



# COMUNE DI ORMEA PROVINCIA DI CUNEO

## ***PROGETTO ESECUTIVO*** SISTEMAZIONE MOVIMENTO FRANOSO BORGATA CHIESA (CHIONEA) CONSEQUENTI AGLI EVENTI ALLUVIONALI DEL MESE DI NOVEMBRE 2016 CODICE INTERVENTO CN\_A18\_430\_16\_516

### 12 – RELAZIONE GEOLOGICA

GEOLOGO INCARICATO:  
Geol. Aldo Acquarone  
Via Aleramo n° 129  
12075 Garessio

COMMITTENTE:  
COMUNE DI ORMEA  
Via Teco n° 1  
12078 ORMEA (CN)  
Tel 0174/391101  
e/mail [ormea@reteunitaria.piemonte.it](mailto:ormea@reteunitaria.piemonte.it)

*Ormea lì Ottobre 2017*

## INDICE

1.	<b>PREMESSA</b>	1
2.	- <b>CONSIDERAZIONI GENERALI</b>	2
3.	- <b>INQUADRAMENTO GENERALE</b>	3
4.	- <b>LINEAMENTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI</b>	5
5.	- <b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b>	7
6.	- <b>CARATTERIZZAZIONE TECNICA DEI TERRENI</b>	9
7.	- <b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E CONSIDERAZIONI GEOLOGICO TECNICHE</b>	11
8.	<b>DESCRIZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI DALLE PROVE MASW E DELLE PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE E DELL'ACQUISIZIONE HVSr</b>	13

### 1. **PREMESSA**

A seguito dell'incarico ricevuto dal Comune di Ormea, in merito alla progettazione esecutiva dei lavori di "CONSOLIDAMENTO MOVIMENTO FRANOSO IN FRAZIONE CHIONEA - Evento alluvionale novembre 2016 (codice intervento CN\_A18\_430\_16\_516)", lo scrivente si è occupato di eseguire l'indagine geologico-tecnica, parte integrante del progetto in questione.

A tal fine sono stati inizialmente predisposti i rilievi topografici e geologico tecnici, è stata effettuata una ricerca delle principali problematiche che hanno interessato il tratto di versante e si sono quindi individuate le principali strategie d'intervento.

Per chiarire la posizione della superficie di scivolamento e quindi lo spessore della coltre detritica in dissesto sono state eseguite prospezioni geofisiche vista l'impossibilità in questa fase di raggiungere il sito con attrezzature più complesse come ad esempio quelle necessarie all'esecuzione di sondaggi geognostici.

La scelta tipologica degli interventi è stata effettuata tenendo in debita considerazione la situazione emersa dalle propedeutiche considerazioni geologico – tecniche.

*La presente indagine è effettuata a supporto del progetto dei primi interventi urgenti da realizzare sul tratto di versante in esame, redatto in riferimento ed ai sensi:*

- dell'Ordinanza commissariale n. 3/A18.000/430 del 22/03/2017 - Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici verificatesi nell'ultima decade del mese di novembre 2016 nel territorio della Regione Piemonte. Approvazione del Piano degli interventi e disposizioni amministrativo-contabili.*

*Nella relazione sono illustrate le tecniche d'intervento, le considerazioni geologico tecniche sulle opere e le lavorazioni previste. Si rimanda agli elaborati grafici progettuali per ulteriori chiarimenti.*

*Sulla scorta della indicazioni ricevute, effettuati gli opportuni rilievi ed accertamenti in loco, si espone quanto segue.*

*Si riporta in allegato la relazione con le risultanze dell'indagine sismica.*

## **2. - CONSIDERAZIONI GENERALI**

Durante l'evento alluvionale del novembre 2016, l'alta Val Tanaro è stata pesantemente colpita da dissesti legati alla dinamica dei versanti e da esondazioni, alluvionamenti ed erosioni associate alla dinamica fluviale e torrentizia.

La rete idrografica secondaria ha avuto portate considerevoli con attività torrentizia a tratti intensa o distruttiva.

I rii che hanno avuto maggior trasporto solido sono stati quelli in cui si sono registrate le maggiori precipitazioni associate però a frane di vario tipo con evoluzione a colata fino agli alvei di piena.

Nel bacino del Rio Chiappino, in più punti sono avvenute frane anche di dimensioni rilevanti. Nella maggior parte dei casi sono stati interessati terreni agricoli, boschi, prati e pascoli senza danni diretti ad infrastrutture od abitazioni, ma in più casi sono state minacciate abitazioni e la rete stradale principale e secondaria.

Gli interventi del presente progetto riguardano in particolare una frana incipiente, di dimensioni considerevoli (nicchia di distacco di almeno 60 m) lungo il versante appena a monte dell'abitato di Chionea.

In fase di emergenza, nei giorni dell'evento meteorologico, a cura dei residenti sono stati effettuati interventi di regimazione delle acque superficiali con ripristino di alcune cunette per l'allontanamento delle acque verso canalizzazioni esistenti.

Il dissesto ha avuto solo parziale evoluzione a colata ma il coronamento evidenzia una porzione di versante potenzialmente instabile con concreto pericolo per le abitazioni, la chiesa e la strada comunale poste a valle.

Gli interventi del presente progetto riguardano quindi la sistemazione del movimento franoso con interventi mirati essenzialmente a limitare le cause scatenanti, essendo di difficile realizzazione interventi di consolidamento basati su opere di sostegno poiché la potenziale superficie di scivolamento è posta a 6 – 8 m dal piano di campagna.

Le opere saranno quindi finalizzate soprattutto alla regimazione delle acque superficiali e profonde, causa determinante del dissesto.

### **3. - INQUADRAMENTO GENERALE**

Gli interventi in progetto sono situati nel comune di Ormea a monte della frazione Chionea, nell'ambito del bacino idrografico del Torrente Chiappino, uno dei settori dove l'evento alluvionale è stato maggiormente intenso ed ha creato maggiori problematiche di dissesto.

Il versante si presenta mediamente acclive, caratterizzato estesamente dalla presenza di antichi terrazzamenti con rari muretti in pietra a secco e prevalenti ciglioni erbosi, in fase di ricolonizzazione da bosco misto e localmente da castagneti da frutto. Nella zona prossima all'abitato il versante terrazzato è ancora utilizzato a fini agricoli (orti, seminativi e prato pascolo).

Le intense precipitazioni hanno comportato la saturazione del terreno e lo scivolamento di vaste porzioni di versante, con nicchie di distacco localizzate a poche decine di metri dalle abitazioni (meno di 80 m). Fortunatamente il dissesto di più vaste dimensioni ha avuto spostamenti metrici senza una completa evoluzione che avrebbe comportato inevitabilmente il coinvolgimento di edifici abitati.

Le informazioni di carattere topografico relative alle zone in studio sono compendiate:

- nella Carta Tecnica Regionale, sezione 244030 alla scala 1:10.000.
- nella Cartografia Catastale del comune di Ormea, al foglio n° 52

Nello specifico elaborato di progetto sono riportate le cartografie citate con individuazione delle zone di intervento.

I movimenti franosi sono diretta conseguenza dell'evento meteorico eccezionale del mese di novembre 2016.

L'intervento in progetto riguarda quindi la realizzazione di opere volte alla stabilizzazione del dissesto.

Il materiale risultante dagli scavi necessari per la realizzazione delle lavorazioni e manufatti verrà impiegato esclusivamente in loco per la risagomatura della superficie di frana.

Per meglio inquadrare la situazione generale dei siti si riporta nel seguito uno stralcio dell'ortofoto a colori (fonte Google Maps), con evidenziata l'area in esame.



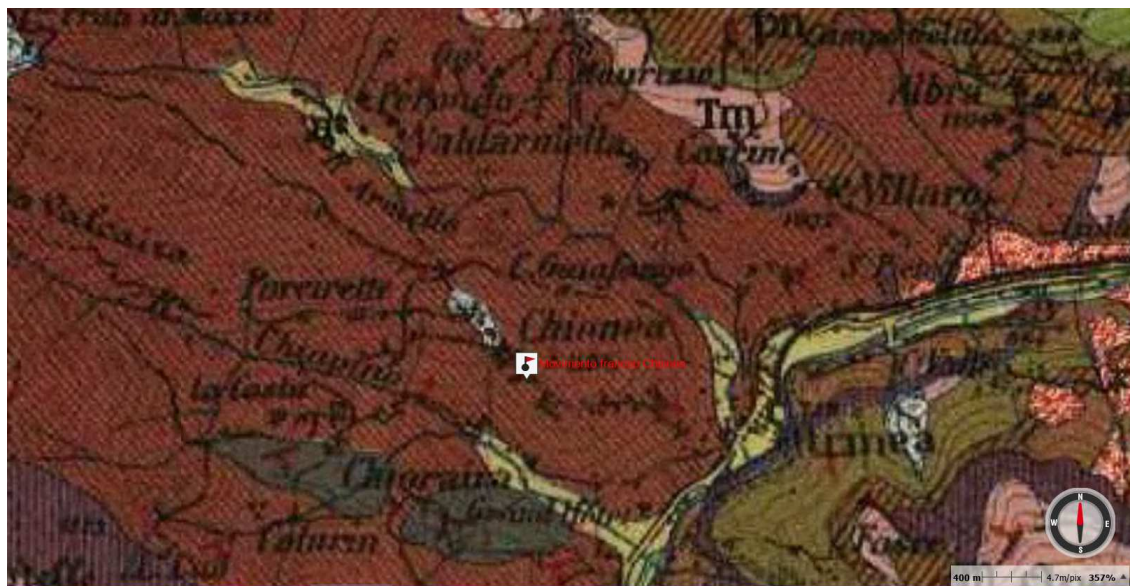
**Foto n° 1: Foto aerea (fonte Google Maps) zona d'intervento Frana Chionea**

#### **4. - LINEAMENTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI**

Per un inquadramento geologico generale si segnala il Foglio n° 91 BOVES della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e le relative Note Illustrative, la guida geologica regionale "Alpi Liguri" edita a cura della Società Geologica Italiana, gli elaborati geologici allegati al P.R.G.C. ed alcune pubblicazioni a cura di M. Vanossi che hanno riguardato questo tratto della Alta Val Tanaro.

La Valle Tanaro è impostata in litotipi appartenenti alla Zona Brianzonese, una delle principali unità tettonico - stratigrafiche dell'arco alpino occidentale.

In particolare, nell'area in esame affiorano litotipi appartenenti al "tegumento permio - carbonifero" della formazione vulcanica dei porfiroidi del Melogno.



**Figura n° 1: Estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, foglio 91 Boves con individuazione dell'area in esame.**

Il substrato roccioso non è in affioramento nell'ambito delle nicchie di distacco e/o nelle scarpate stradali in corrispondenza degli interventi; le prospezioni geofisiche effettuate hanno mostrato uno spessore dei terreni di copertura di alcuni metri.

I dissesti si sono innescati a carico di terreni detritici di copertura e/o terreni di riporto legati all'antica realizzazione dei terrazzamenti in scavo/riporto.

In specifico elaborato si allegano alcune foto significative dei siti con evidenziata la situazione litologica in corrispondenza delle nicchie di distacco delle frane.

Nella zona di testata del rio Chiappino l'evento alluvionale del novembre 2016 ha comportato precipitazioni meteoriche di oltre 500 mm concentrate in poco più di 24 ore. In tali condizioni le coltri di copertura detritica sono state coinvolte in frequenti situazioni di dissesto. I siti d'intervento si inseriscono in situazioni litologiche caratterizzate da presenza di substrato roccioso a bassa permeabilità ed a limitata profondità e terreni di copertura detritica con frazione fine abbondante ma con permeabilità relativamente maggiore a quella del substrato.

La pendenza dei versanti è altra causa predisponente al dissesto.



I lavori di rimodellamento e ripristino dei terrazzamenti dovranno essere affiancati ad interventi volti a limitare le cause determinanti del franamento, legate alle acque meteoriche, di ruscellamento da monte e di infiltrazione.

Soprattutto per quanto riguarda le acque di ruscellamento superficiale una buona e periodica manutenzione delle opere di canalizzazione ed allontanamento previste a progetto potrà essere rimedio alla maggior parte delle situazioni di potenziale instabilità.

Vista la presenza di abbondante circolazione idrica sotterranea sono previste opere di regimazione delle acque profonde per contenere l'altezza della falda.

In particolare si prevedono alcuni gruppi di drenaggi sub orizzontali disposti come da planimetria e sezioni di progetto.

Lungo la strada comunale viene ripristinato un tratto di muretto di sostegno e la pulizia/consolidamento di un attraversamento.

## **5. - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

I versanti in questione, pur avendo una predisposizione al dissesto per la natura dei terreni detritici di copertura ed in generale per la pendenza, non presentavano situazioni di instabilità conosciuti e documentati.

Una evidente paleofrana interessa il versante prossimo alla borgata ma non in corrispondenza del dissesto in oggetto.

I terrazzamenti esistenti erano stati realizzati in tempi storici, verosimilmente alcune centinaia di anni fa, contemporaneamente alla nascita delle borgate stesse.

Alcuni edifici risultano datati intorno al 1600 ma non si esclude che l'utilizzo agricolo ed il terrazzamento dei versanti sia addirittura precedente.

La Carta geomorfologica, dei dissesti e della dinamica fluviale del PRGC evidenzia bene la situazione di dissesto diffuso e di fragilità geomorfologica del territorio ma l'assenza di dissesti pregressi in corrispondenza degli interventi in progetto.



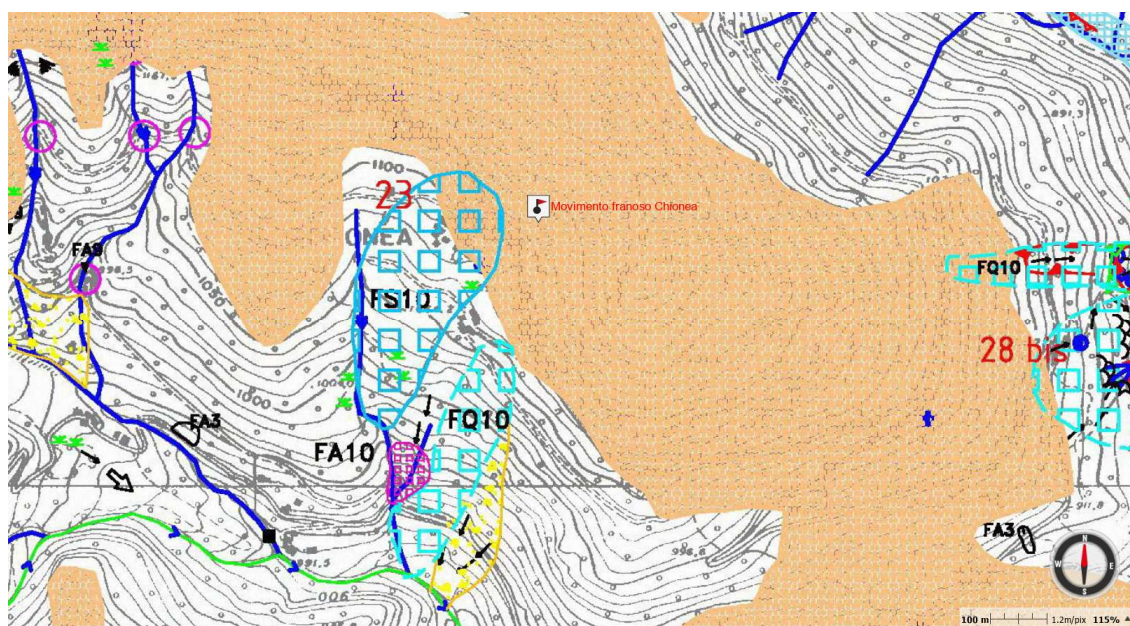


Figura n° 2: Estratto della Carta Geomorfologica allegata al PRG di Ormea

Anche La cartografia IFFI e SIFRAP confermano quanto sopra riportato non riportando comunque le frane a valle dell'abitato.

