Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative
GENERAZIONE POSSIBILE

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

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



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

Parco eolico "Cascinassa"

Progetto Definitivo

1.4 Relazione geologica e geotecnica

Progettisti:

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Data	Rev.	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
20.06.2017	A	Prima emissione	G. Civardi	G. Civardi	F. Bertuccio

Comm. 61 **Elaborato:** CSN-1.4-A_Relazione geologica e geotecnica

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

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

COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE

Provincia di Savona

Oggetto:
Realizzazione impianto eolico in Loc. Cascinassa all'interno del territorio comunale di Cairo Montenotte.

Contenuto:
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

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



Data
Genova, Maggio 2017

N° lavoro
188/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 **4**

3.3 – Idrogeologia **5**

4 – RILEVAMENTO GEOLOGICO *6*

5 - PROVE IN SITO *12*

5.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte **12**

6 - NOTE GEOTECNICHE *15*

6.1 - Coltre **15**

6.2 – Substrato roccioso **16**

6.3 – Dati geotecnici di sintesi **16**
6.3.1 - Coltre 16
6.3.2 – Cappellaccio di alterazione 16
6.3.3 – Substrato roccioso (conglomerati) 17

7 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO *17*

7.1 – Classificazione sismica regionale **17**

8 – STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO *18*

9 - INDICAZIONI OPERATIVE *19*

9.1 – Scavi **19**

9.2 – Riempimenti **20**

10 – ASPETTI AMMINISTRATIVI *20*

10.1 – Vincolo idrogeologico **20**

10.2 – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) **20**

11 – CONCLUSIONI *21*

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**
- ✓ **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 in Comune di Cairo Montenotte, lo scrivente tecnico è stato incaricato dalla società F.E.R.A. S.r.l. di eseguire le opportune indagini geognostiche, al fine di evidenziare eventuali problematiche di ordine geologico in senso lato.

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

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

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

Le informazioni riportate nella carta geologica di sintesi sono tratte da osservazioni dirette, dalla cartografia tematica allegata al PRG del Comune di Cairo Montenotte ed al Piano di Bacino.

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 cinque torri eoliche con annessa una cabina elettrica d'impianto e la sottostazione. Il nuovo impianto prevede la messa in opera di aerogeneratori tripala di potenza nominale pari a 4200 KW.

Quattro delle cinque torri presenteranno un'altezza pari a circa 99 m: la sola torre AG1 presenterà un'altezza pari a 135 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 ed una sottostazione, per la trasformazione dell'energia prodotta e la sua immissione in rete. 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 15000 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 6 m.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato, è previsto un percorso di lunghezza pari a circa 7,6 Km, caratterizzato da uno scavo di profondità media pari a 1,5 m e larghezza di circa 1 m.

Relativamene alla sottostazione, questa sarà realizzata in Loc. Prati Proia all'interno del territorio comunale di Giusvala. L'opera consiste nella realizzazione di due edifici ad un piano che conterranno i pannelli elettrici per regolare l'immissione in rete della corrente elettrica prodotta dall'impianto. Tale intervento prevede sbancamenti per un totale pari a circa 3600 m^3 da effettuarsi in parte in coltre ed in parte in roccia.

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

La serie stratigrafica che caratterizza il settore geografico oggetto di studio presenta un substrato Oligocenico costituito dalla 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 Formazione di Molare ha una potenza variabile in relazione alle irregolarità del substrato ed è stratigraficamente sottostante alla Formazione di Ronchetta con la quale è in parziale eteropia.

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.

3.2 – Geomorfologia

Gli aerogeneratori verranno realizzati lungo una linea di crinale che da Loc. Cascinassa giunge sino a Bric di Fraciata passando per Rocca Ersa.

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 25%, mentre quello nord presenta una acclività del 35 %. Il settore non appare urbanizzato.

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 della sottostazione si trova in Loc. Prati Proia, Comune di Giusvala: il settore appare sub - pianeggiante. Non si individuano indicatori cinematici che indichino fenomeni di dissesto potenziali o in atto.

3.3 – Idrogeologia

L'area del parco è caratterizzata dalla presenza di numerosi Rii, le cui sorgenti si individuano lungo i versanti del crinale oggetto di studio.

Lungo il versante sud la regimazione delle acque superficiali è regolata da numerosi impluvi, che vengono convogliati verso il Rio Montenotte. Mentre lungo il versante nord, le acque vengono convogliate verso il Rio Burburot.

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 i Conglomerati vengono classificati 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 in precedenza, che collocavano il substrato roccioso alla profondità massima di 2 m (torre eolica Ag5). 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.1.1
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.

Denominazione affioramento	A.1.2
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 1 m Altezza: 0.5 m
Litologia	Conglomerato da fine a grossolanno. La

	matrice appare arenaceo - sabbioso.
Stato di conservazione	Il cemento dei conglomerati appare fortemente degradato dagli agenti atmosferici.

Denominazione affioramento	A.1.3
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 0.9 m Altezza: 1.2 m
Litologia	Conglomerato da fine a grossolanno. La matrice appare arenaceo - sabbioso.
Stato di conservazione	Il cemento dei conglomerati appare fortemente degradato dagli agenti atmosferici.

Torre Ag2



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

Denominazione affioramento	A.2.1
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 2 m Altezza: 0.5 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	A.3.1
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 15 m Altezza: 3 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	A.4.1
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 0.5 m Altezza: 0.4 m
Litologia	Conglomerato da fine a grossolanno. La matrice appare arenaceo - sabbioso.
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	A.5.1
Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 4 m Altezza: 1.5 m
Litologia	Conglomerato da fine a grossolanno. La matrice appare arenaceo - sabbioso.
Stato di conservazione	La roccia appare fortemente degradata dagli agenti atmosferici.

Denominazione affioramento	A.5.2

Dimensione affioramento	Lunghezza lineare: 3 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.

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 ed una per l'area della sottostazione.

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 25 metri e lo svolgimento di 8 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 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. Relativamente alla sottostazione la stesa è stata svolta circa al centro dell'area interessata dall'intervento.
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	0.65 m	110 m/s
Cappellaccio	3 m	280 m/s
Substrato		550 m/s

V_{s30} del sito: 408 m/s

- **Torre 2 (Ag2)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.5 m	230 m/s
Cappellaccio	6 m	310 m/s
Substrato		550 m/s

V_{s30} del sito: 419 m/s

- **Torre 3 (Ag3)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	1.5 m	150 m/s
Cappellaccio	5.6 m	320 m/s
Substrato		550 m/s

V_{s30} del sito: 470 m/s

- **Torre 4 (Ag4)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	0.95 m	200 m/s
Cappellaccio	5 m	300 m/s
Substrato		550 m/s

V_{s30} del sito: 456 m/s

- **Torre 5 (Ag5)**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	2.0 m	250 m/s
Cappellaccio	7.0 m	380 m/s
Substrato		550 m/s

V_{s30} del sito: 462 m/s

- **Sottostazione**:

Livello	Spessore	Velocità onde S
Coltre	3.5 m	155 m/s
Cappellaccio	7.0 m	380 m/s
Substrato		550 m/s

V_{s30} del sito: 435 m/s

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, facendo riferimento a dati di letteratura relativi a litotipi della medesima natura, integrati da precedenti studi svolti dallo scrivente in aree limitrofe. 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 a 3.5 m (area sottostazione). 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, dai conglomerati della Formazione di Molare.

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

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

Peso di volume (γ): 2,2 t/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 36°

Coesione: 0,6 Kg/cm^2

6.3.3 – Substrato roccioso (conglomerati)

Peso di volume (γ): 2,5 t/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 40°

Coesione: 0,8 Kg/cm^2

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 alluvionali di spessore tra 5 e 20 m	Come C o D	/	/
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 18600 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, la realizzazione della strada di servizio e la realizzazione della sottostazione.

L'altezza massima a progetto dei fronti di scavo risulta pari a circa 6 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

Gli eventuali 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.

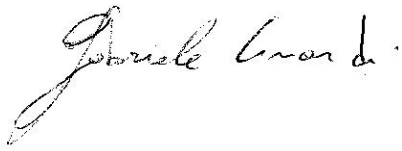
Si rassegna la presente relazione la quale assolve quanto prescritto dal D.M. del 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni", nonché dalla legge regionale n° 4/99.

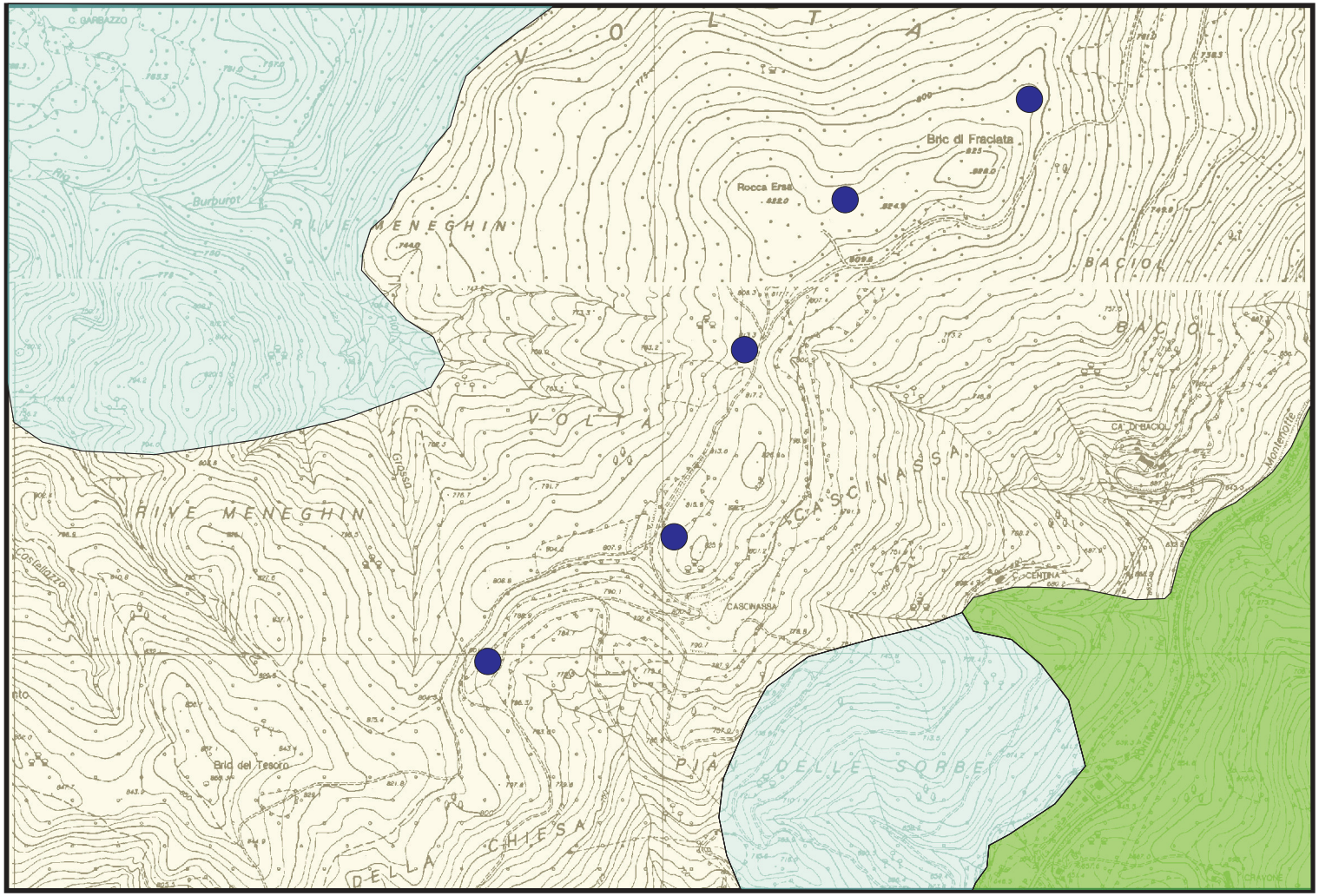
Il presente documento non comprende valutazioni su possibili conseguenze dannose alle strutture ed ai manufatti circostanti legate ai processi più strettamente operativi che fanno capo all'impresa e al direttore dei lavori eventualmente delegato dal committente.

Genova, Maggio 2017

Il tecnico
Dott. Geol. Gabriele Civardi







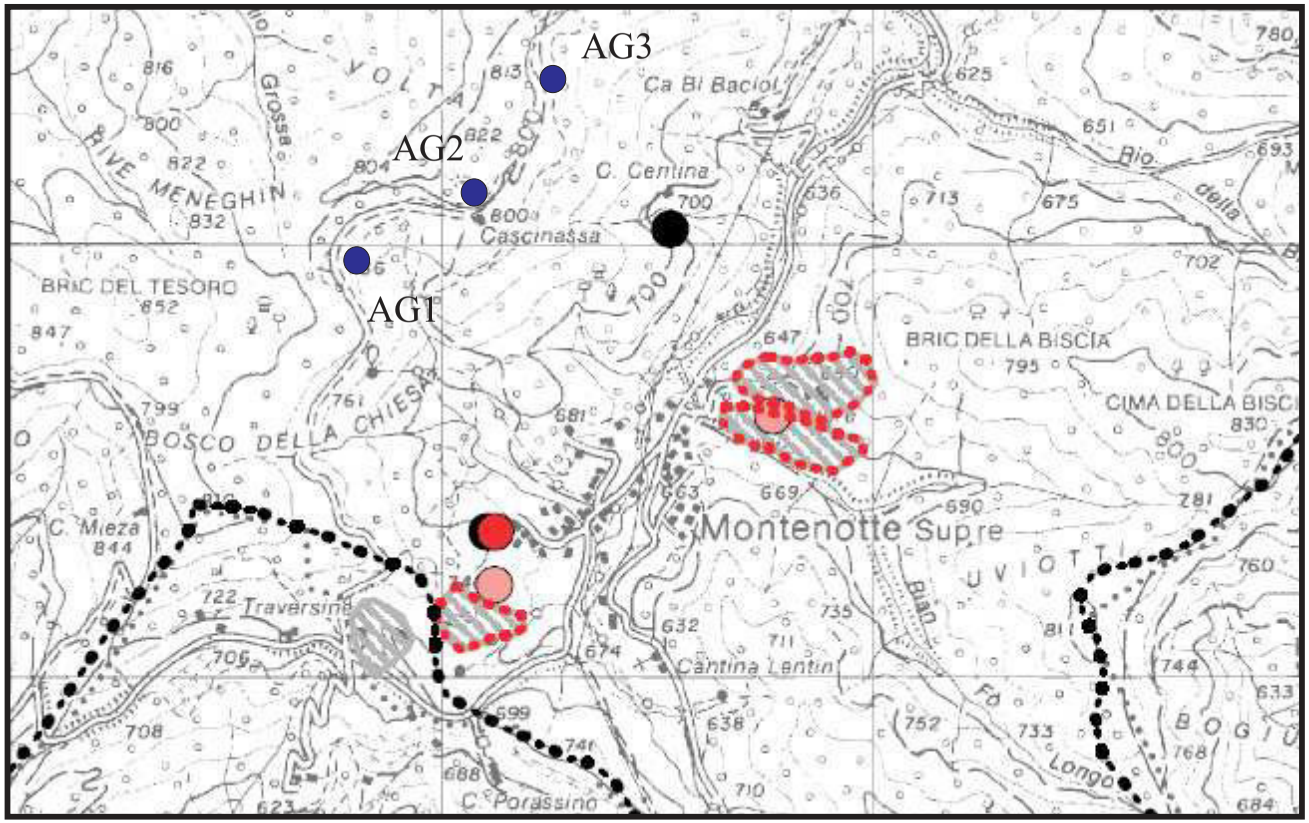
Conglomerati di Molare affioranti

Coltri eluvio - colluviali

Calcari di Poggio Castellaro

Torre eolica

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA		
Dott. Geol. Gabriele Civardi		
Corso Perrone 15 16152 Genova - cell. 3491720806		
TAVOLA A	CARTA GEOLOGICA	SCALA 1:10000

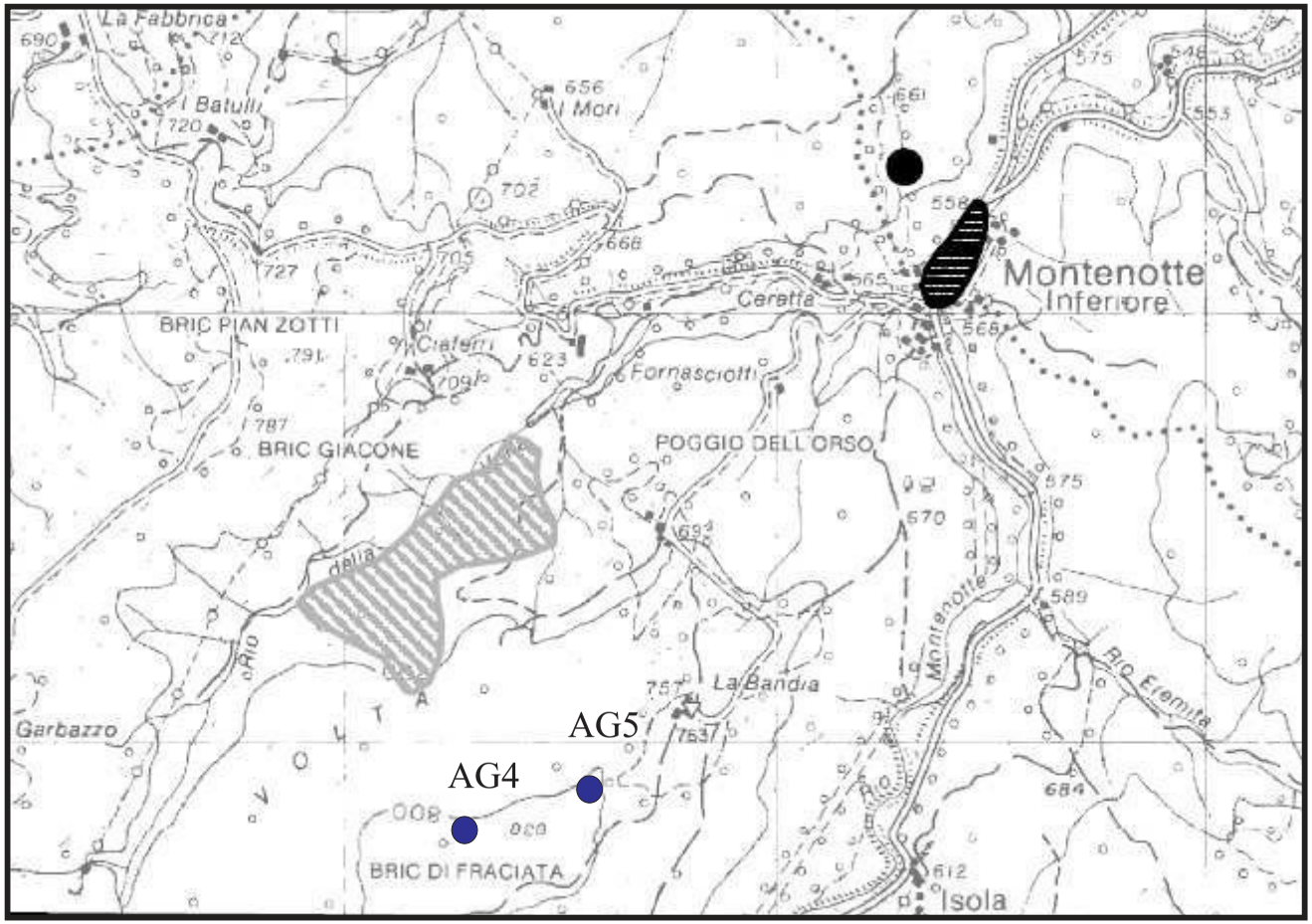


Corpo di frana quiescente

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

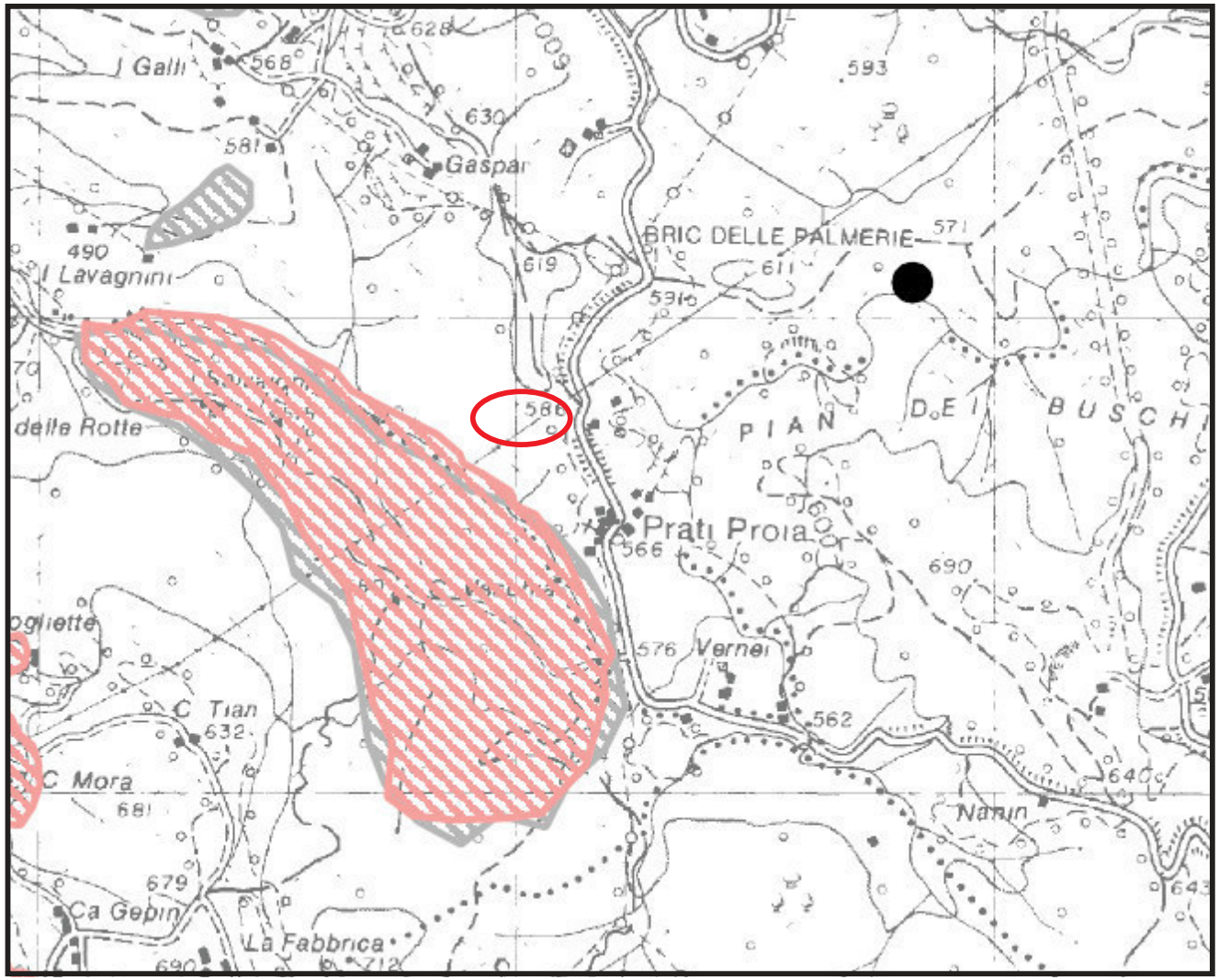


Corpo di frana quiescente

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

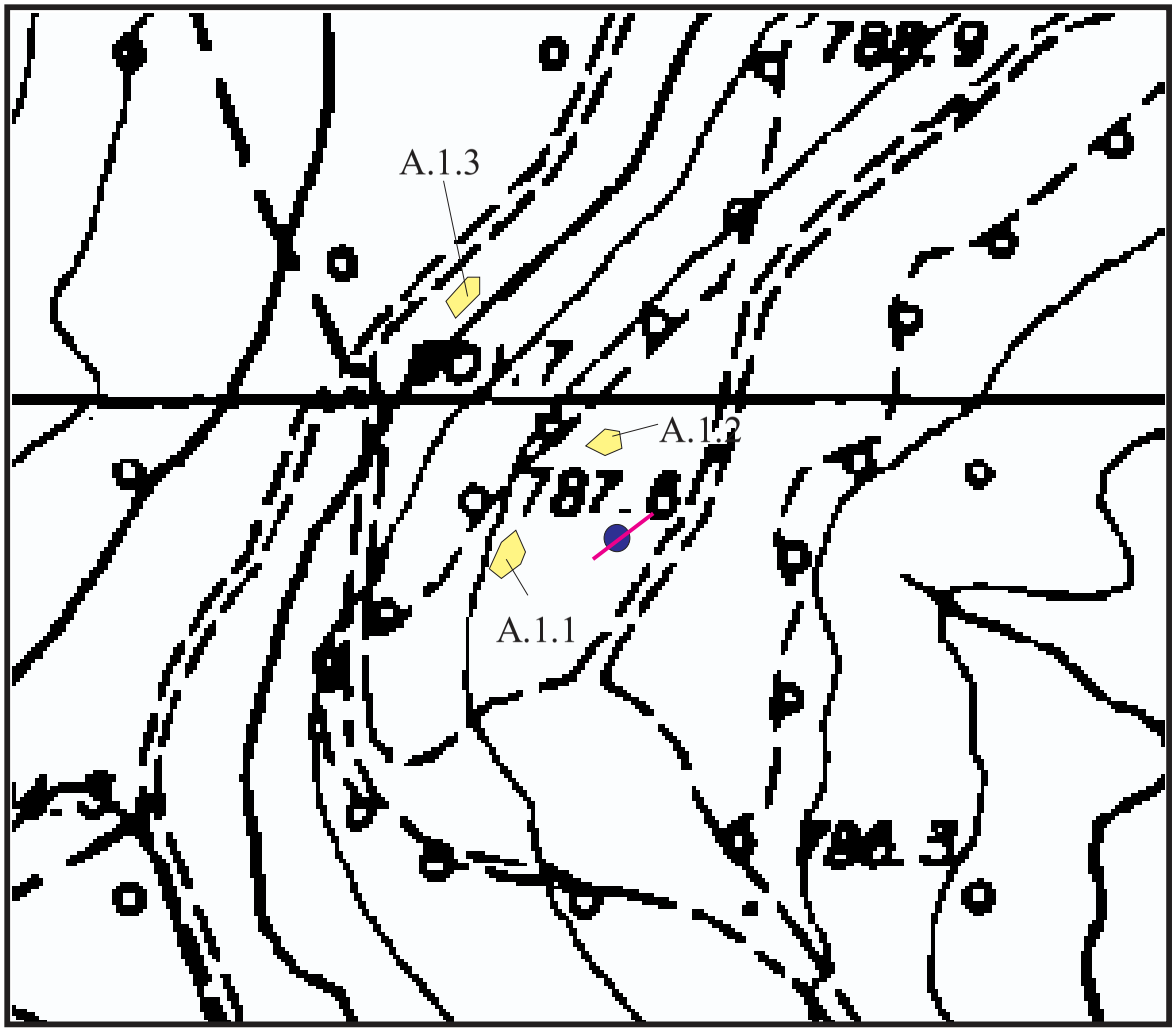


Area di frana quiescente

Area sottostazione

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

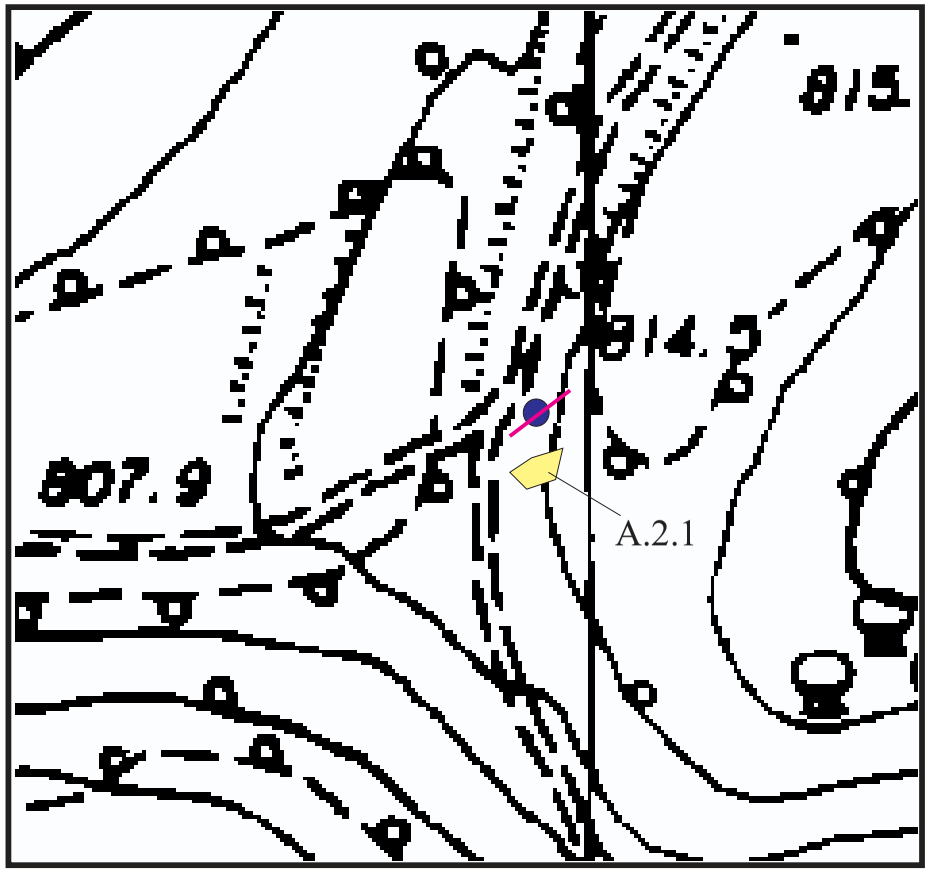
Torre eolica

Traciato stesa di sismica

1:1000

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - tel. 0100019357 cell. 3491720806

