Firmato digitalmente da
Gabriele Civardi
CN = Gabriele Civardi
O = Ordine Regionale Geologi Liguria
C = IT

Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative S.r.l.
Piazza Cavour, 7 - 20121 Milano
T: +39 02 62690471 F: +39 02 32066804
info@ferasrl.it; www.ferasrl.it
P.IVA 13393960151

Azienda con sistema di gestione qualità certificato UNI EN ISO 9001:2008 certificatI n. 501008849 e 501008850



Regione Liguria
Comune di Cairo Montenotte (SV)
Proponente F.E.R.A. Srl

Parco eolico "Camponuovo"

Progetto definitivo

2.1

Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica

Progettisti:
Dott.Geologo Gabriele Civardi

Data	*Rev.*	*Descrizione*	*Elaborato*	*Controllato*	*Approvato*
Lugio 2024	Rev.A	Prima emissione	G.Civardi	G.Civardi	G.Civardi

Comm. 87 ***Elaborato:*** CMP-2.1A_Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica.pdf ***Scala:***

E' vietata la riproduzione del presente documento, anche parziale, con qualsiasi mezzo, senza l'autorizzazione di F.E.R.A. S.r.l.

DOTT. GEOL. GABRIELE CIVARDI
Geologia – Idrogeologia – Geofisica
Acustica ambientale
Sicurezza del lavoro

COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE

Provincia di Savona

Oggetto:
Realizzazione impianto eolico all'interno del territorio comunale del Comune di Cairo Montenotte.

Contenuto:
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Committente:
F. E. R. A. Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative S.r.l.

Data
Genova, Luglio 2024

N° lavoro
515G

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Via Cantore 8 int. Q 16149 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

INDICE

1 – PREMESSA.....*3*

2 – ESAME DEL PROGETTO.....*4*

3 - INQUADRAMENTO IDRO - GEO - MORFOLOGICO.....*5*

3.1 – Geologia.....**5**

3.2 – Geomorfologia.....**9**

3.3 – Idrogeologia.....**10**

4 - PROVE IN SITO.....*11*

4.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte.....**11**

4.2 - Prove sclerometriche.....**13**

5 - NOTE GEOTECNICHE.....*15*

5.1 - Coltre.....**15**

5.2 – Substrato roccioso.....**15**

5.3 – Dati geotecnici di sintesi.....**16**

5.3.1 - Coltre.....16

5.3.2 – Cappellaccio di alterazione (conglomerati).....16

5.3.3 – Substrato roccioso (conglomerati).....16

6 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO.....*17*

6.1 – Classificazione sismica regionale.....**17**

7 - INDICAZIONI OPERATIVE.....*18*

7.1 – Scavi.....**18**

7.2 – Riempimenti.....**19**

8 – ASPETTI AMMINISTRATIVI.....*19*

8.1 – Vincolo idrogeologico.....**19**

8.2 – DGR 802/2020.....**19**

9 – CONCLUSIONI.....*20*

ALLEGATI

- ✓ **Delimitazione delle aree in dissesto**
- ✓ **Sezioni geologiche interpretative in scala 1:200**
- ✓ **Tabulati prove sismiche**

1 – PREMESSA

Con riferimento al progetto di realizzazione di un impianto eolico nel comune di Cairo Montenotte, lo scrivente tecnico è stato incaricato dalla società F.E.R.A. S.r.l. di eseguire le opportune indagini geognostiche, al fine di evidenziare eventuali problematiche di ordine geologico in senso lato.

Lo studio si prefigge quindi di evidenziare i principali parametri geotecnici del terreno nonché le possibili problematiche derivanti dalle sue caratteristiche stratigrafiche, con riferimento sia alle fasi di sbancamento sia alle varie fasi costruttive, fornendo i suggerimenti necessari per effettuare le scelte tecniche operative più idonee.

Le caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area in oggetto e di un suo intorno significativo sono state evidenziate attraverso osservazioni di campagna, sulla base della cartografia tecnica regionale e ancora attraverso la comparazione con situazioni note in zone limitrofe.

Per quanto riguarda la definizione della stratigrafia dei terreni interessati dall'intervento è stato ritenuto necessario effettuare una campagna di indagini geofisiche, tramite l'esecuzione di una serie di prove H/V.

I dati geotecnici indicati sono stati ricavati dallo svolgimento di alcune prove sclerometriche svolte sugli affioramenti rinvenuti in sito.

La seguente relazione sarà quindi così articolata:

- Esame del progetto;
- Inquadramento idro-geomorfologico;
- Caratterizzazione dei parametri geotecnici del terreno;
- Caratterizzazione sismica del terreno di fondazione;
- Indicazioni sulle modalità di esecuzione dell'opera in base ai risultati ottenuti dai punti precedenti;
- Aspetti amministrativi che riguardano l'area di intervento.

2 – ESAME DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un *Parco Eolico* composto da sei aerogeneratori, aventi potenza nominale 4.500 kW ciascuno, collegati alla rete elettrica attraverso una sottostazione di trasformazione. Il collegamento del *Parco Eolico* alla sottostazione avverrà attraverso un cavidotto di media tensione interrato. La fondazione di ciascun aerogeneratore sarà di forma circolare ed avrà un diametro di circa 23 m.

Il parco eolico sarà collegato alla rete elettrica nazionale di trasporto tramite la realizzazione di un ampliamento di una sottostazione già esistente sita in Loc. Casazza. La linea elettrica sarà completamente interrata.

L'accesso al sito dove saranno ubicati gli aerogeneratori avverrà attraverso l'adeguamento di tracciati esistenti che richiederanno interventi di allargamento e sistemazione per permettere il trasporto e montaggio degli aerogeneratori.

L'intervento prevede sbancamenti per un totale pari a circa 40000 mc da effettuarsi in parte in coltre ed in parte in roccia. Per i plinti di fondazione gli sbancamenti saranno caratterizzati da una forma in pianta pressoché circolare. Gli scavi avranno un fronte massimo di altezza pari a circa 9 m.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato, è previsto un percorso di lunghezza pari a circa 11.0 Km, caratterizzato da uno scavo di profondità media pari a 1,25 m e larghezza di circa 0.5 m.

Le terre e rocce derivanti dagli scavi verranno completamente riutilizzate in loco per l'esecuzione dei riporti previsti dal progetto e che riguardano la realizzazione delle piazzole delle torri eoliche, il rinterro delle fondazioni e l'adeguamento della strada di accesso.

In ottemperanza di quanto previsto dal D. Lgs. 3 aprile 2006, n° 152, "Norme in materia ambientale, corretto ed integrato dal D. Lgs. 16 gennaio 2008, n° 4 e della Delibera Regionale del 18 luglio 2008, n° 859 "Criteri per la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo", sarà cura della società committente

predisporre la documentazione richiesta per il riutilizzo dei materiali di risulta in sito, prima dell'inizio dei lavori.

3 - INQUADRAMENTO IDRO - GEO - MORFOLOGICO

3.1 – Geologia

L'area analizzata appartiene al Bacino Terziario Ligure-Piemontese (BTLP); si tratta di un'area emersa (bacino satellite secondo la definizione fornita da Boccaletti et alii, 1985) dall'Eocene medio a seguito della collisione tra la placca europea e la microplacca Adria e formata da un impilamento di unità alloctone costituite da corpi rocciosi riferibili sia al margine paleoeuropeo che all'area oceanica piemontese-ligure.

Tali unità costituiscono un edificio strutturale che dall'Eocene superiore tende a sovrapporsi alla suddetta microplacca in corrispondenza di una superficie di scorrimento. Con l'Oligocene inferiore, lungo l'orogene appenninico si traccia un bacino di sedimentazione delimitato a N da un rilievo, almeno localmente emerso, parte integrante del prisma di accrezione connesso alla subduzione tra l'edificio strutturale e la microplacca.

Su tali unità si ha la sedimentazione dei depositi continentali e marini di mare basso della Formazione di Molare (Oligocene) che con il progressivo "annegamento" saranno ricoperti fino al Tortoniano da una successione, di spessore a volte anche superiore ai 4 Km, rappresentata da formazioni di recente istituzione (Gelati, 1967), pressoché interamente clastiche, costituenti fasce variamente allungate in direzione SO-NE.

Tale successione, direttamente sovrapposta al basamento precenozoico, costituisce la parte centrale del Bacino terziario Piemontese ed in essa sono riconosciute, dal basso verso l'alto, le seguenti formazioni:

- Formazione di Molare (Oligocene);

- Rocchetta (Aquitaniano-Oligocene superiore);
- Monesiglio (Aquitaniano-Oligocene superiore);
- Marna di Paroldo (Langhiano –Aquitaniano);
- Formazione di Cortemilia (Langhiano-Aquitaniano);
- Cessole (Langhiano);
- Cassinasco (Serravalliano-Langhiano);
- Murazzano (Serravalliano-Langhiano);
- Lequio (Tortoniano-Serravalliano);
- Marne di S.Agata Fossili (Tortoniano);
- Arenarie di Diano d'Alba (Tortoniano).

Nel Burdigaliano terminale un acme compressivo provoca un marcato sollevamento delle aree circostanti il BTLP, con l'inizio della deposizione di potenti successioni torbiditiche cui contribuisce tutta una serie di marcati abbassamenti del livello marino a scala globale.

Le deformazioni tettoniche presenti nell'area sono interamente riconducibili al ciclo orogenetico alpidico, che va dalla fase principale di sollevamento eocenica, alla fase di contrazione e retroflessione datata Oligocene inferiore fino alla fase di assestamento del bacino.

L'attività tettonica si protrae durante il Serravalliano, testimoniata da troncature erosionali sul prisma stesso imputabili a fenomeni compressivi ed alla ripresa dell'attività distensiva lungo faglie listriche connesse in precedenza (Aquitaniano) all'apertura del Bacino Ligue-Provenzale.

Nel Tortoniano si ha l'instaurazione di condizioni uniformi in tutto il Bacino Terziario Ligure Piemontese con deposizione generalizzata di peliti che si conclude con la regressione del Messiniano.

CARATTERI LOCALI

Il Bacino terziario Piemontese è costituito da una successione terrigena (marina e continentale) postorogena rispetto alle fasi deformative di stile alpino dell'orogenesi appenninica.

Si tratta di una successione localmente estesa tra l'Eocene superiore ed il Miocene inferiore con base a prevalenti conglomerati che evolvono verso l'alto a termini arenaceo-marnosi di origine marina in gran parte connessi a fenomeni deposizionali per correnti di torbida.

Dal punto di vista sedimentologico la successione oligo-miocenica del Bacino terziario Piemontese nel suo complesso corrisponde ad un intero ciclo di sedimentazione all'interno del quale si riconoscono, come detto in precedenza, diverse formazioni.

In questa sede ci si limita ad una descrizione delle principali unità affioranti nell'area in esame, rappresentate da:

- ***FORMAZIONE DI MOLARE*** *(Oligocene)*
- ***DIABASI E SPILITI*** *(Cretacico inf.-Giurassico)*
- ***SERIE DI MONTENOTTE*** *(Giurassico Cretacico)*

FORMAZIONE DI MOLARE

Questa è formata da un conglomerato poligenico costituito da elementi per lo più arrotondati od a spigoli smussati di diametro molto vario ma non superiore a 10 cm anche se, talora, compaiono livelli con elementi di diametro superiore al metro.

Sono presenti arenarie grossolane e sabbie grigiastre, grigio – brune o rossiccie spesso a matrice marnosa, frequenti soprattutto nella parte superiore della formazione e, localmente si intercalano nella parte inferiore calcari dolomitici di scogliera.

Le Marne sabbiose grigio – verdastre formano giunti sottili intercalati non di frequente ai banchi conglomeratici ed arenacei.

I conglomerati o non sono stratificati o costituiscono banchi massicci quasi sempre lenticolari, talvolta gradati.
La natura litologica degli elementi è legata alla natura del basamento, pertanto varia da luogo a luogo; prevalgono, comunque, rocce verdi, quarziti, calcari, dolomie, scisti cristallini di tipo gneissico e micascistoso, in matrice arenacea talora prevalente.
La sedimentazione è legata direttamente alla trasgressione del mare oligocenico sul basamento precenozoico ed è sottostante alla Formazione di Rocchetta con cui è in parziale eteropia.
In particolare tutti gli aerogeneratori ricadranno all'interno di questa formazione.
I sopraluoghi effettuati hanno permesso di osservare che il substrato roccioso così definito risulta ricoperto da una coltre di natura detritico-colluviale di spessore massimo di circa 2.5 metri, classificabile geotecnicamente come una ghiaia sabbiosa con scarsa frazione fine.

DIABASI E SPILITI

La formazione, di età cretacica-giurassica, risulta costituita da un'associazione di sedimenti caratterizzati da diabasi e spiliti grigio-scure, sovente a struttura ofitica, a volte porfirica, localmente a pillow; meta gabbri "eufotidi" con graduali termini di passaggio ai diabasi molto laminati e serpentiniti pirosseniche od oliviniche, serpentino scisti e serpentiniti brecciate ad oficalci.

UNITA' TETTONOMETAMORFICA MONTENOTTE

Tale serie, costituita da lembi alloctoni di provenienza appenninico-ligure, è caratterizzata dalla presenza dal basso verso l'alto di:

- **Dolomia** di San Pietro dei Monti: dolomie e calcari dolomiti microcristallini, di colore grigio o nerastro;

- **Argilloscisti** filladici, grigio-verdastri, passanti a filladi calcarifere, filladi quarzifere, e sovente a scisti a glaucofane;
- **Metagabbri** metagabbri leucocratici a grana medio e medio - grande localmente sono attraversati da dicchi basaltici;
- **Serpentinoscisti** a relitti pirossenici, oficalci ed ofisilici.

3.2 – Geomorfologia

L'area di impianto del parco eolico a progetto si snoda nell'area collinare denominata Camponuovo. Le sei turbine a progetto si sviluppano ad una quota compresa fra i 490 e i 620 metri s.l.m.

Le zone nei pressi dei rilievi appaiono sub pianeggianti, mentre i versanti degradano con pendenze comprese tra il 10% ed il 20%. Il settore non appare urbanizzato.

L'aspetto morfologico della zona risulta condizionato direttamente dall' assetto geologico-strutturale e dal grado di erodibilità dei litotipi affioranti.

Infatti, la diversa natura dei litotipi affioranti nell'area presa in esame, si riflette sulle forme morfologiche a testimonianza di una risposta differenziata all'azione di modellamento degli agenti esogeni.

Per cui la topografia presenta un andamento piuttosto variabile con cambiamenti di pendenze nel raggio di centinaia di metri.

Le acque superficiali vengono regimate dai numerosi impluvi naturali, che trovano origine lungo i pendii.

La notevole pendenza dei versanti, unitamente alla presenza di numerosi rii naturali ha permesso di modellare i versanti, dando origine ad una morfologia marcata da erosioni torrentizie ad andamento all'incirca rettilineo ed a breve sviluppo lineare. Le pendenze delle varie aste torrentizie risultano molto acclivi con scarso deflusso a carattere stagionale.

L'area di progetto non presenta nessuna forma di degradazione morfologica.

All’interno dell’area interessata dal progetto non si individuano manufatti di origine antropica, né di carattere abitativo, tanto meno industriale, che potrebbero essere l’origine di inquinamento dei terreni e del substrato che interessa l’area.
Il settore è accessibile tramite una strada le cui dimensioni e pendenze ne restringono la percorribilità solo a mezzi tipo “fuoristrada” o per il taglio degli alberi.
Tali indicazioni vengono fornite per escludere la possibilità di un inquinamento del settore da parte di materiali provenienti da lavorazioni di tipo industriali e comunque esterne all’area oggetto di studio.
Inoltre, una attenta indagine ha escluso la presenza di discariche di tipo abusivo lungo il crinale su cui verrà realizzato il parco eolico.

3.3 – Idrogeologia

L’area del parco è caratterizzata dalla presenza di numerosi Rii, le cui sorgenti si individuano lungo i versanti del crinale oggetto di studio.
Lungo il versante sud la regimazione delle acque superficiali è regolata da numerosi impluvi, che vengono convogliati verso il Rio Ravagnone; mentre lungo il versante ovet, le acque vengono convogliate verso il Rio Loppa; ad est verso il Rio Cavallasso.
Per quanto riguarda i fattori che condizionano la circolazione delle acque nel sottosuolo va detto che questi sono essenzialmente legati alle caratteristiche idrogeologiche delle rocce ed ai rapporti stratigrafici e tettonici esistenti tra complessi a diversa permeabilità relativa.
Nell’area in esame si ipotizza l'esistenza di un sensibile contrasto di permeabilità tra la coltre detritica (costituita da depositi detritico-colluviali perlopiù grossolani) ed il substrato roccioso. Infatti, mentre la coltre è da considerarsi sostanzialmente permeabile per porosità, i conglomerati sono

pressoché impermeabili o moderatamente permeabili per porosità fessurazione, in relazione al grado di fratturazione della roccia.

4 - PROVE IN SITO

Tenendo conto delle conoscenze geologiche in possesso dello scrivente e della bibliografia esistente riferita all'area esaminata è stato ritenuto sufficiente effettuare dieci prove geofisiche H/V: due per ogni torre eolica.
Inoltre sugli affioramenti rinvenuti si sono svolte alcune prove sclerometriche.
E' prevista, in fase esecutiva, l'esecuzione di alcune indagini di dettaglio (sondaggi), che verranno concordate con i progettisti e la società che realizzerà l'intervento.
Lo scopo delle prove era quello di definire la stratigrafia dell'area interessata dall'intervento e il V_{s30} così come previsto dalla normativa vigente.

4.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte

Sono state realizzate dieci prove geofisiche H/V utilizzando il Tromino, tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico, ma utilizzabile anche per la realizzazione di stese di sismica attiva.
Lo strumento (10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V.
I dati misurati dal Tromino, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

La scelta del sito:

L'ubicazione delle prove è stata stabilita in base alle esigenze progettuali e ai limiti imposti dalle caratteristiche del sito in oggetto.

In particolare sono state svolte in modo tale che passassero circa attraverso il centro della fondazione di ogni aerogeneratore, in modo da definire la stratigrafia del versante e che si potessero dimensionare le opere previste dall'intervento a progetto.

I risultati:

L'elaborazione dei dati acquisiti dalle prove hanno permesso di ricavare la stratigrafia, lo spessore degli strati individuati e la velocità delle onde S, attraverso ogni singolo strato del terreno. Il dettaglio dei risultati viene riportato in allegato.

Ecco una sintesi dei risultati ottenuti:

- **Torre 1 (Ag1)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.8 m	270 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 463 m/s

- **Torre 2 (Ag2)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	3.2 m	225 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 454 m/s

- **Torre 3 (Ag3)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.8 m	250 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 451 m/s

- **Torre 4 (Ag4)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.5 m	210 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 4479 m/s

- **Torre 5 (Ag5)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	2 m	270 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 442 m/s

- **Torre 6 (Ag6)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.6 m	270 m/s
Substrato		500 m/s

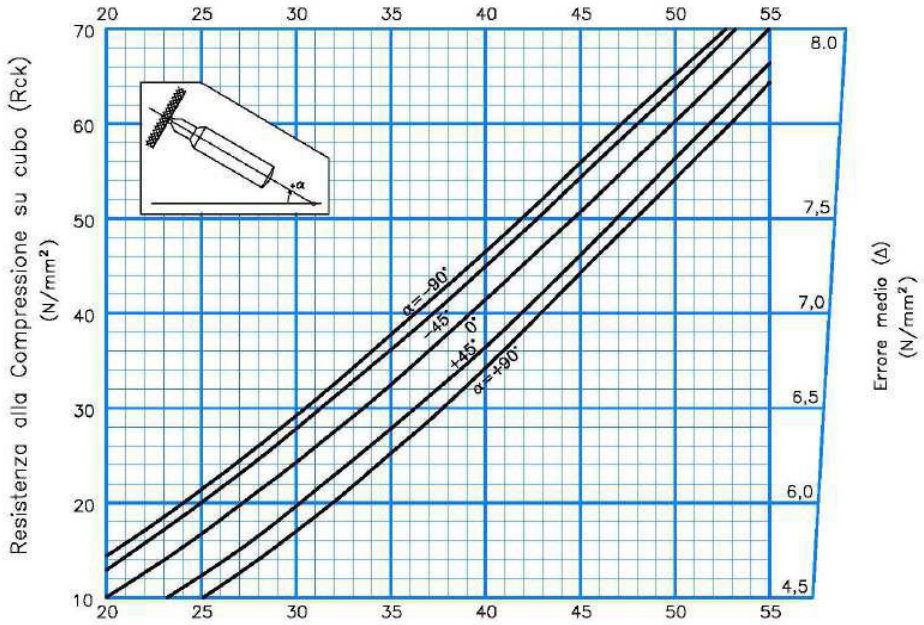
V_{s30} del sito: 442 m/s

4.2 - Prove sclerometriche

Come accennato si è reputato necessario l'esecuzione di una serie di prove in situ tramite l'utilizzo dello sclerometro per rocce con lo scopo di verificare le caratteristiche geotecniche del substrato roccioso (cappellaccio).

Il tipo di indagine permette di definire in maniera speditiva la resistenza a compressione della roccia. Lo strumento che è stato utilizzato è il Martello di Schmidt (o sclerometro) ed è costituito da una massa battente che viene proiettata da una molla contro un'asta metallica di percussione appoggiata direttamente sulla roccia. Dal rimbalzo della suddetta massa, funzione della quantità di energia elastica restituita dal materiale roccioso su cui la prova

viene effettuata, si risale alla resistenza a compressione della roccia tramite il seguente diagramma:



Dal momento che il rimbalzo R è funzione sia del peso di volume della roccia sia dell'inclinazione dello strumento rispetto alla verticale, in quanto le parti mobili dello sclerometro sono soggette all'azione della gravità, i valori ottenuti sono stati opportunamente corretti.

I risultati comprendono un intervallo di valori a seconda del grado di alterazione e fratturazione delle porzioni di roccia testate ed in dipendenza dal fatto che la prova sia stata eseguita parallelamente o perpendicolarmente alle discontinuità.