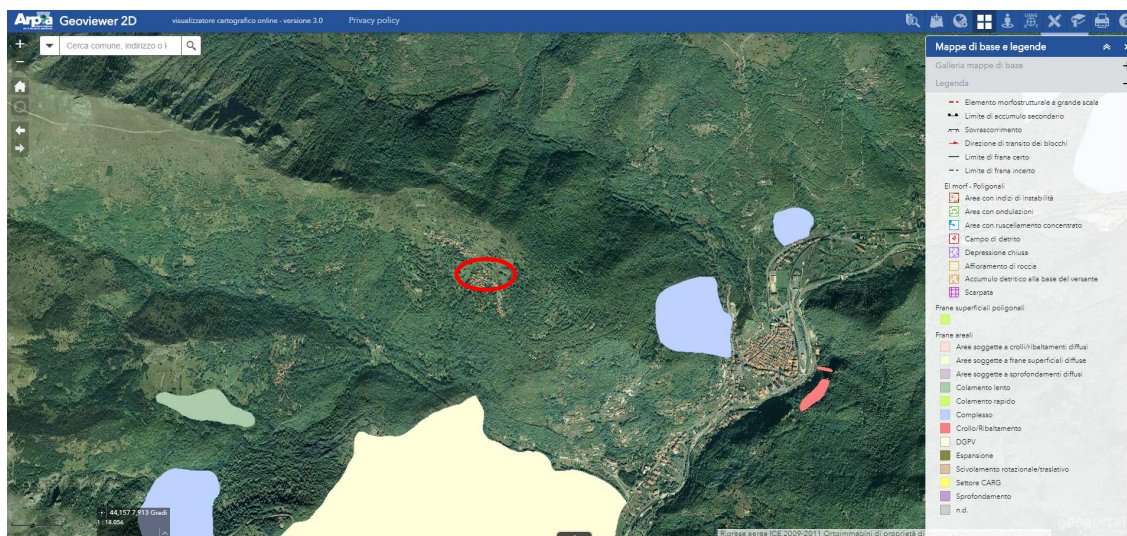


Figura n° 3: Estratto della cartografia SIFRAP\_SI\_Frane\_Piemonte tratto dal portale Arpa

## **6. - CARATTERIZZAZIONE TECNICA DEI TERRENI**

In relazione all'assetto stratigrafico locale, evidenziato tramite il rilievo di superficie, le prospezioni geofisiche e l'esame degli affioramenti portati a giorno dai fenomeni franosi, considerata la natura e tipologia degli interventi in progetto, in questa fase d'indagine non si è ritenuto di predisporre l'esecuzione di altre prove geognostiche in sito, vista anche la difficoltà di raggiungere il sito con macchine operatrici.

La successione stratigrafica dei terreni che costituiscono il versante in corrispondenza dell'opera in progetto, definita in base ai rilievi geofisici e all'esame delle scarpate naturali presenti lungo il versante può essere sintetizzata come segue:

<b>da m a m dal p.c.</b>	<b>Litotipo</b>
0,0 - 2,0	da 0 a -2,00 m dal piano di campagna rappresentato dal terrazzamento – Livello vegetale e riporti antropici, caratterizzati da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,21 km/s; Terreno a tessitura ghiaioso - sabbioso – limosa, con presenza di ciottoli decimetrici
2 – 6/8 m	Livello costituito da coltre detritica, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali pari a 0,84 km/s; deposito detritico a componente sabbioso – limosa a tratti prevalente con frequenti ciottoli; i ciottoli sono spesso alterati e con natura che rispecchia quella del substrato litoide (litotipi più o meno scistososi);
> 6 - 8	Probabile substrato roccioso fratturato (rappresentato nella zona dai Porfiroidi del Melogno), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 1,34 km/s (affioramenti in zona di cresta)

Nel periodo primaverile è stata rilevata la presenza di modeste percolazioni ed emergenze idriche in prossimità della scarpata di distacco del dissesto maggiore che potrebbe indicare il possibile limite di permeabilità, costituito dal substrato rispetto alla copertura detritica generalmente più permeabile, che rende probabile la presenza di falde effimere e/o temporanee durante periodi di prolungate e/o forti precipitazioni con conseguente destabilizzazione dei terreni della coltre superficiale e potenziale innesco di dissesti come nel caso in esame.

La definizione dei valori dei parametri geotecnici fondamentali relativi ai terreni di copertura è avvenuta per raffronto con quelli relativi a contesti strettamente analoghi, in località limitrofe. In particolare, si possono assumere:

Parametri geotecnici	GHIAIE E SABBIE limose con CIOTTOLI	SABBIE LILOSE
$\gamma$ [kN m <sup>-3</sup> ]	18 - 19	18 - 19
$\phi'$ [°]	30 - 32	26 - 28
cu [kPa]	0	25 - 50

La caratterizzazione geotecnica dei materiali potrà essere ulteriormente verificata dall'analisi dei campioni prelevati durante l'esecuzione degli scavi.

La descrizione del comportamento meccanico delle litologie prequaternarie descritte rientra nel campo della meccanica delle rocce, pertanto la caratterizzazione dei litotipi affioranti nell'area è stata realizzata a seguito di un rilievo geostrutturale eseguito in loco sulla roccia in affioramento nell'ambito della sommità pendio.

In base alle risultanze delle indagini e rilievi in sito, le perforazioni per la predisposizione delle opere di drenaggio profondo, raggiungeranno il substrato roccioso generalmente posto a 6 / 8 m di profondità.

Le fondazioni del muro in pietrame da ripristinare saranno impostate nell'ambito dei terreni detritici dotate di discrete caratteristiche geotecniche posti al di sotto delle coperture più superficiali.

Tutte le operazioni di posa delle fondazioni della struttura saranno precedute da accurati disaggi e pulizie del versante in modo da evitare l'appoggio delle opere su porzioni rocciose o detritiche potenzialmente mobilizzabili.

La posizione della fondazione sarà comunque valutata in dettaglio in corso d'opera a seguito della realizzazione dei lavori di pulizia, disaggio e scavo.

La sistemazione del corpo di frana potrà invece avvenire con strutture di contenimento della coltre superficiale basate sui criteri dell'ingegneria naturalistica (palificate semplici) che abbinano ad una buona capacità drenante, l'adattabilità a condizioni morfologiche difficili, la flessibilità e quindi la possibilità di subire modesti cedimenti senza pregiudicarne l'azione di sostegno.

Le canalette superficiali potranno essere ricavate nei terreni superficiali ma dovranno essere disposte con adeguata pendenza per evitare ristagni idrici.

## **7. – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E CONSIDERAZIONI**

### **GEOLOGICO TECNICHE**

Gli interventi previsti nel presente progetto riguardano la sistemazione dei dissesti a monte dell'abitato di Chionea con attenuazione della situazione di rischio in cui si trova l'abitato e la strada comunale. Si ricorda però la presenza diffusa di situazioni che necessiteranno di ulteriori interventi sia alle opere di sostegno / regimazione delle acque che alla rete stradale, a tratti molto deteriorata.

Si raccomanda poi l'esecuzione di interventi periodici di manutenzione e pulizia delle cunette, fossi e drenaggi lungo l'intera strada comunale ed in particolare in corrispondenza dei settori d'intervento.

- **Intervento 1**

Il dissesto a monte dell'abitato verrà consolidato con opere di drenaggio profondo finalizzate ad evitare la saturazione dei terreni superficiali ed il loro conseguente franamento.

La posizione dei drenaggi sub orizzontali è stata scelta in modo da raggiungere con lunghezze ragionevoli la posizione della superficie di scivolamento ed il contatto tra terreni di copertura e substrato roccioso, limite di permeabilità su cui dovrebbe avvenire lo scorrimento idrico e lo scivolamento.

L'acqua dei drenaggi sarà raccolta in una canaletta disposta con pendenza verso la rete esistente di smaltimento delle acque bianche.

A valle del dissesto principale verrà predisposta una ulteriore canalizzazione per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche superficiali dirette verso le abitazioni.

La sistemazione del corpo di frana comporta modesti movimenti terra ed eventuali palificate semplici ed inerbimenti.

- Intervento 2

La strada comunale interna all'abitato si sviluppa a mezza costa; il movimento franoso si è sviluppato immediatamente a monte della sede stradale ed ha comportato il crollo di un tratto di muro di sostegno esistente.

L'intervento in progetto prevede quindi la ricostruzione del muro di sostegno.

La superficie del movimento franoso a monte dell'opera di sostegno sarà in parte rimodellata, utilizzando anche il materiale proveniente dagli scavi per l'inserimento del manufatto.

- Interventi 3 e 4

Lungo la strada comunale di accesso è prevista la sistemazione di due attraversamenti lesionati in occasione dell'evento alluvionale. È prevista la sistemazione dell'imbocco e la disostruzione delle canalizzazioni.

Alcuni tratti di muratura in pietrame e cemento permetteranno la sistemazione del fondo ed il consolidamento dei muri di spalla ed il raccordo tra le cunette esistenti ed il manufatto d'attraversamento.

Tutti i lavori previsti in progetto dovranno essere soggetti a periodici controlli e manutenzioni con interventi solleciti in caso di erosioni o intasamenti che modifichino sostanzialmente le condizioni di progetto.

Si raccomanda poi l'esecuzione di interventi periodici di manutenzione e pulizia delle cunette e fossi anche in corrispondenza dei settori d'intervento.

**8. DESCRIZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI DALLE PROVE MASW E**  
**DELLE PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE E**  
**DELL'ACQUISIZIONE HVSR**

**Committente: Dott. Geol. Aldo Acquarone**

Studio di geologia, idrogeologia e geotecnica  
Via Aleramo, 129 - 12.075 - GARESSIO (CN)

Bordighera, li 08 Agosto 2017

**Oggetto: Descrizione dei risultati ottenuti dalle prove MASW “Multichannel Analysis of Surface Waves”, delle prospezioni sismiche a rifrazione e dell’acquisizione HVSR eseguite in Località “Chionea” del Comune di Ormea (CN)**

### **a) Prospezioni sismiche a rifrazione**

Sono stati predisposti, il giorno 27-07-2017 n. 2 stendimenti di sismica a rifrazione (a partire dalla zona a monte, spostandosi verso valle), per definire l'andamento delle velocità delle onde p (longitudinali).

Nel dettaglio l'allineamento S1, eseguito nella zona Nord Ovest del corpo di frana, in corrispondenza di un terrazzamento (vedere foto 1 sotto allegata), ha una lunghezza pari a 36 m (oltre a 3 m di offset).

L'allineamento S2, eseguito immediatamente a valle della stesa S1 e nella zona Sud-Est della frana di cui sopra (vedere foto 2 sotto allegata), ha una lunghezza pari a 36 m (oltre a 3 m di offset).

Per le prove in situ è stata utilizzata un'apparecchiatura consistente in :

- sismografo Ambrogeo ECHO 12/2002;
- 12 geofoni da 4,5 Hz;
- mazza battente;
- pc windows compatibile.

La prospezione sismica a rifrazione si basa sulla determinazione delle velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel terreno.

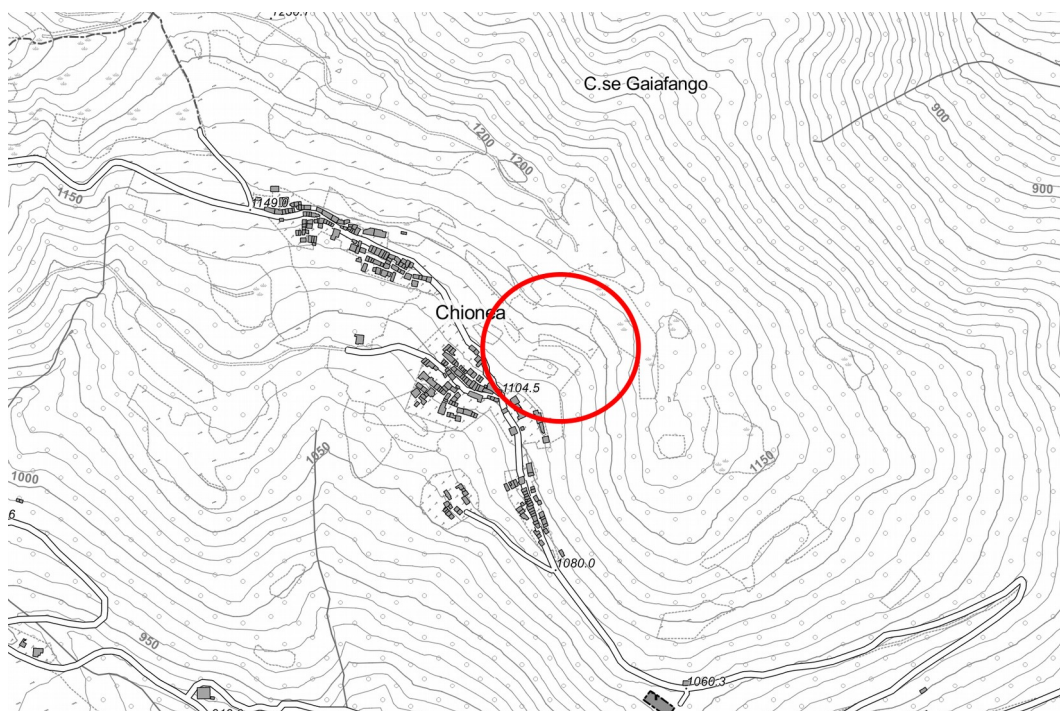
Le onde generate da una massa battente si propagano nel terreno e vengono rilevate dai geofoni, mentre i tempi di arrivo delle onde sono registrati e visualizzati sul sismografo.

Dall'elaborazione matematica dei dati si risale alla geometria dei mezzi attraversati e quindi si opera l'interpretazione grafica mediante sezioni interpretative. La profondità di investigazione è pari a circa 1/3 dello stendimento, quindi per le prospezioni sismiche S1 e S2 è pari a circa 10-12 m dal piano di campagna.

In corrispondenza delle stese sismiche S1 e S2 sono state eseguite delle acquisizioni di andata (con battuta a 3 metri dal primo geofono) e di ritorno (con battuta a 3 m dal 12° geofono), è stata eseguita anche una acquisizione centrale (con battuta tra il 6° e il 7° geofono).

Le prospezioni sismiche a rifrazione S1 e S2 sono state interpretate con il metodo GRM (o di Palmer) con il programma Intersism di Geo&Soft.





