



REGIONE PUGLIA



MINISTERO DELLA
TRANSIZIONE ECOLOGICA

MINISTERO DELLA
TRANSIZIONE
ECOLOGICA



CITTÀ DI
FRANCAVILLA FONTANA

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA AVENTE POTENZA INSTALLATA PARI A 61,954 MW_p E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 50 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA – IMPIANTO DENOMINATO “MARANGIOSA” UBICATO IN AGRO DEL COMUNE DI FRANCAVILLA FONTANA AL N.C.E.U.

Foglio 7, part.lle 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 18 – 19 – 20 – 21 -

Foglio 23, part.lle 3 – 4 – 5

Foglio 24, part.lle 2 – 3 - 4 – 5 – 6 – 8 – 9 – 10

Foglio 42, part.lle 1 - 4

COMMITTENTE

LUMINORA MARANGIOSA S.r.l.
Via Tevere,41
00187 - Roma (RO)



PROGETTAZIONE



Ing. Emanuele
Verdoscia
Via Villafranca n.42
73041
Carmiano (LE)

Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

Tecnico

Dott. Geol. Giovanni Paolo Mega

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 1 di/of 44

INDICE

1	PREMESSA.....	2
1.1	Riferimenti normativi e bibliografici	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	6
4	IDROGEOLOGIA	10
5	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE PUGLIA (P.A.I.)	12
6	COMPATIBILITÀ CON IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE.....	17
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	18
7.1	Sondaggi Geognostici	19
7.2	Prove di permeabilità	19
7.3	Indagini sismiche a rifrazione	20
7.3.1	Indagine M.A.S.W.	25
7.3.2	Hardware e Software	28
8	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO.....	29
8.1	Area Impianto	33
8.2	Percorso Cavidotto	35
9	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	37
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	42

ALLEGATO 1 - *Carta Geolitologica*

ALLEGATO 2 - *Sondaggi geognostici & Prove di permeabilità*

ALLEGATO 3 - *Indagini sismiche a rifrazione & MASW*

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 2 di/of 44

1 PREMESSA

Per incarico dell'Ing. Emanuele Verdoscia e della LUMINORA MARANGIOSA S.r.l, con sede in Roma alla Via Tevere, 41, lo scrivente Geologo dott. Giovanni Paolo Mega, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il N° 818 con studio in Leverano (LE) alla via Fontana, n. 29, ha effettuato uno studio geologico sui terreni ubicati nel territorio Comunale di Francavilla Fontana (BR) che saranno interessati dalla "Realizzazione di un Impianto Agrovoltaiico".

Lo scopo della seguente, redatta in ottemperanza al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» all'OPCM n.3431 del 3 Maggio 2005 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'OPCM 3274 del 20/03/2003", e successive modifiche e integrazioni, è quello di definire la caratterizzazione e la modellazione geologica e la definizione di parametri geotecnici. Per definire le caratteristiche del sito interessato, con particolare riguardo all'assetto geologico, ai problemi geotecnici e sismici, si è proceduto a effettuare:

- ***Raccolta dei dati di bibliografia;***
- ***Rilevamento geologico di dettaglio dell'area e delle zone limitrofe;***
- ***Esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche che ha previsto le seguenti attività:***
 - ***n° 2 Sondaggi a carotaggio continuo;***
 - ***n° 2 Prove di permeabilità Lefranc;***
 - ***n° 10 Profili sismici a rifrazione & M.A.S.W.***

Nella presente si formulano alcune considerazioni finali utili alla comprensione del contesto geologico in cui si inserirà il progetto, alla definizione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso e alle tipologie fondazionali più idonee per trasmettere al substrato roccioso i carichi delle strutture. Inoltre si è proceduto alla caratterizzazione sismica del sito in base a quanto prescritto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" – **NTC 2018**.

		<p><i>CODE</i></p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p><i>PAGE</i></p> <p>3 di/of 44</p>
--	--	--

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- Regione Puglia – Piano Paesaggistico Territoriale Regionale per il paesaggio (PPTR) - Norme Tecniche di Attuazione;
- Autorità Interregionale di Bacino della Puglia - Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – “Carta del Rischio”;
- “Note illustrative della Carta Geologica D’Italia, scala 1:100000, Foglio 204 “Lecce”;
- Ciaranfi N. et al (1983) - “Carta Neotettonica dell’Italia Meridionale”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- AA.VV (1999) – “Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture”, Società Geologica Italiana;
- Decreto Ministero LL.PP.11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006)
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche” (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) – “Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 “Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi”
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b “Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale”;
- “Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture” del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8);

		<p>CODE</p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p>PAGE</p> <p>4 di/of 44</p>
--	--	--

- Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia: “Progettazione antisismica anche per progettazioni ricadenti in zona 4...”.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

L’area d’impianto è ubicata in agro di Francavilla Fontana un terreno identificato in NCT del comune di FRANCAVILLA FONTANA Foglio 7, part.lle 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22; Foglio 23, part.lle 3 – 4 – 5; Foglio 24, part.lle 4 – 5 – 6 – 8 – 9 – 10.

Dal punto di vista morfologico l’area oggetto dell’intervento progettuale, ubicata ad una quota topografica media di circa 210,00 mt s.l.m.m., si presenta generalmente pianeggiante e caratterizzata da deboli pendenze 0,5 + 1,5 % molto lievi e poco apprezzabili.

Dai rilievi di superficie eseguiti si evince come l’area in oggetto non mostri evidenze strutturali che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica, ma si rileva la presenza di doline collegate a fenomeni carsici (Fig. 7).



Fig.1 - Localizzazione dell’impianto da realizzare

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 5 di/of 44

La morfologia dell'area brindisina è caratterizzata dalle cosiddette “serre”, nonché dorsali, alture ed altipiani, che raramente si alzano più di qualche decina di metri sopra le aree circostanti, le quali coincidono con alti strutturali con affioranti le formazioni più antiche, cretatiche o mioceniche. Le alture sono delimitate da scarpate che hanno generalmente inclinazione non superiore a 20° e spesso inferiore a 10°, con direzione complessiva NO-SE, ma con frequente sinuosità di ampiezza variabile.

In generale si segnala una corrispondenza generale tra morfologia del terreno ed il relativo andamento strutturale: le antiche linee di costa si conservano sotto forma di scarpate, le anticlinali rappresentano le zone sopraelevate, mentre le sinclinali costituiscono le zone più depresse. Lo schema strutturale-stratigrafico descritto trova rappresentazione nella seguente figura, tratta dalle Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Fogli 203, 204, 213 Brindisi – Lecce – Maruggio, rappresentante l'assetto strutturale tipico dell'area.



Fig. 2 – Schema indicativo dei rapporti stratigrafici (D. Rossi)

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia (Fig. 3).

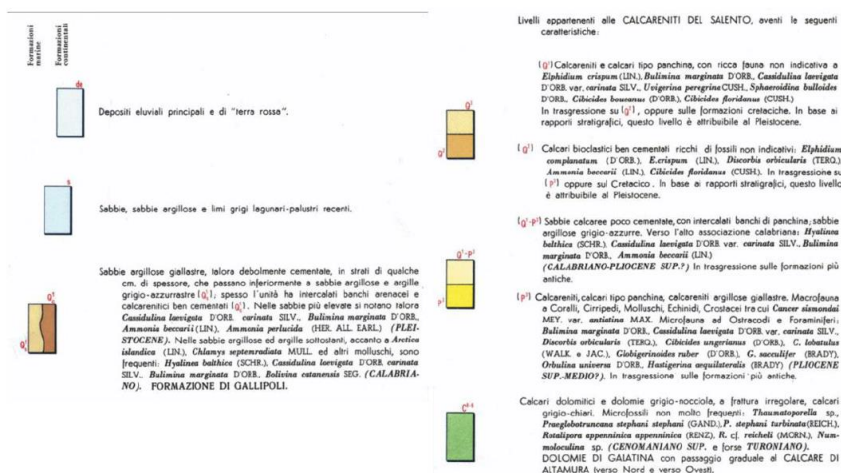
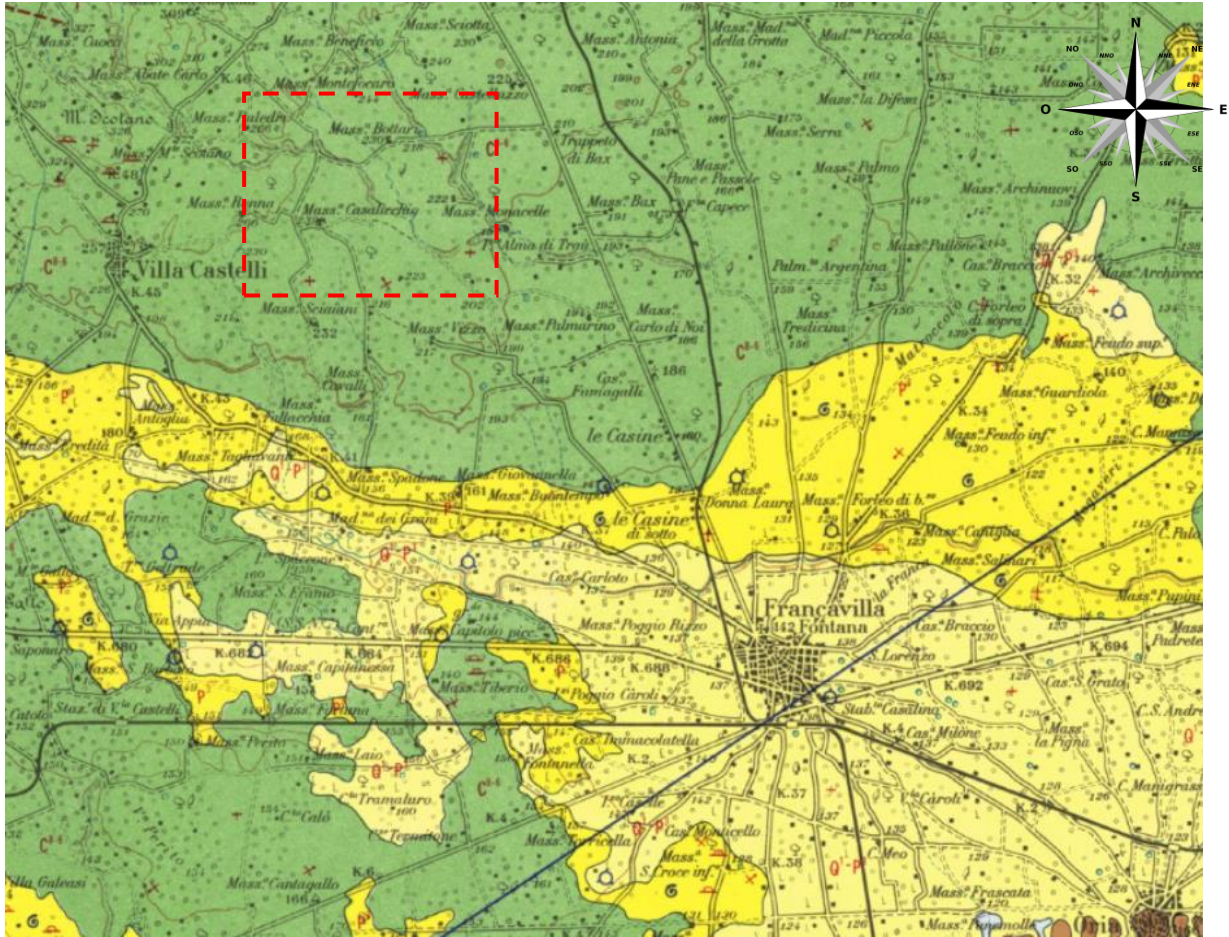


Fig. 3 - Stralcio Carta Geologica d'Italia - Foglio 204 Tavoleta Lecce (Scala 1:100.000)



CODE

REL. GEOLOGICA MARANGIOSA
LM.REL. 12

PAGE

7 di/of 44

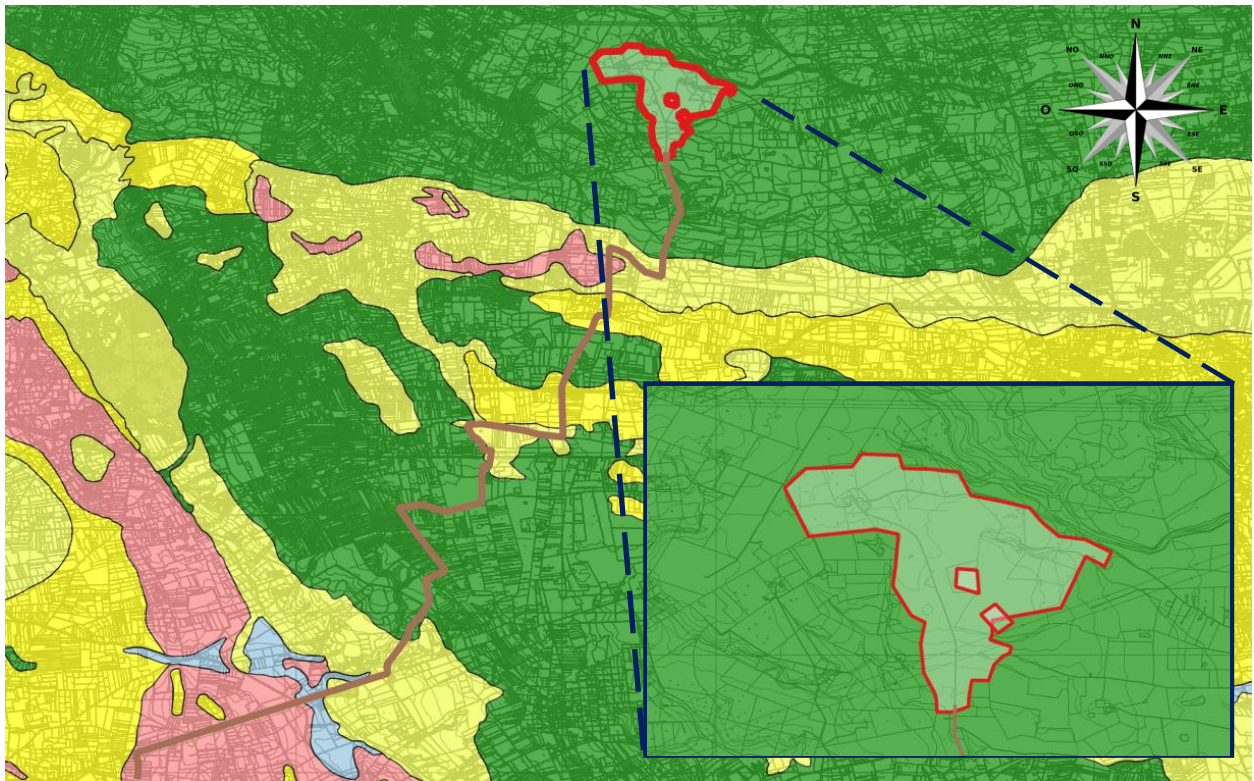


Fig. 4 - Stralcio Carta geolitologica (Allegato 1)

Legenda

Cavidotto	—
Area Impianto	□
Litologia	
Limi Argillosi	□
Sabbie con silt e livelli calcarenitici	□
Limi argillosi e sabbie	□
Calcarenite	□
Calcarea e/o Calcarea Dolomitico	□

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 8 di/of 44

L'impalcatura geologica dell'area interessata dall'impianto, è costituita dal Cretacico, rappresentato dalle Dolomie di Galatina, del Cenomaniano e forse del Turoniano inferiore, e dai Calcari di Melissano, del Cenomaniano-Senoniano.

Dal punto di vista geologico il territorio studiato (tenendo conto anche del tracciato del cavidotto in progetto) è caratterizzato dalla presenza di formazioni sedimentarie di deposizione in ambiente prevalentemente marino (Riferimento Carta Geologica D'Italia Fg. 203 Brindisi scala 1:100.000). Entrando nel dettaglio è possibile distinguere le seguenti formazioni geologiche affioranti (dal più recente al più antico):

- *Depositi alluvionali recenti o attuali (Olocene);*
- *Depositi Marini Terrazzati (Pleistocene Medio – Superiore);*
- *Argille Subappennine (Pleistocene Inferiore);*
- *Calcareniti di Gravina (Pliocene Superiore con passaggi al Pleistocene Inferiore);*
- *Calcarea di Altamura (Cretaceo: attribuibili al Senoniano – Turoniano).*

a) Depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene)

Questi sono depositi che si individuano lungo le lineazioni dei corsi d'acqua o avvallamenti naturali del terreno ove c'è un recapito delle acque di scorrimento superficiale.

b) Depositi Marini Terrazzati (Pleistocene Medio – Superiore)

Sono costituite da sabbie calcaree poco cementate con intercalati banchi di panchina; Sabbie argillose grigio azzurre. Non hanno grandi spessori mediamente di alcuni metri.

c) Argille Subappennine (Pleistocene Inferiore)

La formazione è costituita da argille marnose e siltose, marne argillose, talora decisamente sabbiose. Il colore è grigio-azzurro o grigio-verdino; in superficie la colorazione è bianco-giallastra. Generalmente i litotipi più marnosi e sabbiosi si rinvengono nei livelli superiori, mentre nei livelli basali si rinvengono le argille grigio azzurre. Gli spessori di argilla nella provincia ionica possono superare anche i 250 mt.

		<p><i>CODE</i> REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p><i>PAGE</i> 9 di/of 44</p>
--	--	--

d) Calcareniti di Gravina (Pliocene Superiore)

Le Calcareniti di Gravina rappresentano il livello basale del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica. Si tratta di calcareniti organogene, variamente cementate, porose, biancastre, grigie e giallognole, costituiti da clasti derivanti dalla degradazione dei calcari cretacei nonché da frammenti di Briozoi, Echinoidi, Crostacei e Molluschi. Talvolta la parte basale della formazione a contatto con il calcare, si ha un conglomerato ciottoli calcari più o meno arrotondati, con matrice calcarea bianca, gialla o rossastra.

e) Calcare di Altamura (Cretaceo: attribuibile al Senoniano-Turoniano)

È la formazione più antica che affiora in questa parte della provincia ionica e all'interno dell'intera area dell'impianto di progetto. Questa è costituita da calcari compatti, coroidi, grigio nocciola, grigio rossastri in superficie ed a frattura concoide, nonché di calcari più o meno compatti bianchi, grigiastri in superficie, con frattura irregolare. Sono spesso associati calcari cristallini vacuolari, rosati, biancastri per alterazione ed a frattura irregolare. La stratificazione è sempre evidente, di solito in banchi fino a 2 metri, ma nei livelli inferiori, la stratificazione è varia e la roccia appare talora laminata.

La formazione geologica è costituita da calcari micritici biancastri tenuti insieme da cemento calcitico che ne fanno acquisire una elevata tenacità. I Calcari di Altamura costituiscono, il basamento rigido dell'intera penisola salentina. In alcune aree lo spessore del materiale di riporto può essere anche superiore ai 5 metri. Il riporto è costituito da materiale litoide calcareo mediamente o ben classato che nel tempo ha subito una elevata compattazione, considerando anche la capacità auto cementante dei clasti calcarei.

		<i>CODE</i> REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		<i>PAGE</i> 10 di/of 44

4 IDROGEOLOGIA

La fitta rete di fessure e cavità che interessa l'ammasso carbonatico cretaceo, fa sì che al suo interno possa aversi circolazione idrica. Tale falda viene alimentata tramite le infiltrazioni dalla superficie di acque piovane e trova il suo naturale equilibrio attraverso gli sversamenti che avvengono in corrispondenza della linea di costa, dove le acque arrivano in virtù di un gradiente idraulico diretto dalle zone interne verso la costa.

Il livello di base su cui tale circolazione si esplica, è rappresentato dalla superficie delle acque marine di invasione continentale sulle quali l'acqua dolce di falda galleggia grazie alla sua minore densità. I rapporti tra i due tipi di acque sono regolati dalla legge di Ghyben-Herzberg; essa lega lo spessore della parte dolce di acquifero al carico piezometrico; in forma semplificata ma più che sufficientemente approssimata si ha:

$$h = 40 * t$$

dove **h** è lo spessore e **t** il carico piezometrico.

La separazione tra le acque dolci e quelle marine, non è netta, ma avviene attraverso una zona di transizione in cui la salinità dell'acqua dolce aumenta gradualmente sino a raggiungere valori tipici dell'acqua marina. Normalmente si ritiene che la parte dolce di un acquifero abbia uno spessore espresso dalla seguente relazione:

$$h = 30 * t$$

Nell'area direttamente interessata il carico piezometrico è circa 30,0 metri s.l.m.m. (Fig. 4 dal PTA). La falda profonda è presente alla profondità di circa 200,00 metri dal piano campagna e si esclude, pertanto, qualsiasi interferenza con le opere in progetto.



CODE

REL. GEOLOGICA MARANGIOSA
LM.REL. 12

PAGE

11 di/of 44

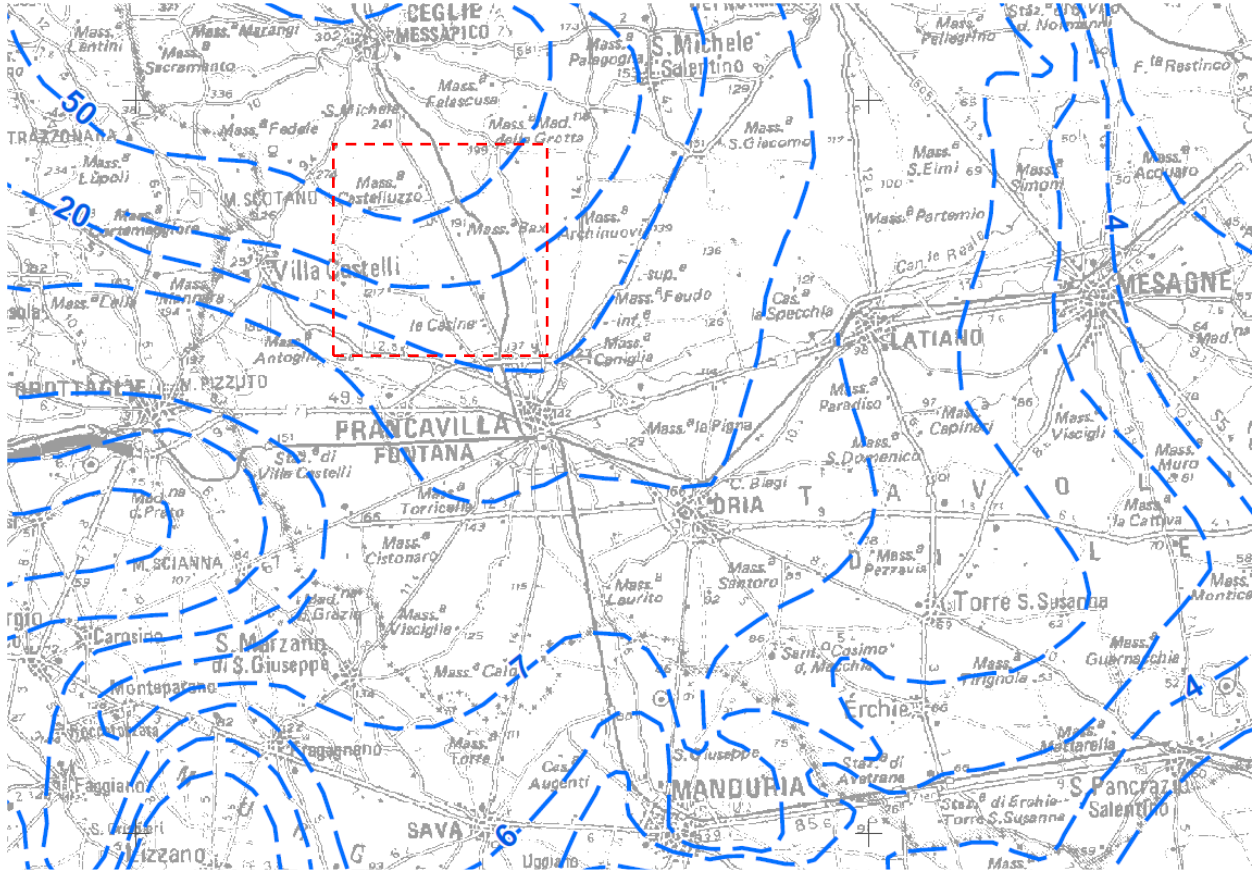


Fig. 4 - Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murge e del Salento
(Tav. 6.2 del P.T.A.)

		<p><i>CODE</i></p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p><i>PAGE</i></p> <p>12 di/of 44</p>
--	--	---

5 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE PUGLIA (P.A.I.)

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, individua nel territorio regionale le seguenti aree (Fig. 9):

Aree a pericolosità da frana:

- *PG3 aree a pericolosità da frana molto elevata*
- *PG2 aree a pericolosità da frana elevata*
- *PG1 aree a pericolosità da frana media e moderata*

Aree a pericolosità idraulica:

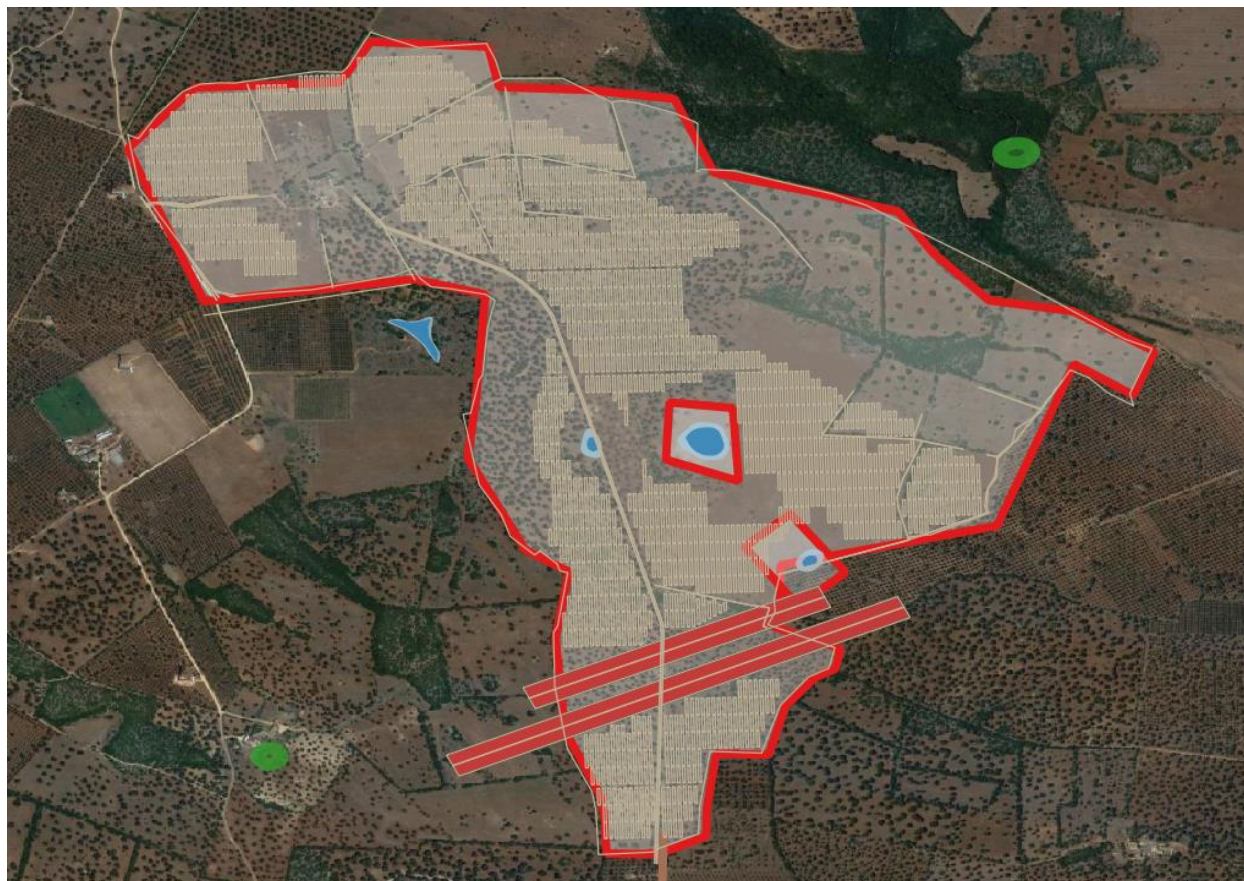
- *AP aree ad alta probabilità di inondazione*
- *MP aree a moderata probabilità di inondazione*
- *BP aree a bassa probabilità di inondazione*

Aree a rischio:

- *R4 aree a rischio molto elevato*
- *R3 aree a rischio elevato*
- *R2 aree a rischio medio*
- *R1 aree a rischio moderato*



La nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia, in scala 1:25.000, ha come principale obiettivo quello di costituire un quadro di conoscenze, coerente e aggiornato, dei diversi elementi fisici che concorrono all'attuale configurazione del rilievo terrestre, con particolare riferimento a quelli relativi agli assetti morfologici ed idrografici dello stesso territorio, delineandone i


caratteri morfografici e morfometrici ed interpretandone l'origine in funzione dei processi geomorfici, naturali o indotti dall'uomo (Fig. 7).





Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

-  media e moderata (PG1)
-  elevata (PG3)

-  elevata (PG2)

Peric. Idraulica

-  bassa (BP)
-  alta (AP)

-  media (MP)

Fig. 5 – Stralcio dal sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede



CODE

REL. GEOLOGICA MARANGIOSA
LM.REL. 12



PAGE


14 di/of 44





Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

-  media e moderata (PG1)
-  elevata (PG3)

 elevata (PG2)

Peric. Idraulica

-  bassa (BP)
-  alta (AP)

 media (MP)

Fig. 6 – Stralcio dal sito dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale Sede



CODE

REL. GEOLOGICA MARANGIOSA
LM.REL. 12

PAGE

15 di/of 44

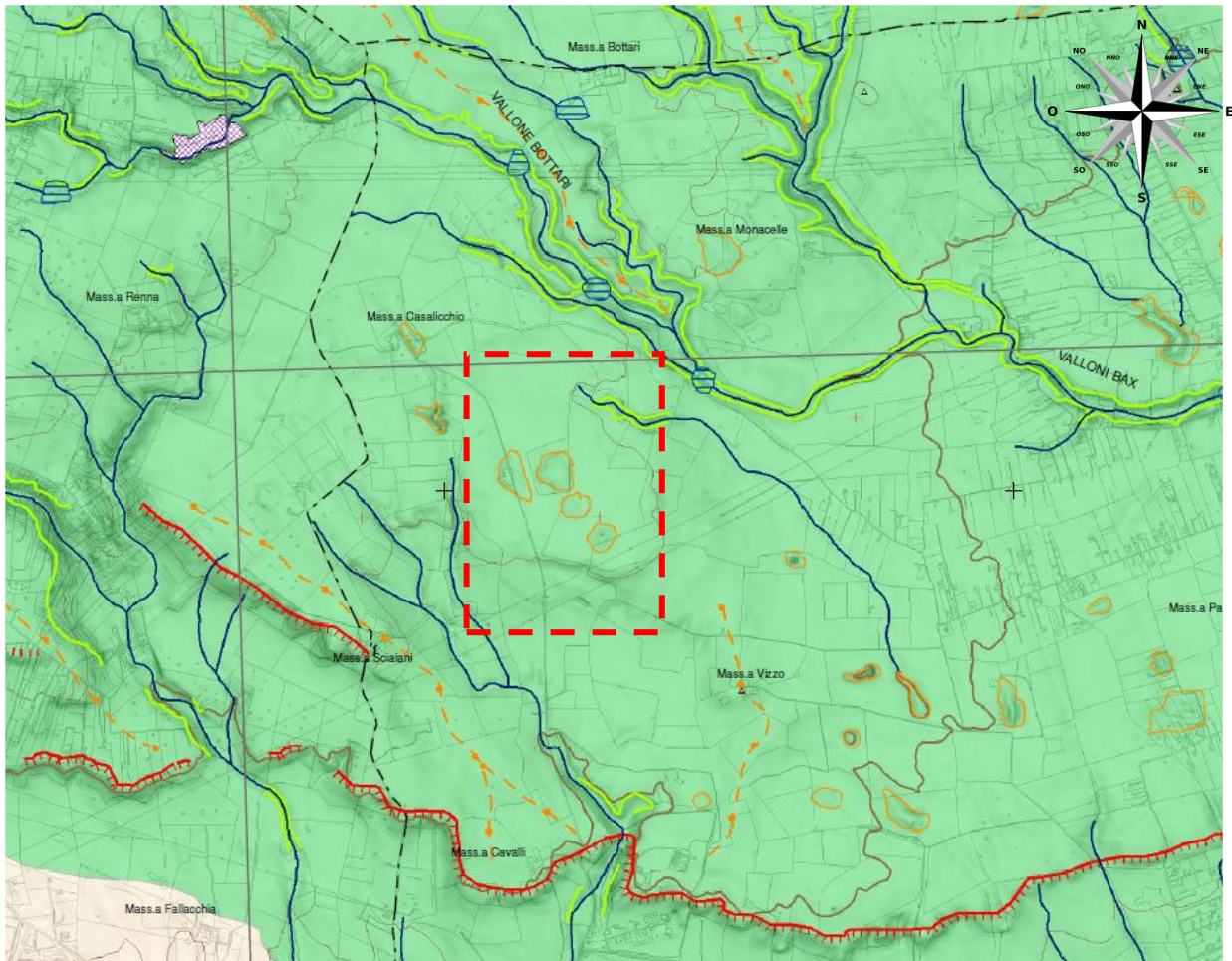






Fig. 7 - Stralcio Carta Idrogeomorfologica (scala 1:25.000)





LEGENDA

ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI








Litologia del substrato

-  Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
-  Unità a prevalente componente argillosa
-  Unità a prevalente componente silteo-sabbiosa e/o arenitica
-  Unità a prevalente componente arenitica

FORME CARSICHE

-  Ingresso di grotta naturale
-  Voragine, inghiottitoio o pozzo di crollo
-  Dolina
-  Orlo di depressione carsica a morfologia complessa

FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

-  Corso d'acqua
-  Corso d'acqua episodico
-  Corso d'acqua obliterato
-  Corso d'acqua tombato
-  Recapito finale di bacino endoreico
-  Sorgente
-  Canale lagunare

		<p>CODE</p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p>PAGE</p> <p>16 di/of 44</p>
--	--	---

Al fine di effettuare una valutazione complessiva della pericolosità geomorfologia, idraulica e del rischio, è stata effettuata:

1. l'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino ha individuato le aree esposte a pericolosità geomorfologia e idraulica e pertanto a rischio, di cui agli stralci riportati nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;
2. l'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, ha individuato il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità, di cui agli stralci riportate nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;

Dall'analisi di cui ai punti precedenti, si evidenzia come l'area interessata dall'impianto in progetto **non ricade** neanche parzialmente in aree identificate e perimetrate a pericolosità idraulica, geomorfologica o a rischio idraulico o geomorfologico; anche se presenti delle aree a pericolosità idraulica media e bassa, tali area sono però escluse dall'installazione di pannelli o altri interventi. Si evidenzia, invece come il tracciato del cavidotto intersechi una perimetrazione di pericolosità idraulica media e bassa.

Nell'area interessata dall'impianto invece si evidenzia un **corso d'acqua episodico** (Fig. 7) che potrebbe interferire con le opere; inoltre, anche il tracciato del cavidotto interseca alcuni corsi d'acqua episodici, ma si rimanda alla relazione Idrologica-Idraulica per l'inquadramento e analisi di tale contesto. Infine dalla carta idrogeomorfologica si rileva la presenza di quattro doline all'interno dell'area d'impianto.

6 COMPATIBILITÀ CON IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

La Regione Puglia ai sensi dell'art. 121 del D.Lgs 152/06 ha approvato il Piano di Tutela delle Acque, che risulta distinto in:

1. Misure di tutela quali-quantitativa dei corpi idrici sotterranei;
2. Misure di salvaguardia per le zone di protezione speciale idrogeologica;
3. Misure integrative.

L'area indagata fa parte dell'Acquifero carsico della Murgia; esso risulta caratterizzato da fenomeni di contaminazione salina e aree di tutela quali quantitativa.

In virtù di tali constatazioni lo stesso Piano mira alla salvaguardia dell'acquifero profondo.

Dalla cartografia allegata è emerso che sull'area indagata non è presente il vincolo di protezione speciale idrogeologica.

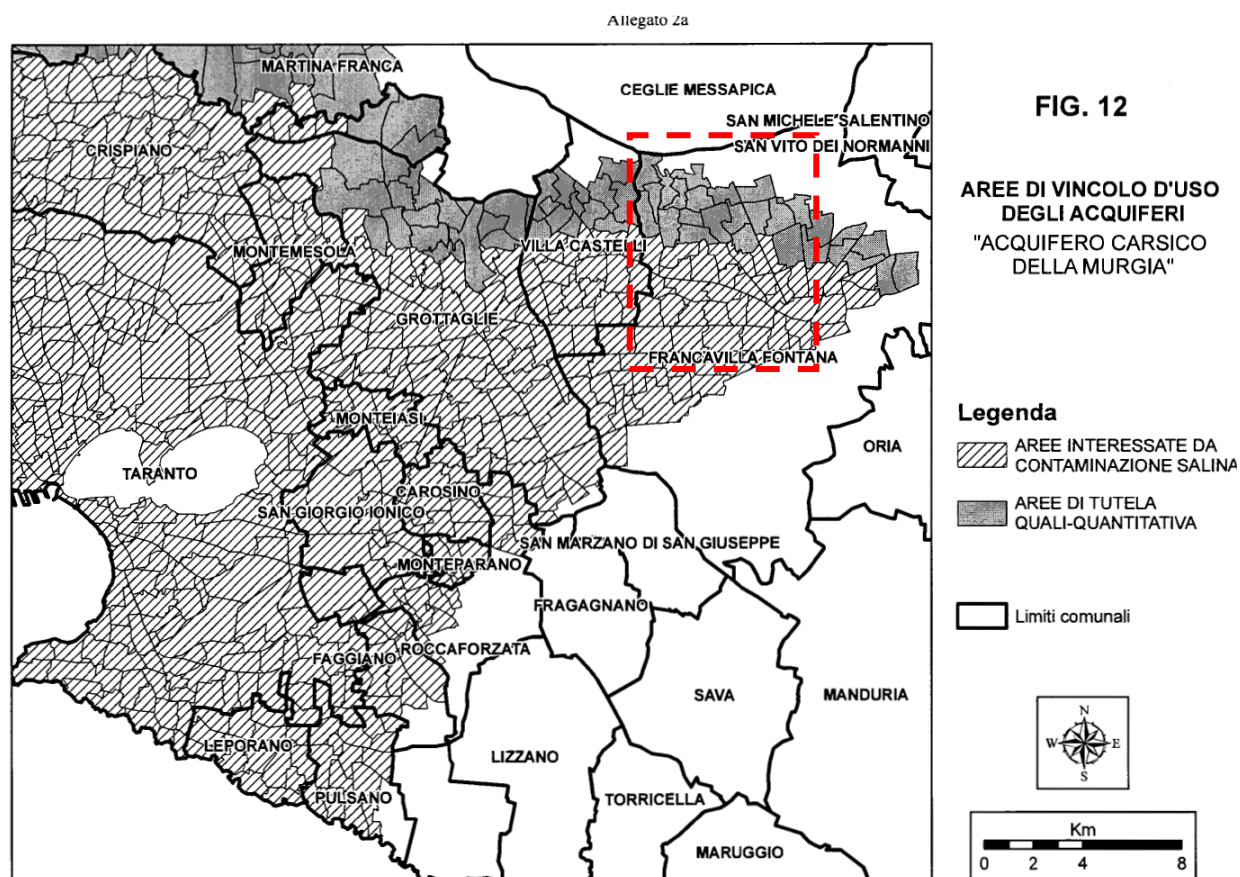


Fig. 8 - Aree di vincolo d'uso degli acquiferi (dal PTA)

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 18 di/of 44

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

La campagna geognostica ha previsto:

- *n° 2 Sondaggi a carotaggio continuo;*
- *n° 2 Prove di permeabilità Lefranc;*
- *n° 10 Profili sismici a rifrazione & M.A.S.W.*

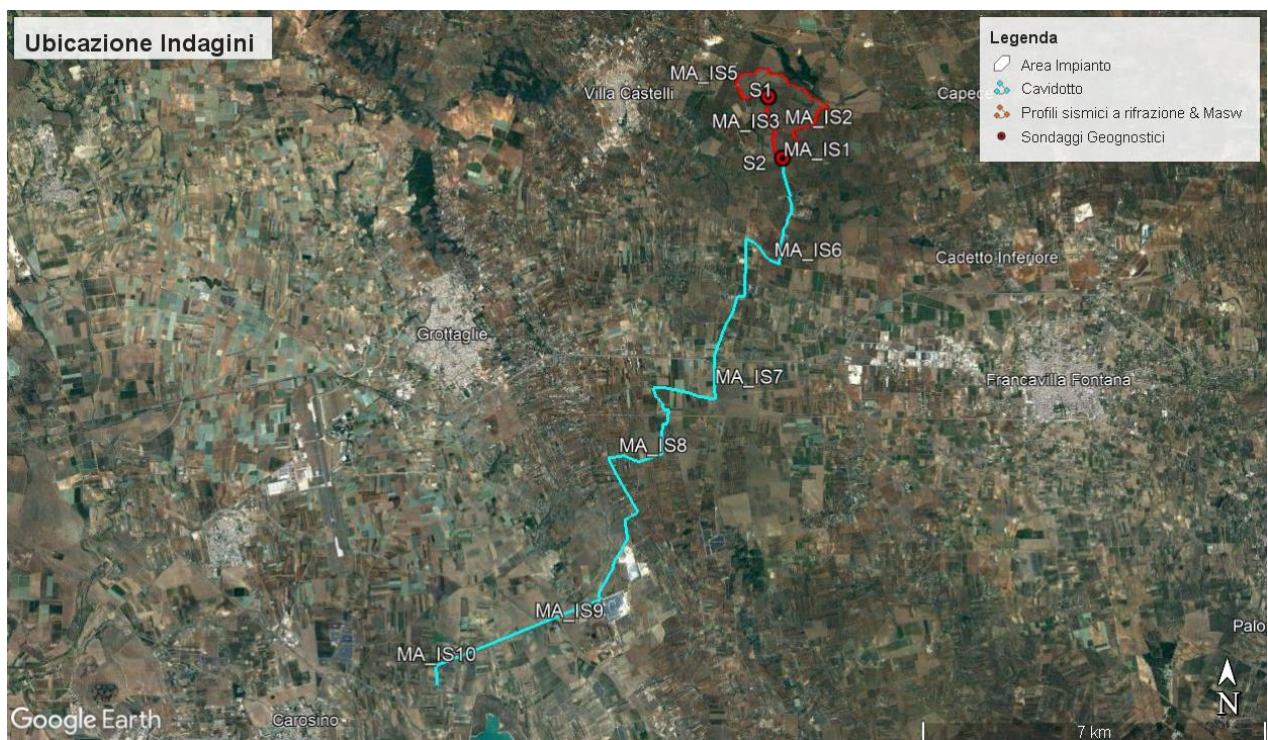


Fig. 9 - Ubicazione Indagini

Sull'area d'impianto sono stati eseguiti i tre sondaggi a carotaggio continuo S1, S2, e le indagini geofisiche MA_IS1, MA_IS2, MA_IS3, MA_IS4, MA_IS5; Infine le indagini MA_IS6, MA_IS7, MA_IS8, MA_IS9 e MA_IS10 hanno permesso di studiare e caratterizzare il tracciato del cavidotto.