CARTA GEOLOGICA



1:1000

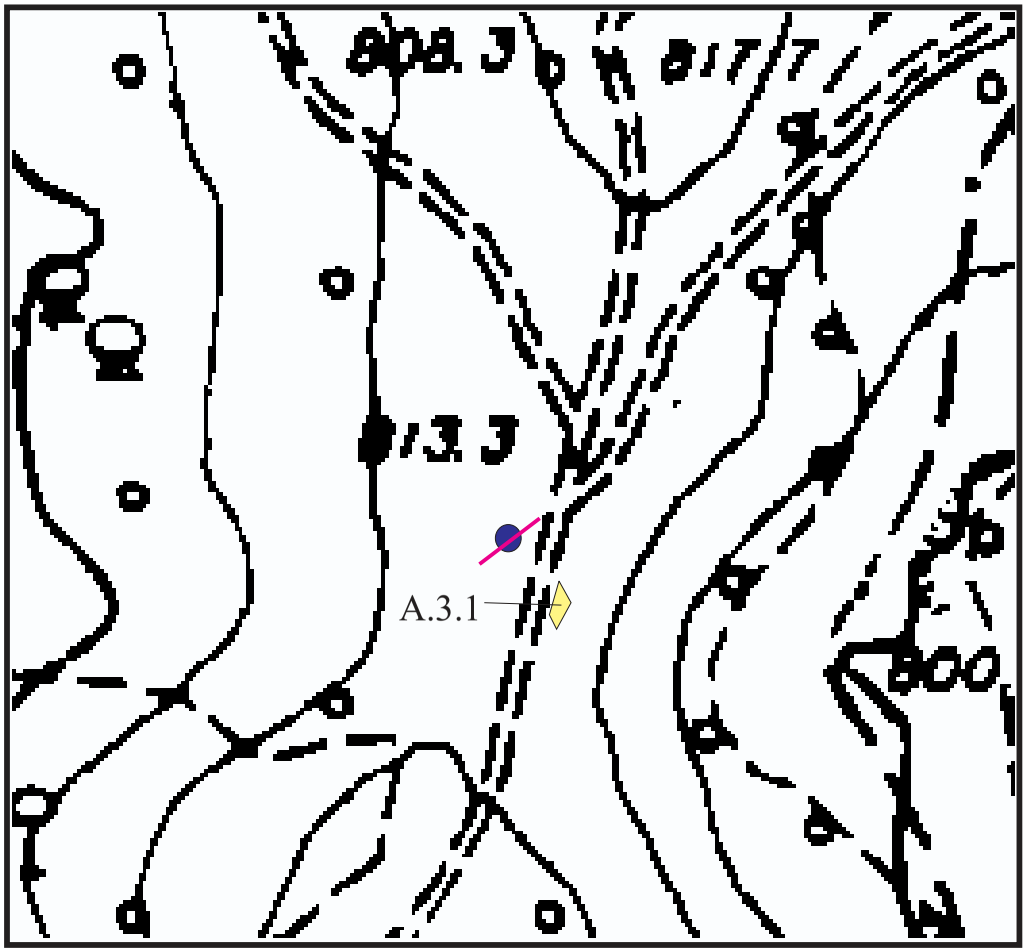
Affioramento

Torre eolica

Traciato stesa di sismica

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - tel. 0100019357 cell. 3491720806

CARTA GEOLOGICA



Affioramento

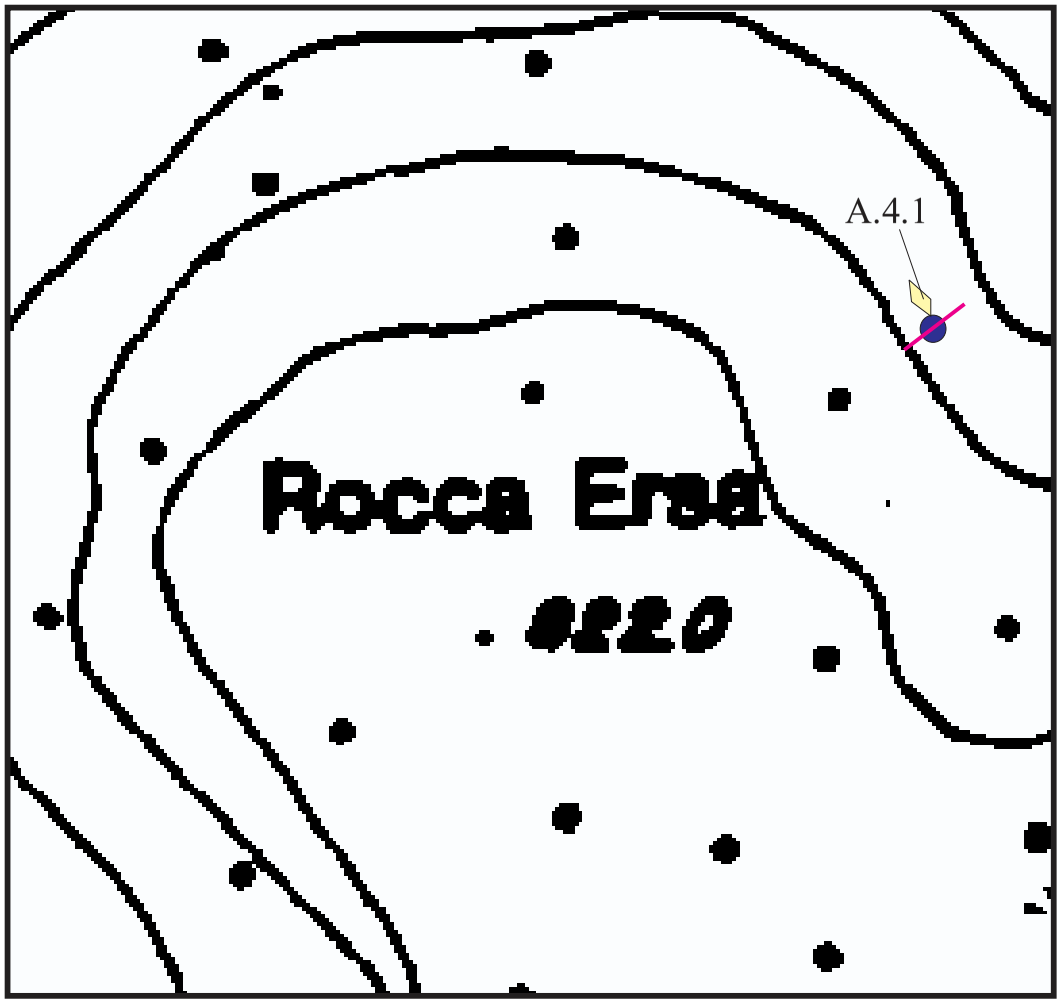
Torre eolica

Traciato stesa di sismica

1:1000

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - tel. 0100019357 cell. 3491720806

CARTA GEOLOGICA



1:1000

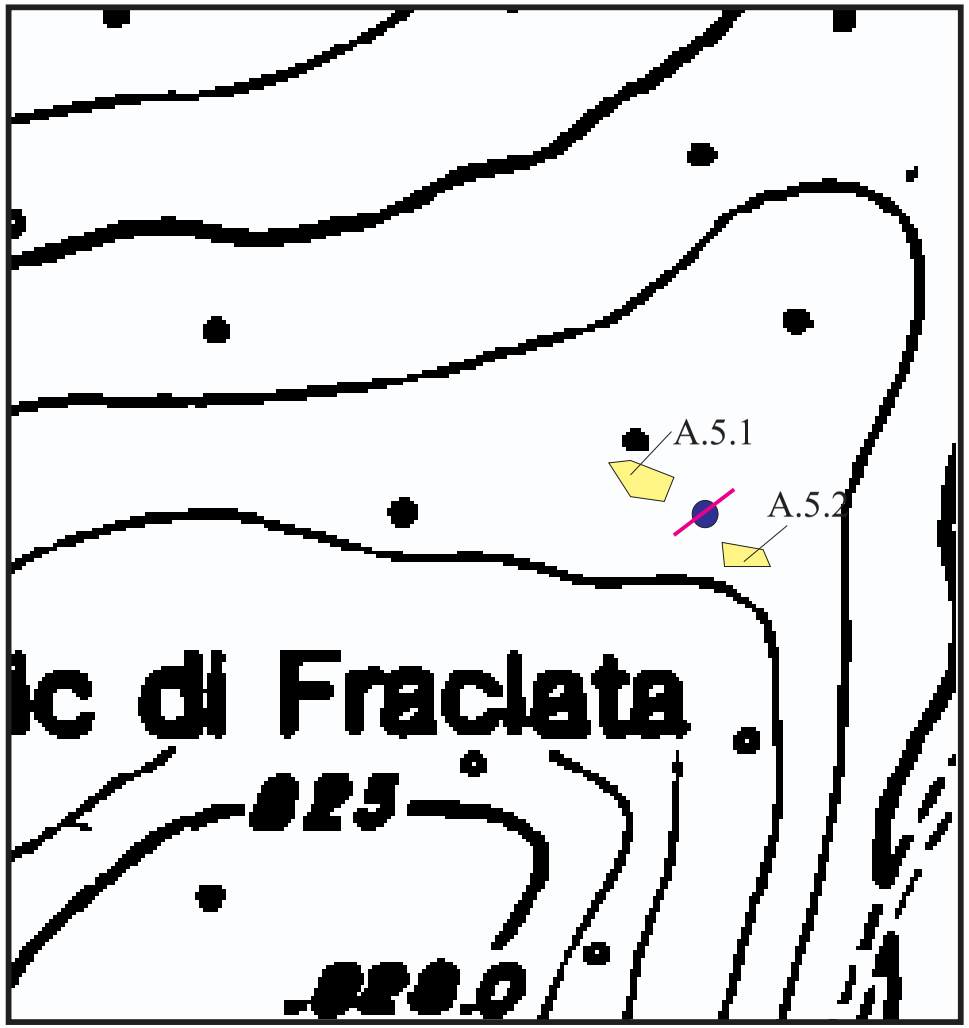
Affioramento

Torre eolica

Traciato stesa di sismica

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - tel. 0100019357 cell. 3491720806

CARTA GEOLOGICA



1:1000

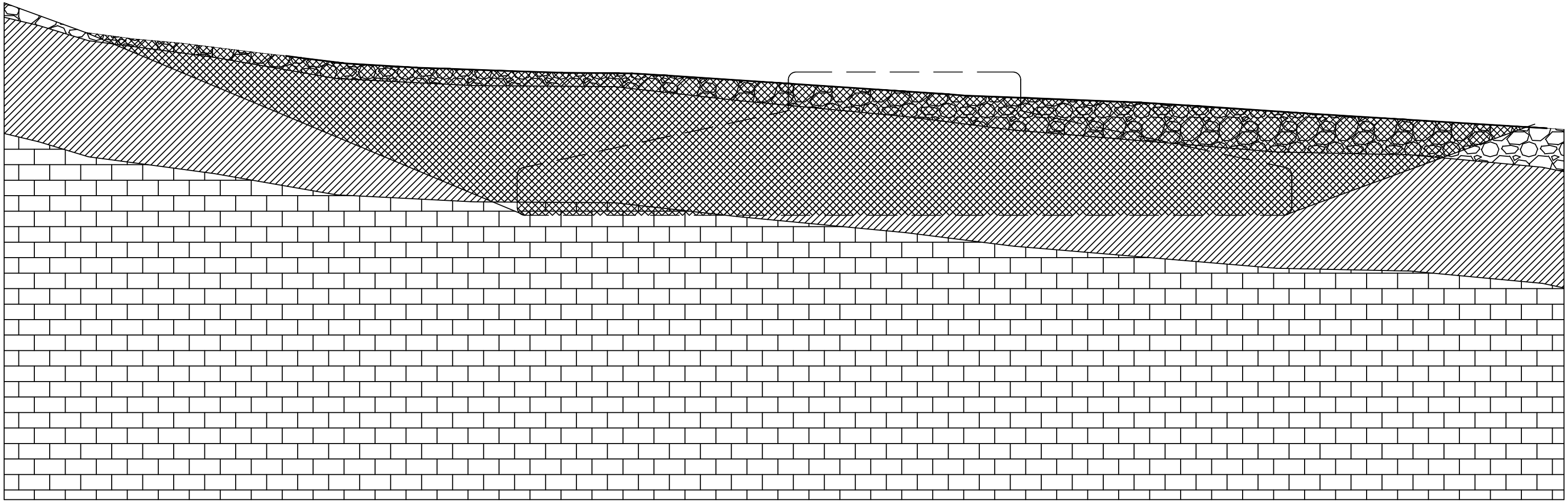
Affioramento

Torre eolica

Traciato stesa di sismica

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Gabriele Civardi
Corso Perrone 15 16152 Genova - tel. 0100019357 cell. 3491720806

CARTA GEOLOGICA



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

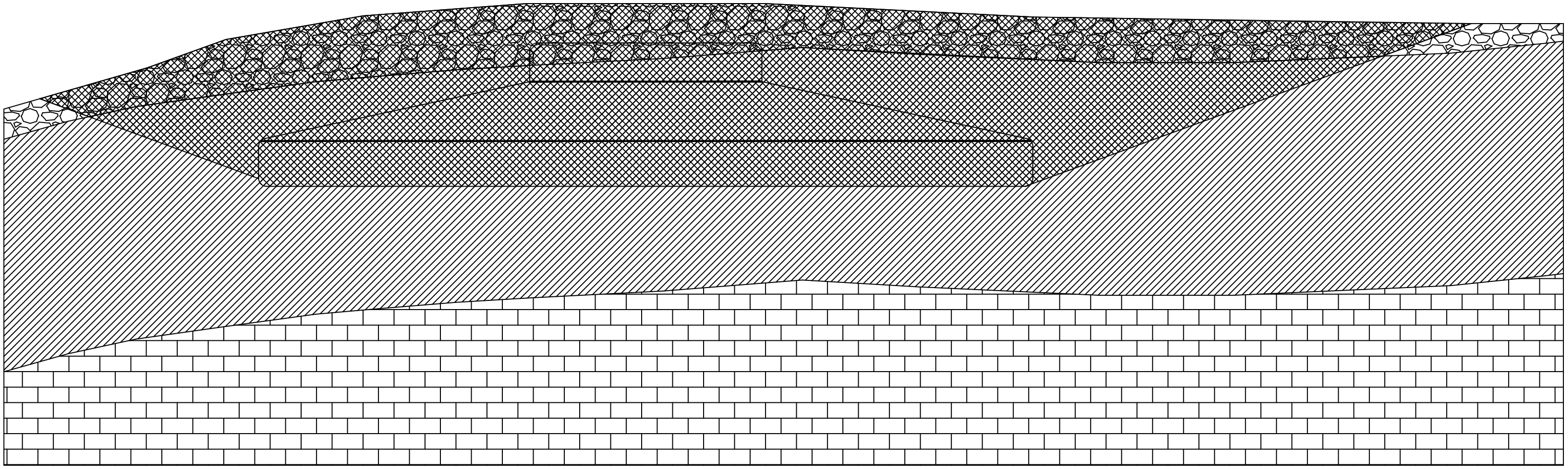
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG1



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

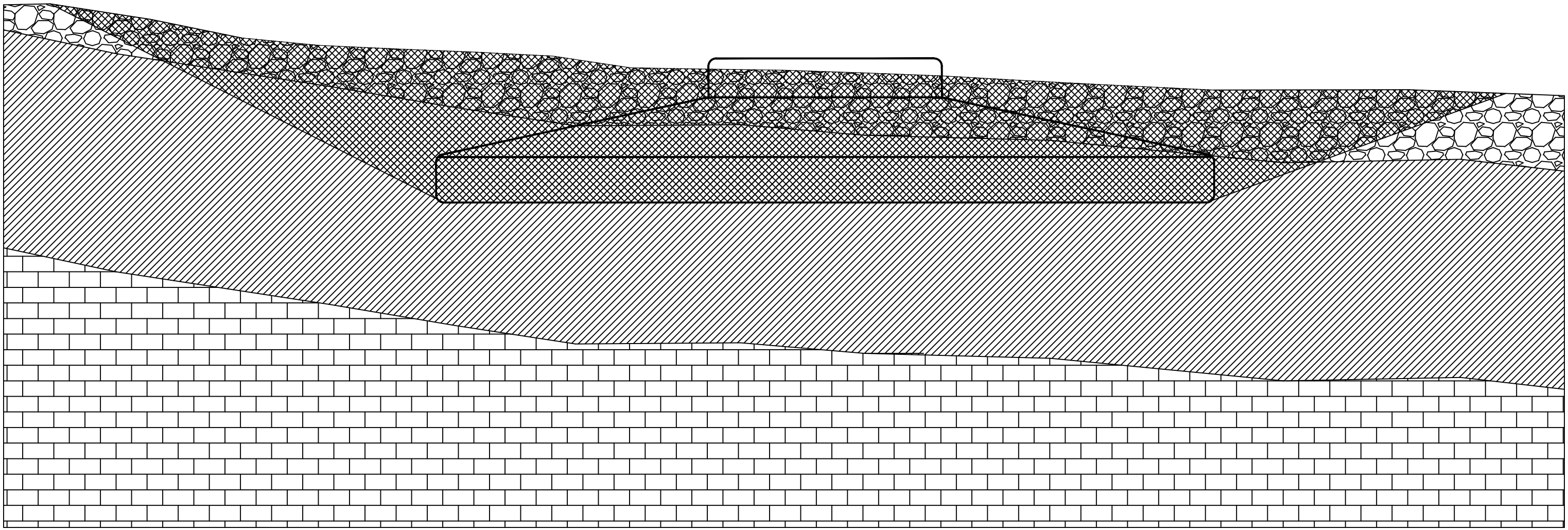
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG2



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

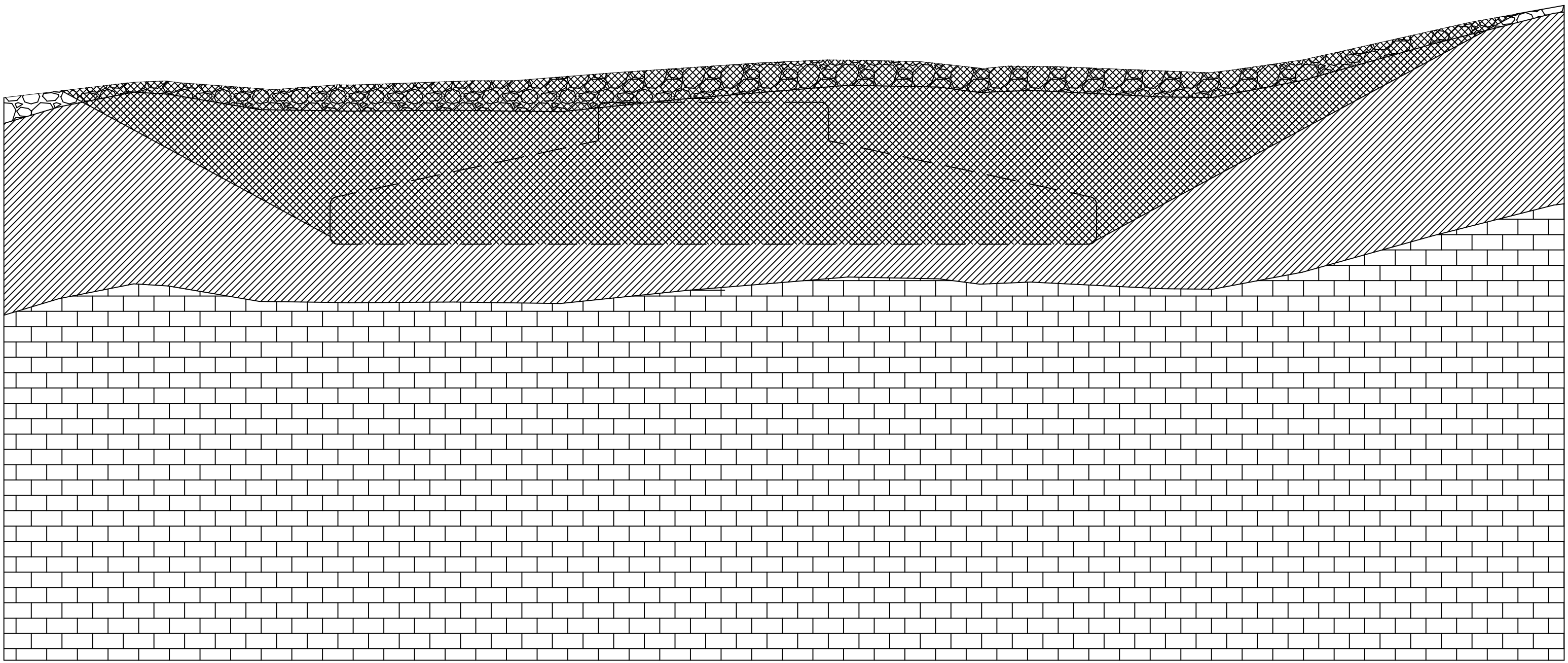
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG3



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

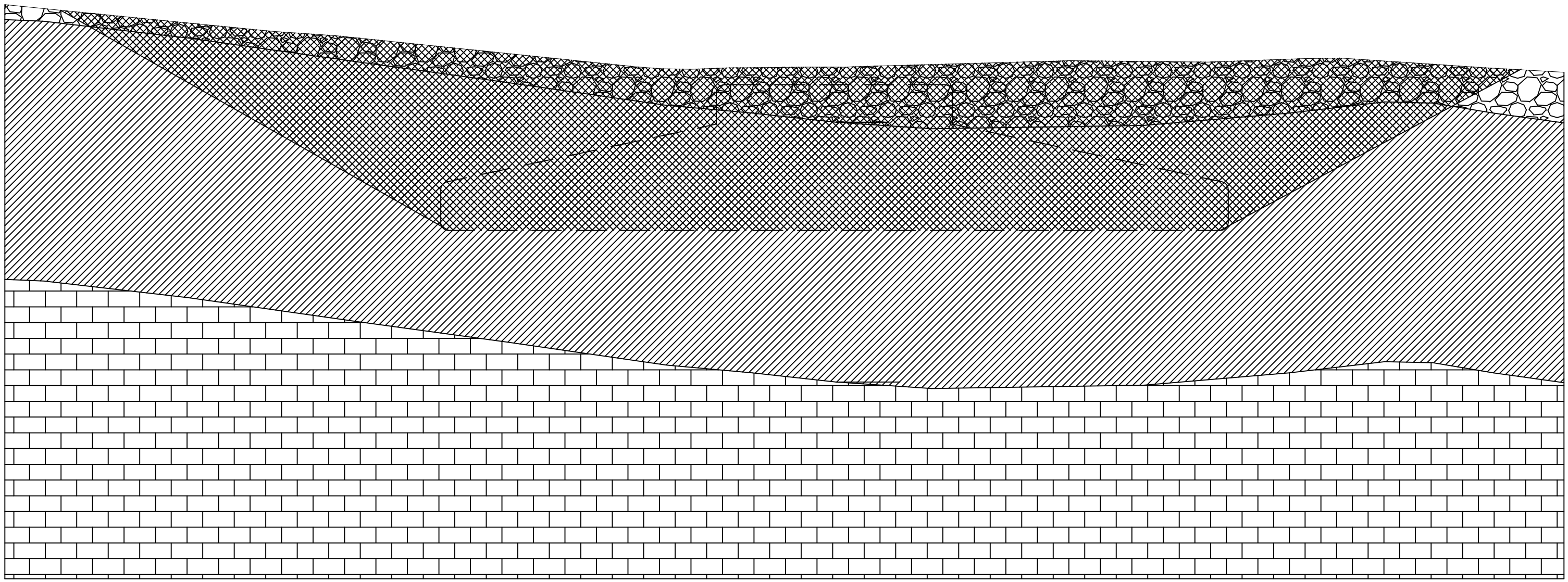
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG4



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

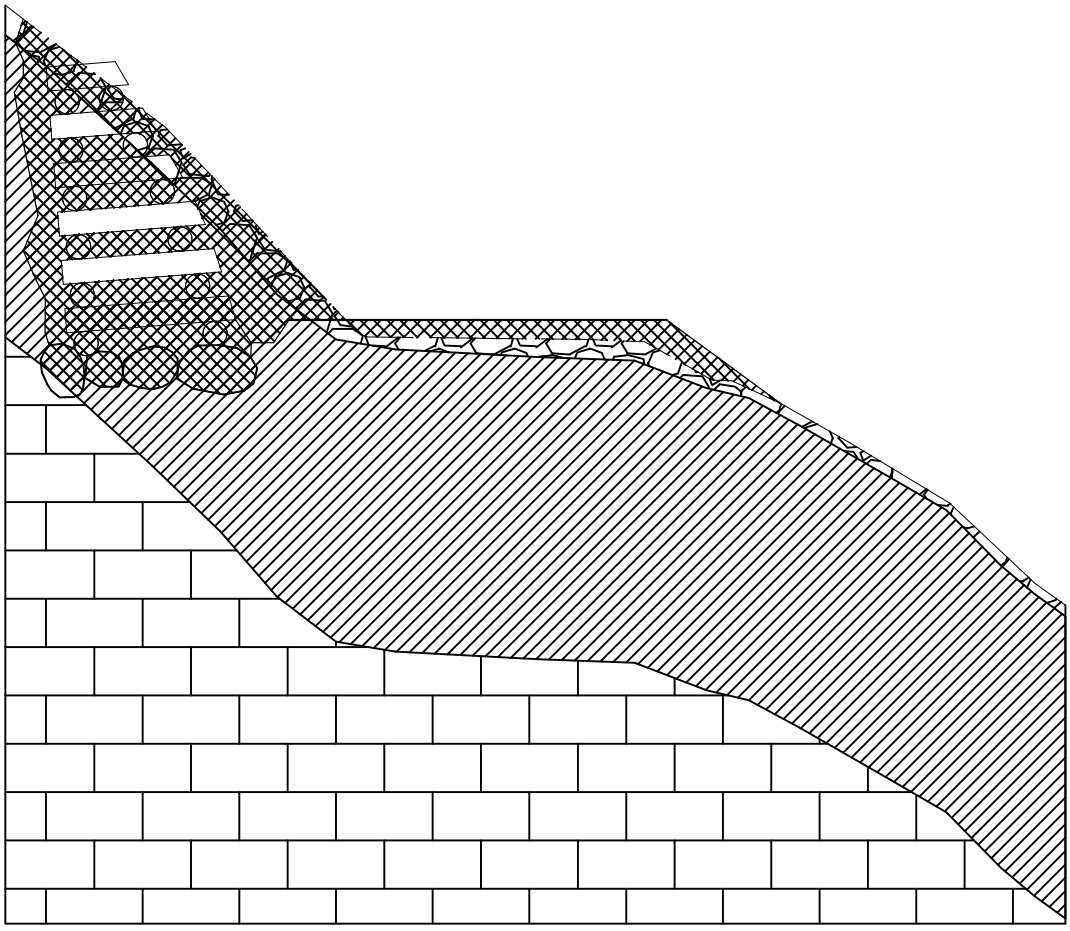
Sbancamenti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa torre AG5



Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

Riporti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Corso Perrone 15 16152 GE – cell. 3491720806

Sezione geologica interpretativa
intervento stradale 2

Coltre

Cappellaccio di alterazione

Substrato

Sbancamenti

Riporti

Indagini geognostiche per la realizzazione di un parco eolico in Comune di Cairo Montenotte