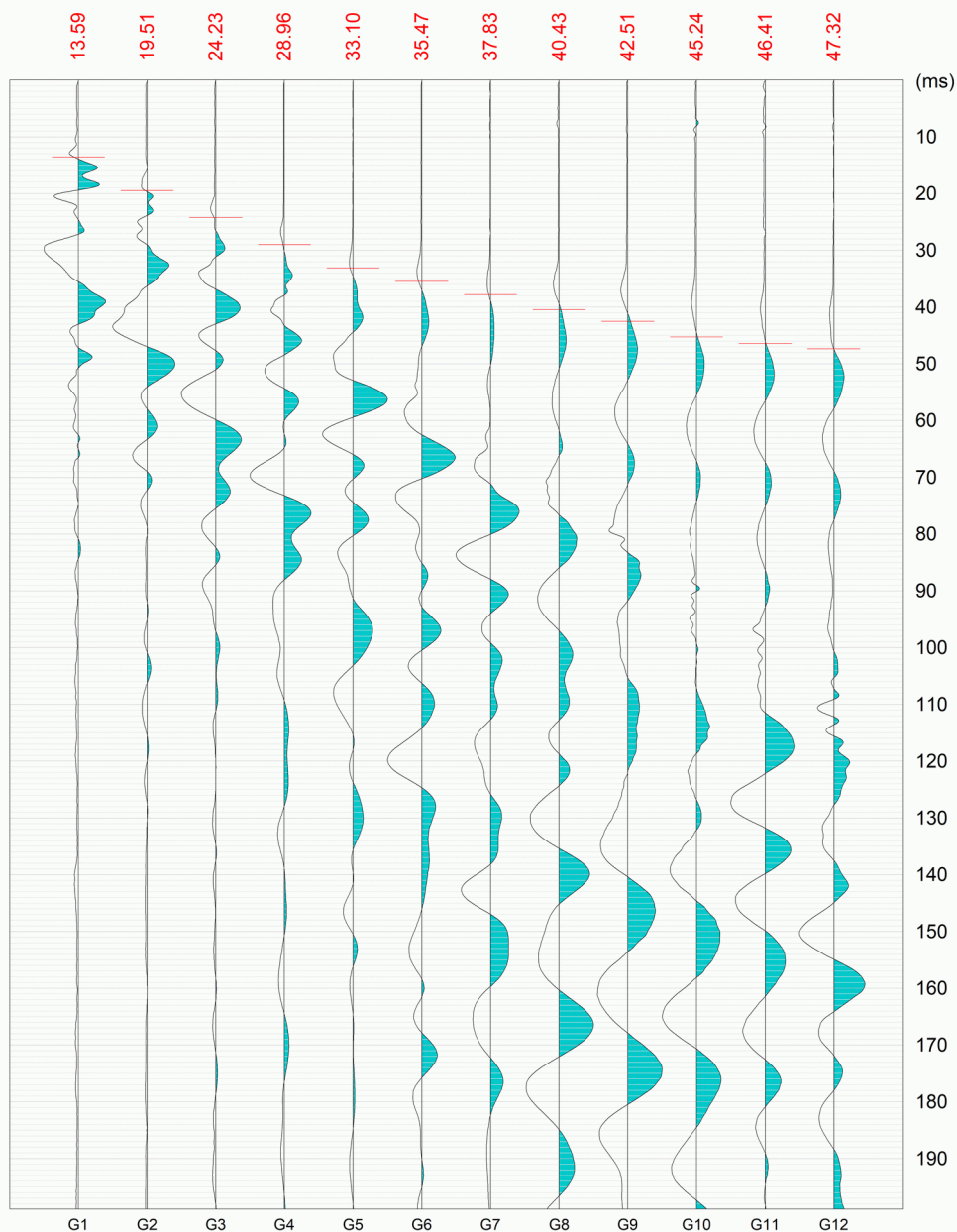
**Posizione indicativa stese a rifrazione, prove Masw e acquisizione HVSR (non in scala)**

