

IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA  
DA FONTE SOLARE DENOMINATO "CRACO" DI POTENZA NOMINALE  
PARI A 18,0 MVA E POTENZA INSTALLATA PARI A 19,998 MW

REGIONE BASILICATA  
PROVINCIA di MATERA  
COMUNE DI CRACO

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:

Titolo:

R12

Relazione Geologica - Relazione  
geologico-tecnica -  
Studio geo-morfologico di dettaglio

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

R12\_RelazioneGeologica\_12

Progettazione:

Committente:



**Dott. Ing. Fabio CALCARELLA**

Via B. Ravenna, 14 - 73100 Lecce  
Mob. +39 340 9243575  
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

**BEE Craco s.r.l.**

Largo Michele Novaro 1/A  
CAP 43121 - PARMA (PR)  
PEC - beecraco@pec.it

Dott. Geol. Gianluca SELLERI  
Via Francesco Lo RE, 6  
73100 - LECCE  
Tel: +39 3929534082  
E-mail: geologogianlucaselleri@gmail.com



Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Ottobre 2021	Prima emissione	FDM	FC	BEE Craco Srl

## Indice

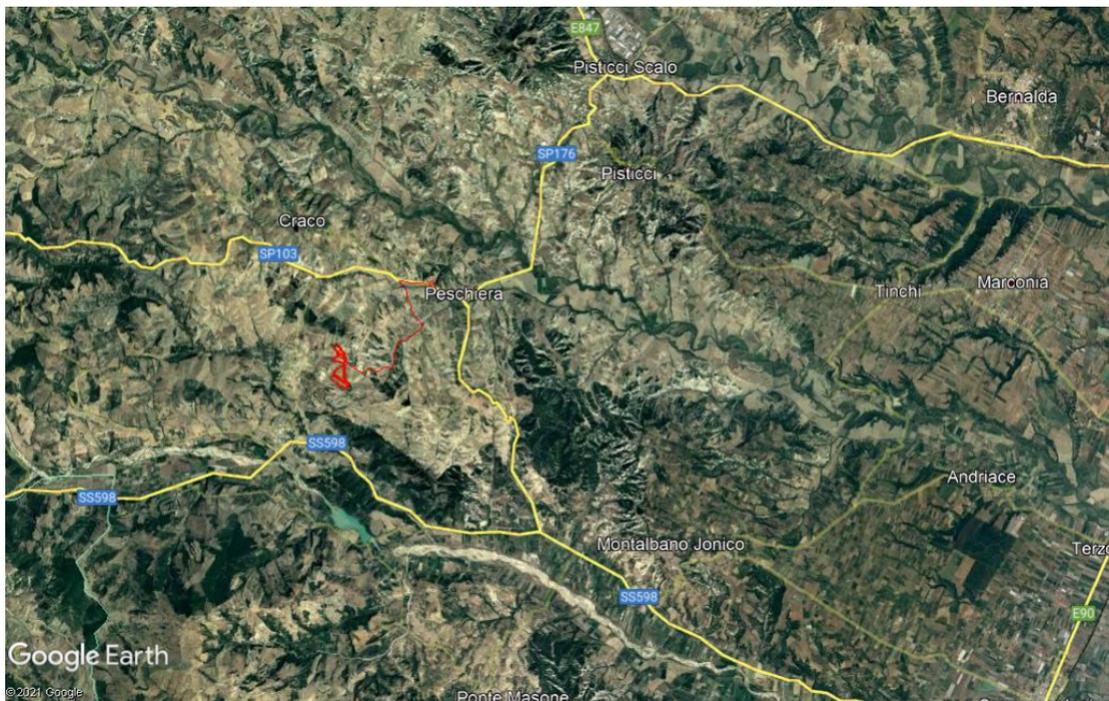
1. PREMESSA .....	2
2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E CARATTERI FISICI .....	3
3. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI .....	4
4. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	8
5. PERICOLOSITÀ IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA .....	8
6. SISMICITÀ.....	10
7. CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	12
8. CATEGORIA DI SUOLO E CARATTERI FISICI E GEOTECNICI DEI TERRENI .....	13
9. CONCLUSIONI.....	17
10. ALLEGATO 1 – REPORT DELLE INDAGINI GEOFISICHE .....	19
10.1 Sondaggi di sismica a rifrazione in onde P .....	20
10.1.1 SOND1 (area impianto).....	21
10.1.2 SOND2 (area impianto).....	26
10.1.3 SOND3 (area impianto).....	32
10.1.4 SOND4 (area sottostazione).....	37
10.2 Sondaggi MASW.....	43
10.2.1 MASW 1.....	43
10.2.2 MASW 2.....	46
10.2.3 MASW 3.....	49

## 1. PREMESSA

La presente Relazione Geologica è stata redatta a corredo del progetto di un “impianto fotovoltaico” per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare), avente potenza nominale pari a 18.000,00 kVA e una potenza installata pari a 19.998,24kWp, unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale, ovvero:

- 1) linee MT interne di collegamento tra le **Cabine di Campo (CdC)** in configurazione entra-esce;
- 2) linee MT in cavo interrato sino a una **Cabina di Smistamento (CdS)** ubicata all’interno dell’impianto, per la raccolta della potenza proveniente dalle Cabine di Campo;
- 3) linea MT in cavo interrato, dalla Cabina di Smistamento sino ad una Sottostazione Utente (SU) 30/150 kV, che sarà realizzata nei pressi della nuova Stazione Elettrica (SE) TERNA di Smistamento a 150 kV. La SE di Smistamento sarà a sua volta inserito in entra – esce alle linee 150 kV della RTN “Rotonda – SE Pisticci”;
- 4) Stazione Utente 30/150 kV, in cui avviene la raccolta dell’energia. La consegna dell’energia prodotta avverrà mediante la posa di un cavo AT interrato, che si attesterà quindi da una parte allo stallo dedicato AT 150 kV della costruenda SE di Smistamento TERNA, dall’altro direttamente alla SU citata.

L’impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Sud-Est del Comune di Craco in provincia di Matera.



*Inquadramento su orto foto Google dell’Area di Intervento (in rosso)*

## 2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E CARATTERI FISICI

Il sito d'interesse ricade nel territorio comunale di Craco (MT), più precisamente in un'area collinare compresa nei fogli 507064 (area impianto) e 507022 (area sottostazione) della CTR in scala 1:5000 della Regione Basilicata, delimitata a NE dalla dorsale di Craco e dal sottostante T. Bruscata ed a SO dalla dorsale di Monte Tre Confini

L'area ricade nel bacino idrografico del fiume Agri.

In particolare, il sito di impianto, caratterizzato da altitudine media pari a 178 m circa e da pendenza media pari a circa 11°, risulta attraversato da un blando reticolo idrografico, individuato sulla Carta Idrogeomorfologica e composto di poche aste di basso grado, che, a valle, confluiscono nel più importante fiume Agri. Il Sito della Sottostazione, invece, è costituito da un'area sub-pianeggiante ubicata in Piane Carosiello, che si estende ad una quota media di circa 80 m.s.l.m tra la dorsale su cui sorge l'abitato di Craco, a Nord, e il torrente Bruscata, a Sud, dal cui alveo dista in linea d'aria circa 100 m (figure 2.1 e 2.2).

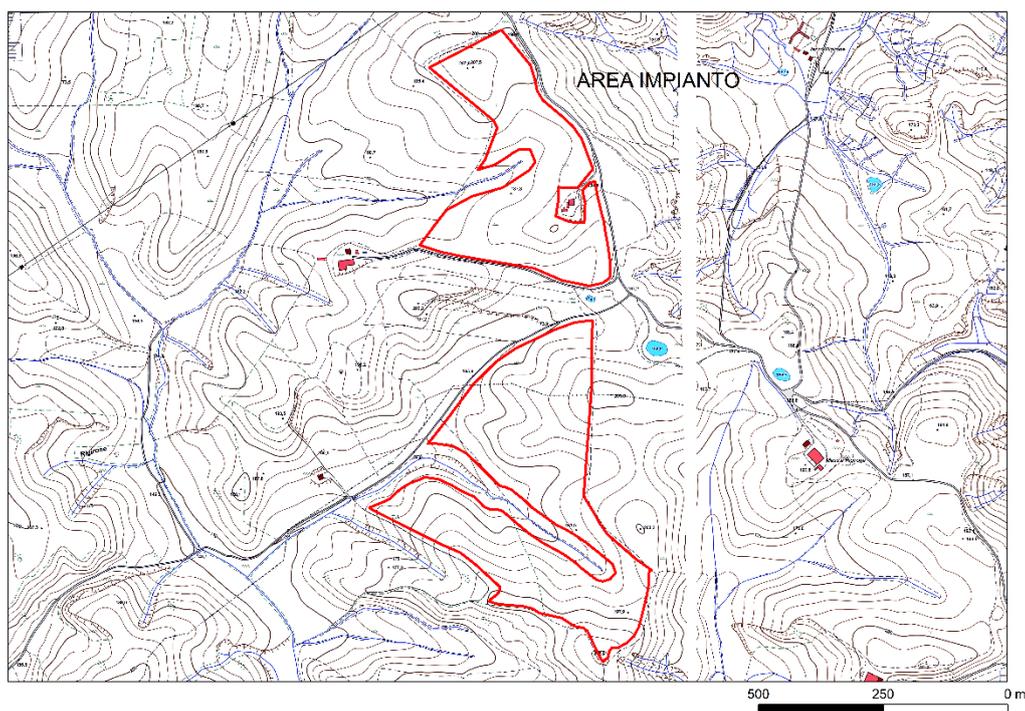
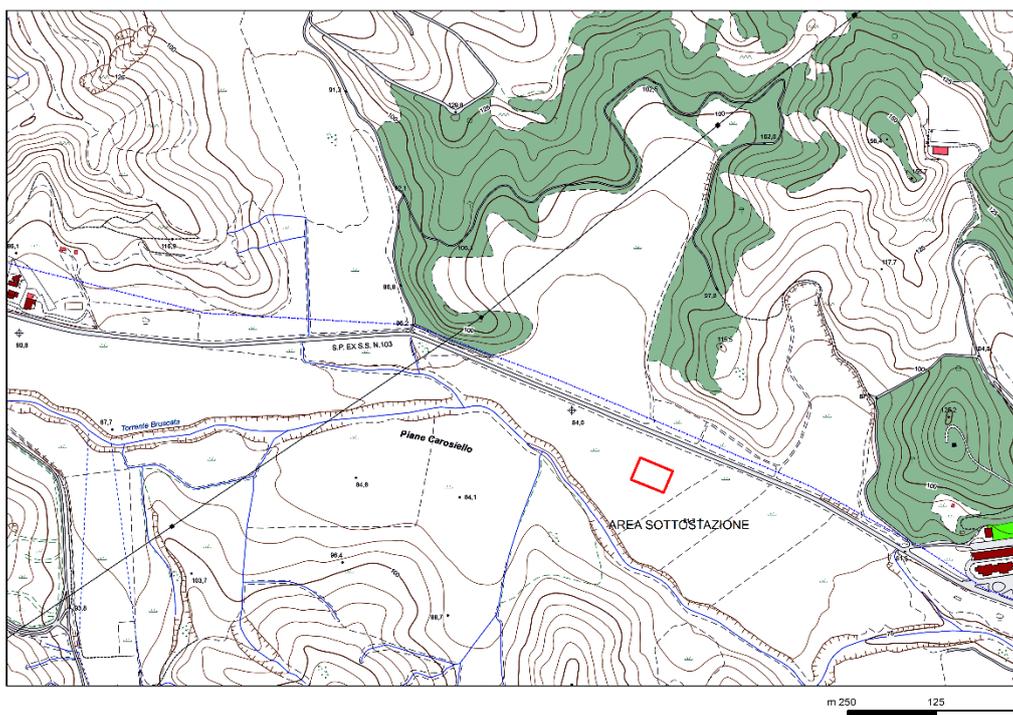


Figura 2.1: Stralcio della CTR con dettaglio del Sito di Impianto (in rosso)



*Figura 2.2: Stralcio della CTR con dettaglio del Sito di Sottostazione*

### 3. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geologico l'area di sito, compresa al crocevia tra i fogli 200 "Tricarico", 201 "Matera", 211 "S. Arcangelo" e 212 "Montalbano Jonico" della Carta Geologica d'Italia, a scala 1:100.000, ricade lungo il bordo occidentale della Fossa Bradanica, ovvero in corrispondenza delle porzioni più esterne del cosiddetto Appennino Meridionale.

Nell'area affiorano unità alloctone (Unità Sicilidi) sovrascorse, lungo una superficie sub orizzontale, sui depositi clastici plio-pleistocenici dell'Avanfossa Bradanica e ricoperte, a loro volta, da conglomerati, sabbie e argille di età plio-pleistocenica, deformati dal continuo avanzamento del fronte della catena.

La base stratigrafica è costituita dalla Piattaforma Apula, ribassata a gradoni, verso est, da faglie dirette ad alto angolo (figura 3.1).

Gli effetti dei movimenti delle falde appenniniche, vergenti verso NE, si manifestano attraverso la ricorrente interruzione della continuità delle formazioni bradaniche plioceniche (a dominanza argilloso-sabbiosa) dovuta alla risalita di porzioni di alloctono appenninico.

I terreni alloctoni sono rappresentati dalle 'Argille Varicolori' (Cretaceo-Oligocene), sulle quali poggiano in discordanza depositi post- pliocenici.

Secondo Carbone (*Carbone et al., 1991*), gli affioramenti delle Unità Sicilidi sono dovuti ad un complesso sistema di falde di ricoprimento, estremamente tettonizzate a causa di successive fasi deformative.

L'avanzamento delle unità alloctone è avvenuto fino al Pleistocene medio, visto che a letto delle unità sovrascorse sono stati trovati depositi del Pleistocene inferiore (Balduzzi et alii, 1982).

Le strutture tettoniche osservate nell'area, come riscontrabile sulla Carta Geologica, sono lateralmente discontinue. La variabilità laterale nella geometria delle strutture è in parte legata alla presenza di numerose faglie ad orientazione antiappenninica che dislocano le strutture compressive.

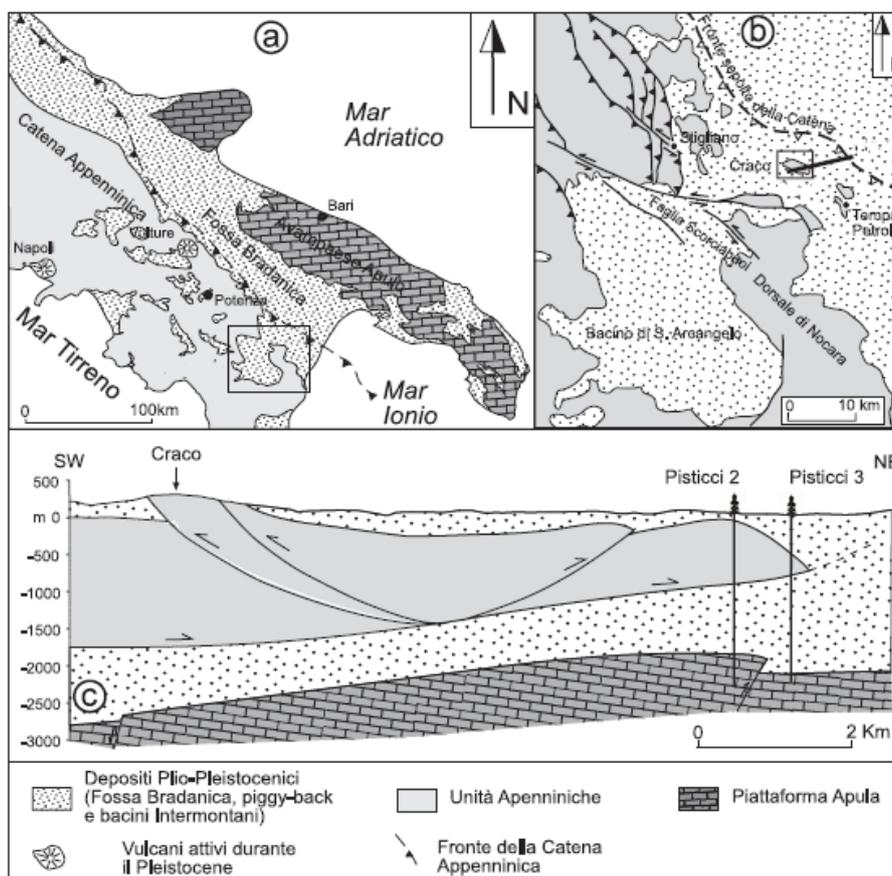


Figura 3.1: Schema geologico – strutturale di area vasta (da Bentivenga et al., 2004, modificato)

Nell'area di Craco i depositi pliocenici e le Argille Varicolori formano una monoclinale immergente verso nord-est, situata a tetto di un retroscorrimento principale che porta le Argille Varicolori sulle argille del secondo ciclo. Il contatto tettonico, inclinato di circa 60° verso NE, è ben visibile da fosso Bruscata, lungo il versante meridionale della collina di Craco.

Sotto l'aspetto litostratigrafico si rileva che in corrispondenza del sito di impianto il substrato geologico è rappresentato da argille e argille marnose grigio-azzurre o giallastre del Pliocene medio-

superiore, ascrivibili all'unità delle Argille Subappennine (Calabriano) il cui spessore complessivo è di circa 200 m, mentre in corrispondenza del sito dove sorgerà la sottostazione il substrato è composto da depositi alluvionali recenti, della granulometria della sabbia e dei ciottoli, talvolta incisi dagli alvei attuali. Si tratta di terreni in generale poco permeabili (figura 3.2)

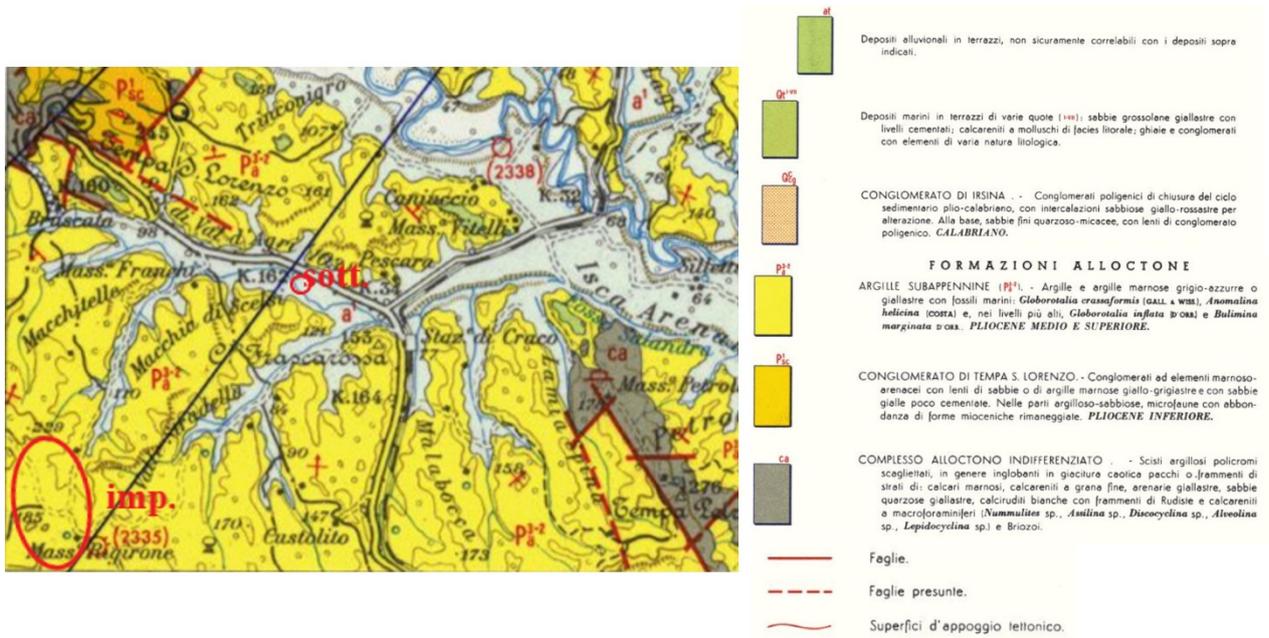


Figura 3.2: Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 (foglio 401 'Matera')

La morfologia del sito risente molto del complesso assetto tettonico. L'area è interessata da numerosi movimenti di massa che assumono maggiore importanza, in termini di sviluppo, lungo il versante sud-occidentale di Craco. Questa accentuata franosità risulta essere in stretto rapporto con la presenza di un movimento di grandi dimensioni, che può essere riconducibile ad una Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV). Il movimento gravitativo profondo è delimitato verso monte dalla presenza di due trincee allineate nella parte alta del versante sud-occidentale. Il limite inferiore del movimento ha, invece, interessato il fondovalle del torrente Bruscata che nel tempo ha subito uno spostamento del proprio percorso verso SW dando vita ad un andamento arcuato e determinando l'erosione della sponda opposta, come si può osservare dalle carte geomorfologiche (figura 3.3). Lungo le aree di affioramento dei terreni argillosi, le acque meteoriche tendono prevalentemente a scorrere in superficie, producendo solchi erosivi piuttosto incisi, che terminano nelle aste principali del reticolo idrografico. La scarsa infiltrazione e di conseguenza l'elevato ruscellamento superficiale, favoriscono intensi fenomeni di erosione lineare ed estese aree di erosione superficiale accelerata, come testimoniato dalle numerose aree calanchive.