Se la prova viene eseguita su di una superficie rocciosa non alterata la resistenza a compressione apparente è confrontabile con la resistenza a compressione calcolata tramite le prove monoassiali.

I valori di resistenza alla compressione riscontrati possono essere così riassunti:

Formazione di Molare

Punto di misura	Rimbalzo	Resistenza a compressione MPa
Prova n. 1	30	30
Prova n. 2	20	15
Prova n. 3	28	26
Prova n. 4	30	24

Facendo una media dei risultati ottenuti è possibile attribuire al cappellaccio della Formazione di Molare una resistenza a compressione pari a 23.7 MPa

5 - NOTE GEOTECNICHE

Le considerazioni riportate nel presente paragrafo riguardano l'area dell'intervento a progetto. Lo studio è stato svolto al fine di evidenziare i principali parametri geotecnici del substrato roccioso e della coltre.

Le sezioni geologiche allegate sono ovviamente interpretative e si basano su supposizioni che derivano dallo studio della cartografia tecnica e dalle osservazioni effettuate direttamente in sito.

5.1 - Coltre

Si tratta di un deposito di natura eluvio-colluviale parzialmente rimaneggiato, soprattutto nella parte più superficiale, caratterizzato da una potenza mai superiore ai 3.2 m. Le osservazioni effettuate in sito hanno indicato un terreno prevalentemente ghiaioso, con bassa percentuale di frazione fine di tipo limoso.

5.2 – Substrato roccioso

Si tratta, come descritto in precedenza, dei conglomerati della Formazione di Molare.

Per quanto concerne le caratteristiche geomeccaniche del substrato litoide, si è fatto riferimento ai dati relativi a tale litotipo esistenti in bibliografia e specialmente alle conoscenze acquisite in aree contigue o mostranti caratteri simili.

5.3 – Dati geotecnici di sintesi

Basandosi pertanto su esperienze precedenti e su dati di letteratura (per coltre e substrato), ai vari livelli individuati sono stati attribuiti i seguenti parametri geotecnici:

5.3.1 - Coltre

Granulometria: sabbia ghiaiosa con scarsa frazione fine non coesiva (classe SW del sistema USCS)

Stato di addensamento: sciolto

Densità relativa (Dr): 45%

Peso di volume (γ): 1,6 t/m^3

Angolo di attrito efficace (ϕ'): 30°

Coesione: 0 Kg/cm^2

5.3.2 – Cappellaccio di alterazione (conglomerati)

Peso di volume saturo (γs): 21 KN/m^3

Peso di volume secco (γd): 18.7 KN/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 30°

Coesione: 2 KPa

M: 23.7 MPa

5.3.3 – Substrato roccioso (conglomerati)

Peso di volume saturo (γs): 22 KN/m^3

Peso di volume secco (γd): 20.5 KN/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 37°

Coesione: 87 KPa

Modulo edometrico: 60000 KPa

6 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

6.1 – Classificazione sismica regionale

Basandosi sul D. M. 16 Gennaio 1996 " Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche", in particolare all' Ord. P. C. M. del 20 Marzo 2003 n° 3274, allegato 2 e successive modifiche ed integrazioni e sulla "Nuova classificazione sismica della Regione Liguria" D.G.R. n. 216 del 17 Marzo 2017, si è proceduto alla classificazione del suolo di fondazione sul quale poggeranno i nuovi manufatti.

L'area in cui verranno realizzate le opere è classificata in base alla nuova classificazione sismica regionale in **zona 4**.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

Categoria	Descrizione	V_s eq
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	>800 m/s
B	**Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti**	**360 - 800 m/s**
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate o terreni a grana fina di media consistenza	180 - 360 m/s
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti	100 - 180 m/s
E	Terreni riconducibili alle categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m	< 360 m/s

Nonostante la presenza di roccia affiorante le analisi sismiche effettuate hanno permesso di classificare il terreno di fondazione su cui poggeranno i nuovi manufatti in **categoria B**.

7 - INDICAZIONI OPERATIVE

Il progetto prevede, come già accennato, scavi di sbancamento pari a circa 40000 m^3 da eseguire in parte in roccia ed in parte in coltre. Gli scavi previsti hanno come fine la preparazione del sedime per la posa in opera delle fondazioni, l'allargamento di alcune parti della strada esistente e la realizzazione della strada di servizio.

L'altezza massima a progetto dei fronti di scavo risulta pari a circa 9 m.

Il tutto si ritiene rientri nelle normali procedure esecutive dell'edilizia e per la sicurezza del lavoro, sia in merito agli scavi di preparazione dell'area, sia in merito alla scelta e all'esecuzione delle fondazioni del nuovo manufatto.

Viste le principali caratteristiche geologico-geotecniche individuate nell'area sottoposta ad indagine si indicano le seguenti modalità operative per la realizzazione dell'opera.

7.1 – Scavi

1. Gli scavi per l'allargamento della strada e per il cavidotto, qualora venissero effettuati nei pressi di strutture esistenti, andranno effettuati avendo cura di non influenzare negativamente la staticità degli eventuali manufatti.
2. I fronti di scavo non protetti da opere provvisionali, non dovranno mai rimanere aperti a lungo, dovranno essere eseguiti per campioni di lunghezza non eccessiva e sagomati secondo angoli compatibili con le caratteristiche di resistenza indicate nei precedenti capitoli.

3. E’ consigliabile non aprire campioni di fronte troppo lunghi ed è bene fare in modo che siano comunque proporzionati alle risorse della squadra operativa e dell’impresa.
4. Tutte le opere di sostegno dovranno essere dotate di efficienti sistemi di drenaggio.
5. Tutta l’area dovrà essere sottoposta a una efficiente regimazione per garantire un rapido smaltimento delle acque meteoriche e di falda.

7.2 – Riempimenti

I riempimenti previsti dovranno essere eseguiti con terreno appartenente almeno alla classe ***A3 della classificazione AASHO*** e dovranno essere realizzati per strati non superiori a ***50 cm*** di spessore e adeguatamente compattati previa bagnatura. Il materiale impiegato deve essere assolutamente inerte e privo quindi di materiale terroso, torboso e coesivo.

8 – ASPETTI AMMINISTRATIVI

8.1 – Vincolo idrogeologico

Dal punto di vista amministrativo la zona risulta soggetta a vincolo idrogeologico e pertanto alla L.R. 4/99. Si può tuttavia affermare, in rapporto ai fattori che regolano tale vincolo (regimazione delle acque, stabilità dei versanti e coperture vegetali) che l’intervento proposto risulta sostanzialmente ininfluente.

8.2 – DGR 802/2020

Dall’osservazione della cartografia allegata al DGR 802/2020 “Adozione disciplina di tutela per i bacini padani ricadenti nella Provincia di Savona e Imperia per aree a pericolosità geomorfologica da frana”, si è potuto verificare

che la zona oggetto di intervento non è interessata da alcuna area in dissesto. Si riporta in allegato uno stralcio della cartografia.

9 – CONCLUSIONI

Tenuto conto del contesto geomorfologico in cui si inseriscono i nuovi manufatti, tenuto altresì conto delle caratteristiche geotecniche del terreno sopra citato e delle sostanziali condizioni di stabilità dell'area interessata, si conferma la fattibilità dell'intervento a progetto tenuto debito conto delle prescrizioni sopra elencate.

Si rassegna la presente relazione la quale assolve quanto prescritto dal D.M. del 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e relativa Circolare Esplicativa del 21 Gennaio 2019 n.7, nonché dalla legge regionale n° 4/99.

Il presente documento non comprende valutazioni su possibili conseguenze dannose alle strutture ed ai manufatti circostanti legate ai processi più strettamente operativi che fanno capo all'impresa e al direttore dei lavori eventualmente delegato dal committente.

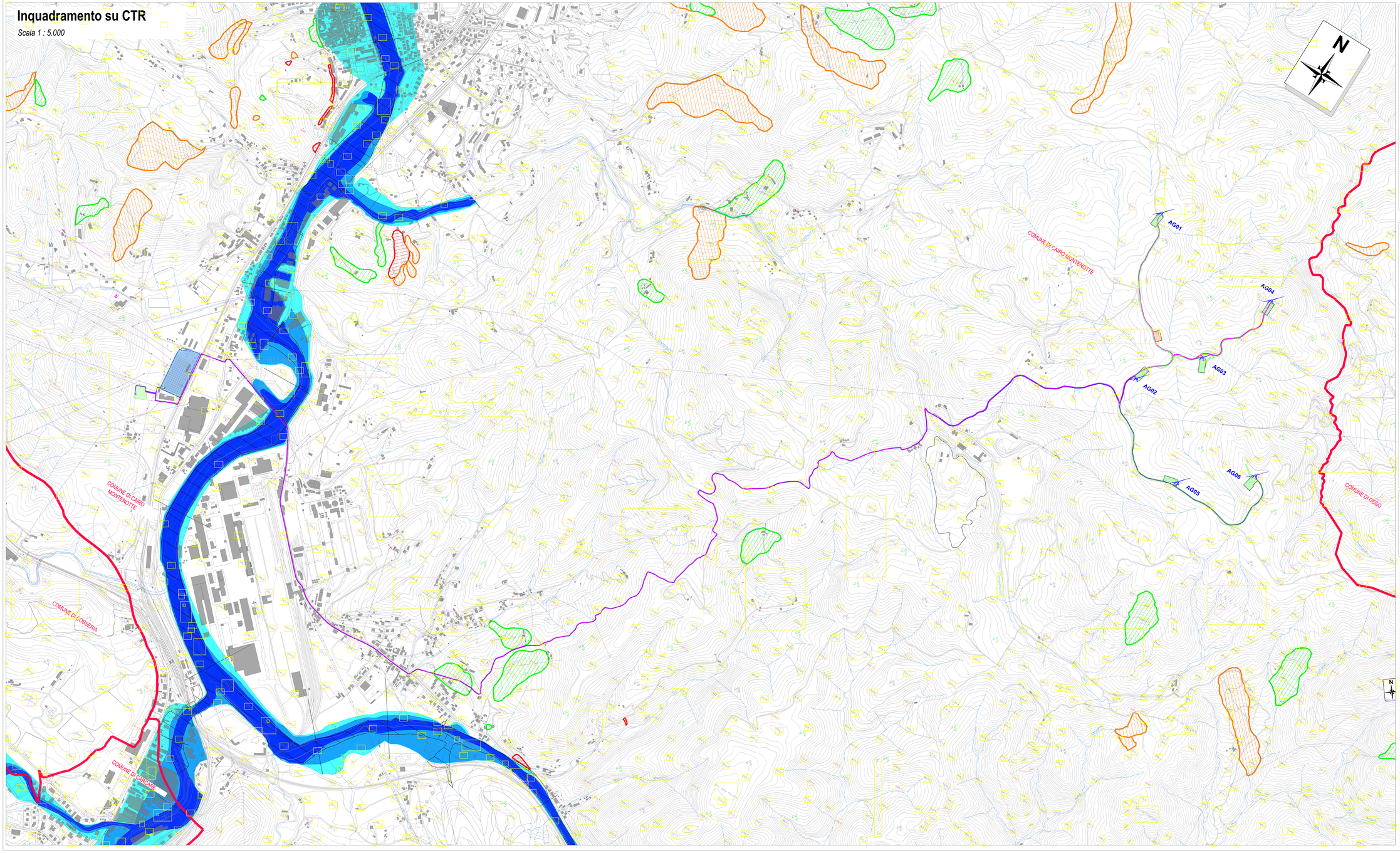
Genova, Luglio 2024

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. GABRIELE CIVARDI
A.P.n.511

Il tecnico
Dott. Geol. Gabriele Civardi

Inquadramento su CTR

Scala 1 : 5.000



LEGENDA:

- Aerogeneratore a progetto
- Piazzola di montaggio - allo stato di cantiere prevista a progetto
- Campo base - allo stato di cantiere previsto a progetto
- Andamento viabilita' di progetto extraparco (da adeguare)
- Andamento viabilita' di progetto infraparco (da adeguare)
- Cavidotto interrato MT ramo 1
- Cavidotto interrato MT ramo 2
- Area stallo utente
- Cavidotto interrato AT di collegamento con la SE esistente
- Cabina primaria Cairo Montenotte - Proprietario E-Distribuzione
- Confine comunale

Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani - Provincia di Savona e di Imperia - DGR 428/2021

LEGENDA

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA DA FRANA:

- (Fa) FRANE ATTIVE (pericolosità molto elevata)
- (Acr) AREE SOGGETTE A CROLLI(pericolosità molto elevata)
- (Fq) FRANE QUIESCENTI (pericolosità elevata)
- (Fs) FRANE STABILIZZATE (pericolosità media o moderata)
- (Fd) FRANOSITA' DIFFUSA (pericolosità moderata)
- (DGVP) DEROMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE (pericolosità moderata)

PERICOLOSITA' IDRAULICA:

- Pi 1 - AREE A PERICOLOSITA' MEDIA
- Pi 2 - AREE A PERICOLOSITA' ELEVATA
- Pi 3 - AREE A PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
- Pi 3 - AREE INTERESSATE DALL'ALLUVIONE 2016
- Pi 3 - AREE EE PAI E STORICAMENTE NON INDAGATE
- Traccia delle sezioni idrauliche (tratti indagati)

ELABORATI COLLEGATI:

- 1.1 Relazione Tecnica Descrittiva
- 2.1 Relazione geologica e geotecnica
- 2.2 Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo
- 5.1 Relazione urbanistica

FERA
Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative S.r.l.
Piazza Dante, 7 - 45122 Rovigo
T +39 0 425 - 1916001 F +39 02 - 2200454
E-mail: info@fera.it - www.fera.it
PEC: fera@pec.it

Regione Liguria
Comune di Cairo Montenotte (SV)
Proponente F.E.R.A. S.r.l.

Parco eolico "Camponuovo"

Progetto definitivo

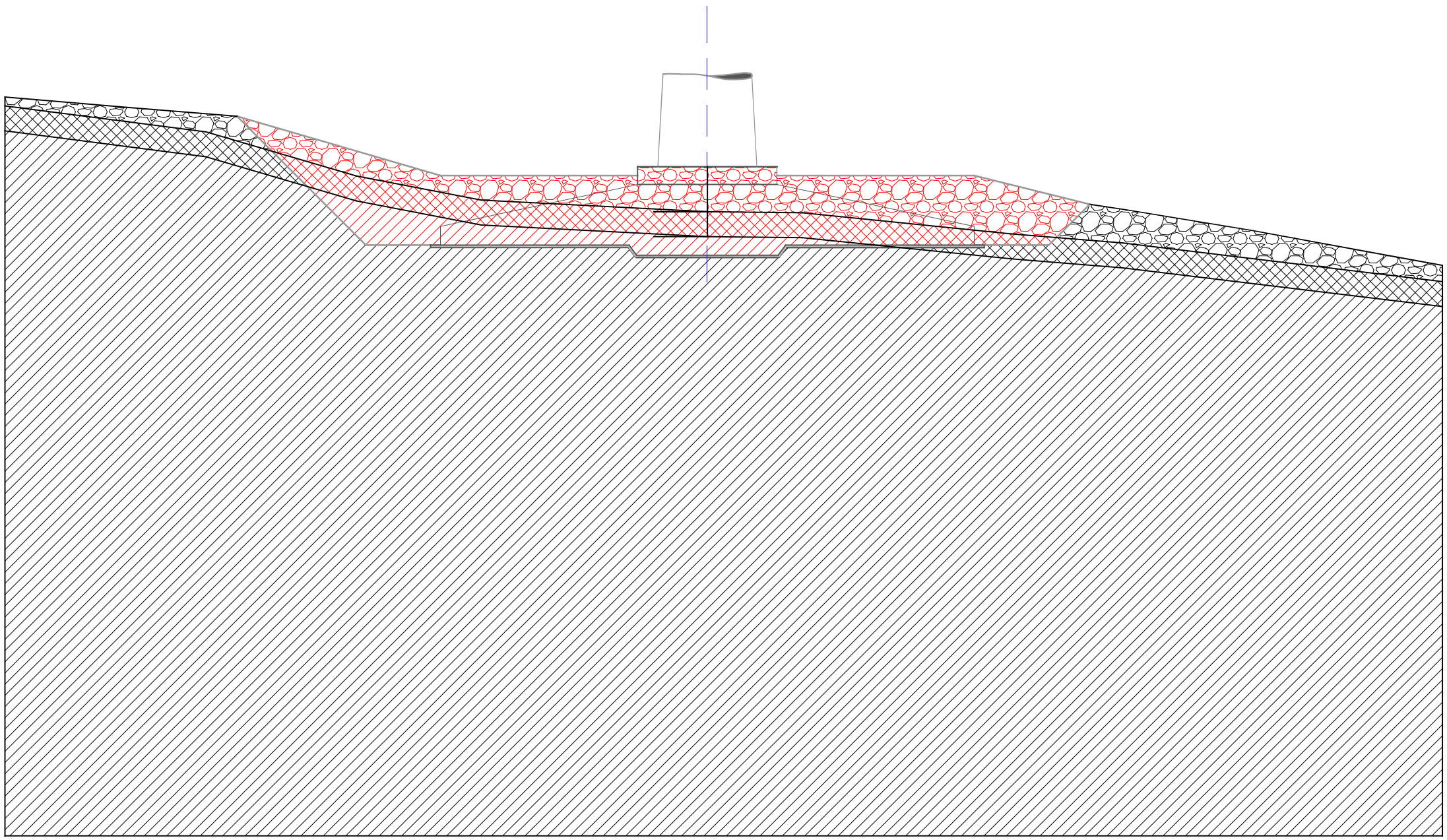
2.3 Interferenze Aree in Dissesto

Progettisti:
Ing. Paolo Papucci
Ing. PAOLO PAPUCCI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2384 Sezione A

Data	Rev.	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
29/07/2024	Rev A	Prima emissione	M.Santomauro	P. Papucci	G.Carroli

Comm. 87 Elaborato: CMP-2.3A_Interferenze Aree in dissesto.dwg Scala: 1:5000

© Questo elaborato non può essere riprodotto, anche parzialmente, senza l'autorizzazione di F.E.R.A. S.r.l.



1:200

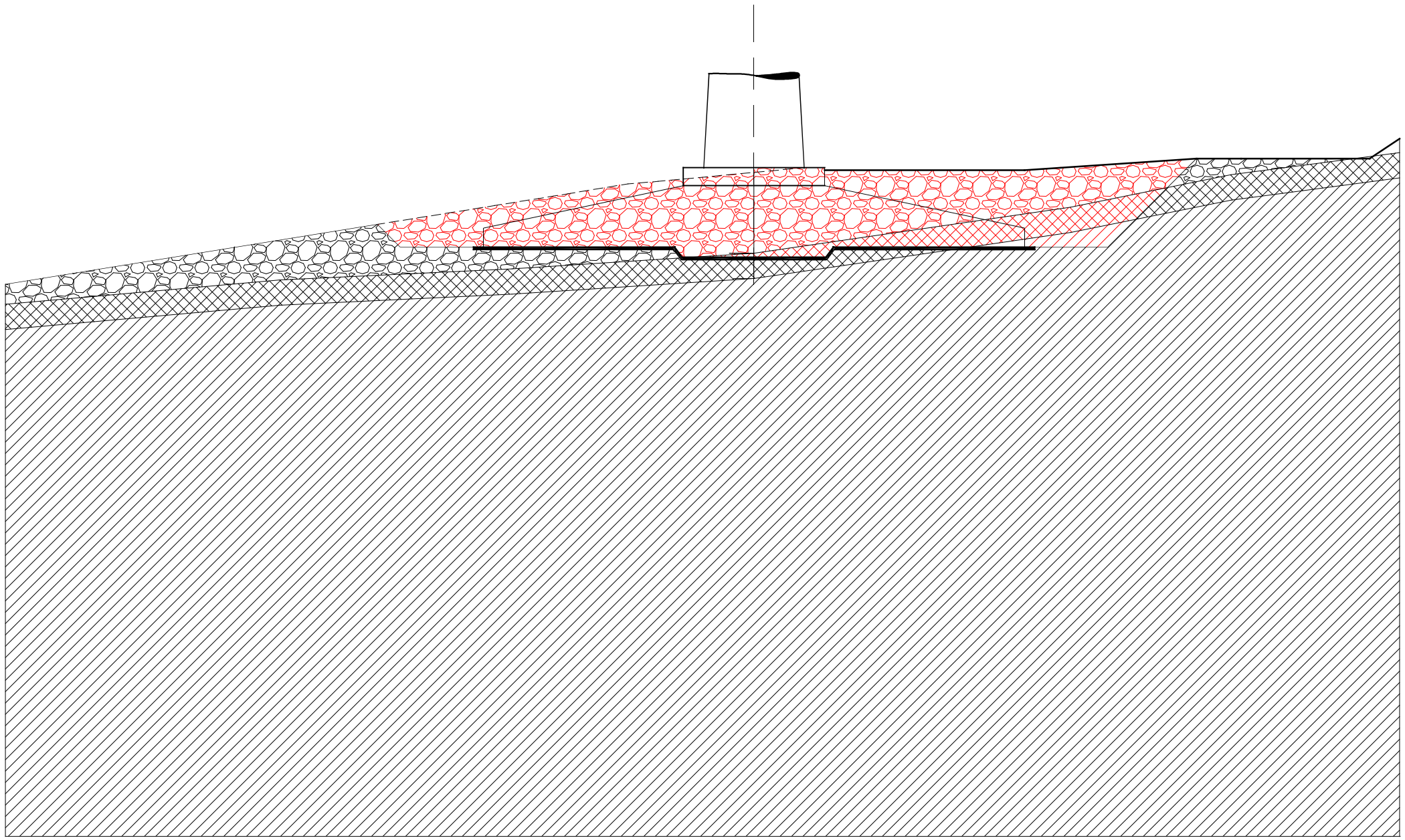
Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte
Dott. Geol. Gabriele Civardi Via Cantore 8 int. Q GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG1



