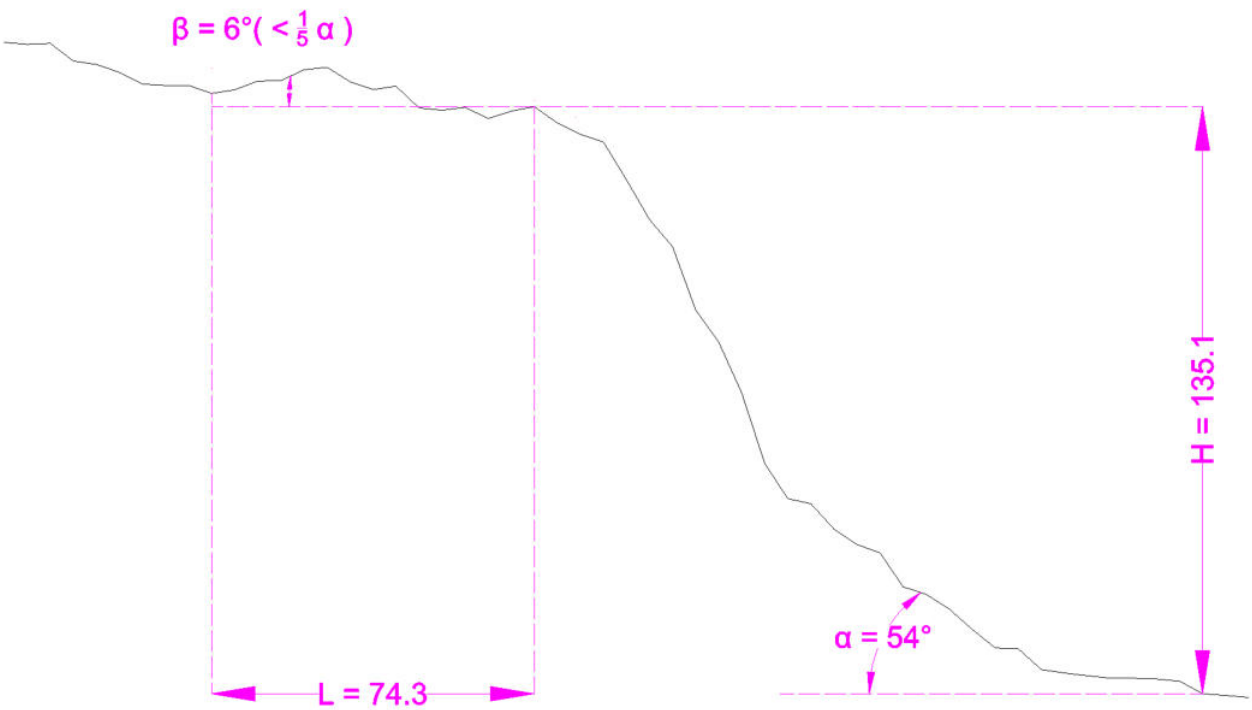
Area di influenza scarpata = 73 m

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 8 – FORNO ALLIONE 3 (SCARPATA)

N-NE

S-SW



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1-0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

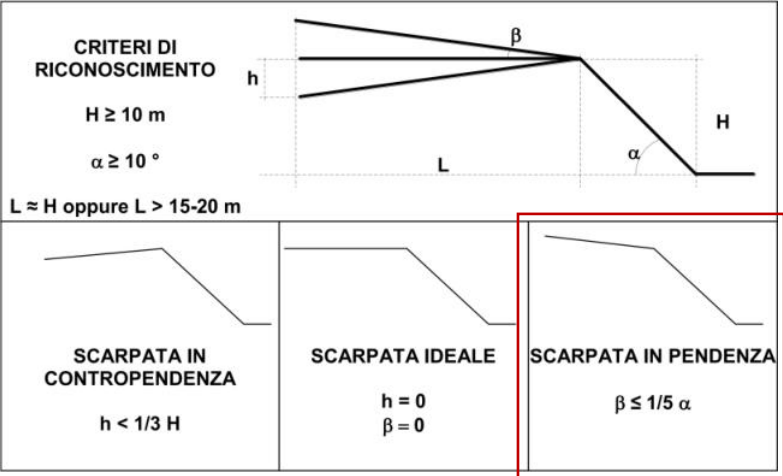
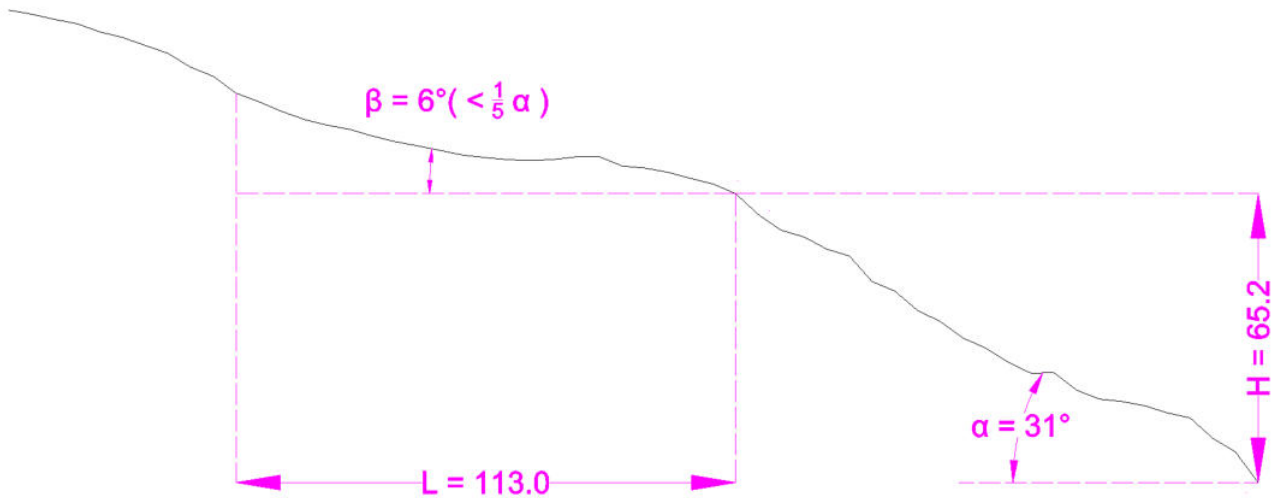
Area di influenza scarpata = 90 m

Fa calcolato = 1.3 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 9 – LORENZO (SCARPATA)

E

W



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1-0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

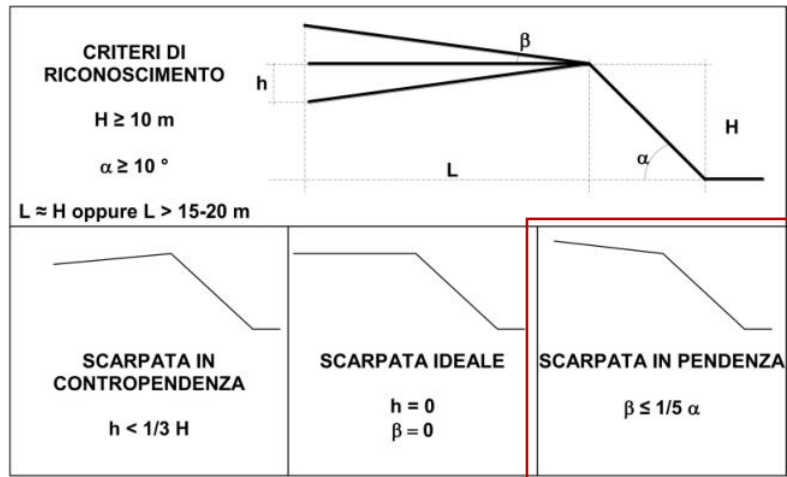
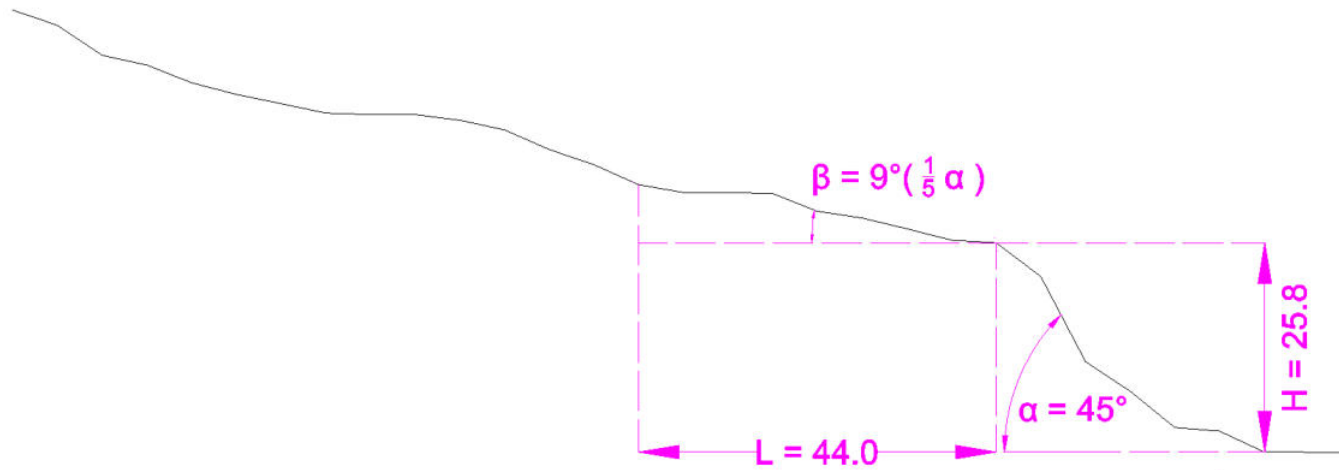
Area di influenza scarpata = 43 m

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 10 – LORENZO SCARPATA OGILIO (SCARPATA)

SE

NW



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

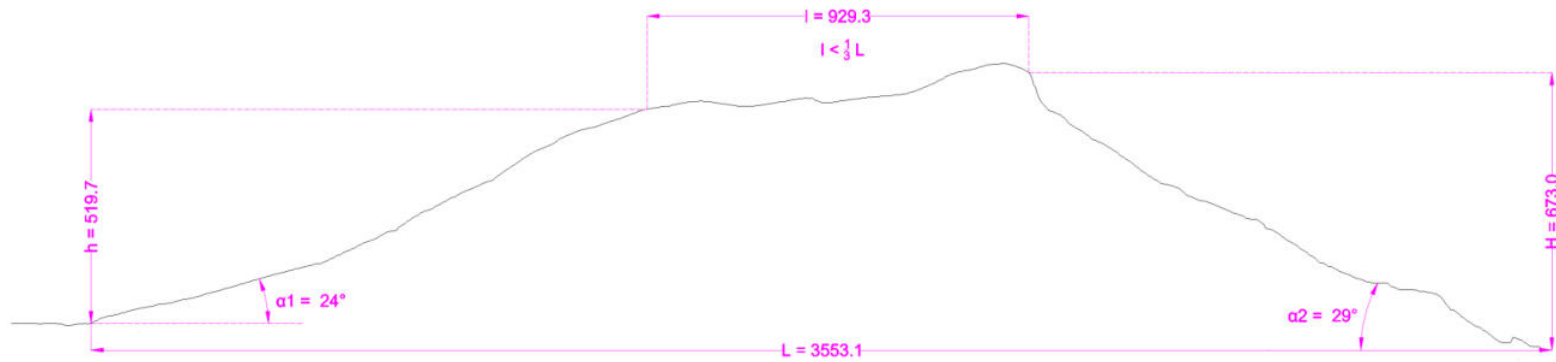
Area di influenza scarpata = 19 m

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T2 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 11 – POGGIO LA CROCE 1 (CRESTA)

N-NW

S-SE



CRITERI DI RICONOSCIMENTO

CRESTA

$$\alpha_1 \geq 10^\circ \text{ e } \alpha_2 \geq 10^\circ$$

$$h \geq \frac{1}{3} H$$

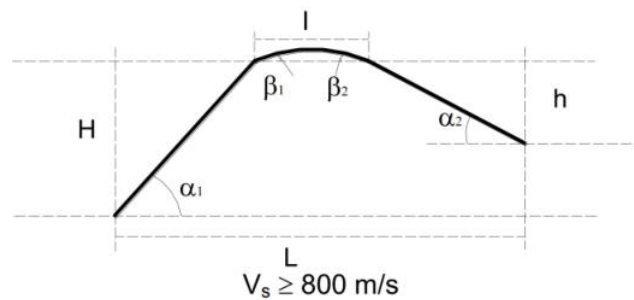
CRESTA ARROTONDATA

$$\beta_1 < 10^\circ \text{ e } \beta_2 < 10^\circ$$

$$I \geq \frac{1}{3} L$$

CRESTA APPUNTITA

$$I < \frac{1}{3} L$$



Fattore forma $H/L = 0.19$

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) = Fa soglia categoria T3 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 12 – POGGIO LA CROCE 2 (CRESTA)

N-NW

S-SE



CRITERI DI RICONOSCIMENTO

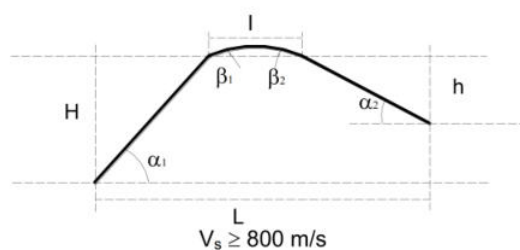
CRESTA

$\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
 $h \geq \frac{1}{3} H$

CRESTA ARROTONDATA

$\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $I \geq \frac{1}{3} L$

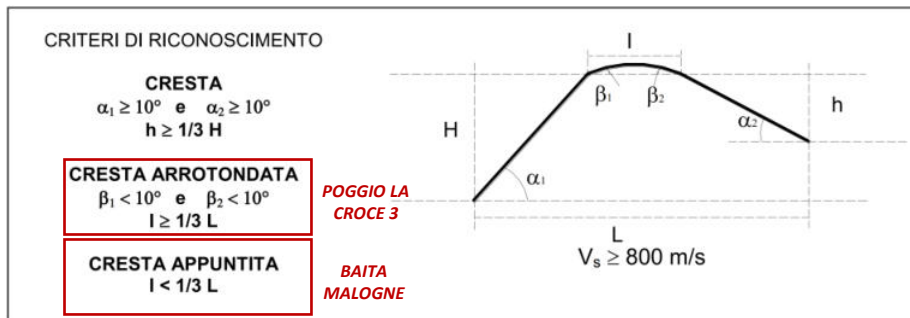
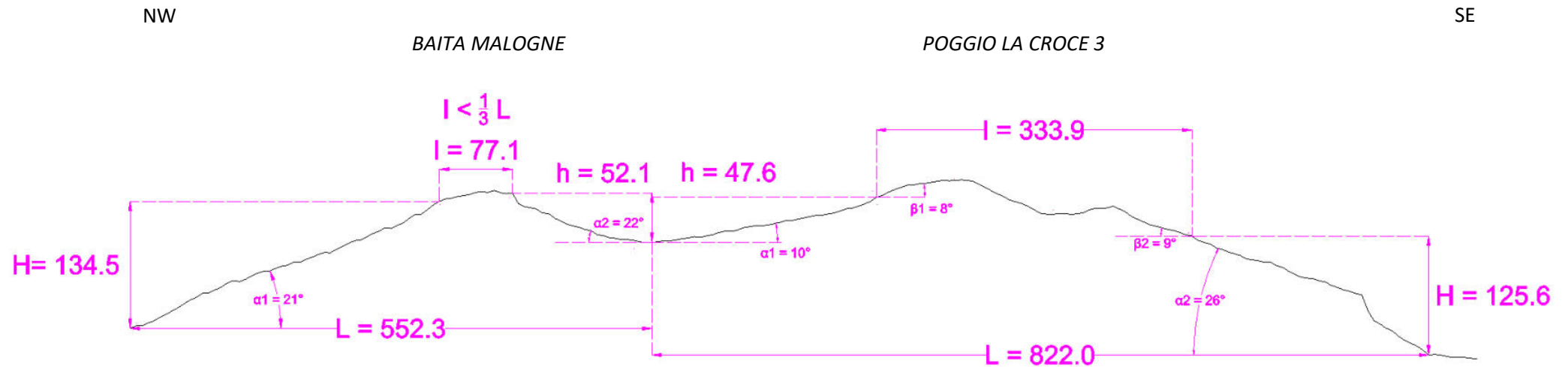
CRESTA APPUNTITA
 $I < \frac{1}{3} L$



Fattore forma $H/L = 0.14$

Fa calcolato = 1.2 (+ 0.1) > Fa soglia categoria T3 (1.2) → applicazione del terzo livello di approfondimento

Sezione 13 e Sezione 14 – BAITA MALOGNE E POGGIO LA CROCE 3 (CRESTE)



