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

COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE
COMUNE DI PONTINVREA
COMUNE DI STELLA

Provincia di Savona

Oggetto:
Realizzazione impianto eolico in Loc. Monte Greppino all'interno del territorio comunale di Cairo Montenotte, di Pontinvrea e di Stella.

Contenuto:
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

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

Data
Genova, Agosto 2018

N° lavoro
325/G

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

INDICE

1 – PREMESSA *1*

2 – ESAME DEL PROGETTO *2*

3 - INQUADRAMENTO IDRO - GEO - MORFOLOGICO *4*

3.1 – Geologia **4**

3.2 – Geomorfologia **8**

3.3 – Idrogeologia **9**

4 – RILEVAMENTO GEOLOGICO *10*

5 - PROVE IN SITO *17*

5.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte **17**

5.2 - Prove sclerometriche **20**

6 - NOTE GEOTECNICHE *22*

6.1 - Coltre **22**

6.2 – Substrato roccioso **22**

6.3 – Dati geotecnici di sintesi **23**

6.3.1 - Coltre 23

6.3.2 – Cappellaccio di alterazione (conglomerati) 23

6.3.3 – Substrato roccioso (conglomerati) 23

6.3.4 – Cappellaccio di alterazione (metagabbri) 24

6.3.5 – Substrato roccioso (metagabbri) 24

7 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO *25*

7.1 – Classificazione sismica regionale **25**

8 – STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO *26*

9 - INDICAZIONI OPERATIVE *27*

9.1 – Scavi **27**

9.2 – Riempimenti **28**

10 – ASPETTI AMMINISTRATIVI *28*

10.1 – Vincolo idrogeologico **28**

10.2 – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) **28**

11 – CONCLUSIONI *29*

ALLEGATI

- ✓ **TAVOLA A: Carta geologica in scala 1:5000**
- ✓ **TAVOLA B: Delimitazione delle aree in dissesto del PAI**
- ✓ **TAVOLA C: Carta degli affioramenti in cala 1:1000**
- ✓ **TAVOLA D: Sezioni geologiche interpretative in scala 1:200**
- ✓ **Tabulati prove sismiche**
- ✓ **Tabulati prove di laboratorio**
- ✓ **Valutazione stabilità dei fronti di scavo**

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

1 – PREMESSA

Con riferimento al progetto di realizzazione di un impianto eolico nei comuni di Cairo Montenotte, Pontinvrea e di Stella, 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 stese di sismica.

I dati geotecnici indicati sono stati ricavati dallo svolgimento di alcune prove sclerometriche svolte sugli affioramenti rinvenuti in sito. Inoltre si è fatto riferimento alle indagini di laboratorio svolte in occasione della realizzazione dei vicini parchi eolici di Pontinvrea e Cairo Montenotte

Le informazioni riportate nella carta geologica di sintesi sono tratte da osservazioni dirette, dalla cartografia tematica allegata al PAI.

La seguente relazione sarà quindi così articolata:

- Esame del progetto;
- Inquadramento idro-geomorfologico;
- Risultati rilevamento geologico;
- Caratterizzazione dei parametri geotecnici del terreno;

- Caratterizzazione sismica del terreno di fondazione;
- Valutazione della stabilità dei fronti di scavo;
- 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 tramite la costruzione di sei torri eoliche. Il nuovo impianto prevede la messa in opera di aerogeneratori tripala di potenza nominale pari a 4 MW.

Le sei torri presenteranno un'altezza pari a circa 117 m.

La fondazione delle torri eoliche sarà di forma circolare ed avrà un diametro di circa 20 m.

Il parco eolico sarà collegato alla rete elettrica nazionale di trasporto tramite una cabina di consegna dell'energia elettrica già esistente collegata al vicino parco di Cairo Montenotte. La linea elettrica sarà completamente interrata.

L'energia elettrica in bassa tensione necessaria alle operazioni di manutenzione del parco è fornita attraverso le strutture del parco prelevandola dal trasformatore per i servizi ausiliari.

Per quanto riguarda la via di accesso alle torri verranno realizzati alcuni nuovi tratti di strada di servizio interno al parco eolico. Inoltre sono previsti dei ridotti interventi di allargamento e sistemazione della strada esistente per permettere il trasporto e montaggio delle torri.

L'intervento prevede sbancamenti per un totale pari a circa 22300 m^3 da effettuarsi in parte in coltre ed in parte in roccia. Per la piazzola gli sbancamenti saranno caratterizzati da una forma in pianta pressoché circolare. Gli scavi avranno un fronte massimo di altezza pari a circa 8 m.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato, è previsto un percorso di lunghezza pari a circa 17 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 ricadranno all'interno di questa formazione gli aerogeneratori Ag1, Ag2 ed Ag3.
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 due 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.

Gli aerogeneratori Ag4, Ag5 ed Ag6 ricadranno all'interno dei Metagabbri del Bric Sportiole.

Anche in questo caso 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 1.5 metri, classificabile geotecnicamente come una ghiaia sabbiosa con scarsa frazione fine.

3.2 – Geomorfologia

Gli aerogeneratori verranno realizzati lungo una linea di crinale che collega località La Crocetta (840 m s.l.m.) a Bric Spartiole (894 m s.l.m.) passando per il Monte Greppino (805 m s.l.m.).

Le zone nei pressi dei rilievi appaiono sub pianeggianti, mentre i versanti sono caratterizzati da notevoli pendenze. Il versante verso sud è caratterizzato da una acclività media del 35%, mentre quello nord presenta una acclività del 25 %. 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, ne 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 cu 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 nord la regimazione delle acque superficiali è regolata da numerosi impluvi, che vengono convogliati verso il Rio Montenotte. Mentre lungo il versante sud, le acque vengono convogliate verso il Torrente Sansobbia.
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. Dall'osservazione della Carta Idrogeologica si è potuto verificare che il substrato roccioso viene classificato con un grado di permeabilità alto, mentre le coltri presentano un grado di permeabilità da medio a basso.

4 – RILEVAMENTO GEOLOGICO

Si è svolto un rilevamento geologico focalizzando l'attenzione alle aree in cui si realizzeranno gli aerogeneratori in modo da identificare e cartografare gli affioramenti rocciosi presenti. In tutte le aree in cui sorgeranno le torri eoliche si è individuata la presenza di affioramenti rocciosi più o meno estesi a supporto dei risultati delle prove sismiche svolte, che collocano il substrato roccioso alla profondità massima di 2.1 m (torre eolica Ag3). Di seguito si indica una scheda che per ogni sito riporta la documentazione fotografica e le caratteristiche degli affioramenti rinvenuti.

Si allegano le cartografie degli affioramenti in scala 1:1000 in cui è riportato il tracciato delle stese sismiche svolte.

Torre Ag1



Foto 1: Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag1.

Denominazione affioramento	A
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 0.50 m Altezza: 0.70 m
Litologia	Conglomerato da fine a grossolanno. La matrice appare arenaceo - sabbioso.
Stato di conservazione	Il substrato affiorante appare fortemente degradato dagli agenti atmosferici.

Torre Ag2



Foto 2: Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag2.

Denominazione affioramento	B
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 1.8 m Altezza: 1 m
Litologia	Conglomerato da fine a grossolanno. La matrice appare arenaceo - sabbioso.
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

Torre Ag3



Foto 3: Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag3.

Denominazione affioramento	C
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 2 m Altezza: 0.8 m
Litologia	Conglomerato da fine a grossolanno. La matrice appare arenaceo - sabbioso.
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

Torre Ag4



Foto 4: Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag4.

Denominazione affioramento	D
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 5 m Altezza: 3 m
Litologia	Metagabbri a grana mediograndе.
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

Torre Ag5



Foto 5: Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag5.

Denominazione affioramento	E
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 2 m Altezza: 1.5 m
Litologia	Metagabbri a grana mediograndе
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

Torre Ag6



Foto 5: Affioramento di conglomerati rinvenuto nei pressi di Ag5.

Denominazione affioramento	F
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 6 m Altezza: 5 m
Litologia	Metagabbri a grana mediograndе
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

5 - 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 sei stese di sismica: una 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.

5.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte

Sono state realizzate sei stese di sismica 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.

Le indagini svolte hanno permesso di realizzare analisi del terreno tipo MASW e tipo H/V.

I dati misurati dal Tromino, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 512 Hz per la MASW, mentre a 128 Hz per la H/V.

Le prove MASW hanno previsto l'esecuzione di stese di lunghezza pari a 21 metri e lo svolgimento di 7 tiri, con spaziatura di 3 m in modo da ottenere la migliore copertura possibile dell'area in oggetto.

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 le stese 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.

La lunghezza delle stese e quindi la profondità di investigazione è stata scelta in base alle osservazioni dirette, che hanno permesso raggiungere la roccia sana, in modo da caratterizzare coltre e substrato.

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.

Considerando che generalmente la prova di tipo MASW fornisce buoni risultati per i primi strati di terreno, mentre la prova H/V è più precisa per profondità maggiori, l'utilizzo delle due tecniche ha permesso di caratterizzare in maniera adeguata i terreni su cui andranno a poggiarsi i nuovi manufatti.

Ecco una sintesi dei risultati ottenuti:

- **Torre 1 (Ag1)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	2 m	250 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 469 m/s

- **Torre 2 (Ag2)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.6 m	250 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 475 m/s

- **Torre 3 (Ag3)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	2.1 m	220 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 466 m/s

- **Torre 4 (Ag4)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.5 m	240 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 478 m/s

- **Torre 5 (Ag5)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.2 m	250 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 484 m/s

- **Torre 6 (Ag6)**:

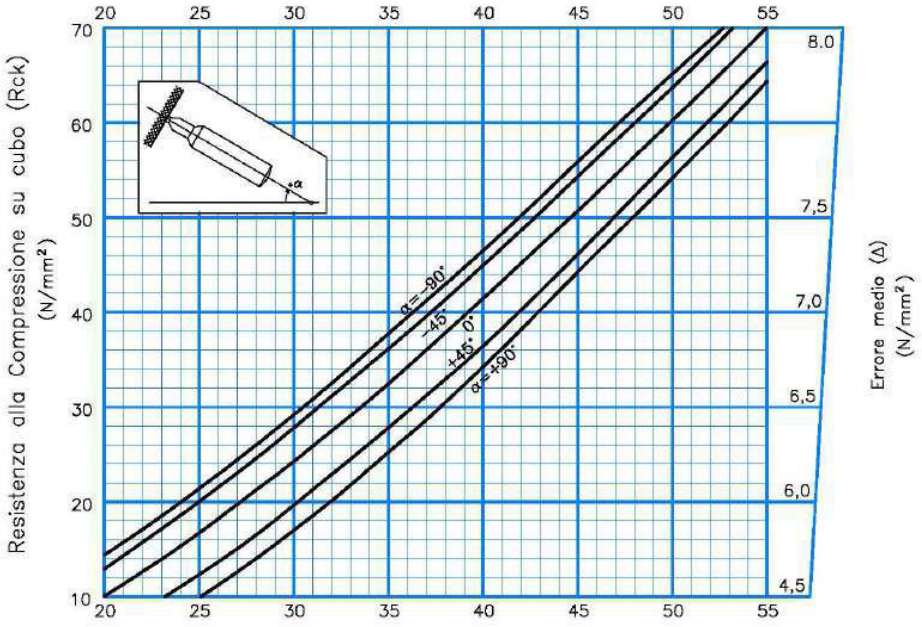
Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1 m	250 m/s
Substrato		500 m/s

V_{s30} del sito: 492 m/s

5.2 - 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).

Tel 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

Metagabbri

Punto di misura	Rimbalzo	Resistenza a compressione MPa
Prova n. 1	32	31
Prova n. 2	22	12
Prova n. 3	18	8
Prova n. 4	28	28
Prova n. 5	32	30
Prova n. 6	32	30
Prova n. 7	28	26

Facendo una media dei risultati ottenuti è possibile attribuire al cappellaccio dei Metagabbri una resistenza a compressione pari a 23.5 MPa

6 - 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.

Per la definizione dei parametri geotecnici oltre alle prove svolte in sito, si è fatto riferimento alle prove di laboratorio svolte per la realizzazione dei vicini parchi eolici di Cairo Montenotte (per le torri Ag1, Ag2, Ag3) e Pontinvrea (per le torri Ag4, Ag5, Ag6).

Si riportano in allegato i tabulati delle prove di laboratorio.

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.

6.1 - Coltre

Si tratta di un deposito di natura eluvio-colluviale parzialmente rimaneggiato, soprattutto nella parte più superficiale, caratterizzato da una potenza mai superiore ai 2 m. Le osservazioni effettuate in sito hanno indicato un terreno prevalentemente ghiaioso, con bassa percentuale di frazione fine di tipo limoso.

6.2 – Substrato roccioso

Si tratta, come descritto in precedenza, dei conglomerati della Formazione di Molare (Ag1, Ag2, Ag3) e dei metagabbri dell'Unità Montenotte (AG4, Ag5, Ag6).

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.

6.3 – 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:

6.3.1 - 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

6.3.2 – 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

6.3.3 – 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

6.3.4 – Cappellaccio di alterazione (metagabbri)

Peso di volume saturo (γs): 30.5 KN/m^3

Peso di volume secco (γd): 27 KN/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 30°

Coesione: 2 KPa

M: 23.5 MPa

6.3.5 – Substrato roccioso (metagabbri)

Peso di volume saturo (γs): 31.26 KN/m^3

Peso di volume secco (γd): 30 KN/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 33°

Coesione: 1.6 MPa

Modulo elastico di Young = 10000 MPa

7 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

7.1 – 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 30	N_{Spt}	Cu
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	V_s 30 >800 m/s	/	/
B	**Depositi di sabbia o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti**	**360 < V_s 30 < 800 m/s**	**N_{Spt} > 50**	**Cu>250 kPa**
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza	180 < V_s 30 < 360 m/s	15 < N_{Spt} < 50	70 < Cu < 250 kPa
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	V_s 30 < 180 m/s	N_{Spt} < 15	Cu < 70 kPa
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali	Come C o D	/	/

	alluvionali di spessore tra 5 e 20 m			
S1	Depositi con almeno uno strato di argilla spesso almeno 10 m di bassa consistenza	V_s 30 < 100 m/s	/	10< Cu < 20 kPa
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione	/	/	/

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**.

8 – STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

Impiegando i dati geotecnici stimati, indicati nel capitolo precedente, è stata eseguita un'analisi di stabilità per i principali fronti di scavo secondo una sezione trasversale significativa e secondo la linea di massima pendenza. Tale analisi, svolta utilizzando un software specifico e secondo il metodo di Bishop è stata eseguita basandosi sulla stratigrafia individuata e su una superficie di scorrimento ritenuta la più probabile in relazione alla morfologia del versante ed alle osservazioni effettuate in sito.

Le analisi sono state svolte per i fronti degli scavi che riguarderanno la posa in opera delle fondazioni di ogni torre e per l'area della sottostazione. Il calcolo ha fornito un risultato con coefficienti di sicurezza a favore della stabilità.

9 - INDICAZIONI OPERATIVE

Il progetto prevede, come già accennato, scavi di sbancamento pari a circa 22300 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 8 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.

9.1 – 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.

9.2 – 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.

10 – ASPETTI AMMINISTRATIVI

10.1 – 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.

10.2 – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)

Dall'osservazione dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici del PAI, si è potuto verificare che la zona oggetto di intervento non è interessata da alcuna area in dissesto. Si riporta in allegato uno stralcio delle delimitazioni delle aree in dissesto del PAI.

11 – 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.

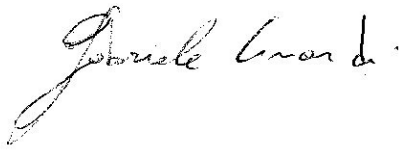
Si rassegna la presente relazione la quale assolve quanto prescritto dal D.M. del 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni", nonché dalla legge regionale n° 4/99.

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, Agosto 2018

Il tecnico
Dott. Geol. Gabriele Civardi



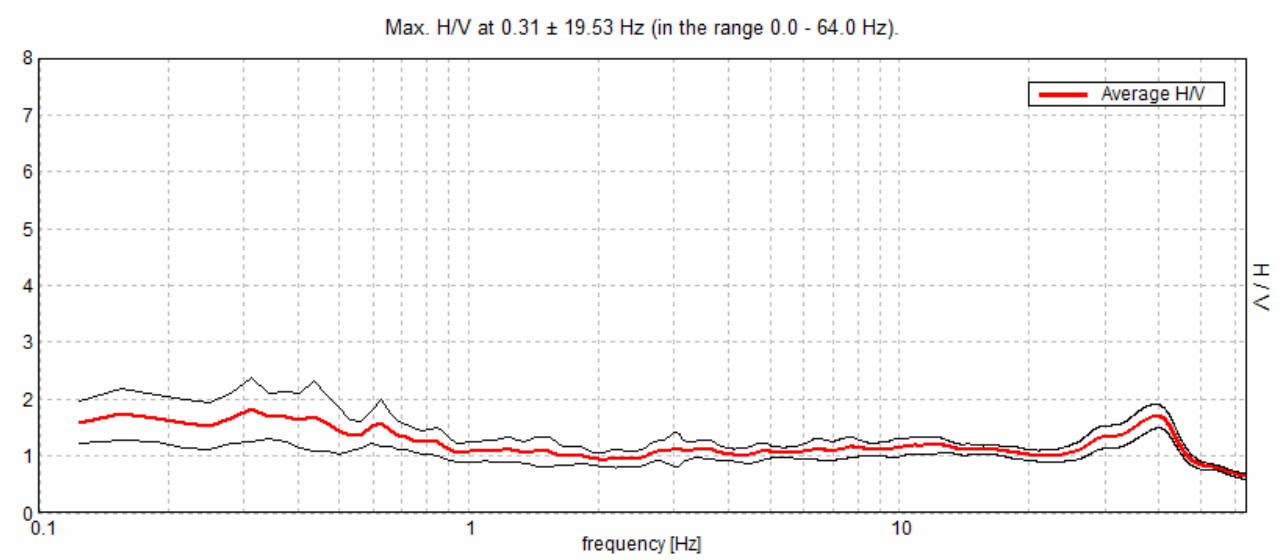


GREPPINO, AG1 H/V1

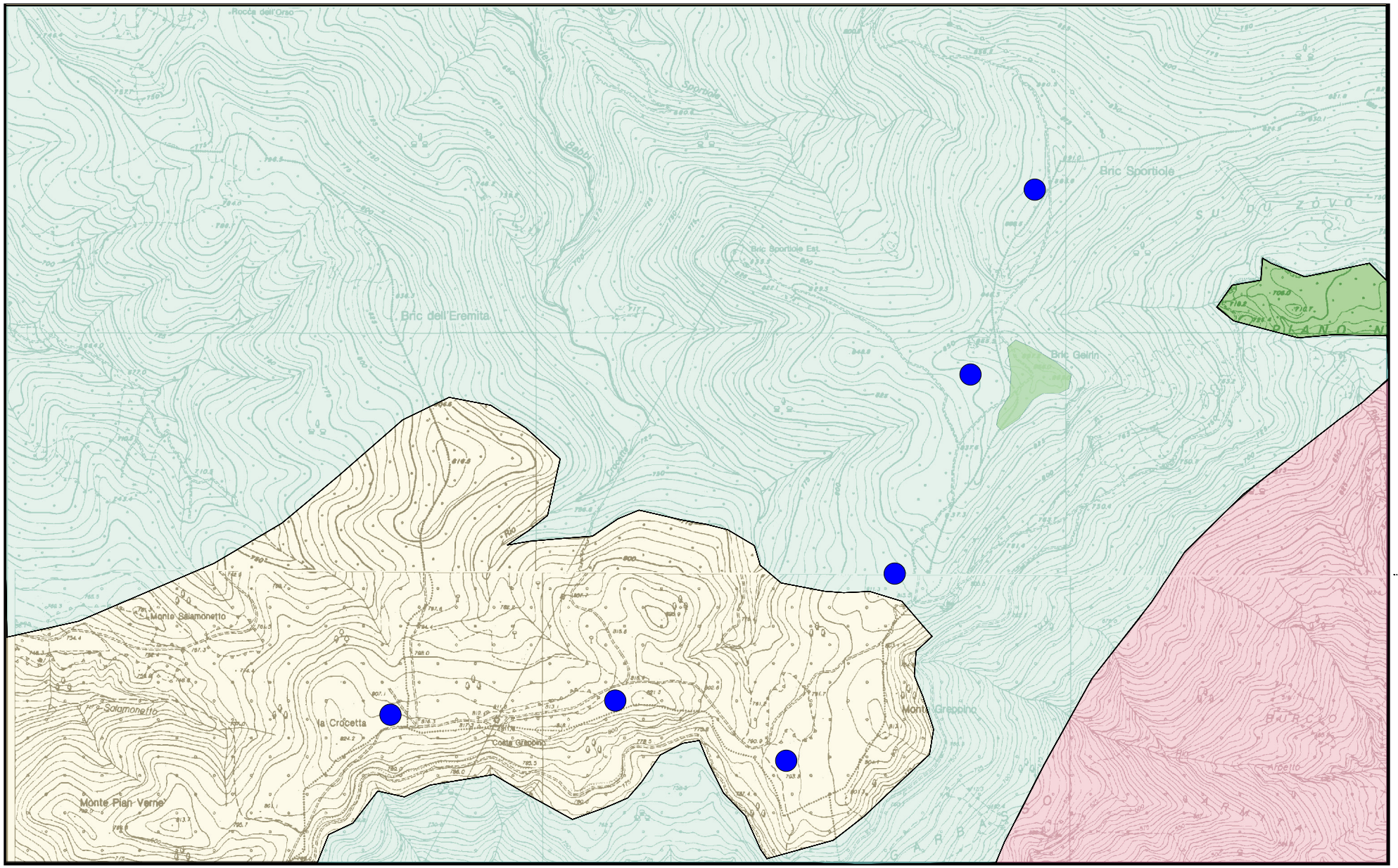
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 08:35:40 End recording: 26/07/18 08:45:40
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

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



Depositi palustri

Formazione di Molare

Scisti filladici

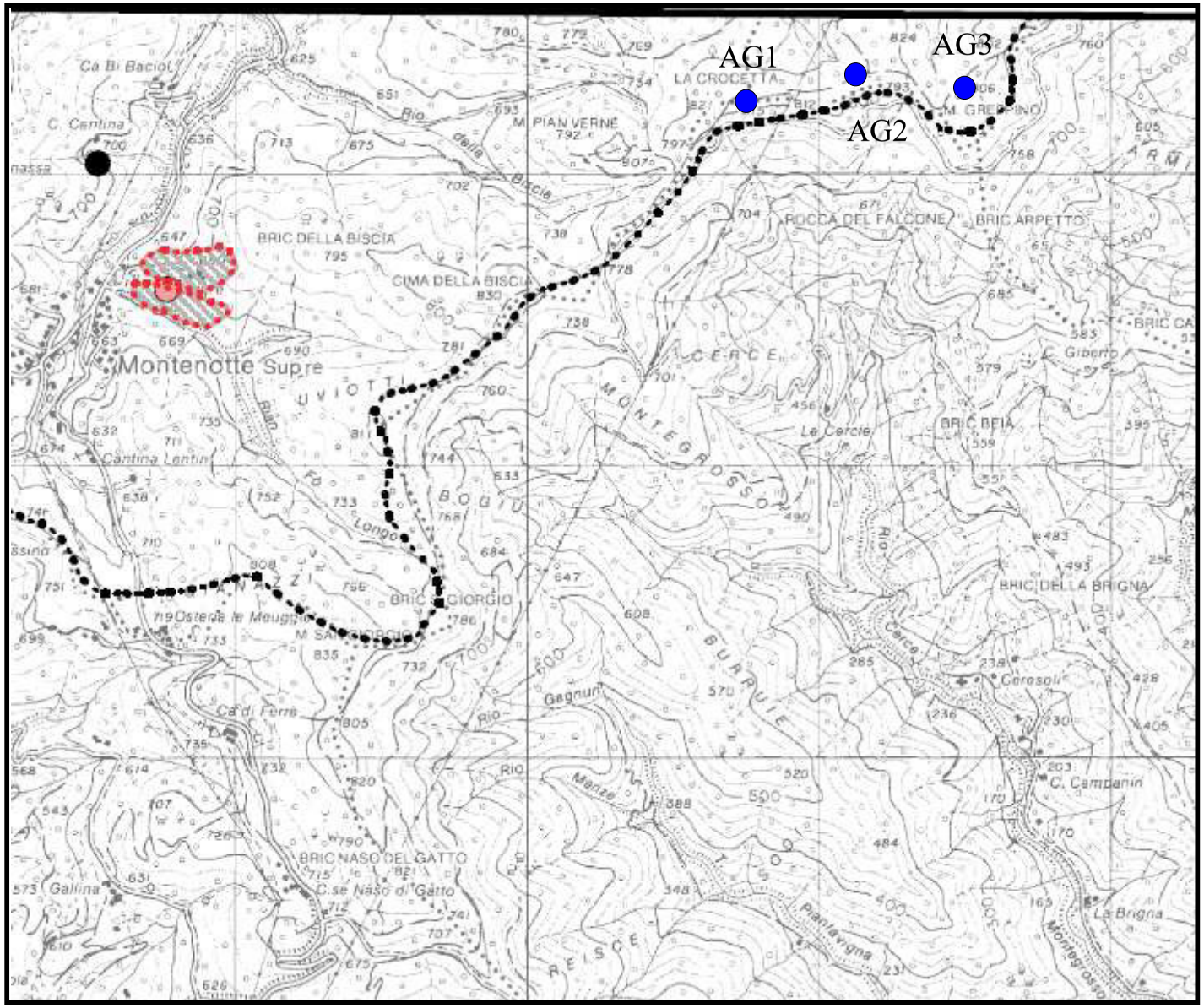
Metagabbri

Serpentiniti

Torre eolica

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - cell. 3491720806

TAVOLA A CARTA GEOLOGICA SCALA 1:10000

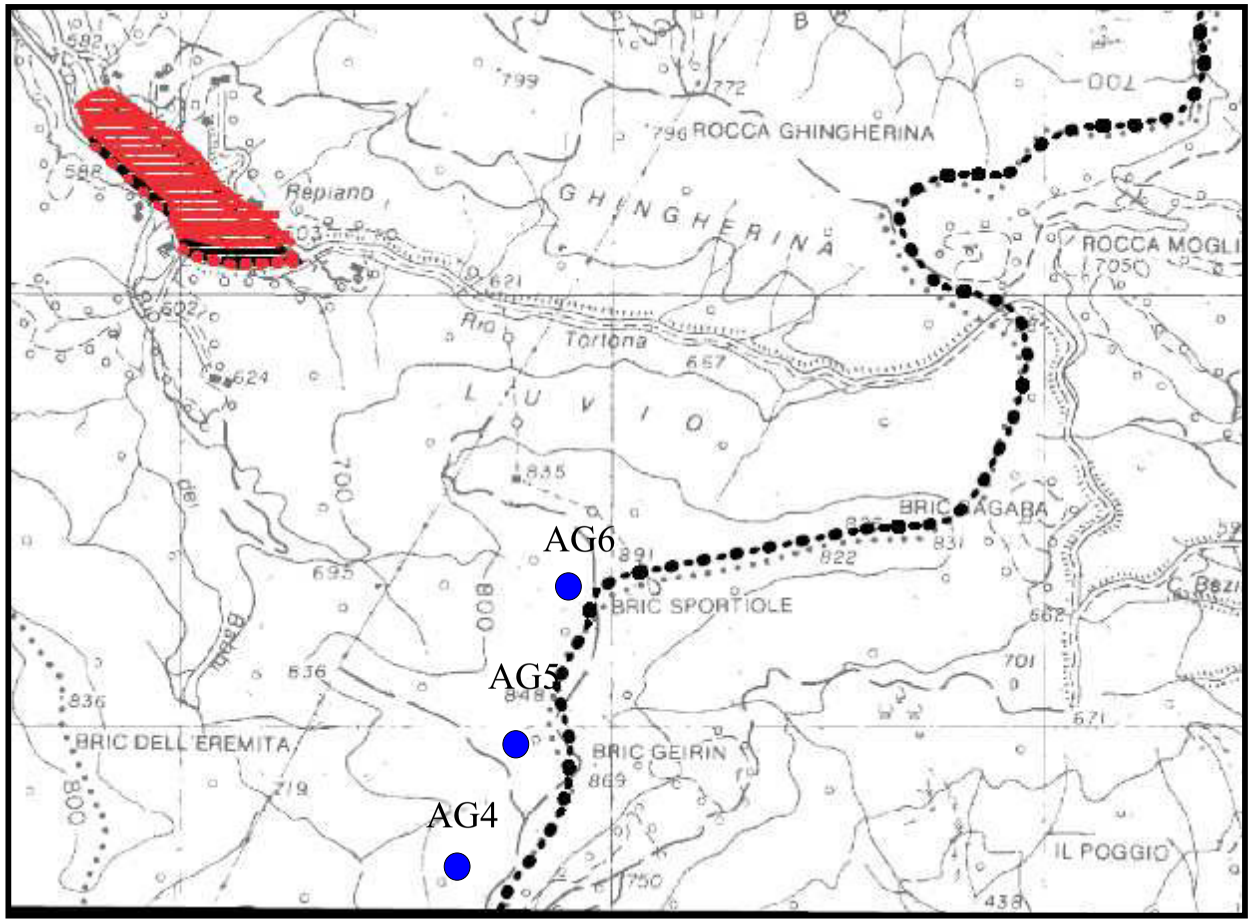


Corpo di frana quiescente

Torre eolica

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Ge Tel. 010.0019357 cell. 349.1720806

STRALCIO DELIMITAZIONE DELLE AREE IN DISSESTO DEL PAI

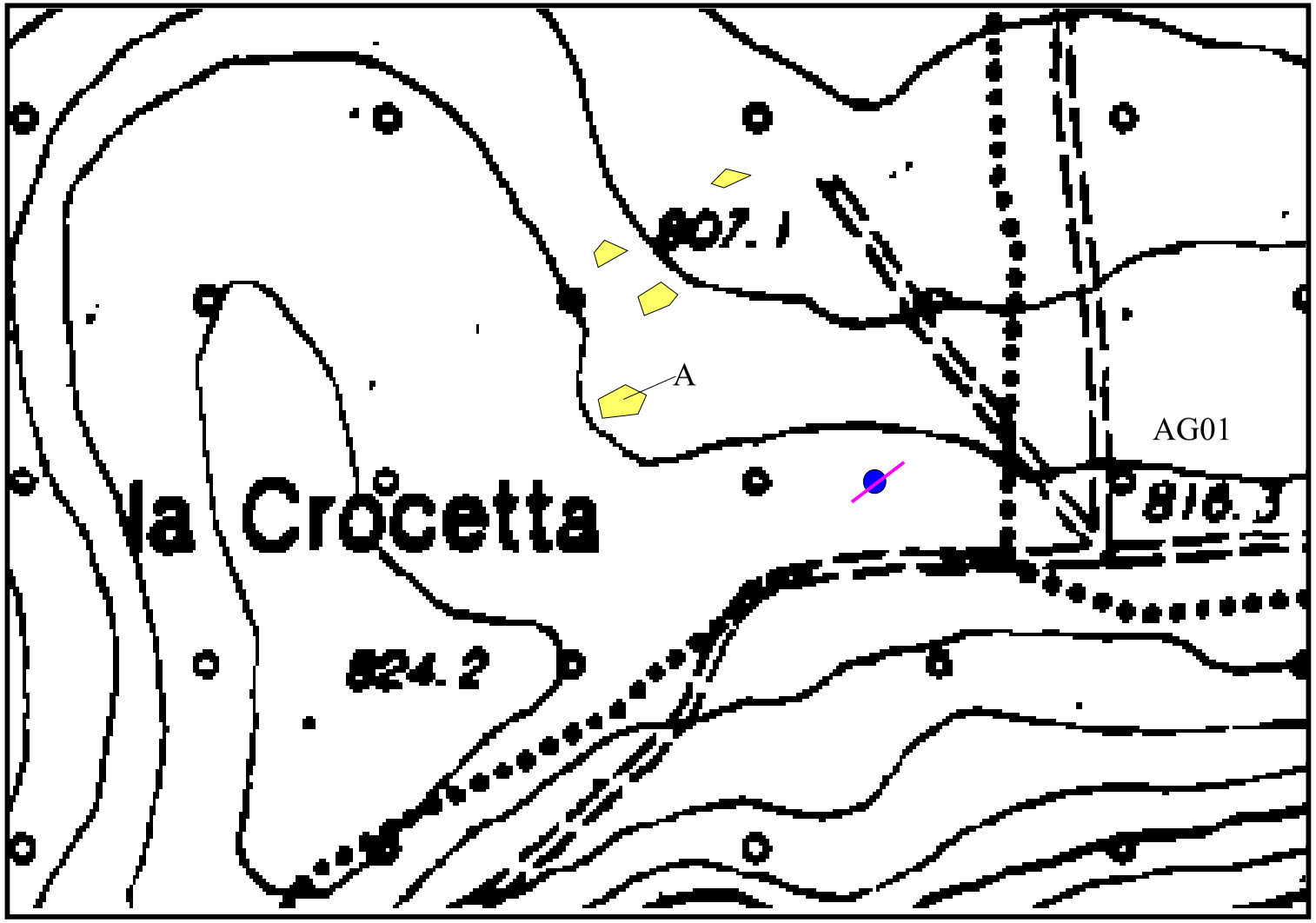


Area a pericolosità molto elevata

Torre eolica

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Ge Tel. 010.0019357 cell. 349.1720806