Il reticolo idrografico, data la natura dei terreni è piuttosto inciso e si sviluppa sotto forma di impluvi pressoché rettilinei lungo i versanti, che terminano ortogonalmente, nei corsi d'acqua presenti a fondovalle (figura 3.4). I siti di interesse non insistono su impluvi principali o secondari.

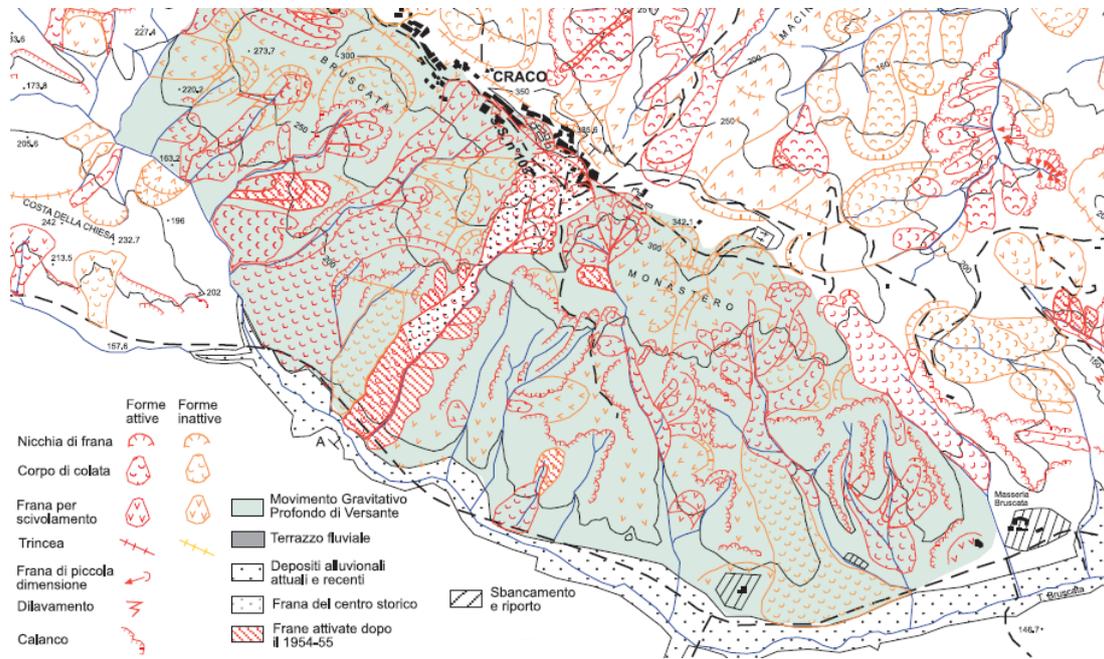


Figura 3.3: Stralcio di Carta Geomorfologica dell'area di Craco (da Bentivenga et al., 2015; modificato)

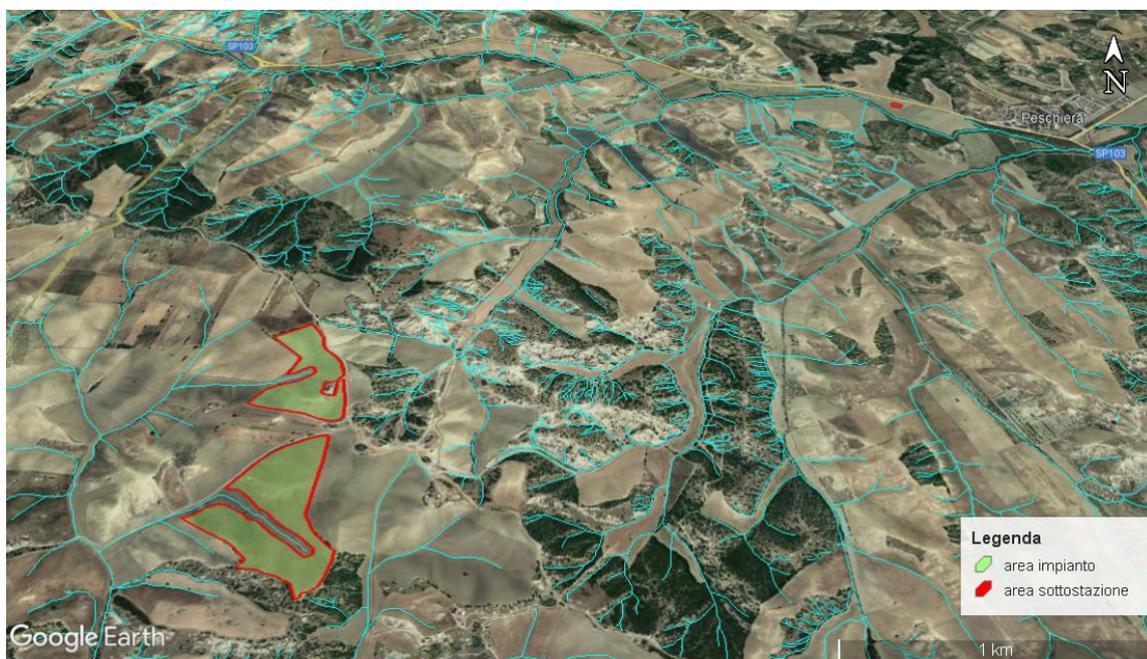


Figura 3.4: Reticolo Idrografico (in blu) della Carta Geomorfologica (su immagini satellitari Google Earth, 2021)

#### **4. CARATTERI IDROGEOLOGICI**

Conseguenzialmente alle diverse caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti, nell'area si possono individuare due complessi idrogeologici differenti e sovrapposti.

Il complesso superiore, comprende le formazioni ghiaioso-sabbiose plioceniche, caratterizzate da elevata permeabilità per fessurazione e porosità.

Il complesso inferiore, invece, è costituito dalle Argille Varicolori e dalle sottostanti Argille Plioceniche, caratterizzate da scarsa o nulla permeabilità, le quali costituiscono l'aquiclude del sistema. A dispetto di questo assetto idrogeologico relativamente semplice accade tuttavia che la circolazione idrica è complicata da diversi fattori quali la variabilità, in termini di granulometria e cementazione, dei depositi permeabili appartenenti all'acquifero sommitale, nonché dalla presenza di coltri detritiche di notevole spessore e dall'estrema tettonizzazione delle formazioni alloctone.

Tali caratteristiche, causano locali variazioni del grado di permeabilità del substrato e delle relative coperture, determinando la presenza di locali acquiferi sospesi.

Le indagini condotte hanno permesso di accertare che non esistono livelli acquiferi a profondità tali che si possano determinare interferenze con le opere di progetto.

#### **5. PERICOLOSITÀ IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA**

Si è proceduto a verificare la compatibilità delle opere di progetto con i vincoli imposti dal PAI vigente. Il Piano di Bacino è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato.

Con riferimento alla pericolosità geomorfologica dalla consultazione della cartografia allegata al Piano si evince che nel perimetro delle aree di impianto insistono perimetrazioni a rischio R4 mentre il sito della sottostazione elettrica è libero da qualsiasi vincolo (Fig. 5.1); con riferimento alla pericolosità idraulica si osserva invece che sia l'area di impianto che il sito della sottostazione elettrica sono liberi da vincoli (5.2).

Nelle aree a Rischio R4 si applica l'ART. 19 delle NTA - Aree a rischio idrogeologico moderato ed a pericolosità moderata (R1) che si riporta di seguito:

*1. Definizione: sono classificate come aree a rischio idrogeologico moderato ed a pericolosità moderata quelle aree in cui è possibile l'instaurarsi di fenomeni comportanti danni sociali ed economici marginali al patrimonio ambientale e culturale.*

2. *Modalità di gestione: nelle aree perimetrate a rischio idrogeologico moderato, sono consentiti tutti gli interventi indicati al comma 2 del precedente articolo 16.*

3. *Prescrizioni: le aree a rischio idrogeologico moderato sono sottoposte a prescrizioni, che costituiscono sia misure di tutela per la difesa dal dissesto idrogeologico, immediatamente vincolanti secondo quanto previsto all'articolo 3, comma 1 della presente normativa, sia indirizzi che dovranno essere fatti propri dagli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.*

3.1. *Nelle aree a rischio idrogeologico moderato sono consentiti gli interventi di cui all'art.17, c.3, punto 3.1, nonché interventi di nuova costruzione, di ampliamento e completamento di opere esistenti, così come definiti dalla legislazione vigente, realizzati con modalità che non determinino situazioni di pericolosità idrogeologica.19*

3.2. *Gli interventi diretti di edificazione, completamento o ampliamento di opere esistenti devono essere supportati da idonee indagini geologiche e geotecniche e da verifiche delle condizioni di stabilità dell'area. Tale documentazione dovrà essere presentata all'Amministrazione Comunale competente al fine del rilascio delle necessarie autorizzazioni/concessioni.*

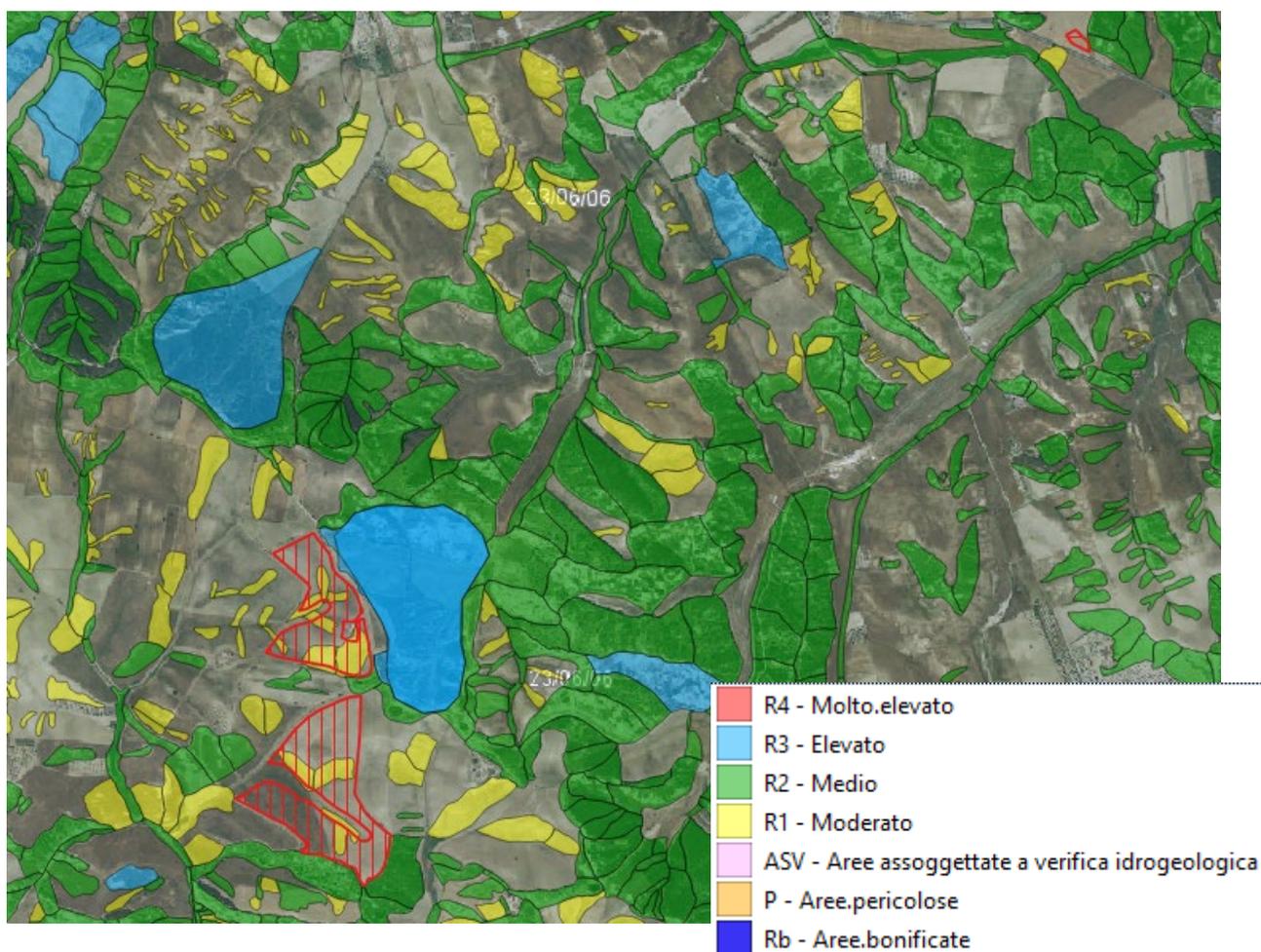


Fig. 5.1 – Aree a rischio idrogeologico

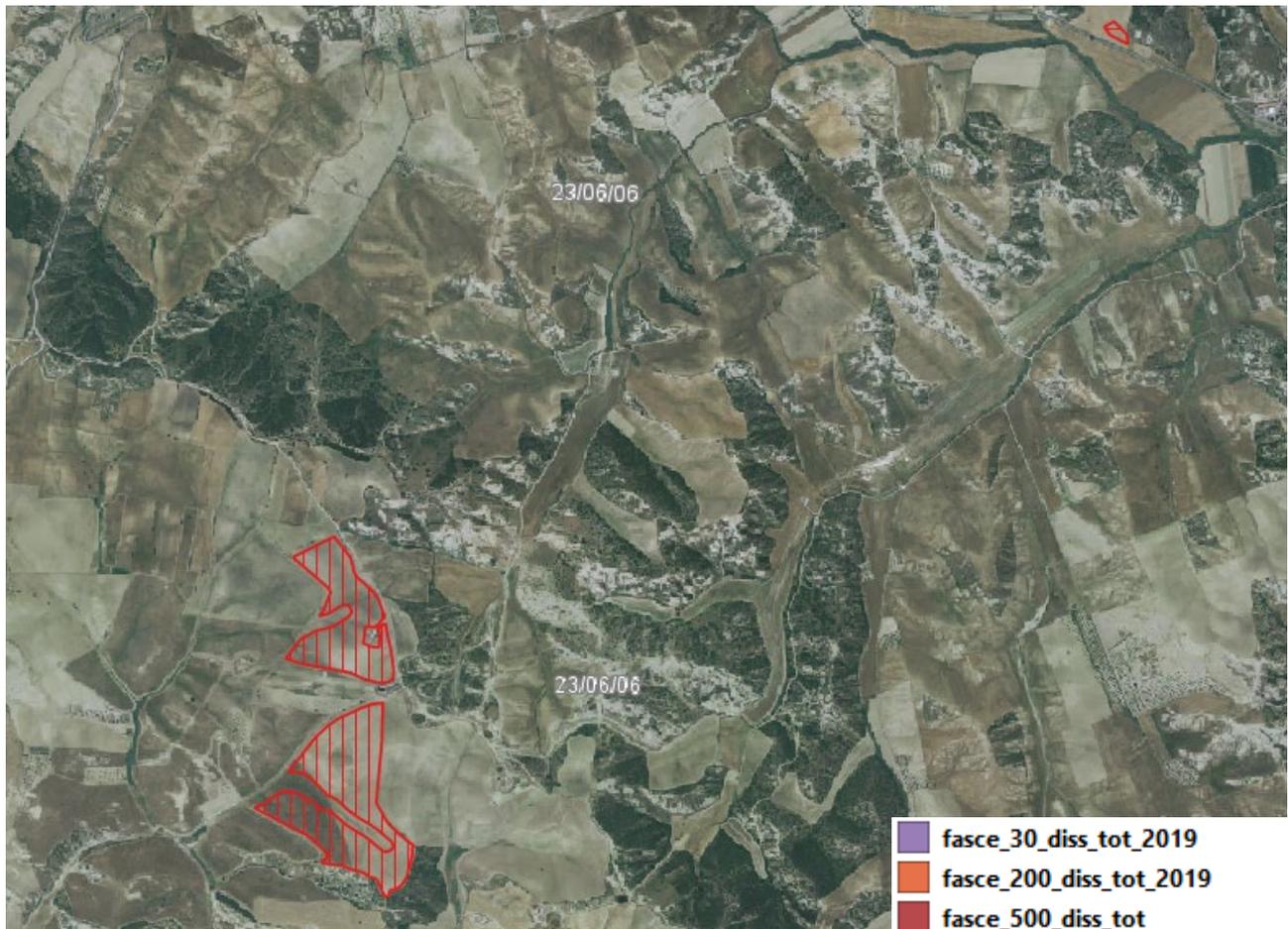


Fig. 5.2 – Aree a rischio idraulico

## 6. SISMICITÀ

Le caratteristiche di sismicità dell'ambito territoriale in cui ricade il sito di progetto sono da porre in relazione con il complesso assetto strutturale della Val d'Agri, uno dei più grandi bacini intermontani di origine tettonica della dorsale appenninica. L'unico evento sismico di magnitudo superiore a 6 (di cui si ha memoria storica) con epicentro in Val d'Agri è il terremoto del 1857, la cui struttura sismogenica è ancora oggetto di dibattito scientifico.

Alcuni autori (*Benedetti et al., 1998; Cello et al., 2003, etc.*) localizzano la faglia lungo il piede del versante nord-orientale della valle (*Eastern Agri Fault System*), mentre altri (*Maschio et al., 2005, Improta et al., 2010*) attribuiscono il sisma alle faglie poste lungo il versante sud-occidentale (*Monti della Maddalena Fault System*).

La consultazione del database DISS, relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che l'area vasta in cui ricade il sito di progetto risulta interessata dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche esclusivamente lungo il margine occidentale.

Una di esse è rappresentata dalla faglia ITDS016 'Scorciabuoi' caratterizzata da meccanismi diretti con locali componenti trascorrenti, per una lunghezza complessiva di circa 30 km e le cui potenzialità

sismogenetiche sono associate ad un range di magnitudo tra 6.7 e 6.9 (Pavrides and Caputo, 2004) (fig. 6.1). Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), si rileva che il sito non ricade all'interno di alcuna zona tra quelle designate. In ultimo si rileva che il database del progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) riporta la presenza di vari elementi tettonici attivi lungo il margine occidentale dell'area vasta e a distanza di diversi km dal sito di interesse che potenzialmente potrebbero creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche (fig. 6.2).

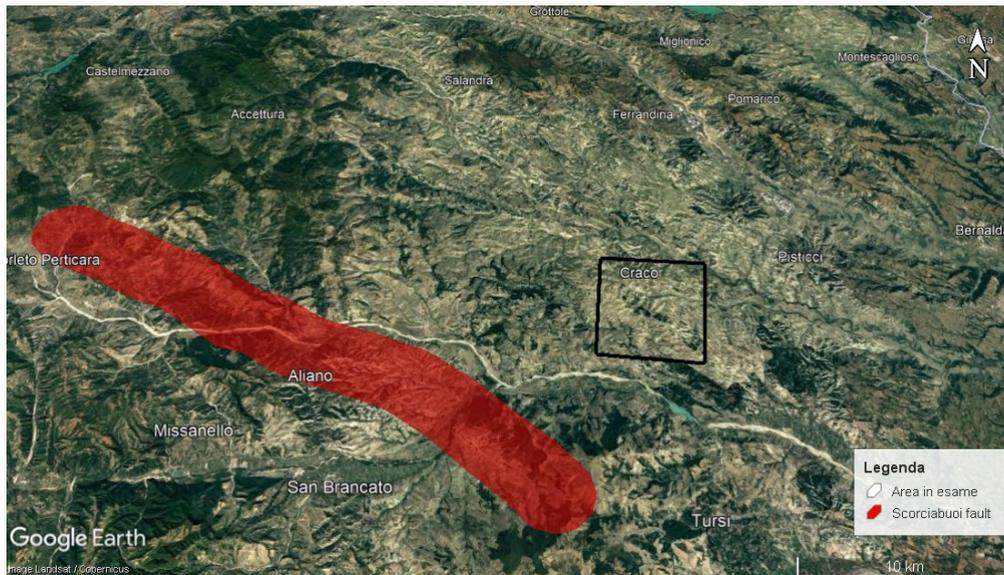


Figura 6.1: Localizzazioni delle potenziali sorgenti di terremoti con  $M > 5,5$  prossime al sito di interesse (Database of Individual Seismogenetic Sources)

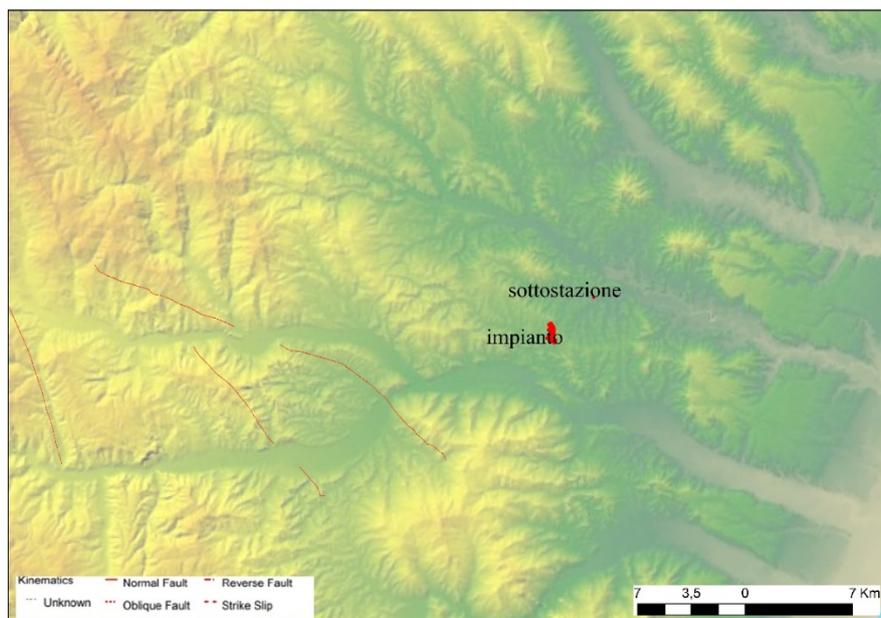


Figura 6.2: Stralcio cartografico con individuazione faglie capaci (database progetto ITHACA)

## 7. CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni), "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia.

