



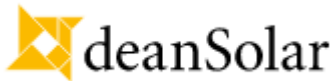
REGIONE PUGLIA



COMUNE DI TORRE
SANTA SUSANNA

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO “AGROVOLTAICO” PER PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA NOMINALE PARI A 10,759 MW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 10, 758 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA – IMPIANTO DENOMINATO “TORRE SANTA SUSANNA” UBICATO IN AGRO DEL COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA.

**DATI CATASTALI: Torre Santa Susanna Fg.45 p.lle
43,53,100,101,103,128,131,133,134,135,137,145
Fg 46 p.lle 30,161**



Via Comunale da Maglie a
Botrugno sn.
73020
Frazione Masseria
Miggianello



Ing. Emanuele Verdoscia
Via Lecce n.65
73041
Carmiano (LE)



Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

Tecnico

Dott. Geol. Giovanni Paolo Mega



INDICE

1	PREMESSA.....	2
1.1	Riferimenti normativi e bibliografici	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	5
3.1	Assetto Geologico Locale	8
4	IDROGEOLOGIA	9
5	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE PUGLIA (P.A.I.)	13
6	INDAGINI GEOFISICHE.....	18
6.1	Indagini sismiche a rifrazione	19
6.1.1	Indagine M.A.S.W.	24
6.1.2	Hardware e Software	26
7	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO.....	27
7.1	Area Impianto	31
7.2	Percorso Cavidotto	33
7.3	Area SE Erchie.....	34
8	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	35
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	39

ALLEGATO 1 - *Carta Geolitologica*

ALLEGATO 2 - *Indagini sismiche a rifrazione & MASW*

1 PREMESSA

Per incarico dell'Ing. Emanuele Verdoscia e della DEAN SOLAR, con sede alla Via Comunale da Maglie a Botrugno sn., 73020, Frazione Masseria Miggianello, 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 Torre Santa Susanna (BR), che saranno interessati dalla "Realizzazione di un Impianto Agrovoltaico"; l'impianto è denominato "Torre Santa Susanna".

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;***
- ***Raccolta dati derivanti da indagini geognostiche di riferimento;***
- ***Esecuzione di una campagna di indagini geofisiche che ha previsto le seguenti attività:***
 - ***n° 5 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**.

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);
- 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

Il sito in cui verrà installato l'impianto agrovoltaico, è identificato in NCT del comune di TORRE SANTA SUSANNA FG.45 P.LLE 43,53,100,101,103,128,131,133,134,135,137,145; FG 46 P.LLE 30,161.

Il sito investigato, localizzabile attraverso le coordinate *WGS84* (Proiezione: *UTM*, Fuso 33) *Lat. 4481803 N Long. 735782 E* ed avente la quota media di circa 55 m s.l.m., è ubicato a SE dell'abitato di Torre Santa Susanna.



Fig.1 - Localizzazione dell'area di impianto

Costruzione ed esercizio di un impianto "agrovoltaico" per produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza nominale pari a 10,759 MW e potenza in immissione pari a 10,758 MW con relativo collegamento alla rete elettrica - impianto denominato "Torre Santa Susanna" ubicato in agro del comune di Torre Santa Susanna.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia (Fig. 2).

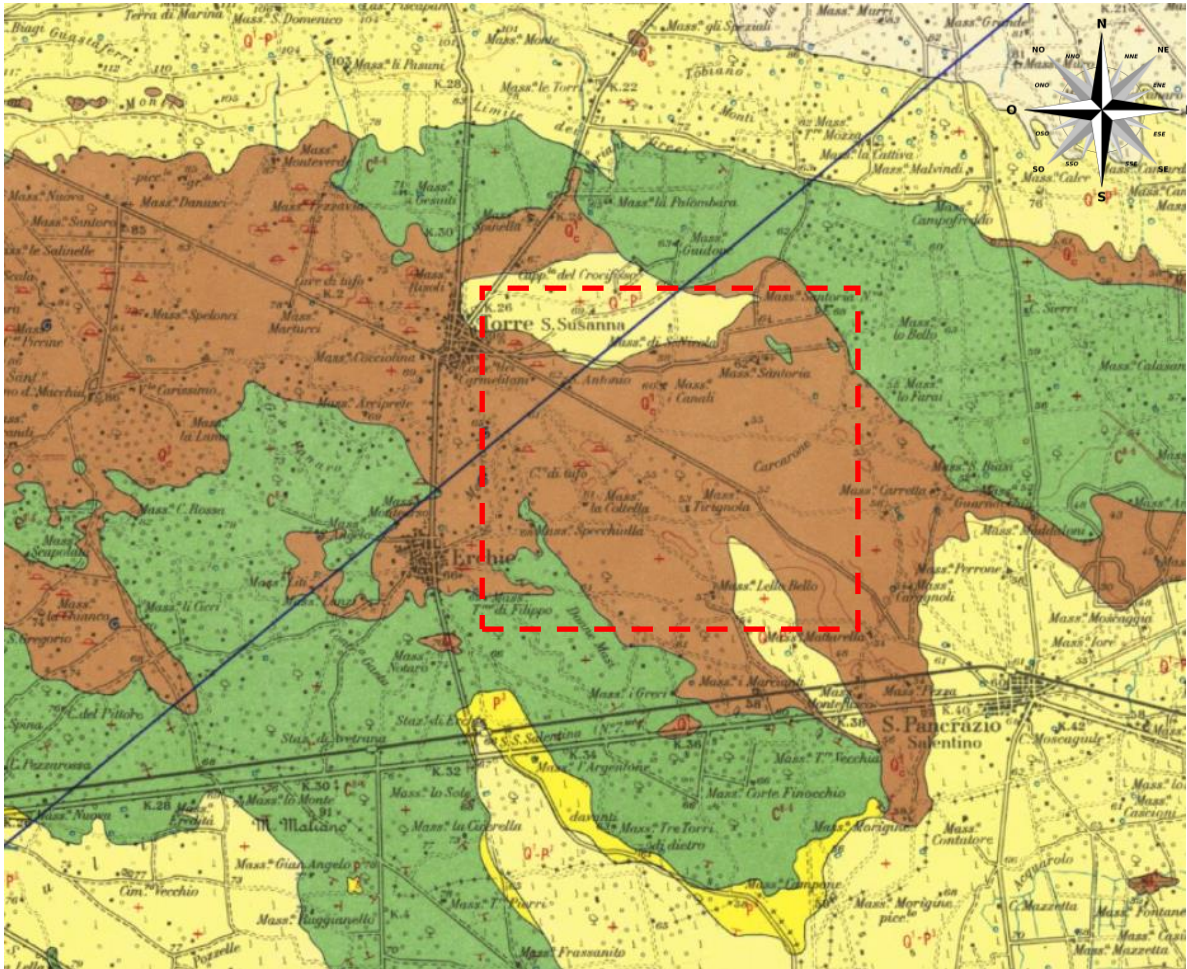


Fig. 2 - Stralcio Carta Geologica d'Italia - Foglio 203 "Brindisi" (Scala 1:100.000)

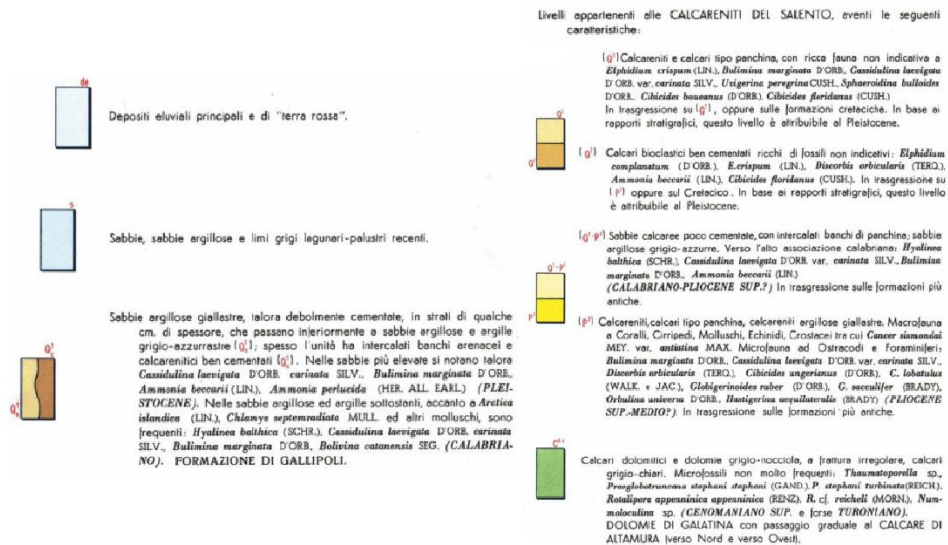




Fig. 3 - Stralcio Carta geolitologica (Allegato 1)

Legenda

- Area Impianto
- Cavidotto

Litologia

- Sabbie calcaree
- Calcareniti ben cementate
- Calcareniti
- Calcari dolomitici

Nel suo complesso la conformazione del territorio e da porre in relazione ai processi morfogenetici, sia erosivi che sedimentari, verificati durante il Pleistocene per effetto di ripetute oscillazioni marine collegate a movimenti verticali delle terre, nonché a fenomeni glacio-eustatici.

Il comprensorio in esame occupa il margine di SE dell’altopiano murgiano e la propaggine settentrionale della penisola salentina, ponendosi quasi a cavallo di due distinti distretti

geomorfologici; in effetti l'area nord-occidentale del territorio è caratterizzata da una morfologia di bassa collina, mentre l'area meridionale presenta zone sub-pianeggianti.

Il sito in oggetto si colloca in uno scenario morfologico costituito da un blando assetto del paesaggio che risulta essere interrotto da incisioni erosive (solchi, lame e canali) che nascono in gran parte dei casi nella zona collinare sopra citata e si sviluppano, secondo la direzione di maggiore acclività della superficie, prevalentemente in direzione NE-SW.

La morfologia pianeggiante dell'area, unitamente alle modeste precipitazioni meteoriche di questo settore della pianura, rende i processi erosivi superficiali molto limitati e lenti, per cui nell'area d'interesse sono da escludere fenomeni d'instabilità geomorfologica in atto o potenziali sia superficiali che profondi.

Il territorio comunale di Torre Santa Susanna, pressoché pianeggiante, degrada dolcemente dalle estreme propaggini delle Murge verso la piana salentina.

Per quanto riguarda la geologia, il substrato dell'area è caratterizzato dalla presenza di una potente successione calcarea - dolomitica cretacea con assetto prevalentemente sub-orizzontale.

La stessa successione risulta essere attraversata da faglie dirette sub-verticali allineate secondo due sistemi principali, uno orientato in direzione WNW – ESE e l'altro in direzione NE – SW.

Sulla successione calcarea – dolomitica poggia in trasgressione la Formazione delle *Calcareniti del Salento* (Pliocene sup. - Pleistocene inf.); con tale termine formazionale si intendono tutti quei sedimenti calcarenitici plio-pleistocenici noti in bibliografia con la denominazione generica ed impropria di "tuffi". Tale Formazione contiene al suo interno diversi orizzonti, caratterizzati tra loro da variazioni litologiche piuttosto sensibili.

Dal punto di vista litologico le Calcareniti del Salento sono costituite da calcareniti organogene di colore bianco-giallastro o rossastro per alterazione (generalmente nei livelli sommitali), piuttosto porose, di norma mal stratificate, a grado di cementazione variabile, con locali intercalazioni di orizzonti fossiliferi e da sabbie calcaree concrezionate o limose.

La granulometria, della litofacies calcarenitica, solitamente grossolana alla base, diviene più fine verso l'alto, dove si rinvencono nuovamente clasti grossolani e dove compare a volte un crostone terminale compatto e duro.

I granuli della roccia sono quasi interamente costituiti da frammenti di micro e macrofossili e cementati tra loro da quantità variabili di calcite spatica.

Nella maggior parte degli affioramenti calcarenitici si rinvengono sistemi di fratture parallele con direzione NW-SE, presumibilmente originate da locali fenomeni di riattivazione, durante il Quaternario, dei precedenti sistemi di faglie dirette.

Le sabbie calcaree, sede di una falda superficiale, sono caratterizzate superiormente da inclusi e/o livelli calcarenitici che sfumano a sabbie limose di colore giallognolo e intorno agli 8÷10 metri di profondità circa a limi sabbiosi di colore grigio-azzurro.

Nell'area di studio l'orizzonte viene a contatto con la *Formazione di Gallipoli*. La Formazione di Gallipoli è costituita (B. Martinis, 1967) da due litotipi fondamentali, che sono: le marne argillose e, più raramente, le marne, alla base; le sabbie, più o meno argillose, alla sommità. Verso l'alto della serie la componente marnoso-argillosa diminuisce gradualmente, fino a passare a sabbie vere e proprie, giallastre o grigio – giallastre, aventi ancora un certo contenuto in argilla.

Le sabbie e le argille costituenti la Formazione possono essere sostituite parzialmente o totalmente, come nel sito di progetto, da calcareniti ed arenarie ben cementate e talora livelli di panchina.

In continuità di sedimentazione sulle Calcareniti del Salento si rinvengono anche, in prossimità della costa, *depositi sabbiosi, sabbiosi - argillosi e limosi grigi lagunari – palustri recenti*; questi depositi rappresentano il riempimento, generalmente parziale, di depressioni costiere.

3.1 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

Il sito oggetto di questo studio si colloca, così come confermato dalla carta geologica riportata in Fig. 3, nell'area di affioramento della *Formazione di Gallipoli (Q^{1c})* ovvero banchi arenacei e calcarenitici.

L'area oggetto di interesse progettuale, al di sotto di una più o meno spessa copertura di terreno vegetale alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento dei "depositi calcarenitici", formazione costituita dall'alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno a grado di cementazione variabile.

4 IDROGEOLOGIA

L'idrografia superficiale dell'area in parola è praticamente inesistente, per la presenza in affioramento di rocce dotate di permeabilità di grado variabile. Infatti tale situazione è legata alle particolari condizioni litologiche; si rilevano nel comprensorio formazioni di natura calcarea e calcarenitica ricoperte da sedimenti prevalentemente sabbiosi, permeabili principalmente per fessurazione e carsismo, le prime, e porosità, le seconde.

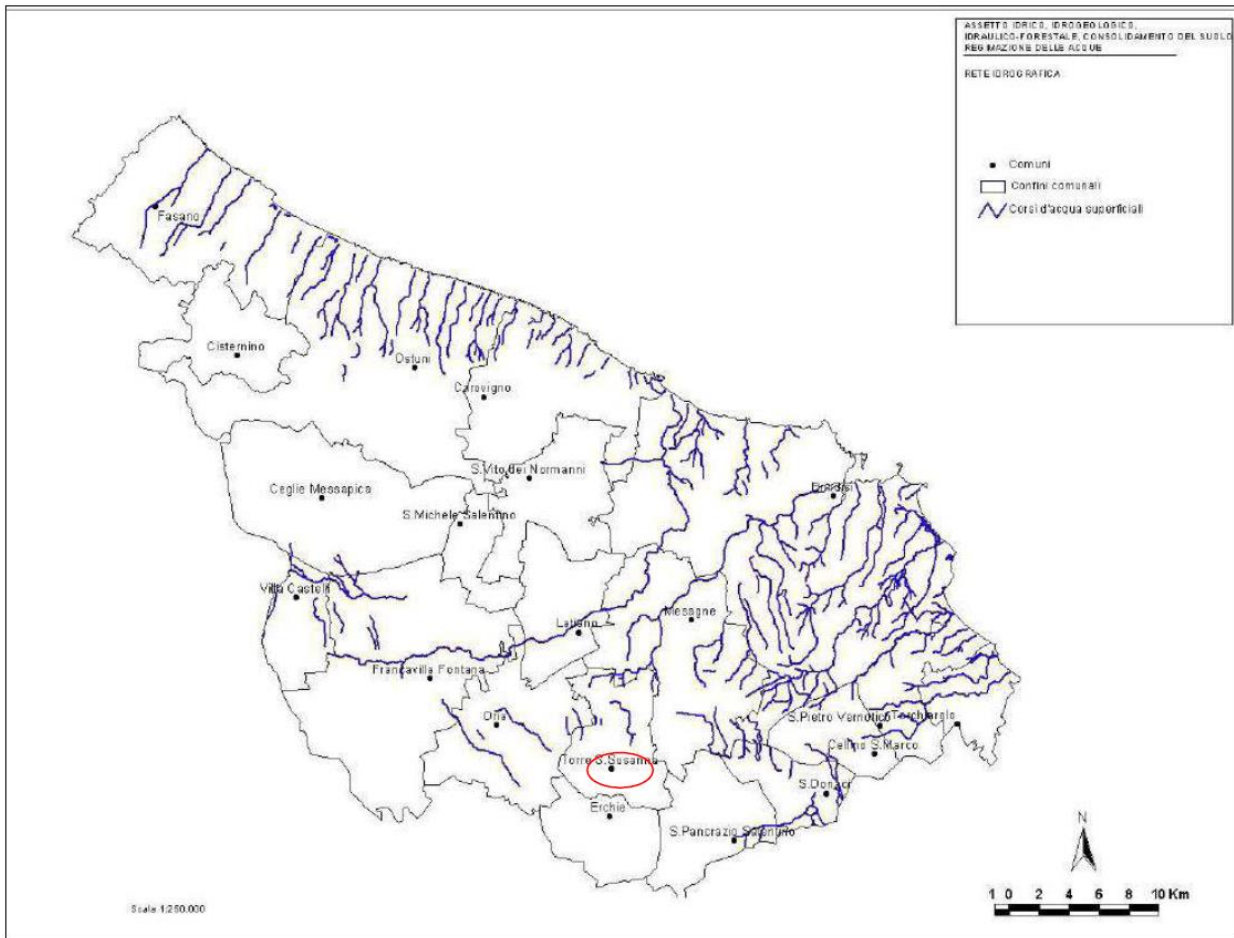


Fig. 4 - Idrografia del territorio della provincia di Brindisi (da Schema di piano territoriale di coordinamento provinciale)

Anche la morfologia influisce sulla mancanza di una rete idrografica; in effetti i tavolati e ripiani, incisi nei calcari mesozoici, organizzati in strati o in banchi e interessati da innumerevoli discontinuità di origine tettonica, con i giunti di stratificazione, vanno a costituire una vera e propria rete di fratture di norma intercomunicanti tra loro, in cui si esplica la circolazione idrica.

Queste situazioni geostrutturali delle masse rocciose precludono la possibilità di formazione di corsi d'acqua superficiali e favoriscono l'assorbimento delle acque meteoriche. Solo in caso di piogge abbondanti le acque che rigurgitano e cioè che non vengono assorbite dalle rocce fessurate, si riversano nella rete di canali superficiali, naturali e/o artificiali, altrimenti asciutti, che vanno a costituire un reticolo di tipo endoreico, spesso poco definito.

Per la presenza di ampie superfici di accumulo e per le caratteristiche idrologiche del complesso calcareo-calcarenitico, prima descritto, che è dotato di potere assorbente, soprattutto negli strati superficiali, dovuto alla permeabilità per porosità (calcareniti) e fessurazione (calcari), la circolazione idrica endogena risulta piuttosto sviluppata. È evidente che il grado di permeabilità è legato al numero ed alle dimensioni delle discontinuità, sia primarie che secondarie, esistenti nell'ammasso roccioso ed alla carsificazione che può essere spinta in vario modo. La conoscenza della distribuzione superficiale delle rocce assorbenti offre un limitato contributo alla comprensione della circolazione idrica sotterranea perché le situazioni geologiche e carsiche, che si riscontrano in profondità, non sempre coincidono con quelle che si osservano in superficie. Infatti una caratteristica di rilevante importanza è che le acque di falda si possono rinvenire anche a notevole profondità sotto il livello del mare e confinate tra livelli rocciosi poco permeabili e più compatti alla scala dell'ammasso roccioso. Questa particolare situazione idrogeologica impone alla falda idrica una circolazione in pressione, anche con carichi idraulici elevati.

Altro fattore determinante agli effetti della circolazione idrica sotterranea è rappresentato dalla terra rossa, inclusa nelle cavità carsiche e nelle fessurazioni della roccia, che ne riduce il grado di permeabilità. Solo in presenza di rocce ampiamente carsificate e fessurate, non interessate da riempimenti di terra rossa, il carico idraulico della falda acquifera tende a ridursi notevolmente e a portarsi al valore del livello del mare. In questo caso la falda acquifera può rinvenirsi a pelo libero e risentire degli effetti di una falda circolante in equilibrio sulle acque marine di invasione continentale.

Quindi 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 5,00 metri s.l.m.m. (Fig. 5 dal PTA).

Per quel che riguarda le condizioni idrogeologiche locali, le indagini effettuate nell'area d'esame e lo studio dei pozzi della zona, non hanno evidenziato, la presenza di falde superficiali. La falda profonda è presente alla profondità di circa 50,00 metri dal piano campagna. Per cui si escludono interferenze, da parte di acque ipogee, con le aree di futura imposta delle fondazioni.

Costruzione ed esercizio di un impianto "agrovoltaico" per produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza nominale pari a 10,759 MW e potenza in immissione pari a 10,758 MW con relativo collegamento alla rete elettrica – impianto denominato "Torre Santa Susanna" ubicato in agro del comune di Torre Santa Susanna.