Dott. Geol. Gabriele Civardi

Corso Perrone 15 16152 GE - cell. 3491720806

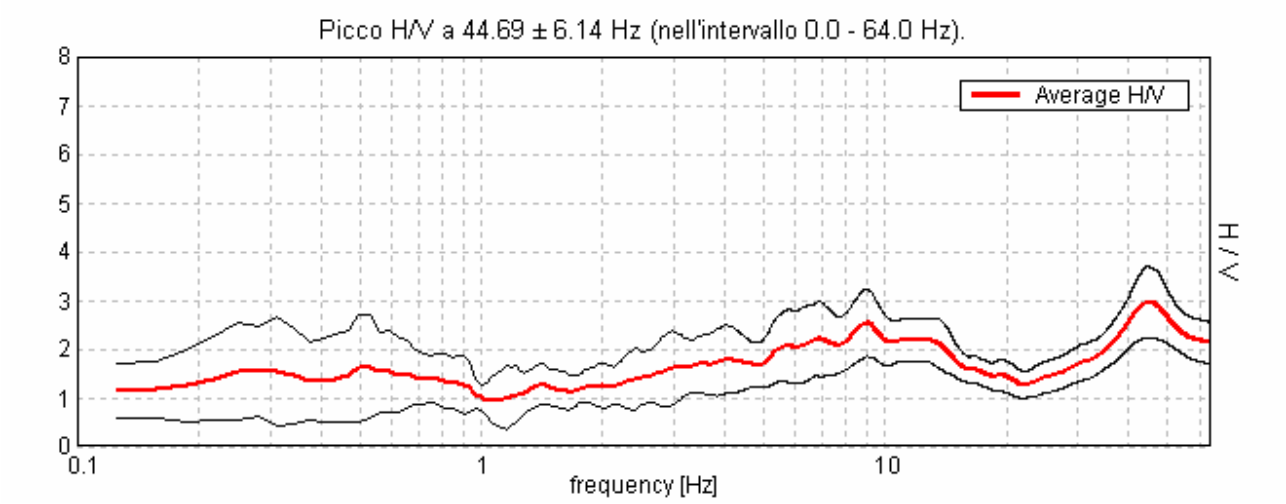
Sezione geologica interpretativa area cabina

CASCINASSA, CASCINASSA A1 H/V1

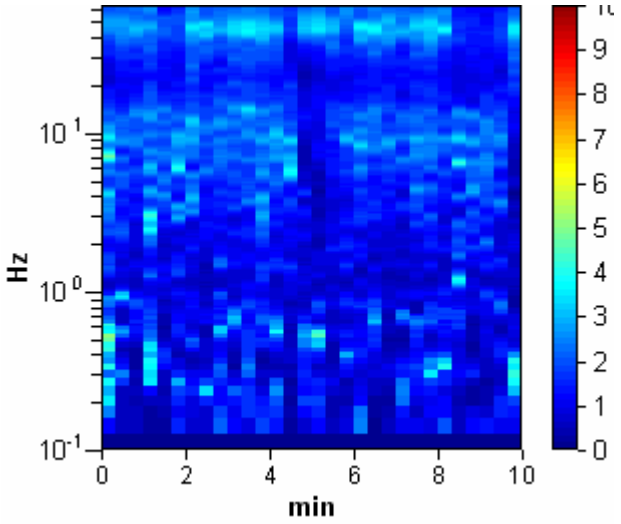
Strumento: TEP-0120/01-10
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00''. Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

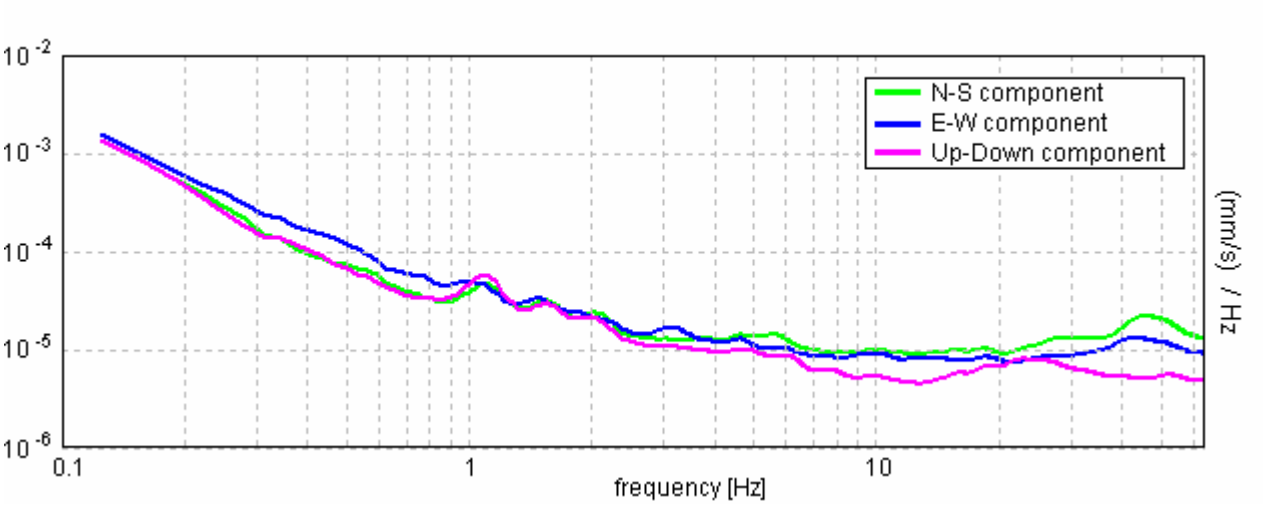
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



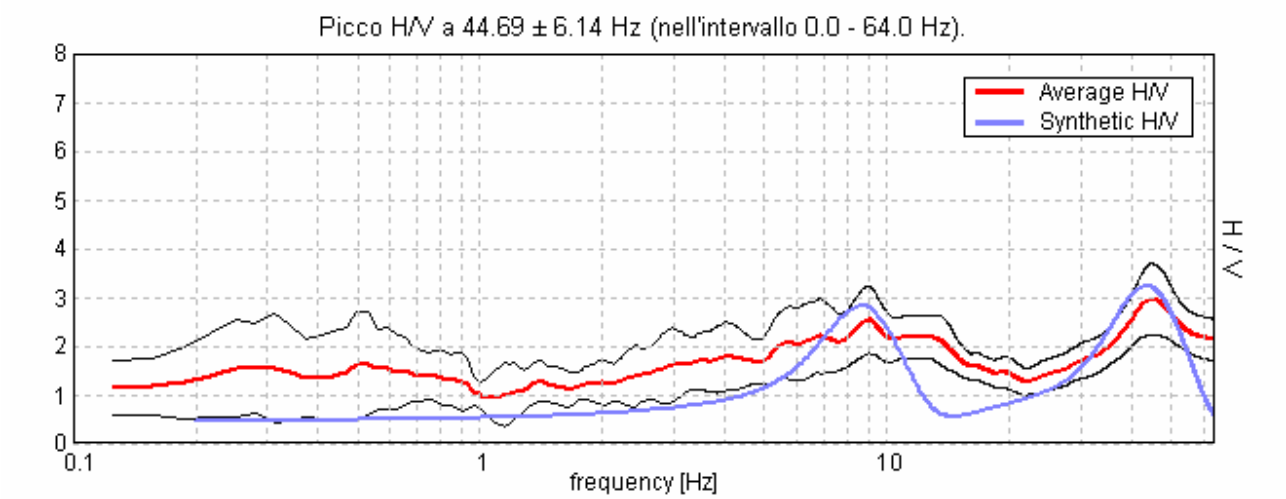
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

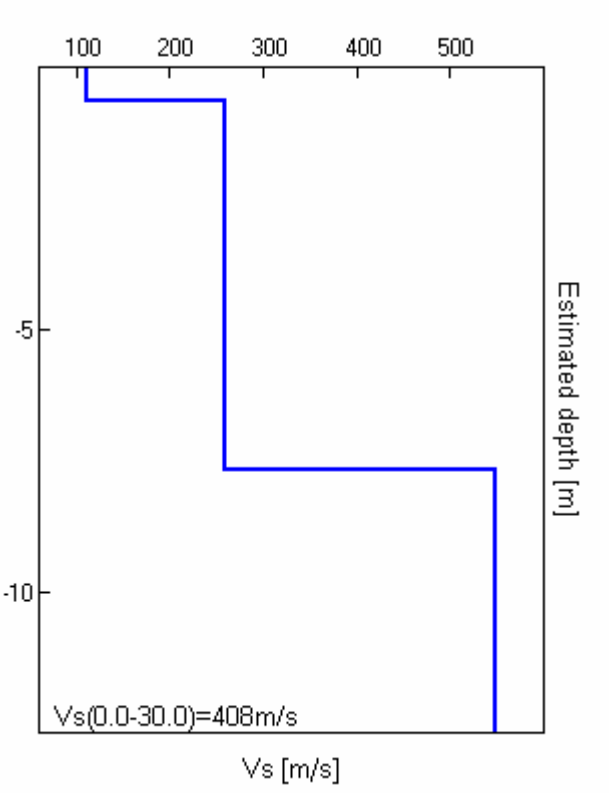


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.65	0.65	110	0.35
7.50	6.85	280	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=408m/s

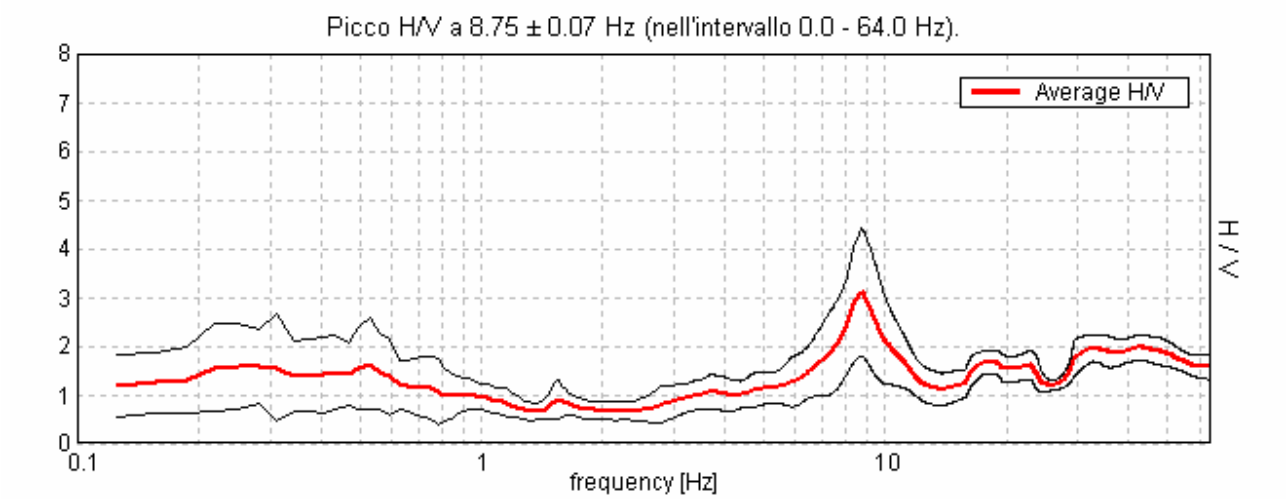


CASCINASSA, CASCINASSA A1 H/V2

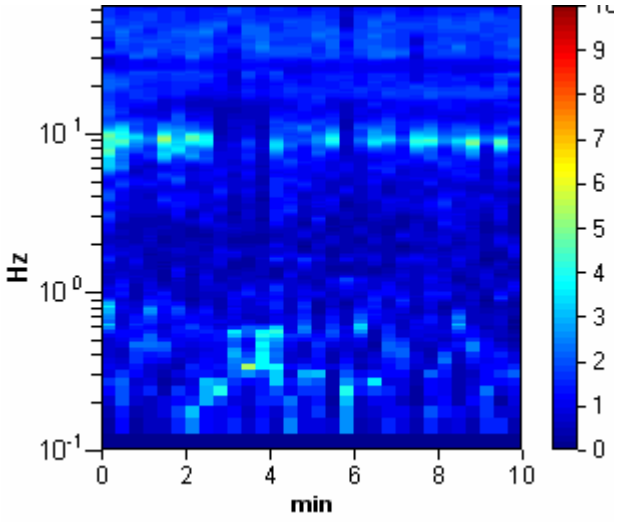
Strumento: TEP-0120/01-10
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00''. Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

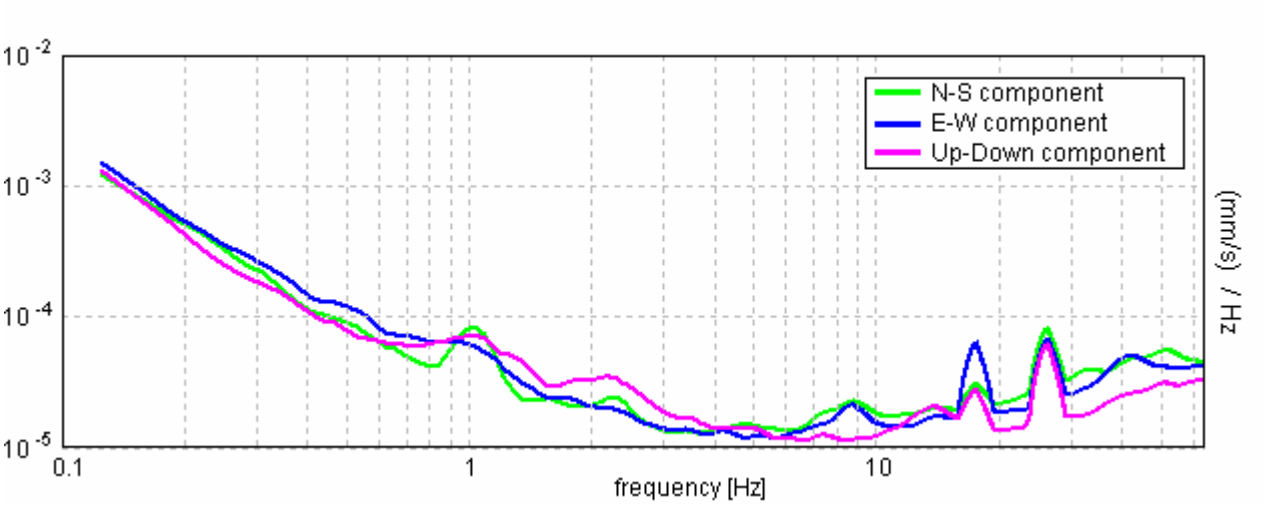
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



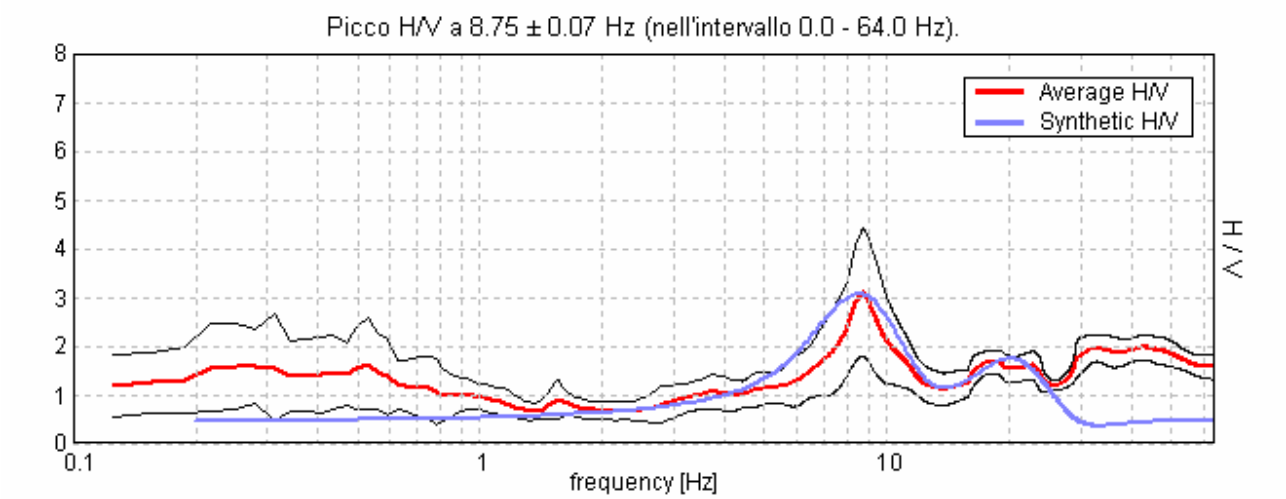
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

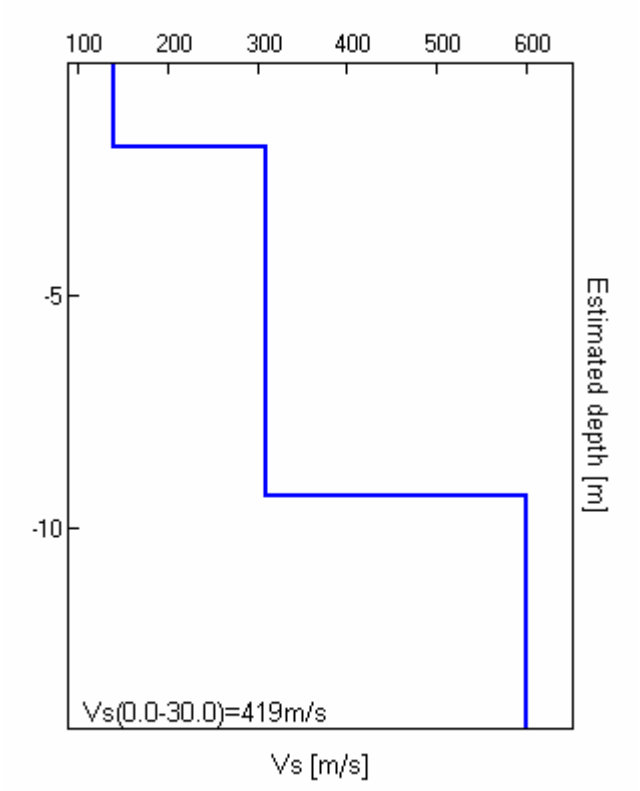


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.50	1.50	150	0.35
9.00	7.50	280	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=419m/s



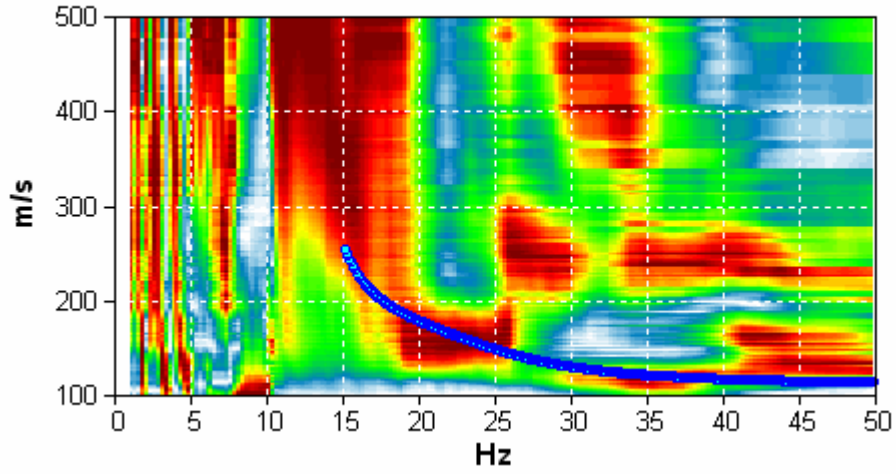
CASCINASSA, [Z] CASCINASSA A1

Durata registrazione: 0h06'36".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10

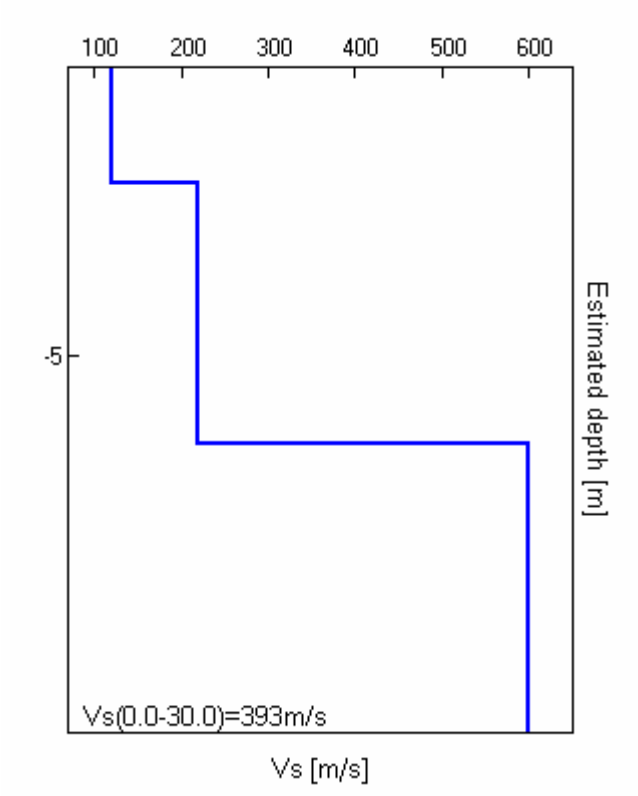
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.20	2.20	120	0.35
6.50	4.50	220	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=393 m/s

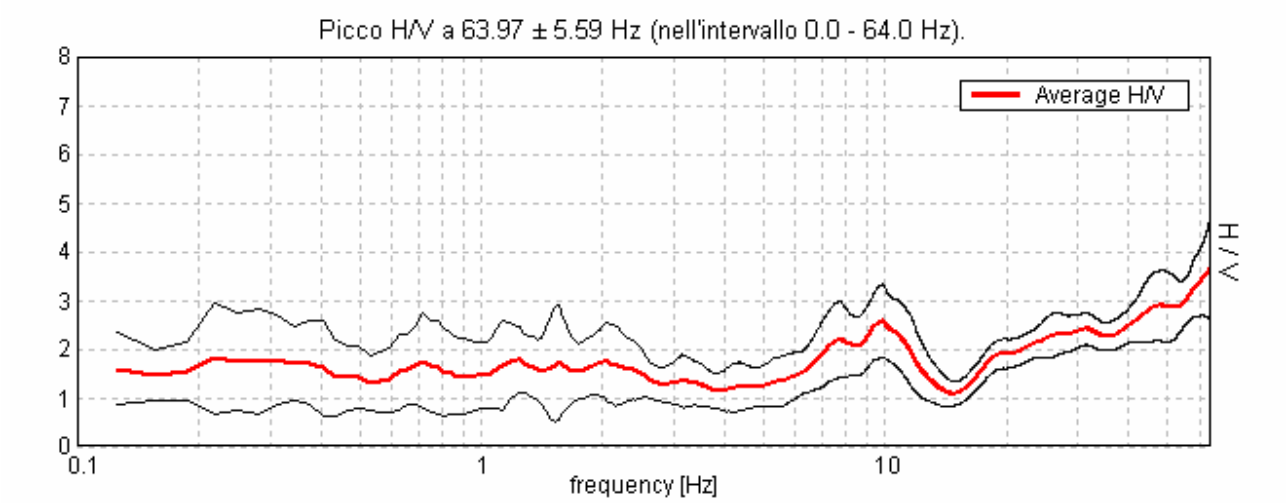

100
200
300
400
500
600
-5
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=393m/s
Vs [m/s]

CASCINASSA, CASCINASSA A2 H/V1

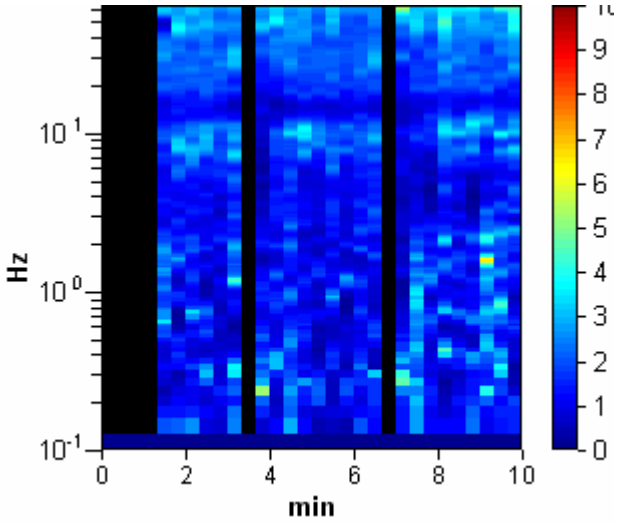
Strumento: TEP-0120/01-10
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00''. Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

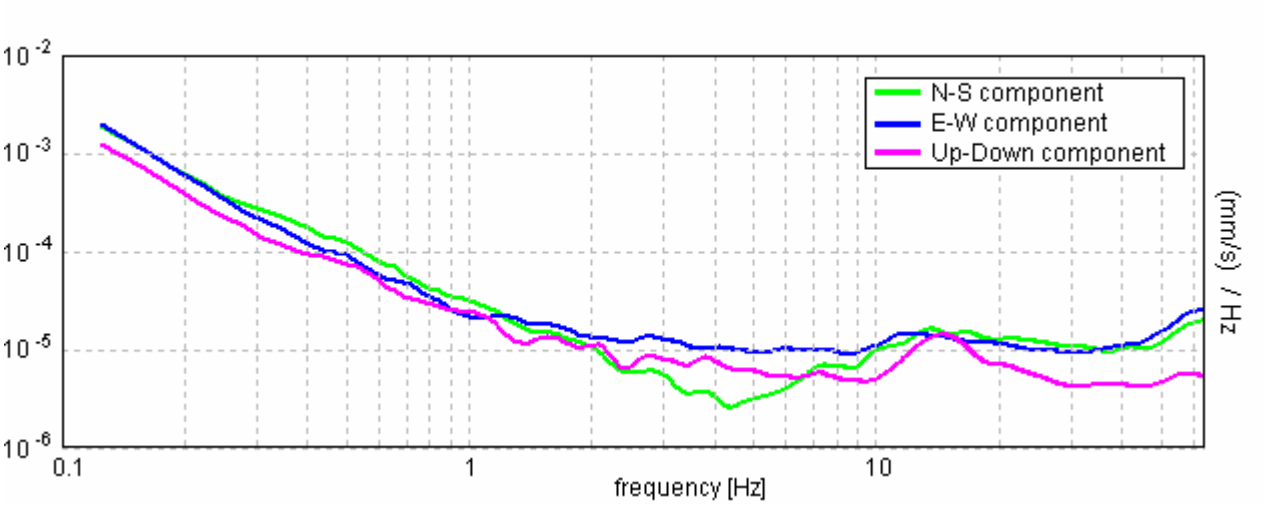
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



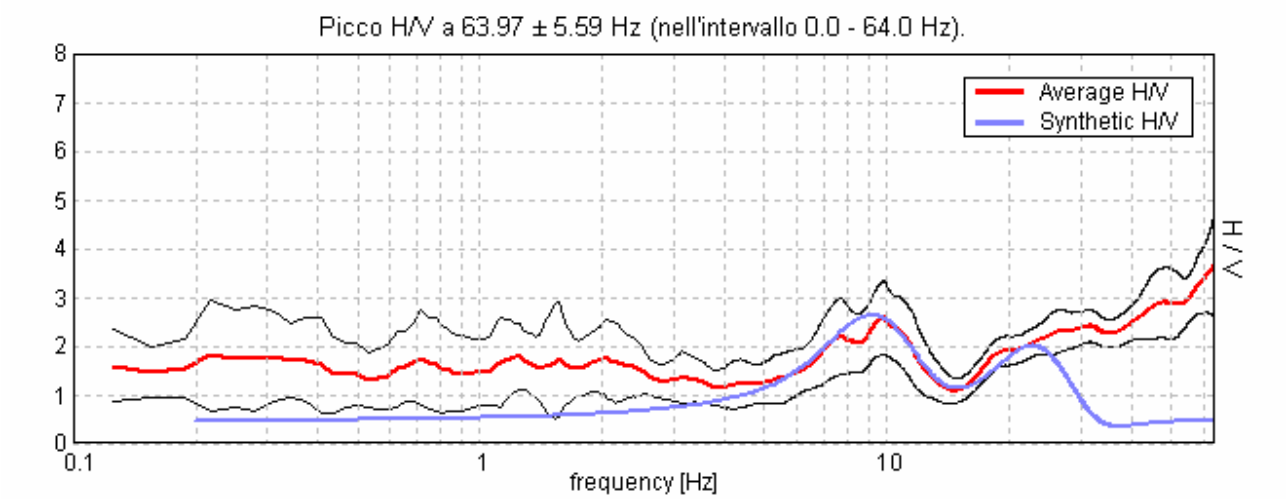
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