Secondo tale normativa il comune di Craco (MT) ricade in Zona sismica 2, cioè zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti (figura 7.1)

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Attraverso la consultazione delle mappe di pericolosità sismica, tramite supporto WebGIS, si rileva che nell'area in cui ricade il sito di progetto i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi nell'intervallo 0,075 – 0,100  $a_g$  (accelerazione massima del suolo).

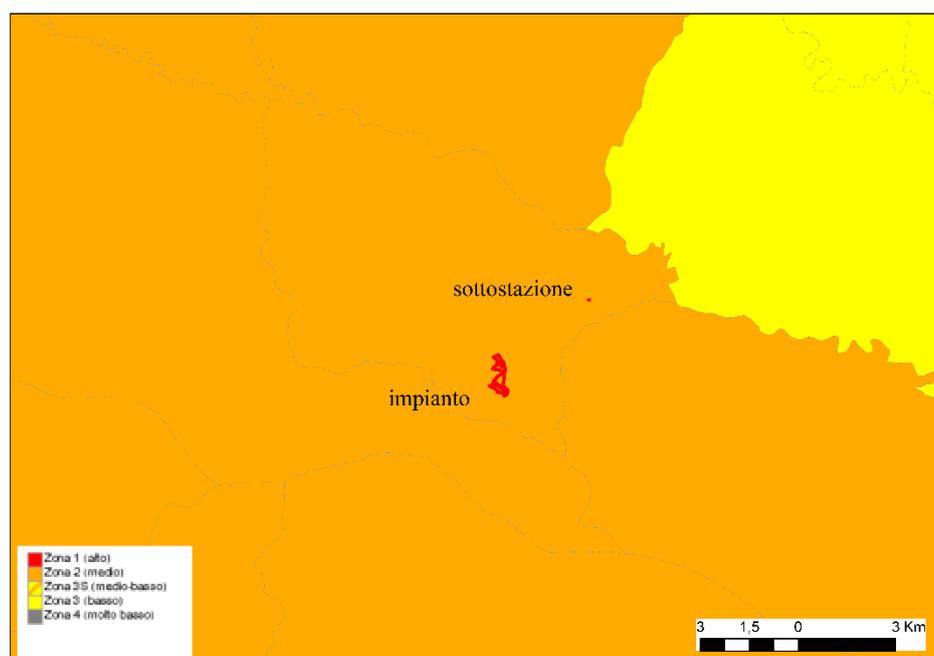


Figura 7.1: Carta di Classificazione Sismica (INGV – DPC)

## 8. CATEGORIA DI SUOLO E CARATTERI FISICI E GEOTECNICI DEI TERRENI

Il DM 17 gennaio 2018 prescrive che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi o, in alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M., si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al paragrafo 6.2.2 del D.M..

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

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

con:

- $h_i$ : spessore dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{s,i}$ : velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$ : numero di strati;
- $H$ : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30,00 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H = 30,00$  metri nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2 II. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al paragrafo 3.2.3 delle norme.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per il caso di studio, allo scopo di ricostruire un dettagliato modello geologico e geotecnico del sito di interesse, è stata condotta una campagna di indagini sismiche, consistita in:

- n. 4 sondaggi di sismica a rifrazione in onde P (SOND. 1, SOND. 2, SOND. 3 e SOND. 4) ;
- n. 3 sondaggi di sismica di tipo MASW (MASW 1, MASW 2 e MASW 3)

Le indagini effettuate sono ubicate come riportato nella figura successiva.

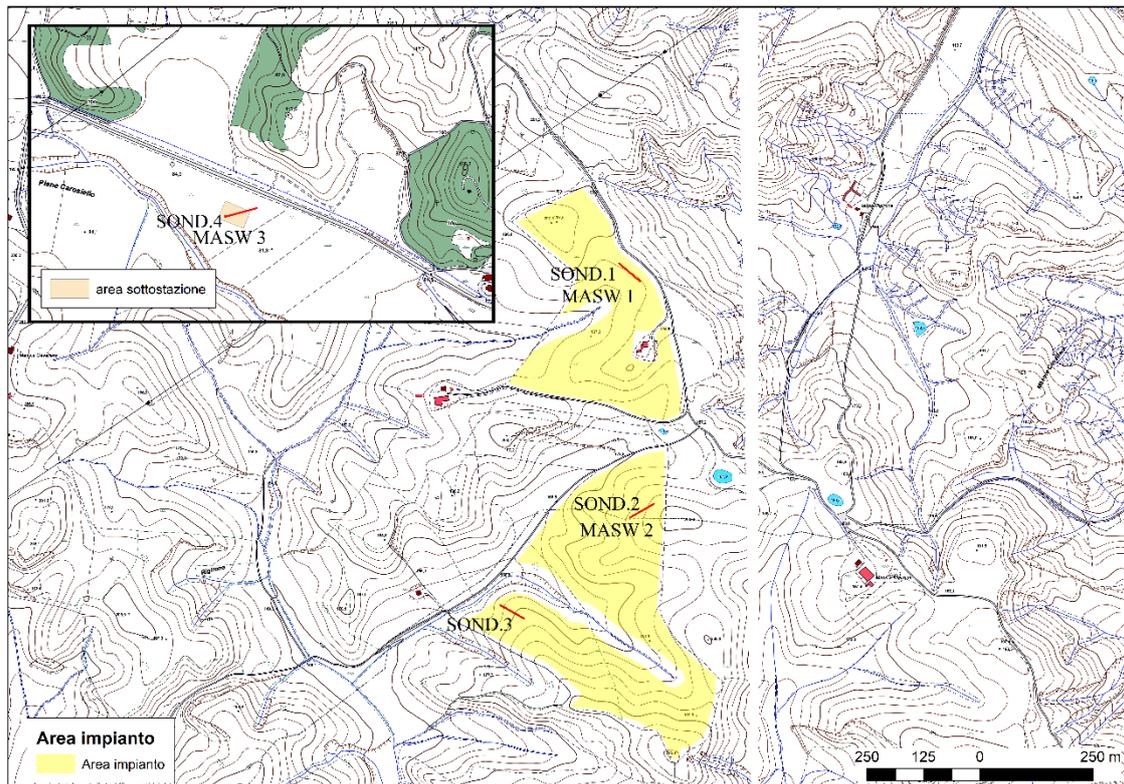


Figura 8.1: Stralcio topografico con ubicazione dei profili di indagine sismica (in rosso).

I risultati ottenuti sono sintetizzati di seguito. Si consulti invece l'allegato alla presente relazione per la disamina completa dei dati rilevati.

#### SOND1 e MASW1

Il sondaggio a rifrazione ha permesso di riconoscere la sovrapposizione di 2 strati con caratteristiche geotecniche differenti; il primo con  $v_p$  pari a 451,2 m/s e il secondo con  $V_p$  pari a 1727,3 m/s. Il contatto tra i due si trova a profondità variabile da 1,8 a 3,7 m. I valori di  $V_p$ , dunque, indicano la presenza di terreni non litoidi, di natura granulare con scarso addensamento o debolmente coesivi.

L'indagine MASW ha restituito invece la seguente successione sismostratigrafica:

	<b>V<sub>s</sub></b>	<b>Profondità del letto dello strato</b>
Strato 1	387.01	4.53
Strato 2	189.72	10.13
Strato 3	261.49	28.93
Strato 4	788.58	33.92
Strato 5	1560.16	indefinita

Si registra quindi una modesta inversione di  $V_s$  tra 4,53 m e 10,13 m di profondità. Utilizzando i valori di  $V_s$  normalizzata, attraverso alcune note relazioni empiriche, è possibile determinare alcuni parametri fisici e geotecnici dei terreni investigati

	<b>P<sub>v</sub> (kN/mc)</b>	<b>Angolo di attrito</b>	<b>Coesione non drenata (KPa)*</b>
Strato 1	19.07212139	> 40	178.22
Strato 2	15.95867148	31.98	39.73
Strato 3	17.2914824	33.40	78.07

\* Dickenson 1990

Per la determinazione della categoria di suolo, non essendo stato individuato il bedrock entro i primi 30 m dal p.c. si calcola  $V_s 30$  che risulta pari a 300 m/s rispetto al piano campagna e, considerando poco significativa l'inversione di  $V_s$  tra 4,53 m e 10,13 m, si ottiene una attribuzione del suolo alla categoria C.

#### SOND2 e MASW2

Il sondaggio a rifrazione ha permesso di riconoscere la sovrapposizione tra 2 strati il primo con  $v_p$  pari a 417,46 m/s e il secondo con  $V_p$  pari a 1734,53 m/s. Il contatto tra i due si trova a profondità variabile da 2,7 a 3,3 m. I valori di  $V_p$  indicano anche in questo sito la presenza di terreni non litoidi, di natura granulare con scarso addensamento o debolmente coesivi. L'indagine MASW ha restituito invece la seguente successione sismostratigrafica:

	<b>V<sub>s</sub></b>	<b>Profondità del letto dello strato</b>
Strato 1	178.56	5.62
Strato 2	660.76	17.77
Strato 3	936.29	27.56
Strato 4	501.98	33.56

Strato 5	1232.49	44.92
Strato 6	2090.15	indefinita

L'indagine riconosce la presenza del bedrock con Vs maggiore di 800 m/s a 17,77 m dal p.c., ma anche una modesta inversione di Vs tra 27,56 e 33,56 m. Utilizzando i valori di Vs normalizzata, attraverso alcune note relazioni empiriche, è possibile determinare alcuni parametri fisici e geotecnici dei terreni investigati

	Pv (kN/mc)	Angolo di attrito	Coesione non drenata (KPa)*
Strato 1	15.72	36,7	34.97
Strato 2	21.80	>40	549.62

\* Dickenson 1990

Per la determinazione della categoria di suolo, essendo stato individuato il bedrock a 17,77 m dal p.c. (considerando poco significativa l'inversione della Vs), si calcola Vs eq che risulta pari a 356 m/s rispetto al piano campagna e si ottiene una attribuzione del suolo alla categoria E (terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m).

### SOND3

Su questo sito è stato realizzato esclusivamente il sondaggio di sismica a rifrazione; il sito è tuttavia prossimo a quello dove è stato realizzato il sondaggio SOND2 e MASW2, pertanto, per la sua caratterizzazione geotecnica si rimanda anche a quanto rilevato attraverso le suddette indagini.

Il sondaggio a rifrazione ha restituito un modello di sottosuolo a 3 strati. Il più superficiale ha uno spessore di 3,7 – 5,0 m ed una Vp molto bassa pari a 350 m/s; si tratta probabilmente di materiali granulari poco addensati con un peso di volume (determinato con le relazioni semiempiriche valide per la Vp) pari a 15,22 kN/mc, per i quali il valore della coesione può essere posto a 0 e si può ipotizzare, per correlazione con quanto rilevato negli altri siti, un valore dell'angolo di attrito interno non superiore a 30°.

Lo strato sottostante è caratterizzato da un valore di Vp pari a 1575.9 m/s e da un Pv pari a 20,25 kN/mc; il suo letto giace tra 7 e 13 m dal p.c. e segna il passaggio al terzo e più profondo dei corpi geologici riconosciuti caratterizzato da un valore di Vp pari a 2286,6 m/s ed un Pv di 21,74 kN/mc. Entrambi questi strati hanno buone caratteristiche geotecniche e ad essi, per correlazione con quanto riconosciuto negli altri siti, può essere riferita una coesione non drenata sicuramente non inferiore a 100 – 150 KPa ed un valore dell'angolo di attrito minimo pari a 35°.

## SOND4 e MASW3

Queste indagini sono state realizzate nel sito dove sorgerà la sottostazione elettrica.

Il sondaggio a rifrazione ha permesso di riconoscere la sovrapposizione tra 2 strati il primo con  $V_p$  pari a 359 m/s ed il secondo con  $V_p$  pari a 1530,34 m/s. Il contatto tra i due si trova a profondità variabile da 10 ed 11 m. I valori di  $V_p$  indicano anche in questo sito, almeno fino a 10 m dal p.c., la presenza di terreni non litoidi, di natura granulare con scarso addensamento o debolmente coesivi.

L'indagine MASW ha restituito la seguente successione sismostratigrafica:

	$V_s$	Profondità del letto dello strato
Strato 1	155.18	11.08
Strato 2	910.56	20.66
Strato 3	728.88	23.94
Strato 4	939.24	36.39
Strato 5	1818.92	indefinita

L'indagine riconosce la presenza del bedrock con  $V_s$  maggiore di 800 m/s a 11,08 m dal p.c., ma anche una modesta inversione di  $V_s$  tra 20,66 e 23,94 m. Utilizzando i valori di  $V_s$  normalizzata, attraverso alcune note relazioni empiriche, è possibile determinare alcuni parametri fisici e geotecnici dei terreni investigati

	$P_v$ (kN/mc)	Angolo di attrito	Coesione non drenata (KPa)*
Strato 1	15.17	33.5	35

\* Dickenson 1990

Per la determinazione della categoria di suolo, essendo stato individuato il bedrock a 11,08 m dal p.c. (considerando poco significativa l'inversione della  $V_s$ ), si calcola  $V_s$  eq che risulta pari a 155,18 m/s rispetto al piano campagna e si ottiene una attribuzione del suolo alla categoria E (terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m).

## 9. CONCLUSIONI

Le indagini ed i rilevamenti condotti hanno permesso di ricostruire i caratteri geologico-stratigrafici e geotecnici dei terreni affioranti nei siti di progetto e che fungeranno da sedime per le opere di fondazione previste, inoltre sono stati riconosciuti anche i caratteri geomorfologici, idrogeologici e

di sismicità dei siti e di area vasta e verificate le condizioni di pericolosità geologica rispetto a quanto riportato nel PAI e rilevato in situ.

In conclusione dello studio condotto, dunque, sulla base del quadro d'insieme ricostruito e delle evidenze sitospecifiche, è possibile affermare che non sussistono fattori di natura geologica, nel senso ampio di tale termine, che possono rappresentare un pregiudizio alla realizzazione delle opere previste in progetto e queste ultime, di contro, non costituiscono un elemento antropico capace di alterare i processi di dinamica ambientale in atto e/o modificare le condizioni attuali di sicurezza geomorfologica ed idraulica del territorio.

## **10. ALLEGATO 1 – REPORT DELLE INDAGINI GEOFISICHE**

Il metodo di esplorazione sismica sfrutta la propagazione delle onde meccaniche nel sottosuolo e quindi permette di caratterizzare le proprietà elastiche dei terreni; la tecnica di base consiste nel generare delle onde meccaniche mediante sorgenti poste in punti opportunamente scelti sulla superficie topografica e nel misurare i tempi impiegati dalle perturbazioni elastiche per raggiungere i geofoni, anch'essi opportunamente posizionati sulla superficie topografica.

In particolare, l'esplorazione eseguita con il metodo della rifrazione si basa sull'analisi del tempo d'arrivo dell'onda diretta e delle onde di testa; queste ultime sono onde rifratte che si determinano nel caso in cui la velocità di propagazione delle onde è crescente con la profondità quando l'angolo di incidenza è critico. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione"), le più veloci fra le diverse onde elastiche, oppure la velocità di propagazione delle onde trasversali (onde SH o "di taglio").

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine geofisica non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs. Il metodo sfrutta il fenomeno della dispersione delle onde di superficie (Reyleigh e Love); queste vengono registrate durante la loro propagazione lungo lo stendimento di geofoni e sono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La teoria del metodo parte dalla considerazione che nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere sfruttata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali ed in particolare per la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs). Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare una proprietà critica per molti studi geotecnici: la rigidità superficiale.

L'intero processo di indagine comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali, la costruzione di una curva di dispersione (sul grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza), l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore mentre l'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

### **10.1 Sondaggi di sismica a rifrazione in onde P**

Nello specifico, i 4 sondaggi sono stati realizzati con 24 geofoni verticali con spaziatura di 2.5 m.

Sono stati realizzati cinque scoppi interfacciati tra di loro, indicati con i numeri 1, 2, 3, 4 e 5, tra i quali gli scoppi 1 e 5 sono esterni allo stendimento, ad una distanza di 2.5 m dagli estremi, mentre gli scoppi 2, 3 e 4 sono interni allo stendimento.

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software Easy Refract.

I risultati delle indagini svolte sono stati restituiti come sezioni multistrato e come mappe di velocità; questo ultimo metodo in particolare ha permesso di ottenere un'immagine in sezione del sottosuolo in termini di variazione del valore di  $V_p$  (rispetto alla classica rappresentazione di sezioni multistrato, ognuno caratterizzato da uno specifico valore di  $V_p$ , questa tecnica permette di individuare, con un elevato potere risolutivo, anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche offrendo la possibilità di ricostruire geometrie complesse del sottosuolo non risolvibili con i metodi tradizionali di interpretazione e restituzione).

L'operazione di picking è stata preceduta dal filtraggio delle tracce acquisite. Si riportano di seguito i dati sperimentali ed i risultati della inversione.

La strumentazione utilizzata per i rilievi è un sismografo DoReMi della SARA electronic instruments. Questo è una strumentazione a trasmissione digitale del segnale che garantisce la massima flessibilità di utilizzo in tutte le indagini geofisiche, concepito con una architettura innovativa. Il sismografo modulare è, infatti, distribuito lungo il cavo sismico e la strumentazione è quindi costituita da più unità indipendenti, ognuna contenente tutta l'elettronica necessaria, distribuite lungo tutto lo stendimento e controllate attraverso un pc. I geofoni verticali utilizzati per l'indagine sono della SARA electronic instruments da 4.5Hz. L'energizzazione è stata ottenuta con una mazza da 5 kg ed una piastra di metallo.

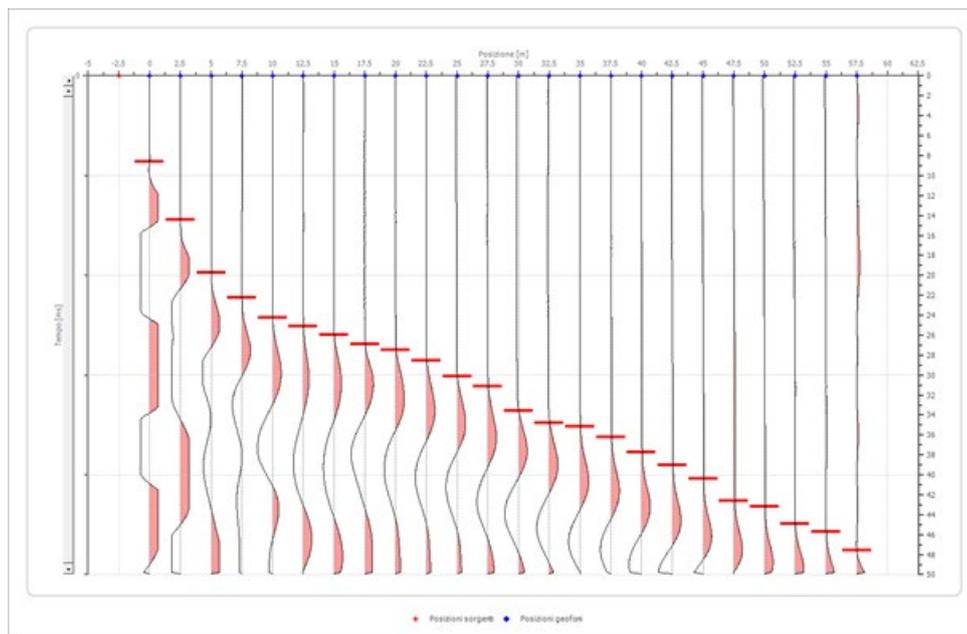
### 10.1.1 SOND1 (area impianto)

Il profilo è lungo 60.0 m. Si riporta di seguito la geometria dei geofoni.