Fattore forma (*Baita Malogne*) $H/L = 0.24$

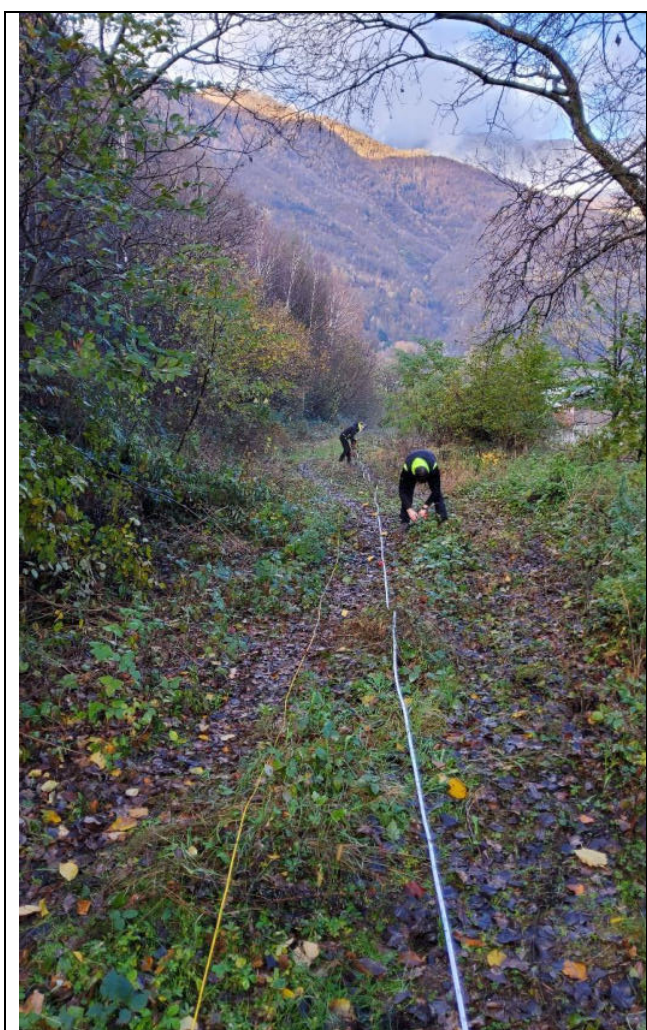
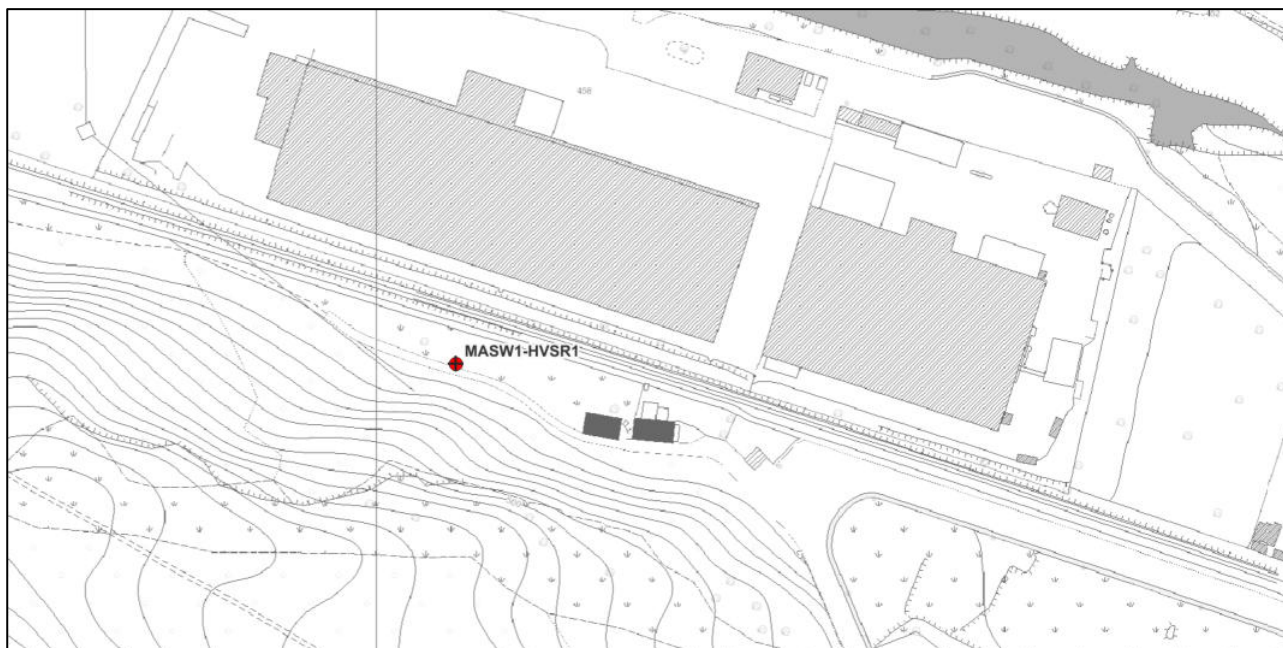
Fattore forma (*Poggio la Croce 3*) $H/L = 0.15$

- Fa calcolato (*Baita Malogne*) $= 1.3 (+ 0.1) > \text{Fa soglia categoria T3 (1.2)} \rightarrow$ applicazione del terzo livello di approfondimento
- Fa calcolato (*Poggio la Croce 3*) $= 1.1 (+ 0.1) = \text{Fa soglia categoria T3 (1.2)}$

ALLEGATO 2

Risultati indagini MASW e HVSR eseguite

MASW1-HVSR1 – Forno Allione



Posizione stendimento MASW1

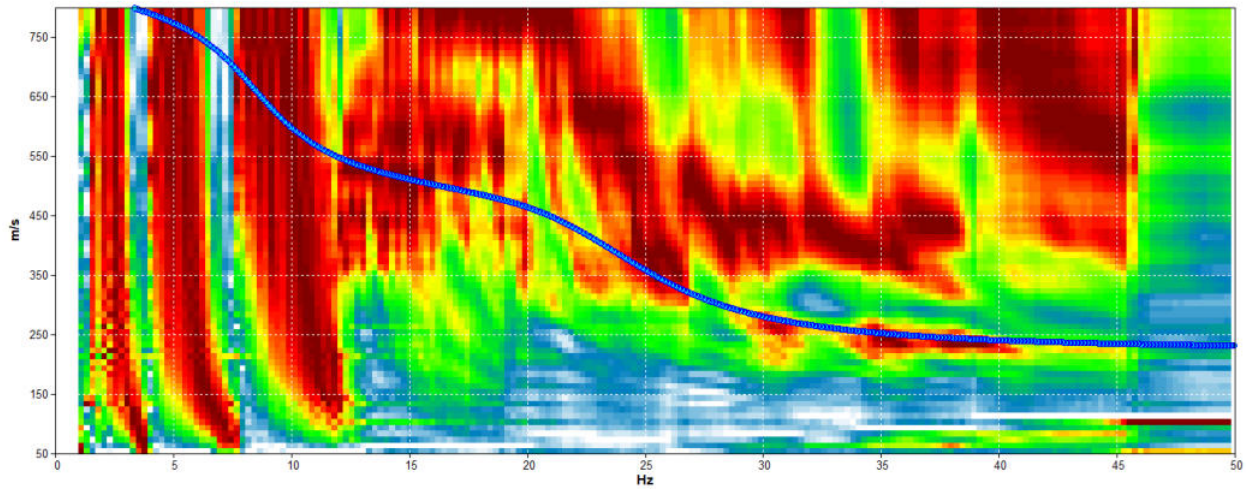


Punto di acquisizione HVSR1

MASW1

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



HVSR1

Strumento: TEB-0635/01-21

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 179

Inizio registrazione: 20/11/2024 10:17:03 Fine registrazione: 20/11/2024 10:35:03

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h18'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

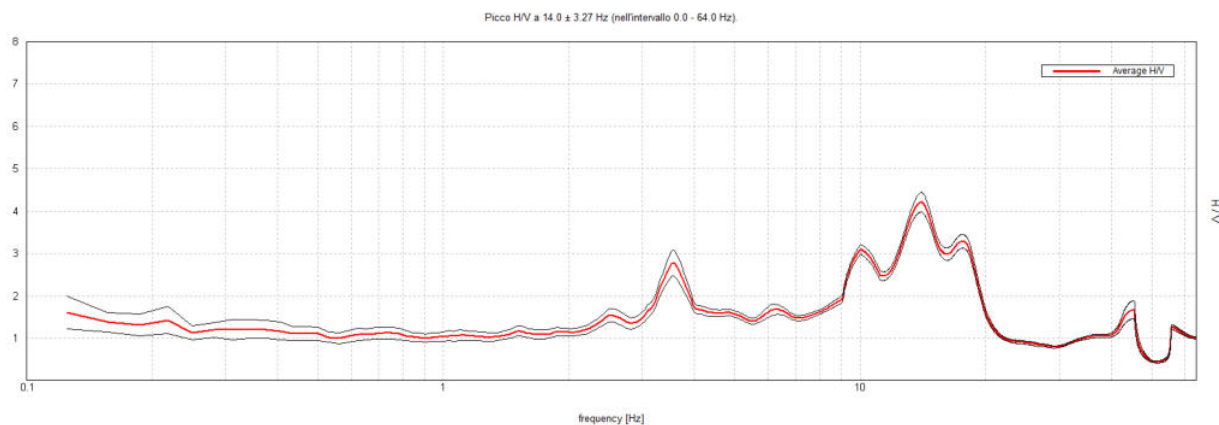
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

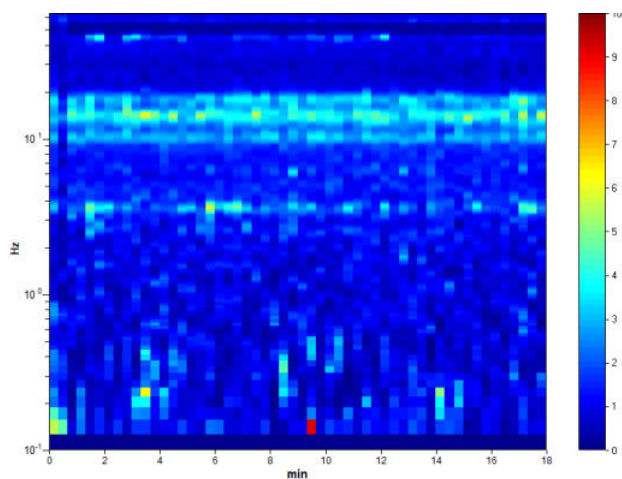
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

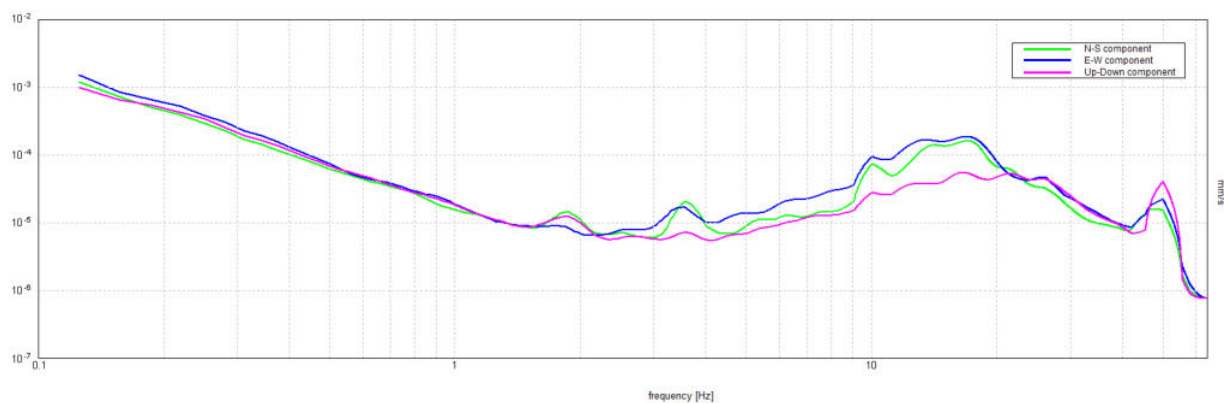
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



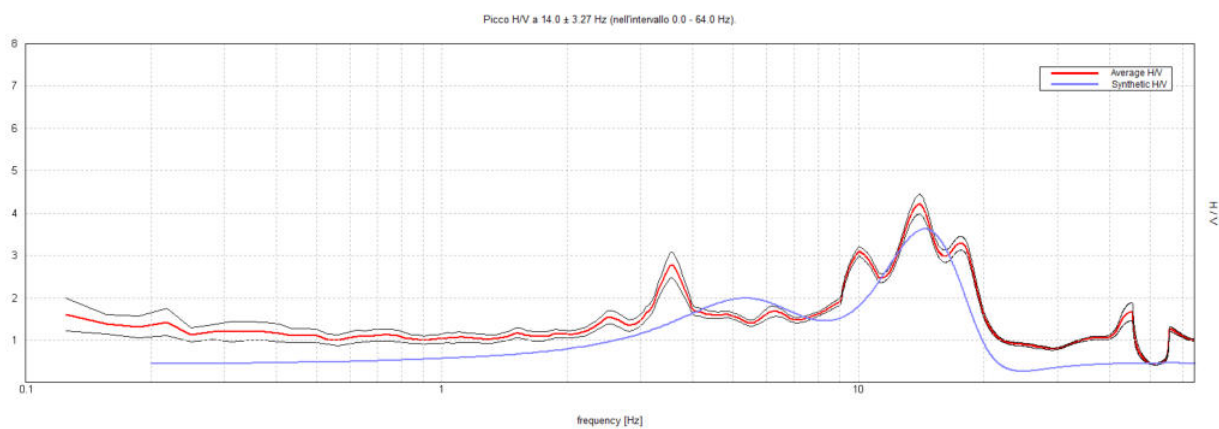
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

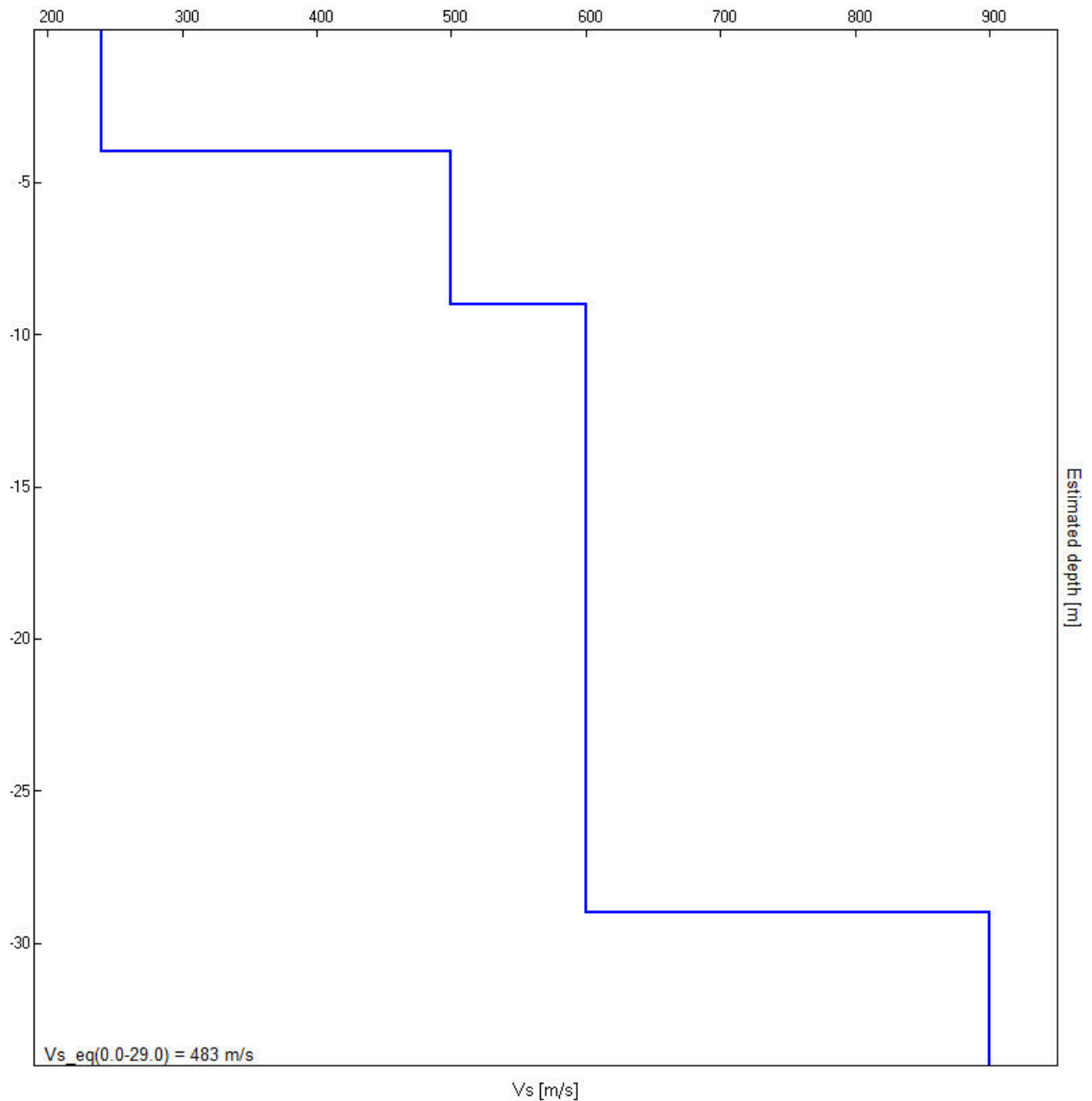


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

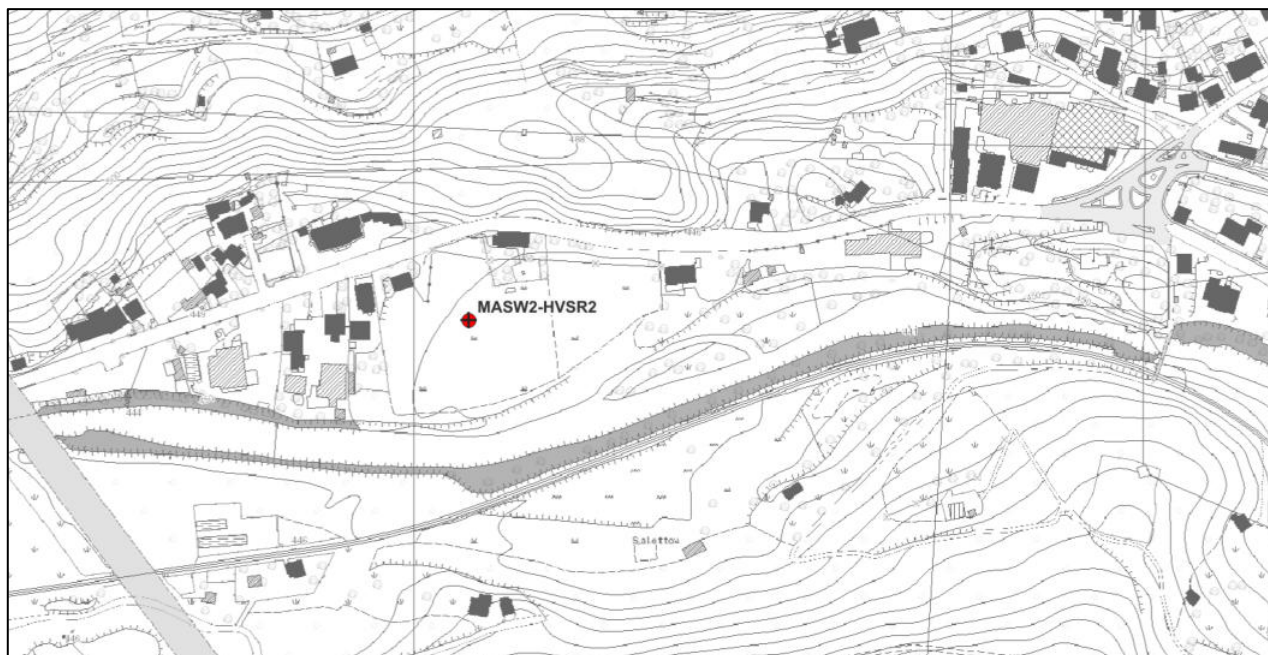


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	240	0.42
9.00	5.00	500	0.42
29.00	20.00	600	0.42
inf.	inf.	900	0.42