1:200

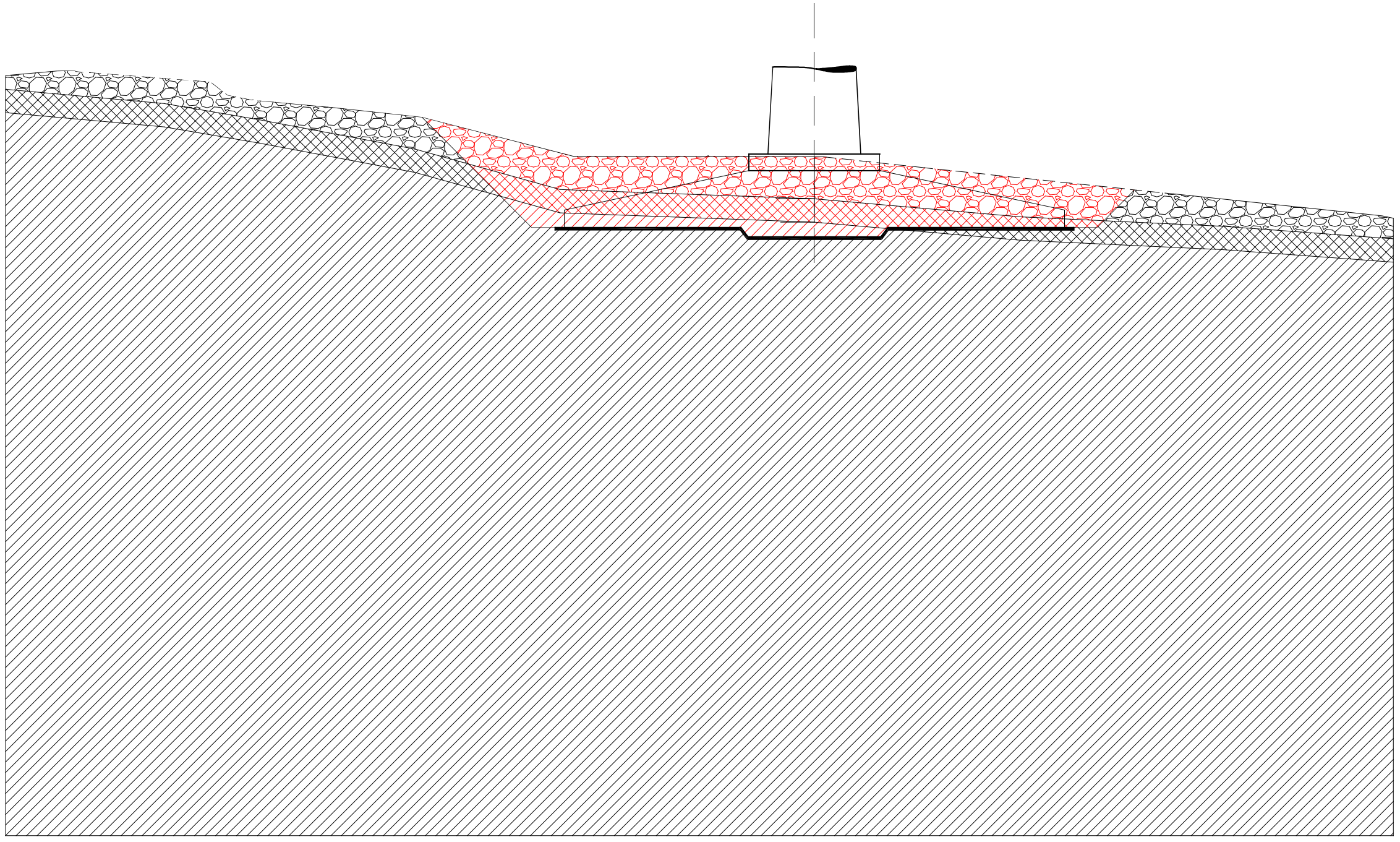
Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte
Dott. Geol. Gabriele Civardi Via Cantore 8 int. Q GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG2



1:200

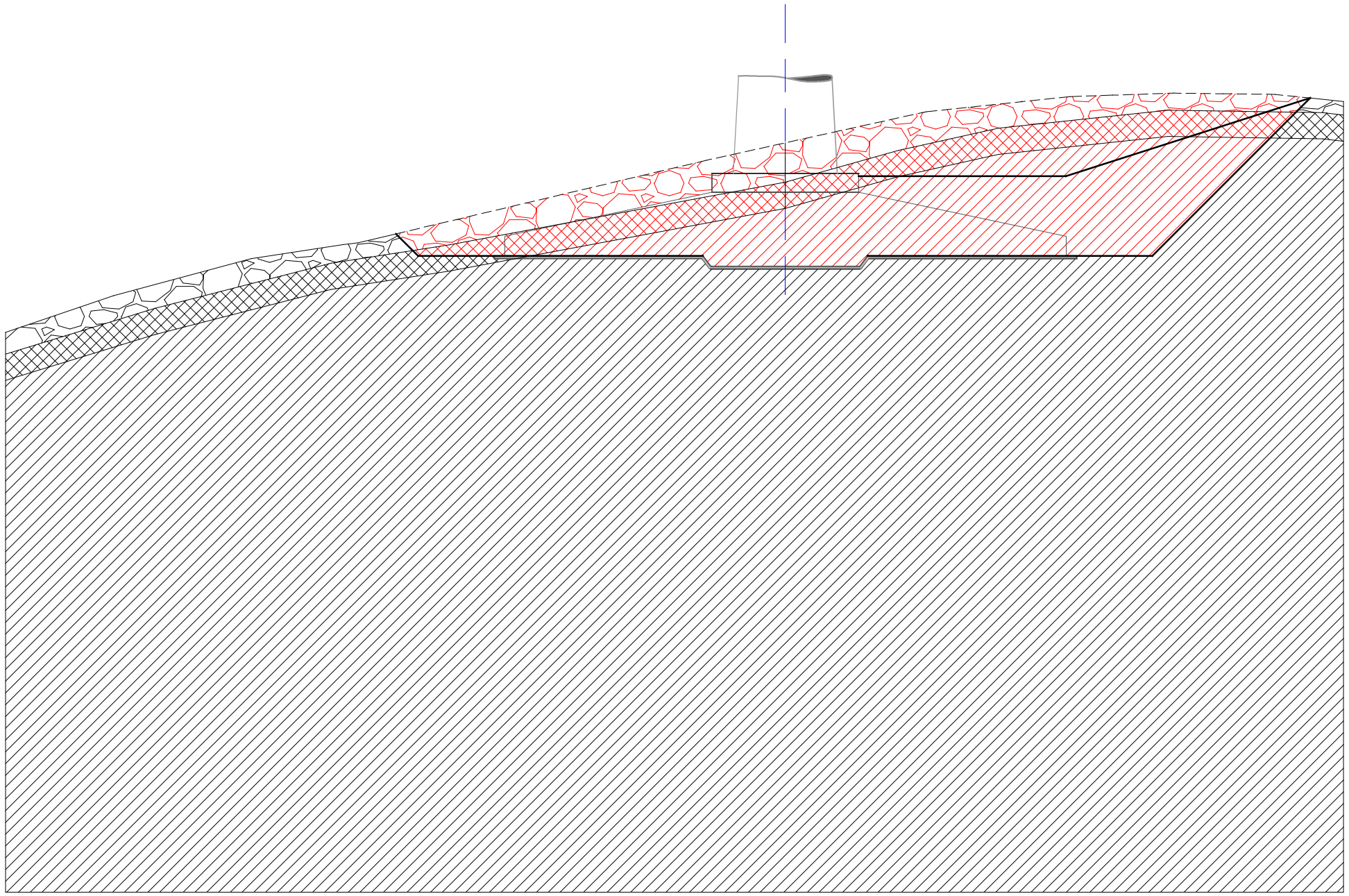
Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte
Dott. Geol. Gabriele Civardi Via Cantore 8 int. Q GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG3



1:200

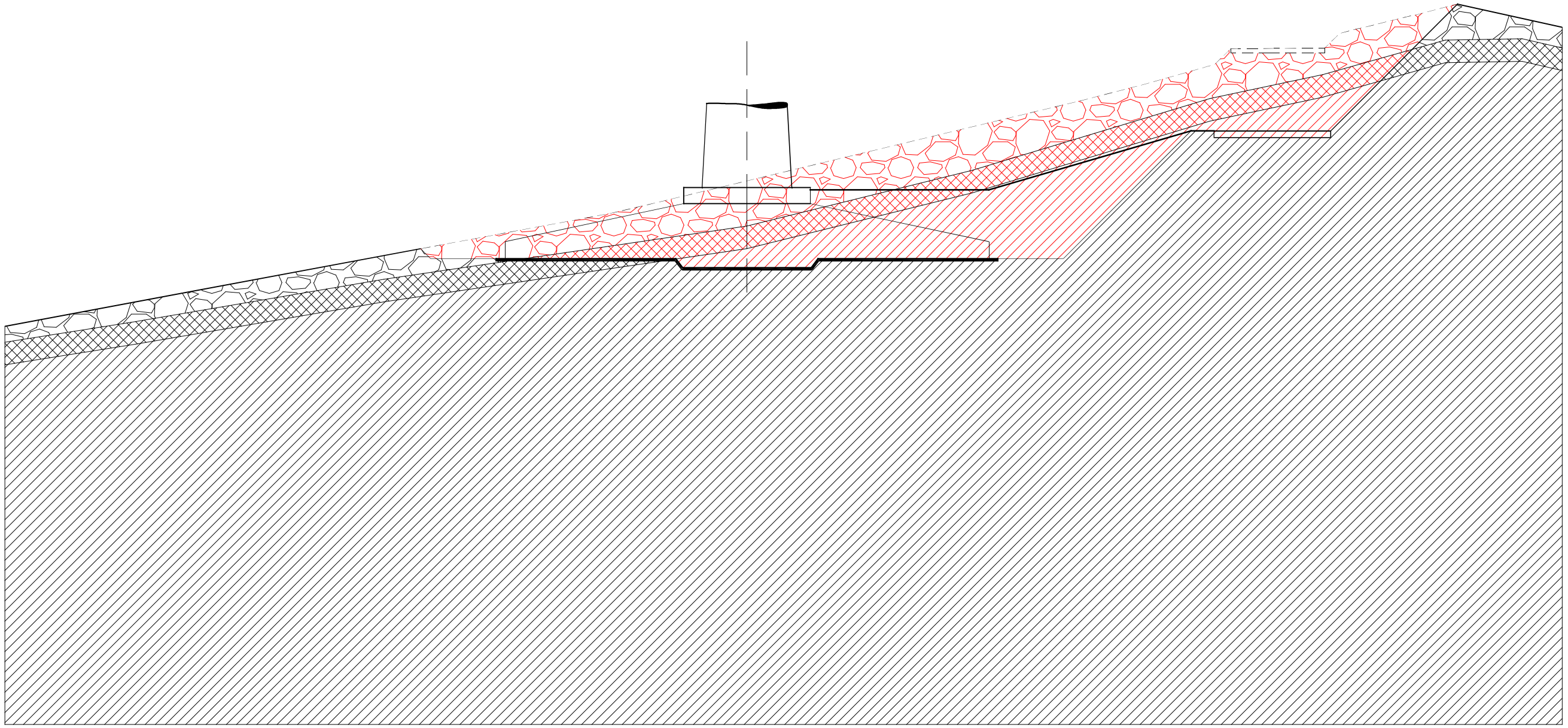
Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte
Dott. Geol. Gabriele Civardi Via Cantore 8 int. Q GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG4



1:200

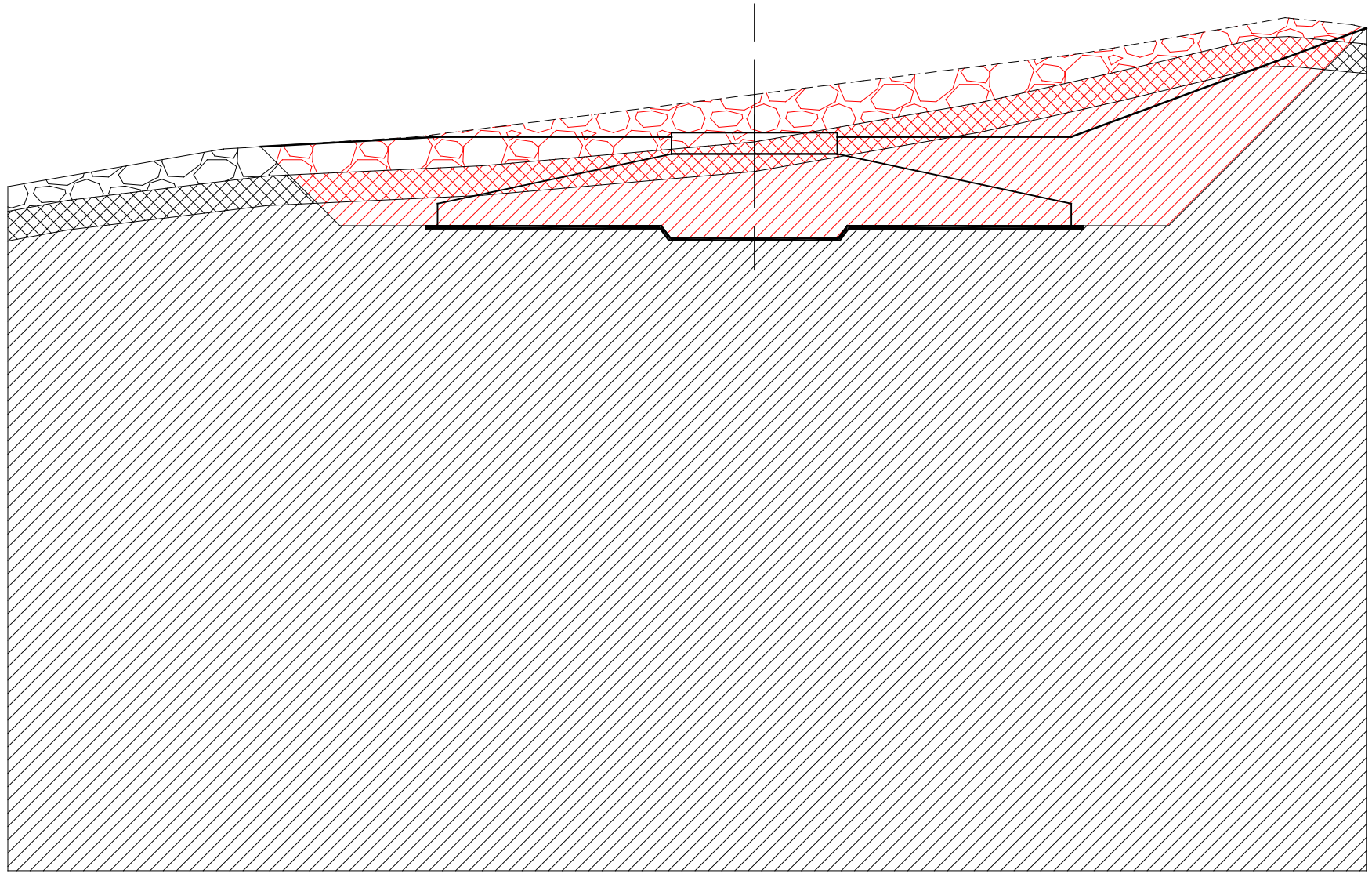
Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte
Dott. Geol. Gabriele Civardi Via Cantore 8 int. Q GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG5



1:200

Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

I. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Via Cantore 8 int. Q GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG6

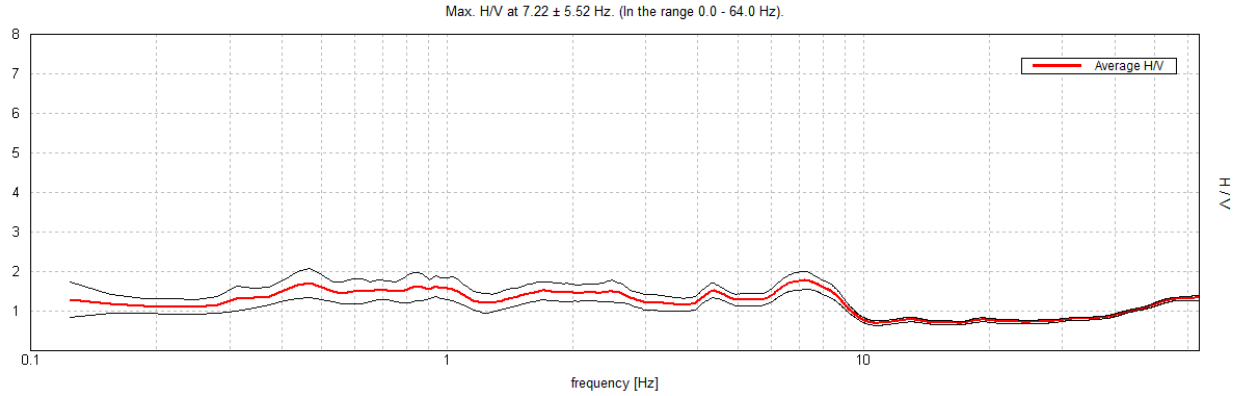
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG01 H/V1

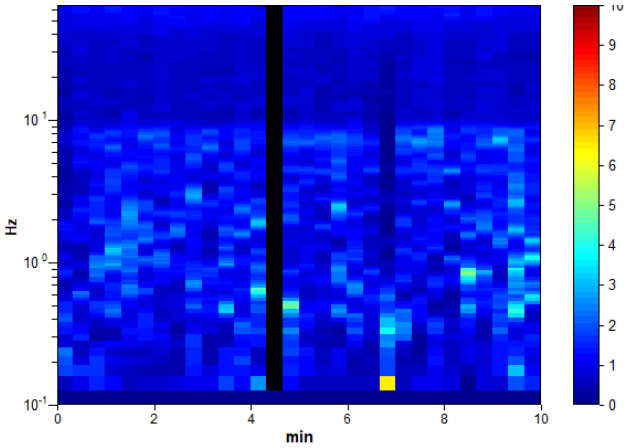
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 13:12:26 End recording: 01/02/2024 13:22:26
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 97% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

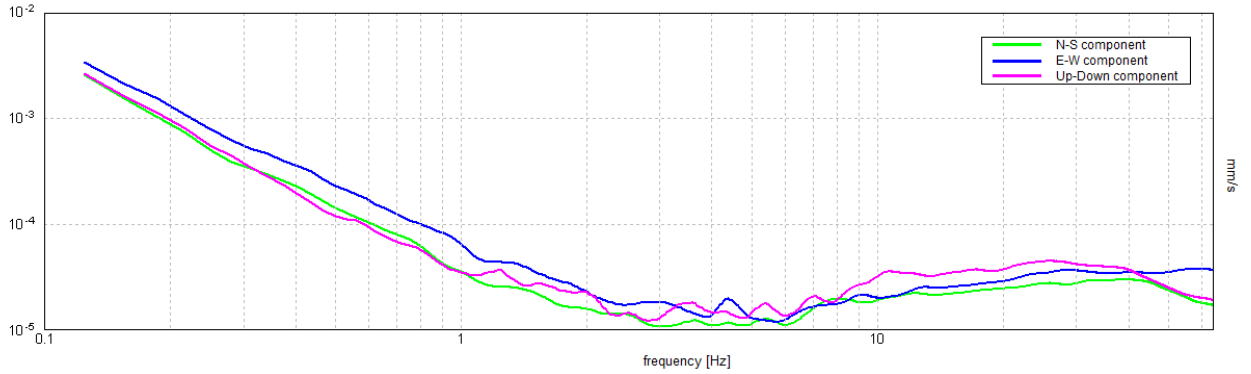
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



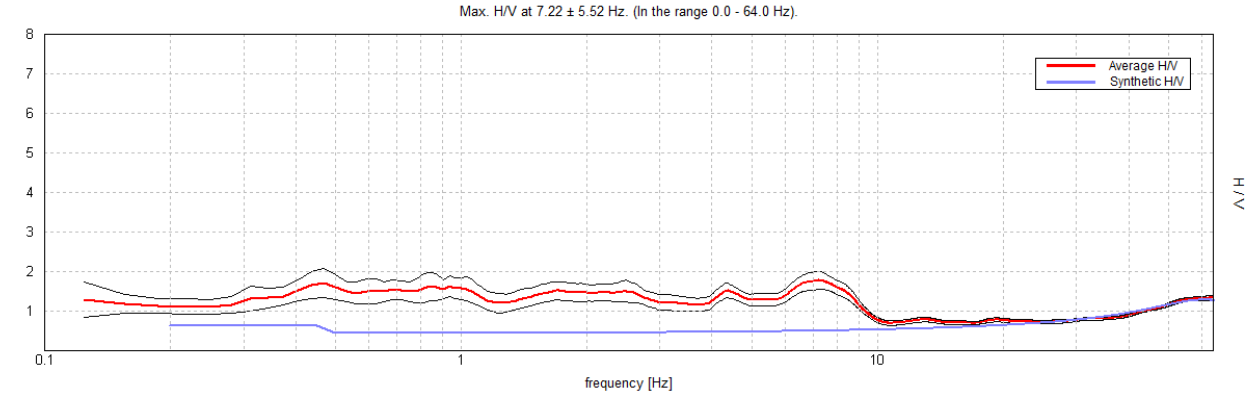
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