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 19 di/of 44

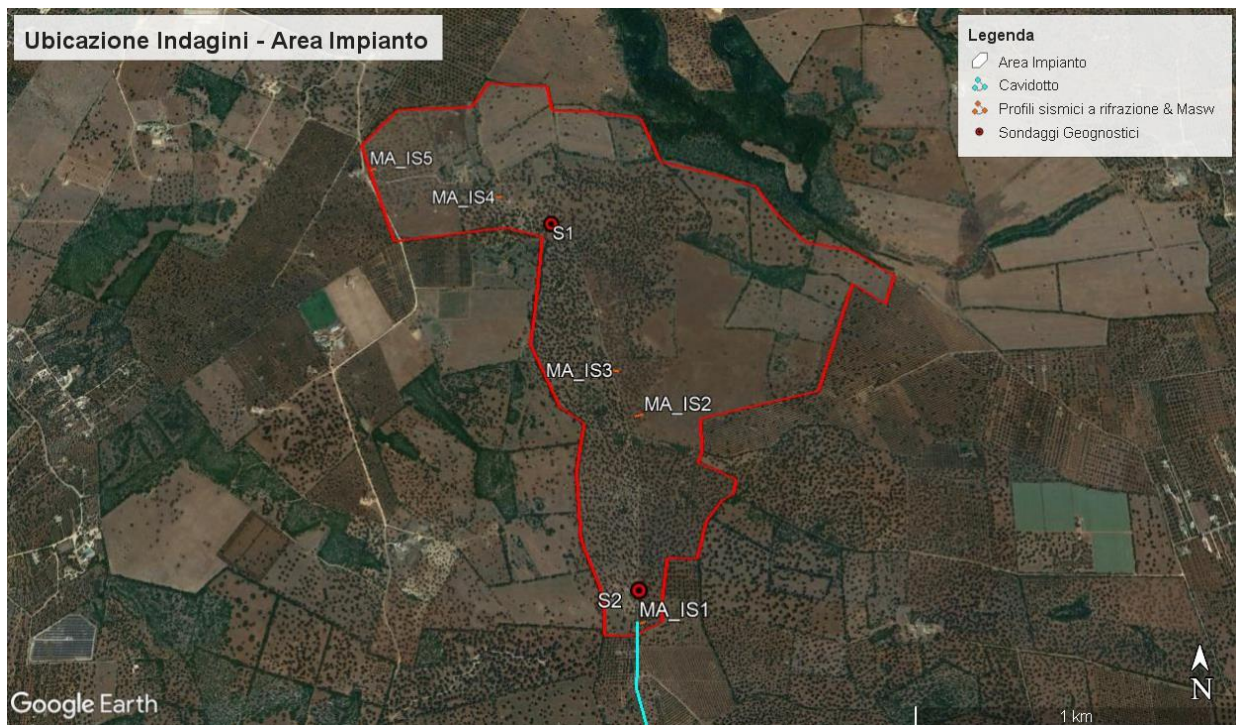


Fig. 10 - Ubicazione Indagini area impianto

7.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI

È stata utilizzata una sonda idraulica a rotazione MAIT mod. T14, dotata di un sistema per il bilanciamento della spinta in maniera tale da avere sempre la stessa pressione sulla base delle aste ed utilizzando per il prelievo dei campioni un carotiere semplice del ϕ 101mm.

Le perforazioni hanno consentito di disegnare le stratigrafie riportate nell'allegato 2.

7.2 PROVE DI PERMEABILITÀ

All'interno di ciascun sondaggio sono state eseguite le prove di permeabilità a carico costante. Con questa prova si misura quindi la conducibilità idraulica (permeabilità) del terreno nell'intorno del foro. Essa consiste nel raggiungere la quota di prova con una generica perforazione e quindi: creare la geometria adatta alla misura del tipo di permeabilità che si intende determinare; creare all'interno del foro un gradiente idraulico mediante immissione od estrazione di acqua, tale per cui si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prove a carico variabile), o come nel caso specifico prove a carico costante.

		<i>CODE</i>
		REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		<i>PAGE</i>
		20 di/of 44

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime.

Per tale tipo di prova eseguita a “carico costante” il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_F \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [m^3s^{-1}]

h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso)

d = diametro del foro [m] (101 mm)

C_f = 2,85 (coeff. di forma).

I valori calcolati nei grafici riportati in allegato possono sintetizzarsi come segue:

Sondaggio	Prova	Profondità foro	Coeff. di permeabilità (k)
S ₁	P ₁	4,7 m	<i>1,3·10⁻⁴ m/s</i>
S ₁	P ₂	5,0 m	<i>3,9·10⁻⁴ m/s</i>

7.3 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda λ , comunque, con

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 21 di/of 44

deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

$$T = x_i / V_1$$

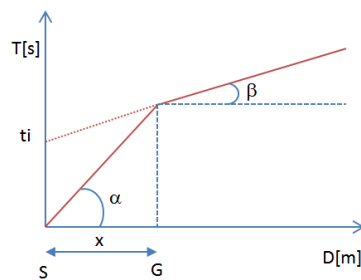
dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

		<p>CODE</p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p>PAGE</p> <p>22 di/of 44</p>
--	--	--

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

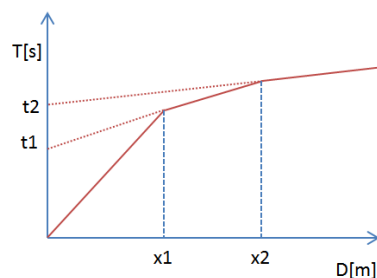
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.



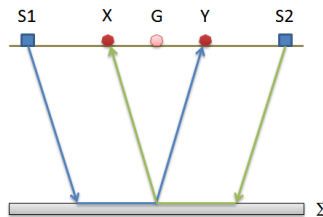
		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 23 di/of 44

Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifratore.

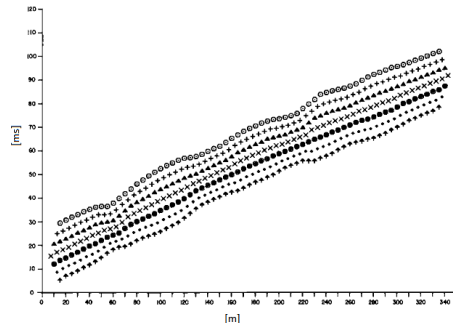


Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifratore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 24 di/of 44



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S_1 ad X e dalla sorgente S_2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S_1 ed S_2 , esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_V è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y , non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

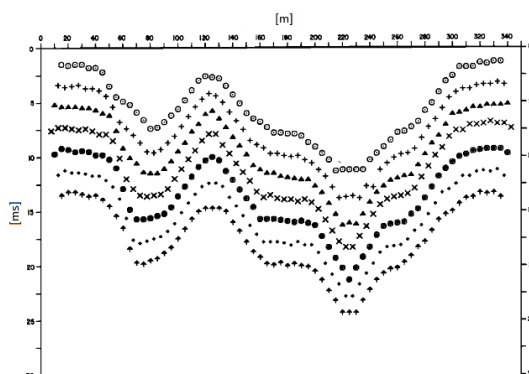
Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l' XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 25 di/of 44



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°.

7.3.1 Indagine M.A.S.W.

Per la classificazione dei terreni secondo quanto imposto dalla Nuova Normativa antisismica (Ordinanza n° 3274 e Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018) sono stati acquisiti i dati sismici lungo gli allineamenti geofonici. L'indagine, finalizzata alla determinazione del profilo verticale di velocità delle Onde di taglio (Onde S), è stata condotta secondo la metodologia MASW. I risultati ottenuti sono meglio illustrati in allegato.

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di

		<p><i>CODE</i></p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p><i>PAGE</i></p> <p>26 di/of 44</p>
--	--	---

taglio verticali Vs, basandosi sulla misurazione della velocità delle onde superficiali fatta in corrispondenza di uno stendimento di geofoni disposti sulla superficie libera del terreno.

Questa tipologia d'indagine, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità mediante lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, nell'analisi sismica effettuata con la metodologia MASW si studiano solamente le onde di superficiali di Rayleigh, trascurando gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflesse o alle rifratte, sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, oltre alle onde superficiali.

Com'è noto, la scelta di analizzare le sole onde di Rayleigh è determinata dal fatto che queste trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente e che, allontanandosi dalla sorgente, subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV in quanto esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

In sintesi, il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, poiché queste viaggiano con una velocità correlabile alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle stesse.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo ovvero la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi del suolo.

Il metodo d'indagine MASW, è una metodologia d'indagine del tipo attivo, nel quale le onde superficiali sono indotte o generate artificialmente mediante l'impatto di un grave sulla superficie del suolo e misurate lungo uno stendimento lineare di sensori. Questo consente di ottenere una curva di dispersione sperimentale apparente, generalmente nell'intervallo di

		<i>CODE</i> REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		<i>PAGE</i> 27 di/of 44

frequenze compreso tra 4.5Hz ÷ 80Hz; il metodo, pertanto, permette di ottenere informazioni indirette sulla parte del sottosuolo compresa entro i primi 30÷50 metri circa dal piano campagna, in funzione della rigidezza o rigidità sismica dei litotipi costituenti il sottosuolo.

La fase di elaborazione è stata effettuata avvalendosi di software specifici che, opportunamente guidati, hanno proceduto secondo il seguente processo:

- i dati sperimentali, acquisiti in formato residente dell'hardware utilizzato, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Easy Masw);

- trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza e visualizza sul grafico la quantità di energia prodotta dalla propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica;

- picking dello spettro di frequenze nella curva di dispersione (ovvero individuazione dei punti costituenti la curva sperimentale);

- ottimizzazione del modello interpretativo (con eventuali variazioni del modello di partenza) sino ad ottenere il miglior fitting con i valori sperimentali;

- determinazione del profilo di velocità delle Vs, calcolo della velocità media ponderata per i primi metri di profondità V_{seq} e individuazione della categoria sismica del suolo (D.M. 17.01.2018).

		<p><i>CODE</i></p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p><i>PAGE</i></p> <p>28 di/of 44</p>
--	--	---

7.3.2 Hardware e Software

Le onde rilevate dai geofoni sono state registrate per mezzo di un sismografo PASI modello Gea 24. Le principali specifiche tecniche sono di seguito riportate:

SPECIFICHE TECNICHE GEA 24	
Numero di canali	24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.
Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software
Stacking	Numero di stacking illimitato
Impedenza di ingresso	2M Ω // 22nF
Range Dinamico	144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)
Distorsione	0.007% @16kHz
Largh.Banda -3dB Largh.Banda +/- 0.1dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps 3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps
Filtri	Passa Basso: 125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software
Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile
Noise-monitor	Tutti i canali + trigger
Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)
Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)
Formato Dati	SEG2, SAF (altri formati su richiesta)
Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C
Umidità	80% umidità relativa, non condensante
Dimensioni	24cm x19.5cm x11cm
Peso	2 Kg

Associato al sismografo è stato utilizzato anche il seguente hardware:

- cavi sismici da 12 tracce con connettori per geofoni e spaziatura max 5 m;
- geofoni verticali da 4,5 Hz;
- geofono starter (trigger);
- mazza battente da 8 kg;
- piattello di battuta in alluminio (dim. 20 x 20 x 5 cm);
- pc portatile.

Il sismografo è gestito tramite il software Pasi Gea 24 su PC portatile e sul cui SSD sono memorizzati i dati. L'interpretazione dei dati è stata eseguita con i software Easy Masw e Easy Refract della GeoStru.

		<i>CODE</i> REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		<i>PAGE</i> 29 di/of 44

8 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

Si rappresenta che i caratteri geologici della zona interessata sono stati ricostruiti in base alle indagini geognostiche e geofisiche. Nell'Allegato 3 sono presenti le elaborazioni delle indagini sismiche a rifrazione e M.A.S.W., che hanno permesso di ricavare i parametri in funzione delle velocità delle onde superficiali nei singoli strati.

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante precisare che generalmente:

a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;

b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.

c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

d) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso terroso.

		CODE
		REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE
		30 di/of 44

Di seguito sono stati riportati, in tabella, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici di ogni litotipo.

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcere fratturato	700-4200
Calcere compatto	2800-6400
Calcere cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

Tabella 1 - Valori di velocità per le onde di compressione (da "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo" di Carrara - Rapolla - Roberti, "Il manuale del geologo" di Cassadio - Elmi).

In merito alla caratterizzazione geotecnica ed alle indagini geotecniche, si rappresenta che è responsabilità e compito del progettista quella di definire la modellazione geotecnica del volume significativo di terreno, che ai sensi del paragrafo 6.2.2 del D.M. 17.01.2018 può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, fermo restando la piena responsabilità del progettista circa le ipotesi e le scelte progettuali.

Pertanto, *i parametri meccanici dei terreni* di riferimento sono inseriti nella relazione come riferimento per il progettista che per suo conto potrà stabilire, sotto la propria responsabilità, se ritenerli idonei oppure predisporre ulteriori indagini integrative.

In particolare, i parametri caratteristici sono stati ricavati attraverso lo studio delle indagini e relative correlazioni, elencate di seguito:

- Indice di Poisson: $\nu = \frac{\frac{1}{2}v_p^2 - v_s^2}{v_p^2 - v_s^2}$;

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 31 di/of 44

- Densità: $\rho = 0.51 \cdot v_p^{0.19}$ (Gardner et al., 1974);
- Peso di volume γ (Tezcan et al, 2009);
- Modulo di taglio: $G_0 = v_s^2 \cdot \rho$;
- Modulo elastico dinamico: $E_{din} = \frac{v_s^2 \cdot \rho (3v_p^2 - 4v_s^2)}{v_p^2 - v_s^2}$;
- Modulo elastico statico: $E_{stat} = \frac{E_{din} - 0.97}{8.3}$ (Rzhevsky e Novik, 1971);
- Modulo di Young: $E_y = 2G_0(1 - \nu)$;
- Modulo edometrico: $E_{ed} = v_p^2 \cdot \rho$;

Per i terreni:

- Coesione non drenata c_u (Likitlersuang e Kyaw, 2010);
- Angolo di resistenza al taglio φ (relazione polinomiale in funzione di ν per terreni coesivi – “stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata”, F. Roccaforte, C. Cucinotta).

Per gli ammassi rocciosi:

Tutti i rilievi e le indagini svolte sono finalizzati a raccogliere le informazioni necessarie alla caratterizzazione dell’ammasso roccioso secondo il criterio di Hoek & Brown.

Il criterio generalizzato di rottura di Hoek-Brown:

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)$$

in cui:

- m_b è il valore ridotto della costante di Hoek-Brown per l’ammasso considerato, pari a:

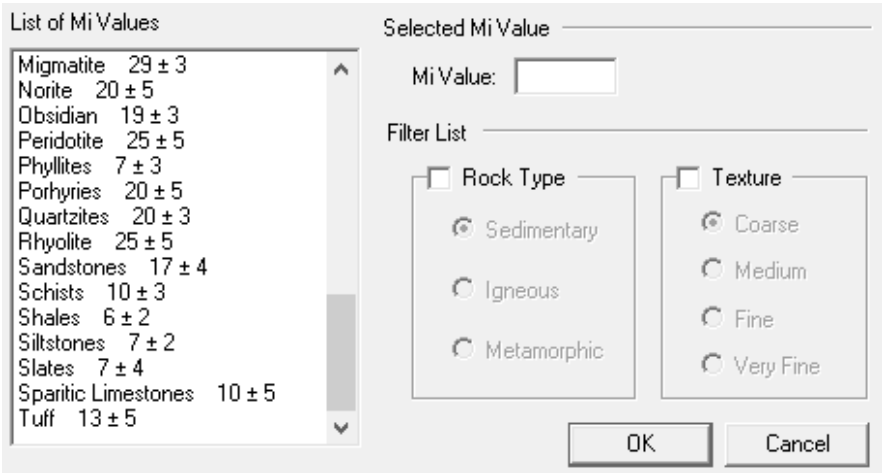
$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right);$$

- s ed a sono costanti dell’ammasso date dalle seguenti relazioni:

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right),$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}(e^{-GSI/15} - e^{-20/3});$$

- σ'_1 e σ'_3 sono il minimo e il massimo sforzo efficace alla rottura;
- σ_{ci} è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, ricavata tramite la correlazione di Kahraman (2001)
- D è un fattore che dipende dal grado di disturbo dell'ammasso, variabile tra 0 (ammasso in posto indisturbato) e 1 (ammasso scavato con esplosivo). Con riferimento alla problematica geotecnica in esame, si è assunta la condizione di assenza di disturbo corrispondente a $D = 0$;
- GSI è il "Geological Strength Index" è ricavato dalla correlazione di Sjöberg (1997);
- m_i è il valore della costante di Hoek-Brown per la roccia intatta, stimato tenendo conto da bibliografia (Tab. 2) e dall'esperienza pregressa del sottoscritto sulle medesime litologie.



The screenshot shows a dialog box titled "List of Mi Values". On the left, there is a scrollable list of rock types with their corresponding Mi values and standard deviations:

Migmatite	29 ± 3
Norite	20 ± 5
Obsidian	19 ± 3
Peridotite	25 ± 5
Phyllites	7 ± 3
Porphyries	20 ± 5
Quartzites	20 ± 3
Rhyolite	25 ± 5
Sandstones	17 ± 4
Schists	10 ± 3
Shales	6 ± 2
Siltstones	7 ± 2
Slates	7 ± 4
Sparitic Limestones	10 ± 5
Tuff	13 ± 5

On the right, there is a "Selected Mi Value" field with a text input box. Below it is a "Filter List" section with two columns of radio buttons:

- Rock Type
 - Sedimentary
 - Igneous
 - Metamorphic
- Texture
 - Coarse
 - Medium
 - Fine
 - Very Fine

At the bottom right, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Tab.2: valori del parametro m_i proposti dal programma RocLab in base alla litologia.

Per lo strato d'interesse le caratteristiche meccaniche sono state ricavate in base alle correlazioni proposte da N. Barton in "Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy, 2006. Conoscendo il valore della velocità V_p , è possibile una stima dell'indice Q_c

		<i>CODE</i>
		REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		<i>PAGE</i>
		33 di/of 44

(Q_c = Q normalizzato rispetto ad una resistenza a compressione monoassiale di 100 Mpa) tramite la seguente relazione:

$$Q_c = 10^{v_p - 3.5} \quad \text{per il calcare,}$$

$$Q_c = 10^{v_p - 1.212} \quad \text{per la calcarenite}$$

Passando dall'indice Q di Barton alla classificazione GSI di Hoek & Brown, è possibile stimare i parametri di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso (c e φ), come prevede la normativa.

K_w è coefficiente di Winkler, ricavato dalla relazione proposta dal Vesic (1961) che correla K_w con il modulo di elasticità del terreno e della fondazione.

Infine è stata studiata la capacità portante delle fondazioni superficiali e dei cedimenti relativi:

- Carico limite ultimo: $Q_{ult} = \rho \cdot v_s$ (Koeceli, 2012);
- Pressione ammissibile: $Q_{amm} = \frac{Q_{ult}}{F_s}$, con F_s fattore di sicurezza, pari a $\frac{v_p}{v_s}$.

In definitiva, integrando i dati derivanti da tutte le indagini, è possibile stabilire schematicamente il **modello geologico del sottosuolo e la stima dei parametri meccanici** per ogni area.

8.1 AREA IMPIANTO

Per l'area dell'impianto di progetto sono state prese in considerazione le indagini sismiche: MA_IS1, MA_IS2, MA_IS3, MA_IS4, MA_IS5.

In base ai dati ottenuti tramite le indagini sismiche, è possibile ricostruire un modello del sottosuolo che, sostanzialmente, si traduce nella seguente successione stratigrafica:

Strato	v_s (m/s)	v_p (m/s)	Intervallo di profondità	Litotipo
[1]	300	650	0,00 m ÷ ~0,50/1,00 m	Terreno vegetale
[2]	800	1500	~0,50/1,00 m ÷ ~4,50/6,00 m	Calcare fratturato
[3]	1050	2300	~4,50/6,00 m ÷ int.geotoc.	Calcare compatto

		CODE
		REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE
		34 di/of 44

Di cui si ricavano i parametri:

	Strato 1	Strato 2	Strato 3
velocità onde S: v_s (m/s)	300	800	1050
velocità onde P: v_p (m/s)	650	1500	2300
indice di Poisson: ν	0,365	0,301	0,368
densità ρ (g/cm ³)	1,746	2,047	2,220
peso di volume: γ (kN/m ³)	17,30	25,50	28,10
modulo di taglio: G_0 (Mpa)	157	1310	2447
modulo di Young dinamico: E_{din} (Mpa)	429	3409	6697
modulo edometrico E_d (Mpa)	570	3300	5750
modulo di Young statico: E_{stat} (Mpa)	52	411	807
modulo di Bulk: K (Mpa)	528	2858	8479
coefficiente di Winkler: K_w (kg/cm ³)	4,95	37,49	77,49

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER LE TERRE			
coesione non drenata: C_u (Kpa)	171	//	//
angolo d'attrito interno: ϕ (°)	25	//	//

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER L'AMMASSO ROCCIOSO			
angolo d'attrito interno: ϕ (°)	//	37	42
coesione: c (Mpa)	//	0,125	0,170
indice GSI	//	21,65	29,42
Q di Barton	//	0,062	0,231
Q_c	//	0,010	0,063
indice RMR	//	26,65	34,42
resistenza compr. monoassiale: σ_{ci} (Mpa)	//	16,25	27,26

CAPACITA' PORTANTE - FONDAZIONE SUPERFICIALE			
fattore di sicurezza: F_s	2,17	1,88	2,19
Q_{ult} (kg/cm ²)	5,24	16,37	23,31
Q_{amm} (kg/cm ²)	2,42	8,73	10,64

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 35 di/of 44

8.2 PERCORSO CAVIDOTTO

Lungo il percorso del cavidotto sono state eseguite le indagini: MA_IS6, MA_IS7, MA_IS8, MA_IS9, MA_IS10.

Possiamo rappresentare per i primi metri un unico modello di sottosuolo:

Unità Geologica-Geotecnica	denominazione	intervallo di profondità	vs (m/s)	vp (m/s)
[I]	Terreno vegetale e/o di riporto	0,0 m – ~1,00 m	210	430
[II]	[IIA] Calcarenite con livelli sabbiosi	~1,00 ÷ ~4,00 / 5,00 m	320	760
	[IIB] Sabbie con livelli calcarenitici		450	760
	[IIC] Calcere		1080	1760
	[IID] Limi argillosi		250	665
	[IIE] Limo argilloso e sabbie		320	790

Di cui si ricavano i parametri:

	Unità IA	Unità IIA	Unità IIB	Unità IIC	Unità IID	Unità IIE
velocità onde S: v_s (m/s)	210	320	450	1080	250	320
velocità onde P: v_p (m/s)	430	760	760	1760	665	790
peso di volume: γ (kN/m ³)	16,86	21,52	18,52	26,02	17,33	18,08
modulo di Young dinamico: E_{din} (Mpa)	190	513	896	5890	311	520
modulo edometrico E_d (Mpa)	200	600	1300	5500	350	400
modulo di Young statico: E_{stat} (Mpa)	23	62	108	710	37	63
coesione non drenata: C_u (Kpa)	85	//	379	//	120	194
coesione: c (MPa)	//	0,332	//	0,131	//	//
angolo d'attrito interno: ϕ (°)	28	30	27	37	18	22

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 36 di/of 44

La realizzazione di un elettrodotto in cavo è suddivisibile in tre fasi principali:

- esecuzione degli scavi per l'alloggiamento del cavo;
- stenditura e posa del cavo;
- reinterro dello scavo fino a piano campagna.

Come si evince dalla carta geolitologica e dalle indagini eseguite lo scavo del cavidotto incontrerà differenti litologie al di sotto del terreno vegetale e/o di riporto. Si stimano i seguenti metri lineari di scavo in funzione della litologia.

Unità Geologica-Geotecnica		denominazione	ml
[II]	[IIA]	Calcarenite con livelli sabbiosi	~4930
	[IIB]	Sabbie con livelli calcarenitici	~7800
	[IIC]	Calcarea	~1670
	[IID]	Limi argillosi	~350
	[IIE]	Limo argilloso e sabbie	~3130

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 37 di/of 44

9 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di FRANCAVILLA FONTANA non era classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982.; l'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 ha riclassificato l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di FRANCAVILLA FONTANA ricade in Zona Sismica 4.

Di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Nelle NTC, l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Tali valori sono forniti dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV) in base agli studi del Gruppo di Lavoro MPS (2004), che ha provveduto alla redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 riportata nel Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici) - Fig. 11 -.



CODE

REL. GEOLOGICA MARANGIOSA
LM.REL. 12

PAGE

38 di/of 44



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

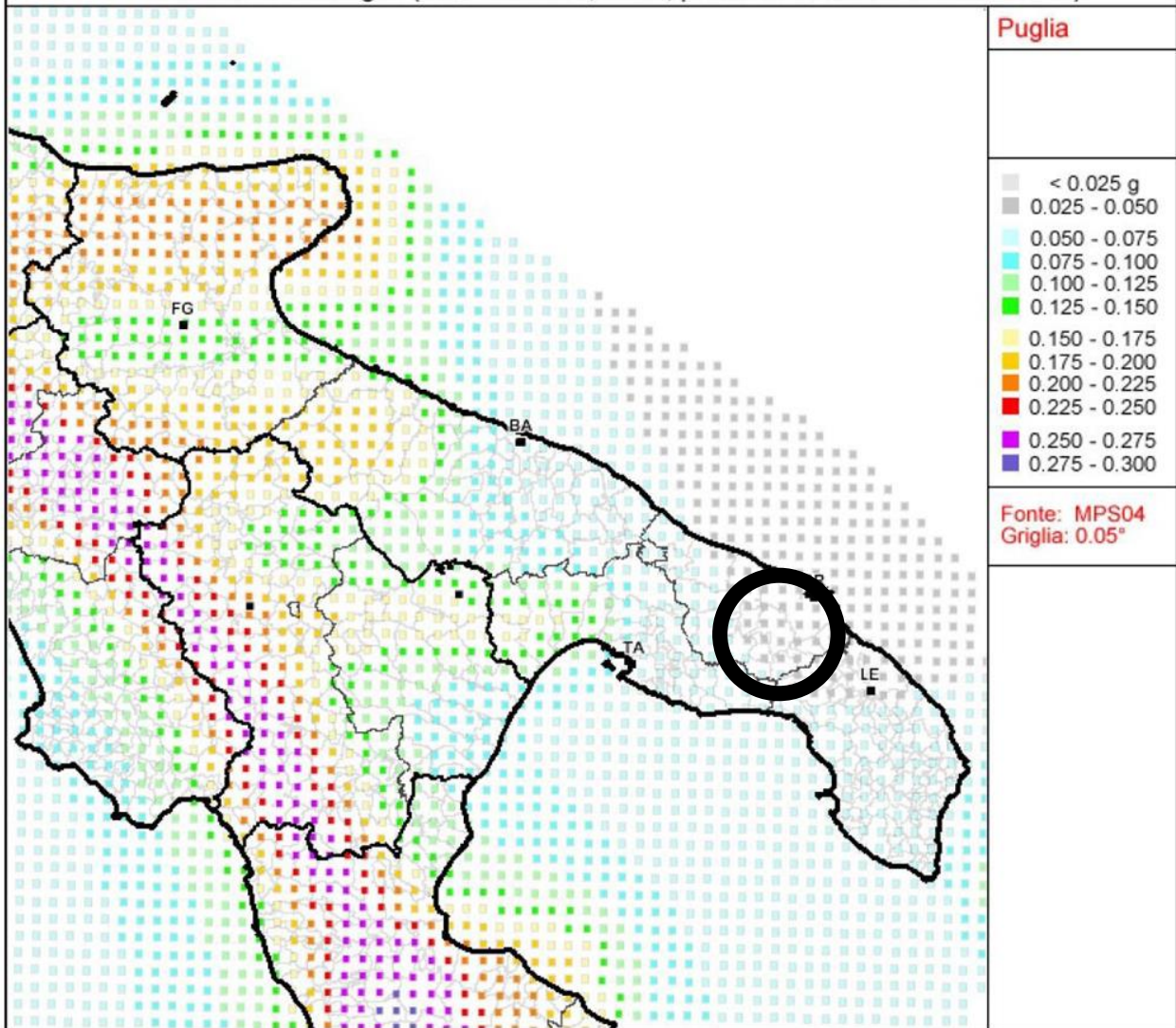


Fig. 11 – Stralcio Mappa della Pericolosità sismica

		<p>CODE</p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p>PAGE</p> <p>39 di/of 44</p>
--	--	---

Secondo le nuove **NTC 2018** per quanto riguarda l'approccio semplificato, 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 dello stato isesimo

$V_{S,i}$ = 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/sec

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il caso in esame ricade nella categoria topografica T1.

Le categorie di sottosuolo individuate dalle NTC 2018 sono le seguenti:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

		<p>CODE</p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p>PAGE</p> <p>40 di/of 44</p>
--	--	---

Area Impianto

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock “geofisico” (indagini MA_IS1, MA_IS3):

$V_{Seq} = 703,77; 759,99$ m/sec: il suolo di fondazione rientra nella **Categoria B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s).*

In funzione della profondità del piano di fondazione e dello spessore inferiore ai 3 metri, di terreno dalle caratteristiche meccaniche più scadenti (Indagini MA_IS2, MA_IS4, MA_IS5):

$V_{Seq} > 800$ m/s e il suolo di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018, e la **Categoria** di suolo secondo le NTC 2018 risulta la “A” (*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m).*

Percorso Cavidotto

In funzione della profondità del piano di fondazione e dello spessore inferiore ai 3 metri, di terreno dalle caratteristiche meccaniche più scadenti (Indagini MA_IS7, MA_IS8):

$V_{Seq} > 800$ m/s e il suolo di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018, e la **Categoria** di suolo secondo le NTC 2018 risulta la “A” (*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m).*

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock “geofisico” (Indagini MA_IS6 e MA_IS10):

$V_{Seq} = 440,20; 578,21$ m/sec: il suolo di fondazione rientra nella **Categoria B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,*

		<p>CODE</p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p>PAGE</p> <p>41 di/of 44</p>
--	--	---

caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s).

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock “geofisico” (Indagine MA_IS9):

$V_{seq} = 357,90; 433; 397$ m/sec: il suolo di fondazione rientra nella **Categoria C** (Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s).

		CODE REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12
		PAGE 42 di/of 44

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini svolte in questo studio (rilevamento geologico di superficie; analisi delle litologie affioranti; analisi stratigrafiche attraverso indagini geognostiche e geofisiche con report in allegato; caratteristiche morfologiche ed idrogeologiche; caratterizzazione geotecnica e sismica preliminare dei terreni di fondazione) hanno permesso di accertare quanto segue:

- per l'area interessata dall'impianto in progetto, al di sotto del terreno vegetale, si rinviene calcareo detritico mediamente fratturato (come evidenziato nei sondaggi geognostici in allegato e nel modello geologico dell'area);

- assenza di movimenti gravitativi in atto o potenziali che possono interessare l'equilibrio geostatico generale;

- le opere da realizzare saranno collocate al di fuori degli areali di pericolosità cartografati negli elaborati del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, l'area in oggetto è infatti esclusa sia da quelle a Pericolosità Geomorfologica e sia da quelle a Pericolosità Idraulica ad eccezione del tracciato del cavidotto che interseca una perimetrazione di pericolosità idraulica media e bassa; nell'area interessata dall'impianto e dal cavidotto si evidenziano, invece, dei corsi d'acqua episodici e si rimanda alla relazione Idrologica-Idraulica per l'inquadramento e analisi di tale contesto;

- attraverso le prove di permeabilità Lefranc a carico costante, eseguite all'interno dei sondaggi a carotaggio continuo, sono stati ricavati i coefficienti di permeabilità K riconducibili al litotipo calcareo presente sull'area di impianto; si ha il seguente range di valori = $1,3 \cdot 10^{-4} < K < 3,9 \cdot 10^{-4}$;

- dall'analisi del parametro velocità equivalente ottenuto dalle indagini sismiche effettuate nelle aree di intervento, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è possibile classificare preliminarmente i terreni che costituiranno il piano di posa delle future fondazioni nelle categorie A e B di cui alla tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018.

		<p>CODE</p> <p>REL. GEOLOGICA MARANGIOSA LM.REL. 12</p> <hr/> <p>PAGE</p> <p>43 di/of 44</p>
--	--	---

Il rilevamento di dettaglio e gli studi effettuati in corrispondenza dell'area di progetto hanno consentito di valutare le caratteristiche geologiche dei litotipi affioranti oltre alla compatibilità degli interventi previsti in funzione dell'assetto geomorfologico ed idrogeologico.

Dalla sintesi delle attività e delle indagini svolte si può concludere che non esistono motivi di criticità dell'area di progetto in ordine alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche tali da rendere difficoltosa o peggio impossibile la realizzazione del progetto.