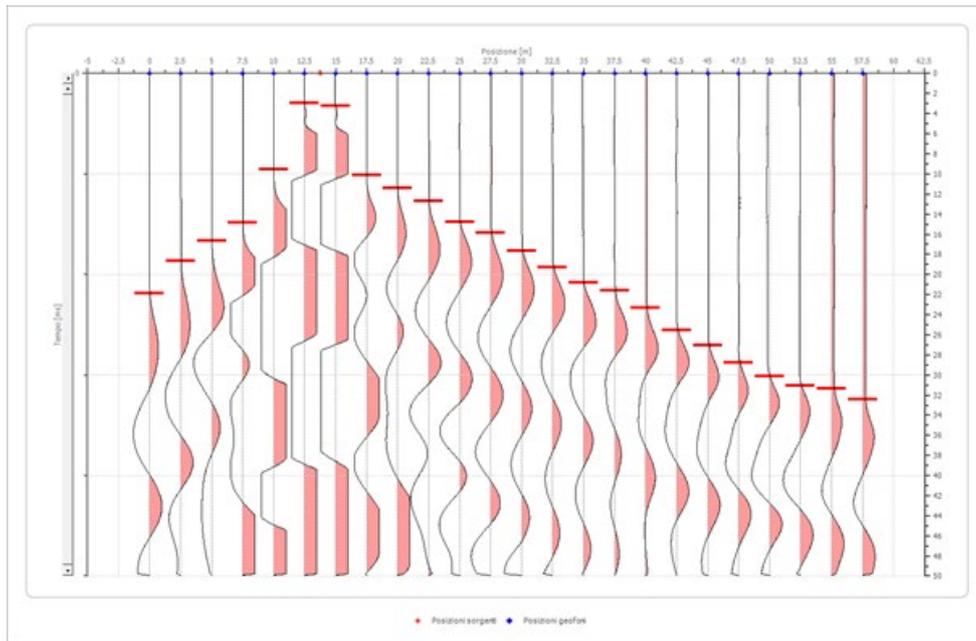
	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.5
3	5.0
4	7.5
5	10.0
6	12.5
7	15.0
8	17.5
9	20.0
10	22.5
11	25.0
12	27.5
13	30.0
14	32.5
15	35.0
16	37.5
17	40.0
18	42.5
19	45.0
20	47.5
21	50.0
22	52.5
23	55.0
24	57.5

Si riportano, di seguito, le tracce relative alle singole energizzazioni:

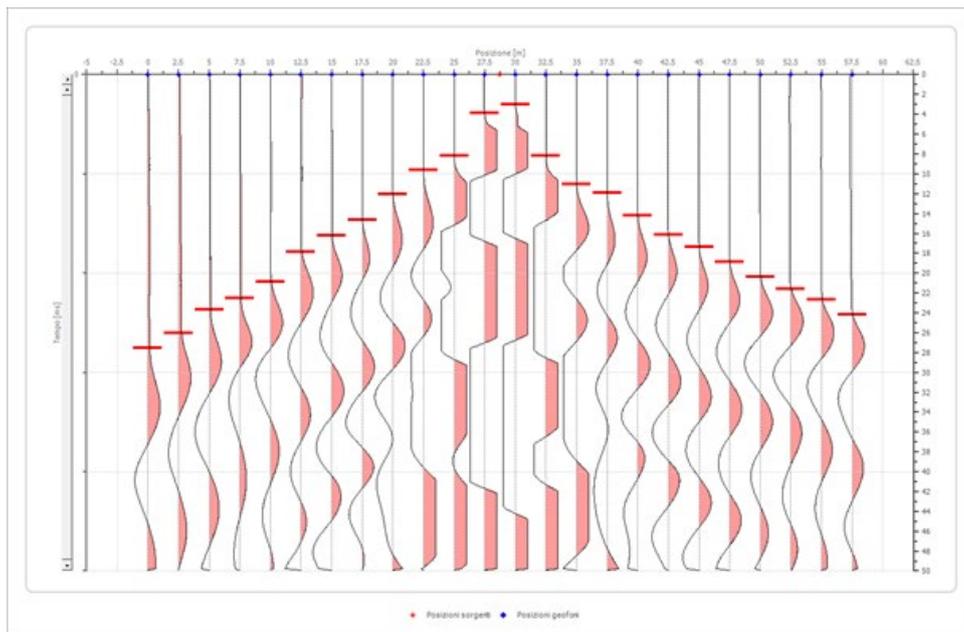
Scoppio 1



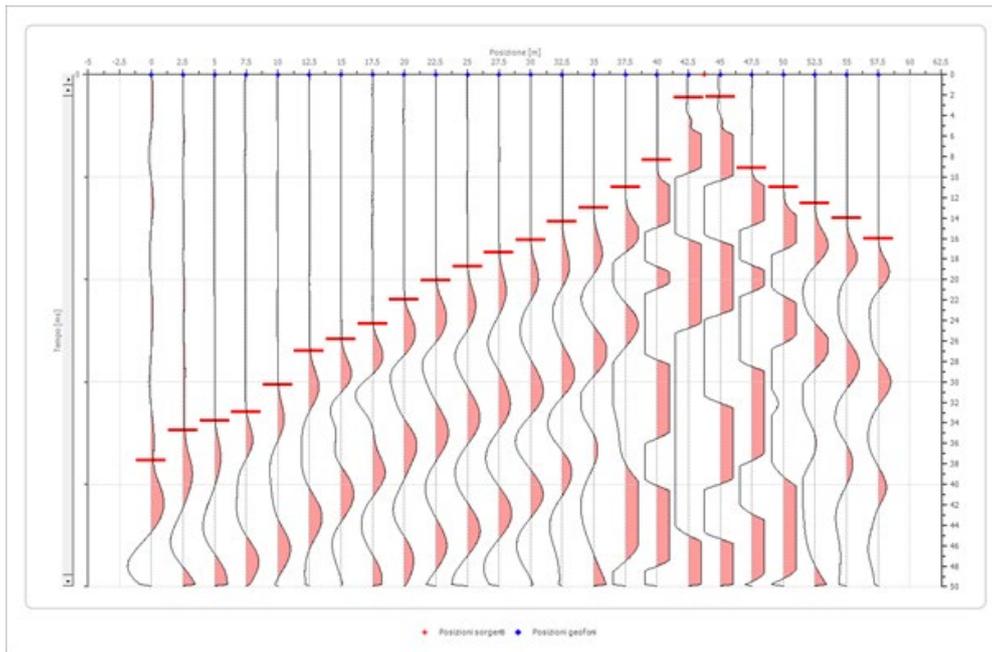
## Scoppio 2



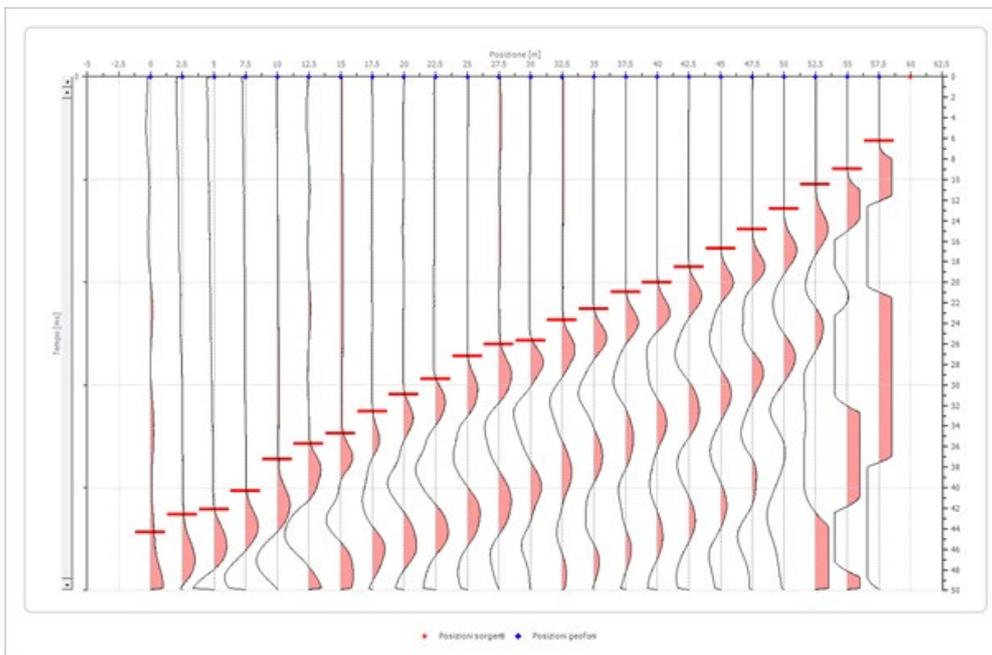
## Scoppio 3



## Scoppio 4



## Scoppio 5

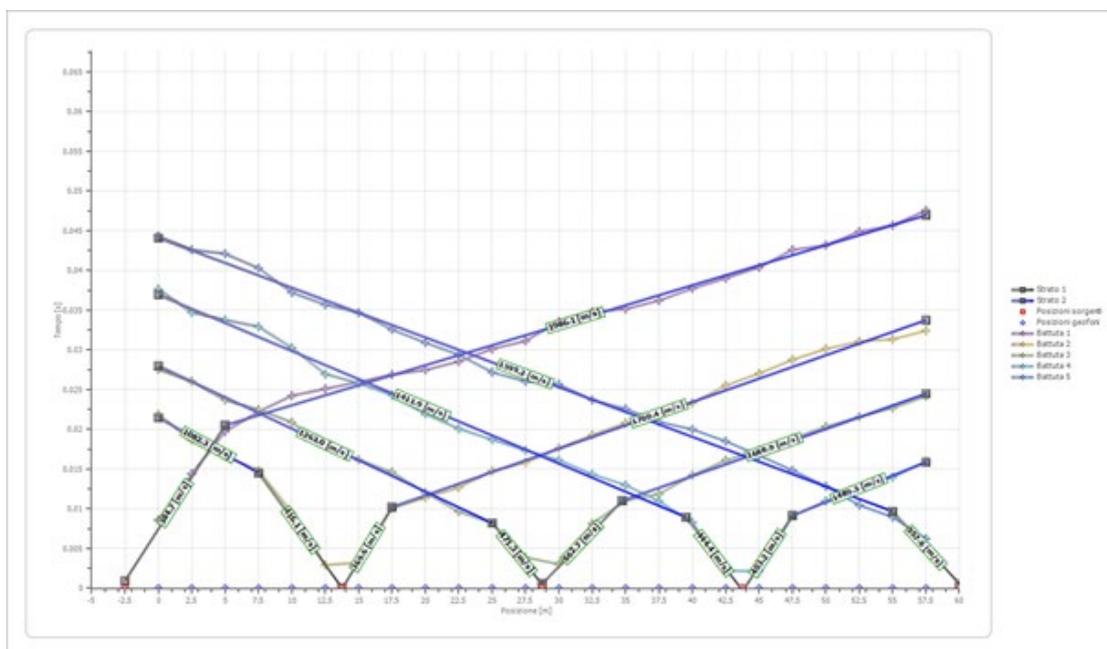


## Picking

Posizione geofono [m]	SCOPPIO 1 Tempo [ms]	SCOPPIO 2 Tempo [ms]	SCOPPIO 3 Tempo [ms]	SCOPPIO 4 Tempo [ms]	SCOPPIO 5 Tempo [ms]
0.0	8.6083	21.8795	27.5466	37.6614	44.3329
2.5	14.4189	18.6514	26.0545	34.7202	42.6112

5.0	19.7274	16.6428	23.7016	33.7877	42.1090
7.5	22.2382	14.8494	22.4964	32.9268	40.3000
10.0	24.2468	9.5409	20.8895	30.2726	37.2310
12.5	25.1076	2.9412	17.8479	26.9727	35.7000
15.0	25.9684	3.2281	16.1836	25.8250	34.7000
17.5	26.9010	10.1148	14.6341	24.3185	32.5681
20.0	27.4749	11.4060	12.0516	21.9512	30.9182
22.5	28.5509	12.6973	9.6413	20.0861	29.4118
25.0	30.1291	14.7776	8.2066	18.7231	27.2000
27.5	31.1334	15.8537	3.9024	17.3601	26.0402
30.0	33.5725	17.6471	3.0416	16.1406	25.6815
32.5	34.7920	19.2970	8.1492	14.3472	23.7000
35.0	35.1506	20.8034	11.0760	12.9842	22.5968
37.5	36.2267	21.5925	11.8795	10.9756	20.9469
40.0	37.7331	23.3142	14.2324	8.3214	20.0000
42.5	39.0244	25.5380	16.1263	2.2238	18.5079
45.0	40.3874	27.0445	17.3888	2.1521	16.7145
47.5	42.6112	28.7661	18.8809	9.1105	14.8494
50.0	43.1851	30.1291	20.3730	10.9756	12.8407
52.5	44.9067	31.0617	21.5782	12.5538	10.4735
55.0	45.6958	31.3486	22.6686	13.9885	8.9670
57.5	47.5610	32.4247	24.1607	15.9971	6.2410

## Dromocrone



## Interpretazione con metodo G.R.M

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	3.7	--
G= 2.5 [m]	3.4	--
G= 5.0 [m]	3.3	--

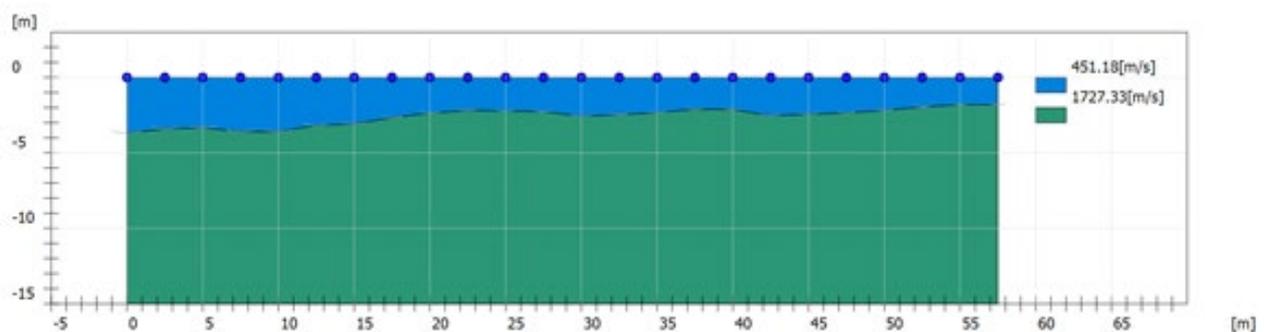
G= 7.5 [m]	3.6	--
G= 10.0 [m]	3.6	--
G= 12.5 [m]	3.2	--
G= 15.0 [m]	3.1	--
G= 17.5 [m]	2.7	--
G= 20.0 [m]	2.4	--
G= 22.5 [m]	2.2	--
G= 25.0 [m]	2.2	--
G= 27.5 [m]	2.3	--
G= 30.0 [m]	2.6	--
G= 32.5 [m]	2.5	--
G= 35.0 [m]	2.3	--
G= 37.5 [m]	2.1	--
G= 40.0 [m]	2.1	--
G= 42.5 [m]	2.5	--
G= 45.0 [m]	2.4	--
G= 47.5 [m]	2.4	--
G= 50.0 [m]	2.2	--
G= 52.5 [m]	2.0	--
G= 55.0 [m]	1.8	--
G= 57.5 [m]	1.8	--
Velocità [m/sec]	451.2	1727.3

#### Parametri geotecnici

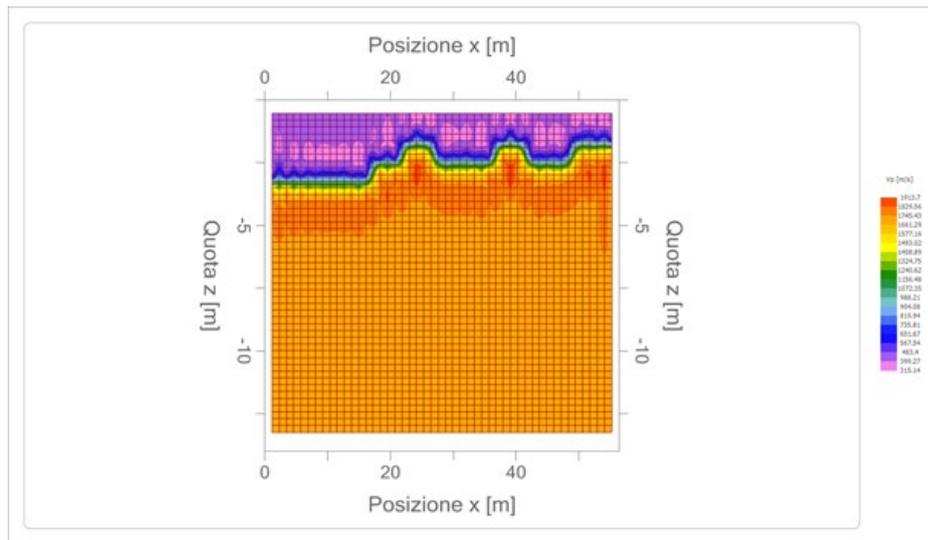
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson (presunto)	0.25	0.25
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1628.91	2102.19
Vp [m/s]	451.18	1727.33
Vs [m/s] (presunta)	260.49	997.27
G0 [MPa]	122.14	1790.20
Ed [Mpa]	366.42	5370.60
M0 [MPa]	244.28	3580.40
Ey [Mpa]	305.35	4475.50

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young.

#### Sismostrati



## Mappa di velocità



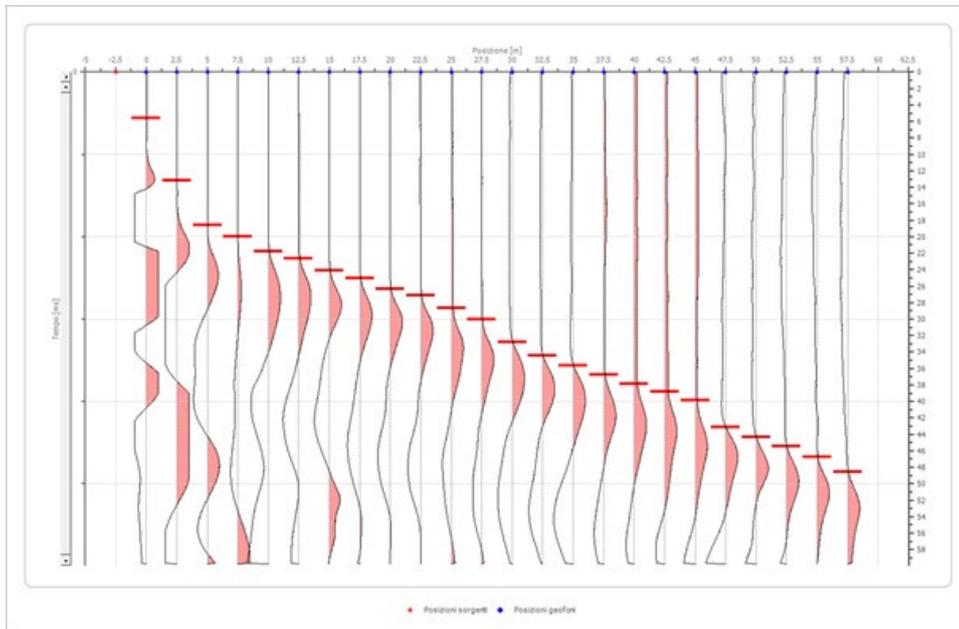
### 10.1.2 SOND2 (area impianto)

Il profilo è lungo 60.0 m. Si riporta di seguito la geometria dei geofoni.