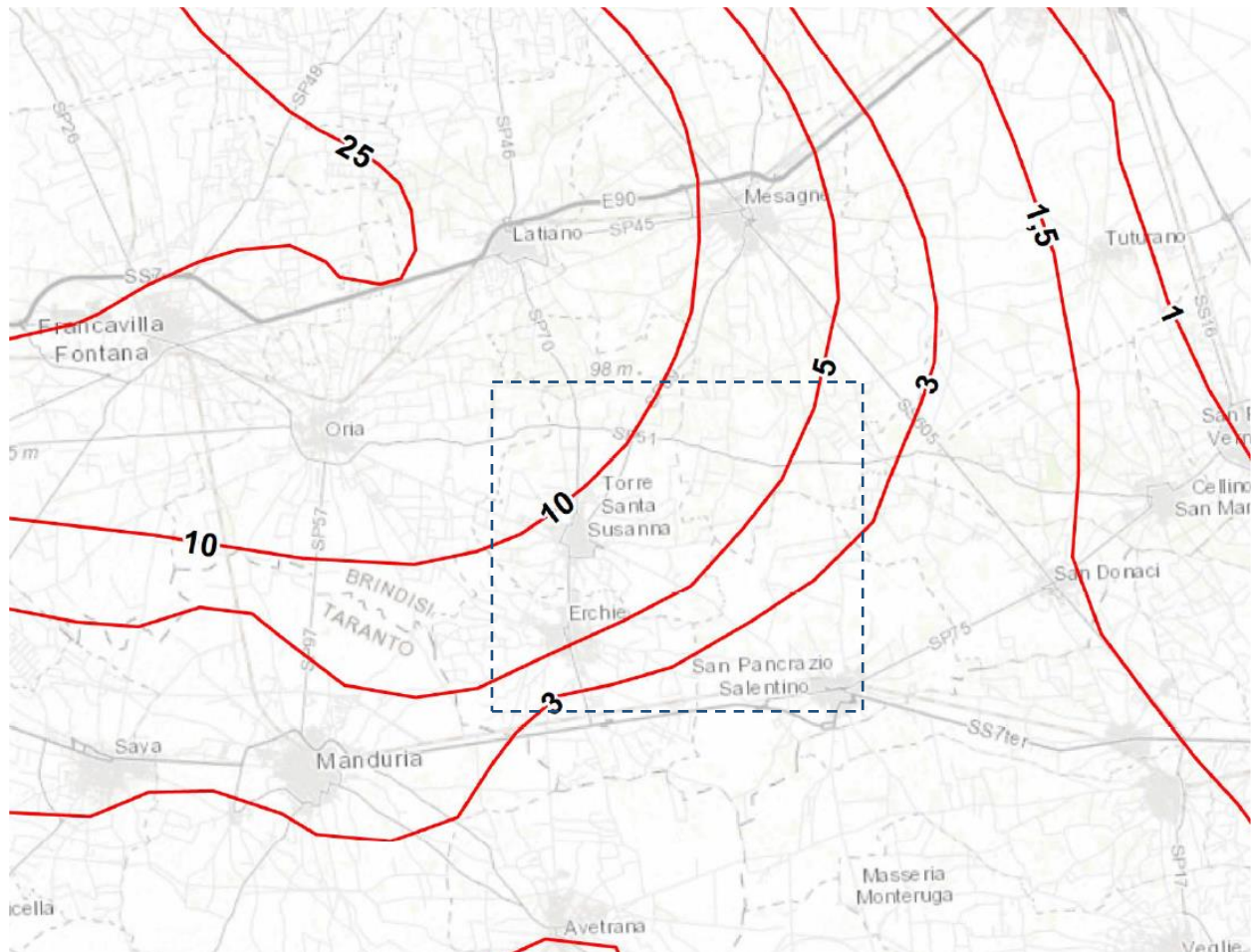


Fig. 5 - Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi (Elaborato C05 del P.T.A.)

Legenda

Isopieziche medie (m s.l.m.)

(presunte se tratteggiate)

- Isopiezica media (m s.l.m.) - Gargano
- Isopiezica media (m s.l.m.) - Tavoliere
- Isopiezica media (m s.l.m.) - Murgia e Salento

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:

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*

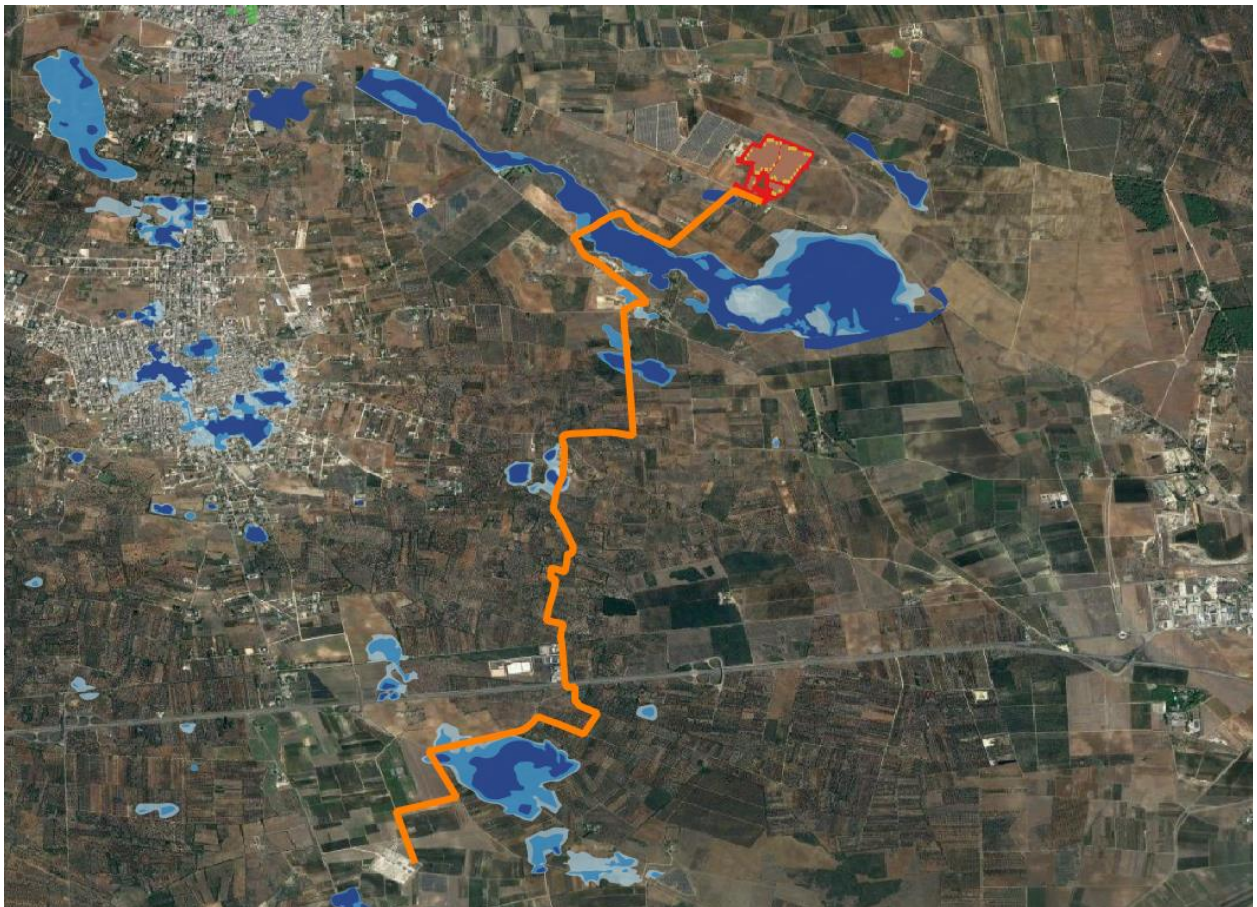
Aree a pericolosità idraulica:

- *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*


Costruzione ed esercizio di un impianto "agrovoltaico" per produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza nominale pari a 10,759 MW e potenza in immissione pari a 10,758 MW con relativo collegamento alla rete elettrica – impianto denominato "Torre Santa Susanna" ubicato in agro del comune di Torre Santa Susanna.




Pericolosità e Rischio


Peric. Geomorf.


 media e moderata (PG1)

 elevata (PG3)

 elevata (PG2)

Peric. Idraulica

 bassa (BP)

 alta (AP)


 media (MP)


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


Costruzione ed esercizio di un impianto "agrovoltaico" per produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza nominale pari a 10,759 MW e potenza in immissione pari a 10,758 MW con relativo collegamento alla rete elettrica – impianto denominato "Torre Santa Susanna" ubicato in agro del comune di Torre Santa Susanna.




Pericolosità e Rischio


Peric. Geomorf.


 media e moderata (PG1)

 elevata (PG3)

 elevata (PG2)

Peric. Idraulica

 bassa (BP)

 alta (AP)

 media (MP)

Fig. 6b – Inquadramento P.A.I. Area Impianto Sezione B

Costruzione ed esercizio di un impianto "agrovoltaico" per produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza nominale pari a 10,759 MW e potenza in immissione pari a 10,758 MW con relativo collegamento alla rete elettrica – impianto denominato "Torre Santa Susanna" ubicato in agro del comune di Torre Santa Susanna.

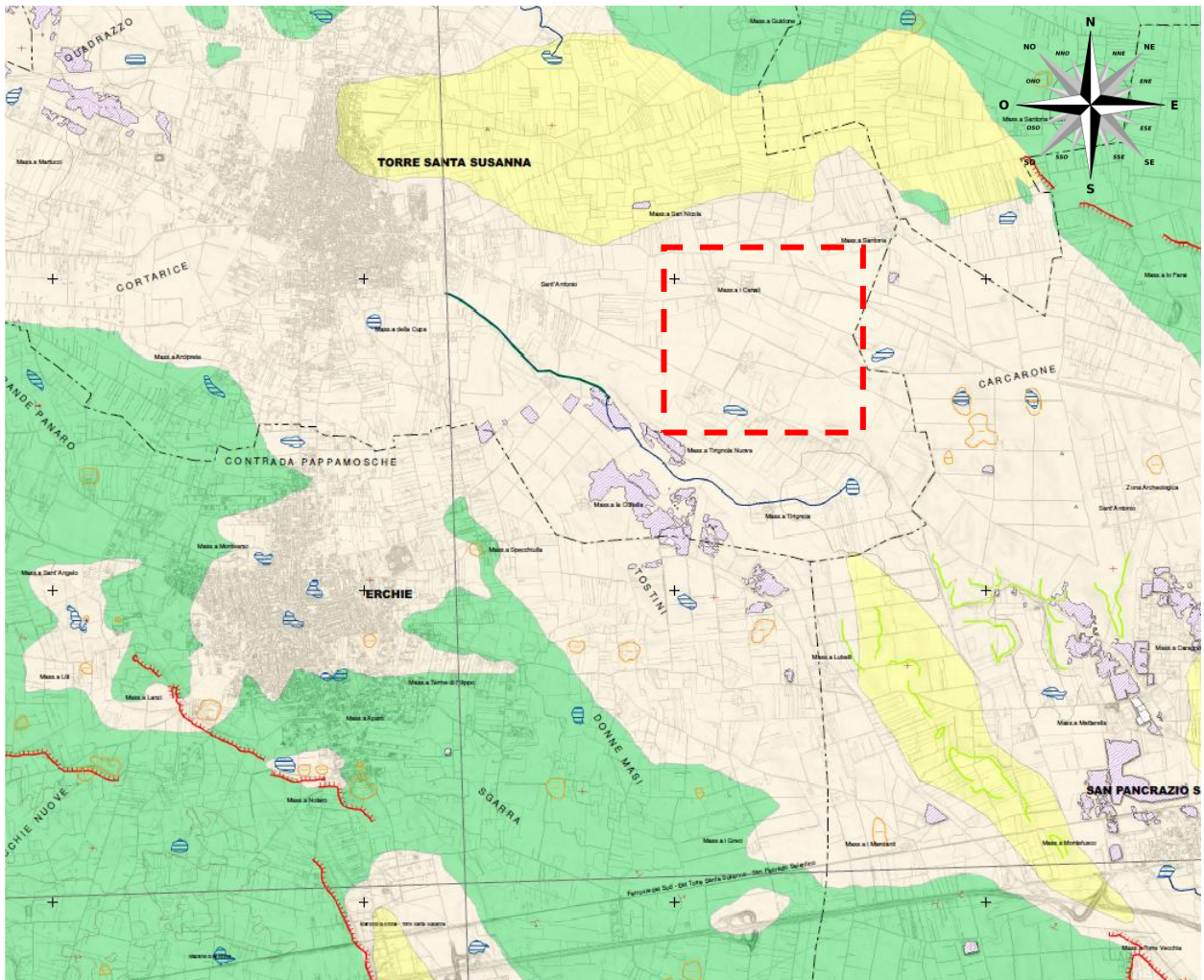


Fig. 7 - Stralcio Carta Idrogeomorfologica (scala 1:25.000)

LEGENDA

ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

Litologia del substrato

- Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
- Unità a prevalente componente argillosa
- Unità a prevalente componente silteosa-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

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 nell'area interessata dall'impianto agrovoltaico di progetto, non ricada alcuna perimetrazione di pericolosità idraulica o geomorfologica.

Si evidenzia, invece, come il tracciato del cavidotto intercetti in più punti perimetrazioni di pericolosità idraulica bassa, media e alta e infine il reticolo idrografico della carta idrogeomorfologica.

Tali aspetti verranno analizzati nel dettaglio nel relativo studio di compatibilità idrologica ed idraulica

:

6 INDAGINI GEOFISICHE

Allo scopo di determinare il modello geologico e geotecnico dell'area interessata dalle opere in progetto si è proceduto a effettuare:

- **n° 5 Profili sismici a rifrazione & M.A.S.W.**

Le indagini sono state eseguite il 22/02/2023, i report sono presenti nell'Allegato 2 e sono ubicate come in Fig. 8 e 9.

All'interno dell'area d'impianto sono state eseguite le indagini geofisiche TOR_IS1, TOR_IS2. Le indagini TOR_IS3, TOR_IS4, sono state eseguite lungo il tracciato del cavidotto. L'indagine TOR_IS5, invece, è stata eseguita sul tratto finale del tracciato del cavidotto presso la SE di Erchie.



Fig. 8 - Ubicazione Indagini area impianto



Fig. 9 - Ubicazione Indagini percorso cavidotto

6.1 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 o, comunque, con 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

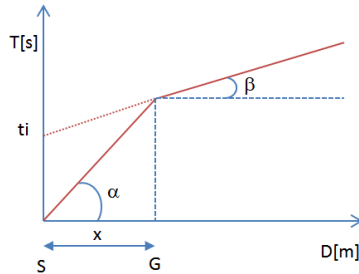
$$T = x_i / V_1$$

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

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

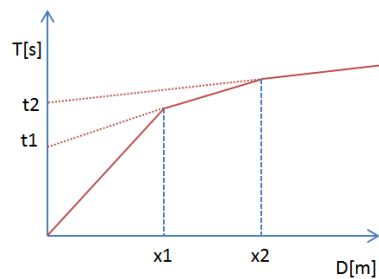
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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.

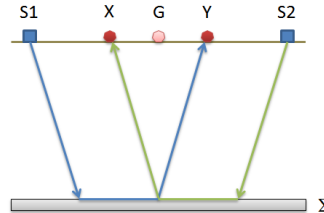


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

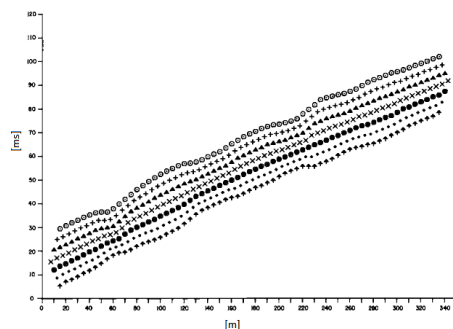
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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 rifrattore 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

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



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo

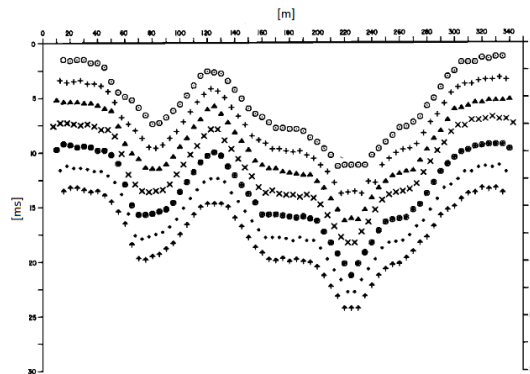
calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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.



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°.

6.1.1 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 taglio verticali V_s , 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 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 rigidità 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 V_s , 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).



6.1.2 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.

7 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.

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).

L'elaborazione dell'indagine sismica a rifrazione e M.A.S.W. ha permesso di ricavare i parametri in funzione delle velocità delle onde superficiali nei singoli strati.

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

- 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:

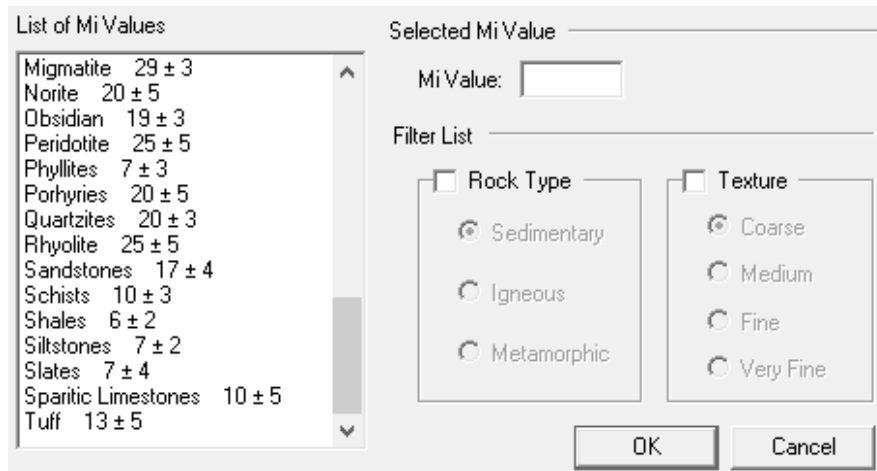
$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right);$$

- 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.



Rock Type	Mi Value
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

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 ($Q_c = Q$ 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*.

7.1 AREA IMPIANTO

Nell'area di impianto sono state eseguite le indagini TOR_IS1, TOR_IS2.

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]	650	1205	0,00 m ÷ ~3,50/4,00 m	Terreno vegetale passante a calcarenite scarsamente cementata
[2]	1050	1950	~3,50/4,00 m ÷ profondità d'interesse geotecnico	Calcarenite mediamente cementata

Da cui si ricavano i parametri:

	Strato 1	Strato 2
velocità onde S: v_s (m/s)	650	1050
velocità onde P: v_p (m/s)	1205	1950
indice di Poisson: ν	0,295	0,296
densità ρ (g/cm ³)	1,963	2,151
peso di volume: γ (KN/m ³)	22,41	24,90
modulo di taglio: G_0 (MPa)	829	2372
modulo di Young: E_y (MPa)	1500	2500
modulo edometrico E_d (MPa)	2000	3350
modulo di Bulk: K (MPa)	1745	5018
coefficiente di Winkler: K_w (Kg/cm ³)	23,52	67,36

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER L'AMMASSO ROCCIOSO		
angolo d'attrito interno: φ (°)	35	37
coesione: c (MPa)	0,702	1,423
indice GSI	50,11	56,75
Q di Barton	7,892	24,504
Q_c	0,984	5,470
indice RMR	55,11	61,75
resistenza compr. monoassiale: σ_{ci} (MPa)	12,47	22,32

CAPACITA' PORTANTE - FONDAZIONE SUPERFICIALE		
fattore di sicurezza: F_s	1,85	1,86
Q_{ult} (Kg/cm ²)	12,76	22,59
Q_{amm} (Kg/cm ²)	6,88	12,16

7.2 PERCORSO CAVIDOTTO

Lungo il percorso del cavidotto sono state eseguite le indagini: TOR_IS3, TOR_IS4 e TOR_IS5.

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 geologico- tecnica		Denominazione	Intervallo di profondità	ml
[I]		Terreno vegetale e/o di riporto	0,0 m ÷ 0,50/1,00 m	
[II]	[IIA]	Calcarenite	0,50/1,00 m ÷ profondità di interesse geotecnico	~5437
	[IIB]	Calcere fratturato	0,50/1,00 m ÷ profondità di interesse geotecnico	~3465
	[IIC]	Sabbie limose e limi argillosi	0,50/1,00 m ÷ profondità di interesse geotecnico	~754

7.3 AREA SE ERCHIE

L'impianto sarà collegato direttamente all'ampliamento della SE di Erchie, nei pressi della quale è stata eseguita l'indagine TOR_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]	85	170	0,00 m ÷ ~1,00 m	Terreno vegetale
[2]	290	475	~1,00 m ÷ ~3,50/4,00	Sabbie limose e limi argillosi
[3]	425	1020	~3,50/4,00 m ÷ profondità d'interesse geotecnico	Sabbie limose passanti a sabbie grossolane

Da cui si ricavano i parametri

	Strato 1	Strato 2	Strato 3
velocità onde S: v_s (m/s)	85	290	425
velocità onde P: v_p (m/s)	170	475	1020
indice di Poisson: ν	0,333	0,203	0,395
densità ρ (g/cm ³)	1,353	1,645	1,902
peso di volume: γ (KN/m ³)	16,34	16,95	19,04
modulo di taglio: G_0 (MPa)	10	138	344
modulo di Young: E_y (MPa)	35	400	850
modulo edometrico E_d (MPa)	50	530	1150
modulo di Bulk: K (MPa)	26	187	1521
coefficiente di Winkler: K_w (Kg/cm ³)	0,29	3,47	11,36

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER LE TERRE			
coesione non drenata: C_u (KPa)	14	160	339
angolo d'attrito interno: φ (°)	26,61	27,00	29,50

CAPACITA' PORTANTE - FONDAZIONE SUPERFICIALE			
fattore di sicurezza: F_s	2,00	1,64	2,40
Q_{ult} (Kg/cm ²)	1,15	4,77	8,08
Q_{amm} (Kg/cm ²)	0,58	2,91	3,37

8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di TORRE SANTA SUSANNA 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 TORRE SANTA SUSANNA 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 [ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/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. 10 -.

Costruzione ed esercizio di un impianto "agrovoltaico" per produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza nominale pari a 10,759 MW e potenza in immissione pari a 10,758 MW con relativo collegamento alla rete elettrica - impianto denominato "Torre Santa Susanna" ubicato in agro del comune di Torre Santa Susanna.