STRALCIO DELIMITAZIONE DELLE AREE IN DISSESTO DEL PAI



Affioramento

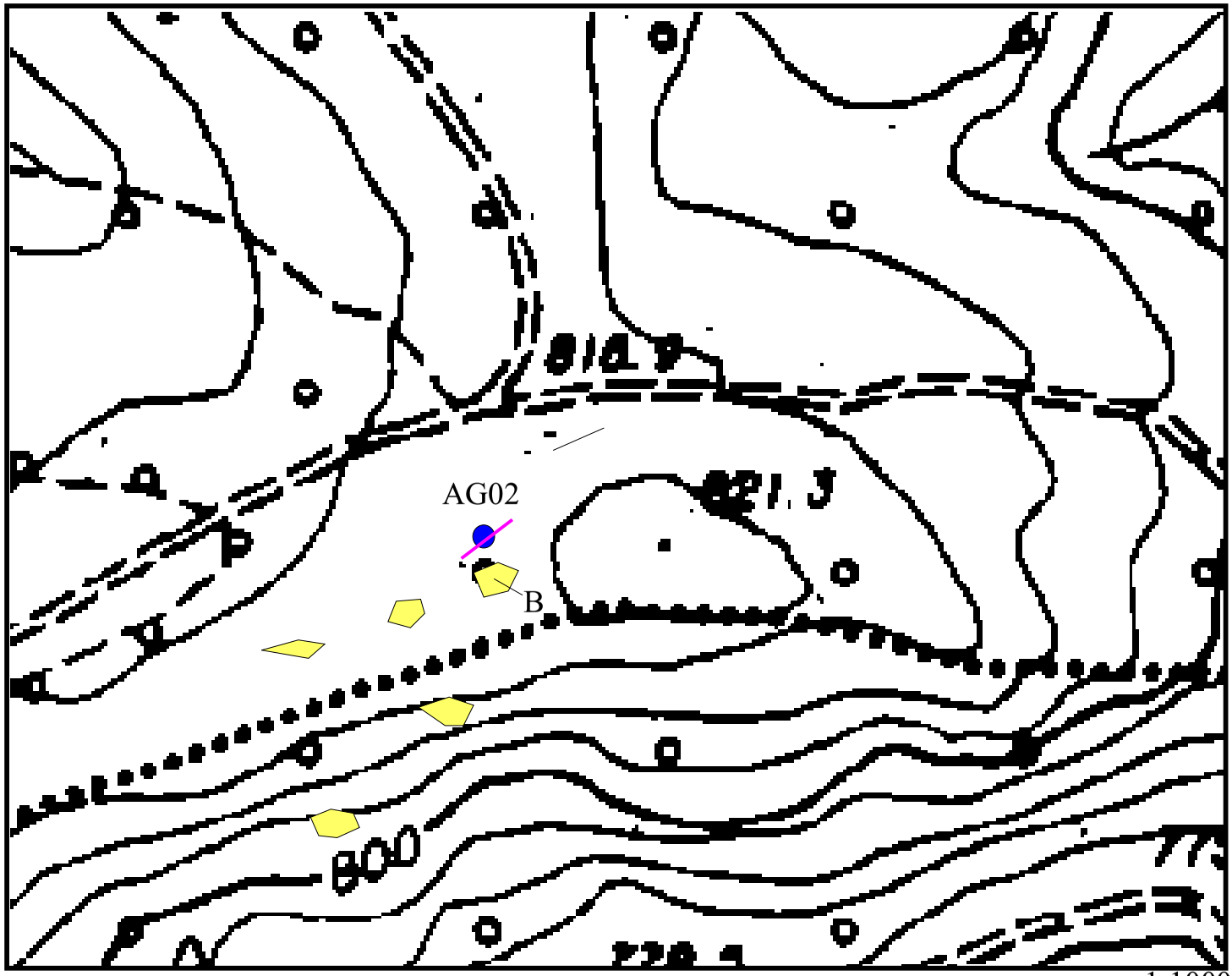
Torre eolica

Traciato stesa di sismica

1:1000

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - cell. 3491720806

CARTA AFFIORAMENTI



Affioramento

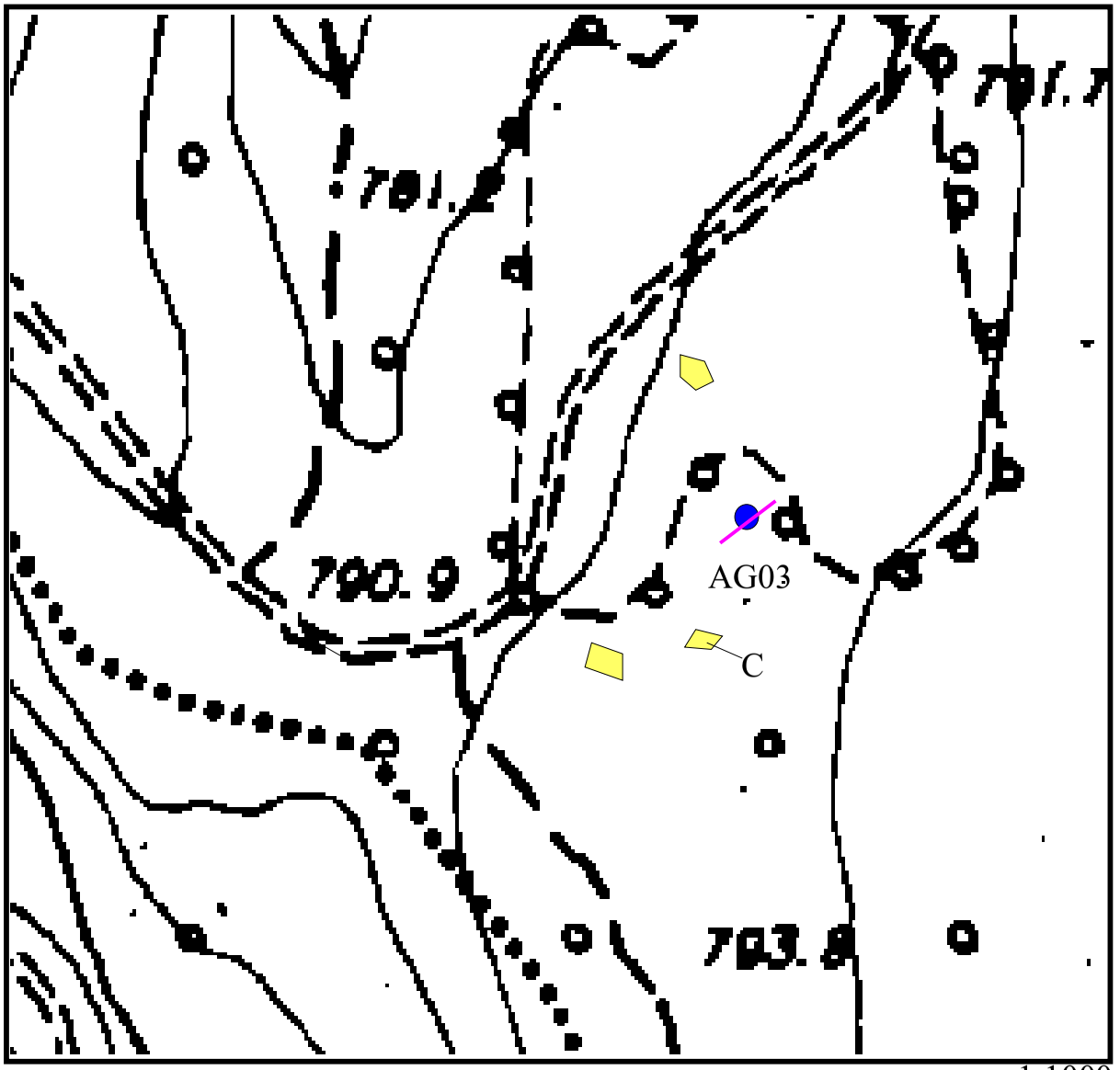
Torre eolica

Traciato stesa di sismica

1:1000

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - cell. 3491720806

CARTA AFFIORAMENTI



Affioramento

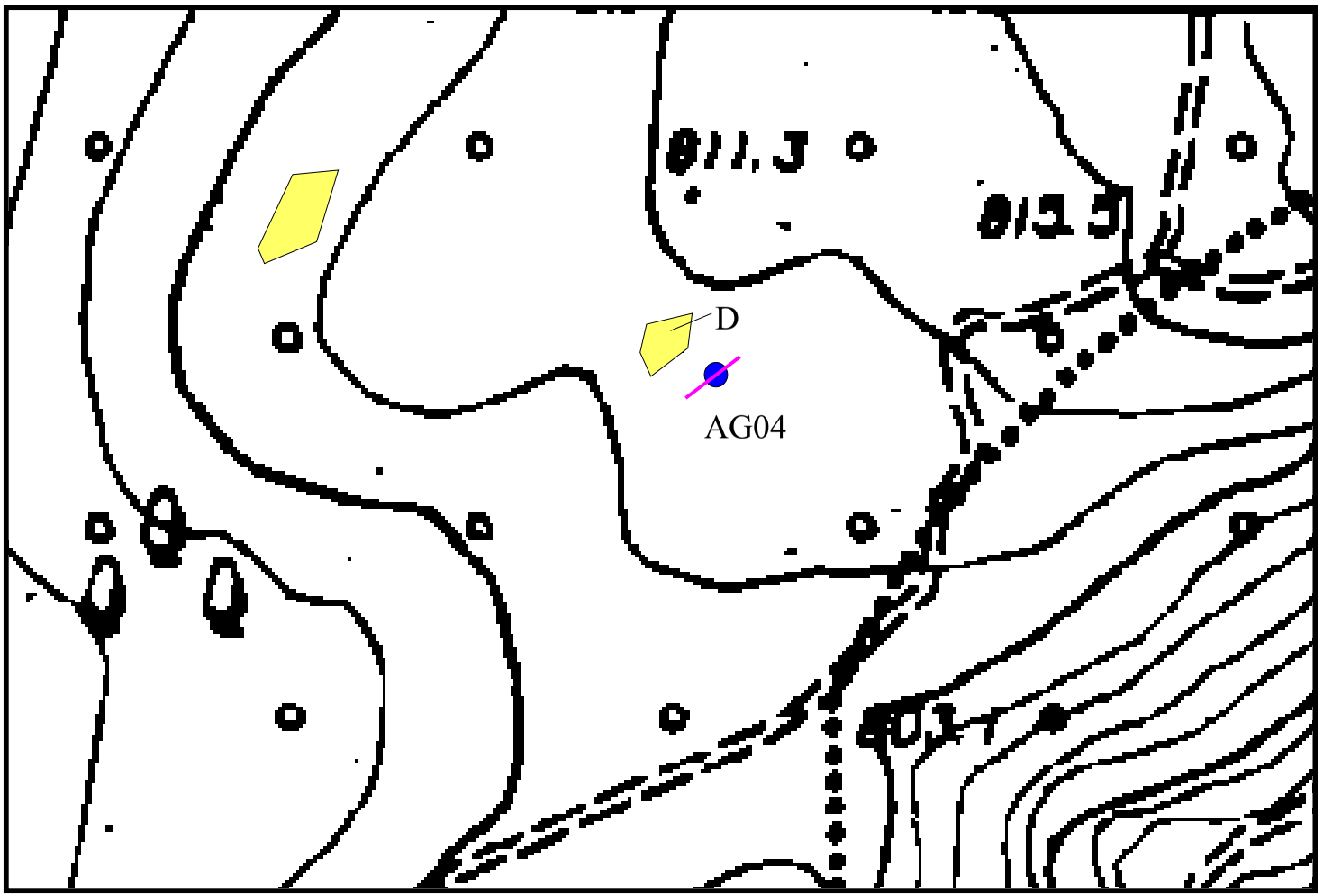
Torre eolica

Traciato stesa di sismica

1:1000

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - cell. 3491720806

CARTA AFFIORAMENTI



Affioramento

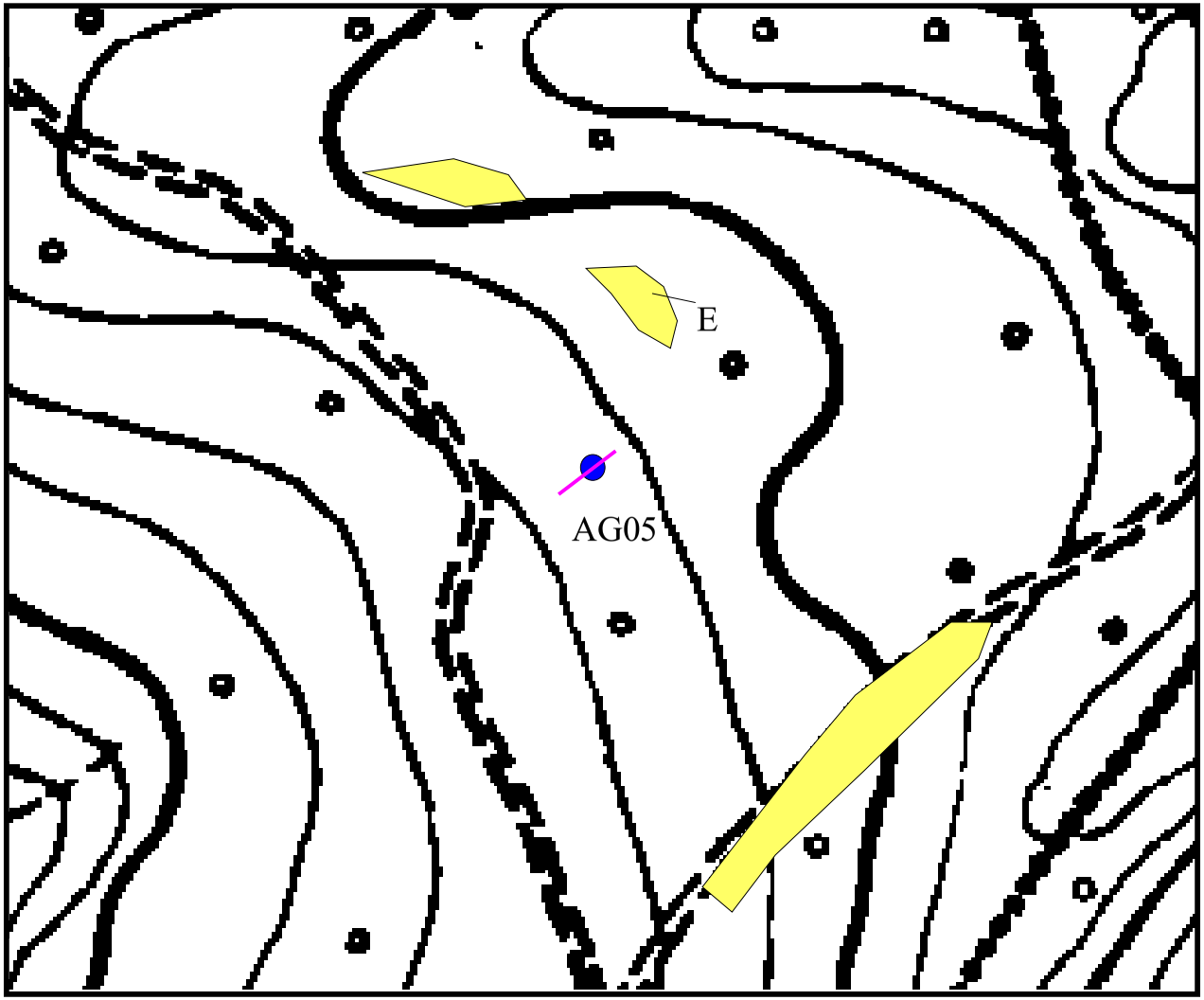
Torre eolica

Traciato stesa di sismica

1:1000

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - cell. 3491720806

CARTA AFFIORAMENTI



Affioramento

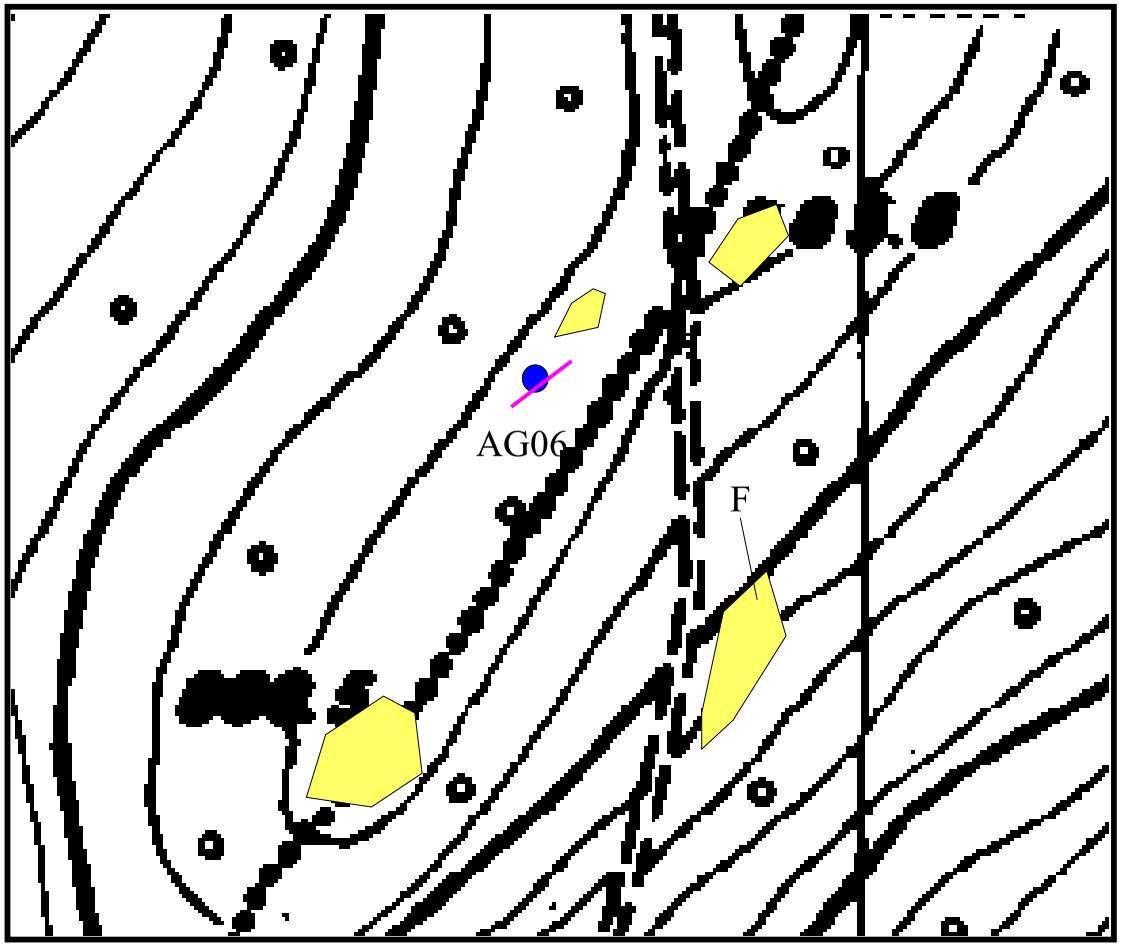
Torre eolica

Traciato stesa di sismica

1:1000

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - cell. 3491720806

CARTA AFFIORAMENTI



Affioramento

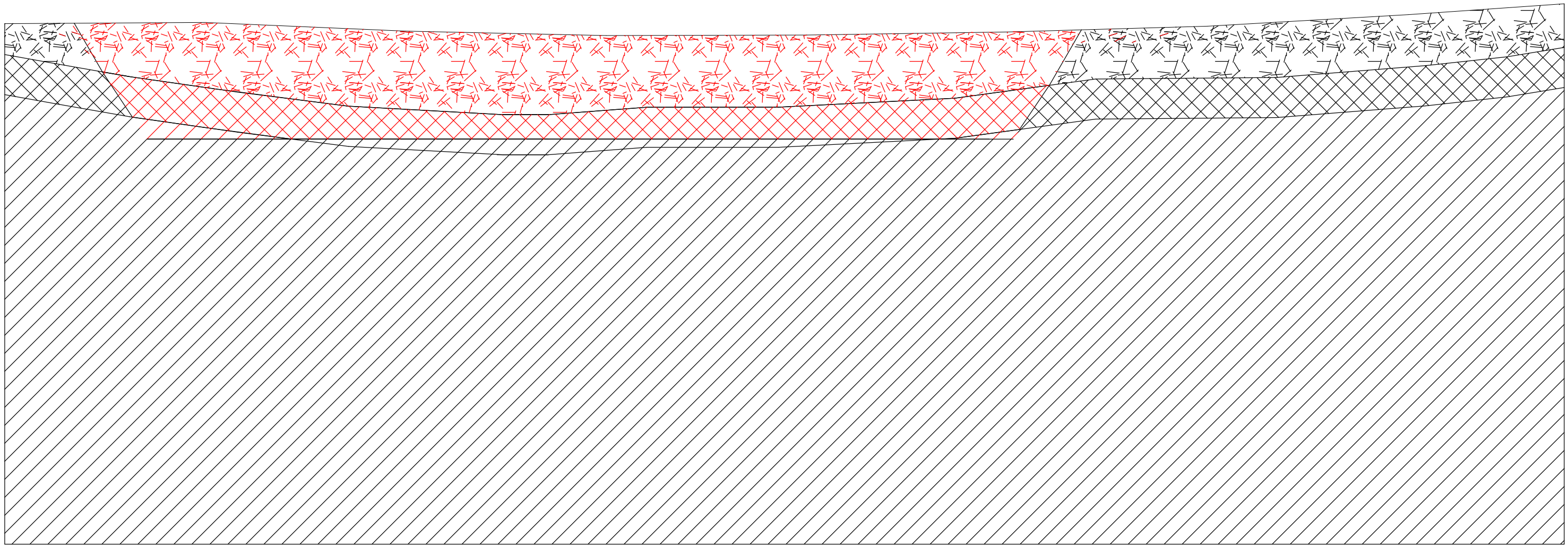
Torre eolica

Traciato stesa di sismica

1:1000

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - cell. 3491720806

CARTA AFFIORAMENTI



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte e Pontinvrea
Dott. Geol. Gabriele Civardi Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG1

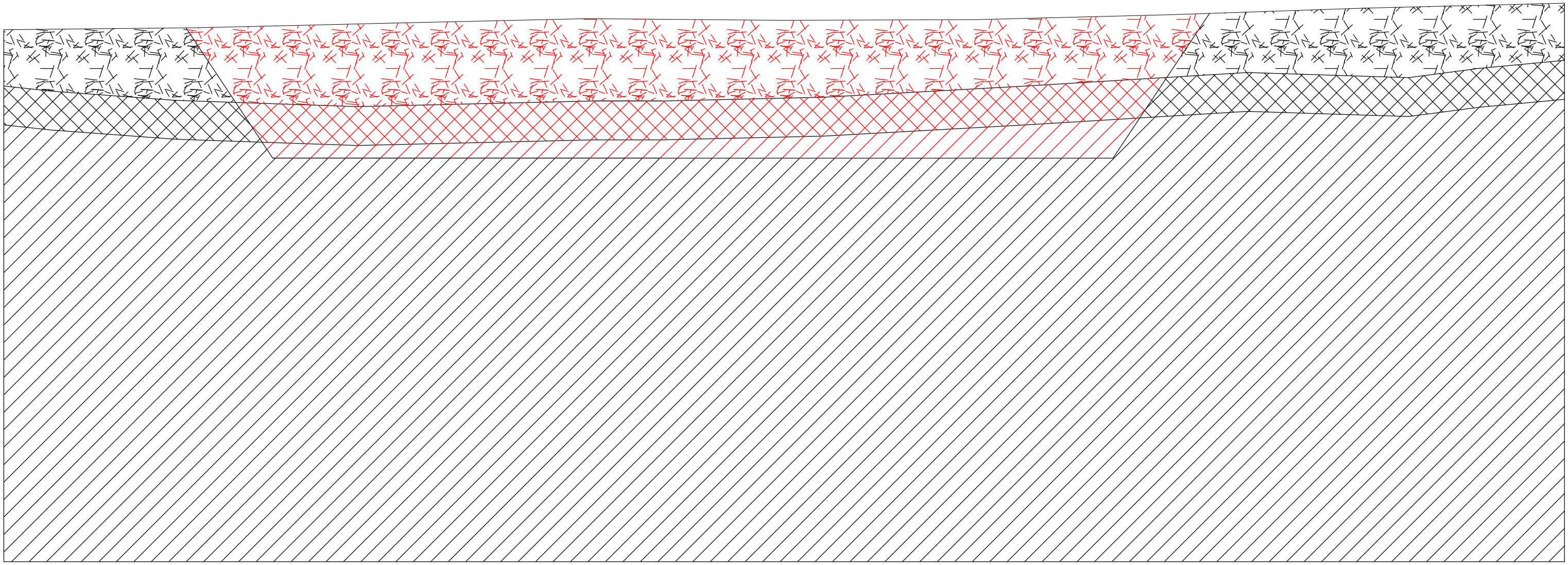
Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte e Pontinvrea
Dott. Geol. Gabriele Civardi Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG2



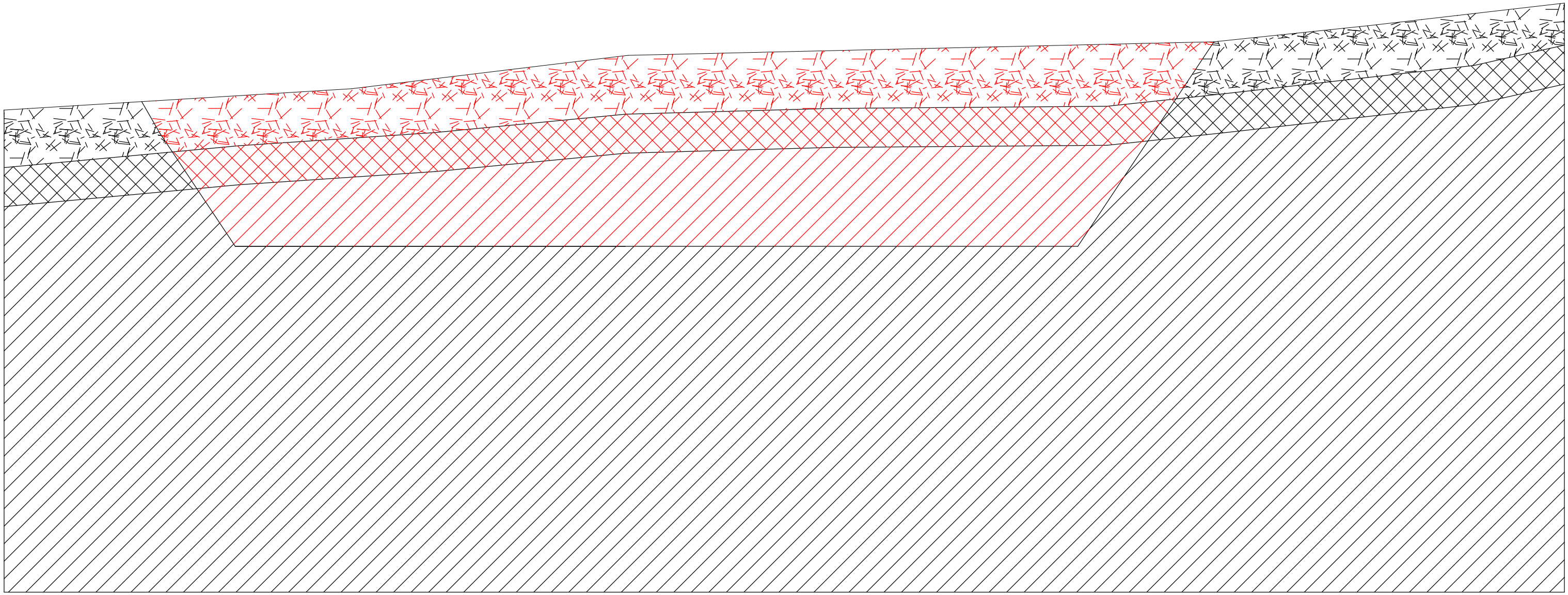
Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte e Pontinvrea
Dott. Geol. Gabriele Civardi Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG3



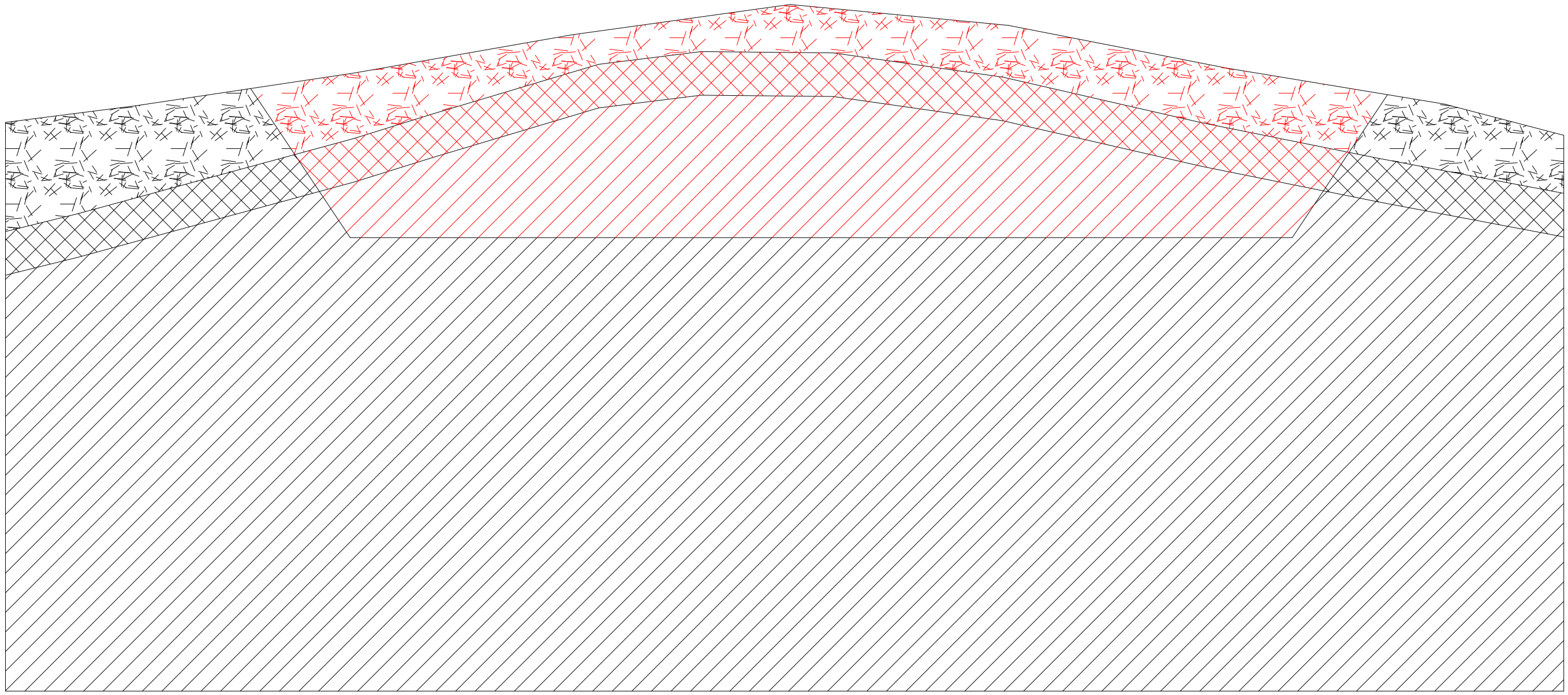
Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte e Pontinvrea
Dott. Geol. Gabriele Civardi Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG4



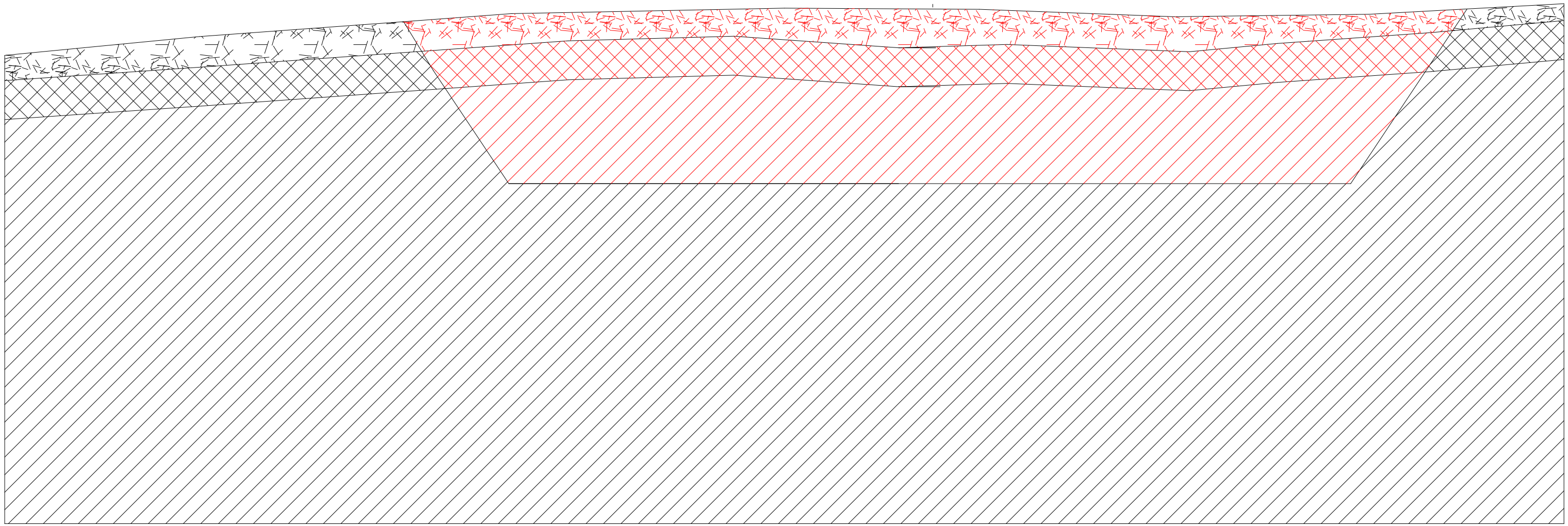
Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte e Pontinvrea
Dott. Geol. Gabriele Civardi Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG5



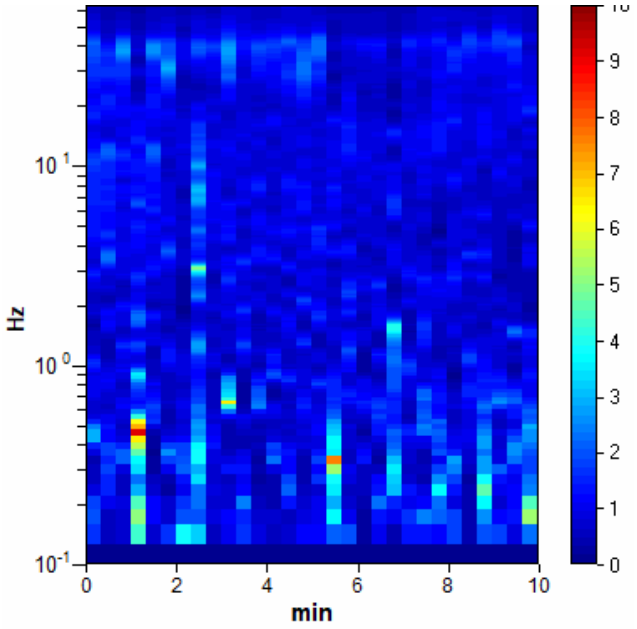
Coltre

Cappellaccio di alterazione

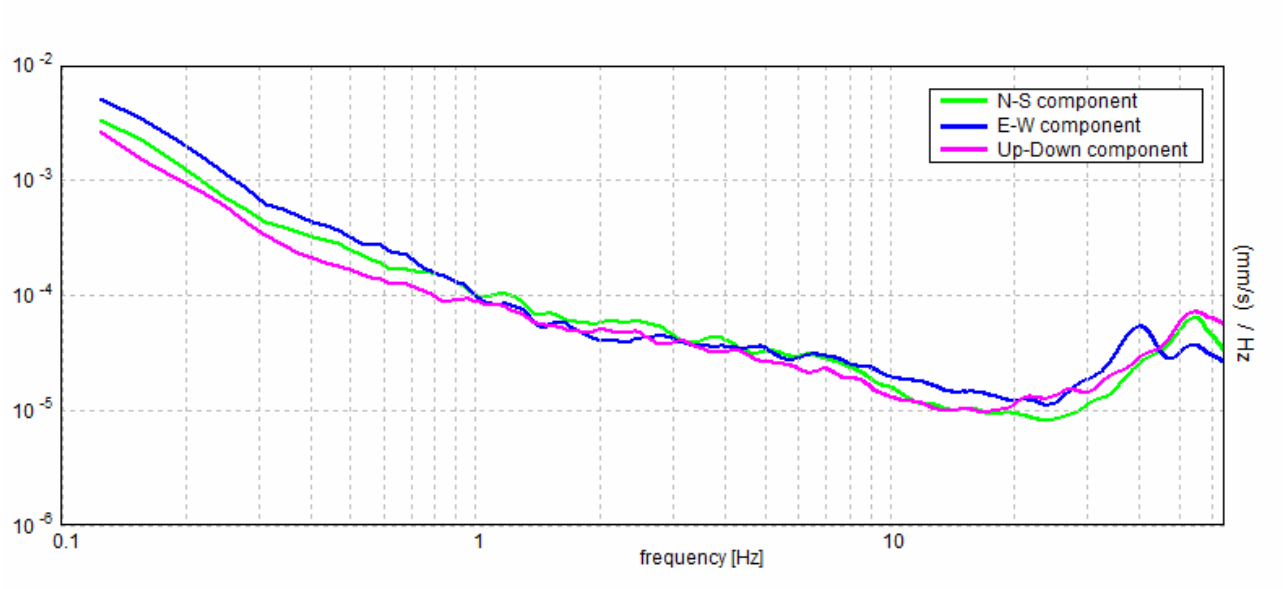
Substrato

Sbancamenti

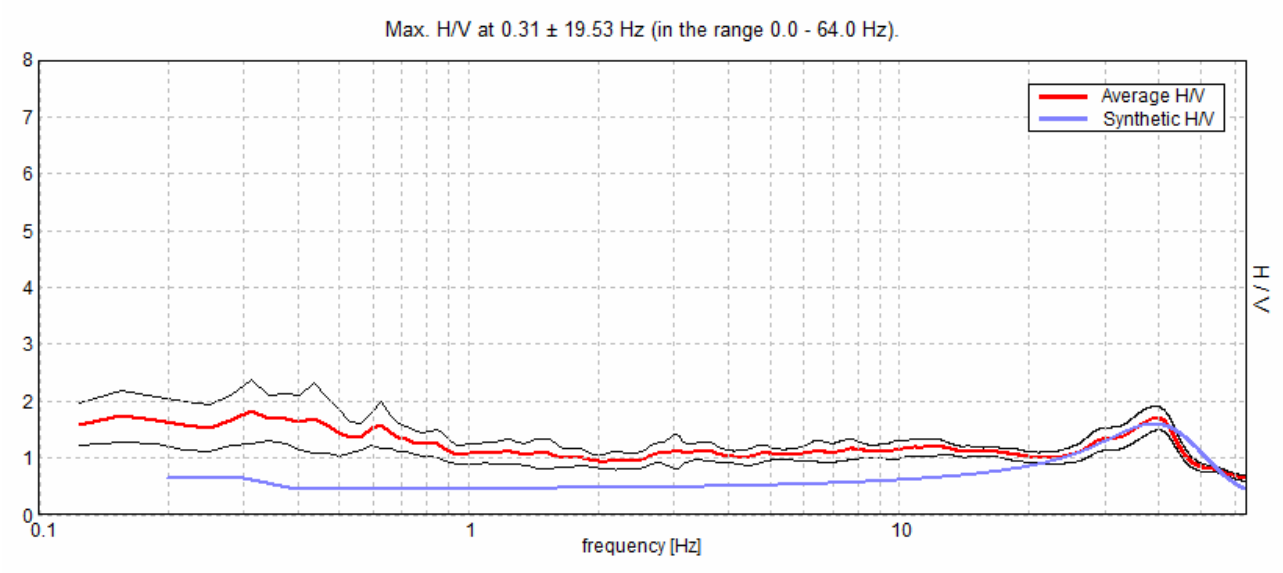
l. g. per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte e Pontinvrea
Dott. Geol. Gabriele Civardi Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806
Sezione geologica interpretativa torre AG6



SINGLE COMPONENT SPECTRA

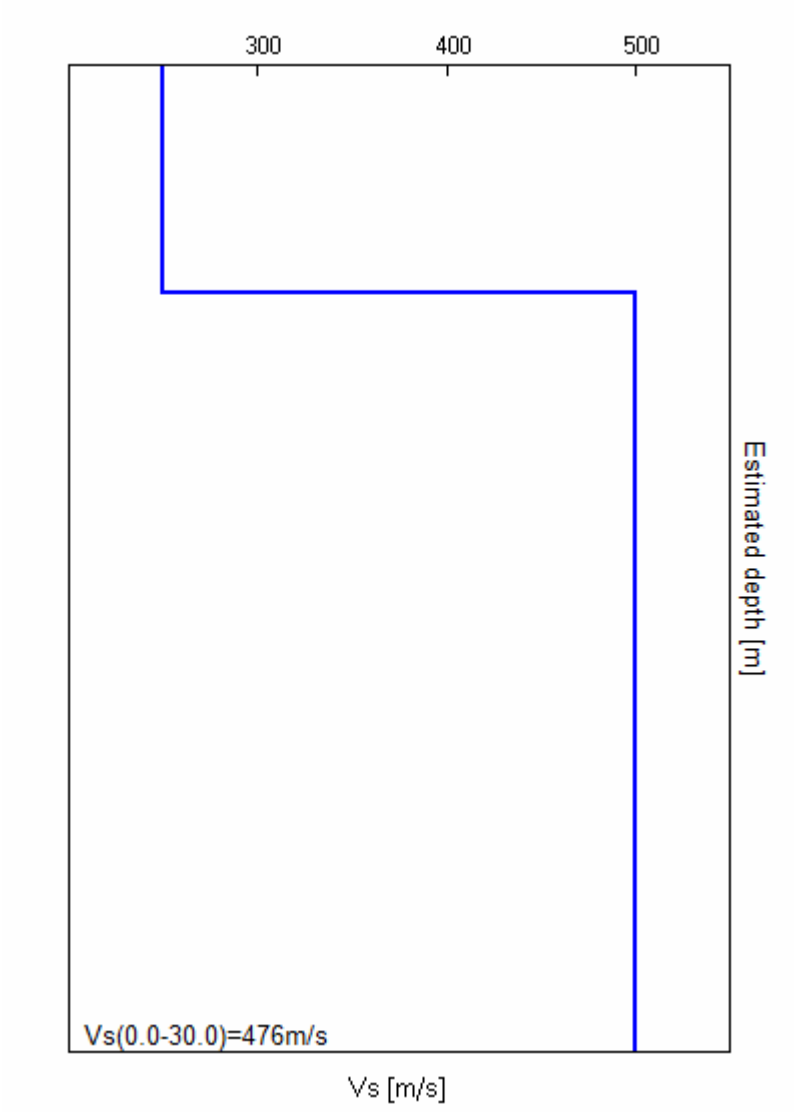


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=476m/s

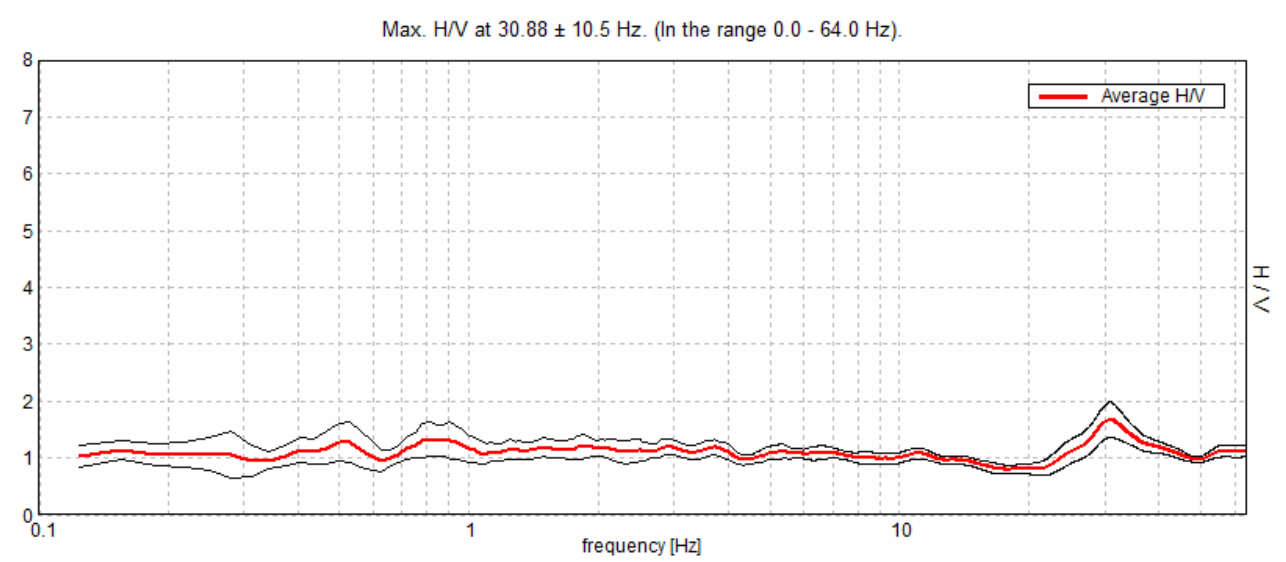

300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=476m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG1 H/V2

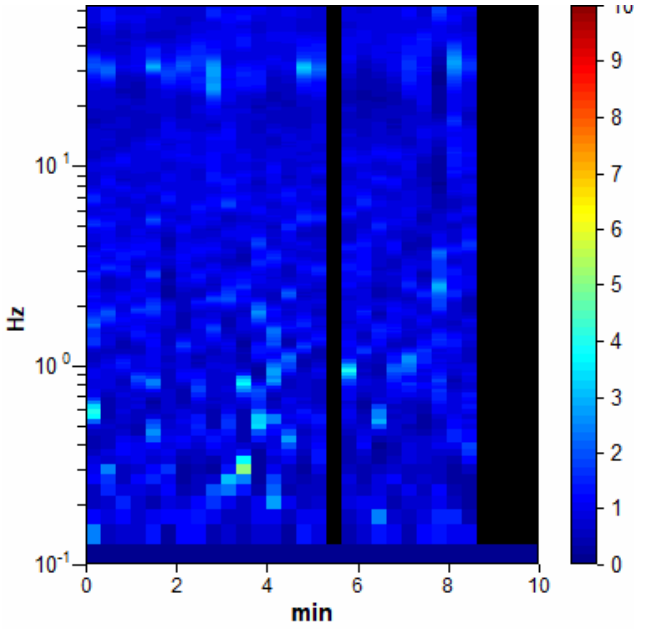
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 08:52:53 End recording: 26/07/18 09:02:54
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

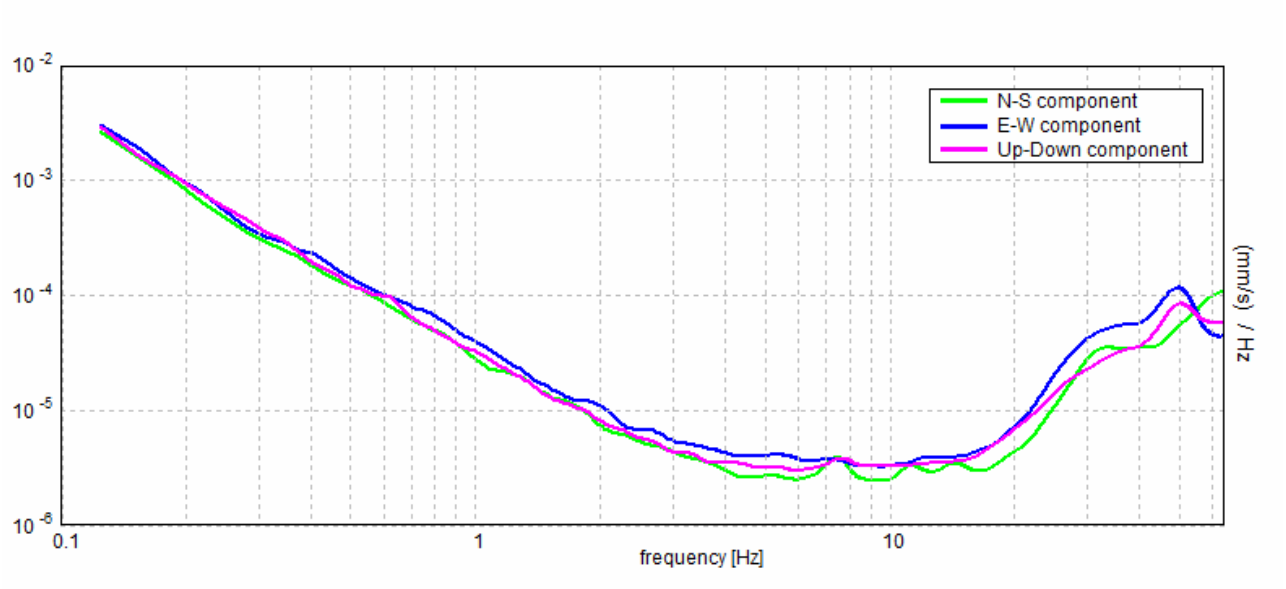
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



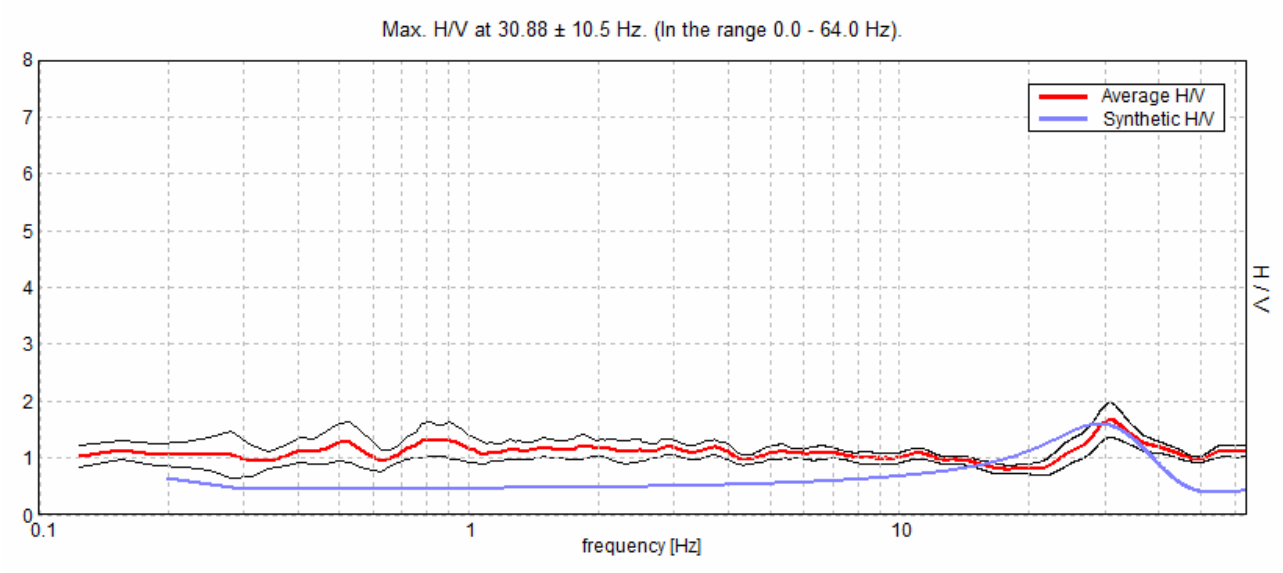
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