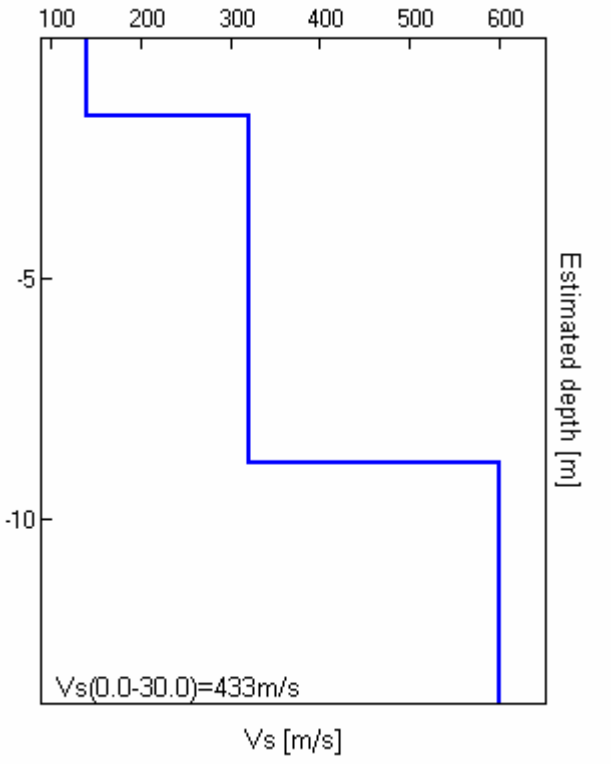


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.50	1.50	230	0.35
8.70	7.20	320	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=433m/s

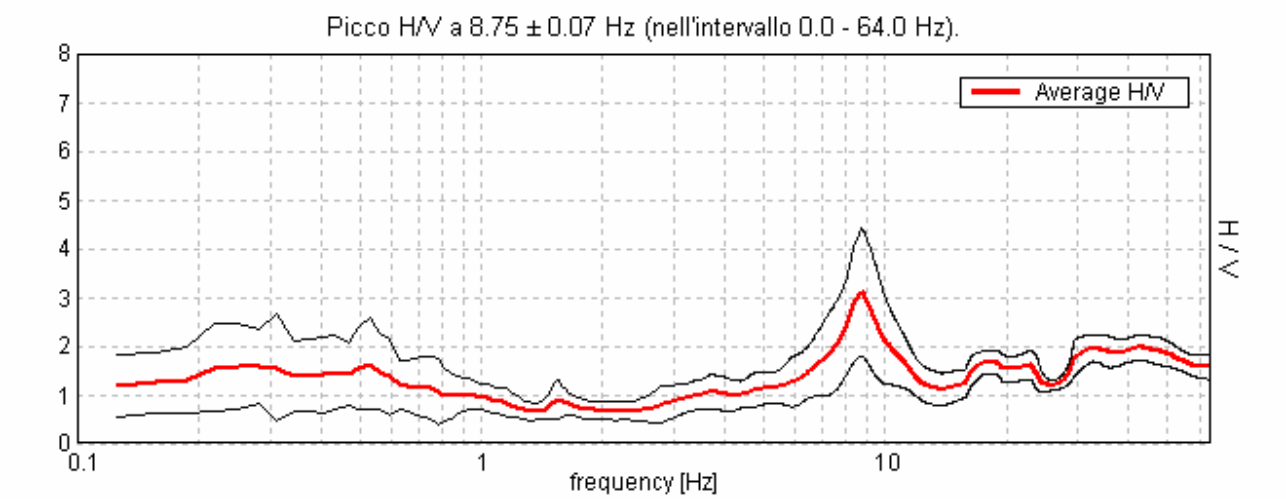


CASCINASSA, CASCINASSA A2 H/V2

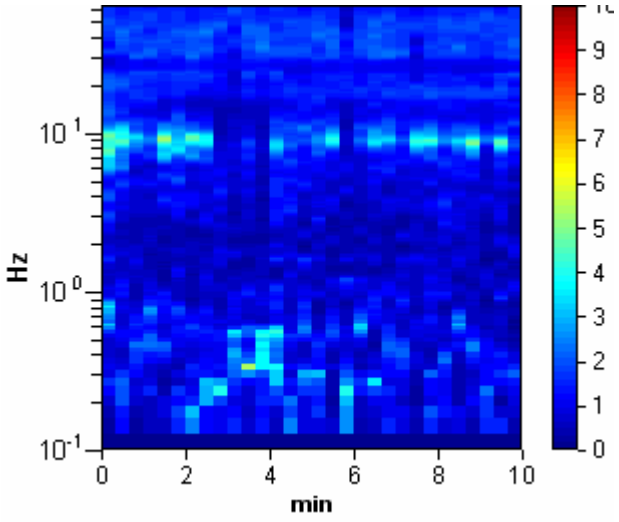
Strumento: TEP-0120/01-10
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00''. Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

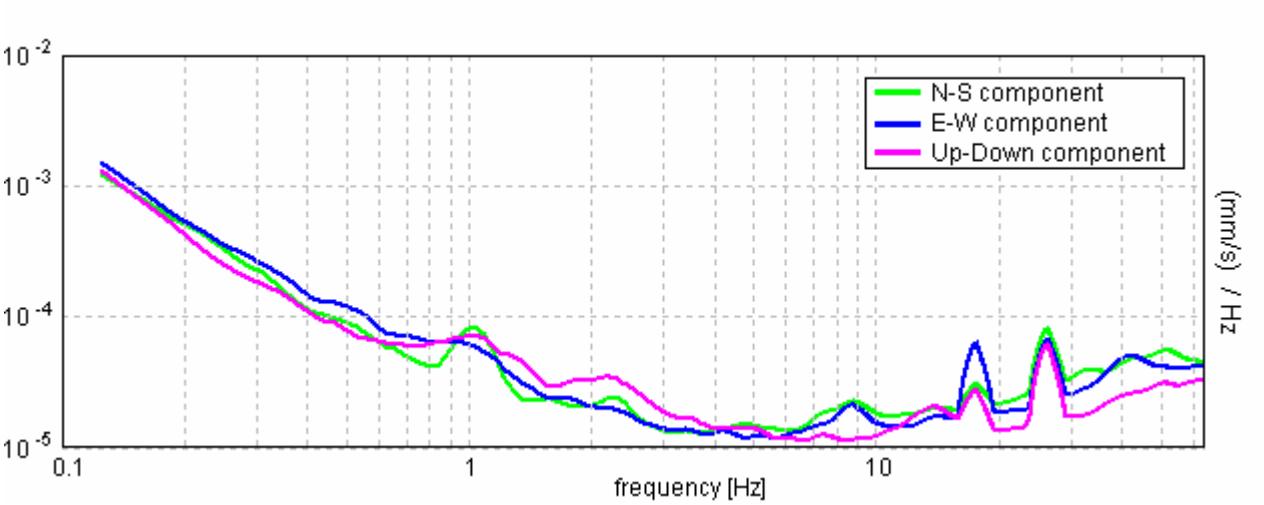
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



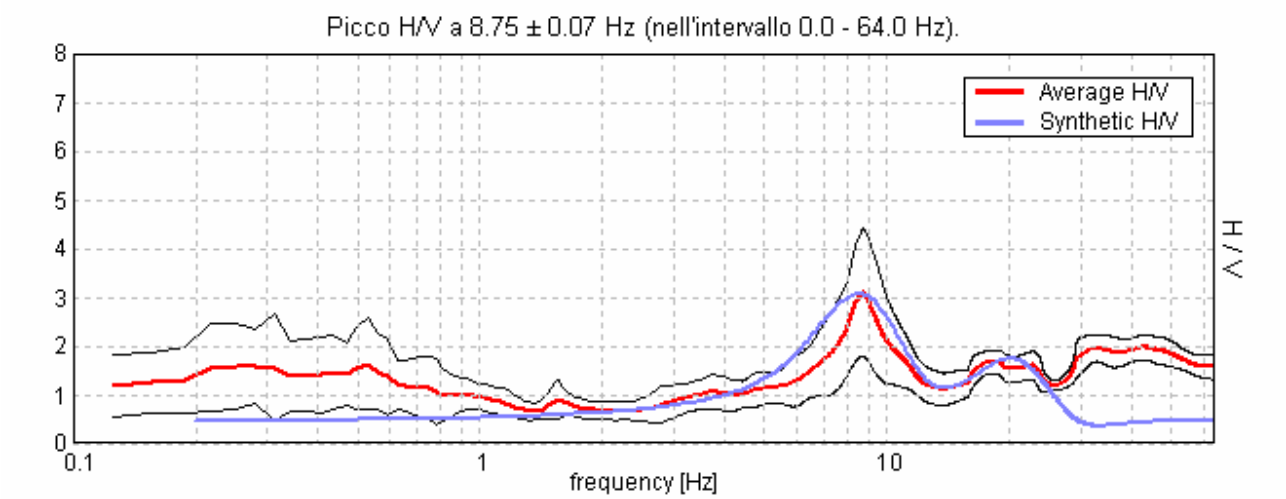
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

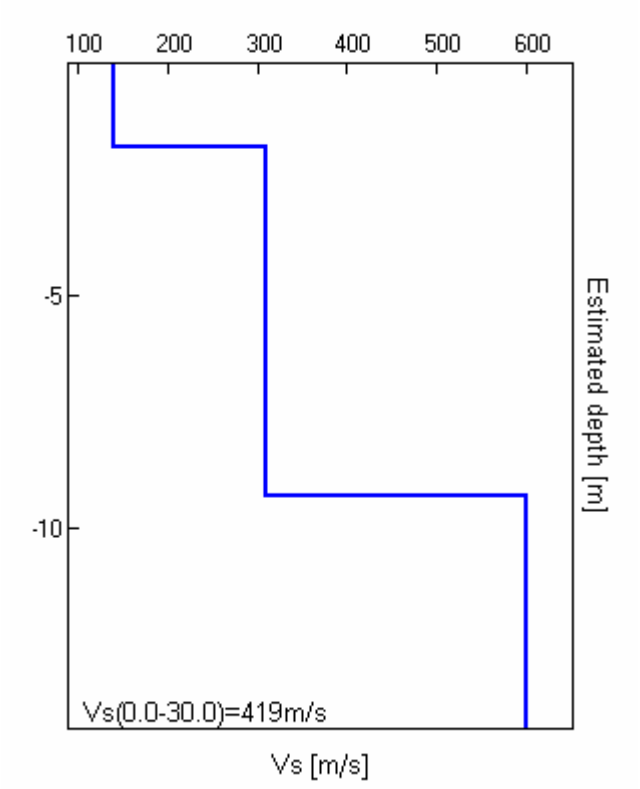


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	230	0.35
9.30	7.50	310	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=419m/s



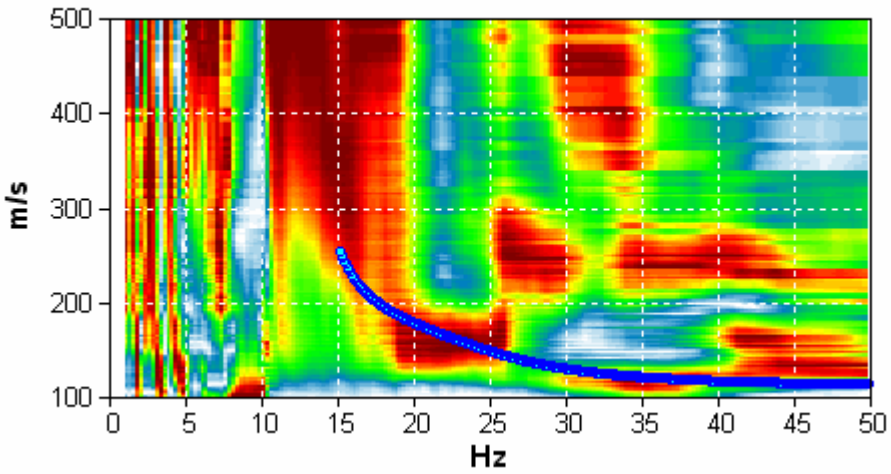
CASCINASSA, [Z] CASCINASSA A2

Inizio registrazione: 10/02/11 11:45:22 Fine registrazione: 10/02/11 11:51:59
Durata registrazione: 0h06'36".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10

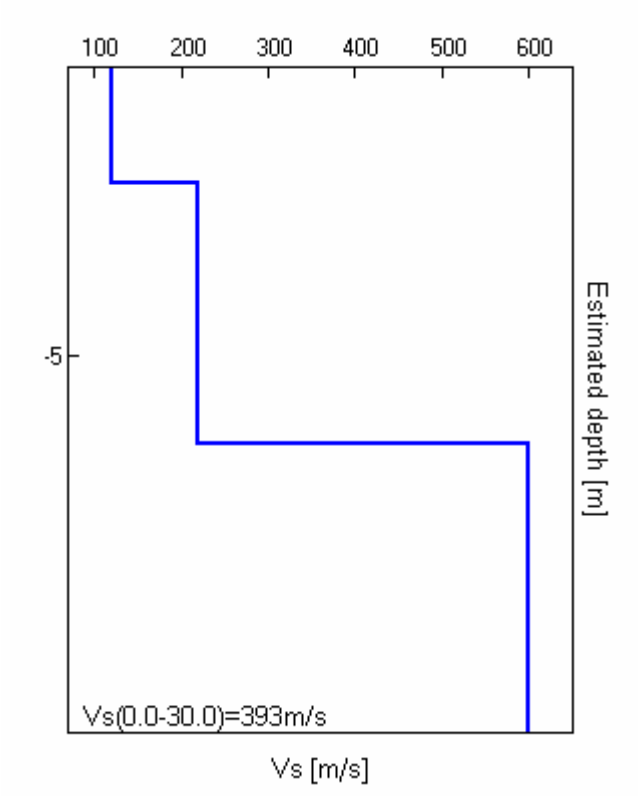
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	120	0.35
7.00	4.50	220	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=393m/s

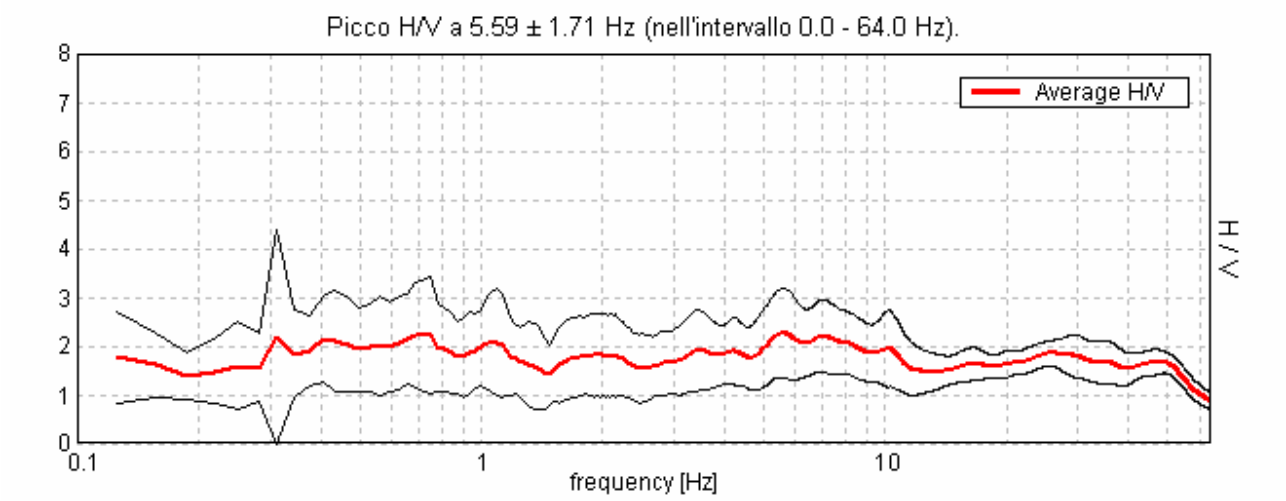

100
200
300
400
500
600
-5
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=393m/s
Vs [m/s]

CASCINASSA, CASCINASSA A3 H/V1

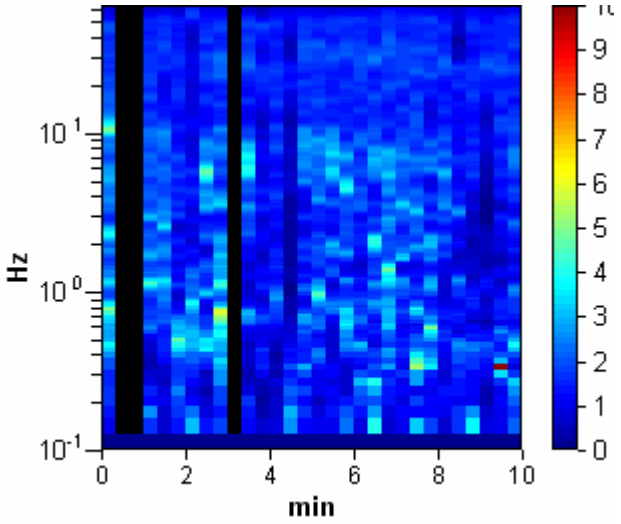
Strumento: TEP-0120/01-10
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00''. Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

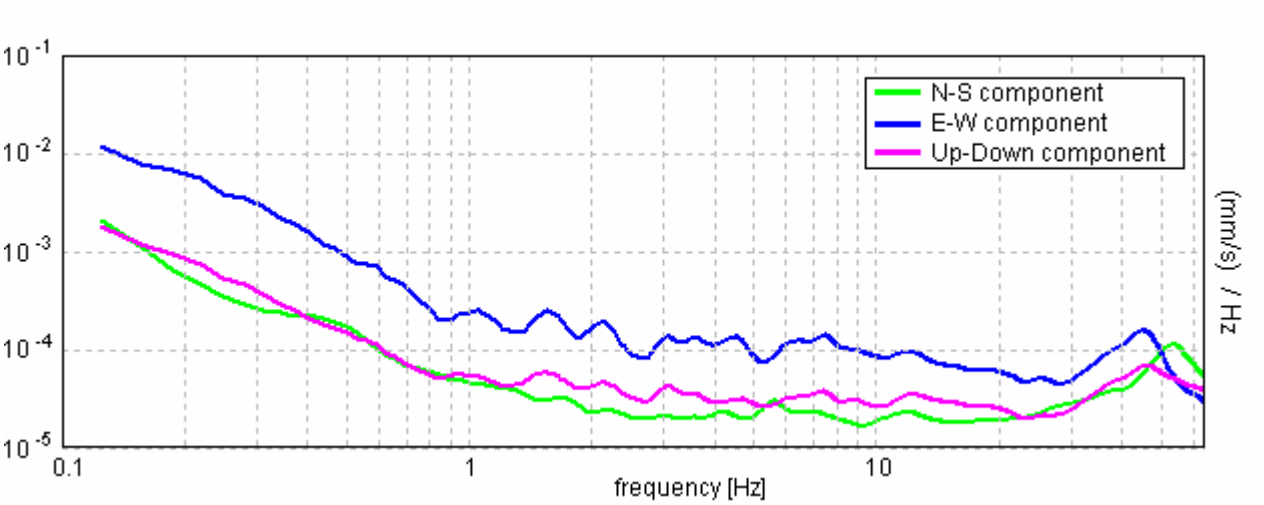
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



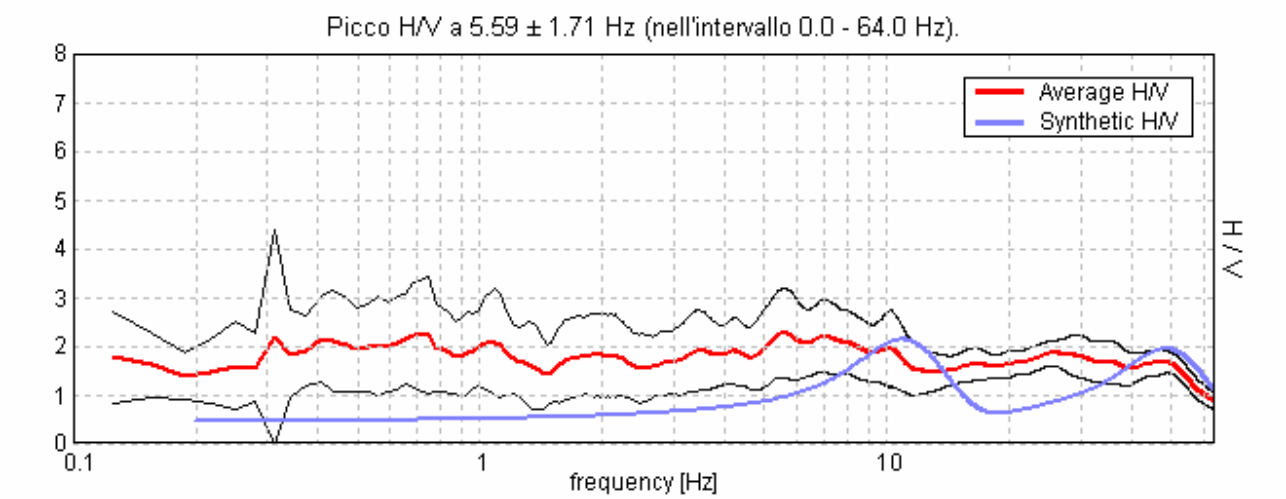
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

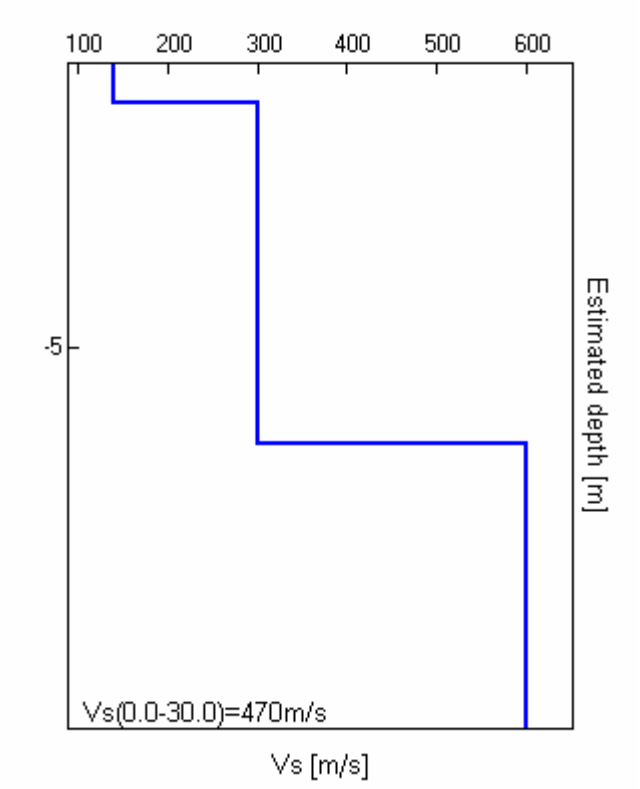


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	195	0.35
6.60	6.00	300	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=470m/s

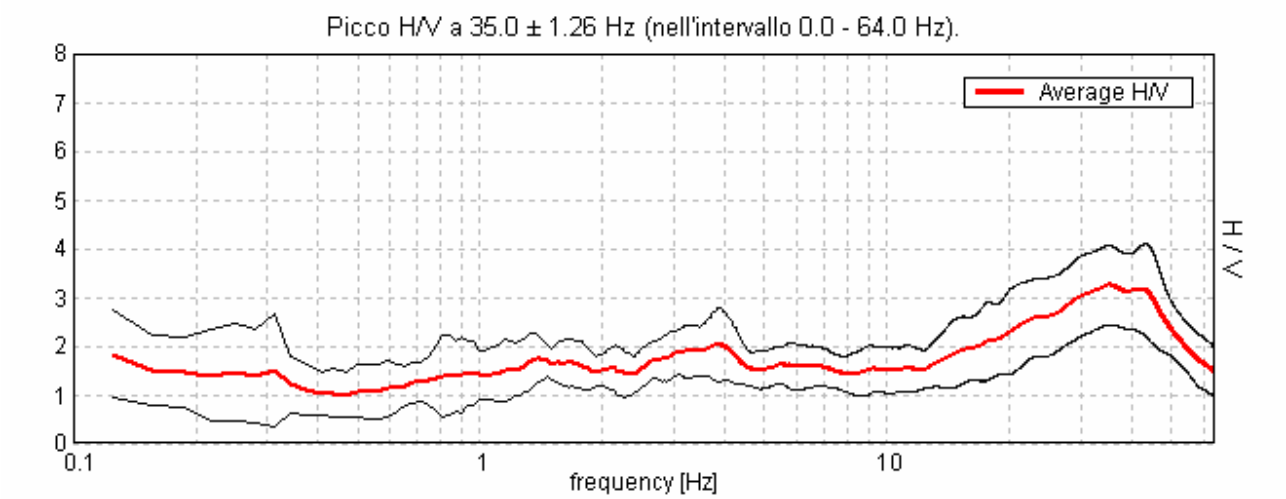


CASCINASSA, CASCINASSA A3

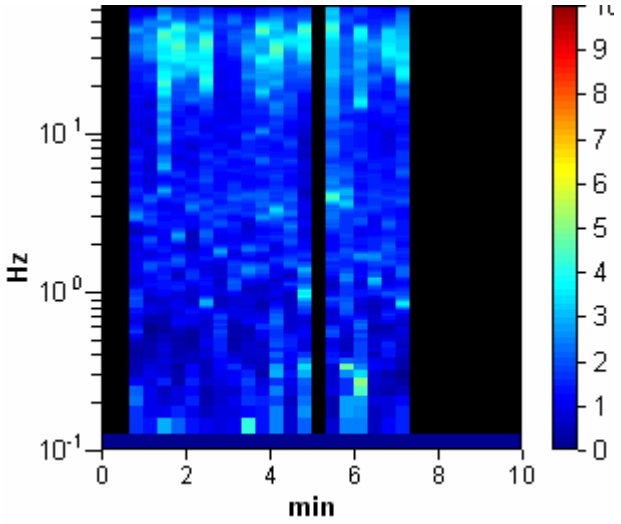
Strumento: TEP-0120/01-10
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00''. Analizzato 63% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

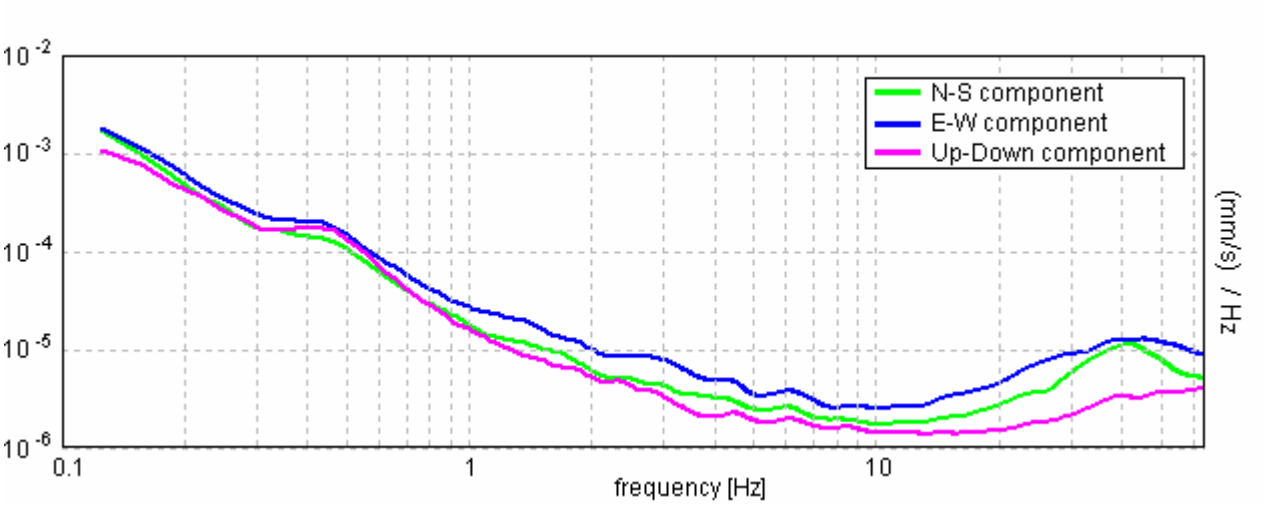
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