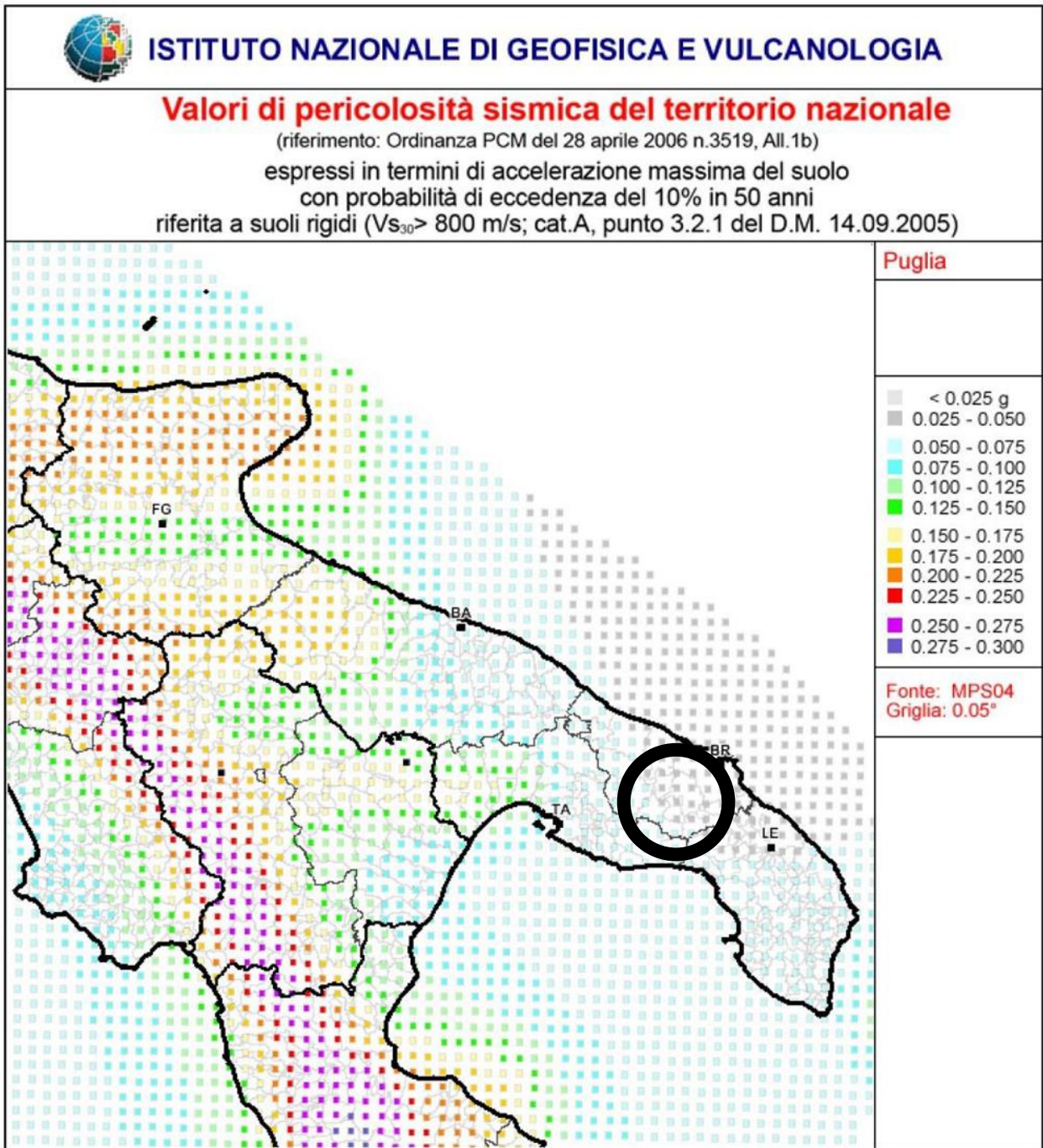


Fig. 10 – Stralcio Mappa della Pericolosità sismica



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	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.
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.
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.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Area Impianto

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock "geofisico" (indagini TOR_IS1, TOR_IS2):

$V_{seq} = 662,53; 703,72$ 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).*

Area SE E

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock "geofisico" (indagine TOR_IS5):

$V_{seq} = 453,74$ 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).*

Percorso Cavidotto

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock "geofisico" (indagini TOR_IS3, TOR_IS4):

$V_{seq} = 683,21; 607,25$ 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).*

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

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

- l'area oggetto di interesse progettuale, al di sotto di una più o meno spessa copertura di terreno vegetale alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento dei "depositi calcarenitici", formazione costituita dall'alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno a grado di cementazione variabile, tuttavia, a luoghi, dove il substrato calcareo risulta dislocato a maggiore profondità nel sottosuolo;

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

- l'area interessata dalle opere in progetto non risulta interessata dalla presenza di una falda superficiale fino alla profondità di 5,00mt dal p.c.;

- dall'analisi del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, si evidenzia come nell'area interessata dall'impianto di progetto, non siano presenti perimetrazioni di pericolosità idraulica o geomorfologica. Si evidenzia, invece, come il tracciato del cavidotto intercetti in più punti perimetrazioni di pericolosità idraulica bassa, media e alta e infine il reticolo idrografico della carta idrogeomorfologica;

- 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 nella categoria B di cui alla tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018.

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.

Dovendo sempre supporre un certo grado di imprevedibilità, caratteristica propria delle formazioni geologiche, si rimanda comunque al progettista e/o direttore dei lavori l'onere di verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto e quanto effettivamente

riscontrato, differendo in caso contrario le soluzioni progettuali sulla scorta di ulteriori approfondimenti.

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, Aprile 2023

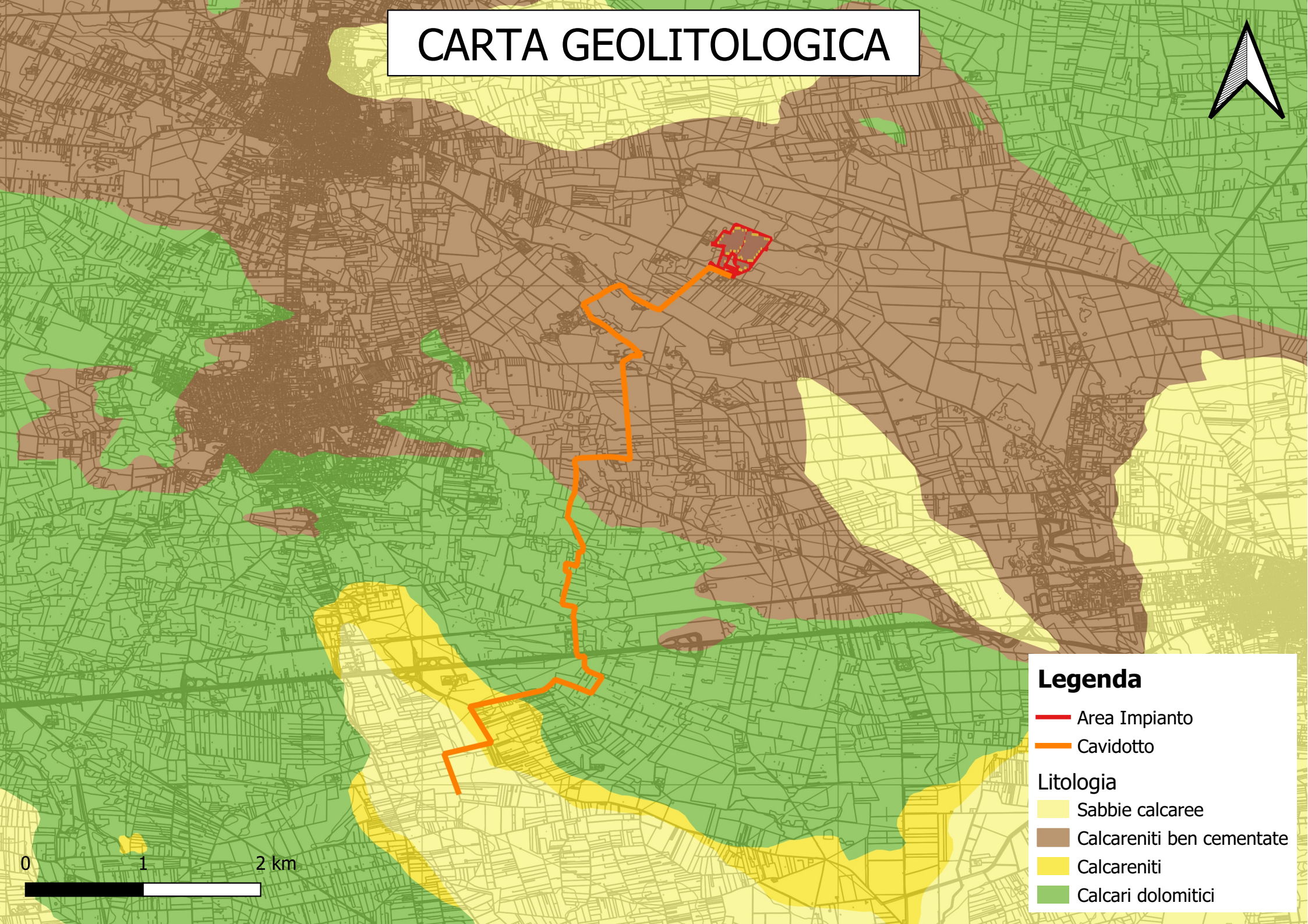
il geologo:

dott. Giovanni Paolo Mega

ALLEGATO 1

Carta Geolitologica

CARTA GEOLITOLOGICA



Legenda

— Area Impianto

— Cavidotto

Litologia

— Sabbie calcaree

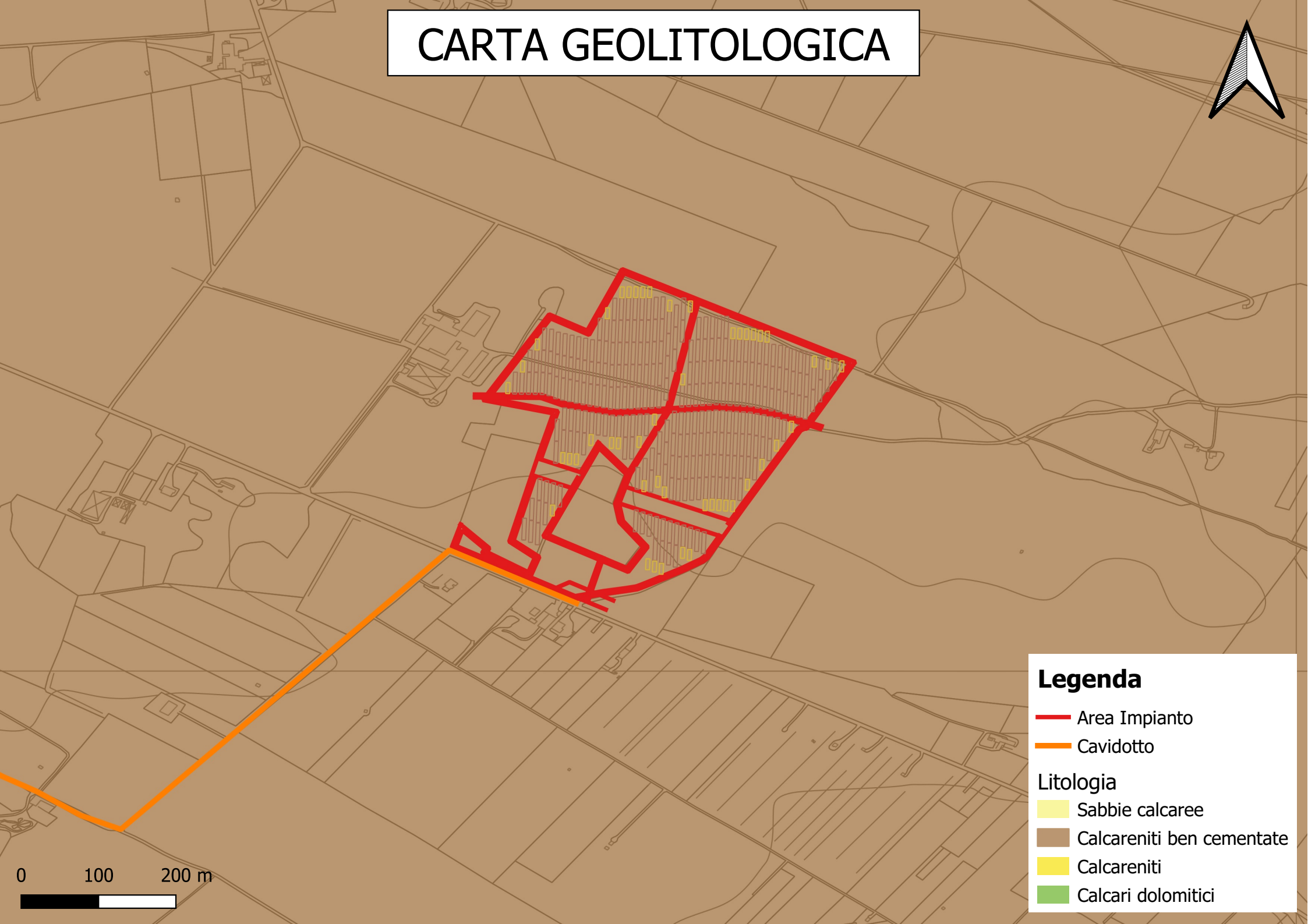
— Calcareniti ben cementate

— Calcareniti

— Calcari dolomitici

0 1 2 km

CARTA GEOLITOLOGICA



Legenda

— Area Impianto

— Cavidotto

Litologia

— Sabbie calcaree

— Calcareniti ben cementate

— Calcareniti

— Calcarei dolomitici

0 100 200 m

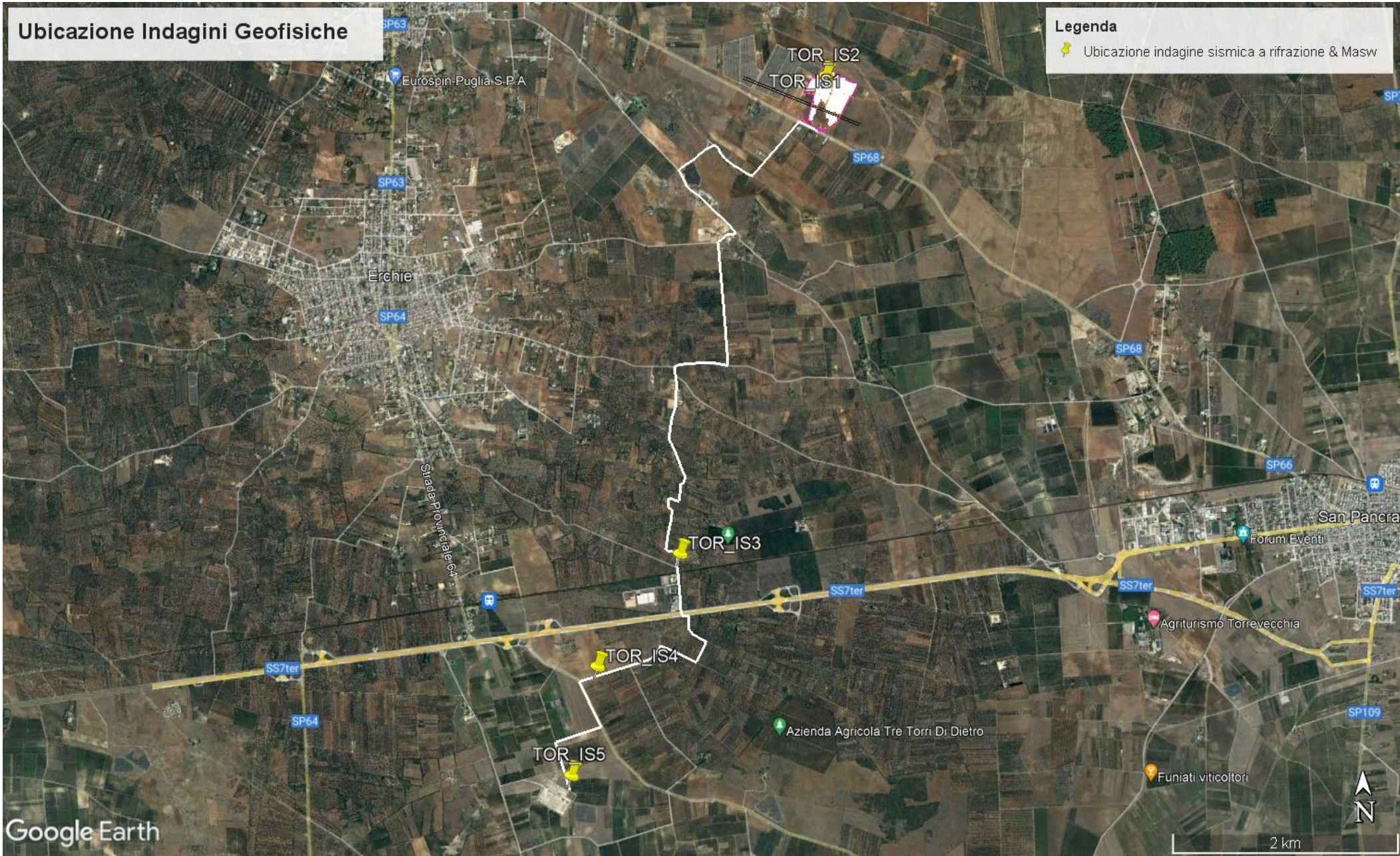


ALLEGATO 2

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

Ubicazione Indagini Geofisiche

Legenda
📍 Ubicazione indagine sismica a rifrazione & Masw



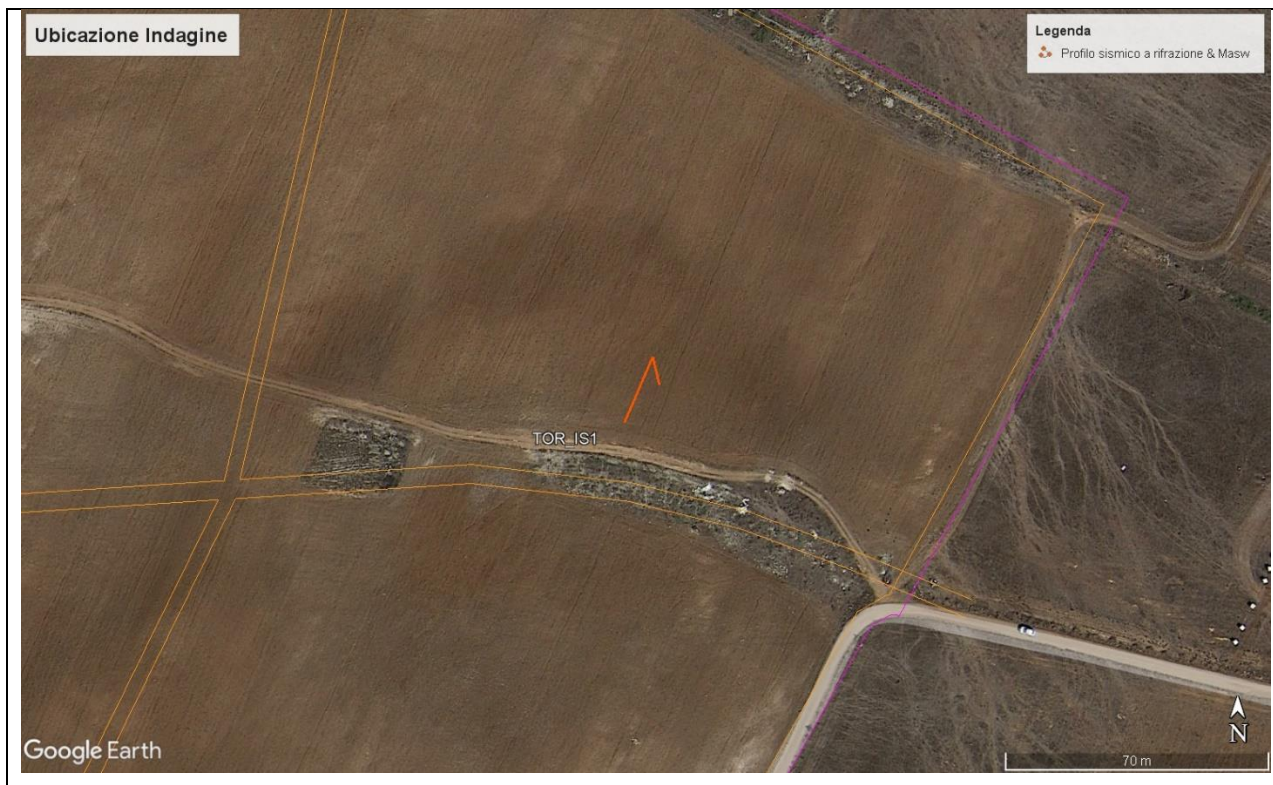
TOR_IS1

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

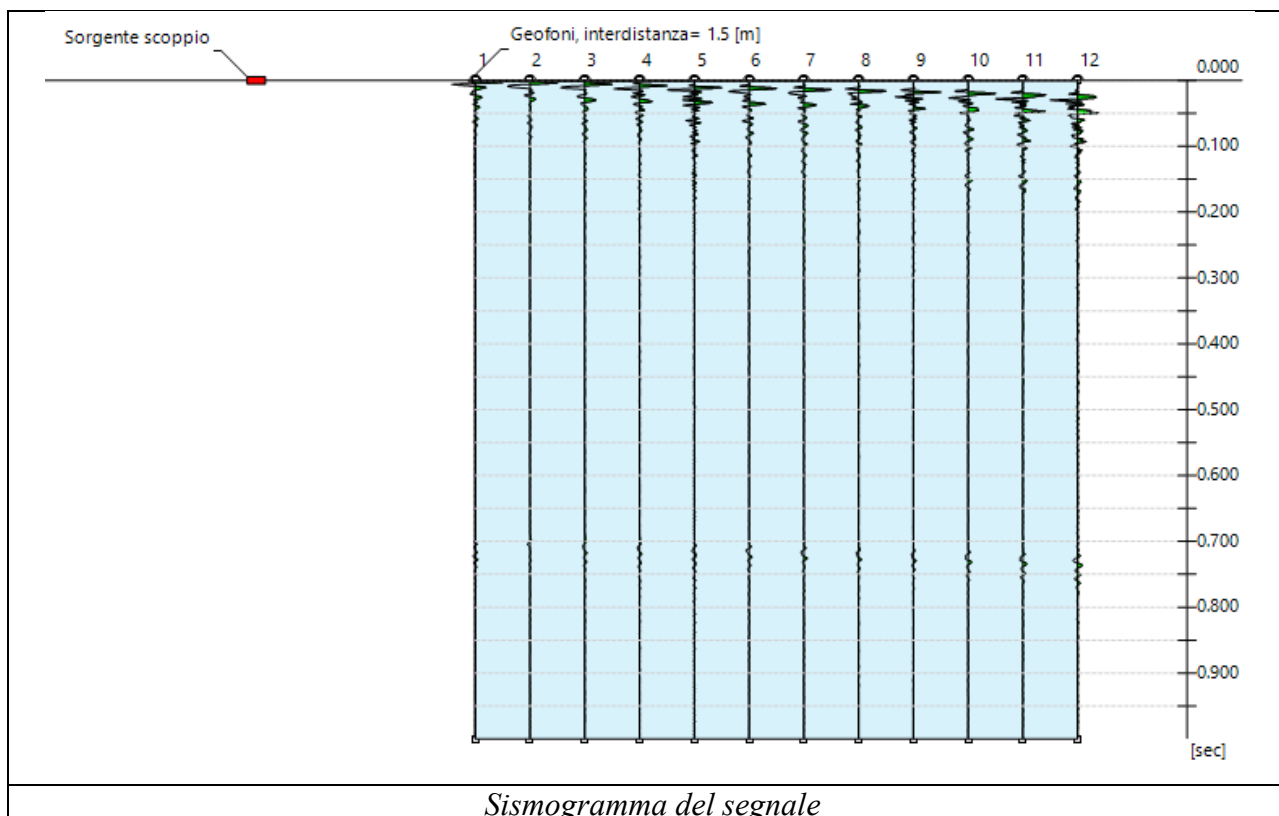
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