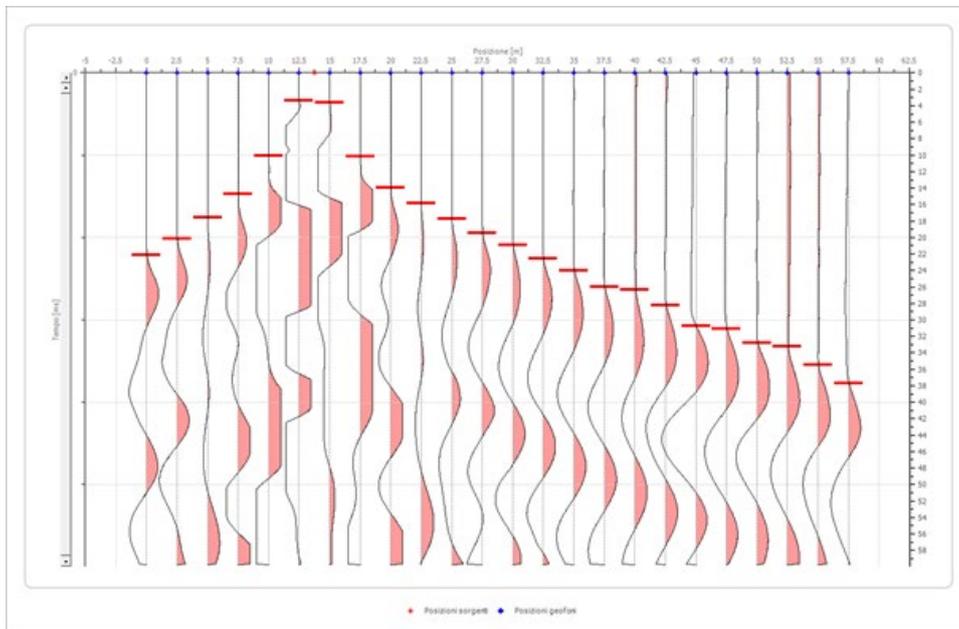
	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.5
3	5.0
4	7.5
5	10.0
6	12.5
7	15.0
8	17.5
9	20.0
10	22.5
11	25.0
12	27.5
13	30.0
14	32.5
15	35.0
16	37.5
17	40.0
18	42.5
19	45.0
20	47.5
21	50.0
22	52.5
23	55.0
24	57.5

Si riportano, di seguito, le tracce relative alle singole energizzazioni:

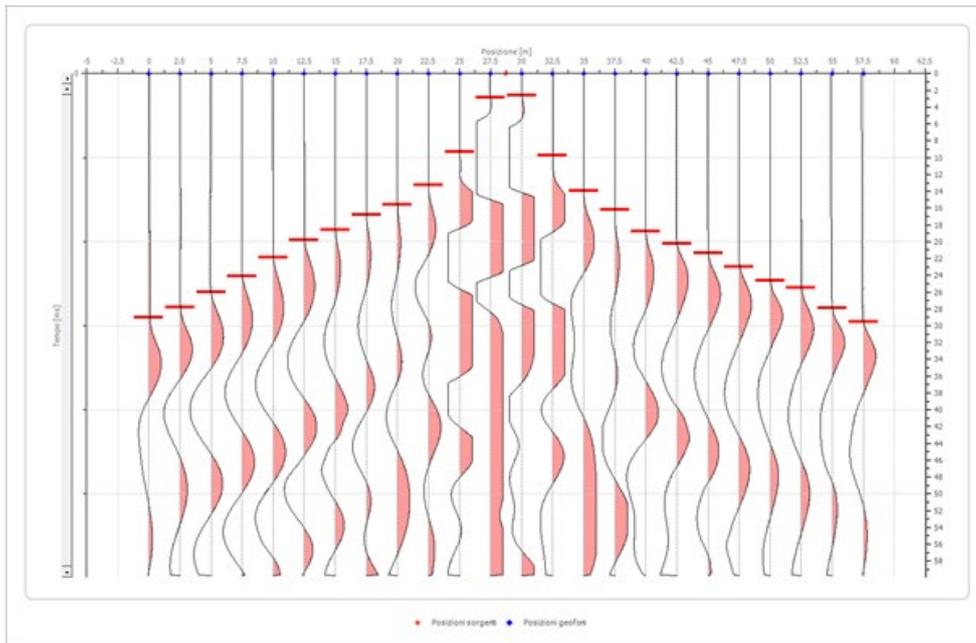
### Scoppio 1



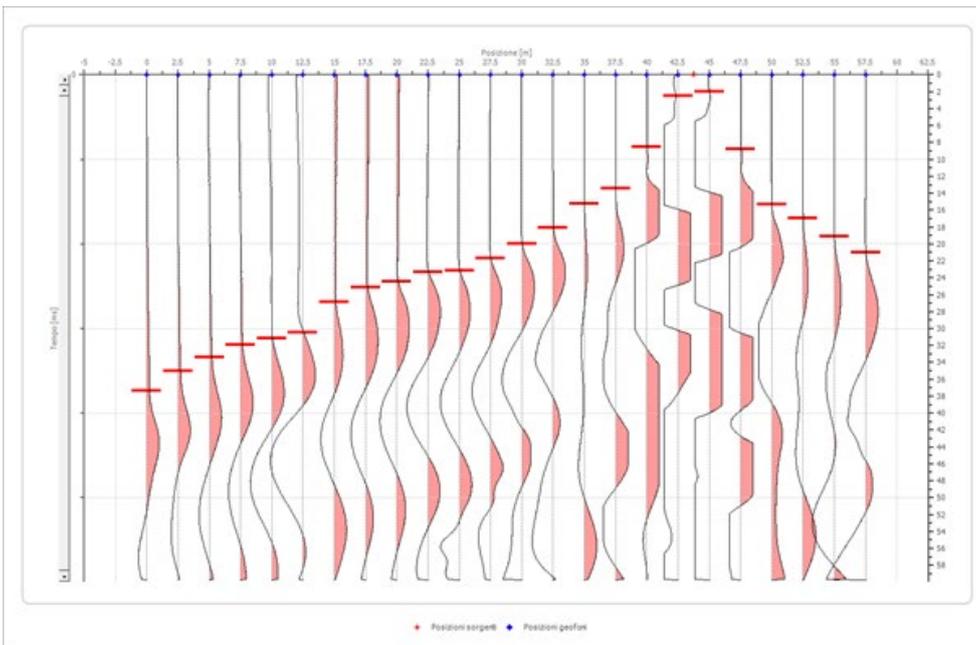
### Scoppio 2



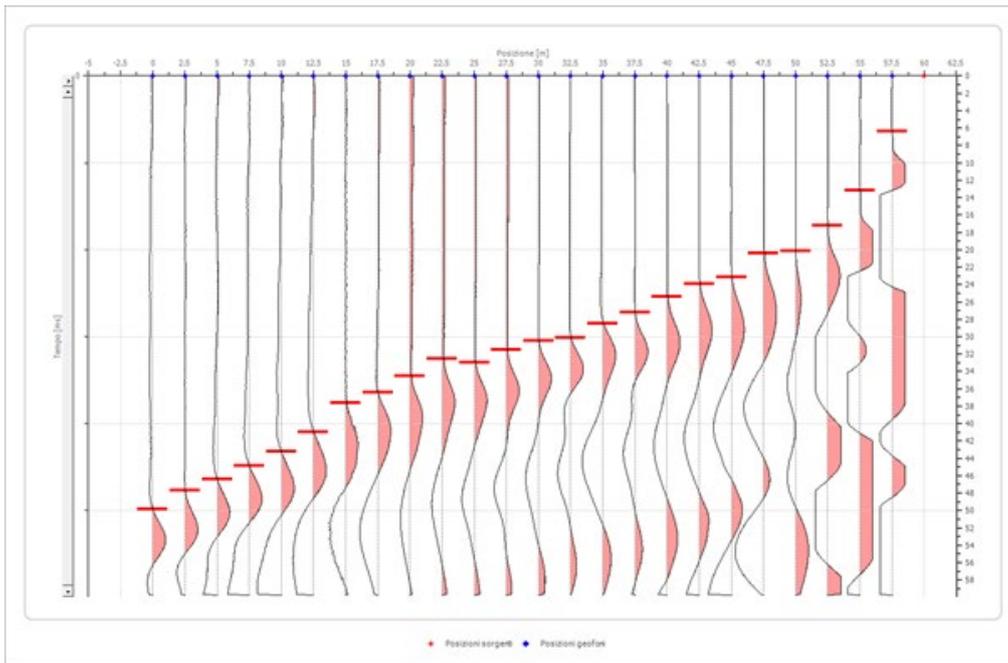
### Scoppio 3



### Scoppio 4



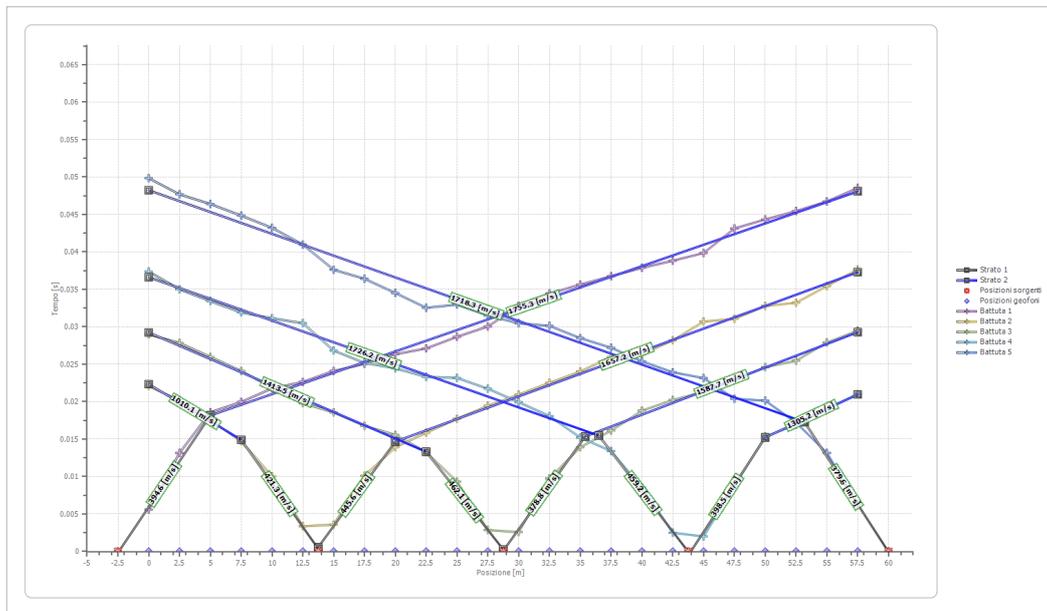
## Scoppio 5



## Picking

Posizione geofono [m]	SCOPPIO1 Tempo [ms]	SCOPPIO 2 Tempo [ms]	SCOPPIO 3 Tempo [ms]	SCOPPIO 4 Tempo [ms]	SCOPPIO 5 Tempo [ms]
0.0	5.5954	22.0947	28.9813	37.3745	49.8422
2.5	13.1707	20.1578	27.8336	35.0072	47.6901
5.0	18.5940	17.5753	25.9684	33.4290	46.3989
7.5	19.9713	14.7059	24.1033	31.9225	44.8494
10.0	21.7791	10.0430	21.8795	31.1334	43.2138
12.5	22.6399	3.3716	19.7991	30.4878	40.9756
15.0	24.1033	3.5868	18.5796	26.8293	37.6184
17.5	25.0502	10.1148	16.7862	25.1793	36.4132
20.0	26.3415	13.9168	15.5667	24.4620	34.5194
22.5	27.1162	15.8537	13.2712	23.3142	32.5395
25.0	28.6657	17.7188	9.3257	23.1707	32.9699
27.5	30.0430	19.4405	2.8694	21.7360	31.5065
30.0	32.7977	20.9469	2.5825	19.9426	30.4735
32.5	34.4333	22.5251	9.7561	18.0775	30.1291
35.0	35.6384	24.0316	13.9168	15.2080	28.4935
37.5	36.7575	25.9684	16.1406	13.4146	27.2023
40.0	37.8766	26.3271	18.7948	8.5366	25.3945
42.5	38.8235	28.1923	20.2296	2.5108	23.9311
45.0	39.8565	30.7030	21.3056	2.0086	23.1564
47.5	43.1277	31.0617	22.9555	8.7518	20.4017
50.0	44.3329	32.7834	24.6055	15.3515	20.1435
52.5	45.4519	33.2138	25.4663	16.9297	17.2166
55.0	46.7432	35.4376	27.9053	19.0818	13.1707
57.5	48.5509	37.6614	29.4835	21.0187	6.3702

## Dromocrone



## Interpretazione col metodo G.R.M.

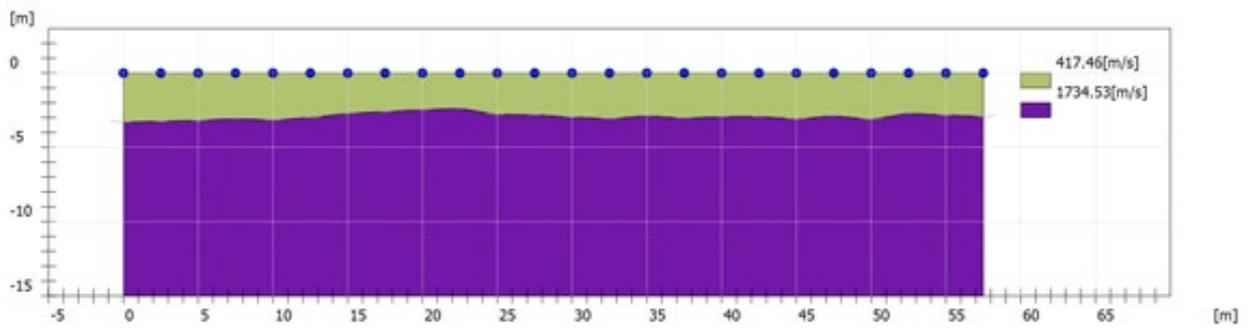
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	3.3	--
G= 2.5 [m]	3.2	--
G= 5.0 [m]	3.2	--
G= 7.5 [m]	3.1	--
G= 10.0 [m]	3.2	--
G= 12.5 [m]	3.0	--
G= 15.0 [m]	2.7	--
G= 17.5 [m]	2.6	--
G= 20.0 [m]	2.5	--
G= 22.5 [m]	2.4	--
G= 25.0 [m]	2.8	--
G= 27.5 [m]	2.8	--
G= 30.0 [m]	3.0	--
G= 32.5 [m]	3.1	--
G= 35.0 [m]	2.9	--
G= 37.5 [m]	3.0	--
G= 40.0 [m]	2.9	--
G= 42.5 [m]	2.9	--
G= 45.0 [m]	3.1	--
G= 47.5 [m]	2.9	--
G= 50.0 [m]	3.1	--
G= 52.5 [m]	2.7	--
G= 55.0 [m]	2.8	--
G= 57.5 [m]	2.9	--
Velocità [m/sec]	417.5	1734.5

### Parametri geotecnici

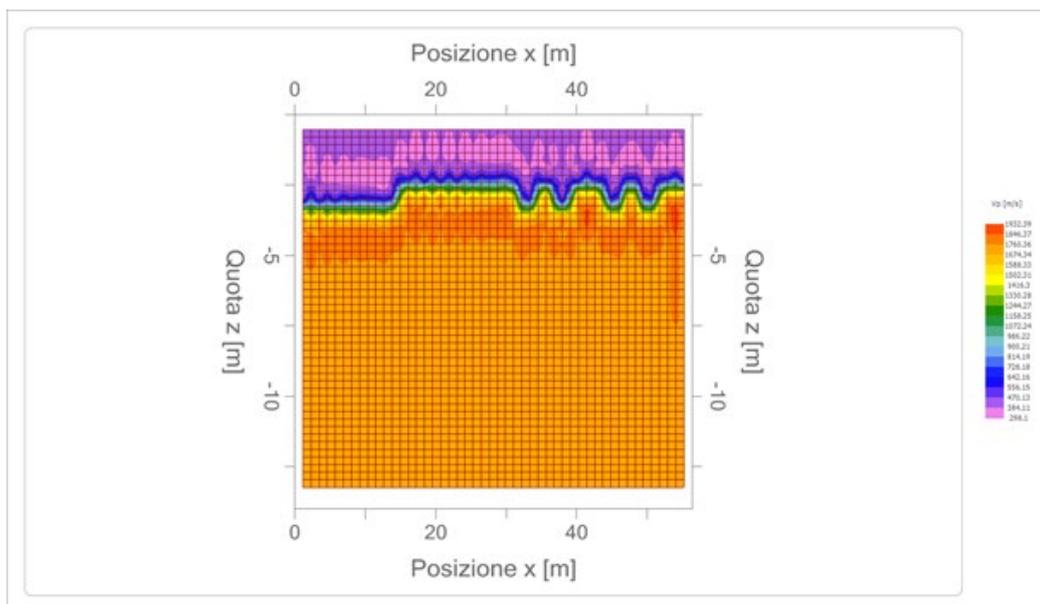
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson (presunto)	0.25	0.25
Densità [kg/m³]	1605.05	2103.85
Vp [m/s]	417.46	1734.53
Vs [m/s] (presunta)	241.02	1001.43
G0 [MPa]	104.57	1805.17
Ed [Mpa]	313.70	5415.50
M0 [MPa]	209.13	3610.33
Ey [Mpa]	261.41	4512.92

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young.

### Sismostrati



### Mappa di velocità



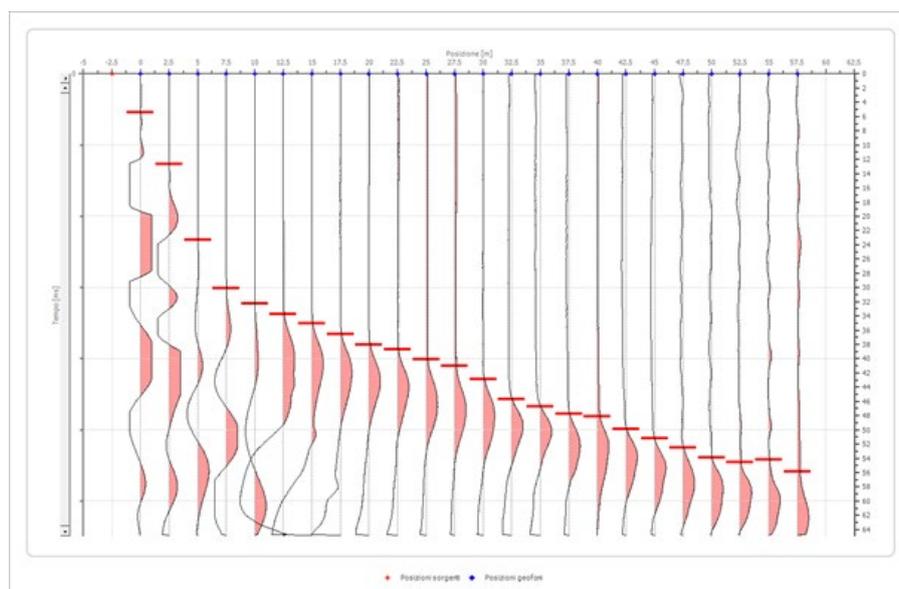
### 10.1.3 SOND3 (area impianto)

Il profilo è lungo 60 m. Si riporta di seguito la geometria dei geofoni.

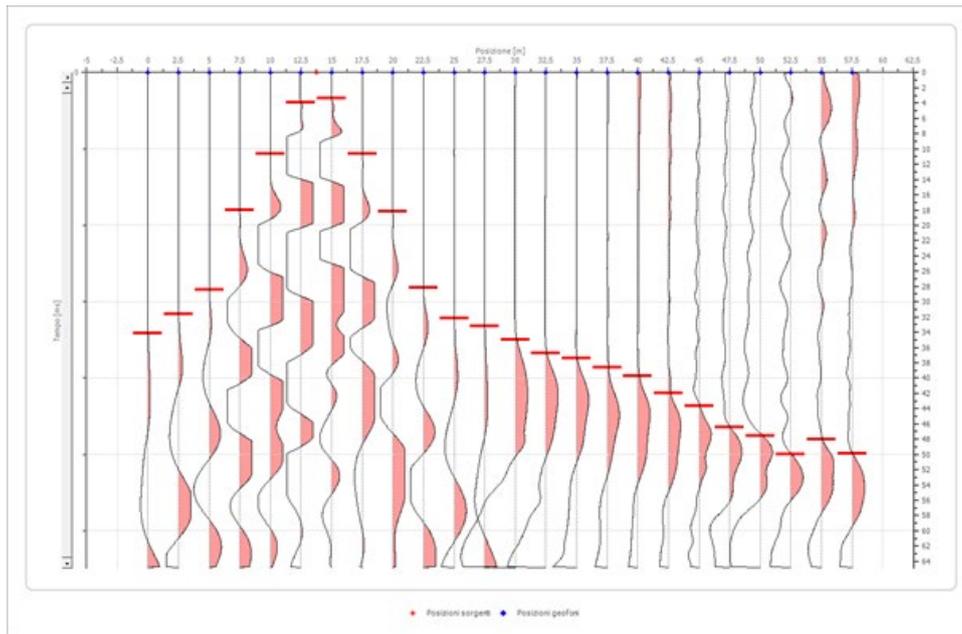
	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.5
3	5.0
4	7.5
5	10.0
6	12.5
7	15.0
8	17.5
9	20.0
10	22.5
11	25.0
12	27.5
13	30.0
14	32.5
15	35.0
16	37.5
17	40.0
18	42.5
19	45.0
20	47.5
21	50.0
22	52.5
23	55.0
24	57.5

Si riportano, di seguito, le tracce relative alle singole energizzazioni:

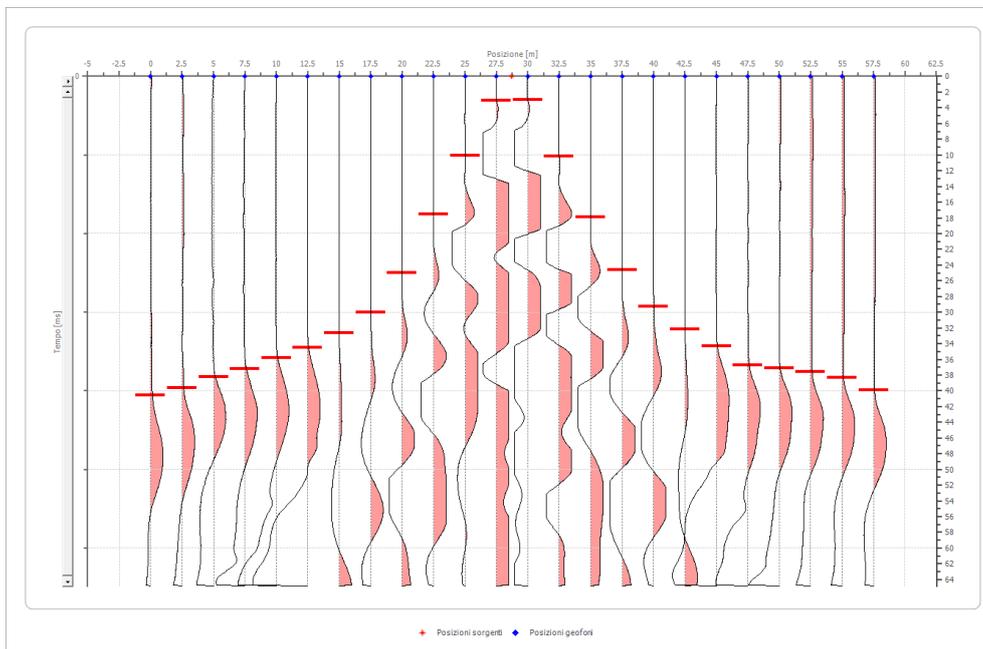
Scoppio 1



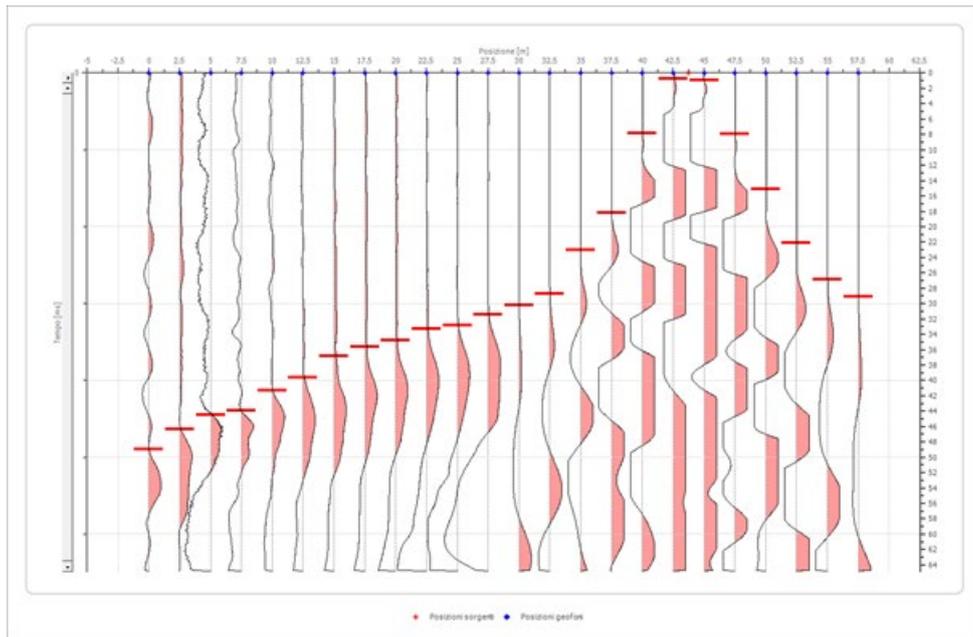
## Scoppio 2



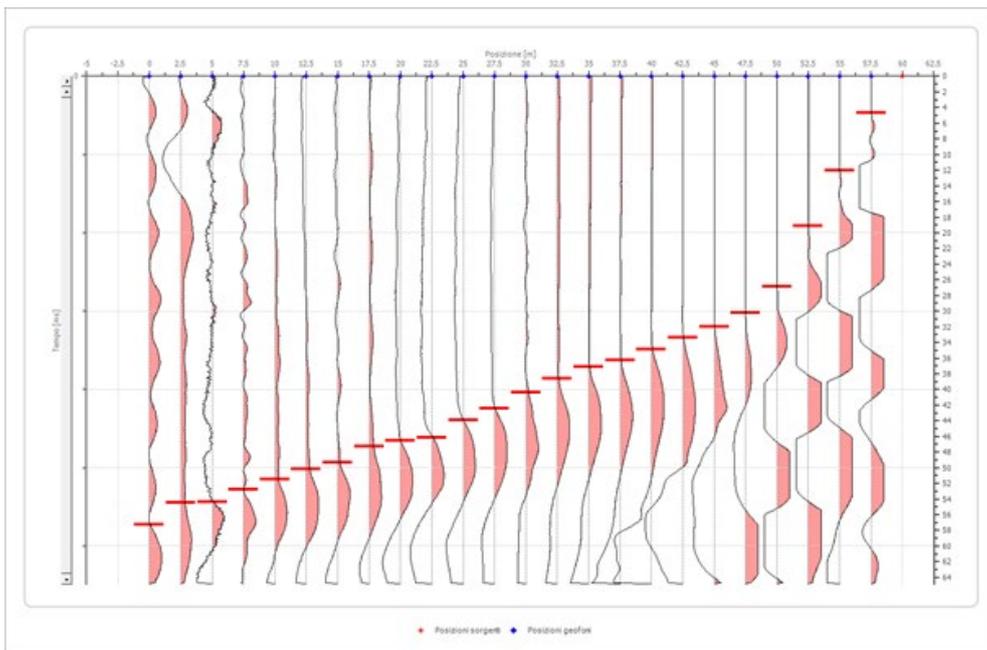
## Scoppio 3



## Scoppio 4



## Scoppio 5

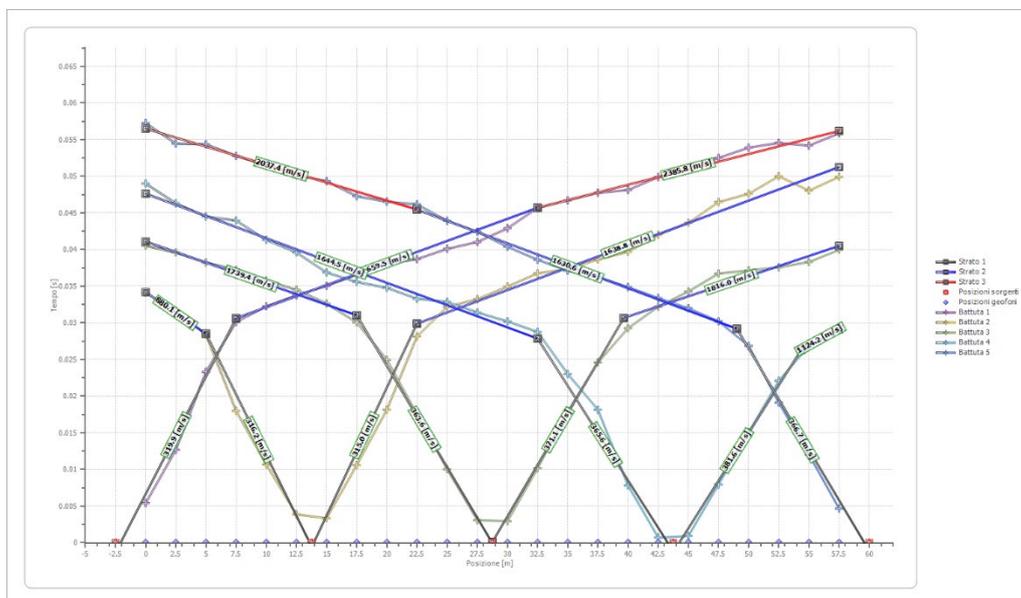


## Picking

Posizione geofono [m]	SCOPPIO 1 Tempo [ms]	SCOPPIO 2 Tempo [ms]	SCOPPIO 3 Tempo [ms]	SCOPPIO 4 Tempo [ms]	SCOPPIO 5 Tempo [ms]
0.0	5.4089	34.0890	40.5308	40.5308	57.2597
2.5	12.6829	31.5925	39.5983	39.5983	54.4620
5.0	23.3142	28.4075	38.2353	38.2353	54.3687
7.5	30.1220	17.9914	37.2310	37.2310	52.7834

10.0	32.2669	10.6743	35.7963	35.7963	51.4778
12.5	33.7590	3.8737	34.5050	34.5050	50.1722
15.0	35.0646	3.3572	32.6399	32.6399	49.3329
17.5	36.5567	10.5882	30.0574	30.0574	47.2812
20.0	38.0488	18.1636	24.9641	24.9641	46.5351
22.5	38.7016	28.1492	17.5036	17.5036	46.1621
25.0	40.1004	32.1951	10.0430	10.0430	43.9240
27.5	41.0330	33.2281	3.0846	3.0846	42.4318
30.0	42.8981	34.9498	2.9412	2.9412	40.3802
32.5	45.6958	36.7575	10.1865	10.1865	38.6083
35.0	46.7217	37.3601	17.9340	17.9340	37.1162
37.5	47.7475	38.6514	24.6055	24.6055	36.2769
40.0	48.1205	39.6844	29.2683	29.2683	34.8780
42.5	49.8924	42.0086	32.2095	32.2095	33.3859
45.0	51.1980	43.6442	34.2898	34.2898	31.9871
47.5	52.5036	46.4849	36.7288	36.7288	30.2152
50.0	53.9024	47.6040	37.1593	37.1593	26.8580
52.5	54.5552	50.0143	37.5897	37.5897	19.1176
55.0	54.1822	48.0344	38.3070	38.3070	12.0301
57.5	55.8608	49.9283	39.9570	39.9570	4.6628

### Dromocrone



### Interpretazione con metodo G.R.M

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	5.0	9.0	--
G= 2.5 [m]	4.9	7.5	--
G= 5.0 [m]	4.8	9.0	--
G= 7.5 [m]	4.0	12.8	--
G= 10.0 [m]	4.0	12.4	--
G= 12.5 [m]	4.0	12.1	--
G= 15.0 [m]	3.8	13.2	--

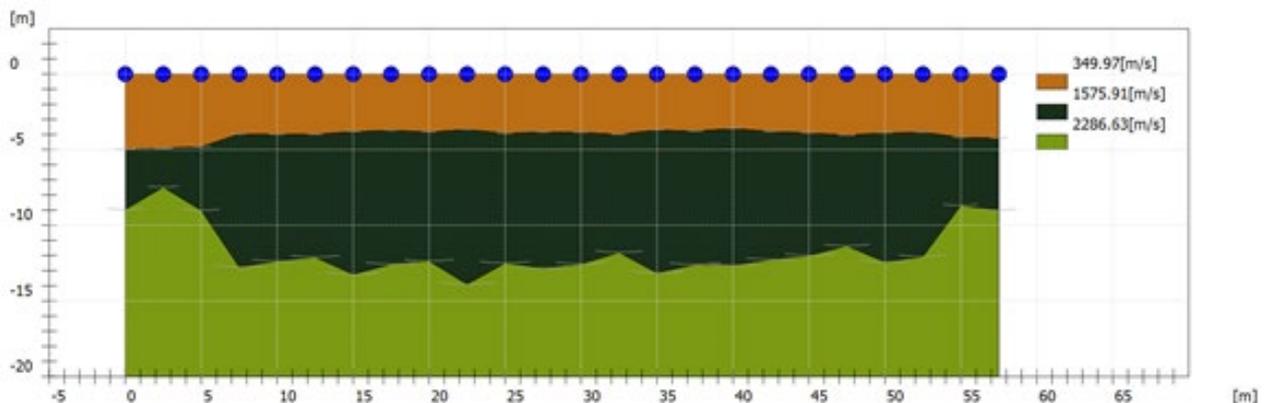
G= 17.5 [m]	3.7	12.6	--
G= 20.0 [m]	3.8	12.4	--
G= 22.5 [m]	3.7	13.9	--
G= 25.0 [m]	3.9	12.5	--
G= 27.5 [m]	3.8	12.8	--
G= 30.0 [m]	3.9	12.6	--
G= 32.5 [m]	4.0	11.8	--
G= 35.0 [m]	3.7	13.1	--
G= 37.5 [m]	3.8	12.6	--
G= 40.0 [m]	3.6	12.6	--
G= 42.5 [m]	3.8	12.3	--
G= 45.0 [m]	3.9	12.0	--
G= 47.5 [m]	4.1	11.4	--
G= 50.0 [m]	3.9	12.4	--
G= 52.5 [m]	3.9	12.1	--
G= 55.0 [m]	4.2	8.7	--
G= 57.5 [m]	4.2	9.0	--
Velocità [m/sec]	350.0	1575.9	2286.6

### Parametri geotecnici

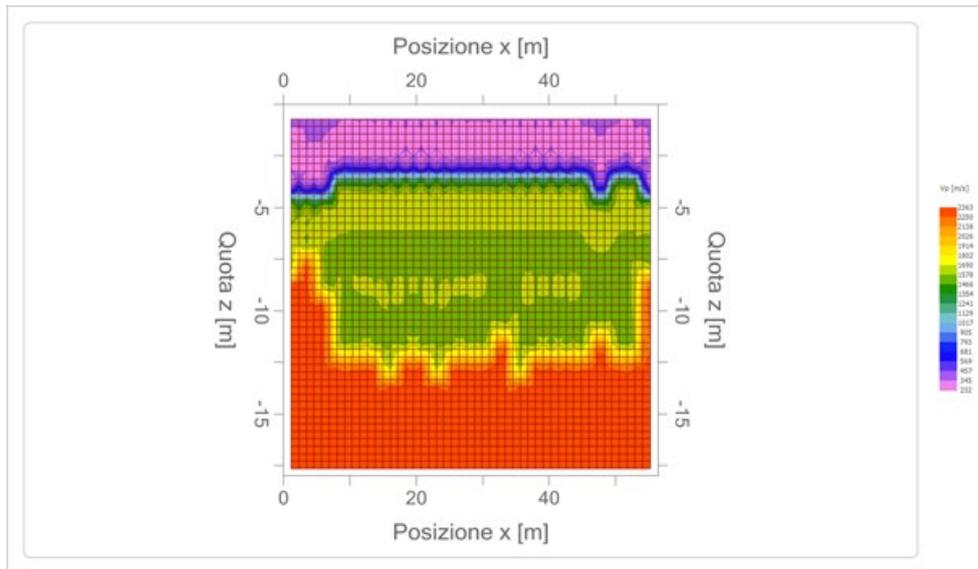
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson (presunto)	0.25	0.25	0.25
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1552.15	2065.86	2217.26
Vp [m/s]	349.97	1575.91	2286.63
Vs [m/s] (presunta)	202.05	909.85	1320.19
G0 [MPa]	73.49	1490.09	3137.22
Ed [Mpa]	220.46	4470.28	9411.65
M0 [MPa]	146.97	2980.19	6274.44
Ey [Mpa]	183.71	3725.23	7843.05

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young.

### Sismostrati



## Mappa di velocità



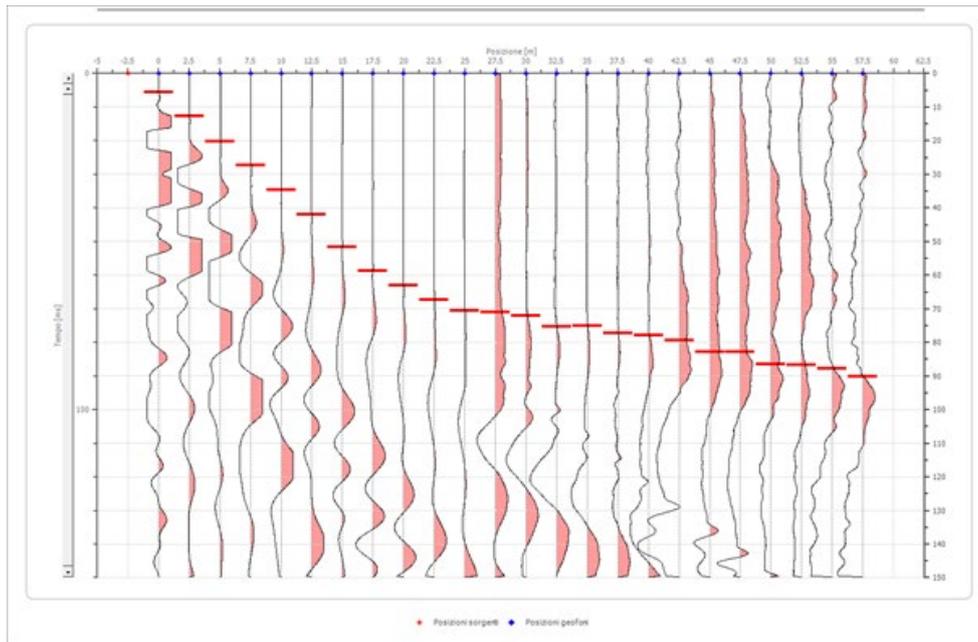
### 10.1.4 SONDA4 (area sottostazione)

Il profilo è lungo 60 m. Si riporta di seguito la geometria dei geofoni.

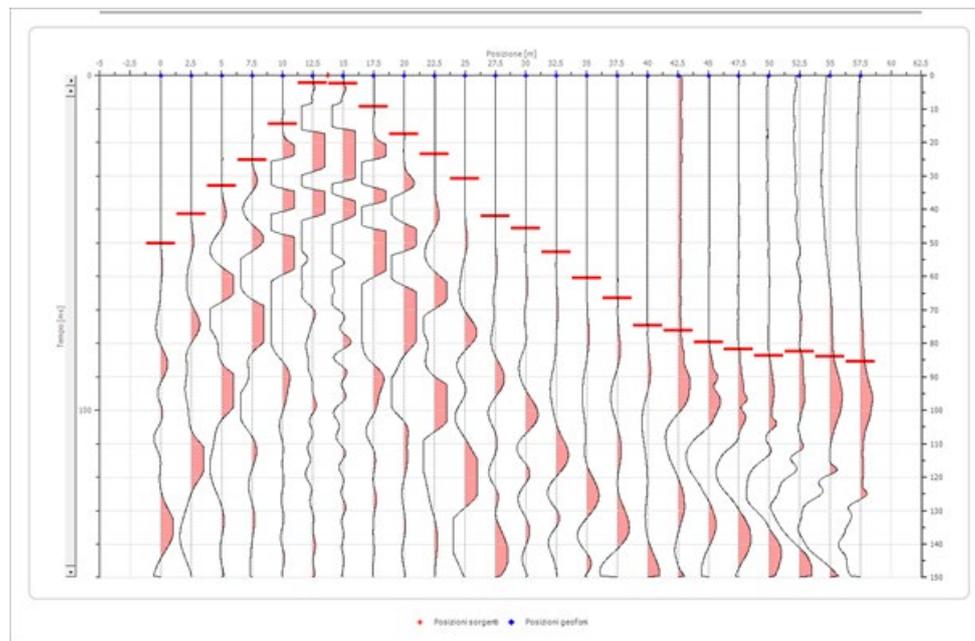
	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.5
3	5.0
4	7.5
5	10.0
6	12.5
7	15.0
8	17.5
9	20.0
10	22.5
11	25.0
12	27.5
13	30.0
14	32.5
15	35.0
16	37.5
17	40.0
18	42.5
19	45.0
20	47.5
21	50.0
22	52.5
23	55.0
24	57.5

Si riportano, di seguito, le tracce relative alle singole energizzazioni:

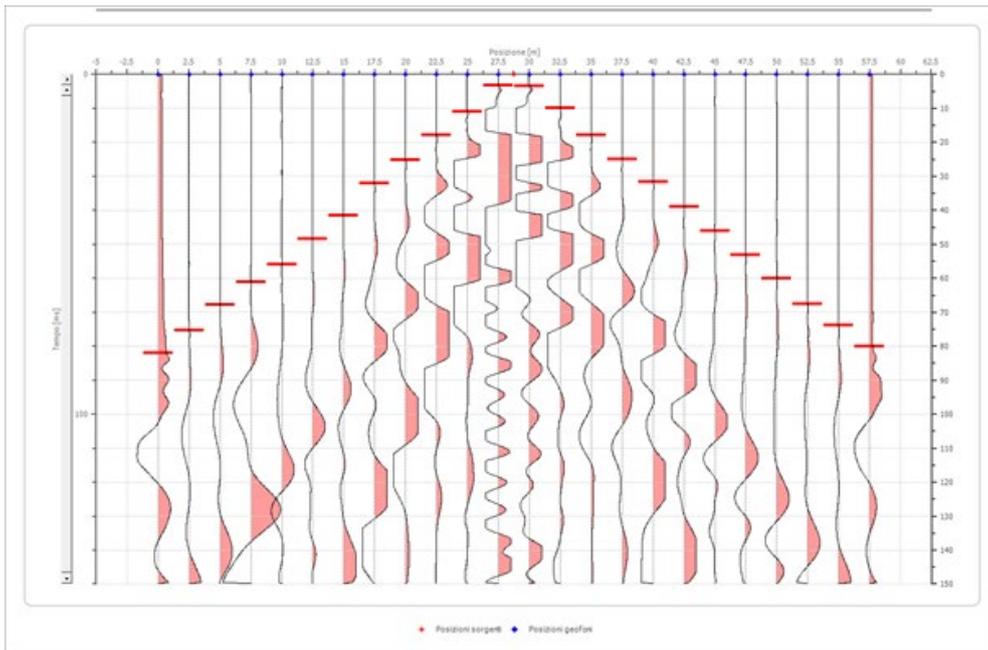
### Scoppio 1



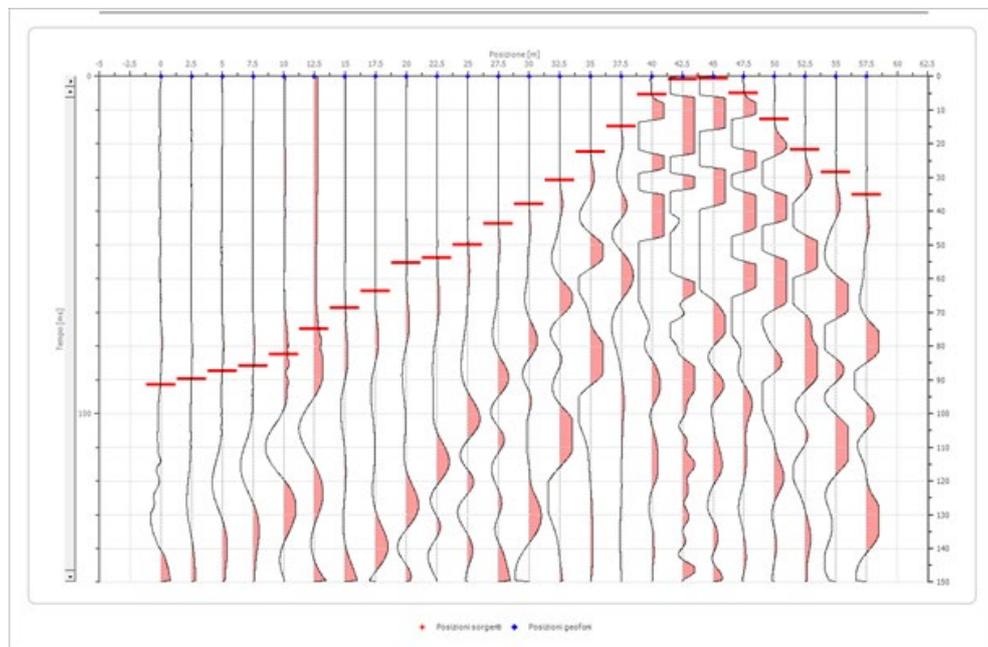
### Scoppio 2



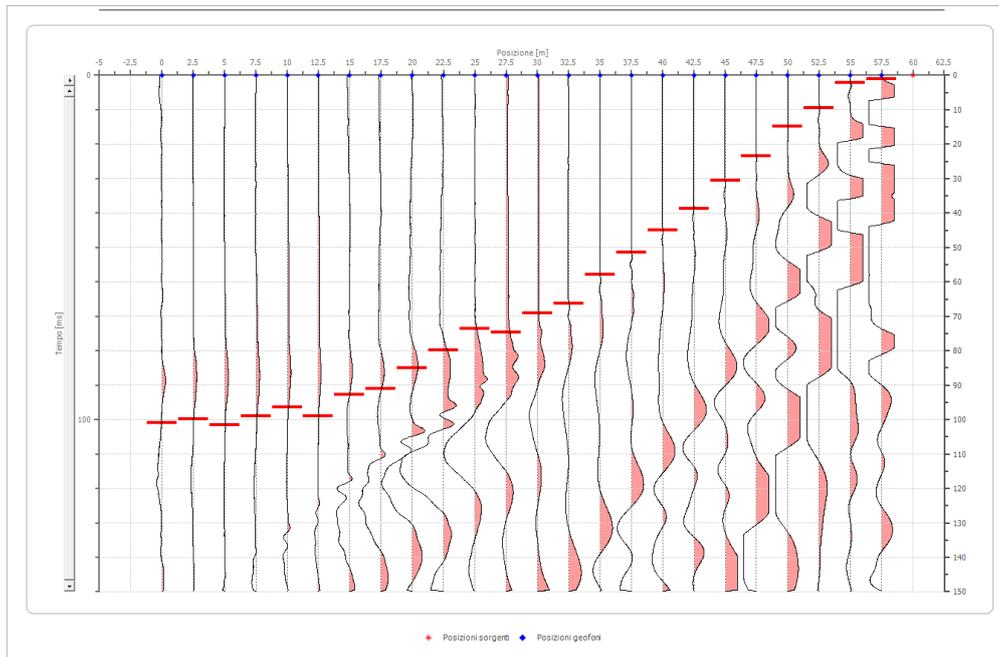
### Scoppio 3



### Scoppio 4



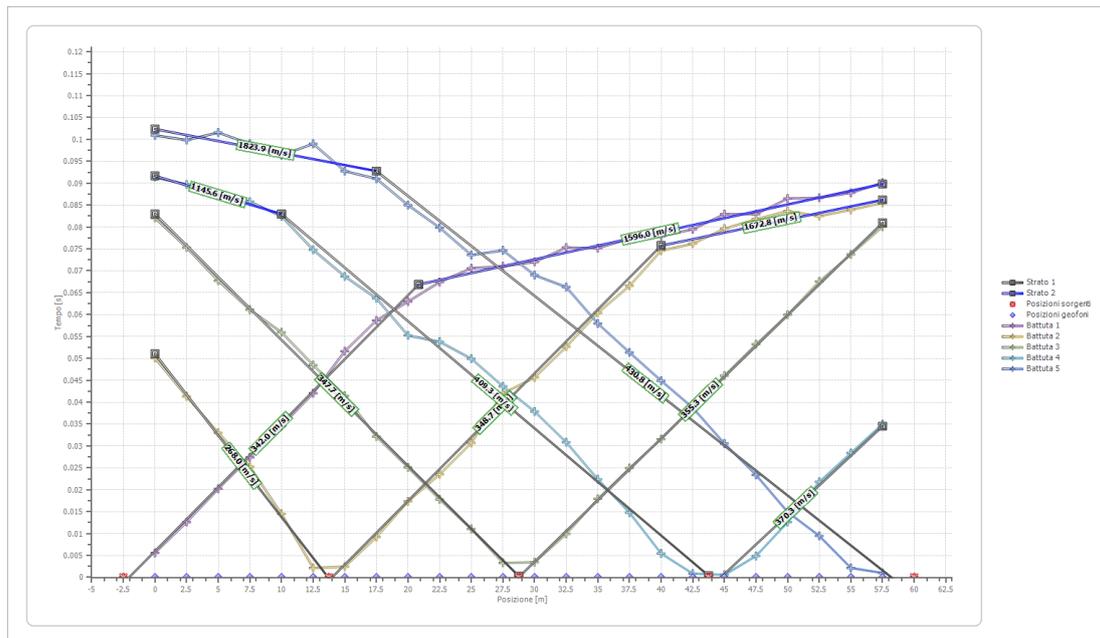
## Scoppio 5



## Picking

Posizione geofono [m]	SCOPPIO 1 Tempo [ms]	SCOPPIO 2 Tempo [ms]	SCOPPIO 3 Tempo [ms]	SCOPPIO 4 Tempo [ms]	SCOPPIO 5 Tempo [ms]
0.0	5.5954	50.0717	82.0660	91.3917	100.9326
2.5	12.6255	41.3199	75.3228	89.7131	99.8565
5.0	20.2296	32.9986	67.7188	87.2884	101.5782
7.5	27.4032	25.2511	61.1191	85.7963	98.9957
10.0	34.5768	14.4907	55.9541	82.4390	96.4132
12.5	42.0373	2.1521	48.4935	74.7920	98.9957
15.0	51.6499	2.4390	41.4634	68.7231	92.7547
17.5	58.6801	9.1822	32.1377	63.7016	91.0330
20.0	62.9842	17.3601	25.1076	55.2367	85.0072
22.5	67.4319	23.5294	17.7905	53.8020	79.8422
25.0	70.5882	30.7030	11.0473	49.9283	73.6011
27.5	71.0187	42.0373	3.2999	43.6155	74.6772
30.0	72.0230	45.6241	3.4433	37.8766	69.0100
32.5	75.3228	52.6542	9.8996	30.8465	66.2841
35.0	75.1793	60.4017	17.9340	22.3816	57.9627
37.5	77.3314	66.5710	24.9641	14.7776	51.3630
40.0	77.9053	74.6055	31.5638	5.4519	44.9067
42.5	79.4835	76.1836	38.8809	0.8608	38.7374
45.0	82.9268	79.6270	46.0545	0.5739	30.5595
47.5	82.9268	81.7791	53.2281	4.8780	23.3859
50.0	86.5136	83.6442	59.9713	12.6255	14.9211
52.5	86.6571	82.4964	67.5753	21.8077	9.4692
55.0	87.8049	83.9311	73.7446	28.4075	2.1521
57.5	90.1004	85.5093	80.0574	35.0072	1.0043

## Dromocrone



## Interpretazione con metodo G.R.M.

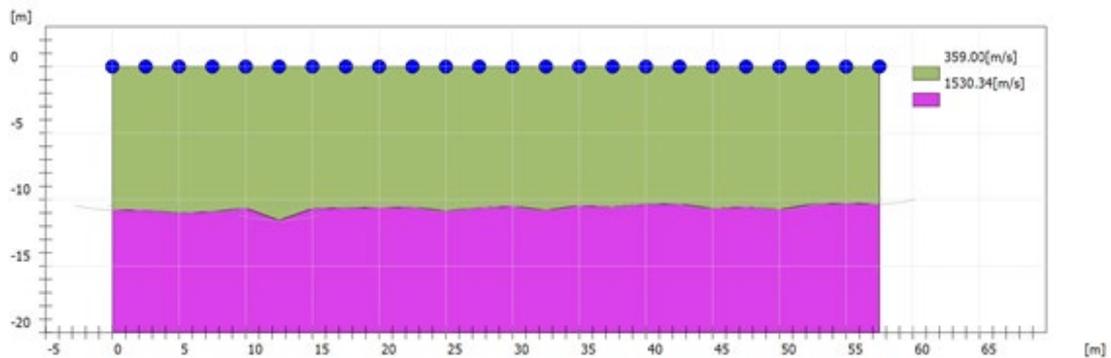
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	10.8	--
G= 2.5 [m]	10.8	--
G= 5.0 [m]	11.0	--
G= 7.5 [m]	10.9	--
G= 10.0 [m]	10.6	--
G= 12.5 [m]	11.6	--
G= 15.0 [m]	10.7	--
G= 17.5 [m]	10.6	--
G= 20.0 [m]	10.6	--
G= 22.5 [m]	10.6	--
G= 25.0 [m]	10.9	--
G= 27.5 [m]	10.6	--
G= 30.0 [m]	10.5	--
G= 32.5 [m]	10.8	--
G= 35.0 [m]	10.5	--
G= 37.5 [m]	10.6	--
G= 40.0 [m]	10.4	--
G= 42.5 [m]	10.3	--
G= 45.0 [m]	10.7	--
G= 47.5 [m]	10.6	--
G= 50.0 [m]	10.8	--
G= 52.5 [m]	10.4	--
G= 55.0 [m]	10.3	--
G= 57.5 [m]	10.3	--
Velocità [m/sec]	359.0	1530.3

## Parametri geotecnici

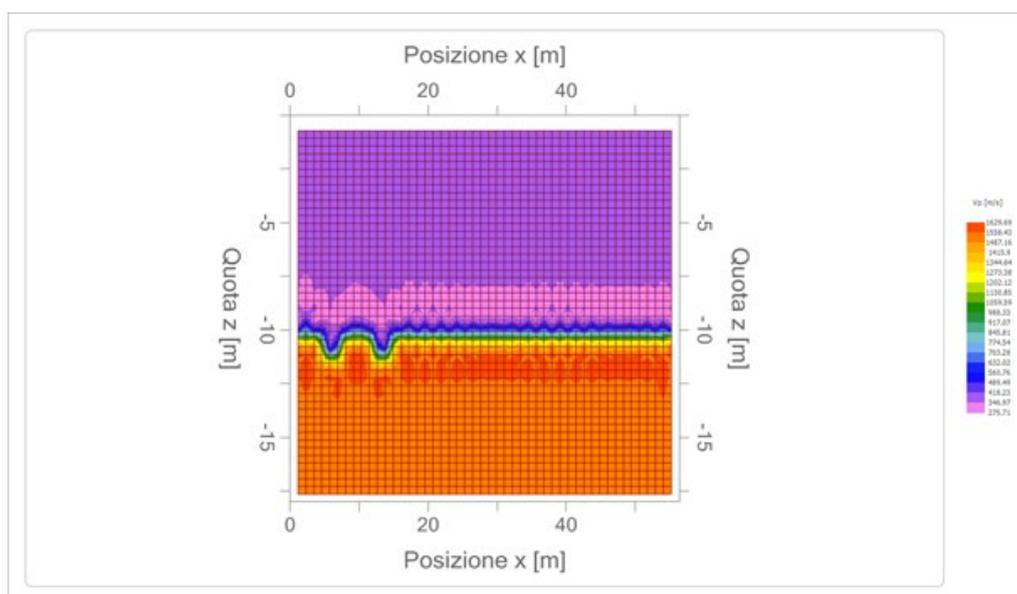
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson (presunto)	0.25	0.25
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1559.69	2054.38
Vp [m/s]	359.00	1530.34
Vs [m/s] (presunta)	207.27	883.54
G0 [MPa]	77.33	1405.16
Ed [Mpa]	231.99	4215.48
M0 [MPa]	154.66	2810.32
Ey [Mpa]	193.32	3512.90

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young.

## Sismostrati



## Mappa di velocità



## 10.2 Sondaggi MASW

I 3 sondaggi MASW sono stati realizzati sugli stendimenti coincidenti con i sondaggi in onde P, l'acquisizione è stata realizzata invece con 24 geofoniorizzontali della SARA electronic da 4,5 Hz, spaziate di 2,5 m ed orientati con asse di oscillazione solidale allo stendimento. Per ogni sondaggio è stato realizzato uno scoppio esterno allo stendimento, ad una distanza di 10 m dall'ultimo geofono.

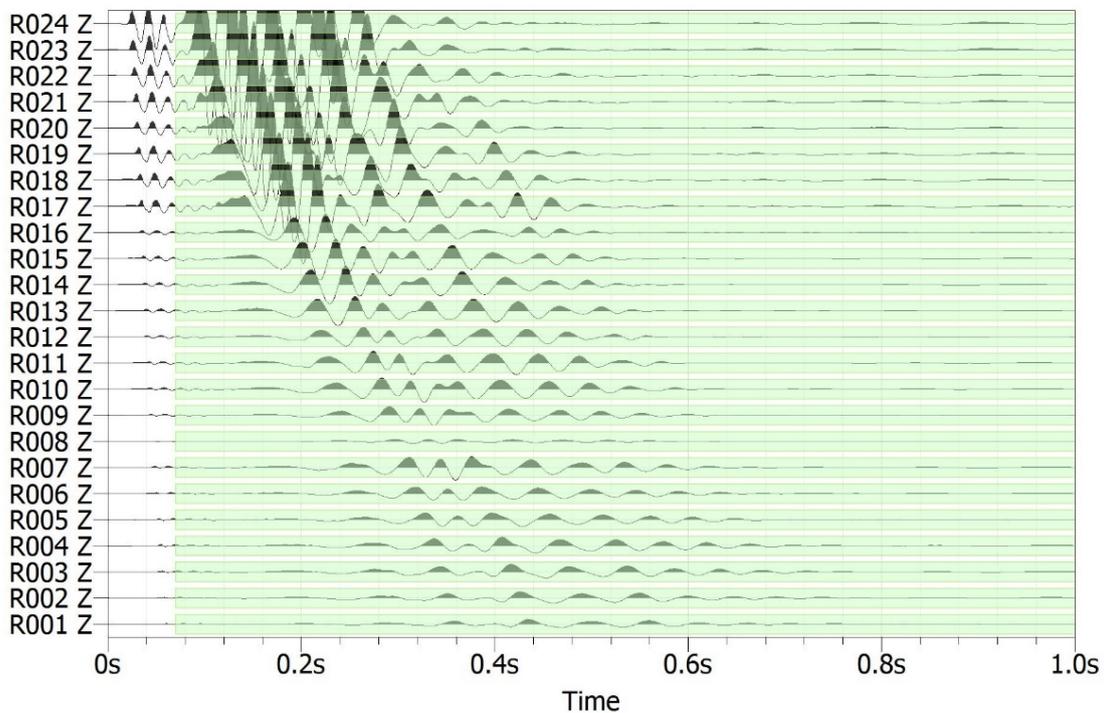
Anche in questo caso la strumentazione utilizzata per i sondaggi è il sismografo DoReMi della SARA electronic instruments, L'energizzazione è stata ottenuta con una mazza da 5 kg.

In questo modo è stata rilevata la componente orizzontale dell'onda di Rayleigh (questo accorgimento può facilitare il riconoscimento del modo fondamentale sul grafico Velocità di fase / Frequenza). I dati raccolti sono stati elaborati con i software GEOPSY e DINVER con la finalità di determinare attraverso il profilo di velocità delle onde di taglio Vs sia la geometria del sottosuolo che anche il tipo di suolo secondo le normative tecniche nazionali ed internazionali.

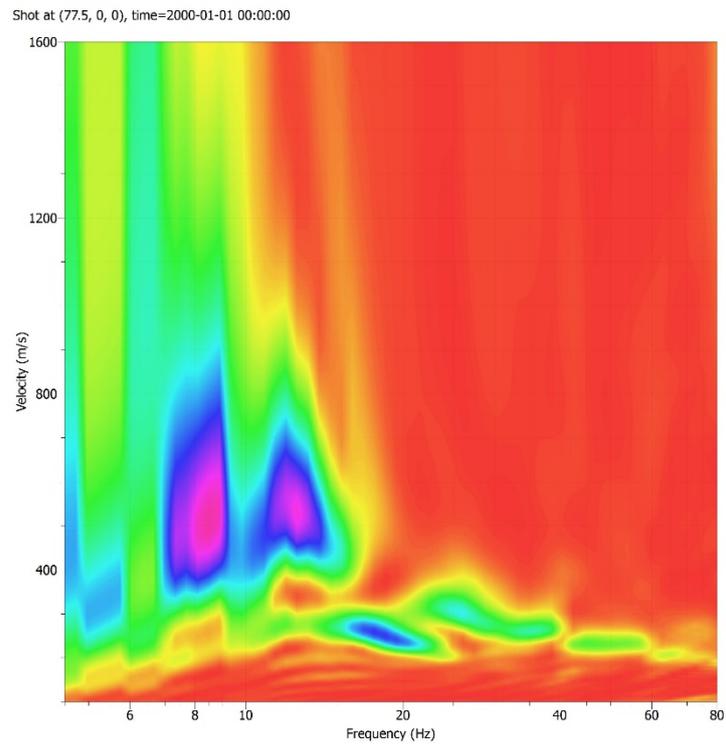
### 10.2.1 MASW 1

Lo stendimento è coincidente con il sondaggio a rifrazione SOND1

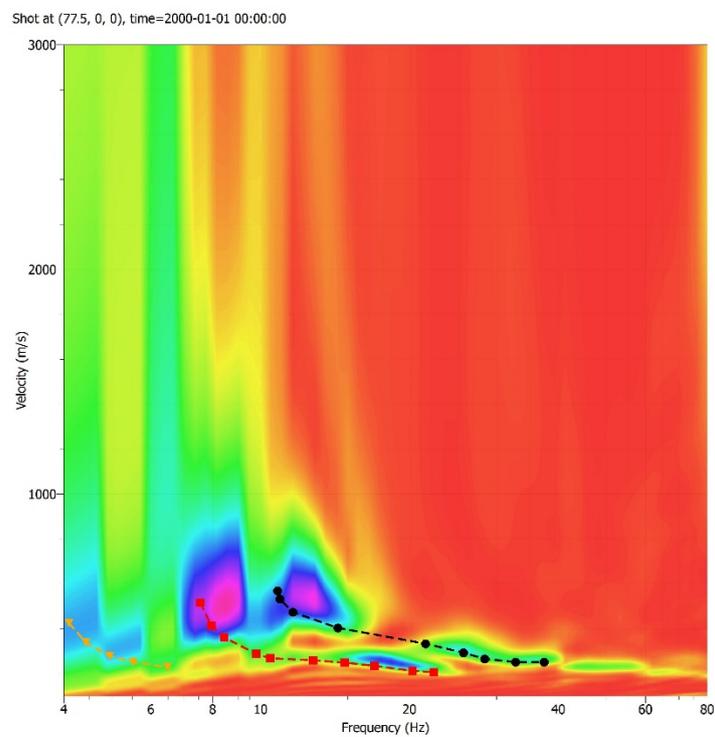
Tracce



## Grafico velocità di fase – frequenza

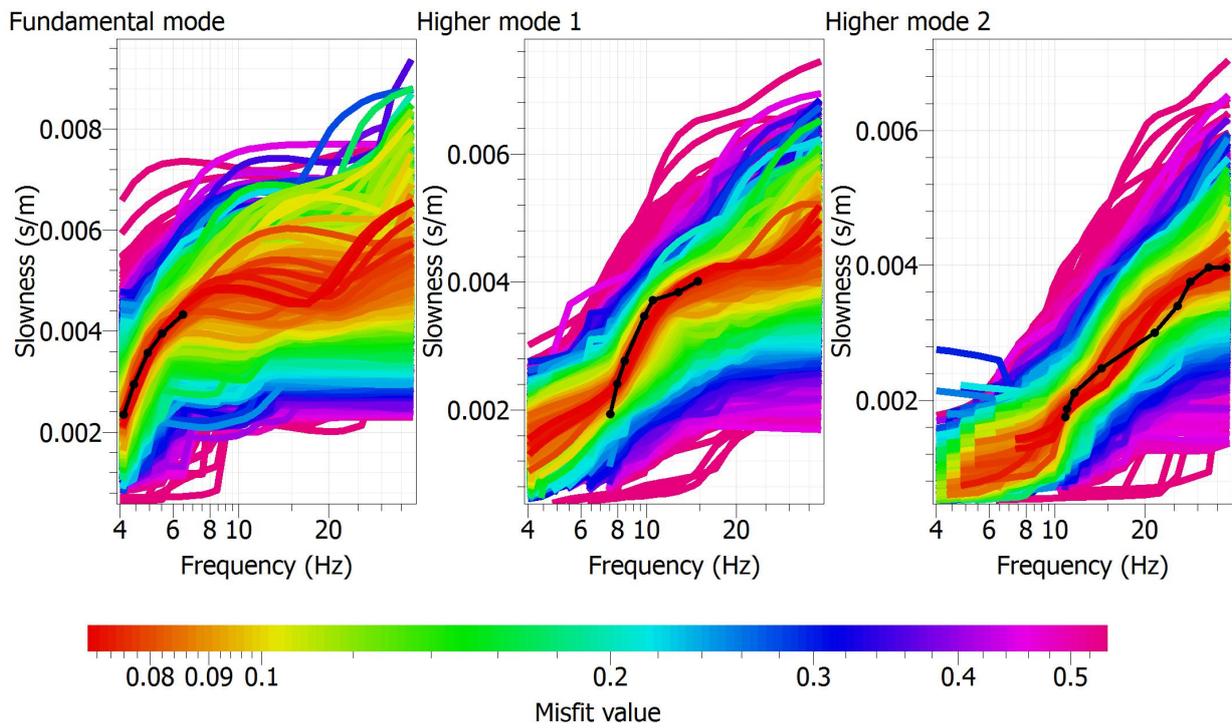


## Curve di dispersione sperimentali

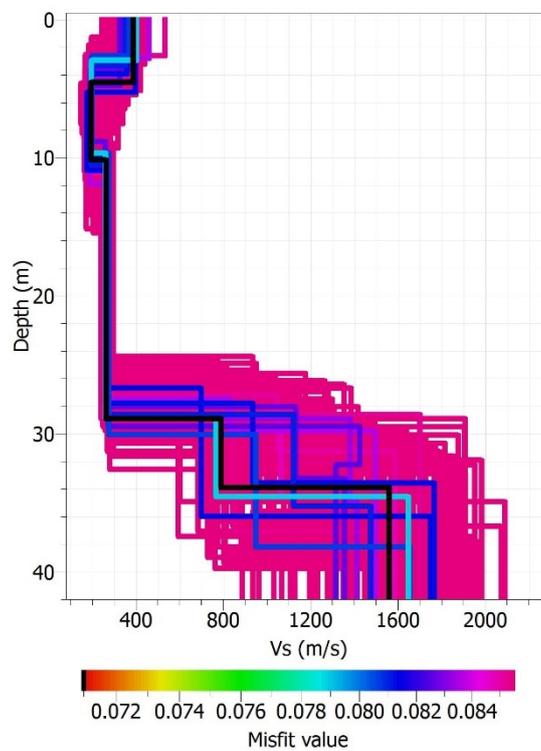


L'inversione è stata sviluppata considerando il modo fondamentale ed i modi superiori dal primo al secondo

## Curve di dispersione sintetiche



## Profili di Vs



La traccia nera indica il modello con il misfit più basso.

