

PROGETTO

IMPIANTO AGRO - FOTOVOLTAICO DI POTENZA DI PICCO
PARI A 15 MWp DENOMINATO "NIGLIO – LONGOBARDO"
DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI VITTORIA
LOCALITA' "CONTRADA LONGOBARDO"

TITOLO

Rel. 16 - Relazione Geologica – Geomorfologica
(redatta ai sensi della 3/DRA del 20/06/2014)

PROGETTISTA	PROPONENTE	VISTI
 <p>Viale Croce Rossa 25 – 90144 Palermo (PA) Direct: +39. 091 976 3933 email: info@sicilwind.it PEC: sicilwindsrl@pec.it</p> <p>Dr.Geol. Michele Ognibene</p>  <p>Ing. Daniele Cavallo Via Carlo del Croix, 55 72022 Latiano (BR) Tel.: 0831-728955 cavallo.daniele@ingpec.eu</p> <p>Ing. Daniele Cavallo</p>	<p>INERGIA SOLARE SICILIA S.r.l.</p> <p>Sede legale e Amministrativa: Piazza Manifattura, 1 38068 ROVERETO (TN) Tel.: 0464/620010 Fax: 0464/620011</p> <p>PEC: direzione.inergiasolareitalia@egalmail.it</p>	

PROGETTAZIONE

Scala 1: _____	Formato Stampa A4	Cod.Elaborato INE_VITT_PD_Rel.16	Rev. a	Nome File INE_VITT_PD_Rel.16-Relazione Geologica - Geomorfologica	Foglio
-------------------	-------------------------	-------------------------------------	-----------	--	--------

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	26/02/2022	Prima Emissione		A.Corradetti	R.Cairolì

1- INTRODUZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia della potenza di picco pari a circa 15 MWp.

L'area dell'impianto fotovoltaico ricade in Contrada Longobardo nel Comune di Vittoria mentre la stazione elettrica di connessione alla RTN ricade il Località Fondo Niglio nel Comune di Acate, provincia di Ragusa. Le opere di connessione ricadono sulla viabilità esistente.

Lo studio è stato condotto dallo scrivente Dott. Geol. Michele Ognibene regolarmente iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n. 3003 Sez. A, al fine di determinare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni su cui insiste l'area in oggetto, attenzionando, in particolare, la presenza di eventuali pericolosità geomorfologiche e la compatibilità tra l'assetto geologico l.s. del sottosuolo e le opere da realizzare.

Il seguente studio geologico è stato redatto ai sensi della circolare ARTA 3/DRA del 20/06/2014 e del D.M. 17/01/2018 con i seguenti scopi:

- ✓ Fornire un quadro conoscitivo sufficiente per illustrare le caratteristiche geologiche del territorio in esame e identificare le eventuali situazioni locali che presentino livelli di pericolosità geologica tali da poter influenzare, in modo significativo, le scelte progettuali;
- ✓ Specificare le condizioni geologiche e idrogeologiche, con particolare riguardo all'accertamento delle condizioni di stabilità della zona e all'individuazione di eventuali processi morfodinamici in atto e la loro tendenza evolutiva;
- ✓ Delineare gli aspetti geologici e tettonici del territorio e definirne natura e composizione dei litotipi affioranti, nonché la loro geometria e il loro assetto strutturale;
- ✓ Ricostruire la locale successione stratigrafica;
- ✓ Indicare le eventuali prescrizioni e gli eventuali accorgimenti tecnici affinché le condizioni di pericolosità non si aggravino o si manifestino nella zona in progetto.
- ✓ Identificare le situazioni locali che presentino livelli di pericolosità sismica.

Saranno, pertanto, illustrati gli aspetti morfologici, geologici, idrografici e sismici dell'area, inquadrati nella più vasta geologia regionale, con riferimento anche alle condizioni di stabilità.

Per assolvere all'incarico conferitogli, lo scrivente ha eseguito:

- ✓ Il sopralluogo preliminare, al fine di accertare la reale situazione dei luoghi e lo stato delle

strutture ivi insediate.

- ✓ La ricerca bibliografica, allo scopo di ricostruire, sulla base degli studi svolti da numerosi autori italiani e stranieri, il quadro generale della storia geologica e strutturale della zona.
- ✓ Il rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, in una zona estesa al contorno, in modo da avere un quadro d'insieme indicativo e, quindi, inquadrare il sito nell'ambito di un contesto geolitologico e geomorfologico più ampio.
- ✓ L'analisi di n.3 indagini di sismica a rifrazione (identificate con le sigle RZ1, RZ2 e RZ3) che ha consentito di individuare le principali discontinuità grazie alla velocità delle onde P e di ricostruire il modello sismo-stratigrafico del sottosuolo in esame.
- ✓ L'analisi di n.3 acquisizioni di sismica MASW (identificate con le sigle MW1, MW2 MW3) eseguita entro l'area oggetto di studio, ai sensi dell'OPCM n. 3274 del 20/03/2003 (GU n.252 del 29/10/2003) e dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17 Gennaio 2018.

Il lavoro ha inoltre portato alla redazione di allegati cartografici che ne costituiscono parte integrante.

2- DATI DEL PROPONENTE

INERGIA SOLARE SICILIA S.r.l.

Sede legale e Amministrativa:

Piazza Manifattura, 1

38068 ROVERETO (TN)

Tel.: 0464/620010 Fax: 0464/620011

PEC: direzione.inergiasolaresicilia@legalmail.it

2.1 Località di realizzazione dell'intervento

Indirizzo area Impianto FV: C.da Longobardo – 97019 Vittoria (RG)

Indirizzo area SSE RTN: Località Fondo Niglio – 97011 Acate (RG)

2.2 Destinazione d'uso

L'area oggetto dell'intervento ha una destinazione d'uso agricolo.

2.3 Dati Catastali

L'impianto fotovoltaico e le relative infrastrutture interessano i seguenti identificativi catastali:

- Foglio 33 (Comune di Vittoria) particelle 29, 30, 31, 43, 44, 77, 78, 80, 39;
- Foglio 34 (Comune di Vittoria) particelle 31, 34, 35, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 492, 494, 496.

La Stazione RTN e la Stazione Lato Utente si inquadrano al Foglio di Mappa 30 (Comune di Acate) particella 487.

Il cavodotto attraverserà la viabilità esistente (SP 97, SP 91 e strada interpodereale)

2.4 Connessione

Il progetto di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) prevede infatti che l'impianto venga allacciato alla rete di distribuzione mediante una linea MT interrata (dorsale MT) di nuova realizzazione e attraverso una Sottostazione Utente di trasformazione, collegata a sua volta, mediante linea AT a 150kV, alla stazione RTN di nuova realizzazione denominata "Gela-Vittoria".

3- LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

3.1 Inquadramento Geografico e Territoriale

L'area presa in considerazione nel presente progetto ricade nel territorio comunale di Vittoria (RG), in Contrada Longobardo, per quanto riguarda la porzione interessata dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico, posizionata a circa 3,9 km in direzione Nord-Ovest rispetto al centro urbano di Vittoria, e raggiungibile dalla strada provinciale 30 che intercetta la SP 2 Vittoria-Acate. La Stazione Elettrica Utente di connessione alla RTN" è localizzata nel Comune di Acate in Località Fondo Niglio, a circa 4.2 km ovest dal nucleo urbano di Acate, ed è raggiungibile attraverso strade interpodereali che intersecano sia la SP1 sia la SP91.

L'area di studio quindi ricade amministrativamente all'interno dei territori Comunali di Vittoria (RG) e Acate (AG).

Cartograficamente questa area è compresa nelle tavolette CTR alla scala 1:10.000 denominate 644140 – 647020 – 647030 (Cfr. **Tavola 1**).

L'area interessata dal progetto è facilmente raggiungibili grazie ad una fitta rete di strade di vario ordine presenti in zona (Cfr. **Tavola 2**).

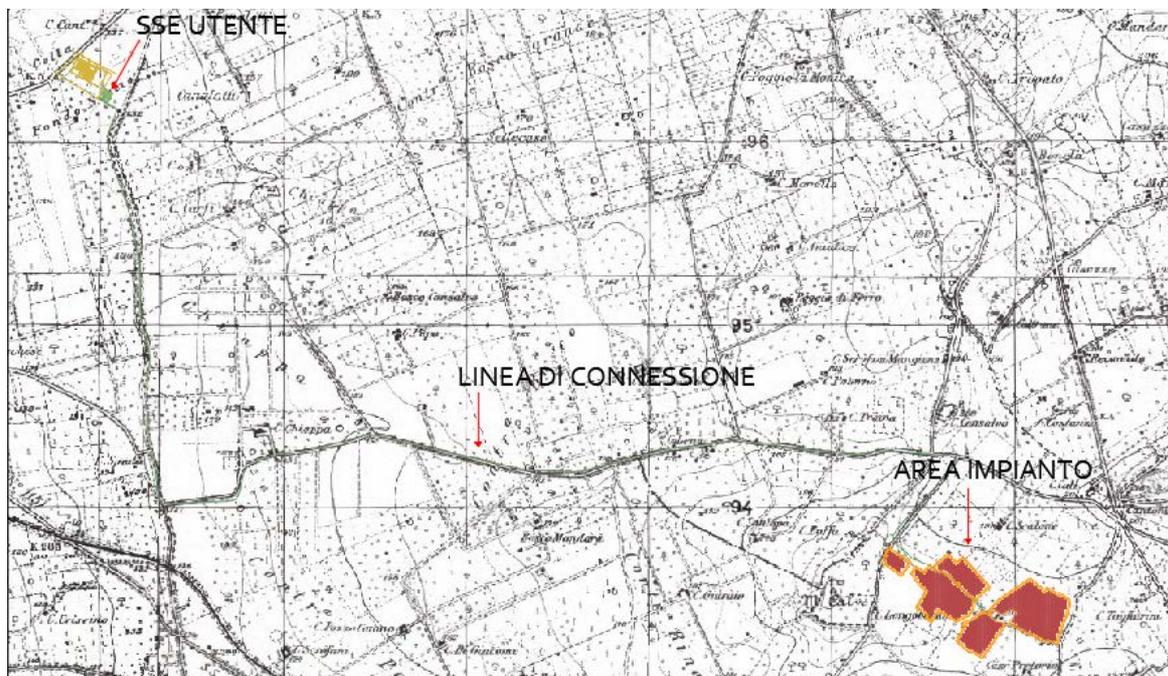
Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG) localita' "C.da Longobardo"



Inquadramento regionale.

Coordinate Geografiche Baricentriche del Sito: 36° 59' 04.0165" N – 14° 30' 07.8698" E

Coordinate Geografiche Stazione Elettrica: 37° 00' 37.2209" N – 14° 26' 52.8557" E



Inquadramento dell'area su base IGM



Stralcio Ortofotocarta



Stralcio Catastale Comune di Vittoria (Area Impianto FV: P.ile 29, 30, 31, 43, 44, 77,78, 80, 39 del Foglio 33)



Stralcio Catastale Comune di Vittoria (Area Impianto FV: P.Ile 31, 34, 35, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 492, 494, 496 del Foglio 34)

L'impianto non insiste all'interno delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico, all'interno di nessuna area protetta, tantomeno in aree SIC o ZPS.

4- INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area si inquadra geologicamente tra l'avampaese ibleo ed il sistema di Avanfossa Gela – Catania. Dal punto di vista scientifico, l'area iblea è nota in quanto interessata da grandi discontinuità tettoniche di tipo distensivo che la delimitano sia verso Sud-Est con la “Scarpata di Malta” (COLANTONI, 1975), evidenziata dai recenti studi di geologia marina, sia verso Ovest e Nord-Ovest con la “Falda di Gela” (RODA, 1973), messa in posto durante il Pleistocene inferiore. A questo regime deformativo, con carattere prevalentemente distensivo, è da collegare il vulcanismo alcalino-basaltico che, dal Mesozoico al Pleistocene, è migrato progressivamente verso Nord, dando origine alle vulcaniti mesozoiche riscontrate nel sottosuolo ibleo e alle vulcaniti plio- pleistoceniche affioranti sull'altopiano ibleo (CRISTOFOLINI, 1966a; BARBERI et al., 1974; PATACCA et al., 1979). La tettonica distensiva ha dato origine ad un sistema di faglie dirette e subverticali, che attraversano l'altopiano ibleo secondo tre principali sistemi, con orientamento, rispettivamente, NE-SW, NNE-SSW e WNW-ESE (RIGO e CORTESINI, 1961; DI GRANDE e GRASSO, 1977; GRASSO et al., 1979). Il sistema principale (NE-SW e NNE-SSW) delimita l'alto strutturale dell'altopiano ibleo ad Ovest (allineamento Comiso-Chiaramonte) e ad Est (allineamento Pozzallo-Ispica- Rosolini) (RIGO e CORTESINI, 1961; DI GRANDE e GRASSO, 1977; GRASSO et al., 1979). Tale sistema è intersecato da altri sistemi minori, con direzioni subparallele al principale che determinano numerose strutture minori quali Horst e graben (KAFKA e KIRKBRIDE, 1959). Ad eccezione di una fascia di dune costiere e dei depositi alluvionali di fondovalle del corso d'acqua e dei suoi affluenti, gli altri terreni affioranti nella zona sono rappresentati essenzialmente da termini argillosi e sabbiosi ben esposti lungo i fianchi dell'incisione principale del Fiume Dirillo e di quelle secondarie. Prevalentemente, gli strati si presentano con disposizione orizzontale o sub – orizzontale con lieve tendenza ad immergersi verso sud e sud – ovest.

Litostratigraficamente dall'alto verso il basso possiamo così distinguere:

Spiagge attuali e depositi eolici (OLOCENE): si tratta di sabbie fini, gialle a prevalente composizione quarzosa ed in minor misura carbonatica. Affiorano lungo tutta la zona costiera, in località Macconi, prevalentemente in assetto di dune costiere di recente formazione. Esse derivano dall'azione degli agenti atmosferici ed in particolare dal trasporto eolico operato sulle sabbie litorali che vengono riprese e ridepositate verso l'entroterra nelle zone più a monte. Attualmente la formazione delle dune costiere risulta poco marcata in dipendenza degli interventi

di bonifica e coltivazione del suolo operati dall'uomo, mentre l'azione marina appare indirizzata verso processi di erosione contrapposti a quelli di deposito che avvenivano in passato.

Alluvioni fluviali (OLOCENE): i materiali alluvionali sono costituiti da lenti a livelli discontinui di ciottoli carbonatici di dimensioni variabili immersi in matrice sabbioso – limosa giallo – bruna. Si rilevano lungo gli alvei dei due principali corsi d'acqua che attraversano l'area, ossia il fiume Dirillo ed il torrente Ficuzza.

Detrito di Falda (PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE)

La genesi delle coperture detritiche è determinata dall'alterazione e disfacimento delle formazioni in posto ad opera degli agenti esogeni. I prodotti del disfacimento presentano composizione afferente a quella dei materiali in posto. In generale, il detrito di falda è costituito da breccie ad elementi carbonatici con matrice carbonatica a granulometria sabbiosa. I coni di detrito sono costituiti da ghiaie ad elementi carbonatici sub-arrotondati con scarsa matrice costituita da sabbie carbonatiche e limi neri. Si rinvengono prevalentemente in contrada Ragoletto e Monello a testimonianza di un ambiente fluvio – deltizio.

Depositi palustri (PLEISTOCENE SUPERIORE): I depositi palustri antichi sono costituiti da argille e limi bruno – giallastri con livelli di torba e, localmente, rari resti di vertebrati. Si rilevano a lembi nel settore nord-est del bacino.

Depositi limnici, silt e argille lacustri (PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE):

contenenti livelli torbosi, lenti di ghiaie, sabbie e silts travertinosi. Si rinvengono essenzialmente in C. da Sciri Sotto e Piano Ballatelle.

Terrazzi Marini (PLEISTOCENE MEDIO): altimetricamente correlabili con i depositi medio – pleistocenici si rinvengono fino a quote massime di 200 metri e risultano essere costituiti quasi sempre da spianate di abrasione con rari depositi costituiti da lembi di calcareniti bruno – giallastre a grana grossolana.

Breccie calcaree (PLEISTOCENE MEDIO): l'unità ha andamento lenticolare con spessori massimi di 15-20 m.

Alluvioni fluviali terrazzate (PLEISTOCENE MEDIO – OLOCENE): sono costituite da ciottoli carbonatici arrotondati in abbondante matrice sabbiosa generalmente arrossata, che raggiungono spessori fino ad oltre 10 metri.

Sabbie (PLEISTOCENE INFERIORE): si tratta di sabbie con lenti ghiaiose e argille salmastre, oltre che di sabbie fini quarzose con livelli arenacei e siltoso – argillosi. Estesi affioramenti di quest'ultime, si riscontrano lungo la media e bassa valle dell'Acate e a NW del bacino, in un'area

compresa tra gli abitati di Caltagirone, Grammichele e Mazzarrone. La formazione occupa gran parte del territorio in esame costituendo una vasta zona pianeggiante.

Depositi sabbioso – calcarenitici (PLEISTOCENE INFERIORE): sono costituiti da calcareniti e sabbie giallastre e calciruditi organogene massive o a stratificazione incrociata con livelli e lenti di conglomerati più frequenti alla base, passanti verso l'alto e lateralmente ad Argille siltoso – marnose grigio – azzurre talora con intercalazioni sabbioso – siltose. Le argille grigio azzurre nella media e bassa valle del Fiume Acate, passano verso l'alto ad alternanze costituite da Silts argillosi e arenarie fossilifere di colore giallastro. Affiorano estesamente nell'area medio – bassa del bacino.

4.1 Caratteristiche Geologiche del sito in progetto

Il rilevamento geologico di superficie, opportunamente esteso ad un'ampia fascia perimetrale esterna rispetto al sito di progetto, opportunamente correlato con le interpretazioni delle indagini sismiche in situ effettuate, hanno permesso di ricostruire in modo soddisfacente la successione dei terreni presenti nell'area studiata. Le formazioni geologiche che affiorano nell'area in studio (cfr. Tavv.3-4), procedendo da quelle di deposizione più recente verso quelle più antiche, sono le seguenti:

Depositi sabbioso – calcarenitici (AUG)

Tale litotipo ricopre diffusamente il sito in progetto e risulta caratterizzato da sabbie e calcareniti grossolane organogene ("panchina") giallastre a stratificazione incrociata sovente terrazzate alla sommità. Alla base sono presenti lenti paleosuolo.

Le indagini sismiche effettuate Rz1 e Rz2 all'interno dei siti ed in aree limitrofe hanno messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica.

In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 4.2.2 e 4.2.3).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 388.6 m/s (in Rz1) e di 182.9 m/s (in Rz2), indicative di un orizzonte costituito da terreno vegetale sciolto di colore rossastro con presenza di elementi litici eterometrici di chiara natura calcarenitica. Lo spessore,

in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta piuttosto costante e mediamente valutabile in circa 0,9-1,3 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 977.3m/s (in Rz1) e di 675.0m/s (in Rz2) valore medio compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti ai depositi sabbiosi con intercalazioni calcarenitici poco cementati intercalate a livelli sabbioso-argillosi.

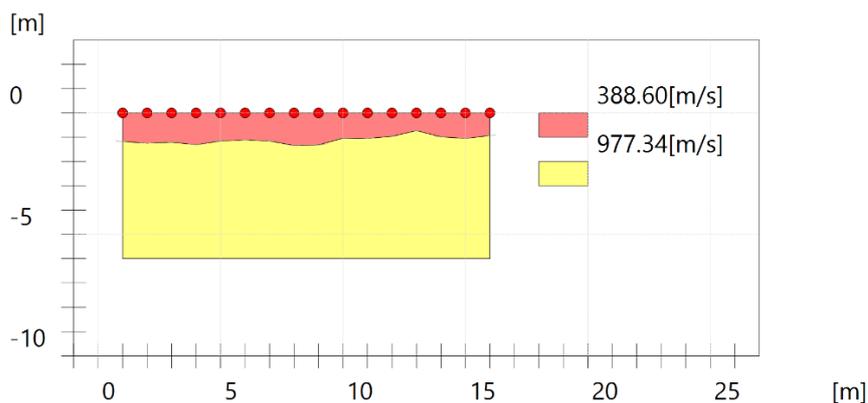


Fig. 4.2.1: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz1.

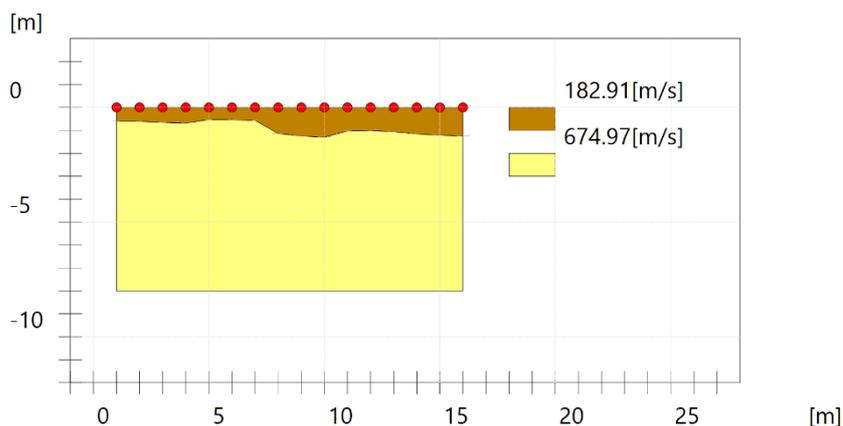


Fig. 4.2.2: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz2.

Formazione Ragusa (RAG)

Formazione costituita da calcareniti dal bianco al giallastro fino al grigiastro, con frattura

irregolare. Si presentano in affioramento in spessi banchi da 0,5 a 1 metro con laminazione decimetrica e centimetrica. Come ben visibile nell'allegata carta geologica si rinviene a margine nella porzione settentrionale dell'impianto. Dalle indagini di simica a rifrazione Rz3 si riscontra ad una profondità di circa 1,0 metri dal p.c. e risulta ammantato da uno strato di terreno vegetale limo-sabbioso di colore rossastro.