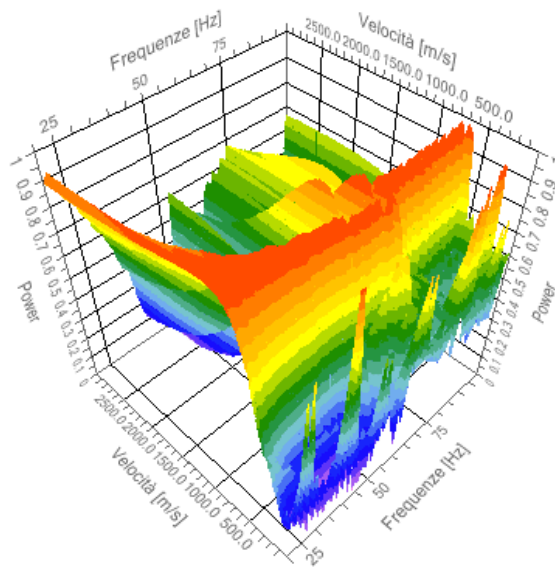
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	20
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
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	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.53	2.53	1800.0	0.30	No	993.7	531.2
2	6.40	3.87	1800.0	0.30	No	1373.3	734.1
3	13.80	7.40	1800.0	0.30	No	2094.2	1119.4
4	oo	oo	1800.0	0.30	No	2845.4	1520.9

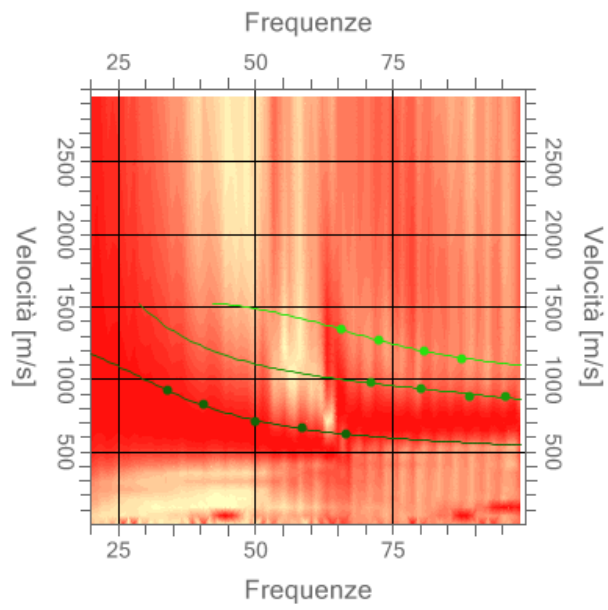
Percentuale di errore

0.005%

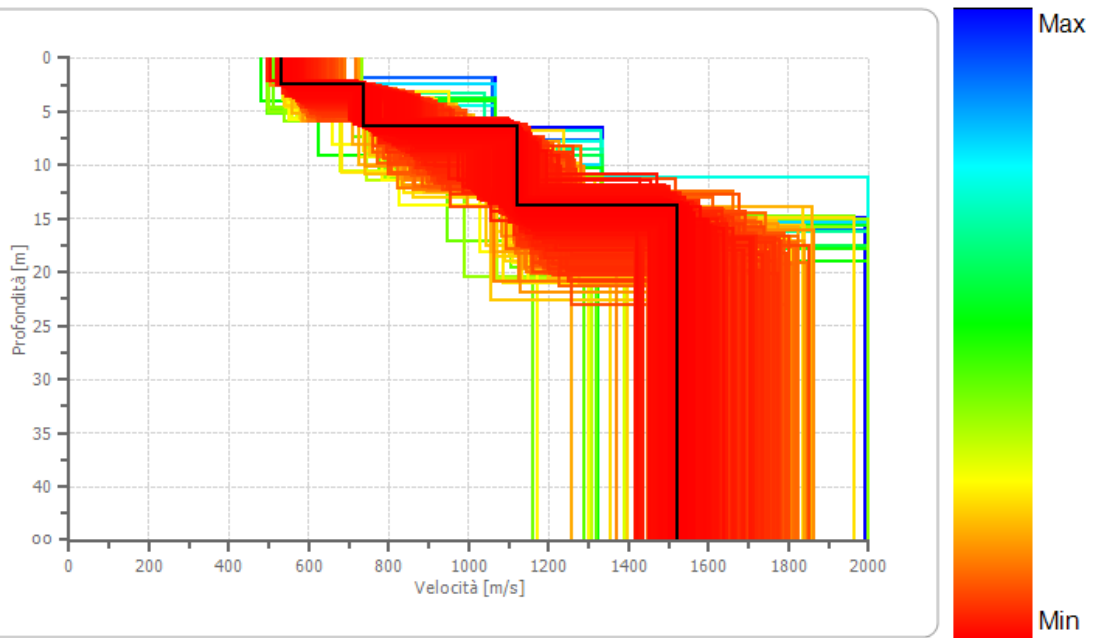
Fattore di disadattamento della soluzione

0.008

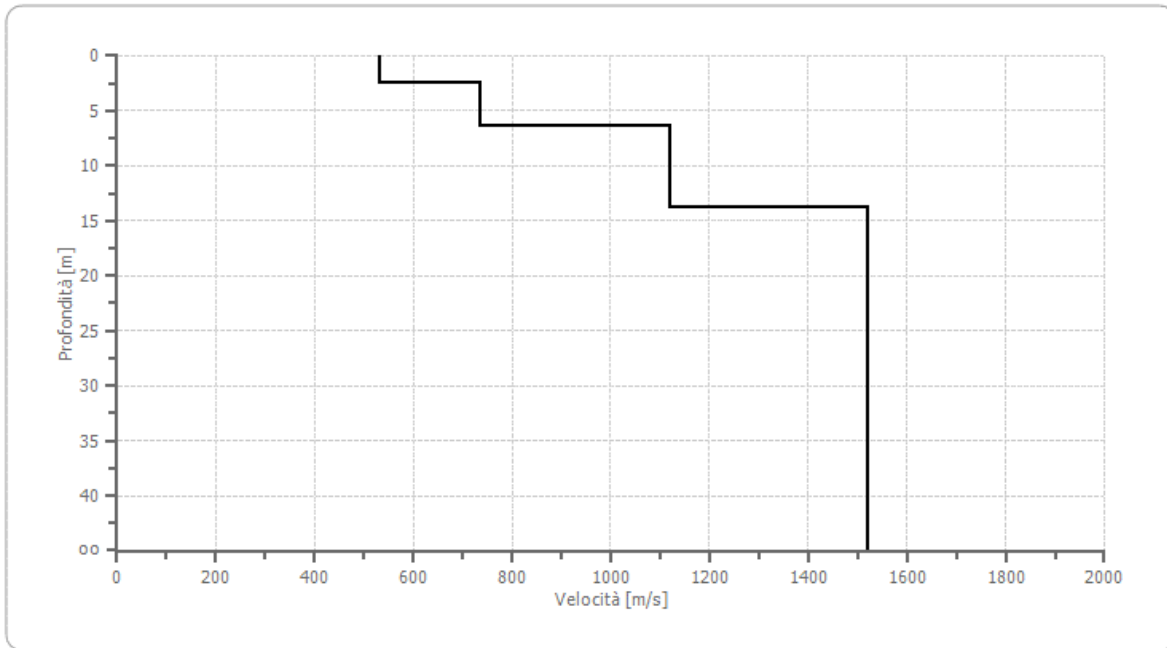
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

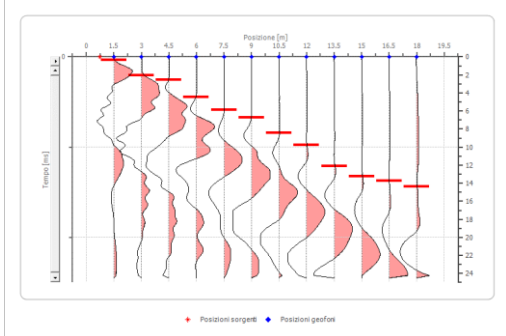
Profondità piano di posa [m]	1.00
V_{s,eq} [m/sec](H=5,40 m)	662.53
Categoria del suolo	B

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.

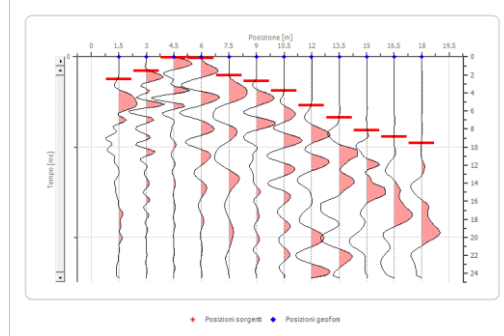
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

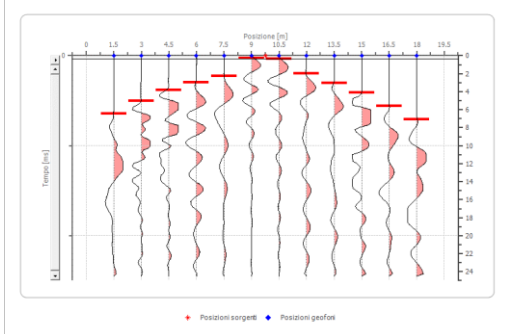
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



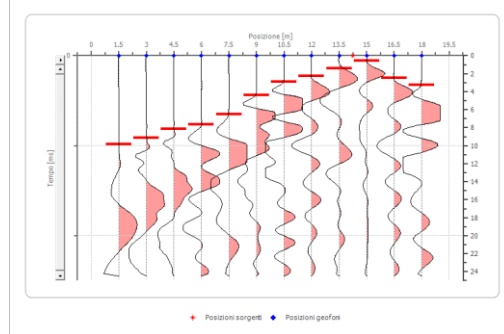
Battuta 1



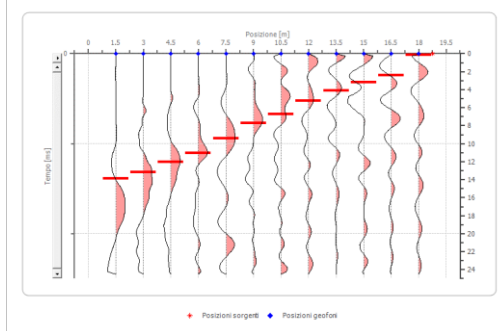
Battuta 2



Battuta 3

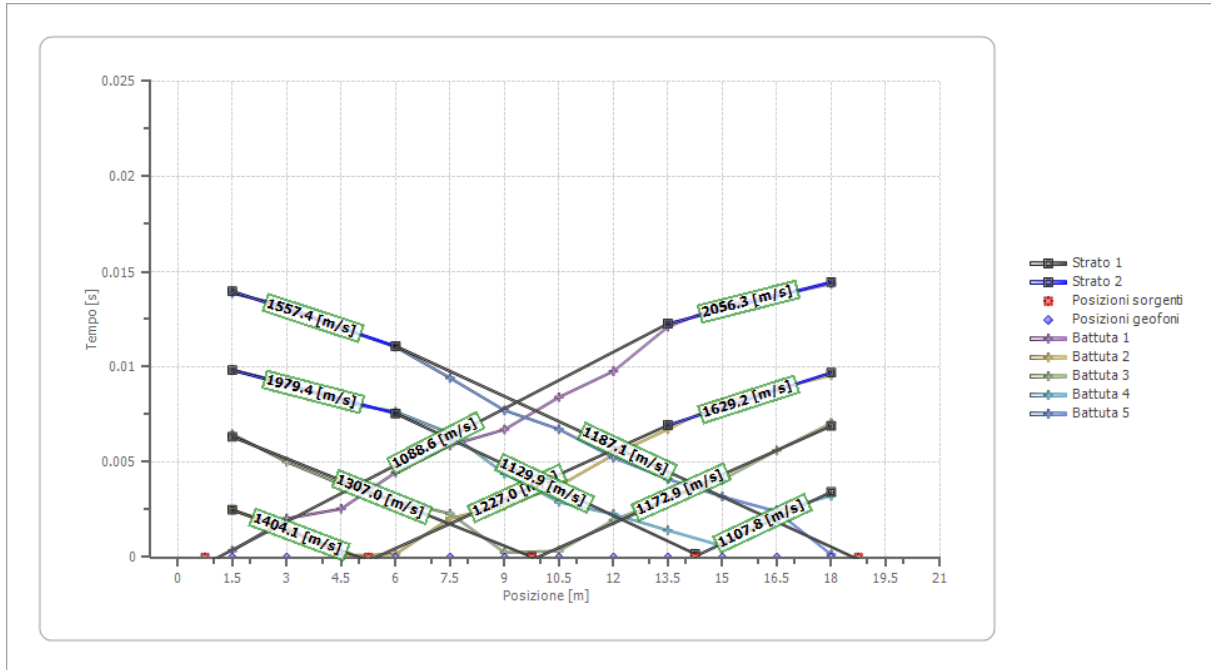


Battuta 4

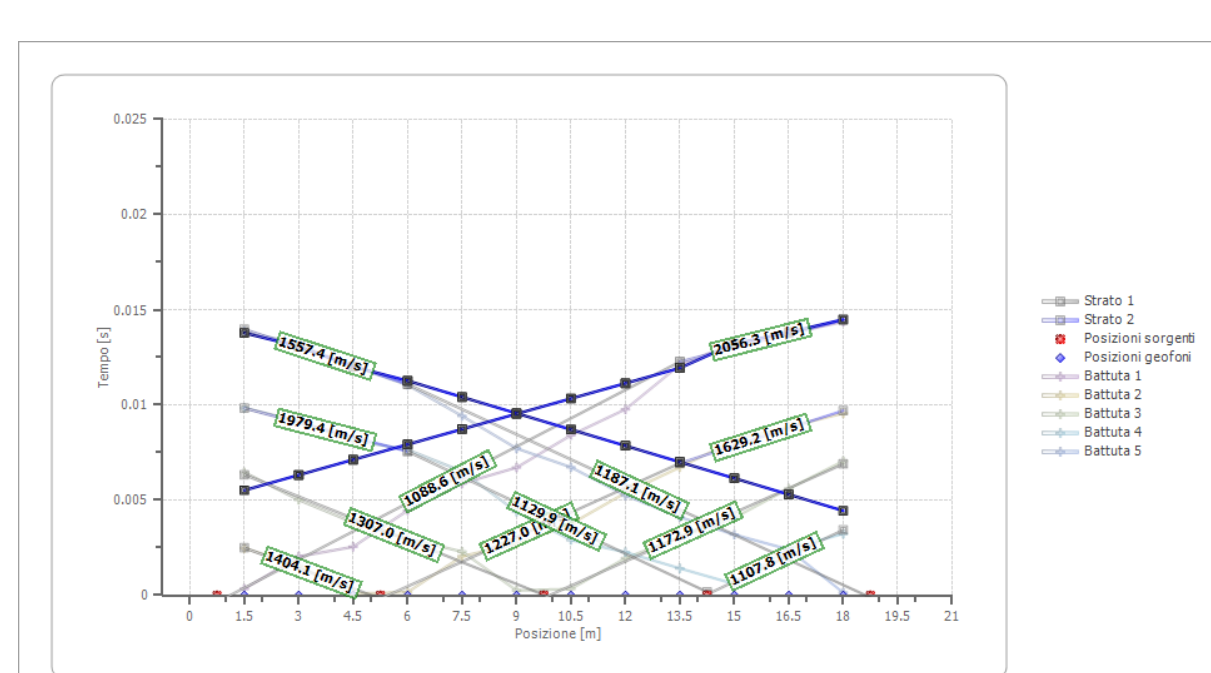


Battuta 5

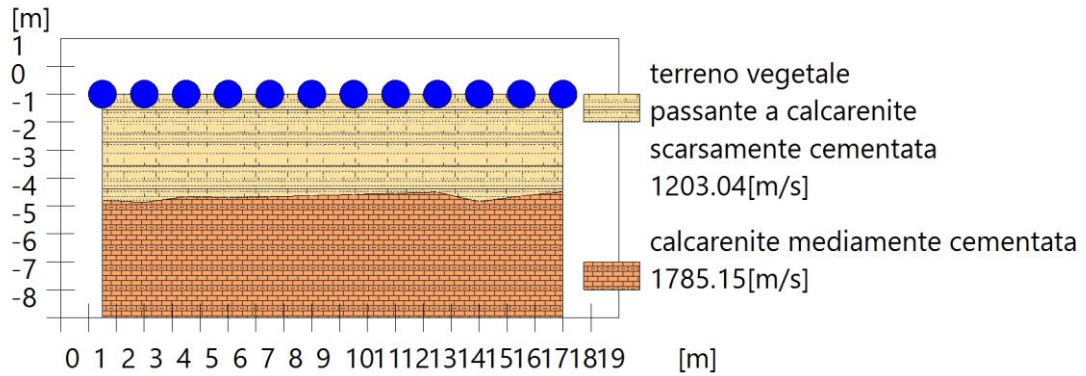
Dromocrone



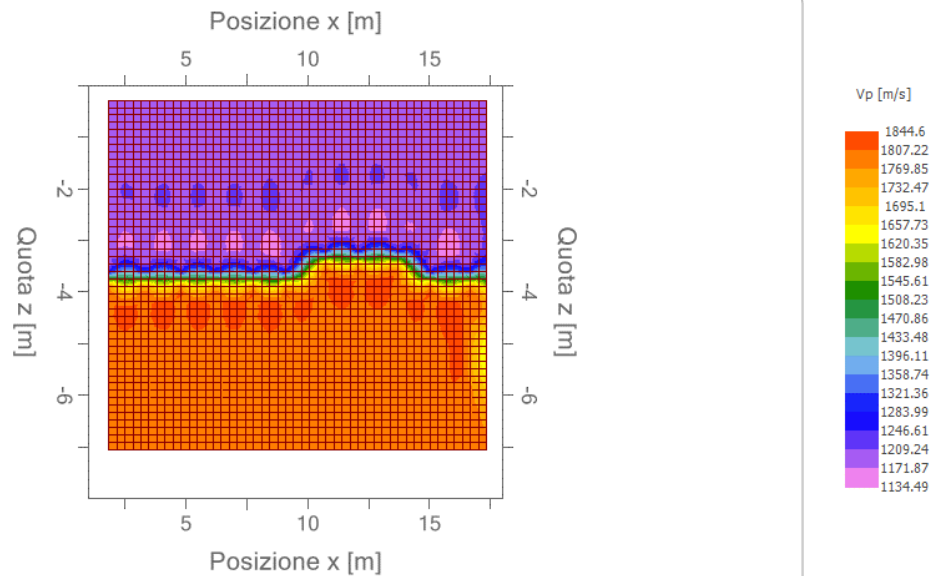
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