**Prospezione sismica S1 (zona Nord Ovest del corpo di frana):**

Stesa Sismica S1 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

frana di Ormea

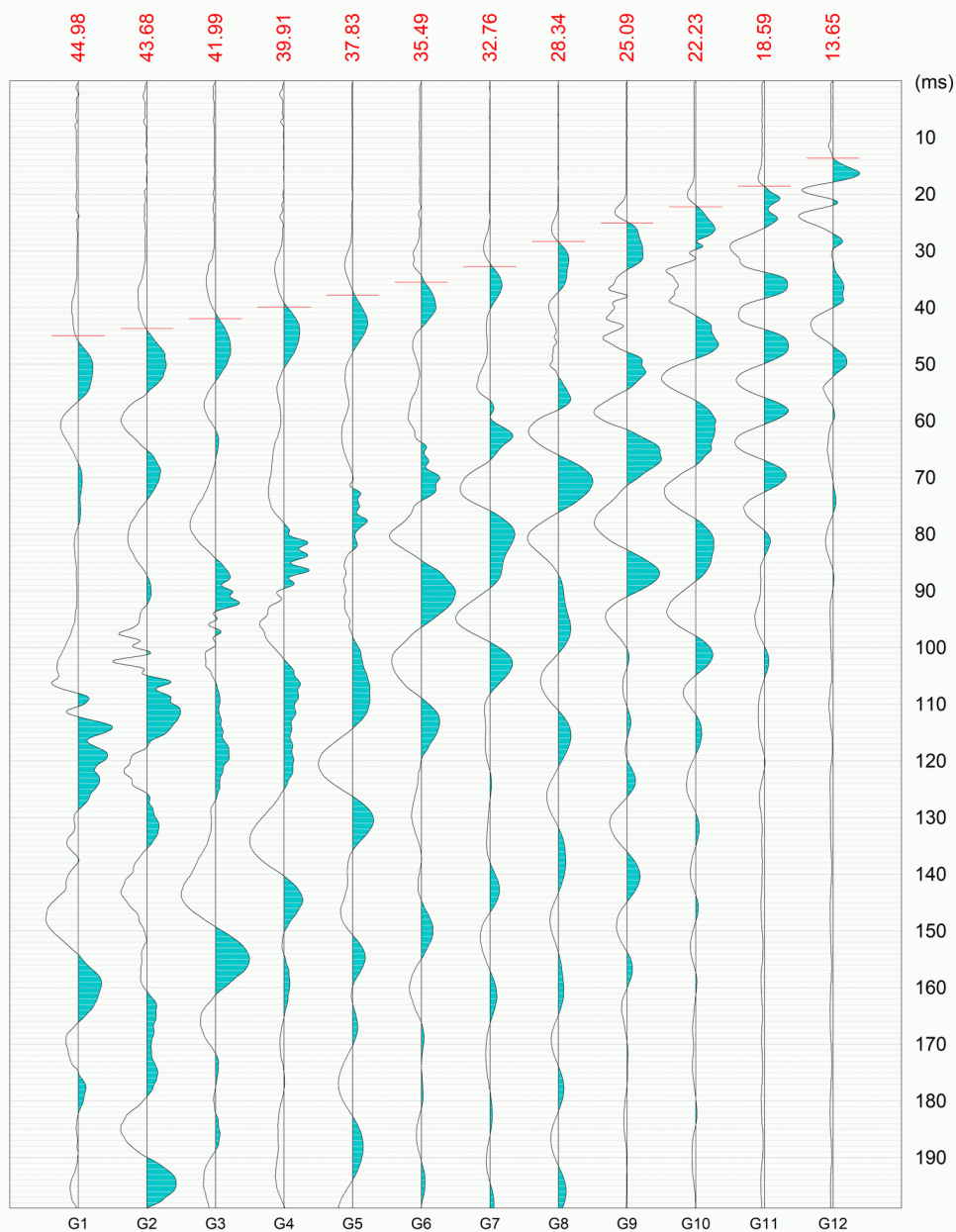


www.geoandsoft.com

Stesa Sismica S1 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

frana di Ormea

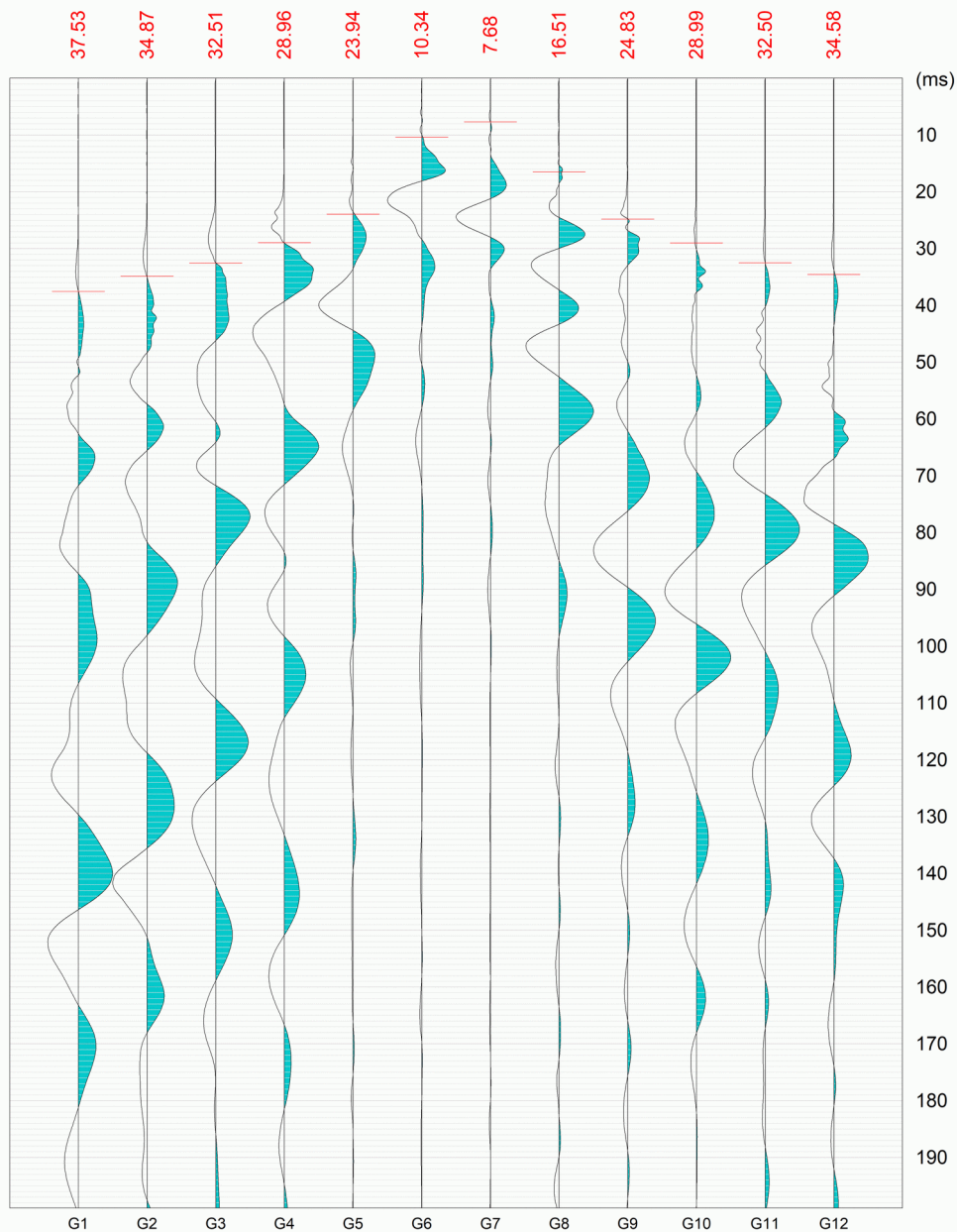


www.geoandsoft.com

Stesa Sismica S1 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

frana di Ormea



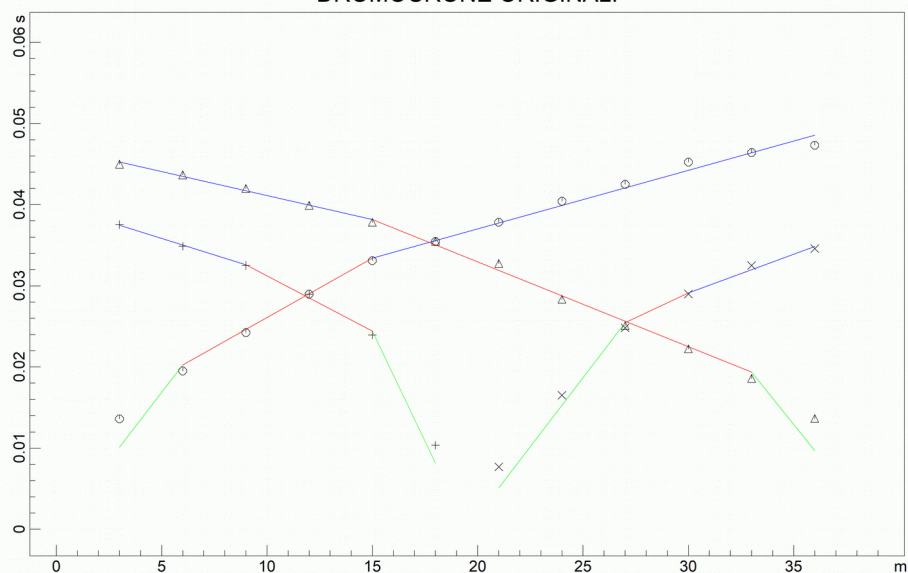
www.geoandsoft.com

Stesa Sismica S1 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

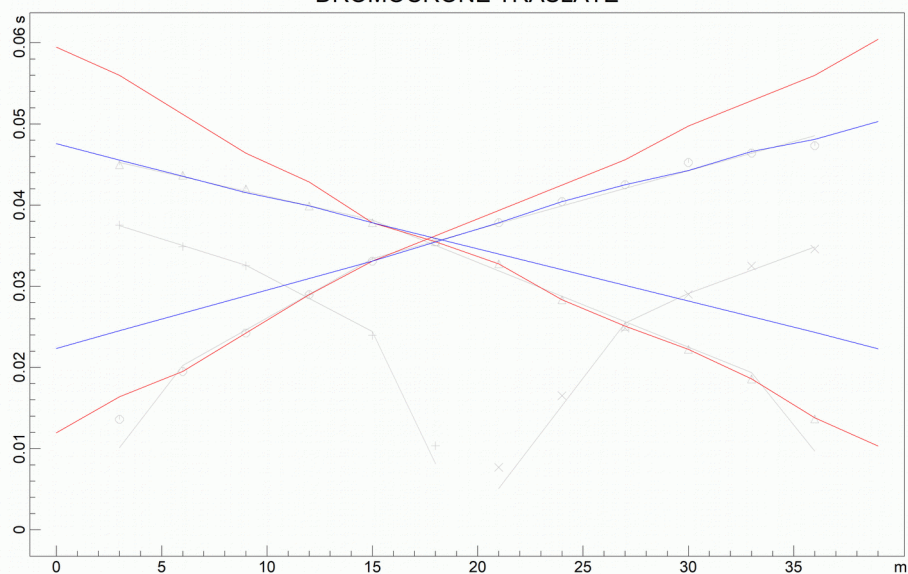
Data: 27-07-2017

frana di Ormea

DROMOCRONE ORIGINALI



DROMOCRONE TRASLATE



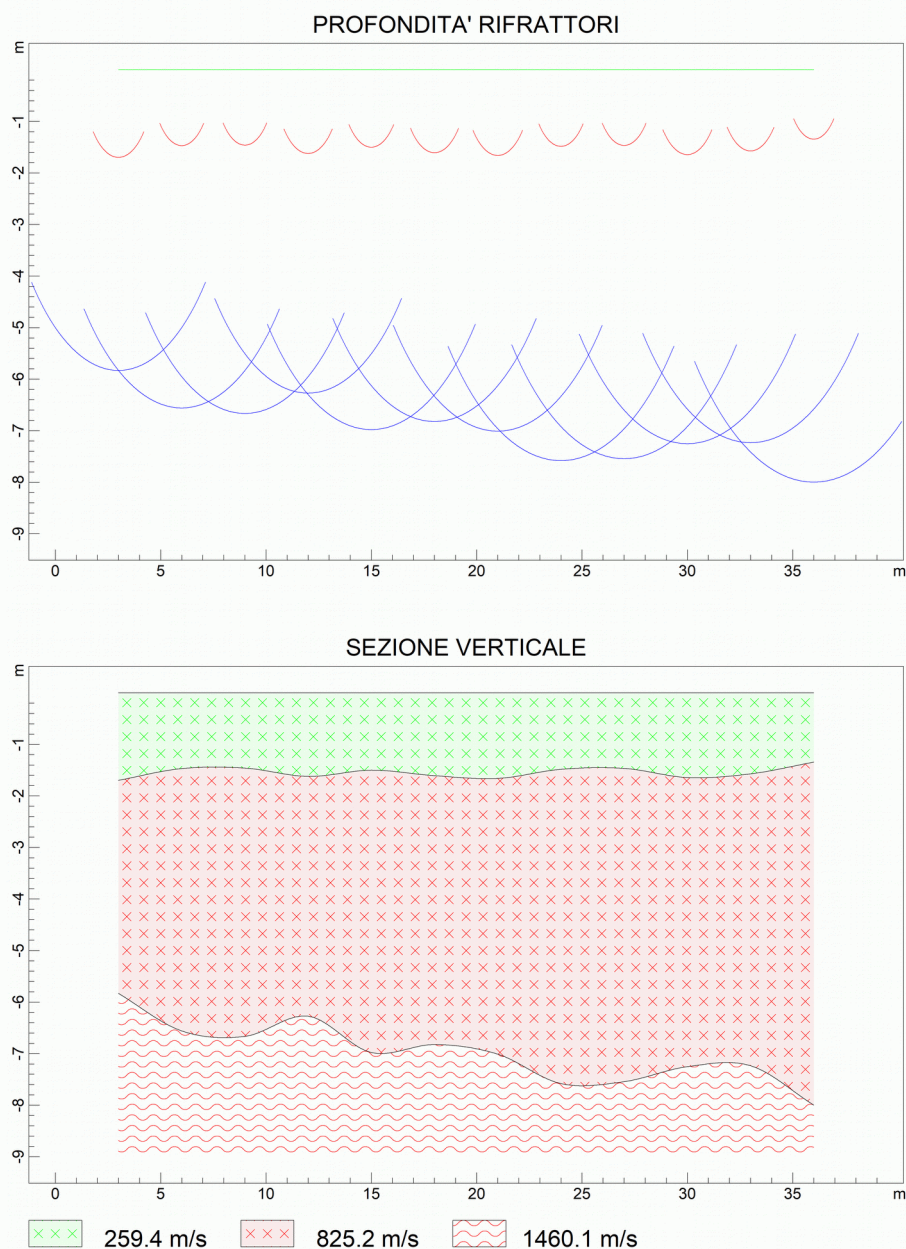
www.geoandsoft.com



Stesa Sismica S1 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

frana di Ormea



www.geoandsoft.com

Lo sparo di andata è a sinistra (zona Sud-Est della stesa) dei grafici sopra riportati e lo sparo di ritorno a destra (zona Ovest della stesa).

Per cui possono essere definiti i seguenti sismostrati :

- da 0 a -1,50 m dal piano di campagna rappresentato dal terrazzamento – Livello vegetale e riporti antropici, caratterizzati da una velocità delle onde sismiche longitudinali ( $V_p$ ) pari a 0,26 km/s;
- da -1,50 m a - 6,00/-8,00 m dal p.c. - Livello costituito da coltre detritica, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali pari a 0,83 km/s;

- da – 6,00/-8,00 m dal p.c. in poi – Probabile substrato roccioso fratturato (rappresentato nella zona dai Porfiroidi del Melogno), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali ( $V_p$ ) pari a 1,46 km/s.



Foto 1 – Esecuzione prospezione sismica a rifrazione e masw S1

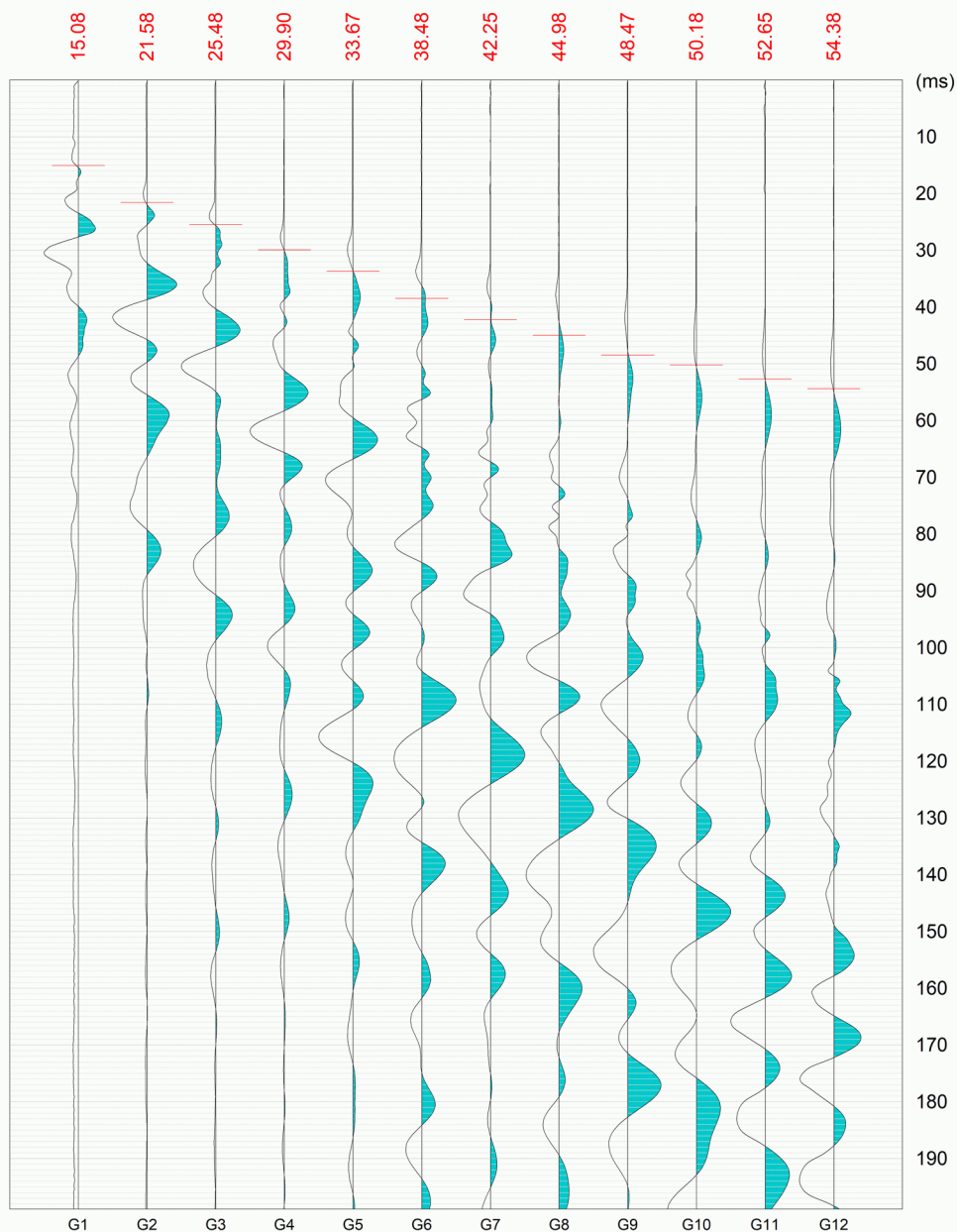


**Prospezione sismica S2 (a valle della sismica S1 e nella zona Sud-Est della frana):**

Stesa sismica S2 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Frana di Ormea

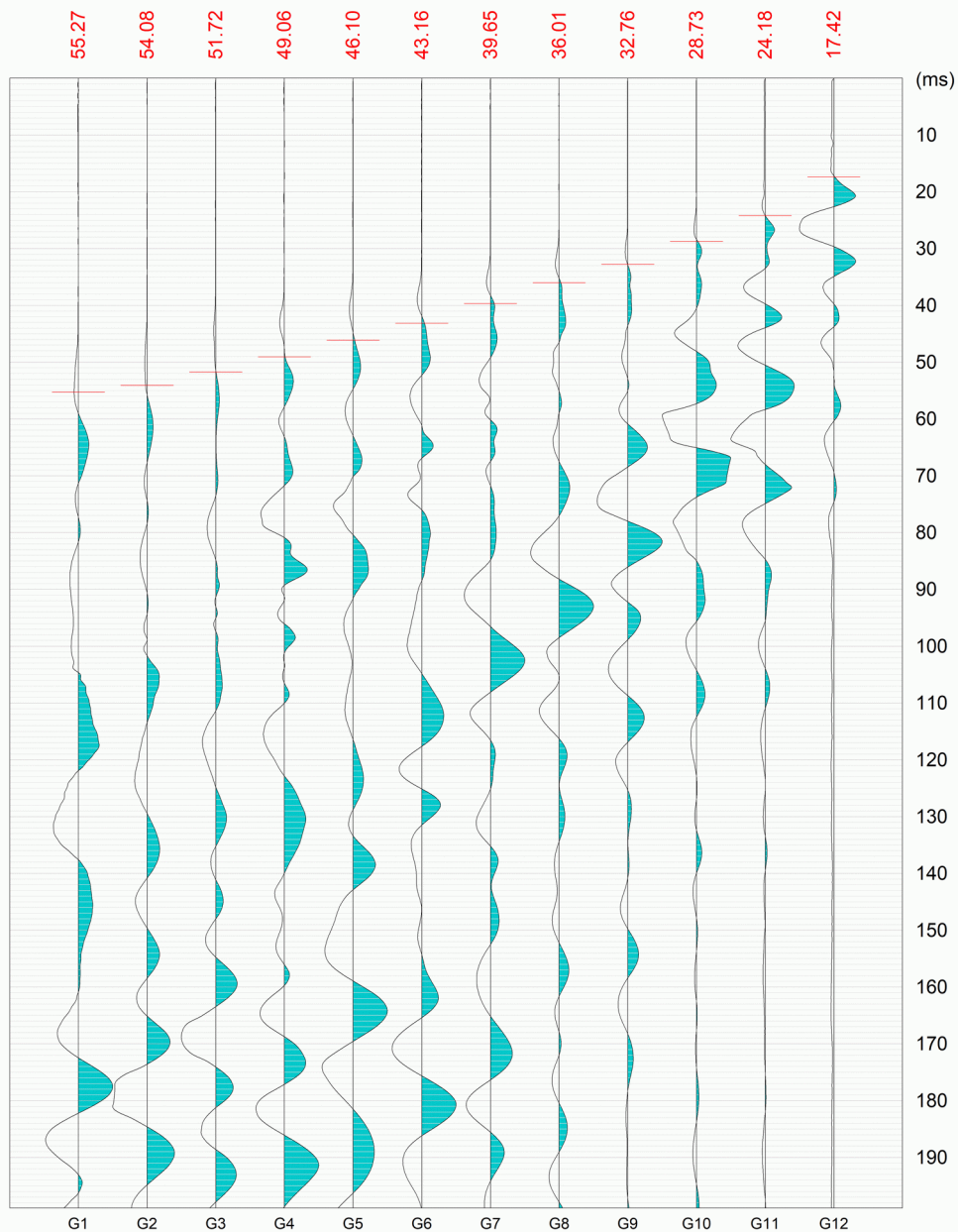


www.geoandsoft.com

Stesa sismica S2 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Frana di Ormea

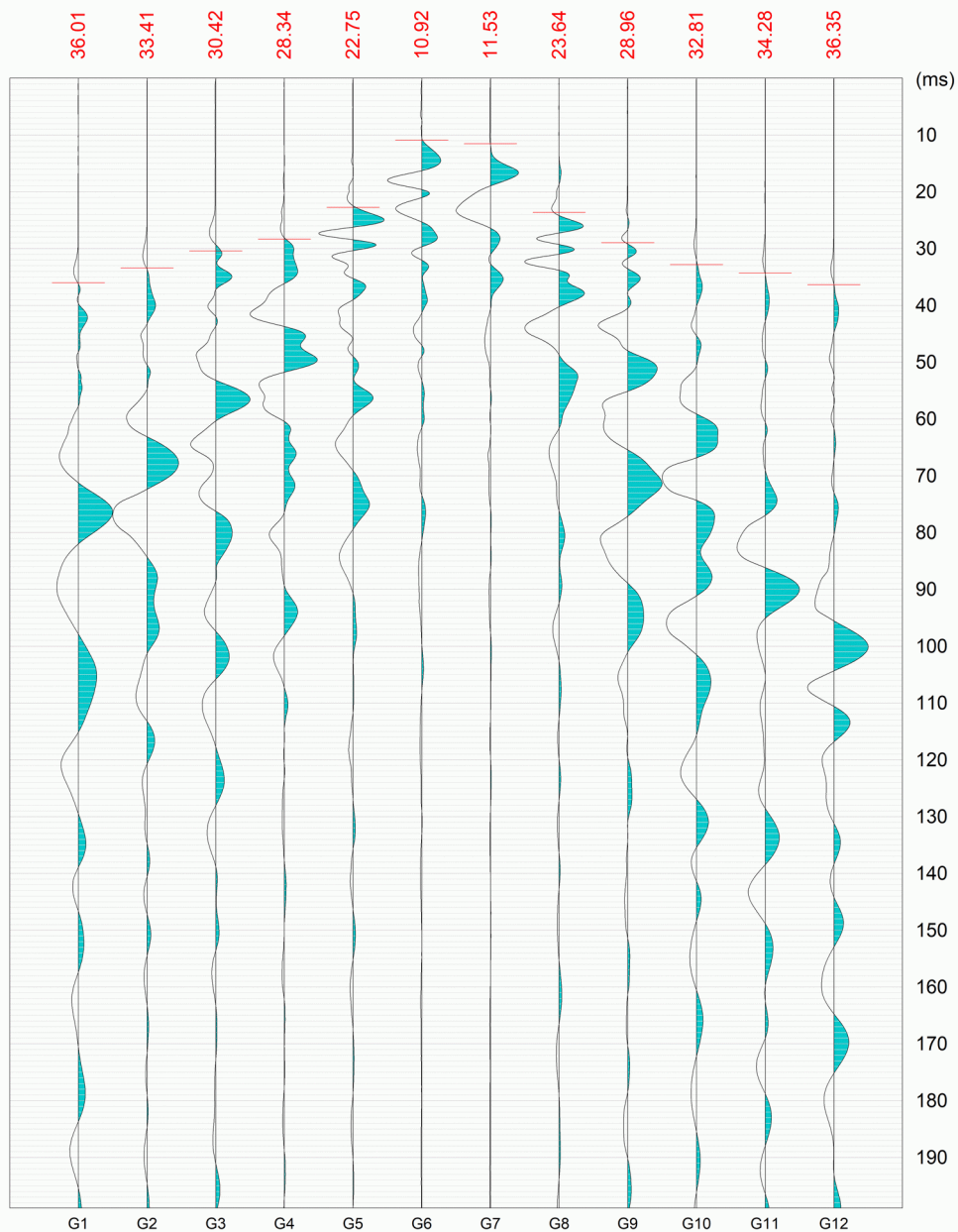


www.geoandsoft.com

Stesa sismica S2 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Frana di Ormea