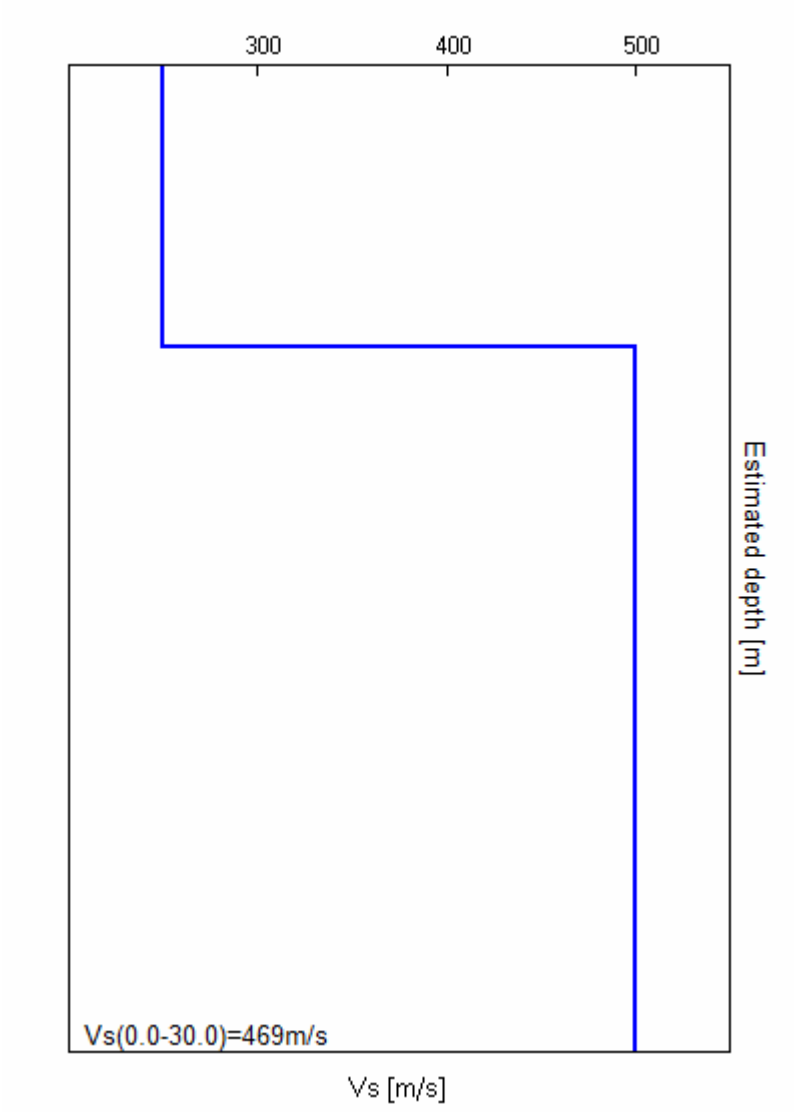


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=469m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=469m/s
Vs [m/s]

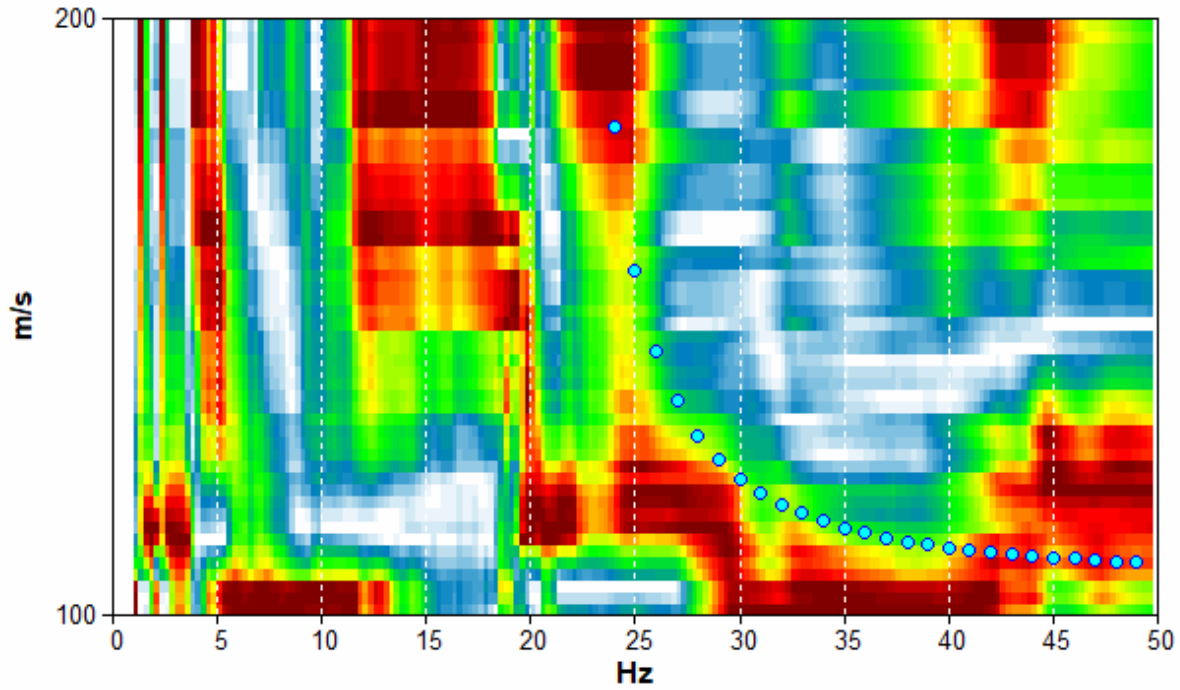
GREPPINO, [Z] AG1 MASW

Start recording: 26/07/18 08:47:21 End recording: 26/07/18 08:51:26
Trace length: 0h00'01".
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7

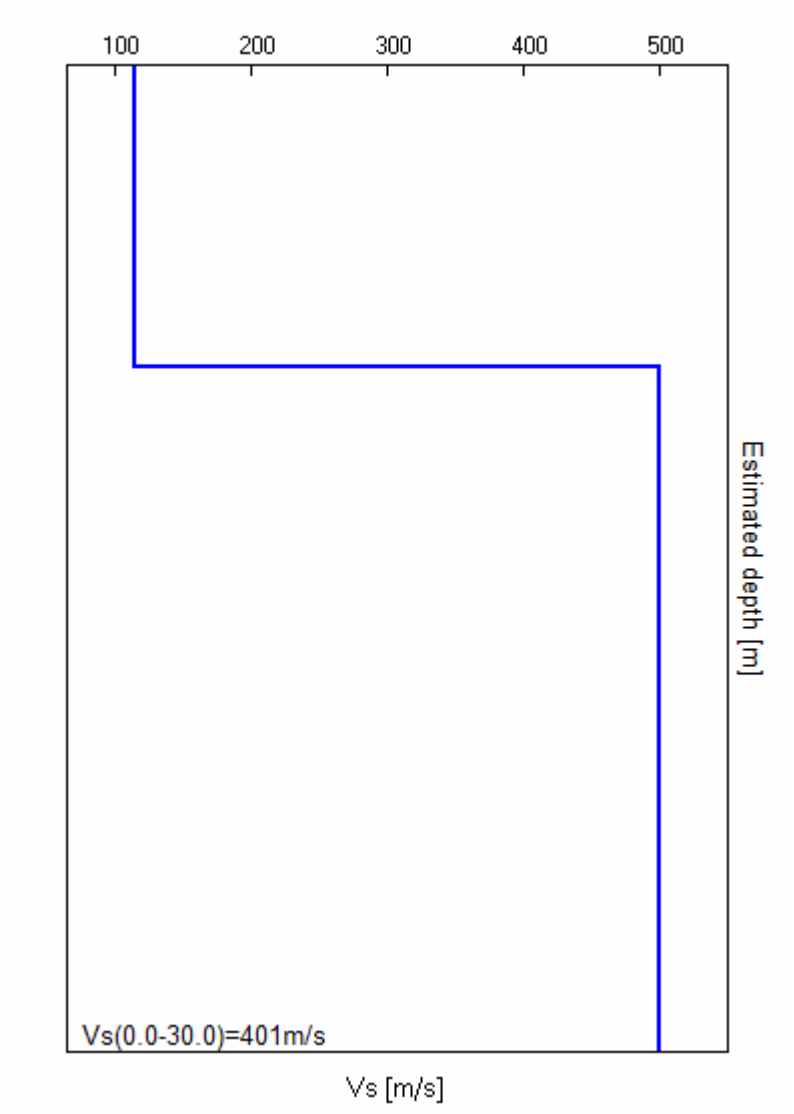
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.20	2.20	115	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=401m/s

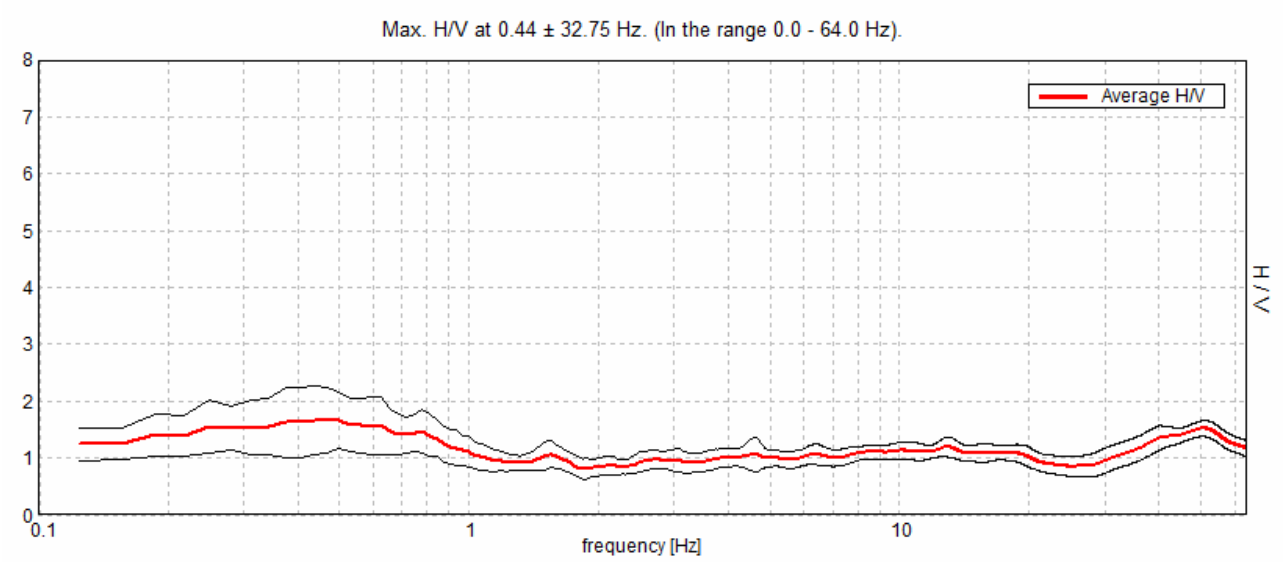

100
200
300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=401m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG2 H/V1

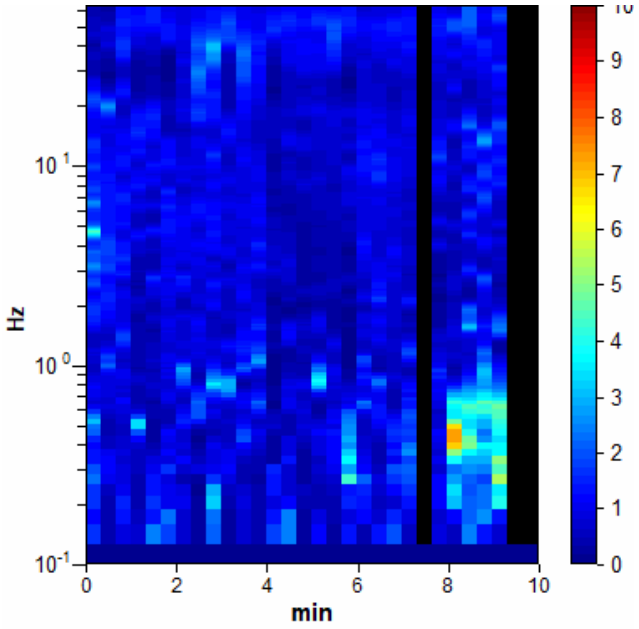
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 09:15:49 End recording: 26/07/18 09:25:50
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

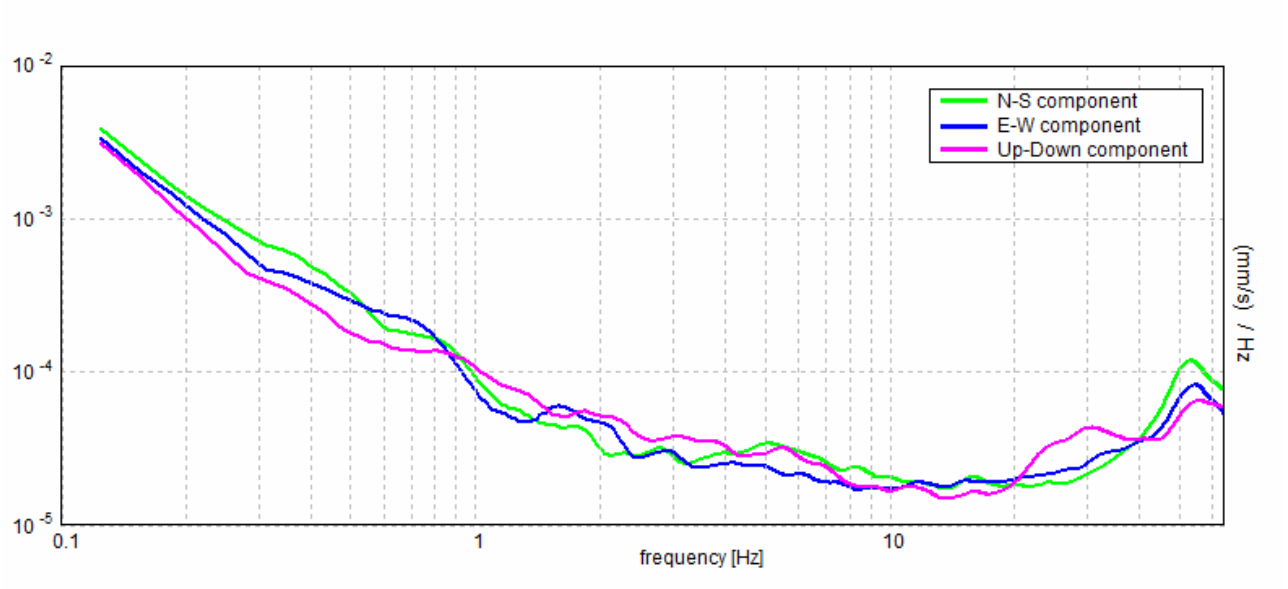
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



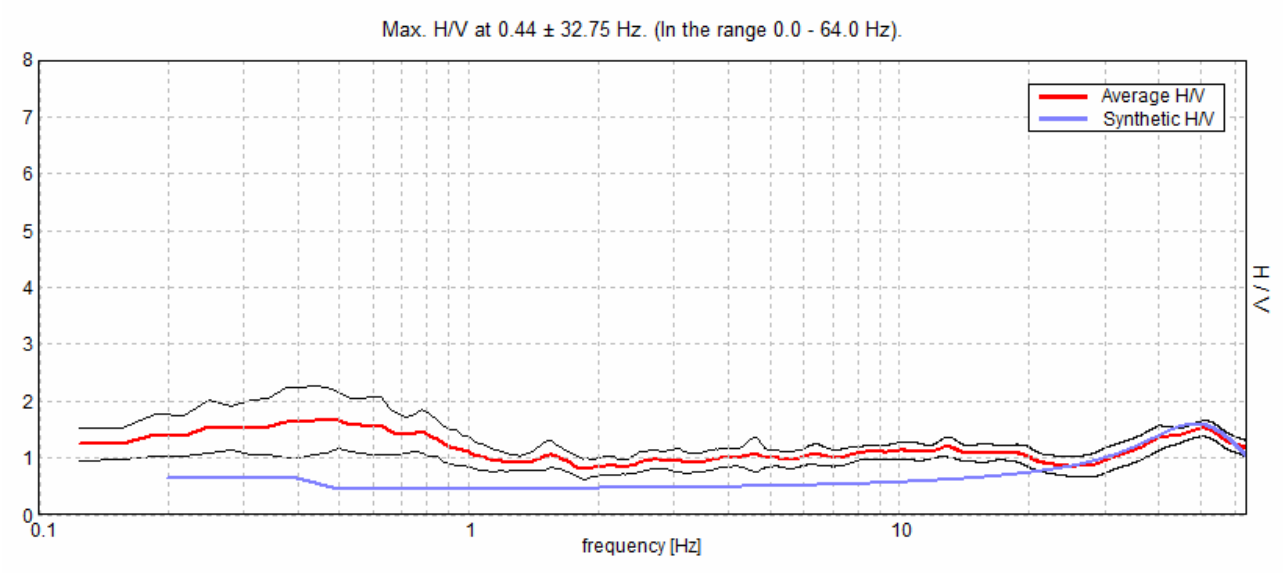
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

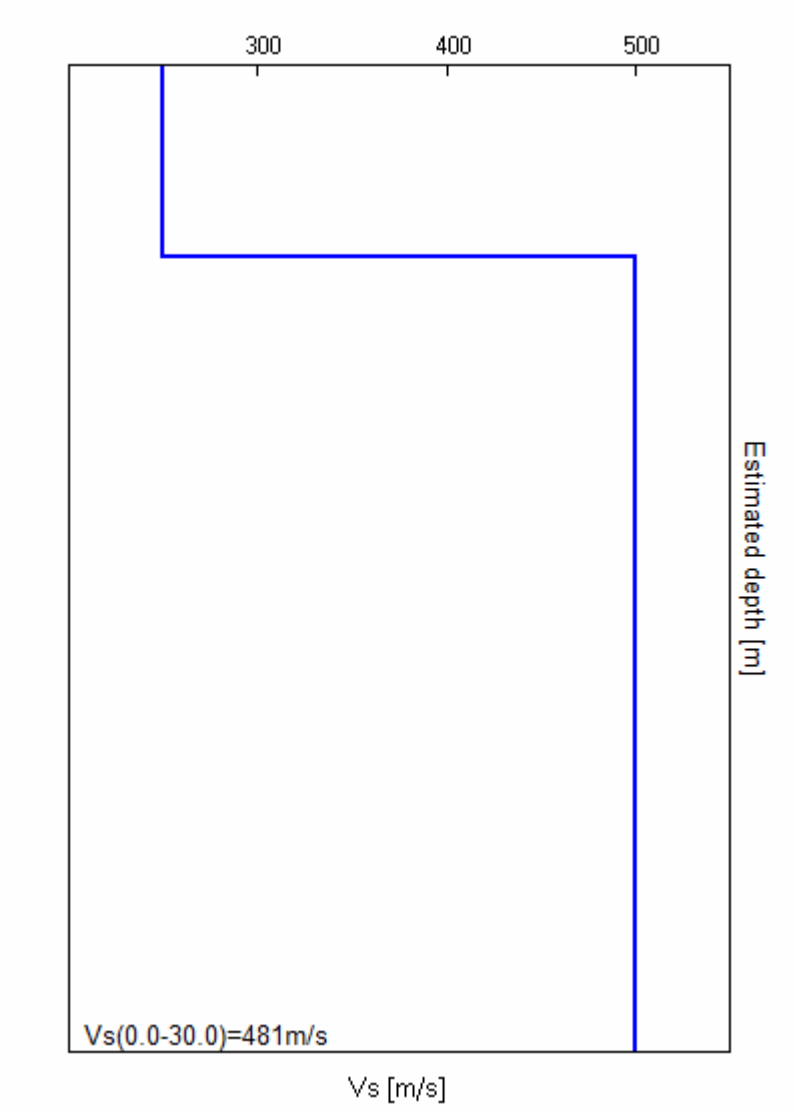


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



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

Vs(0.0-30.0)=481m/s

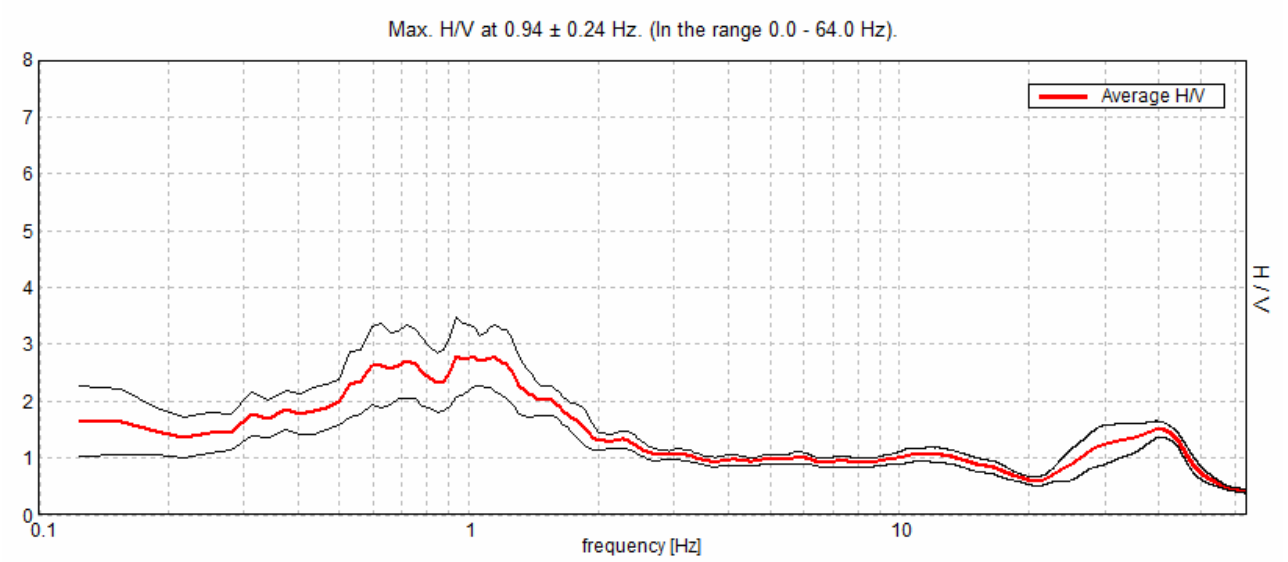

300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=481m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG2 H/V2

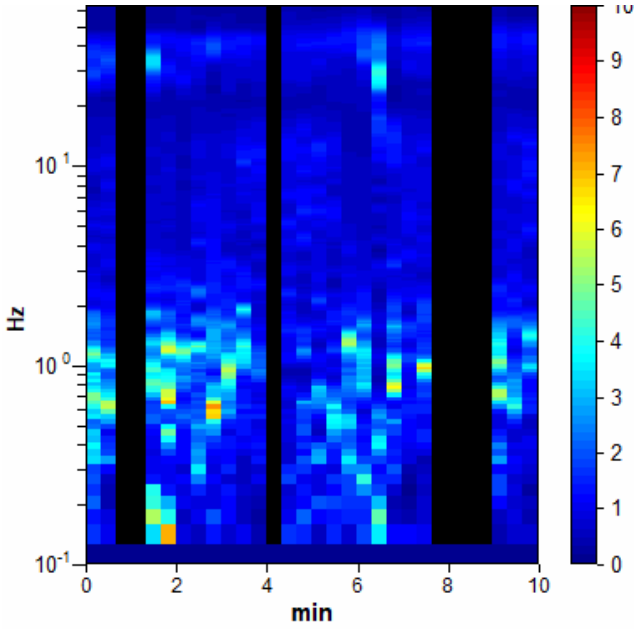
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 09:33:08 End recording: 26/07/18 09:43:09
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 77% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

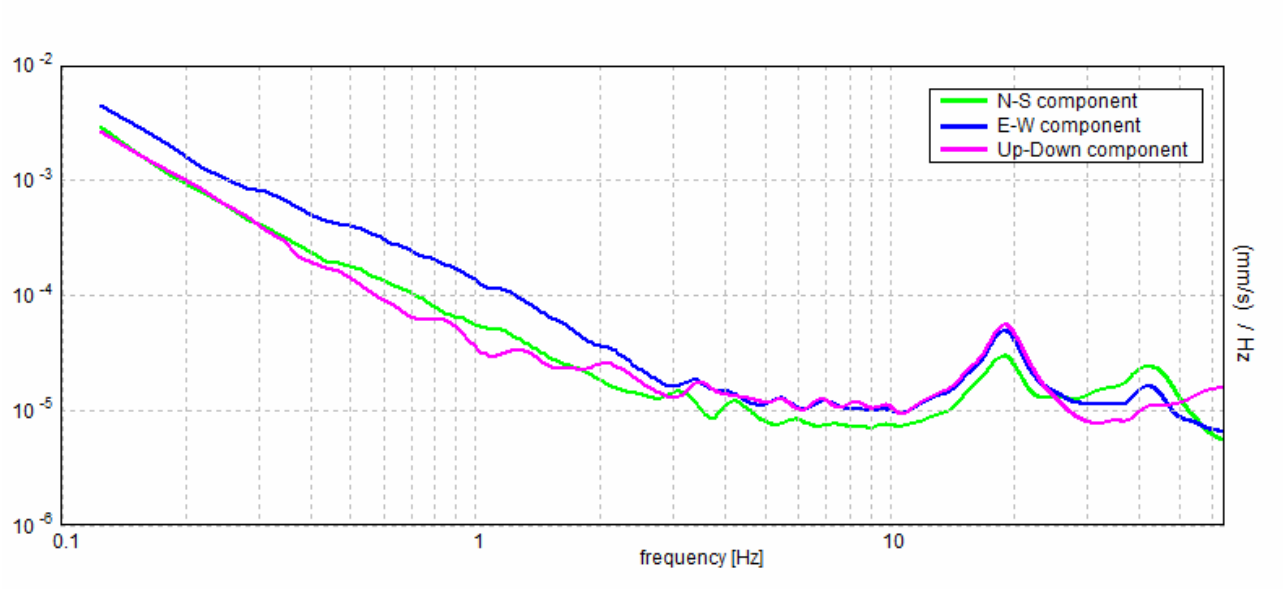
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



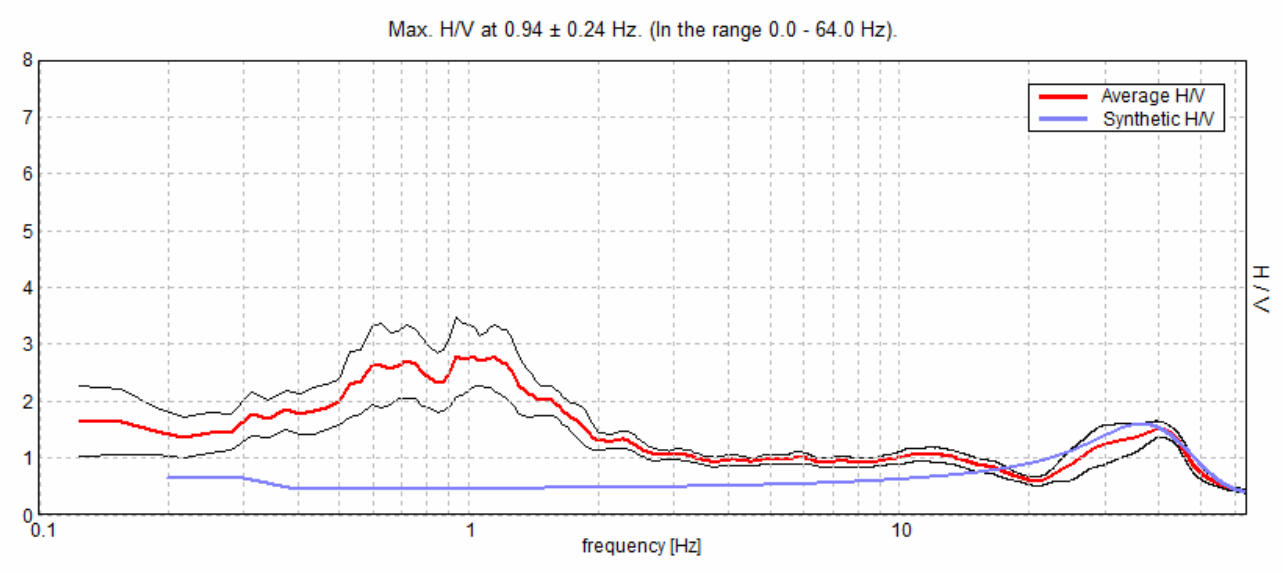
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

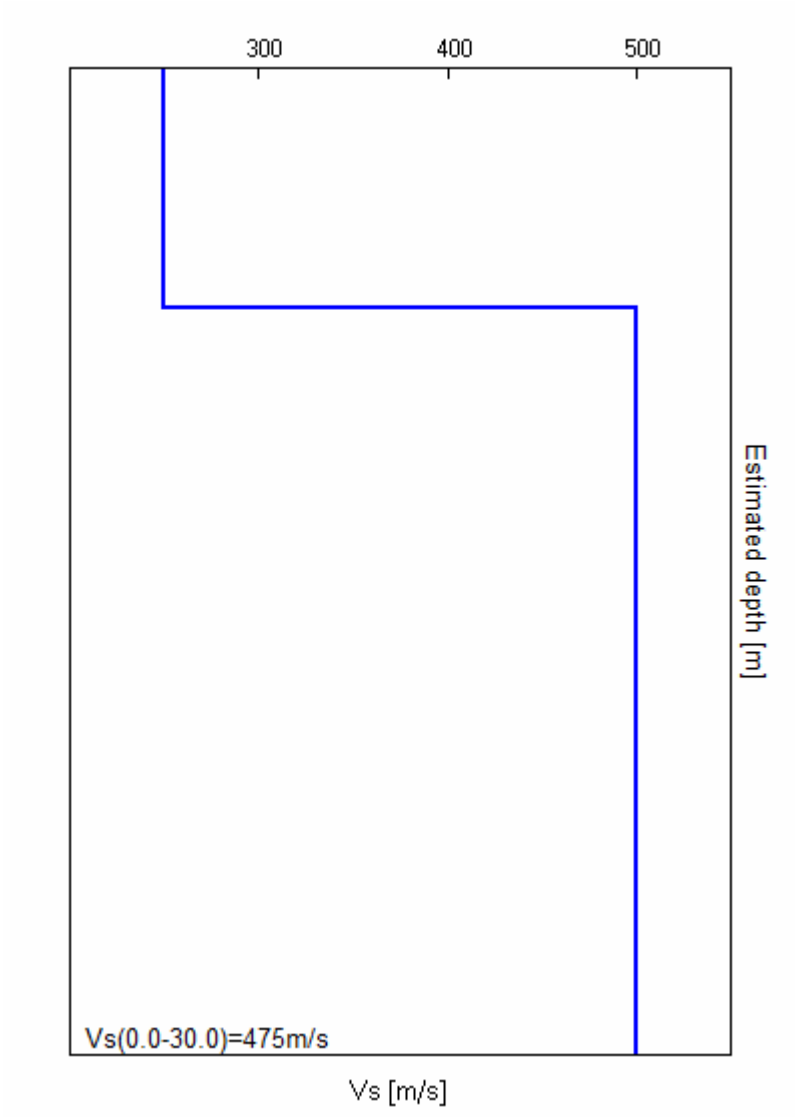


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.60	1.60	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=475m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=475m/s
Vs [m/s]

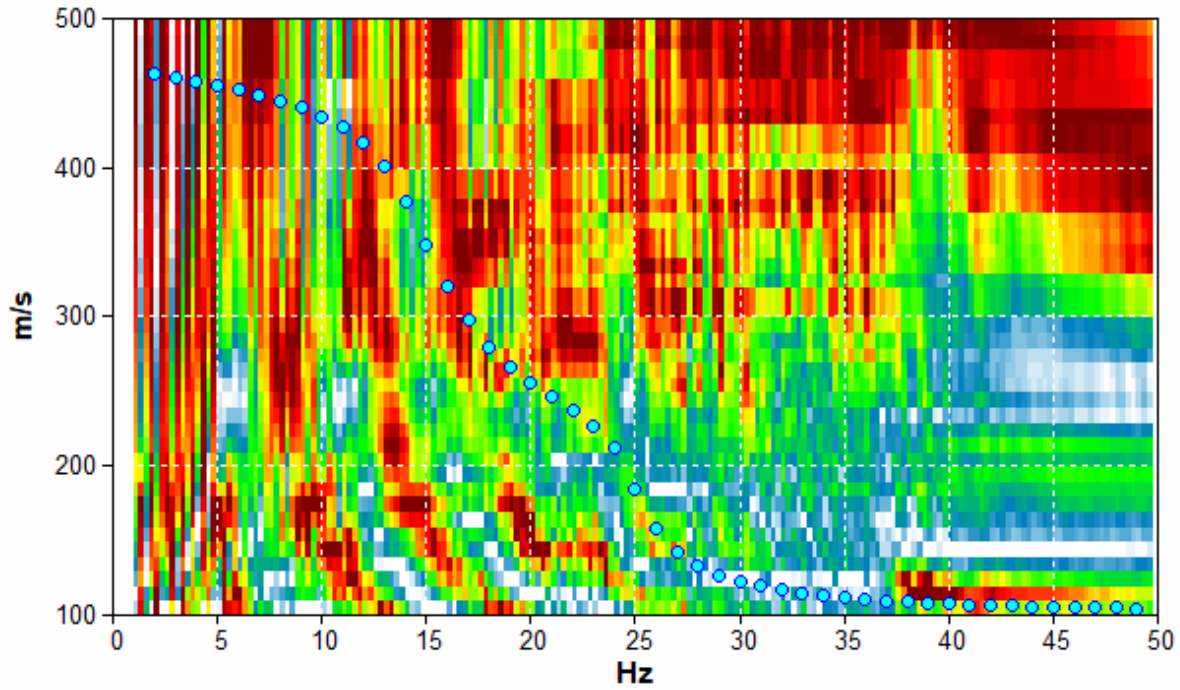
GREPPINO, [Z] AG2 MASW

Start recording: 26/07/18 09:27:25 End recording: 26/07/18 09:31:28
Trace length: 0h00'01".
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7

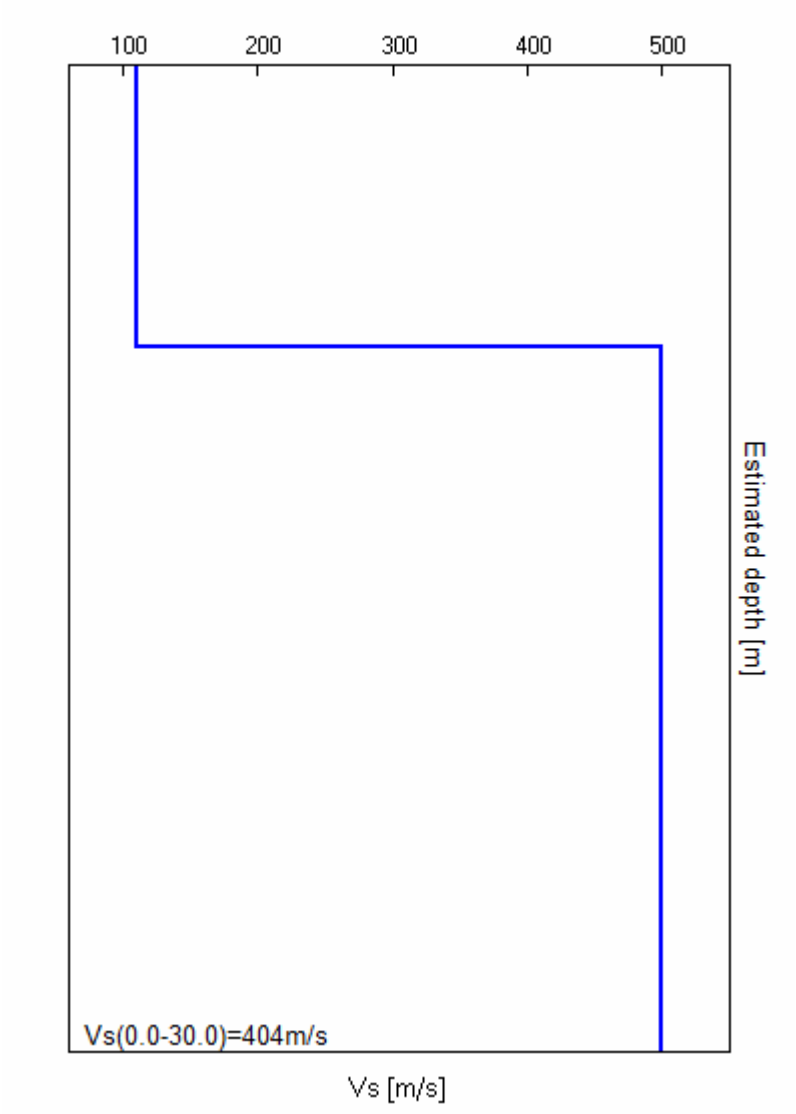
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	110	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=404m/s

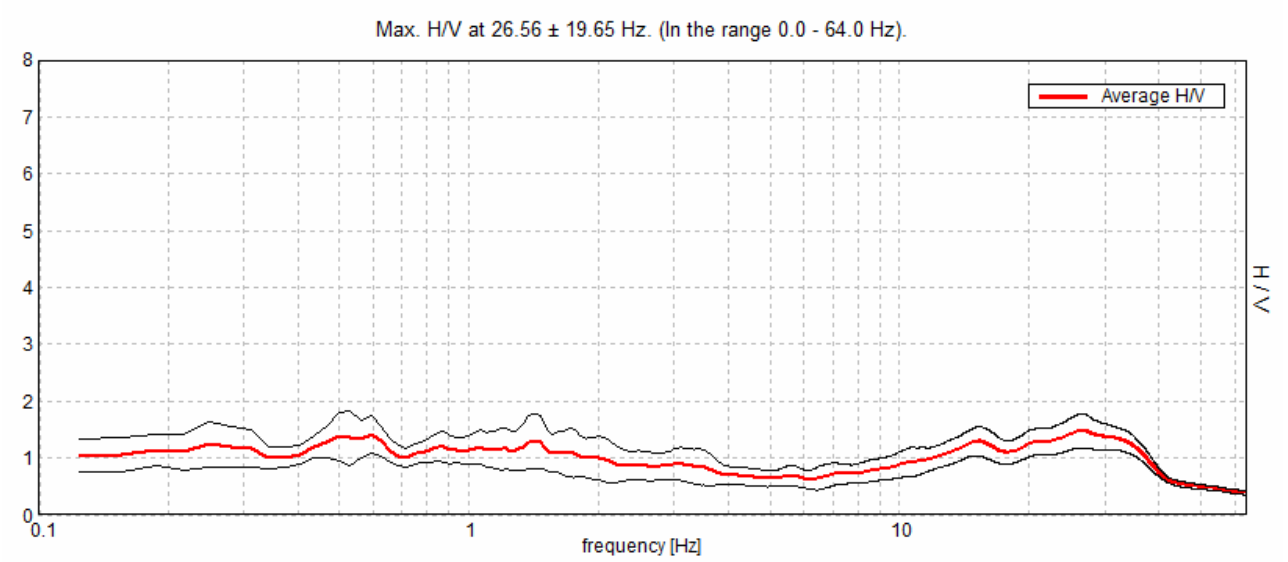

100
200
300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=404m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG3 H/V1

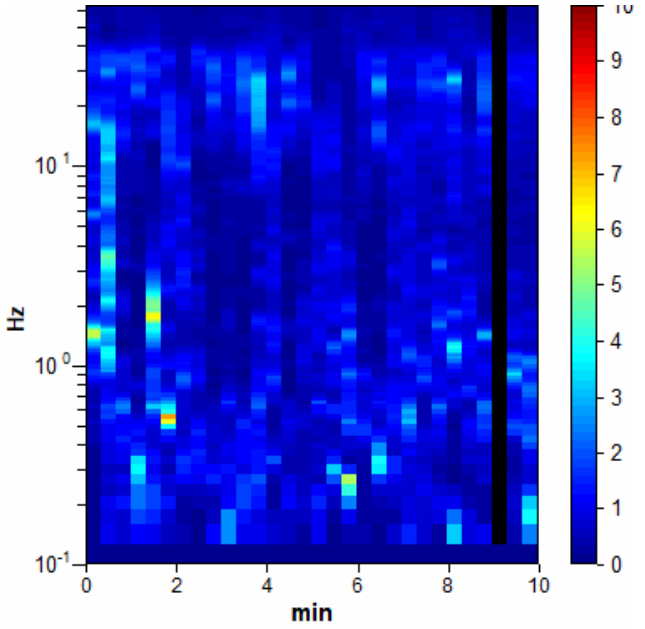
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 09:53:51 End recording: 26/07/18 10:03:52
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

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

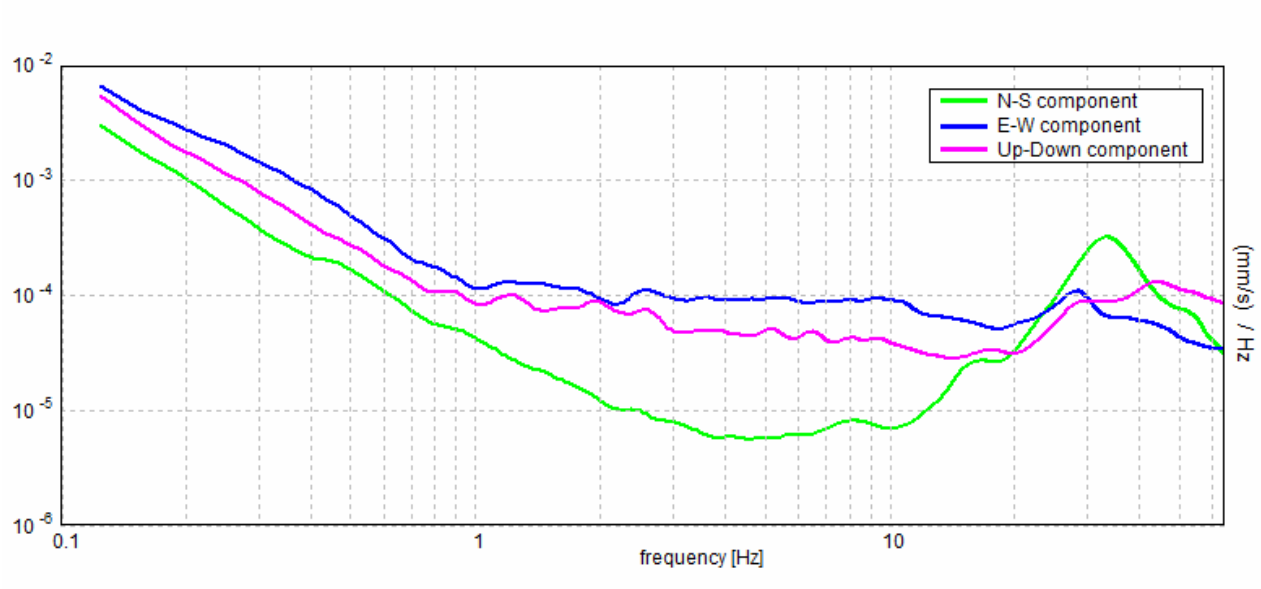
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