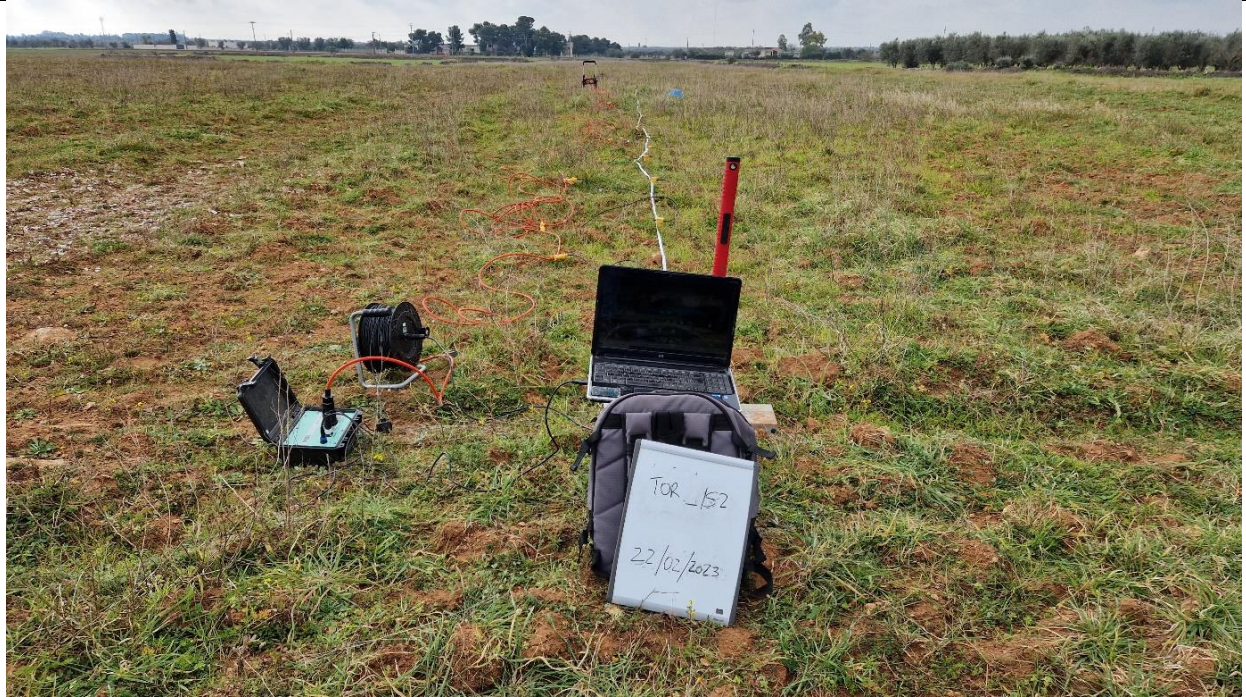
Velocità v_p

TOR_IS2

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

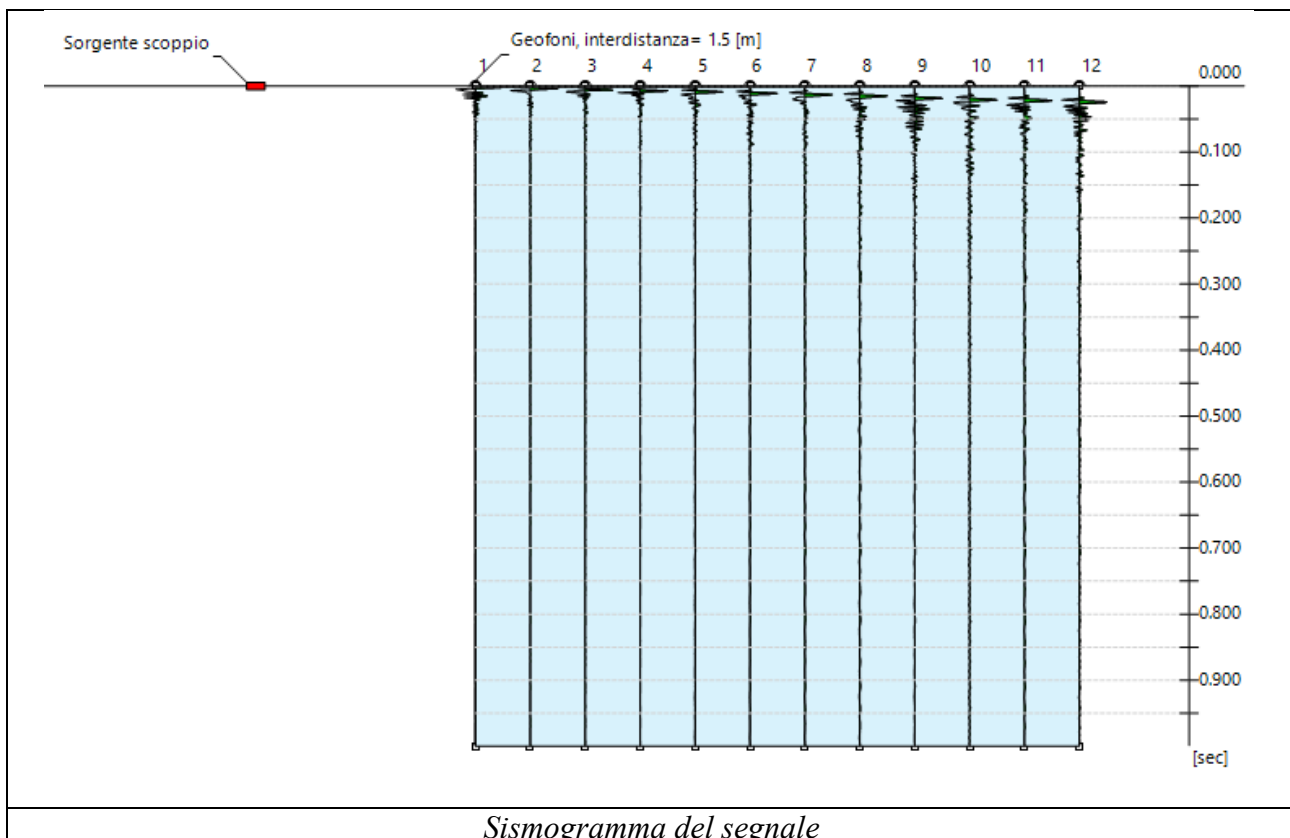
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

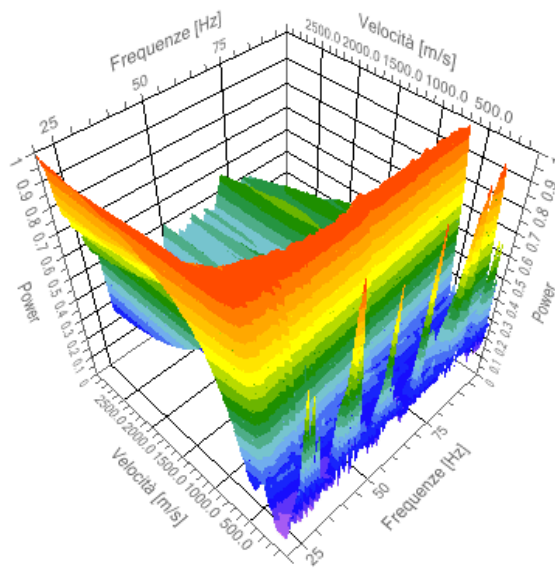
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	20
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
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	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.85	1.85	1800.0	0.30	No	1116.6	596.8
2	6.24	4.39	1800.0	0.30	No	1364.0	729.1
3	12.56	6.32	1800.0	0.30	No	1834.5	980.6
4	∞	∞	1800.0	0.30	No	2948.9	1576.2

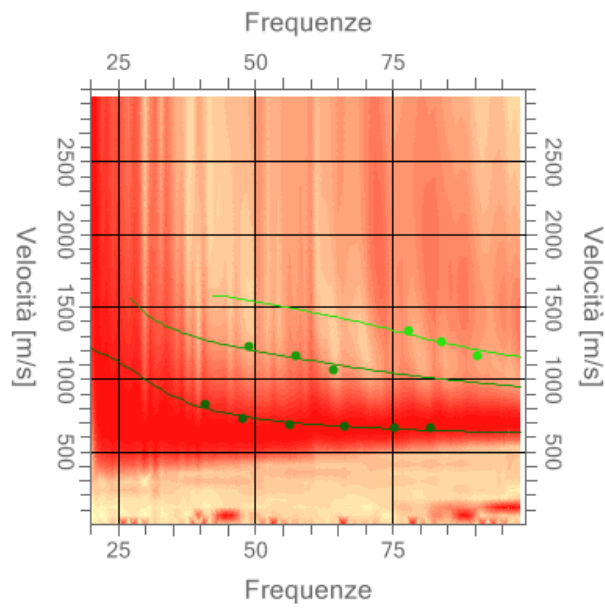
Percentuale di errore

0.046%

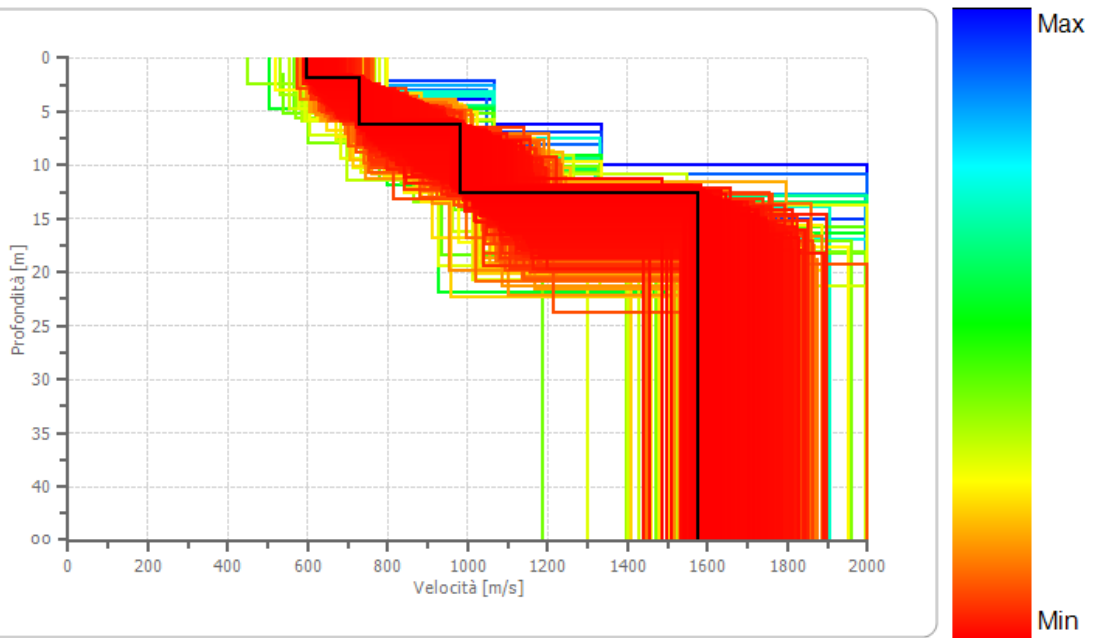
Fattore di disadattamento della soluzione

0.022

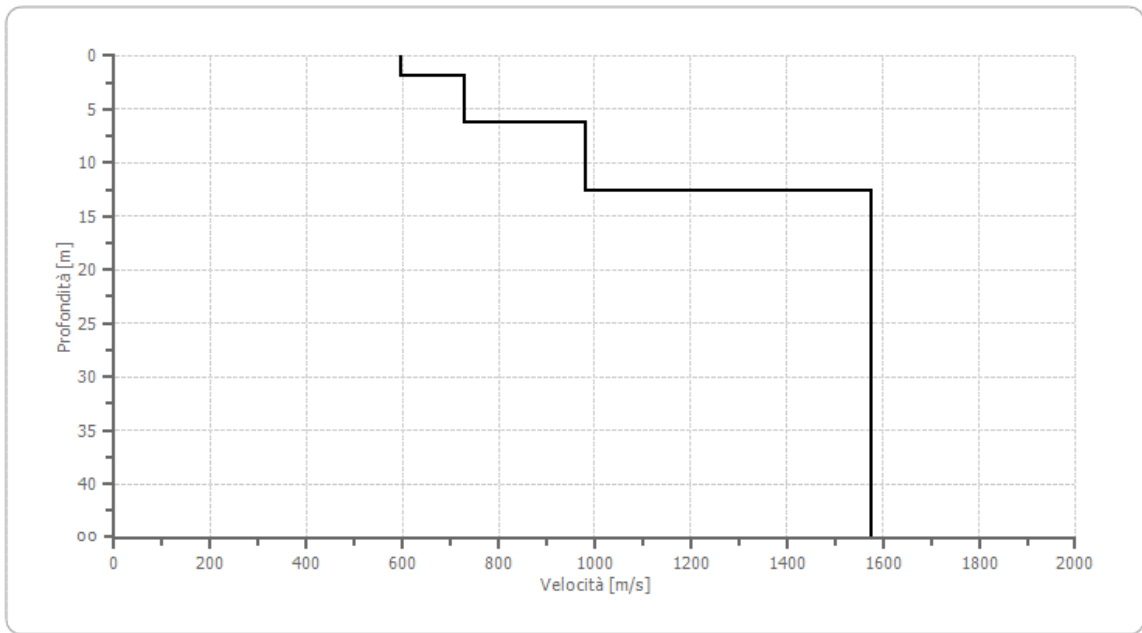
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

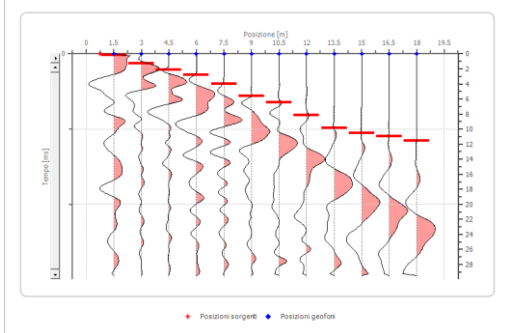
Profondità piano di posa [m]	1.00
V_{s,eq} [m/sec](H=5,24 m)	703.72
Categoria del suolo	B

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.

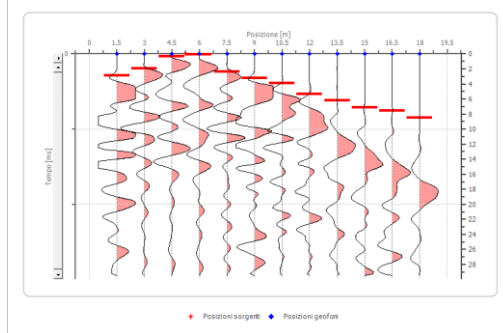
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

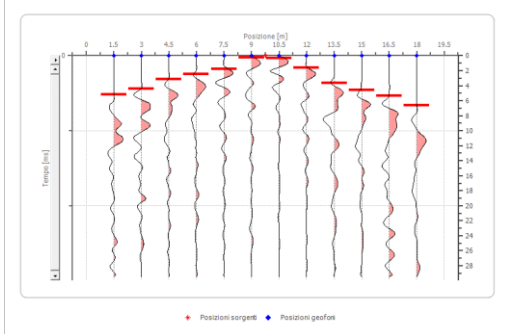
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



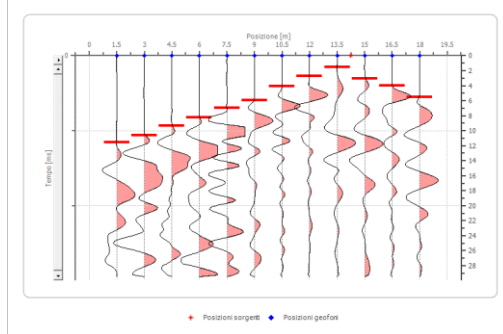
Battuta 1



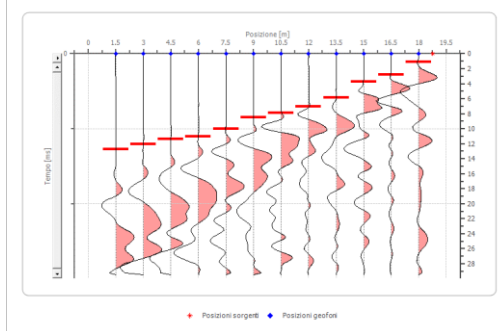
Battuta 2



Battuta 3

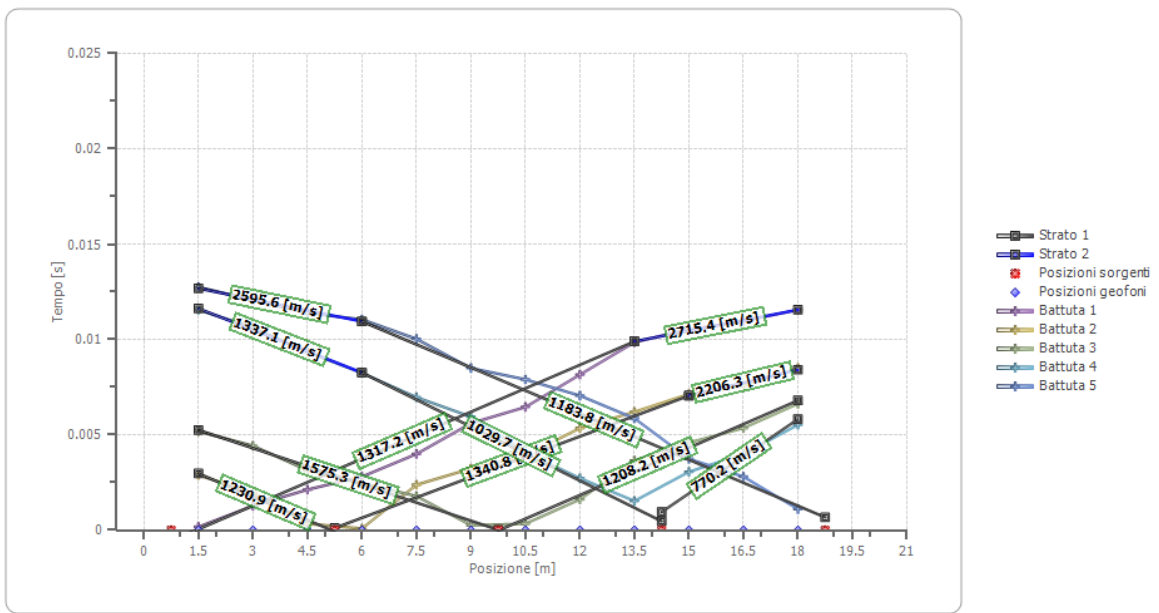


Battuta 4

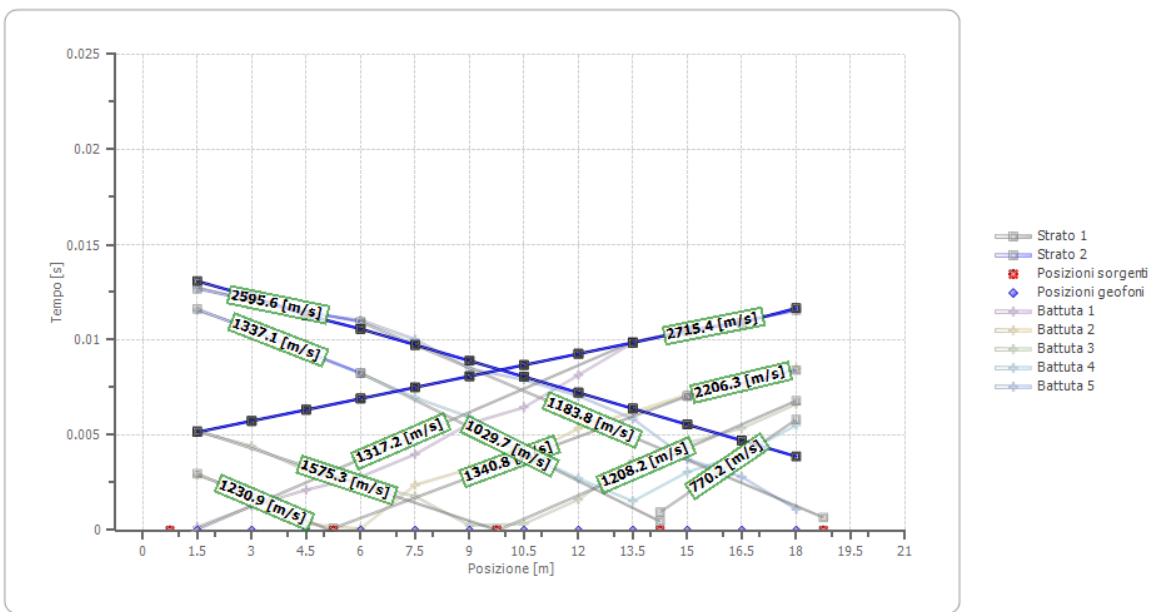


Battuta 5

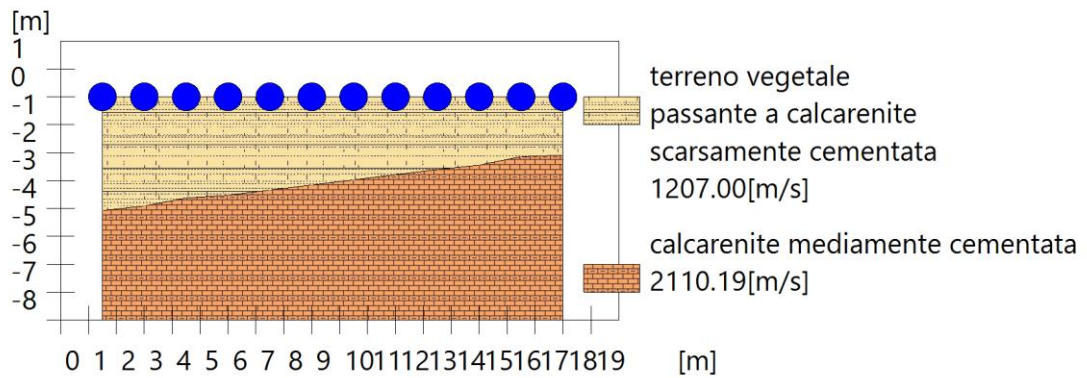
Dromocrone



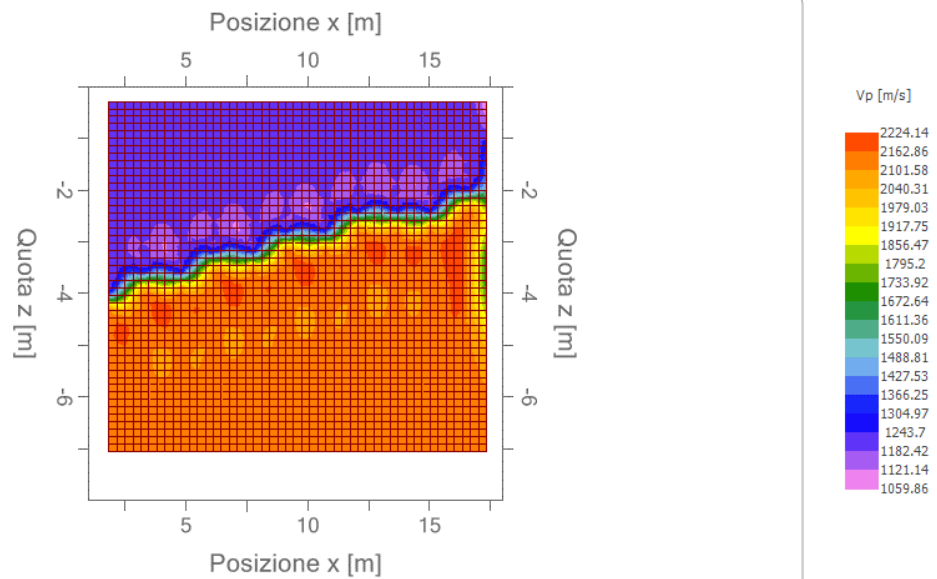
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