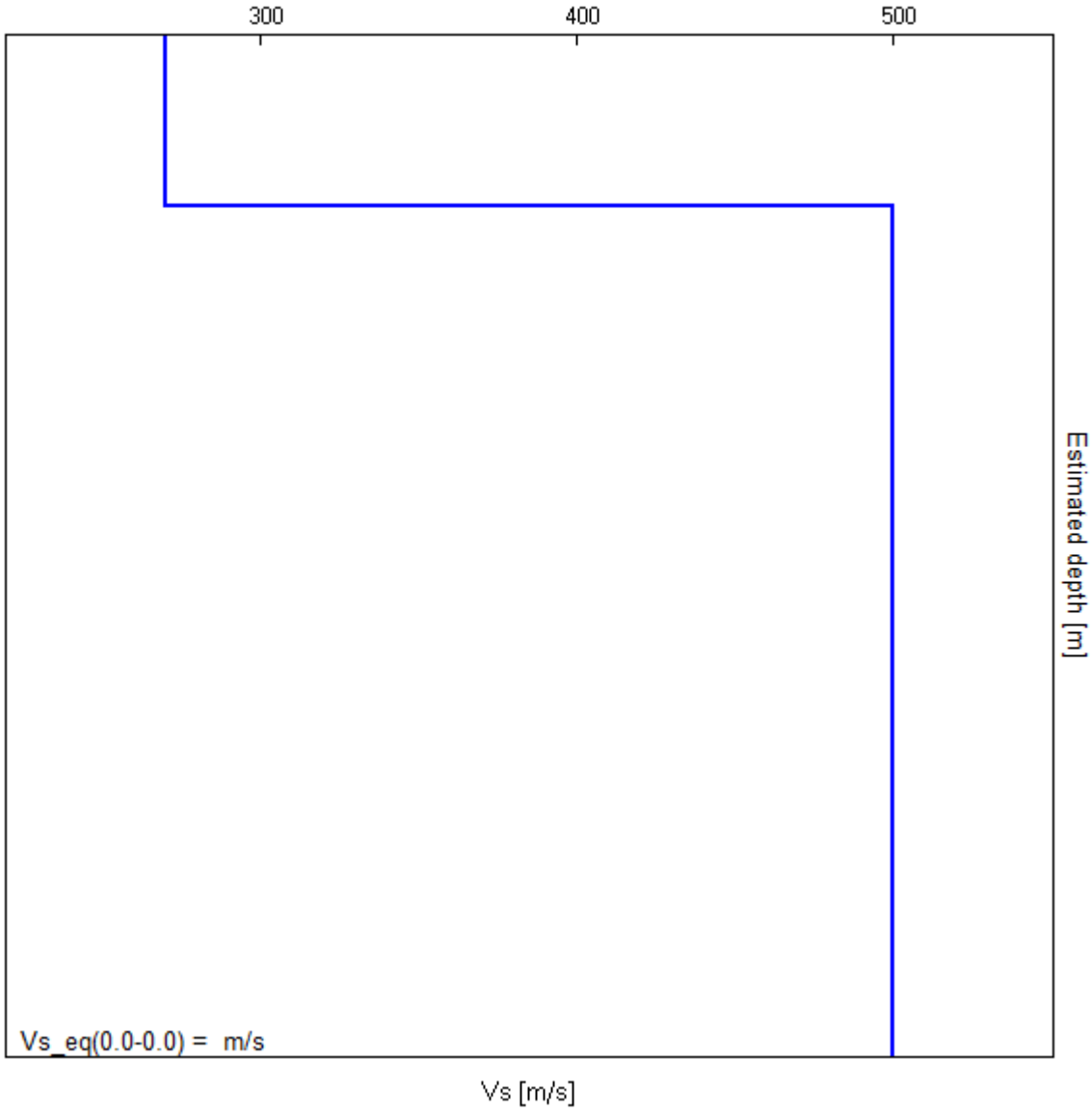


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	270	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 451 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

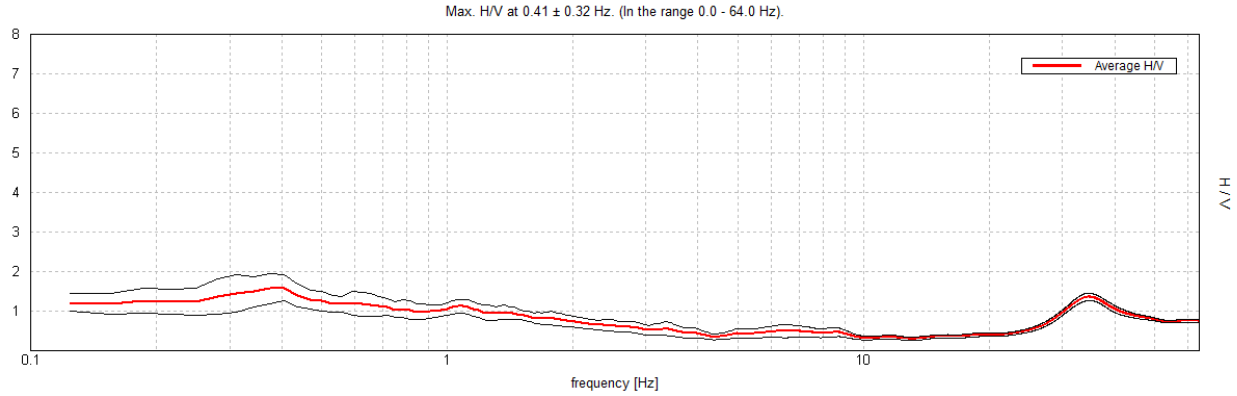
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG01 H/V2

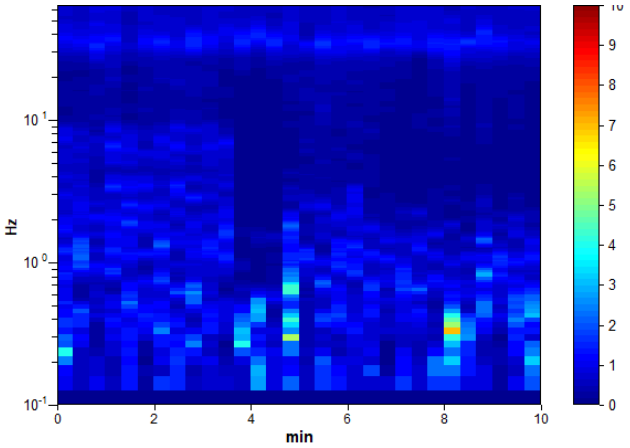
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 13:25:35 End recording: 01/02/2024 13:35:35
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

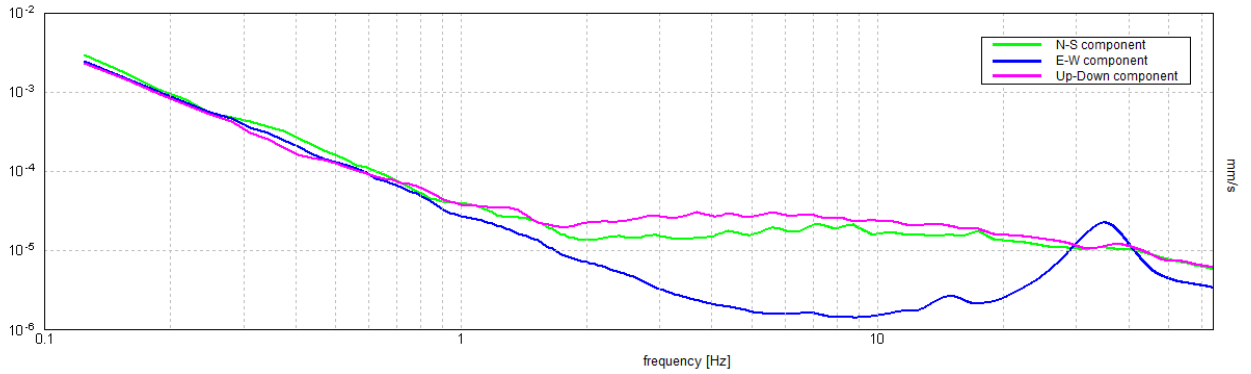
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



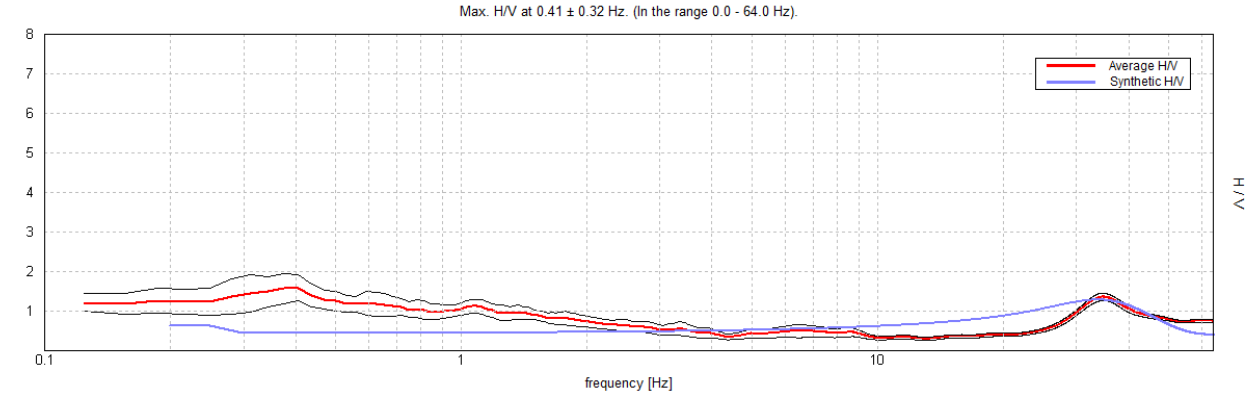
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

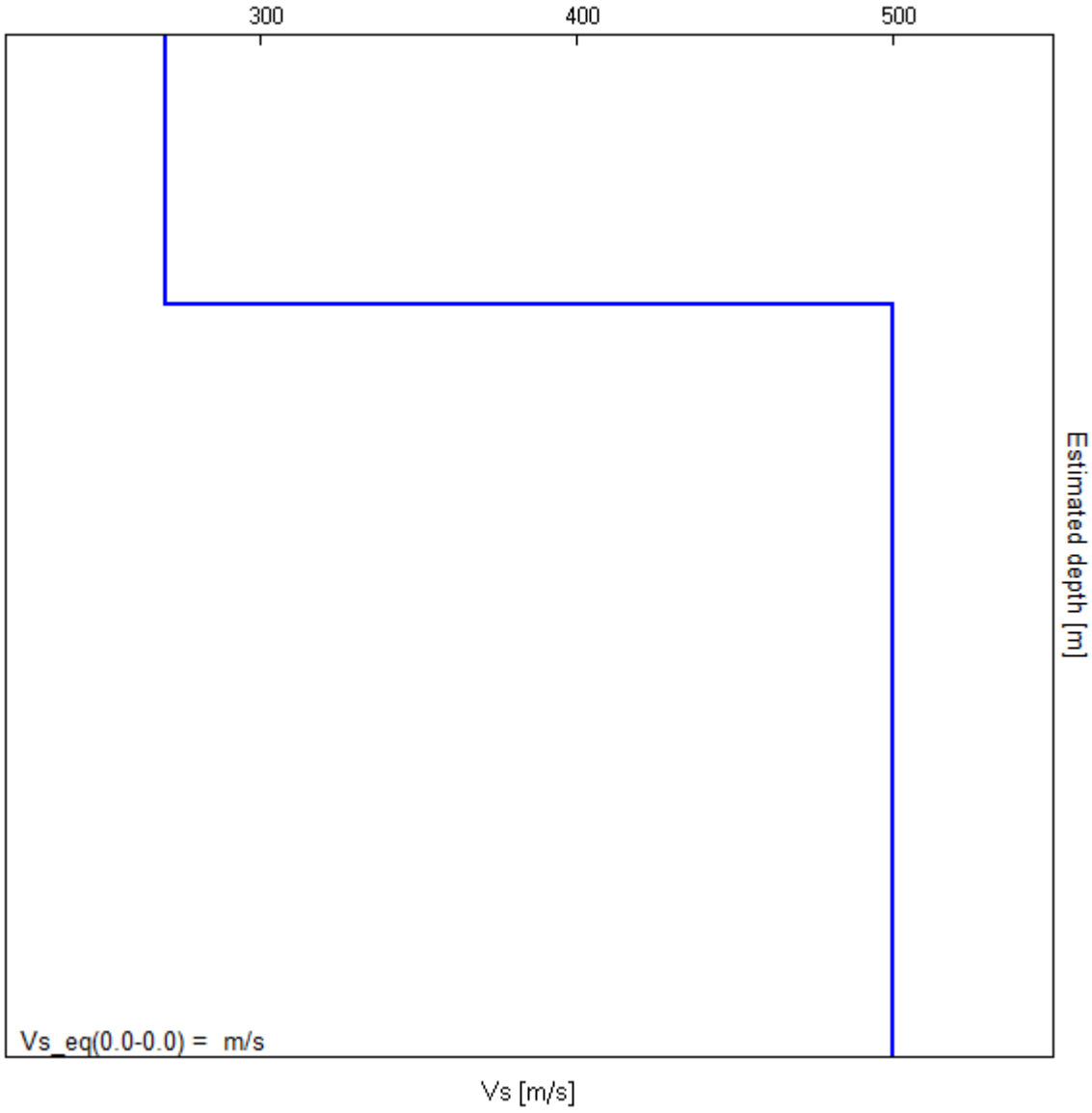


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	270	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 463 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

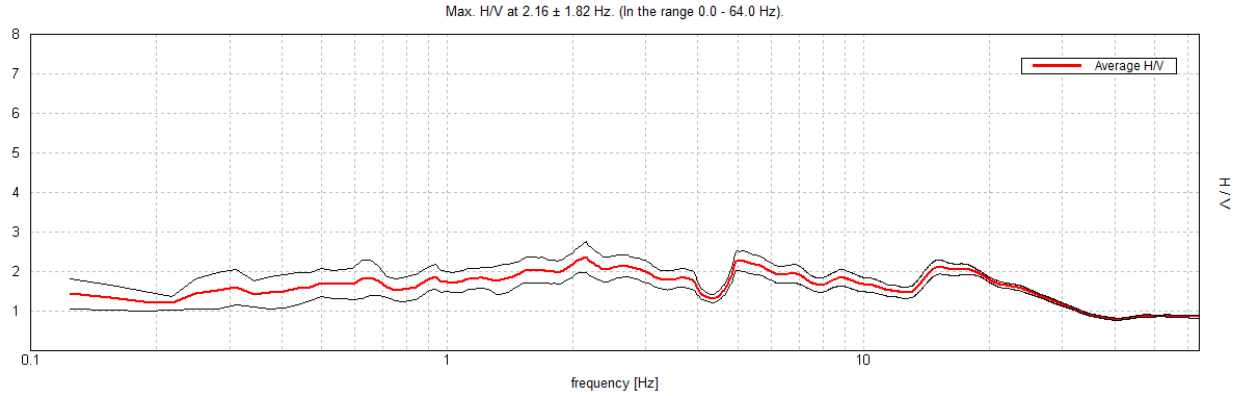
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG02 H/V1

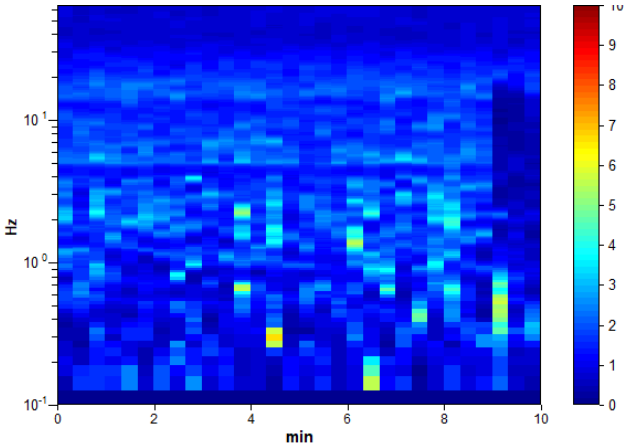
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 11:17:11 End recording: 01/02/2024 11:27:11
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

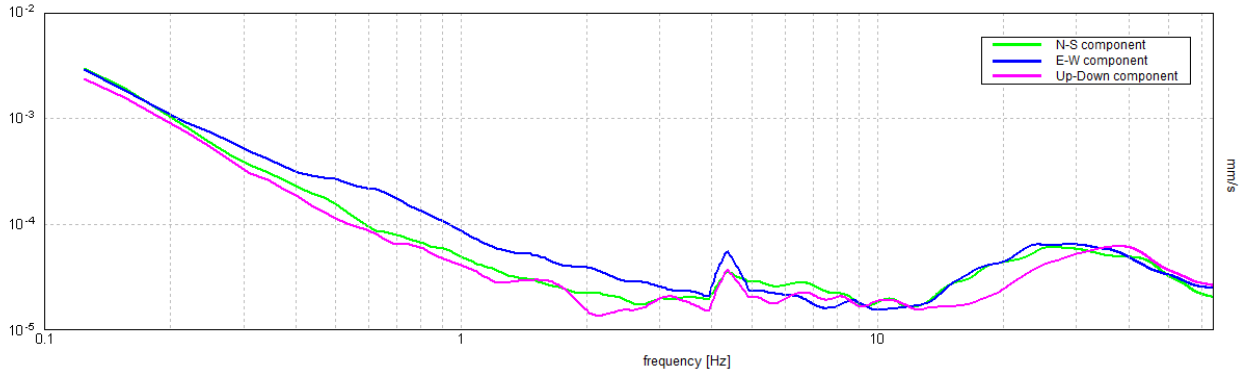


H/V TIME HISTORY

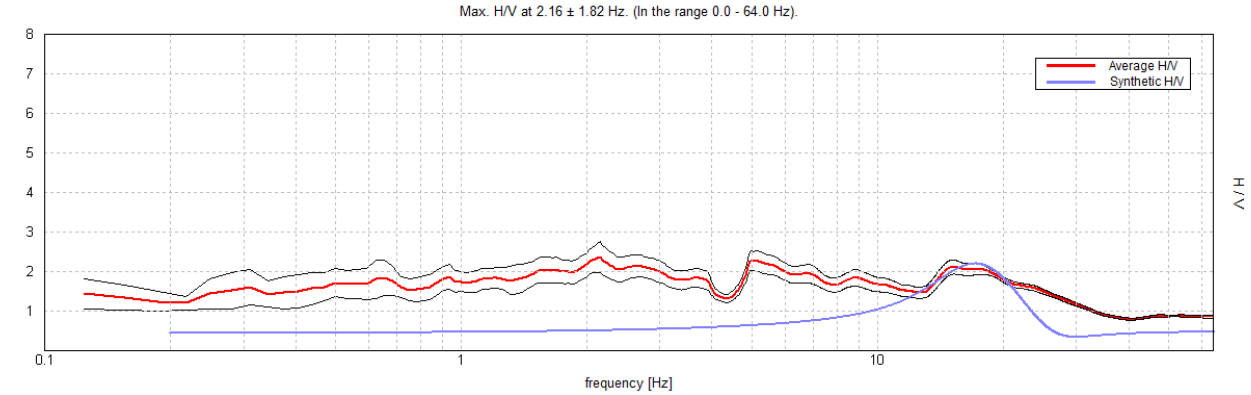


www.moho.world

SINGLE COMPONENT SPECTRA

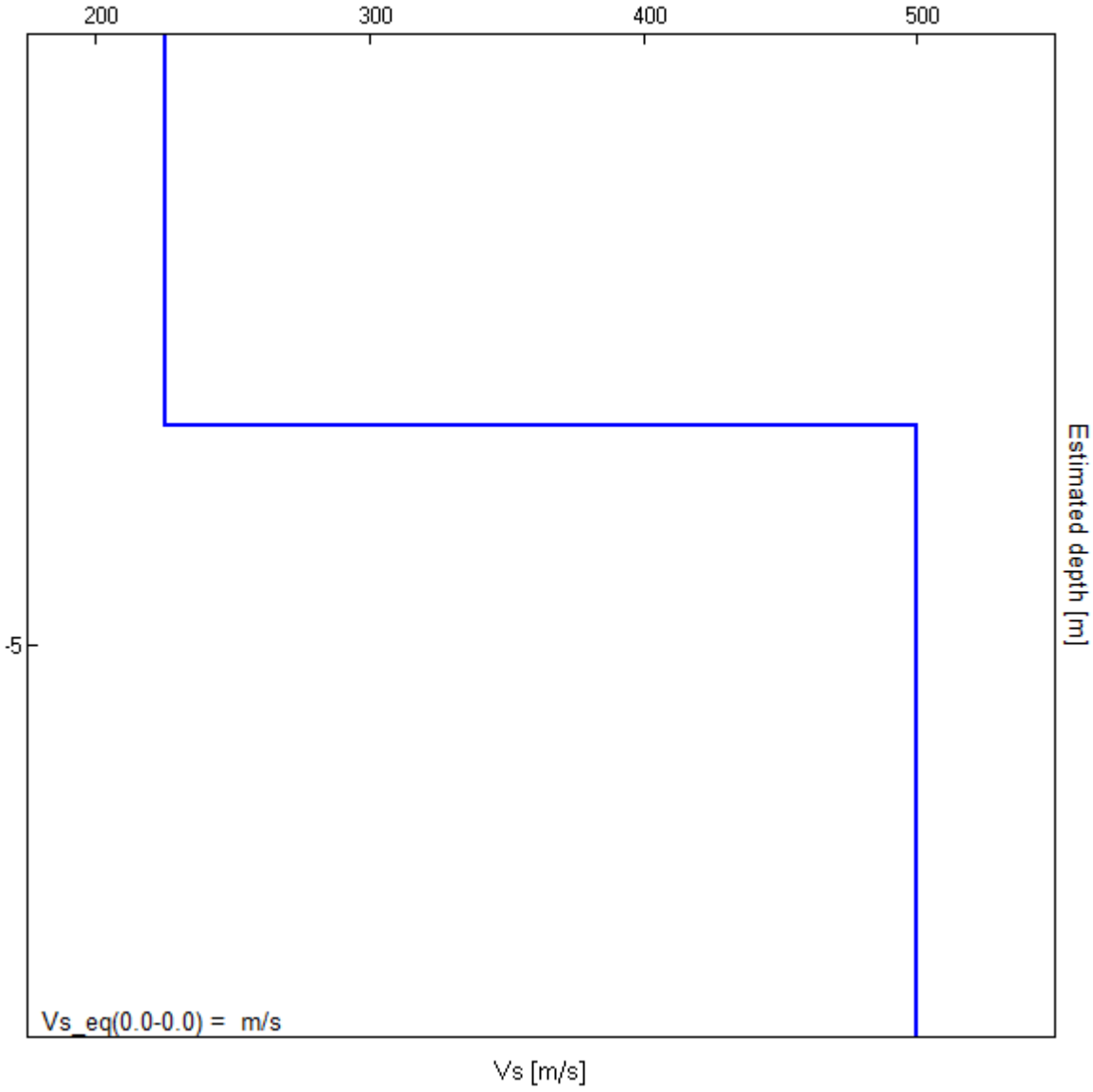


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.20	3.20	225	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 454 m/s