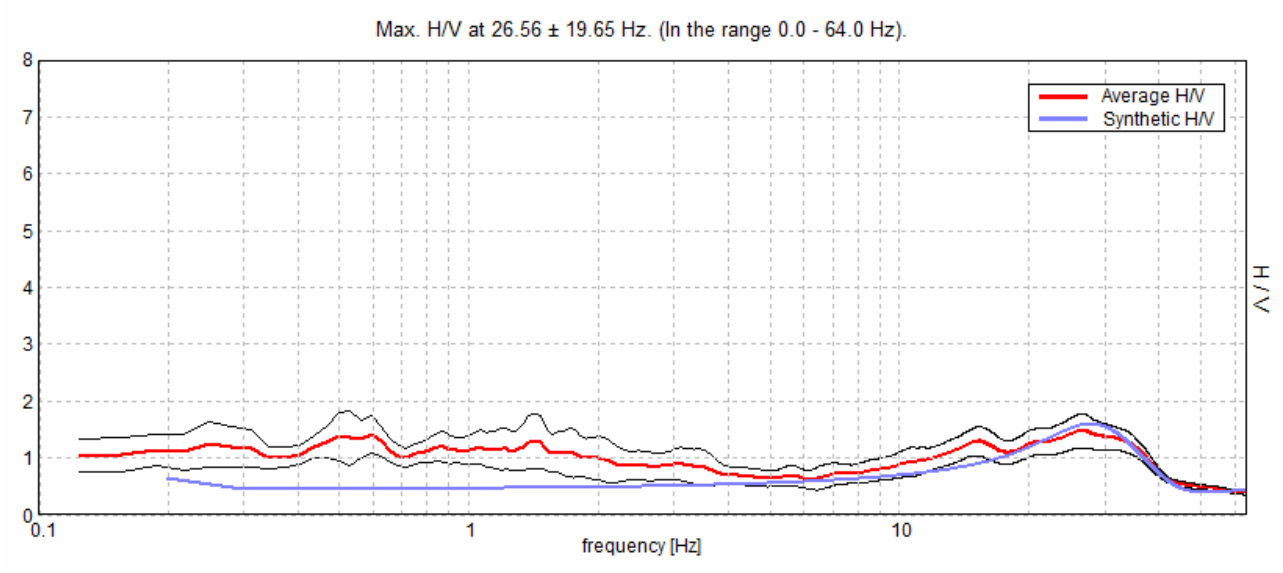
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

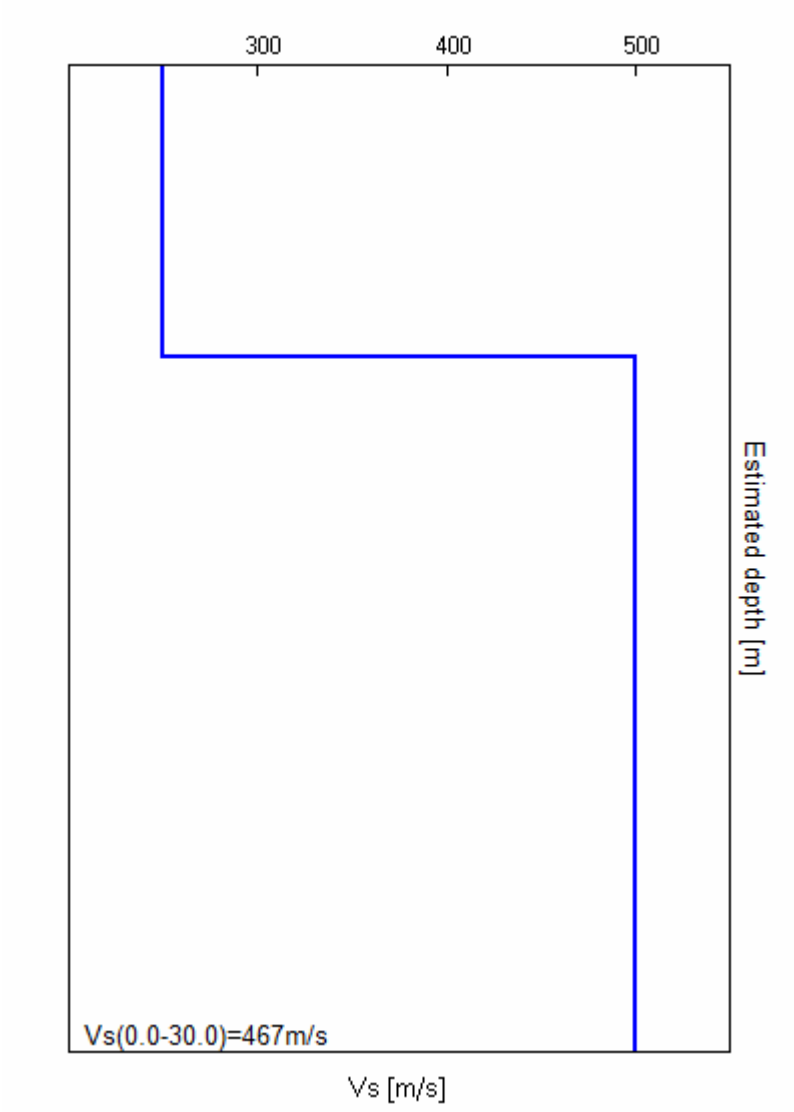


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.10	2.10	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=467m/s

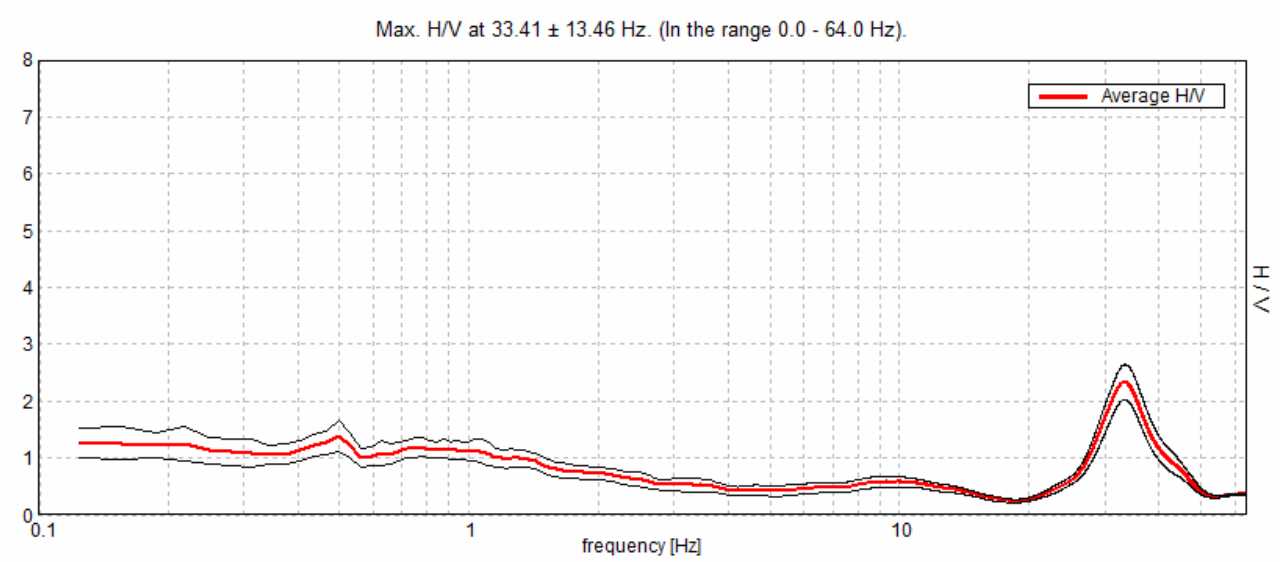

300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=467m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG3 H/V2

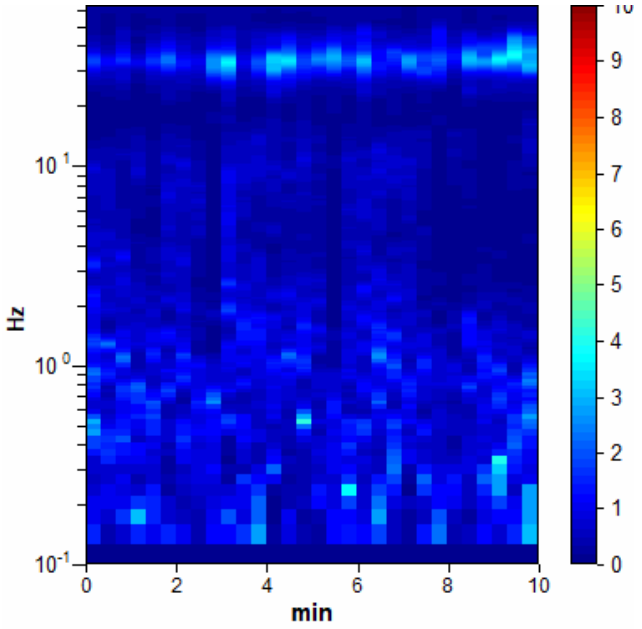
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 10:11:06 End recording: 26/07/18 10:21:07
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

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

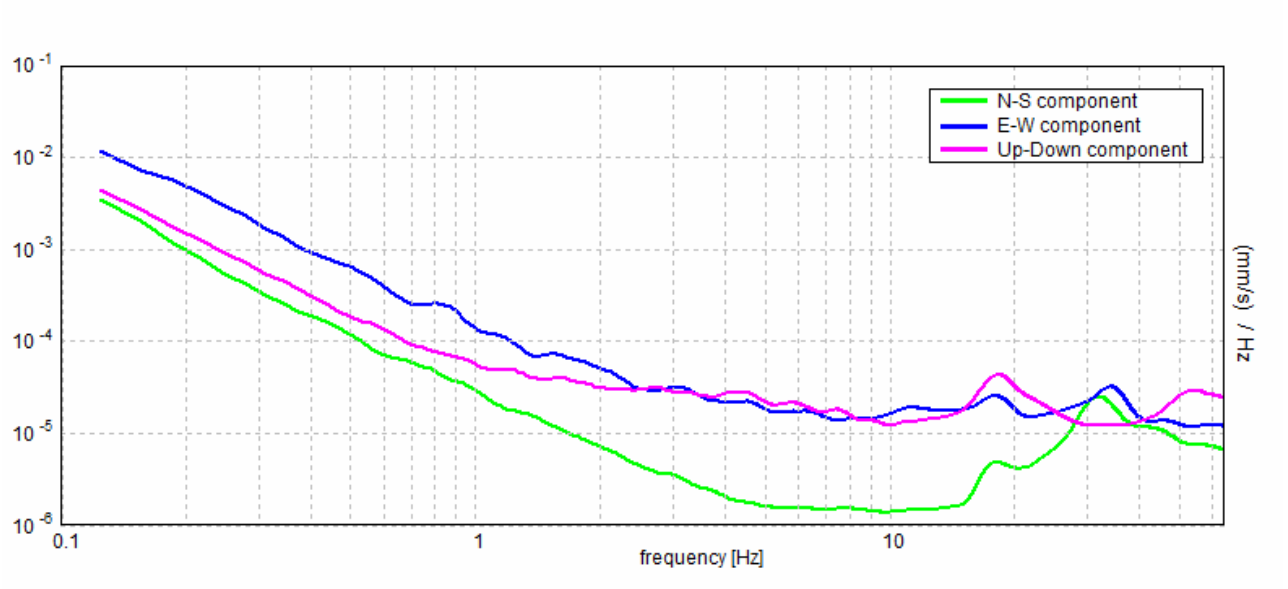
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



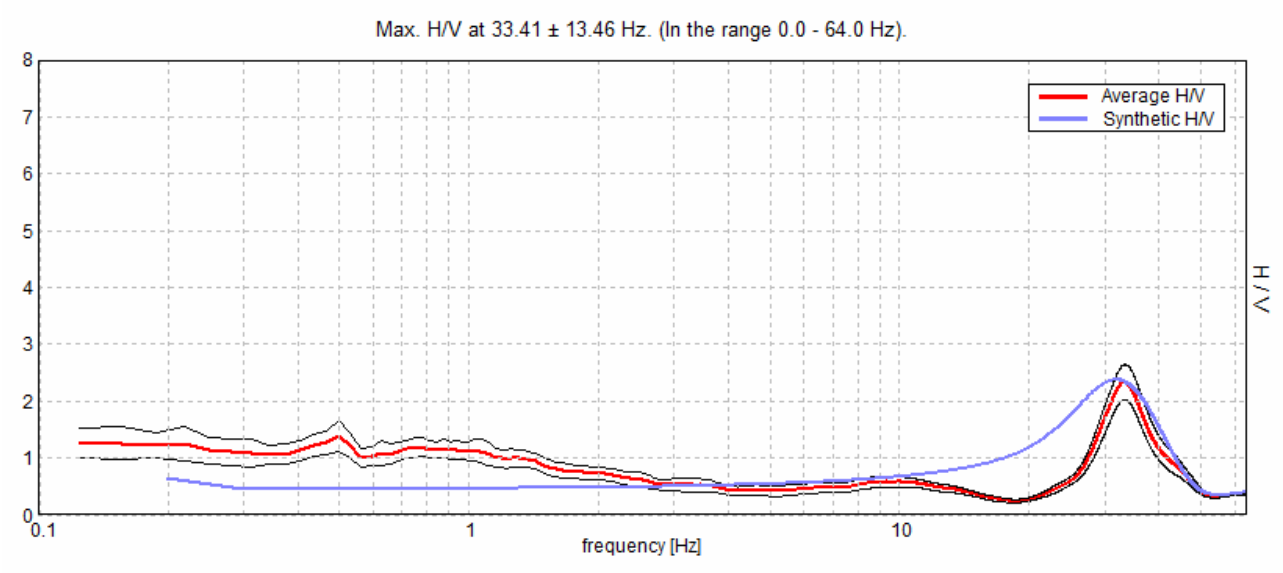
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

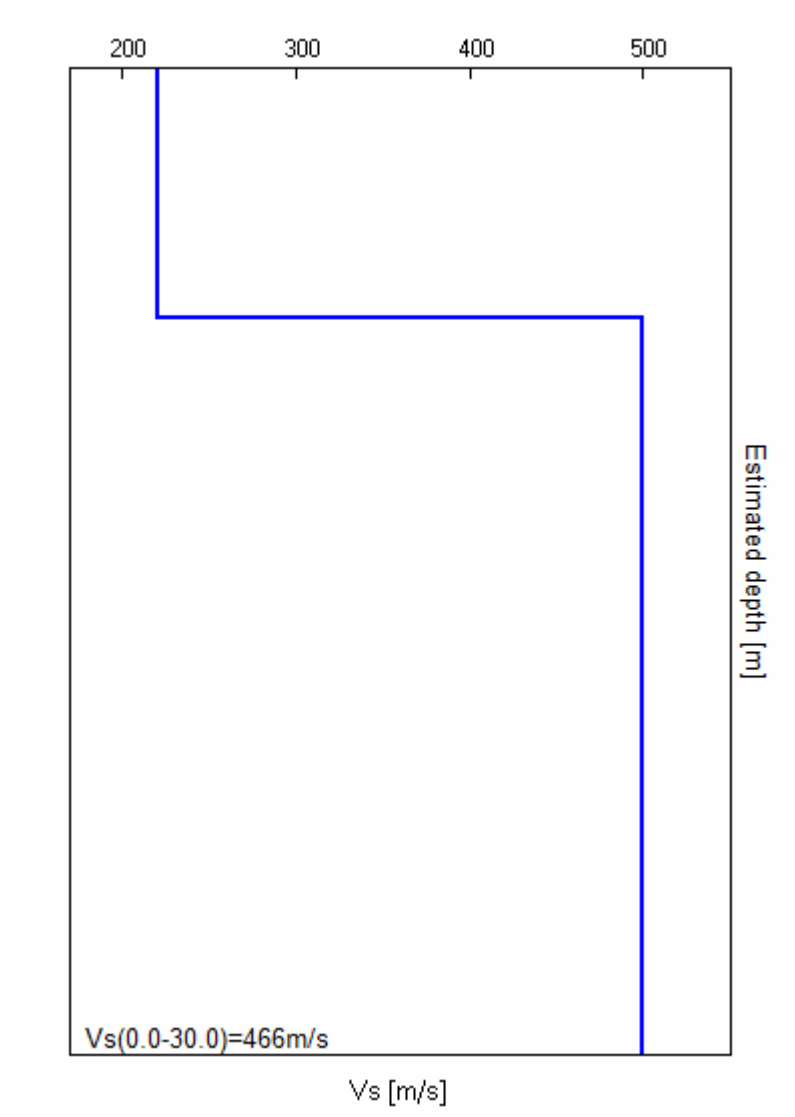


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.70	1.70	220	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=466m/s


200
300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=466m/s
Vs [m/s]

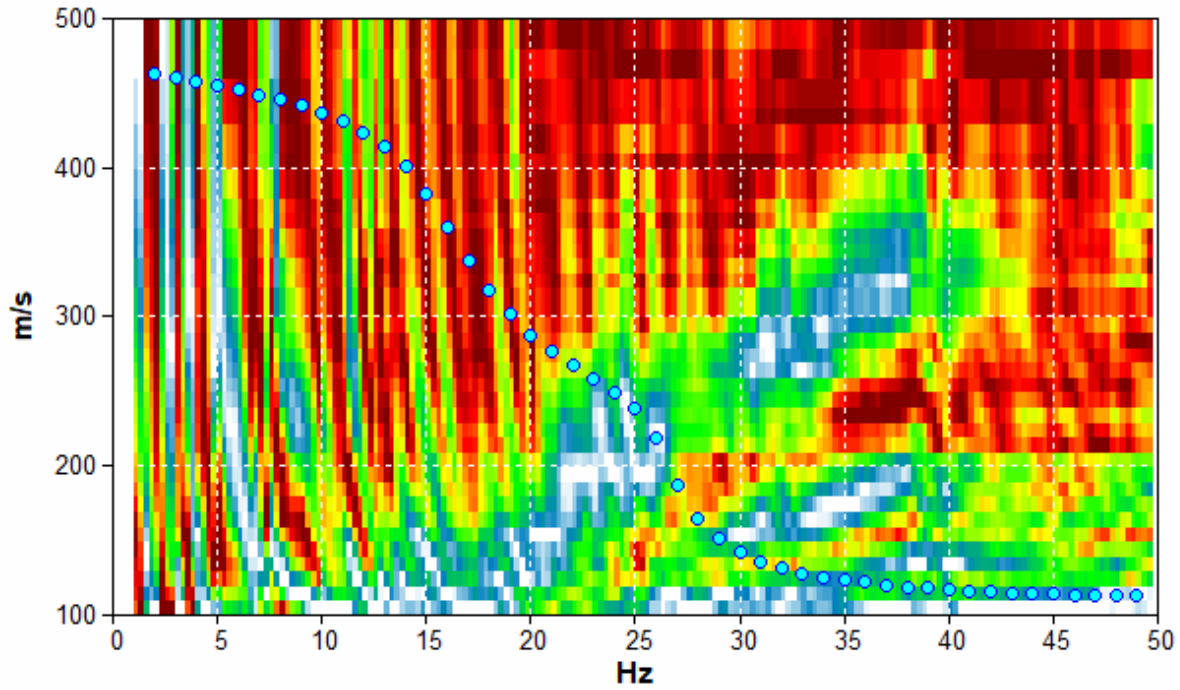
GREPPINO, [NS] AG3 MASW

Start recording: 26/07/18 10:05:13 End recording: 26/07/18 10:09:43
Trace length: 0h00'01".
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7

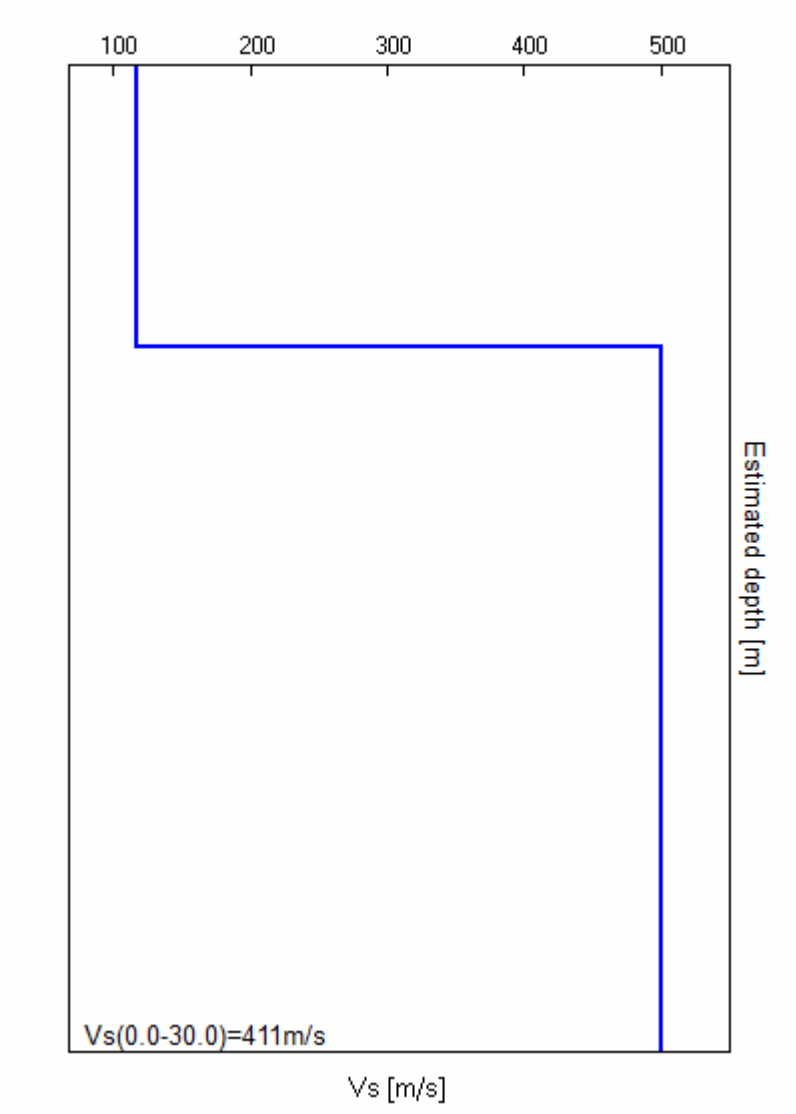
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	118	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=411m/s

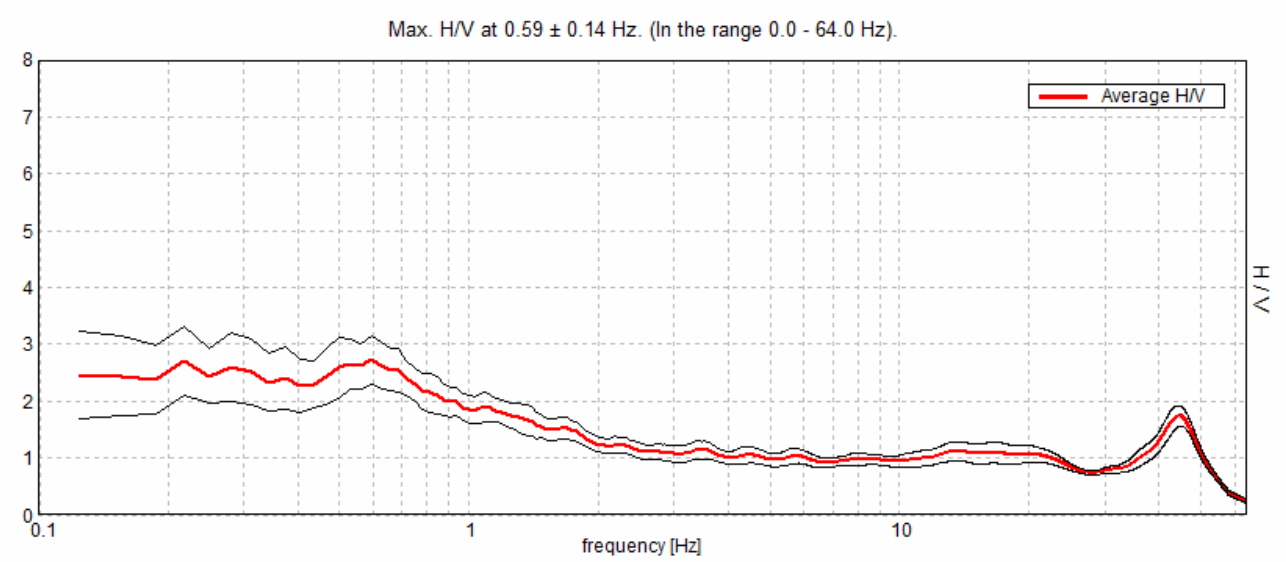

100
200
300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=411m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG4 H/V1

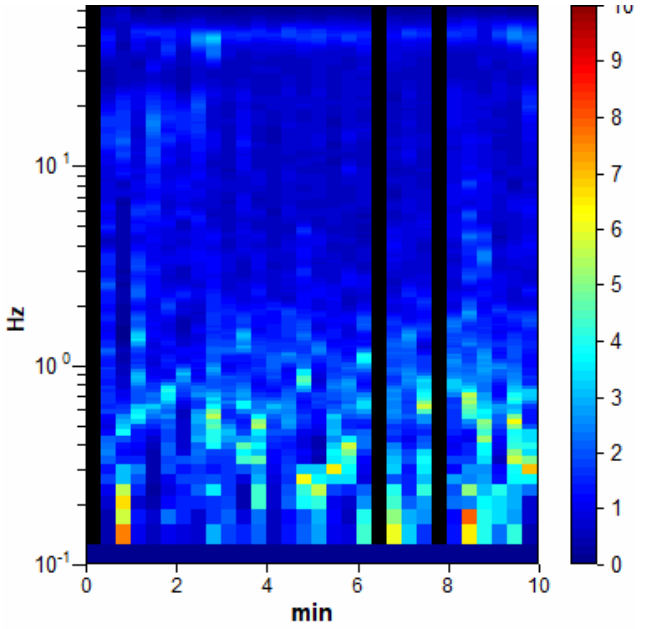
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 10:41:24 End recording: 26/07/18 10:51:25
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

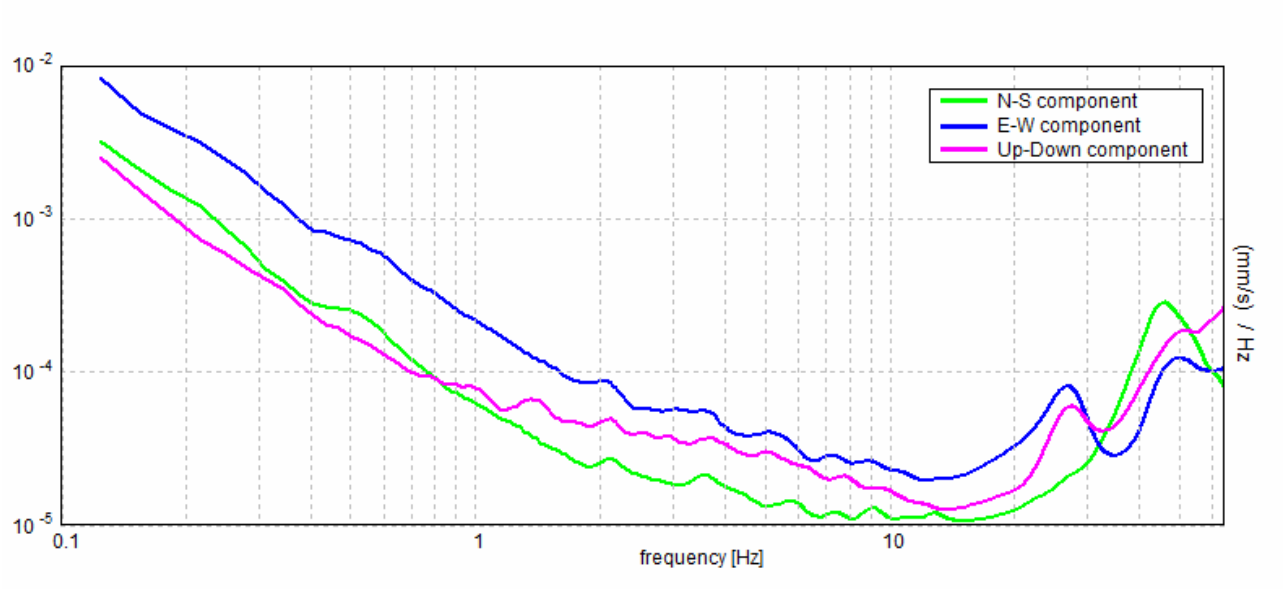
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



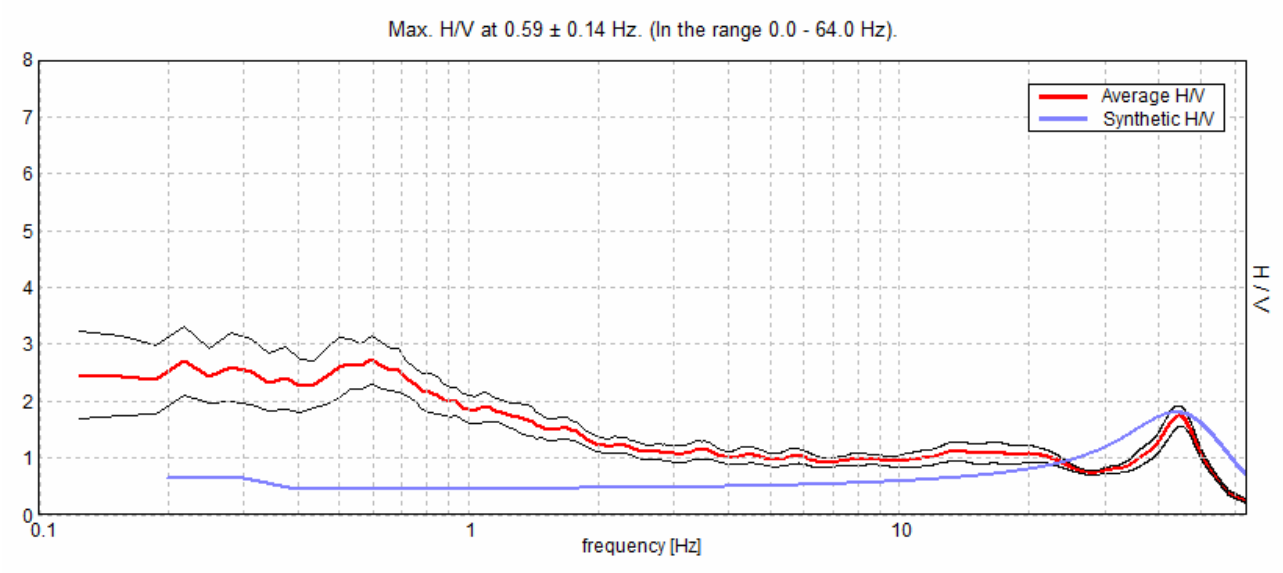
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

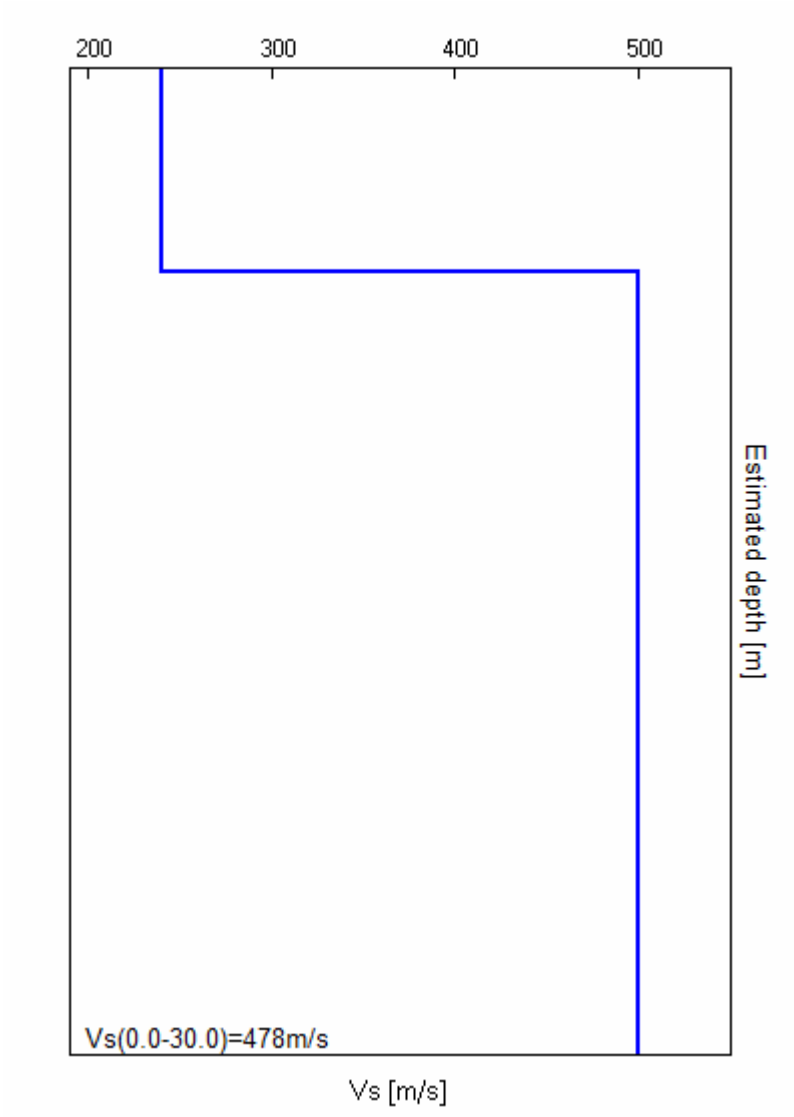


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.30	1.30	240	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=478m/s

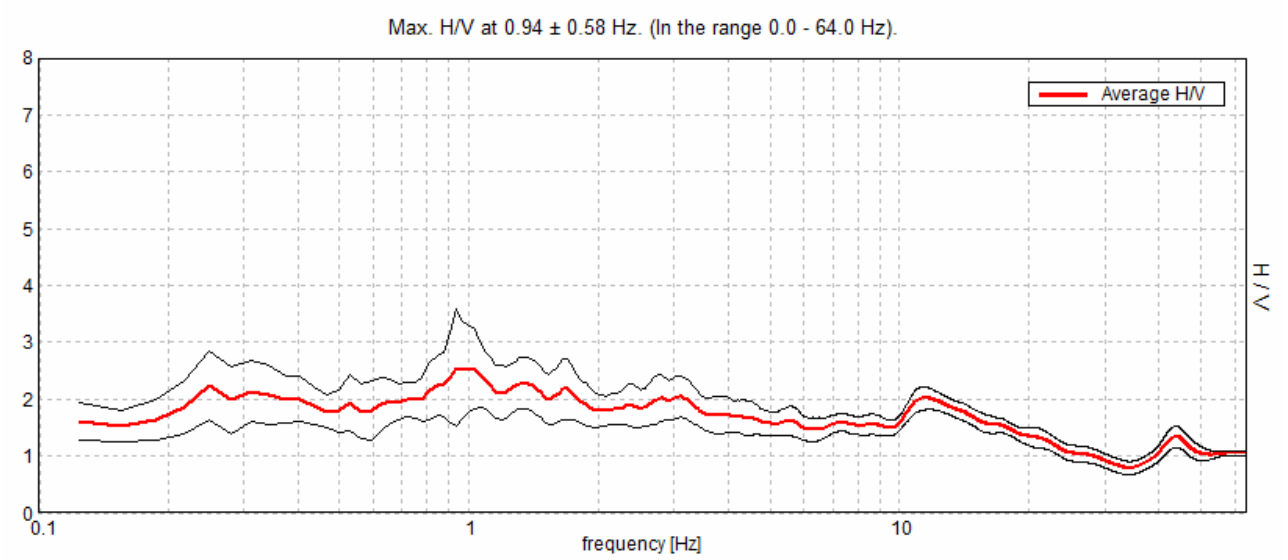

200
300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=478m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG4 H/V2

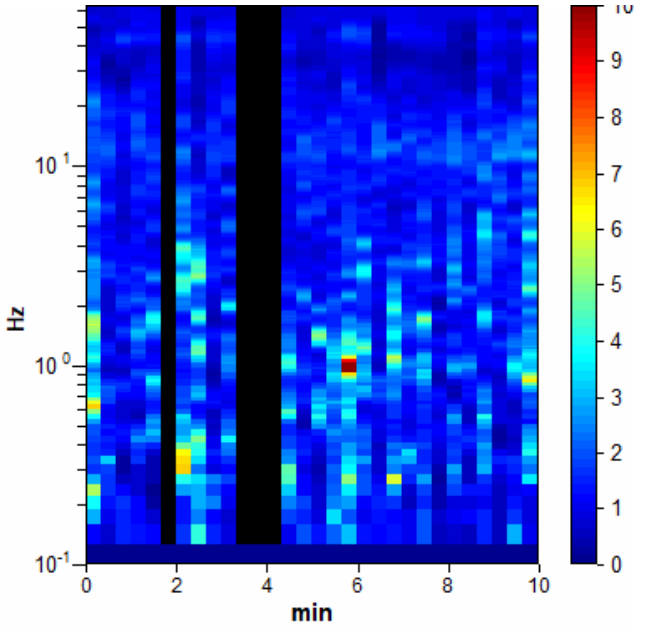
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 10:59:48 End recording: 26/07/18 11:09:49
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

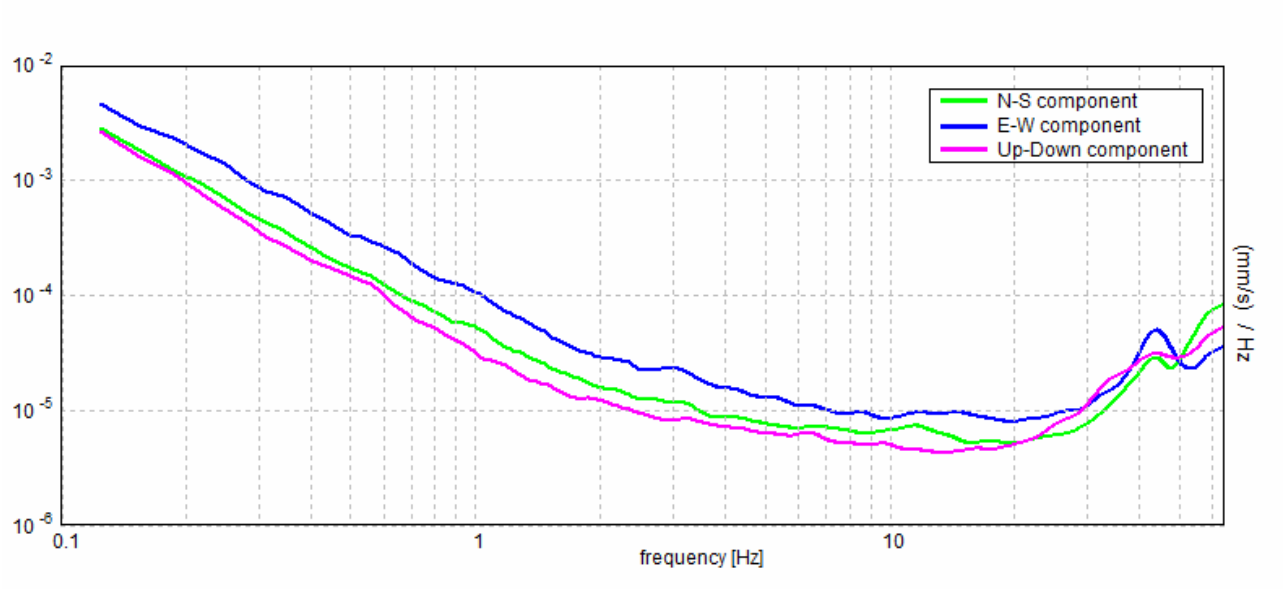
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



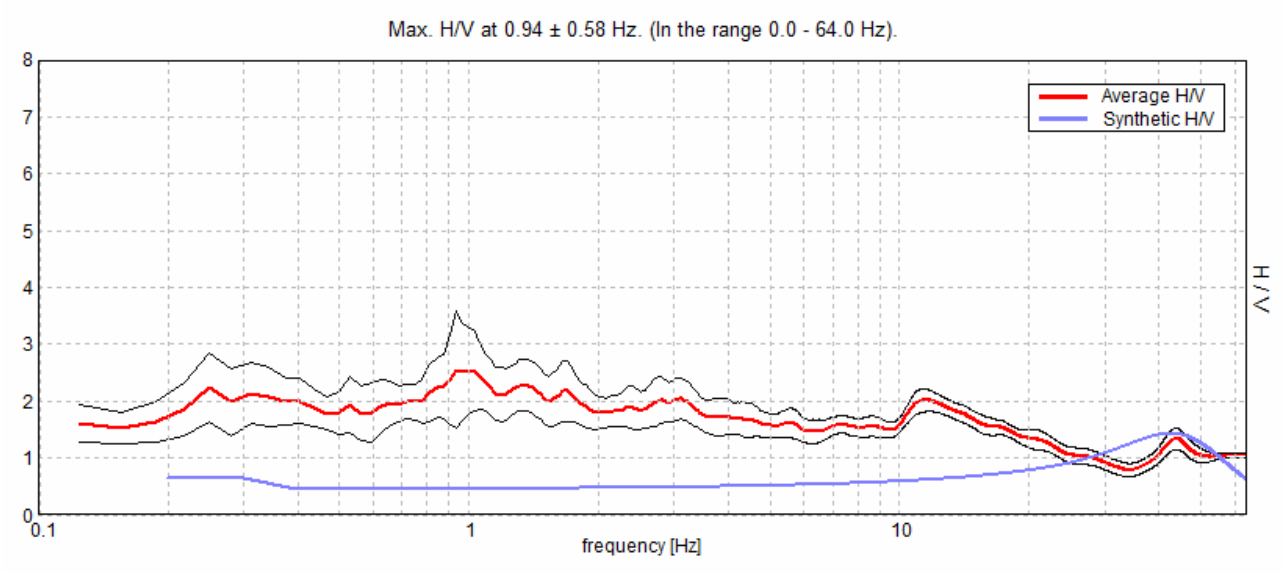
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