Leverano, Marzo 2022

il geologo:

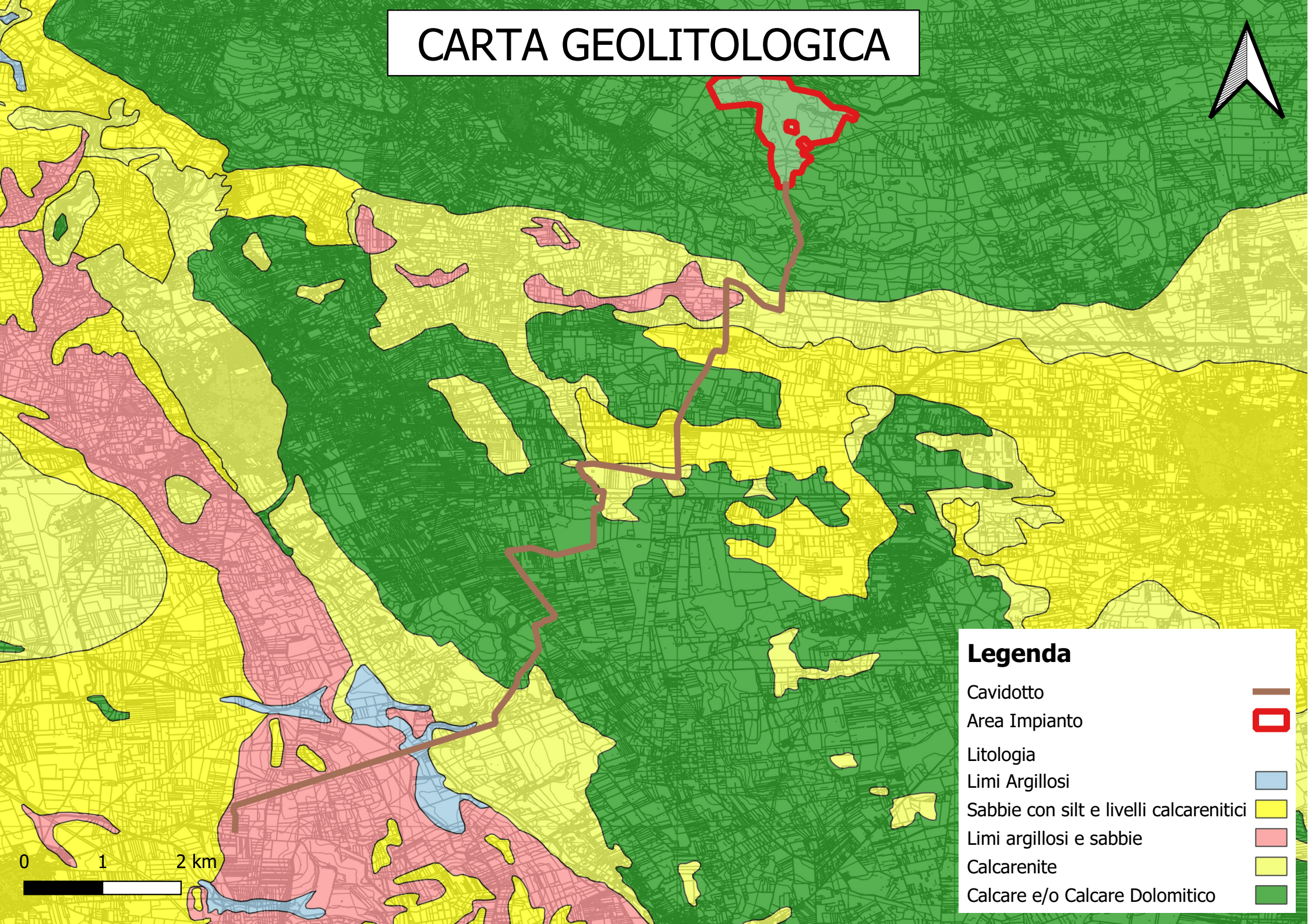
dott. Giovanni Paolo Mega











ALLEGATO 1

Carta Geolitologica

CARTA GEOLITOLOGICA



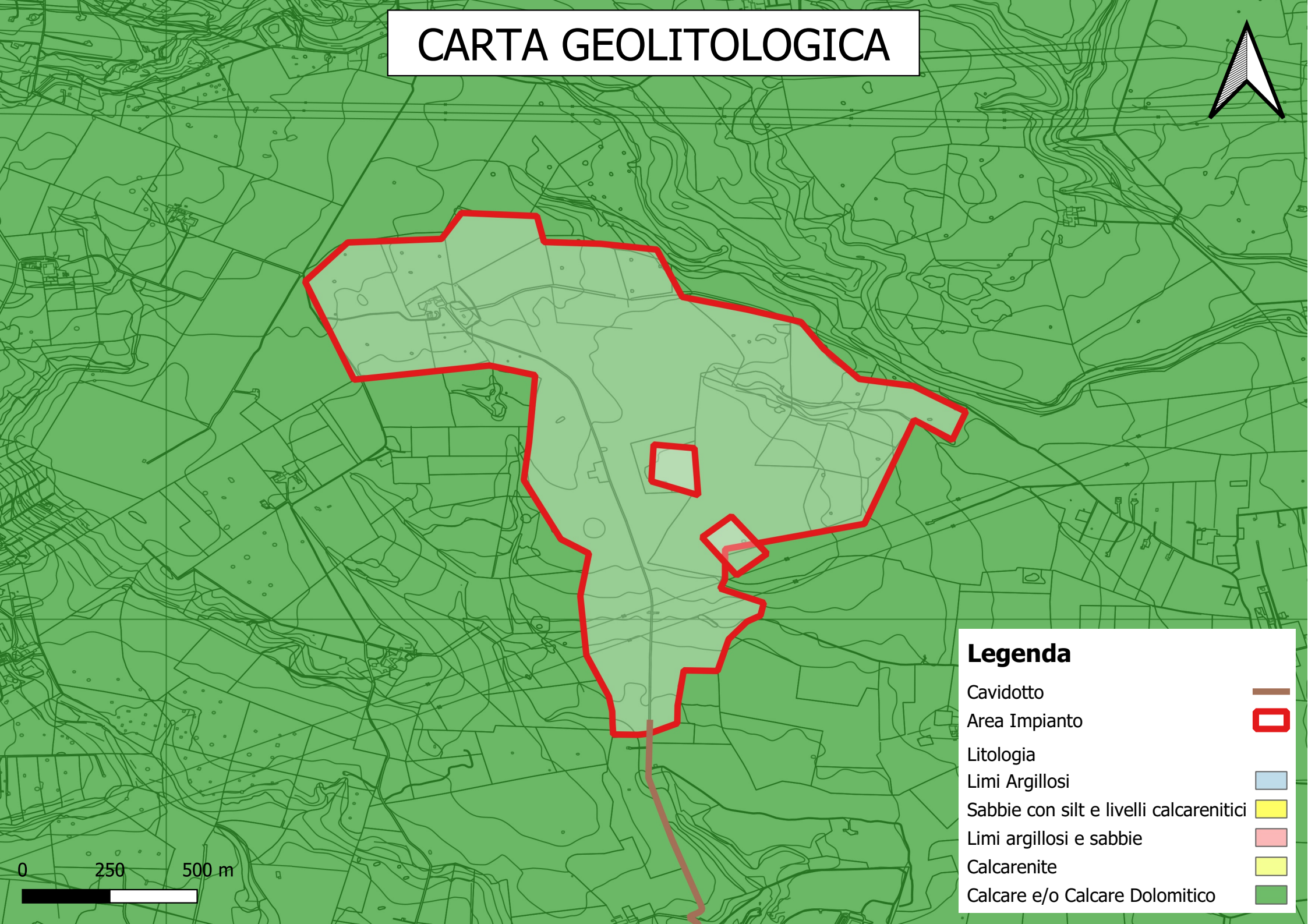
Legenda

- Cavidotto 
- Area Impianto 
- Litologia
- Limi Argillosi 
- Sabbie con silt e livelli calcarenitici 
- Limi argillosi e sabbie 
- Calcarenite 
- Calcare e/o Calcare Dolomitico 








0 1 2 km



CARTA GEOLITOLOGICA



Legenda

- Cavidotto 
- Area Impianto 
- Litologia
- Limi Argillosi 
- Sabbie con silt e livelli calcarenitici 
- Limi argillosi e sabbie 
- Calcarenite 
- Calcare e/o Calcare Dolomitico 

ALLEGATO 2

**Sondaggi Geognostici
&
Prove di Permeabilità**

GEOPRO

Sondaggi - geognostica

Via B. Realino, 14 - 73100 Lecce - cell: 349.2643976
studiorlanducci@libero.it - lucaorlanducci@sicurezzapostale.it
N. Iscr. REA 249369

RELAZIONE SULLE INDAGINI

***PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN IMPIANTO
FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
"MARANGIOSA" FRANCAVILLA FONTANA (BR)***

Per incarico dell'ing. Emanuele Verdoscia è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche in agro di Francavilla Fontana in prossimità del centro abitato di Villa Castelli loc. "Marangiosa".

In ottemperanza all'incarico ricevuto sono stati eseguiti n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, all'interno del quale sono state eseguite prove di permeabilità tipo "Lefranc" a carico costante.

SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

E' stata utilizzata una sonda idraulica a rotazione MAIT mod. T14, dotata di un sistema per il bilanciamento della spinta in maniera tale da avere sempre la stessa pressione sulla base delle aste ed utilizzando per il prelievo dei campioni un carotiere semplice del ϕ 101mm.

Durante le perforazioni, l'analisi dei campioni ha consentito di disegnare le stratigrafie riportate in allegato A.

PROVE DI PERMEABILITA'

All'interno di ciascun sondaggio sono state eseguite le prove di permeabilità a carico costante.

Con questa prova si misura quindi la conducibilità idraulica (permeabilità) del terreno nell'intorno del foro. Essa consiste nel raggiungere la quota di prova con una generica perforazione e quindi: creare la geometria adatta alla misura del tipo di permeabilità che si intende determinare; creare all'interno del foro un gradiente idraulico mediante immissione od estrazione di acqua, tale per cui si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prove a carico variabile), o come nel caso specifico prove a carico costante.

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime.

Per tale tipo di prova eseguita a "**carico costante**" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_F \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [m^3s^{-1}]

h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso)

d = diametro del foro [m] (101 mm)

$C_f = 2,85$ (coeff. di forma).

I valori calcolati nei grafici riportati in allegato possono sintetizzarsi come segue:

Sondaggio	Prova	Profondità foro	Coeff. di permeabilità (k)
S ₁	P ₁	4,7 m	$1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
S ₂	P ₂	5,0 m	$3,9 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

ALLEGATO A – Certificati stratigrafici

ALLEGATO B – Certificati prove di permeabilità

ALLEGATO C – Ubicazione indagini geognostiche

ALLEGATO D – Documentazione fotografica

ALLEGATO A – Certificati stratigrafici

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO ø 101 mm



Committente: Ing. Emanuele Verdoscia

Cantiere: Impianto fotovoltaico "Marangiosa" - Francavilla Fontana (BR)

Successione litologica	Descrizione	Campioni	RQD	γ' t/m ³	φ
<p>S₁</p>	<p>p.campagna ▽</p>				
	<p>Calcere detritico biancastro, ben cementato in carote</p>		31%		
	<p>Calcere detritico biancastro con tracce di terra rossa lungo le superfici di frattura, vacuolato e cristallizzazioni calcitiche microcristalline</p>		60%		
	<p>Terra rossa limo-argillosa rosso-arancio con laminazioni grigiastre carboniose, al tetto includente clasti calcarei alterati</p>				
	<p>Calcere detritico biancastro alla base con tracce di terra rossa lungo le superfici di frattura</p>		24%		
	<p>Calcere non cristallino di colore nocciola-avana in straterelli centi/decimetrici, fratturato con patine di alterazione (terra rossa) lungo le superfici di frattura</p>				
Quota s.l.m.m.	Livello statico	18/03/2022			

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO ø 101 mm



Committente: Ing. Emanuele Verdoscia

Cantiere: Impianto fotovoltaico "Marangiosa" - Francavilla Fontana (BR)

Successione litologica	Descrizione	Campioni	RQD	γ' t/m ³	φ
<p style="text-align: center;">S₂</p>	<p>p. campagna ▽</p> <p>Terra rossa limo-argillosa marrone rossastra includente alla base clasti calcarei alterati</p> <p>Calcere detritico di colore avana alterato in frammenti ed a debole cementazione</p> <p>Calcere detritico di colore biancastro fratturato e talora includente terra rossa</p>				
Quota s.l.m.m.	Livello statico	18/03/2022			

ALLEGATO B – Prove di permeabilità

COMMITTENTE:	Ing. Emanuele Verdoscia		
PROVA N°:	P1		
SONDAGGIO:	S1	CANTIERE:	Impianto fotovoltaico "Marangiosa" Francavilla Fontana (BR)
DATA:	18/03/2022	PAG:	1 DI 1
Calcare di colore avana			

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

immissione

estrazione

Fondo foro -4,7 m

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime.

Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_F \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$] (0,172 l/s)

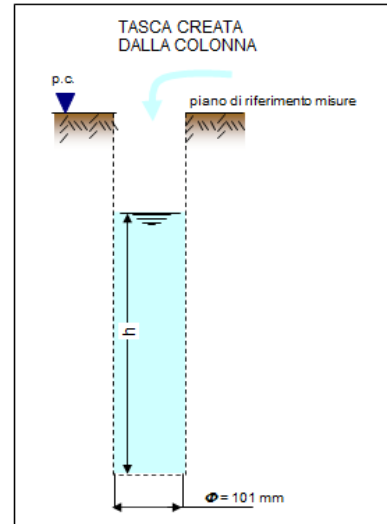
h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso (S₁). **h = 4,7 m**

d = diametro del foro [m] (101 mm)

C_f = 2,85 (coeff. di forma).

$$k \approx 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

SCHEMA PROVA



COMMITTENTE:	Ing. Emanuele Verdoscia		
PROVA N°:	P2		
SONDAGGIO:	S2	CANTIERE:	Impianto fotovoltaico "Marangiosa" Francavilla Fontana (BR)
DATA:	18/03/2022	PAG:	1 DI 1
Calcare di colore avana			

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

immissione
 estrazione

Fondo foro -5,0 m

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime. Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_F \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$] (0,5 l/s)

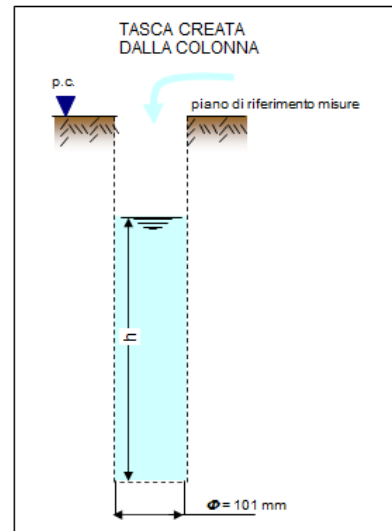
h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base (da -4,3 a 5,5 m) del foro stesso (S₂). **h = 4,4 m**

d = diametro del foro [m] (101 mm)

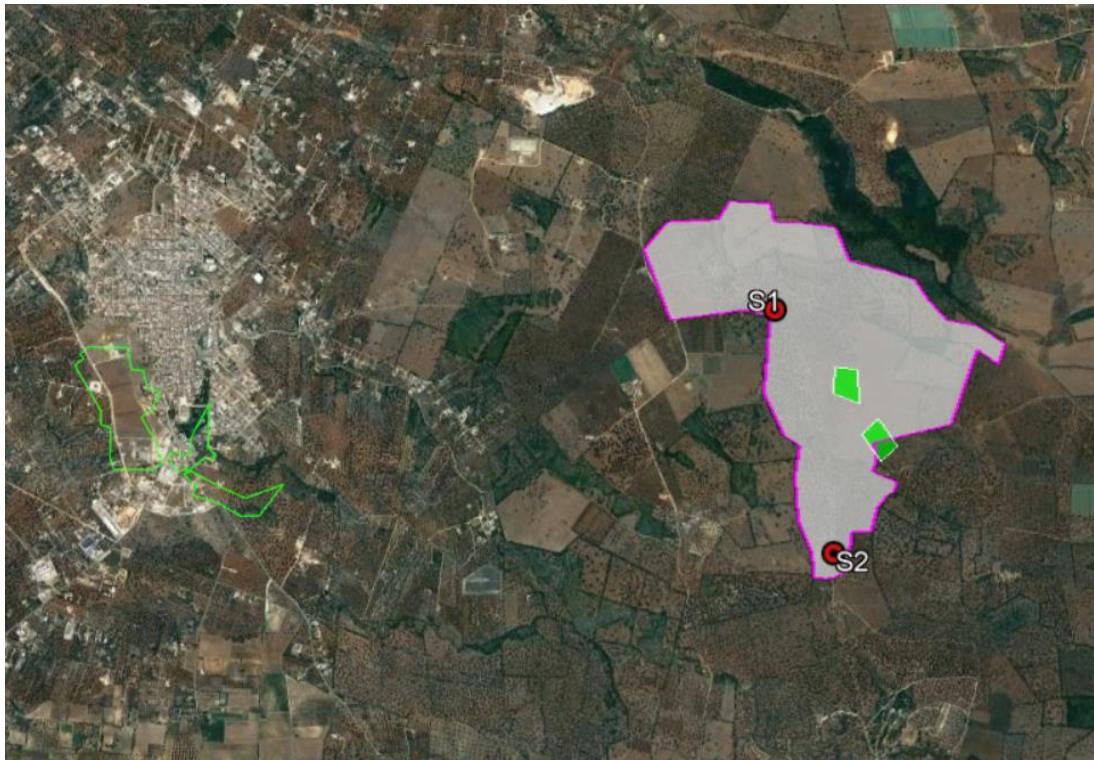
C_f = 2,85 (coeff. di forma).

$$k \approx 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

SCHEMA PROVA



ALLEGATO C – UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



ALLEGATO D – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione sondaggio S1



Cassetta sondaggio S1



Postazione sondaggio S2

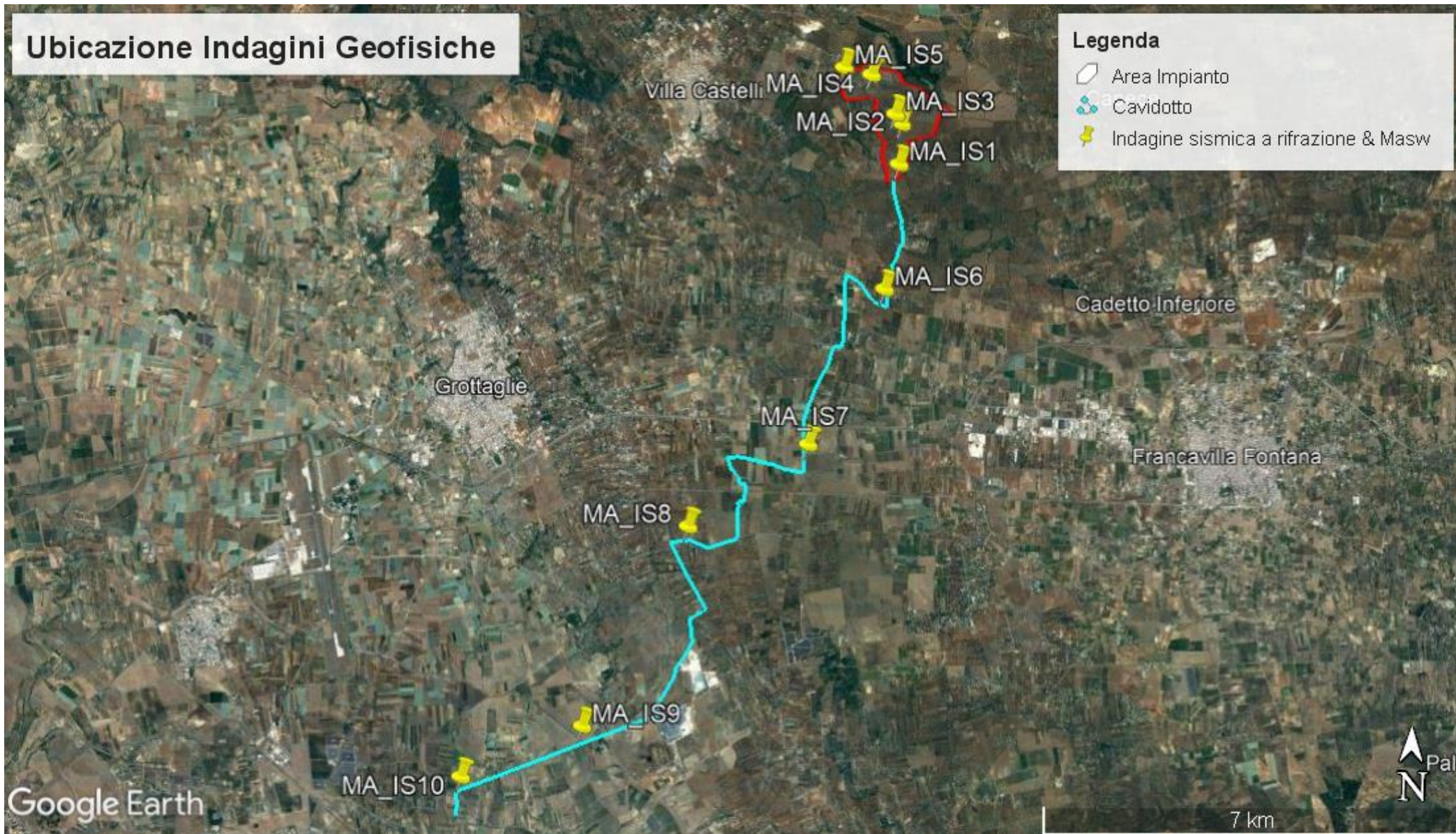


Cassetta sondaggio S2

ALLEGATO 3


Indagini sismiche a rifrazione & M.A.S.W.

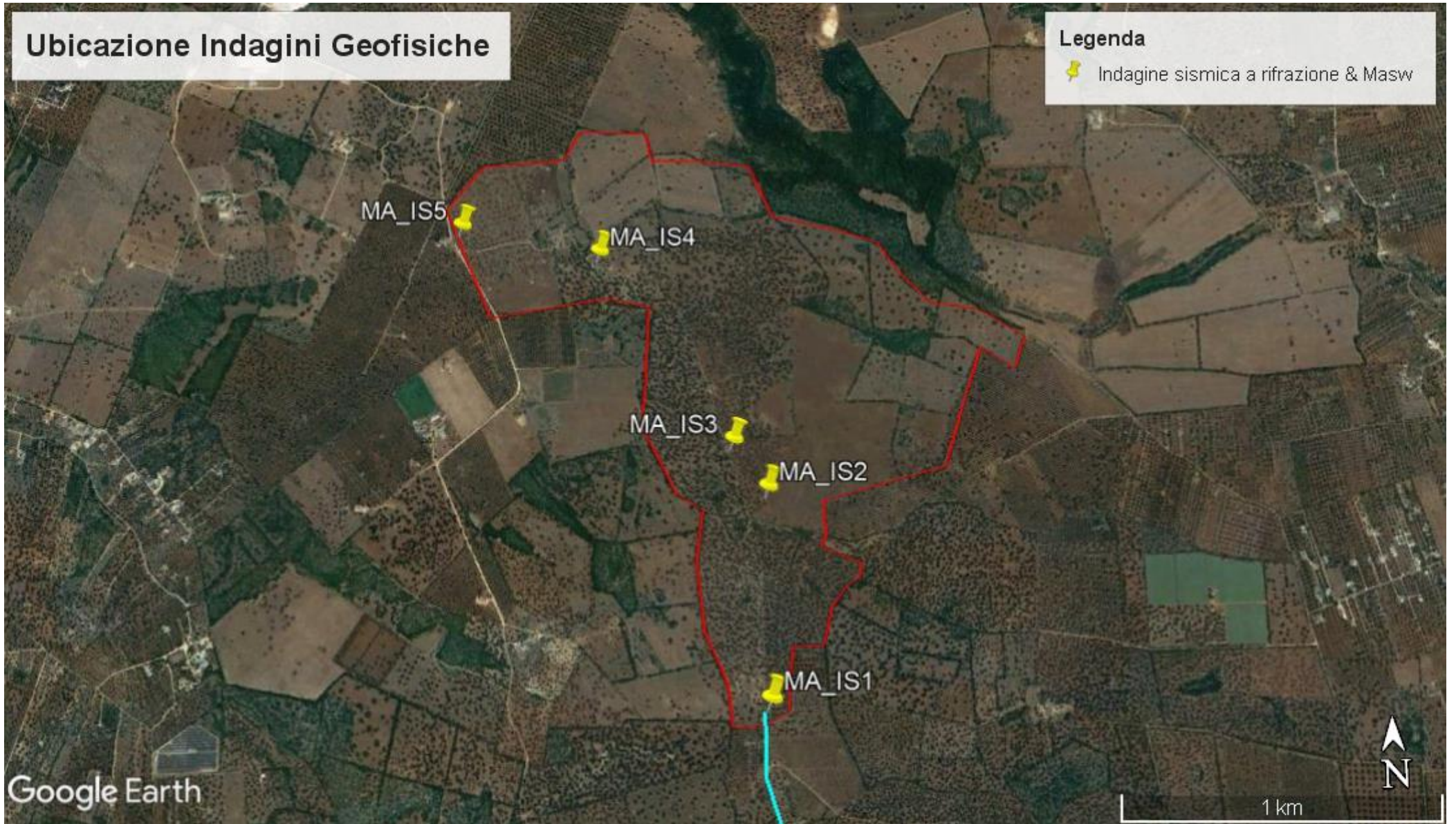
Ubicazione Indagini Geofisiche



Ubicazione Indagini Geofisiche

Legenda

 Indagine sismica a rifrazione & Masw



MA_IS1

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

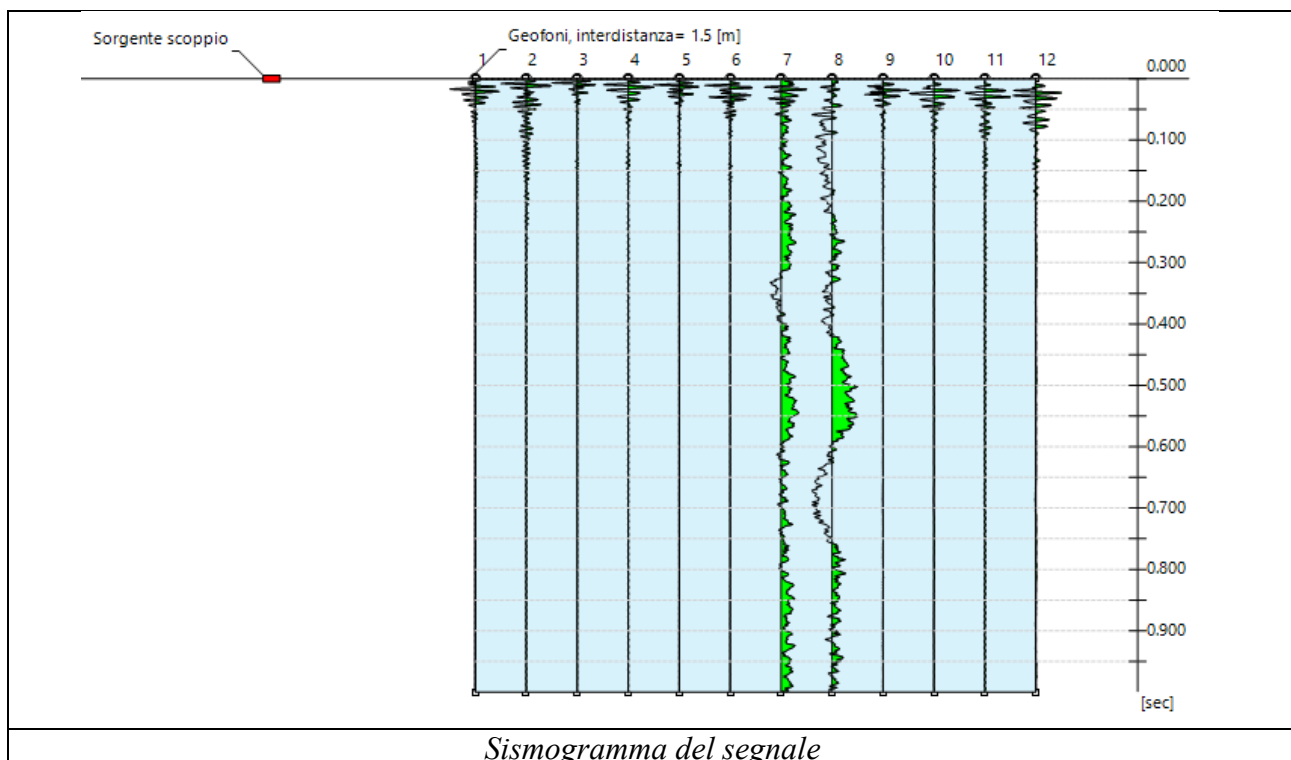
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

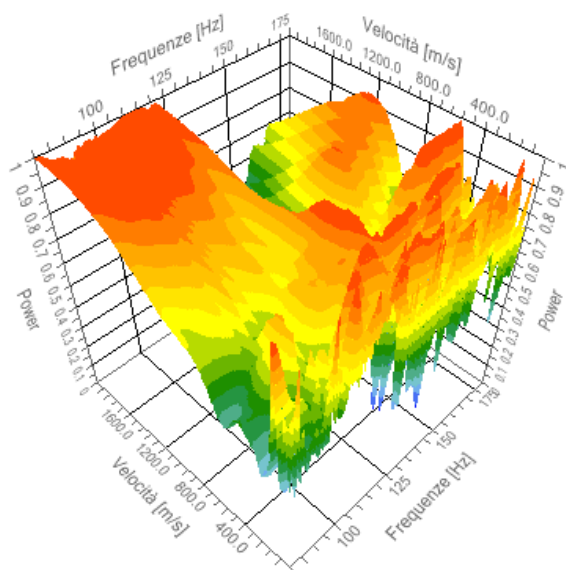
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	80
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	180
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	2000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



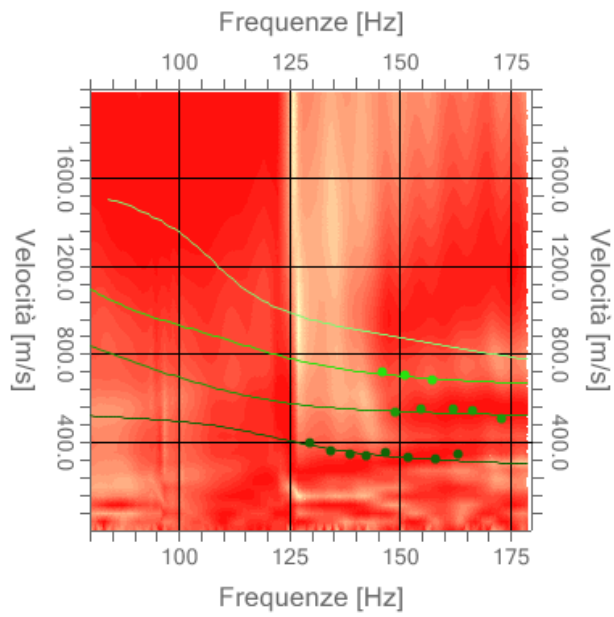
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.30	562.4	300.6
2	3.22	2.22	1800.0	0.30	1315.0	702.9
3	6.50	3.28	1800.0	0.30	1317.8	704.4
4	10.52	4.02	1800.0	0.30	1796.0	960.0
5	oo	oo	1800.0	0.30	2814.3	1504.3

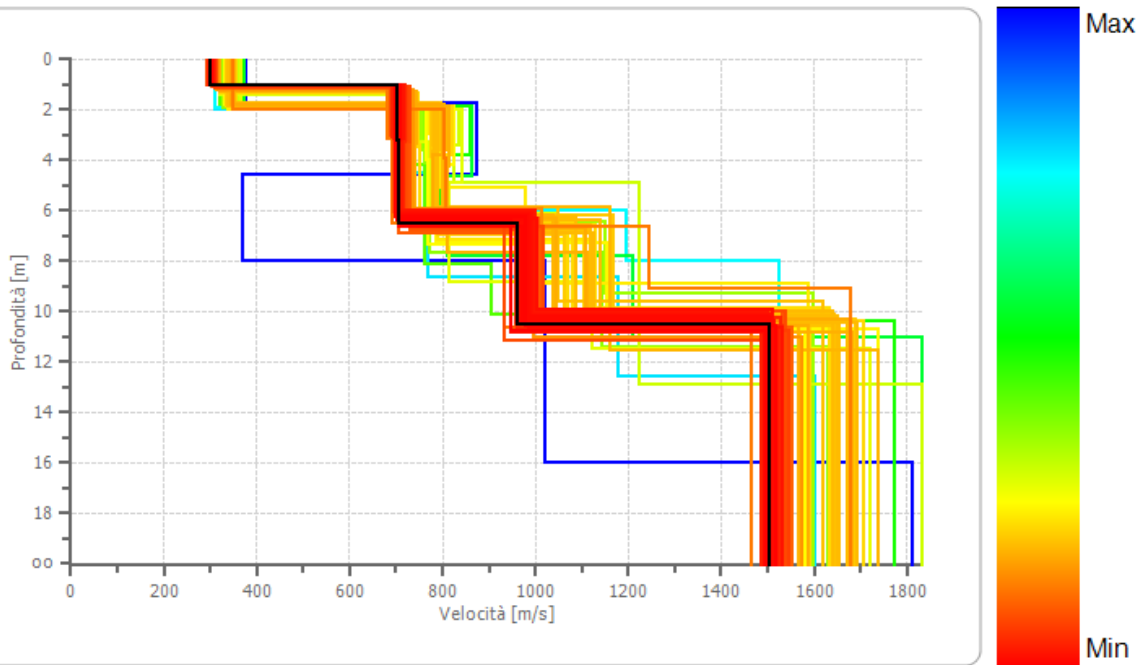
Percentuale di errore 0.273%

Fattore di disadattamento della soluzione 0.046

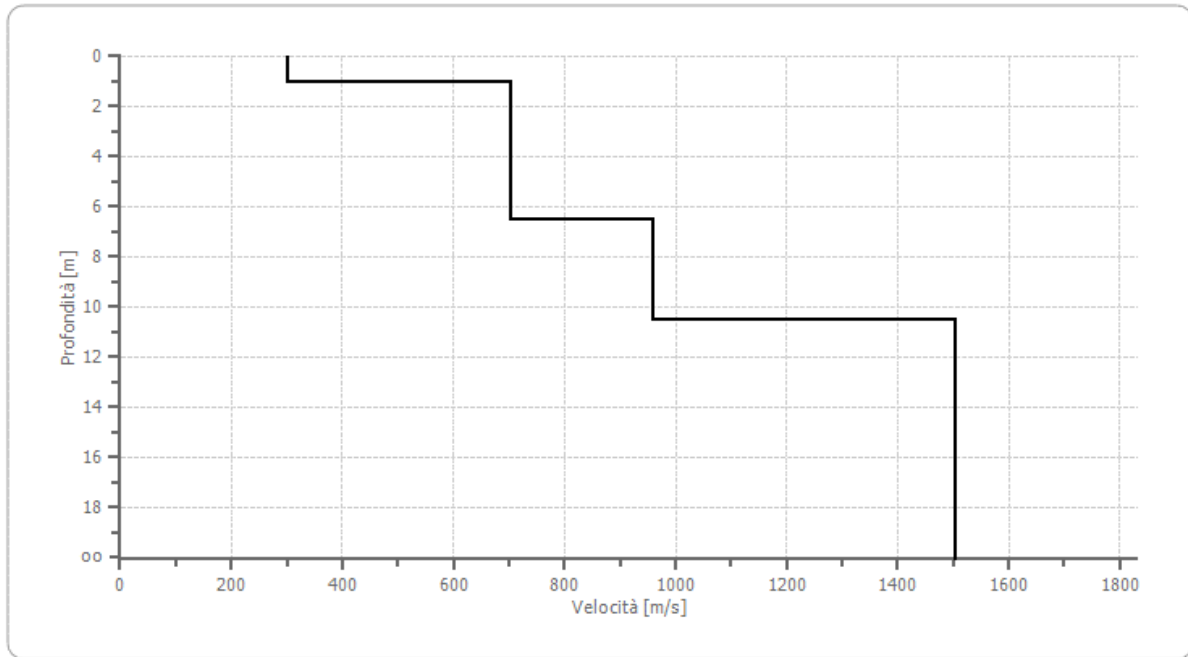
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

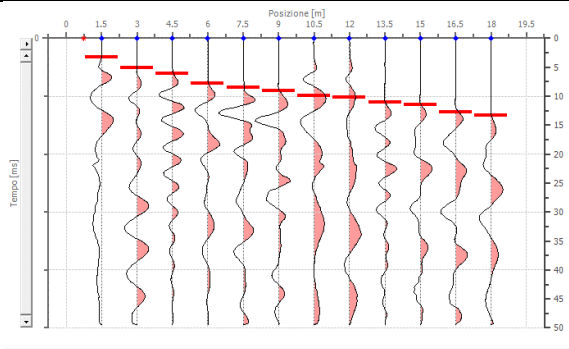
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=5,50 m)	703,77
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

SISMICA A RIFRAZIONE

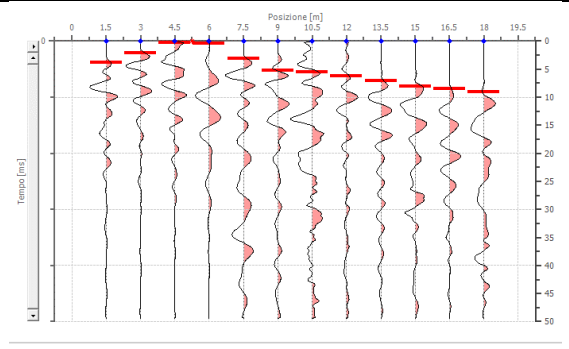
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



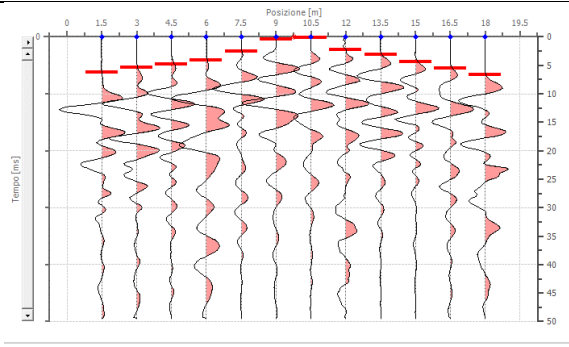
+ Posizioni sorgenti • Posizioni geofoni

Battuta 1



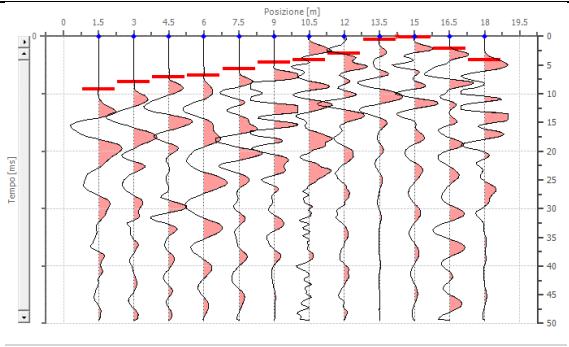
+ Posizioni sorgenti • Posizioni geofoni

Battuta 2



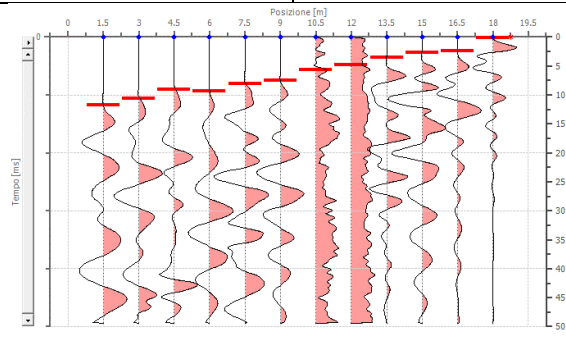
+ Posizioni sorgenti • Posizioni geofoni

Battuta 3



+ Posizioni sorgenti • Posizioni geofoni

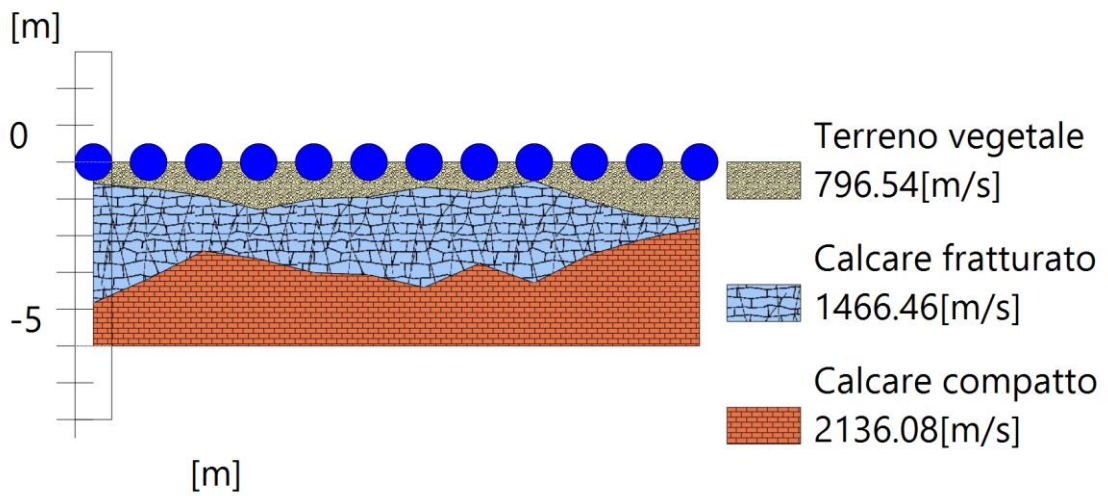
Battuta 4



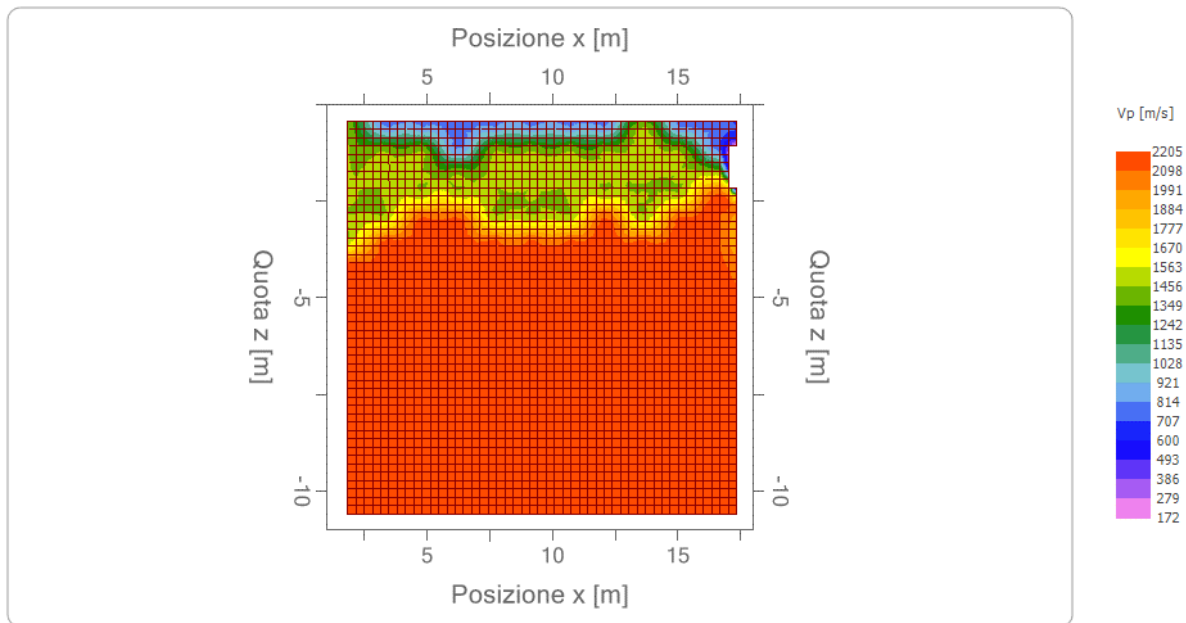
+ Posizioni sorgenti • Posizioni geofoni

Battuta 5

Interpretazione col metodo G.R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