200
300
400
500
-5
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

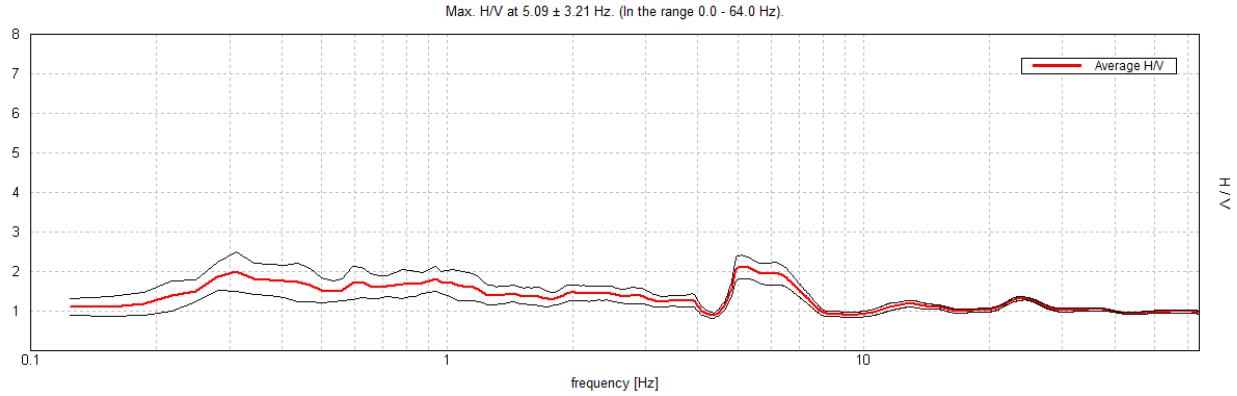
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG02 H/V2

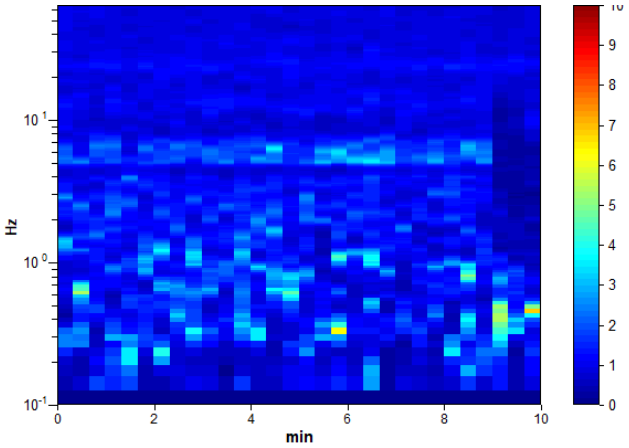
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 11:28:11 End recording: 01/02/2024 11:38:11
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

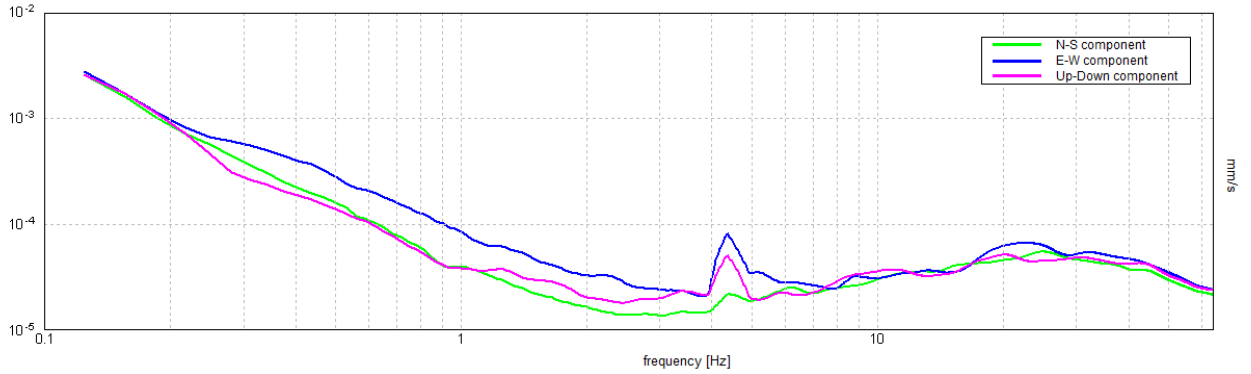
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



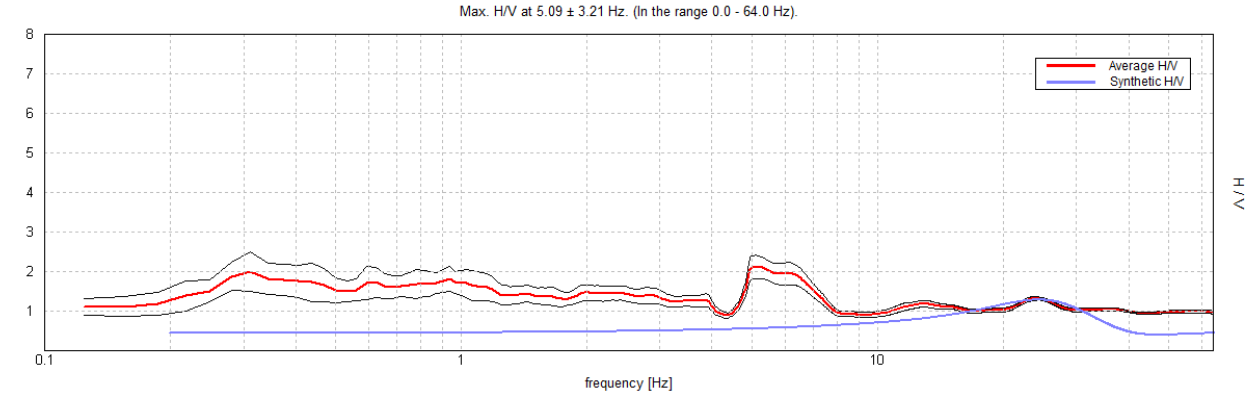
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

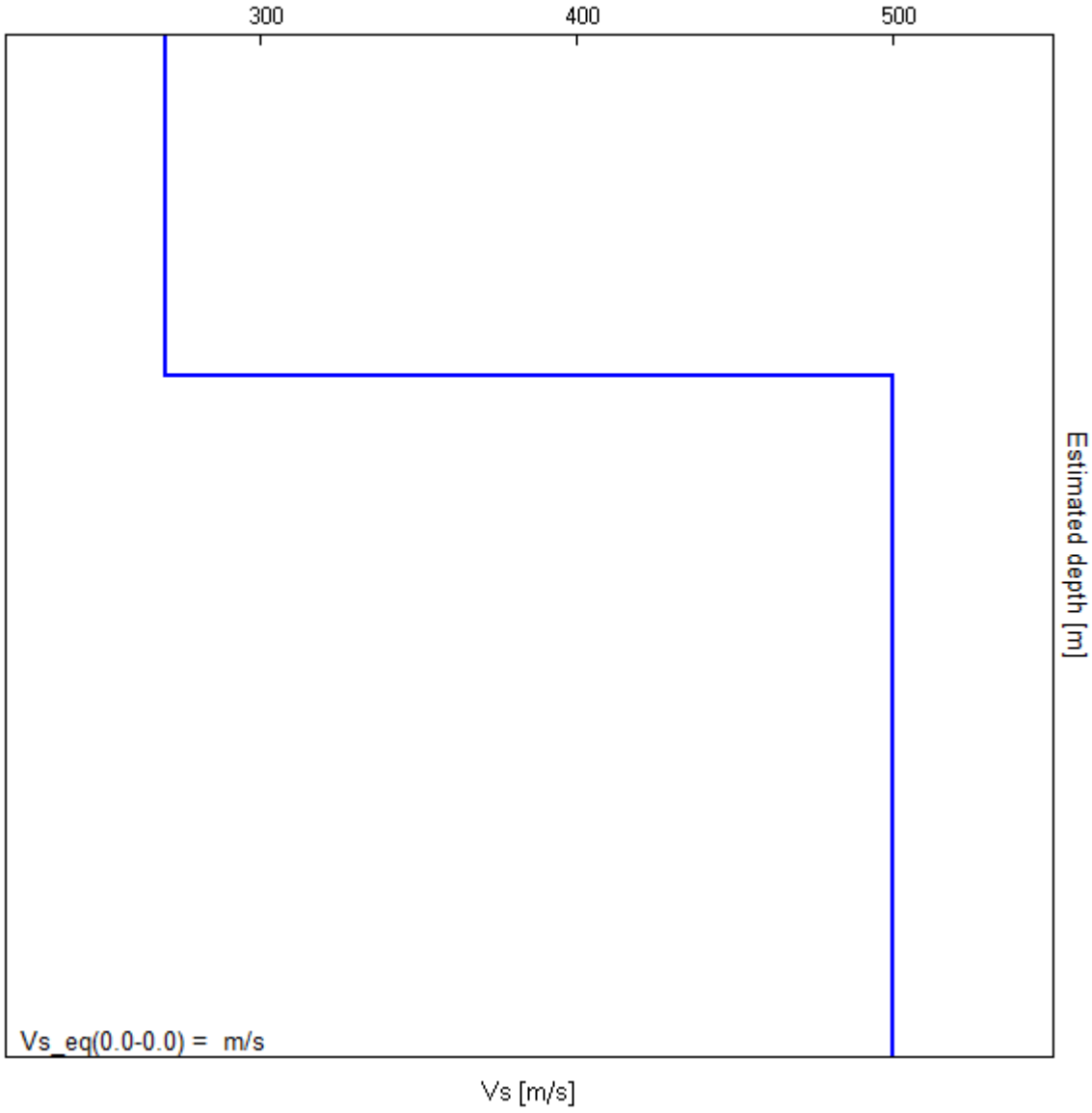


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	270	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 436 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

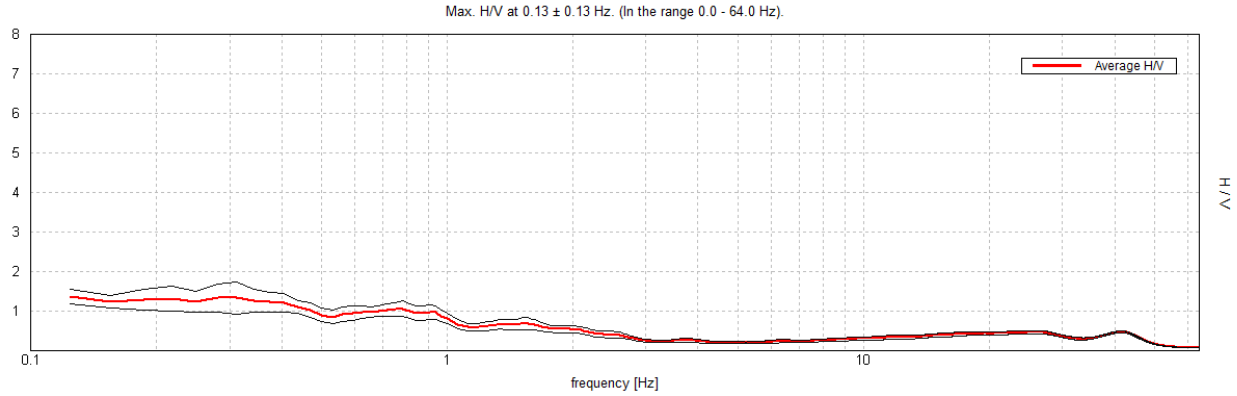
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG03 H/V1

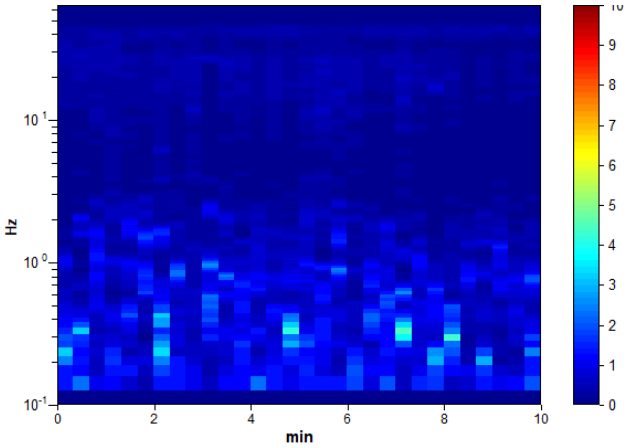
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 10:13:43 End recording: 01/02/2024 10:23:43
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

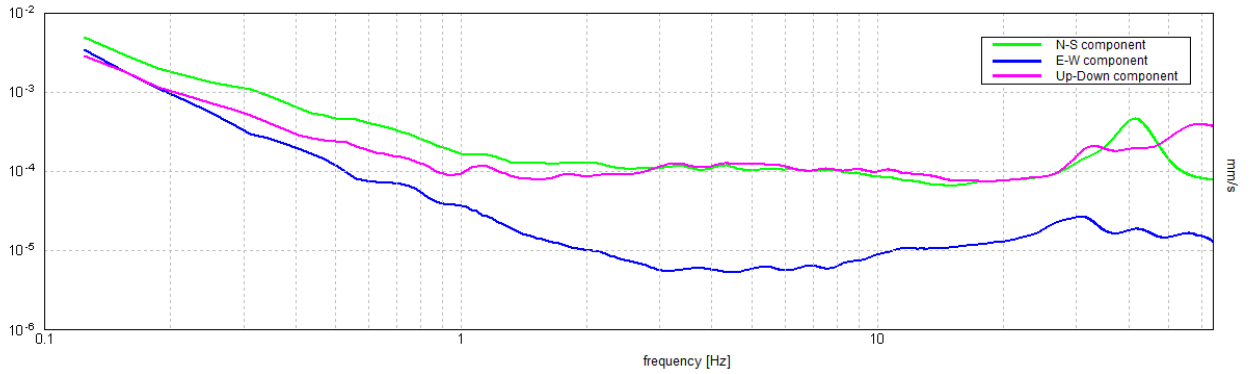
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



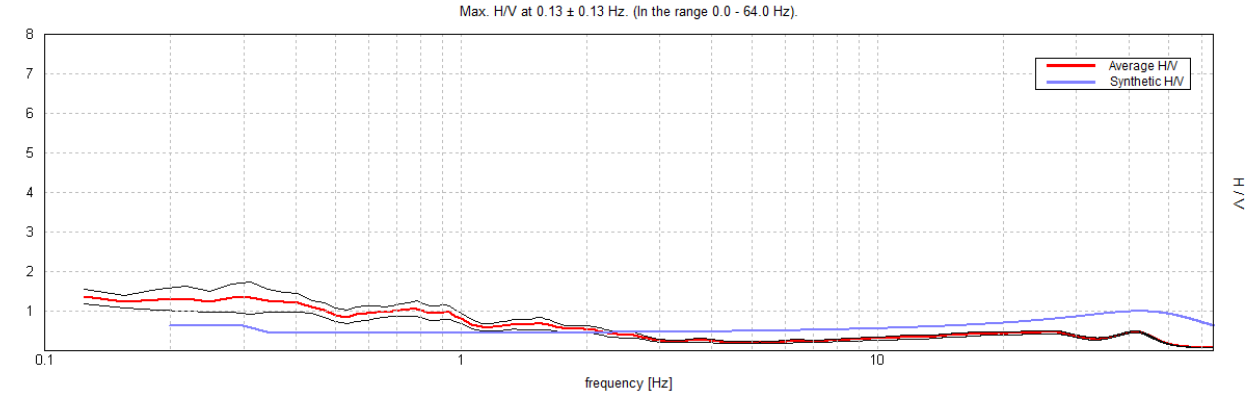
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

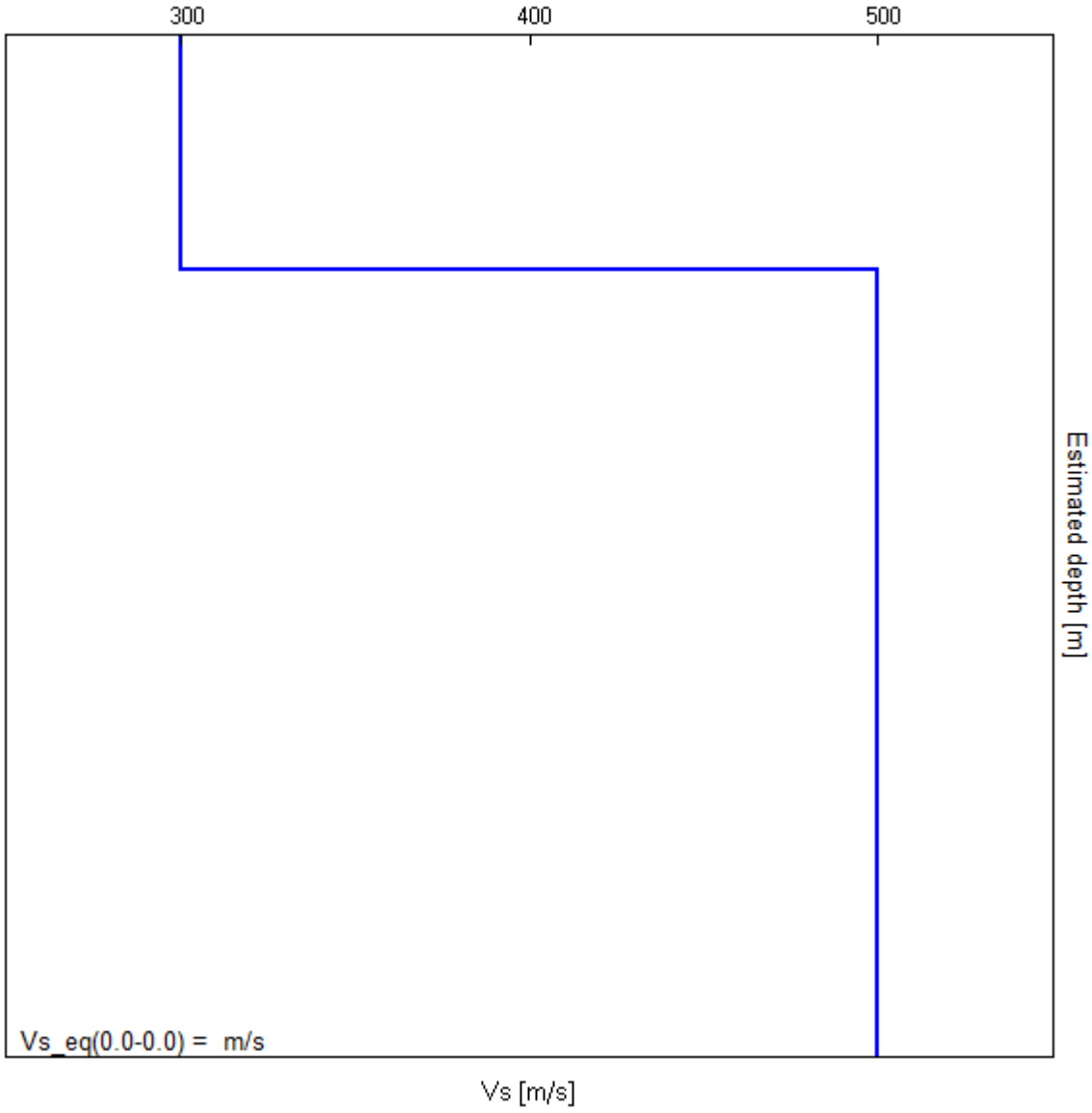


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	300	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 422 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

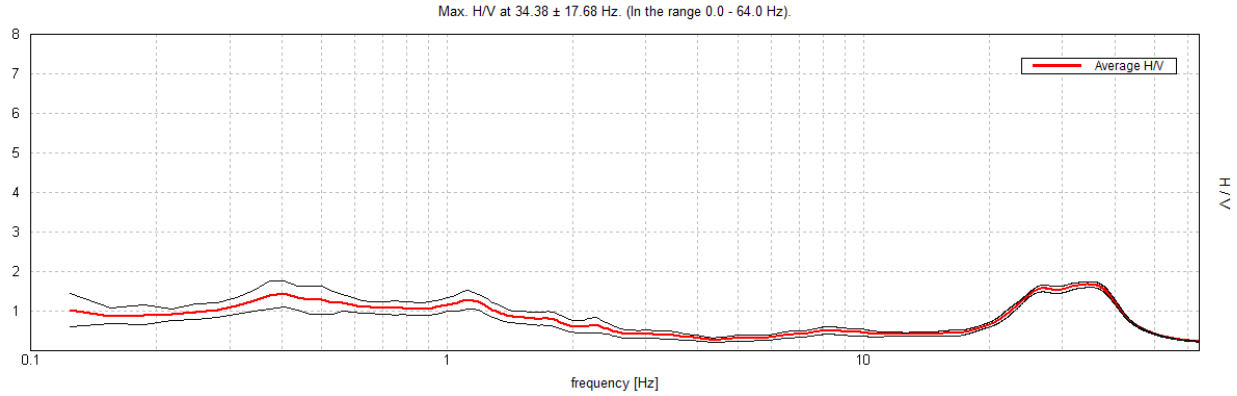
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG03 H/V2

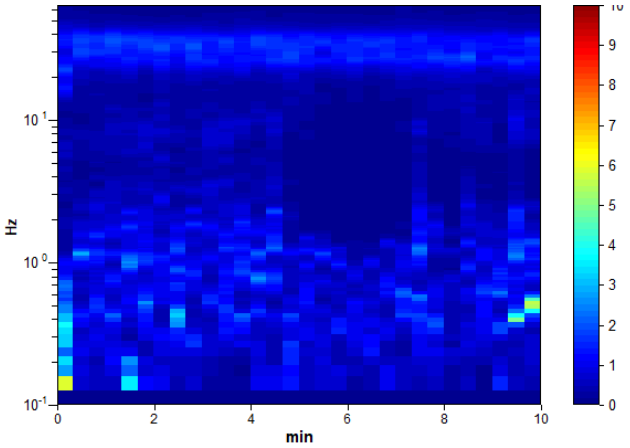
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 10:24:34 End recording: 01/02/2024 10:34:34
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