TOR_IS3

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

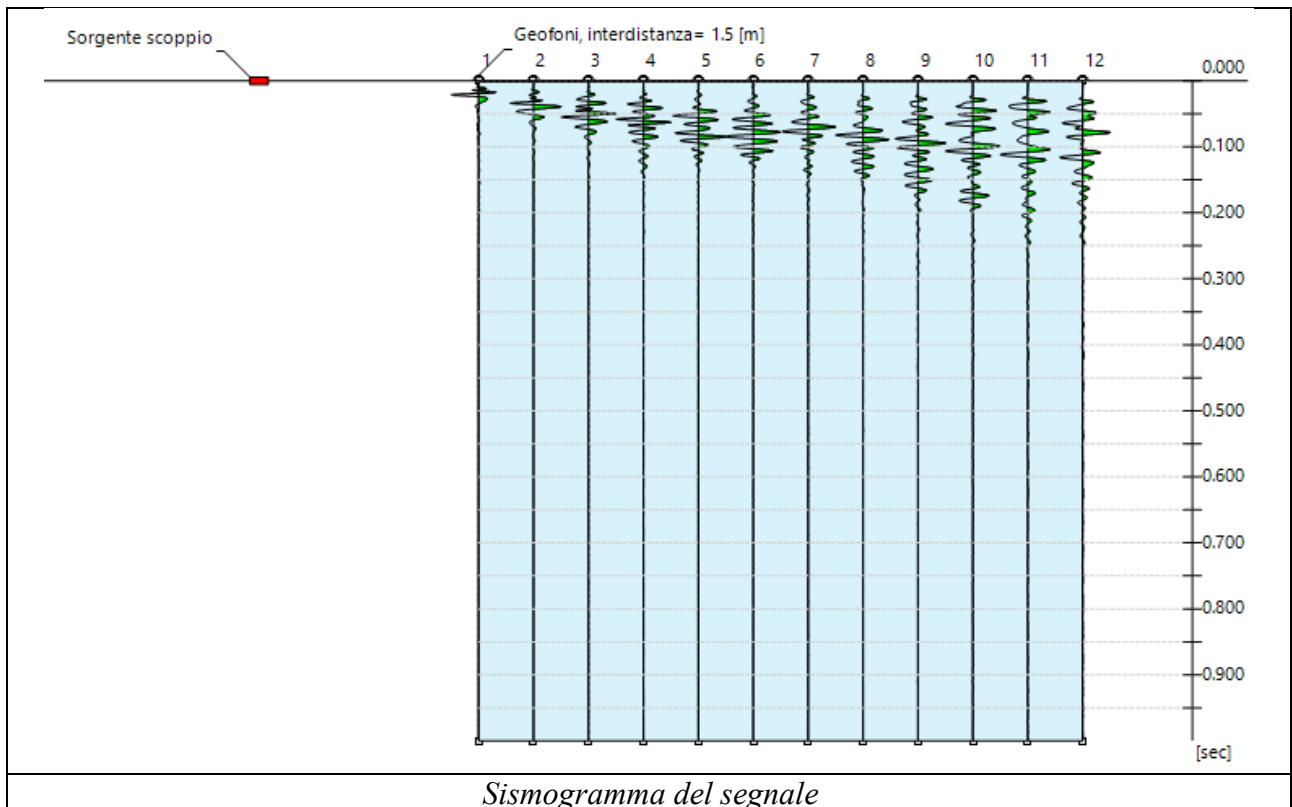
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

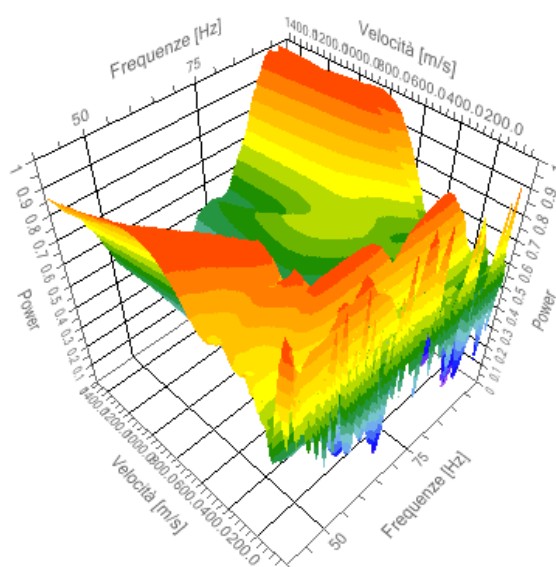
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	40
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.30	No	276.0	147.5
2	4.99	3.99	1800.0	0.30	No	1151.2	615.4
3	8.14	3.15	1800.0	0.30	No	1373.4	734.1
4	10.18	2.03	1800.0	0.30	No	1435.2	767.2
5	∞	∞	1800.0	0.30	No	2932.0	1567.2

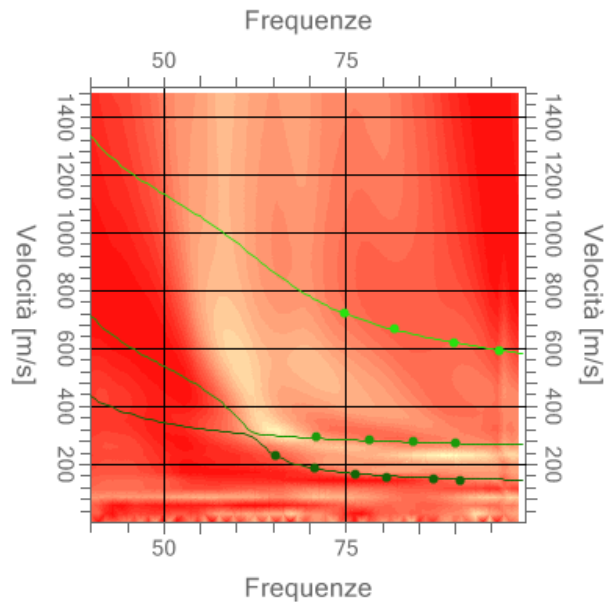
Percentuale di errore

0.005%

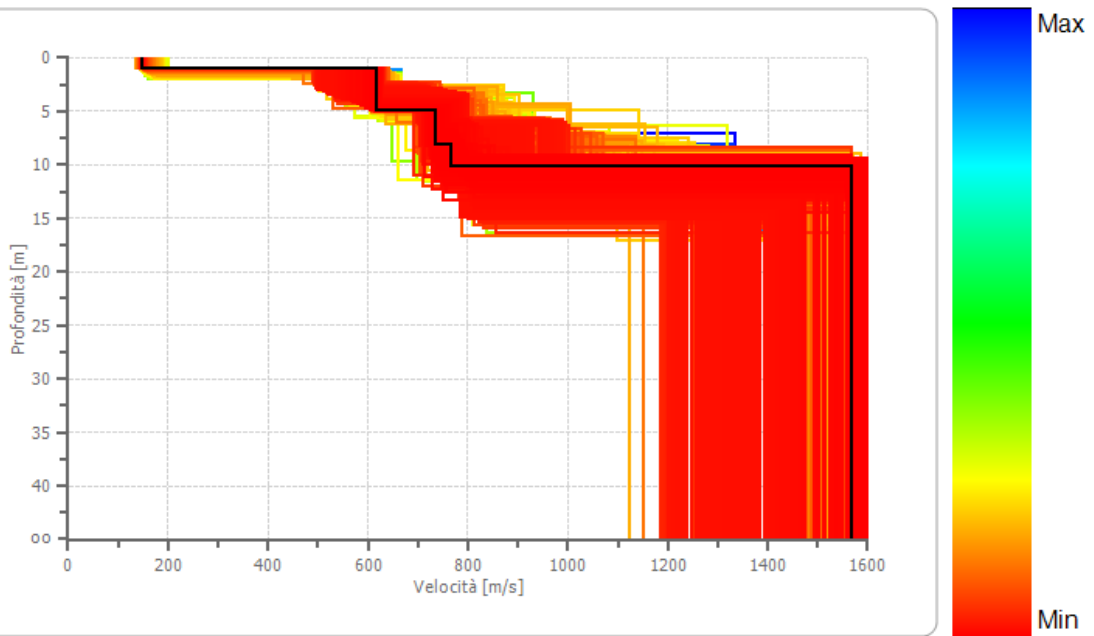
Fattore di disadattamento della soluzione

0.014

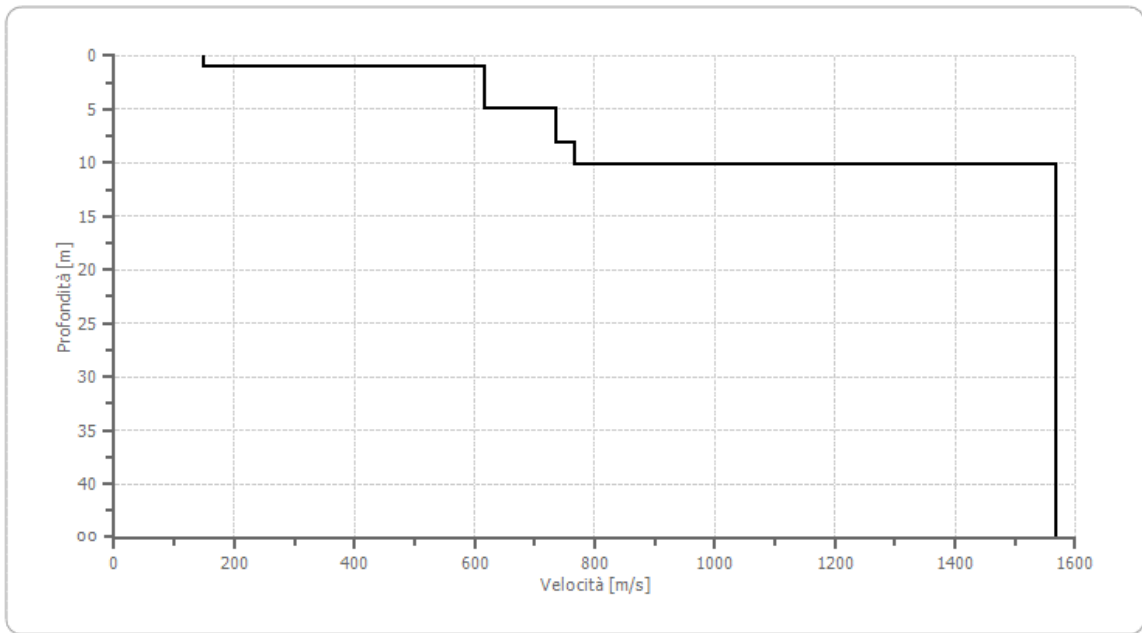
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

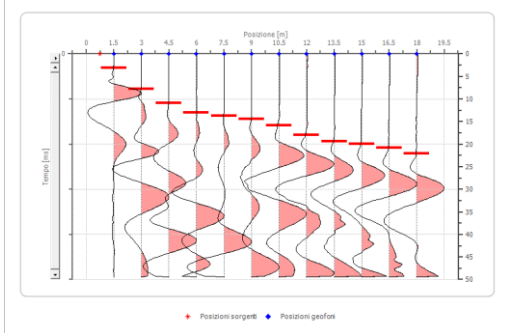
Profondità piano di posa [m]	1.00
$V_{s,eq}$ [m/sec](H=9,18 m)	683.21
Categoria del suolo	B

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.

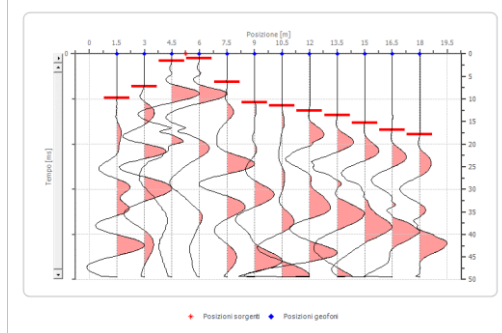
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

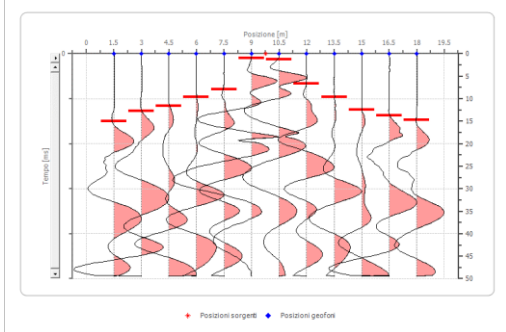
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



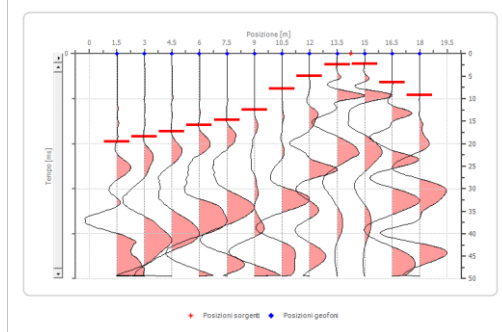
Battuta 1



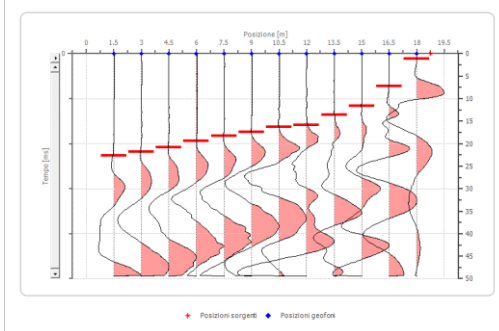
Battuta 2



Battuta 3

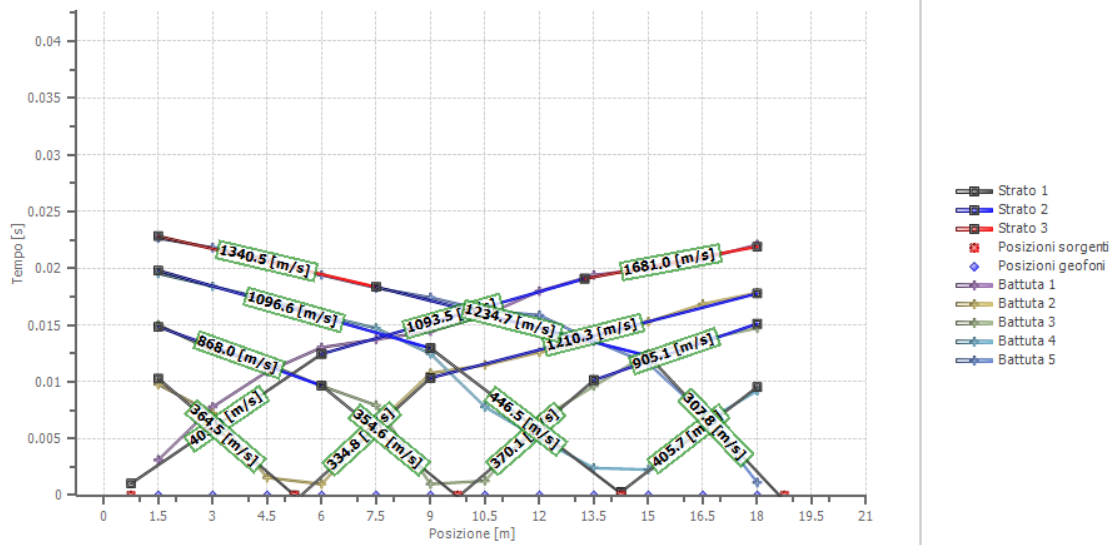


Battuta 4

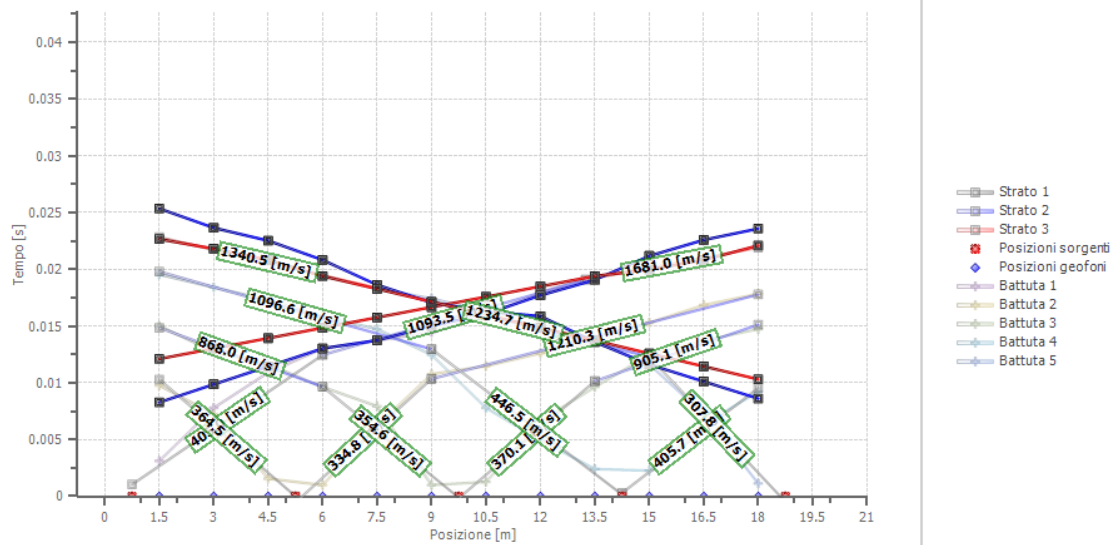


Battuta 5

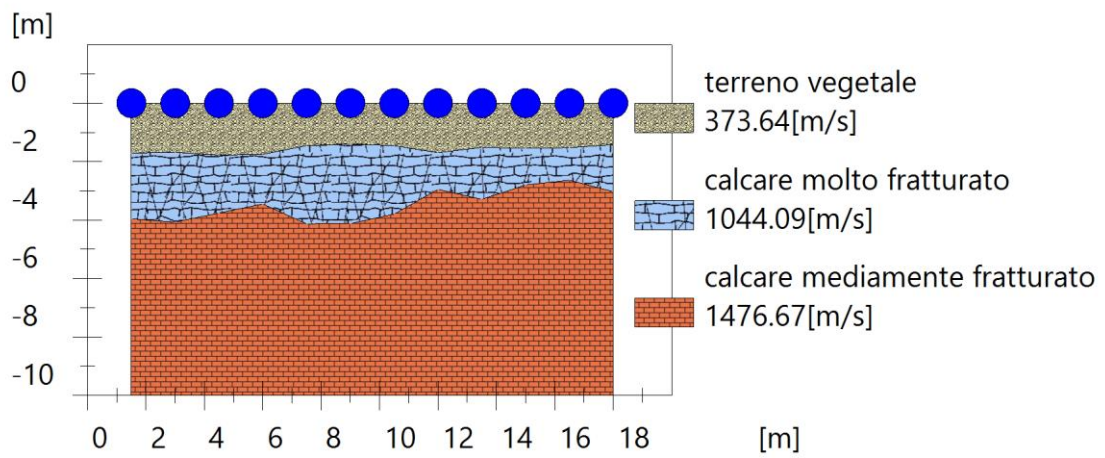
Dromocrone



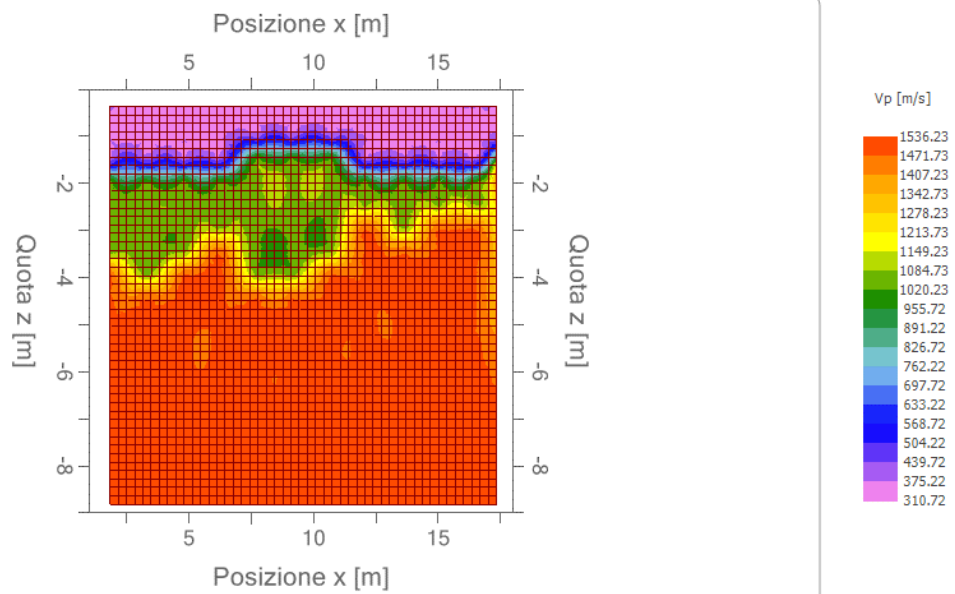
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