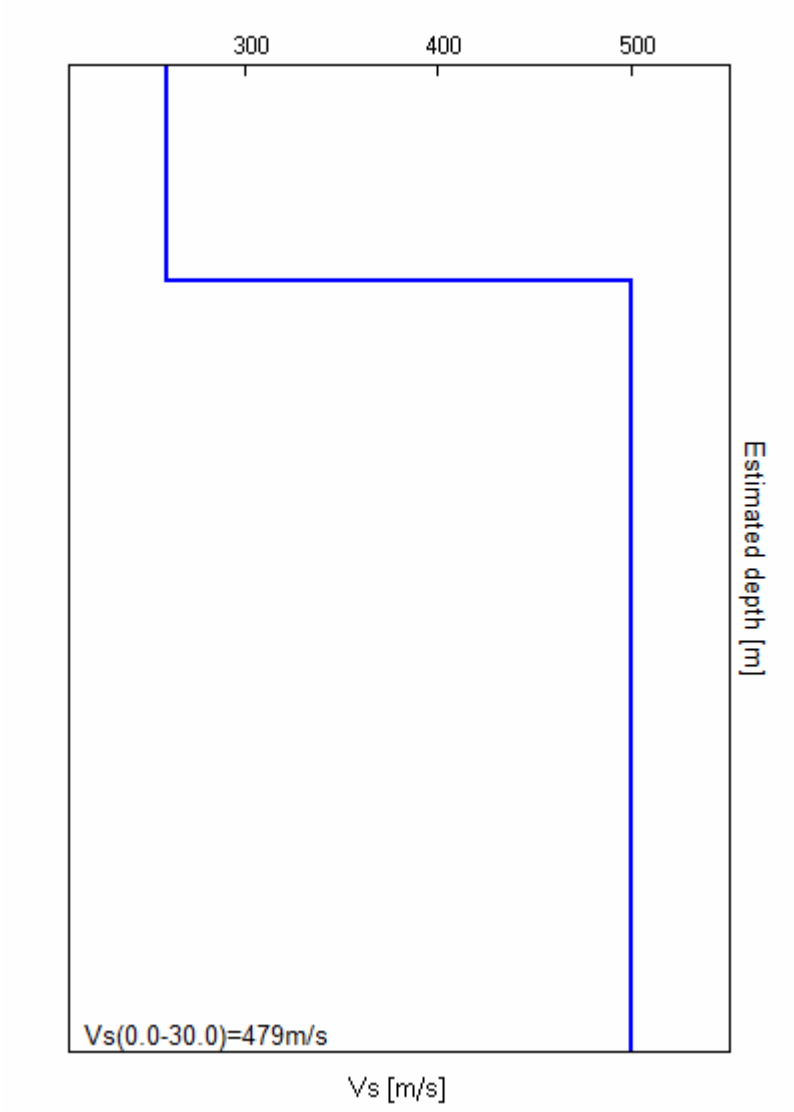


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.40	1.40	260	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=479m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=479m/s
Vs [m/s]

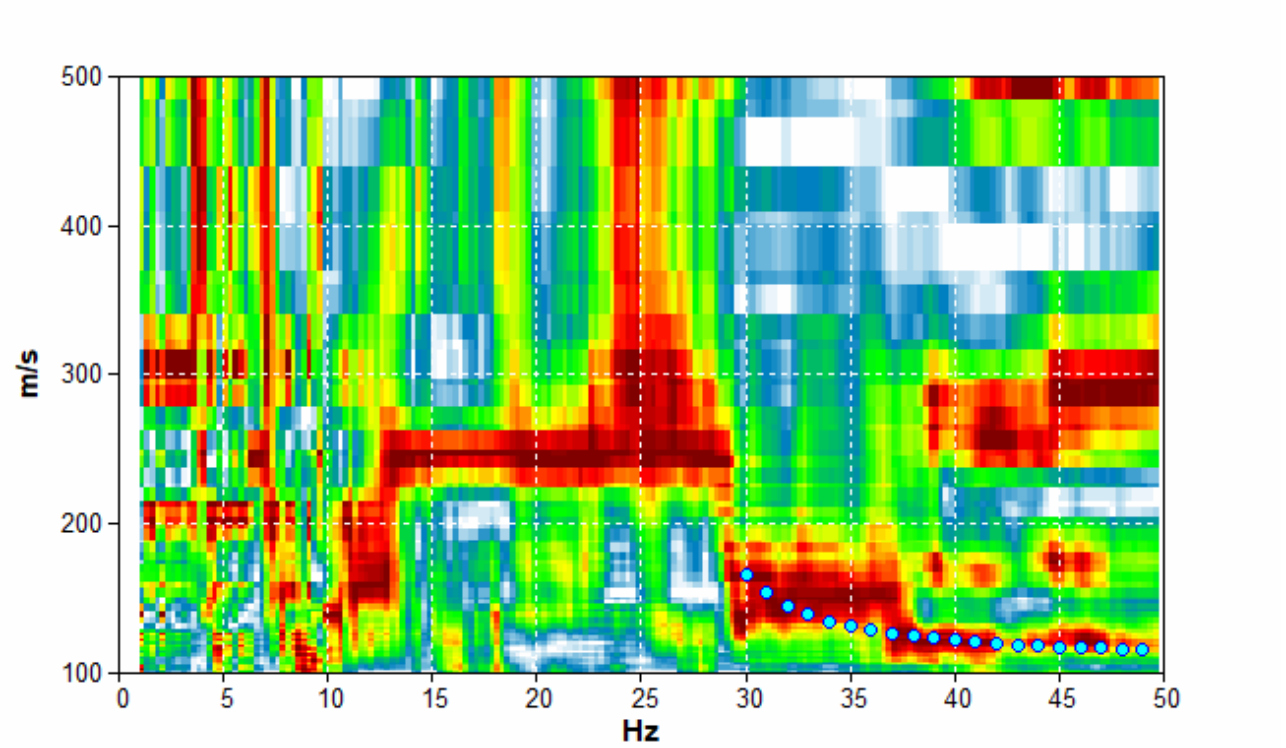
GREPPINO, AG4 MASW

Start recording: 05/06/15 10:39:09 End recording: 05/06/15 10:41:32
Trace length: 0h00'01".
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6

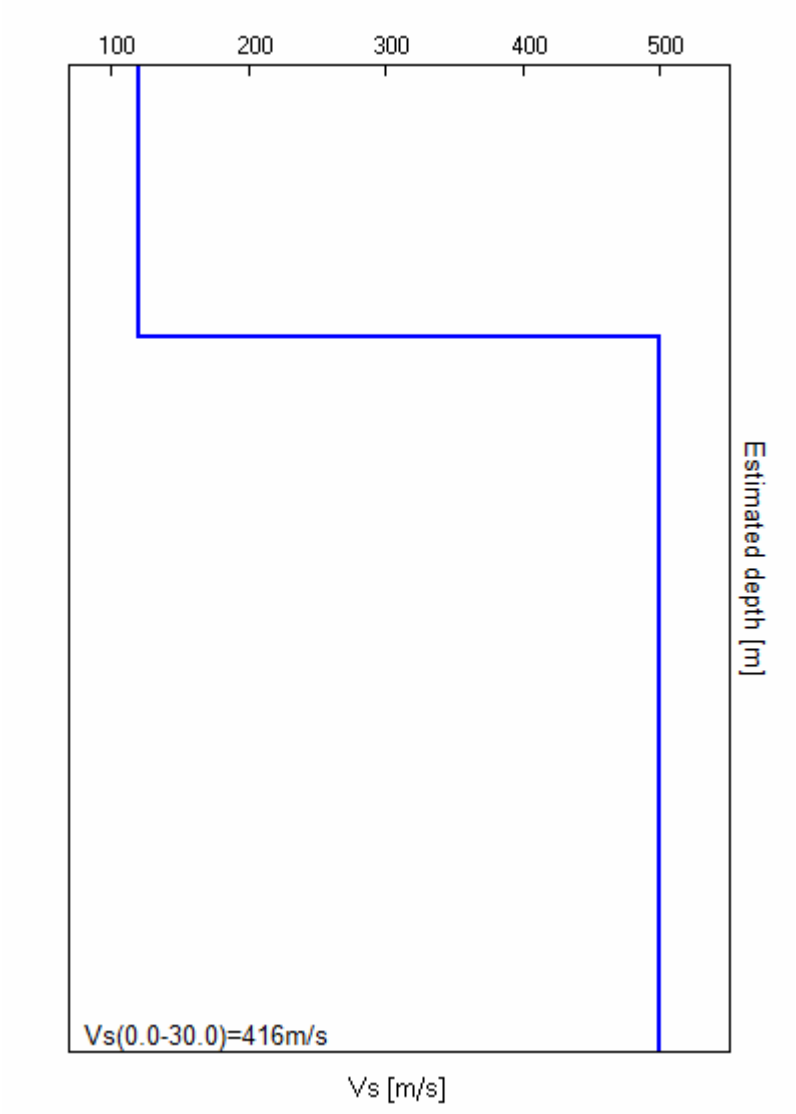
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.90	1.90	120	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=416m/s

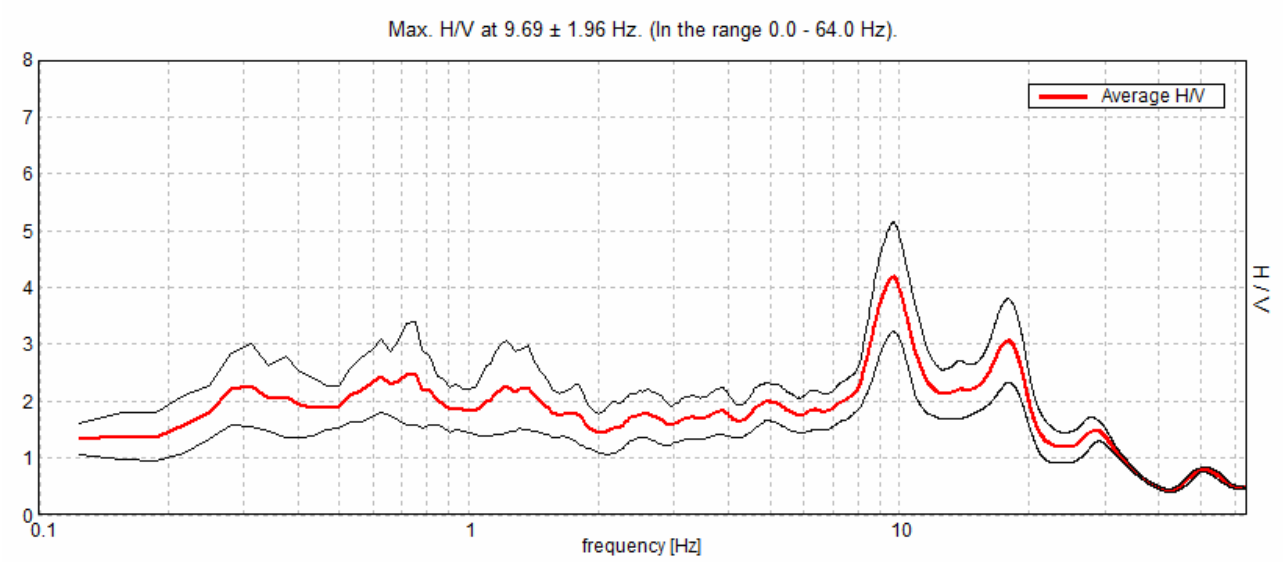

100
200
300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=416m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG5 H/V1

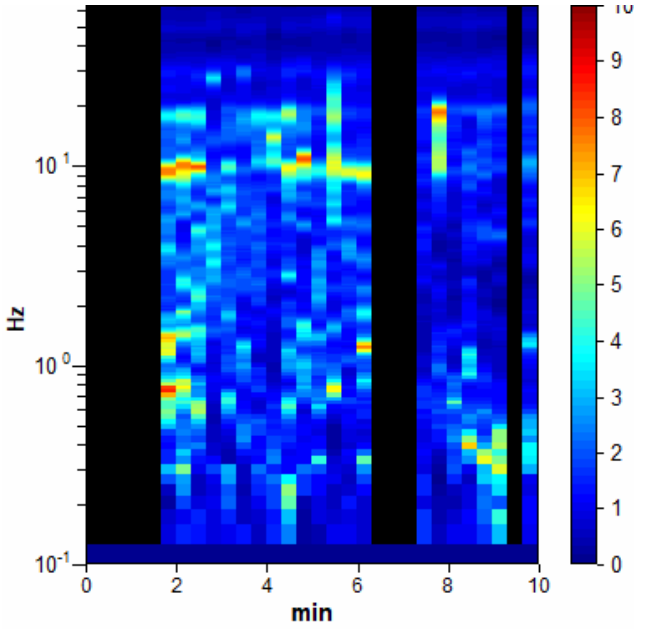
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 11:26:26 End recording: 26/07/18 11:36:27
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 70% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

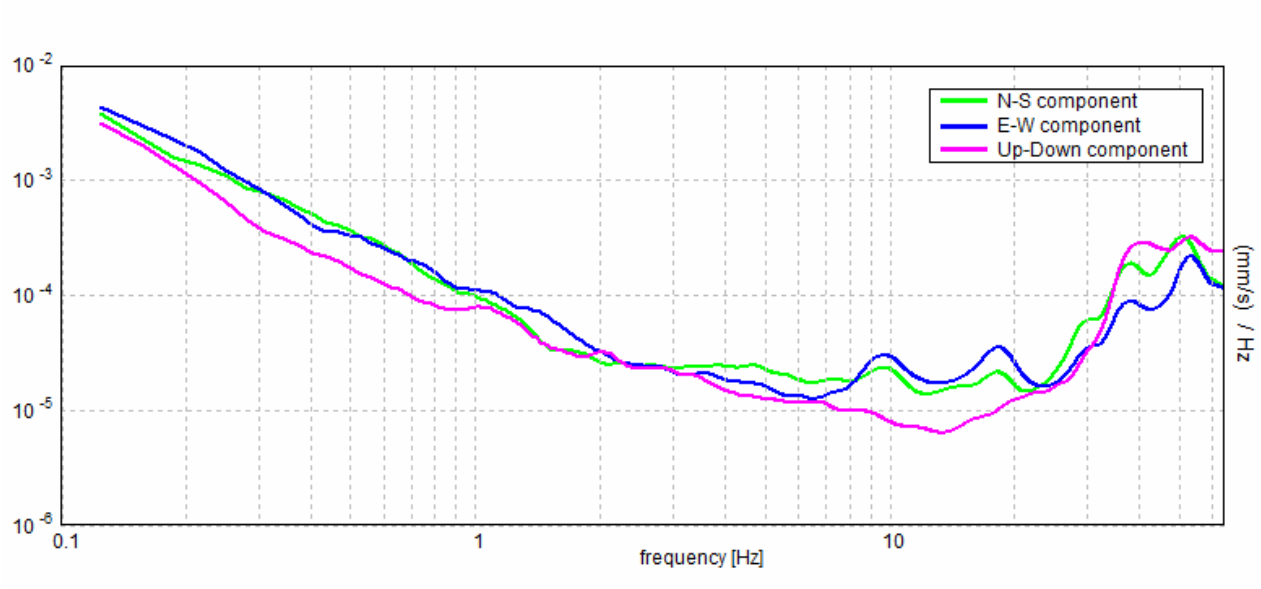
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



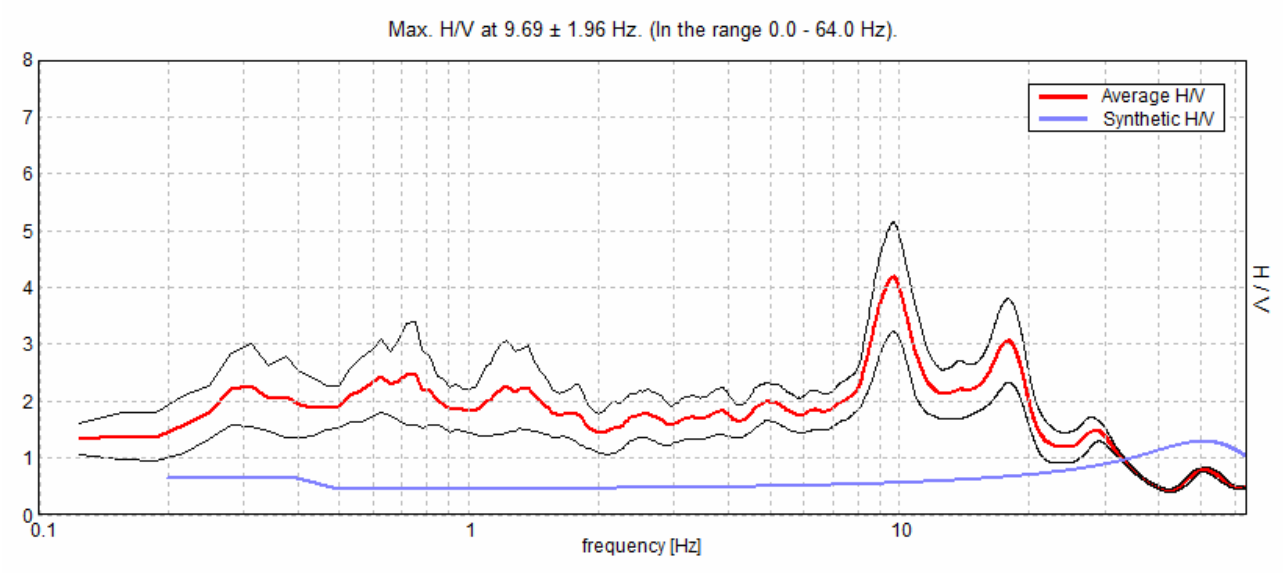
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

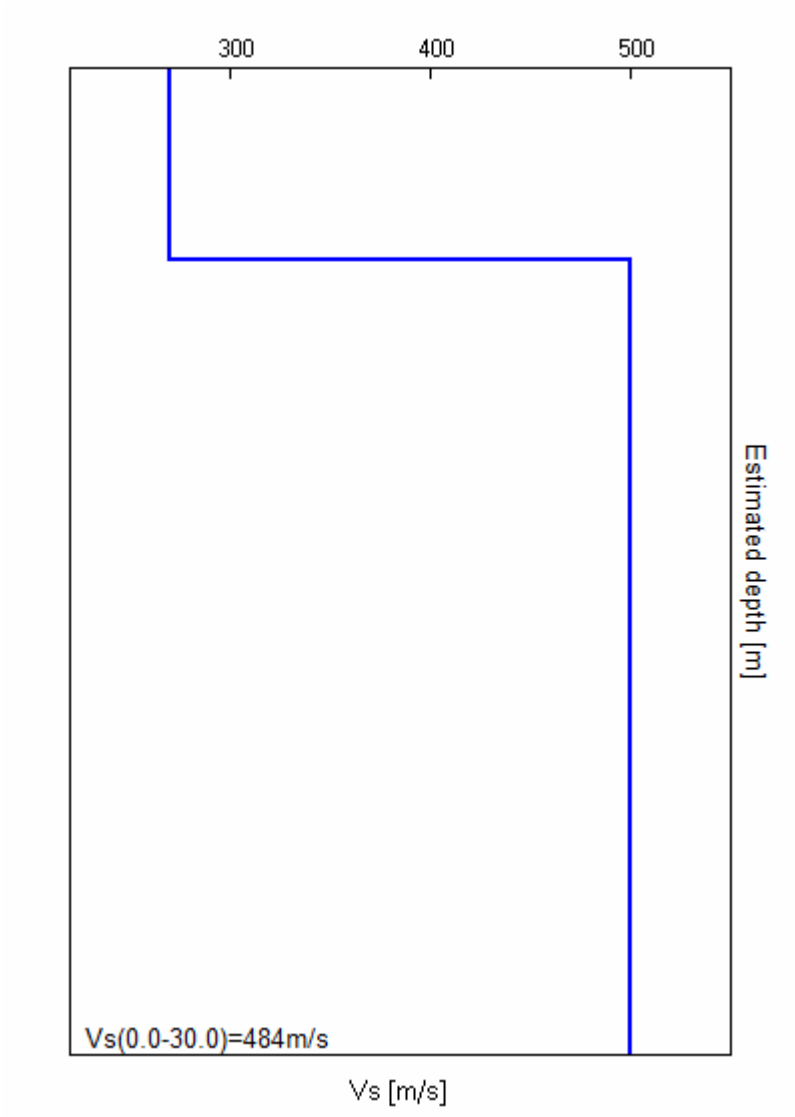


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.20	1.20	270	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=484m/s

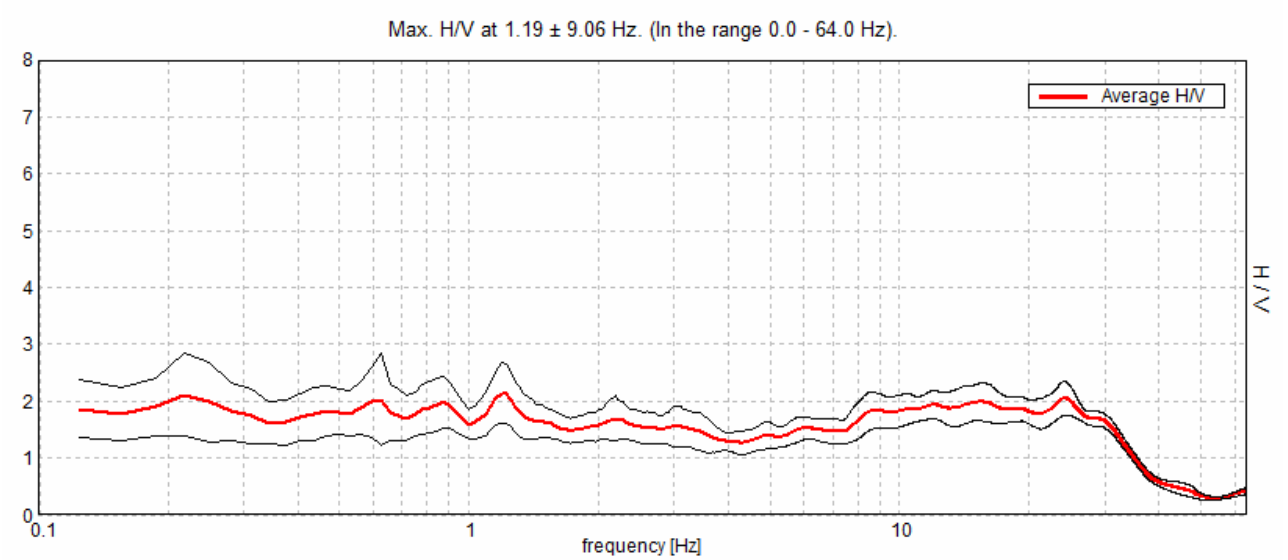

300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=484m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG5 H/V2

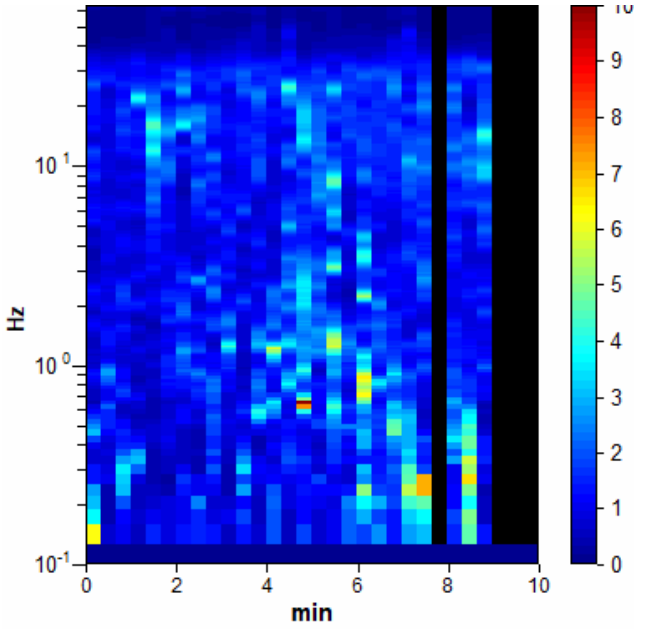
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 11:40:35 End recording: 26/07/18 11:50:36
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

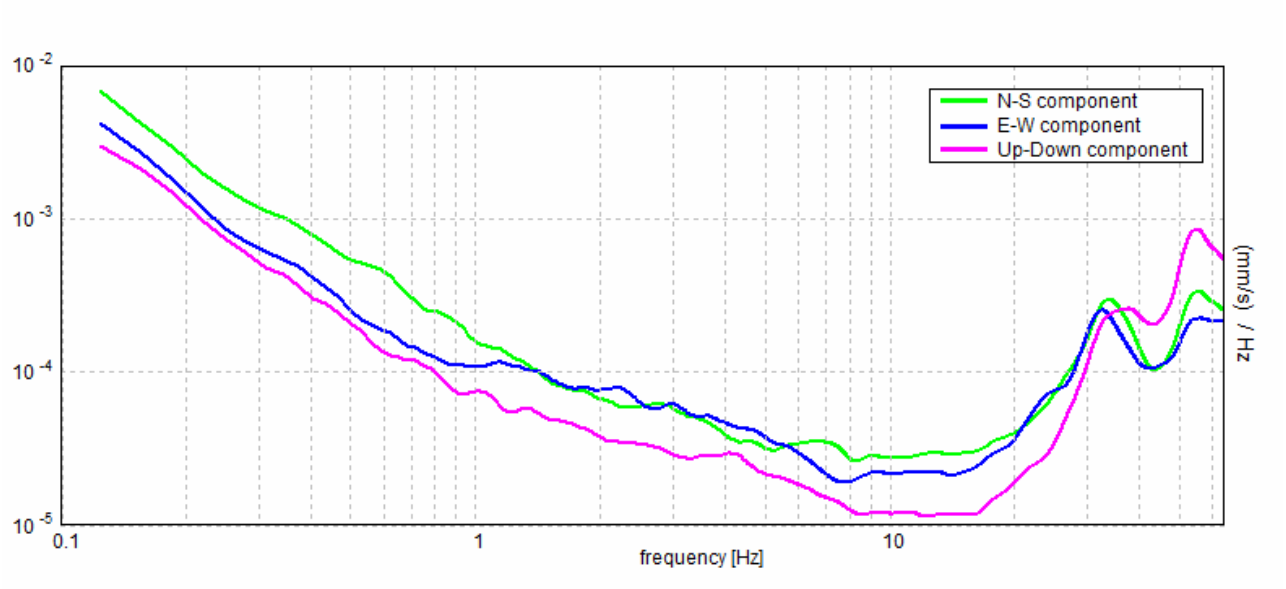
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



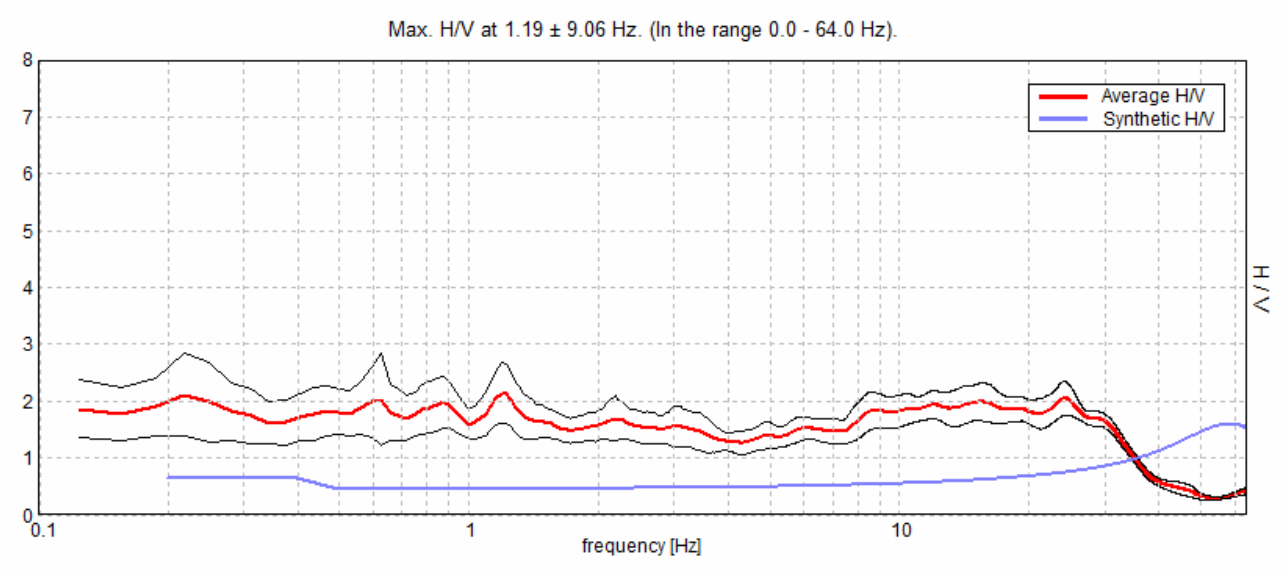
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

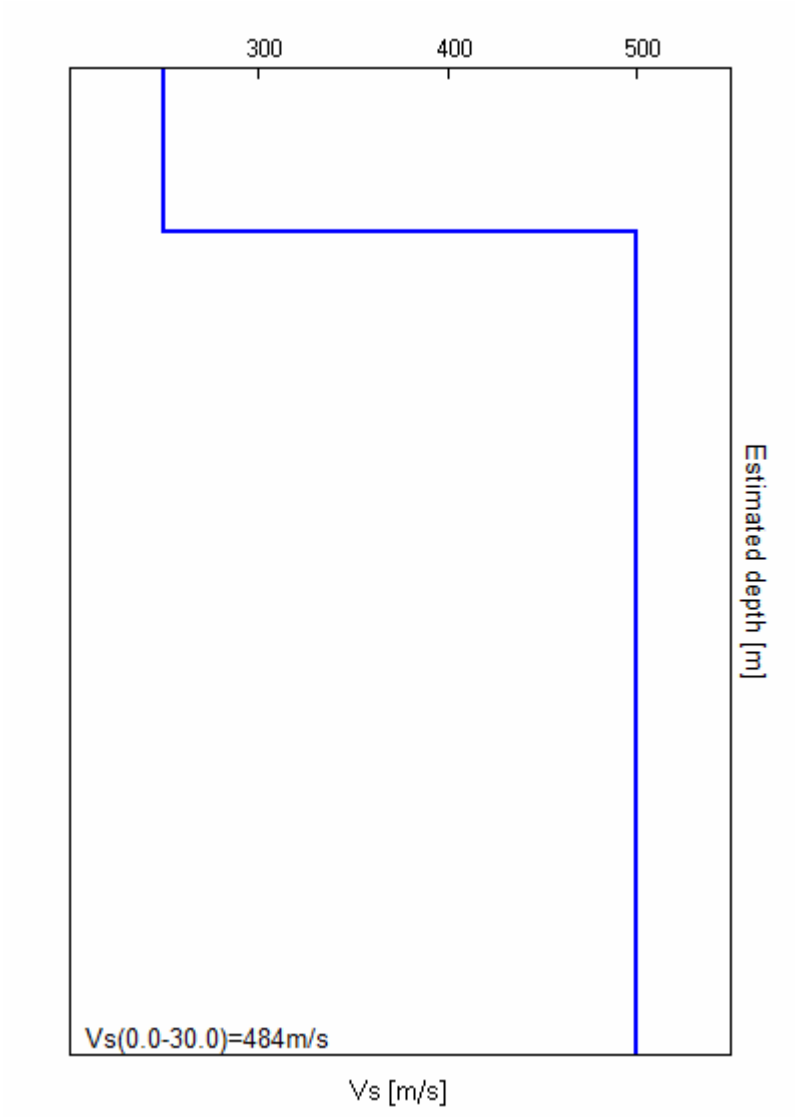


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=484m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=484m/s
Vs [m/s]

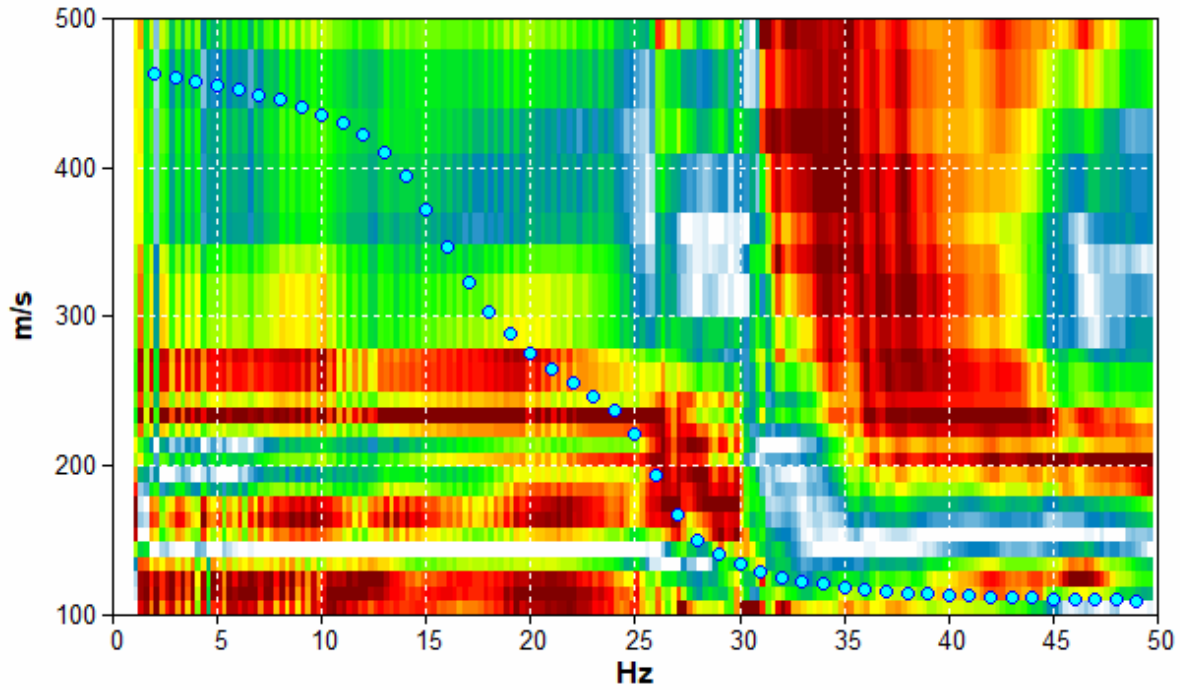
GREPPINO, [Z] AG5 MASW

Start recording: 26/07/18 11:37:28 End recording: 26/07/18 11:39:33
Trace length: 0h00'01".
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5

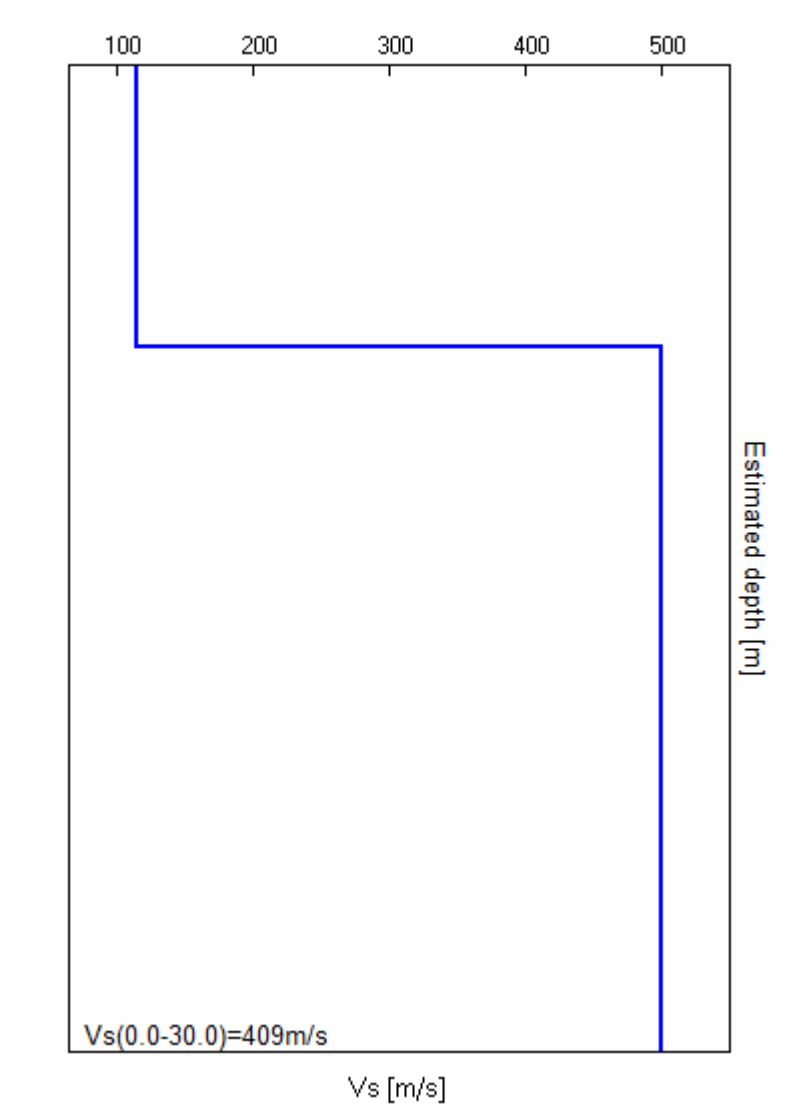
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	115	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=409m/s

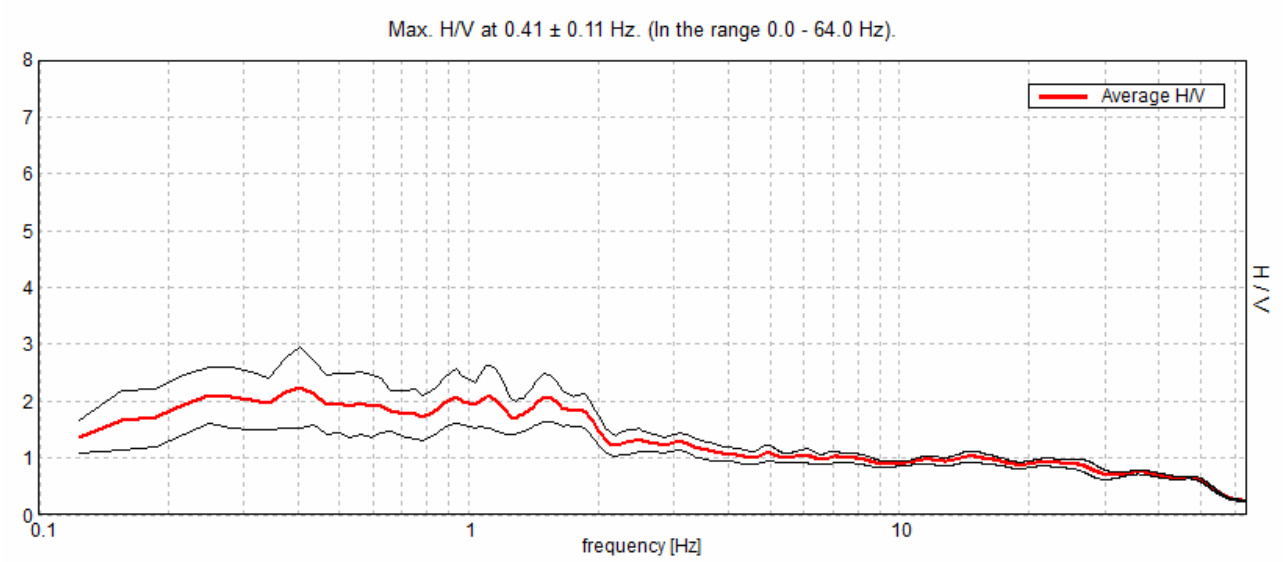

100
200
300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=409m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG6 H/V1

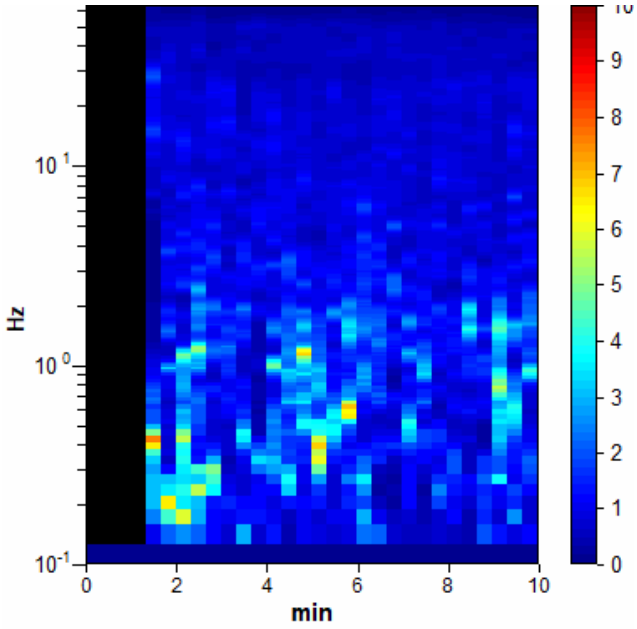
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 12:12:58 End recording: 26/07/18 12:22:59
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

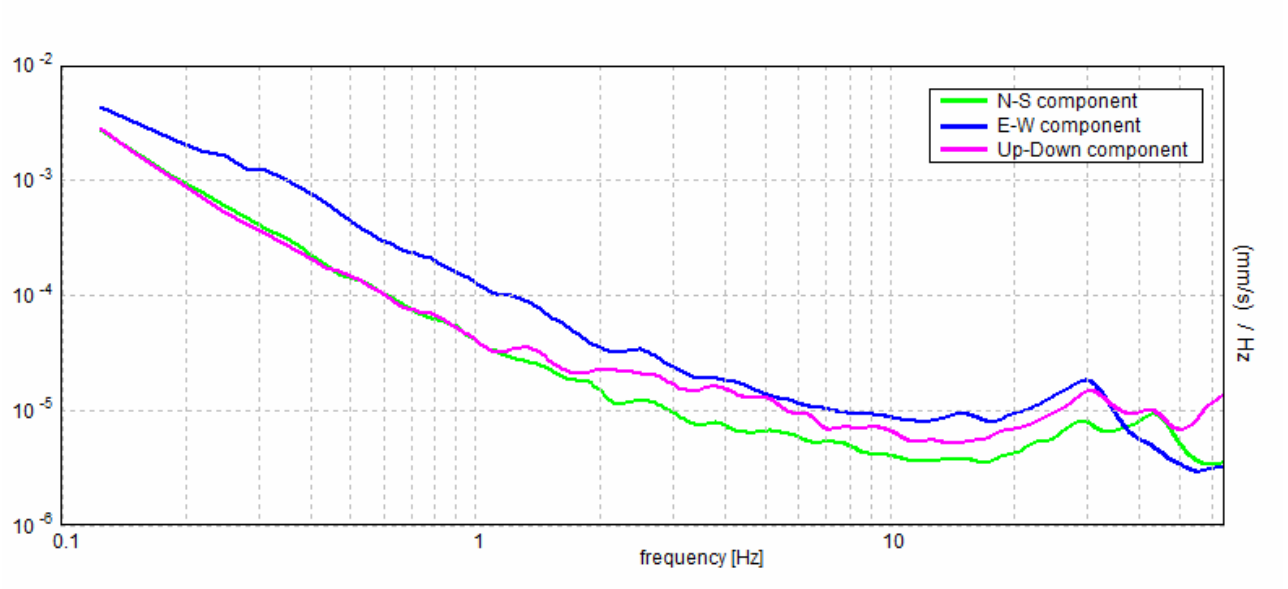
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