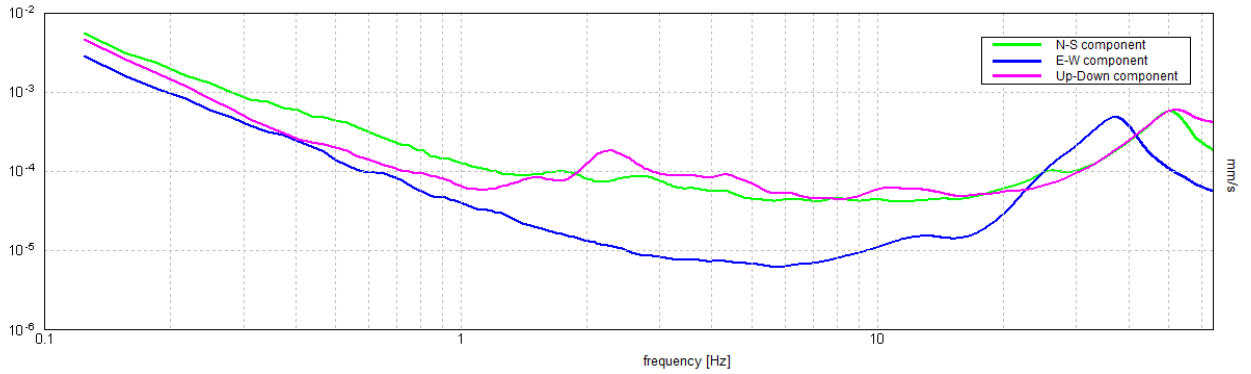


H/V TIME HISTORY

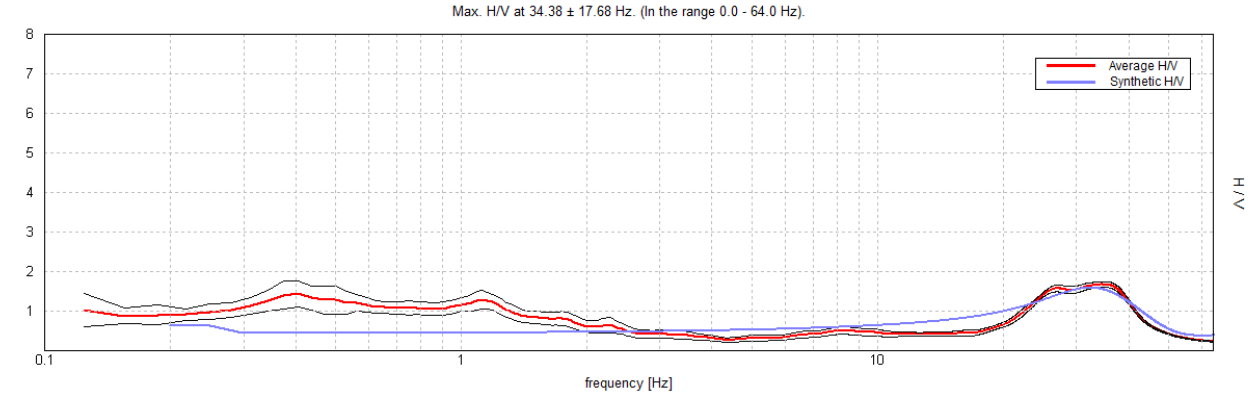


www.moho.world

SINGLE COMPONENT SPECTRA

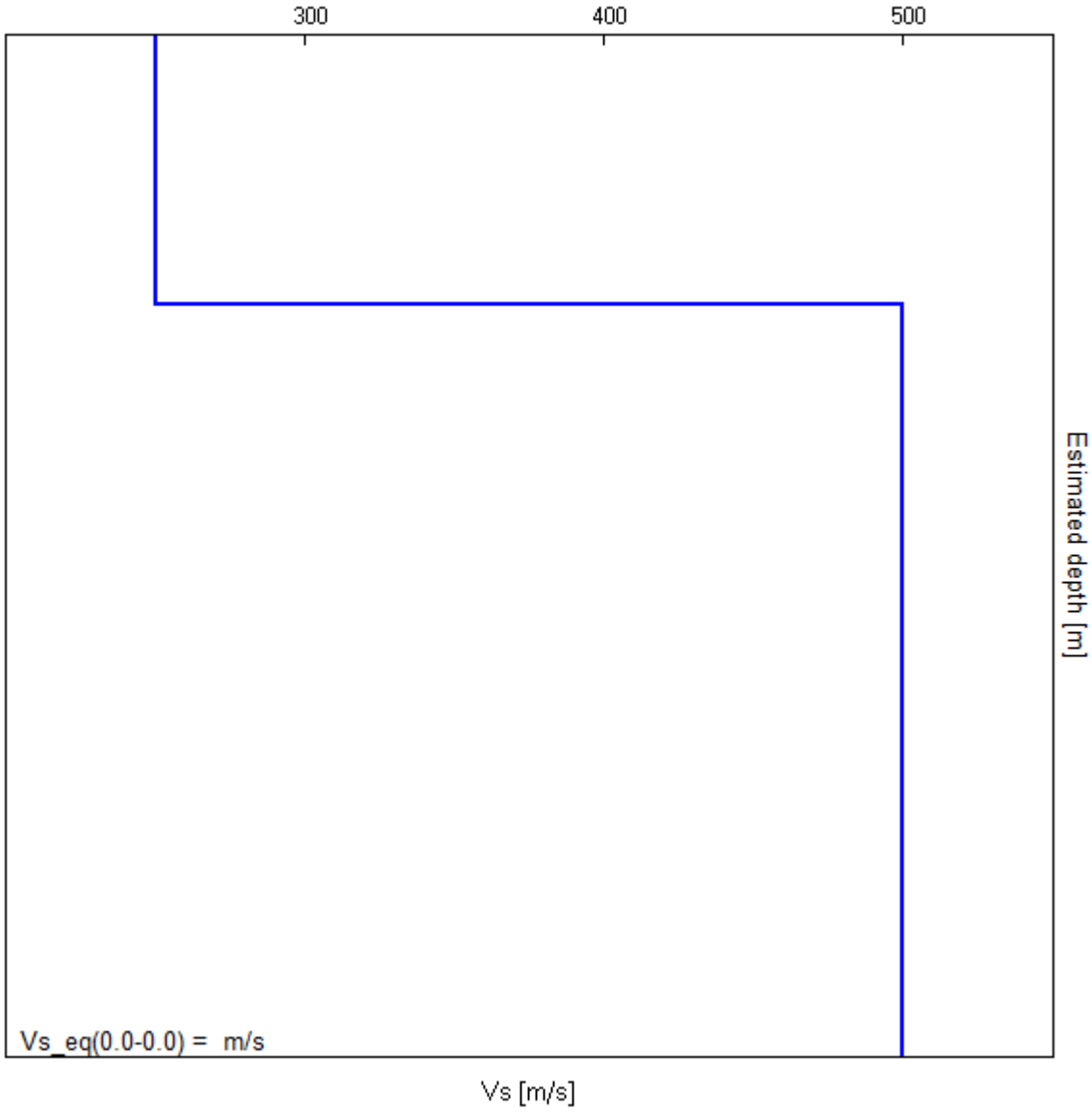


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 451 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

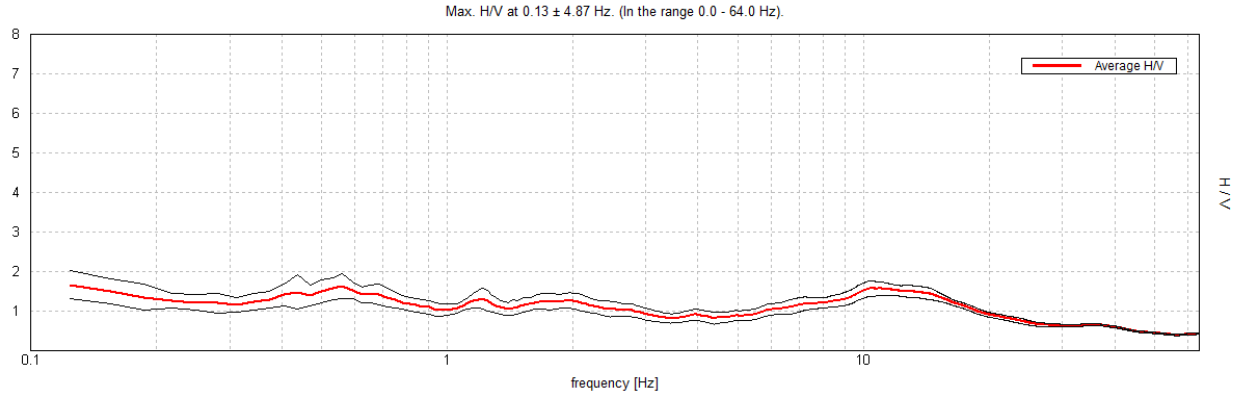
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG04 H/V1

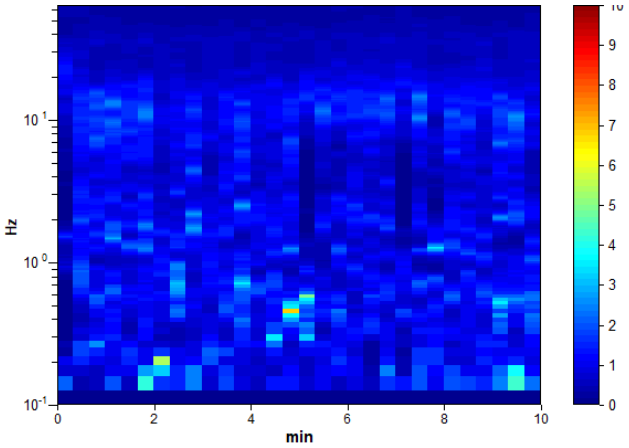
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 10:44:09 End recording: 01/02/2024 10:54:09
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

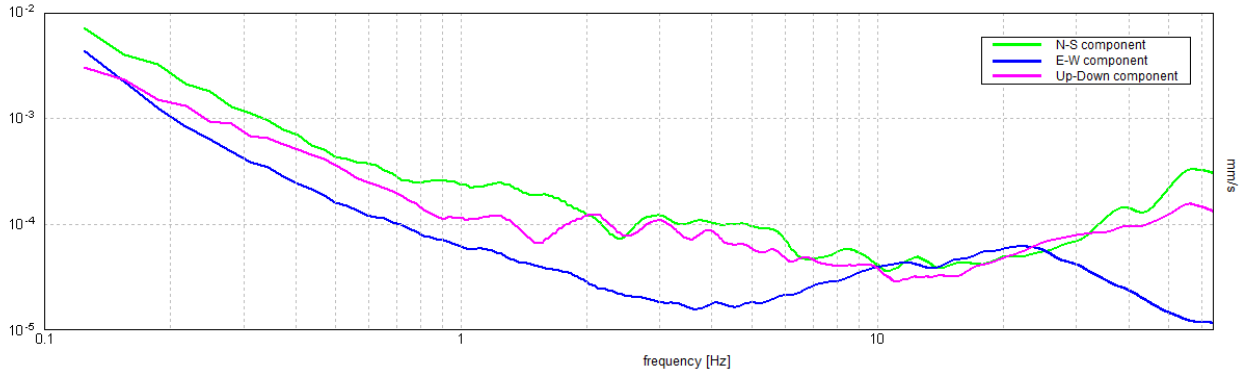


H/V TIME HISTORY

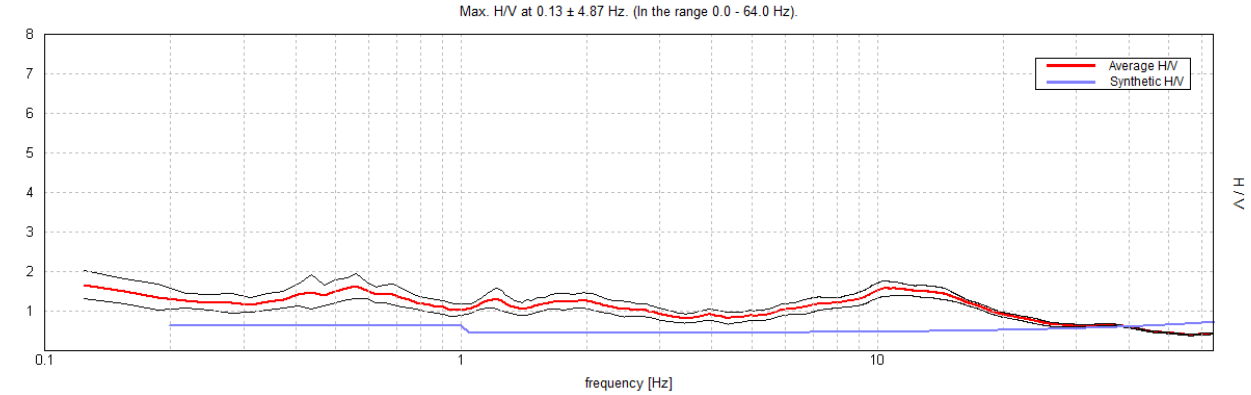


www.moho.world

SINGLE COMPONENT SPECTRA

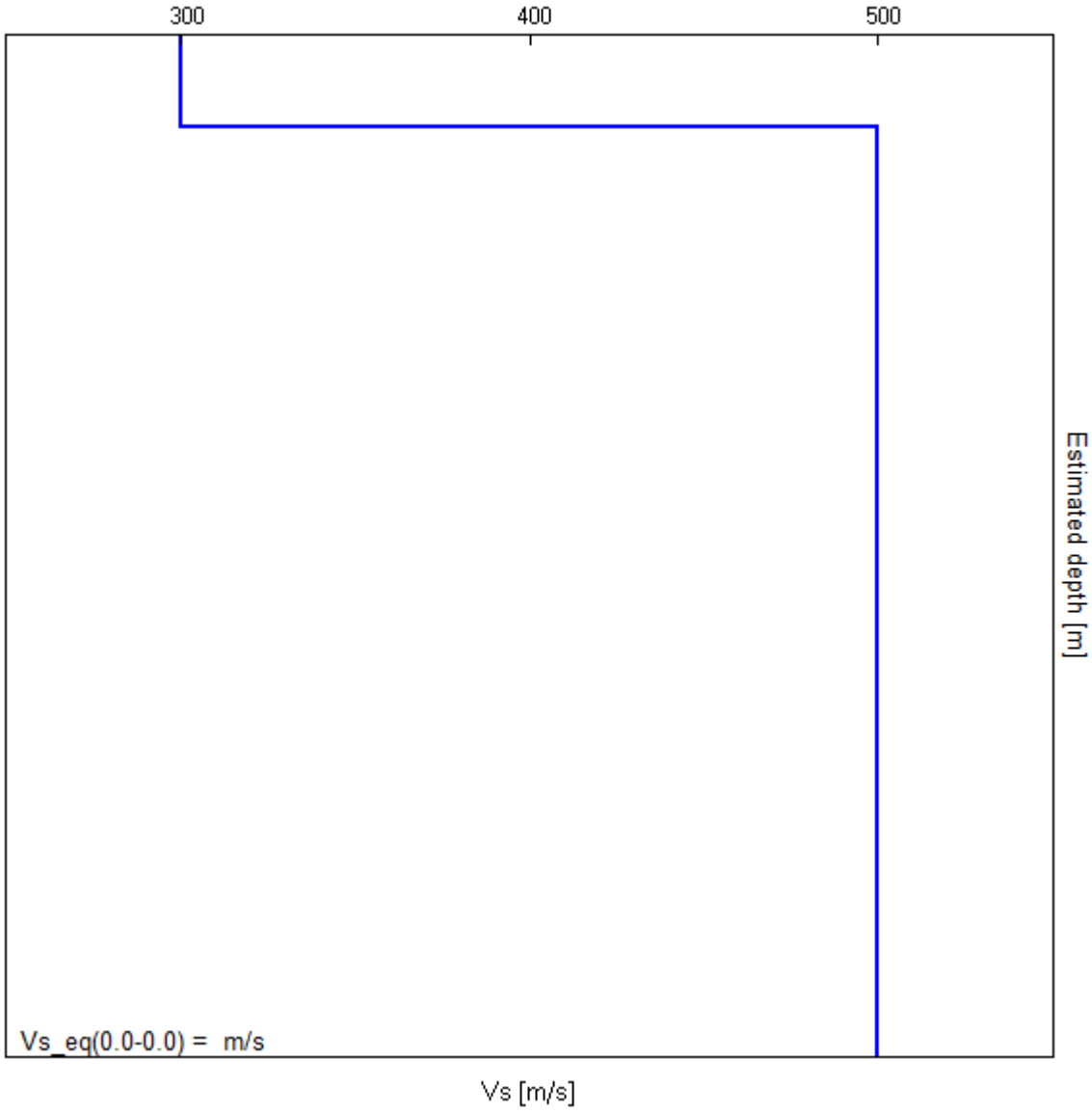


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	300	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 461 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

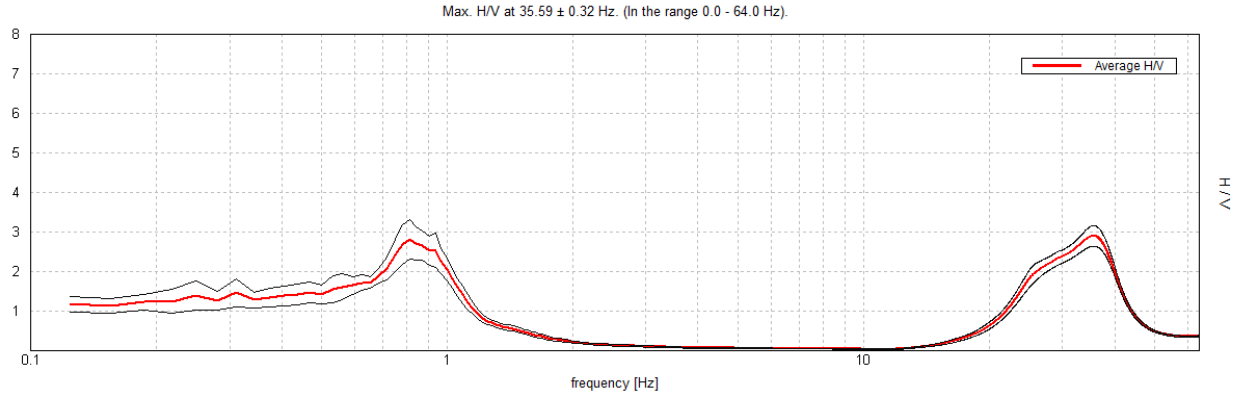
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG04 H/V2

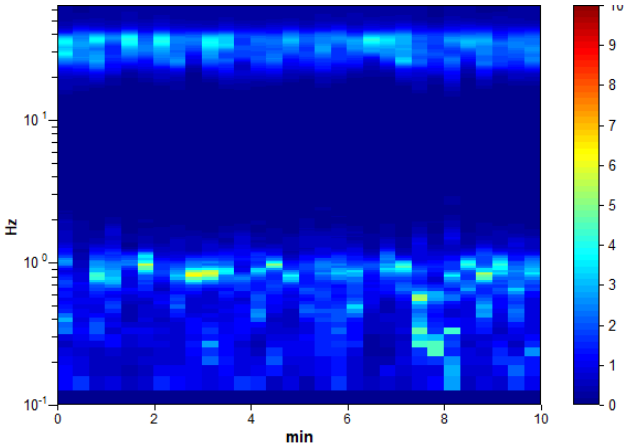
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 10:54:57 End recording: 01/02/2024 11:04:57
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

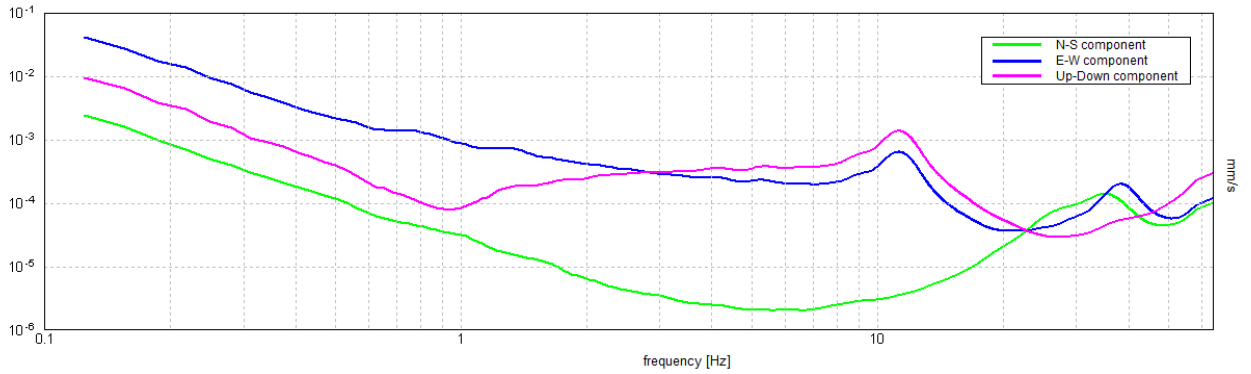
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