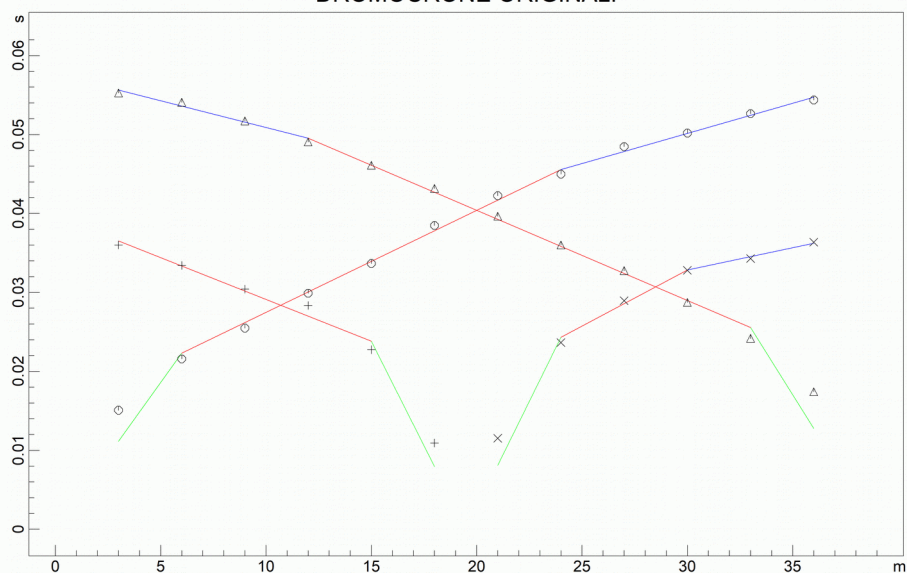
www.geoandsoft.com

Stesa sismica S2 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

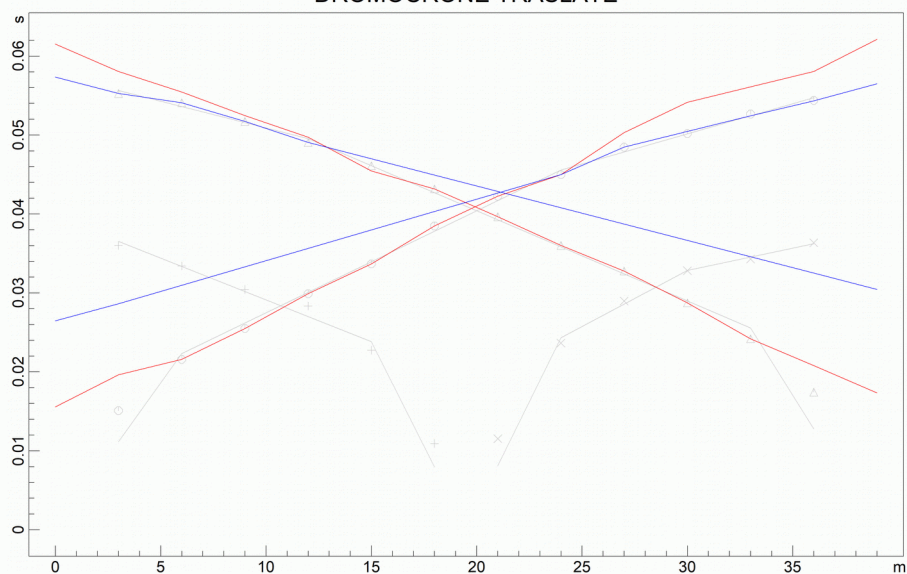
Data: 27-07-2017

Frana di Ormea

DROMOCRONE ORIGINALI



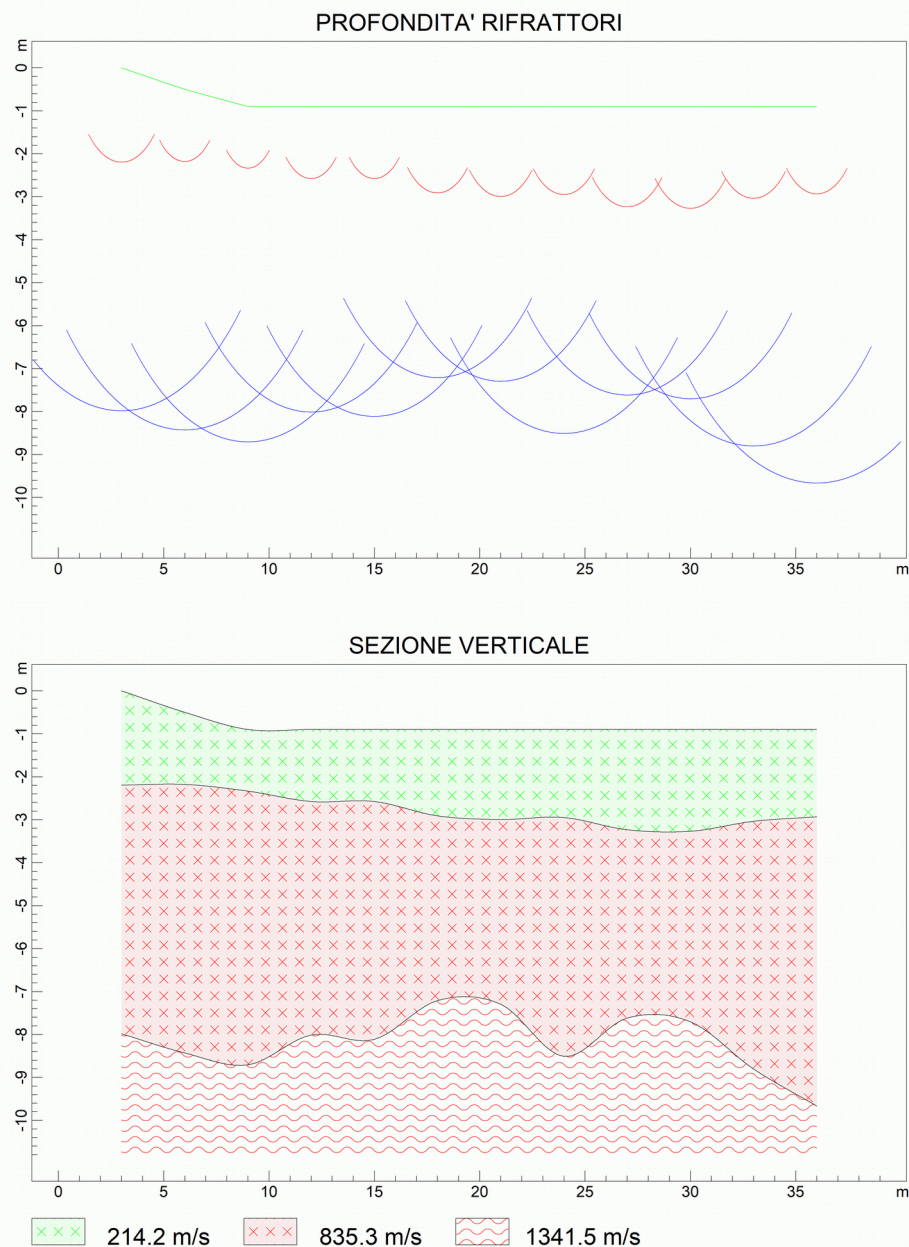
DROMOCRONE TRASLATE



Stesa sismica S2 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,50 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Frana di Ormea



www.geoandsoft.com

Per cui possono essere definiti i seguenti sismostrati :

- da 0 a -2,00 m dal piano di campagna rappresentato dal terrazzamento – Livello vegetale e riporti antropici, caratterizzati da una velocità delle onde sismiche longitudinali ( $V_p$ ) pari a 0,21 km/s;
- da -2 m a - 8,00/-9,00 m dal p.c. - Livello costituito da coltre detritica, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali pari a 0,84 km/s;
  - da - 8,00/-9,00 m dal p.c. in poi – Probabile substrato roccioso fratturato (rappresentato nella zona dai Porfiroidi del Melogno), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali ( $V_p$ ) pari a 1,34 km/s.





Foto 2 – Esecuzione prospezione sismica a rifrazione e masw S2

## b) Prove MASW

Per una valutazione della velocità delle onde sismiche trasversale ( $V_s$ ) nei primi 30 metri di profondità (a partire dalla quota 0 m costituita per le stese S1 e S2 dall'attuale piano di campagna, vedere foto 1 e 2 allegate), sono state eseguite delle prove MASW.

L'apparecchiatura impiegata è quella descritta nel precedente paragrafo, mentre le acquisizioni sono state eseguite in corrispondenza dell'andata e del ritorno della prospezione sismica S1 e della prospezione sismica S2.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo, nel nostro caso è stato considerato il metodo attivo, ovvero eseguendo una energizzazione tramite mazza battente.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW (attivo) consiste in tre fasi (Roma 2002): la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo assegnato.

Per l'elaborazione è stato impiegato il software "MASW" dell'Ing. Vitantonio Roma, per una dettagliata descrizione del metodo Masw e del programma fare riferimento a "Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) di Vitantonio Roma (Libri Tecnici Professionali Editrice – 2006).

Nel dettaglio sono state eseguite circa dieci acquisizioni MASW (in seguito, in fase di elaborazione è stata effettuata una scelta della registrazione migliore), in corrispondenza di entrambi gli estremi della stesa, energizzando con

la mazza per una durata ciascuna pari ad un secondo.

Di seguito sono riportate parti della elaborazione del programma MASW di una acquisizione di ritorno della stesa sismica S1 e parti della elaborazione dello stesso programma di una acquisizione di andata della stesa sismica S2:

#### **MASW S1**

“Località: Ormea (CN)

Data: 27-07-2017

Stesa sismica S2 – Lunghezza 36 m (3 m offset)

Acquisizione di andata

Redatto da MASW

(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

### **1 - Dati sperimentali**

Nome del file delle tracce C:\relazioni\Acquarone Aldo\Frana Ormea 27-07-2017\s3\masws3\seg2\ritorno5.sg2

Numero di ricevitori..... 12

Distanza tra i sensori:..... 3m

Numero di campioni temporali..... 7651

Passo temporale di acquisizione..... 0.1307ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 1000ms

I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)



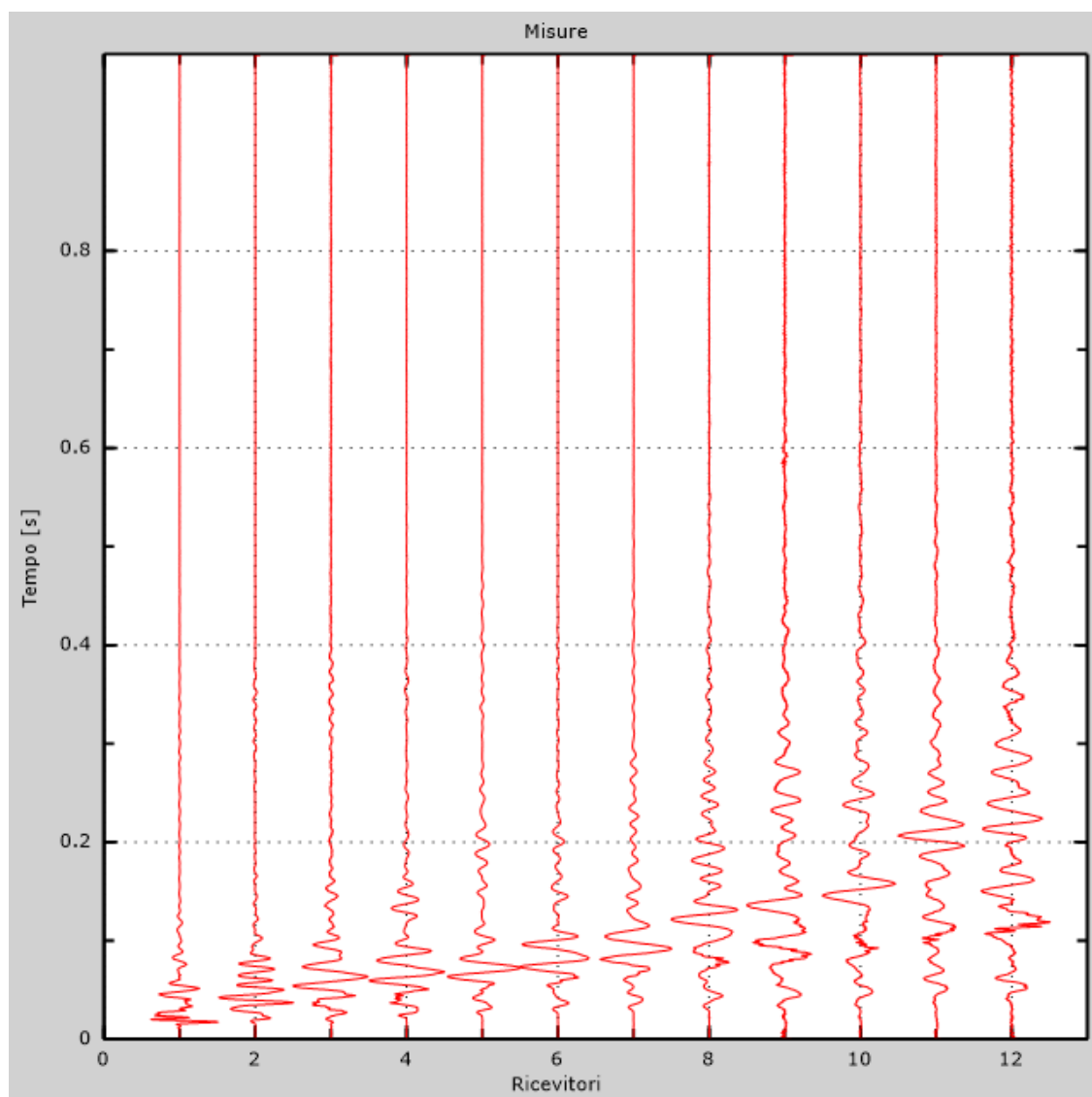


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale.....70Hz  
 Frequenza iniziale.....2Hz

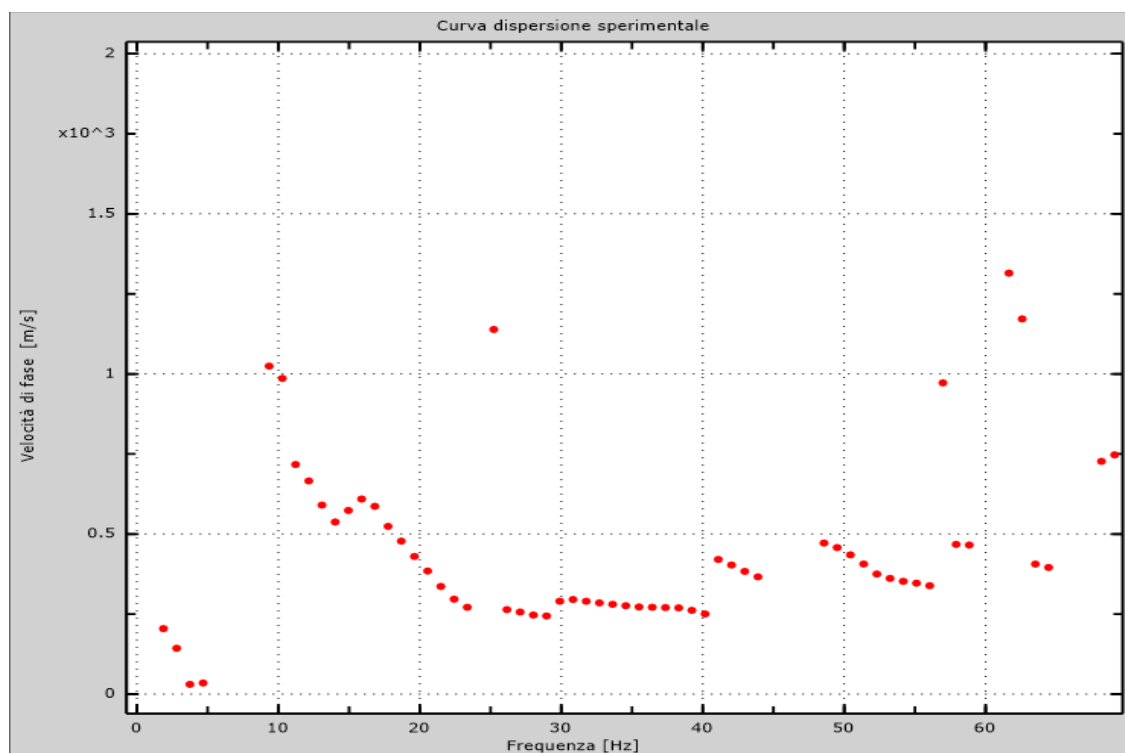


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
10.6244	878.315	841.319	915.311
11.9652	678.535	634.139	722.931
13.8647	582.345	552.748	611.942
17.2166	500.953	434.359	567.546
19.8982	389.964	338.169	441.759
23.2502	271.576	197.583	345.568
27.496	241.978	197.583	286.374
31.0715	271.576	167.986	375.165
35.9877	241.978	93.9932	389.964
39.8983	234.579	108.792	360.367