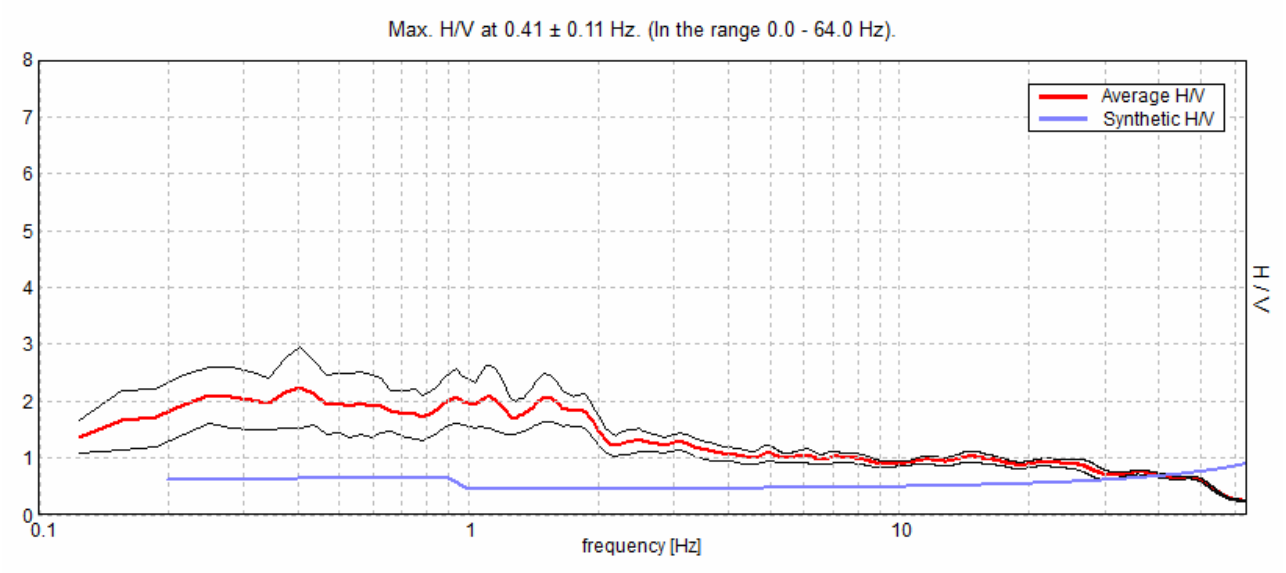
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

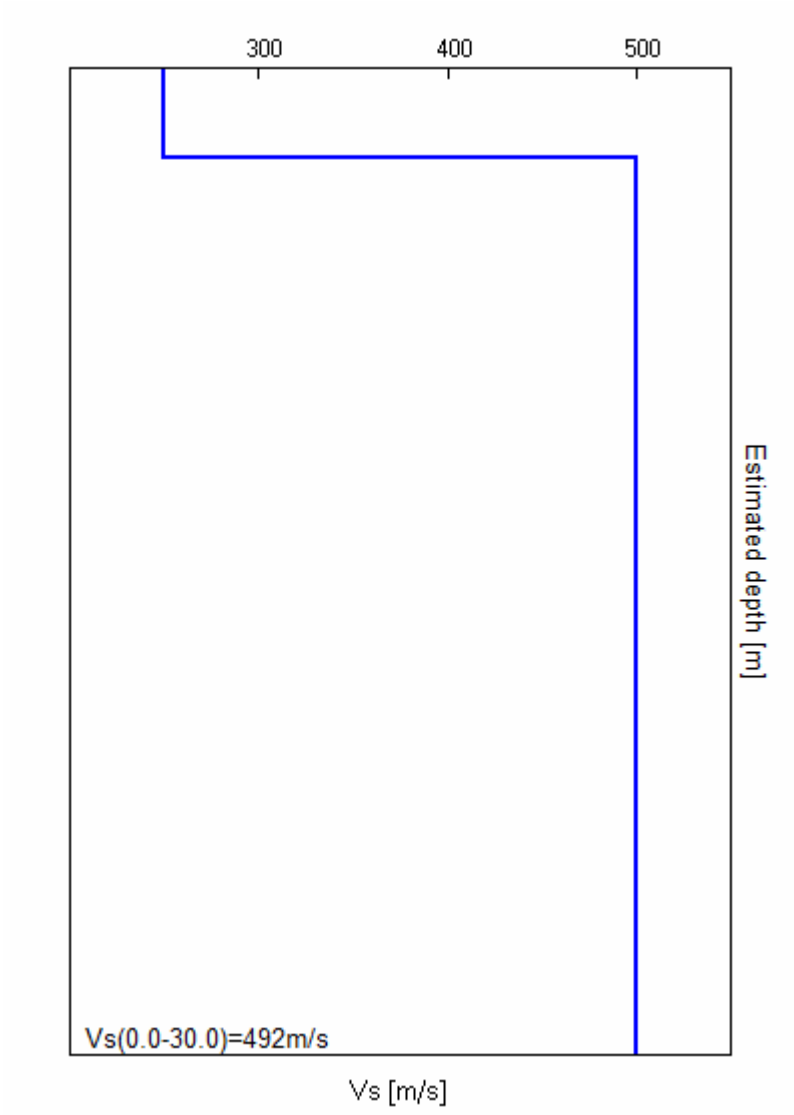


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=492m/s

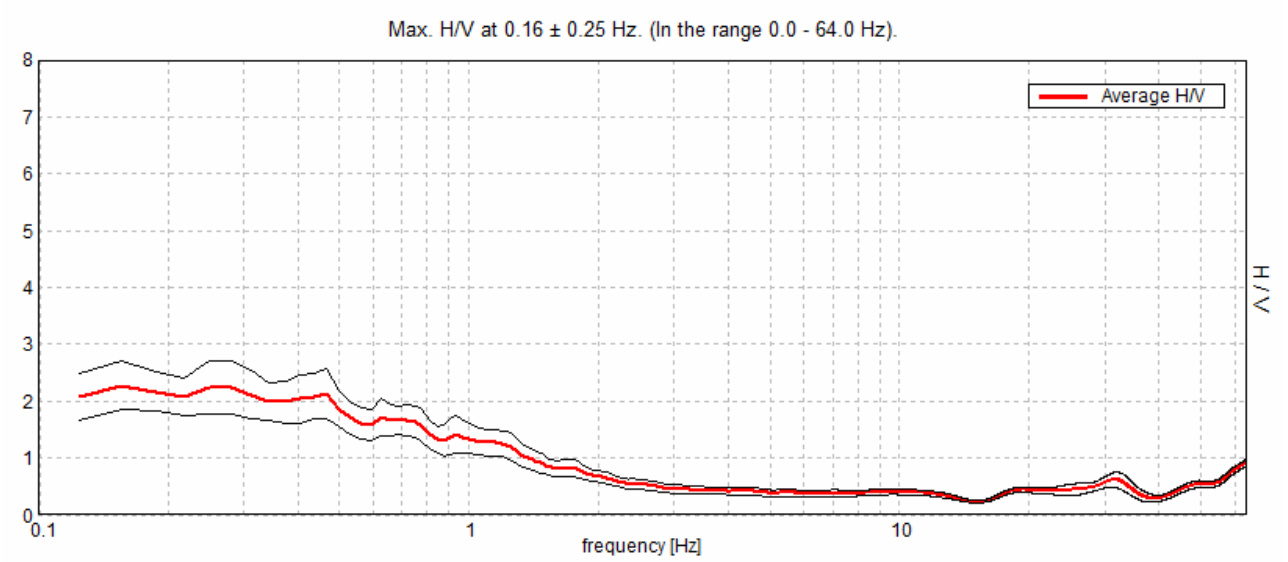

300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=492m/s
Vs [m/s]

GREPPINO, AG6 H/V2

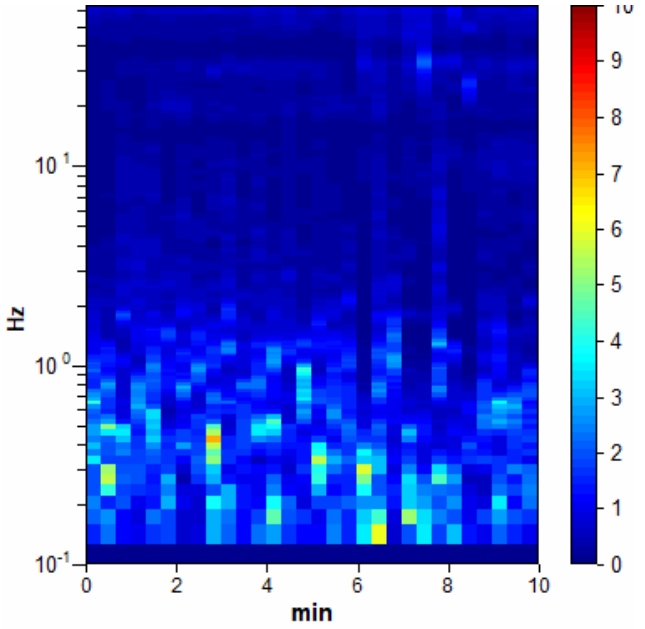
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 26/07/18 12:52:02 End recording: 26/07/18 13:02:03
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z - ; TRG + TRG -
GPS data not available

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

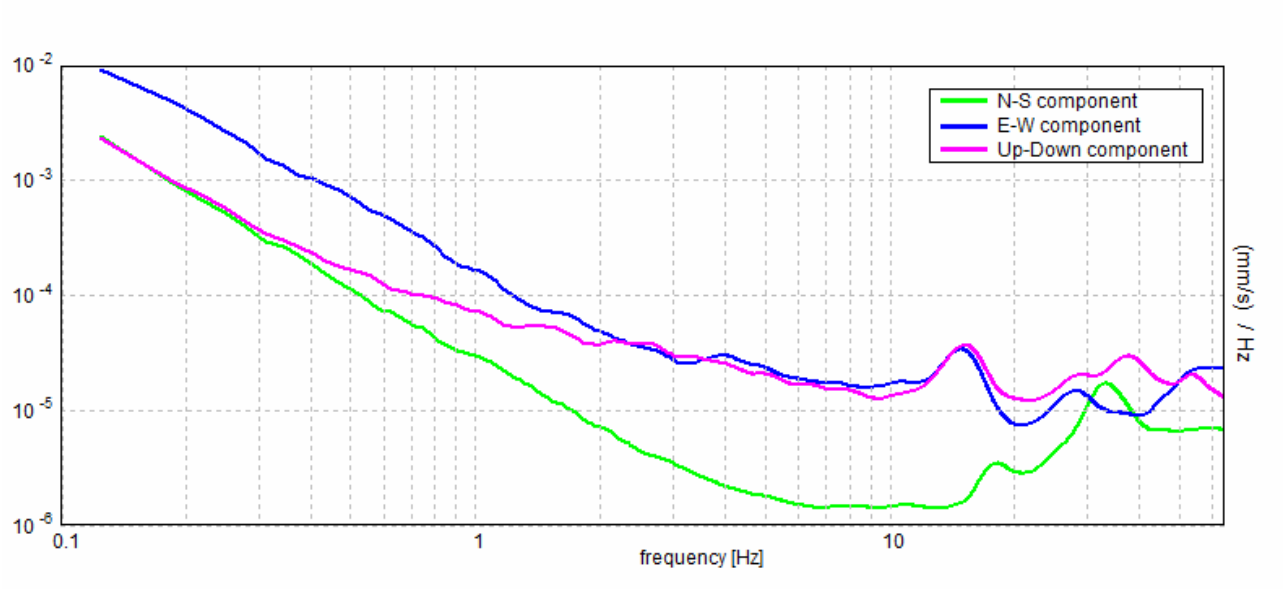
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



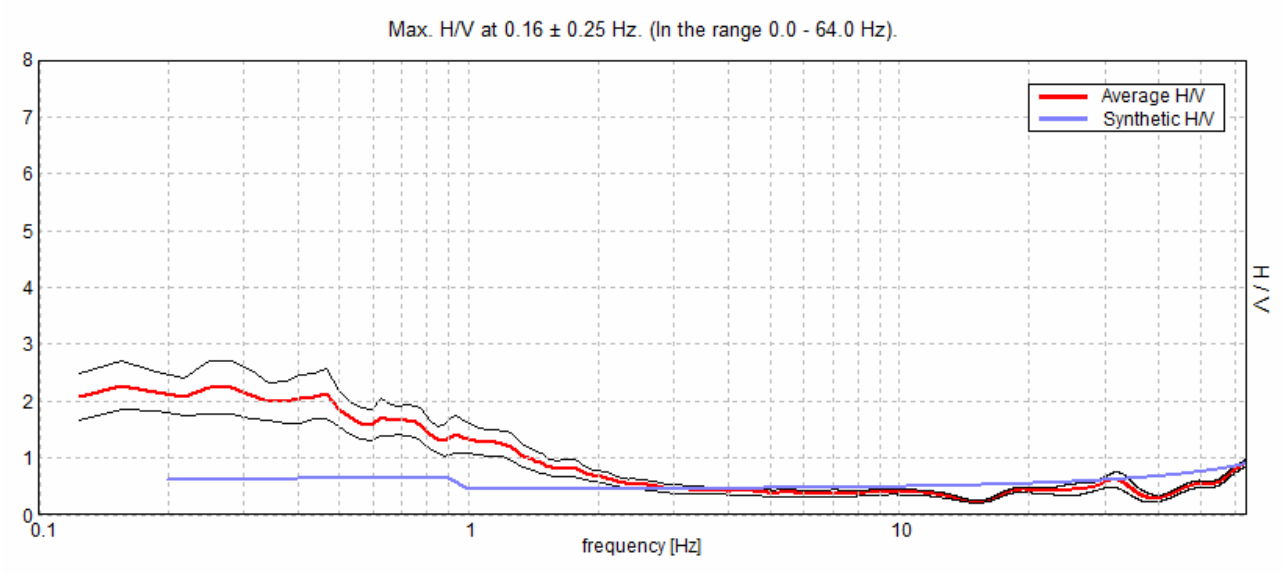
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

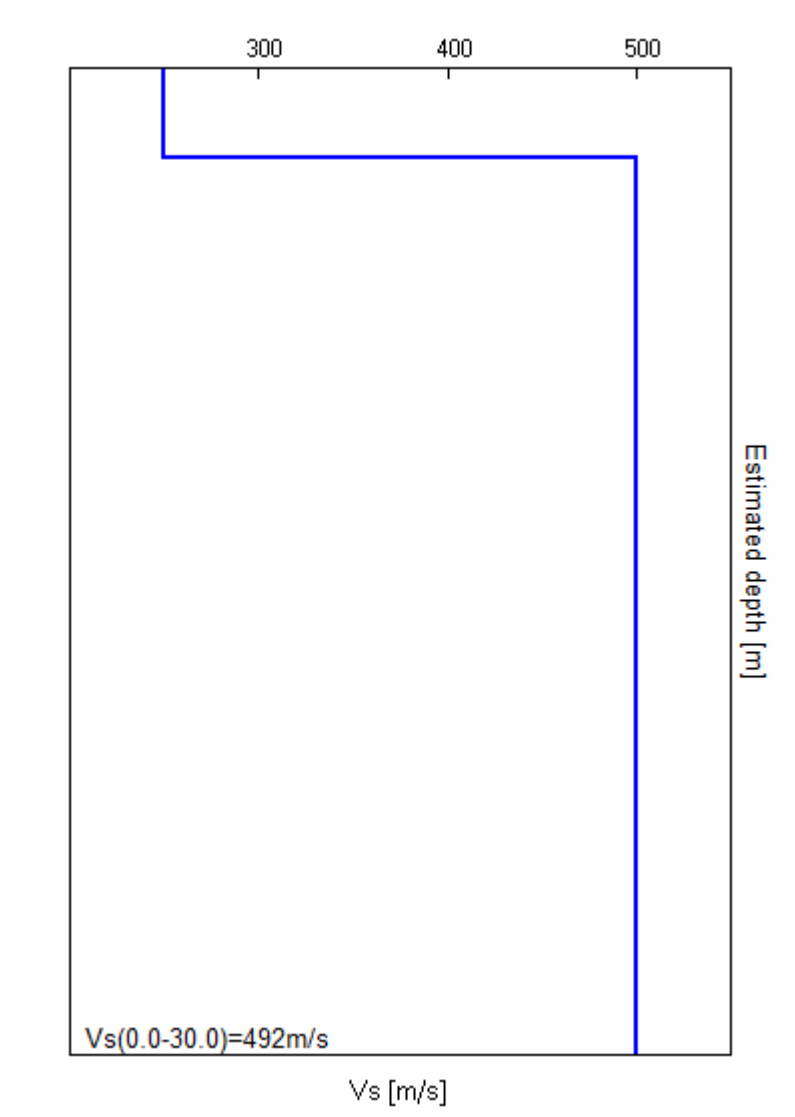


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=492m/s


300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=492m/s
Vs [m/s]

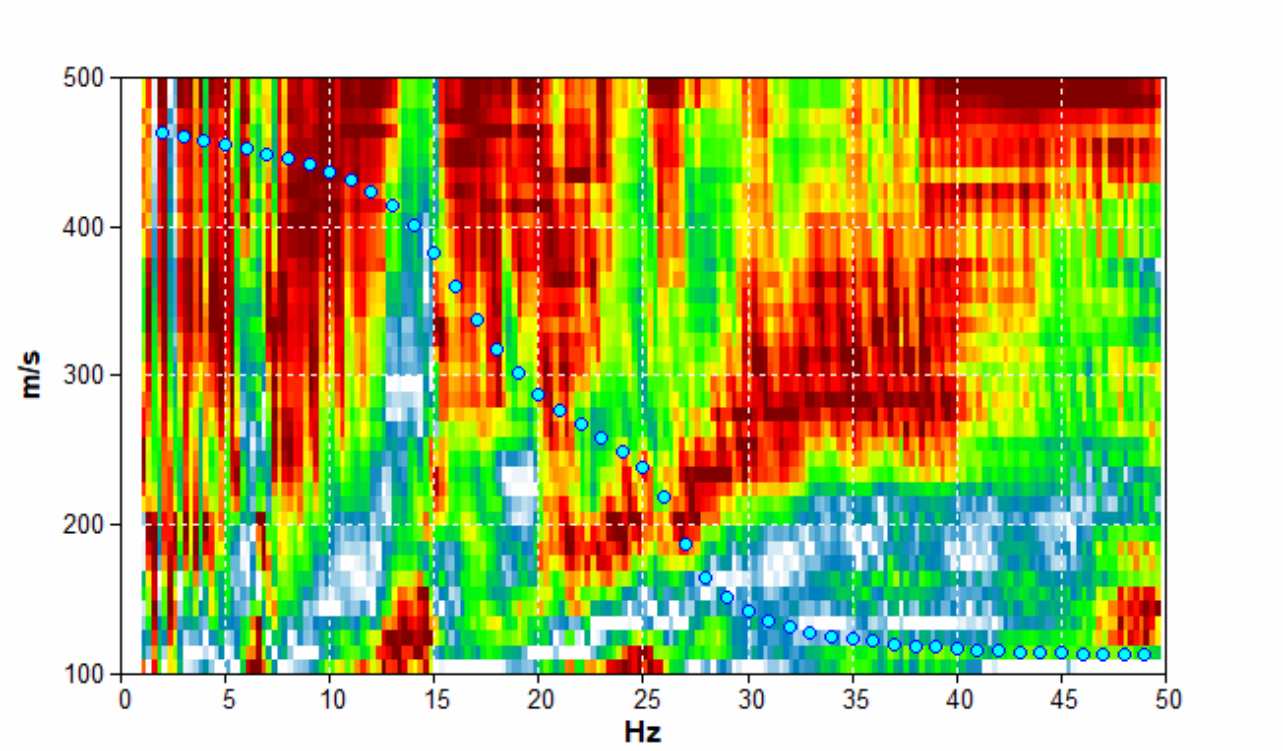
GREPPINO, [NS] AG6 MASW

Start recording: 26/07/18 12:48:10 End recording: 26/07/18 12:50:51
Trace length: 0h00'01".
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10

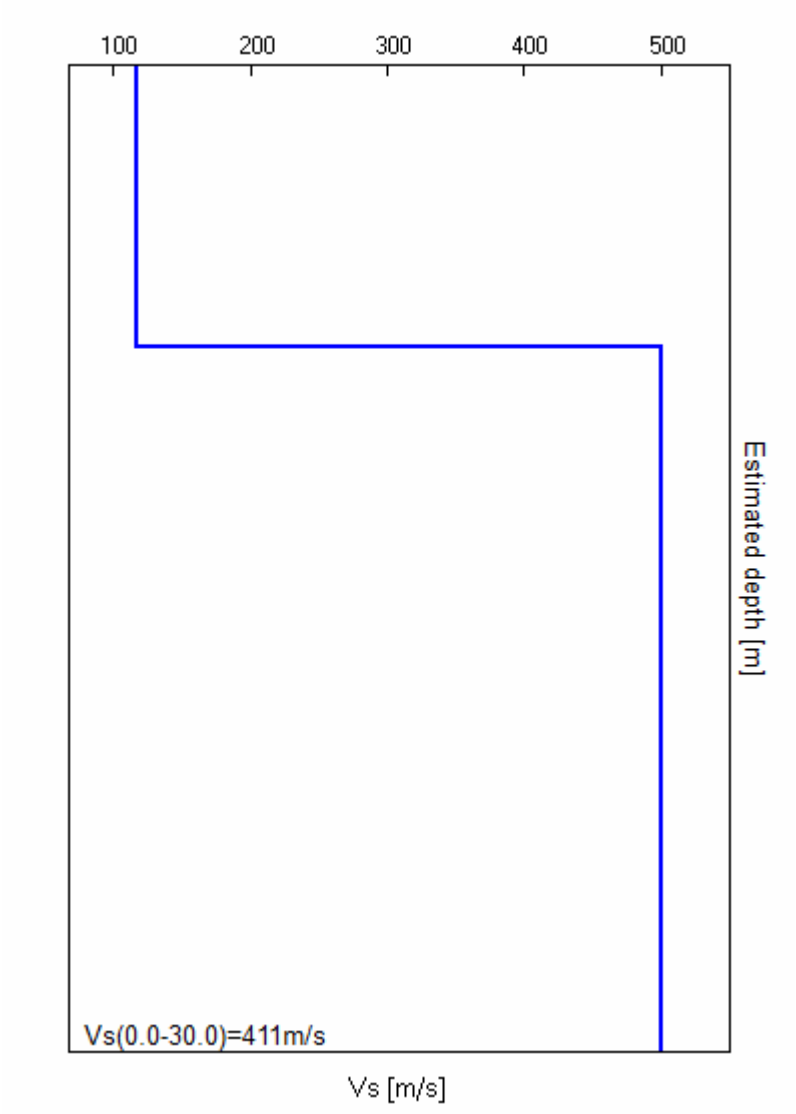
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	118	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=411m/s


100
200
300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=411m/s
Vs [m/s]

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	F.E.R.A. Srl		
Località :	Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)		
Identificazione Campione :	S1 C3		
Profondità (m) :	7.70-8.00	Data Ricevimento :	27/11/2015
Tipo Campione :	Indisturbato	Data Esecuzione Prova :	09/12/2015
Descrizione del Materiale :	-	Class. U.S.C.S. :	-

LIMITE LIQUIDO (METODO A - MULTIPOINT)

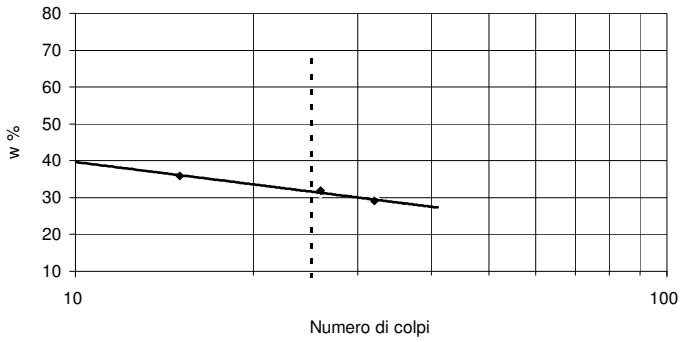
Numero colpi	(N)	32	26	15		
Peso lordo umido	(g)	43.02	42.51	36.77		
Peso lordo secco	(g)	39.33	38.64	33.99		
Tara	(g)	26.65	26.47	26.26		
Peso netto secco	(g)	12.68	12.17	7.73		
Peso acqua	(g)	3.69	3.87	2.78		
Contenuto acqua	(%)	29.1	31.8	36.0	w % (per N=25)	32.0

LIMITE PLASTICO

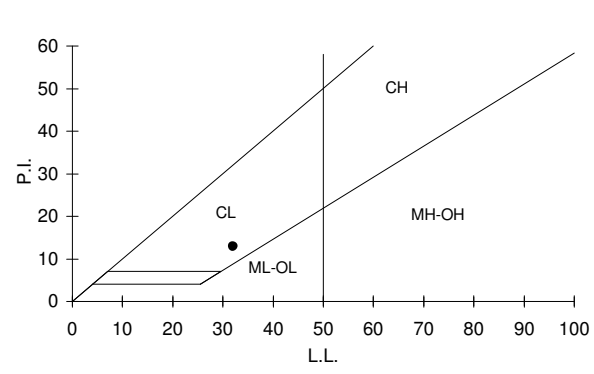
Peso lordo umido	(g)	29.70	30.22		
Peso lordo secco	(g)	29.13	29.61		
Tara	(g)	26.15	26.47		
Peso netto secco	(g)	2.98	3.14		
Peso acqua	(g)	0.57	0.61		
Contenuto acqua	(%)	19.1	19.4	w % medio	19.3

LIMITE DI LIQUIDITA'	**32**
LIMITE DI PLASTICITA'	**19**
INDICE PLASTICITA'	**13**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Operatore	Dott. Elena Tortonesi

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA - ASTM D2850-03a

Cliente :	F.E.R.A. Srl		
Località :	Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)		
Id. campione :	S1 C3		
Profondità (m) :	7.70-8.00	Data Ricevimento :	27/11/2015
Tipo campione :	Indisturbato	Data Prova :	09/12/2015
Descrizione :	Argilla sabbiosa di bassa plasticità		

CARATTERISTICHE INIZIALI

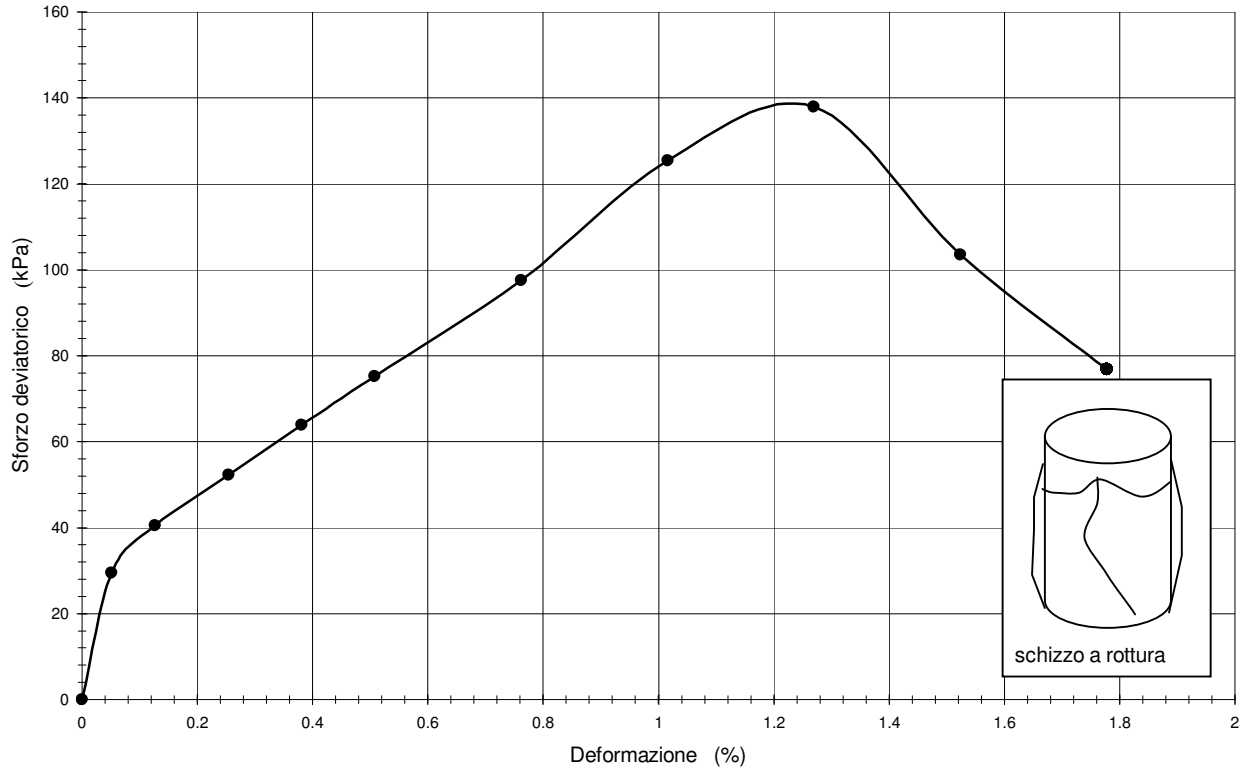
Diametro	[cm]	9.71
Altezza	[cm]	19.69
Peso di volume	[kN/m^3]	21.26
Contenuto in acqua	[%]	4.48
Densità secca	[kN/m^3]	20.35
Peso specifico	(stimato)	2.70
Indice dei vuoti	[-]	0.30
Grado di saturazione	[%]	40.1

FASE DI ROTTURA

Velocità di deformazione	[%/min]	0.3
σ_1	[kPa]	305.0
σ_3	[kPa]	167
$\sigma_1 - \sigma_3$	[kPa]	138.0
Deformazione	[%]	1.3
Coesione non drenata	[kPa]	69.0

Metodo di acquisizione dati : Acquisizione elettronica mediante trasduttori di forza e deformazione

CURVA SFORZO - DEFORMAZIONE



Direttore : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Simone Dellepiane

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11

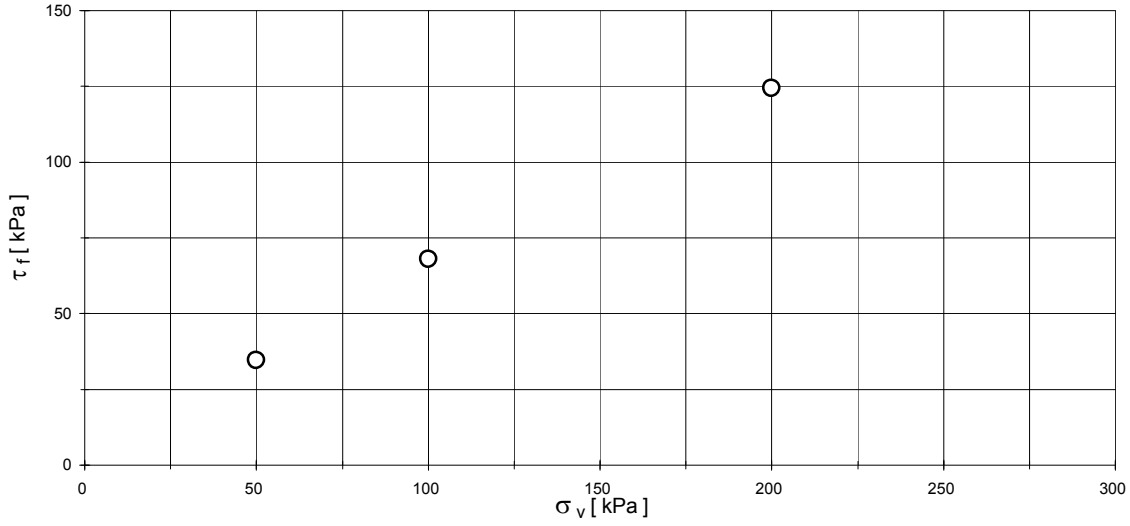
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione quadrata

Cliente :	F.E.R.A. Srl		
Località :	Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)		
Id. Campione :	S1-C3		
Profondità (m) :	7.70		
Tipo del campione :	Indisturbato	Data ricevimento :	27/11/2015
Descrizione :	Talcoscisto completamente alterato	Data Prova :	01/12/2015

CONDIZIONI INIZIALI			Provino 1	Provino 2	Provino 3
H	(cm)		2.24	2.24	2.24
L	(cm)		6.00	6.00	6.00
γ_t	(kN/m^3)		21.26	21.47	21.36
W_i	(%)		4.5	4.6	4.5
γ_d	(kN/m^3)		20.35	20.53	20.43
G_s	(-)	(stimato)	2.70	2.70	2.70

ROTTURA		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Velocità di avanzamento	(mm/min)	0.006	0.006	0.006
σ_v	(kPa)	50	100	200
ΔH dopo consolidazione	(mm)	-0.80	-1.48	-2.85
ΔH a rottura	(mm)	-0.07	-0.24	-0.19
d_h	(mm)	4.47	2.35	4.24
τ_f	(kPa)	34.6	68.0	124.4
W_f	(%)	9.3	7.1	4.5
γ_{df}	(kN/m^3)	21.24	22.30	23.71

ROTTURA



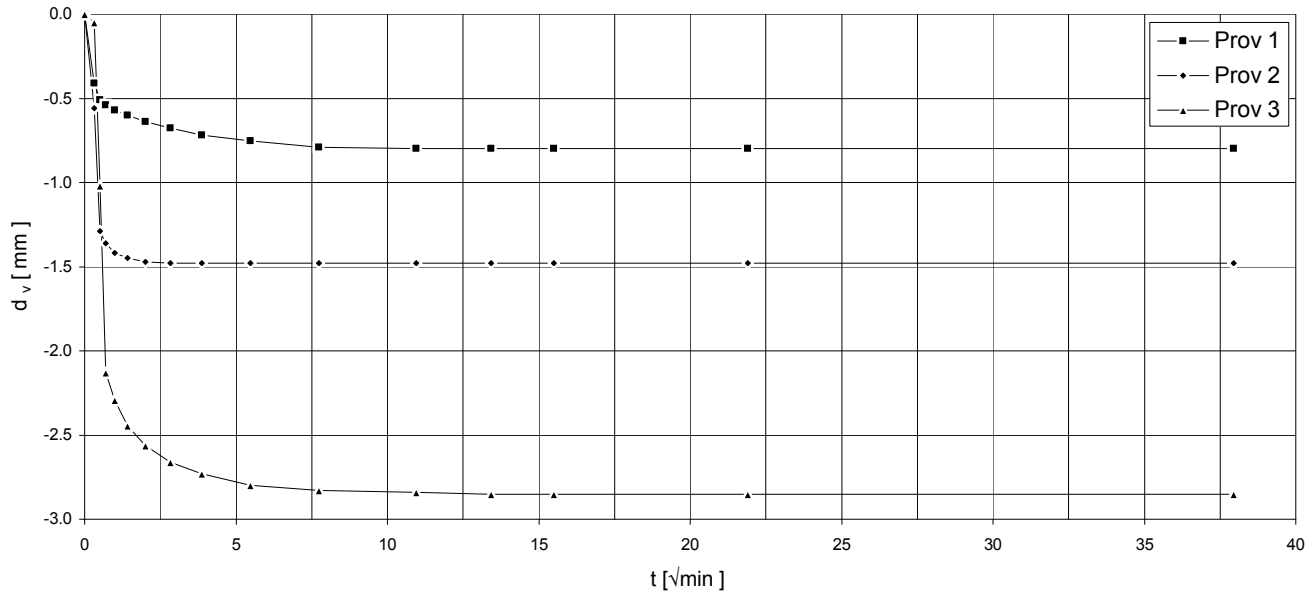
Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

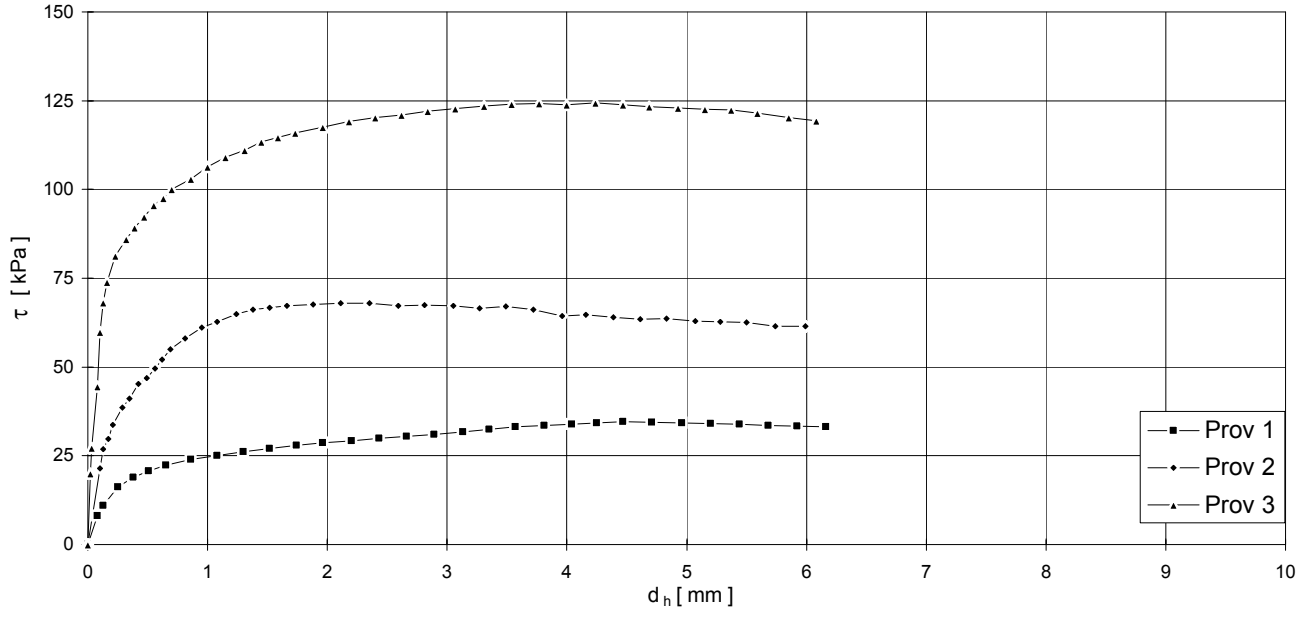
PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione quadrata

Cliente : F.E.R.A. Srl
Località : Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)
Id. Campione : S1-C3
Profondità (m) : 7.70

FASE DI CONSOLIDAZIONE
DEFORMAZIONE VERTICALE / RADICE DEL TEMPO



FASE DI ROTTURA
SFORZO DI TAGLIO / DEFORMAZIONE ORIZZONTALE



Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA
ASTM D7012-10 METHOD C

Cliente :	F.E.R.A. Srl
Località :	Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)
Id. Campione :	S1 C6
Profondità (m) :	14.30-14.50
Tipo Campione :	Spezzone di carota
Descrizione :	Talcoscisto leggermente alterato
Data Ricevimento :	27/11/2015
Data Test :	03/12/2015

CARATTERISTICHE FISICHE

Diametro	(cm)	5.42
Altezza	(cm)	10.86
Peso di volume	(kN/m^3)	27.58

Condizioni di umidità iniziali : Come da ricevimento

ROTTURA

Carico	(kN)	70.6	Temperatura	(°C)	18.2
σ_c	(MPa)	**30.60**	Velocità di appl. carico	(MPa/s)	0.15

Note :

Schizzo del provino a rottura



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA DI ROTTURA PER TRAZIONE SU ROCCIA " PROVA BRASILIANA " - ASTM D3967-08

Cliente :	F.E.R.A. Srl		
Località :	Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)		
Id. Campione :	S1 C6		
Profondità (m) :	14.50-14.60	Data Ricevimento :	27/11/2015
Tipo Campione :	Spezzone di carota	Data Esecuzione Prova :	03/12/2015
Descrizione :	Talcoscisto leggermente alterato		

CARATTERISTICHE FISICHE

Diametro	(cm)	7.09
Altezza	(cm)	3.62
Peso di volume	(kN/m^3)	31.26

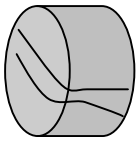
Condizioni di umidità ad inizio prova : Come da ricevimento

ROTTURA

Carico	(kN)	34.6	Velocità di appl. carico (MPa/s) :	0.02
σ_t	**(MPa)**	**8.58**		

NOTE :

Schizzo del provino a rottura



Direttore : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA TRIASSIALE SU PROVINI DI ROCCIA
ASTM D 7012-10 - Method A

Cliente :	F.E.R.A. Srl
Località :	Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)
Id. Campione :	S1 C6
Profondità (m) :	14.30-14.50
Tipo Campione :	Ricarotato
Descrizione :	Talcoscisto leggermente alterato
Data Ricevimento :	27/11/2015
Data Prova :	04/12/2015

CONDIZIONI INIZIALI

Condizioni Umidità : Come da ricevimento

Id provino	bras	mon	tx1	tx2	tx3
Diametro (cm) :	7.09	5.42	3.00	3.00	3.00
Altezza (cm) :	3.62	10.86	6.03	6.04	6.06
Densità (kN/m^3) :	27.83	27.58	27.64	27.43	27.23

FASE DI ROTTURA

Applicazione del carico: 0

Id provino	bras	mon	tx1	tx2	tx3
Pressione confinam (MPa)	-8.58	0.00	5.00	10.00	15.00
Resistenza a rottura (MPa)	0.00	30.60	70.03	95.63	116.86

Modulo di Young e coefficiente di Poisson

Id provino	bras	mon	tx1	tx2	tx3
E_{tan} (GPa)	-	-	-	-	-
ν (-)	-	-	-	-	-
misurato nell'intervallo di carico (MPa)	-	-	-	-	-

Note :

Direttore Tecnico : PBY Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA TRIASSIALE SU PROVINI DI ROCCIA
ASTM D 7012-10 - Method A

Cliente :	F.E.R.A. Srl
Località :	Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)
Id. Campione :	S1 C6
Profondità (m) :	14.30-14.50
Descrizione :	Ricarotato
Descrizione :	Talcoscisto leggermente alterato
Data ricevimento :	27/11/2015
Data test :	04/12/2015