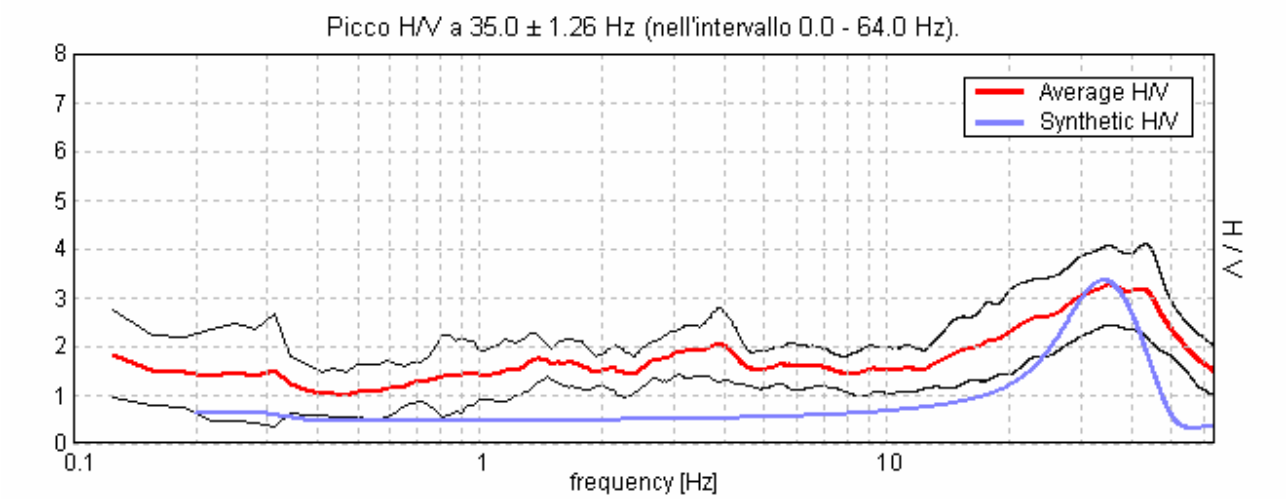
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

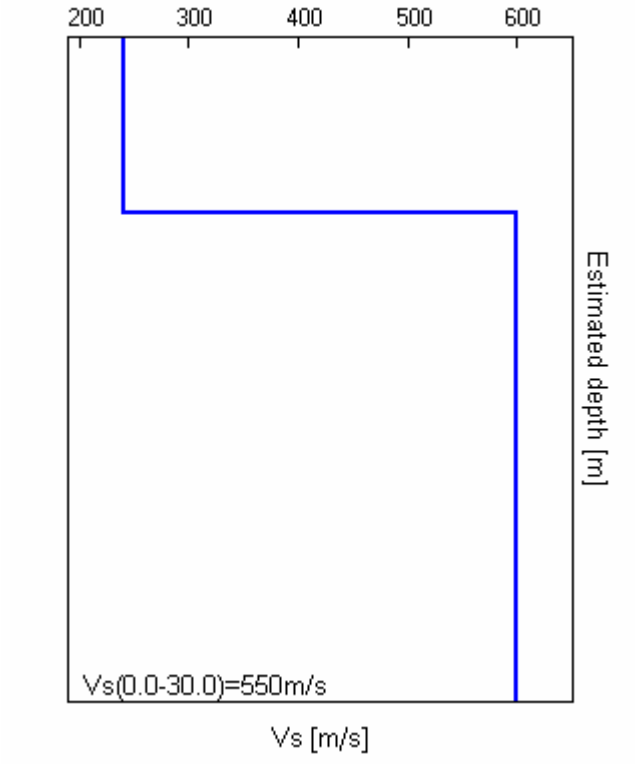


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	200	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=550m/s



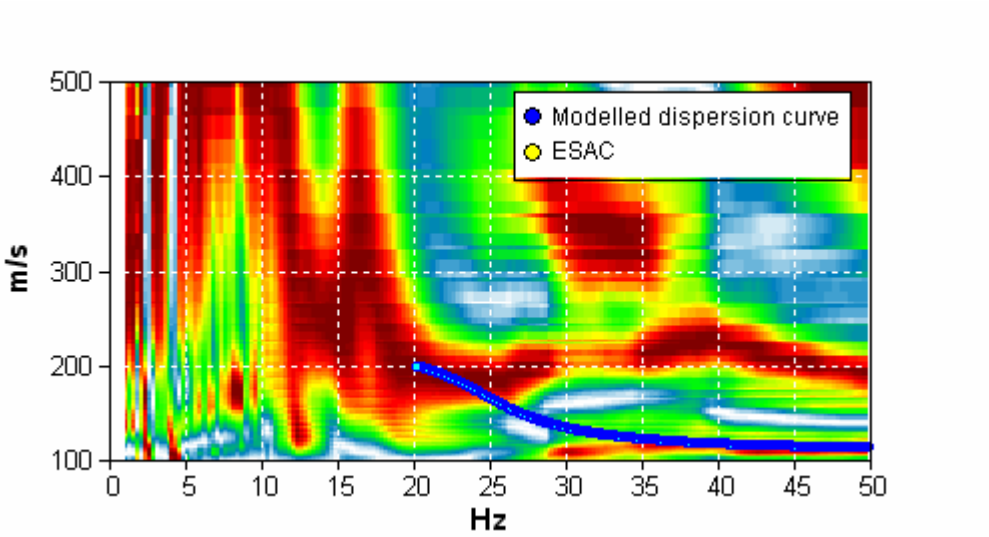
CASCINASSA, [Z] CASCINASSA

Inizio registrazione: 19/01/11 11:15:11 Fine registrazione: 19/01/11 11:23:02
Durata registrazione: 0h07'48''. Analizzato 97% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10

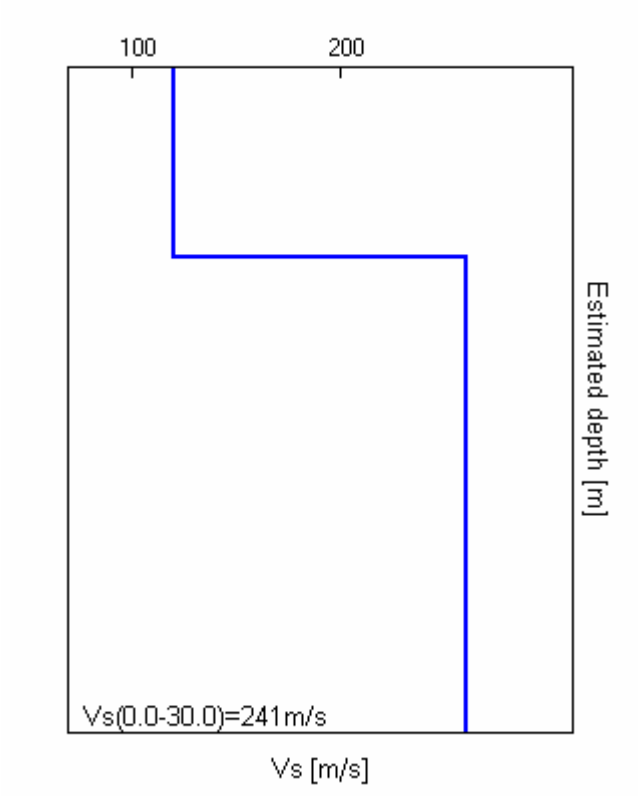
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	150	0.35
inf.	inf.	450	0.35

Vs(0.0-30.0)=241m/s

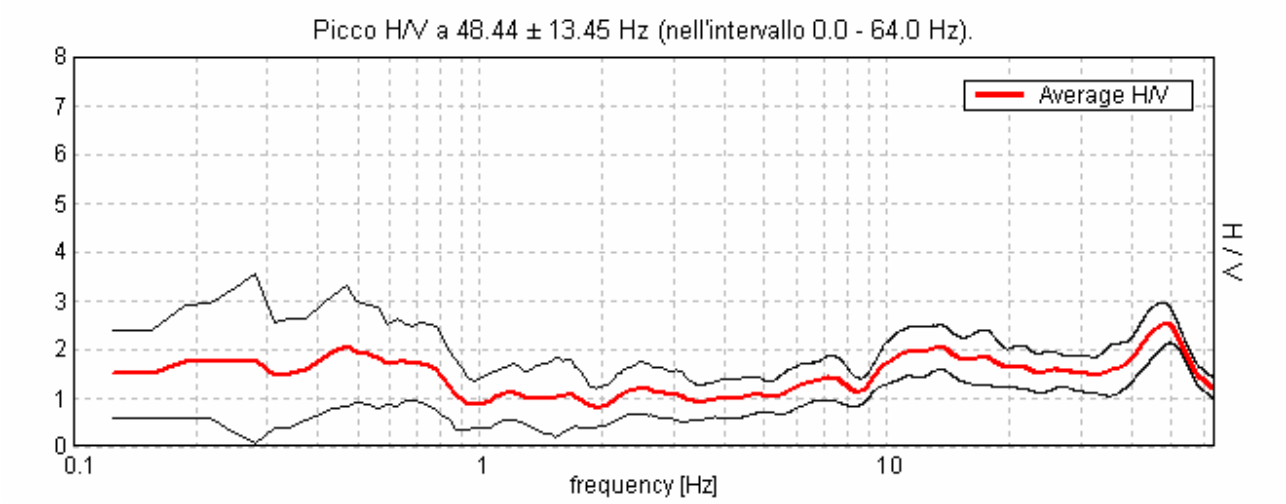

100
200
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=241m/s
Vs [m/s]

CASCINASSA, CASCINASSA A4 H/V4

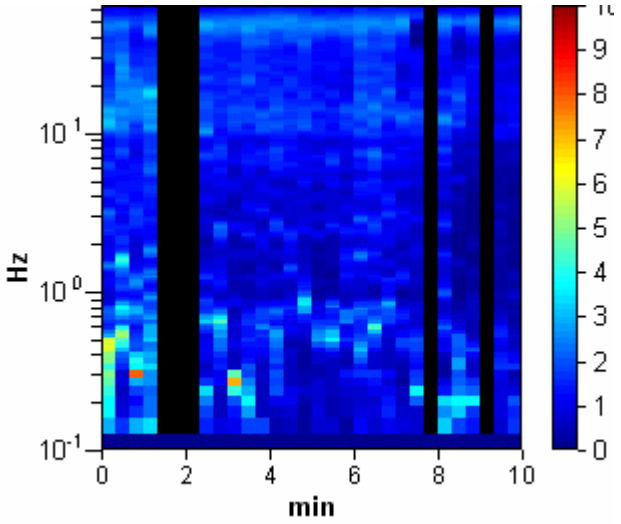
Strumento: TEP-0120/01-10
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00''. Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

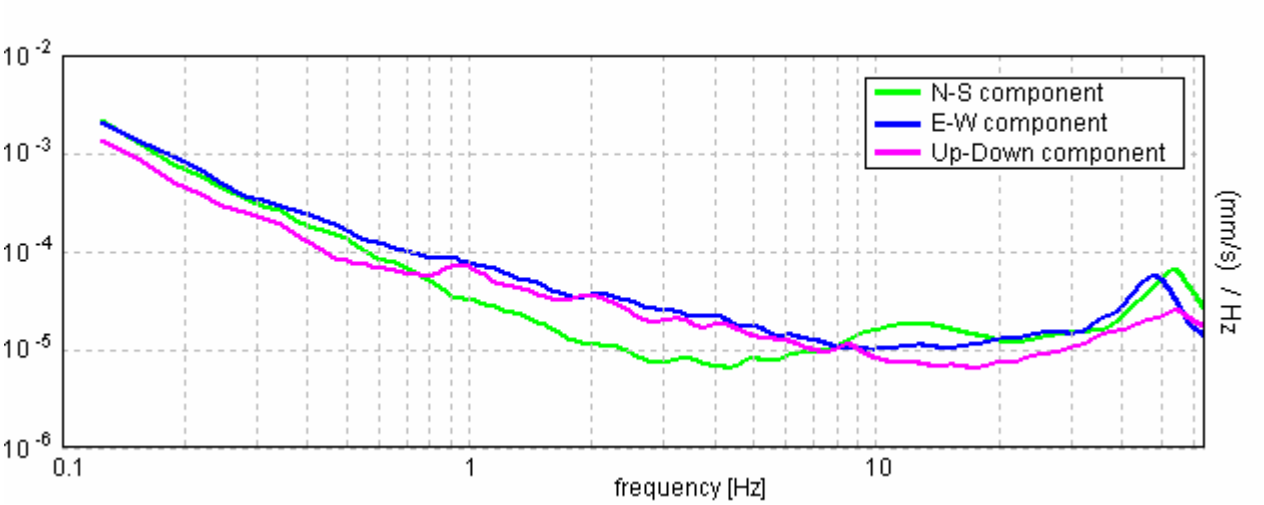
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



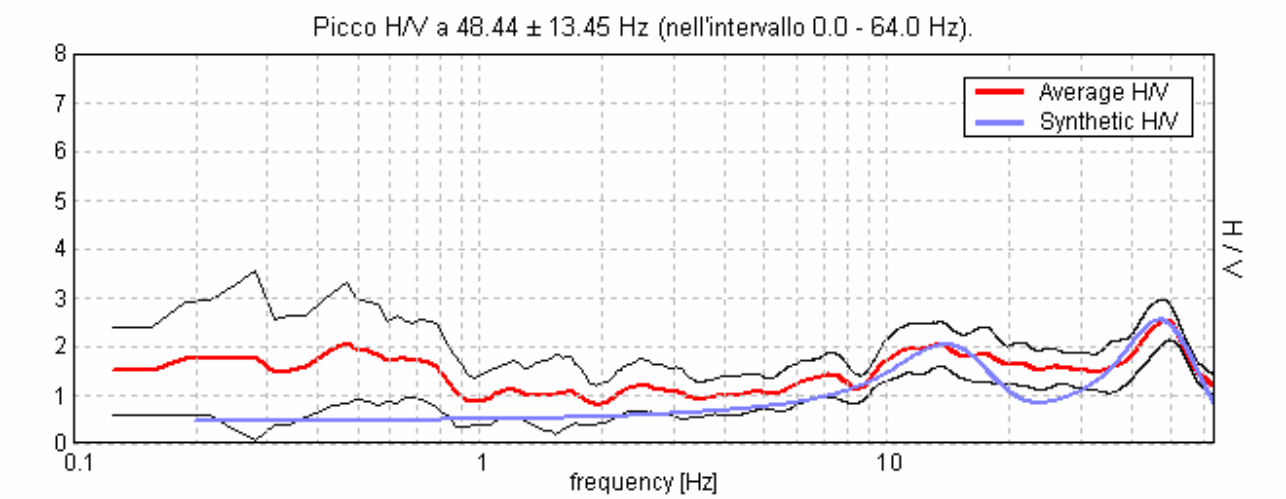
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

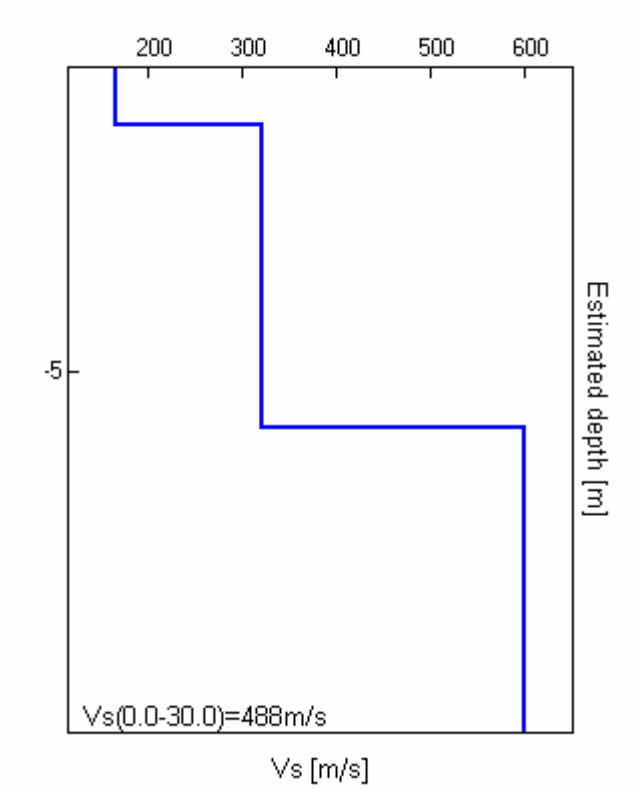


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	0.95	200	0.35
6.00	5.00	320	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=488m/s

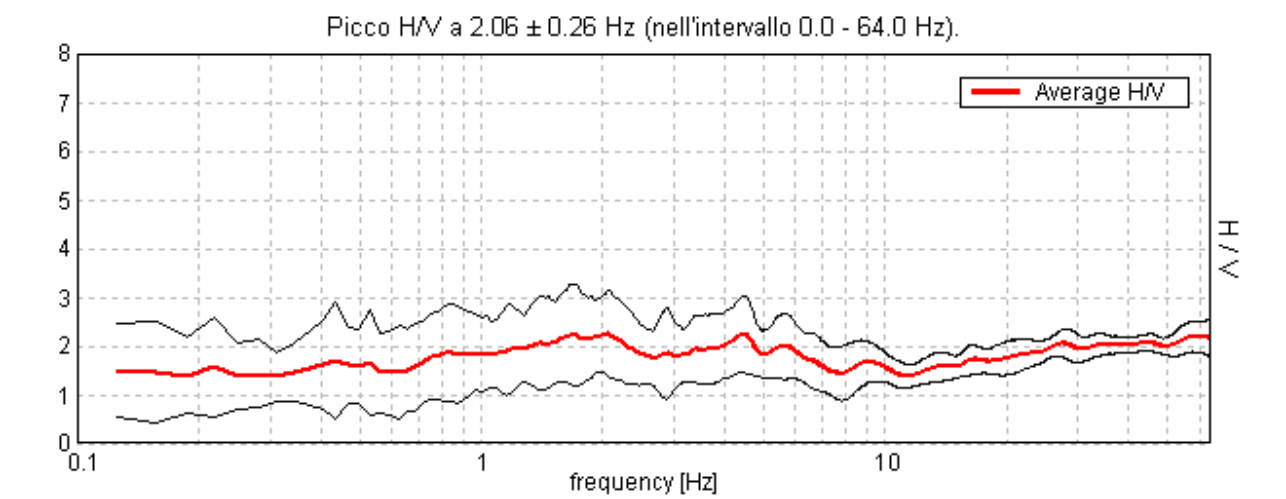


CASCINASSA, CASCINASSA Ag4 H/V2

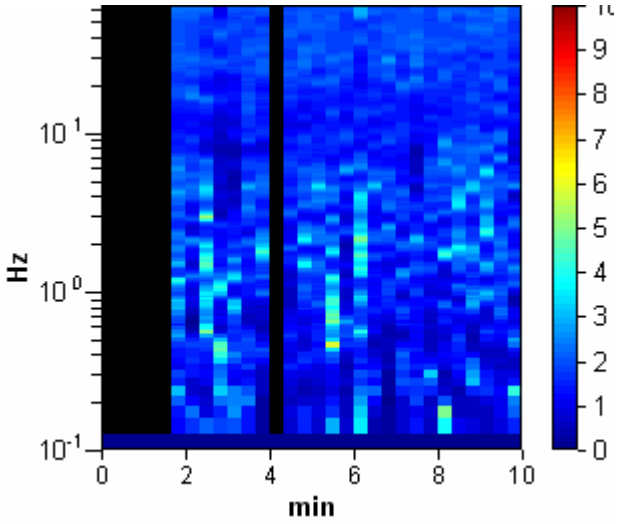
Strumento: TEP-0120/01-10
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00''. Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

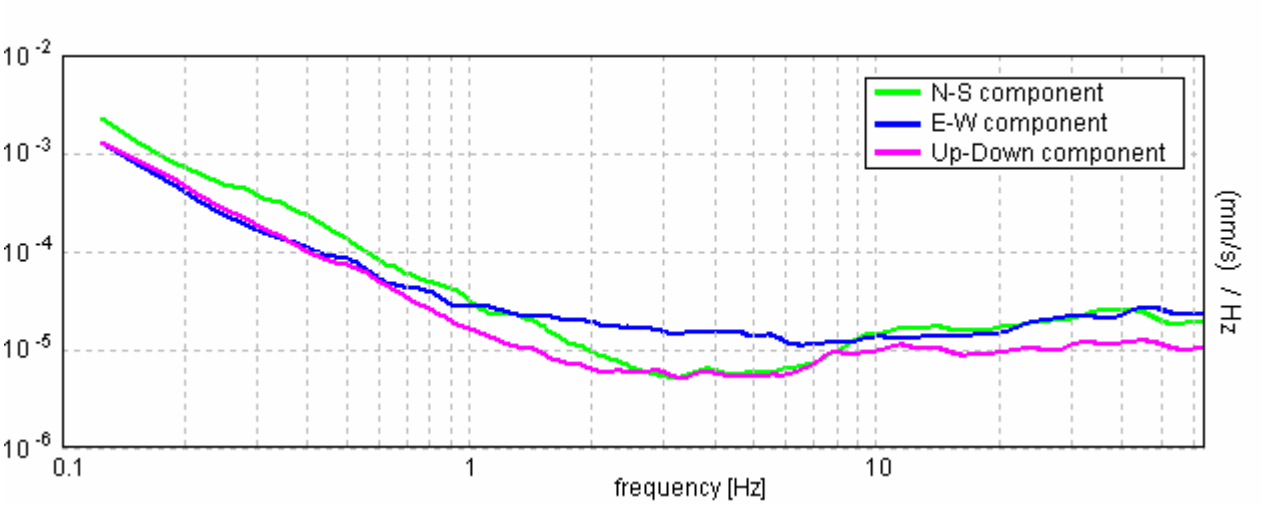
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



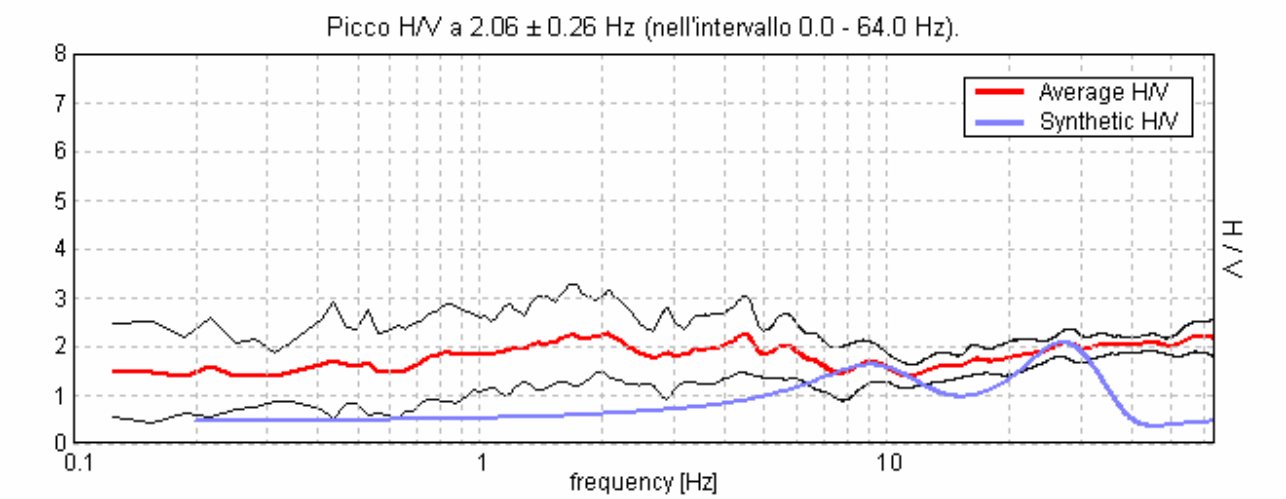
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

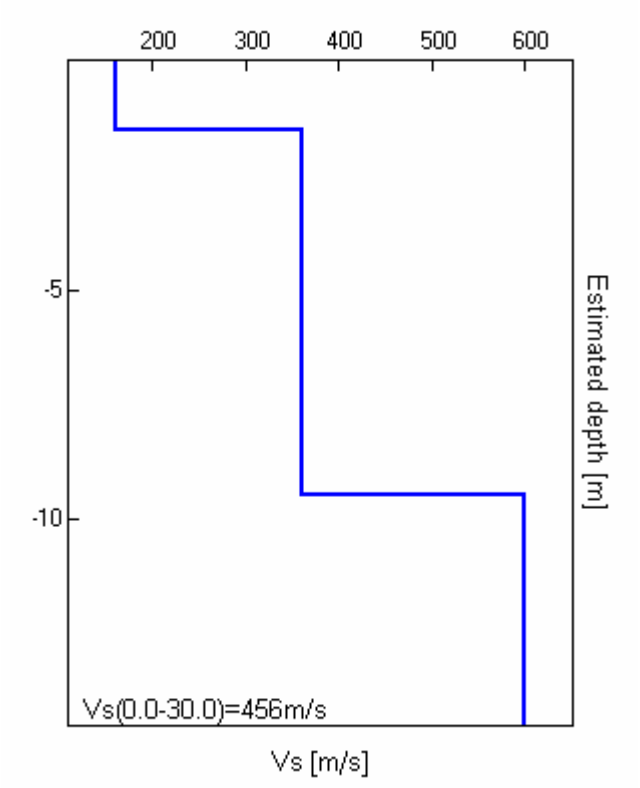


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.30	1.30	200	0.35
9.30	8.00	360	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=456m/s



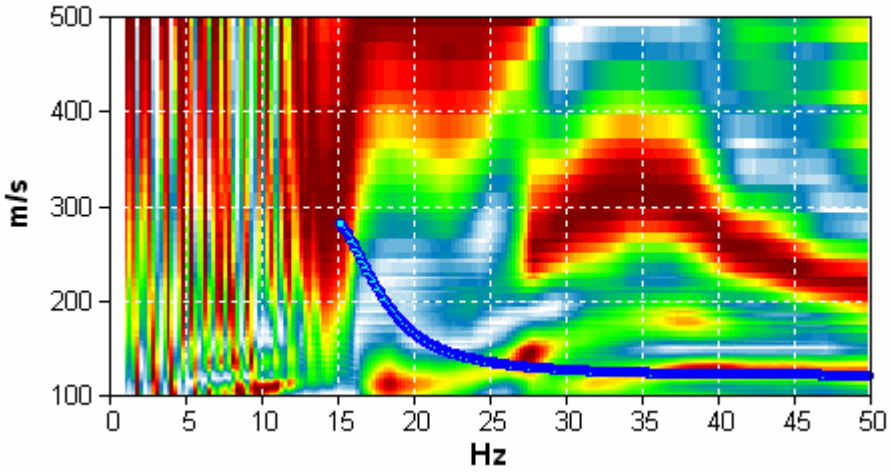
CASCINASSA, [Z] CASCINASSA Ag4

Inizio registrazione: 24/02/11 14:39:43 Fine registrazione: 24/02/11 14:42:43
Durata registrazione: 0h03'00''.
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7

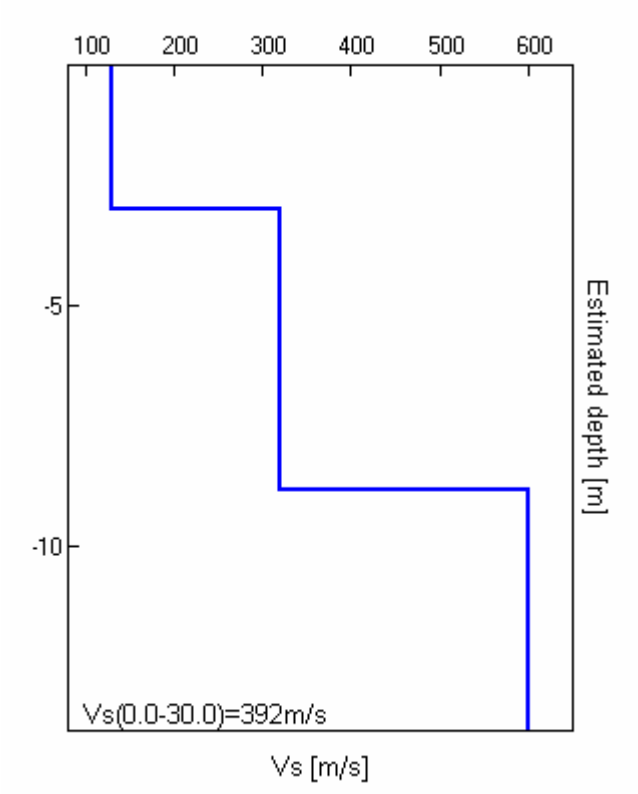
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	130	0.35
8.30	5.80	320	0.35
inf.	inf.	400	0.35