MA_IS2

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

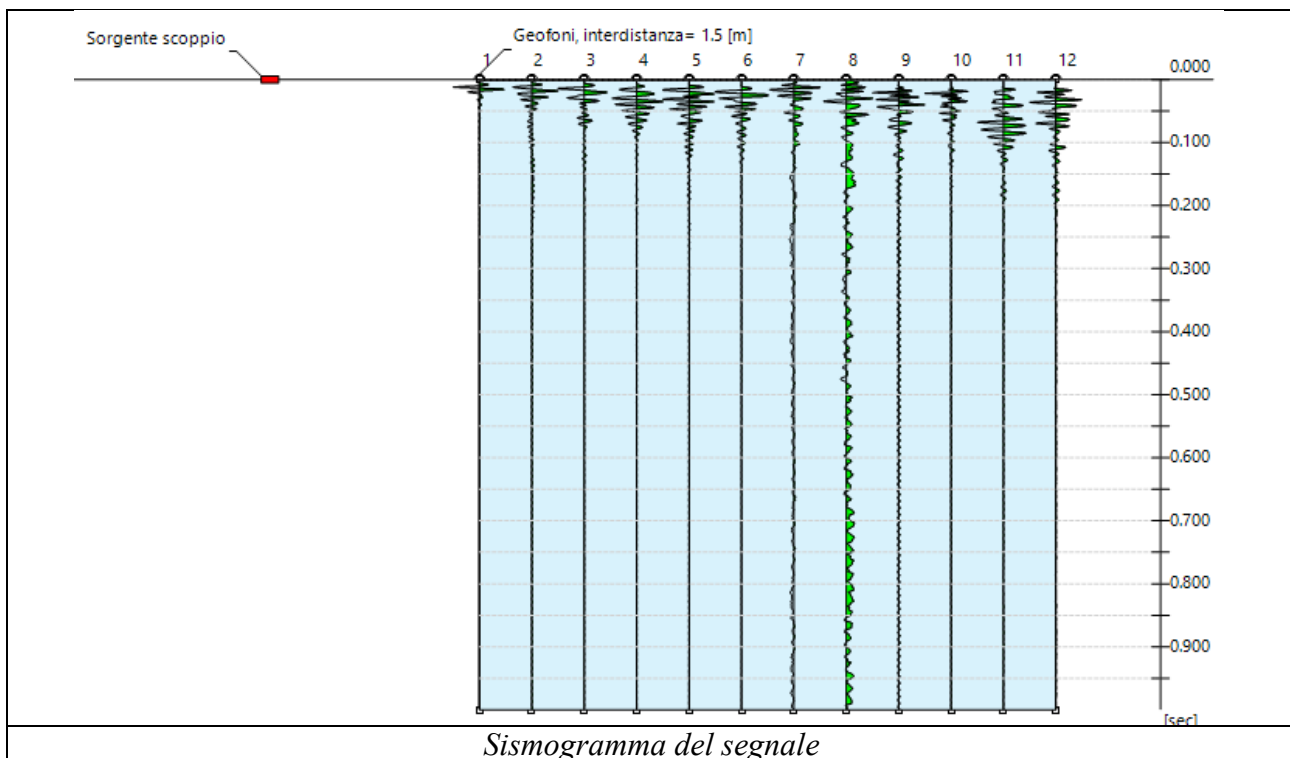
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

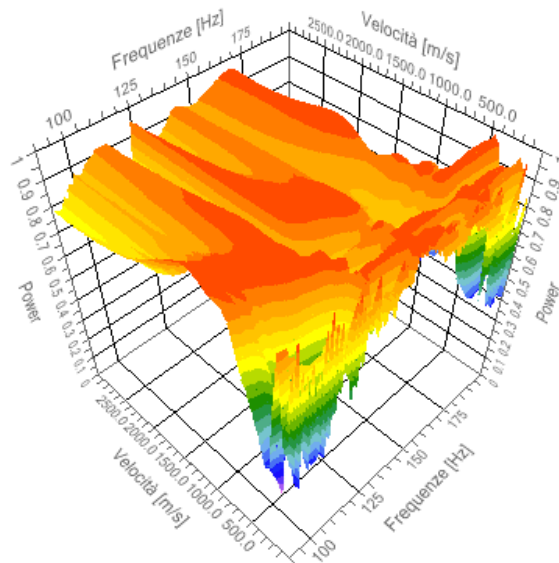
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	90
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	200
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	3000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.04	1.04	1800.0	0.30	733.0	391.8
2	4.89	3.85	1800.0	0.30	2048.4	1094.9
3	8.35	3.46	1800.0	0.30	2445.1	1306.9
4	oo	oo	1800.0	0.30	2992.9	1599.8

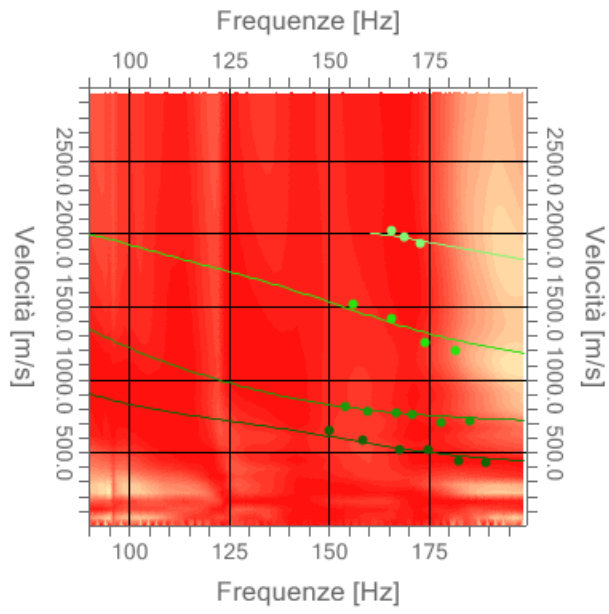
Percentuale di errore

1.976%

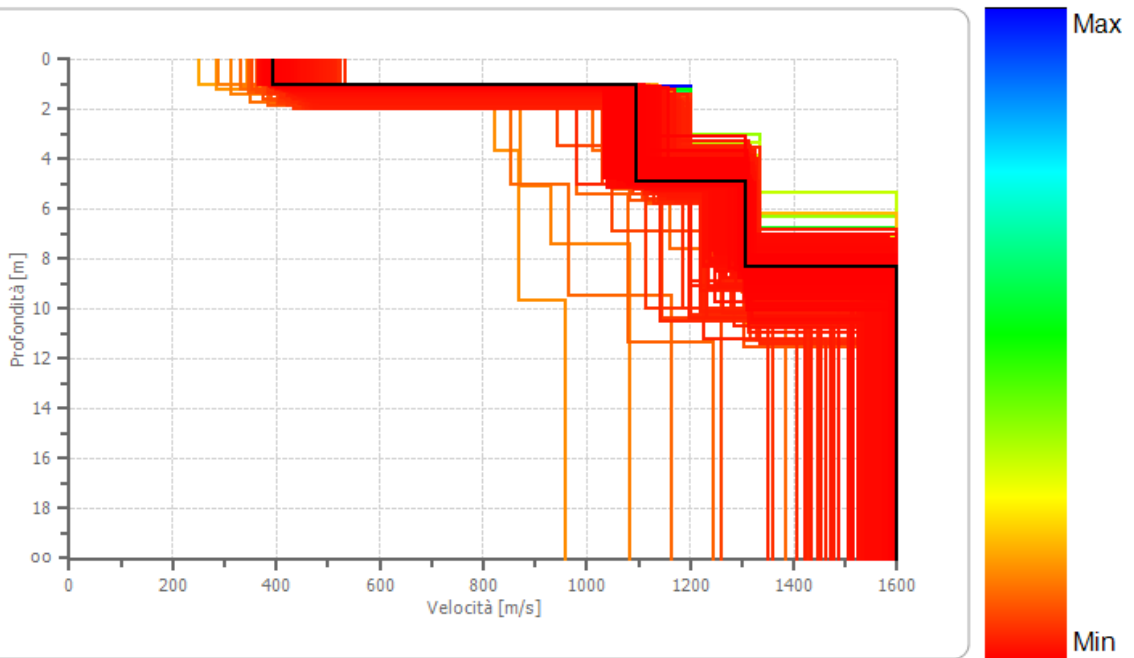
Fattore di disadattamento della soluzione

0.086

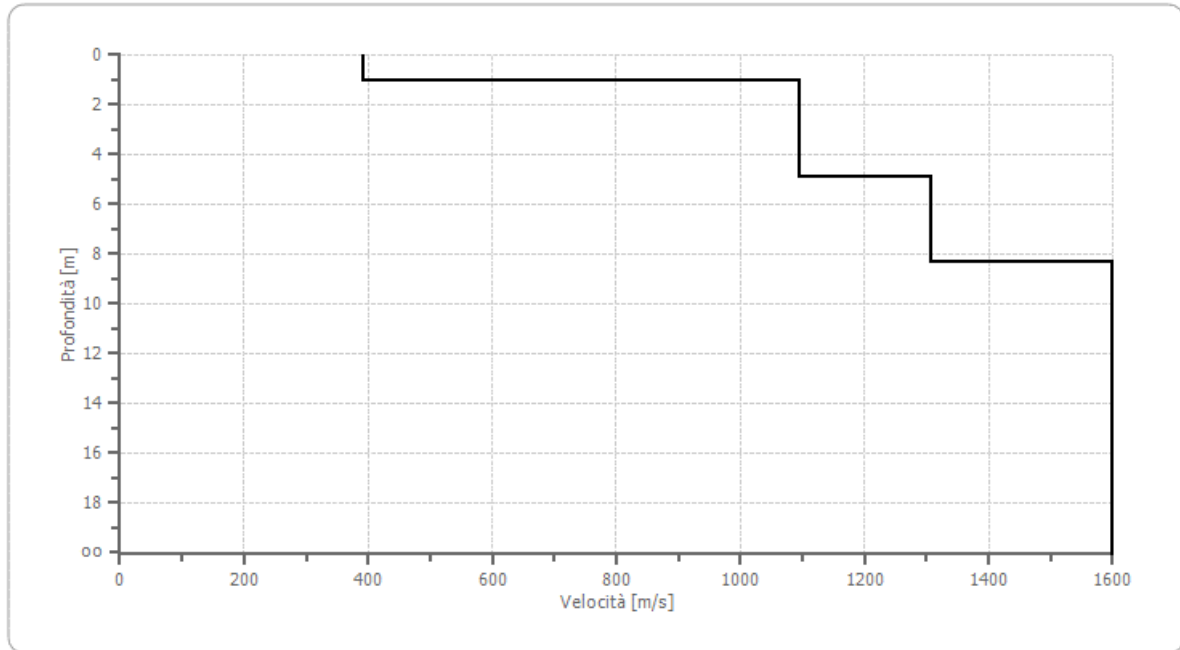
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

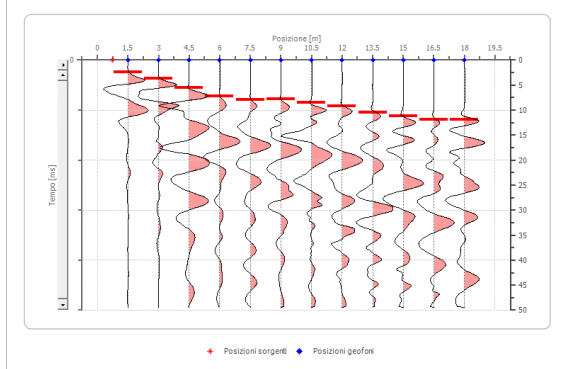
Profondità piano di posa [m]	1.00
V_{s,eq} [m/sec](H=0,04 m)	1094,92
Categoria del suolo	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

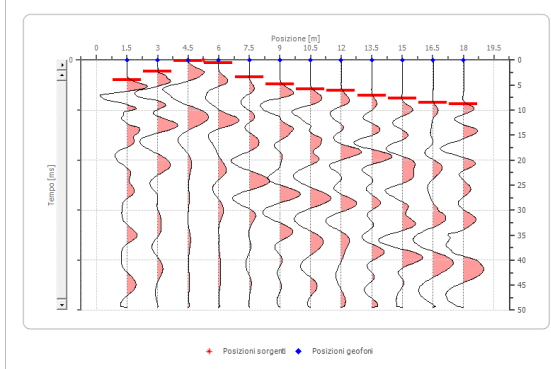
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

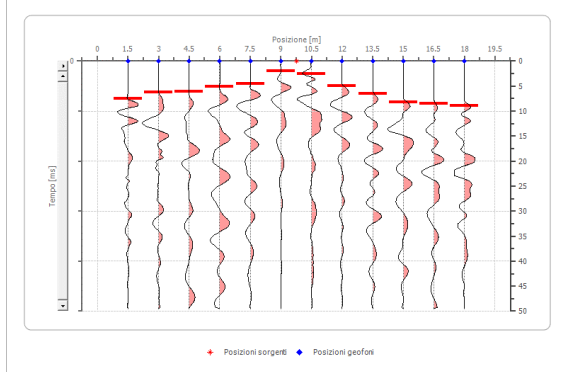
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



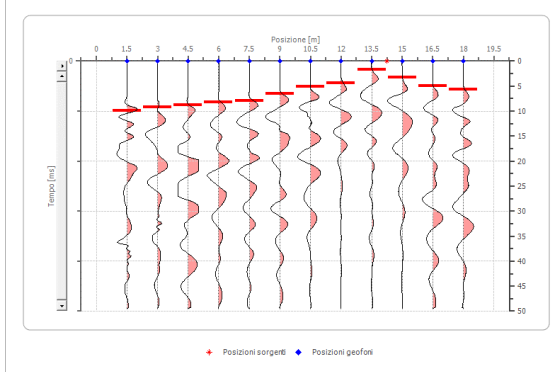
Battuta 1



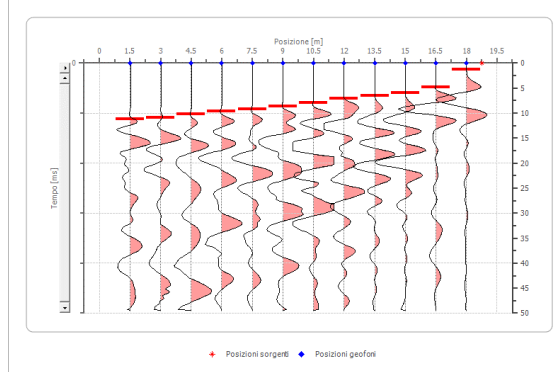
Battuta 2



Battuta 3

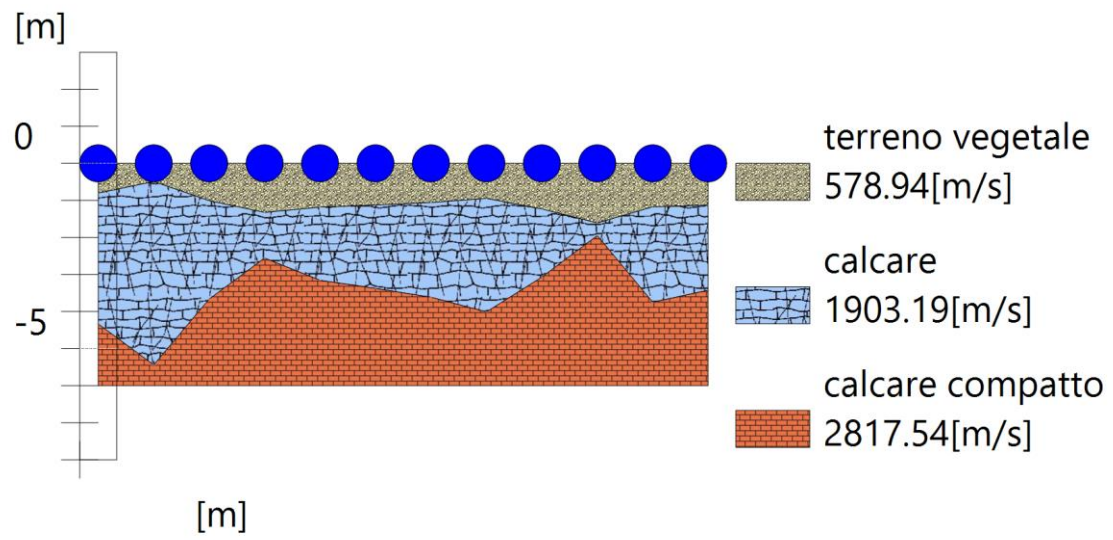


Battuta 4

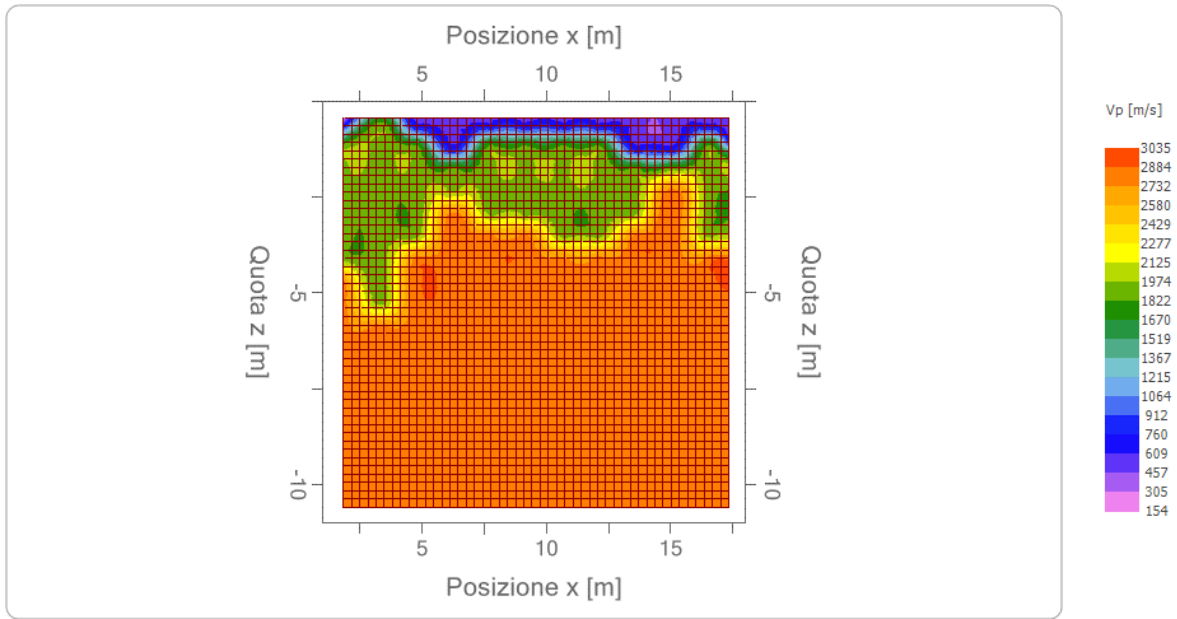


Battuta 5

Interpretazione col metodo G.R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

MA_IS3

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

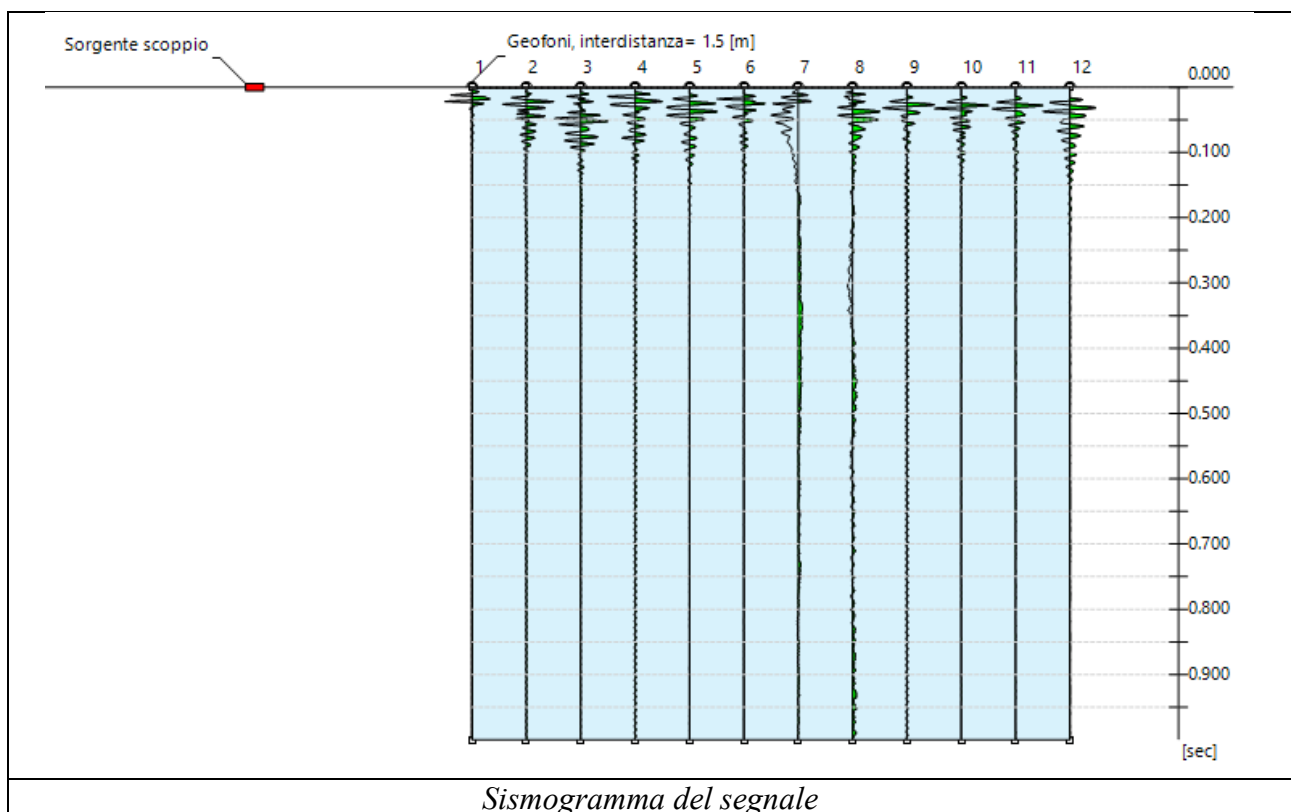
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

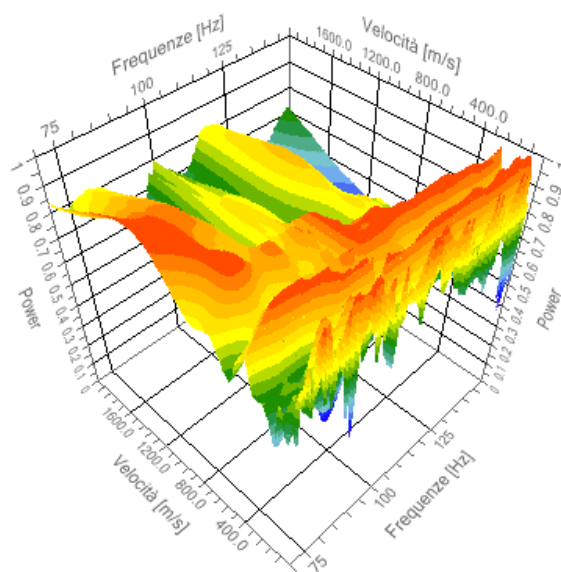
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 70
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 150
 Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
 Velocità massima di elaborazione [m/sec] 2000
 Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



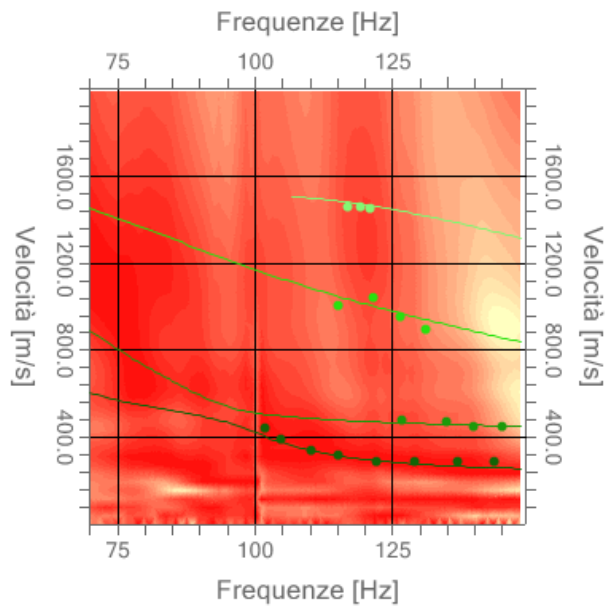
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.04	1.04	1800.0	0.30	480.6	256.9
2	4.38	3.34	1800.0	0.30	1455.6	778.0
3	9.70	5.31	1800.0	0.30	2051.2	1096.4
4	13.92	4.22	1800.0	0.30	2699.7	1443.1
5	oo	oo	1800.0	0.30	3140.0	1678.4

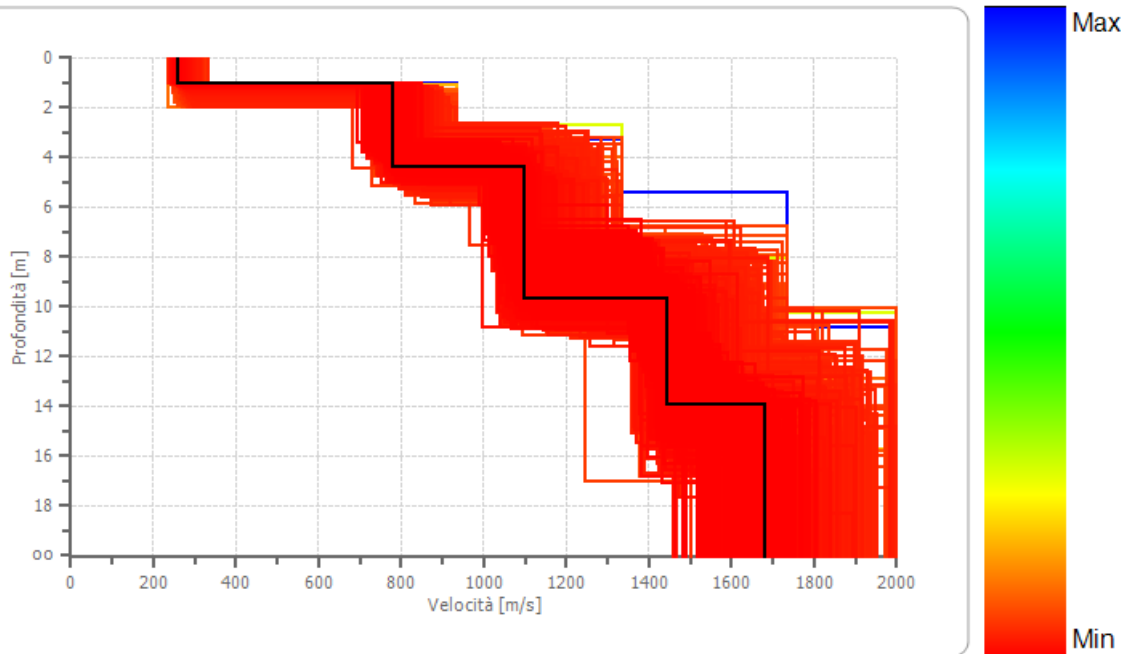
Percentuale di errore 0.056%

Fattore di disadattamento della soluzione 0.033

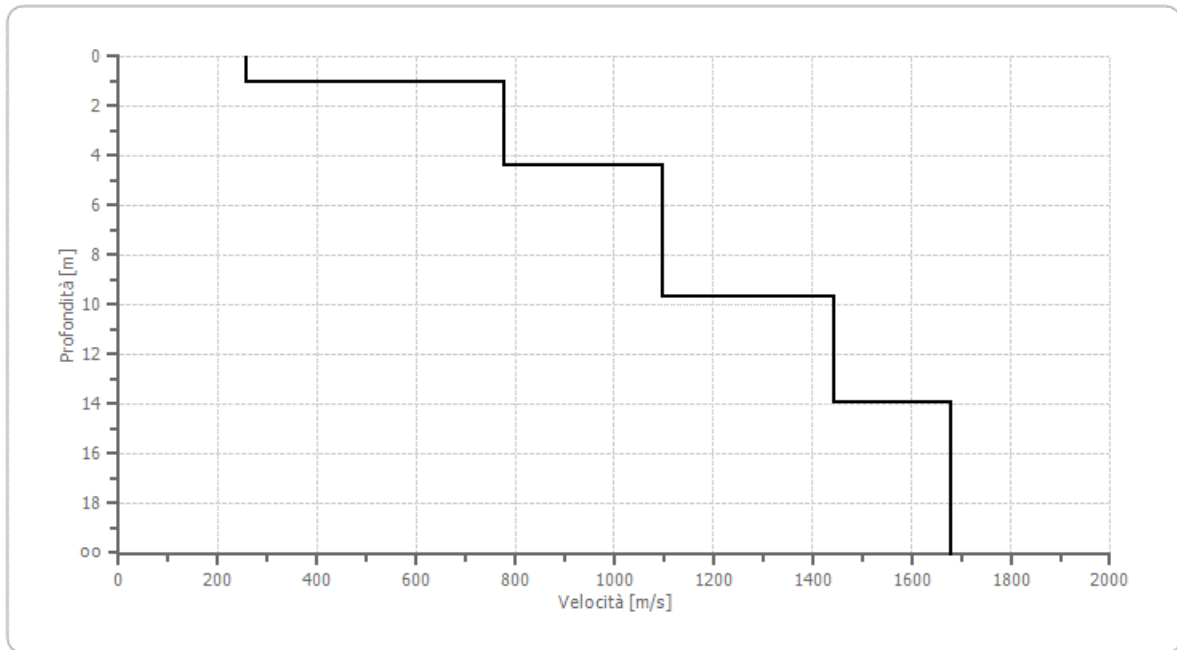
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

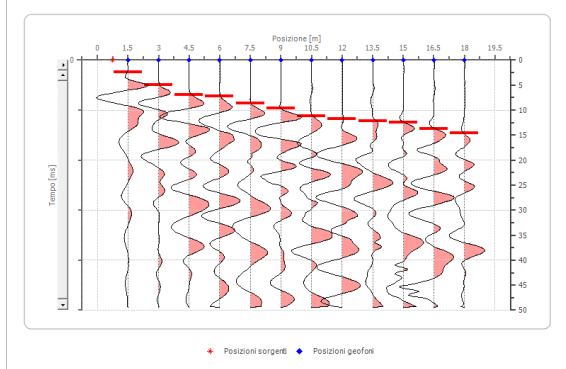
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=3,38 m)	759,99
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

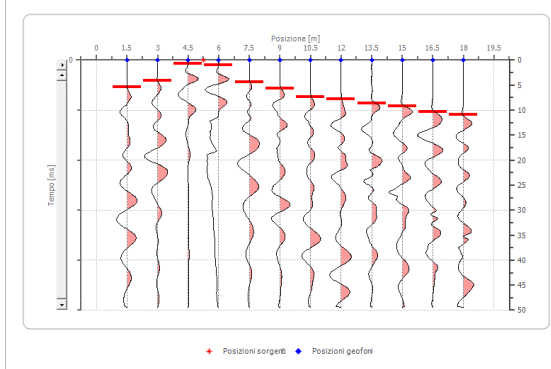
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

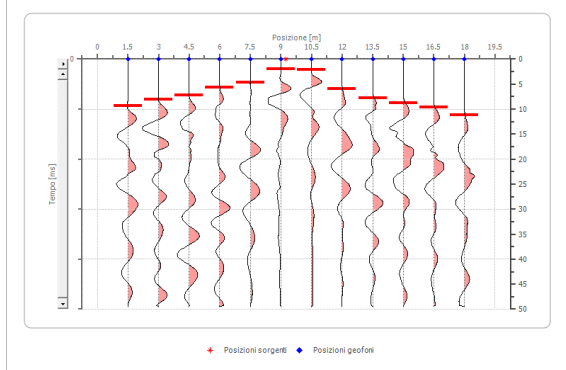
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



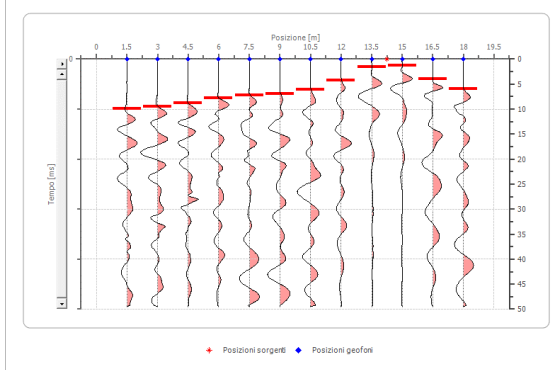
Battuta 1



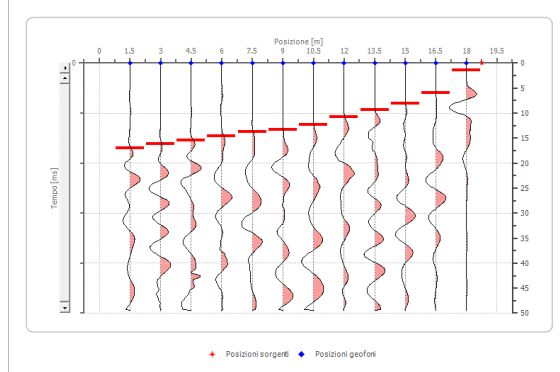
Battuta 2



Battuta 3

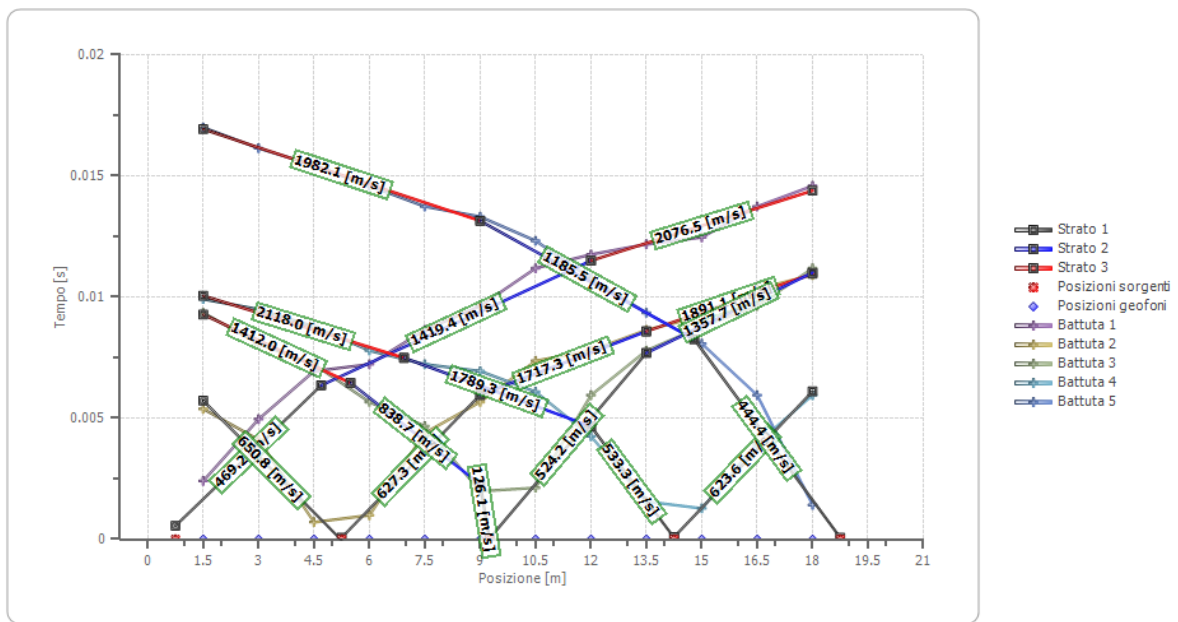


Battuta 4

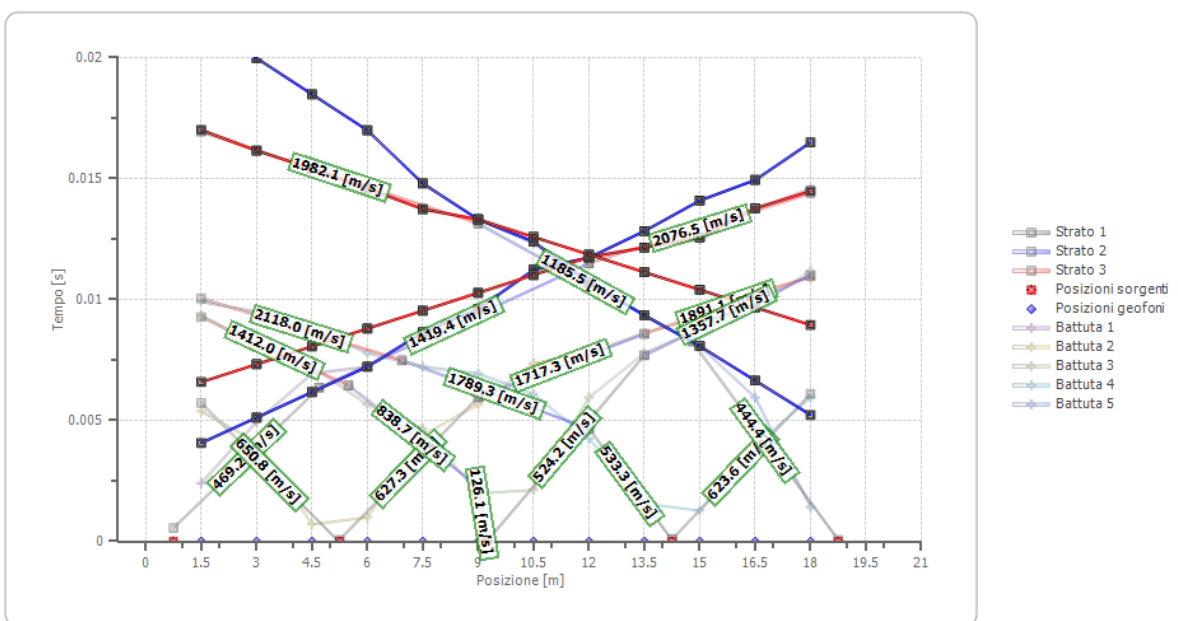


Battuta 5

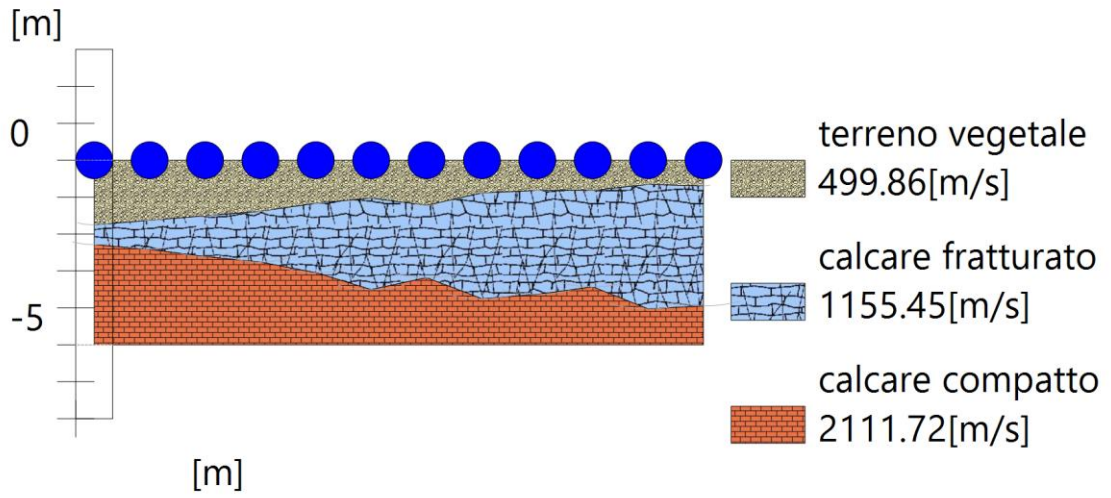
Dromocrone



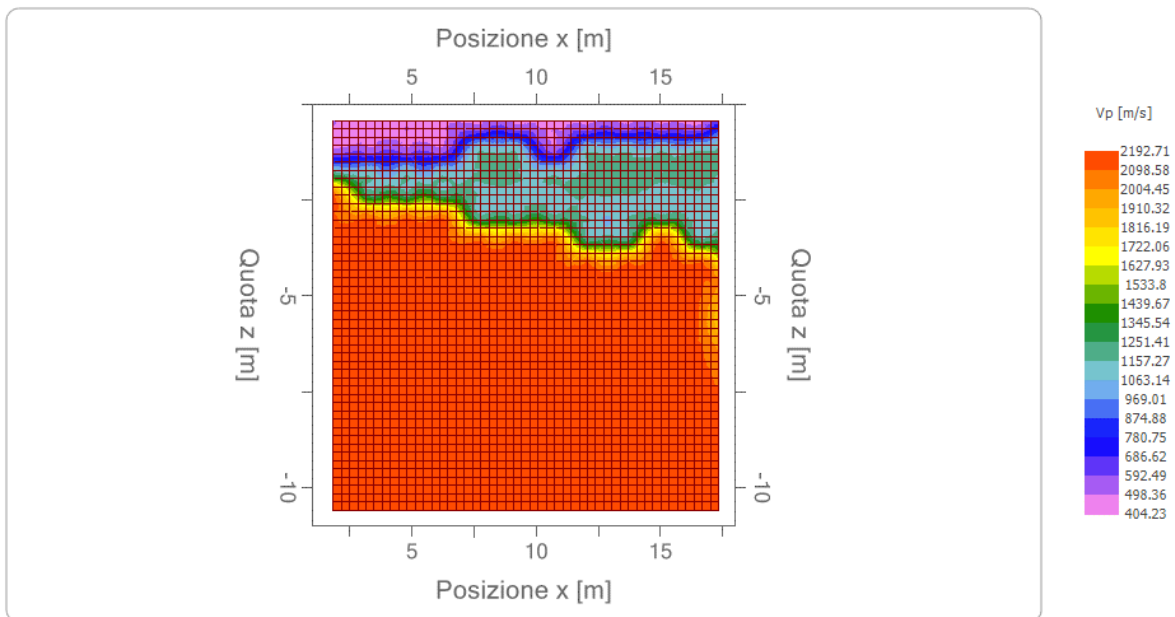
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