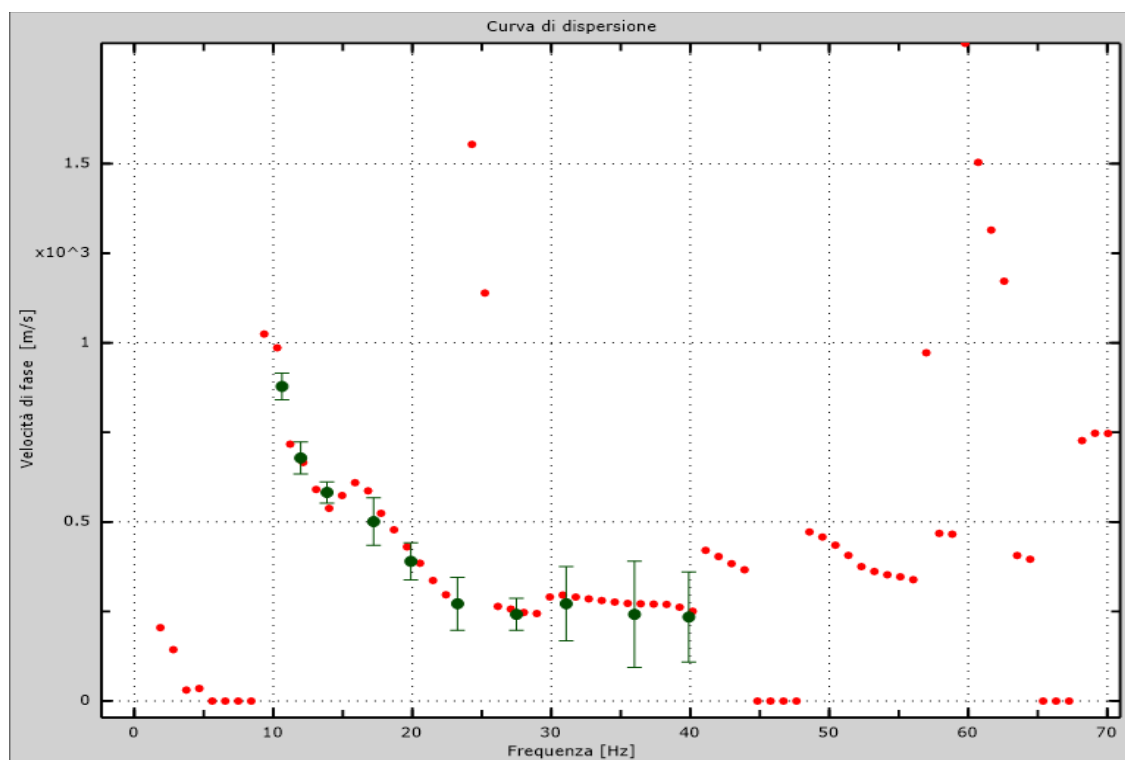


Figura 3: Curva di dispersione

#### 4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)..... 10  
Spaziatura ricevitori [m]..... 3m  
Numero ricevitori..... 12  
Numero modi..... 1

##### Strato 1

h [m]..... 1.5  
z [m]..... -1.5  
Densità [kg/m<sup>3</sup>]..... 1900  
Poisson..... 0.3  
Vs [m/s]..... 139  
Vp [m/s]..... 260  
Vs min [m/s]..... 130  
Vs max [m/s]..... 209  
Falda non presente nello strato  
Strato non alluvionale  
Vs fin.[m/s]..... 139

##### Strato 2

h [m]..... 6  
z [m]..... -7.5  
Densità [kg/m<sup>3</sup>]..... 2100  
Poisson..... 0.33  
Vs [m/s]..... 416  
Vp [m/s]..... 826  
Vs min [m/s]..... 151

Vs max [m/s].....	624
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	416

#### **Strato 3**

h [m].....	0.5
z [m].....	-8
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	433
Vp [m/s].....	901
Vs min [m/s].....	217
Vs max [m/s].....	867
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	433

#### **Strato 4**

h [m].....	4
z [m].....	-12
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	701
Vp [m/s].....	1459
Vs min [m/s].....	278
Vs max [m/s].....	1052
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	701

#### **Strato 5**

h [m].....	4
z [m].....	-16
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	557
Vp [m/s].....	1159
Vs min [m/s].....	278
Vs max [m/s].....	1113
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	557

#### **Strato 6**

h [m].....	4
z [m].....	-20
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	647
Vp [m/s].....	1347
Vs min [m/s].....	324

Vs max [m/s].....1294

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....647

#### **Strato 7**

h [m].....4

z [m].....-24

Densità [kg/m<sup>3</sup>].....2400

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....754

Vp [m/s].....1570

Vs min [m/s].....377

Vs max [m/s].....1508

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....754

#### **Strato 8**

h [m].....4

z [m].....-28

Densità [kg/m<sup>3</sup>].....2400

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....976

Vp [m/s].....2032

Vs min [m/s].....488

Vs max [m/s].....1952

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....976

#### **Strato 9**

h [m].....5

z [m].....-33

Densità [kg/m<sup>3</sup>].....2400

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....1200

Vp [m/s].....2498

Vs min [m/s].....400

Vs max [m/s].....1800

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....1200

#### **Strato 10**

h [m].....0

z [m].....-∞

Densità [kg/m<sup>3</sup>].....2400

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....1390

Vp [m/s].....2894

Vs min [m/s].....488

Vs max [m/s].....2085  
Falda non presente nello strato  
Strato non alluvionale  
Vs fin.[m/s].....1390

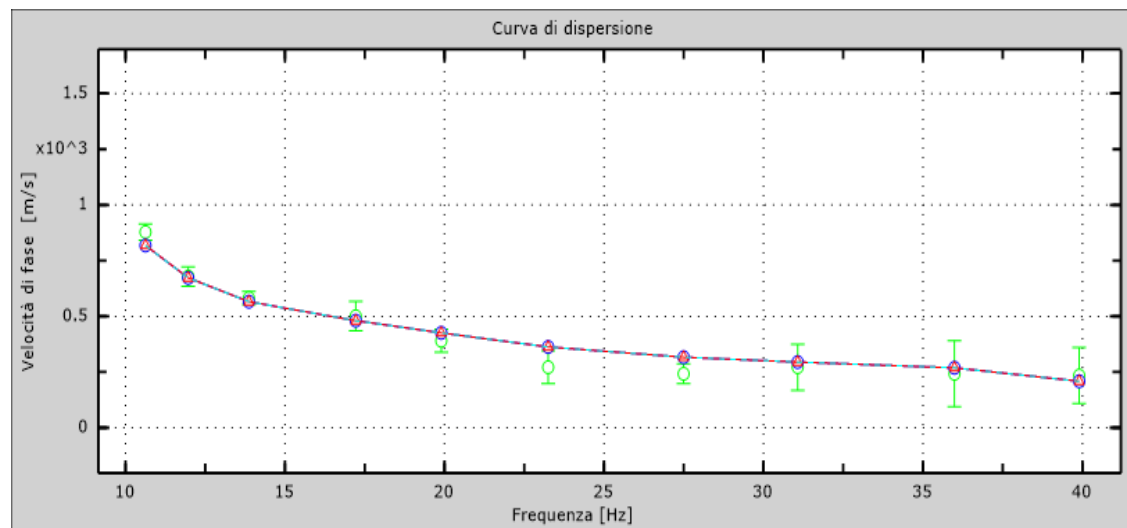


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

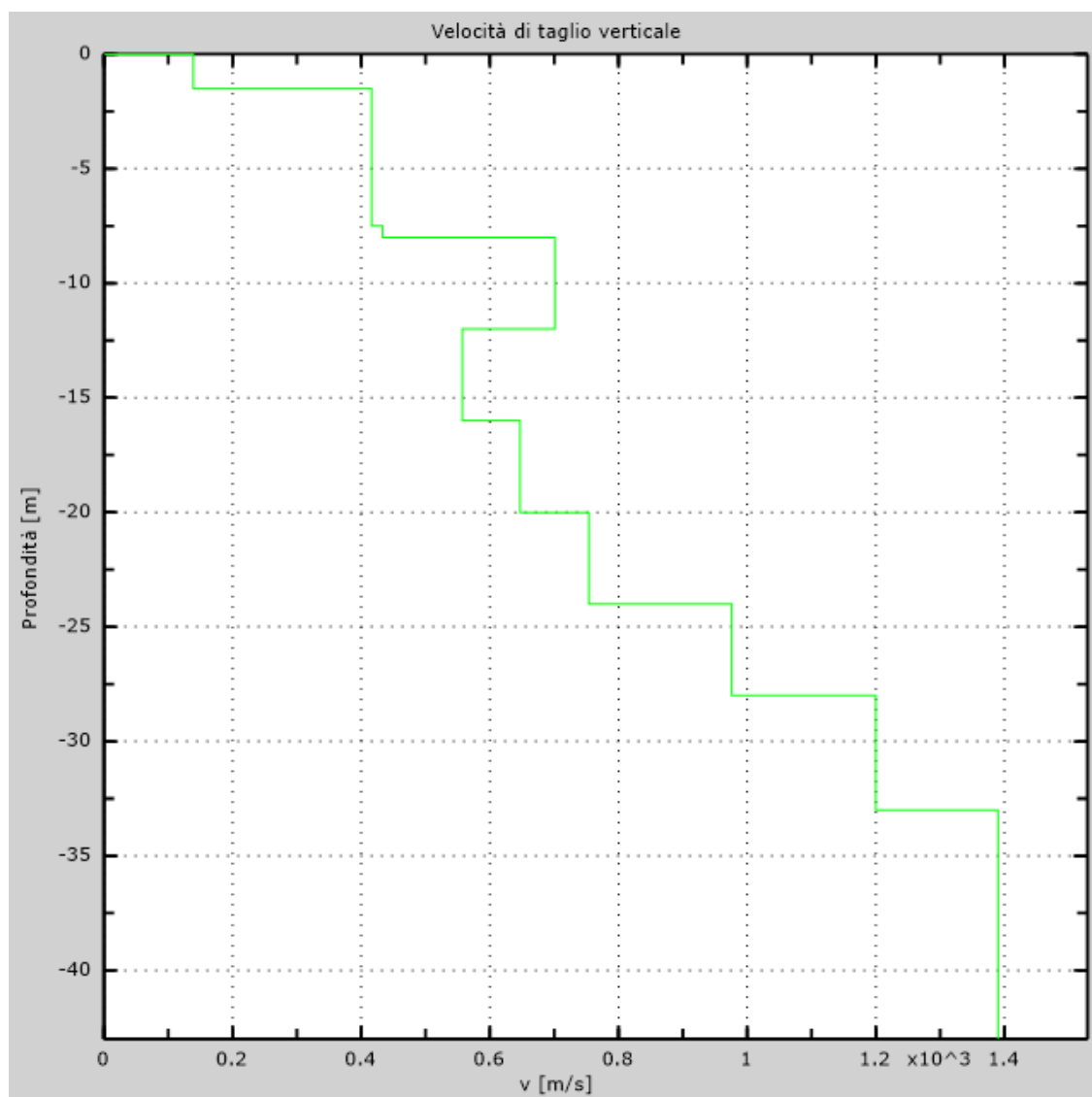


Figura 5: Profilo Vs numerico

## 5 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m].....0  
Vs30 [m/s].....530"

### MASW S2

“Località: Ormea (CN)

Data: 27-07-2017

Stesa sismica S2 – Lunghezza 36 m (3 m offset)

Acquisizione di andata



Redatto da MASW

(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

## 1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce: C:\relazioni\Acquarone Aldo\Frana Ormea 27-07-2017\s4\masws4\seg2\ritorno7.sg2

Numero di ricevitori..... 12

Distanza tra i sensori:..... 3m

Numero di campioni temporali..... 7651

Passo temporale di acquisizione..... 0.1307ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 1000ms