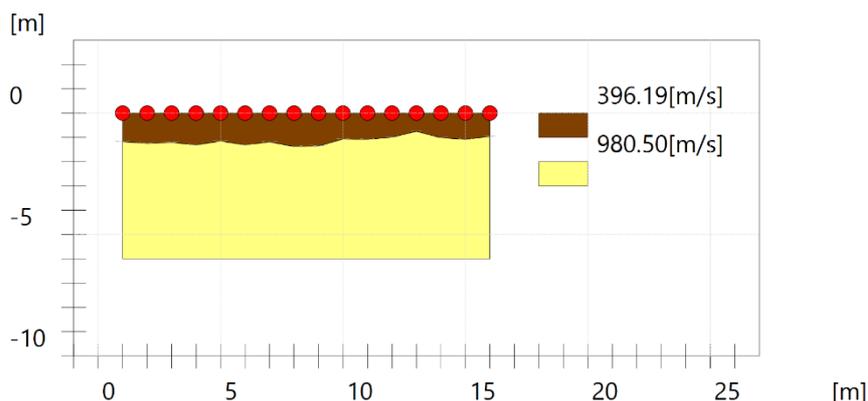


Fig. 4.2.3: Sismo-sezione Rz3 eseguita all'interno del sito.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismo-stratigrafia e la litostratigrafia. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito:

Tabella 4.2.1 – Sintesi dei risultati dell'indagini sismiche in Rz1, Rz2 e Rz3.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vp	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -1,0-1.3	396,19 182,92	Terreno agrario e porzione alterata limo-sabbiosa.
2	Da 1,0-1,3 a 10-12	980,50 674,97	Sabbie e calcareniti grossolane organogene ("panchina") giallastre a stratificazione incrociata.

La geologia generale dell'impianto, del cavidotto e della stazione utente con la descrizione delle formazioni affioranti vengono sintetizzate nella carta geologica e geolitologica schematica

allegata al progetto. **In Conclusione non sono riportate nella cartografia ufficiale né sono state rilevate, nell'ambito dell'area investigata e nelle immediate vicinanze, importanti direttrici tettoniche recenti ed attive, tali da determinare condizioni geologico-strutturali particolarmente sfavorevoli dal punto di vista sismico.**

5- GEOMORFOLOGIA E COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA

Il sito in progetto, si colloca a 3,9 km in direzione Nord-Ovest rispetto al centro urbano di Vittoria, in un'area sub-pianeggiante, determinata da placche più o meno sinclinaliche di terreni sabbiosi arenitici di età plio-pleistocenica. Dall'analisi della distribuzione delle altimetrie, in un opportuno intorno dell'area in esame, si evince che l'impianto fotovoltaico ricade prevalentemente tra le isoipse di quota 216 metri s.l.m. quota massima dell'impianto in corrispondenza del confine con la SP97 e quota minima di 203 metri s.l.m., con una quota media di circa 209 metri ed è caratterizzata da una morfologia a debole pendenza con moda centrata nella classe 0-5° (cfr. Tav. 5) e con quote degradanti verso est.

Il caviodotto si estenderà per circa 8 km in direzione WNW, dipartendosi da una quota minima di 135 metri s.l.m. in corrispondenza di Fondo Niglio, area della costruenda Stazione Utente, percorrendo le strade provinciali 91 per circa 6.5 Km per poi imboccare la SP97 per ulteriori 500 metri circa, fino a congiungersi in contrada Longobardo con l'impianto fotovoltaico, raggiungendo una quota massima di circa 215 m s.l.m..

Dall'analisi comparata della carta clivometrica e geologica, si può notare facilmente la generale corrispondenza tra morfologia e litologia dei terreni presenti: a morfologie dolci ed arrotondate, caratteristiche del sito in progetto, corrispondono litotipi dei depositi quaternari, i quali presentano delle incisioni vallive, generate dall'erosione delle acque dilavanti. L'idrografia superficiale è pressoché assente a causa dell'andamento pianeggiante dell'intera zona, ma soprattutto per l'elevato grado di permeabilità delle calcareniti e delle sabbie che evitano il ristagno di acque piovane in superficie, favorendo l'infiltrazione delle acque di scorrimento superficiale e di conseguenza un loro veloce smaltimento.

Le condizioni di stabilità dell'area sono buone in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla mancanza di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio, non sono, infatti, presenti, allo stato attuale né dissesti né rischi di carattere geomorfologico.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte ed essendo l'area pianeggiante, non si ritiene di eseguire verifiche di stabilità in quanto risulta improbabile l'instaurarsi di alcun movimento franoso e, quindi, si registrerebbero valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla legge.

L'assetto generale del territorio studiato, infatti, appartiene alla **Categoria Topografica T1** (ai sensi delle NTC 2018); in essa non si evidenzia, allo stato attuale, l'esistenza di processi morfodinamici in atto, tanto meno nello stretto ambito dell'area di competenza, né sono stati individuati gravi agenti geodinamici che possano turbare, anche in futuro, le attuali condizioni di equilibrio.

Dai rilievi geomorfologici eseguiti, nell'area in esame e in un suo intorno significativo lo scrivente può asserire che:

Nell'area oggetto di studio non si riscontrano, allo stato attuale delle conoscenze, depositi alluvionali e falde di detrito, anche per spessori di poche decine di metri, dove per effetto della riflessione multipla e di interferenza delle onde sismiche entro il deposito stesso, si possono generare variazioni della risposta sismica locale;

Non si riscontrano problemi connessi con fenomeni di stabilità di vario tipo con attivazione e riattivazione di frane potenziali o quiescenti e crolli di massi da pareti rocciose, che possono comportare un rischio per l'opera in progetto e per l'ambiente.

Nell'area oggetto di studio, si non riscontrano particolari morfologie (creste rocciose, cocuzzoli, dorsali scarpate, ecc.) dove possono verificarsi localizzazioni dell'energia sismica incidente, con conseguente esaltazione dell'ampiezza delle onde;

Dal punto di vista geomorfologico, l'area è inserita in un ambiente, che non lascia prevedere evoluzioni negative per l'insediamento dell'opera in progetto, e pertanto, presenta i necessari requisiti, per definirla idonea alla realizzazione della stessa.

Con riferimento al Piano Straordinario del rischio idrogeologico ai sensi del D.L. 180/98 modificato dalla L. 267/98 e successive modifiche e integrazioni, adottato con D.A.R.T.A. n. 298 del 04/07/2000 il sito in progetto, non rientra tra le aree a rischio di frana o soggette ad alluvionamenti cartografate dal D.A.R.T.A del 4 luglio 2000 (**Cfr. Tavv 6-7-8**).

Pertanto è possibile asserire che l'area in cui è prevista la realizzazione del parco agrovoltaiico, del caviodotto e della stazione utente risulta scevra da potenziali scenari di pericolosità geologiche e geomorfologiche, non essendo stati rilevati, all'atto delle indagini, fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali, tali da essere in

contrasto con il progetto proposto, risultando compatibile con il territorio in esame (Cfr.

Tav. 9) E' stata effettuata, infine, una valutazione dei rischi che l'impianto da realizzare può determinare sulle aree circostanti ed in funzione delle influenze sono stati determinati gli interventi atti a mitigarli attraverso le indicazioni e prescrizioni indicate nel presente studio.

6- IDROGEOLOGIA

In questo paragrafo si rappresentano le principali caratteristiche idrogeologiche esistenti nel territorio preso in considerazione.

La caratterizzazione idrogeologica dei terreni individuati scaturisce da una serie di osservazioni qualitative riguardanti gli aspetti macroscopici che questi presentano ad un primo esame, quali: porosità, fatturazione grado di cementazione, discontinuità strutturali. La permeabilità dei complessi idrogeologici affioranti nell'areale oggetto di studio, risulta essere, principalmente, primaria per porosità ed in maniera ridotta per fratturazione, laddove si riscontra una cementazione piuttosto spinta dei litotipi calcarenitici (**cf. Tavola 10**).

Sulla base delle considerazioni di carattere geologico-strutturale, l'area in esame, può essere suddivisa, dal punto di vista idrogeologico, in tre complessi principali; infatti, la circolazione idrica sotterranea presenta aspetti e caratteristiche differenti in relazione soprattutto ai litotipi affioranti, ma anche al loro particolare assetto. Di seguito si riportano le caratteristiche idrogeologiche dei terreni dell'intorno investigato, associati in funzione delle loro caratteristiche.

Rocce permeabili per porosità (permabilità medio-bassa)

Appartengono a questa categoria i depositi olocenici caratterizzati da limi e silt a struttura varvata con sporadiche intercalazioni sabbioso-conglomeratiche e abbondante frazione vegetale nei livelli limosi e le argille marnose azzurre massive. I terreni di tale complesso idrogeologico presentano una permeabilità variabile da medio-bassa, in funzione del prevalere della classe granulometrica più minuta su quella grossolana. Generalmente i pori intergranulari dei depositi clastici aventi una scarsa matrice limosa tendono a saturarsi durante la circolazione delle acque di infiltrazione consentendo la formazione di un acquifero. Tuttavia, quando la componente pelitica prevale in percentuale su quella sabbio-ghiaiosa, la permeabilità tende a diminuire perché i pori si occludono rendendo difficoltosa la circolazione idrica.

Rocce a permeabilità medio alta per porosità e/o fessurazione

Appartengono a questa categoria i depositi calcarenitico-sabbiosi. I terreni appartenenti a tale classe, costituiscono gli acquiferi che assumono rilevanza diversa, in relazione alla qualità e quantità delle risorse in esse contenute. I termini che hanno maggiore significato dal punto di vista idrogeologico sono quelli sabbiosi. Nell'insieme, essi sono infatti caratterizzati da una permeabilità tendenzialmente elevata, che nelle sabbie è medio alta per porosità, seppur con spaccata variabilità, sia in senso orizzontale che verticale, per la presenza di intercalazioni argillose-sabbiose-siltose; nei livelli cementati risulta generalmente elevata per fessurazione ed in minore misura per porosità. Tali condizioni, che comportano frequenti limiti di permeabilità, spesso indefiniti, all'interno del complesso, favoriscono l'esistenza oltre che di falde sospese e talora sovrapposte, di un gran numero di manifestazioni sorgentizie di modesto significato produttivo.

Rocce poco permeabili

Depositi Caratterizzati da permeabilità bassa porosità e medio bassa per fratturazione. Afferiscono a questa categoria i depositi calcareo marnosi e marnosi che affiorano a margine del campo fotovoltaico.

In conclusione l'area interessata dalle opere in progetto, dal punto di vista idrogeologico è caratterizzata dalla presenza di terreni aventi permeabilità (k) di circa 1×10^{-2} m/s.