Vs(0.0-30.0)=392m/s

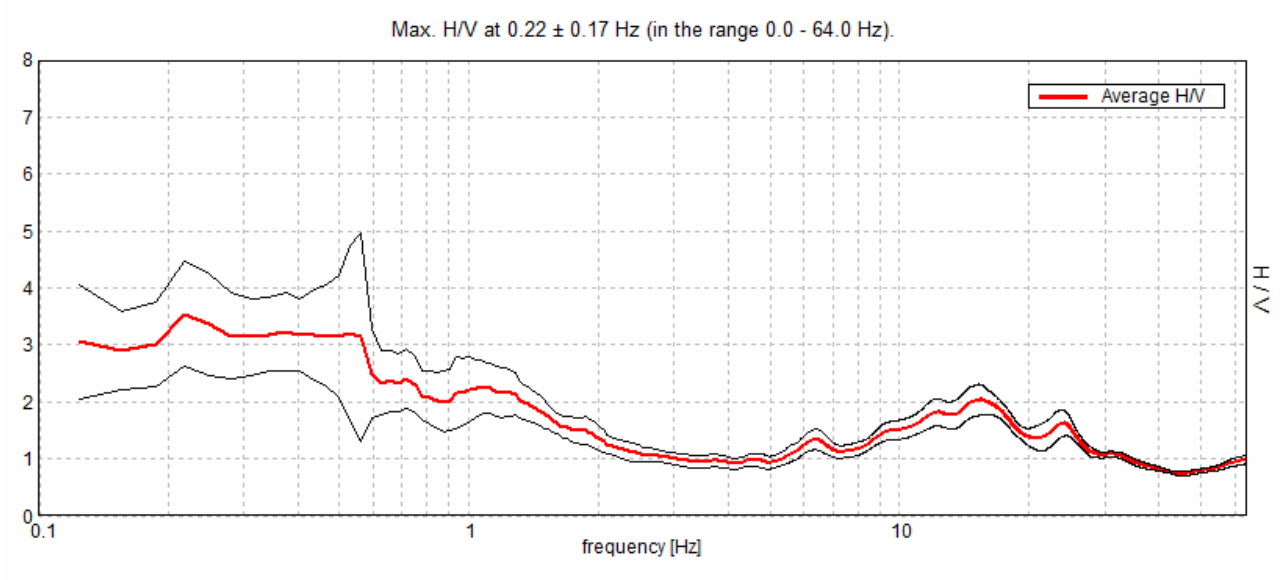

100
200
300
400
500
600
-5
-10
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=392m/s
Vs [m/s]

CASCINASSA, CASCINASSA Ag5 H/V1

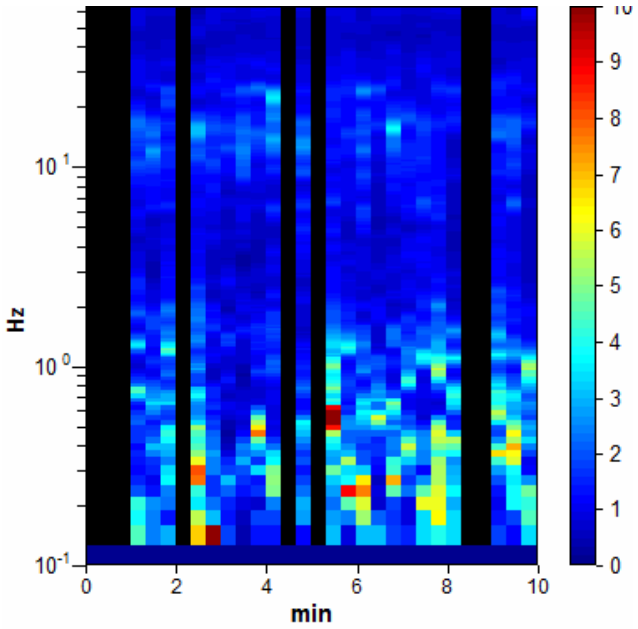
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00''. Analyzed 73% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

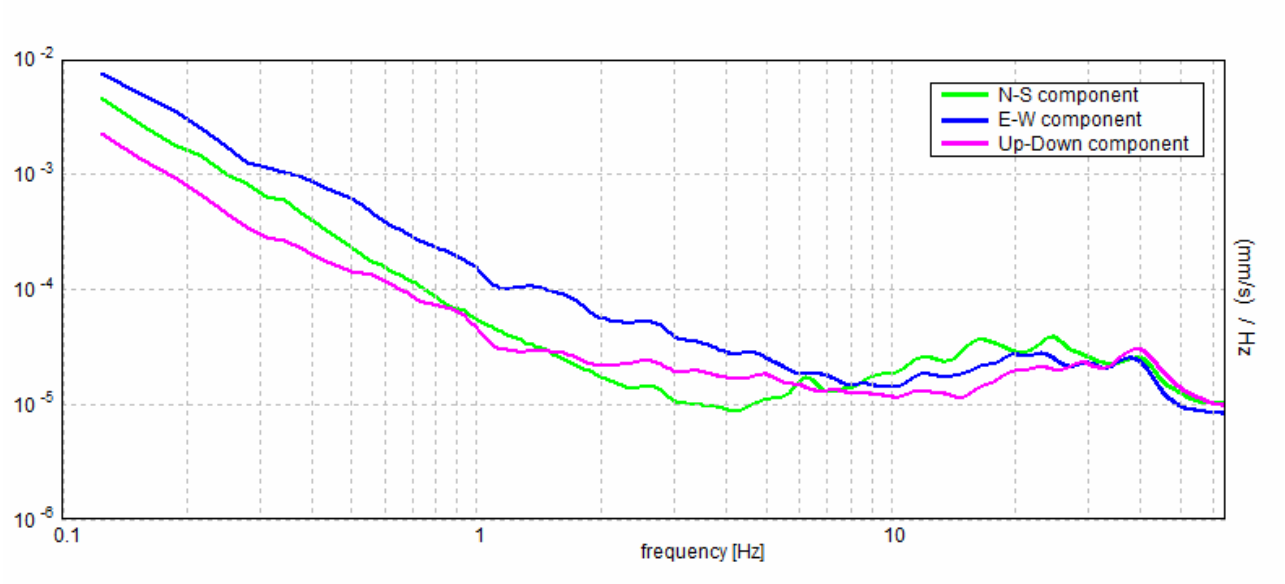
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



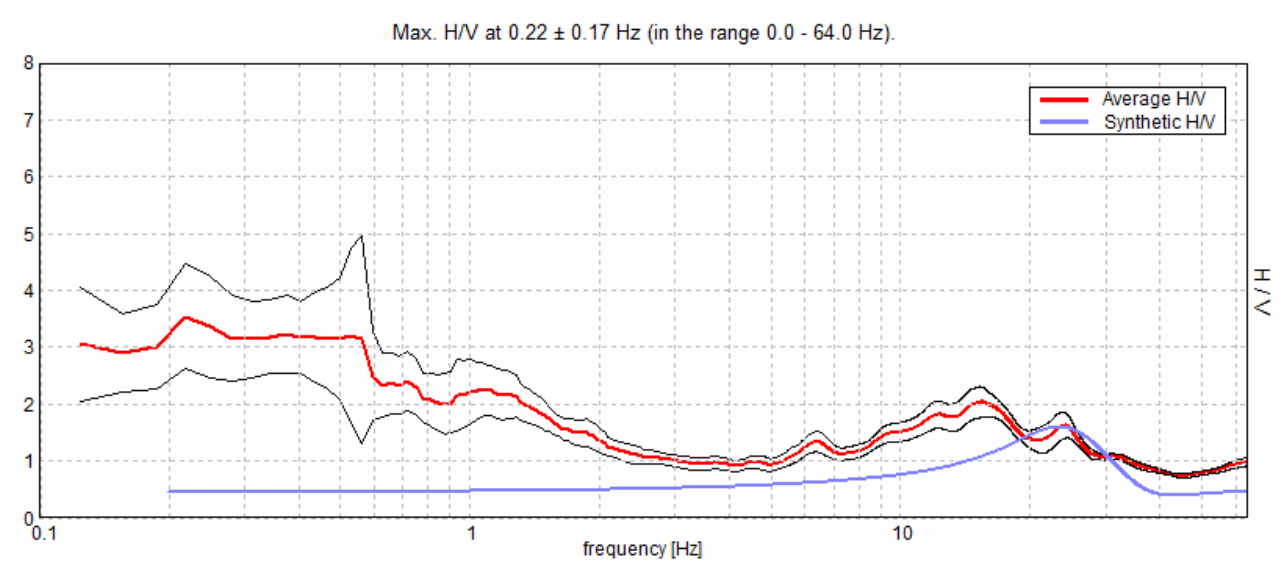
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

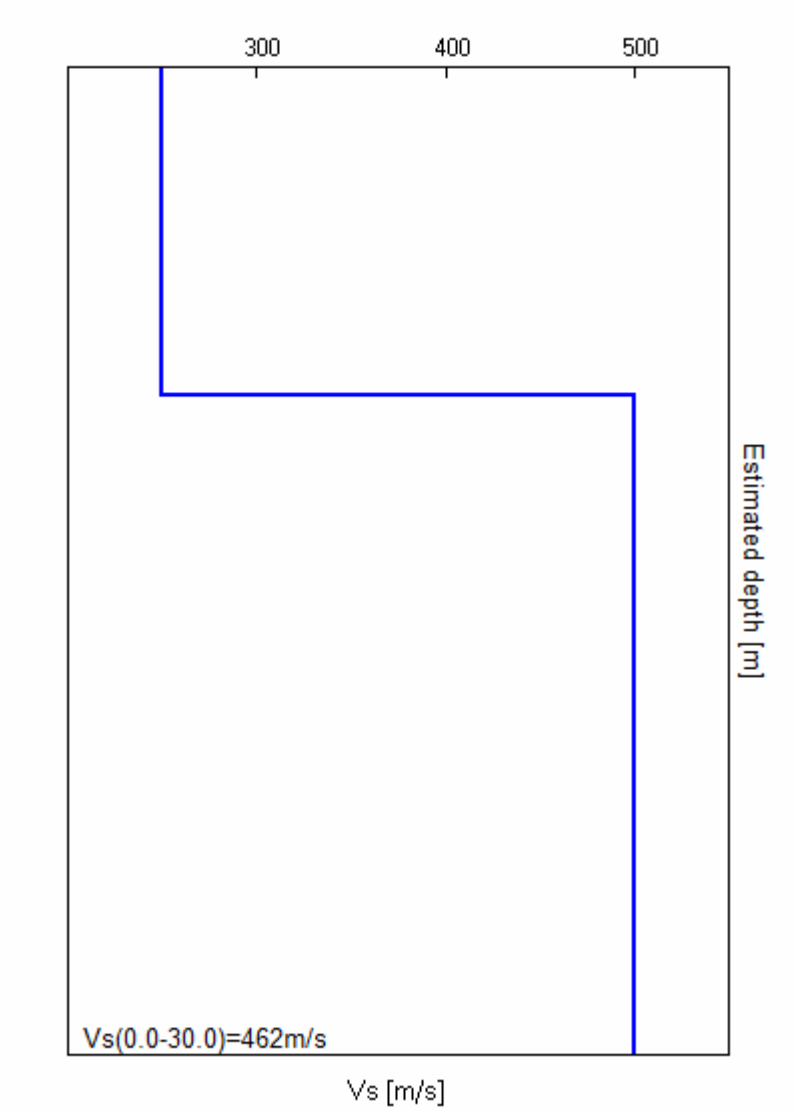


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	250	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=462m/s

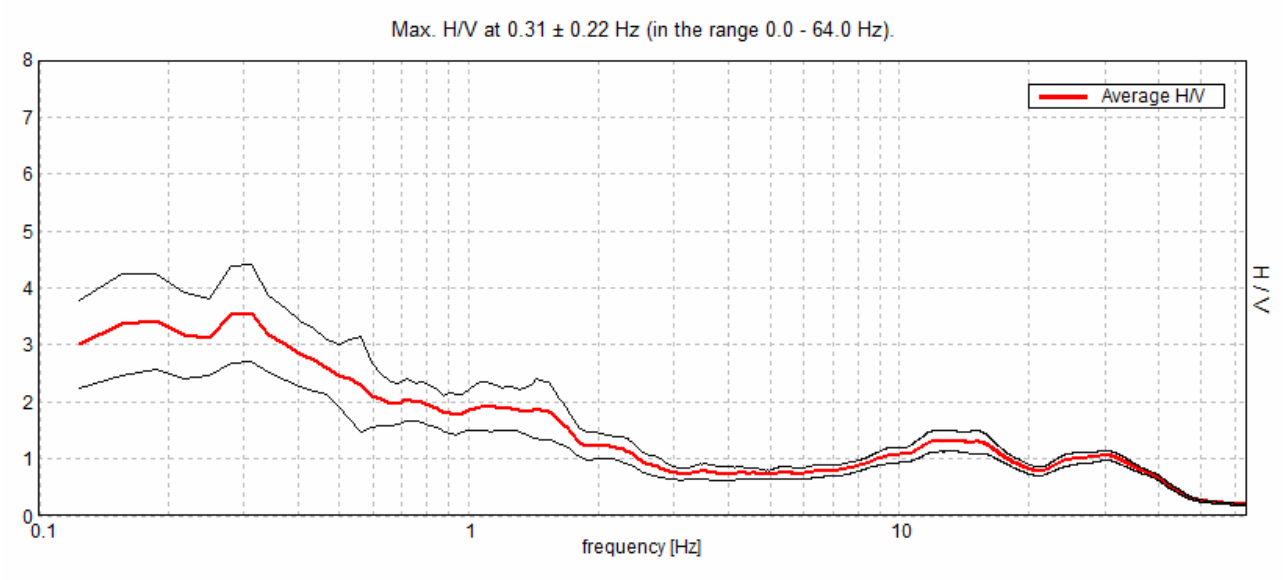

300
400
500
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=462m/s
Vs [m/s]

CASCINASSA, CASCINASSA aG5 H/V2

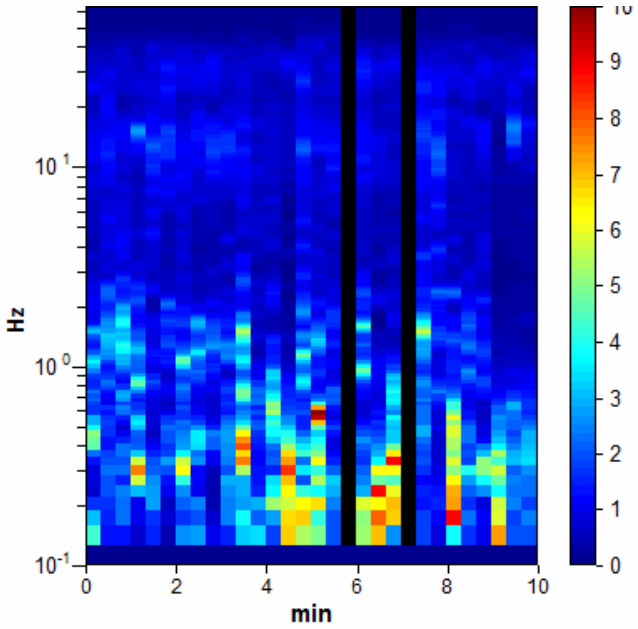
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00''. Analyzed 93% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

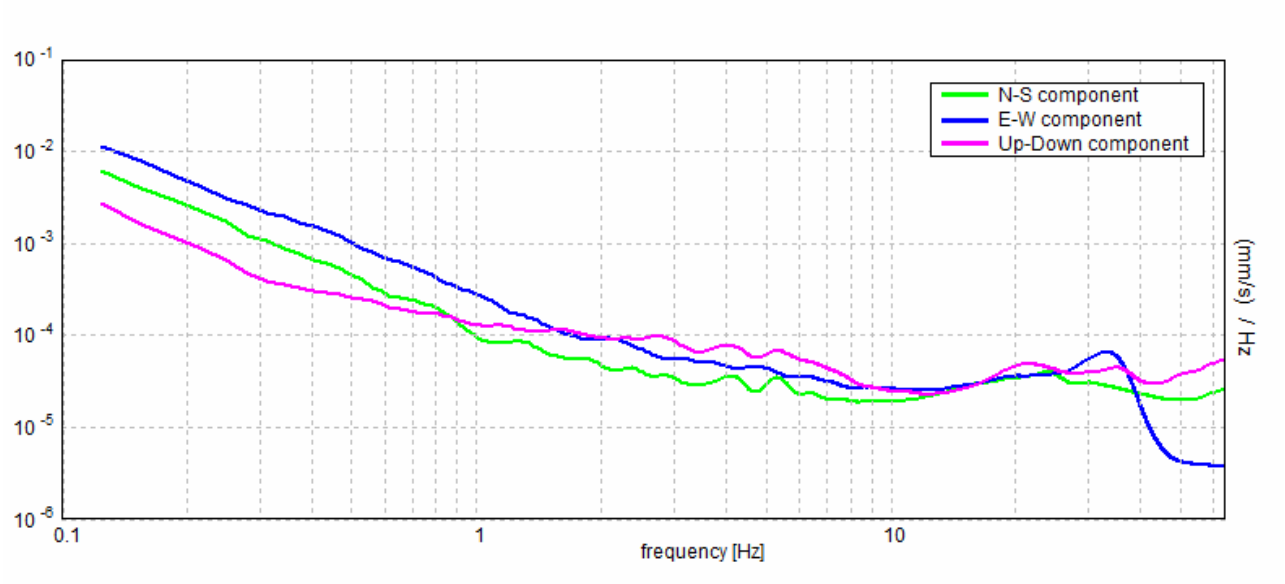
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



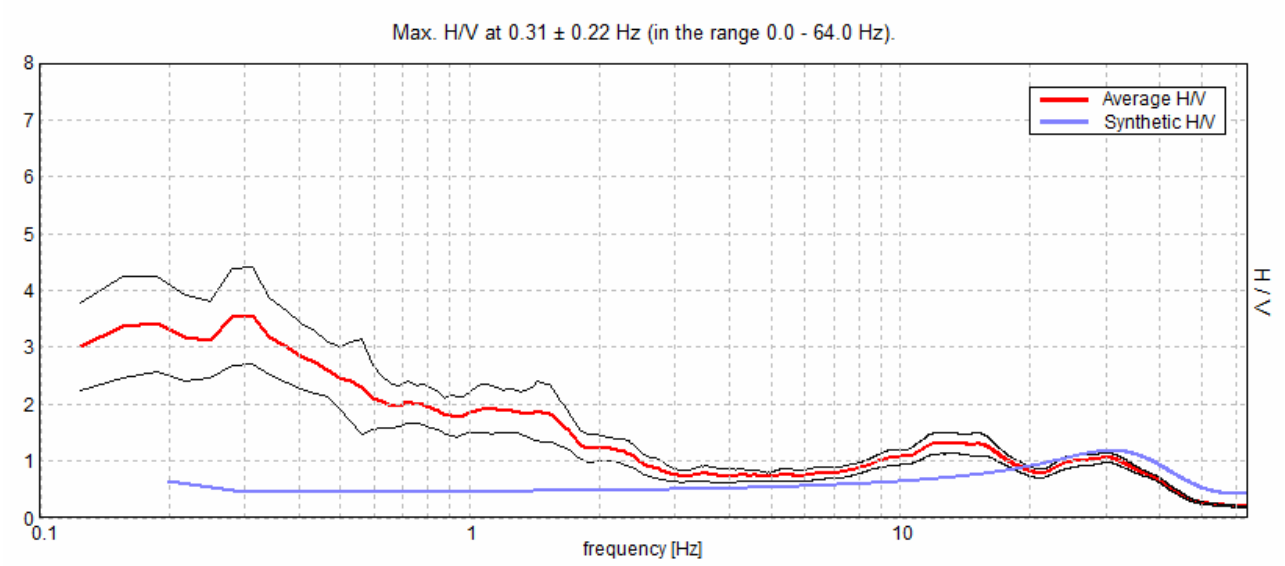
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

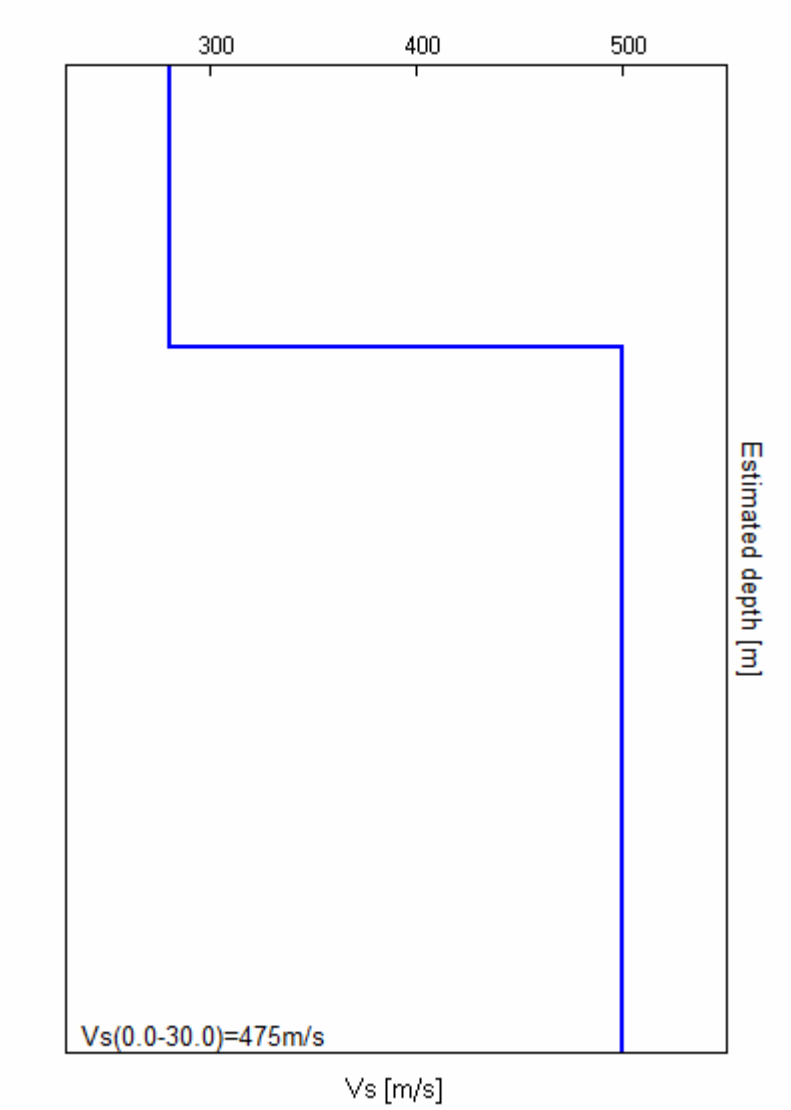


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	280	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]

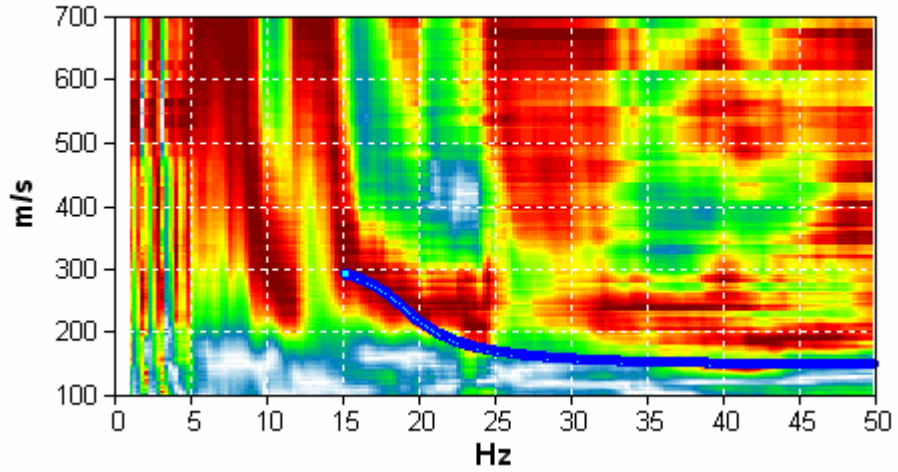
CASCINASSA, [Z] CASCINASSA

Durata registrazione: 0h05'36".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11

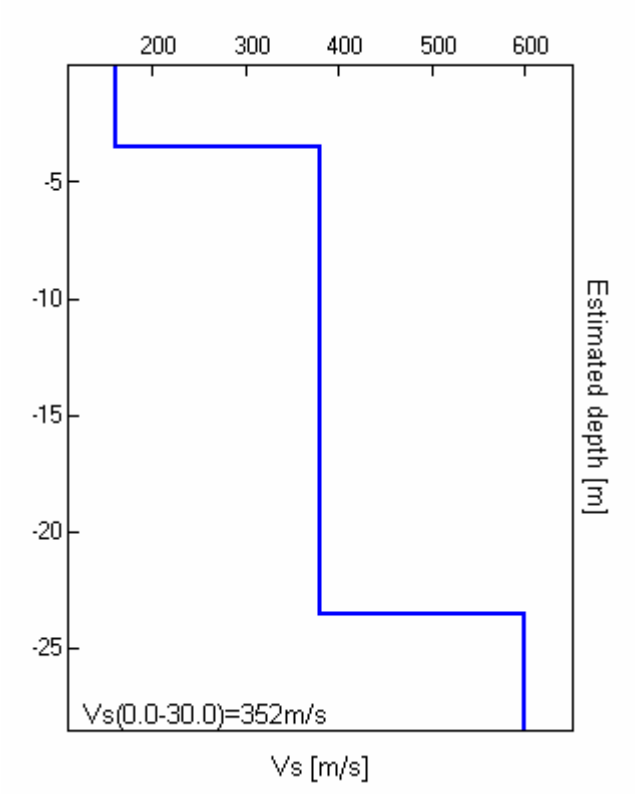
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.50	3.50	160	0.35
23.50	20.00	380	0.35
inf.	inf.	600	0.35

Vs(0.0-30.0)=352m/s

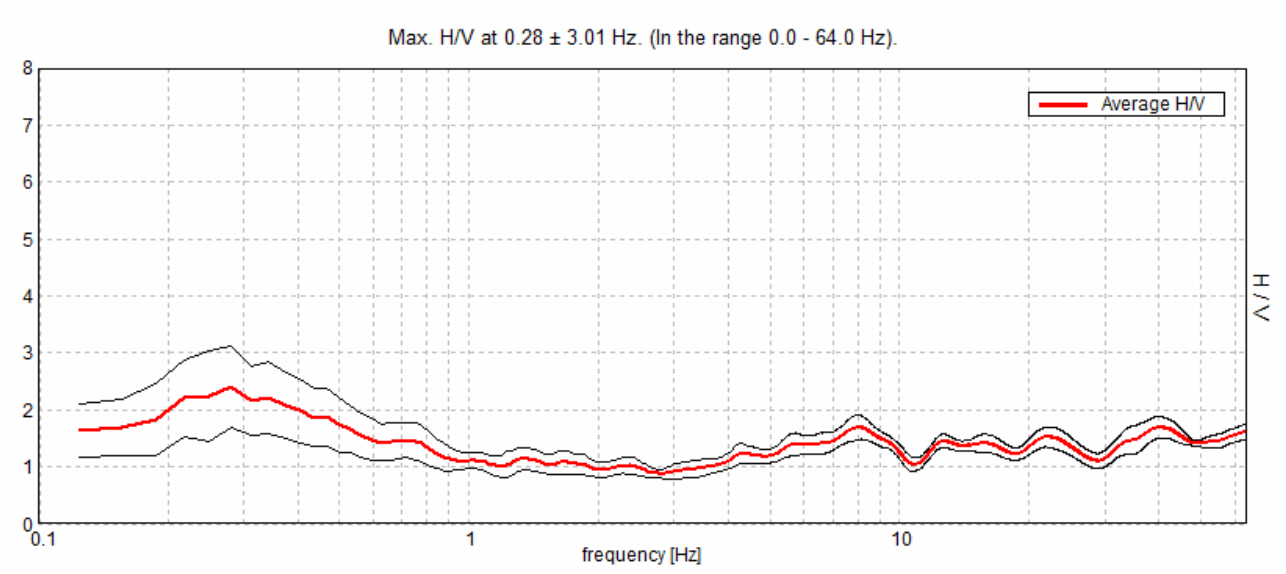

200
300
400
500
600
-5
-10
-15
-20
-25
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=352m/s
Vs [m/s]