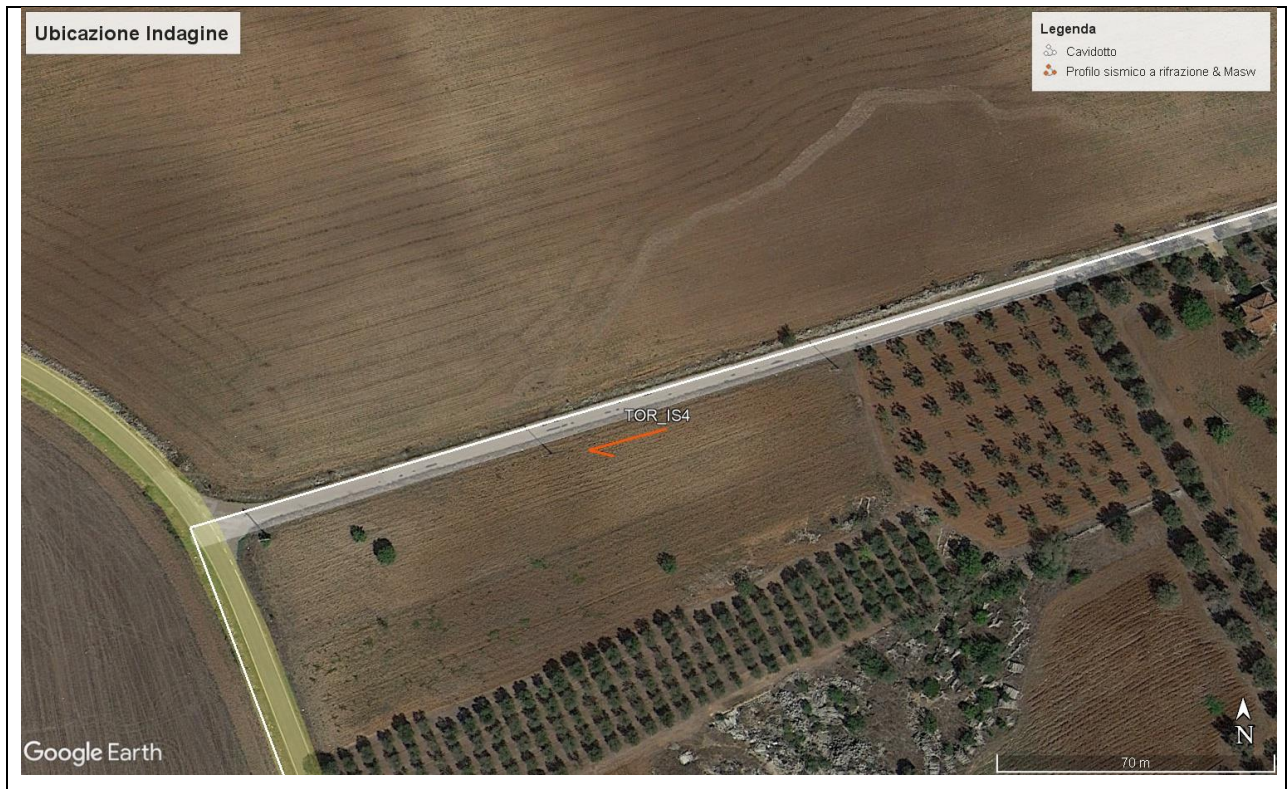
TOR_IS4

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

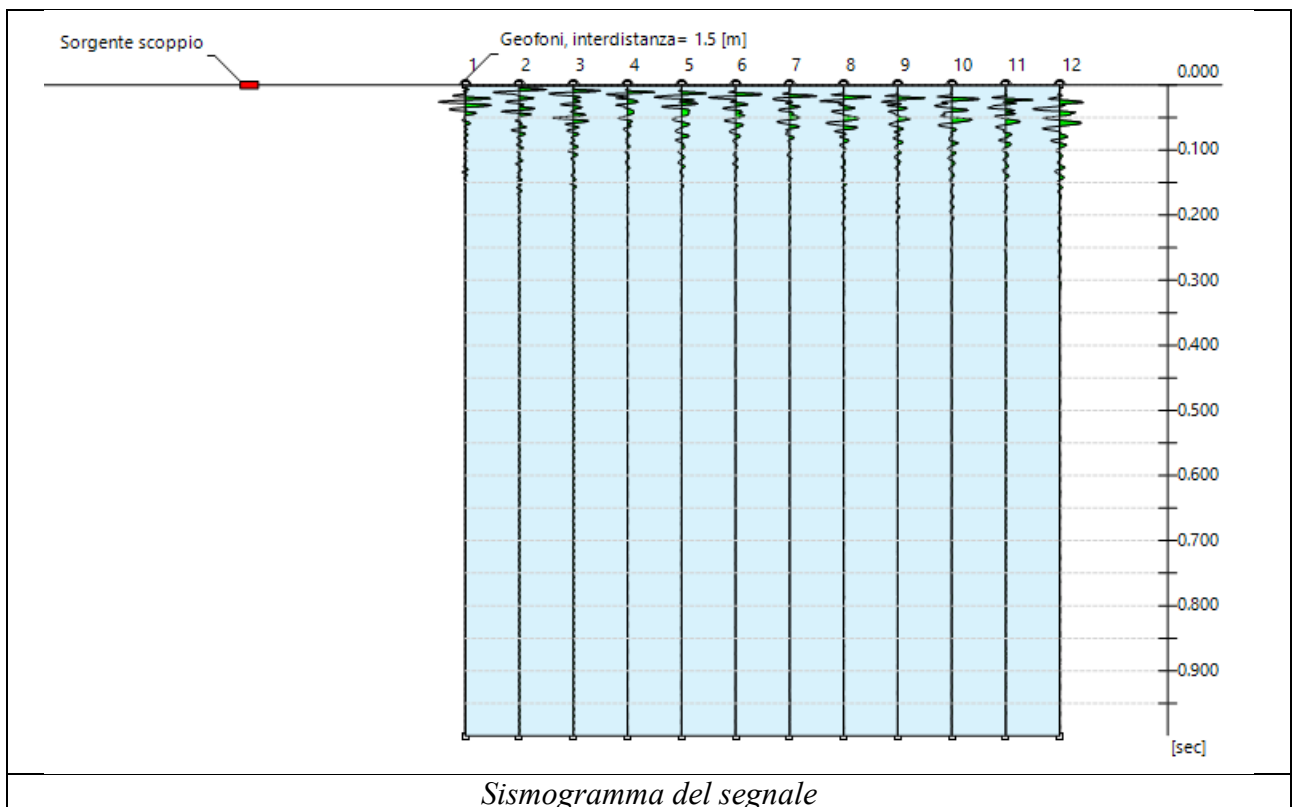
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

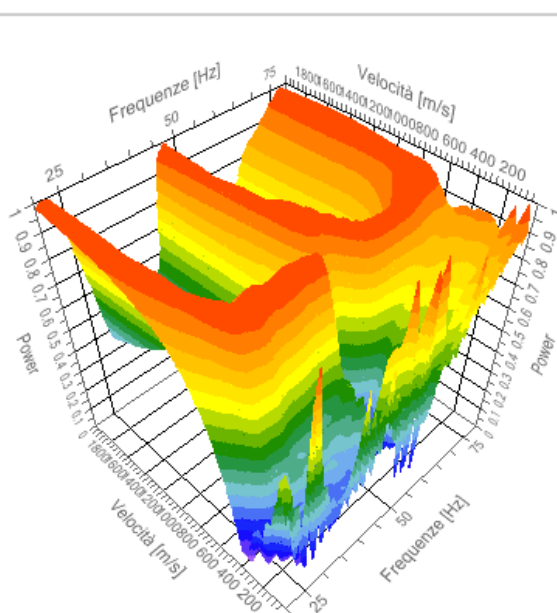
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	20
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	80
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	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.07	1.07	1800.0	0.30	No	468.0	250.2
2	4.28	3.21	1800.0	0.30	No	1019.0	544.7
3	7.20	2.92	1800.0	0.30	No	1351.4	722.3
4	14.09	6.89	1800.0	0.30	No	1614.1	862.8
5	oo	oo	1800.0	0.30	No	2066.2	1104.4

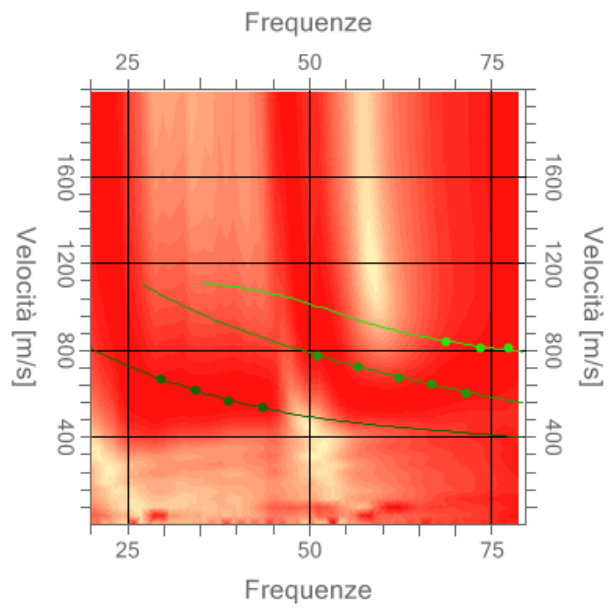
Percentuale di errore

0.005%

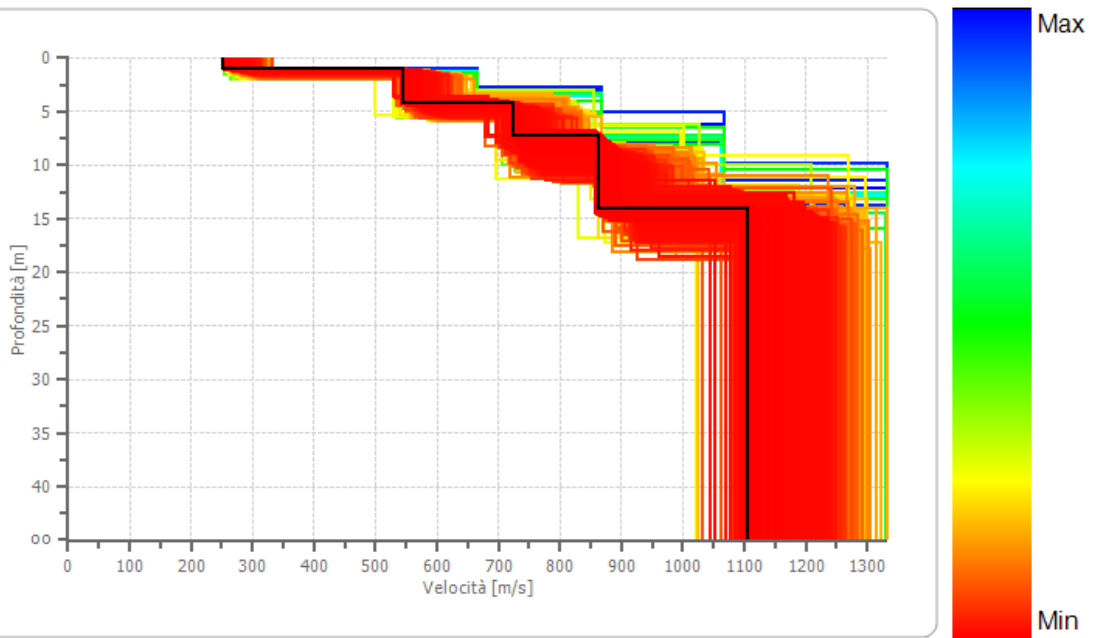
Fattore di disadattamento della soluzione

0.007

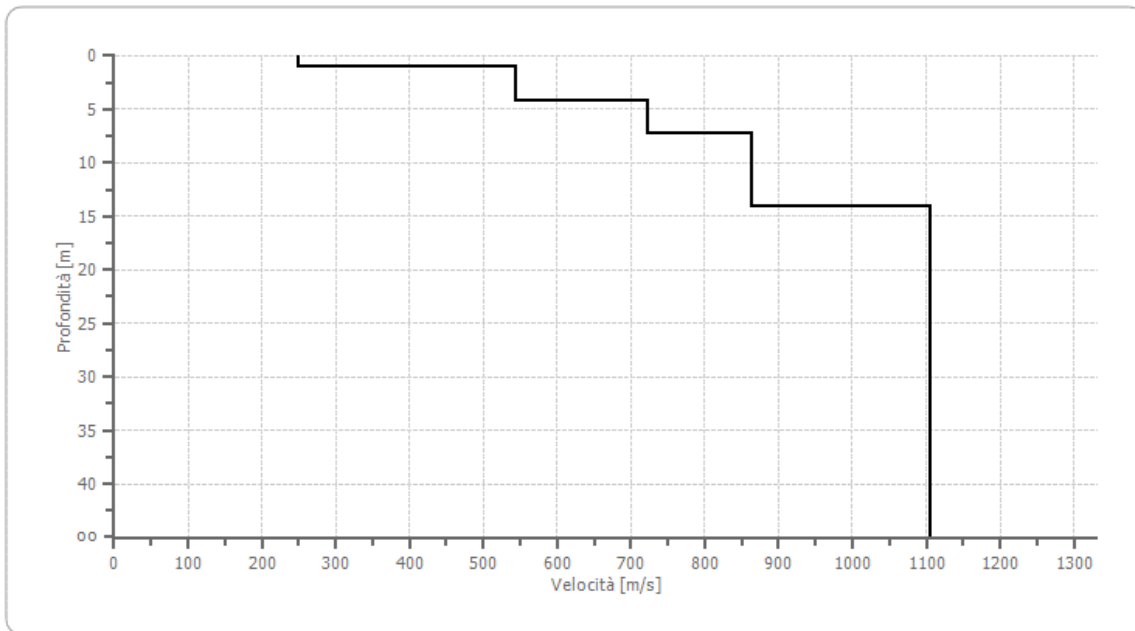
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

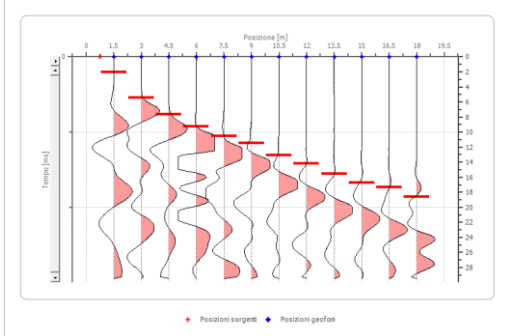
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=6,20 m)	607.25
Categoria del suolo	B

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.

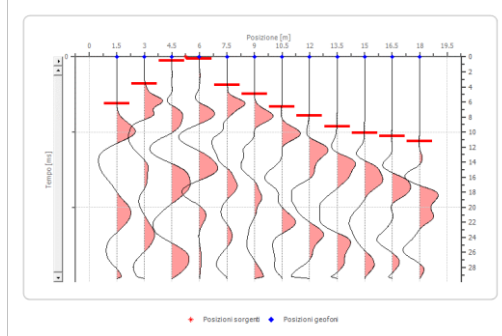
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

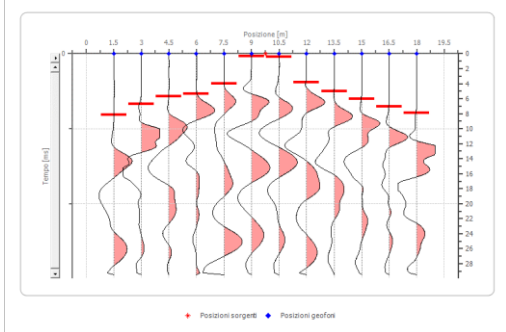
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