Si consiglia, al fine di mantenere inalterato la naturale capacità di assorbimento delle acque meteoriche da parte dei terreni, di limitare la realizzazione di superfici impermeabili quali a titolo esemplificativo il manto di copertura della viabilità interna, delle piazzole, utilizzando materiale con misto granulometrico opportunamente classato che garantirà un grado di permeabilità idonea. Con tali accorgimenti le acque piovane verranno assorbite nel terreno in modo naturale in tutta l'area non alterandone il coefficiente di permeabilità e le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. La creazione di fasce vegetali di rinaturazione e la messa a dimora della cotica erbosa tra le strighe, inoltre, avranno effetti benefici sulla mitigazione di fenomeni quali splash erosion e rill erosion che concorrono in maniera determinate al "Consumo del Suolo" e "al rischio desertificazione". Tali aspetti mitigativi, unitamente alle soluzioni tecniche prescritte nella relazione agronomica, avranno effetti positivi anche sull'applicazione del principio di invarianza idraulica, grazie ad una diminuzione dei valori di coefficienti di deflusso meteorico ed un miglioramento dei valori di infiltrazione efficace e di ritenzione idrica non incrementando, dunque, le portate di deflusso verso i corpi idrici ricettori rispetto ai valori preesistenti.

Per quanto riguarda gli aspetti delle interferenze con il reticolo idrografico le linee di drenaggio superficiale delle aree oggetto di studio risultano praticamente assenti, infatti, la circolazione idrica avviene principalmente per via sotterranea favorita dall'elevata permeabilità per porosità e per fratturazione (limitatamente ai depositi calcarenitici) e dei litotipi affioranti. Non vi sarà dunque, alcuna interferenza tra le opere in progetto e l'assetto idrogeologico dell'area e la presenza dello stesso non costituirà alcun rischio di inquinamento per falda idrica, in quanto non sono previsti scarichi al suolo.

Si rappresenta, altresì, che il layout progettuale è stato sviluppato tenendo conto delle indicazioni del DSG 189/2020 e del R.D. 523/1904. A riguardo si riporta in allegato la carta delle interferenze con il reticolo idrografico ufficiale censito nella cartografia ATA 2012-2013 dove risulta evidente quanto sopra rappresentato (**cf. Tavola 11**).

Dal punto di vista idraulico, l'area oggetto di intervento non ricade in aree vincolate come si evince dalla cartografia allegata al PAI Sicilia, attualmente presente nel portale dedicato (comprensiva degli ultimi aggiornamenti) relativamente a: siti d'attenzione; pericolosità e rischio idraulico (**cf. Tavv 12-13**).

Pertanto gli interventi da realizzare non potranno in alcun modo turbare il regime delle acque superficiali e/o sotterranee e risultano compatibili con le condizioni idrogeologiche dell'area.

7. CLASSIFICAZIONE SISMICA

7.1 Cenni sulla storia sismica del territorio

Il reticolo di punti che permette di valutare la pericolosità sismica di base è frutto sia dello studio delle sorgenti e delle strutture sismogenetiche sul territorio italiano, sia dell'analisi storica dei terremoti. La figura 7.1 mostra la mappa delle sorgenti e strutture sismiche per l'intero territorio siciliano presenti nel database DISS 3.2.1, sviluppato all'interno del progetto nazionale S2 è frutto della collaborazione tra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DNPC) e l'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV); il database è liberamente consultabile in formato web-Gis all'indirizzo web: <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

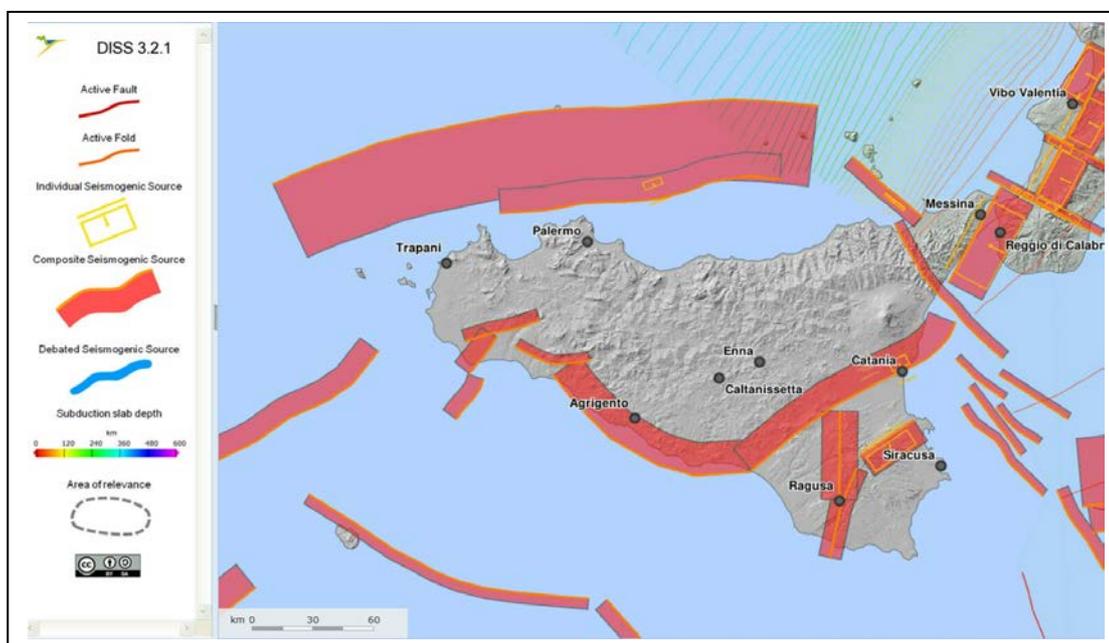


Fig. 7.1: Sorgenti sismogenetiche Sicilia. Fonte INGV.

Dal sito stesso dell'INGV è possibile sfogliare il database sui terremoti storici presenti sul territorio italiano (aggiornato alla versione DBMI15) consultabile all'indirizzo <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

Dall'interrogazione del database è possibile valutare la serie dei principali terremoti che hanno interessato in passato il territorio di **Vittoria** con *Intensità* maggiore di 2.

I risultati sono riportati nelle figure 7.2 e 7.3.

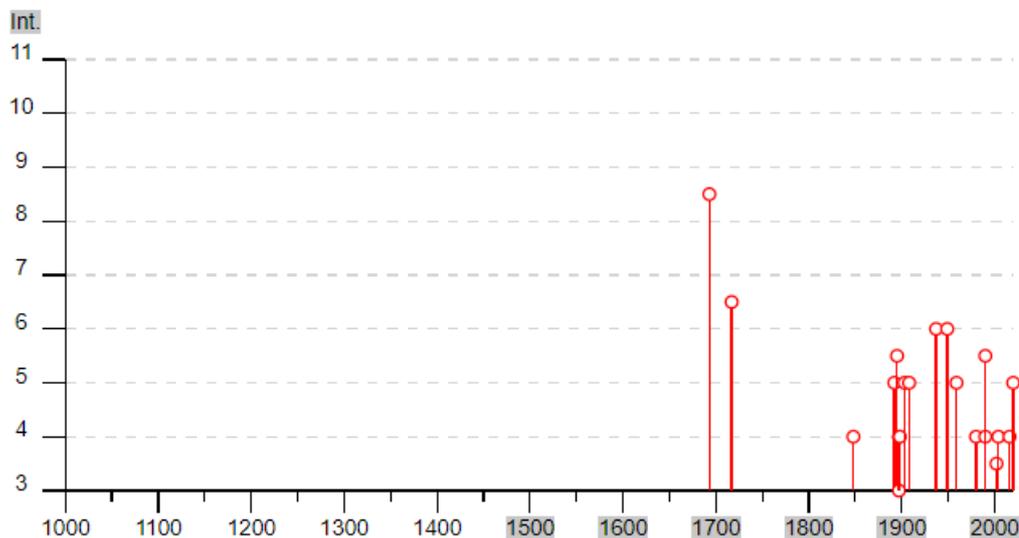


Fig. 7.2: Principali eventi sismici sul territorio comunale intensità/anno. Fonte INGV

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	I ₀	M _w
8-9	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
6-7	1717	04	04				Ragusano	2	6-7	4.86
4	1848	01	11	12			Golfo di Catania	41	7-8	5.51
5	1892	01	22	23	47		Monti Iblei	26	5	4.41
5-6	1895	04	13	15	01		Monti Iblei ?	32	6-7	4.82
3	1897	02	11	23	33	0	Ionio meridionale	96	5	5.03
NF	1897	05	15	13	42	3	Tirreno meridionale	85	5	4.52
4	1897	05	28	22	40	0	Ionio	132	6	5.46
4	1898	11	03	05	59		Calatino	48	5-6	4.51
5	1903	07	13	08	19		Calatino	46	5	4.14
NF	1908	12	10	06	20		Monti Peloritani	64	7	5.11
5	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
6	1937	03	06	01	56		Monti Iblei	15	5	4.49
6	1949	10	08	03	08		Sicilia sud-orientale	32	7	5.10
5	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
4	1980	01	23	21			Monti Iblei	122	5-6	4.39
4	1990	10	29	08	16	1	Stretto di Sicilia	40		4.79
5-6	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
3-4	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
4	2004	12	30	04	04	5	Monti Iblei	48	4	3.82
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56
4	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5-6	4.44
5	2020	12	22	20	27	2	Ragusano	25	5	4.52

Fig. 7.3: Principali eventi sismici sul territorio comunale in epoca storica. Fonte INGV

L'evento più significativo a tutt'oggi risulta quello del 11 Gennaio 1693, con epicentro nelle Sicilia sud-orientale, e con un'intensità sul territorio comunale (I_0 - scala MCS) valutata in 11. Per l'accelerazione orizzontale di picco a_g attesa (in riferimento ad un suolo di categoria A con periodo di ritorno di 475) all'indirizzo web: <http://esse1-gis.mi.ingv.it> è disponibile una funzione che, consentendo la disaggregazione dei dati, permette di ottenere i valori della *Magnitudo* (M) e della *Distanza* (R) del Terremoto di riferimento atteso (in senso probabilistico). Dall'interrogazione web-gis emergono valori di 6,19 per la magnitudo e di 19,7 km per la distanza. Nelle figure 7.4 e 7.5 sono riportati i risultati completi dell'interrogazione; si evidenziano nell'area valori di a_g compresi tra 0,150g e 0,175g, quindi in linea con l'intervallo previsto dall'O.P.C.M. 3274/03.