MA_IS4

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

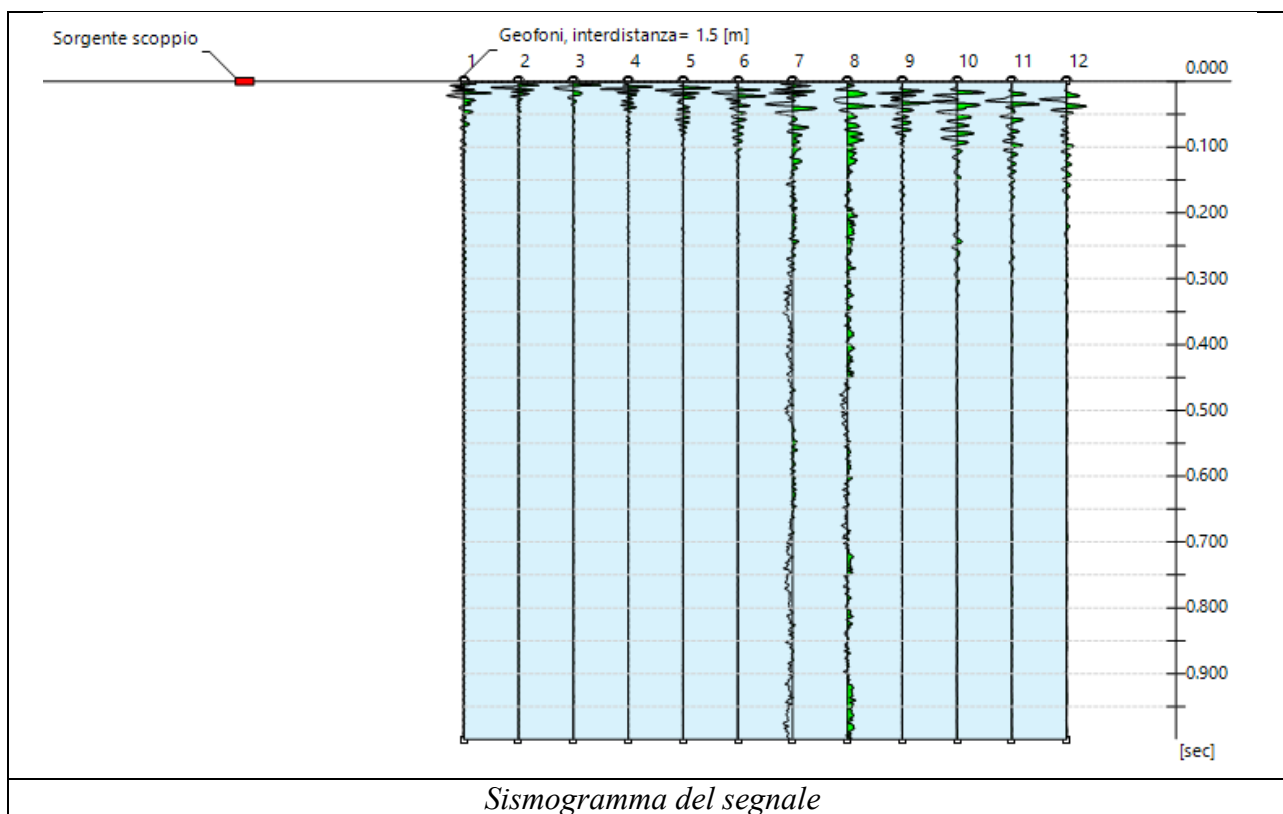
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

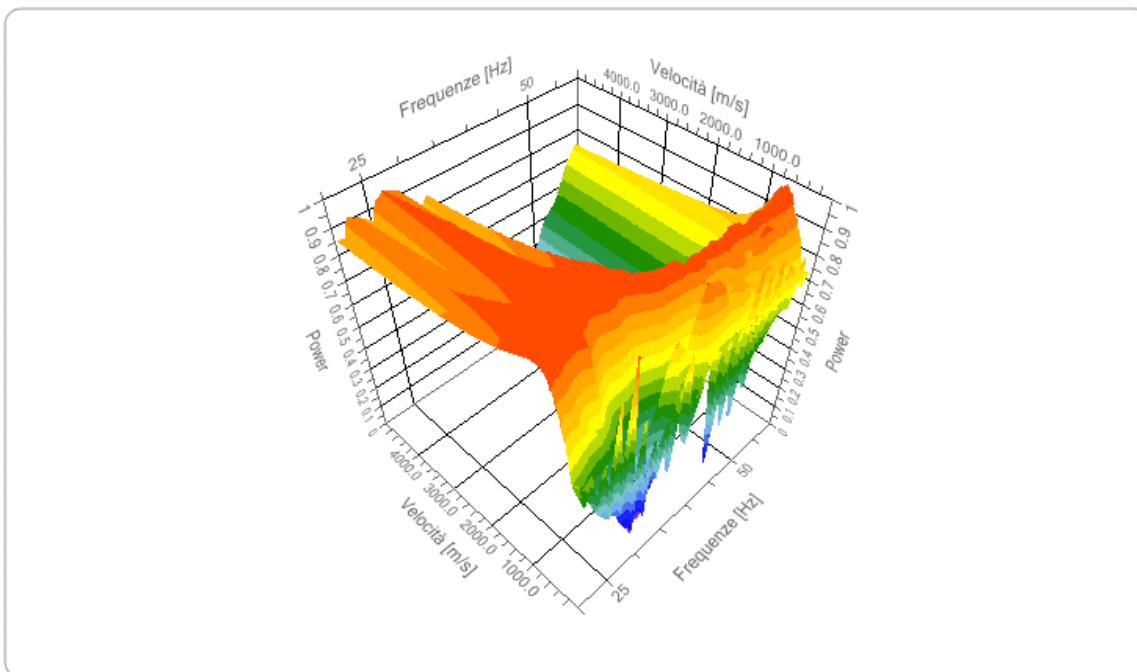
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 20
Frequenza massima di elaborazione [Hz] 60
Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
Velocità massima di elaborazione [m/sec] 5000
Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.24	1.24	1800.0	0.30	438.9	234.6
2	2.99	1.75	1800.0	0.30	1395.6	746.0
3	6.77	3.78	1800.0	0.30	1799.3	961.7
4	8.84	2.07	1800.0	0.30	2777.2	1484.5
5	oo	oo	1800.0	0.30	3693.4	1974.2

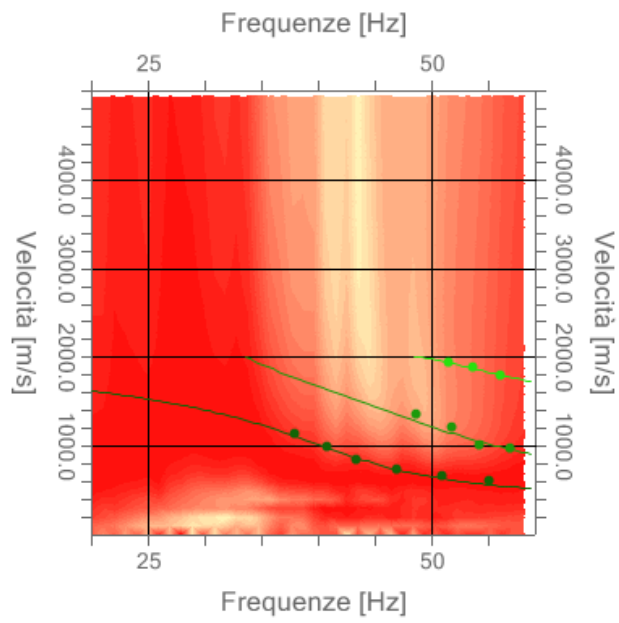
Percentuale di errore

0.051%

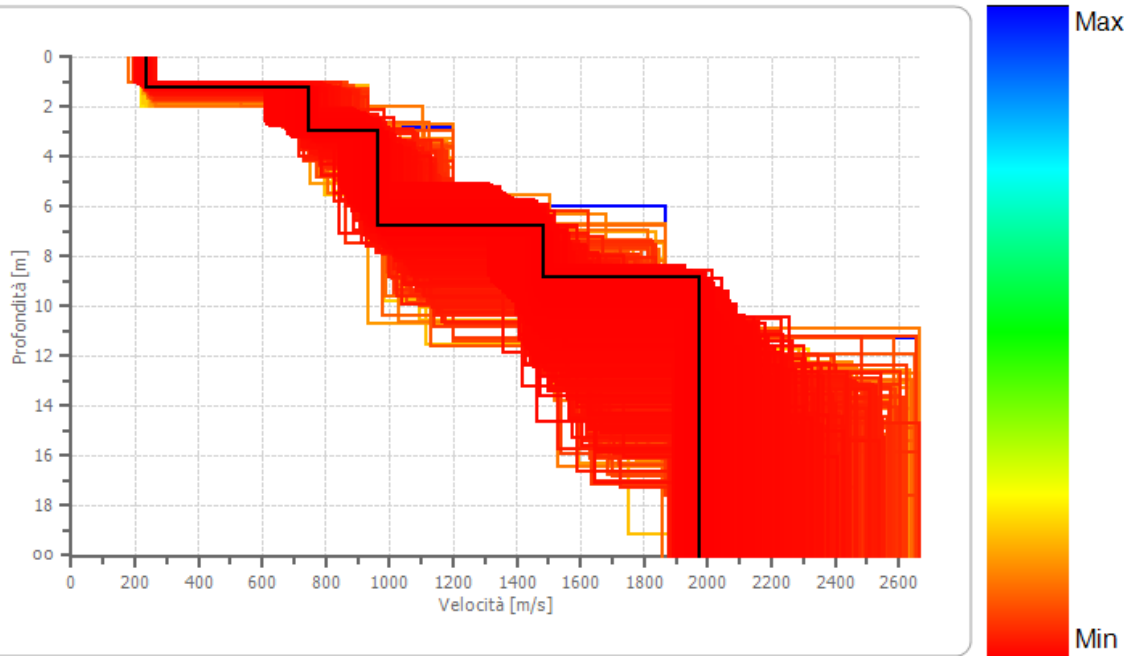
Fattore di disadattamento della soluzione

0.025

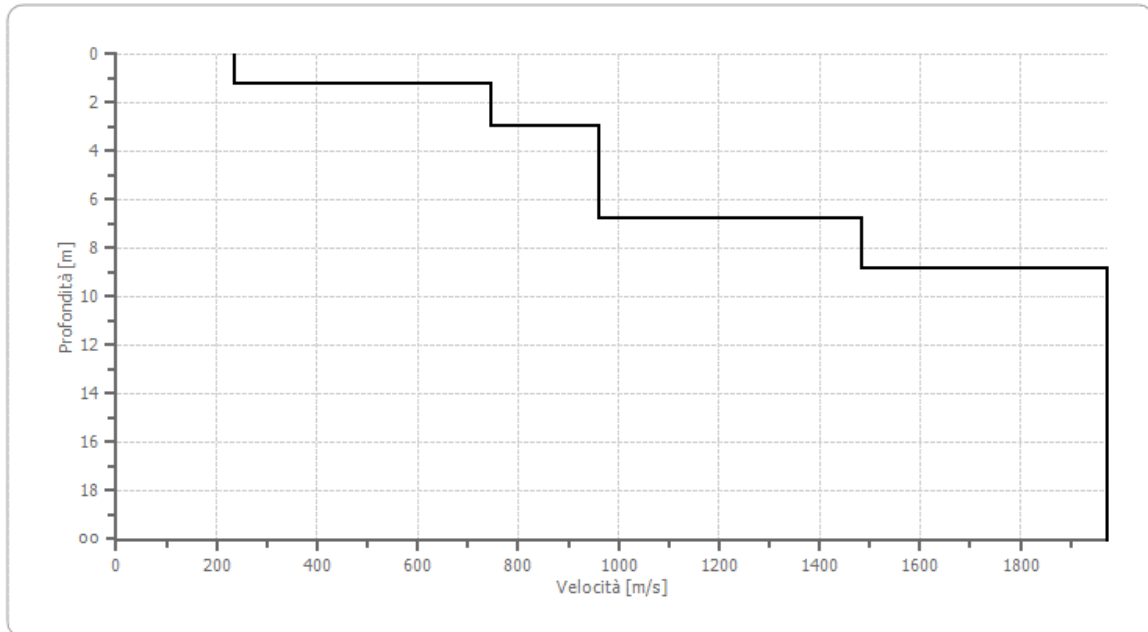
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

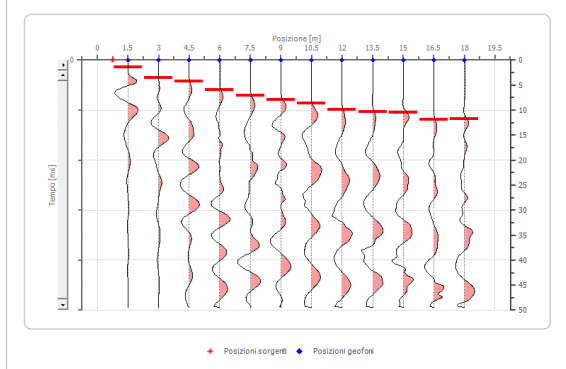
Profondità piano di posa [m]	1.00
$V_{s,eq}$ [m/sec](H=2,99 m)	961,75
Categoria del suolo	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

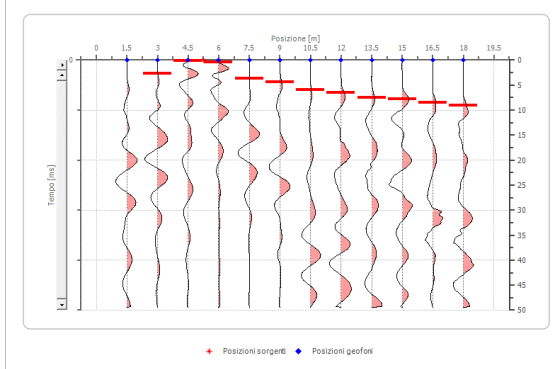
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

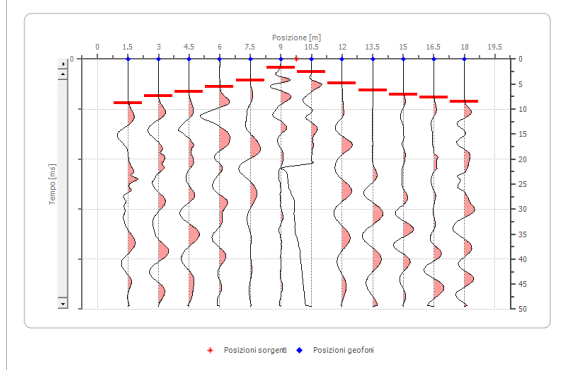
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



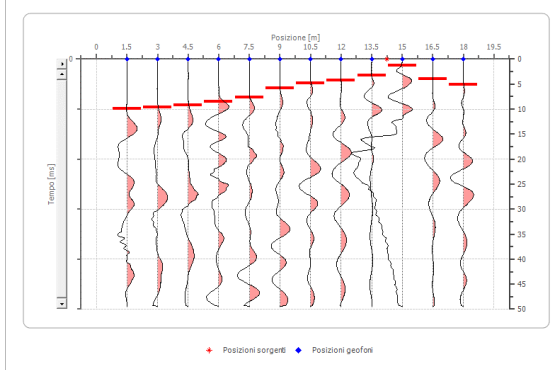
Battuta 1



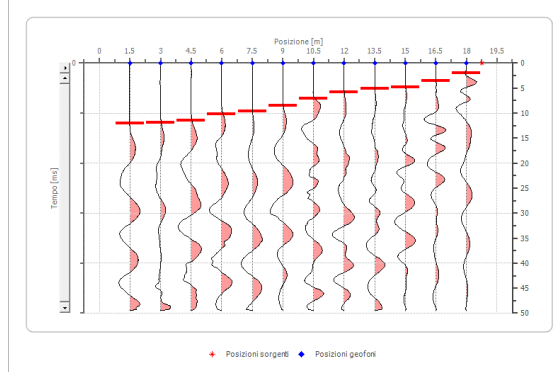
Battuta 2



Battuta 3

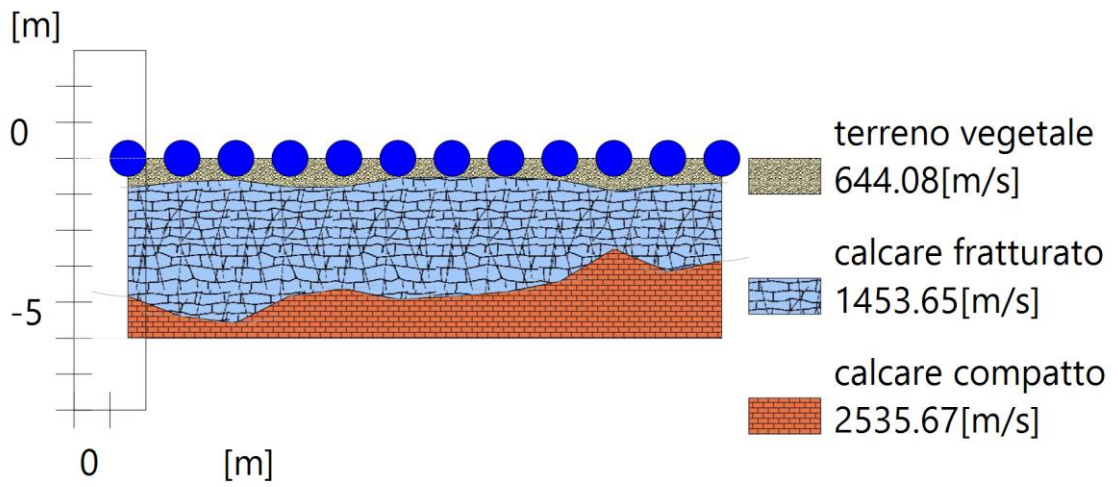


Battuta 4

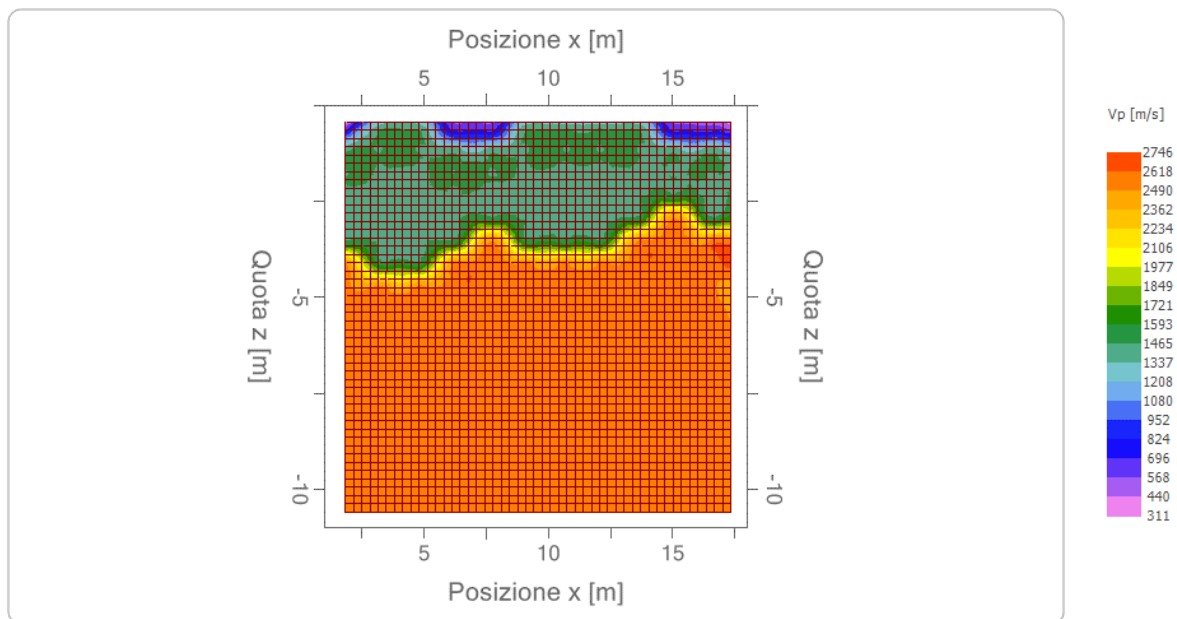


Battuta 5

Interpretazione col metodo G.R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

MA_IS5

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

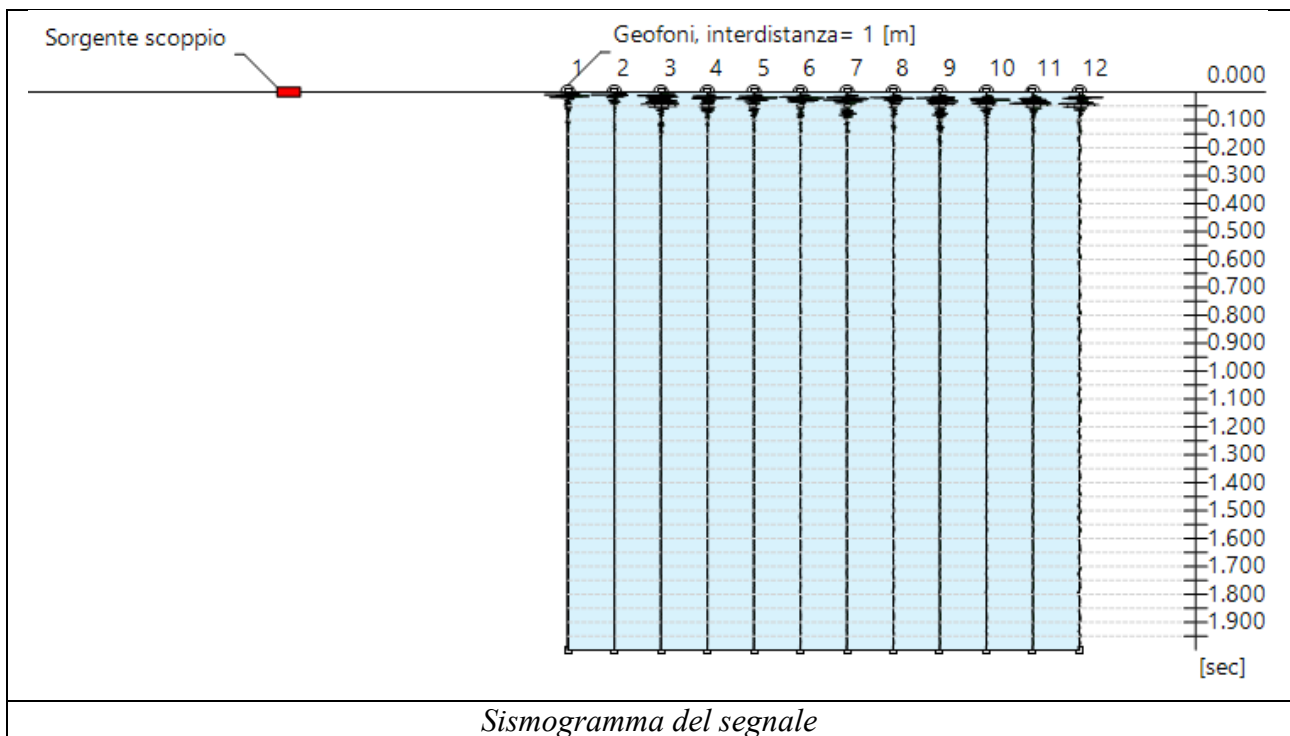
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

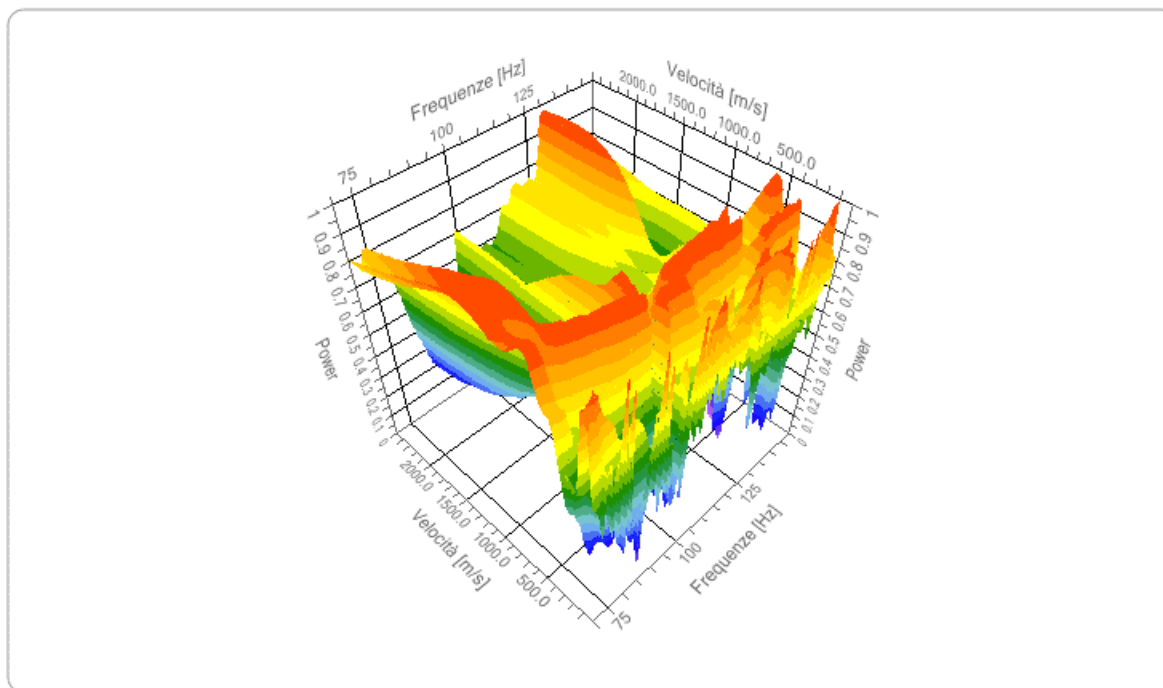
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	70
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	150
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	2500
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



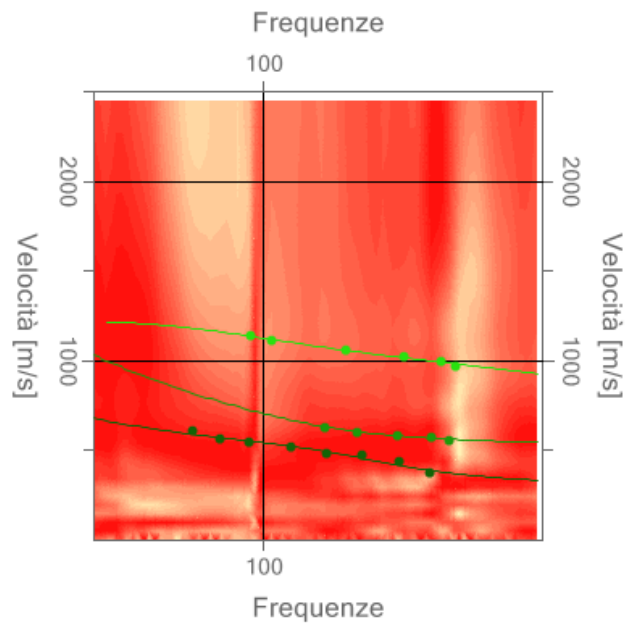
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.30	554.5	296.4
2	3.52	2.52	1800.0	0.30	1376.9	736.0
3	7.82	4.29	1800.0	0.30	1900.4	1015.8
4	oo	oo	1800.0	0.30	2266.7	1211.6

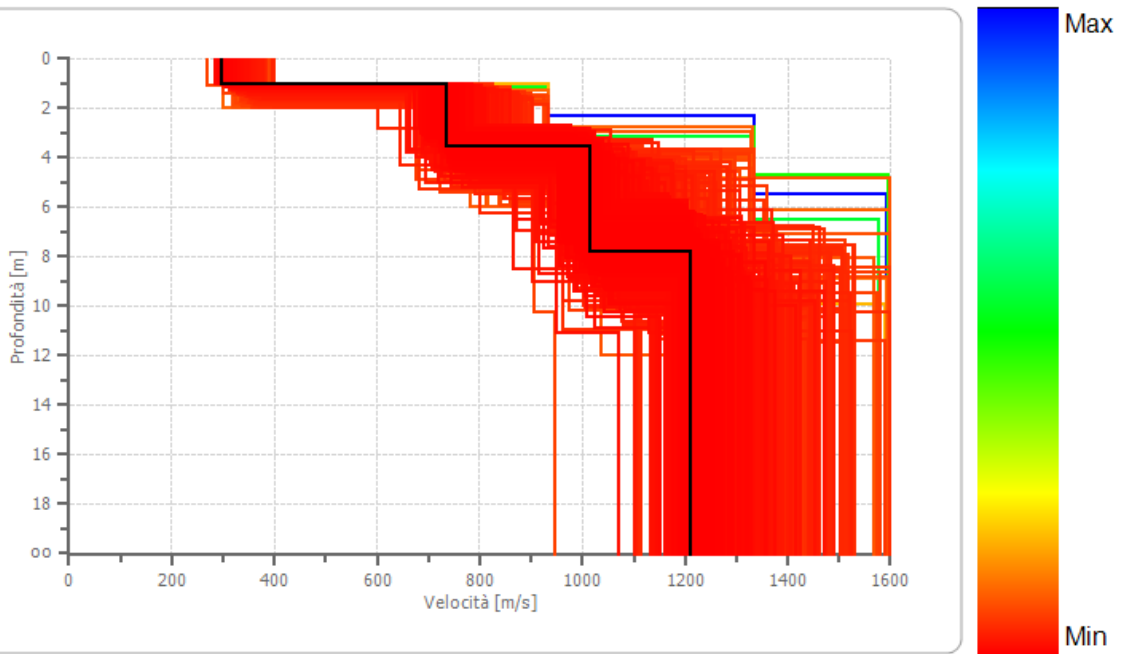
Percentuale di errore 0.015%

Fattore di disadattamento della soluzione 0.018

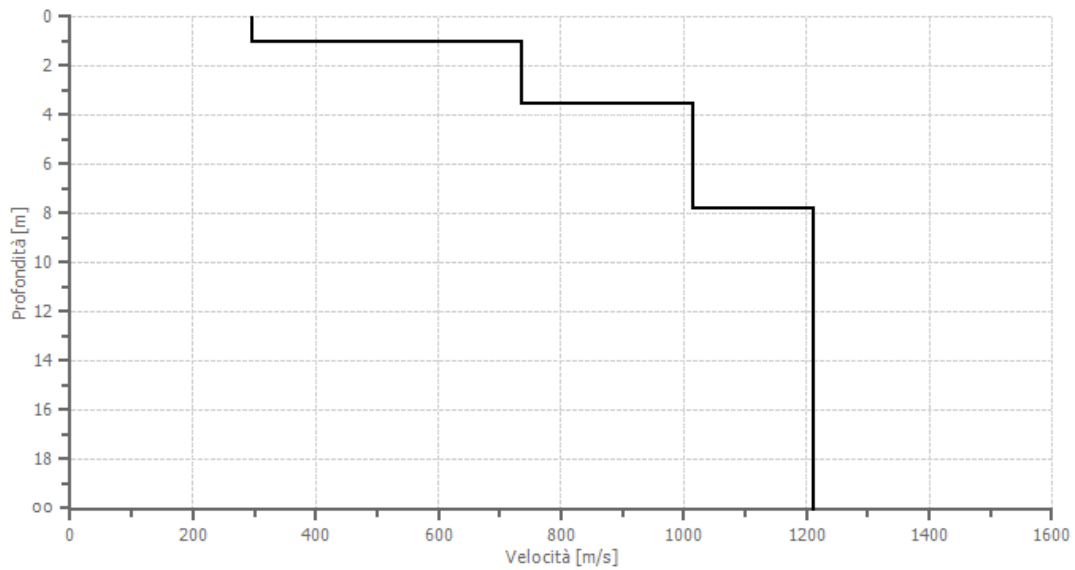
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

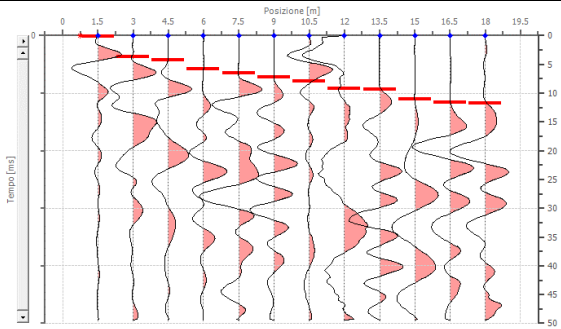
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=2,52 m)	1015,83
Categoria del suolo	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

SISMICA A RIFRAZIONE

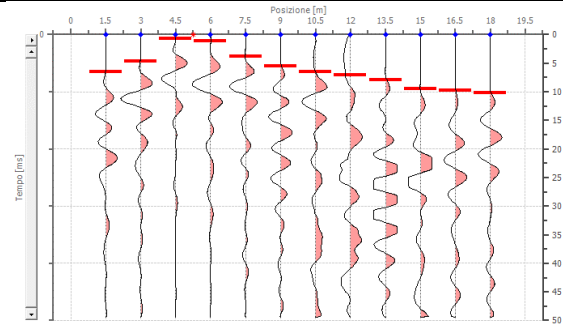
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



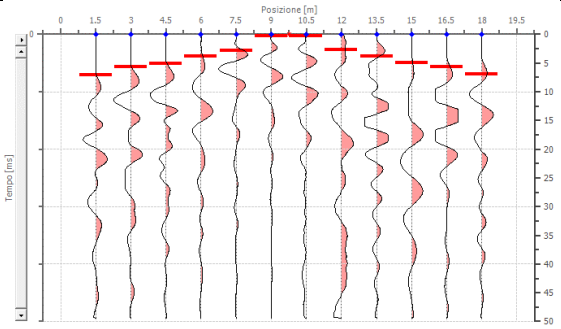
+ Posizioni sorgenti ♦ Posizioni geofoni

Battuta 1



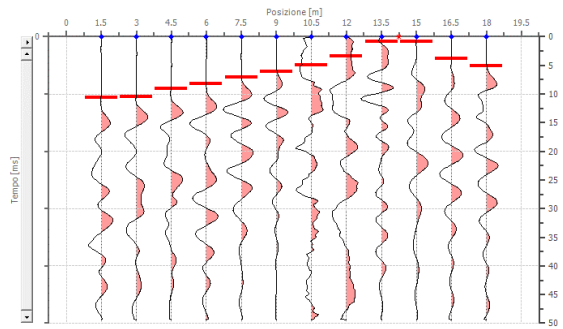
+ Posizioni sorgenti ♦ Posizioni geofoni

Battuta 2



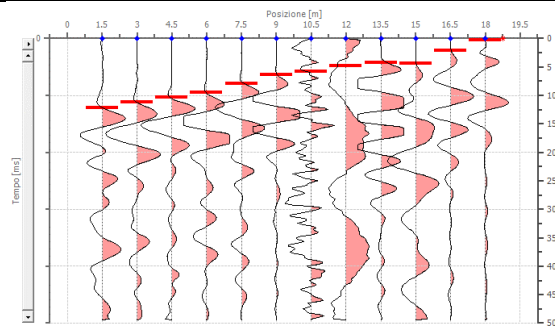
+ Posizioni sorgenti ♦ Posizioni geofoni

Battuta 3



+ Posizioni sorgenti ♦ Posizioni geofoni

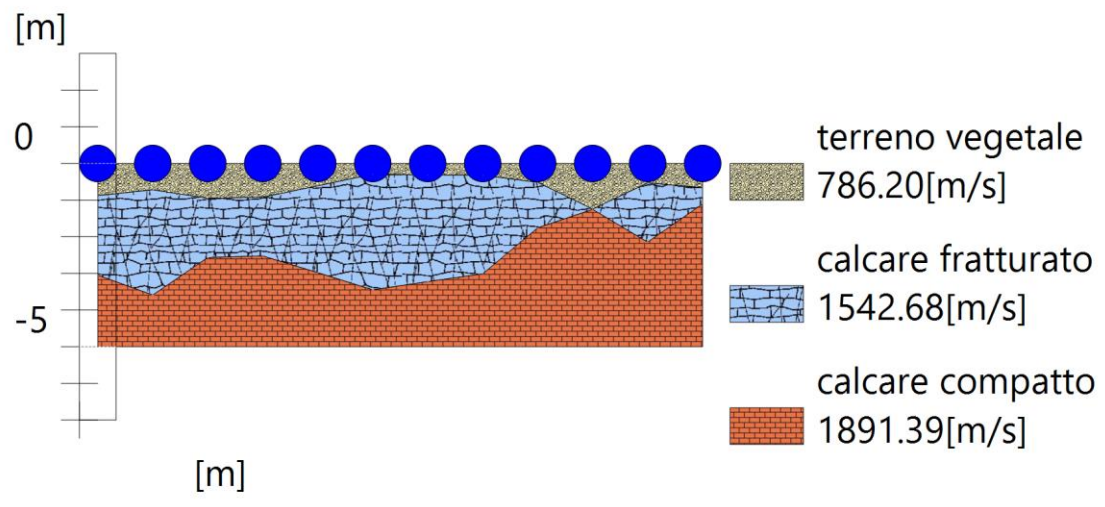
Battuta 4



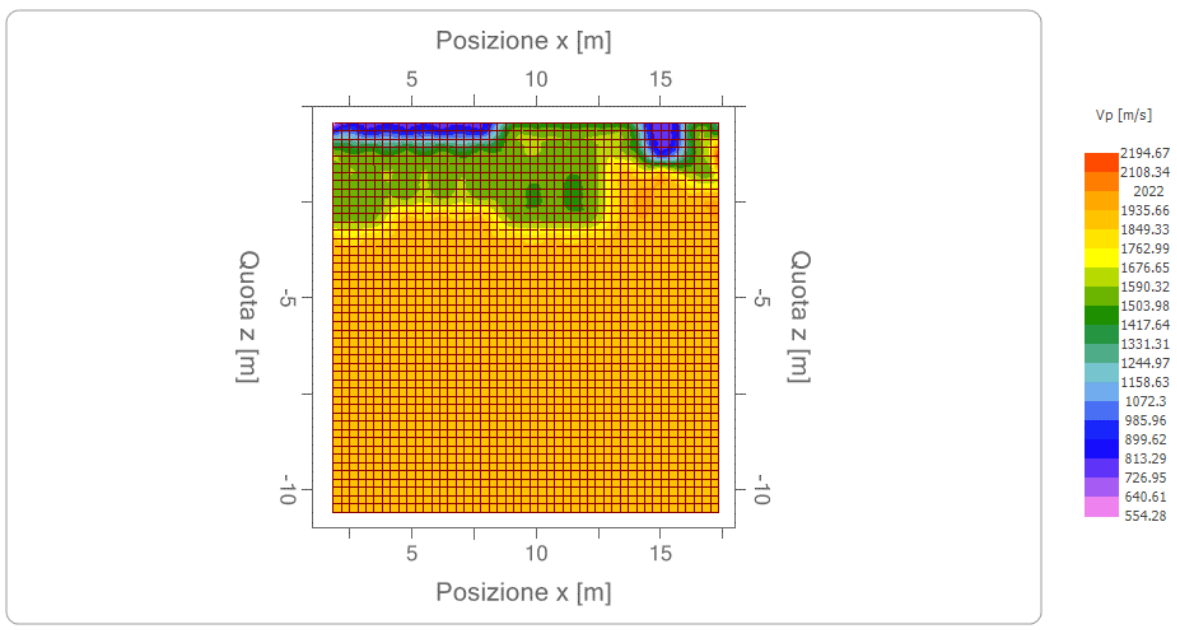
+ Posizioni sorgenti ♦ Posizioni geofoni