$Vs_{eq}(0.0-29.0) = 483 \text{ m/s}$



MASW2-HVSR2 – Via Nazionale (Fiume Oglio)



Posizione standimento MASW2

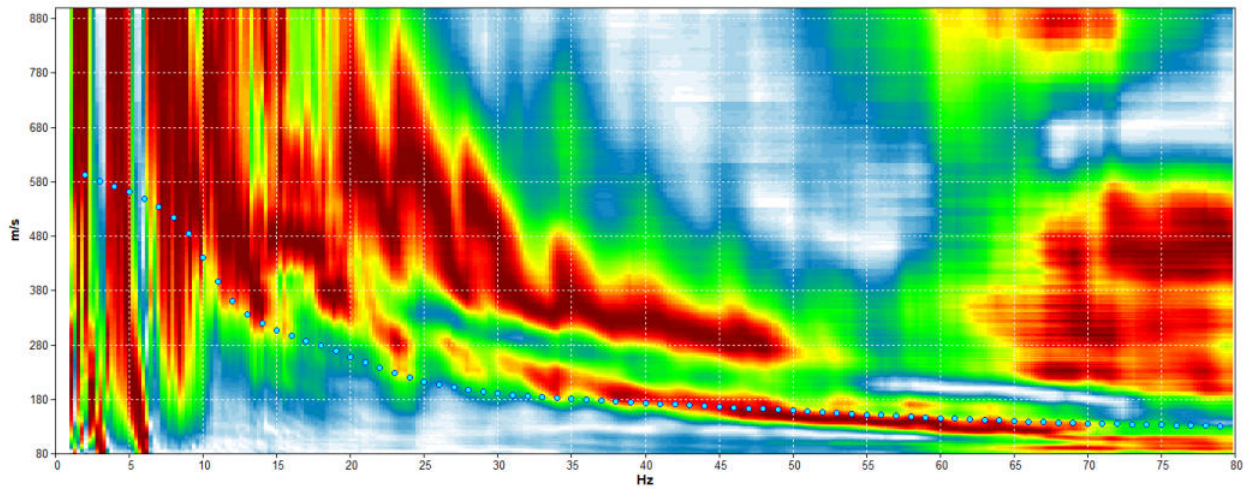


Punto di acquisizione HVSR2

MASW2

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



HVSR2

Strumento: TEB-0635/01-21

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 179

Inizio registrazione: 20/11/2024 11:13:11 Fine registrazione: 20/11/2024 11:31:11

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h18'00".

Analizzato 39% tracciato (selezione manuale)

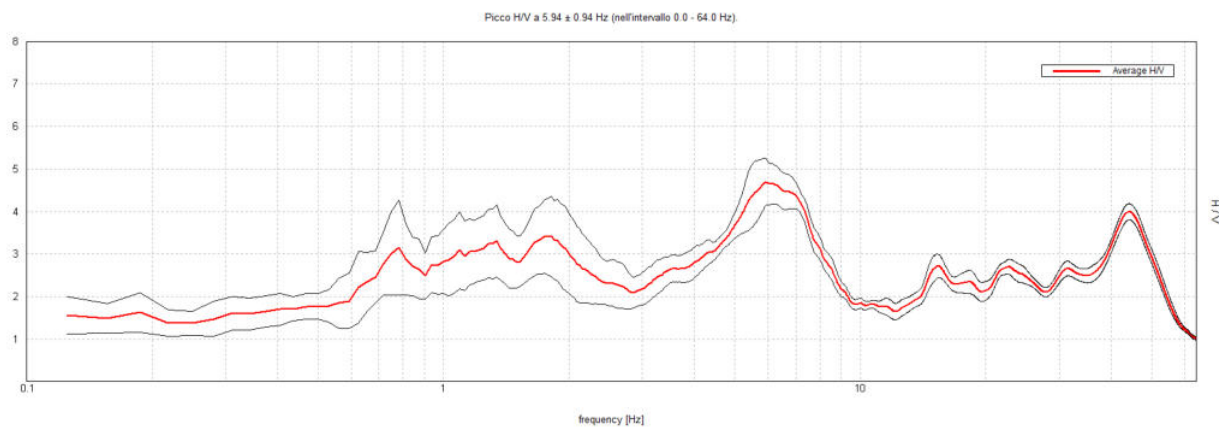
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

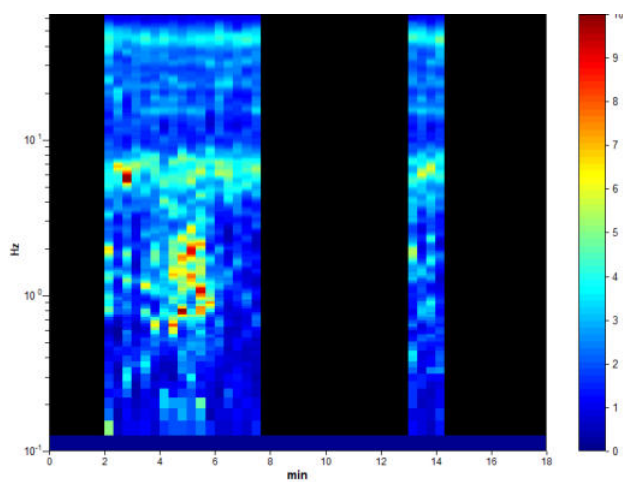
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

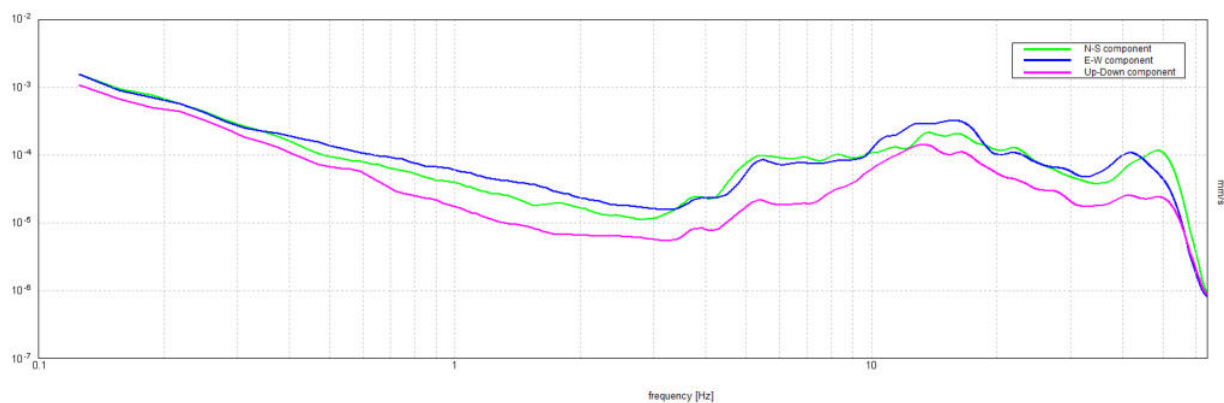
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



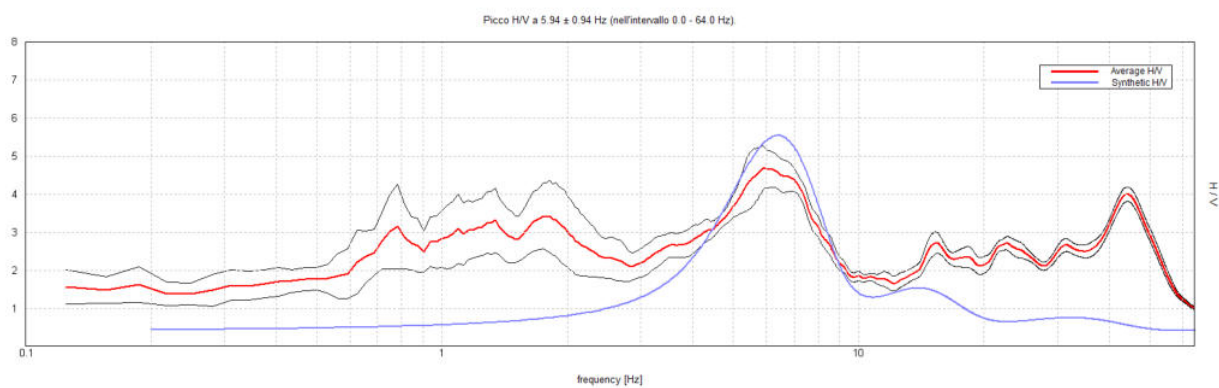
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

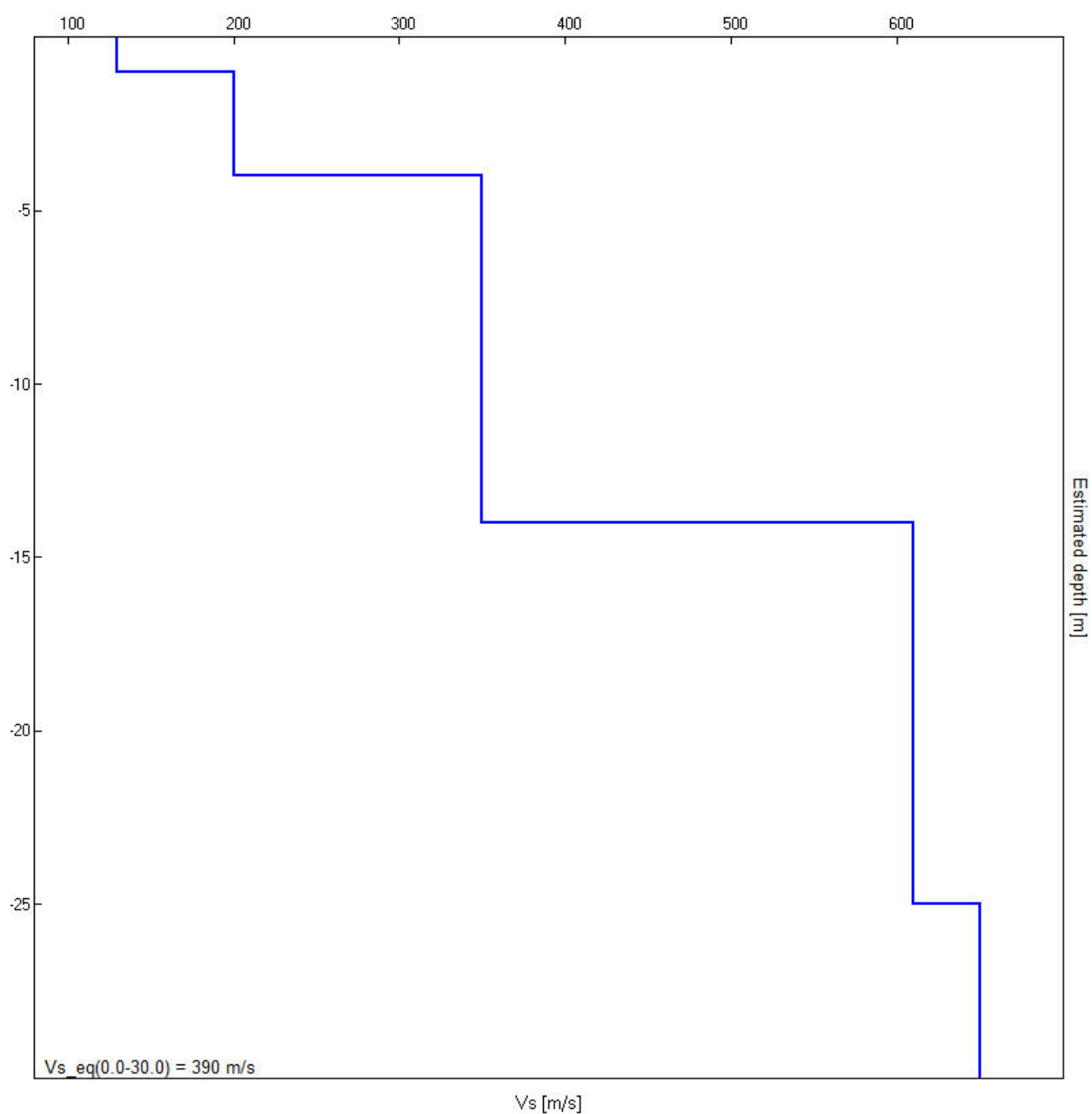


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	130	0.42
4.00	3.00	200	0.42
14.00	10.00	350	0.42
25.00	11.00	610	0.42
inf.	inf.	650	0.42

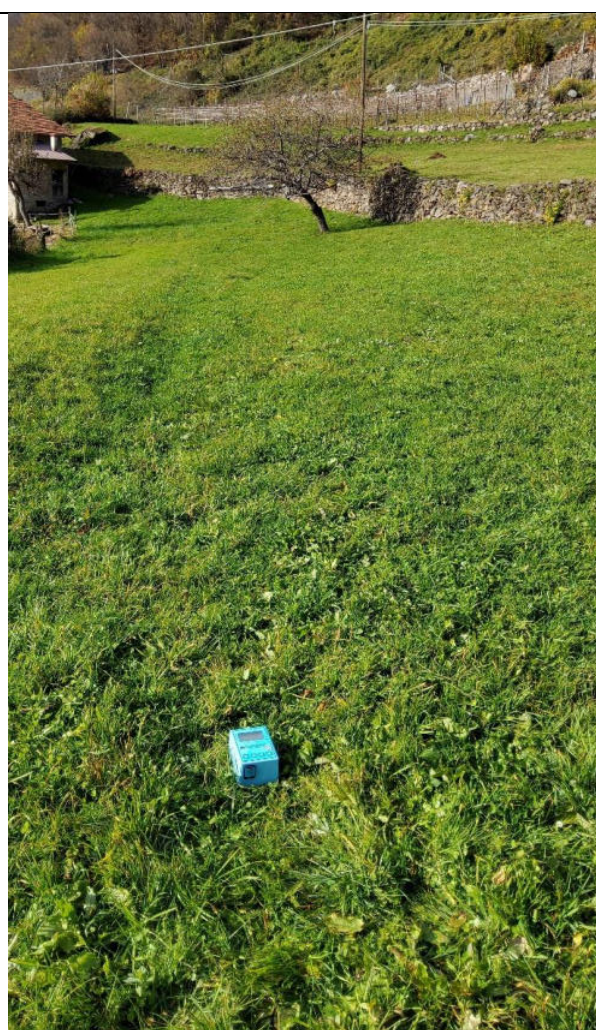
$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 390 \text{ m/s}$



MASW3-HVSR3 – Località Palazzina



Posizione stendimento MASW3

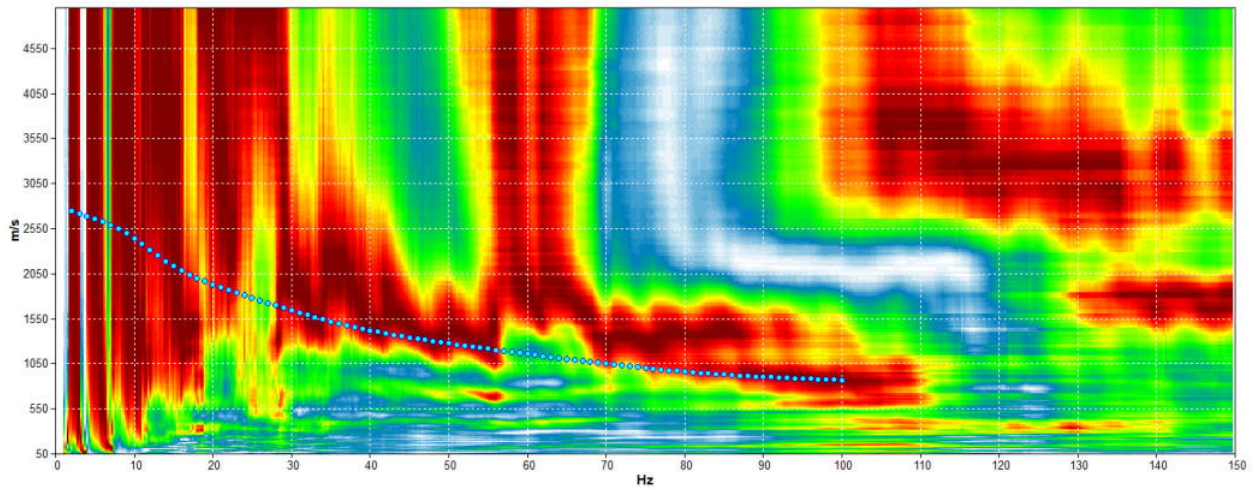


Punto di acquisizione HVSR3

MASW3

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



HVSR3

Strumento: TEB-0635/01-21

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 179

Inizio registrazione: 20/11/2024 12:19:01 Fine registrazione: 20/11/2024 12:37:01

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h18'00".