CASCINASSA, CASCINASSA SOTTOSTAZIONE H/V1

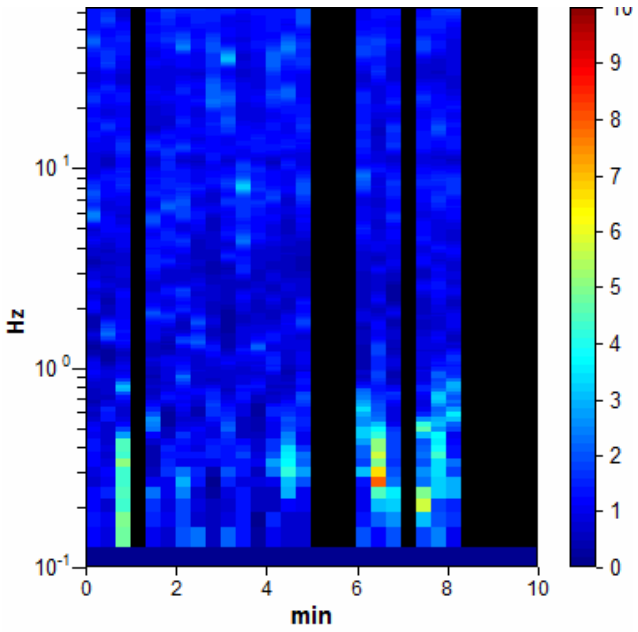
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z -
GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 67% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

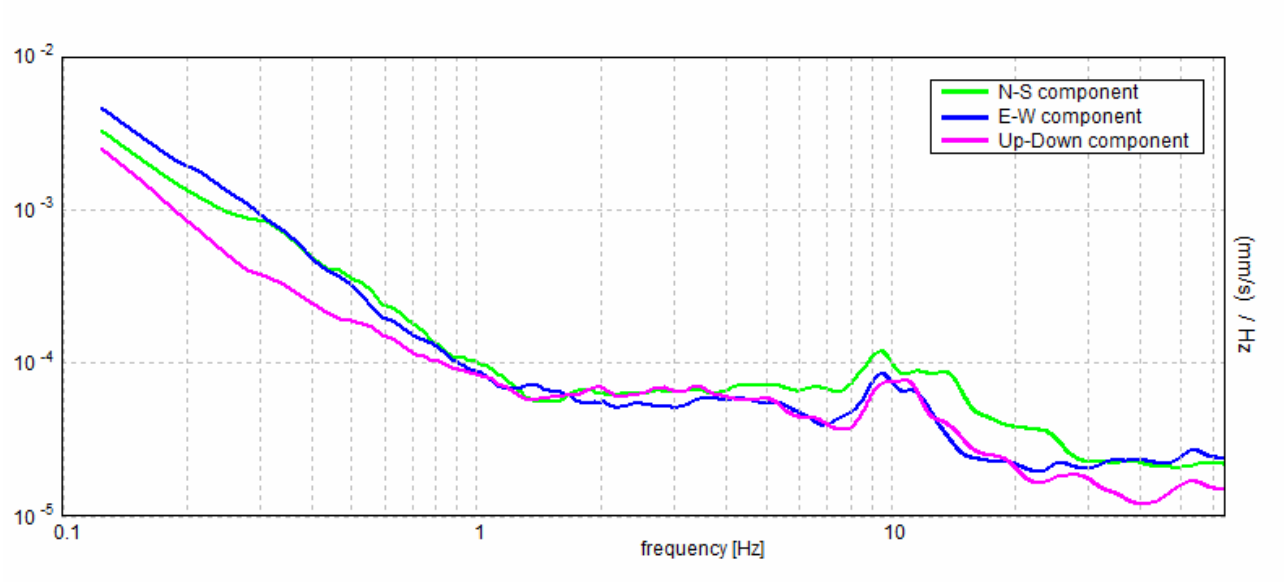
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



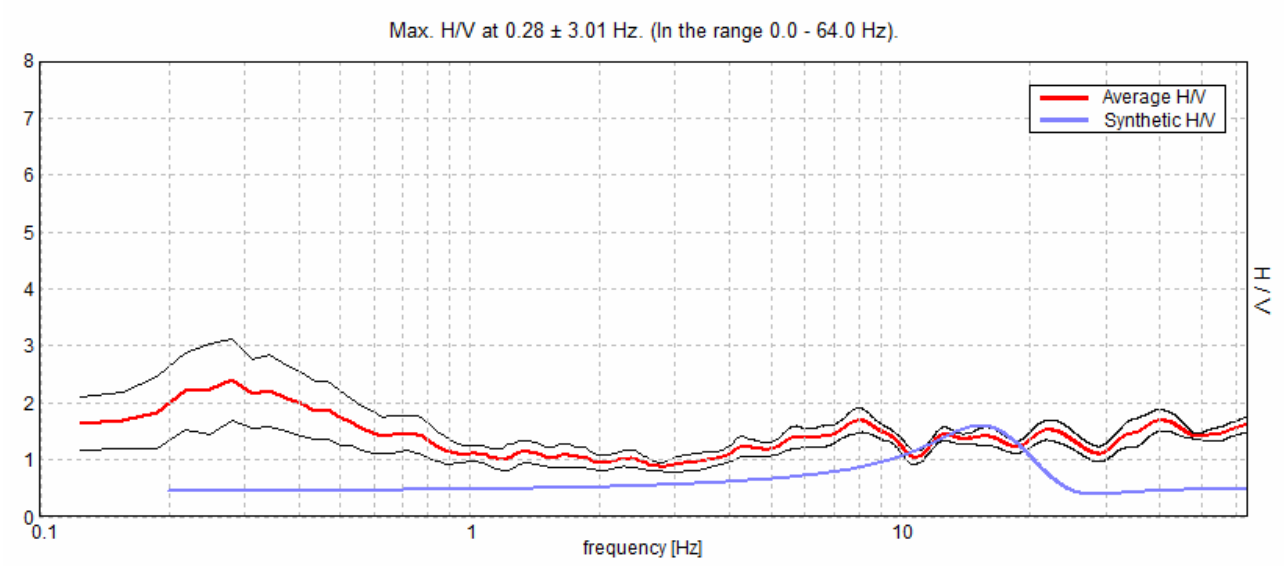
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

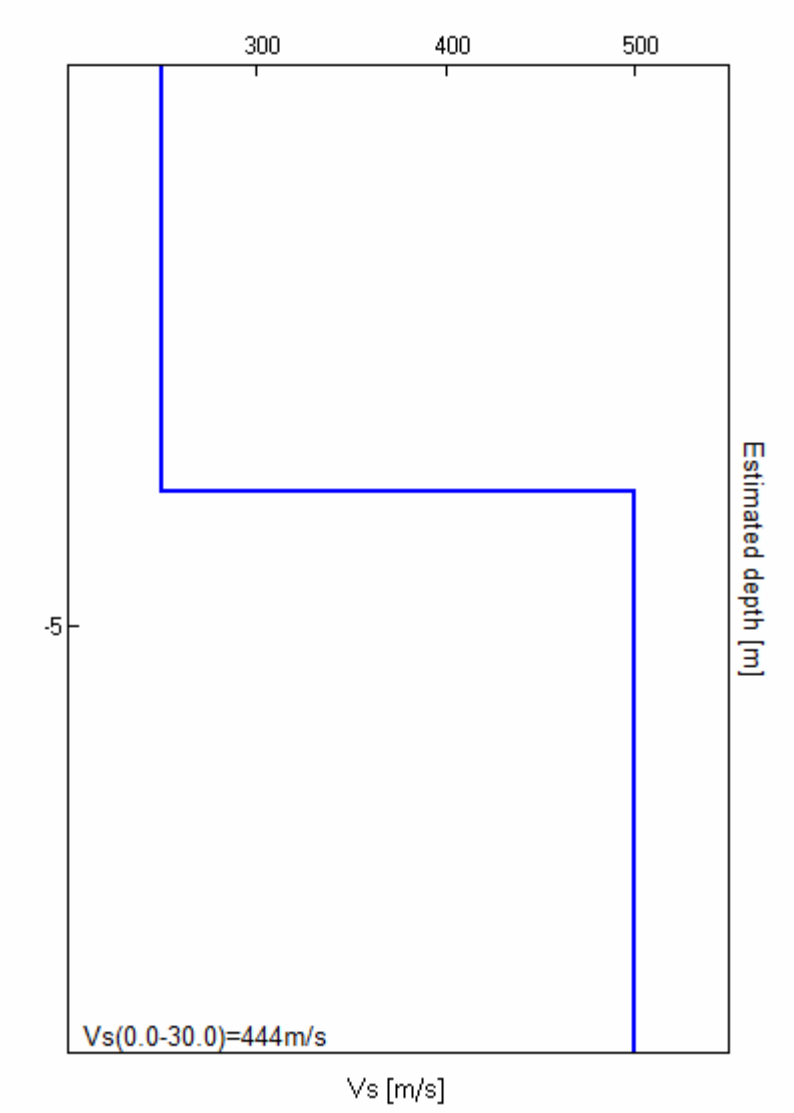


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	210	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=444m/s

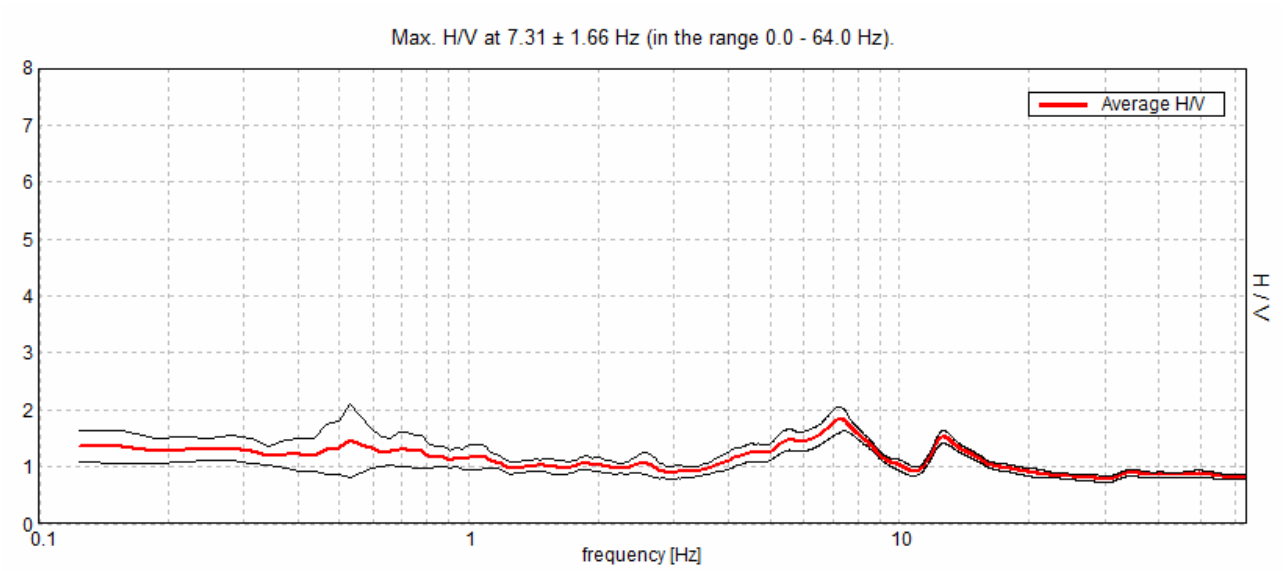

300
400
500
-5
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=444m/s
Vs [m/s]

CASCINASSA, CASCINASSA SOTTOSTAZIONE H/V2

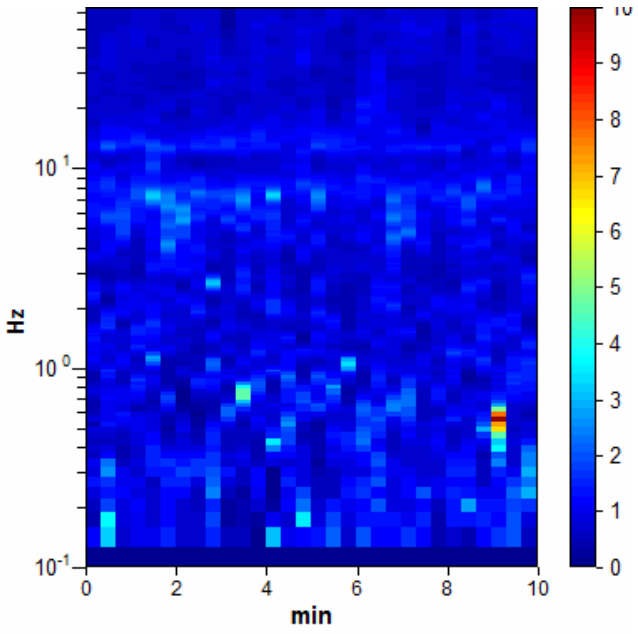
Instrument: TEP-0120/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y + Y - ; X + X - ; Z + Z -
GPS data not available

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

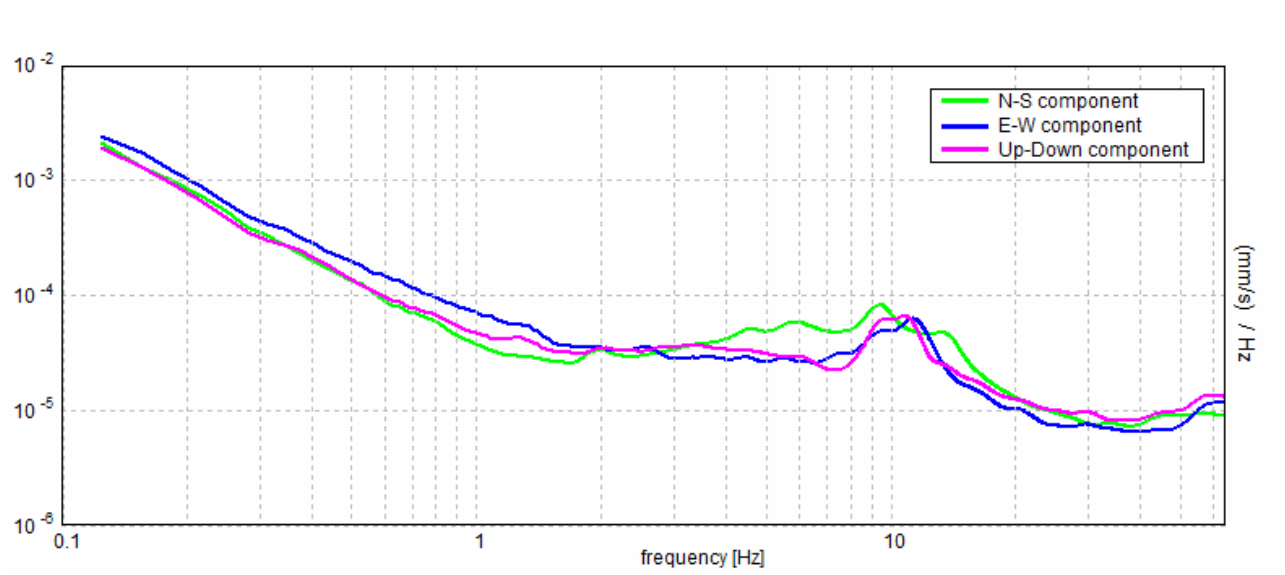
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



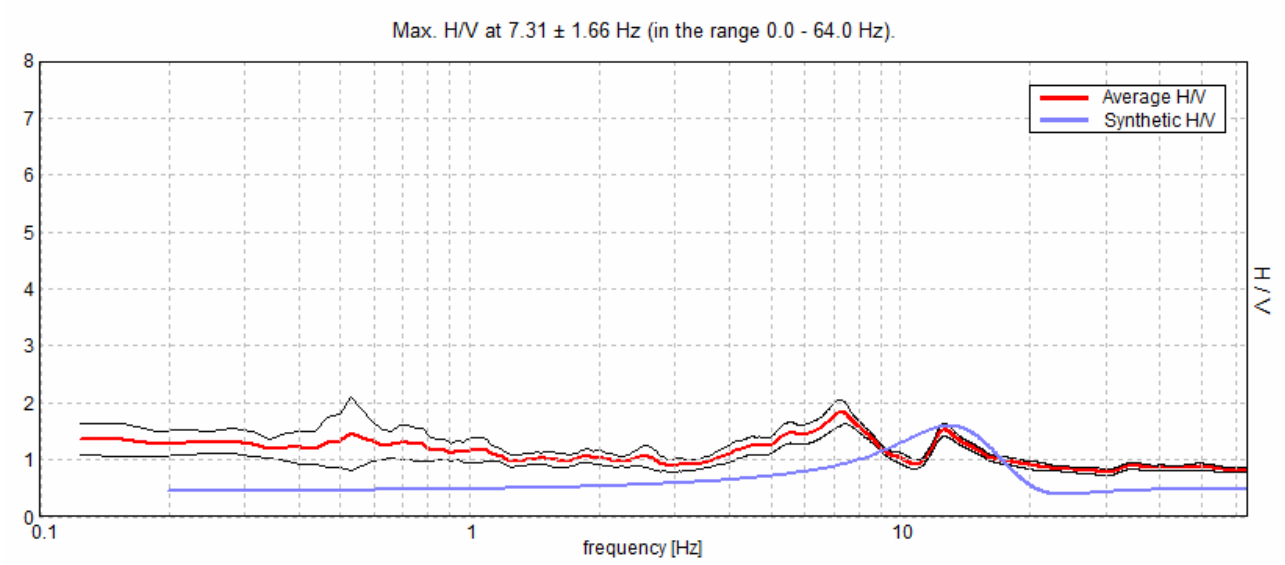
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

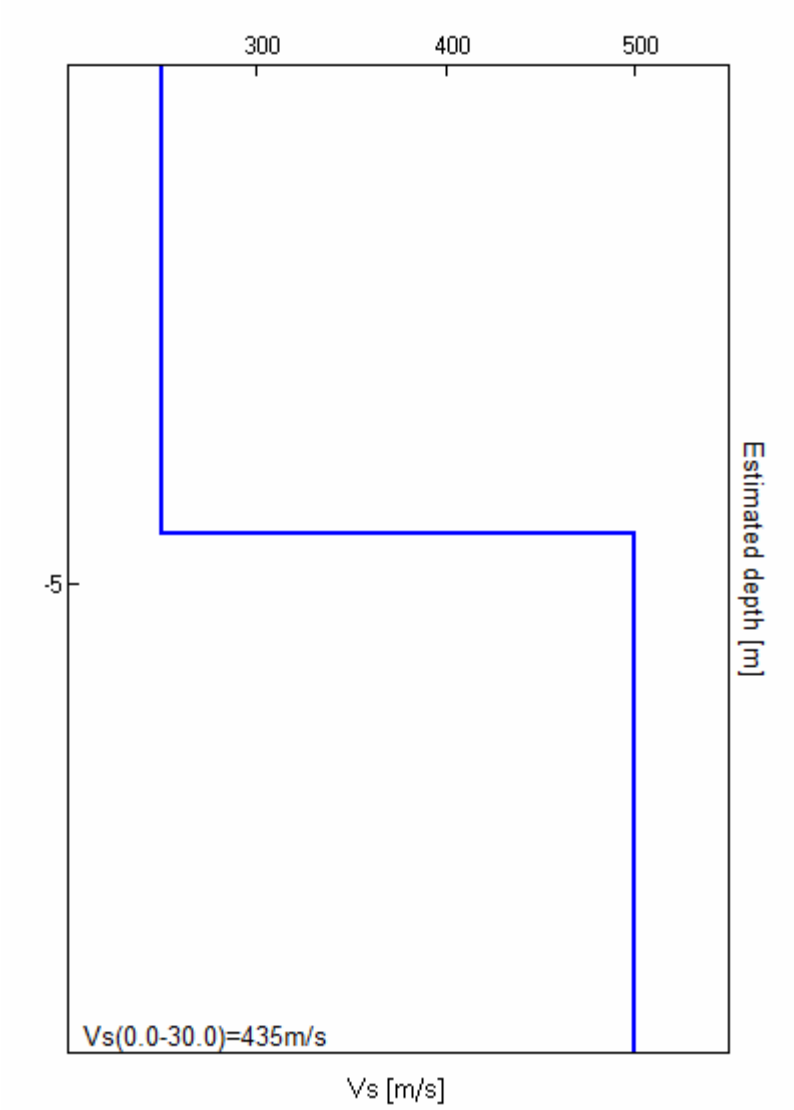


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.80	4.80	210	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=435m/s


300
400
500
-5
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=435m/s
Vs [m/s]

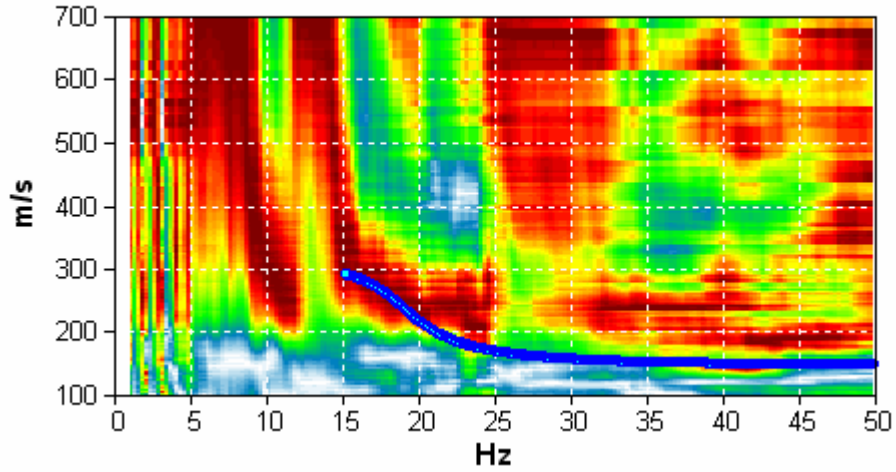
CASCINASSA, [Z] CASCINASSA Sottostazione

Durata registrazione: 0h05'36".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11

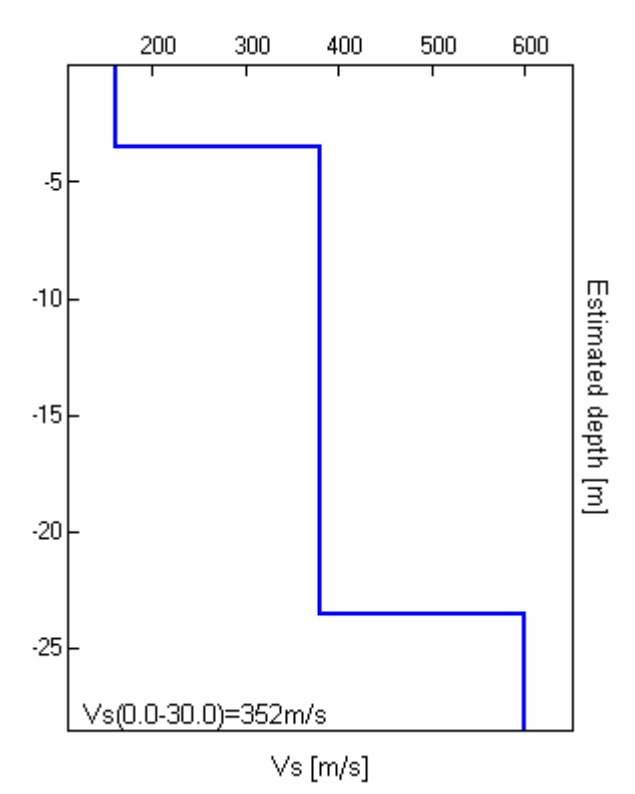
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.50	3.50	155	0.35
23.50	20.00	380	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=352m/s


200
300
400
500
600
-5
-10
-15
-20
-25
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=352m/s
Vs [m/s]

Relazione di calcolo

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:

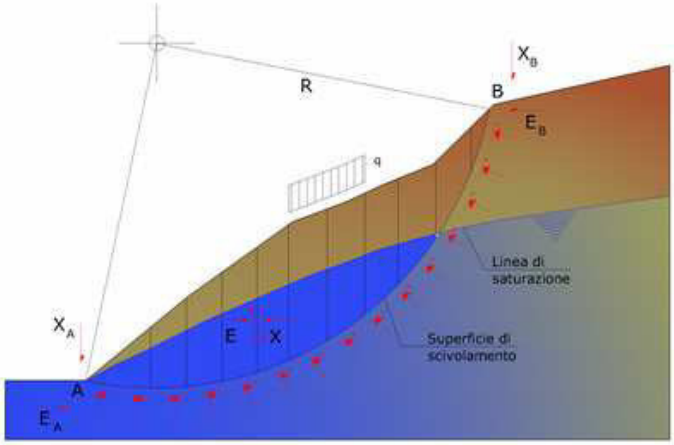
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido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

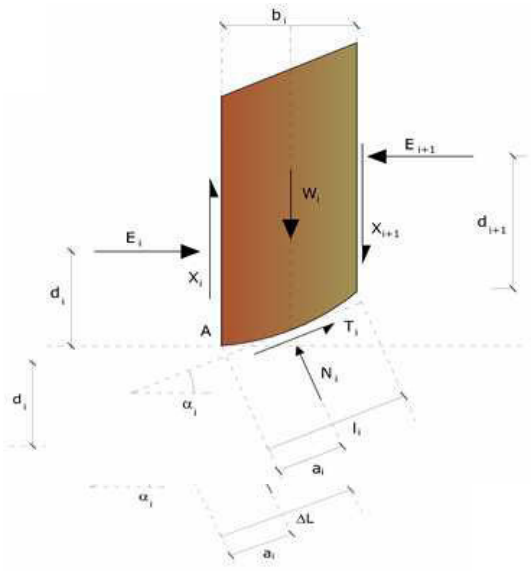
Totale numero di equazioni 4n.
Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

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

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.

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

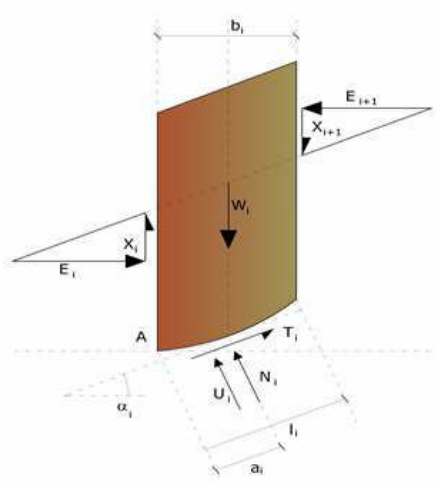
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

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:

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

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



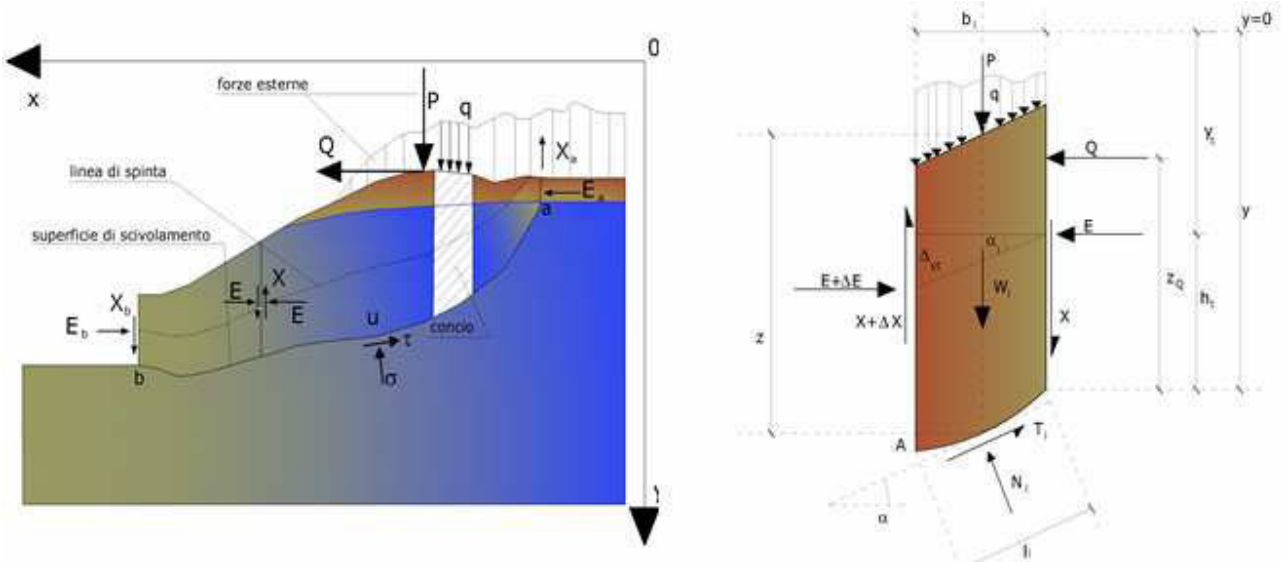
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre ΔX = 0 ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario,** gli errori commessi rispetto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

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

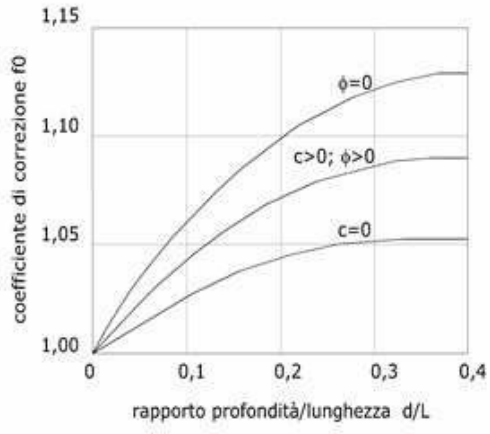


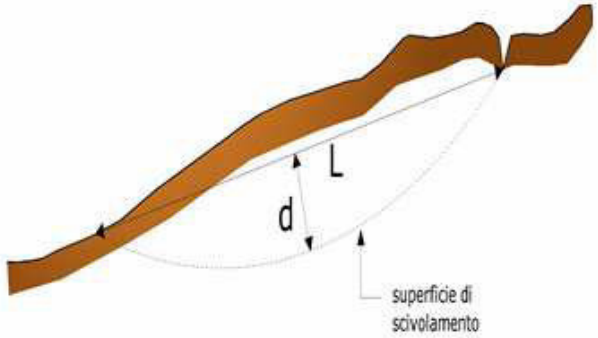
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

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.