Battuta 5

Interpretazione col metodo G.R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

MA_IS6

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

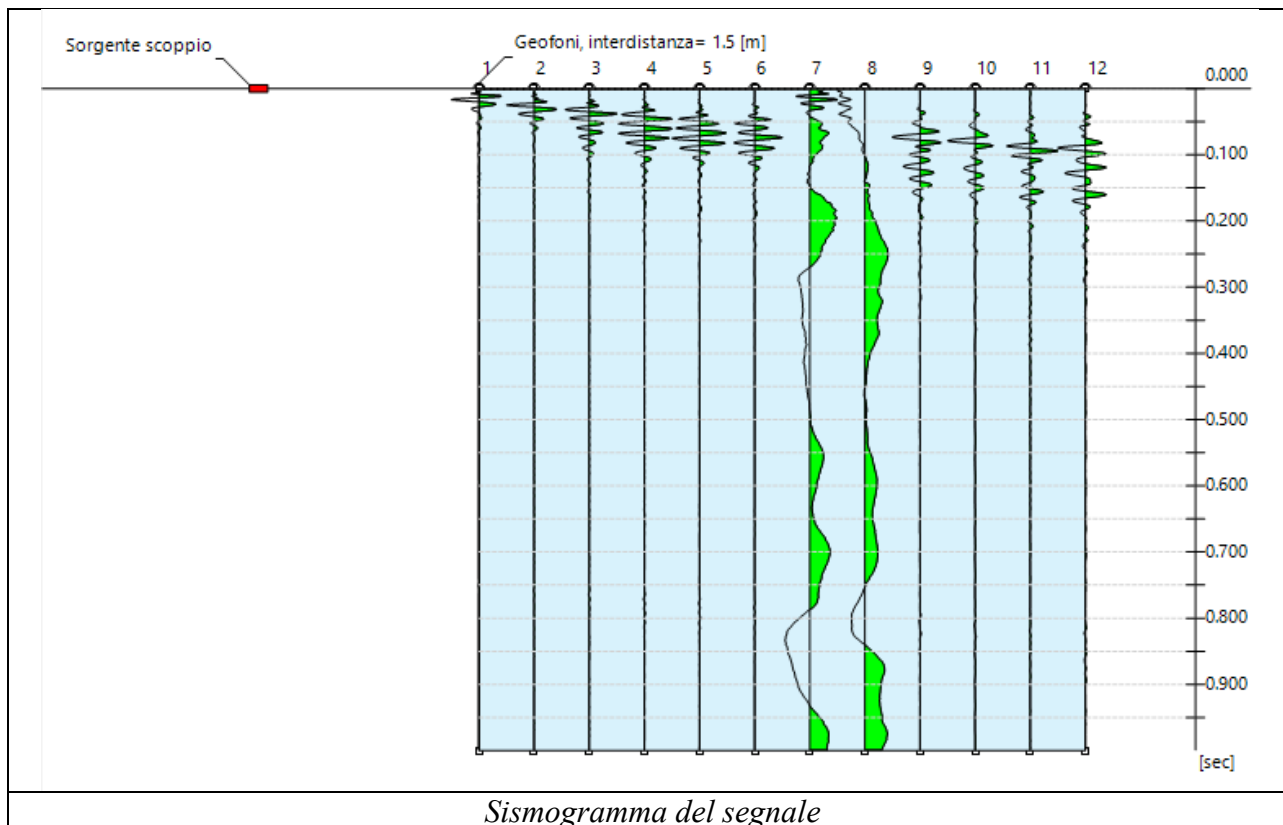
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

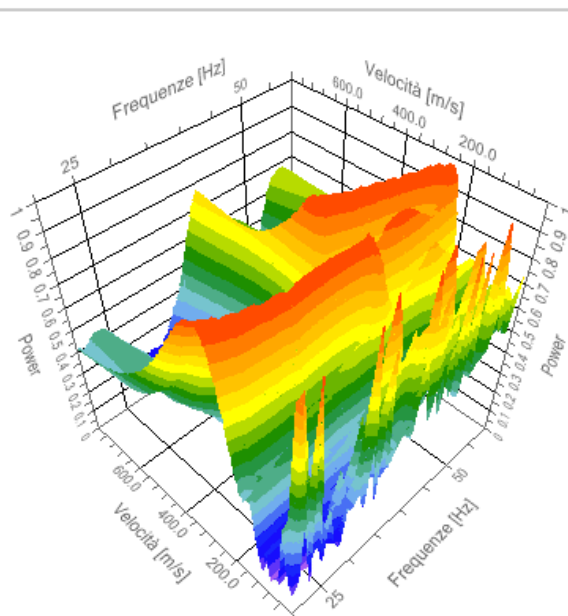
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 20
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 60
 Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
 Velocità massima di elaborazione [m/sec] 800
 Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.02	1.02	1800.0	0.30	290.2	155.1
2	2.67	1.65	1800.0	0.30	455.2	243.3
3	5.70	3.04	1800.0	0.30	670.9	358.6
4	10.34	4.64	1800.0	0.30	1478.5	790.3
5	oo	oo	1800.0	0.30	1816.1	970.7

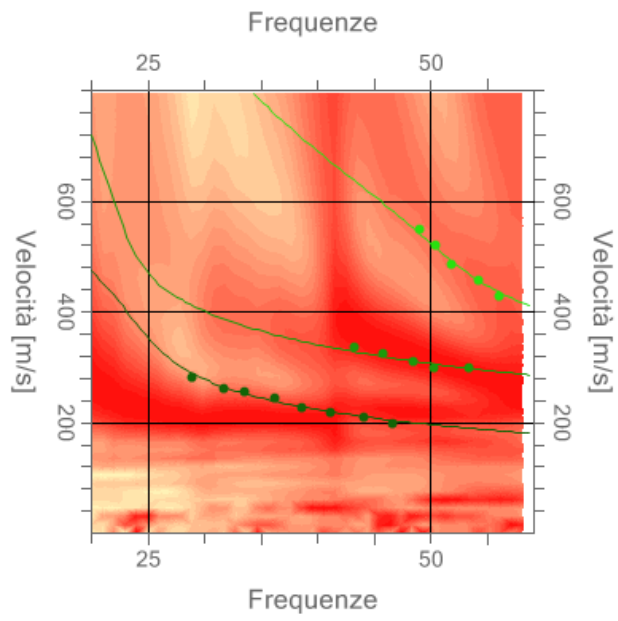
Percentuale di errore

0.019%

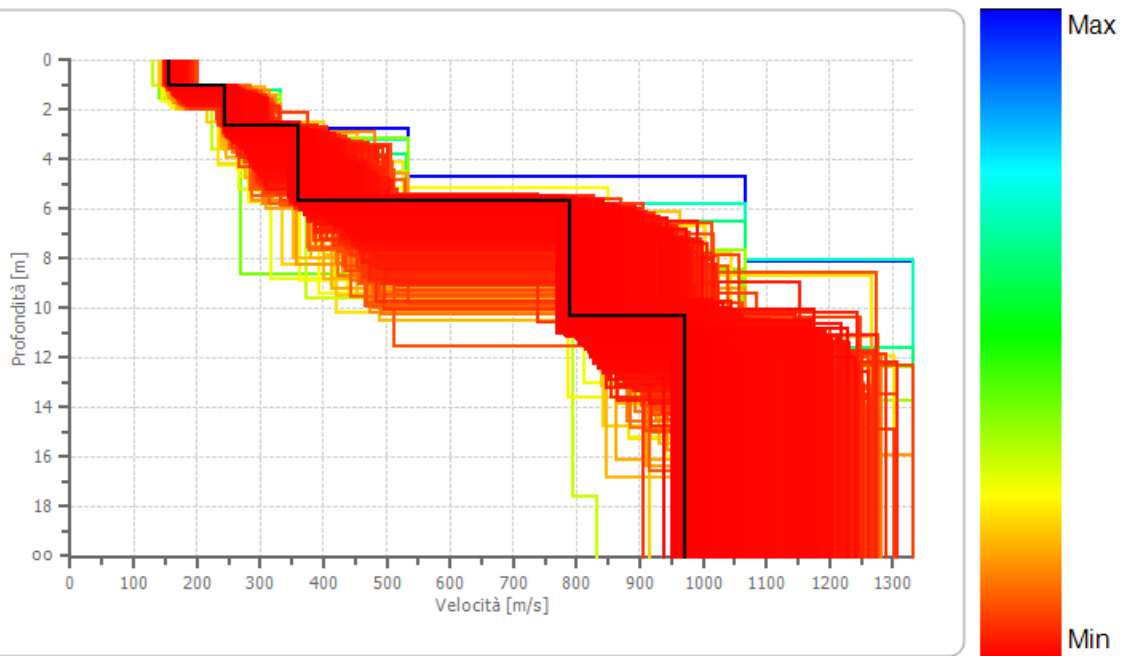
Fattore di disadattamento della soluzione

0.016

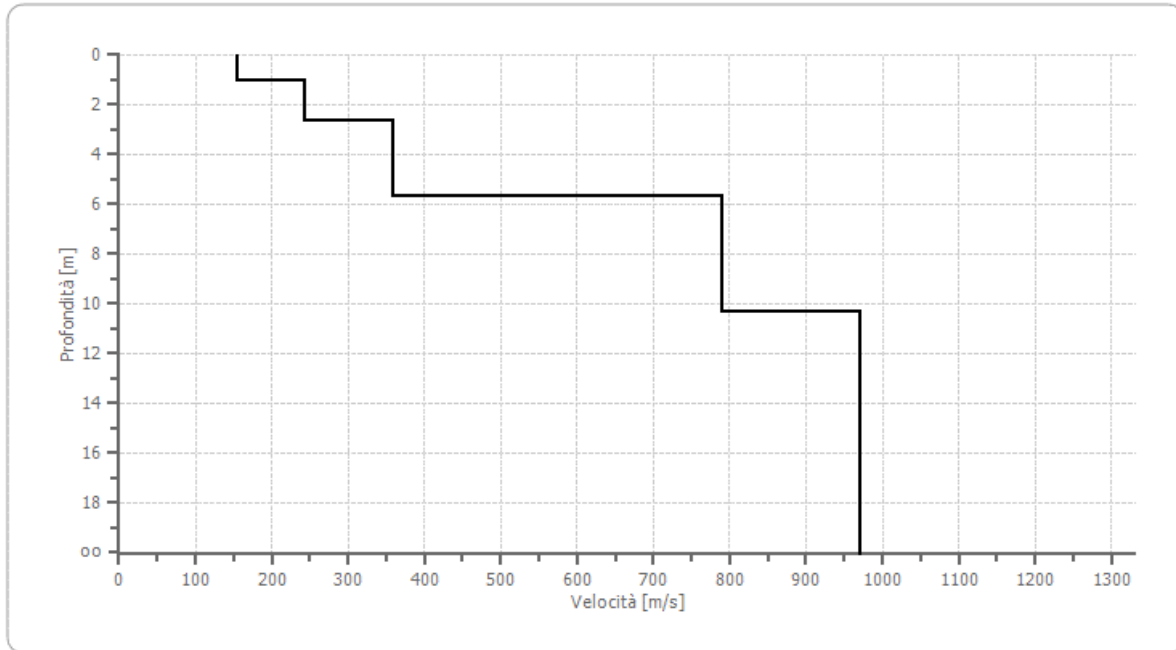
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

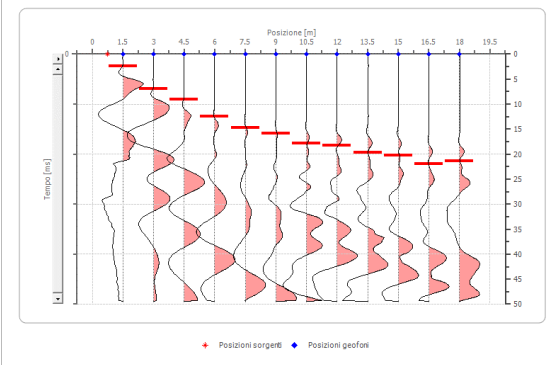
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=9,34 m)	440,20
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

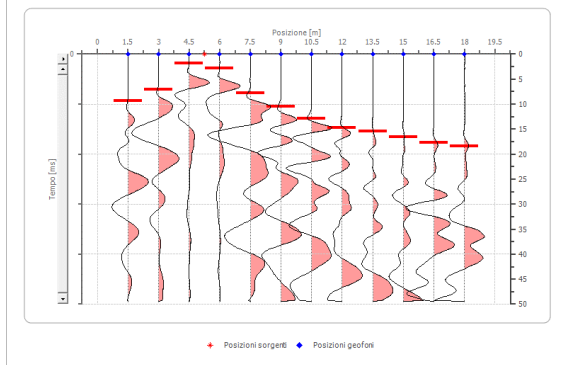
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

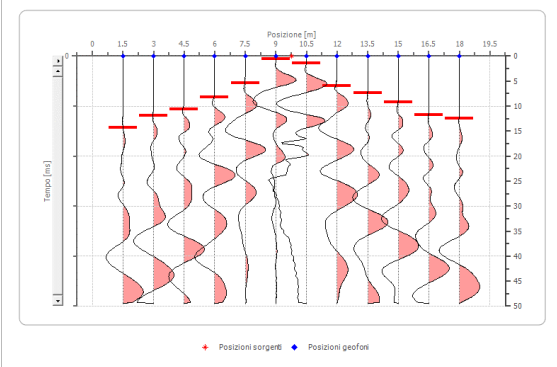
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



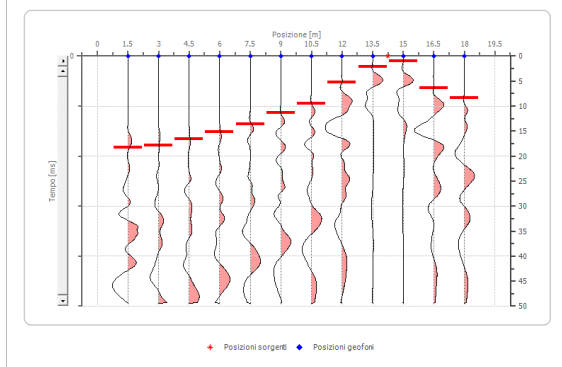
Battuta 1



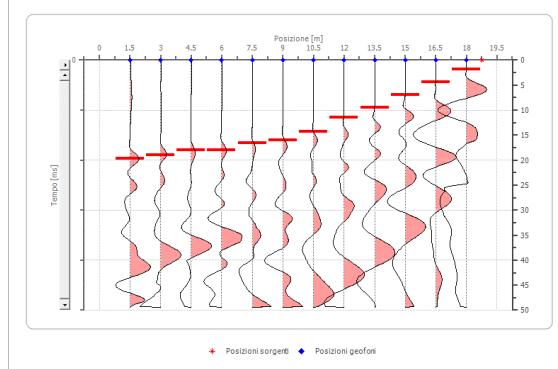
Battuta 2



Battuta 3

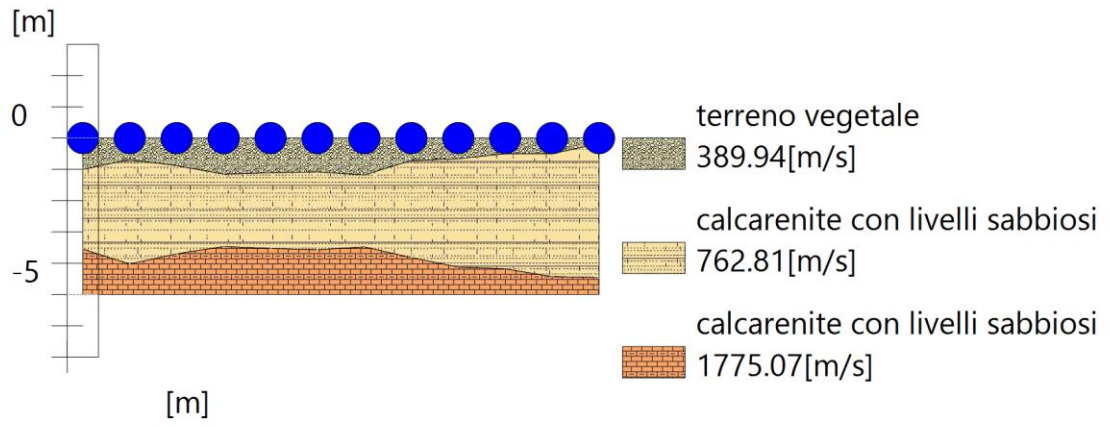


Battuta 4

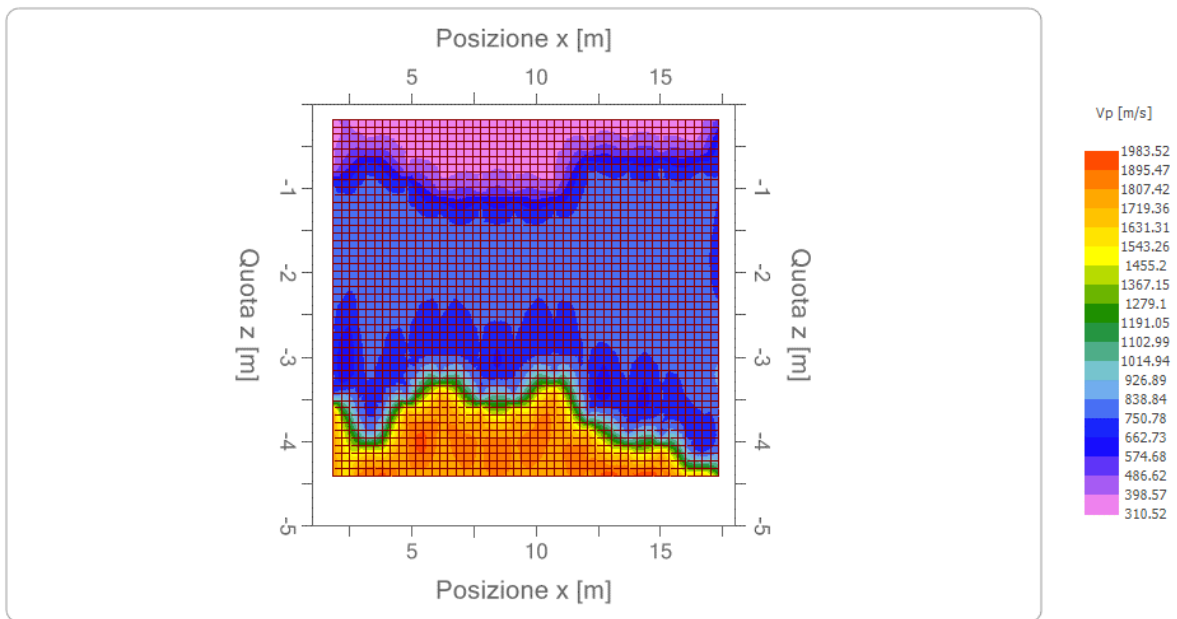


Battuta 5

Interpretazione col metodo G.R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

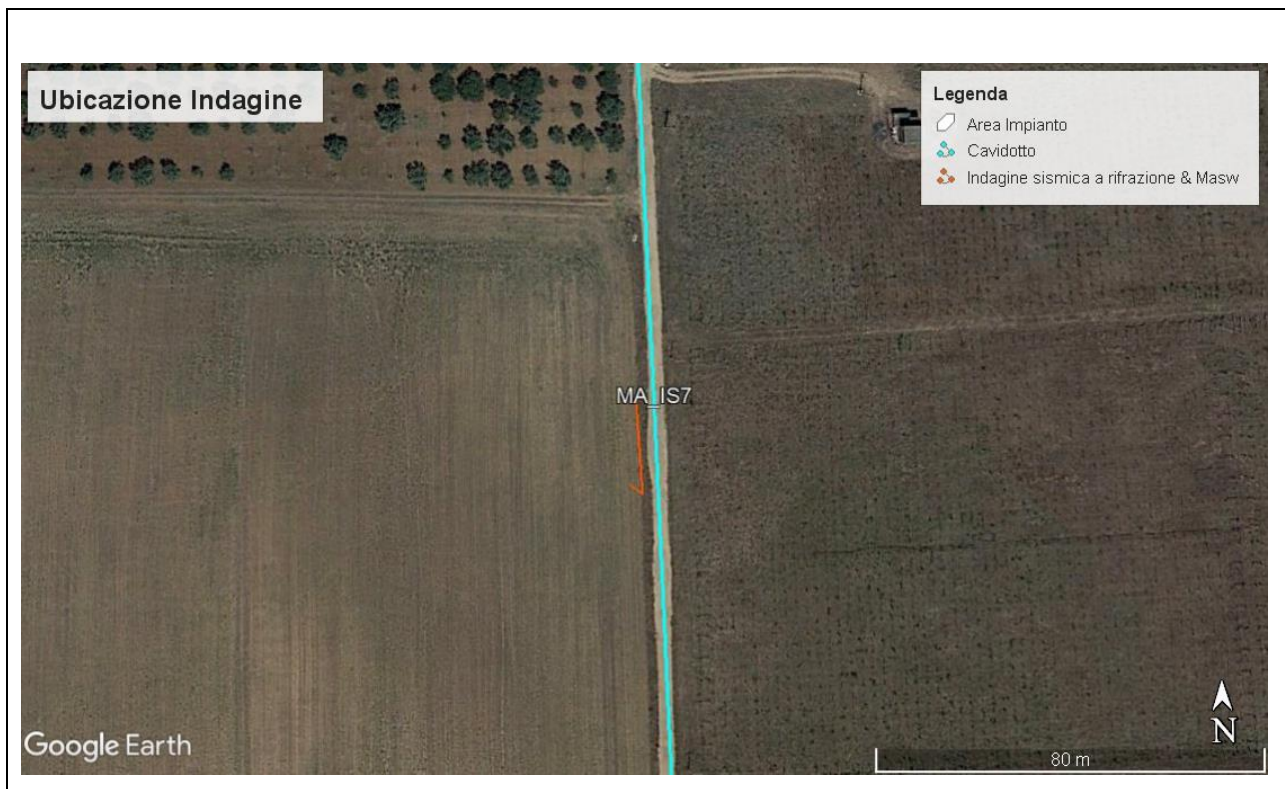
MA_IS7

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

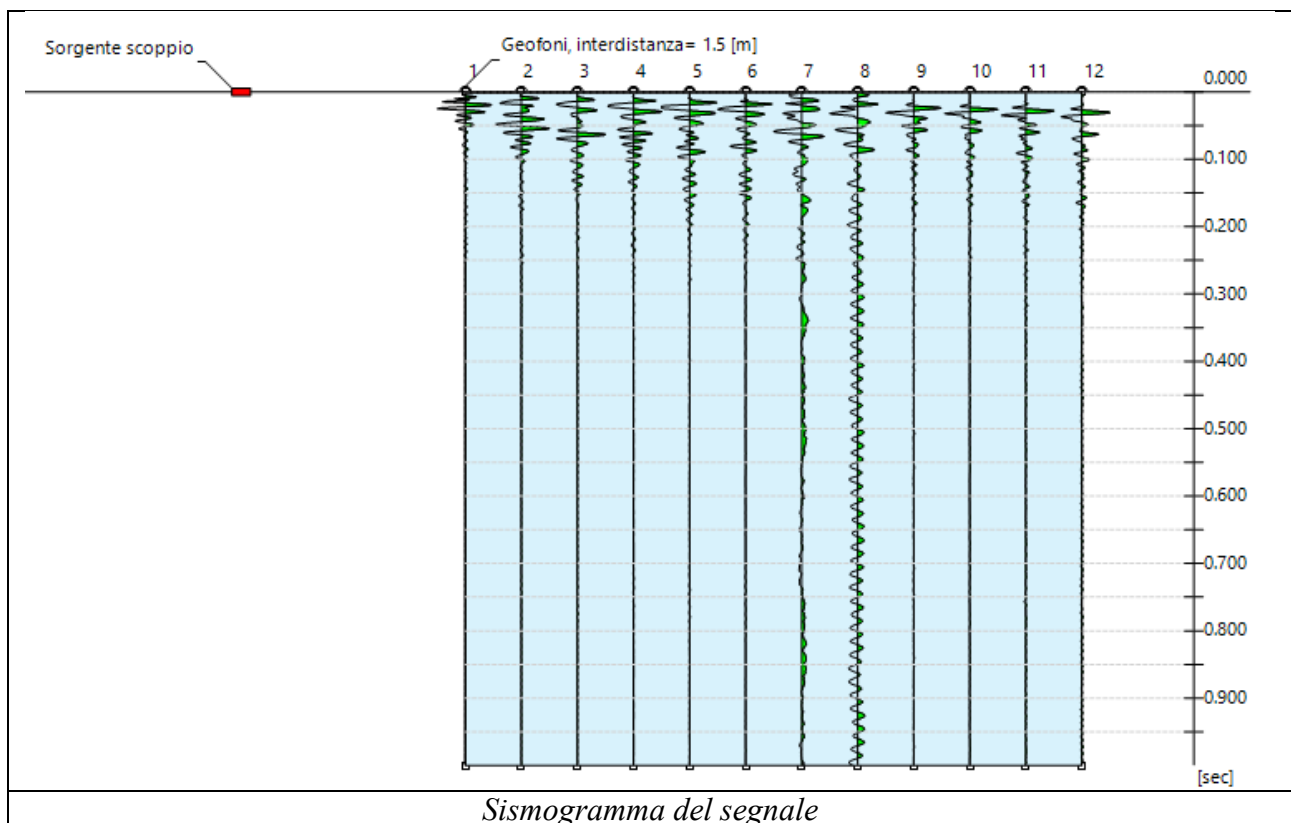
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

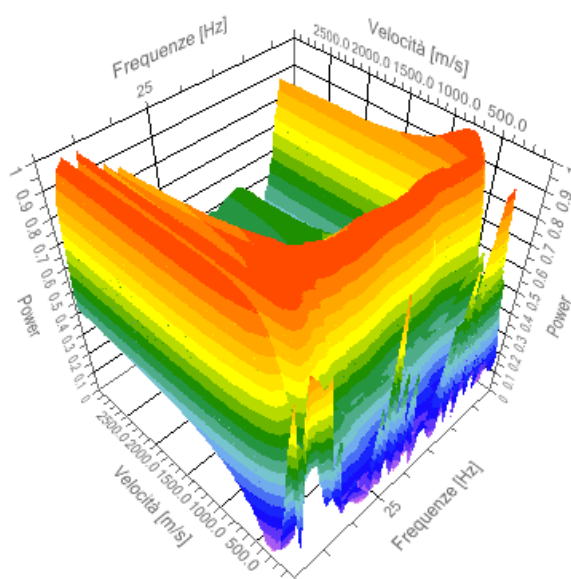
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	10
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	3000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.27	1.27	1800.0	0.30	385.3	205.9
2	3.80	2.54	1800.0	0.30	848.4	453.5
3	8.96	5.16	1800.0	0.30	1562.1	835.0
4	12.54	3.58	1800.0	0.30	2369.1	1266.3
5	∞	∞	1800.0	0.30	2369.9	1266.7

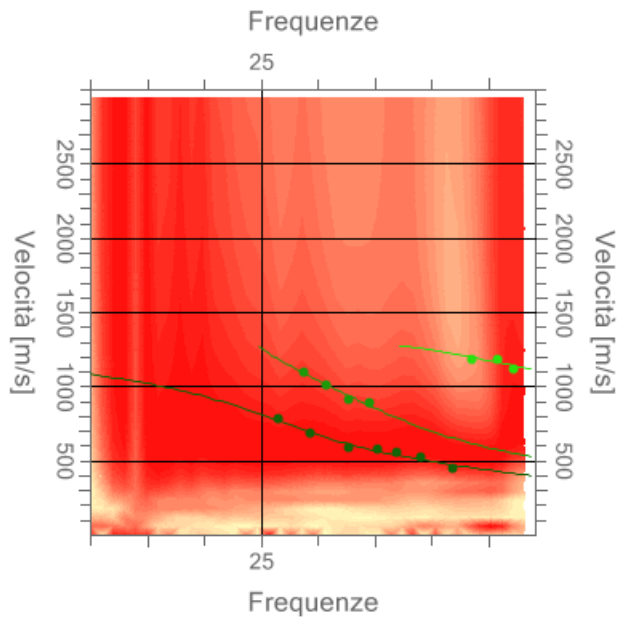
Percentuale di errore

0.034%

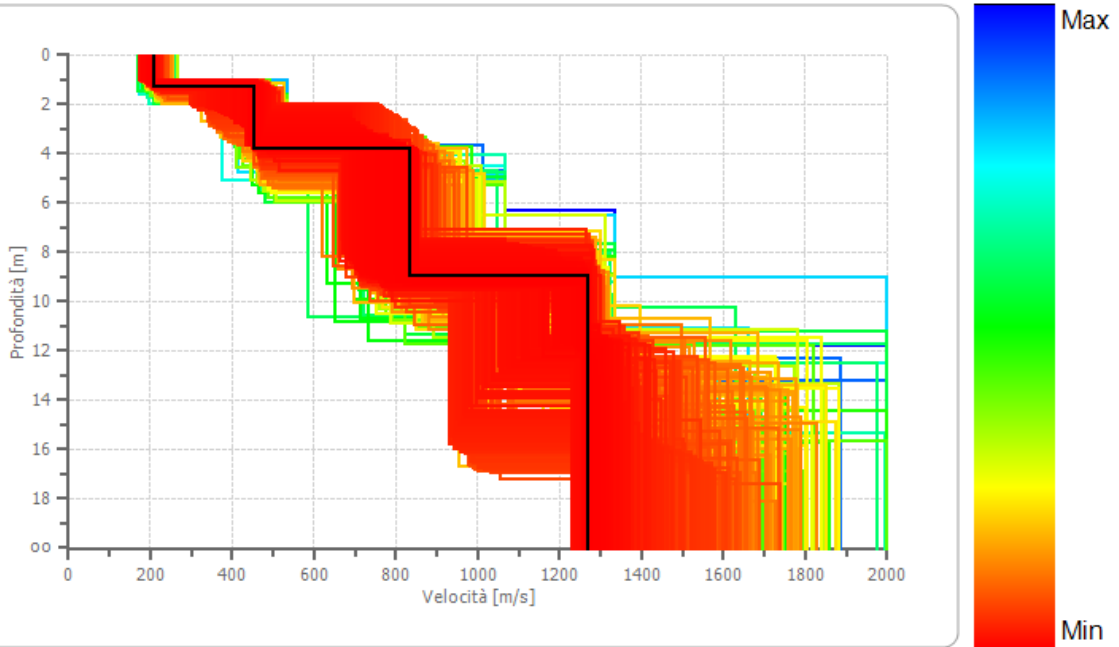
Fattore di disadattamento della soluzione

0.023

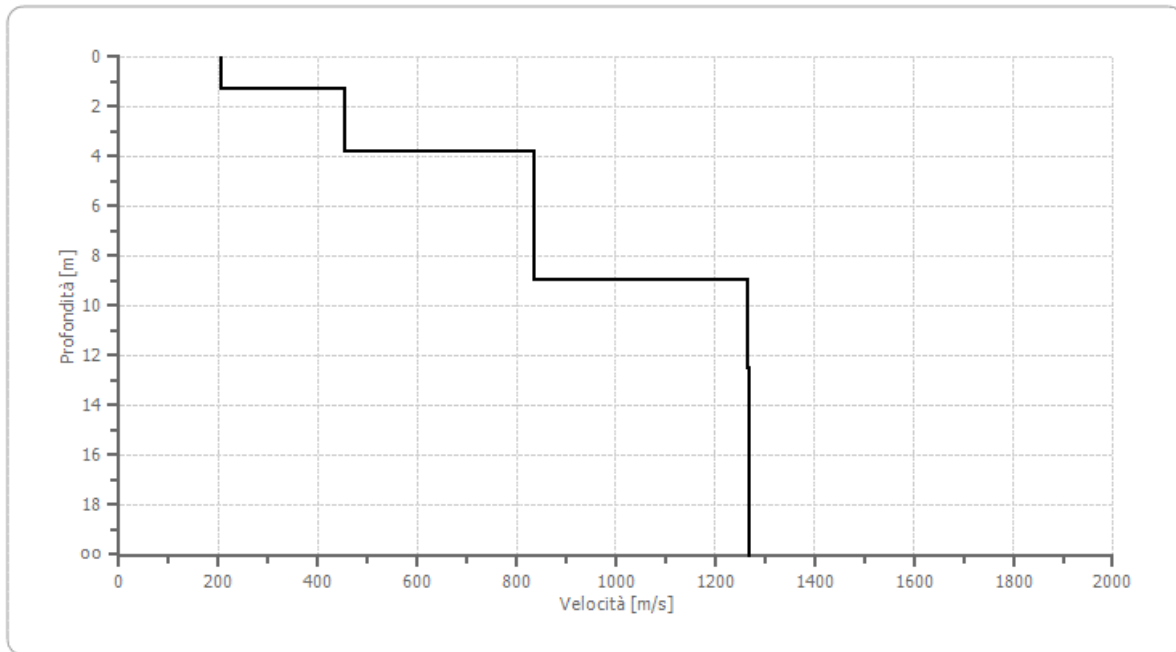
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

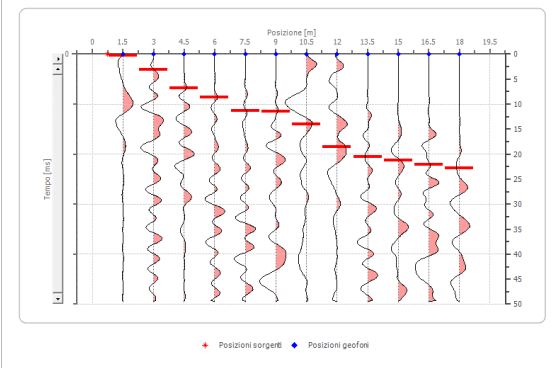
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=2,80 m)	834,95
Categoria del suolo	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

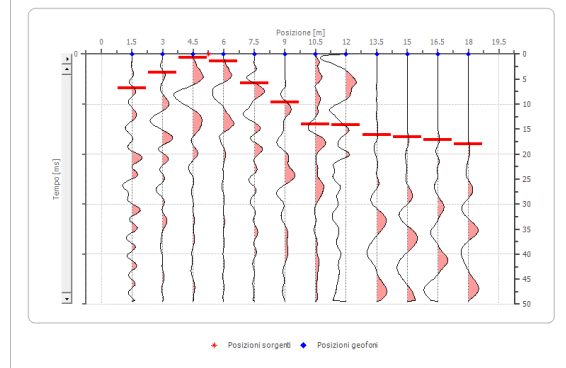
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

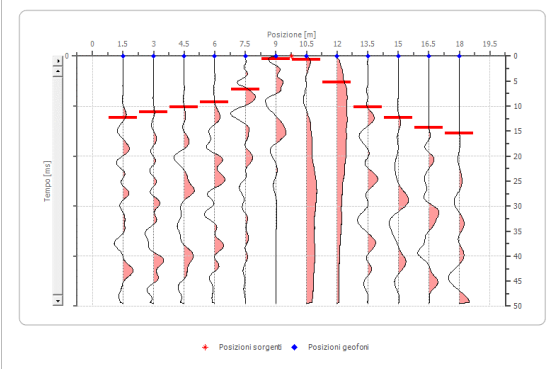
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