Analizzato 69% tracciato (selezione manuale)

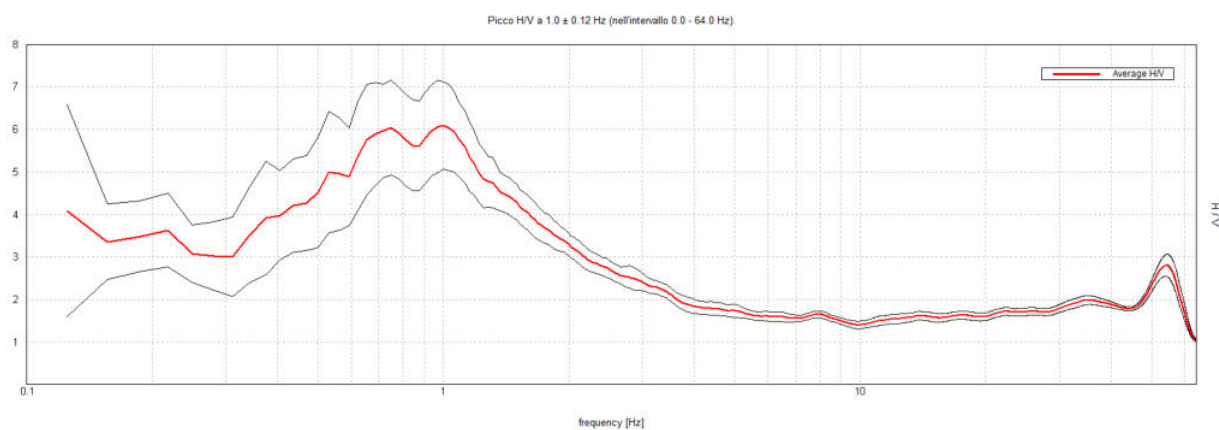
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

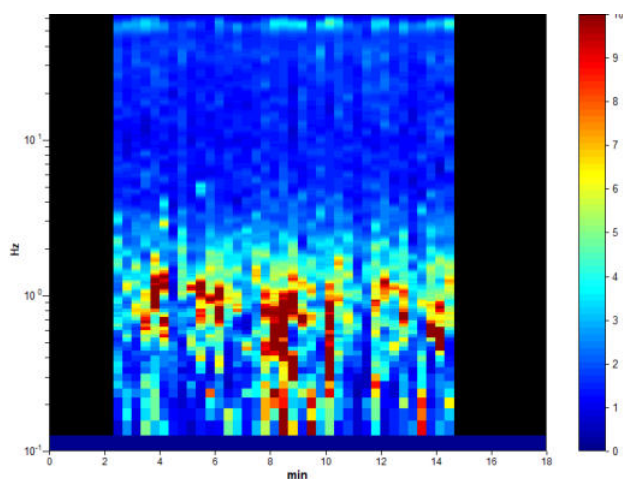
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

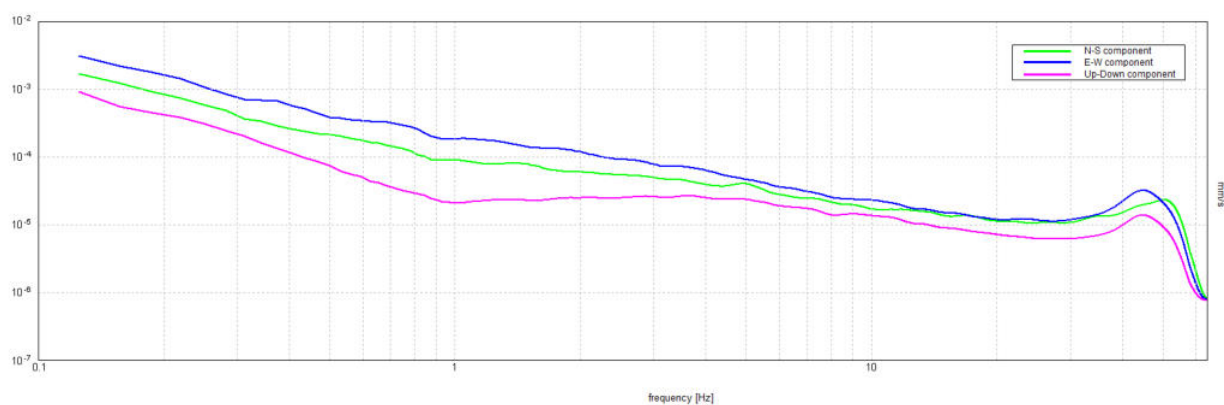
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



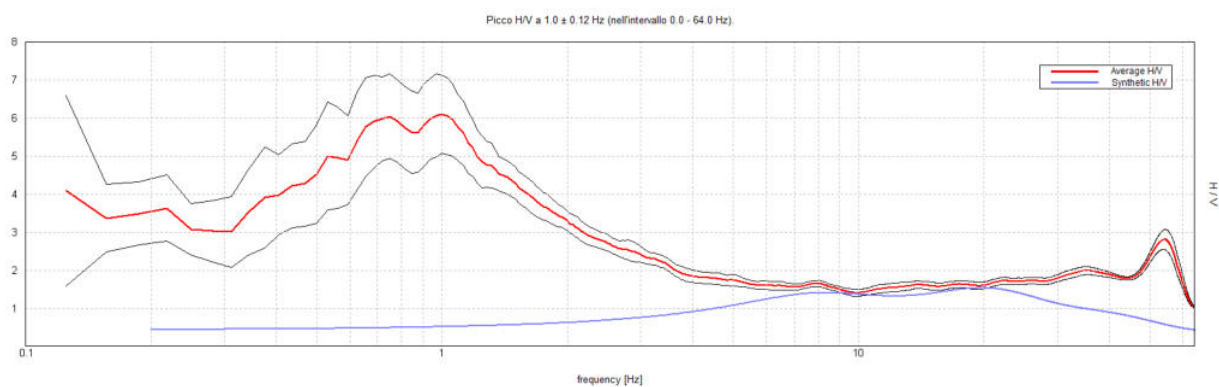
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

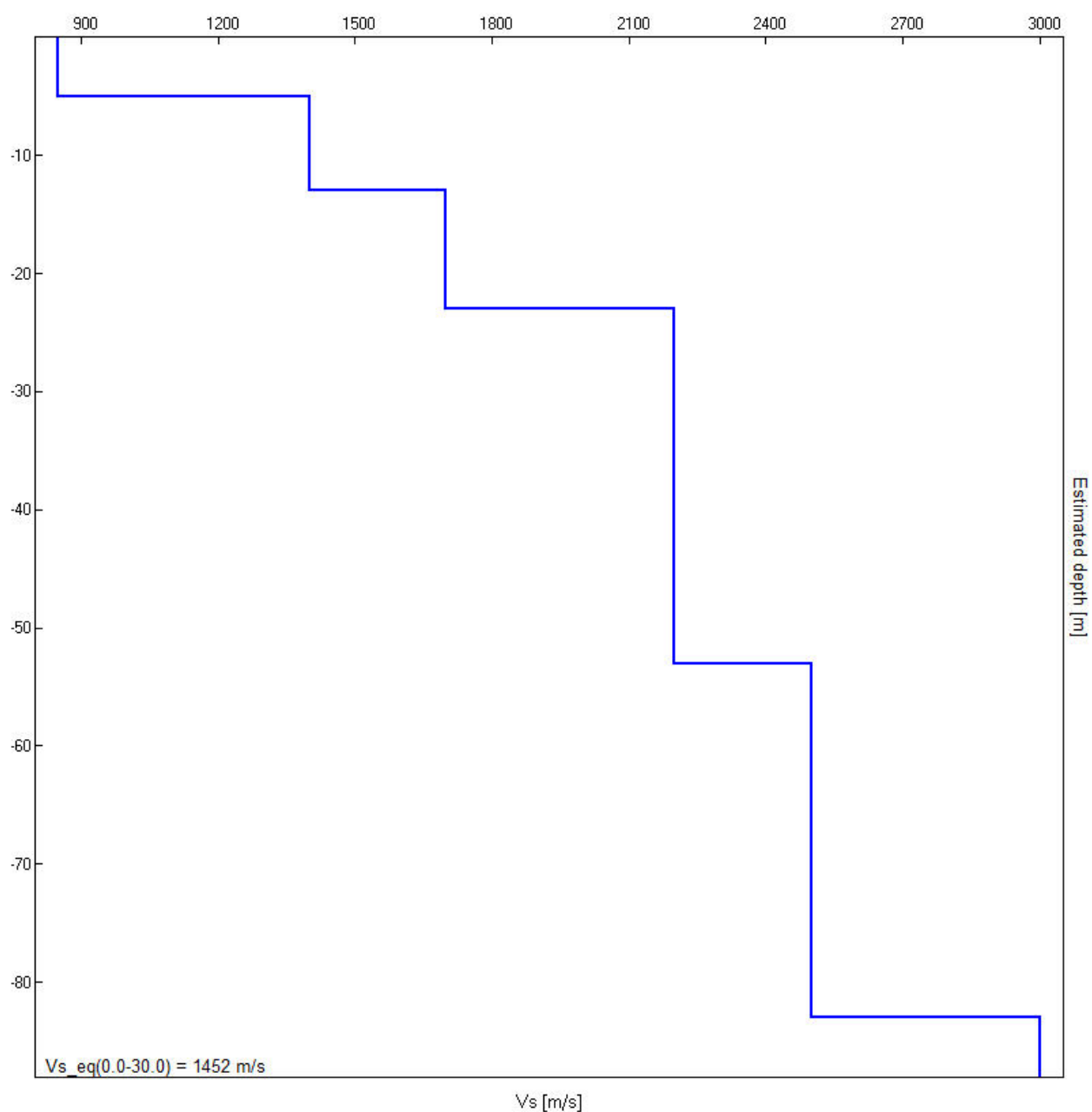


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

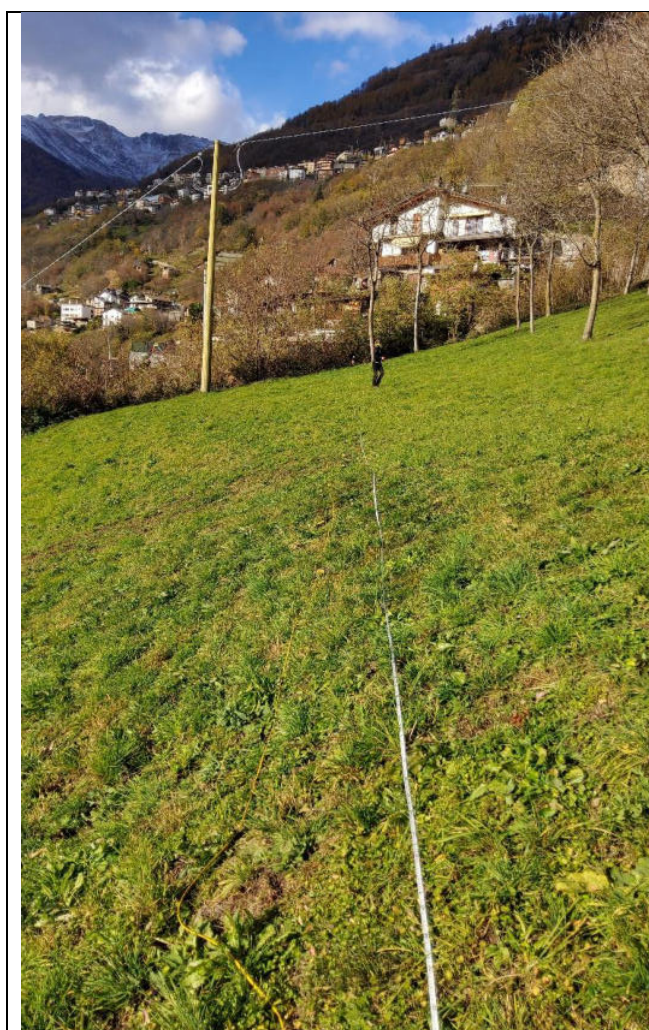
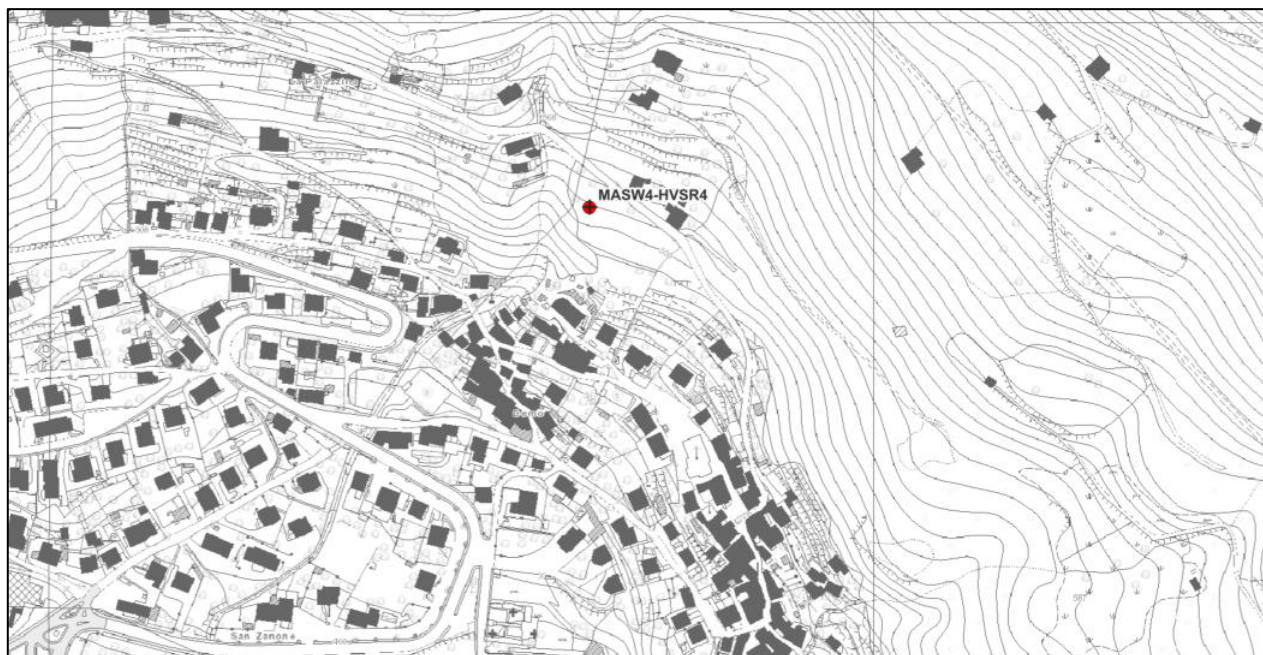


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
5.00	5.00	850	0.42
13.00	8.00	1400	0.42
23.00	10.00	1700	0.42
53.00	30.00	2200	0.40
83.00	30.00	2500	0.40
inf.	inf.	3000	0.40

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 1452 \text{ m/s}$



MASW4-HVSR4 – Demo



Posizione stendimento MASW4

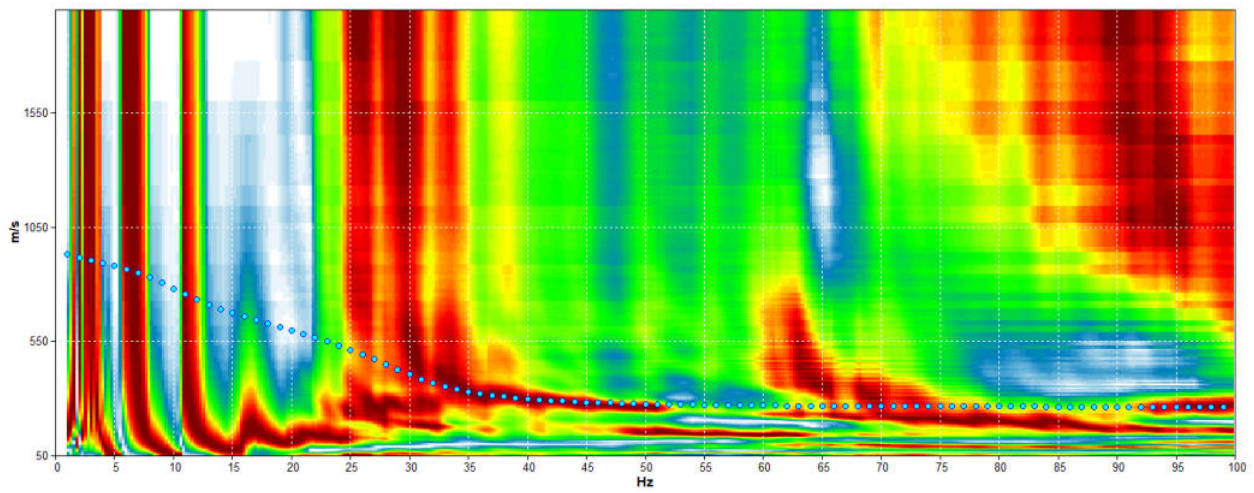


Punto di acquisizione HVSR4

MASW4

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



HVSR4

Strumento: TEB-0635/01-21

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 179

Inizio registrazione: 20/11/2024 13:07:56 Fine registrazione: 20/11/2024 13:25:56

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h18'00".

Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)

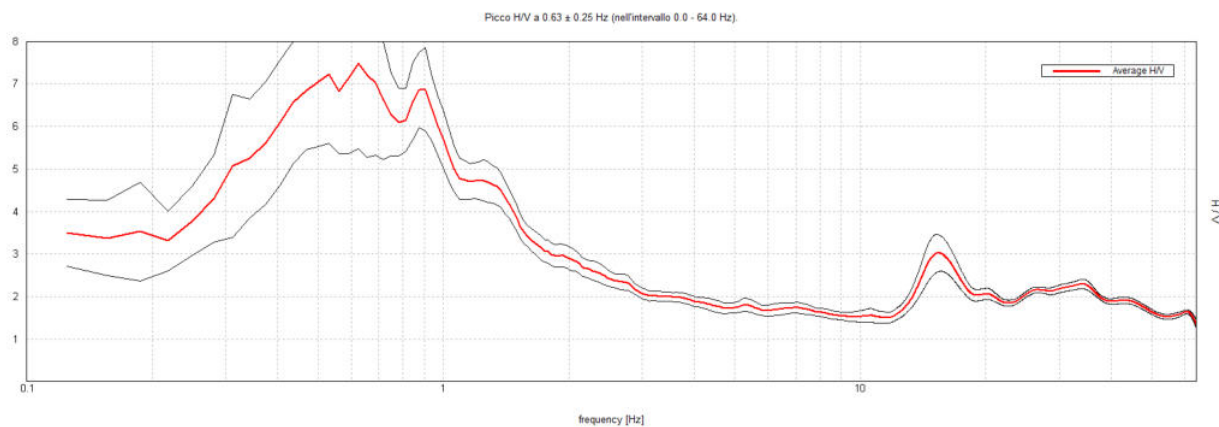
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

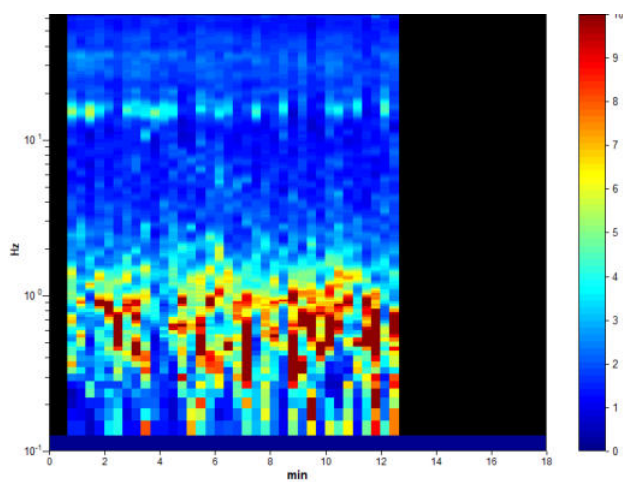
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

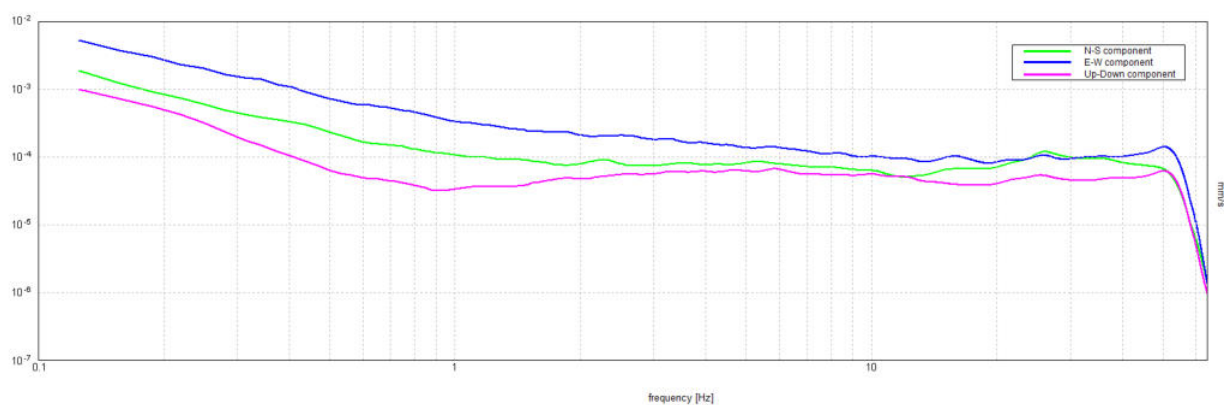
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



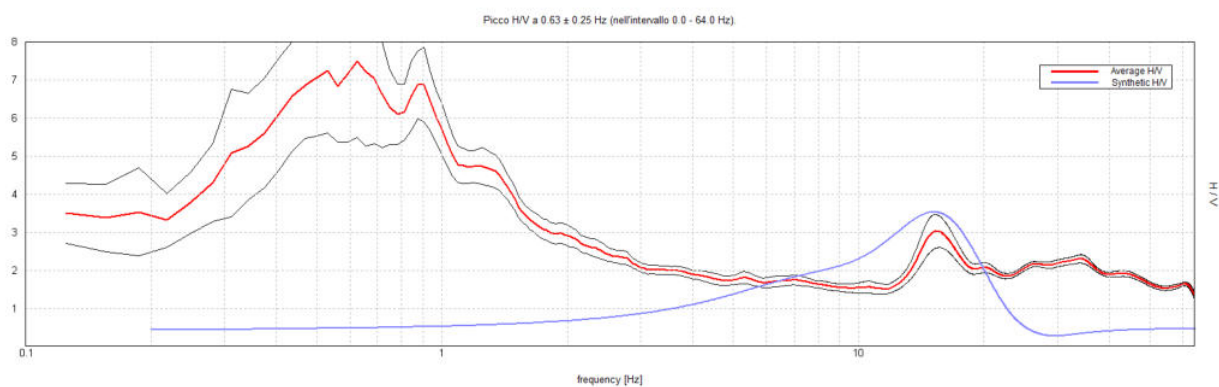
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

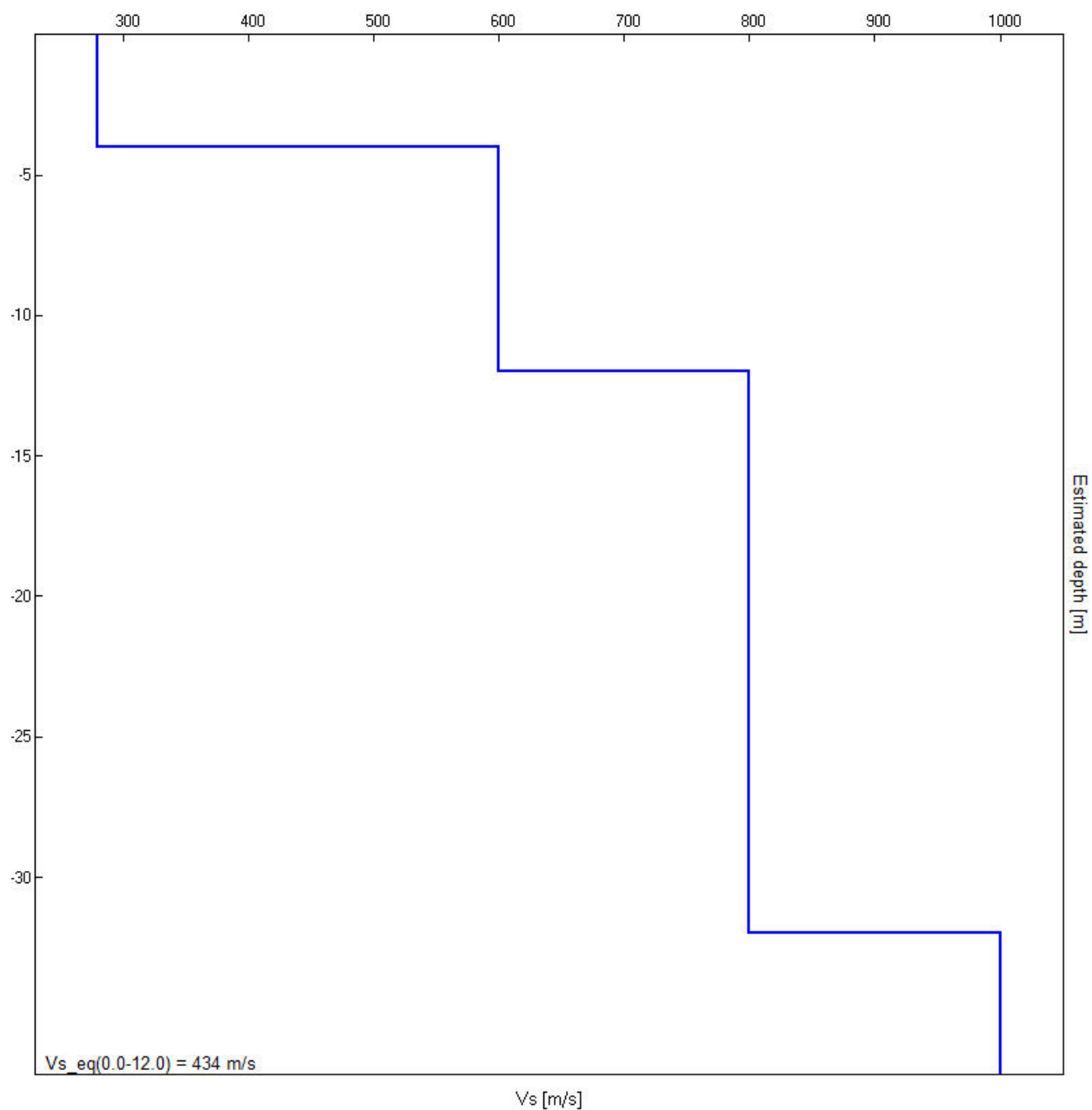


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

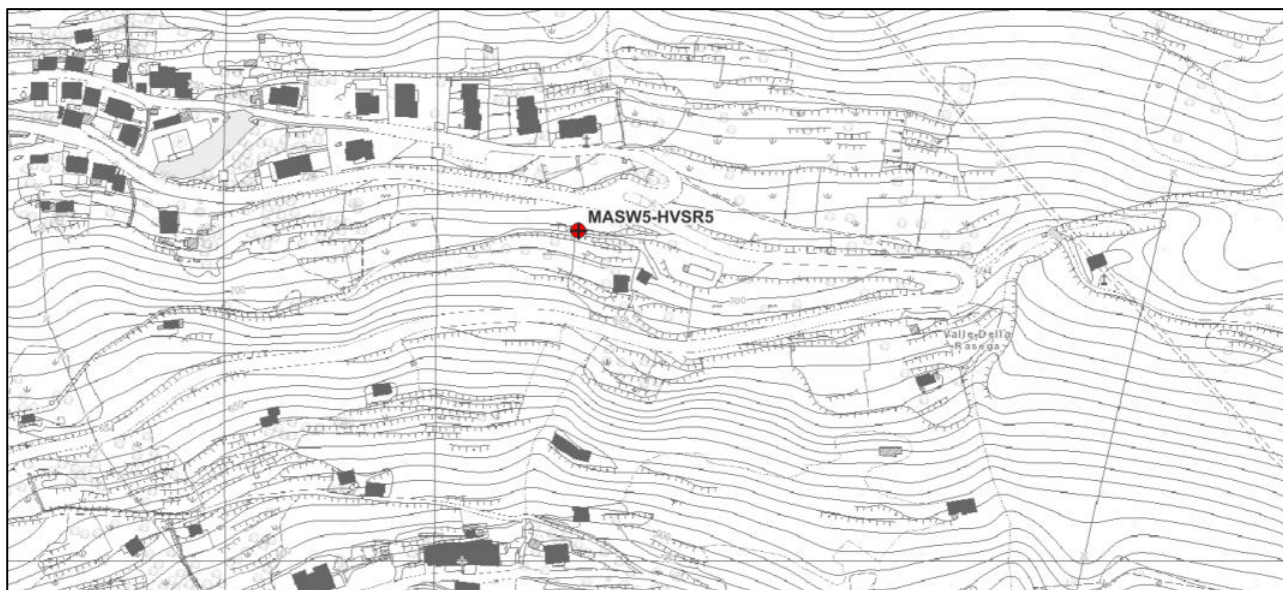


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
4.00	4.00	280	0.42
12.00	8.00	600	0.42
32.00	20.00	800	0.42
inf.	inf.	1000	0.42

$Vs_{eq}(0.0-12.0) = 434 \text{ m/s}$



MASW5-HVSR5 – Via Kennedy



Posizione stendimento MASW5

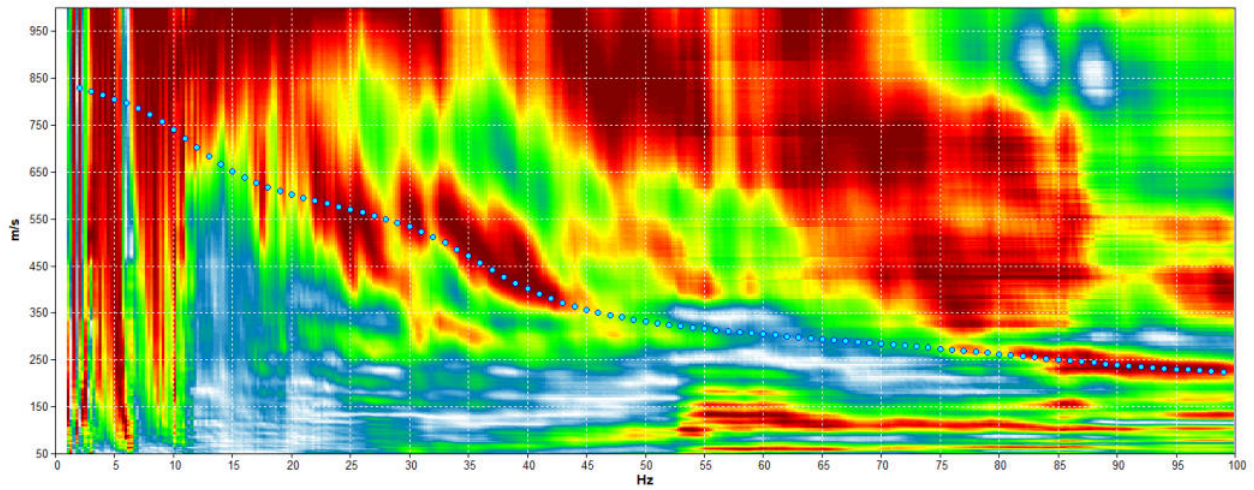


Punto di acquisizione HVSR5

MASW5

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



HVSR5

Strumento: TEB-0635/01-21

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 179

Inizio registrazione: 20/11/2024 15:42:40 Fine registrazione: 20/11/2024 16:00:40

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h18'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

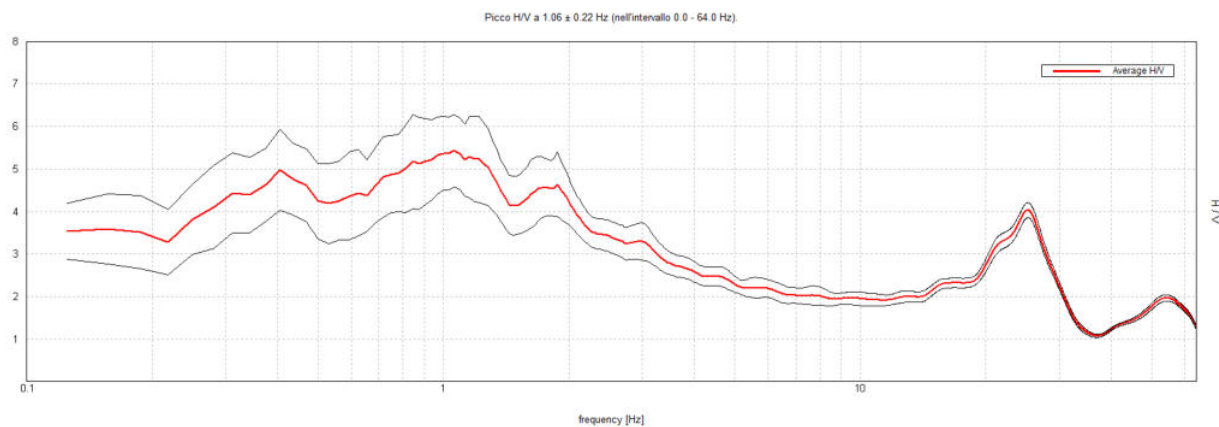
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

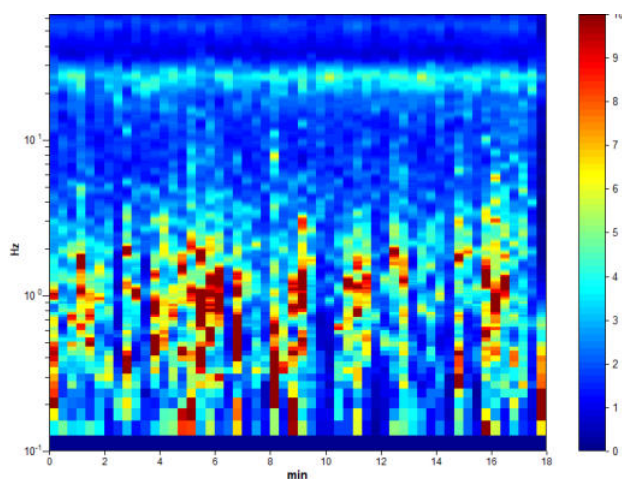
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