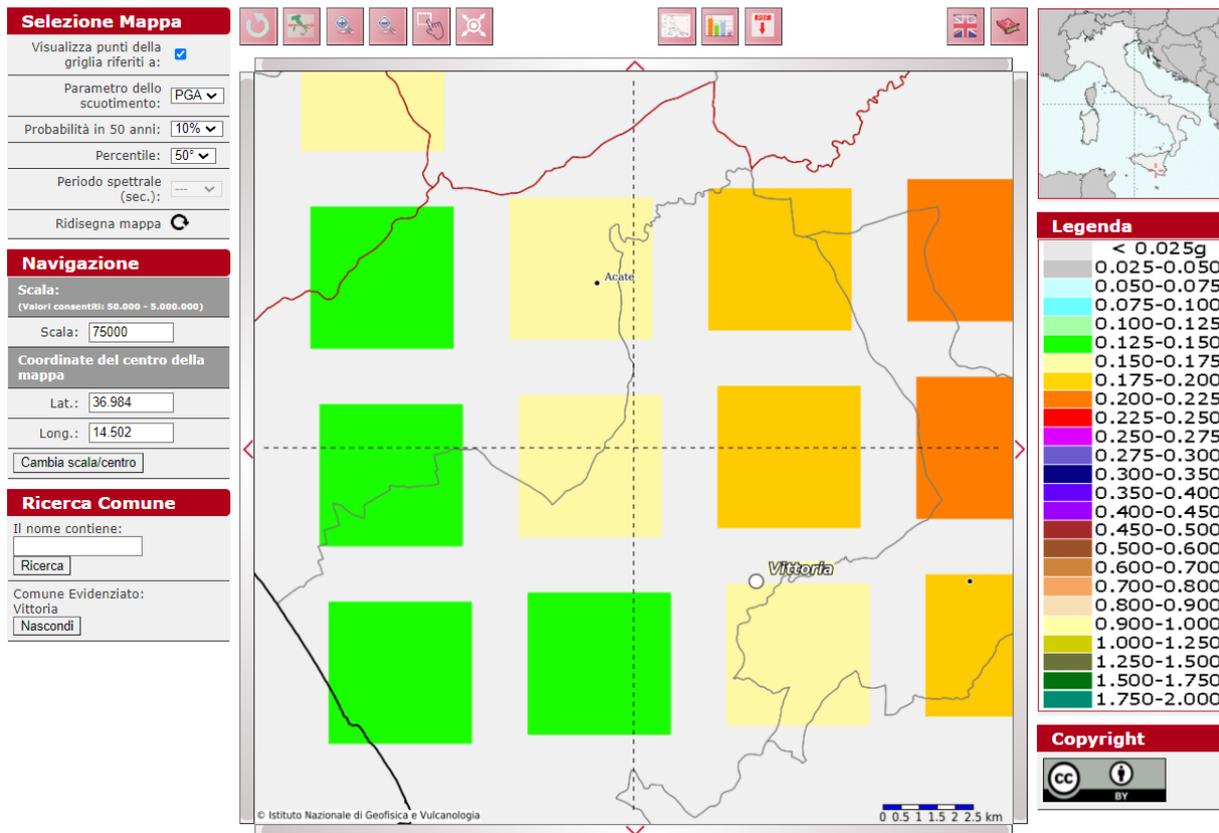


Fig. 7.4: Griglia per la valutazione dei valori di ag sul territorio. Fonte INGV

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 36.980 lon. 14.488 - id 50299)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	1.1800	3.7000	4.2000	3.8600	2.9400	1.9100	1.1000	0.1500	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.9300	4.3000	7.1800	9.1900	9.4700	8.0300	5.7400	0.8710	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0012	0.2950	1.4300	2.9700	4.3800	5.0500	4.7000	0.8240	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.1270	0.7380	1.5700	2.3500	2.7300	0.5430	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.1460	0.6020	1.1600	1.6300	0.3590	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.2160	0.5830	0.9790	0.2350	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0568	0.2940	0.5960	0.1550	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0068	0.1070	0.2700	0.0751	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0425	0.0128	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0007	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0020	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0015	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0008	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.19	19.7	0.838

Fig. 7.5: Tabella dei valori di disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.
Fonte INGV

7.2 Pericolosità sismica di Base

La pericolosità sismica di base rappresenta, sostanzialmente, la probabilità che un evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento; in pratica fornisce i valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo (*PGA* - peak ground acceleration) riferite ad una situazione ideale con suolo rigido ed omogeneo ($V_s > 800$ m/s; *categoria A* nelle NTC 18). Già con l'ordinanza O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 l'intero territorio italiano era stato riclassificato con l'individuazione di 4 categorie sismiche in funzione dei valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo riferite a suolo rigido ed omogeneo ($V_s > 800$ m/s) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e con periodo di ritorno di 495 anni. In riferimento a tale macrozonazione sismica l'area in esame ricade in *zona 2*, ovvero "Zona dove possono verificarsi forti terremoti" con un'accelerazione orizzontale massima pari a $a_g = 0,25g$ e con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni che risulta $0,15 \leq a_g \leq 0,25g$.

Nella nuova normativa, invece, poiché l'azione sismica viene definita facendo riferimento ad un reticolo i cui punti sono riportati in termini di latitudine e longitudine, di fatto può presentare una discreta variabilità anche all'interno di uno stesso territorio molto ristretto; più nello specifico l'azione sismica viene definita in funzione dei parametri (a_g , F_o , T_c^*) che, secondo differenti tempi di ritorno (T_R), definiscono le forme spettrali e quindi la "pericolosità sismica di base" che assieme al fattore suolo (S), legato agli effetti di amplificazione locale (stratigrafica e topografica), andrà in definitiva a caratterizzare la "risposta sismica locale".

In riferimento al vigente D.M. 17/01/2018, pertanto, al fine di ricavare i parametri di riferimento per l'azione sismica di base, si devono, innanzitutto, individuare le *coordinate di sito* tramite rilevatore satellitare WGS 84 - ETRF89.

Con riferimento al vigente D.M. 17/01/2018 al fine di ricavare i parametri di riferimento per l'azione sismica di base sono state innanzitutto individuate le coordinate baricentriche di sito tramite rilevatore satellitare (WGS 84) che risultano:

Lat: 36.984455°

Long: 14.50186°

Tali coordinate sono state poi convertite al *datum ED50* mediante la procedura on-line fornita dal sito della geostru (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018>), ottenendo i seguenti valori:

Lat: 36.985527°

Long: 14.502685°

A partire da queste ultime coordinate sono stati ricavati i parametri a_g , F_o , T_c^* per i vari periodi di ritorno T_R associati a ciascun *Stato Limite*, ipotizzando come tipologia un'opera ordinaria con $V_N = 50$ anni e classe d'uso I (*Presenza occasionale di persone, edifici agricoli*); risulta:

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 50299 Lat: 36,9804 Lon: 14,4881 Distanza: 1418,812
Sito 2 ID: 50300 Lat: 36,9798 Lon: 14,5504 Distanza: 4285,620
Sito 3 ID: 50078 Lat: 37,0298 Lon: 14,5512 Distanza: 6537,142
Sito 4 ID: 50077 Lat: 37,0304 Lon: 14,4888 Distanza: 5135,186

STATO LIMITE	T_R (anni)	A_g (g)	F_o (-)	T_c^* (s)
SLO	30	0.031	2.475	0.218
SLD	35	0.034 g	2.492	0.230
SLV	332	0.138	2.365	0.356
SLC	682	0.206	2.362	0.411

7.3 Pericolosità SISMICA LOCALE

La Pericolosità sismica locale, rappresenta una valutazione, a scala di dettaglio, delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito specifico (condizioni locali). È ormai cosa acclarata e confermata da innumerevoli studi, che la struttura geologica sovrastante il bedrock assume un ruolo determinante nella modifica del treno di onde sismiche con *fenomeni di amplificazione* o di smorzamento; sicché, ad esempio, quando si passa dal bedrock rigido ad un terreno più superficiale con minore rigidità (variazione di *impedenza*) le onde sismiche subiscono un rallentamento e, per la legge della conservazione dell'energia, la loro ampiezza aumenta. Ne consegue un'amplificazione del moto sismico con danni all'edificato superiori rispetto ad aree circostanti poggianti su un terreno di copertura più rigido. Citando la casistica espressa nelle varie circolari A.R.T.A. relative ai piani di revisione dei PRG, situazioni che portano ad una amplificazione dell'azione sismica sono legate per esempio a *zone di ciglio* (con $H > 10$ mt), *zone di cresta rocciosa* o di dorsale, *aree di fondovalle con presenza di alluvioni incoerenti*, zone pedemontane di *falda di detrito*, zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse o zone con *terreni di fondazione particolarmente scadenti*; oltre a questa casistica

vengono ugualmente prese in considerazione quelle situazioni che possono portare all'accentuazione di fenomeni di instabilità già in atto in occasione di eventi sismici quali zone caratterizzate da movimenti *franosì quiescenti* o *zone con elevata acclività associate a copertura detritica* o ancora ammassi rocciosi con acclività > 50% ed una giacitura sfavorevole degli strati. In fase di progettazione esecutiva la risposta sismica locale viene valutata o mediante analisi specifiche, come indicate al paragrafo 7.11.3 delle NTC 2018 o facendo riferimento alla procedura semplificata (qui utilizzata per la progettazione definitiva) descritta al paragrafo 7.3. Si rappresenta, comunque, come riportato nella tavola delle pericolosità sismica locale (Cfr. Tav. 14 Carta delle pericolosità sismica) allegata al progetto, che **nelle aree in cui ricadono l'impianto fotovoltaico, il cavidotto e la stazione utente è stata riscontrata l'assenza di pericolosità sismica locale in quanto caratterizzate da zone stabili, contraddistinte da una morfologia sub-pianeggiante con pendenze a basso gradiente altimetrico. Non si riconoscono scenari di pericolosità sismica potenziale come aree caratterizzate da instabilità di versante, presenza di frane attive e/o quiescenti, dissesti di tipo crolli e aree dove possono verificarsi fenomeni di amplificazione delle onde sismiche.**

7.4 SISMOSTRATIGRAFIA DI DETTAGLIO E AZIONE SISMICA LOCALE

Il piano di indagini in fase di progettazione definitiva ha previsto la realizzazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del D.M. 17/01/2018, la realizzazione di n°3 stendimenti per indagine di sismica a rifrazione e n°3 stese sismiche per indagini di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di valutare sia la stratigrafia del sito e ricavare il parametro VSeq (Cfr. Tav. 15 Carta delle indagini).

7.4.1 Risultati dell'Indagine di Sismica Masw

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata nello spettro compreso tra 1 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. **I risultati delle inversioni delle cinque indagini eseguite (MW1, Mw2 e MW3) eseguite in**

corrispondenza degli impianti e del cavidotto hanno fornito valori di categoria suolo fondazione di tipo B per il sito in progetto.