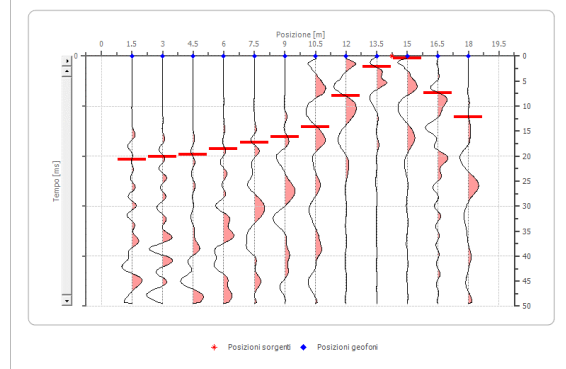
Battuta 1



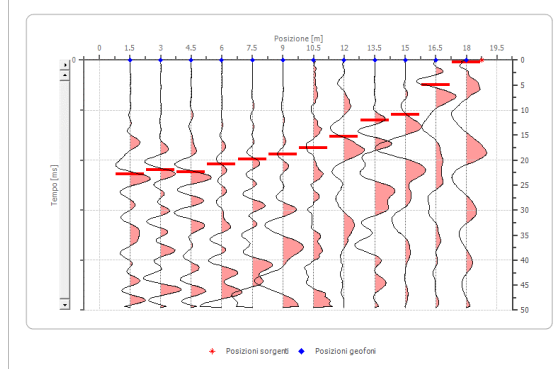
Battuta 2



Battuta 3

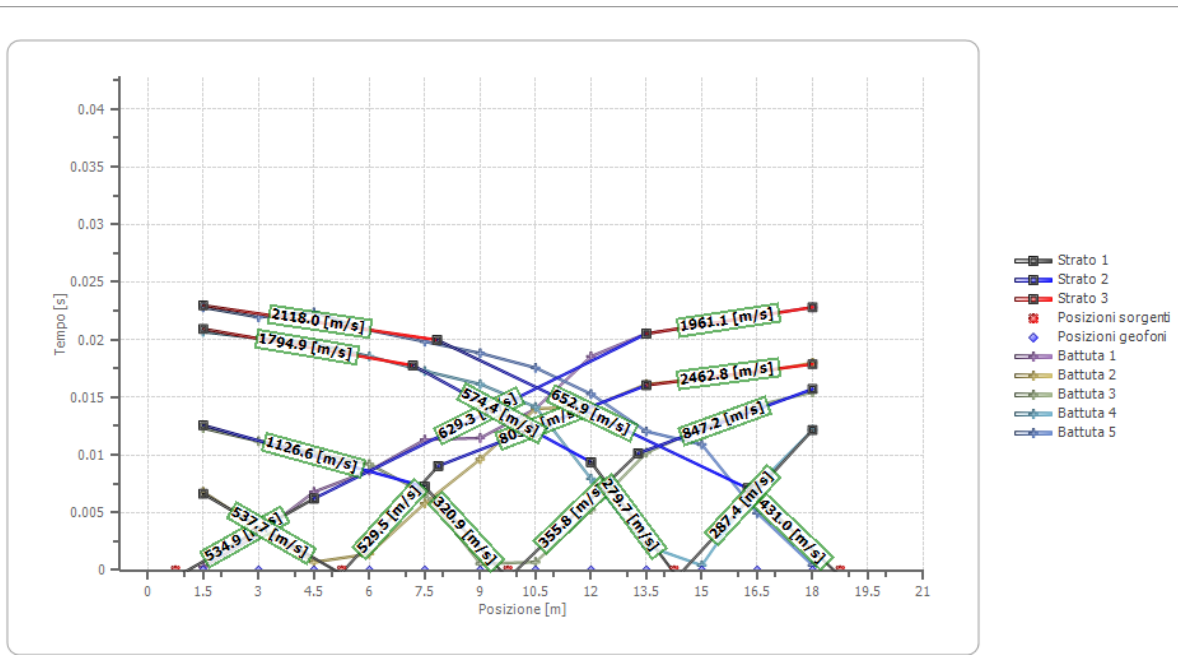


Battuta 4

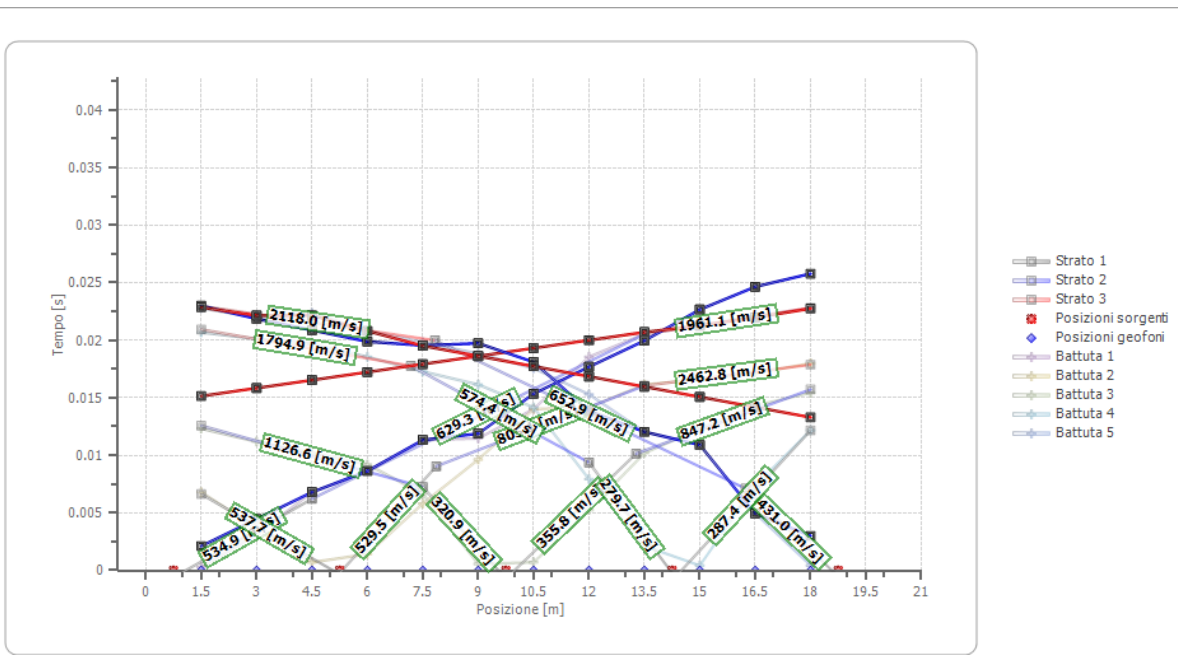


Battuta 5

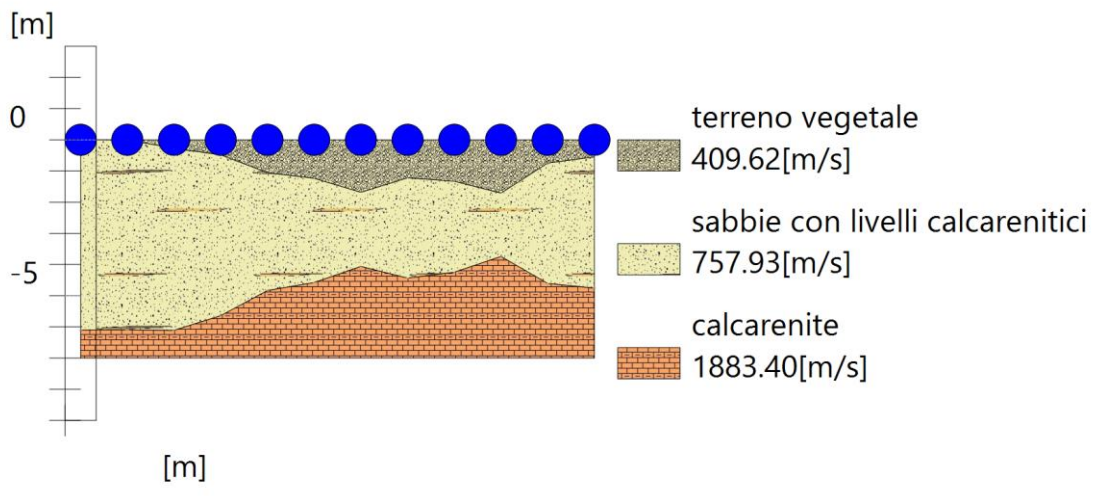
Dromocrone



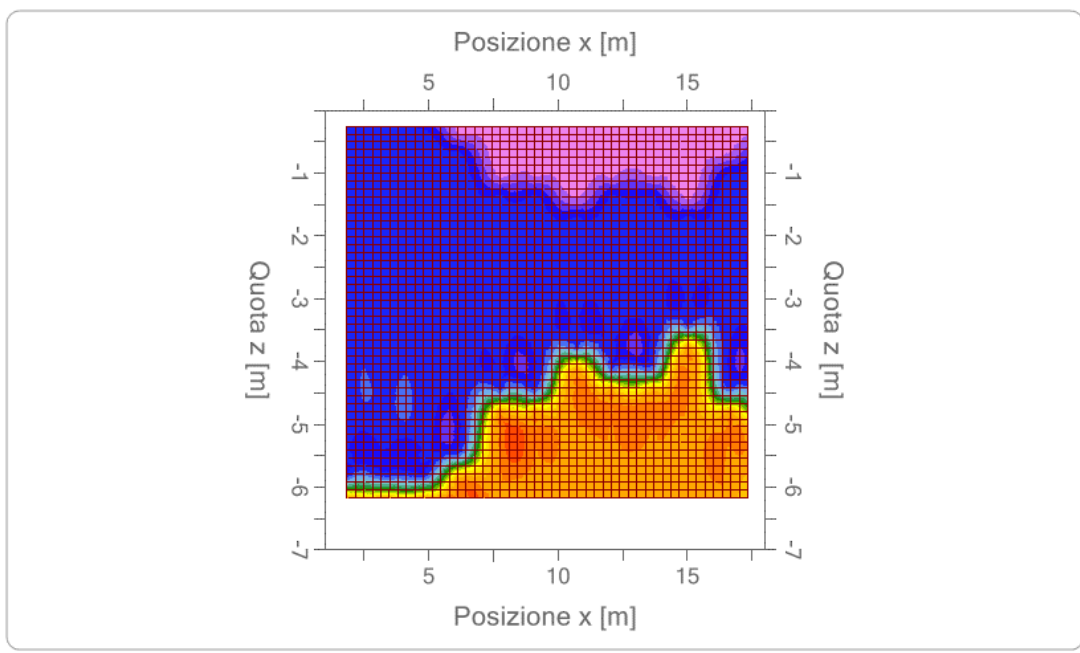
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

MA_IS8

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

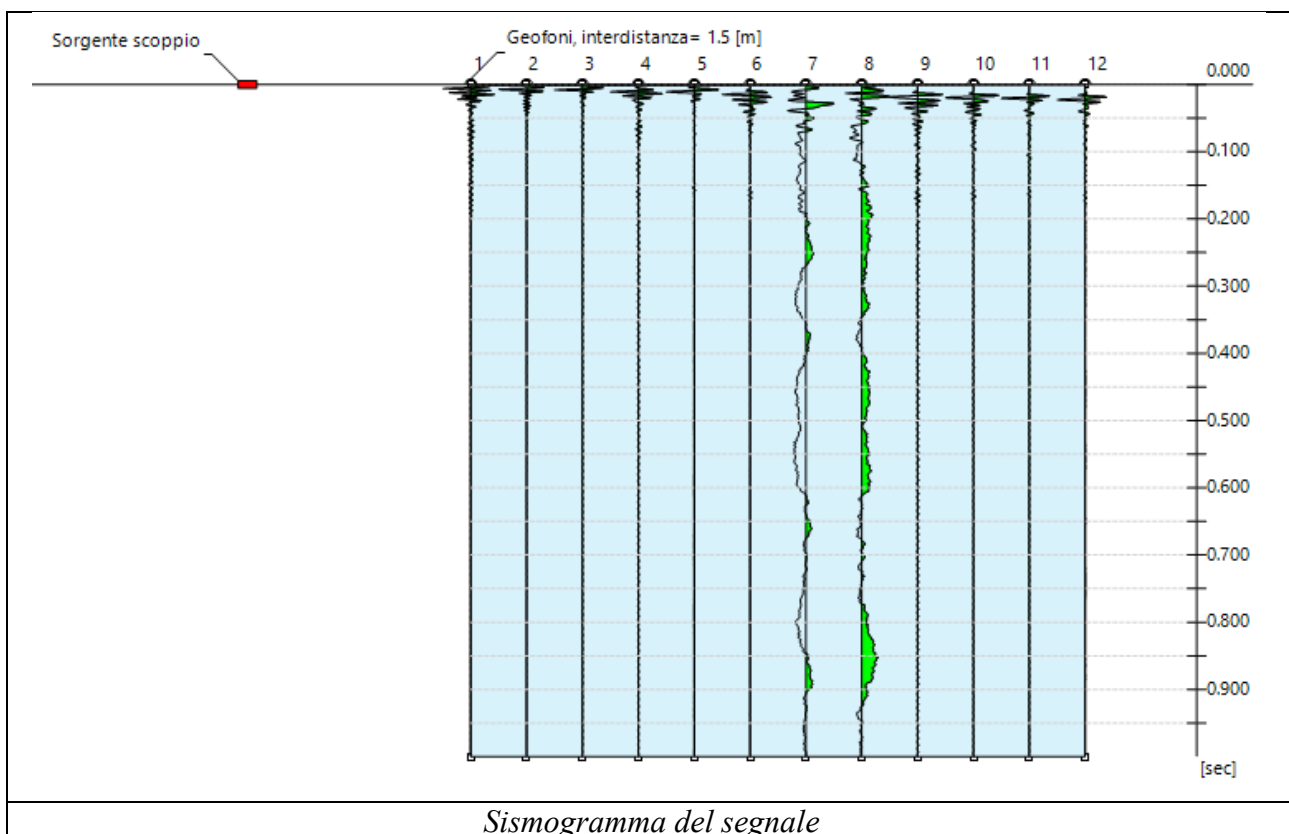
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

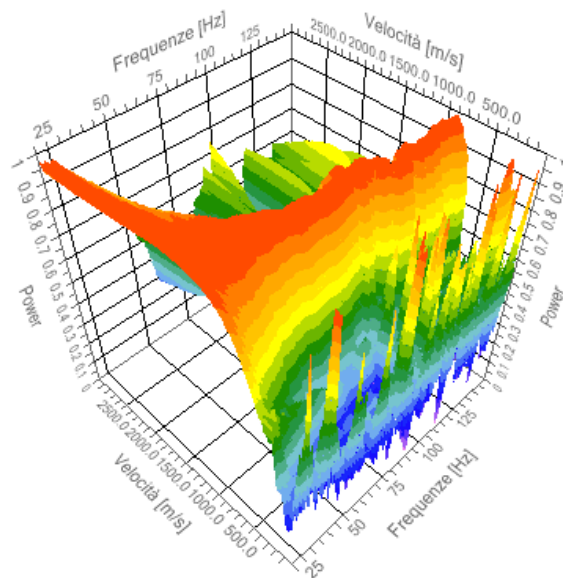
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	20
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	150
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	3000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



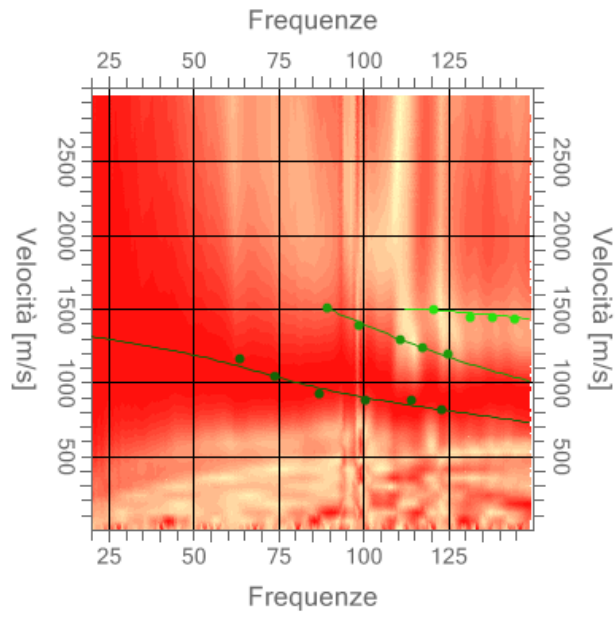
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.30	846.4	452.4
2	2.55	1.55	1800.0	0.30	1755.2	938.2
3	5.60	3.05	1800.0	0.30	2156.9	1152.9
4	10.99	5.39	1800.0	0.30	2791.2	1492.0
5	oo	oo	1800.0	0.30	2800.1	1496.7

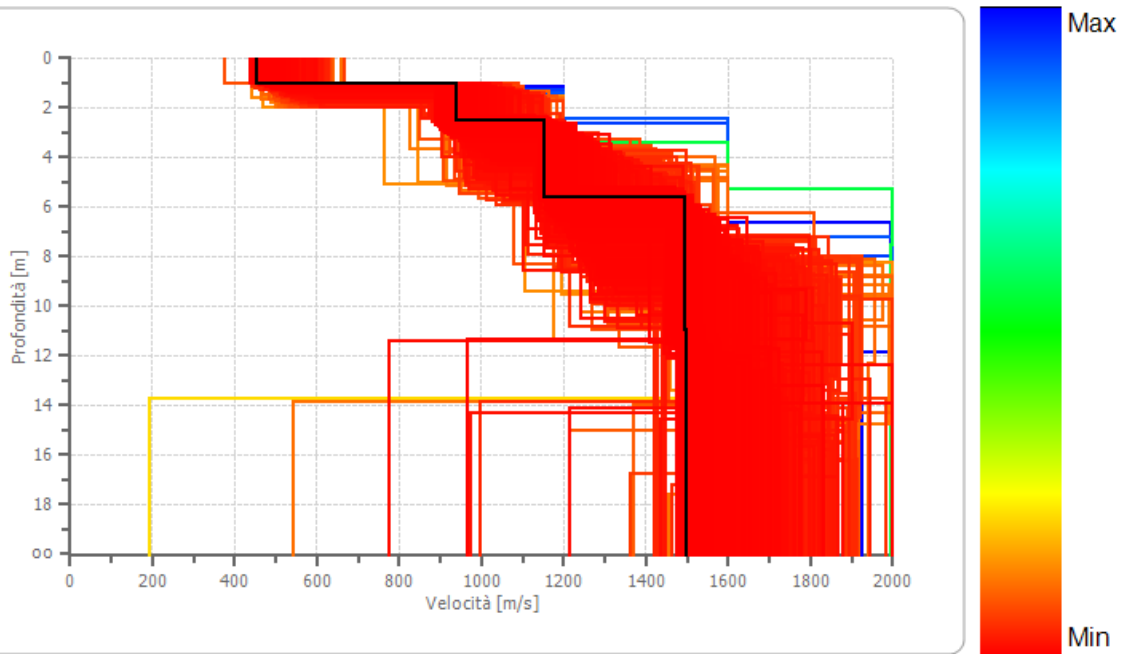
Percentuale di errore 0.038%

Fattore di disadattamento della soluzione 0.022

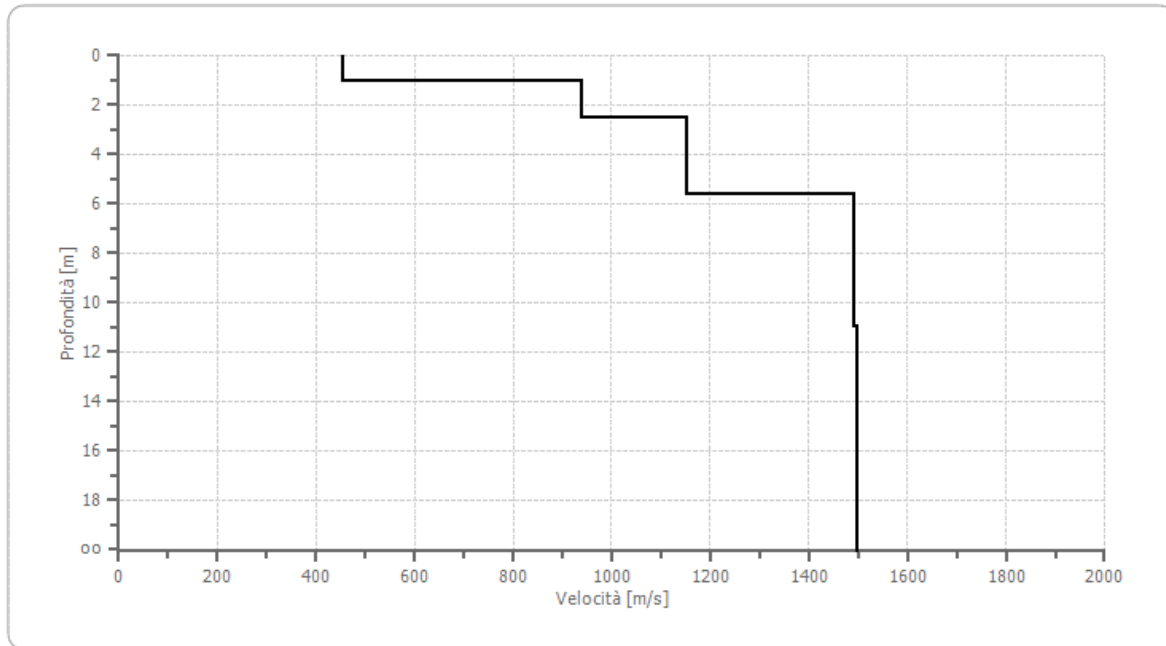
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

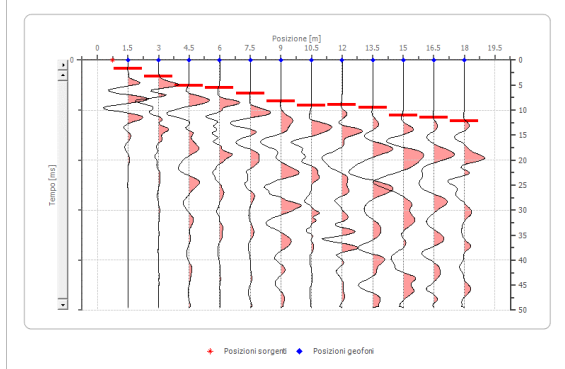
Profondità piano di posa [m]	1.00
V_{s,eq} [m/sec](H=0,00 m)	938,21
Categoria del suolo	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

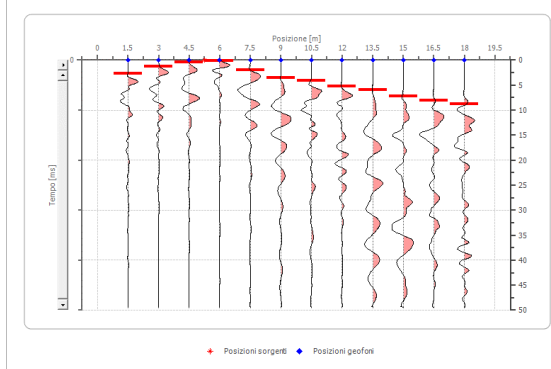
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

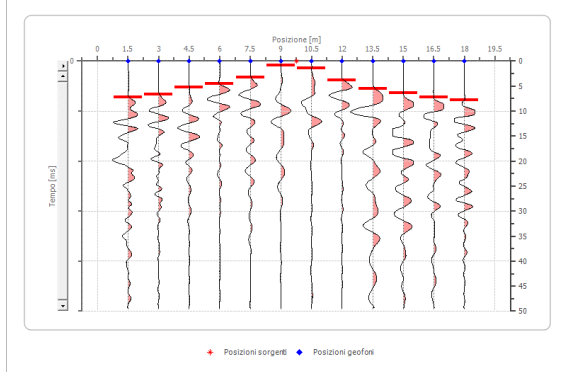
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



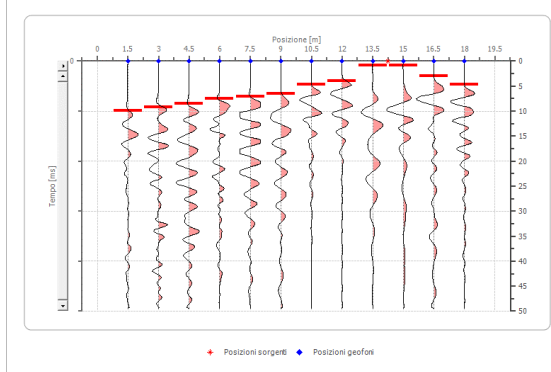
Battuta 1



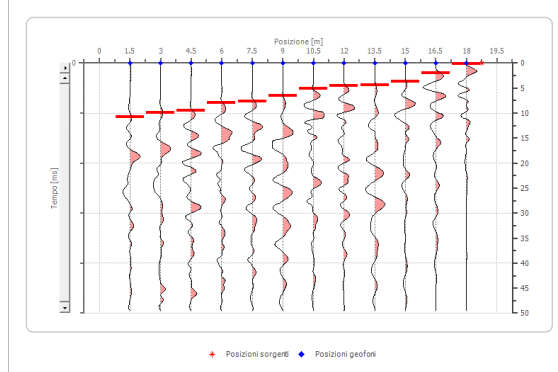
Battuta 2



Battuta 3

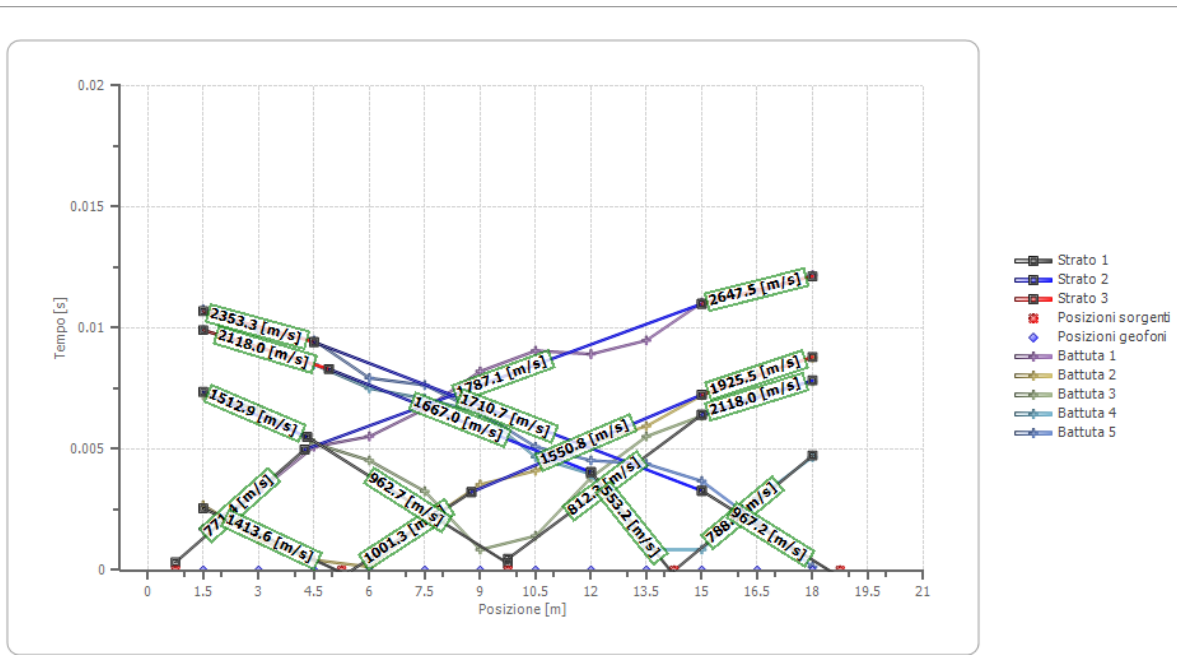


Battuta 4

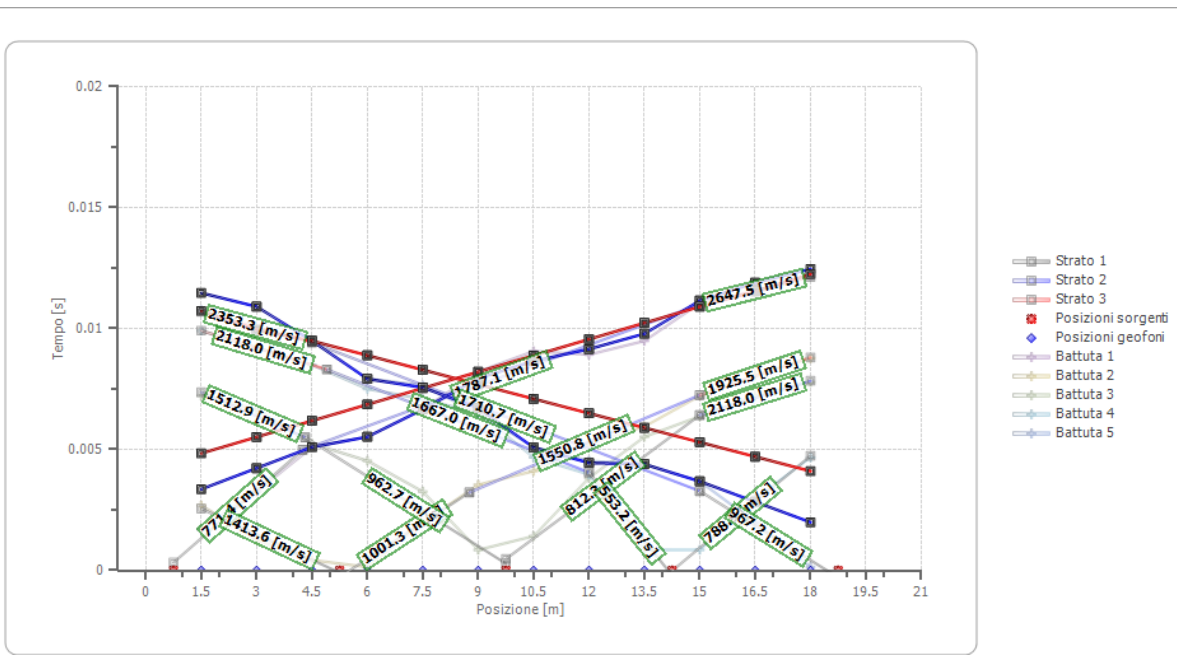


Battuta 5

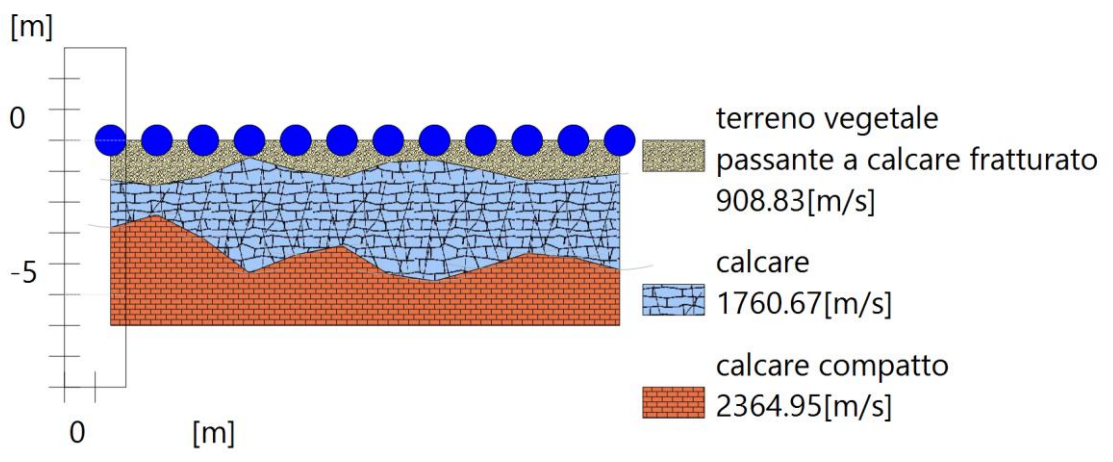
Dromocrone



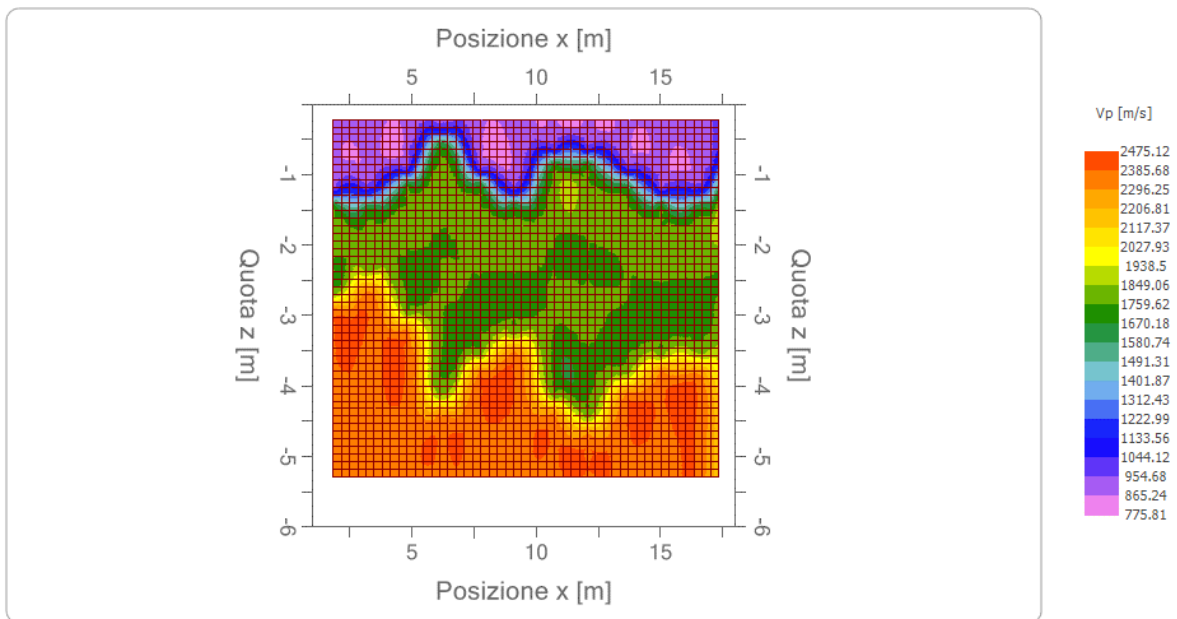
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



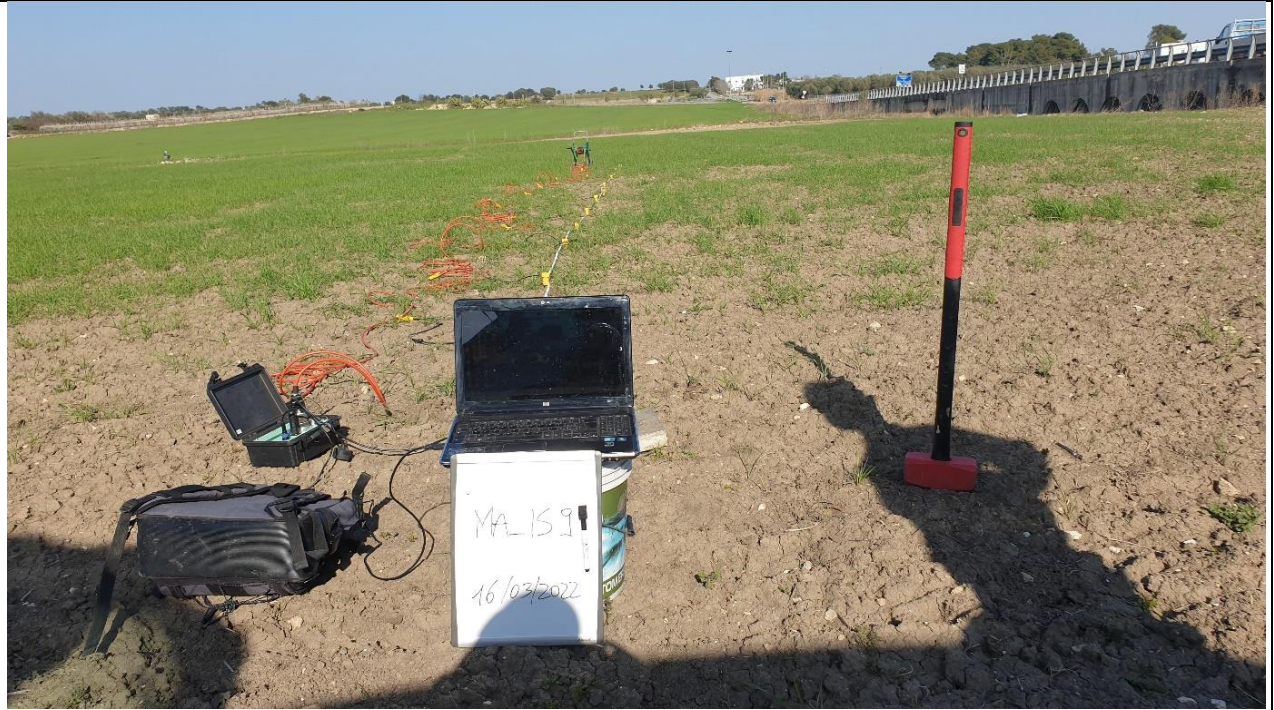
Velocità v_p

MA_IS9

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

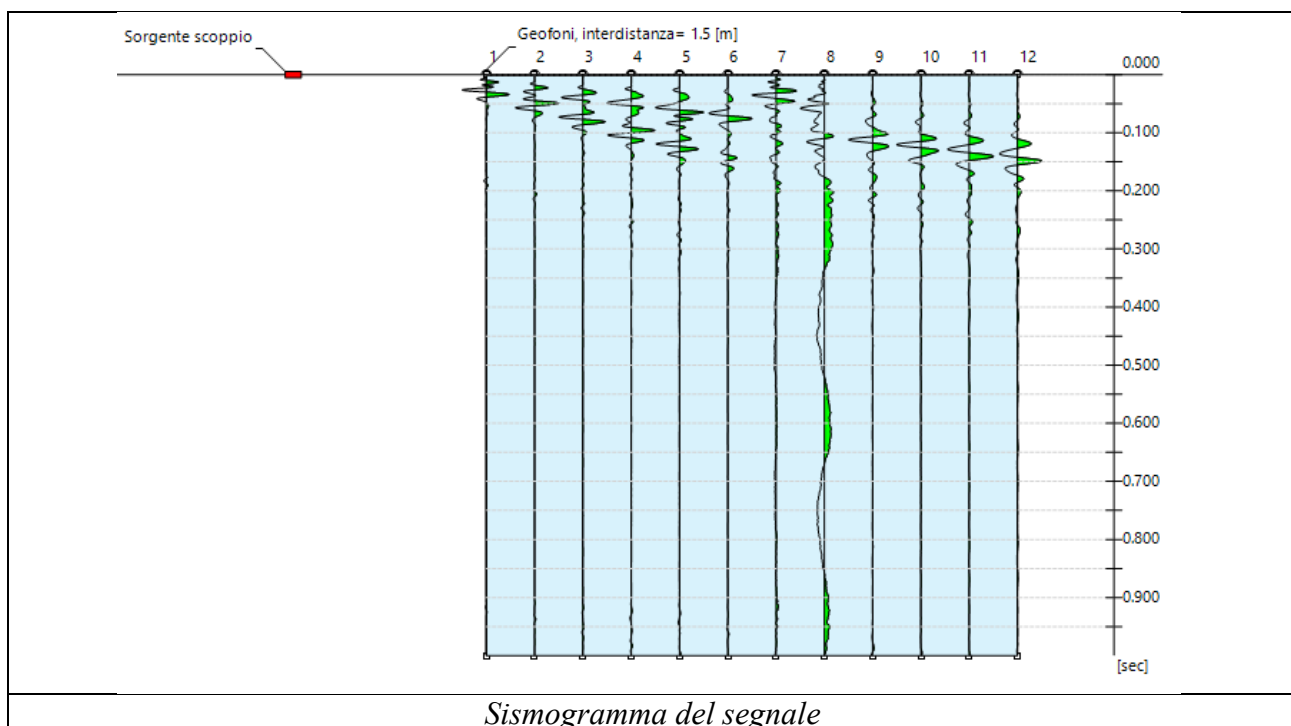
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

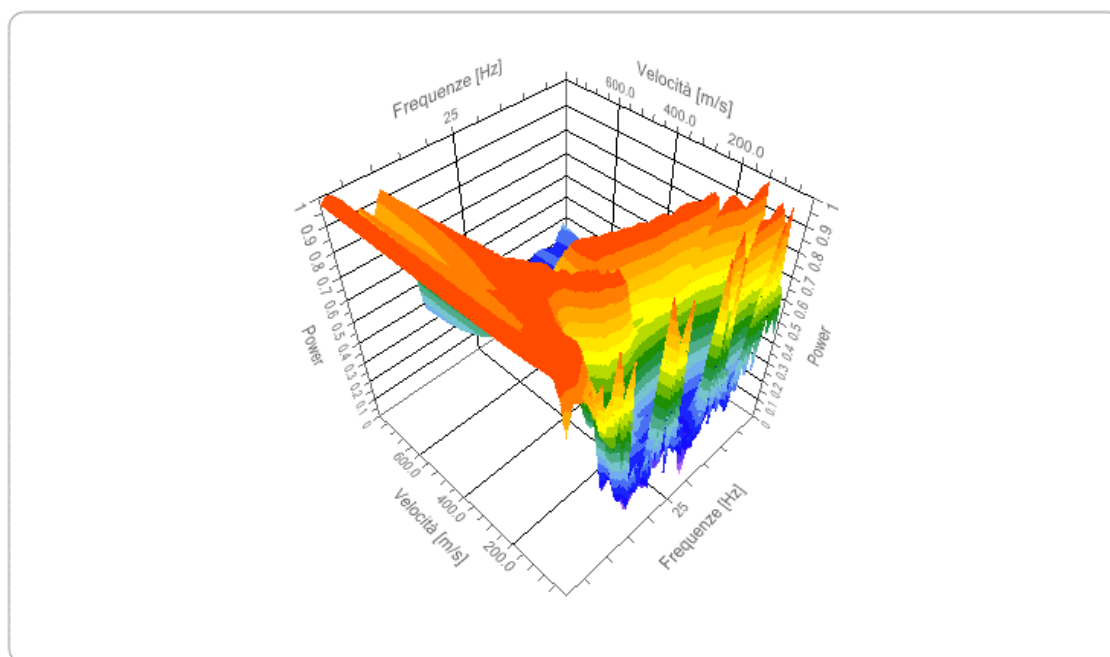
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 50
 Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
 Velocità massima di elaborazione [m/sec] 800
 Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



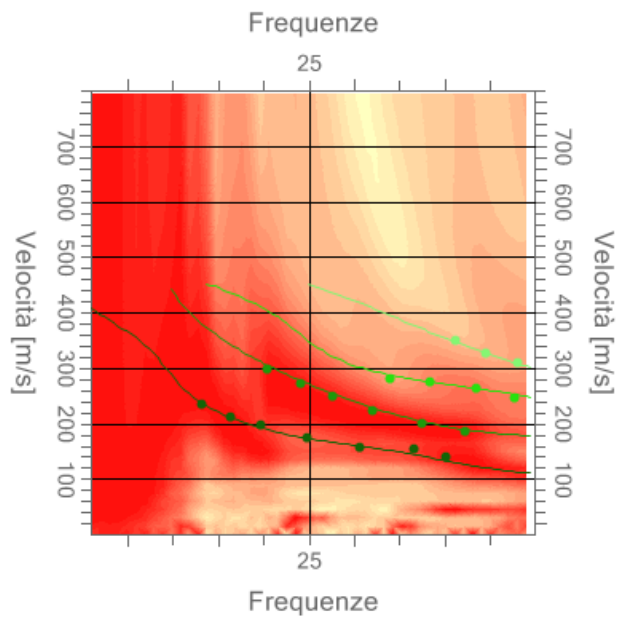
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.30	188.7	100.8
2	3.98	2.98	1800.0	0.30	385.1	205.8
3	8.21	4.23	1800.0	0.30	519.4	277.7
4	12.00	3.79	1800.0	0.30	594.6	317.8
5	oo	oo	1800.0	0.30	842.6	450.4