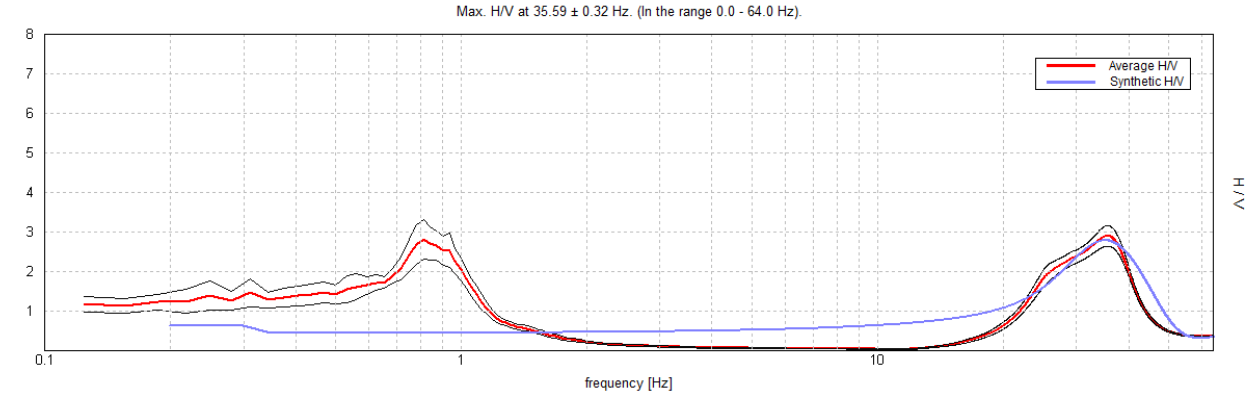
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

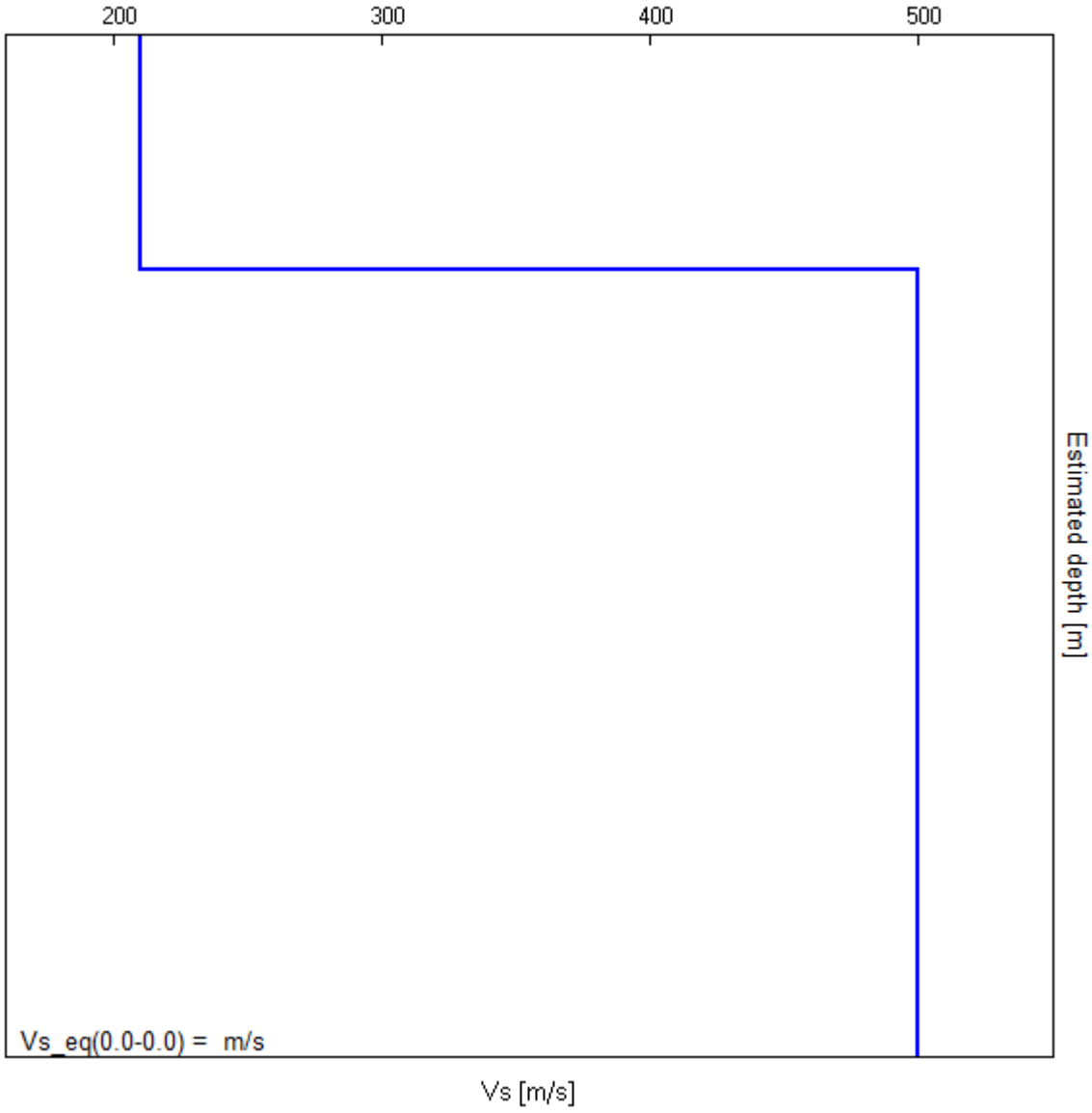


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	210	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 479 m/s


200
300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

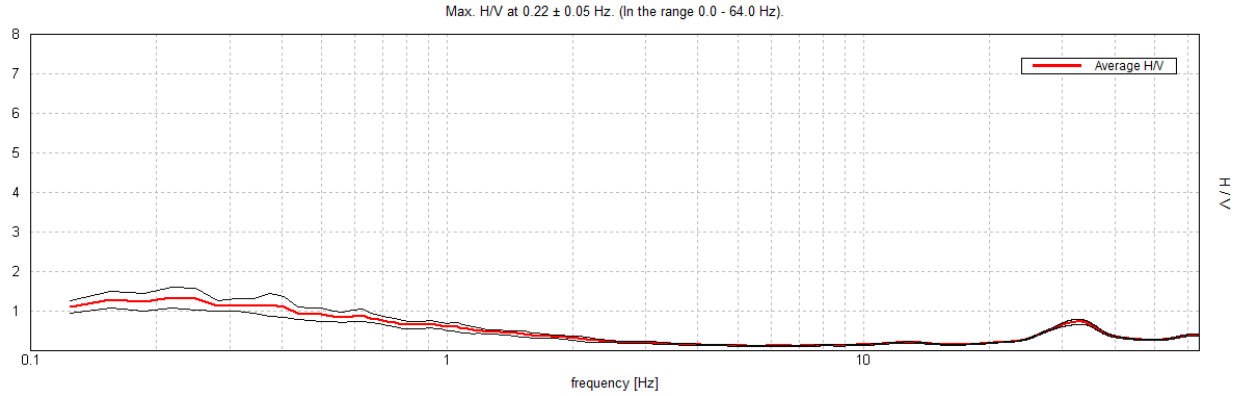
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG05 H/V1

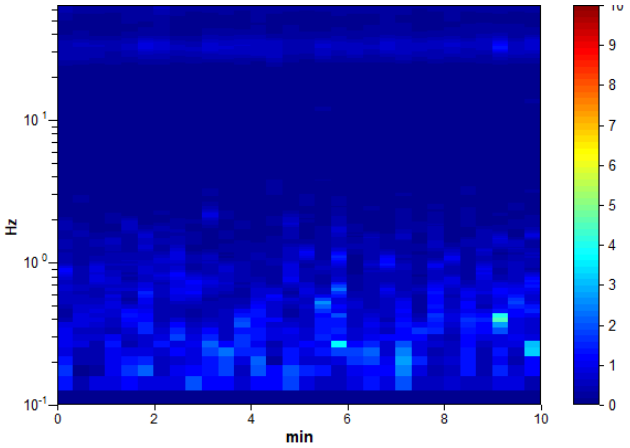
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 11:44:13 End recording: 01/02/2024 11:54:13
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

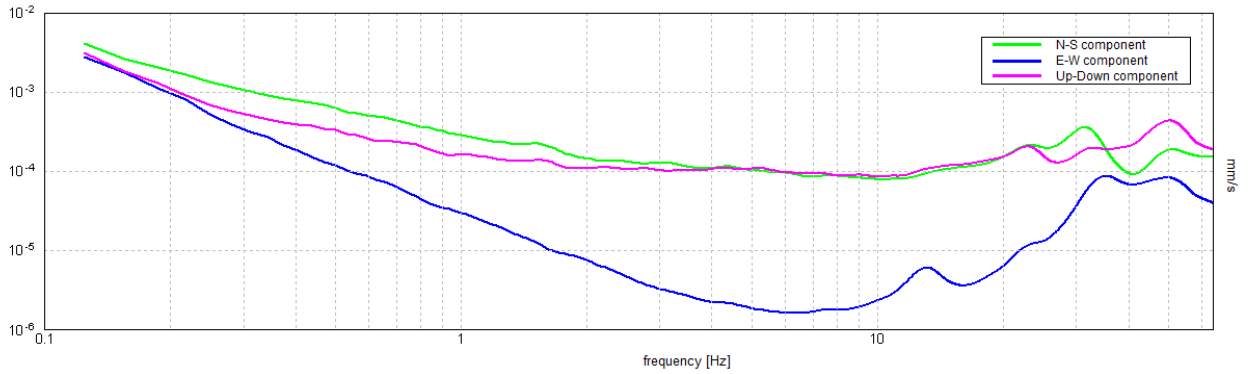


H/V TIME HISTORY

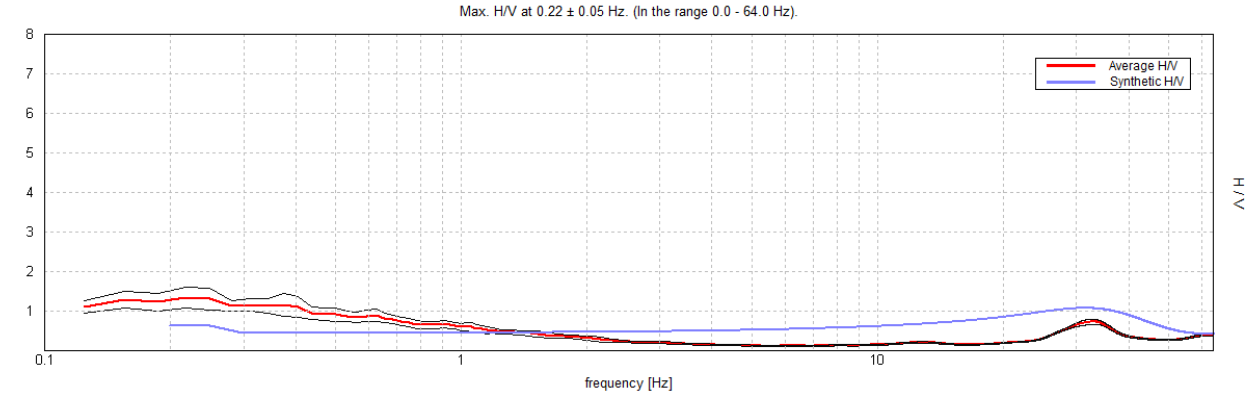


www.moho.world

SINGLE COMPONENT SPECTRA

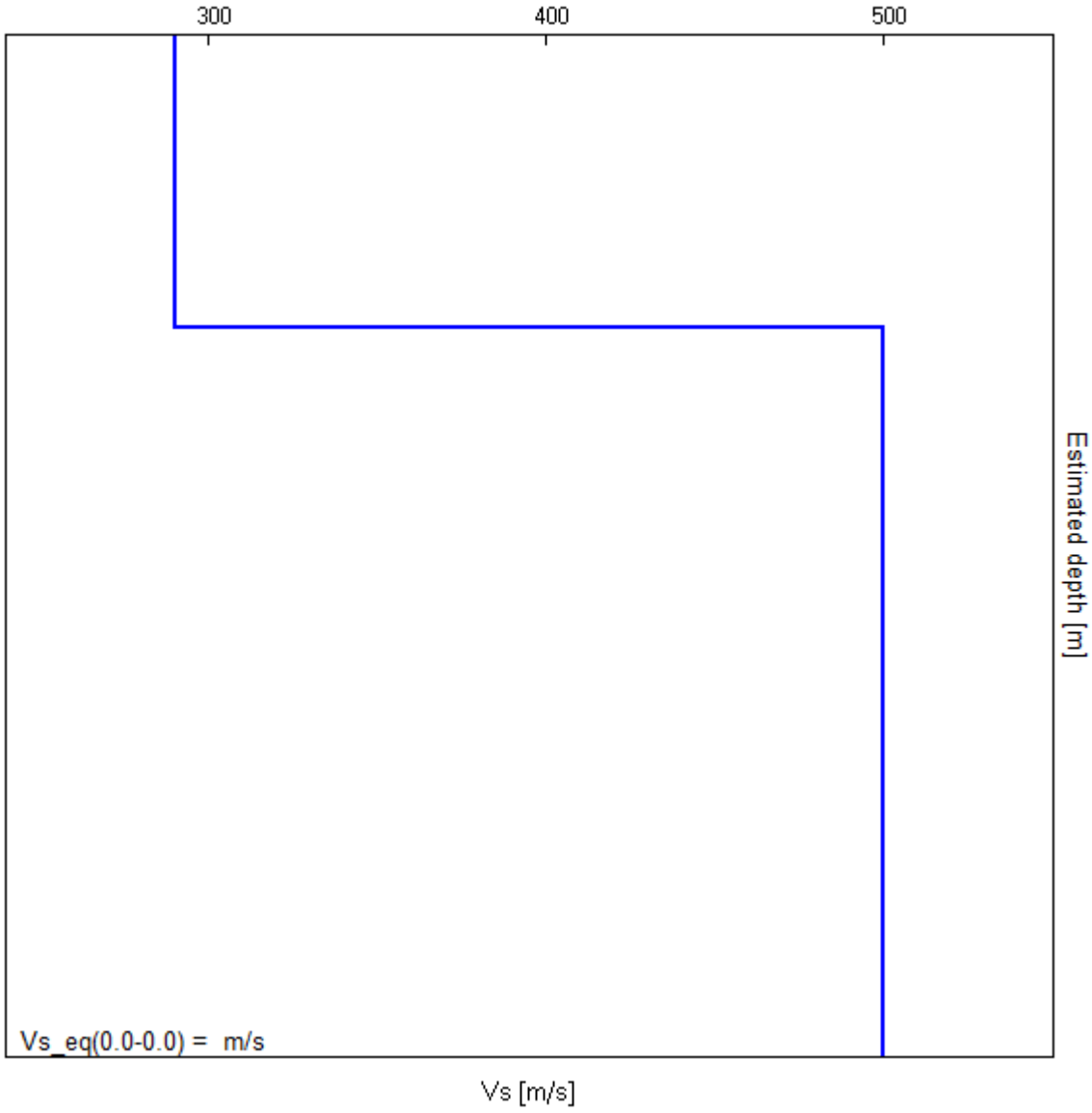


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	290	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 447 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

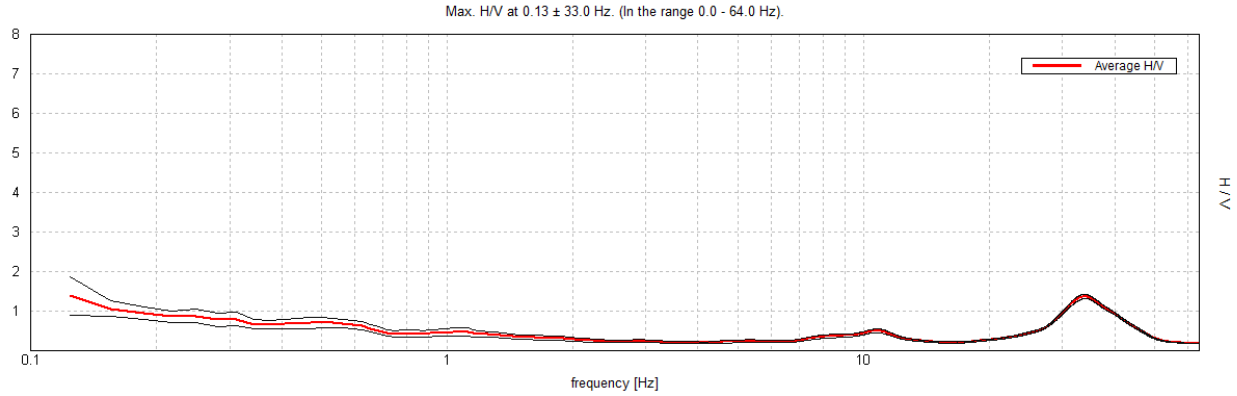
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG05 H/V2

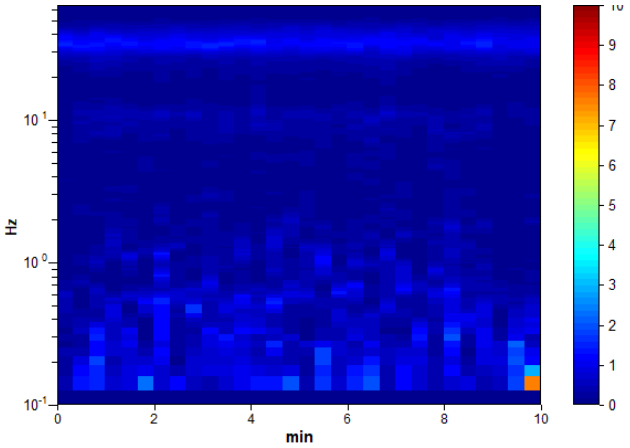
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 11:54:53 End recording: 01/02/2024 12:04:53
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

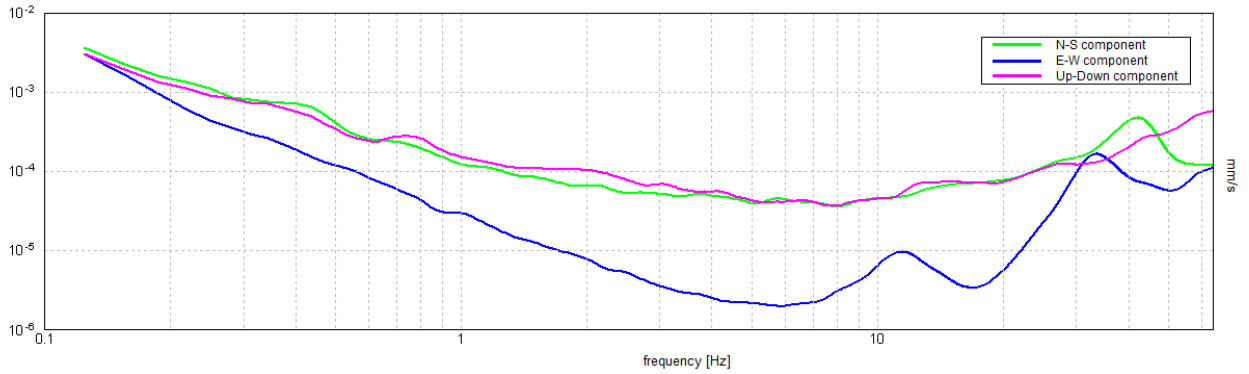


H/V TIME HISTORY

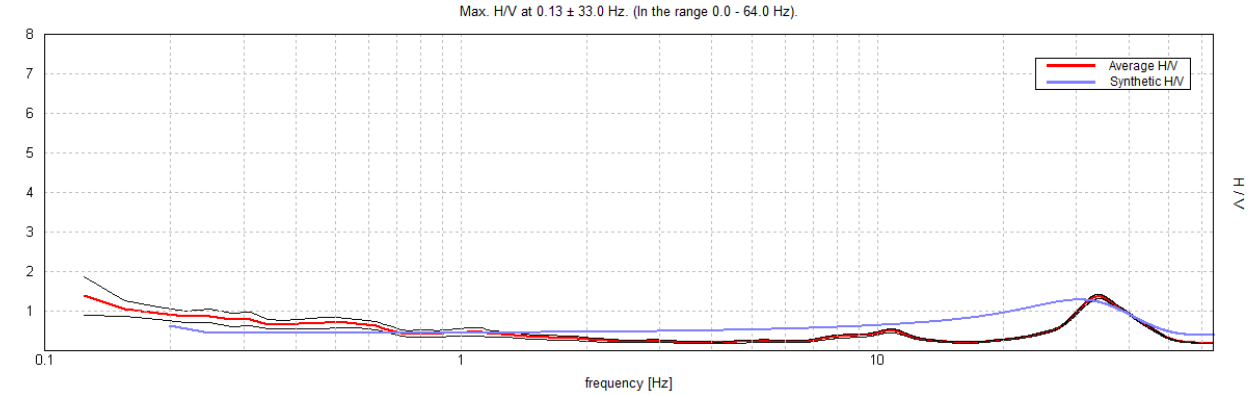


www.moho.world

SINGLE COMPONENT SPECTRA

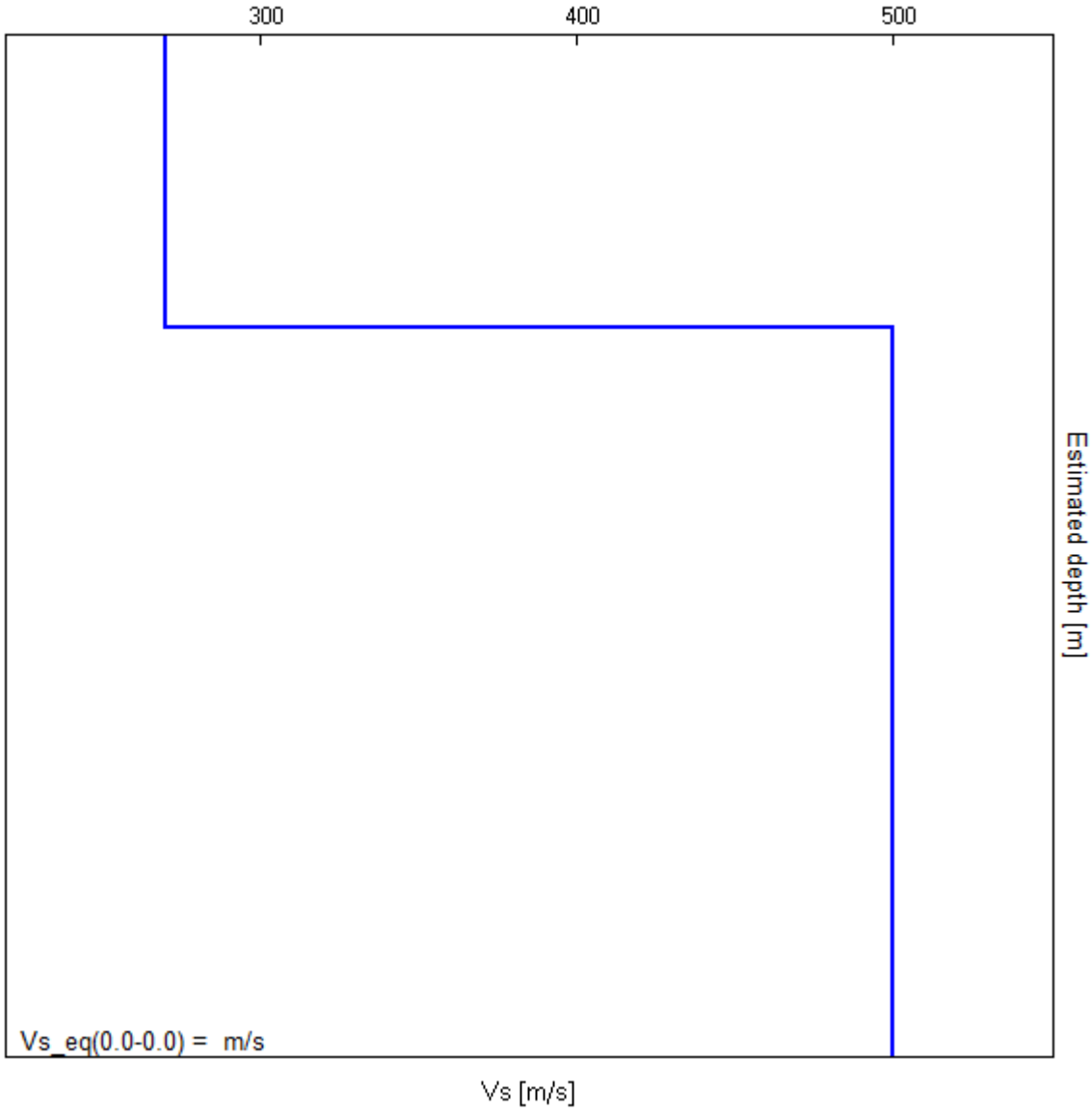


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	270	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 442 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