I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

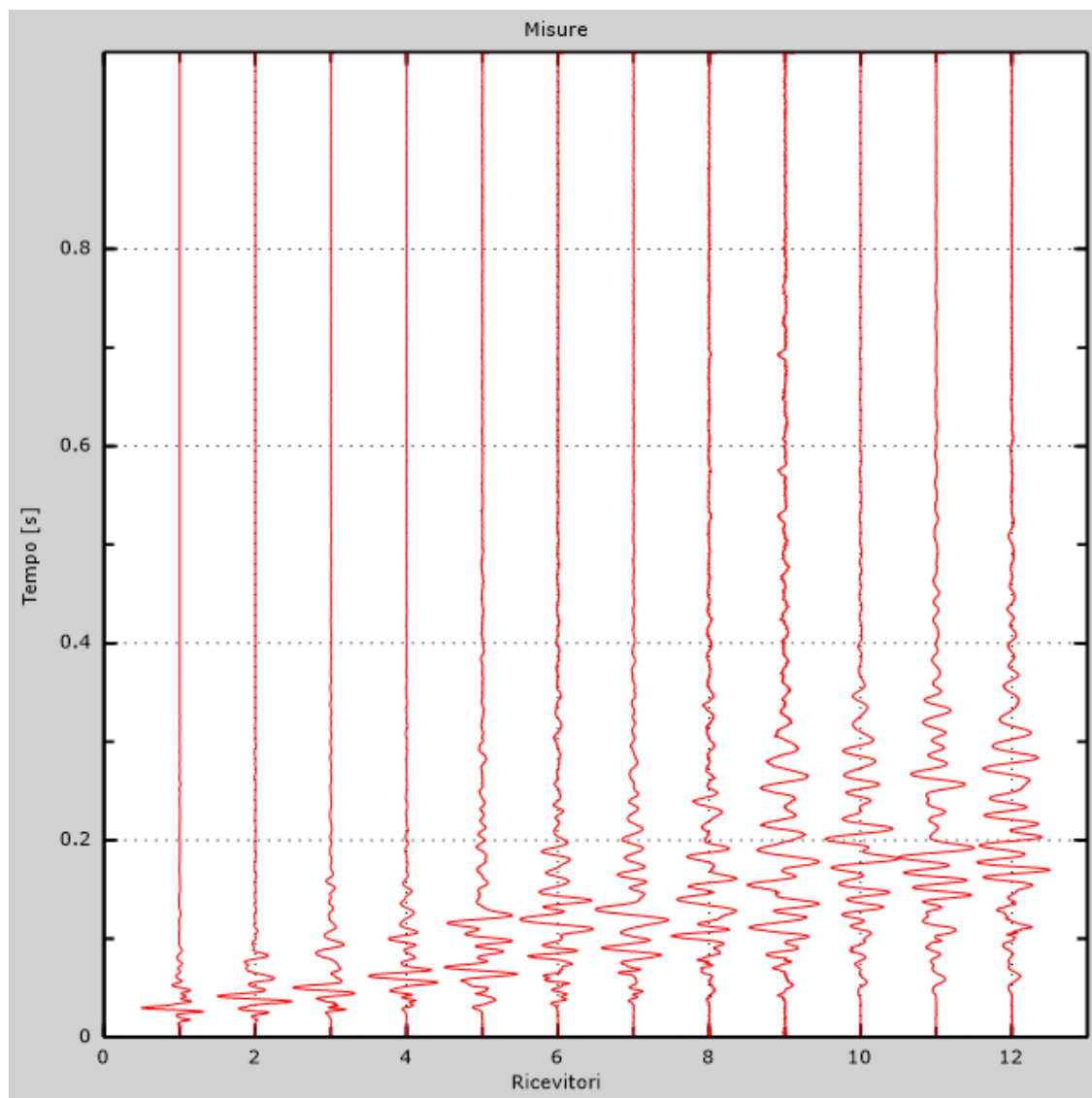


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale.....70Hz

Frequenza iniziale.....2Hz

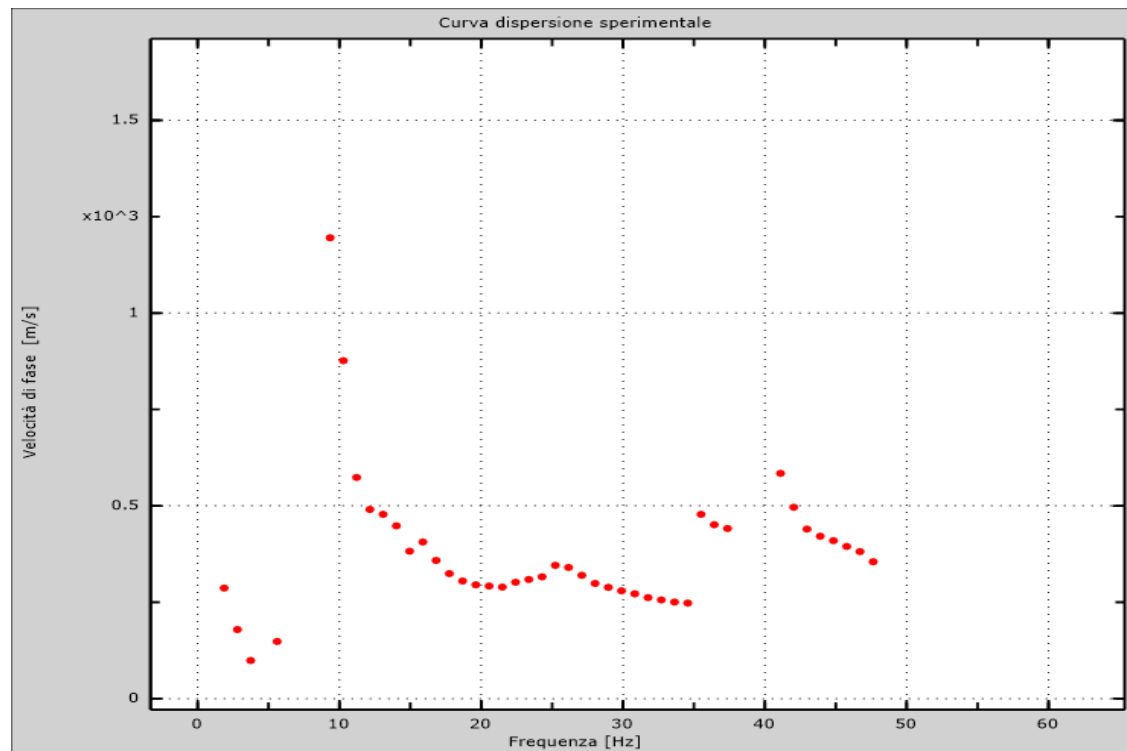


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
10.289	870.731	838.678	902.783
11.0724	623.47	591.418	655.522
13.0308	472.366	431.156	513.577
16.6539	362.473	312.105	412.841
22.3334	302.947	284.632	321.263
27.817	307.526	293.789	321.263
31.3422	280.053	261.737	298.368
35.1612	298.368	138.107	458.63
45.0513	275.474	142.686	408.262

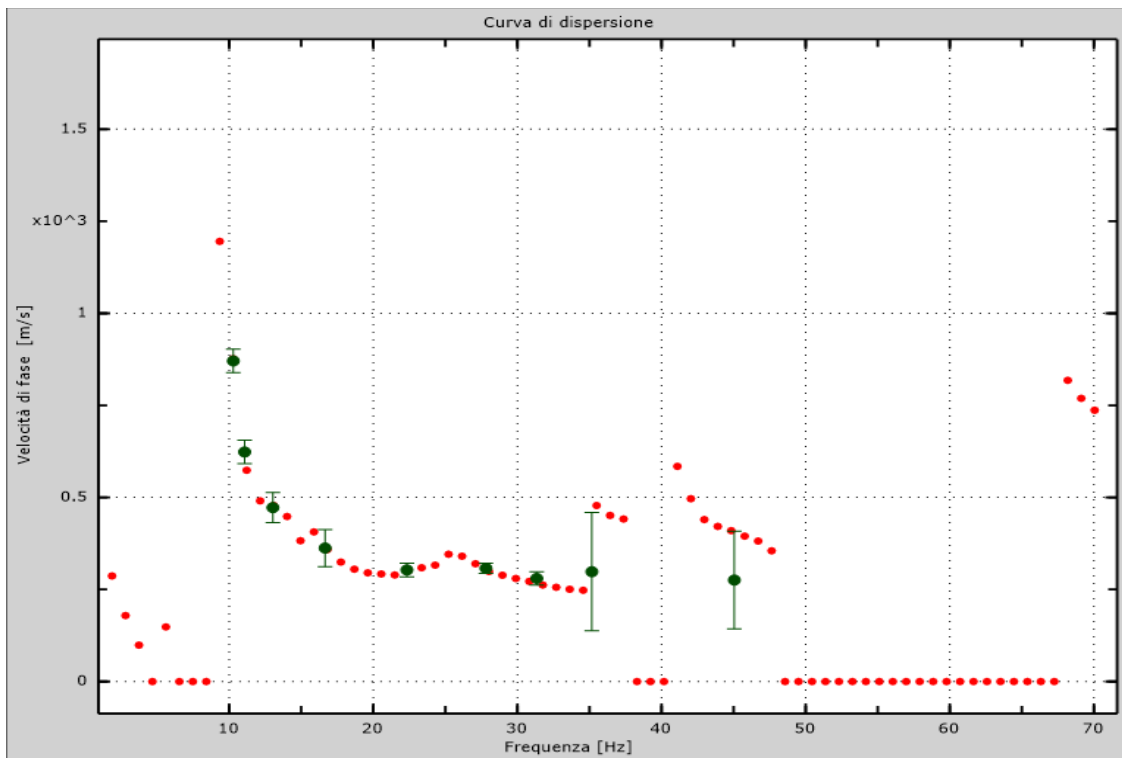


Figura 3: Curva di dispersione

#### 4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	10
Spaziatura ricevitori [m].....	3m
Numero ricevitori.....	12
Numero modi.....	1

##### Strato 1

h [m].....	2
z [m].....	-2
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson.....	0.3
Vs [m/s].....	150
Vp [m/s].....	281
Vs min [m/s].....	76
Vs max [m/s].....	225
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	150

##### Strato 2

h [m].....	6
z [m].....	-8
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2100
Poisson.....	0.33
Vs [m/s].....	421
Vp [m/s].....	836
Vs min [m/s].....	156

Vs max [m/s].....	632
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	421

#### **Strato 3**

h [m].....	0,5
z [m].....	-8.5
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	624
Vp [m/s].....	1299
Vs min [m/s].....	168
Vs max [m/s].....	936
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	624

#### **Strato 4**

h [m].....	4.5
z [m].....	-13
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	644
Vp [m/s].....	1341
Vs min [m/s].....	201
Vs max [m/s].....	966
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	644

#### **Strato 5**

h [m].....	4
z [m].....	-17
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	624
Vp [m/s].....	1299
Vs min [m/s].....	262
Vs max [m/s].....	936
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	624

#### **Strato 6**

h [m].....	4
z [m].....	-21
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	576
Vp [m/s].....	1199
Vs min [m/s].....	262

Vs max [m/s].....	864
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	576

#### Strato 7

h [m].....	4
z [m].....	-25
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	693
Vp [m/s].....	1443
Vs min [m/s].....	346
Vs max [m/s].....	1385
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	693

#### Strato 8

h [m].....	4
z [m].....	-29
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	1100
Vp [m/s].....	2290
Vs min [m/s].....	484
Vs max [m/s].....	1650
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	1100

#### Strato 9

h [m].....	5
z [m].....	-34
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	1320
Vp [m/s].....	2748
Vs min [m/s].....	484
Vs max [m/s].....	1980
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	1320

#### Strato 10

h [m].....	0
z [m].....	-∞
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2400
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	1390
Vp [m/s].....	2894
Vs min [m/s].....	484

Vs max [m/s].....2085  
Falda non presente nello strato  
Strato non alluvionale  
Vs fin.[m/s].....1390

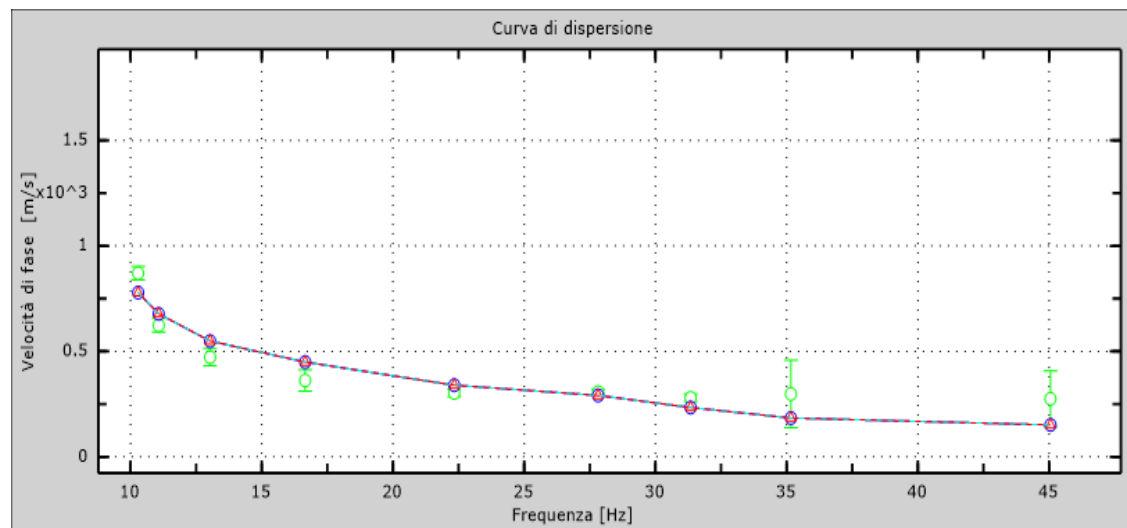


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)



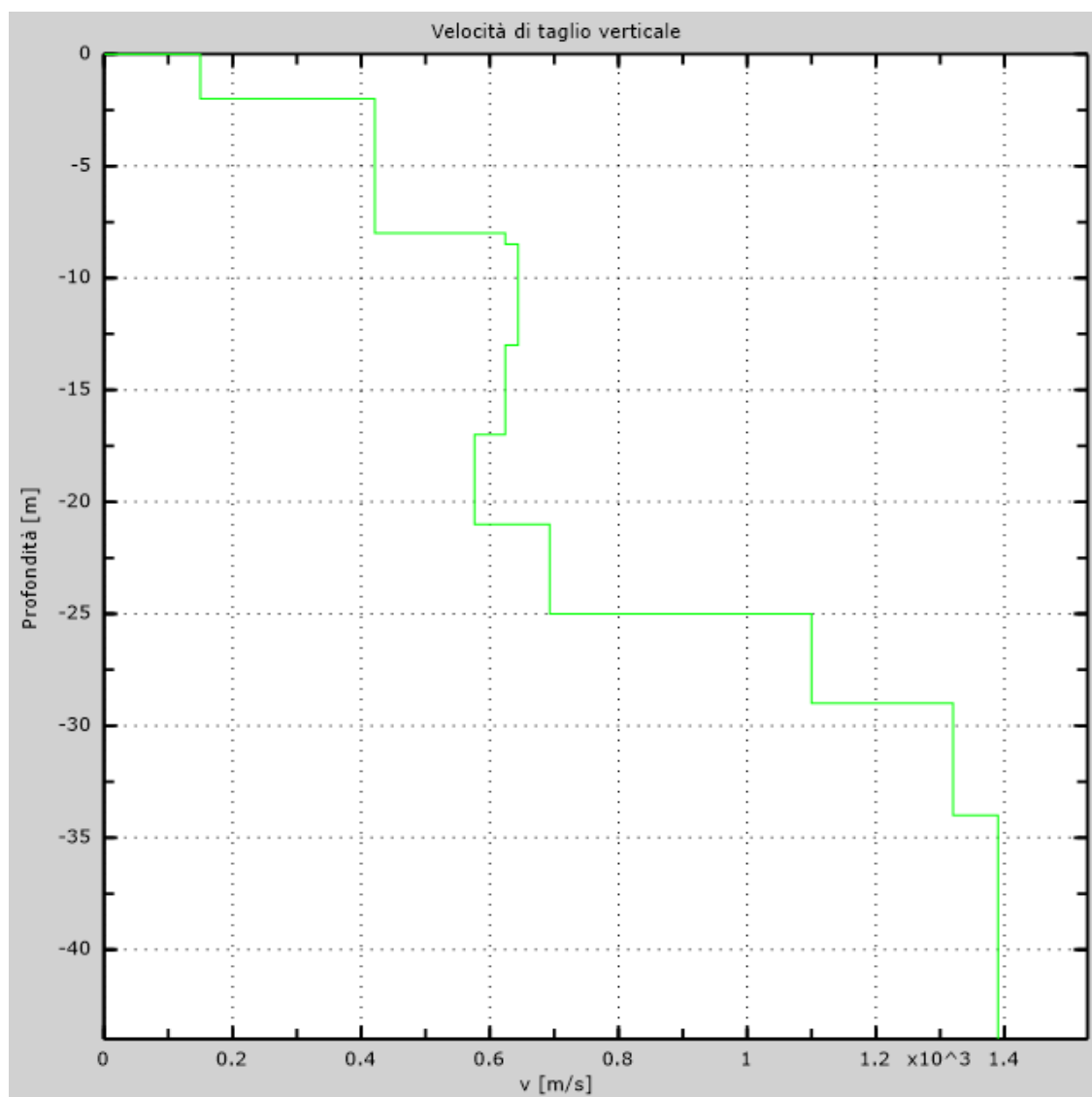


Figura 5: Profilo Vs numerico

## 5 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m].....0  
Vs30 [m/s].....509"

### c. Acquisizione con tromografo digitale “Theremino”

Il metodo HVSR, come tutti gli altri metodi geofisici, ha bisogno di essere interpretato dall'utente sulla base delle conoscenze geologiche dell'area. Esso si basa sulla misura dei microtremori ambientali (derivanti ad esempio da attività antropica, dal moto ondoso del mare, dal vento, ecc..), misurati nelle tre componenti (due orizzontali e una verticale).