CERCHI DI MOHR

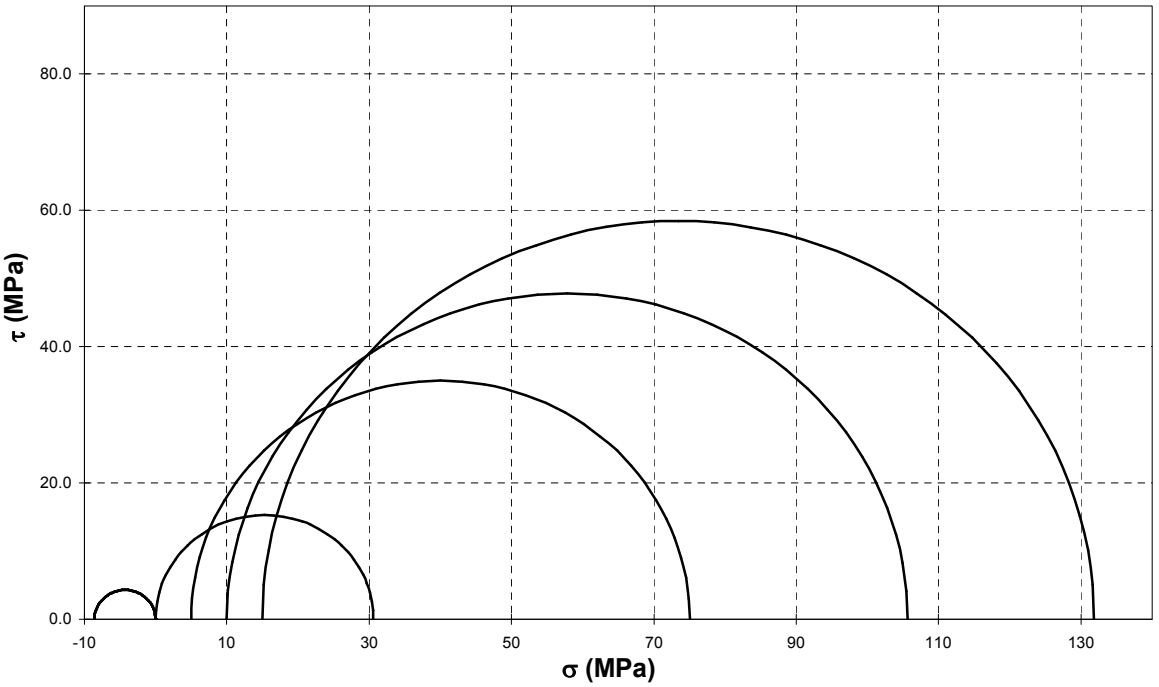


TABELLA VALORI A ROTTURA

σ_3 [MPa]	σ_1 [MPa]
-8.58	0.00
0.00	30.60
5.00	70.03
10.00	95.63
15.00	116.86

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

INTERPRETAZIONE PROVE TRIASSIALI

Cliente :	F.E.R.A. Srl
Località :	Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)
Id. Campione :	S1 C6

Hoek Brown Classification

sigci	30.6	MPa
GSI	60	
mi	6.261	
D	0	
Ei	10000	

Hoek Brown Criterion

mb	1.50046	
s	0.0117436	
a	0.502841	

Failure Envelope Range

Application	General	
sig3max	7.65	MPa

Mohr-Coulomb Fit

c	1.60075	MPa
phi	29.4108	degrees

Rock Mass Parameters

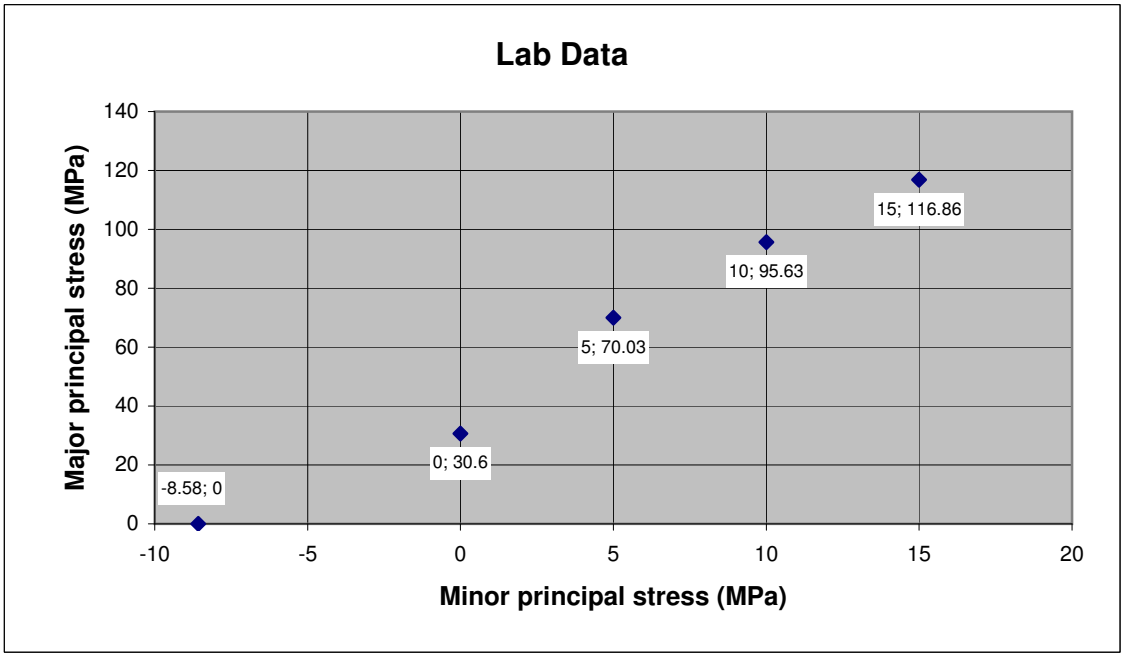
sigt	-0.239497	MPa
sigc	3.27446	MPa
sigcm	5.47988	MPa
Erm	5200	MPa

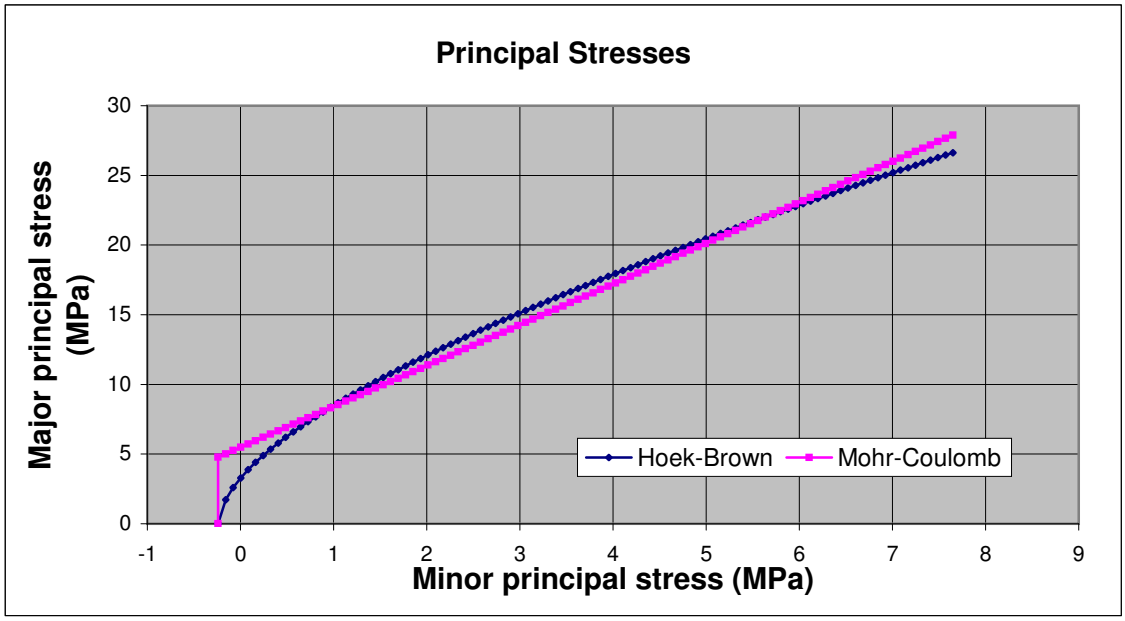
Lab Data

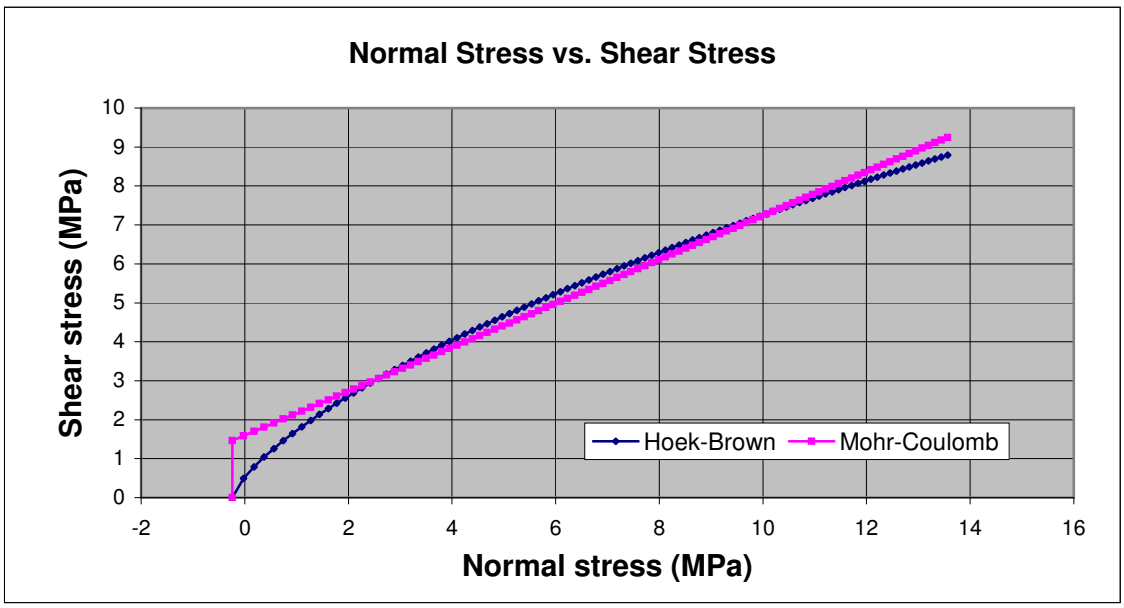
Number of Tests	5

Number	Minor principal stress (MPa)	Major principal stress (MPa)
1	-8.58	0
2	0	30.6
3	5	70.03
4	10	95.63
5	15	116.86

Cliente : F.E.R.A. Srl
Località : Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)
Id. Campione : S1 C6







PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11 - RISULTATI

Cliente :	F.E.R.A. Srl
Località :	Rocca Ghingherina - Pontinvrea (SV)
Id. Campione :	S1-C3
Profondità (m) :	7.7
Tipo del campione :	Indisturbato
Descrizione :	Talcoscisto completamente alterato

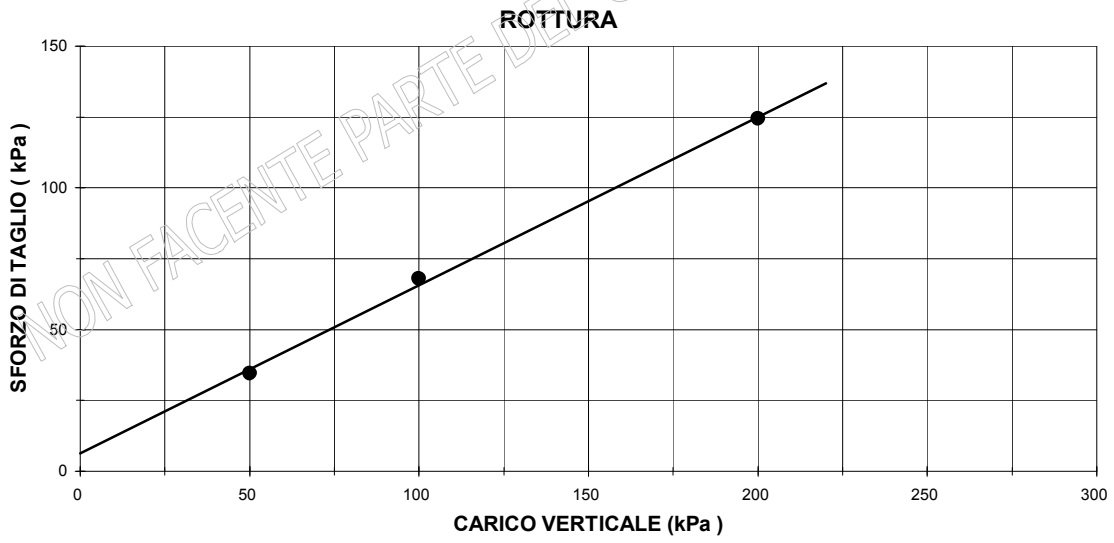
CONDIZIONI INIZIALI		Provino 1	Provino 2	Provino 3
γ_t	[kN/m^3]	21.26	21.47	21.36
W_i	[%]	4.48	4.59	4.55
γ_d	[kN/m^3]	20.35	20.53	20.43

ROTTURA		Provino 1	Provino 2	Provino 3
σ_v	(kPa)	50	100	200
ΔH dopo consolidazione	(mm)	-0.80	-1.48	-2.85
ΔH a rottura	(mm)	-0.07	-0.24	-0.19
d_h	(mm)	4.47	2.35	4.24
τ_f	(kPa)	34.6	68.0	124.4
W_f	(%)	9.30	7.12	4.50
γ_{df}	[kN/m^3]	21.24	22.30	23.71

PARAMETRI DI RESISTENZA

Angolo di attrito efficace :	**(deg)**	**30.7**
Coesione efficace :	**(kPa)**	**6.42**

NON FACENTE PARTE DEL CERTIFICATO DI PROVA



Relazione di calcolo stabilità fronti di scavo

Definizione
Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità
La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.
Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

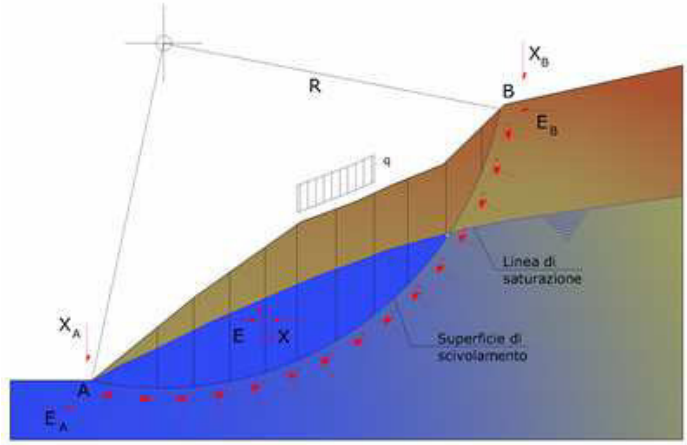
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci
La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a *n*, il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i;
- (n-1) forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- (n-1) forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i;
- (n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F.

Complessivamente le incognite sono (6n-2).
Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n;
- equazioni relative al criterio di rottura n.

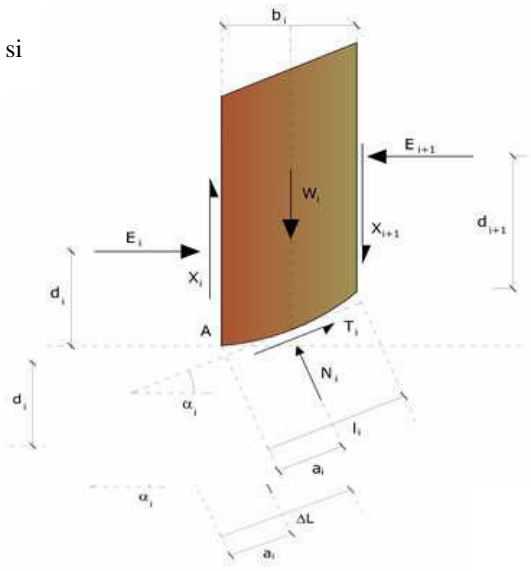
Totale numero di equazioni 4n.
Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a (n-2) in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

Metodo di Fellenius (1927)
Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

- n valori delle forze normali N_i;
- n valori delle forze da taglio T_i;
- 1 fattore di sicurezza.



Incognite (2n+1).
Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\Sigma\{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos\alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan\varphi_i \}}{\Sigma W_i \times \sin\alpha_i}$$

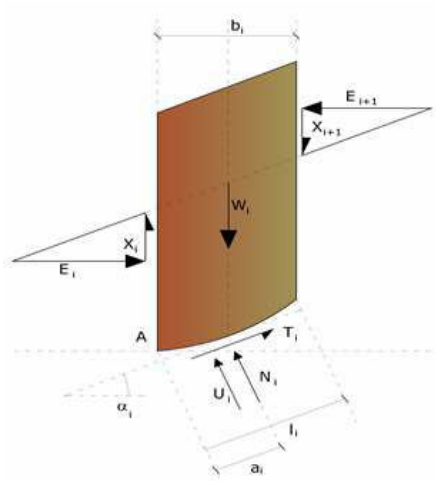
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \qquad \textbf{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \dfrac{\sec\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin\alpha_i}$$



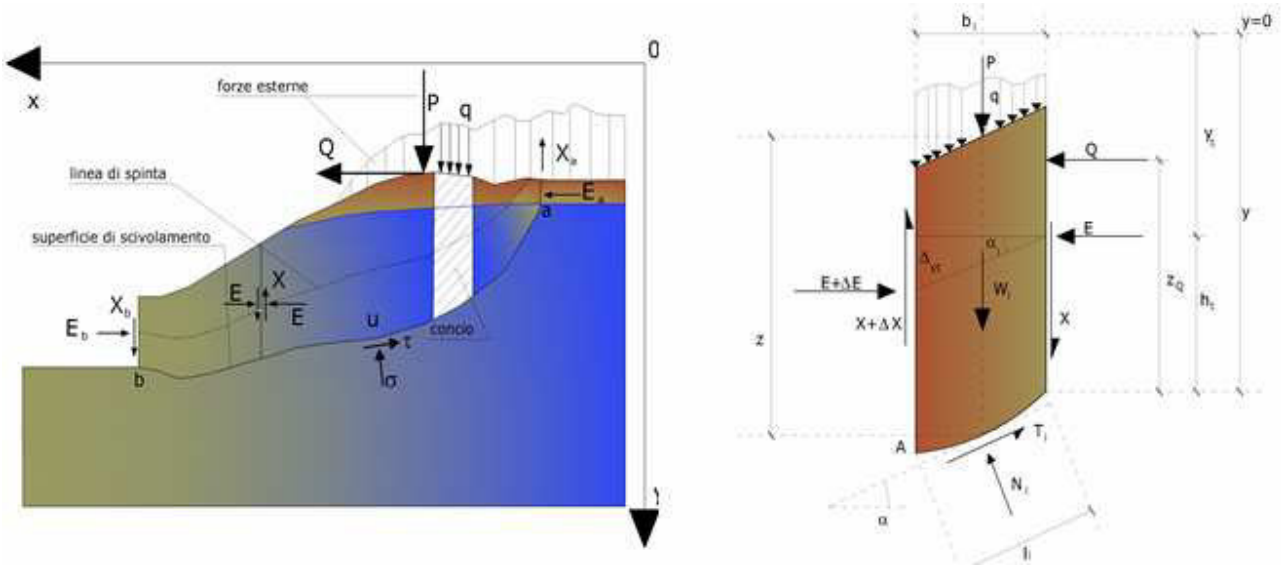
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre ΔX = 0 ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario,** gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

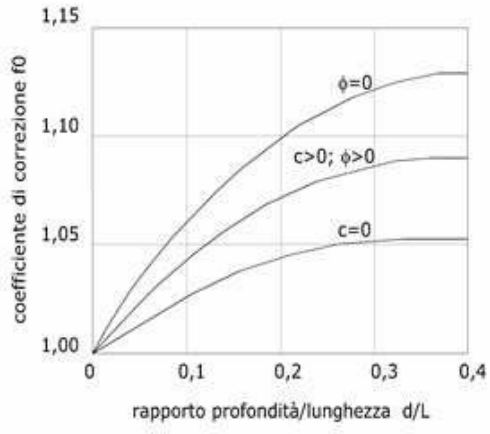


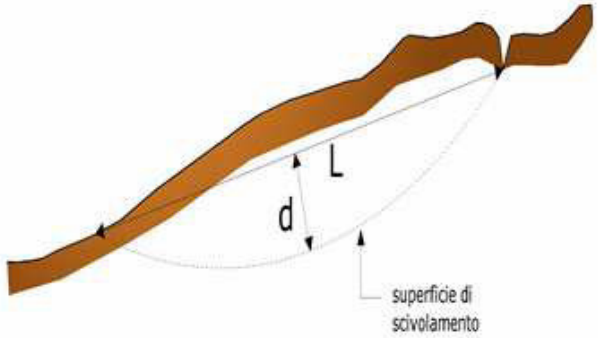
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{corretto} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

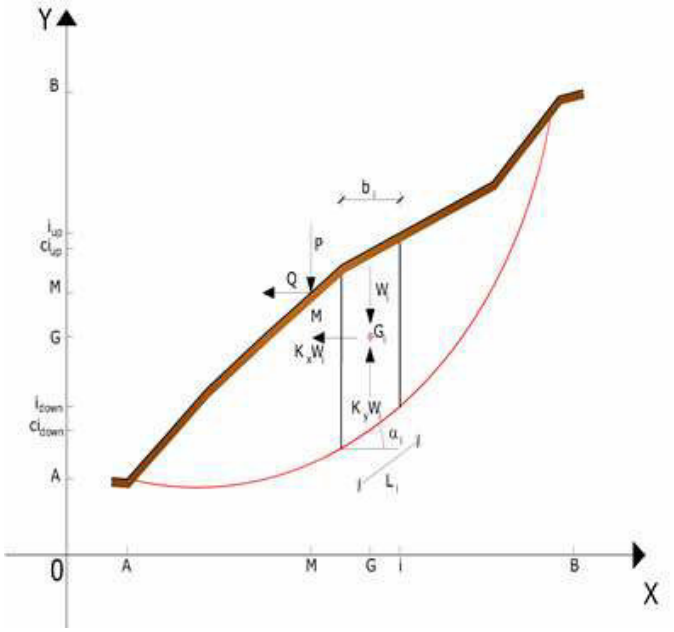




Metodo di Bell (1968)
Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W, le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_X W$ e $K_Z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.
Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.
In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.
In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell'i-esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i)\tan \Phi_i}{F}$$

in cui:
F = il fattore di sicurezza;
$\mathbf{c_i}$ = la coesione efficace (o totale) alla base dell'i-esimo concio;
$\boldsymbol{\phi_i}$ = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell'i-esimo concio;
$\mathbf{L_i}$ = la lunghezza della base dell'i-esimo concio;
$\mathbf{u_{ci}}$ = la pressione dei pori al centro della base dell'i-esimo concio.



L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.
Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos\alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$$W_i \cos\alpha_i / L_i = \textbf{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci}$$

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi\left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0}\right)$$

dove $\mathbf{x_0}$ ed $\mathbf{x_n}$ sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre $\mathbf{x_{ci}}$ rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.
Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_Z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore (1 - K_Z).
Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F ,sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3. Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.
Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)
Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_C) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.
Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.
Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

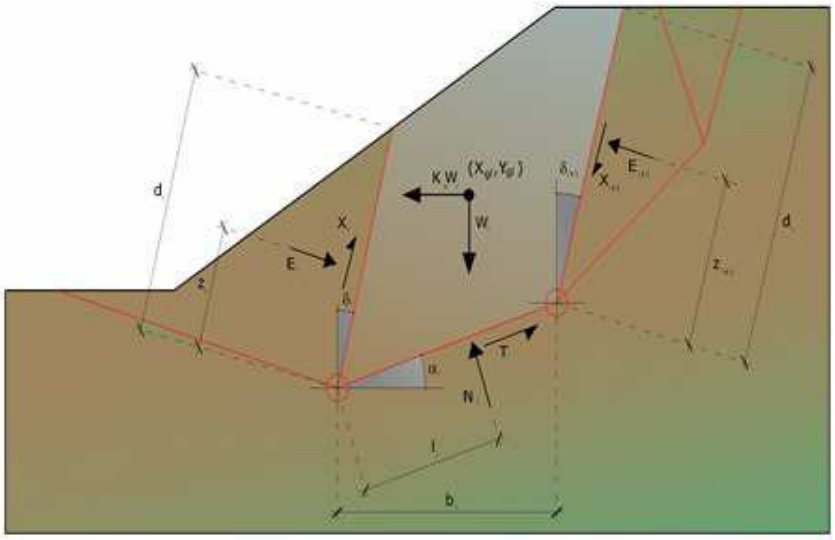
Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos\alpha_i + T_i \sin\alpha_i = W_i - \Delta X_i$$
$$T_i \cos\alpha_i - N_i \sin\alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\Sigma\Delta E_i = 0$$
$$\Sigma\Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i-esima del concio generico i.
L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull' iesimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot tg\left(\psi_i' - \alpha_i\right) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot \left[\left(y_{mi} - y_G\right) \cdot tg\left(\psi_i' - \alpha'\right) + \left(x_i' - x_G\right)\right] = \sum W_i \cdot \left(x_{mi} - x_G\right) + \sum \Delta_i \cdot \left(y_{mi} - y_G\right)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di **K** (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione **K** corrispondente al fattore di sicurezza **F = 1** , ossia l'accelerazione critica.
Si ha pertanto:

K=Kc **Accelerazione critica** se F=1
F=Fs **Fattore di sicurezza in condizioni statiche** se K=0

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.
E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i:

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot \left(Q_{i+1} - Q_i\right)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i-esima faccia del concio i, e λ rappresenta un'incognita.
La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c, λ e F, che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

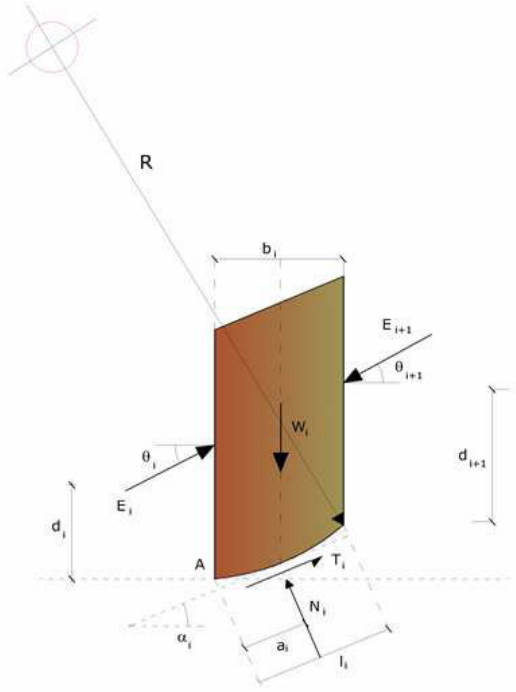
1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con i=1…..n.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale ametodo di Morgenstern e Price quando la funzione f(x) = 1. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

1) $$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s}(W\cos\alpha - \gamma_w hl \sec\alpha)\frac{tg\alpha}{F_s} - Wsen\alpha}{\cos(\alpha-\theta)\left[\frac{F_s + tg\varphi tg(\alpha-\theta)}{F_s}\right]}$$



forza d'interazione fra i conci;
R = raggio dell'arco di cerchio;
θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.
Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos\theta) = 0$$
$$\sum (Q_i sen\theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

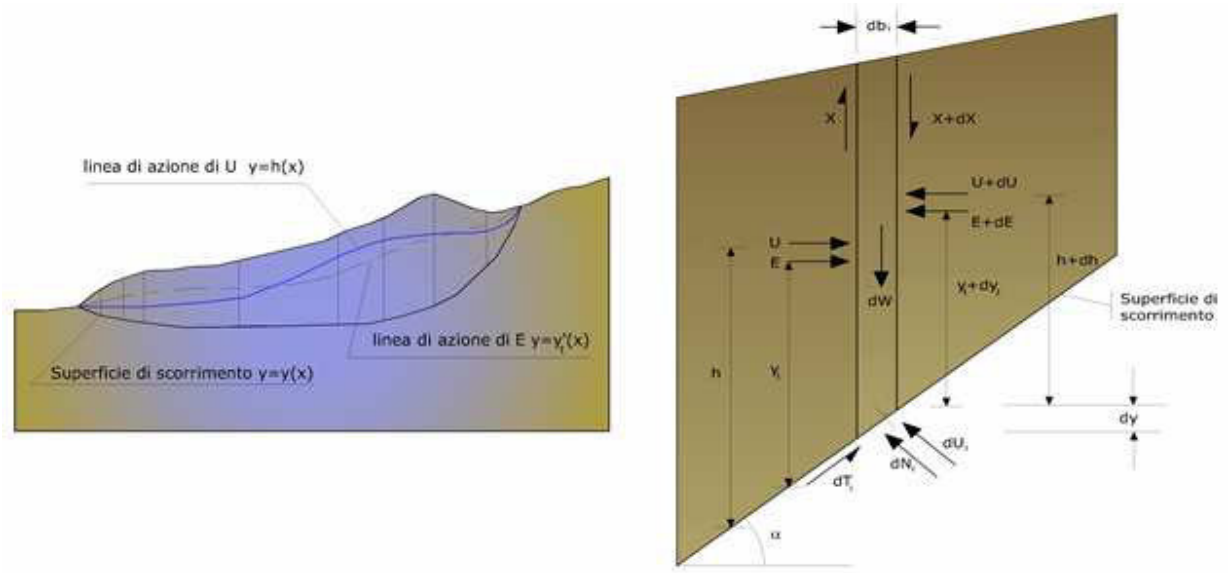
2) $$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ, considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

Metodo di Morgenstern e Price (1965)
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo X = λ f(x)E, dove λ è un fattore di scala e f(x), funzione della posizione di E e di X, definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione f(x) è scelta arbitrariamente (costante, sinusoide, semisinusoide, trapezia, spezzata…) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.
La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E, X, il coefficiente di sicurezza F_S, il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU.
Si ottiene la cosiddetta "**equazione delle forze**":

$$c'\sec^2\frac{\alpha}{F_s} + tg\varphi'\left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg\alpha\frac{dE}{dx} - \sec\alpha\frac{dU}{dx}\right) =$$
$$= \frac{dE}{dx} - tg\alpha\left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx}\right)$$



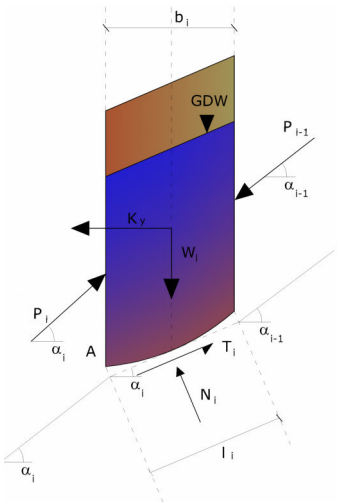
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta "**equazione dei momenti**", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.
Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Metodo di Zeng e Liang (2002)



Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce un striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano nel rapporto tra l'interasse e il diametro dei i pali (s/d) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado di indeterminatezza pari a (8n-4), ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.
Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:

-Ky sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da (n-1) a (7n-3);
-Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a (6n-3);
-La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da (n-1) a (5n-2);
-Le forze (Pi-1) e Pi si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia
(αi), riducendo il numero di incognite da (n-1) a (4n-1);
-Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a (3n-1);

Il numero totale di incognite quindi è ridotto a (3n), da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R, chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$
$$F_V = K_y W$$

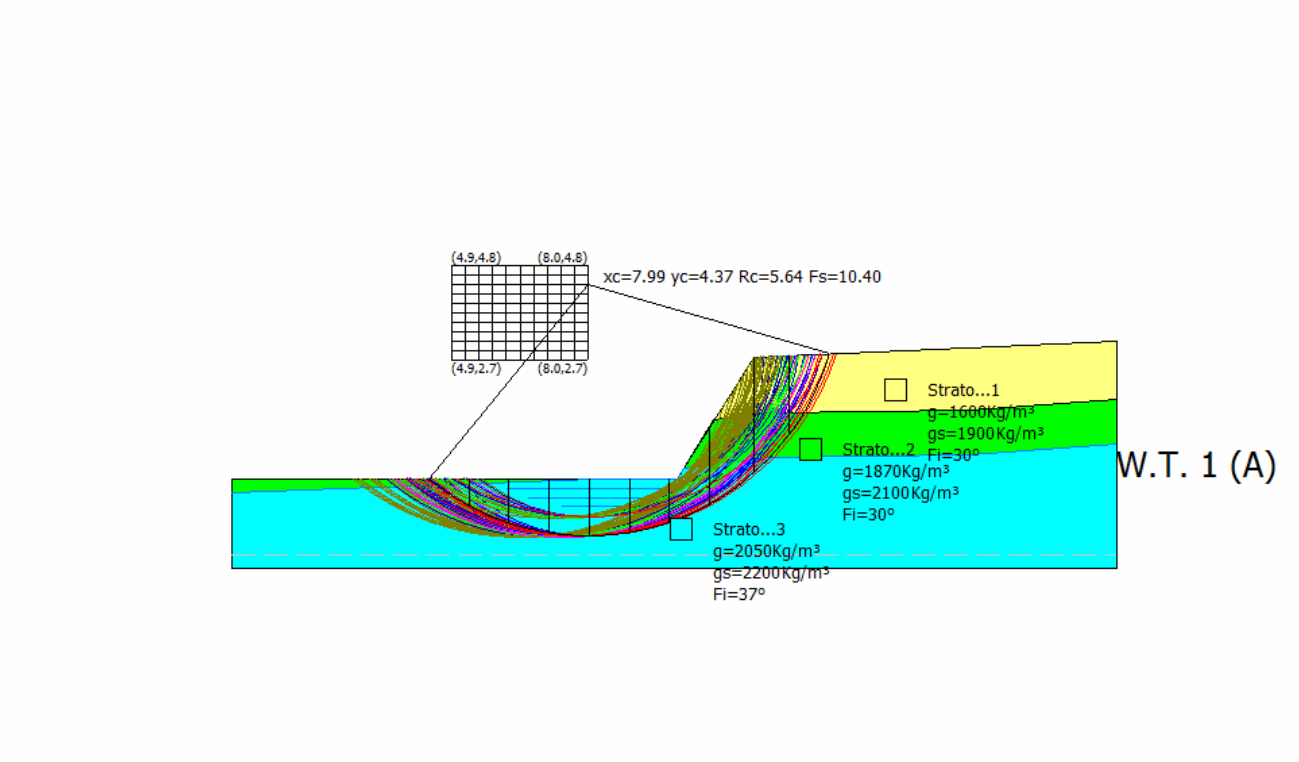
Essendo:

- $\mathbf{F_H}$ e $\mathbf{F_V}$ rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- **W** peso concio;
- $\mathbf{K_x}$ coefficiente sismico orizzontale;
- $\mathbf{K_y}$ coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.
Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Torre Ag1



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

==========

Lat./Long.	44.397066/8.393963
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4.93 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2.67 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7.99 m
Ordinata vertice destro superiore ys	4.79 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	35.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.58	0.16
S.L.D.	35.0	0.2	2.57	0.17
S.L.V.	332.0	0.46	2.62	0.29
S.L.C.	682.0	0.57	2.68	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.18	0.0042	0.0021
S.L.D.	0.24	0.18	0.0044	0.0022
S.L.V.	0.552	0.18	0.0101	0.0051
S.L.C.	0.684	0.18	0.0126	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0042
Coefficiente azione sismica verticale 0.0021

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.7	2.73
4	19.85	3.11

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.3
2	8.16	0.0
3	10.0	0.0
4	10.15	0.24
5	12.05	0.5
6	16.56	0.54
7	19.85	0.8

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	10.8	1.34
4	12.05	1.5
5	16.56	1.54
6	19.85	1.8

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.3
2	8.16	0.0
3	10.0	0.0
4	10.15	0.24
5	12.05	0.5
6	16.56	0.54
7	19.85	0.8

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		30	1600	1900		
2	0.02		30	1870	2100		
3	0.88		37	2050	2200		

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	10.4
Ascissa centro superficie	7.99 m
Ordinata centro superficie	4.37 m
Raggio superficie	5.64 m

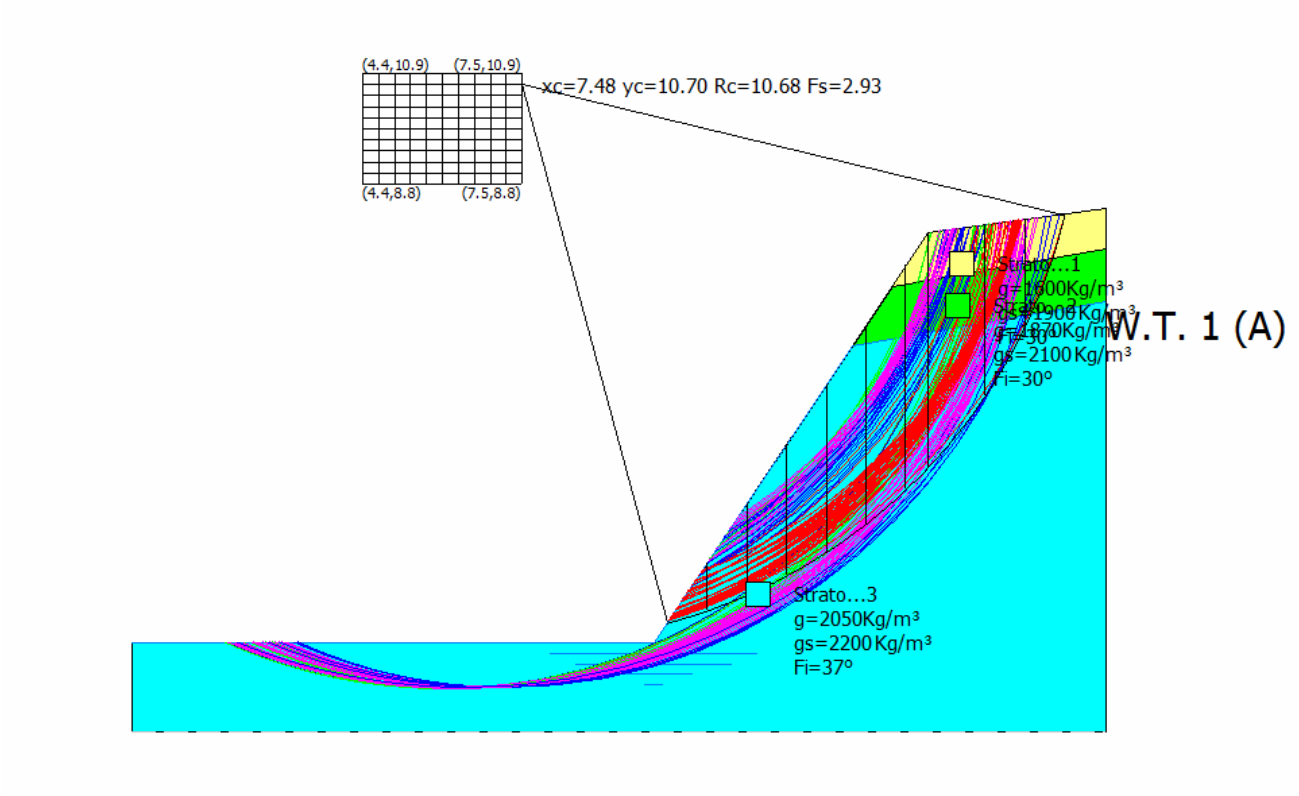
Numero di superfici esaminate....(79)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	7.2	2.8	4.1	18.18
2	7.4	2.7	3.9	18.18
3	7.5	2.8	4.1	18.18
4	7.8	2.8	3.6	18.18
5	8.0	2.7	3.9	16.76
6	7.1	2.9	4.2	18.18
7	7.2	3.0	4.3	18.18
8	7.5	3.0	4.3	18.18
9	7.7	2.9	3.7	18.18
10	7.8	3.0	4.3	16.48
11	8.0	2.9	3.7	18.18
12	7.1	3.1	4.4	18.18
13	7.2	3.2	4.5	18.18
14	7.4	3.1	4.4	18.18
15	7.5	3.2	4.1	18.18
16	7.7	3.1	3.9	18.18

17	7.8	3.2	4.5	15.59
18	8.0	3.1	3.9	17.47
19	7.1	3.3	4.6	18.18
20	7.2	3.4	4.7	18.18
21	7.4	3.3	4.6	18.18
22	7.5	3.4	4.3	18.18
23	7.7	3.3	4.6	16.81
24	7.8	3.4	4.7	14.79
25	8.0	3.3	4.6	13.45
26	6.8	3.5	4.8	18.18
27	6.9	3.6	4.9	18.18
28	7.1	3.5	4.8	18.18
29	7.2	3.6	4.9	18.18
30	7.5	3.6	4.9	17.18
31	7.7	3.5	4.8	15.87
32	7.8	3.6	4.9	13.50
33	8.0	3.5	4.8	12.44
34	6.9	3.8	5.1	18.18
35	7.4	3.7	4.6	18.18
36	7.5	3.8	4.7	18.18
37	7.7	3.7	5.0	14.90
38	7.8	3.8	5.1	12.57
39	8.0	3.7	4.6	13.57
40	6.6	4.0	5.3	18.18
41	7.1	3.9	5.2	18.18
42	7.4	3.9	5.2	17.60
43	7.5	4.0	5.3	14.94
44	7.7	3.9	4.8	16.40
45	7.8	4.0	5.3	12.20
46	8.0	3.9	4.8	13.07
47	6.8	4.2	5.4	18.18
48	7.1	4.2	5.4	18.18
49	7.2	4.3	5.5	15.85
50	7.4	4.2	5.0	18.18
51	7.5	4.3	5.5	13.89
52	7.7	4.2	5.0	15.31
53	7.8	4.3	5.5	11.62
54	8.0	4.2	5.4	10.81
55	6.5	4.4	5.6	18.18
56	6.8	4.4	5.6	18.18
57	7.1	4.4	5.6	17.44
58	7.2	4.5	5.8	14.86
59	7.4	4.4	5.2	18.18
60	7.5	4.5	5.7	13.05
61	7.7	4.4	5.6	12.57
62	7.8	4.5	5.3	12.42
63	8.0	4.4	5.6	10.40
64	6.5	4.6	5.9	18.18
65	6.6	4.7	6.0	18.18
66	6.8	4.6	5.9	18.18
67	6.9	4.7	6.0	17.96
68	7.1	4.6	5.4	18.18
69	7.2	4.7	6.0	15.44
70	7.4	4.6	5.9	14.19
71	7.5	4.7	5.5	14.90
72	7.7	4.6	5.9	11.98
73	7.8	4.7	6.0	10.71

74	8.0	4.6	5.9	11.42
75	6.5	4.8	6.1	18.18
76	7.1	4.8	5.6	18.18
77	7.4	4.8	6.1	13.38
78	7.7	4.8	6.1	11.47
79	8.0	4.8	5.6	11.20