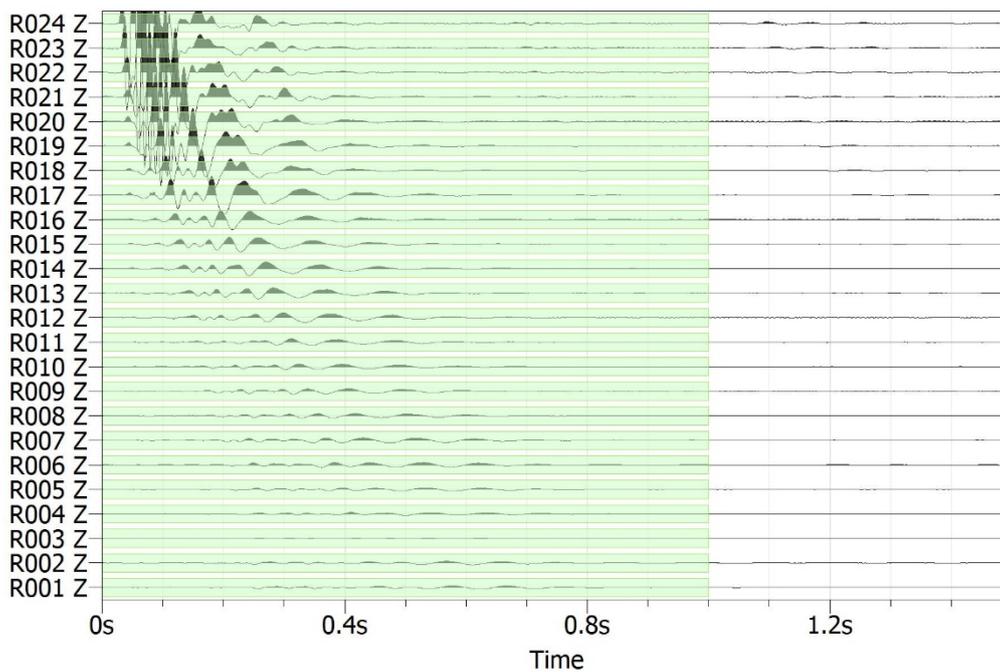
## Modello di sottosuolo

$V_s$	Profondità del letto dello strato
387.01	4.53
189.72	10.13
261.49	28.93
788.58	33.92
1560.16	indefinita

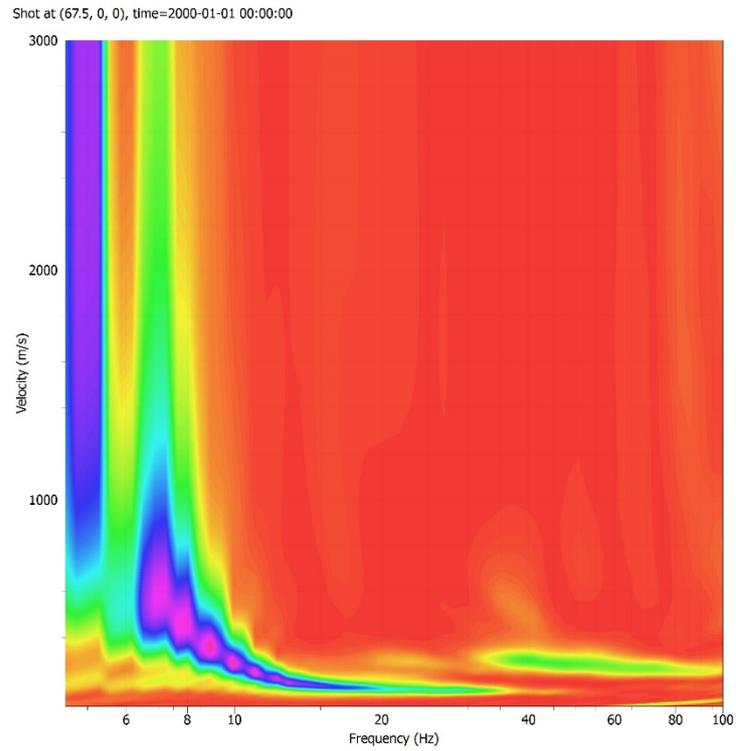
### 10.2.2 MASW 2

Lo stendimento è coincidente con il sondaggio a rifrazione SOND2

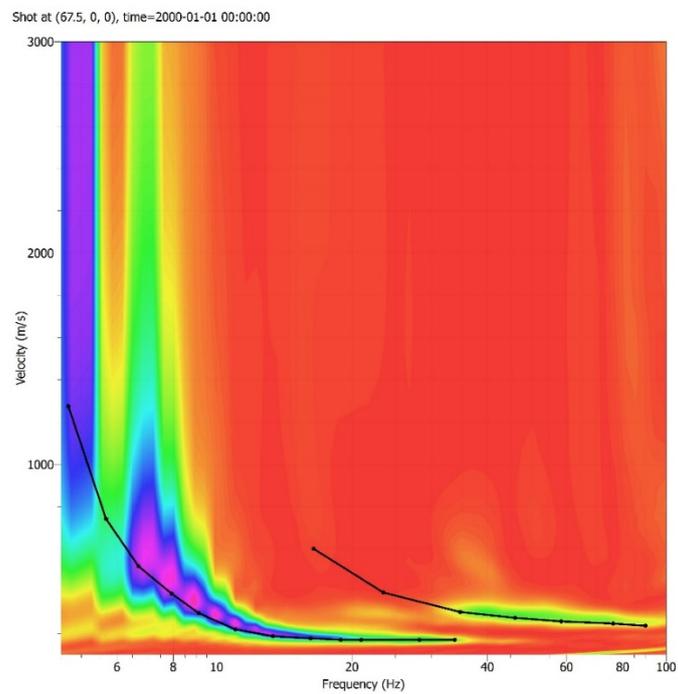
Tracce



## Grafico velocità di fase – frequenza

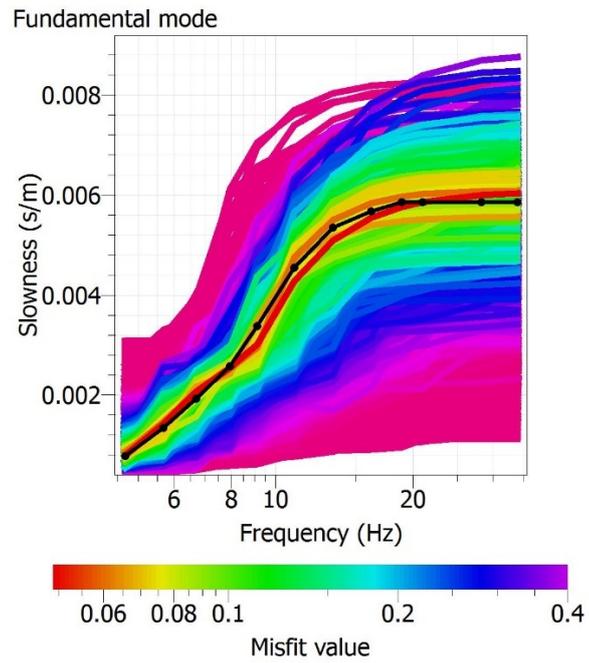


## Curve di dispersione sperimentali

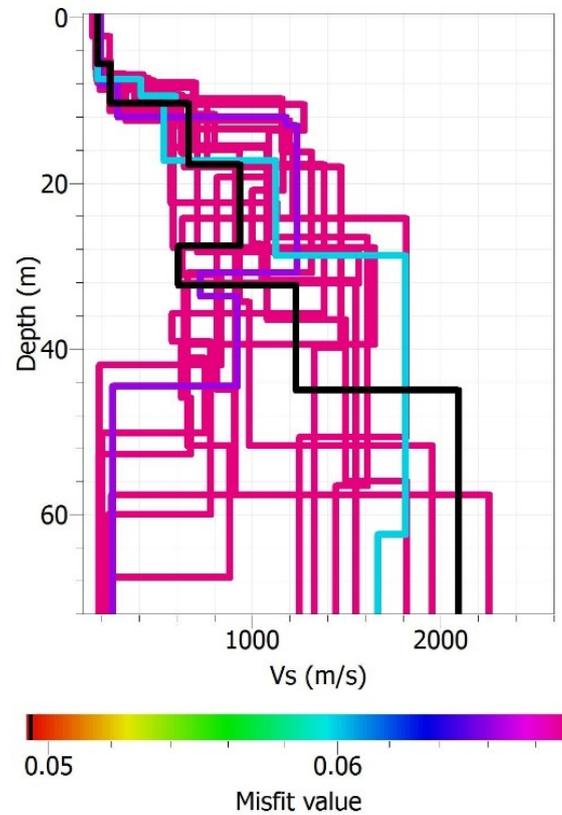


L'inversione è stata sviluppata considerando il modo fondamentale ed il primo modo superiore

## Curve di dispersione sintetiche



## Modelli della Vs



La traccia nera è il modello con il misfit più basso

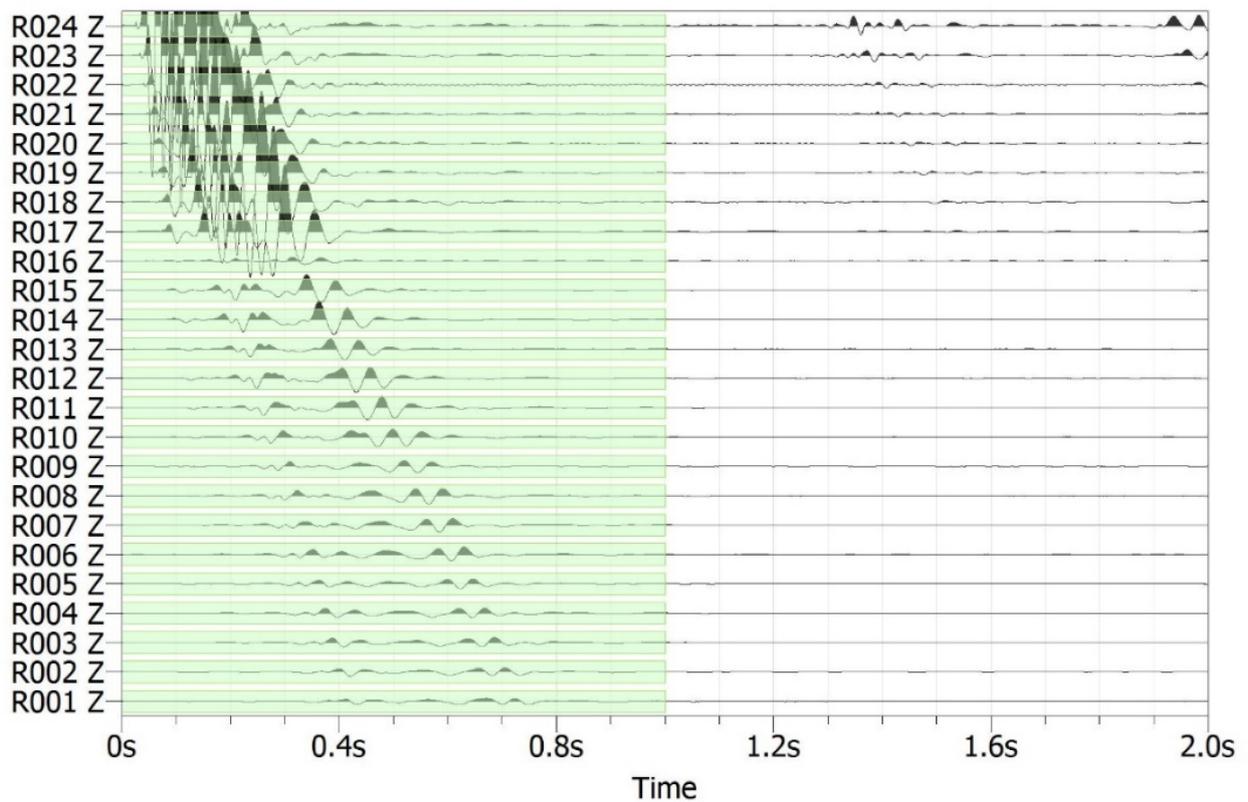
## Modello di sottosuolo

$V_s$	Profondità del letto dello strato
178.56	5.62
660.76	17.77
936.29	27.56
501.98	33.56
1232.49	44.92
2090.15	indefinita

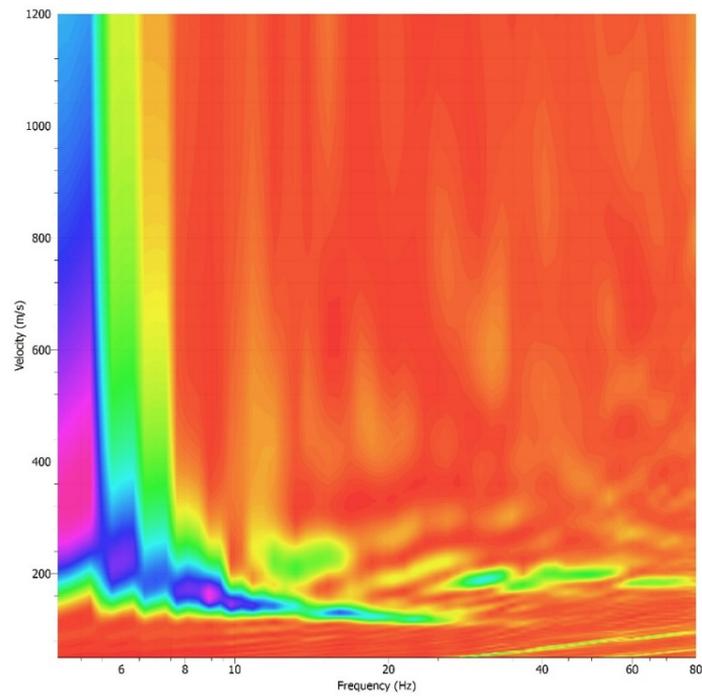
### 10.2.3 MASW 3

Lo stendimento è coincidente con il sondaggio a rifrazione SONDA4

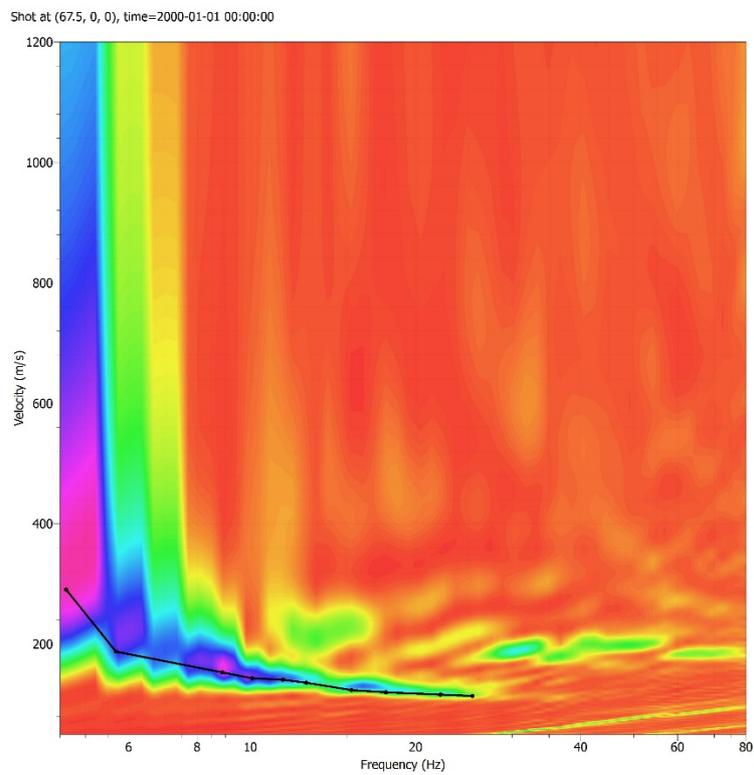
Tracce



## Grafico velocità di fase – frequenza

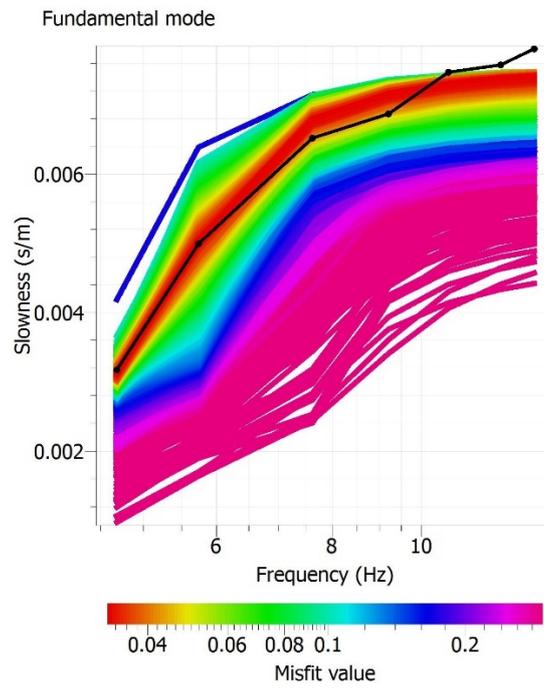


## Curve di dispersione sperimentali

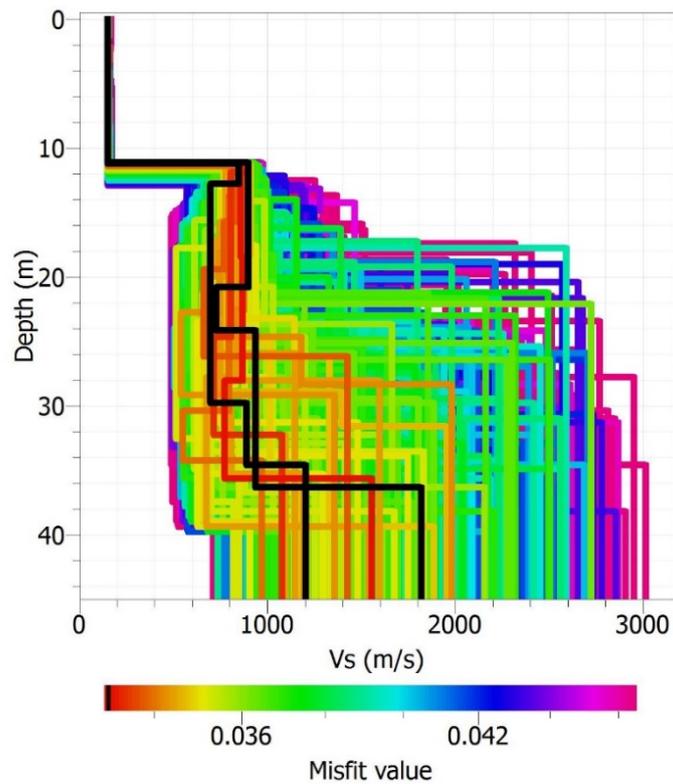


L'inversione è stata sviluppata considerando il solo modo fondamentale

## Curve di dispersione sintetiche



## Modelli della $V_s$



La traccia nera è il modello con il misfit più basso

## Modello di sottosuolo

$V_s$	Profondità del letto dello strato
155.18	11.08
910.56	20.66
728.88	23.94
939.24	36.39
1818.92	indefinita