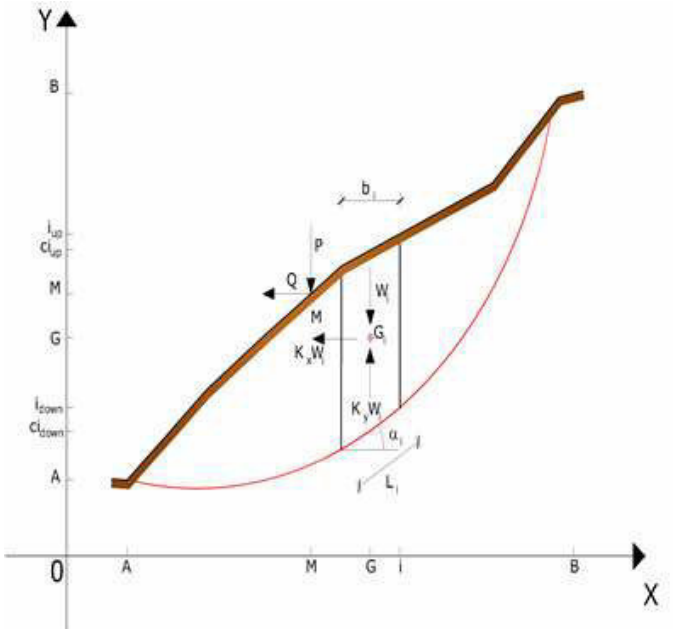




Metodo di Bell (1968)

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;
c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell'i-esimo concio;
ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell'i-esimo concio;
L_i = la lunghezza della base dell'i-esimo concio;
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.

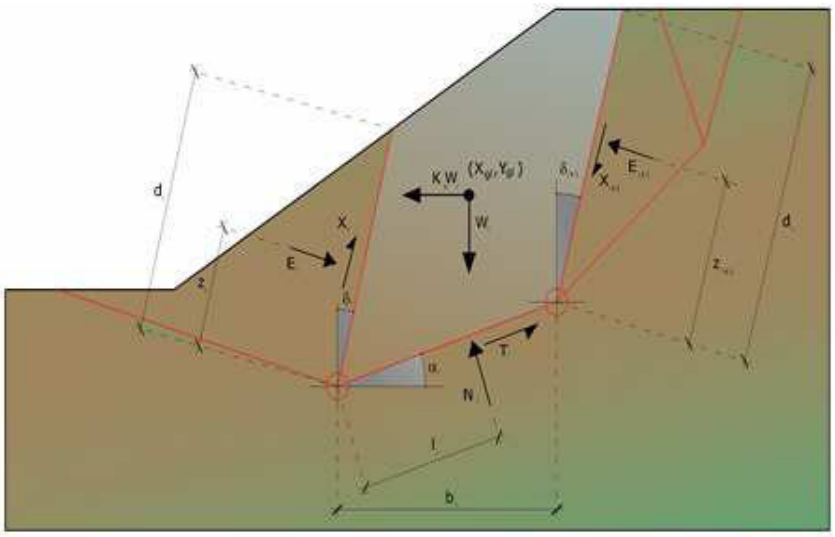
Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

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

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:

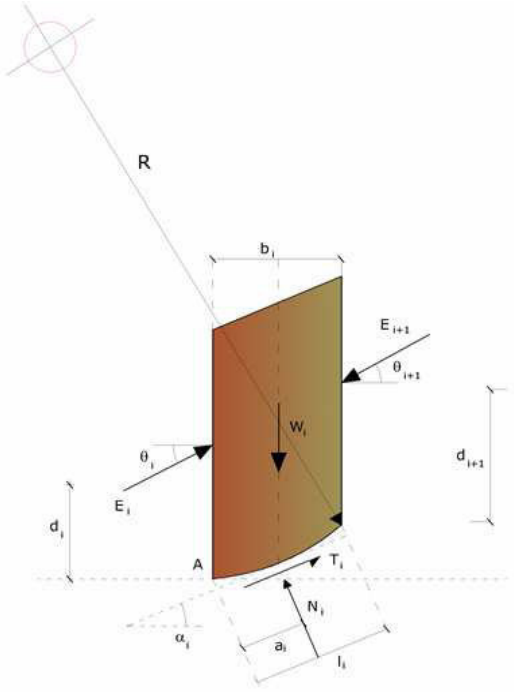
1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con i=1…..n.

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:

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



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:

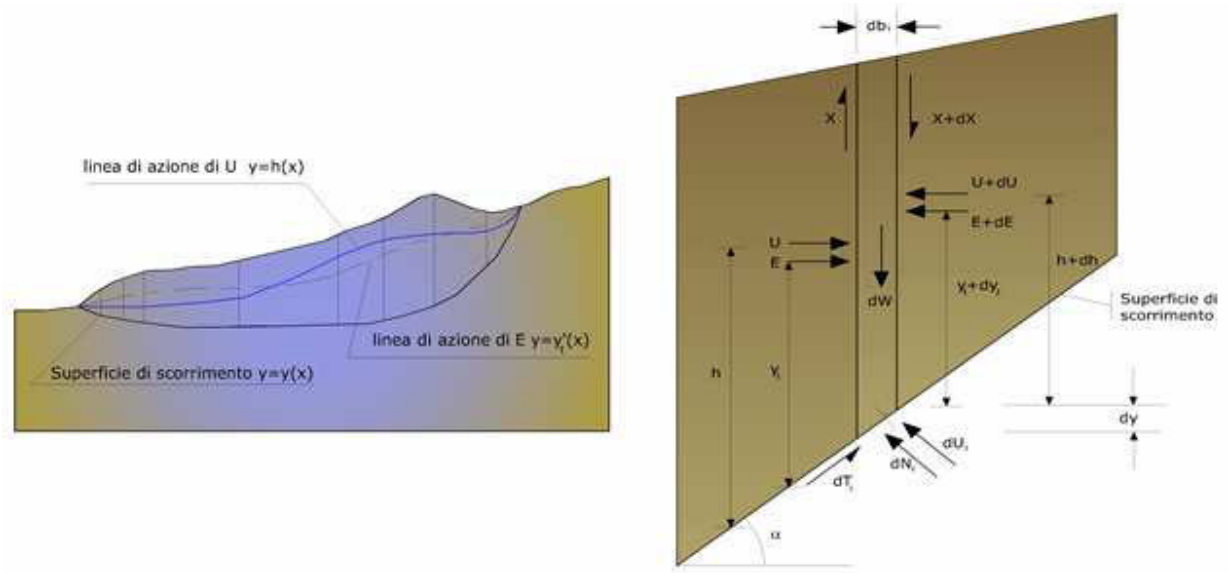
2) $$\sum Q_i = 0$$

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**":

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



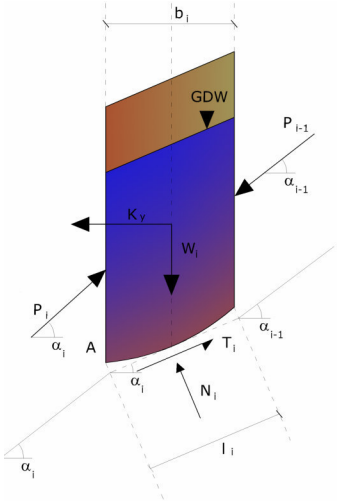
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

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:

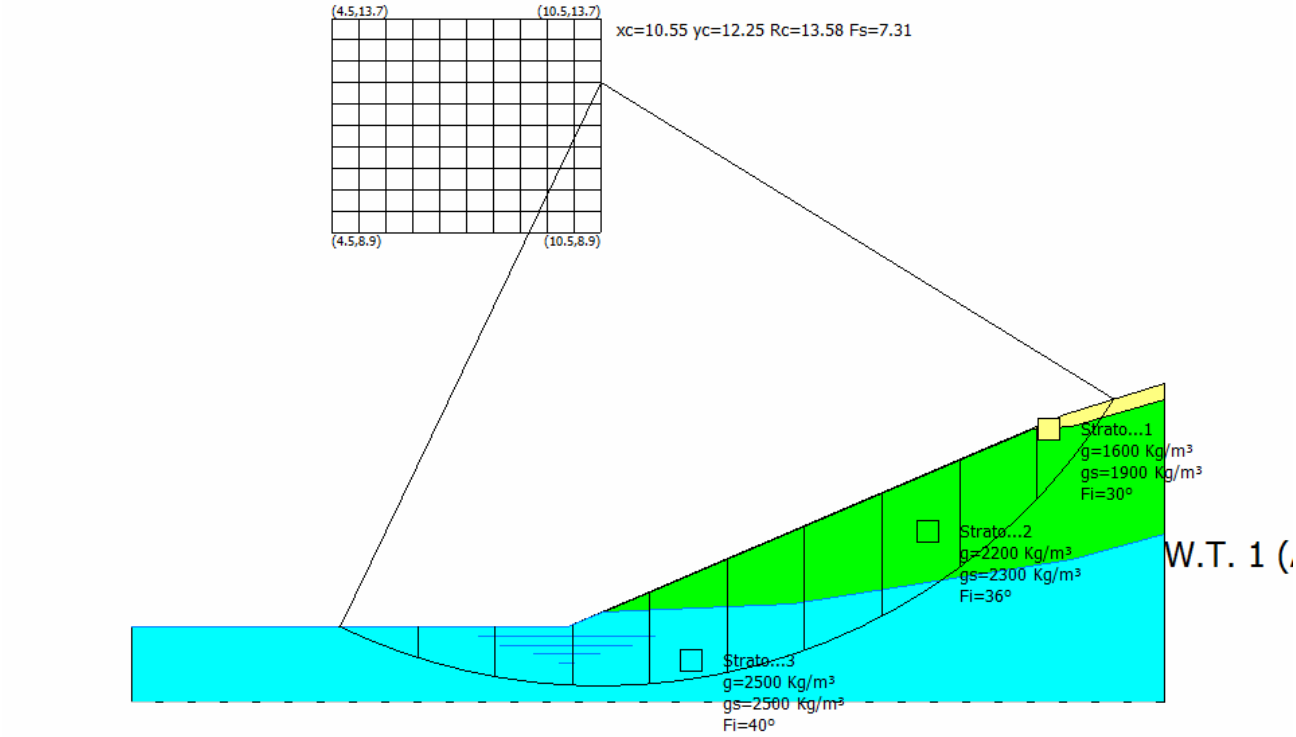
$$F_H = K_x W$$
$$F_V = K_y W$$

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.

VALUTAZIONE FRONTI DI SCAVO 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	4.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.7 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: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.24	0.2	0.0049	0.0024
S.L.V.	0.552	0.2	0.0113	0.0056
S.L.C.	0.684	0.2	0.014	0.007

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.005
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	21.0	4.78
4	23.24	5.48

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	10.62	0.34
4	14.87	0.53
5	21.14	1.53
6	23.24	2.11

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)

1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	10.62	0.34
4	20.28	4.47
5	21.14	4.53
6	23.24	5.11

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	10.62	0.34
4	14.87	0.53
5	21.14	1.53
6	23.24	2.11

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	0.6		36	2200	2300		
3	0.8		40	2500	2500		

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

Fs minimo individuato	7.31
Ascissa centro superficie	10.55 m
Ordinata centro superficie	12.25 m
Raggio superficie	13.58 m

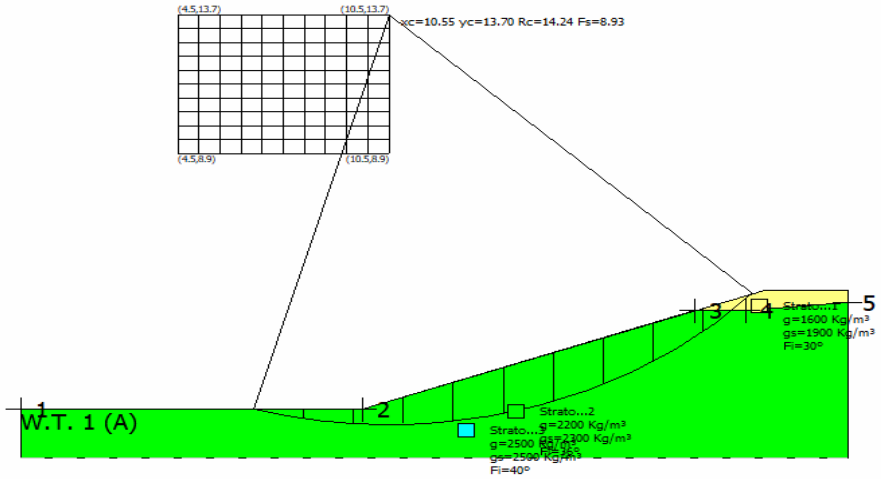
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 10.549 yc = 12.253 Rc = 13.583 Fs=7.307

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.74	-21.6	1.87	1654.98	8.27	3.31	0.64	33.9	0.0	2452.3	1697.2
2	1.74	-13.9	1.79	4076.6	20.38	8.15	0.64	33.9	0.0	4647.4	1817.3
3	1.74	-6.4	1.75	5428.36	27.14	10.86	0.64	33.9	0.0	5671.0	1869.8
4	1.74	1.0	1.74	7569.32	37.85	15.14	0.64	33.9	0.0	7535.1	2017.0
5	1.74	8.4	1.76	9839.07	49.2	19.68	0.64	33.9	0.0	9620.0	2206.0

6	1.74	15.9	1.81	11097.69	55.49	22.2	0.64	33.9	0.0	10870.1	2350.8
7	1.74	23.8	1.91	1323.52	56.62	22.65	0.64	33.9	0.0	11290.8	2459.3
8	1.74	32.2	2.06	10304.47	51.52	20.61	0.64	33.9	0.0	10585.2	2522.9
9	1.74	41.4	2.32	8057.35	40.29	16.11	0.48	30.2	0.0	8948.2	2034.4
10	1.74	52.3	2.85	3440.75	17.2	6.88	0.48	30.2	0.0	3131.4	1929.4

VALUTAZIONE FRONTI DI SCAVO 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	4.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.7 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: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.24	0.2	0.0049	0.0024
S.L.V.	0.552	0.2	0.0113	0.0056
S.L.C.	0.684	0.2	0.014	0.007

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.005
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	21.32	4.13
4	23.71	4.13

Falda

Nr.	X (m)	y (m)

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	19.33	3.42
4	20.8	3.43
5	23.71	3.7

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)

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	0.6		36	2200	2300		
3	0.8		40	2500	2500		

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

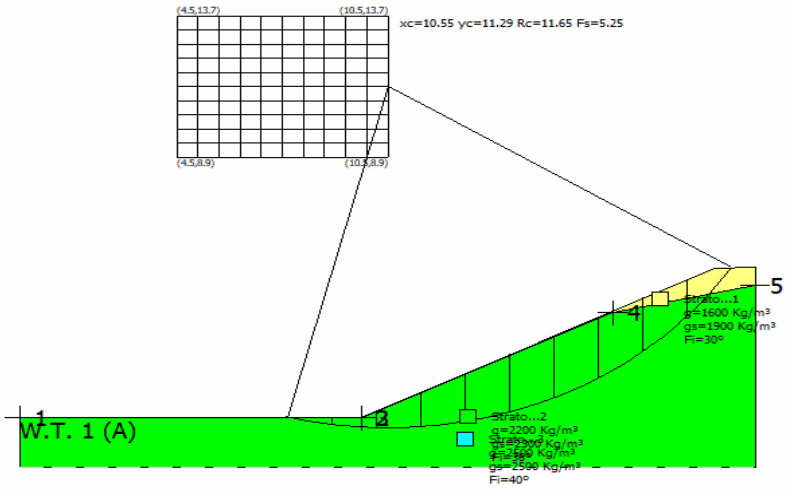
Fs minimo individuato	8.93
Ascissa centro superficie	10.55 m
Ordinata centro superficie	13.7 m
Raggio superficie	14.24 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 10.549 yc = 13.702 Rc = 14.236 Fs=8.929

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.43	-12.8	1.46	648.3	3.24	1.3	0.48	30.2	0.0	838.6	765.6
2	1.43	-6.9	1.44	1534.79	7.67	3.07	0.48	30.2	0.0	1643.7	800.6
3	1.43	-1.2	1.43	2412.64	12.06	4.83	0.48	30.2	0.0	2430.4	842.1
4	1.43	4.6	1.43	3870.79	19.35	7.74	0.48	30.2	0.0	3808.9	925.8
5	1.43	10.4	1.45	4810.68	24.05	9.62	0.48	30.2	0.0	4709.6	988.5
6	1.43	16.3	1.49	5227.2	26.14	10.45	0.48	30.2	0.0	5144.5	1031.9
7	1.43	22.4	1.55	5261.18	26.31	10.52	0.48	30.2	0.0	5251.7	1066.1
8	1.43	28.8	1.63	4722.05	23.61	9.44	0.48	30.2	0.0	4795.1	1080.6
9	1.43	35.6	1.76	3508.41	17.54	7.02	0.48	30.2	0.0	3550.5	1069.2
10	1.43	43.1	1.96	1166.46	5.83	2.33	0.48	30.2	0.0	665.4	995.9

VALUTAZIONE FRONTI DI SCAVO 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	4.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.7 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: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.24	0.2	0.0049	0.0024
S.L.V.	0.552	0.2	0.0113	0.0056
S.L.C.	0.684	0.2	0.014	0.007

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.005
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	19.92	5.1
4	21.11	5.14

Falda

Nr.	X (m)	y (m)

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	9.8	0.0
4	17.01	3.57
5	21.11	4.49

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)

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	0.6		36	2200	2300		
3	0.8		40	2500	2500		

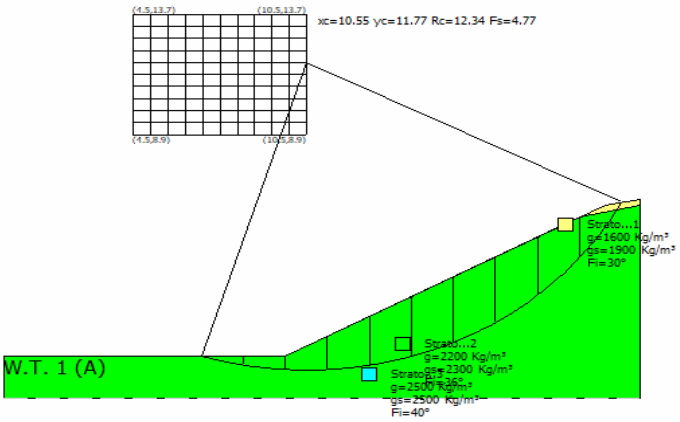
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	5.25
Ascissa centro superficie	10.55 m
Ordinata centro superficie	11.29 m
Raggio superficie	11.65 m

xc = 10.549 yc = 11.288 Rc = 11.648 Fs=5.247

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.28	-11.1	1.3	457.21	2.29	0.91	0.48	30.2	0.0	691.3	1150.4
2	1.28	-4.7	1.28	1021.34	5.11	2.04	0.48	30.2	0.0	1122.4	1177.3
3	1.28	1.5	1.28	2614.8	13.07	5.23	0.48	30.2	0.0	2580.0	1320.8
4	1.28	7.9	1.29	4078.68	20.39	8.16	0.48	30.2	0.0	3915.2	1464.9
5	1.28	14.3	1.32	5083.14	25.42	10.17	0.48	30.2	0.0	4842.7	1582.0
6	1.28	20.9	1.36	5749.98	28.75	11.5	0.48	30.2	0.0	5509.4	1689.8
7	1.28	27.8	1.44	5935.07	29.68	11.87	0.48	30.2	0.0	5770.4	1779.7
8	1.28	35.1	1.56	5502.2	27.51	11.0	0.48	30.2	0.0	5430.9	1844.1
9	1.28	43.3	1.75	4124.34	20.62	8.25	0.48	30.2	0.0	3921.6	1852.3
10	1.28	52.8	2.11	1707.94	8.54	3.42	0.0	24.8	0.0	2556.1	204.6

VALUTAZIONE FRONTI DI SCAVO 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	4.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.7 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: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.24	0.2	0.0049	0.0024
S.L.V.	0.552	0.2	0.0113	0.0056
S.L.C.	0.684	0.2	0.014	0.007

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.005
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	20.96	6.06
4	22.2	6.28

Falda

Nr.	X (m)	y (m)

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	9.8	0.0
4	20.06	5.55
5	22.2	6.05

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)

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	0.6		36	2200	2300		
3	0.8		40	2500	2500		

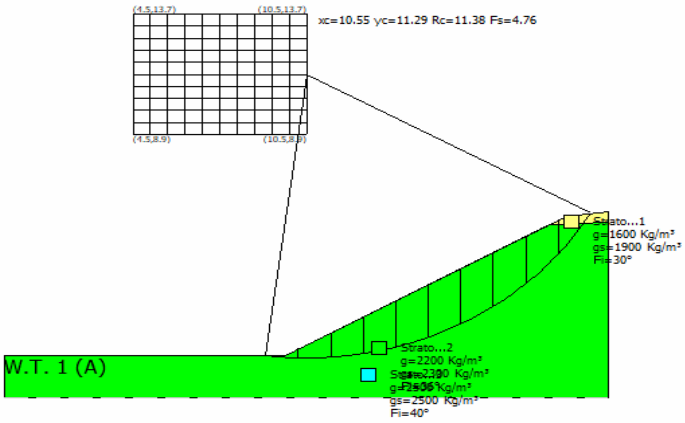
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	4.77
Ascissa centro superficie	10.55 m
Ordinata centro superficie	11.77 m
Raggio superficie	12.34 m

xc = 10.549 yc = 11.771 Rc = 12.336 Fs=4.773

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.47	-13.9	1.51	754.18	3.77	1.51	0.48	30.2	0.0	1150.6	1509.9
2	1.47	-6.9	1.48	1743.27	8.72	3.49	0.48	30.2	0.0	1947.2	1567.5
3	1.47	-0.1	1.47	3326.21	16.63	6.65	0.48	30.2	0.0	3329.3	1710.6
4	1.47	6.7	1.48	5588.82	27.94	11.18	0.48	30.2	0.0	5397.3	1948.9
5	1.47	13.7	1.51	7194.44	35.97	14.39	0.48	30.2	0.0	6882.7	2143.2
6	1.47	20.9	1.57	8203.3	41.02	16.41	0.48	30.2	0.0	7898.2	2310.5
7	1.47	28.4	1.67	8611.93	43.06	17.22	0.48	30.2	0.0	8458.3	2461.7
8	1.47	36.5	1.83	8184.49	40.92	16.37	0.48	30.2	0.0	8268.8	2584.9
9	1.47	45.6	2.1	6653.05	33.27	13.31	0.48	30.2	0.0	6784.2	2670.0
10	1.47	56.7	2.68	3210.34	16.05	6.42	0.48	30.2	0.0	1816.8	2647.6

VALUTAZIONE FRONTI DI SCAVO 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	4.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.7 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: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.24	0.2	0.0049	0.0024
S.L.V.	0.552	0.2	0.0113	0.0056
S.L.C.	0.684	0.2	0.014	0.007

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.005
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	19.65	5.59
4	21.07	5.8

Falda

Nr.	X (m)	y (m)

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	9.8	0.0
4	19.01	5.24
5	21.07	5.35

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)

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	0.6		36	2200	2300		
3	0.8		40	2500	2500		

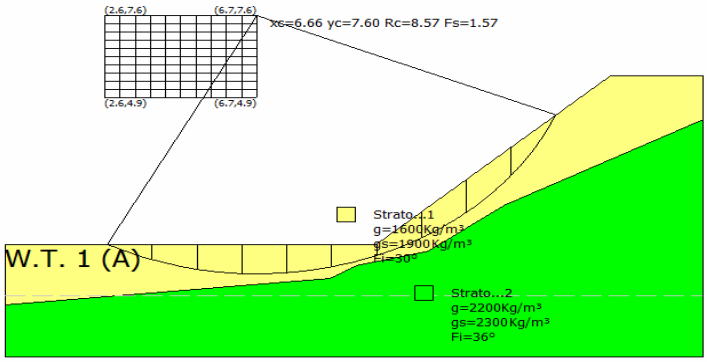
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	4.76
Ascissa centro superficie	10.55 m
Ordinata centro superficie	11.29 m
Raggio superficie	11.38 m

xc = 10.549 yc = 11.288 Rc = 11.376 Fs=4.762

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.13	-4.3	1.14	160.64	0.8	0.32	0.48	30.2	0.0	241.2	1068.0
2	1.13	1.4	1.13	1685.27	8.43	3.37	0.48	30.2	0.0	1655.3	1222.4
3	1.13	7.2	1.14	3050.6	15.25	6.1	0.48	30.2	0.0	2902.6	1368.6
4	1.13	13.0	1.16	4155.99	20.78	8.31	0.48	30.2	0.0	3919.2	1500.5
5	1.13	18.9	1.2	4956.4	24.78	9.91	0.48	30.2	0.0	4685.0	1617.5
6	1.13	25.1	1.25	5423.14	27.12	10.85	0.48	30.2	0.0	5182.1	1721.6
7	1.13	31.6	1.33	5509.09	27.55	11.02	0.48	30.2	0.0	5352.6	1813.0
8	1.13	38.6	1.45	5136.12	25.68	10.27	0.48	30.2	0.0	5062.8	1890.4
9	1.13	46.4	1.64	4165.81	20.83	8.33	0.48	30.2	0.0	3994.1	1948.7
10	1.13	55.6	2.0	1815.58	9.08	3.63	0.48	30.2	0.0	456.6	1888.

VALUTAZIONE FRONTI DI SCAVO CABINA



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.397066/8.393963
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	2.0
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	2.63 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	4.88 m
Ascissa vertice destro superiore xs	6.66 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7.6 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: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.24	0.2	0.0049	0.0024
S.L.V.	0.552	0.2	0.0113	0.0056
S.L.C.	0.684	0.2	0.014	0.007

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.005
Coefficiente azione sismica verticale 0.002

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	9.8	0.0
3	16.0	5.6
4	18.47	5.6

Falda

Nr.	X (m)	y (m)

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.0
2	8.6	-1.1
3	9.3	-0.7
4	11.2	-0.2
5	13.2	1.3
6	18.47	4.17

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	0.6		36	2200	2300		

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

Fs minimo individuato	1.57
Ascissa centro superficie	6.66 m
Ordinata centro superficie	7.6 m
Raggio superficie	8.57 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 6.657 yc = 7.605 Rc = 8.575 Fs=1.571

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.19	-23.2	1.29	534.15	2.67	1.07	0.0	24.8	0.0	656.3	175.4
2	1.19	-14.8	1.23	1308.32	6.54	2.62	0.0	24.8	0.0	1455.5	389.0
3	1.19	-6.7	1.2	1734.29	8.67	3.47	0.0	24.8	0.0	1802.3	481.7
4	1.19	1.3	1.19	1839.41	9.2	3.68	0.0	24.8	0.0	1828.7	488.8
5	1.19	9.3	1.2	1629.95	8.15	3.26	0.0	24.8	0.0	1582.4	422.9
6	1.19	17.5	1.25	1093.21	5.47	2.19	0.0	24.8	0.0	1057.2	282.6
7	1.19	26.1	1.32	1252.93	6.26	2.51	0.0	24.8	0.0	1233.6	329.7
8	1.19	35.4	1.46	1955.68	9.78	3.91	0.0	24.8	0.0	2016.1	538.9
9	1.19	46.0	1.71	2068.98	10.34	4.14	0.0	24.8	0.0	2332.4	623.4
10	1.19	59.6	2.35	1200.08	6.0	2.4	0.0	24.8	0.0	1628.3	435.2