Come tutte le indagini indirette hanno il vantaggio di misurare i parametri geofisici del terreno in sito ma non è sempre facile risalire al profilo geologico reale.

La tecnica HVSR consente di valutare la frequenza di risonanza di uno strato sofficie a partire dalle sole

registrazioni di superficie. In particolare, Nakamura (1989) ha ipotizzato che la componente verticale del rumore sismico ambientale (di varia origine, come sopra indicato) fosse relativamente non influenzata dai sedimenti. Per cui il rapporto H/V tra lo spettro di Fourier delle componenti orizzontale e verticali è stato messo in evidenza come una stima affidabile della risposta di sito alle onde S, non solo per la frequenza di risonanza, ma anche per la relativa amplificazione, partendo dall'ipotesi che la divisione della componente verticale assunta come riferimento, permettesse di rimuovere gli effetti della sorgente, oltre a quelli dovuti alle onde di Rayleigh.

Se ad esempio consideriamo la struttura geologica di un deposito sedimentario (ad esempio depositi alluvionali in una valle fluviale), si nota che il tremore misurato in superficie può essere considerato come costituito da onde superficiali e da onde di volume (come le onde longitudinali). Queste sono modificate dall'azione filtrante operata dallo strato soffice. In base a questo si possono definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale (misurati dai due geofoni orizzontali) e verticale (misurati dal geofono verticale).

Il software open source Geopsy permette di definire il rapporto H/V, secondo i criteri di attendibilità stabiliti dal progetto SESAME, partendo dalle registrazioni delle vibrazioni misurate sui tre assi dal tromografo digitale.

I metodi d'inversione tendono a comparare i dati acquisiti con quelli calcolati fino a quando non si riesce a trovare la migliore sovrapposizione (come nel caso del programma Dinver, collegato al programma open source Geopsy). Quindi è eseguita una serie di tentativi, sulla base di algoritmi di calcolo, al fine di ottenere la sovrapposizione migliore con i dati sperimentali (ovvero quelli acquisiti durante le registrazioni dei microtremori).

Sulla base di queste sovrapposizioni e di calcoli il software Dinver permette di ottenere una stima dell'andamento delle velocità delle onde P (longitudinali) e delle onde S (di taglio o seconde) in base alla profondità (e quindi di determinare il valore delle Vs30 richiesto dalla normativa italiana), previa la definizione di una modellazione del terreno investigato. Quindi i calcoli sono vincolati alla preliminare conoscenza della stratigrafia di massima del terreno investigato (nel nostro caso grazie alle prospezioni sismiche a rifrazione ed alle acquisizioni Masw precedentemente indicate). Questo al fine di evitare di ottenere delle stratigrafie sismiche delle onde P e S non veritiere rispetto al modello geologico che si sta analizzando.

Nel caso di situazioni stratigrafiche consone con il metodo utilizzato generalmente si ottengono dati molto simili alla situazione geologica reale.

La strumentazione e il software utilizzati in questo caso sono costituiti da:

- scheda madre Theremino master, con uscita USB;
- Adc 24 bit;
- n. 2 geofoni orizzontali da 4,5 hz;
- n. 1 geofono verticale da 4,5 hz;
- Frequenza di campionamento 125, 150, 200, 250, 333, 500 Hz;
- Durata acquisizione 10, 20, 30 minuti;
- Registrazione dei dati acquisiti in formato \*.SAF;
- pc Windows compatibile con software Theremino-Dolfrang (per visionare e acquisire i dati in tempo reale);
- software open source “geopsy”, per l'elaborazione del diagramma H/V-frequenza;

- software open source “dinver”, per l'elaborazione di stratigrafie indicative delle onde S, P e della densità sismica dei terreni investigati.



Foto 3 – Ubicazione acquisizione HVSR eseguita a breve distanza e a valle degli scoppi di andata delle stese sismiche S1 e S2

La durata della registrazione è stata pari a 30 minuti, il segnale è stato elaborato con il software Geopsy per definire la frequenza propria del terreno (vedere figure sottoriportate).

Una prima stima dello spessore del livello detritico superficiale può essere eseguita con l'uso della tabella sotto riportata (da <http://comunitadigeologia.blogspot.it/2015/03/4-correlazione-vs-hz-per-hvsn.html>).

### **CORRELAZIONE VS - Hz per HVSR - (Calcolo empirico per determinare la stratigrafia tramite un sondaggio HVSR)**

In presenza di sedimenti granulari si può ipotizzare che la Vs dipenda principalmente dal carico della colonna stratigrafica soprastante.

Se il sedimento risponde a tale legge si può considerare valida la seguente relazione che lega la frequenza di risonanza con la profondità.

La tabella sottostante riporta la frequenza di risonanza (prima colonna) con la profondità di tre tipi di terreni:

- 1) terreni coesivi
- 2) sabbie
- 3) terreni rimaneggiati

Tali tabelle sono state ricavate sperimentalmente calcolando la funzione interpolatrice di un certo numero di sondaggi, pertanto i dati così calcolati sono puramente indicativi ed utili per valutare la profondità corrispondenti ai

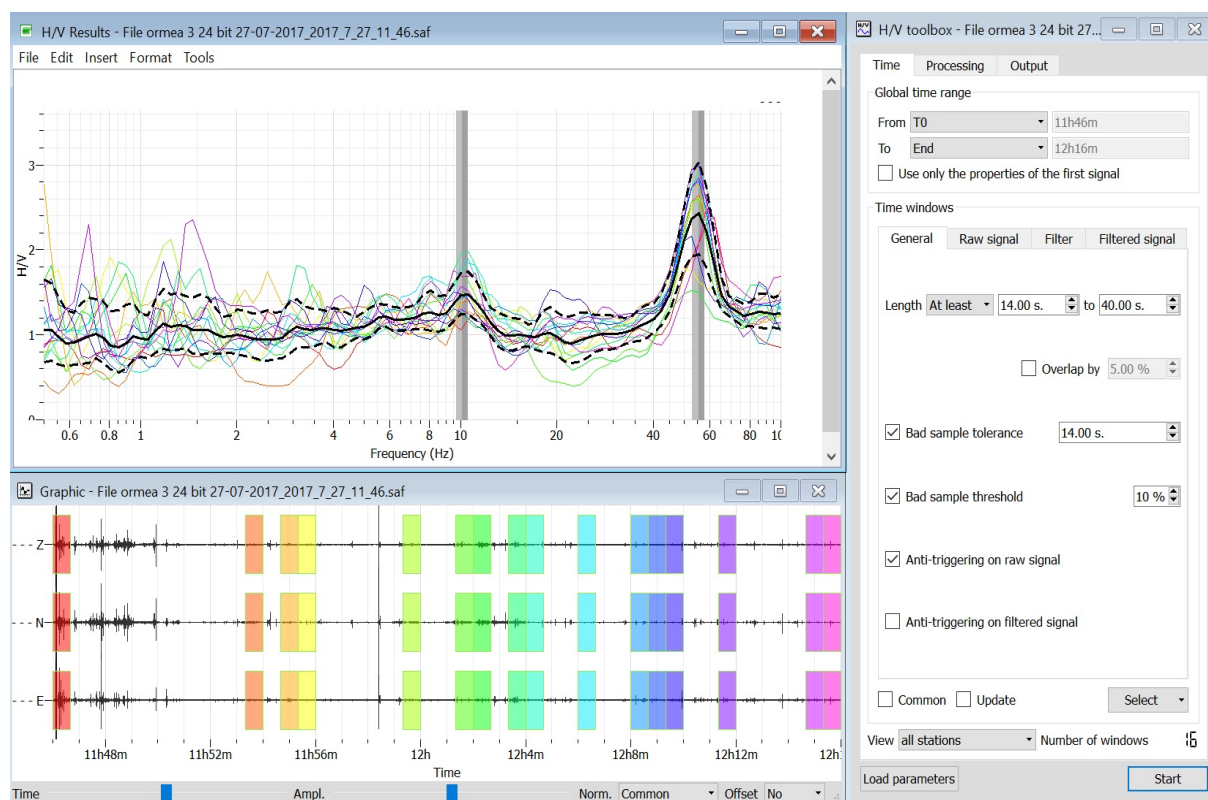


principali picchi di un sondaggio HVSR per avere una idea di massima della stratigrafia del sito. Nel caso in esame, il picco relativo a 10 hz potrebbe essere dovuto alla presenza di un livello di transizione tra una coltre detritica e il substrato roccioso fratturato alla profondità di circa 6 m. Il picco a 55-56 Hz è probabilmente dovuto al passaggio tra il livello vegetale/riporti antropici e la sottostante coltre detritica.

**Tabella 1**

	terreni coesivi	sabbie	terreni rimaneggiati coesivi		terreni coesivi	sabbie	terreni rimaneggiati coesivi
Vo=	190,0	170,0	110,0	Vo=	190,0	170,0	110,0
a=	0,20	0,25	0,40	a=	0,20	0,25	0,40
Hz	H	H	H	Hz	H	H	H
100,00	0,50	0,45	0,29	4,80	14	14	11
95,00	0,52	0,47	0,31	4,50	16	15	12
90,00	0,55	0,50	0,32	4,20	17	17	13
85,00	0,59	0,53	0,34	4,00	18	18	14
80,00	0,63	0,56	0,37	3,80	19	19	15
75,00	0,67	0,60	0,39	3,60	20	20	17
70,00	0,72	0,65	0,42	3,40	22	22	18
65,00	0,78	0,70	0,46	3,30	23	22	19
60,00	0,85	0,76	0,50	3,10	24	24	21
55,00	0,93	0,84	0,55	3,00	25	25	22
50,00	1,03	0,93	0,61	2,90	26	26	23
45,00	1,1	1,0	0,7	2,80	27	28	24
43,00	1,2	1,1	0,7	2,70	29	29	25
40,00	1,3	1,2	0,8	2,60	30	30	50
37,00	1,4	1,3	0,8	2,50	32	32	
34,00	1,6	1,4	0,9	2,40	33	34	
32,00	1,7	1,5	1,0	2,30	35	36	
30,00	1,8	1,6	1,1	2,20	37	38	
28,00	1,9	1,8	1,2	2,10	39	40	
27,00	2,0	1,8	1,2	2,00	41	42	
25,00	2,2	2,0	1,3	1,90	44	45	
24,00	2,3	2,1	1,4	1,80	47	49	
23,00	2,4	2,2	1,5	1,70	50	52	
22,00	2,5	2,3	1,5	1,60	54	57	
21,00	2,6	2,4	1,6	1,50	59	62	
20,00	2,8	2,6	1,7	1,40	64	67	
19,00	2,9	2,7	1,8	1,30	70	74	
18,00	3,1	2,9	2,0	1,20	77	82	
17,00	3,3	3,1	2,1	1,10	86	92	
16,00	3,6	3,3	2,3	1,00	96	104	
15,00	3,8	3,6	2,4	0,95	103	112	
14,00	4,2	3,9	2,7	0,90	110	120	
13,00	4,5	4,2	2,9	0,85	118	129	
12,00	5,0	4,6	3,2	0,80	127	140	
11,00	5,5	5,1	3,6	0,75	138	152	
10,00	6,1	5,7	4,1	0,70	150	166	
9,00	6,9	6,5	4,7	0,65	164	183	
8,50	7,4	7,0	5,0	0,60	181	204	
8,00	7,9	7,5	5,5	0,55	202	228	
7,50	8,5	8,1	6	0,50	227	259	
7,00	9,2	8,8	7				
6,50	10,1	9,7	7				
6,00	11	11	8				
5,30	13	12	10				
5,10	13	13	10				

La tabella sopra indicata è ricavata da quanto riportato nell'articolo "INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE A SUPPORTO DELLA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO" - Dario Albarello - Università di Siena (Italy).



*Figura 2 - Grafico HVSr della registrazione*

## **2. Stima delle velocità delle onde P e delle onde S attraverso l'uso delle registrazioni effettuate con il theremino**

Attraverso il programma Dinver precedentemente indicato è stata ricavata una stima indicativa delle velocità delle onde di taglio S e delle onde longitudinali P, come sotto riportato:

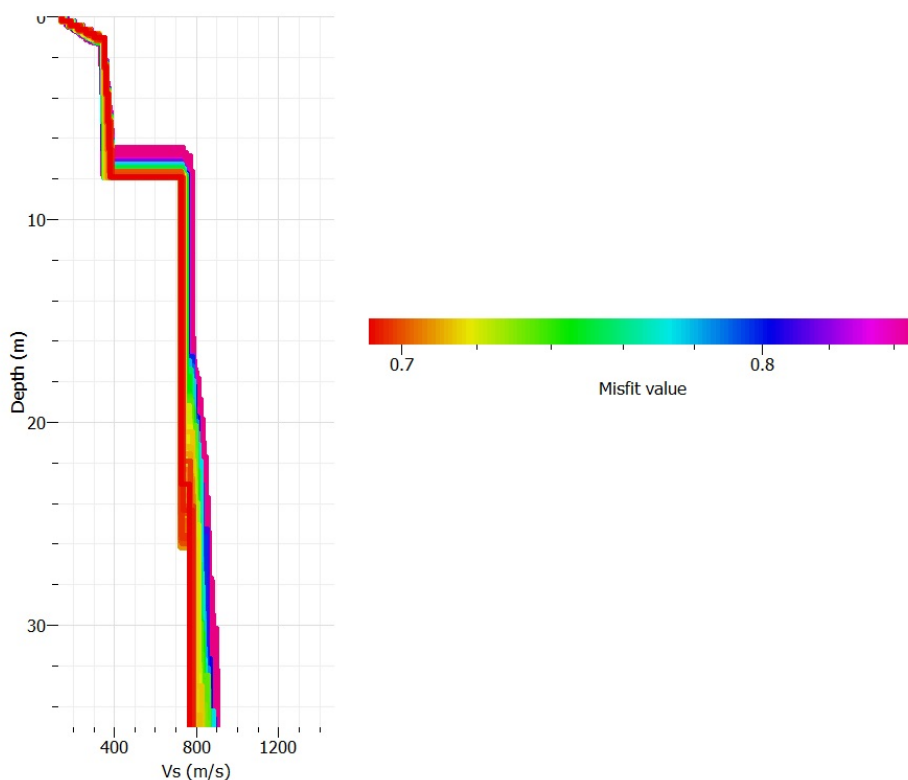


Figura 3 - Elaborazione con Dinver della prova con il theminino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)

Come si può notare il valore di Vs30 ottenuto con l'acquisizione sopra riportata, ferma restando la necessità di eseguire ulteriori prove ed indagini come anche indicato nel paragrafo successivo, è pari a 570 m/s.

## d) Conclusioni

Nei paragrafi precedenti sono state illustrati i risultati dalle prove MASW “Multichannel Analysis of Surface Waves”, delle prospezioni sismiche a rifrazione e dell’acquisizione HVSR eseguite in Località “Chionea” del Comune di Ormea (CN).

Il substrato geologico dell’area, in base a quanto riportato nello studio geologico del Piano Regolatore del Comune di Ormea, è costituito dai Porfiroidi del Melogno. Infine risulterà opportuna una “taratura” delle prove eseguite e descritta nella presente anche attraverso il controllo con ulteriori indagini geognostiche (ad esempio pozzetti geognostici esplorativi, prove penetrometriche, rilevamenti geomeccanici, sondaggi geognostici, ecc.) e con un rilevamento geologico/georfológico di dettaglio a cura del committente.

Distinti Saluti

  
 Dott. Geol. Francesco D'Adamo