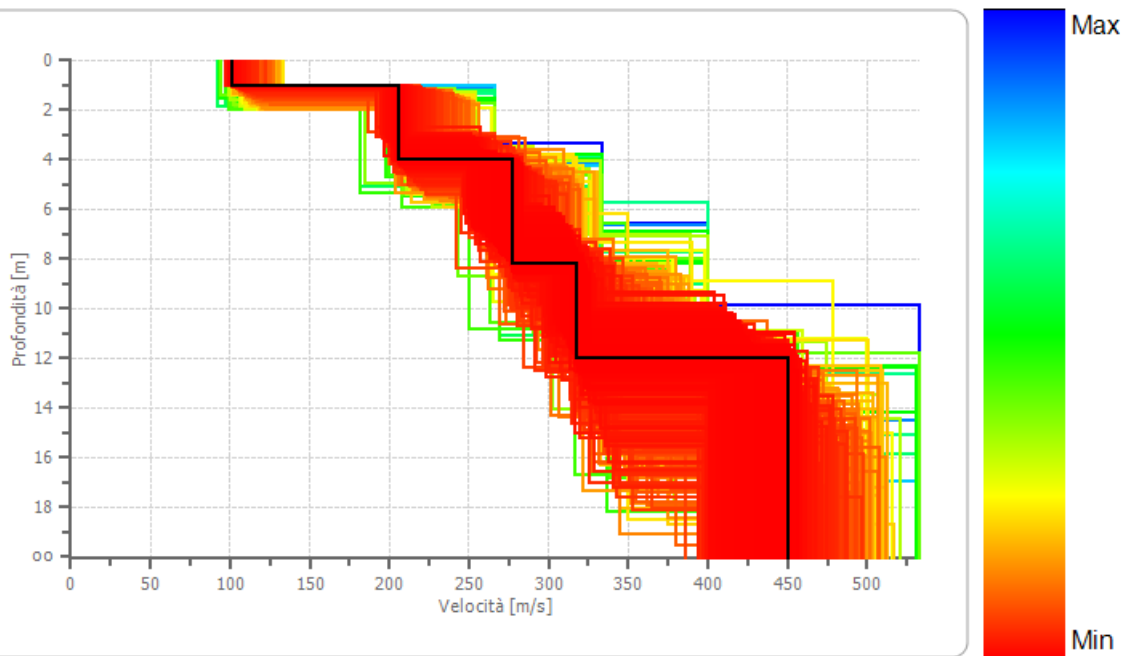
Percentuale di errore 0.033%

Fattore di disadattamento della soluzione 0.023

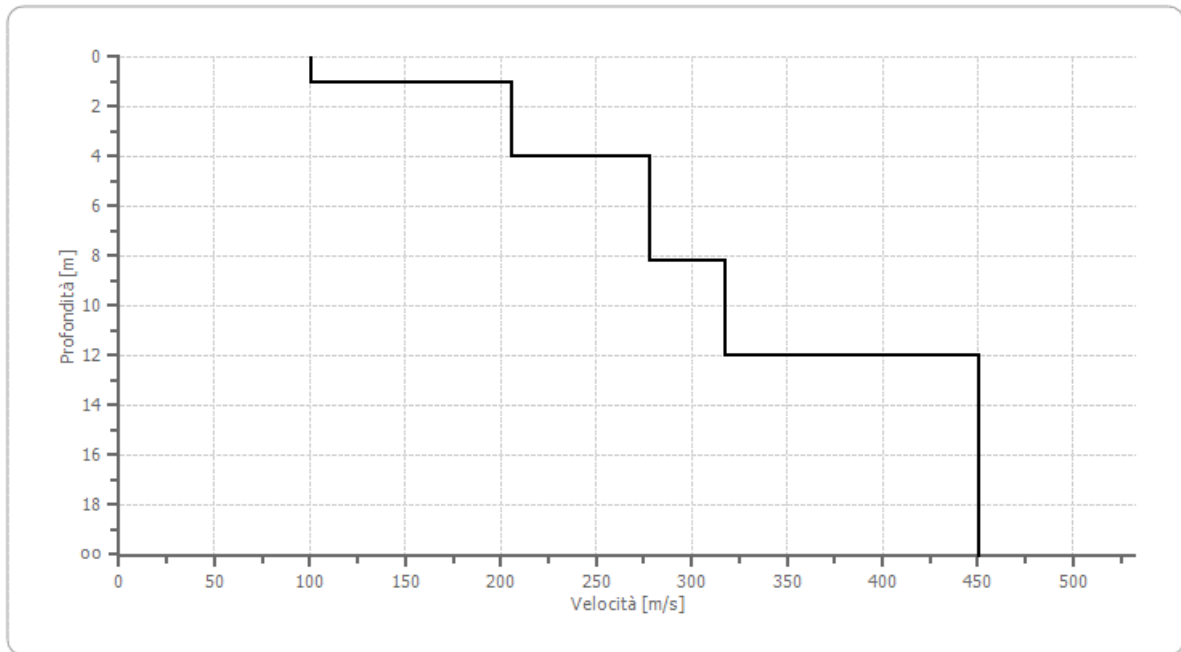
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

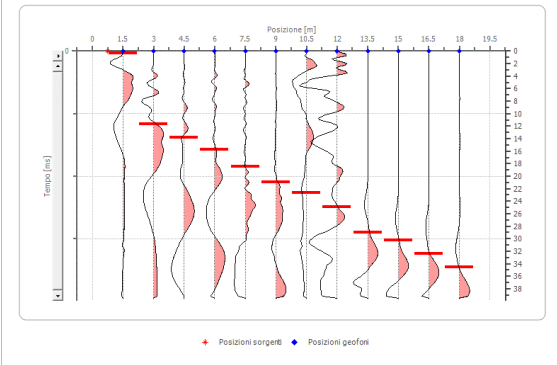
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=30,00 m)	357,90
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

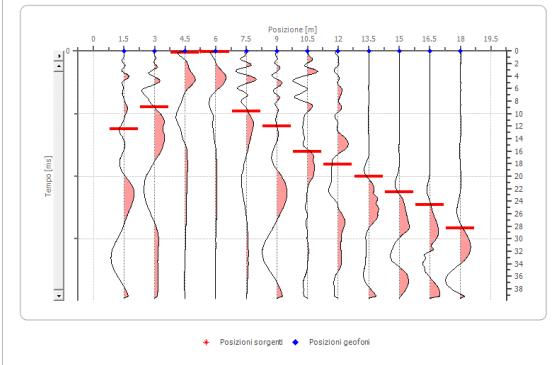
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

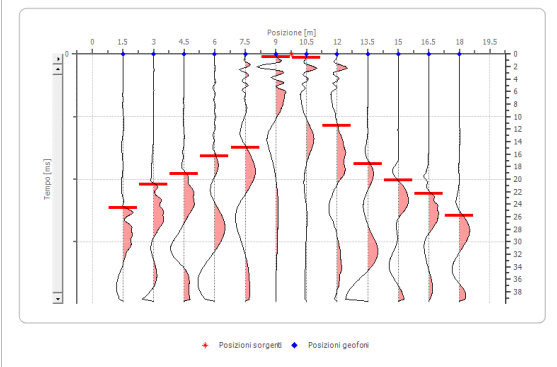
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



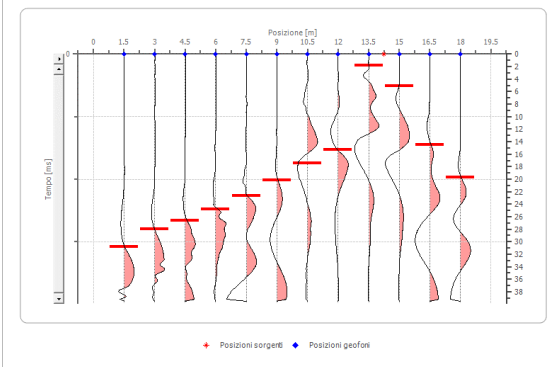
Battuta 1



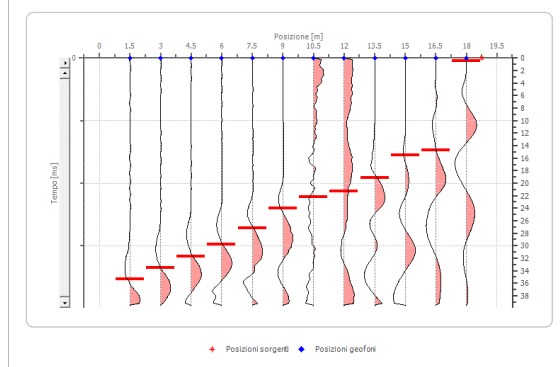
Battuta 2



Battuta 3

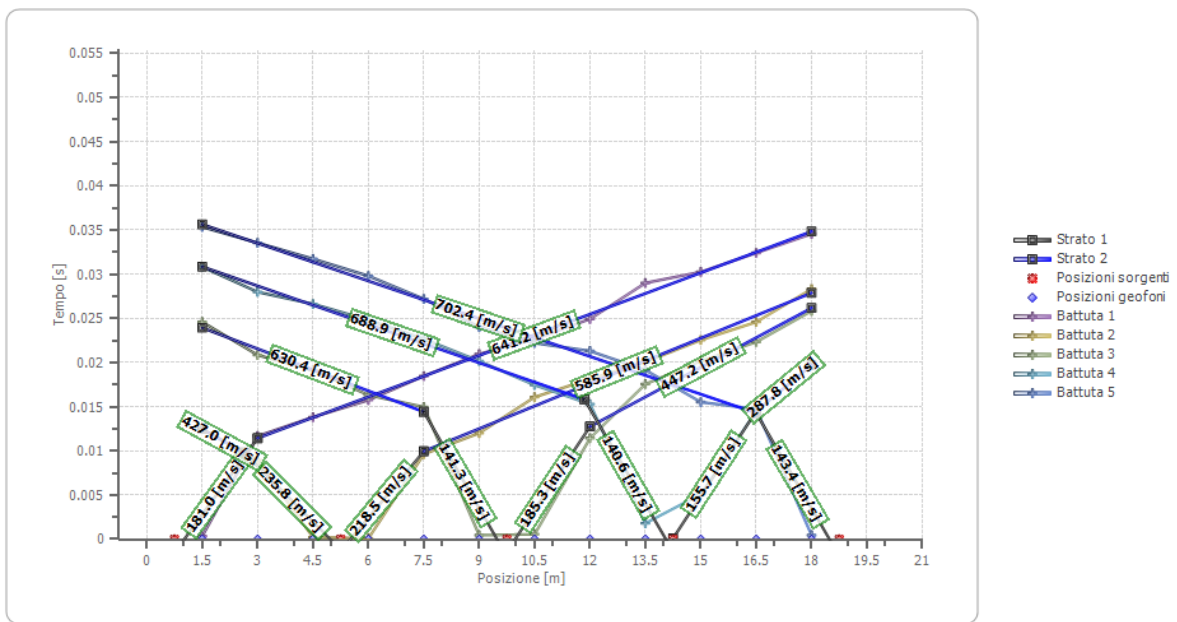


Battuta 4

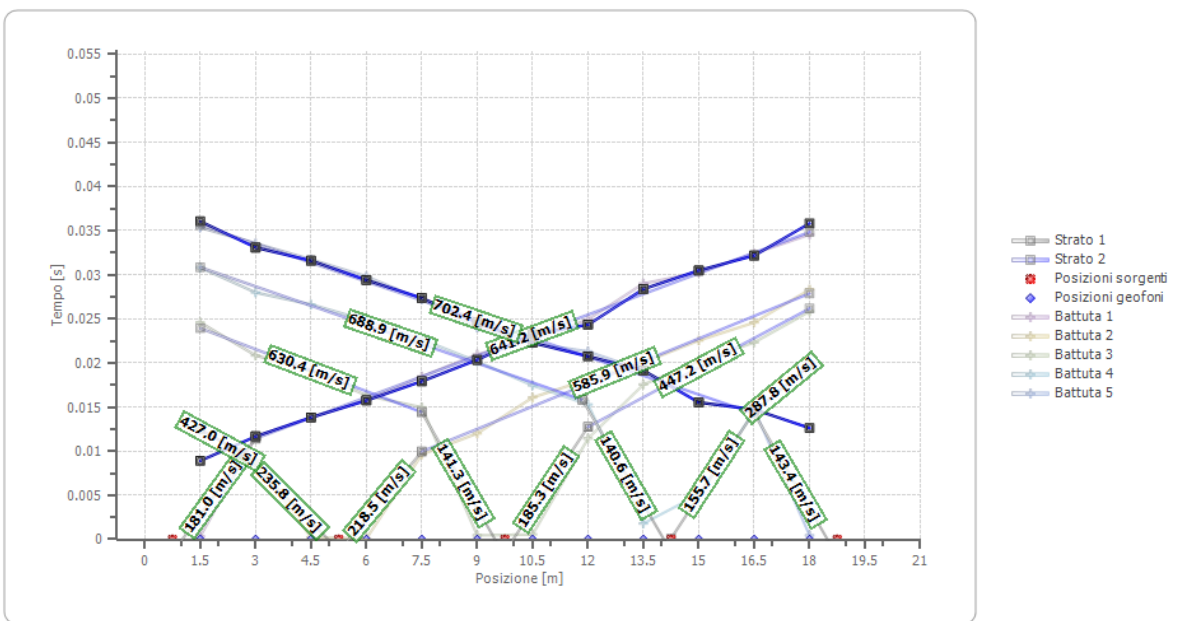


Battuta 5

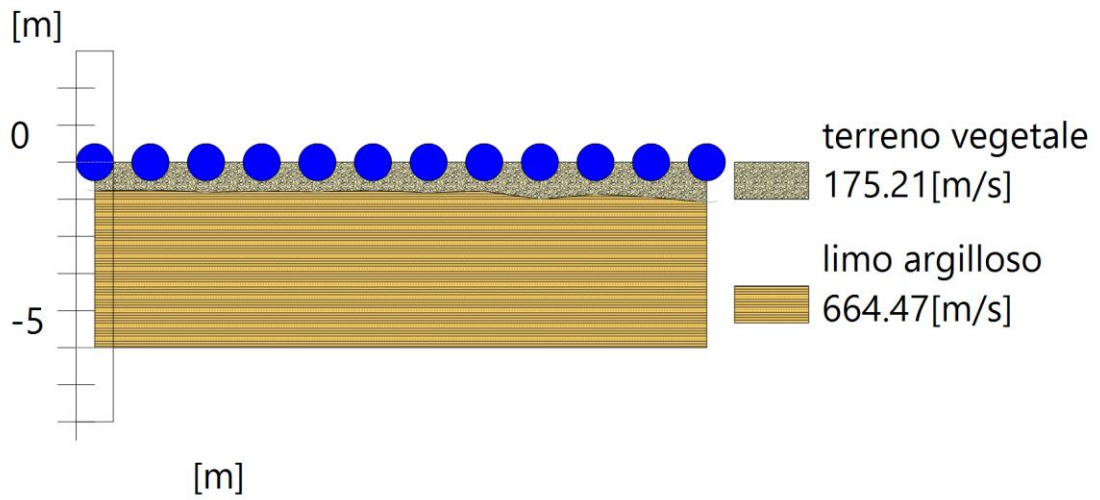
Dromocrone



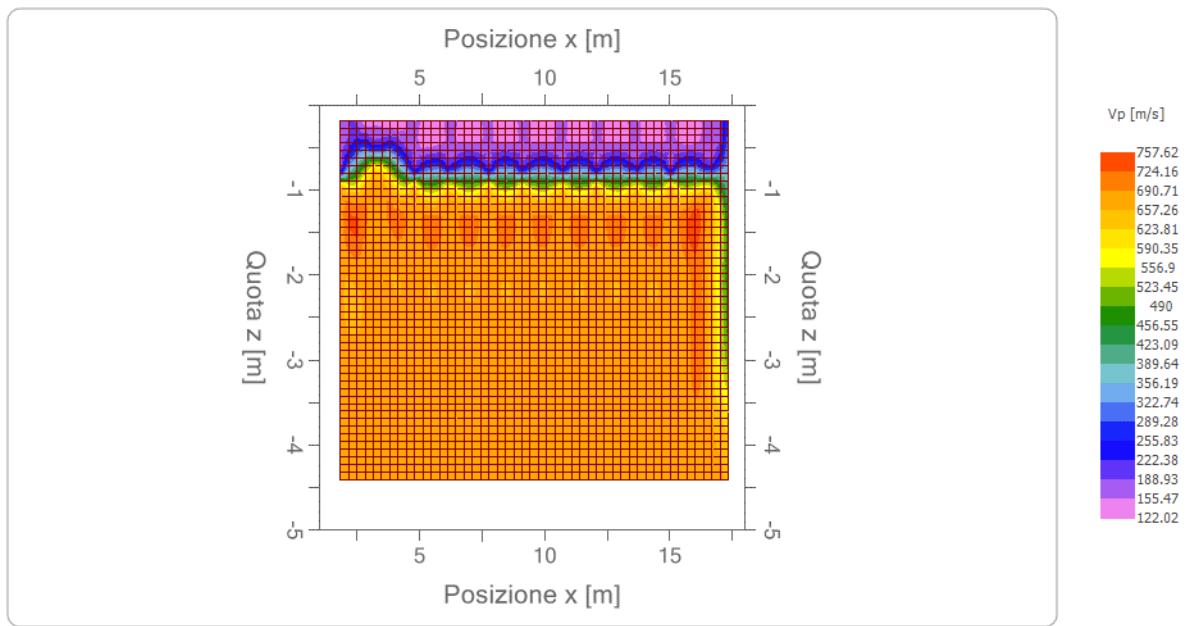
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

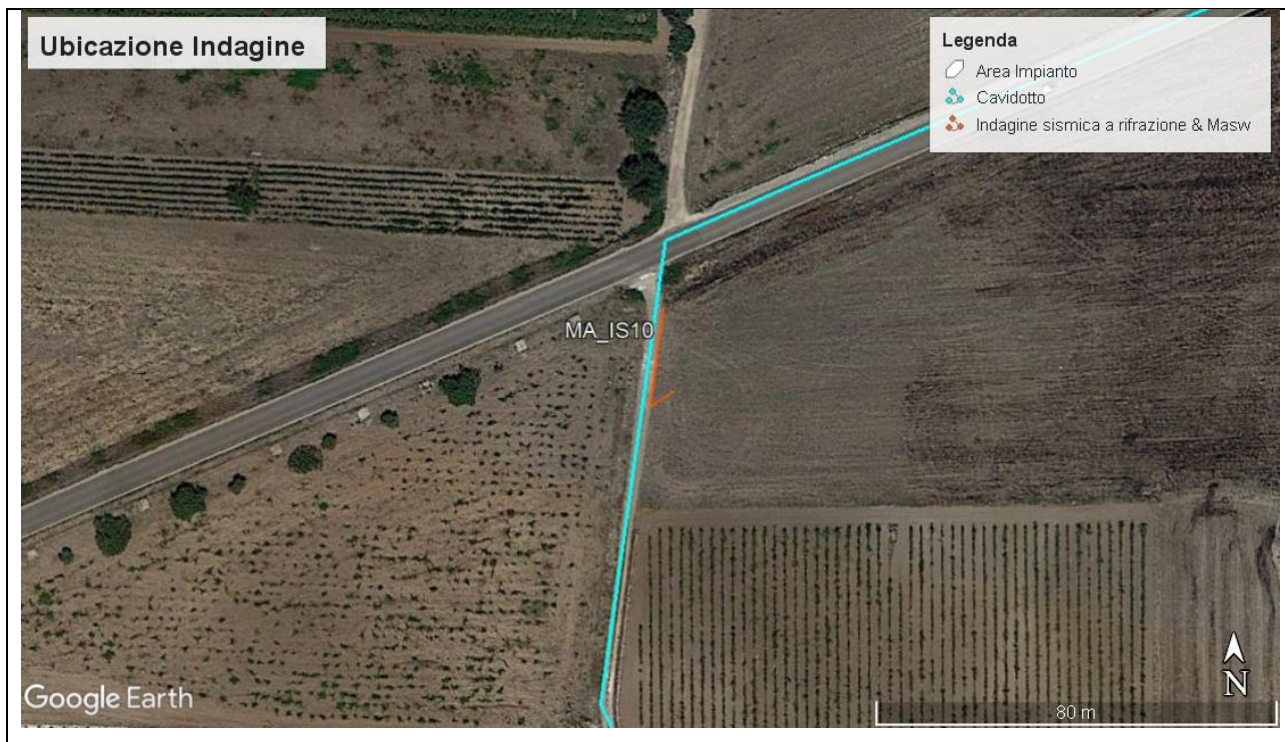
MA_IS10

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

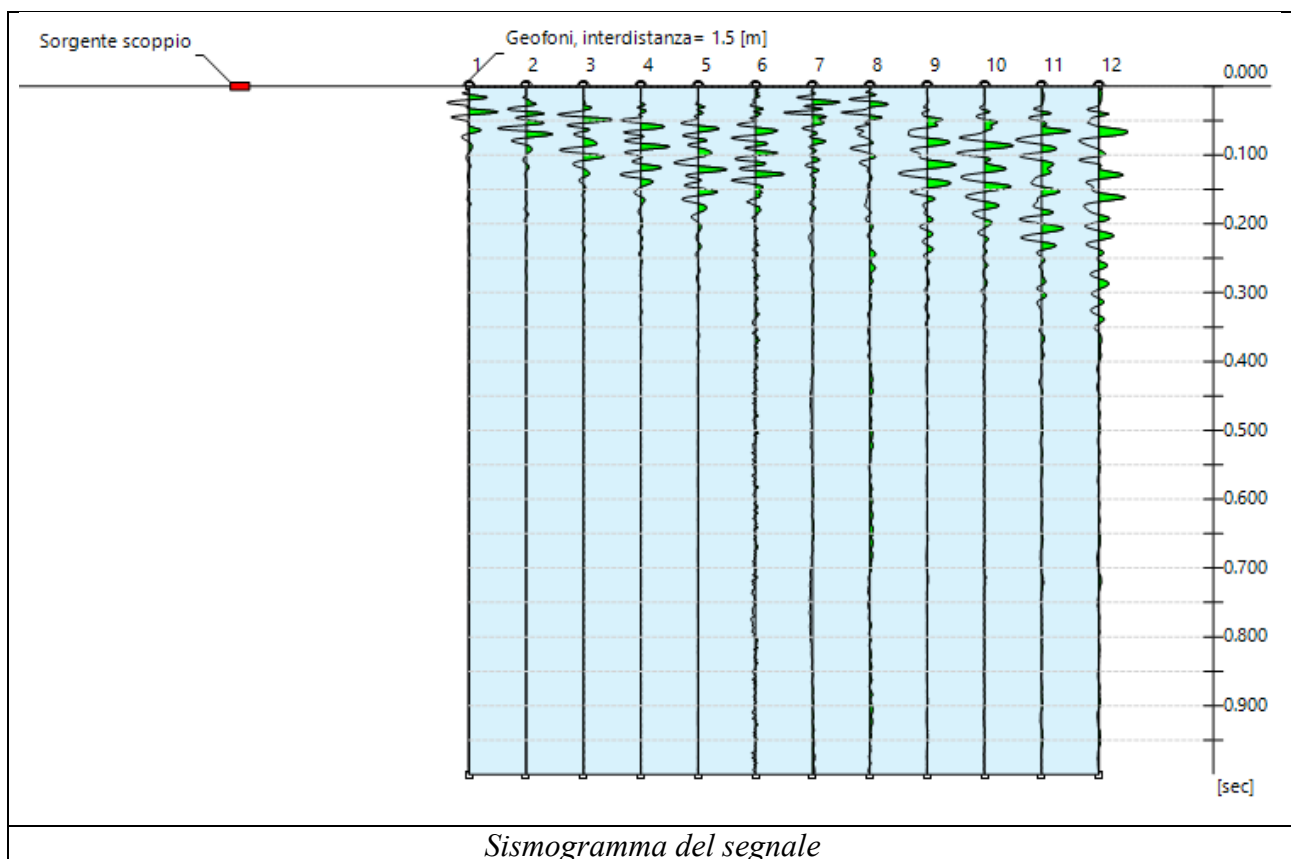
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

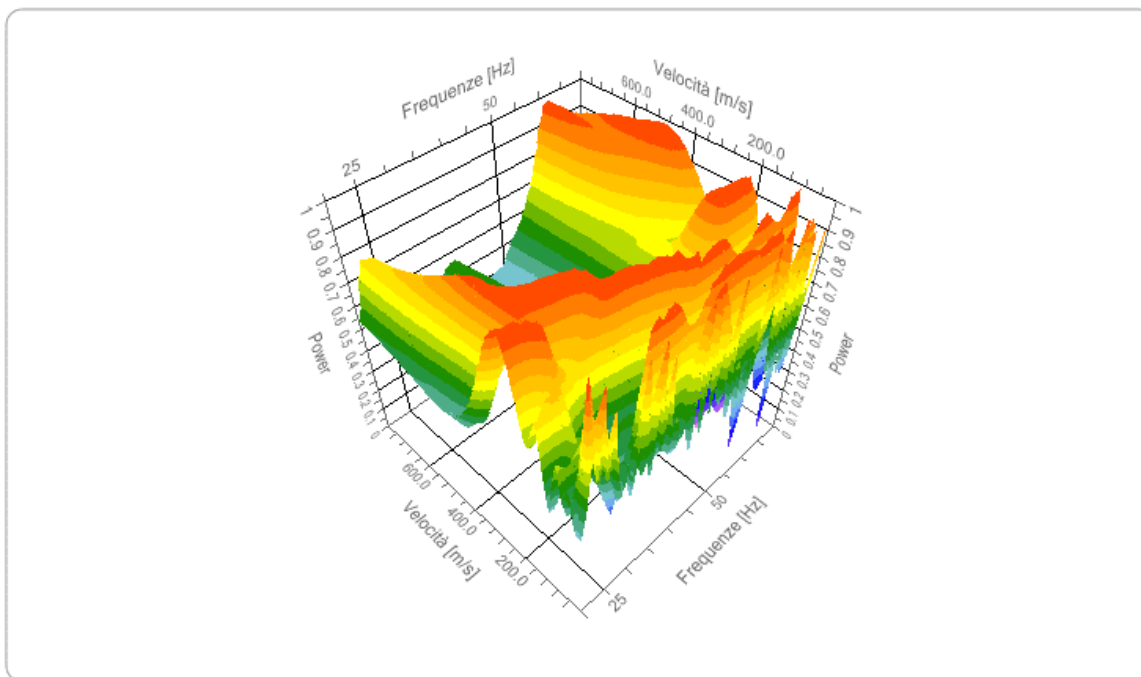
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 20
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 70
 Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
 Velocità massima di elaborazione [m/sec] 800
 Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



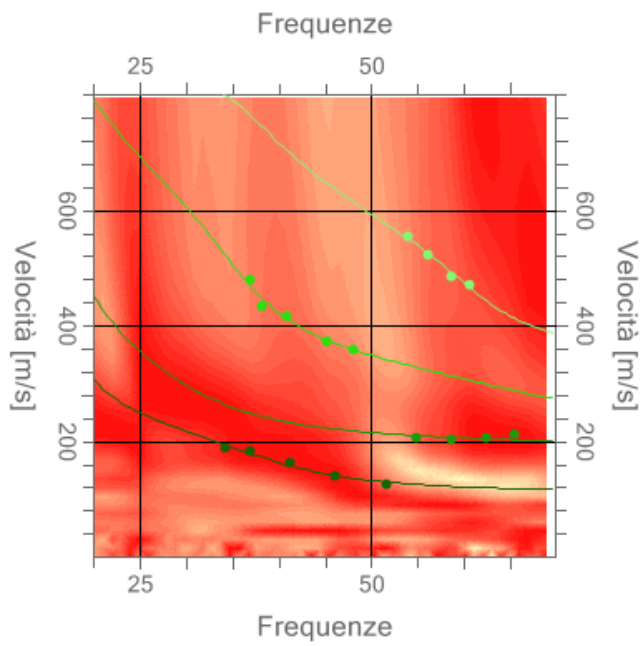
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.18	1.18	1800.0	0.30	224.7	120.1
2	3.15	1.97	1800.0	0.30	465.0	248.6
3	6.93	3.78	1800.0	0.30	676.0	361.3
4	9.90	2.97	1800.0	0.30	994.4	531.5
5	oo	oo	1800.0	0.30	1494.8	799.0

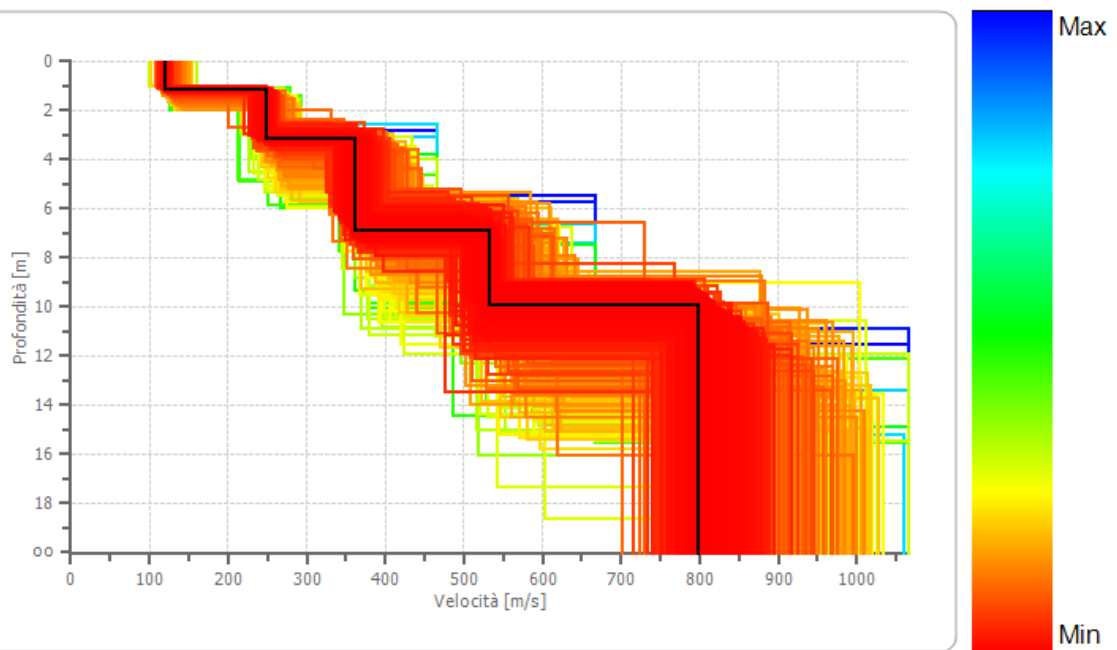
Percentuale di errore 0.029 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.030

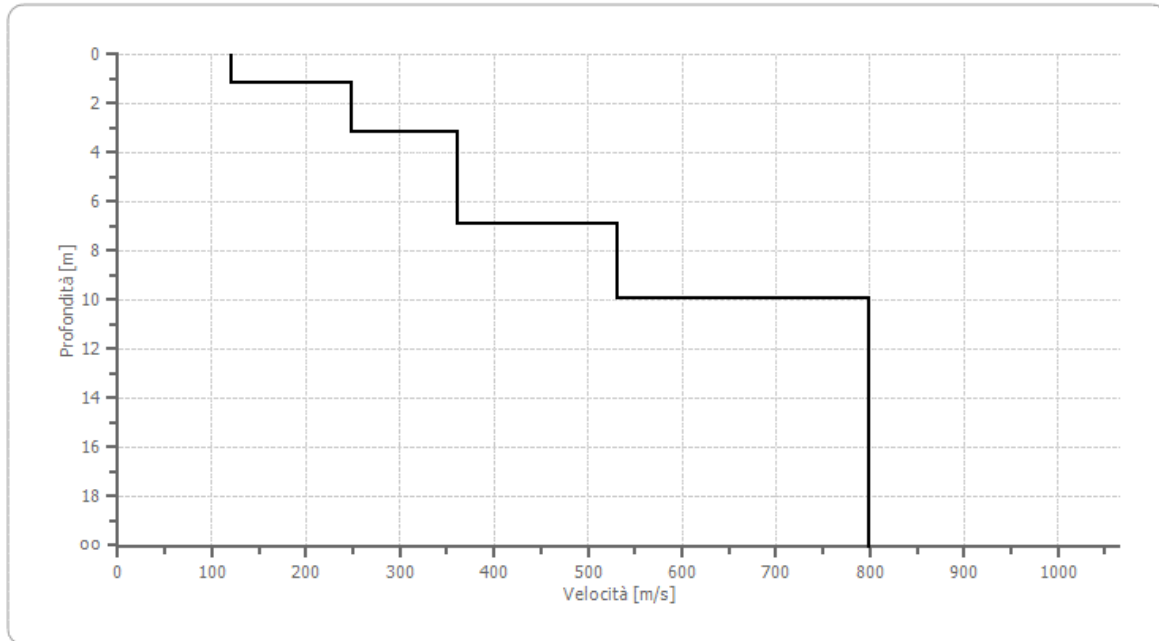
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

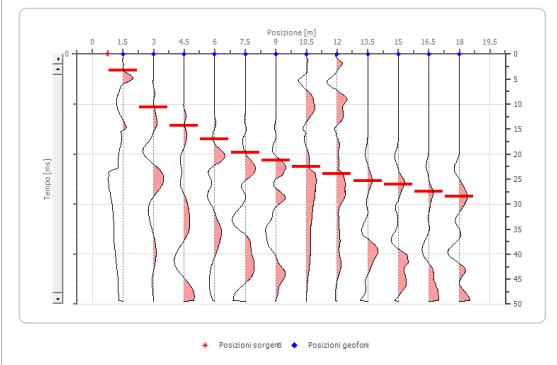
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=30,00 m)	578,21
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

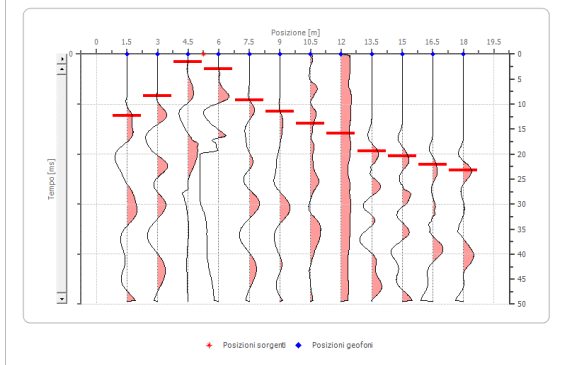
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

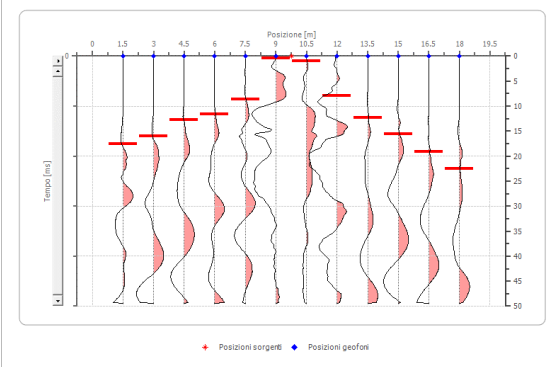
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



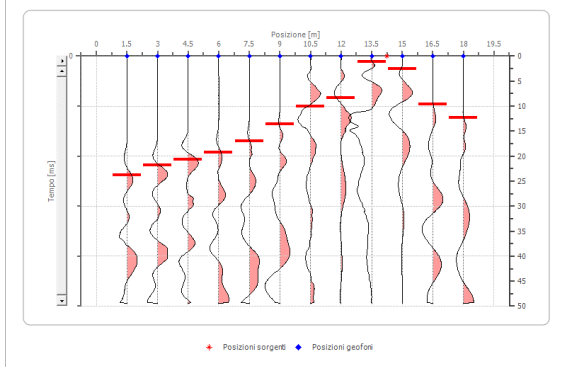
Battuta 1



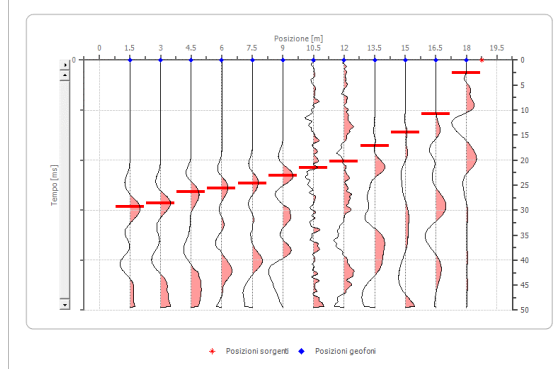
Battuta 2



Battuta 3

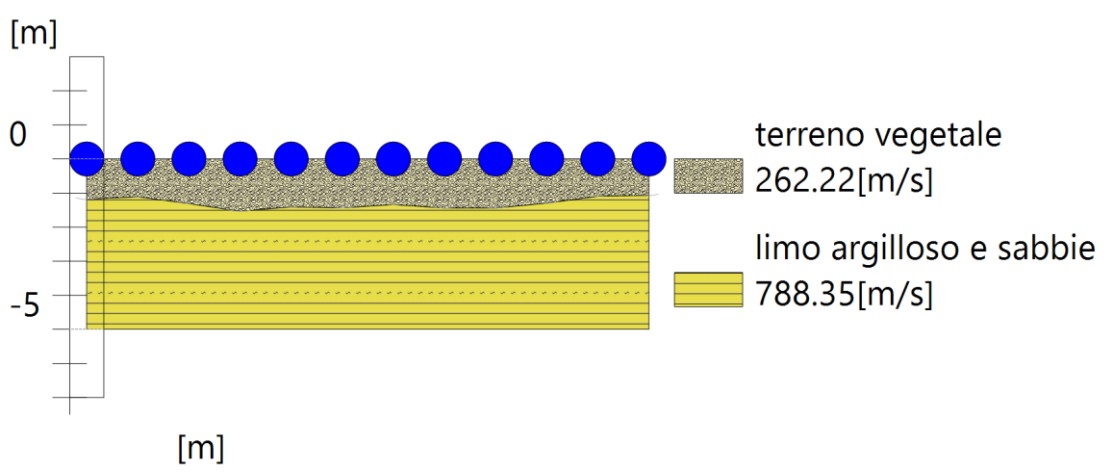


Battuta 4

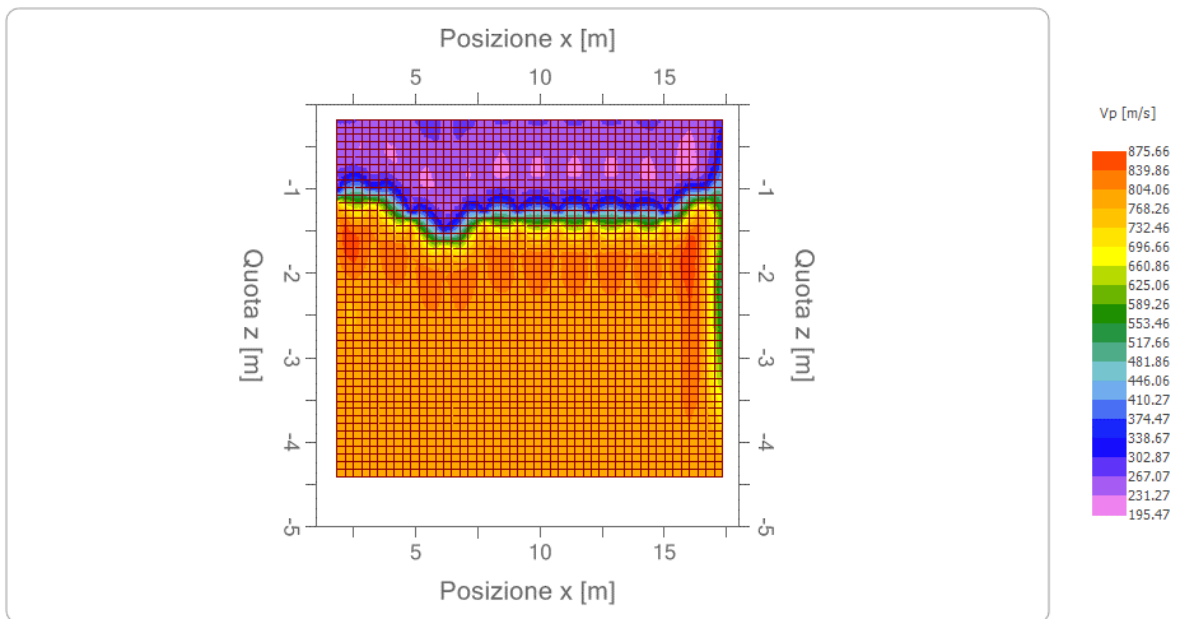


Battuta 5

Interpretazione col metodo G.R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p