Le indagini geofisiche eseguite, hanno consentito, dunque, di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio al fine di valutare il valore del parametro $V_{S_{eq}}$ e quindi stabilire la categoria di appartenenza del sottosuolo come da D.M. 17/01/2018. Dalla individuazione delle onde di taglio generate in corrispondenza del punto di indagine è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde entro i primi 30 metri di terreno attraversato; successivamente, attraverso questo parametro ed ai sensi della normativa vigente in materia antisismica, Ordinanza 3274 – Nuova Normativa Antisismica del 20/03/2003, richiamata dal DM 17/01/2018, è stato possibile classificare tali terreni. Lo studio sugli effetti di sito è un aspetto fondamentale nella valutazione e mitigazione del rischio sismico. Tale studio si effettua in termini di risposta sismica locale, partendo dal concetto di amplificazione del moto sismico che si origina dal basamento roccioso (definito bedrock sismico) e che si propaga all'interno di un deposito sino a raggiungere la superficie. Valutare questi effetti non è sempre del tutto facile anche perché, in molti casi, l'amplificazione è dovuta ai cosiddetti fenomeni di risonanza nei terreni stratificati posti al di sopra del bedrock, di riflessione e rifrazione delle onde sismiche nelle interfacce di discontinuità e tra mezzi a diversa densità, dove le onde vengono per così dire "intrappolate" e successivamente trasmesse allo strato più superficiale generando così onde di tipo Love e di Rayleigh. A questi, poi, si aggiunge l'effetto di focalizzazione del raggio sismico nelle zone morfologicamente più acclive. Sul territorio italiano la valutazione degli effetti della risposta sismica locale viene fatta sulla base delle vigenti norme tecniche per le costruzioni pubblicate in GU n.42 del 20/02/2018 - Suppl. Ordinario n. 8. In particolare per situazioni riconducibili alle categorie definite in Tab. 3.2.II di cui al § 3.2.2 si può fare riferimento ad un approccio semplificato basato sui valori di velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s , che costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo di cui al § 6.2.2. In tal caso si calcola la velocità equivalente con la seguente espressione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

con: h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo (in m), V_s = Velocità dell'onda di taglio i-esimo strato, N = Numero di strati, H = profondità del substrato sismico (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro $VS_{,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

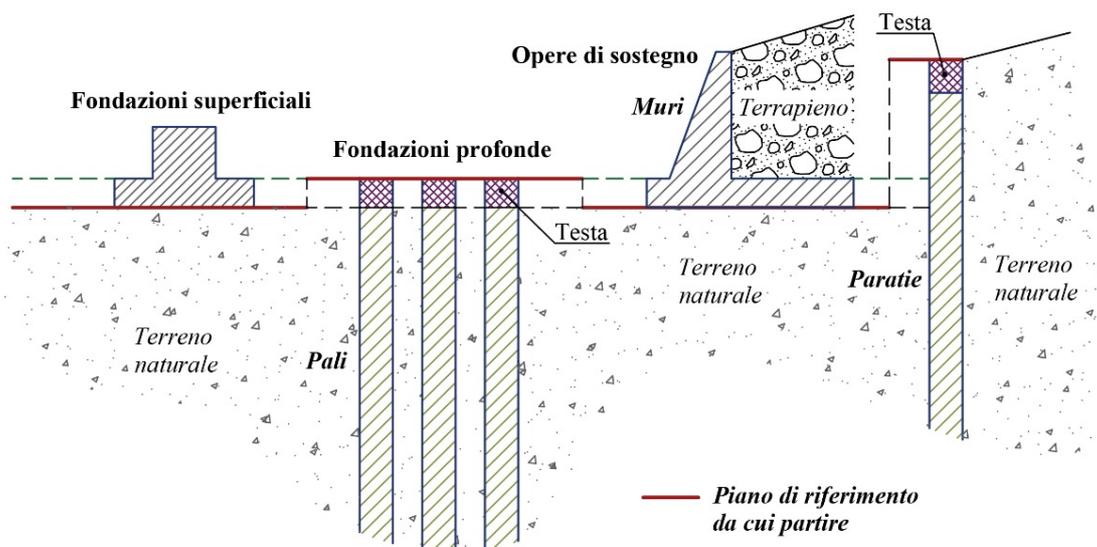


Figura 7.4.1: Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

Mentre per tutti quei casi non rientranti è richiesta una specifica analisi della risposta sismica locale, così come previsto al § 7.11.3.

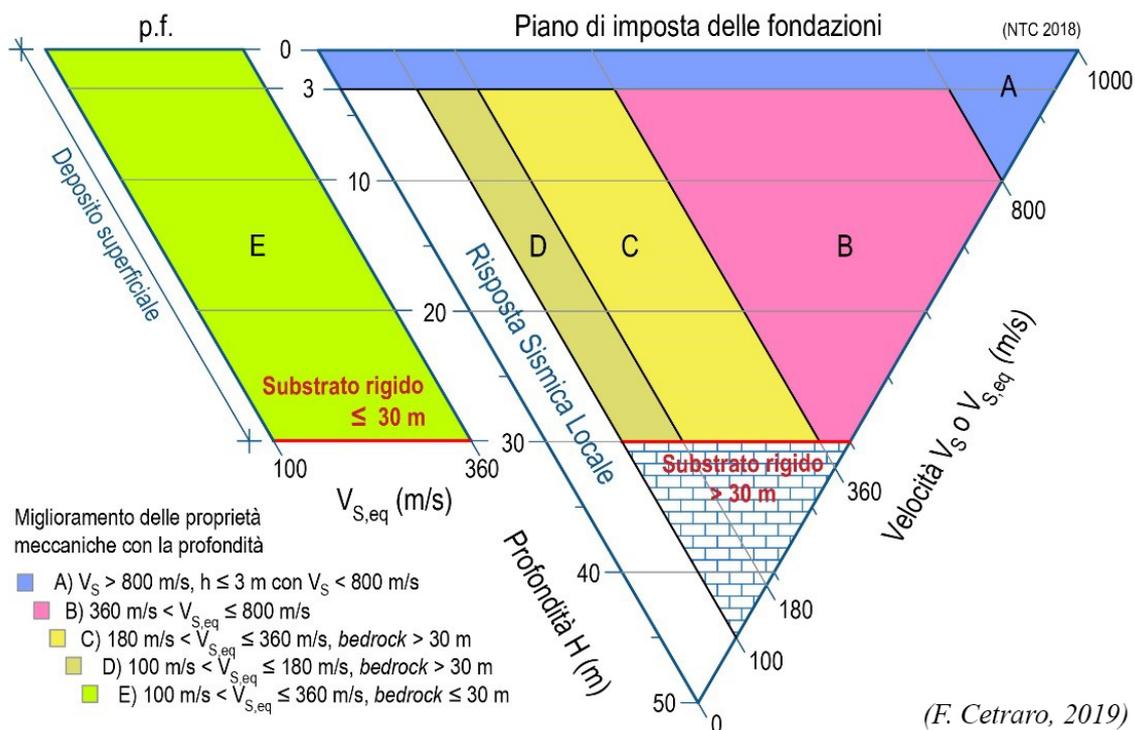


Figura 7.4.2: Diagramma categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018.

7.4.2 Risultati dei calcoli

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 1 Hz e 60Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

INDAGINE SISMICA MASW 1

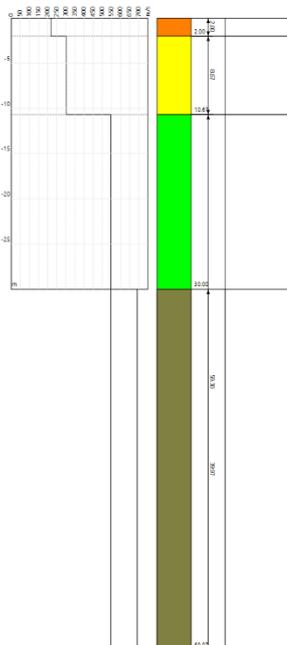
Strato n°1: $V_s = 218.6 \text{ m/s}$; spessore medio 2.0 metri.

Strato n°2: $V_s = 302.6 \text{ m/s}$; spessore medio oltre 8.67metri.

Strato n°3: $V_s = 546.4 \text{ m/s}$; spessore medio 59.30metri.

Strato n°4: $V_s = 691.7 \text{ m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 410.01 \text{ m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo **B** e Categoria topografica T1.

INDAGINE SISMICA MASW 2

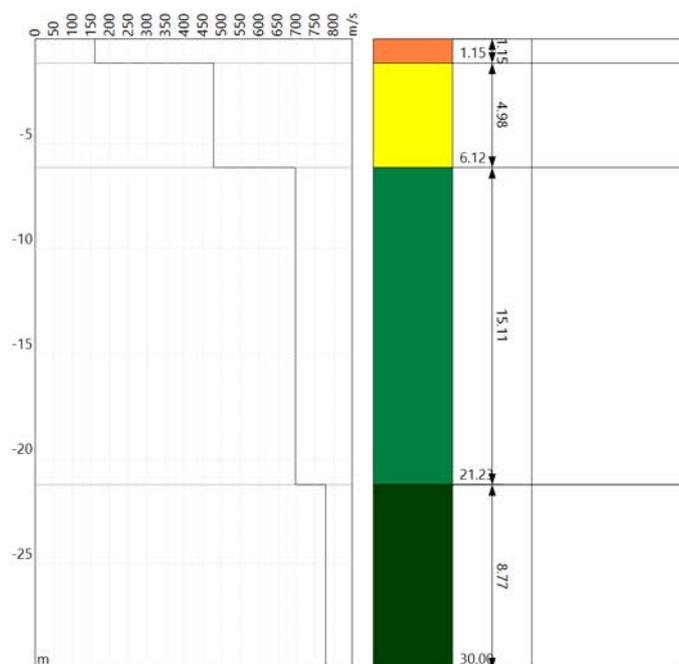
Strato n°1: $V_s = 160.1 \text{ m/s}$; spessore medio 1.15metri.

Strato n°2: $V_s = 478.3 \text{ m/s}$; spessore medio oltre 4.98metri.

Strato n°3: $V_s = 697.8 \text{ m/s}$; spessore medio 15.11metri.

Strato n°4: $V_s = 779.0 \text{ m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 594.38 \text{ m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_s , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo B e Categoria topografica T1.

INDAGINE SISMICA MASW 3

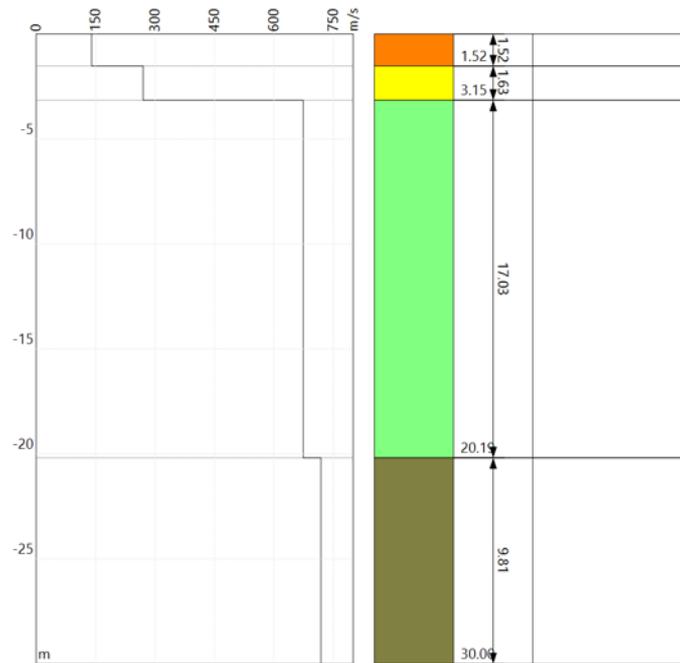
Strato n°1: $V_s = 139.9 \text{ m/s}$; spessore medio 1.52metri.

Strato n°2: $V_s = 270.0 \text{ m/s}$; spessore medio oltre 1.63metri.

Strato n°3: $V_s = 674.1 \text{ m/s}$; spessore medio 17.03metri.

Strato n°4: $V_s = 718.6 \text{ m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 537.14 \text{ m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo B e Categoria topografica T1.

8. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

In questo capitolo vengono analizzate le caratteristiche fisico-meccaniche della litofacies che caratterizzeranno il sedime di fondazione dell'area oggetto di studio.