Torre Ag2



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.397066/8.393963
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4.42 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.79 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7.48 m
Ordinata vertice destro superiore ys	10.91 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe I
Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 35.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.58	0.16
S.L.D.	35.0	0.2	2.57	0.17
S.L.V.	332.0	0.46	2.62	0.29
S.L.C.	682.0	0.57	2.68	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.18	0.0042	0.0021
S.L.D.	0.24	0.18	0.0044	0.0022
S.L.V.	0.552	0.18	0.0101	0.0051
S.L.C.	0.684	0.18	0.0126	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.004
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	15.24	7.86
4	18.67	8.32

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	13.8	5.7
4	18.67	6.55

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	14.59	6.83
4	18.67	7.55

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	13.8	5.7
4	18.67	6.55

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		30	1600	1900		
2	0.02		30	1870	2100		
3	0.88		37	2050	2200		

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2.93
Ascissa centro superficie	7.48 m
Ordinata centro superficie	10.7 m
Raggio superficie	10.68 m

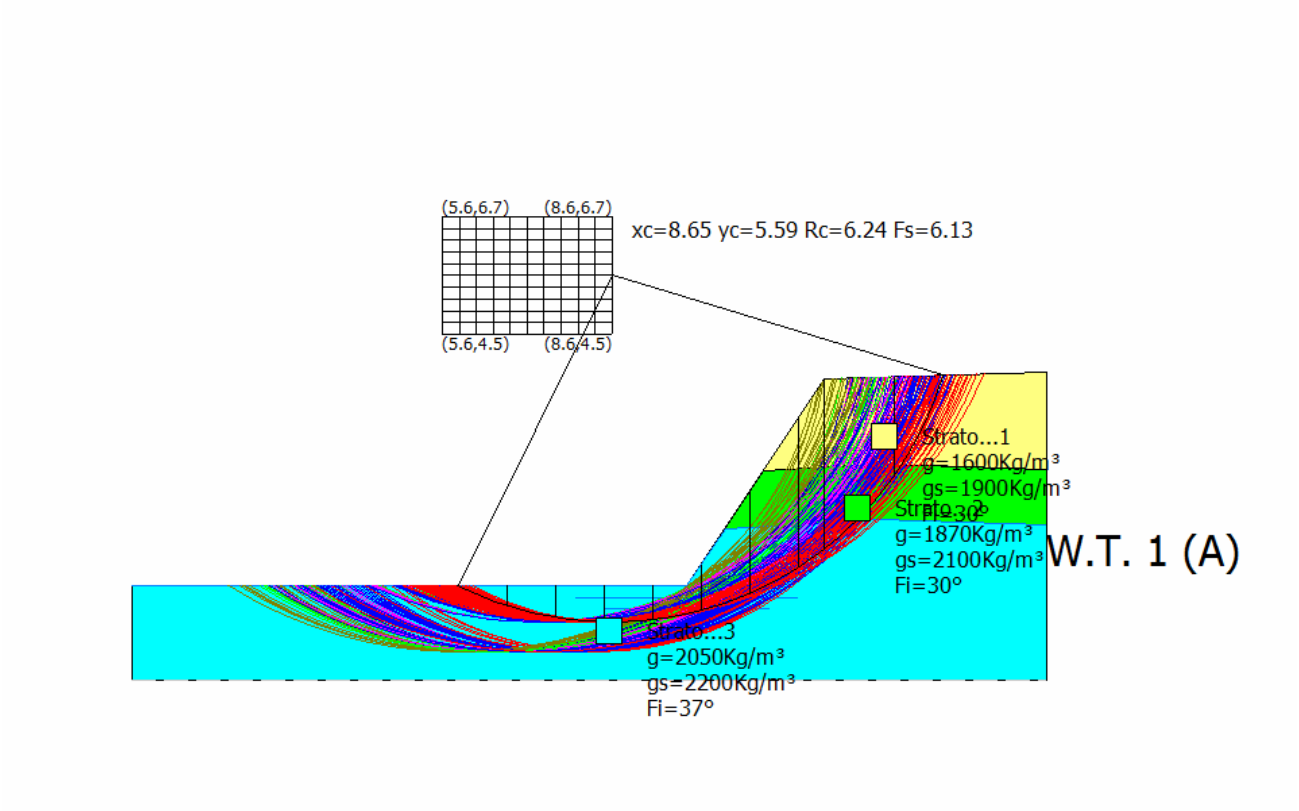
Numero di superfici esaminate....(112)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6.1	8.9	9.8	8.70
2	6.4	8.9	9.8	7.19
3	6.6	8.8	9.7	7.27
4	6.7	8.9	9.8	6.79
5	6.9	8.8	9.6	5.56
6	7.2	8.8	9.6	5.04
7	7.3	8.9	8.9	3.41
8	7.5	8.8	8.8	3.38
9	6.4	9.1	10.0	7.35
10	6.7	9.1	10.0	5.89
11	6.9	9.0	9.9	5.39
12	7.0	9.1	10.0	5.35
13	7.2	9.0	9.9	4.91
14	7.3	9.1	9.1	3.40
15	7.5	9.0	9.0	3.33
16	5.9	9.2	10.1	8.12
17	6.3	9.2	10.1	7.26
18	6.4	9.3	10.2	6.40
19	6.7	9.3	10.2	5.72

20	7.0	9.3	10.2	5.21
21	7.2	9.2	10.1	4.78
22	7.3	9.3	9.3	3.45
23	7.5	9.2	9.2	3.37
24	5.9	9.4	10.3	7.37
25	6.1	9.5	10.4	7.33
26	6.3	9.4	10.3	6.65
27	6.7	9.5	10.4	5.96
28	6.9	9.4	10.3	6.16
29	7.0	9.5	8.7	5.05
30	7.2	9.4	9.4	3.89
31	7.3	9.5	9.5	3.25
32	7.5	9.4	9.4	3.12
33	5.8	9.7	9.7	6.81
34	6.3	9.6	10.5	6.12
35	6.6	9.6	10.5	5.46
36	6.7	9.7	10.6	5.72
37	6.9	9.6	8.8	5.54
38	7.0	9.7	10.6	5.08
39	7.2	9.6	9.6	3.30
40	7.3	9.7	9.7	3.05
41	7.5	9.6	9.6	3.04
42	5.8	10.0	9.9	5.31
43	5.9	9.9	9.8	5.38
44	6.3	9.9	10.7	5.91
45	6.4	10.0	10.8	6.15
46	6.6	9.9	10.7	5.68
47	6.7	10.0	9.1	5.48
48	6.9	9.9	9.0	5.00
49	7.0	10.0	9.1	4.81
50	7.2	9.9	9.9	3.25
51	7.3	10.0	9.8	3.20
52	7.5	9.9	9.6	3.28
53	5.6	10.1	9.9	6.56
54	5.8	10.2	10.1	5.44
55	5.9	10.1	10.0	4.96
56	6.1	10.2	11.0	6.01
57	6.3	10.1	10.9	5.77
58	6.6	10.1	10.9	5.54
59	6.7	10.2	9.3	5.09
60	6.9	10.1	10.9	5.14
61	7.0	10.2	10.1	3.38
62	7.2	10.1	10.0	3.42
63	7.3	10.2	9.9	3.47
64	7.5	10.1	9.7	3.35
65	5.6	10.3	10.1	5.67
66	5.8	10.4	10.3	5.63
67	5.9	10.3	10.2	4.54
68	6.1	10.4	10.4	4.53
69	6.3	10.3	11.1	6.28
70	6.4	10.4	9.6	5.87
71	6.6	10.3	9.4	5.67
72	6.7	10.4	9.5	4.86
73	6.9	10.3	10.3	3.36
74	7.0	10.4	10.2	3.36
75	7.2	10.3	10.0	3.50
76	7.3	10.4	9.9	3.53

77	7.5	10.3	9.8	3.46
78	5.5	10.6	10.3	6.39
79	5.6	10.5	10.3	5.71
80	5.8	10.6	10.5	5.16
81	5.9	10.5	10.4	4.37
82	6.1	10.6	10.6	4.23
83	6.3	10.5	11.4	5.77
84	6.4	10.6	9.8	5.19
85	6.6	10.5	9.7	4.89
86	6.7	10.6	10.5	3.62
87	6.9	10.5	10.3	3.51
88	7.0	10.6	10.3	3.58
89	7.2	10.5	10.1	3.46
90	7.3	10.6	10.0	3.55
91	7.5	10.5	9.8	3.63
92	5.5	10.8	10.5	5.98
93	5.6	10.7	10.5	5.35
94	5.8	10.8	10.6	5.01
95	5.9	10.7	10.6	3.77
96	6.1	10.8	10.8	3.97
97	6.3	10.7	9.9	6.22
98	6.4	10.8	11.7	5.17
99	6.6	10.7	10.7	3.66
100	6.7	10.8	10.6	3.43
101	6.9	10.7	10.4	3.80
102	7.0	10.8	10.3	3.47
103	7.2	10.7	10.2	3.92
104	7.3	10.8	10.1	4.03
105	7.5	10.7	10.7	2.93
106	5.6	10.9	10.7	4.75
107	5.9	10.9	10.8	4.48
108	6.3	10.9	10.9	3.75
109	6.6	10.9	10.7	3.51
110	6.9	10.9	10.5	3.50
111	7.2	10.9	10.3	3.55
112	7.5	10.9	10.7	3.05

Torre Ag3



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

==========

Lat./Long.	44.397066/8.393963
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	5.59 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	4.53 m
Ascissa vertice destro superiore xs	8.65 m
Ordinata vertice destro superiore ys	6.65 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I

Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 35.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.58	0.16
S.L.D.	35.0	0.2	2.57	0.17
S.L.V.	332.0	0.46	2.62	0.29
S.L.C.	682.0	0.57	2.68	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.18	0.0042	0.0021
S.L.D.	0.24	0.18	0.0044	0.0022
S.L.V.	0.552	0.18	0.0101	0.0051
S.L.C.	0.684	0.18	0.0126	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.004
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	12.48	3.72
4	16.49	3.86

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	10.69	1.03
4	13.45	1.2
5	16.49	1.11

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.38	2.08
4	13.45	2.2
5	16.49	2.11

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	10.69	1.03
4	13.45	1.2
5	16.49	1.1

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		30	1600	1900		
2	0.02		30	1870	2100		
3	0.88		37	2050	2200		

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	6.13
Ascissa centro superficie	8.65 m
Ordinata centro superficie	5.59 m
Raggio superficie	6.24 m

Numero di superfici esaminate....(146)

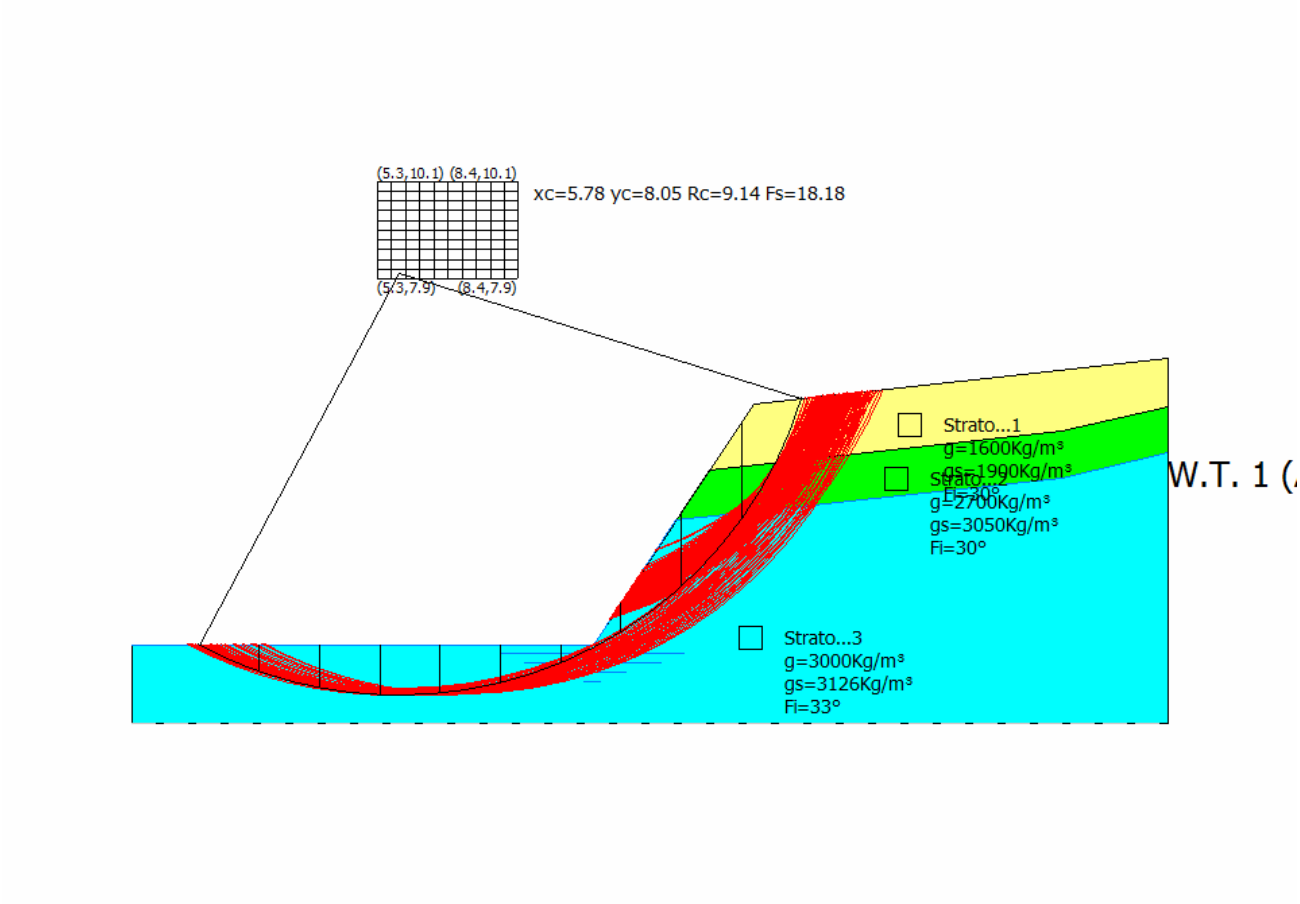
N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6.7	4.6	5.8	18.18
2	6.8	4.5	5.7	18.18
3	7.3	4.6	5.8	13.11
4	7.4	4.5	5.7	12.31
5	7.6	4.6	5.3	13.96
6	7.7	4.5	5.7	10.32
7	7.9	4.6	5.8	8.97
8	8.0	4.5	5.2	9.47
9	8.2	4.6	5.8	8.29
10	8.3	4.5	5.7	8.02
11	8.5	4.6	5.3	7.65
12	8.6	4.5	5.2	7.16
13	6.5	4.7	5.9	18.18
14	6.8	4.7	5.9	18.18
15	7.0	4.9	6.0	15.64
16	7.3	4.9	6.0	12.62
17	7.4	4.7	5.9	11.88
18	7.6	4.9	5.5	12.52

19	7.7	4.7	5.9	10.11
20	7.9	4.9	6.0	8.48
21	8.0	4.7	5.4	8.99
22	8.2	4.9	5.5	8.10
23	8.3	4.7	5.9	7.89
24	8.5	4.9	5.5	7.32
25	8.6	4.7	5.4	6.88
26	6.4	5.1	6.2	18.18
27	6.8	5.0	6.1	17.67
28	7.0	5.1	6.2	14.47
29	7.3	5.1	6.2	12.16
30	7.4	5.0	6.1	11.72
31	7.6	5.1	5.7	11.69
32	7.7	5.0	6.1	9.08
33	7.9	5.1	6.2	8.86
34	8.0	5.0	5.6	8.61
35	8.2	5.1	6.2	8.08
36	8.3	5.0	5.6	7.84
37	8.5	5.1	5.7	7.05
38	8.6	5.0	5.6	6.64
39	6.4	5.3	6.5	18.18
40	6.5	5.2	6.3	18.18
41	6.8	5.2	6.3	15.70
42	7.0	5.3	6.5	13.82
43	7.3	5.3	6.5	11.51
44	7.4	5.2	6.3	10.97
45	7.6	5.3	5.9	10.97
46	7.7	5.2	5.8	10.02
47	7.9	5.3	6.4	8.71
48	8.0	5.2	5.8	8.32
49	8.2	5.3	5.9	8.07
50	8.3	5.2	5.8	7.52
51	8.5	5.3	5.9	6.99
52	8.6	5.2	5.8	6.44
53	6.4	5.5	6.7	18.18
54	6.8	5.4	6.6	14.89
55	7.0	5.5	6.7	13.27
56	7.3	5.5	6.7	11.15
57	7.4	5.4	6.6	10.40
58	7.6	5.5	6.1	10.34
59	7.7	5.4	6.6	8.43
60	7.9	5.5	6.1	8.57
61	8.0	5.4	6.0	8.70
62	8.2	5.5	6.1	7.75
63	8.3	5.4	6.0	7.41
64	8.5	5.5	6.1	6.62
65	8.6	5.4	6.0	6.27
66	6.4	5.7	6.9	18.18
67	6.5	5.6	6.8	17.74
68	6.8	5.6	6.8	14.20
69	7.0	5.7	6.9	12.68
70	7.3	5.7	6.4	12.89
71	7.4	5.6	6.8	9.42
72	7.6	5.7	6.9	8.62
73	7.7	5.6	6.2	9.15
74	7.9	5.7	6.9	8.49
75	8.0	5.6	6.8	8.19

76	8.2	5.7	6.3	7.62
77	8.3	5.6	6.2	7.02
78	8.5	5.7	6.3	6.45
79	8.6	5.6	6.2	6.13
80	6.4	5.9	7.1	18.18
81	6.5	5.8	7.0	16.70
82	6.8	5.8	7.0	13.62
83	7.0	5.9	7.1	11.99
84	7.3	5.9	6.6	11.78
85	7.4	5.8	7.0	9.13
86	7.6	5.9	7.1	8.86
87	7.7	5.8	6.5	9.58
88	7.9	5.9	7.1	8.40
89	8.0	5.8	6.5	8.01
90	8.2	5.9	6.6	7.40
91	8.3	5.8	6.4	6.82
92	8.5	5.9	6.6	6.31
93	8.6	5.8	6.4	6.50
94	6.0	6.1	7.3	18.18
95	6.5	6.0	7.2	17.46
96	7.0	6.1	7.3	11.28
97	7.1	6.0	7.2	10.78
98	7.3	6.1	6.8	11.10
99	7.4	6.0	7.2	8.83
100	7.6	6.1	7.3	8.13
101	7.7	6.0	6.7	9.21
102	7.9	6.1	7.3	8.32
103	8.0	6.0	6.7	7.73
104	8.2	6.1	6.8	7.05
105	8.3	6.0	6.7	6.65
106	8.5	6.1	6.8	6.70
107	8.6	6.0	6.7	6.49
108	6.0	6.3	7.5	18.18
109	6.4	6.3	7.5	14.28
110	6.5	6.2	7.4	15.03
111	7.0	6.3	7.5	10.67
112	7.1	6.2	7.4	9.91
113	7.3	6.3	7.0	10.57
114	7.4	6.2	7.4	8.57
115	7.6	6.3	7.5	8.93
116	7.7	6.2	6.9	8.89
117	7.9	6.3	7.0	8.01
118	8.0	6.2	6.9	7.64
119	8.2	6.3	7.0	6.87
120	8.3	6.2	6.9	6.51
121	8.5	6.3	7.0	6.69
122	8.6	6.2	6.9	6.49
123	6.0	6.5	7.7	17.30
124	6.2	6.4	7.6	17.01
125	6.5	6.4	7.6	14.28
126	6.7	6.5	7.7	12.51
127	7.0	6.5	7.7	10.29
128	7.1	6.4	7.6	9.64
129	7.3	6.5	7.2	10.15
130	7.4	6.4	7.6	8.34
131	7.6	6.5	7.7	8.84
132	7.7	6.4	7.1	8.68

133	7.9	6.5	7.2	7.90
134	8.0	6.4	7.1	7.29
135	8.2	6.5	7.2	6.72
136	8.3	6.4	7.1	6.91
137	8.5	6.5	7.2	6.68
138	8.6	6.4	7.1	6.49
139	5.9	6.7	7.8	18.18
140	6.5	6.7	7.8	13.48
141	7.1	6.7	7.8	9.33
142	7.4	6.7	7.8	8.14
143	7.7	6.7	7.3	8.41
144	8.0	6.7	7.3	7.27
145	8.3	6.7	7.3	6.89
146	8.6	6.7	7.3	6.53

Torre Ag4



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.397066/8.393963
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	5.32 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	7.95 m
Ascissa vertice destro superiore xs	8.38 m
Ordinata vertice destro superiore ys	10.07 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe I
Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 35.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.58	0.16
S.L.D.	35.0	0.2	2.57	0.17
S.L.V.	332.0	0.46	2.62	0.29
S.L.C.	682.0	0.57	2.68	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.18	0.0042	0.0021
S.L.D.	0.24	0.18	0.0044	0.0022
S.L.V.	0.552	0.18	0.0101	0.0051
S.L.C.	0.684	0.18	0.0126	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.004
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	13.49	5.24
4	22.47	6.23

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.8	2.7
4	20.16	3.63
5	22.47	4.16

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	12.52	3.78
4	20.16	4.63

5	22.47	5.16

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.8	2.7
4	20.16	3.63
5	22.47	4.16

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		30	1600	1900		
2	0.02		30	2700	3050		
3	16.31		33	3000	3126		

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	18.18
Ascissa centro superficie	5.78 m
Ordinata centro superficie	8.05 m
Raggio superficie	9.14 m

Numero di superfici esaminate....(170)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	5.8	8.1	9.1	18.18
2	5.9	7.9	9.0	18.18
3	6.1	8.1	9.1	18.18
4	6.2	7.9	9.0	18.18
5	6.7	8.1	9.1	18.18
6	6.9	7.9	9.0	18.18
7	7.0	8.1	9.1	18.18
8	7.2	7.9	9.0	18.18
9	7.3	8.1	7.9	18.18
10	7.5	7.9	7.8	18.18
11	7.6	8.1	7.9	18.18
12	7.8	7.9	7.7	18.18
13	7.9	8.1	7.8	18.18
14	8.1	7.9	7.7	18.18
15	8.2	8.1	7.2	18.18
16	8.4	7.9	7.1	18.18

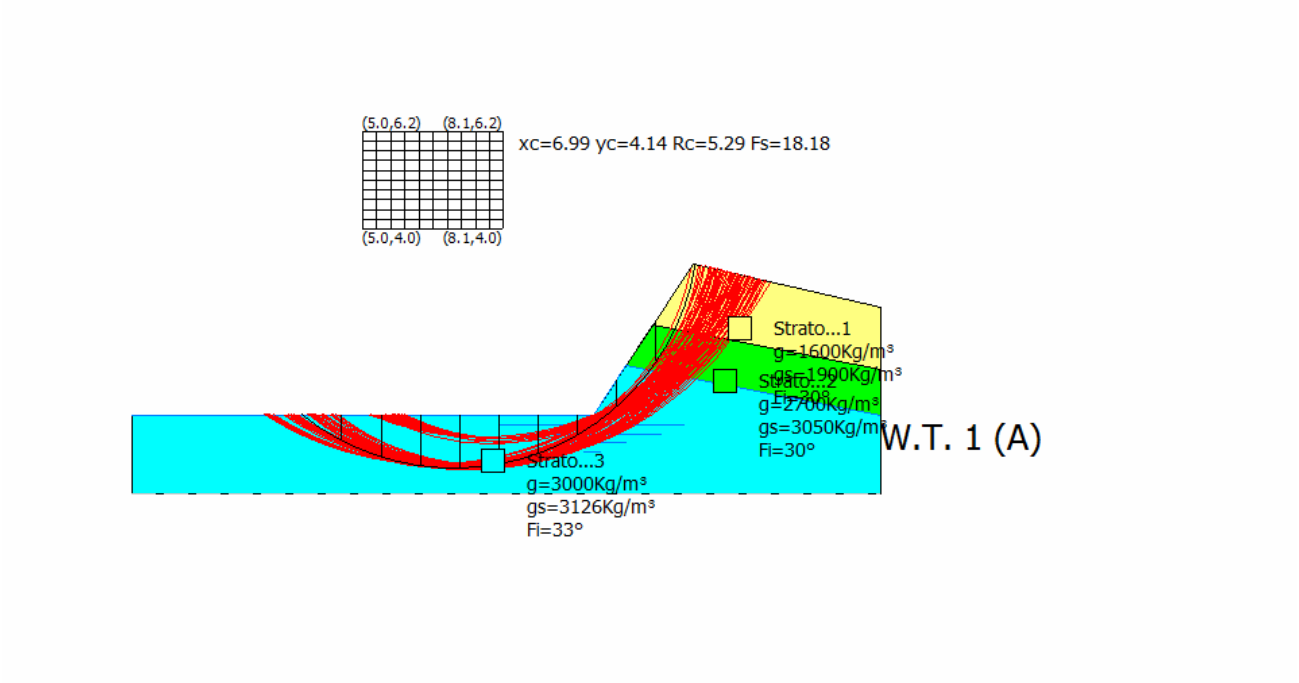
17	5.8	8.3	9.4	18.18
18	5.9	8.2	9.2	18.18
19	6.1	8.3	9.4	18.18
20	6.2	8.2	9.2	18.18
21	6.4	8.3	9.3	18.18
22	6.5	8.2	9.2	18.18
23	7.0	8.3	9.3	18.18
24	7.2	8.2	9.2	18.18
25	7.3	8.3	8.1	18.18
26	7.5	8.2	8.0	18.18
27	7.6	8.3	8.1	18.18
28	7.8	8.2	8.0	18.18
29	7.9	8.3	8.1	18.18
30	8.1	8.2	7.9	18.18
31	8.2	8.3	7.4	18.18
32	8.4	8.2	7.3	18.18
33	5.6	8.4	9.5	18.18
34	5.8	8.5	9.6	18.18
35	5.9	8.4	9.5	18.18
36	6.1	8.5	9.6	18.18
37	6.2	8.4	9.5	18.18
38	7.0	8.5	8.3	18.18
39	7.2	8.4	8.2	18.18
40	7.3	8.5	8.3	18.18
41	7.5	8.4	8.2	18.18
42	7.6	8.5	8.3	18.18
43	7.8	8.4	8.2	18.18
44	7.9	8.5	8.3	18.18
45	8.1	8.4	7.5	18.18
46	8.2	8.5	7.6	18.18
47	8.4	8.4	7.5	18.18
48	6.1	8.7	9.8	18.18
49	6.7	8.7	9.8	18.18
50	6.9	8.6	9.7	18.18
51	7.0	8.7	8.5	18.18
52	7.2	8.6	8.4	18.18
53	7.3	8.7	8.5	18.18
54	7.5	8.6	8.4	18.18
55	7.6	8.7	8.5	18.18
56	7.8	8.6	8.4	18.18
57	7.9	8.7	7.8	18.18
58	8.1	8.6	7.7	18.18
59	8.2	8.7	7.8	18.18
60	8.4	8.6	7.7	18.18
61	5.6	8.8	9.8	18.18
62	5.9	8.8	9.9	18.18
63	6.1	8.9	10.0	18.18
64	6.2	8.8	9.9	18.18
65	6.4	8.9	10.0	18.18
66	6.5	8.8	9.9	18.18
67	6.7	8.9	10.0	18.18
68	6.9	8.8	8.6	18.18
69	7.0	8.9	8.7	18.18
70	7.2	8.8	8.6	18.18
71	7.3	8.9	8.7	18.18
72	7.5	8.8	8.6	18.18
73	7.6	8.9	8.7	18.18

74	7.8	8.8	8.6	18.18
75	7.9	8.9	8.1	18.18
76	8.1	8.8	7.9	18.18
77	8.2	8.9	8.0	18.18
78	8.4	8.8	7.9	18.18
79	5.6	9.0	10.0	18.18
80	5.8	9.1	10.2	18.18
81	5.9	9.0	10.1	18.18
82	6.1	9.1	10.2	18.18
83	6.2	9.0	10.1	18.18
84	6.4	9.1	10.2	18.18
85	6.5	9.0	10.1	18.18
86	6.7	9.1	8.9	18.18
87	6.9	9.0	8.8	18.18
88	7.0	9.1	8.9	18.18
89	7.2	9.0	8.8	18.18
90	7.3	9.1	8.9	18.18
91	7.5	9.0	8.8	18.18
92	7.6	9.1	8.9	18.18
93	7.8	9.0	8.2	18.18
94	7.9	9.1	8.3	18.18
95	8.1	9.0	8.2	18.18
96	8.2	9.1	8.3	18.18
97	8.4	9.0	8.1	18.18
98	5.6	9.2	10.2	18.18
99	5.9	9.2	10.3	18.18
100	6.1	9.3	10.4	18.18
101	6.2	9.2	10.3	18.18
102	6.7	9.3	9.2	18.18
103	6.9	9.2	9.0	18.18
104	7.0	9.3	9.1	18.18
105	7.2	9.2	9.0	18.18
106	7.3	9.3	9.1	18.18
107	7.5	9.2	9.0	18.18
108	7.6	9.3	8.5	18.18
109	7.8	9.2	8.4	18.18
110	7.9	9.3	8.5	18.18
111	8.1	9.2	8.4	18.18
112	8.2	9.3	8.5	18.18
113	8.4	9.2	8.4	18.18
114	5.8	9.5	10.5	18.18
115	5.9	9.4	10.5	18.18
116	6.5	9.4	9.3	18.18
117	6.7	9.5	9.4	18.18
118	6.9	9.4	9.3	18.18
119	7.0	9.5	9.4	18.18
120	7.2	9.4	9.2	18.18
121	7.3	9.5	9.3	18.18
122	7.5	9.4	8.6	18.18
123	7.6	9.5	8.7	18.18
124	7.8	9.4	8.6	18.18
125	7.9	9.5	8.7	18.18
126	8.1	9.4	8.6	18.18
127	8.2	9.5	8.7	18.18
128	8.4	9.4	8.6	18.18
129	5.9	9.6	10.7	18.18
130	6.4	9.7	9.6	18.18

131	6.5	9.6	9.5	18.18
132	6.7	9.7	9.6	18.18
133	6.9	9.6	9.5	18.18
134	7.0	9.7	9.6	18.18
135	7.2	9.6	9.5	18.18
136	7.3	9.7	8.9	18.18
137	7.5	9.6	8.8	18.18
138	7.6	9.7	8.9	18.18
139	7.8	9.6	8.8	18.18
140	7.9	9.7	8.9	18.18
141	8.1	9.6	8.8	18.18
142	8.2	9.7	8.9	18.18
143	8.4	9.6	8.8	18.18
144	5.8	10.0	10.9	18.18
145	5.9	9.9	10.9	18.18
146	6.1	10.0	11.0	18.18
147	6.2	9.9	10.9	18.18
148	6.4	10.0	9.8	18.18
149	6.5	9.9	9.7	18.18
150	6.7	10.0	9.8	18.18
151	6.9	9.9	9.7	18.18
152	7.0	10.0	9.8	18.18
153	7.2	9.9	9.7	18.18
154	7.3	10.0	9.1	18.18
155	7.5	9.9	9.0	18.18
156	7.6	10.0	9.1	18.18
157	7.8	9.9	9.0	18.18
158	7.9	10.0	9.1	18.18
159	8.1	9.9	9.0	18.18
160	8.2	10.0	9.1	18.18
161	8.4	9.9	8.3	18.18
162	5.9	10.1	11.1	18.18
163	6.2	10.1	9.9	18.18
164	6.5	10.1	9.9	18.18
165	6.9	10.1	9.9	18.18
166	7.2	10.1	9.3	18.18
167	7.5	10.1	9.2	18.18
168	7.8	10.1	9.2	18.18
169	8.1	10.1	9.2	18.18
170	8.4	10.1	8.6	18.18

==========

Torre Ag5



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.397066/8.393963
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	5.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	4.04 m
Ascissa vertice destro superiore xs	8.06 m
Ordinata vertice destro superiore ys	6.15 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	35.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.58	0.16
S.L.D.	35.0	0.2	2.57	0.17
S.L.V.	332.0	0.46	2.62	0.29
S.L.C.	682.0	0.57	2.68	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.18	0.0042	0.0021
S.L.D.	0.24	0.18	0.0044	0.0022
S.L.V.	0.552	0.18	0.0101	0.0051
S.L.C.	0.684	0.18	0.0126	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.004
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	12.18	3.28
4	16.23	2.33

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	10.71	1.07
4	16.23	0.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.3	1.95
4	16.23	1.0

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	10.0	0.0
4	10.71	1.07

5	16.23	0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		30	1600	1900		
2	0.02		30	2700	3050		
3	16.31		33	3000	3126		

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	18.18
Ascissa centro superficie	6.99 m
Ordinata centro superficie	4.14 m
Raggio superficie	5.29 m

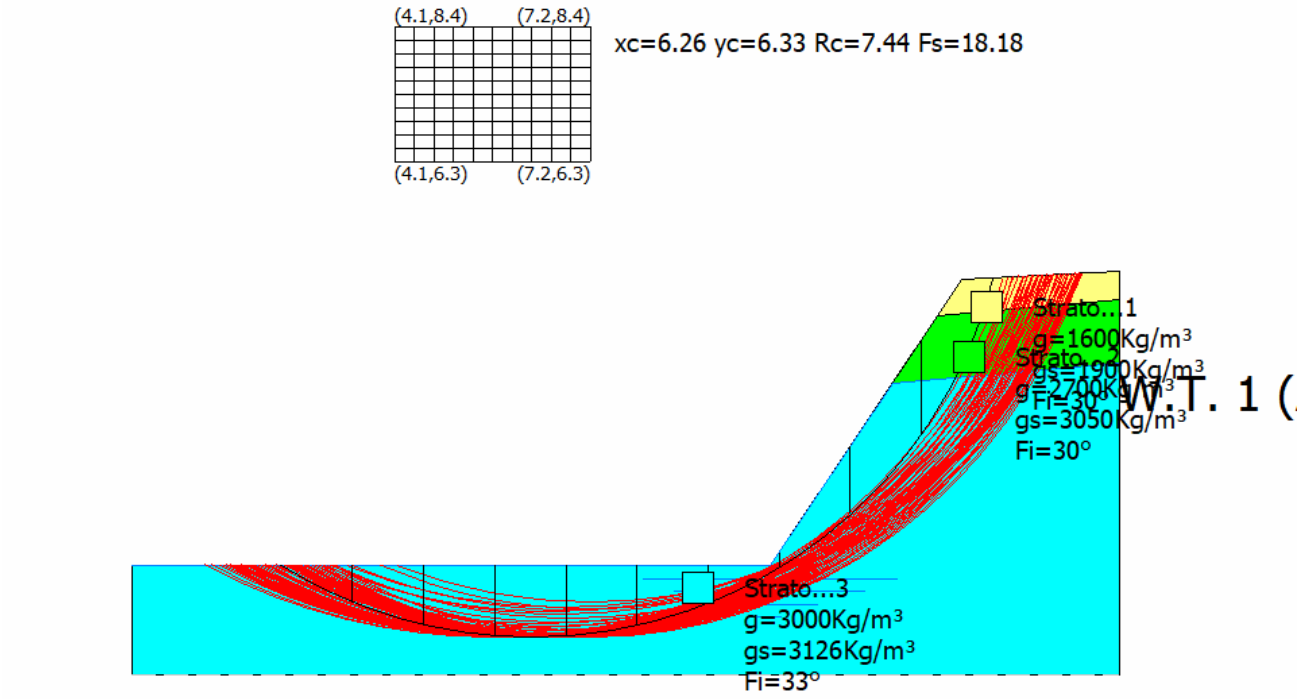
Numero di superfici esaminate....(79)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	7.0	4.1	5.3	18.18
2	7.1	4.0	5.2	18.18
3	7.4	4.0	5.2	18.18
4	7.6	4.1	5.3	18.18
5	7.8	4.0	4.6	18.18
6	7.9	4.1	4.7	18.18
7	8.1	4.0	4.6	18.18
8	6.8	4.2	5.4	18.18
9	7.1	4.2	5.4	18.18
10	7.3	4.4	5.5	18.18
11	7.4	4.2	5.4	18.18
12	7.6	4.4	5.4	18.18
13	7.8	4.2	5.4	18.18
14	7.9	4.4	4.9	18.18
15	8.1	4.2	4.8	18.18
16	7.1	4.5	5.5	18.18
17	7.3	4.6	5.7	18.18
18	7.4	4.5	5.6	18.18
19	7.8	4.5	5.6	18.18
20	7.9	4.6	5.1	18.18
21	8.1	4.5	5.0	18.18
22	6.8	4.7	5.7	18.18
23	7.0	4.8	5.9	18.18
24	7.4	4.7	5.8	18.18
25	7.6	4.8	5.9	18.18

26	7.8	4.7	5.8	18.18
27	7.9	4.8	5.3	18.18
28	8.1	4.7	5.2	18.18
29	6.8	4.9	6.0	18.18
30	7.0	5.0	6.1	18.18
31	7.3	5.0	6.1	18.18
32	7.4	4.9	6.0	18.18
33	7.6	5.0	6.1	18.18
34	7.8	4.9	5.4	18.18
35	7.9	5.0	5.5	18.18
36	8.1	4.9	5.4	18.18
37	7.0	5.2	6.3	18.18
38	7.4	5.1	6.2	18.18
39	7.6	5.2	6.3	18.18
40	7.8	5.1	5.6	18.18
41	7.9	5.2	5.7	18.18
42	8.1	5.1	5.6	18.18
43	6.5	5.3	6.4	18.18
44	6.7	5.4	6.5	18.18
45	6.8	5.3	6.4	18.18
46	7.0	5.4	6.5	18.18
47	7.4	5.3	6.4	18.18
48	7.6	5.4	6.5	18.18
49	7.8	5.3	5.8	18.18
50	7.9	5.4	5.9	18.18
51	8.1	5.3	5.8	18.18
52	6.5	5.5	6.6	18.18
53	6.7	5.6	6.7	18.18
54	7.0	5.6	6.7	18.18
55	7.1	5.5	6.6	18.18
56	7.6	5.6	6.7	18.18
57	7.8	5.5	6.0	18.18
58	7.9	5.6	6.1	18.18
59	8.1	5.5	6.0	18.18
60	6.5	5.7	6.8	18.18
61	6.7	5.8	6.9	18.18
62	7.1	5.7	6.8	18.18
63	7.3	5.8	6.9	18.18
64	7.6	5.8	6.3	18.18
65	7.8	5.7	6.2	18.18
66	7.9	5.8	6.3	18.18
67	8.1	5.7	6.2	18.18
68	6.7	6.0	7.1	18.18
69	6.8	5.9	7.0	18.18
70	7.1	5.9	7.0	18.18
71	7.3	6.0	7.1	18.18
72	7.6	6.0	6.5	18.18
73	7.8	5.9	6.4	18.18
74	7.9	6.0	6.5	18.18
75	8.1	5.9	6.4	18.18
76	6.8	6.2	7.2	18.18
77	7.1	6.2	7.2	18.18
78	7.8	6.2	6.6	18.18
79	8.1	6.2	6.7	18.18

==========

Torre Ag6



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.397066/8.393963
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4.12 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	6.33 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7.18 m
Ordinata vertice destro superiore ys	8.45 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe I
Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 35.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.58	0.16
S.L.D.	35.0	0.2	2.57	0.17
S.L.V.	332.0	0.46	2.62	0.29
S.L.C.	682.0	0.57	2.68	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.18	0.0042	0.0021
S.L.D.	0.24	0.18	0.0044	0.0022
S.L.V.	0.552	0.18	0.0101	0.0051
S.L.C.	0.684	0.18	0.0126	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.004
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	12.99	4.48
4	15.47	4.61

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.91	2.86
4	15.47	3.18

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	12.61	3.92
4	15.47	4.18

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	11.91	2.86
4	15.47	3.18

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		30	1600	1900		
2	0.02		30	2700	3050		
3	16.31		33	3000	3126		

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	18.18
Ascissa centro superficie	6.26 m
Ordinata centro superficie	6.33 m
Raggio superficie	7.44 m

Numero di superfici esaminate....(65)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6.3	6.3	7.4	18.18
2	6.4	6.4	7.5	18.18
3	6.6	6.3	7.4	18.18
4	6.7	6.4	7.5	18.18
5	6.9	6.3	7.4	18.18
6	6.6	6.5	7.7	18.18
7	6.7	6.6	7.8	18.18
8	6.9	6.5	7.7	18.18
9	7.0	6.6	7.8	18.18
10	7.2	6.5	7.7	18.18
11	6.6	6.8	7.9	18.18
12	6.7	6.9	8.0	18.18
13	6.9	6.8	7.9	18.18
14	7.0	6.9	8.0	18.18
15	6.0	7.0	8.1	18.18
16	6.3	7.0	8.1	18.18
17	6.4	7.1	8.2	18.18
18	6.6	7.0	8.1	18.18
19	6.7	7.1	8.2	18.18

20	6.9	7.0	8.1	18.18
21	7.0	7.1	8.2	18.18
22	7.2	7.0	8.0	18.18
23	6.0	7.2	8.3	18.18
24	6.1	7.3	8.4	18.18
25	6.6	7.2	8.3	18.18
26	6.7	7.3	8.4	18.18
27	6.9	7.2	8.3	18.18
28	7.0	7.3	8.3	18.18
29	5.8	7.5	8.6	18.18
30	6.0	7.4	8.5	18.18
31	6.1	7.5	8.6	18.18
32	6.4	7.5	8.6	18.18
33	6.7	7.5	8.6	18.18
34	6.9	7.4	8.5	18.18
35	5.8	7.7	8.8	18.18
36	6.0	7.6	8.7	18.18
37	6.1	7.7	8.8	18.18
38	6.3	7.6	8.7	18.18
39	6.4	7.7	8.8	18.18
40	7.2	7.6	8.3	18.18
41	5.8	7.9	9.0	18.18
42	6.0	7.8	8.9	18.18
43	6.3	7.8	8.9	18.18
44	6.4	7.9	9.0	18.18
45	6.6	7.8	8.9	18.18
46	6.7	7.9	8.8	18.18
47	6.9	7.8	8.6	18.18
48	7.2	7.8	8.4	18.18
49	5.6	8.0	9.1	18.18
50	5.8	8.1	9.2	18.18
51	6.0	8.0	9.1	18.18
52	6.1	8.1	9.2	18.18
53	6.3	8.0	9.1	18.18
54	6.4	8.1	9.1	18.18
55	6.6	8.0	9.0	18.18
56	6.7	8.1	8.9	18.18
57	6.9	8.0	8.7	18.18
58	6.0	8.2	9.4	18.18
59	6.1	8.3	9.5	18.18
60	6.3	8.2	9.3	18.18
61	6.4	8.3	9.2	18.18
62	6.7	8.3	9.0	18.18
63	5.6	8.4	9.6	18.18
64	6.3	8.4	9.4	18.18
65	6.6	8.4	9.2	18.18

==========