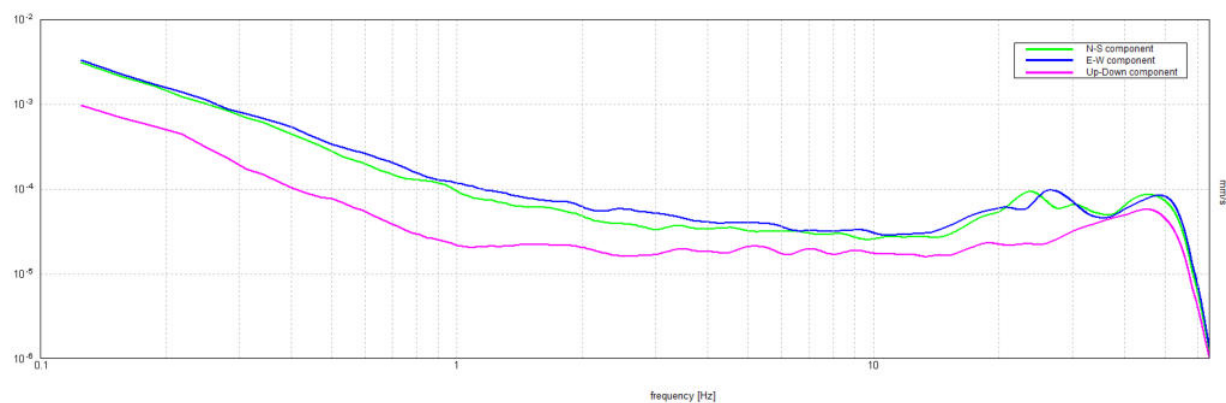
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



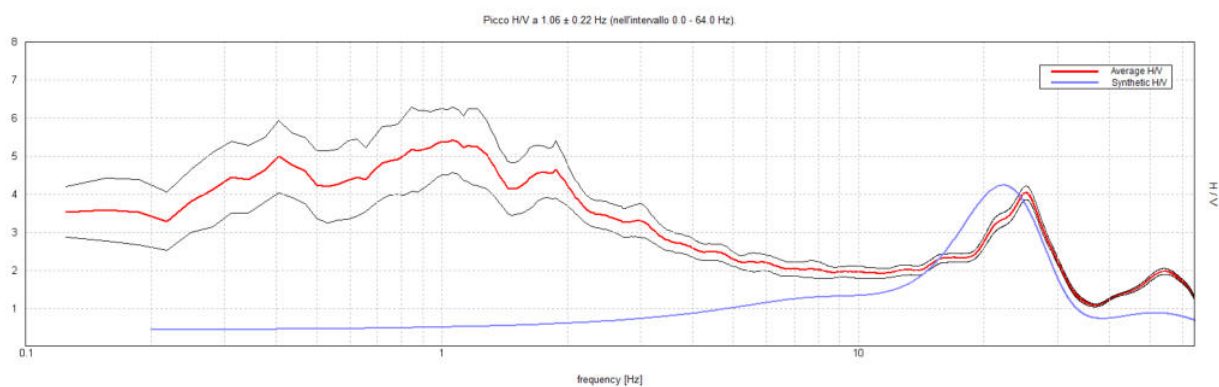
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

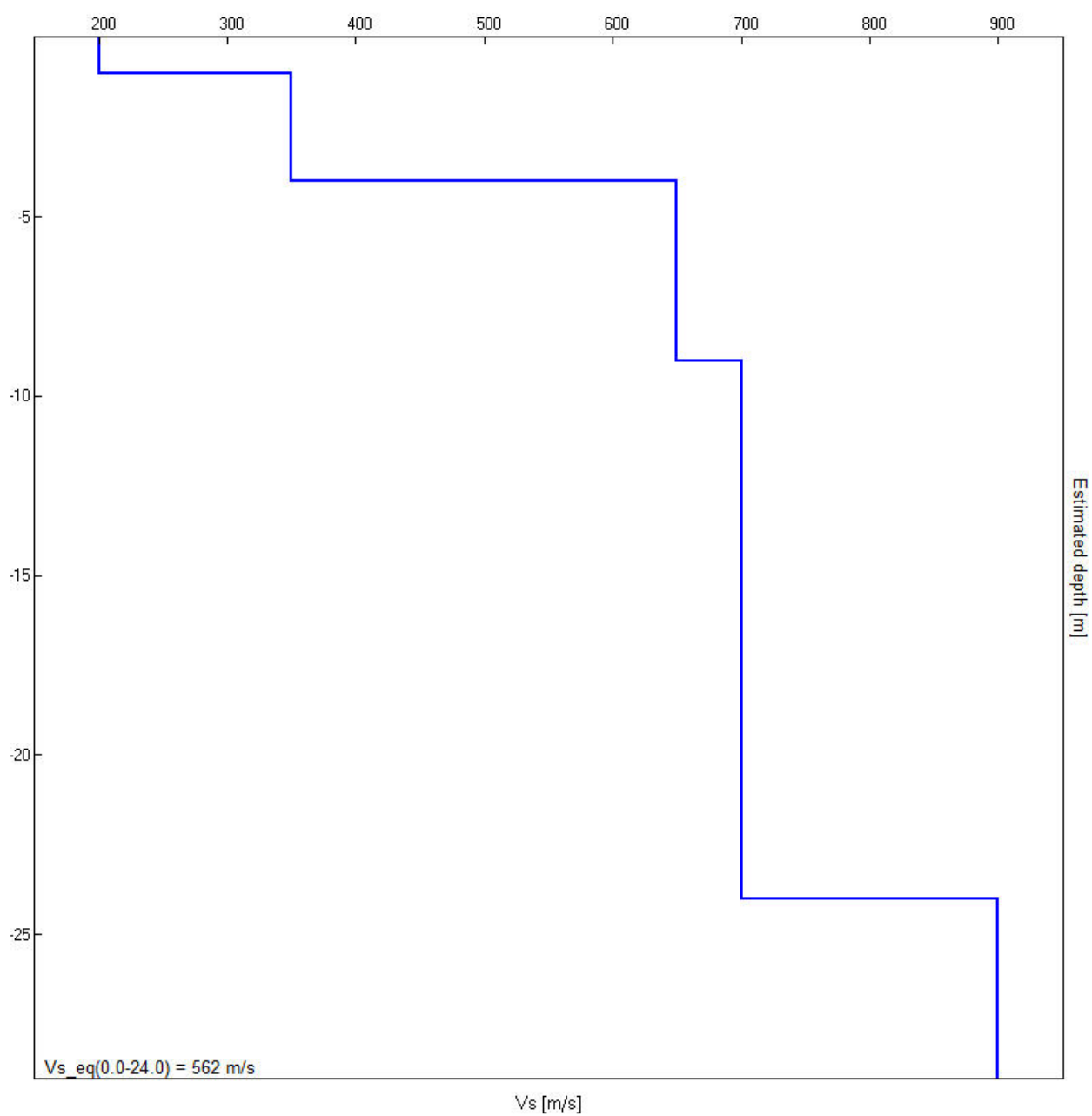


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

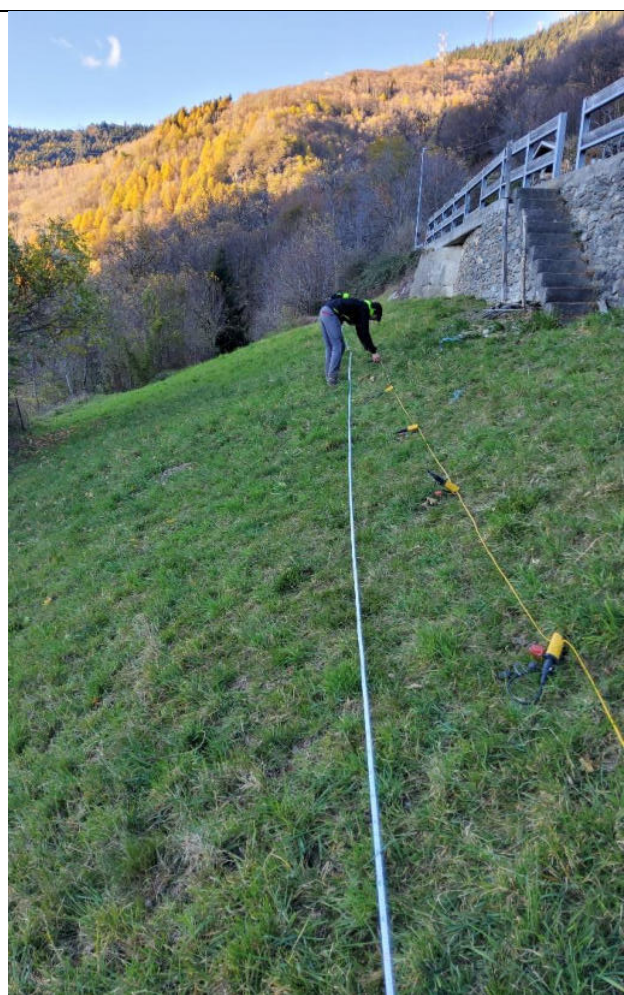
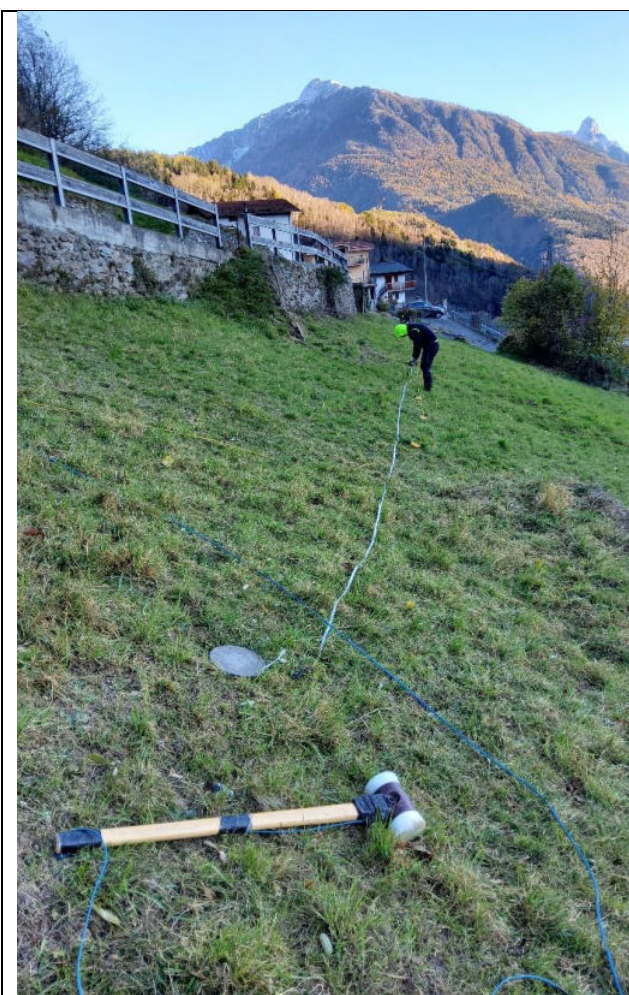
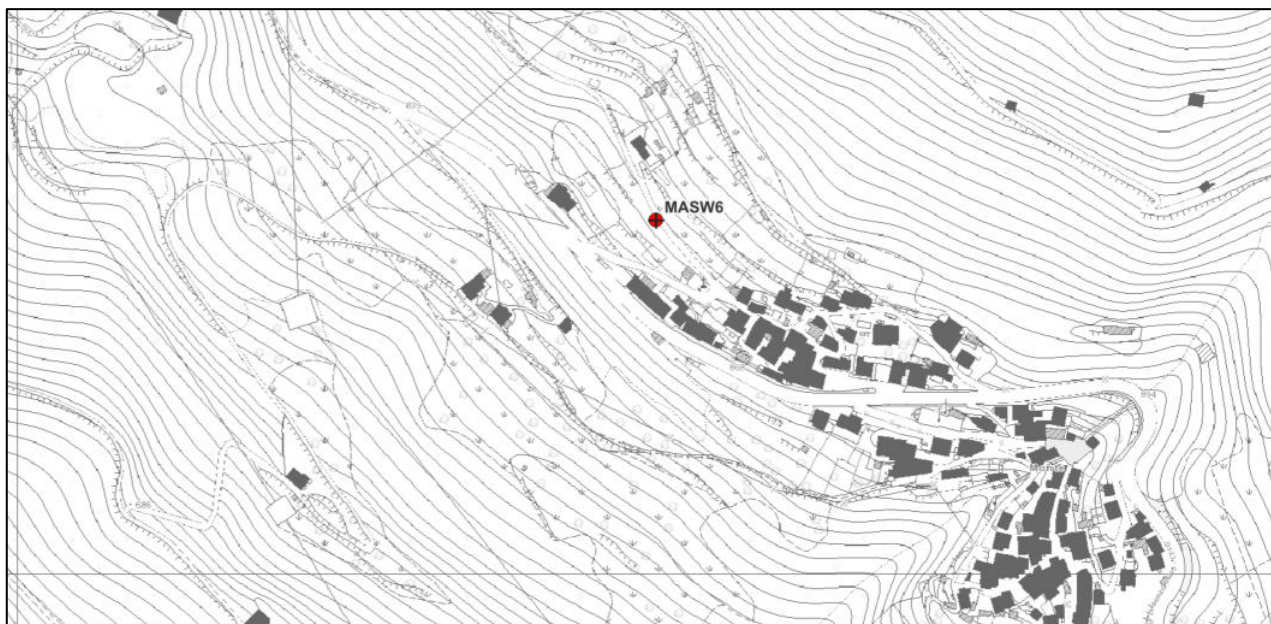


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	200	0.42
4.00	3.00	350	0.42
9.00	5.00	650	0.42
24.00	15.00	700	0.42
inf.	inf.	900	0.42

$Vs_{eq}(0.0-24.0) = 562 \text{ m/s}$



MASW6 – Monte



Posizione stendimento MASW6

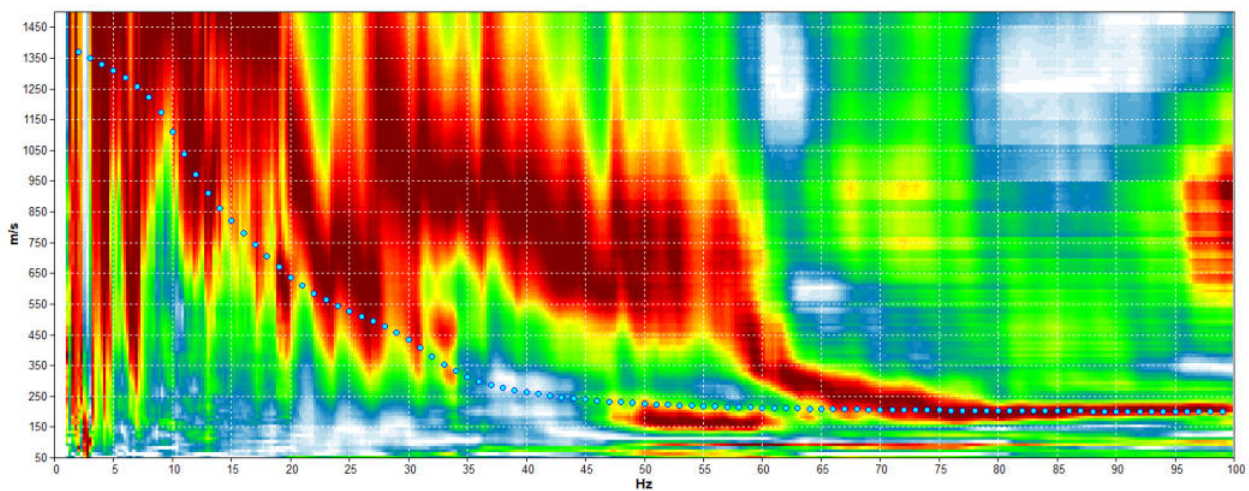
Inizio registrazione: 20/11/2024 15:42:00
Durata registrazione: 0h00'02".
Freq. campionamento: 2000 Hz

Fine registrazione: 20/11/2024 15:42:02

Nomi canali: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ;
CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12 ; CH13 ; CH14 ; CH15 ; CH16
; CH17 ; CH18 ; CH19 ; CH20 ; CH21 ; CH22 ; CH23 ; CH24