Per le valutazioni geotecniche, riguardanti l'area oggetto di studio, si è fatto riferimento a dati bibliografici e in base ai risultati di campagne di prove penetrometriche dinamiche medie, effettuate dallo scrivente in aree limitrofe dalle analoghe caratteristiche litologiche.

Questa fase del lavoro ha consentito di indagare sia le unità di copertura che il substrato. Tutti i dati ottenuti hanno permesso di effettuare una ricostruzione della litostratigrafia dell'area e di creare dei modelli rappresentativi, corredati dai parametri geotecnici medi indicativi.

Occorre tuttavia considerare che la natura geologica dei terreni indagati, mostra una spiccata variabilità litologica.

Si riportano a scopo puramente indicativo, i parametri geotecnici che comprendono, anche, dei valori di angolo d'attrito in ragione di una componente incoerente che, a luoghi, potrebbe essere rilevante, incidendo sul comportamento geomeccanico.

In particolare L'impianto fotovoltaico, la sottostazione ed il cavidotto ricadono all'interno di quattro unità litotecniche che sono state definite secondo quanto definito dall'allegato D della Circolare 3/ DRA del 20.06.2014 (Cfr. Tav. 16 Carta Litotecnica). In particolare vengono catalogati in quattro insiemi, in cui distinguiamo i litotipi che costituiscono il substrato e quelli che caratterizzano la copertura.

COPERTURA

UNITA' A – DEPOSITI ELUVIALI Bn-Gn (F1)

Depositi colluviali terrazzati sciolti a grana grossa con frammenti lapidei arrotondati.

L'unità litotecnica appartiene alla categoria **F1** ovvero sedimenti sciolti a grana grossa con elementi litici a spigoli vivi. Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche geotecniche medie indicative:

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0$$

$$\Phi = 24^\circ\text{-}26^\circ$$

$$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,7$$

SUBSTRATO

UNITA' B – Depositi Calcarenitico-sabbiosi (AUG)

Calcarenite trasgressiva, inferiormente tenera, giallastra, con lenti sabbioso-argillose, superiormente più compatta, scarsamente fossilifera. Questa unità litotecnica può essere classificata nella categoria di copertura **G3** (sabbie cementate). Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche geotecniche

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0 \qquad \Phi = 26^\circ\text{-}30^\circ \qquad \gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,7\text{-}1,8$$

UNITA' C – Depositi Calcarenitici (RAG)

Calcareniti grigio giallastre. Marne biancastre e calcari marnosi grigi. Questa unità litotecnica può essere classificata nella categoria di copertura **G3** (sabbie cementate). Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche geotecniche

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0 \qquad \Phi = 26^\circ\text{-}30^\circ \qquad \gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,7\text{-}1,8$$

UNITA' D – Depositi Calcarenitici (QS)

Sabbie gialle debolmente stratificate con sottili e rari intercalazioni calcarenitiche fossilifere
Questa unità litotecnica può essere classificata nella categoria di copertura **C2.1** successioni sabbiose a basso grado di cementazione debolmente stratificate con sottili e rari intercalazioni calcarenitiche fossilifere. Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche geotecniche

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0 \qquad \Phi = 24^\circ\text{-}26^\circ \qquad \gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,7\text{-}1,8$$

Pertanto per una preliminare valutazione, sulla tipologia e dimensionamento delle fondazioni possono essere usati i parametri nominali indicati anche se gli aspetti geotecnici dovranno essere implementati in sede di progettazione esecutiva.

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio è stato redatto conformemente ai contenuti tecnici della circolare ARTA 3/DRA del 20/06/2014 ed in ottemperanza al D.M. 17/01/2018. La finalità dello studio è stata quella di accertare la compatibilità geomorfologica delle opere in progetto con il territorio in esame, attraverso rilevamenti geologici, geomorfologici di dettaglio estesi ad una fascia perimetrale esterna rispetto a quella di stretto interesse. In particolare è stata eseguita una campagna di indagini sismiche di sito specifiche, così come disposto dall'art. 6.12.1 del N.T.C 2018, che hanno incluso tecniche a rifrazione e masw, il cui numero è apparso congruo sia in funzione dell'attuale livello di approfondimento progettuale sia per la copertura litologica dell'area di interesse.

In base ai risultati ottenuti, tenuto conto delle condizioni morfologiche, geologiche, idrogeologiche, meccaniche e sismiche dei terreni di progetto, è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive:

Dal punto di vista Geomorfologico il sito in progetto, si colloca a 3,9 km in direzione Nord-Ovest rispetto al centro urbano di Vittoria, in un'area sub-pianeggiante con pendenze che ricadono prevalentemente nella classe 0-5°. Dal punto di vista plano-altimetrico l'impianto fotovoltaico ricade prevalentemente tra le isoipse di quota 216 metri s.l.m. quota massima dell'impianto in corrispondenza del confine con la SP97 e quota minima di 203 metri s.l.m., con una quota media di circa 209 metri. Il cavidotto si estenderà per circa 8 km in direzione WNW, dipartendosi da una quota minima di 135 metri s.l.m. in corrispondenza di Fondo Niglio, area della costruenda Stazione Utente, percorrendo le strade provinciali 91 per circa 6.5 Km per poi imboccare la SP97 per ulteriori 500 metri circa, fino a congiungersi in contrada Longobardo con l'impianto fotovoltaico, raggiungendo una quota massima di circa 215 m s.l.m..

Le condizioni di stabilità dell'area sono buone in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla mancanza di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio, non sono, infatti, presenti, allo stato attuale né dissesti né rischi di carattere geomorfologico.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte ed essendo l'area pianeggiante, non si ritiene di eseguire verifiche di stabilità in quanto risulta improbabile l'instaurarsi di alcun movimento franoso e, quindi, si registrerebbero valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla legge.

L'assetto generale del territorio studiato, infatti, appartiene alla **Categoria Topografica T1** (ai sensi delle NTC 2018); in essa non si evidenzia, allo stato attuale, l'esistenza di processi

morfodinamici in atto, tanto meno nello stretto ambito dell'area di competenza, né sono stati individuati gravi agenti geodinamici che possano turbare, anche in futuro, le attuali condizioni di equilibrio. A testimonianza dell'assunto nell'area in progetto dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I, **non sono** stati rilevati fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali da essere in contrasto con il progetto proposto.

Sotto il profilo geolitologico, si può affermare che la stratigrafia riscontrata durante il rilievo lungo affioramenti rocciosi e dall'interpretazione dei dati derivanti dalle prove sismiche effettuate evidenziano una stratigrafia costituita da:

- **Livello 1 Terreno di copertura e depositi colluviali:** Ricoprono diffusamente l'area oggetto di studio con spessore variabile 1.0-1,3 metri dal p.c. e ammantano i sottostanti depositi calcarenitico sabbiosi riconducibili alla formazione Ragusa (RAG), Augusta (AUG) e ai depositi sabbiosi (Qs). Gli spessori medi riscontrati attraverso le indagini di sismica a rifrazione risultano essere rispettivamente di 0,9 metro dal p.c. in Rz1, 1,3 metri in RZ2 e 1,0 in Rz3 e Rz4, con un andamento pressoché parallelo rispetto la superficie topografica. Tali depositi sono prevalentemente incoerenti, costituiti da limi con intercalazioni di sabbie e ghiaie variamente frammisti spesso pedogenizzati. Si rinvenivano elementi litici di dimensione centimetrica di chiara natura calcarenitica.

- **Livello 2 Substrato sabbioso calcarenitico:** Tale litotipi ricoprono diffusamente il sito in progetto e risulta caratterizzato da sabbie e calcareniti grossolane organogene giallastre a stratificazione incrociata sovente terrazzate alla sommità. Alla base sono presenti lenti paleosuolo. Le indagini sismiche effettuate all'interno dei siti ed in aree limitrofe hanno messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica.

Il cavidotto si estenderà per circa 17 km in direzione WSW-ENE, dipartendosi da una quota minima di 190 metri s.l.m. in Contrada Bonincontro, percorrendo la strada provinciale 3 per circa 10 Km per poi imboccare la SP5 per ulteriori 5 km circa fino a congiungersi in contrada Fegotto con la costruenda stazione utente limitrofa alla stazione RTN esistente, raggiungendo una quota massima di circa 317 m s.l.m..

Dal punto di vista idrogeologico tenuto conto dei valori di permeabilità dei complessi idrogeologici presenti, sono stati riconosciuti, nel sito in progetto, terreni caratterizzati da una permeabilità primaria medio alta per porosità e limitamente alle porzioni calcarenitiche cementate

per fratturazione. L'elevata permeabilità dei complessi idrogeologici presenti si manifesta attraverso una scarsa densità delle linee di drenaggio superficiale, infatti non si riscontrano interferenze tra il sito in progetto ed il reticolo idrografico ufficiale censito nella cartografia ATA 2012-2013.

La circolazione idrica avviene principalmente per via sotterranea favorita dall'elevata permeabilità per porosità e per fratturazione (limitatamente ai depositi calcarenitici) e dei litotipi affioranti. Si rappresenta, altresì, che il layout progettuale è stato sviluppato tenendo conto delle indicazioni del DSG 189/2020 e del R.D. 523/1904.

Dal punto di vista idraulico, l'area oggetto di intervento **non ricade** in aree vincolate come si evince dalla cartografia allegata al PAI Sicilia, attualmente presente nel portale dedicato relativamente a: siti d'attenzione; pericolosità e rischio idraulico.

Pertanto è possibile affermare che gli interventi da realizzare non potranno turbare il regime delle acque superficiali e/o sotterranee e risultano compatibili con le condizioni idrogeologiche dell'area.

Dal punto di vista degli impatti sulle matrici ambientali, si sottolinea che l'impianto agrovoltivo è privo di scarichi sul suolo, pertanto non sussistono rischi di contaminazione del terreno e delle acque superficiali e profonde. Inoltre la pulizia dei moduli fotovoltaici dovrà avvenire senza l'utilizzo di detergenti ed esclusivamente con acqua in modo tale da non riversare sul terreno agenti chimici inquinanti.

Dal punto di vista sismico nelle aree in cui ricadono l'impianto fotovoltaico, il cavidotto e la stazione utente è stata riscontrata l'assenza di pericolosità sismica locale in quanto caratterizzate da zone stabili, contraddistinte da una morfologia sub-pianeggiante con pendenze a basso gradiente altimetrico. Non si riconoscono scenari di pericolosità sismica potenziale come aree caratterizzate da instabilità di versante, presenza di frane attive e/o quiescenti, dissesti di tipo crolli e aree dove possono verificarsi fenomeni di amplificazione delle onde sismiche.

In base ai risultati delle indagini sismiche masw eseguite nel sito in progetto, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (ai sensi del D.M. 17/01/2018), il terreno di fondazione rientra sempre nella **categoria di sottosuolo di tipo B** e **categoria Topografica T1**.