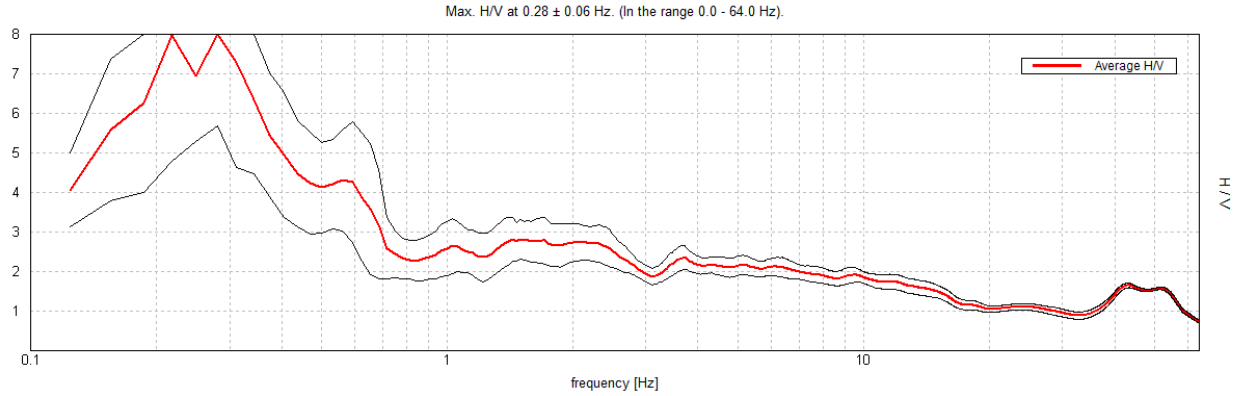
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG06 H/V1

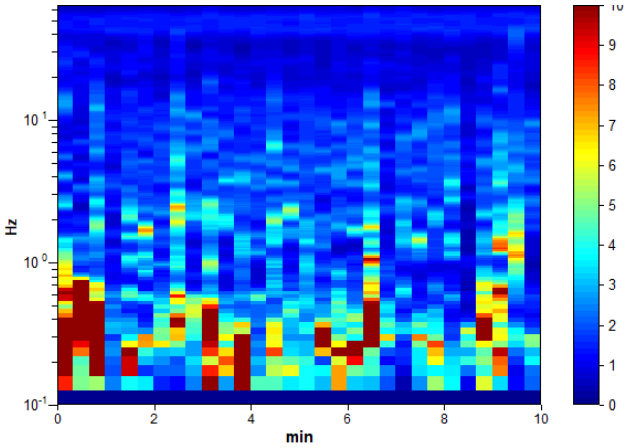
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 12:24:02 End recording: 01/02/2024 12:34:02
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

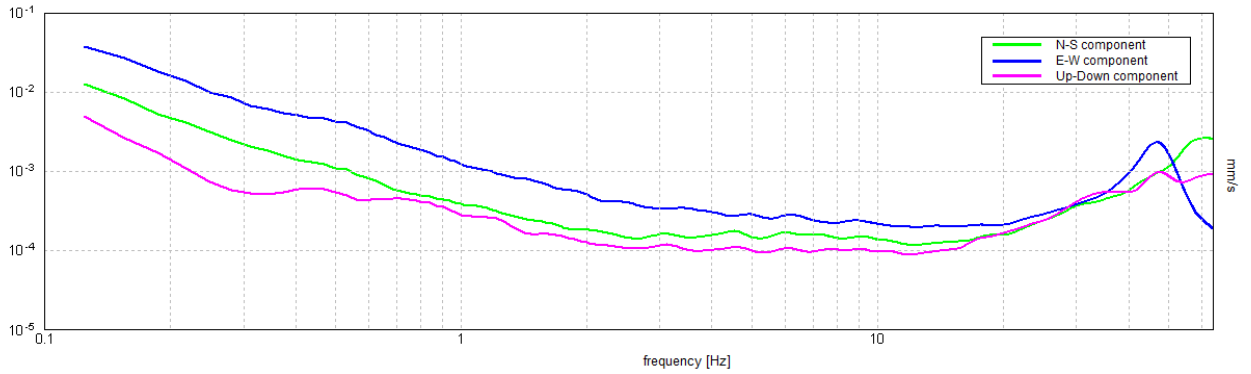


H/V TIME HISTORY

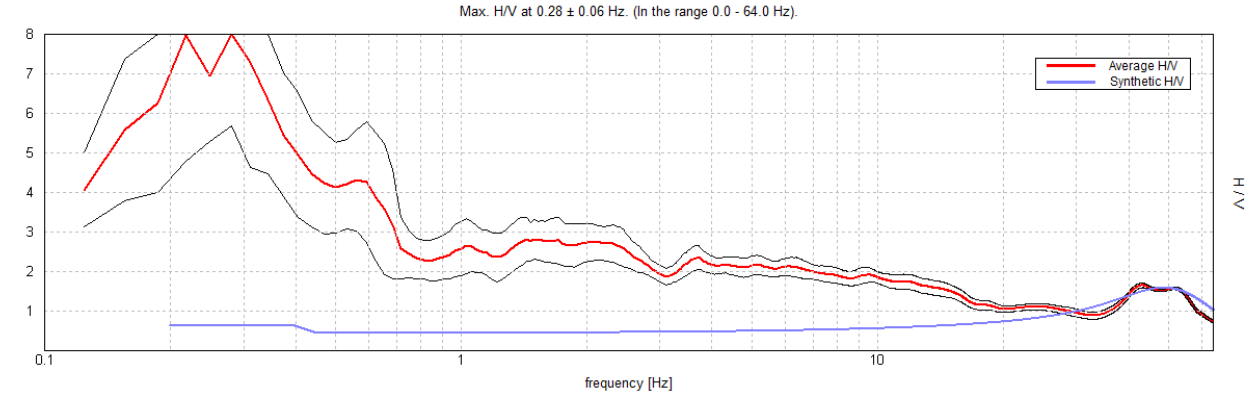


www.moho.world

SINGLE COMPONENT SPECTRA

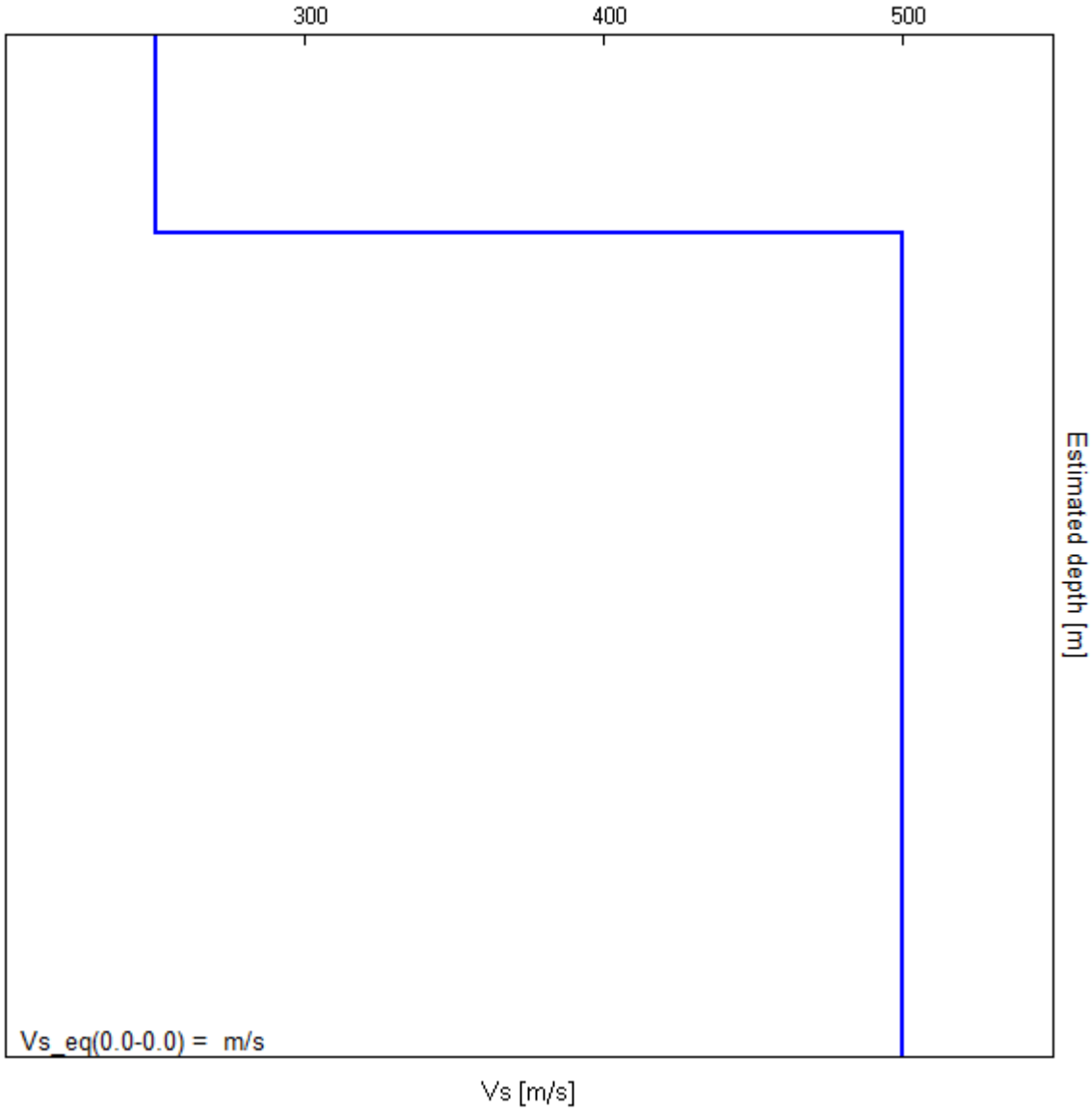


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.20	1.20	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 465 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]

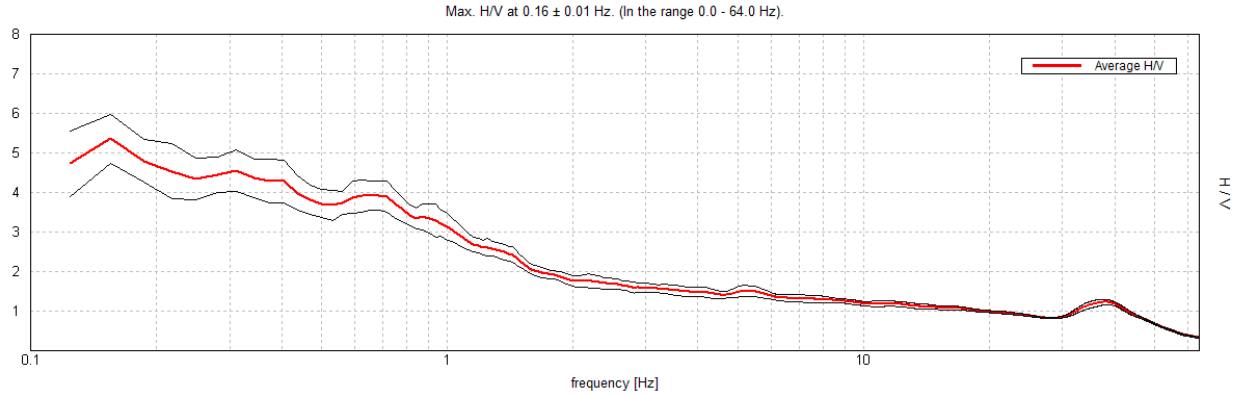
www.moho.world

CAMPONUOVO, CAMPONUOVO AG06 H/V2

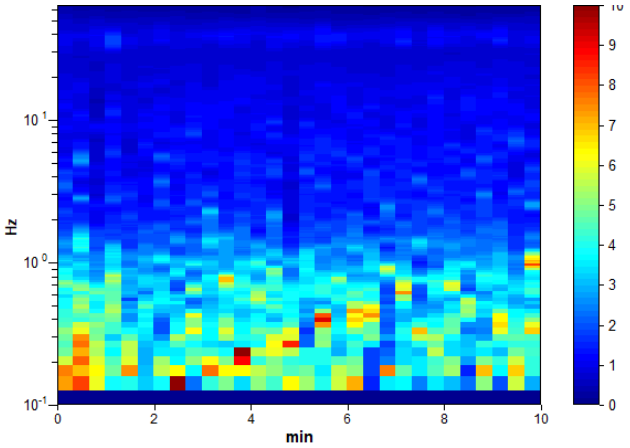
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 01/02/2024 12:35:16 End recording: 01/02/2024 12:45:16
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -; 09+ 09-
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

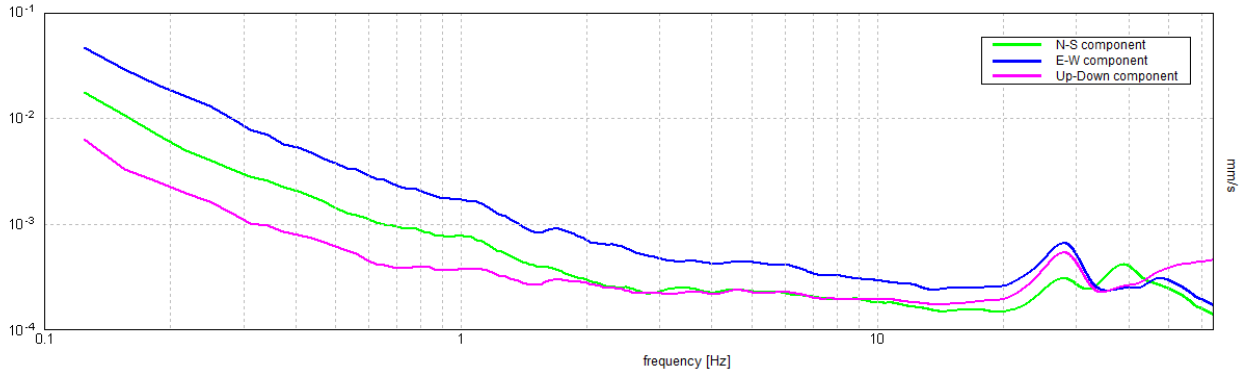


H/V TIME HISTORY

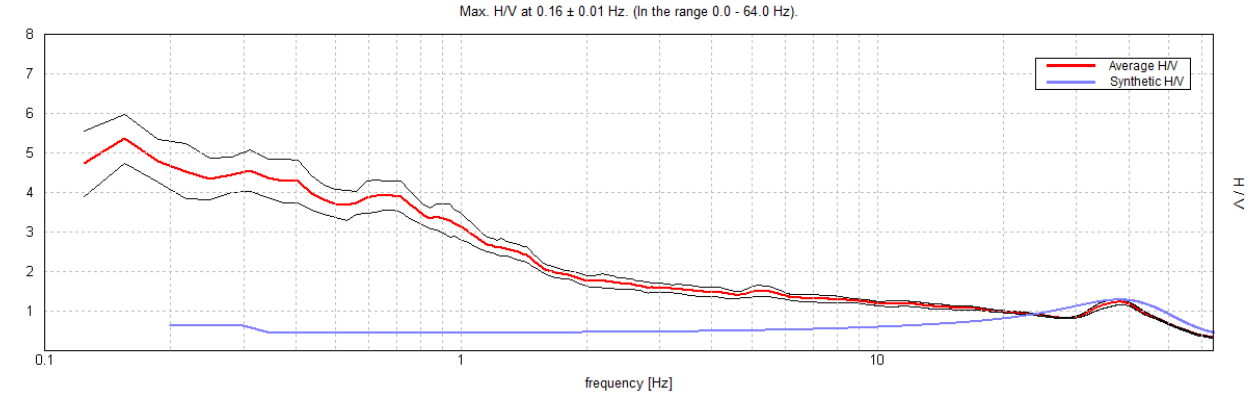


www.moho.world

SINGLE COMPONENT SPECTRA

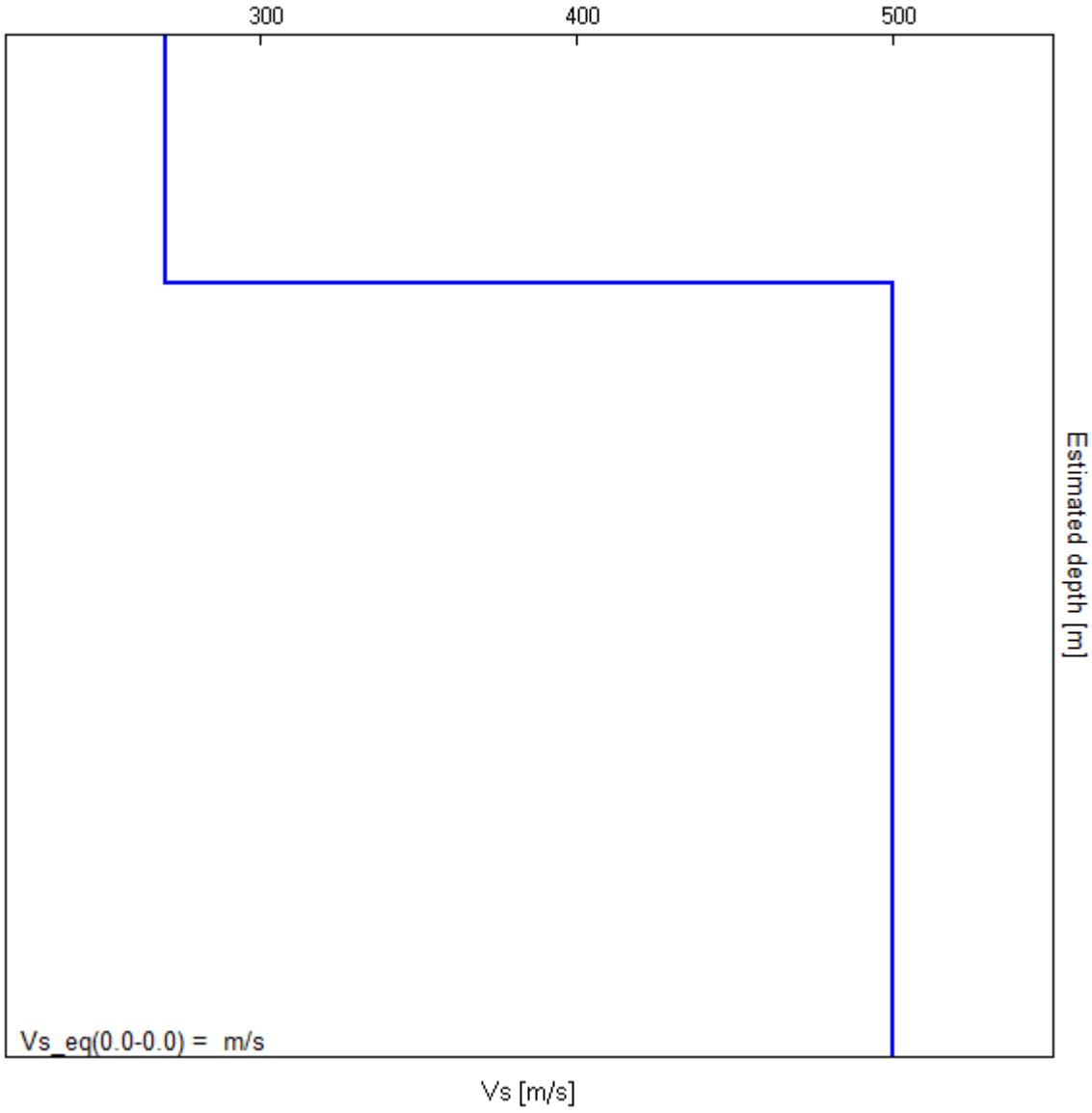


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.60	1.60	270	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs_eq(0.0-0.0) = 442 m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-0.0) = m/s
Vs [m/s]