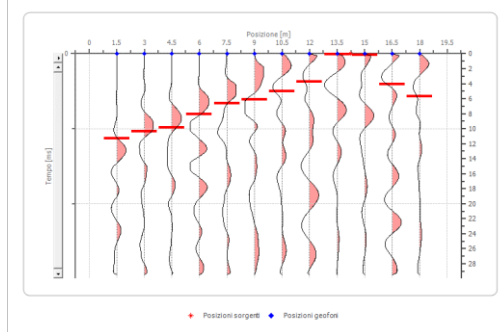
Battuta 1



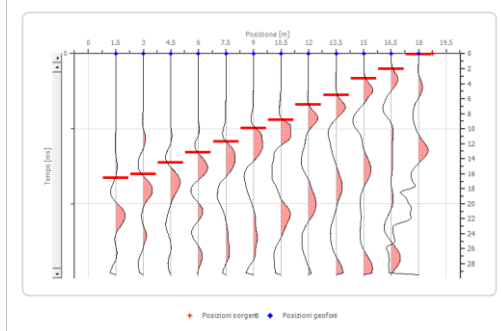
Battuta 2



Battuta 3

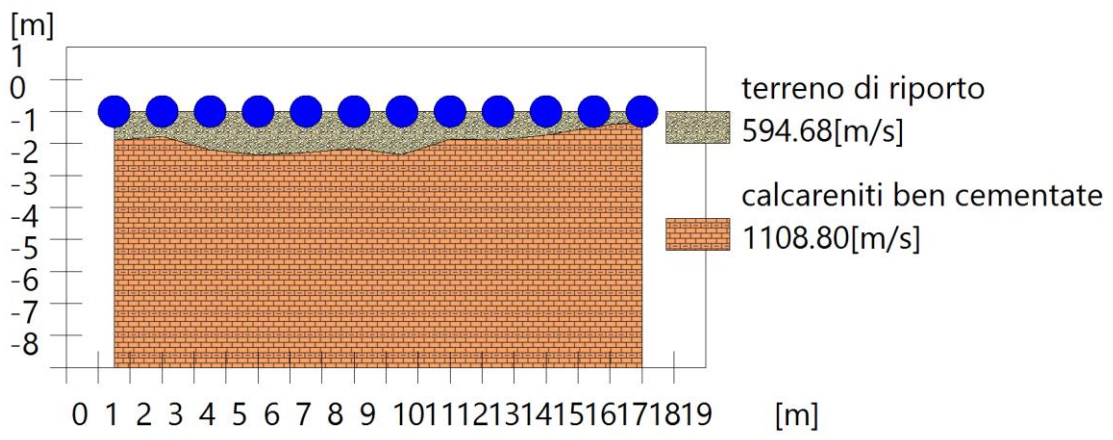


Battuta 4

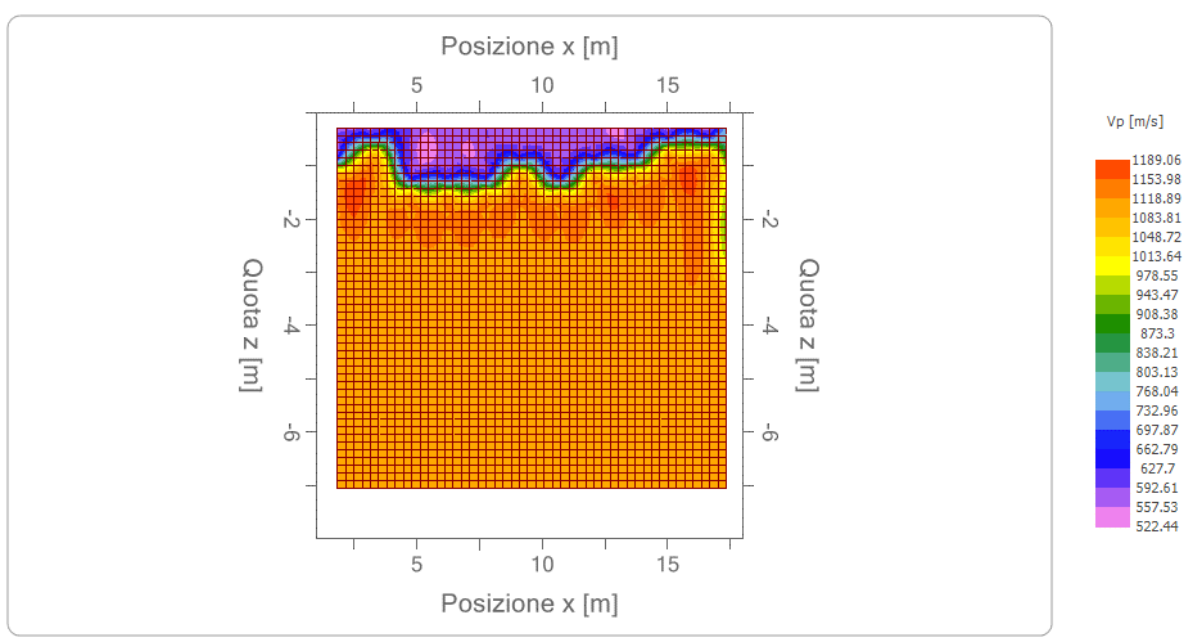


Battuta 5

Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

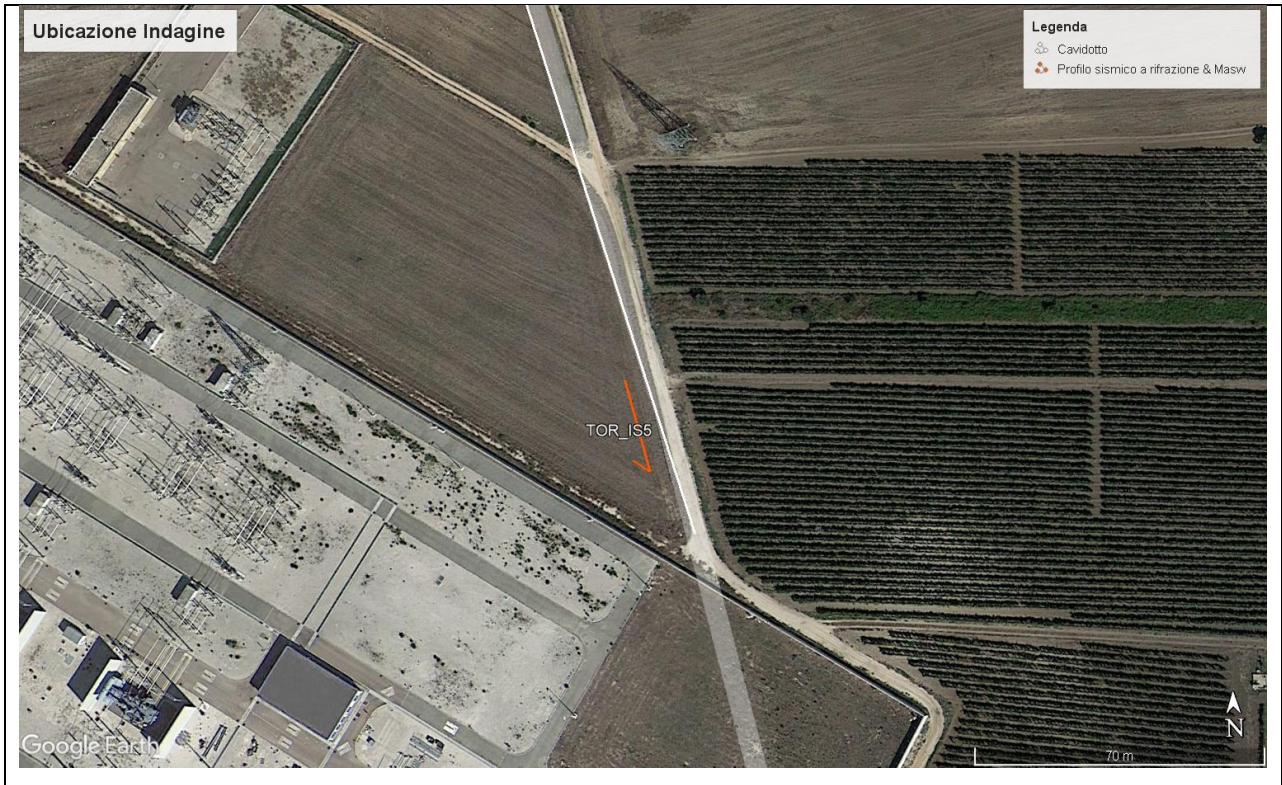
TOR_IS5

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

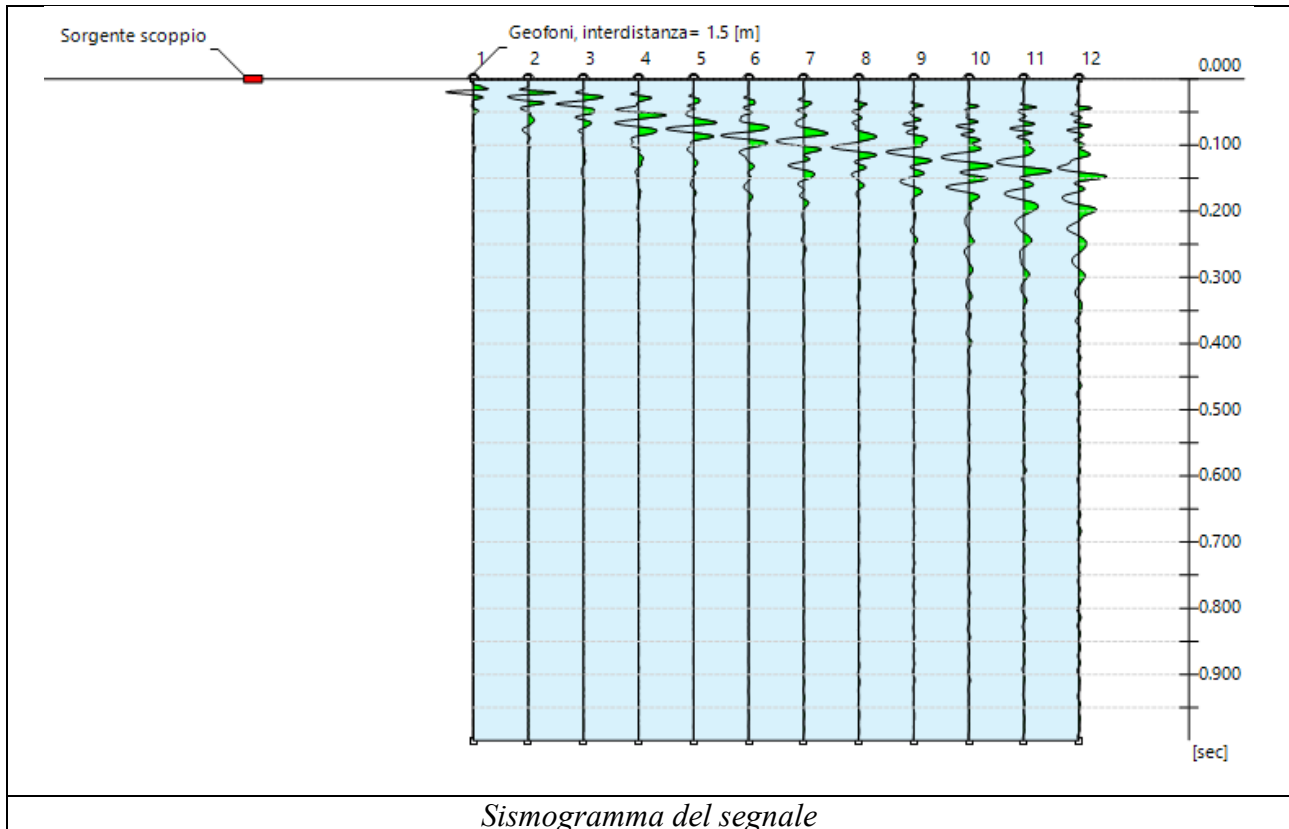
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

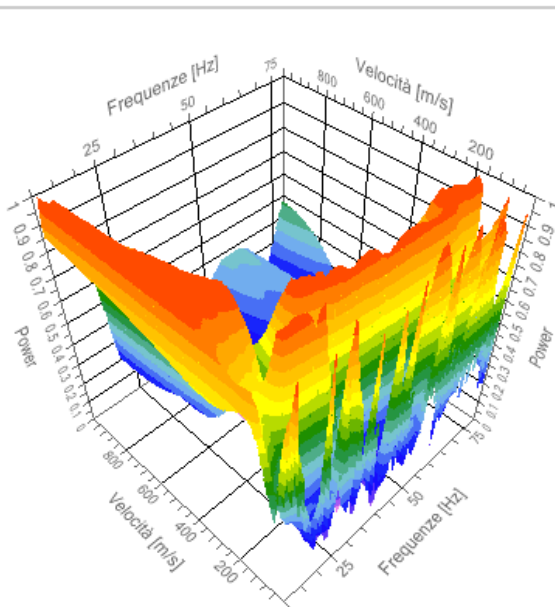
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	10
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	80
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.30	No	162.4	86.8
2	4.24	3.24	1800.0	0.30	No	543.5	290.5
3	10.23	5.99	1800.0	0.30	No	541.2	289.3
4	15.46	5.22	1800.0	0.30	No	794.5	424.7
5	oo	oo	1800.0	0.30	No	1325.2	708.3

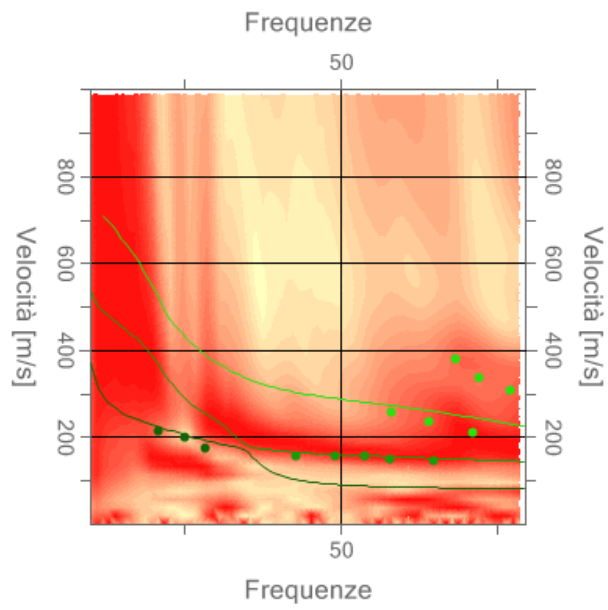
Percentuale di errore

0.602%

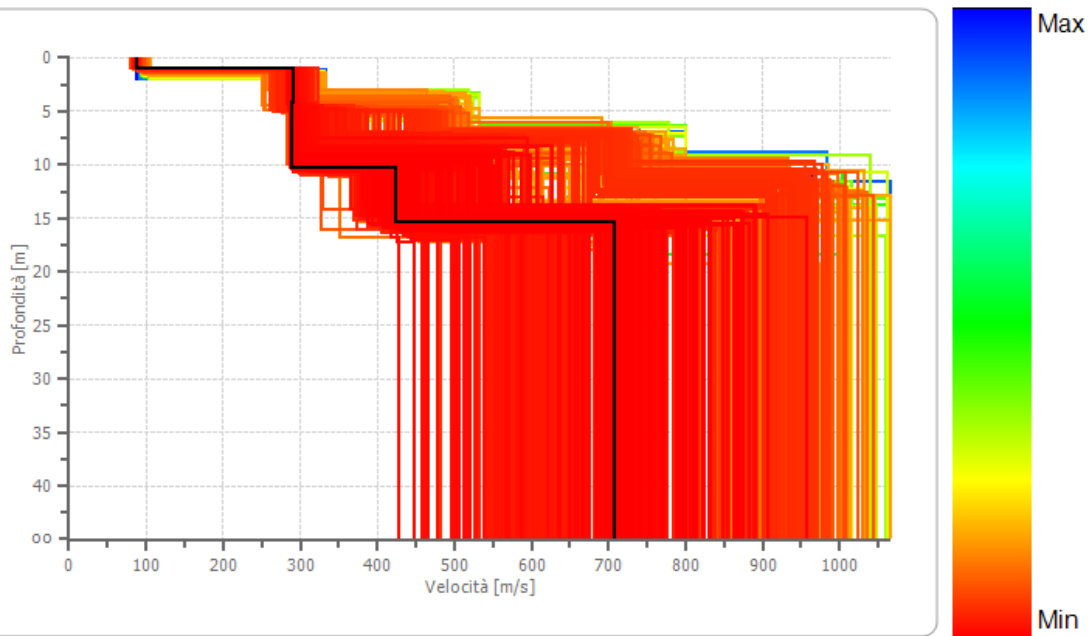
Fattore di disadattamento della soluzione

0.152

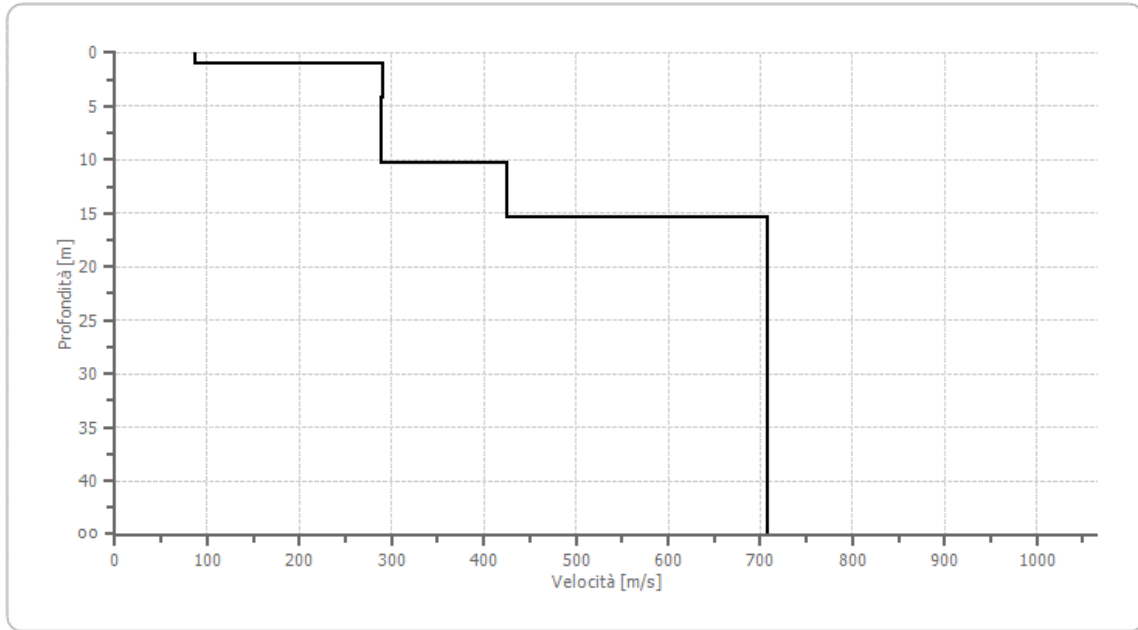
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

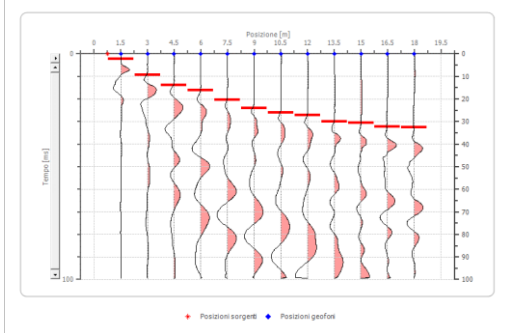
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](=Vs,30)	453.74
Categoria del suolo	B

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.

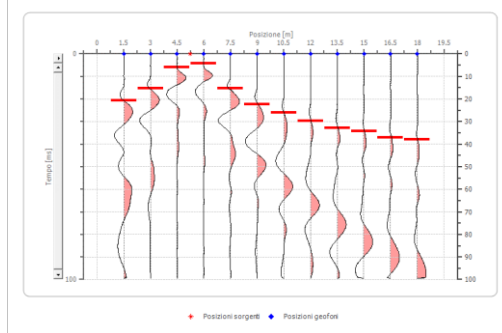
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

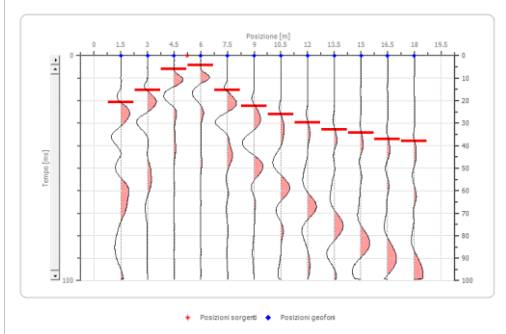
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



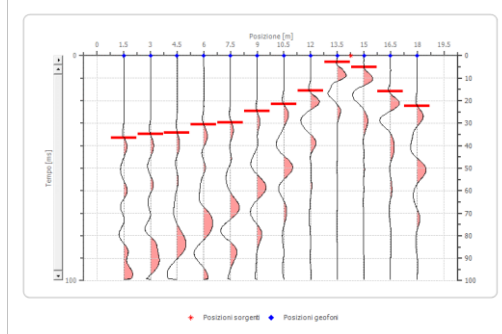
Battuta 1



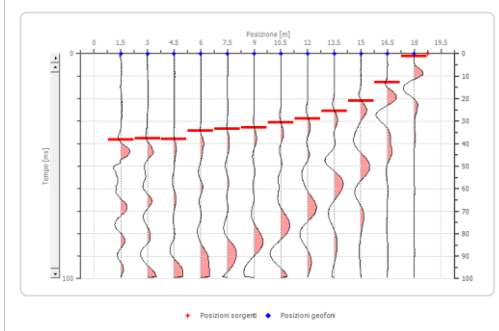
Battuta 2



Battuta 3

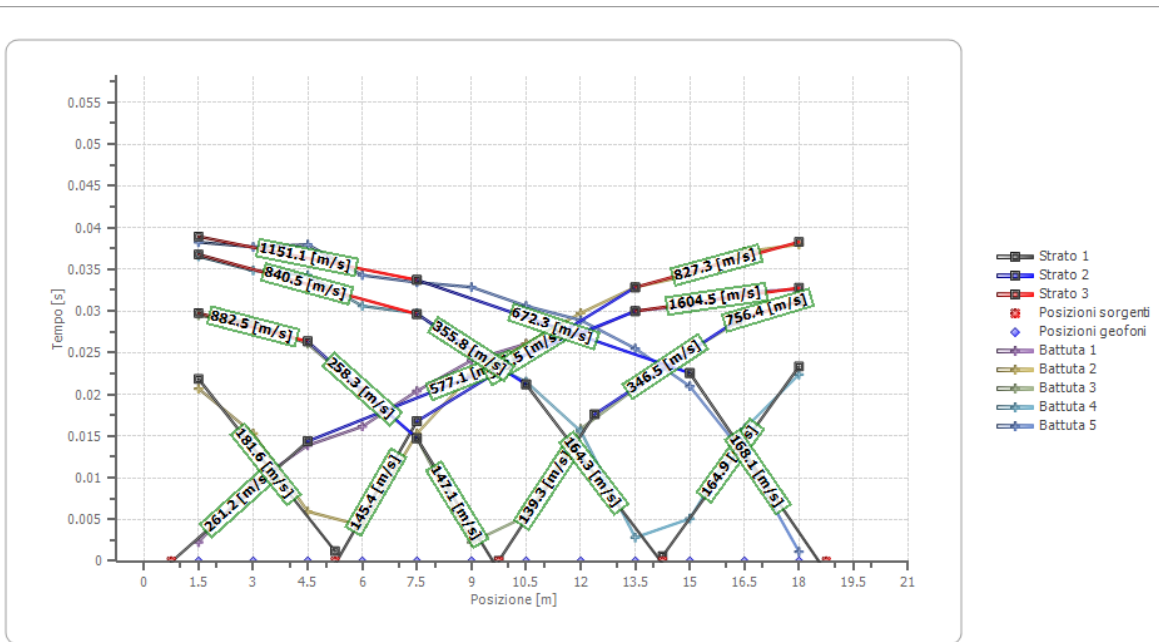


Battuta 4

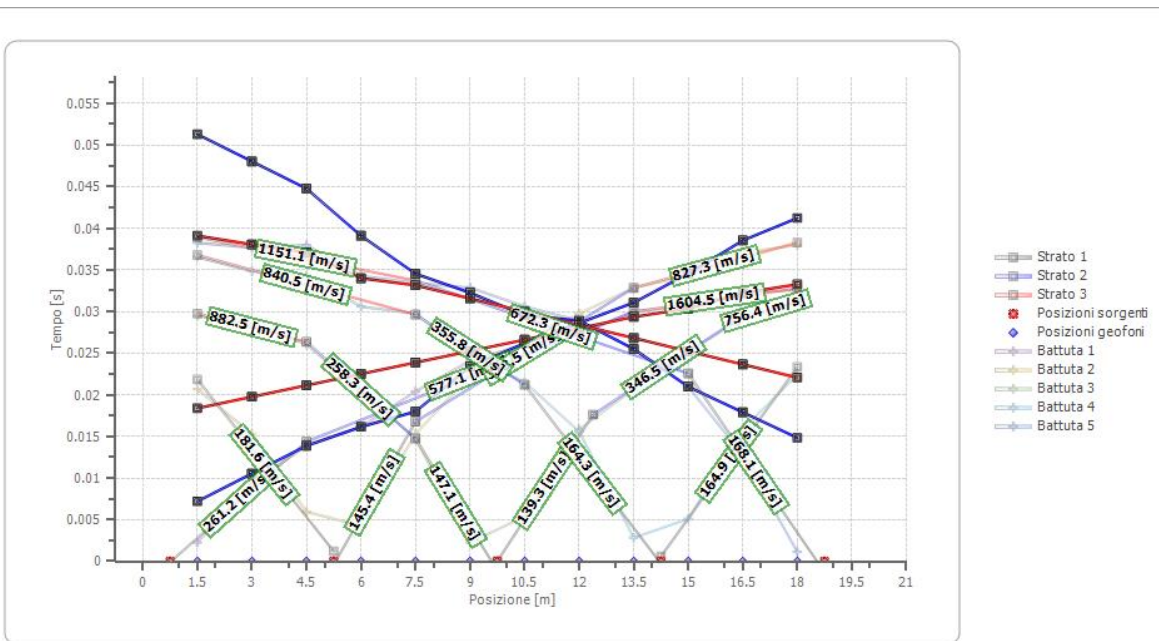


Battuta 5

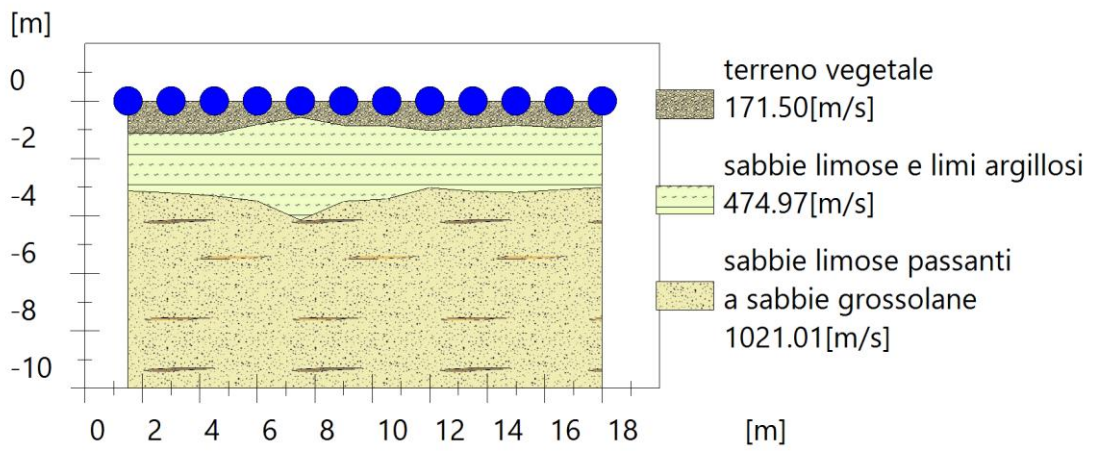
Dromocrone



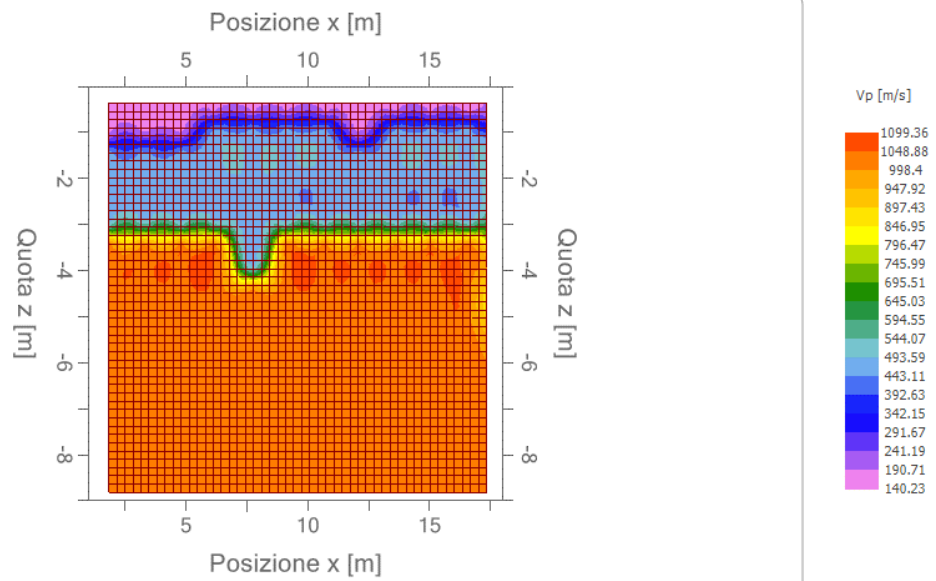
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p