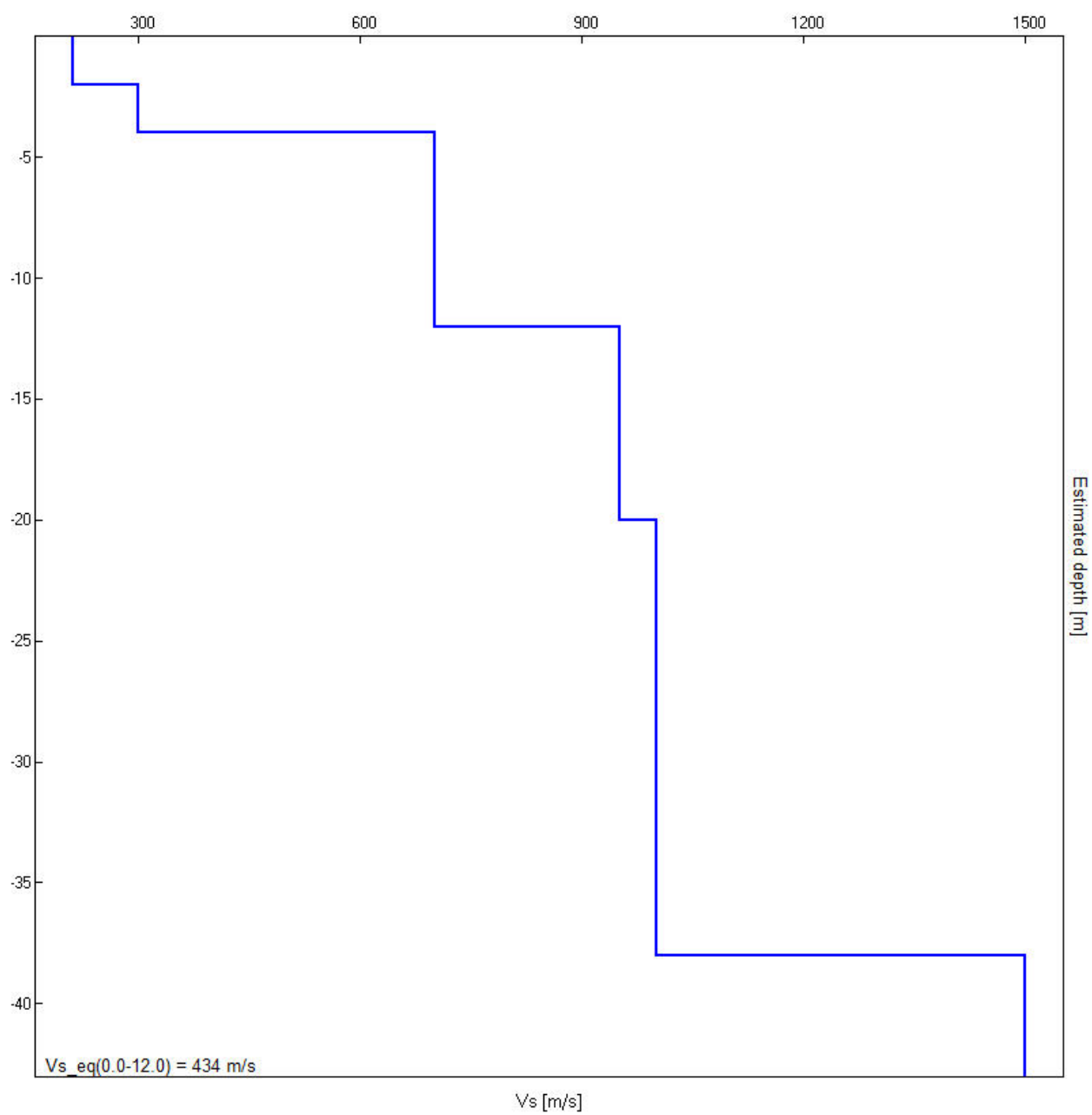
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	210	0.42
4.00	2.00	300	0.42
12.00	8.00	700	0.42
20.00	8.00	950	0.42
38.00	18.00	1000	0.42
inf.	inf.	1500	0.42

$$V_{s_eq}(0.0-12.0) = 434 \text{ m/s}$$



ALLEGATO 3

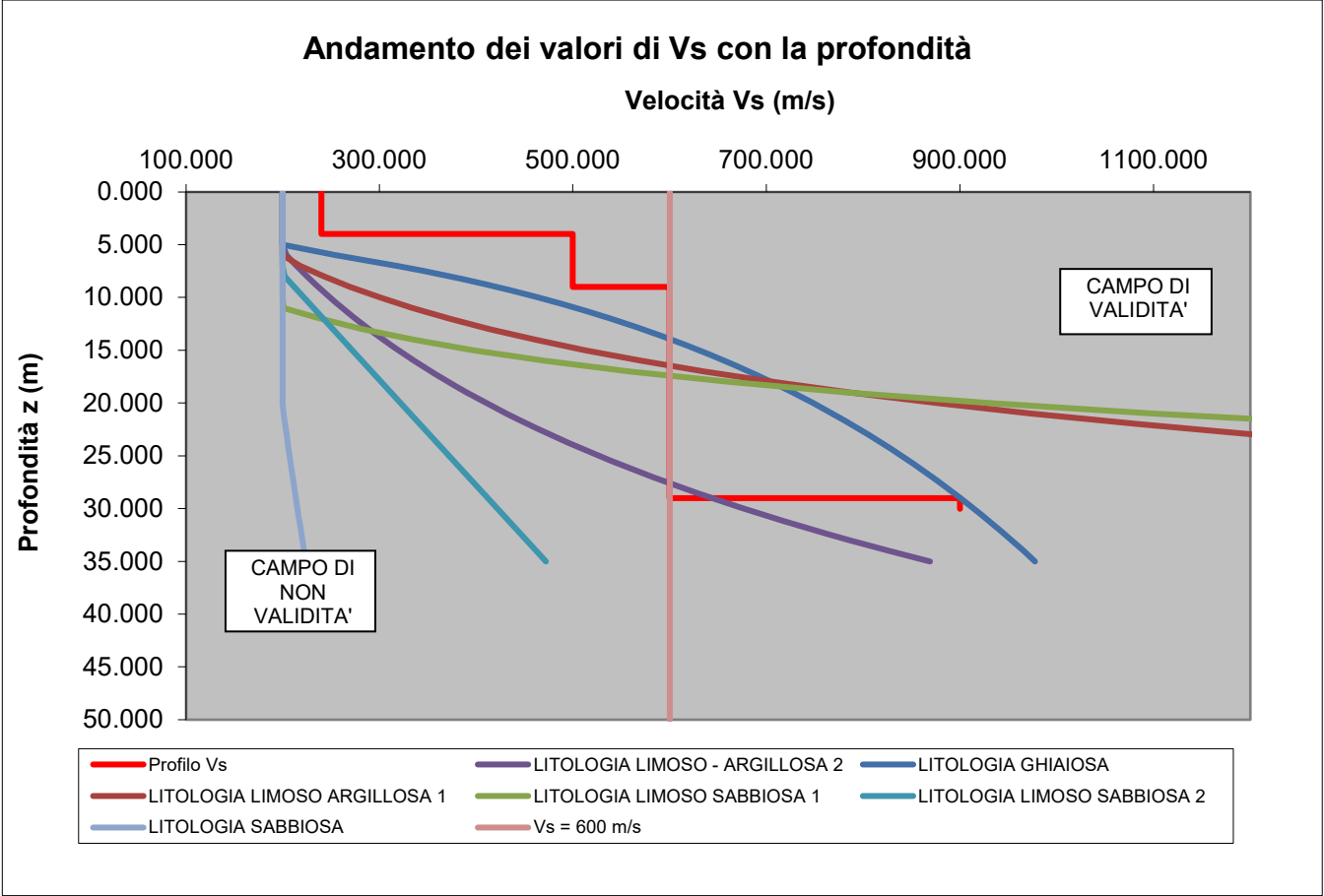
Analisi II livello per effetti litologici

LOCALITA'	Forno Allione	INDAGINE N.	MASW1 - HVSR1
------------------	----------------------	--------------------	----------------------

RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO

[illegible]

Vs_eq (m/s)	483
	Suolo B



Scheda di riferimento:	LITOLOGIA LIMOSO-ARGILLOSA 1
------------------------	------------------------------

H primo strato = 4 m	Vs primo strato (m/s)	240	curva 2
----------------------	-----------------------	------------	----------------

CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO			CALCOLO DELLE Vs30		
SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE * VELOCITA'	SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE / VELOCITA'
4.000	240.000	960.000	4.000	240.000	0.0167
5.000	500.000	2500.000	5.000	500.000	0.0100
20.000	600.000	12000.000	20.000	600.000	0.0333
1.000	900.000	900.000	1.000	900.000	0.0011
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	#DIV/0!
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
29.000	1340.000	15460.000	29.000	1340.000	0.06000
N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs < 800 m/s			N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs<800m/s (SE NON TROVO IL BEDROCK MI FERMO A 30m)		
T	0.22		Vs_eq	483	

Valori soglia comunale - Comune di Berzo Demo				
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.1	1.9
0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.0	3.0

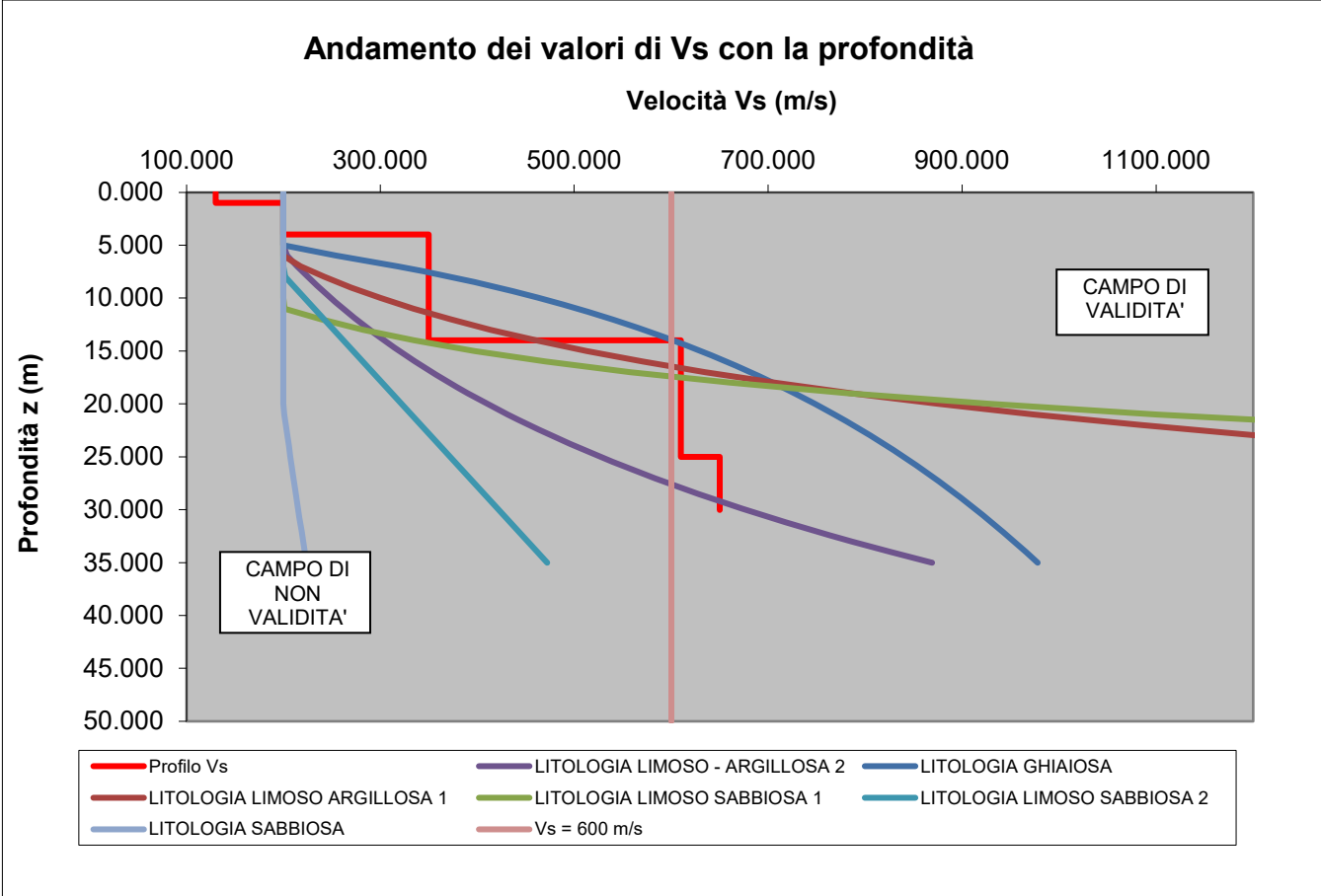
	Fa + 0.1	Categoria di suolo
0.1 - 0.5	1.8 = 1.8	suolo C
0.5 - 1.5	1.2 < 1.7	suolo B

LOCALITA'	Via Nazionale (Fiume Oglio)	INDAGINE N.	MASW2 - HVSR2
------------------	------------------------------------	--------------------	----------------------

RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO

[illegible]

Vs_eq (m/s)	390
	Suolo B



Scheda di riferimento:	LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA 1
------------------------	-----------------------------

H primo strato = 4 m	Vs primo strato (m/s)	182.5	curva 1
----------------------	-----------------------	--------------	----------------

CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO			CALCOLO DELLE Vs30		
SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE * VELOCITA'	SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE / VELOCITA'
1.000	130.000	130.000	1.000	130.000	0.0077
3.000	200.000	600.000	3.000	200.000	0.0150
10.000	350.000	3500.000	10.000	350.000	0.0286
11.000	610.000	6710.000	11.000	610.000	0.0180
5.000	650.000	3250.000	5.000	650.000	0.0077
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
30.000	1940.000	14190.000	30.000	1940.000	0.07699
N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs < 800 m/s			N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs<800m/s (SE NON TROVO IL BEDROCK MI FERMO A 30m)		
T	0.25		Vs_eq	390	

Valori soglia comunale - Comune di Berzo Demo				
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.1	1.9
0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.0	3.0

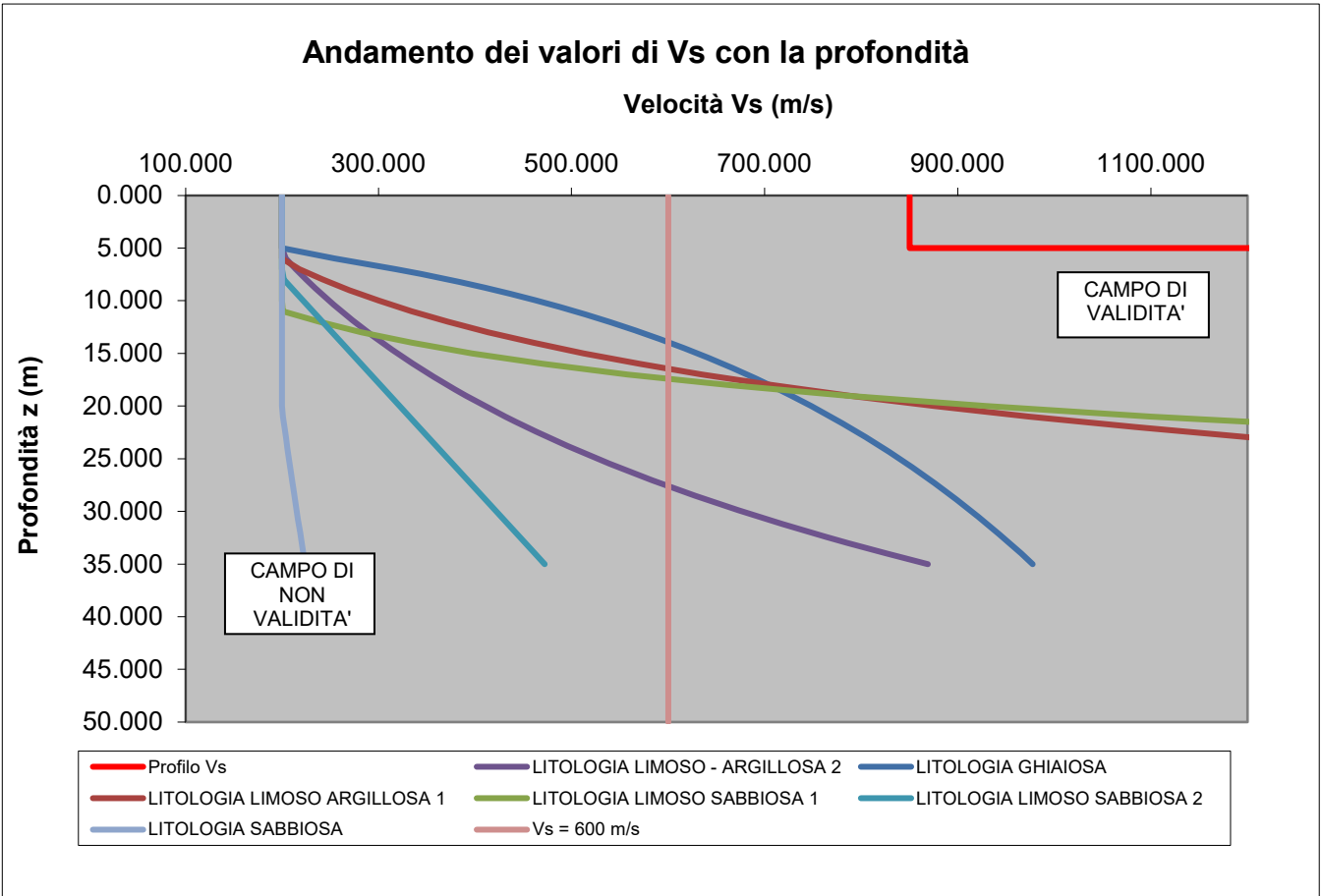
	Fa + 0.1	Categoria di suolo
0.1 - 0.5	2.3	suolo D
0.5 - 1.5	1.3 < 1.7	suolo B

LOCALITA'	Località Palazzina	INDAGINE N.	MASW3 - HVSR3
------------------	---------------------------	--------------------	----------------------

RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO

[illegible]

Vs_eq (m/s)	1452
	Suolo A



Scheda di riferimento:

H primo strato = 4 m

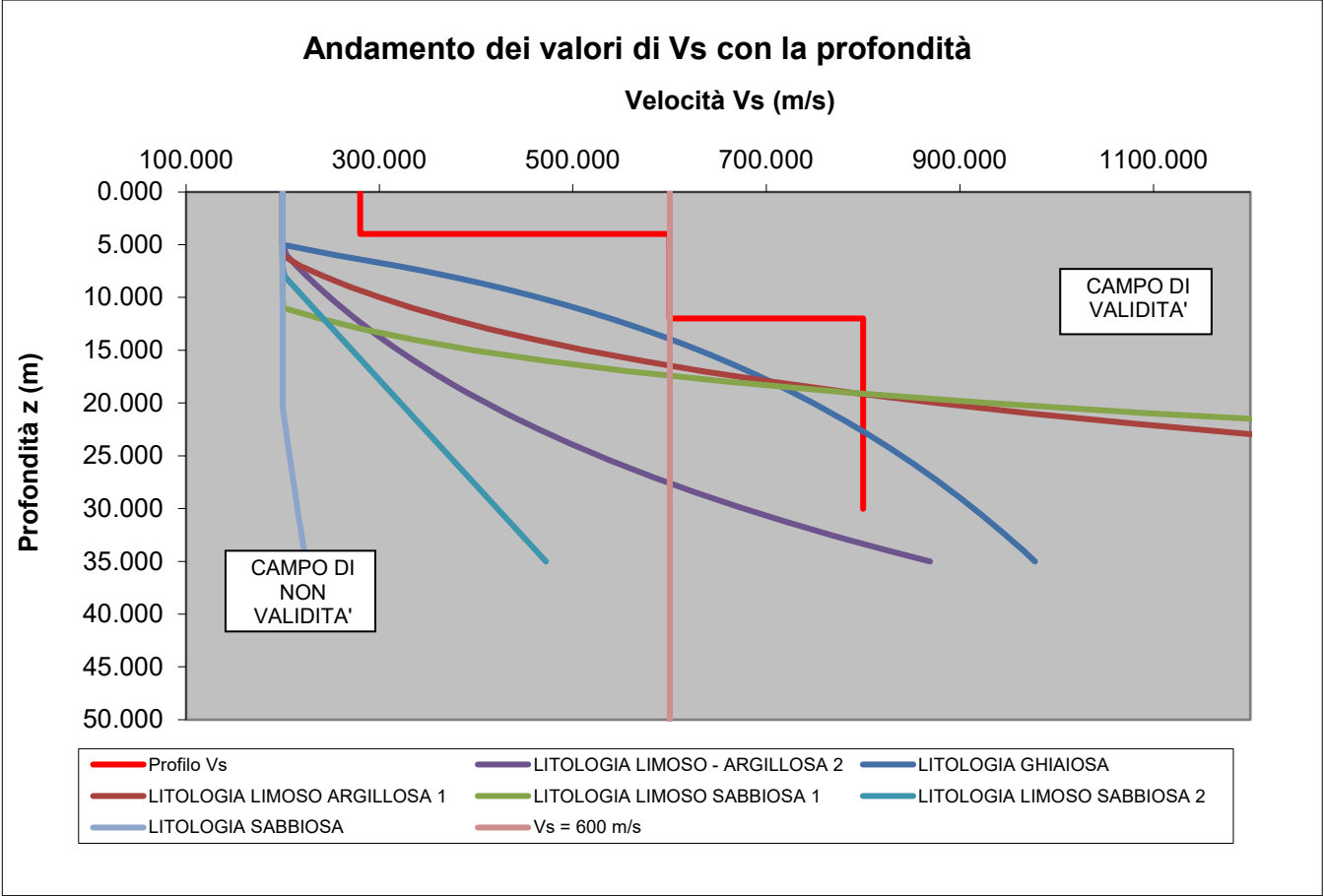
Vs primo strato (m/s)

LOCALITA'	Demo	INDAGINE N.	MASW4 - HVSR4
------------------	-------------	--------------------	----------------------

RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO

[illegible]

Vs_eq (m/s)	434
	Suolo B



Scheda di riferimento:	LITOLOGIA LIMOSO-ARGILLOSA 1
------------------------	------------------------------

H primo strato = 4 m	Vs primo strato (m/s)	280	curva 2
----------------------	-----------------------	------------	----------------

CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO			CALCOLO DELLE Vs30		
SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE * VELOCITA'	SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE / VELOCITA'
4.000	280.000	1120.000	4.000	280.000	0.0143
8.000	600.000	4800.000	8.000	600.000	0.0133
18.000	800.000	14400.000	18.000	800.000	0.0225
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	#DIV/0!
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	#DIV/0!
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
12.000	880.000	5920.000	12.000	880.000	0.02762
N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs < 800 m/s			N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs<800m/s (SE NON TROVO IL BEDROCK MI FERMO A 30m)		
T	0.10		Vs_eq	434	

	LITOLOGIA GHIAIOSA	LITOLOGIA LIMOSO - ARGILLOSA 1	LITOLOGIA LIMOSO - ARGILLOSA 2	LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA 1	LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA 2	LITOLOGIA SABBIOSA
Curva 1 Fa 0,1 - 0,5 s	0,08<T≤0,40	0,08<T≤0,35	0,10<T≤0,40	0,08<T≤0,40	0,10<T≤0,40	0,03≤T≤0,50
	1.39	1.33	1.34	1.34	1.34	1.40
	0,40<T≤1,00	0,35<T≤1,00	0,40<T≤1,00	0,40<T≤1,00	0,40<T≤1,00	0,50<T≤1,00
	2.21	2.61	2.82	2.82	2.82	3.20
	-	-	-	-	-	T>1,00
	-	-	-	-	-	1.00
Curva 2 Fa 0,1 - 0,5 s	0,06<T≤0,40	0,06<T≤0,35	0,08<T≤0,40	0,06<T≤0,35	0,08<T≤0,40	0,03≤T≤0,45
	1.24	1.25	1.25	1.25	1.25	1.29
	0,40<T≤1,00	0,35<T≤1,00	0,40<T≤1,00	0,35<T≤1,00	0,40<T≤1,00	0,45<T≤0,80
	1.97	2.09	2.66	2.09	2.66	2.88
	-	-	-	-	-	T>0,80
	-	-	-	-	-	1.00
Curva 3 Fa 0,1 - 0,5 s	0,05<T≤0,40	0,05<T≤0,35	0,05<T≤0,40	0,05<T≤0,35	0,05<T≤0,40	0,03≤T≤0,40
	1.17	1.17	1.10	1.17	1.10	1.23
	0,40<T≤1,00	0,35<T≤1,00	0,40<T≤1,00	0,35<T≤1,00	0,40<T≤1,00	0,50<T≤0,55
	1.68	1.82	2.14	1.82	2.14	2.13
	-	-	-	-	-	T>0,55
	-	-	-	-	-	1.00
Fa 0,5 - 1,5 s	1.02	1.02	1.01	1.02	0.97	Curva 1 0,08≤T≤1,80
						1.02
						Curve 2-3 0,08≤T<0,80
						1.02
						Curve 2-3 0,80≤T≤1,80
3.15						

Valori soglia comunale - Comune di Berzo Demo				
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.1	1.9
0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.0	3.0

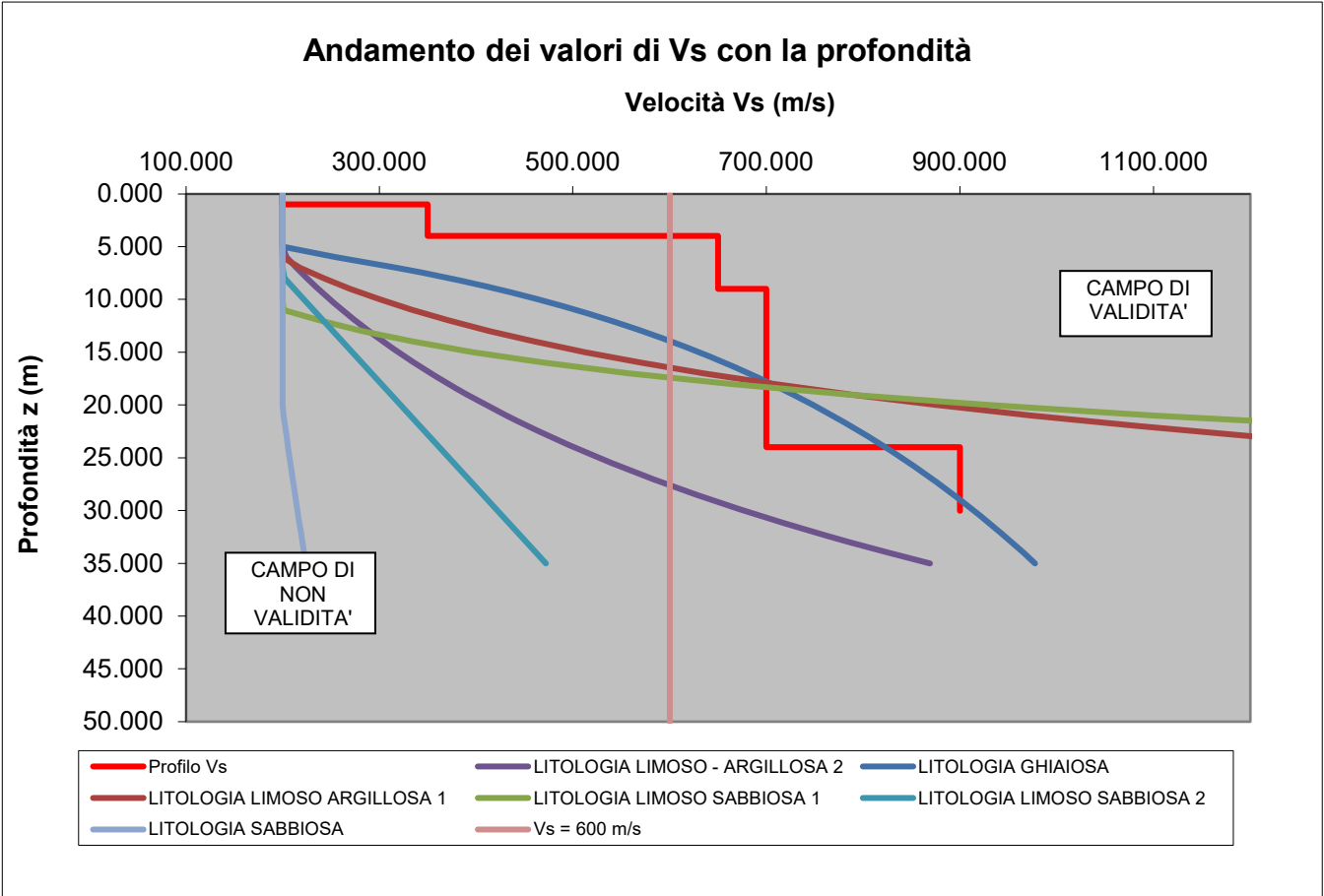
	Fa + 0.1	Categoria di suolo
0.1 - 0.5	1.4 = 1.4	suolo B
0.5 - 1.5	1.1 < 1.7	suolo B

LOCALITA'	Via Kennedy	INDAGINE N.	MASW5 - HVSR5
------------------	--------------------	--------------------	----------------------

RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO

[illegible]

Vs_eq (m/s)	562
	Suolo B



Scheda di riferimento:	LITOLOGIA LIMOSO-ARGILLOSA 1
------------------------	------------------------------

H primo strato = 4 m	Vs primo strato (m/s)	312.5	curva 3
----------------------	-----------------------	--------------	----------------

CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO			CALCOLO DELLE Vs30		
SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE * VELOCITA'	SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE / VELOCITA'
1.000	200.000	200.000	1.000	200.000	0.0050
3.000	350.000	1050.000	3.000	350.000	0.0086
5.000	650.000	3250.000	5.000	650.000	0.0077
15.000	700.000	10500.000	15.000	700.000	0.0214
6.000	900.000	5400.000	6.000	900.000	0.0067
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
24.000	1900.000	15000.000	24.000	1900.000	0.04269
N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs < 800 m/s			N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs<800m/s (SE NON TROVO IL BEDROCK MI FERMO A 30m)		
T	0.15		Vs_eq	562	

Valori soglia comunale - Comune di Berzo Demo				
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.1	1.9
0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.0	3.0

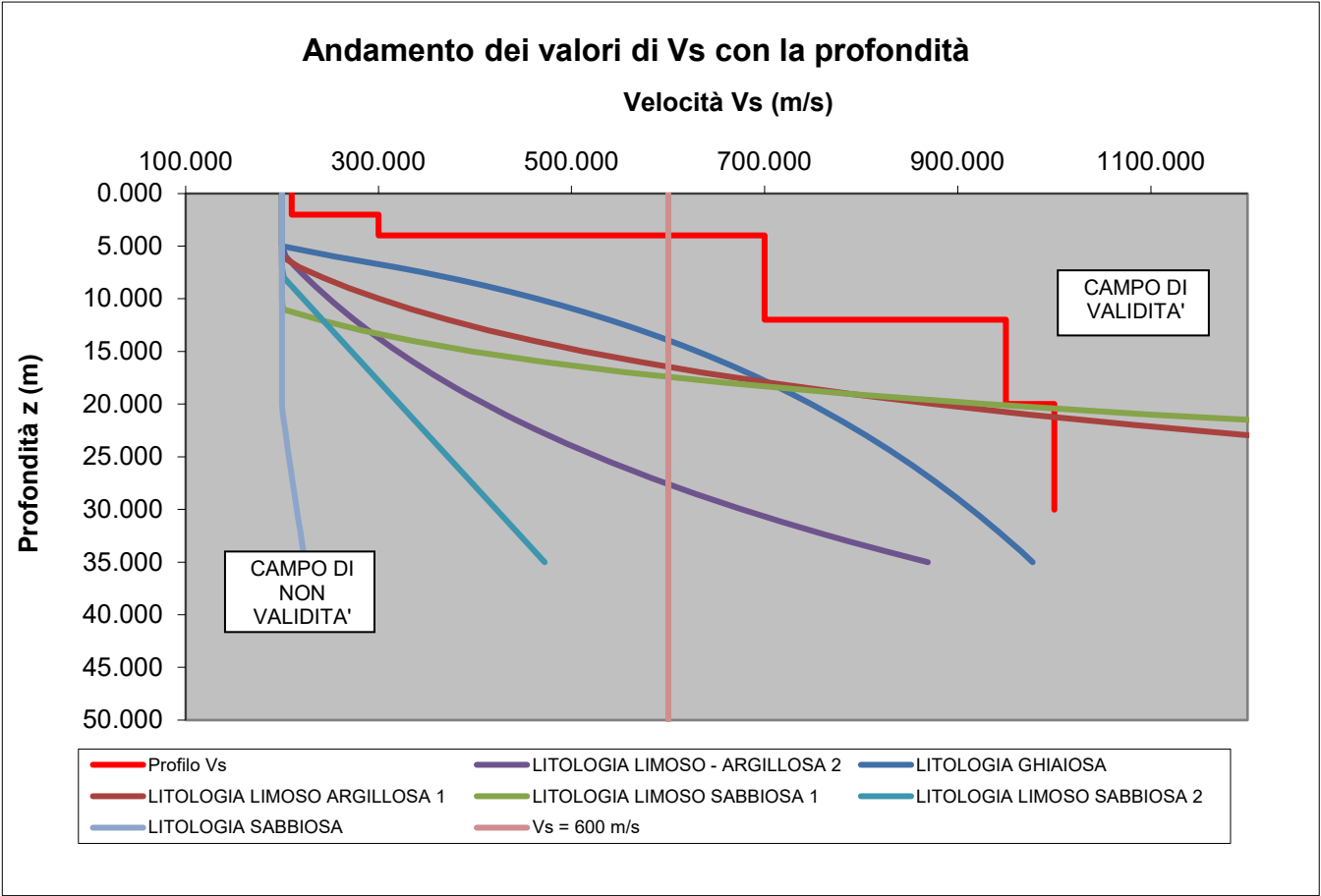
	Fa + 0.1	Categoria di suolo
0.1 - 0.5	1.4 = 1.4	suolo B
0.5 - 1.5	1.2 < 1.7	suolo B

LOCALITA'	Monte	INDAGINE N.	MASW6
------------------	--------------	--------------------	--------------

RISULTATI OTTENUTI DALLE INDAGINI IN SITO

[illegible]

Vs_eq (m/s)	434
	Suolo B



Scheda di riferimento:	LITOLOGIA GHIAIOSA
------------------------	--------------------

H primo strato = 4 m	Vs primo strato (m/s)	255	curva 3
----------------------	-----------------------	------------	----------------

CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO			CALCOLO DELLE Vs30		
SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE * VELOCITA'	SPESSORE STRATO (m)	VELOCITA' STRATO (m/s)	SPESSORE / VELOCITA'
2.000	210.000	420.000	2.000	210.000	0.0095
2.000	300.000	600.000	2.000	300.000	0.0067
8.000	700.000	5600.000	8.000	700.000	0.0114
8.000	950.000	7600.000	8.000	950.000	0.0084
10.000	1000.000	10000.000	10.000	1000.000	0.0100
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
12.000	1210.000	6620.000	12.000	1210.000	0.02762
N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs < 800 m/s			N.B. LA SOMMATORIA DEVE ESSERE RELATIVA AGLI STRATI CON Vs<800m/s (SE NON TROVO IL BEDROCK MI FERMO A 30m)		
T	0.09		Vs_eq	434	

Valori soglia comunale - Comune di Berzo Demo				
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.1	1.9
0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.0	3.0

	Fa + 0.1	Categoria di suolo
0.1 - 0.5	1.3 < 1.4	suolo B
0.5 - 1.5	1.1 < 1.7	suolo B