Per una preliminare valutazione, infine, sulla tipologia e dimensionamento delle fondazioni possono essere usati i parametri nominali indicati nel paragrafo dedicato alla caratterizzazione geotecnica. Si rimanda, infine, al progettista incaricato, la valutazione delle tipologie e delle lunghezze di infissione delle strutture fondali dei trackers dell'impianto agrovoltivo

E' stata effettuata, infine, una valutazione dei rischi che l'impianto da realizzare può determinare sulle aree circostanti ed in funzione delle influenze sono stati determinati gli interventi atti a mitigarli attraverso le indicazioni e prescrizioni (**cf. Tav. 17**) di seguito indicate:

Dal punto di vista morfologico essendo l'area prevalentemente sub-piangeggiante non saranno effettuati scavi e/o movimenti terra tali da creare fenomeni di instabilità alle limitrofe arterie stradali e/o ai lotti confinanti

Per mitigare fenomeni quali splash erosion e rill erosion che concorrono in maniera determinate al "Consumo del Suolo" e "al rischio desertificazione" si è arrivati alla conclusione che un inerbimento e la coltivazione di essenze leguminose (azoto fissatrici) proteggerebbero la struttura del suolo dall'azione diretta della pioggia. Grazie agli apparati radicali, ridurrebbero la perdita di substrato agrario determinando un aumento della portanza del terreno con ricadute positive sia sulla stabilità dei versanti, sia sulla capacità di smaltimento, mitigando e minimizzando possibili fenomeni di impaludamenti e solchi di erosione superficiali che con il passare degli anni possono alterare la capacità portante dei terreni.

Con tali accorgimenti le acque piovane verranno assorbite nel terreno in modo naturale in tutta l'area non alterandone il coefficiente di permeabilità e le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. Tali aspetti mitigativi, unitamente alle soluzioni tecniche prescritte nella relazione agronomica e idraulica, avranno effetti positivi anche sull'applicazione del principio di invarianza idraulica, grazie ad una diminuzione dei valori di coefficienti di deflusso meteorico ed un miglioramento dei valori di infiltrazione efficace e di ritenzione idrica non incrementando, dunque, le portate di deflusso verso i corpi idrici ricettori rispetto ai valori preesistenti.

Pertanto alla luce di quanto sopra riportato è possibile affermare che l'area in cui è prevista la realizzazione del parco agrovoltivo, del cavidotto e della stazione utente risultano Zone Stabili scevre da potenziali scenari di pericolosità geologiche e geomorfologiche, non essendo stati rilevati, all'atto delle indagini, fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali, tali da essere in contrasto con il progetto proposto, risultando compatibile con il territorio in esame e circostante.

Palermo, Febbraio 2022

IL PROFESSIONISTA

Dott. Geol. Michele Ognibene

ALLEGATO I

INDAGINI GEOFISICHE

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	1
2	INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE	2
2.1	Cenni sulla sismica a rifrazione	2
2.2	Strumentazione e tecniche utilizzate	6
3	INDAGINE DI SISMICA MASW	7
3.2	Cenni sulla metodologia di indagine.....	7
3.3	Strumentazione MASW e tecniche utilizzate	10
4	RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA A RIFRAZIONE	10
4.1	Prospezione sismica a rifrazione Rz1-Rz2-Rz3	11
5	RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA MASW	34
5.1	Indagine sismica MASW1	35
5.2	Indagine sismica MASW2	36
5.3	Indagine sismica MASW3	37
6	CONCLUSIONI.....	38

1. INTRODUZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia della potenza di picco pari a circa 15 MWp.

L'area dell'impianto fotovoltaico ricade in Contrada Longobardo nel Comune di Vittoria mentre la stazione elettrica di connessione alla RTN ricade il Località Fondo Niglio nel Comune di Acate, provincia di Ragusa. Le opere di connessione ricadono sulla viabilità esistente.

Il presente studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti e in accordo al DM del 17/01/2018 e con attività di rilevamento geologico e geolitologico di dettaglio, sia dei terreni direttamente interessati, sia di quelli dell'immediato intorno nonché da quanto è stato possibile reperire dalla letteratura esistente su alcuni lavori di carattere geologico effettuati nell'area sempre dallo scrivente.

Sono state inoltre, consultate le carte tematiche relative alla Pericolosità e del Rischio Geomorfologico del P.A.I. (Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico) edite dalla Regione Sicilia con decreto Art.1 180/98.

I dati geografici (WGS84) di riferimento della porzione baricentrica dell'impianto, sono:

36° 59' 04.0165" N – 14° 30' 07.8698" E

Il piano di indagini in fase di progettazione definitiva ha previsto la realizzazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del D.M. 17/01/2018, la realizzazione di n°3 stendimenti per indagine di sismica a rifrazione e n°3 stese sismiche per indagini di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di valutare sia la stratigrafia del sito e ricavare il parametro VSeq.

L'ubicazione delle indagini sono rappresentate tramite la carta delle indagini allegata al presente studio.

Dette indagini sono state realizzate in data 04/11/2021.

2. INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE

2.1 Cenni sulla Sismica 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 rifrattore). 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:

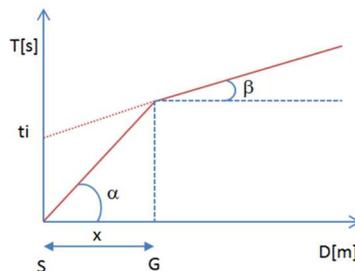
$$T = x_i / V_1$$

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

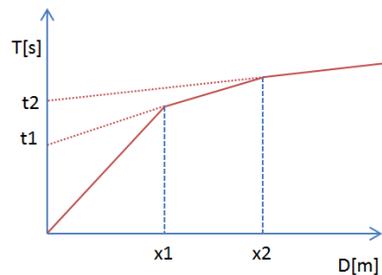
L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi- distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come:

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

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.



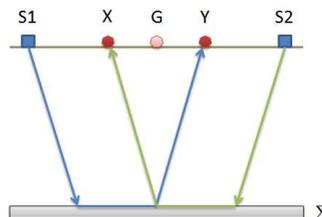
La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, 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.



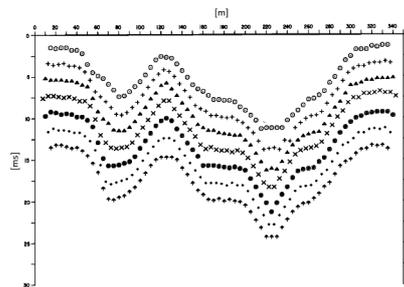
Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno 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 TS1Y e TS2X sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 a X e dalla sorgente S2 a Y mentre TS1S2 è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. Tv è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X e Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento. Il calcolo della funzione Tv 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 Vn 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°.

2.2 Strumentazione e tecniche utilizzate

Le indagini sono state eseguite utilizzando il sismografo digitale della Sara electronic instruments® dotato di un sistema di acquisizione fino a 24 canali e convertitore A/D a 24 bit. La prova è stata realizzata mediante uno stendimento lineare, lungo un terreno di copertura, con n°16 trasduttori di velocità verticali (geofoni) con frequenza di vibrazione propria di 4,5Hz dotati di memoria e convertitori a/d in grado di digitalizzare il segnale già in corrispondenza del cavo (sismografo Do.Re.Mi); i canali a sua volta sono collegati ad un'unità di testa collegata ad un personal computer portatile. L'attrezzatura risulta, inoltre, dotata di un sistema di trigger che consiste in un geofono indipendente posto a fianco della piastra di battuta, che dà il segnale di start al sismografo; Nello stendimento i geofoni sono stati posizionati ad una distanza intergeofonica di 1 metro mentre l'acquisizione è stata effettuata con un tempo di registrazione $T = 256$ ms ed un intervallo di campionamento $\Delta t = 250 \mu s$. Per l'energizzazione è stata usata una mazza da 8 kg ed un piattello in PVC 20x20 cm; in tutto sono state effettuate numero 3 energizzazioni. Per ottenere una traccia con un buon rapporto segnale/rumore, sono state eseguite tre energizzazioni per ogni punto di battuta rispettivamente, tra l'8° e il 9° geofono. Inoltre ulteriori 2 battute poste a 2 metri dall'ultimo e dal primo geofono come da schema riportato in figure 2.2.1.

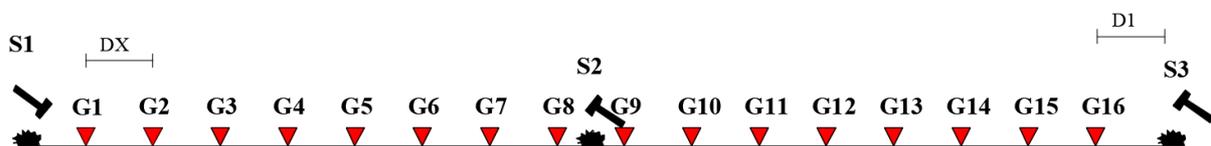


Fig. 2.2.1: Geometria tipo dello stendimento sismico.

Per l'ubicazione su stralcio planimetrico vedi la carta delle indagini.

3. INDAGINE DI SISMICA MASW

3.1 Cenni sulla metodologia di indagine MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P, S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale.

L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata

nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

È possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

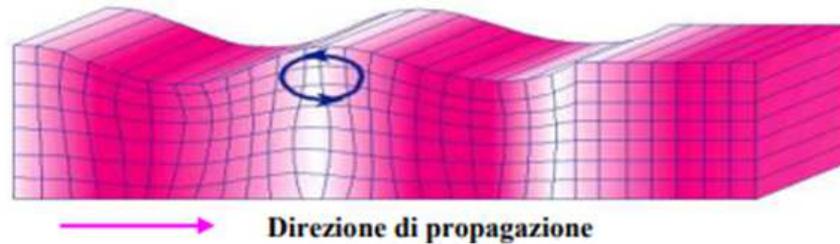
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

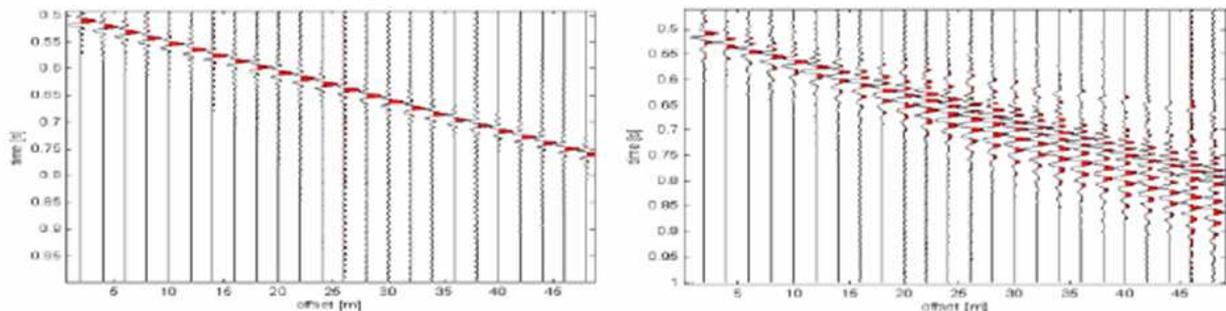
Il metodo si basa sul rilievo di onde di superficie (onde di Rayleigh); queste si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente e sono polarizzate in un piano verticale. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Ciò consente, analizzando la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che dipende dall'inverso della lunghezza d'onda), di determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

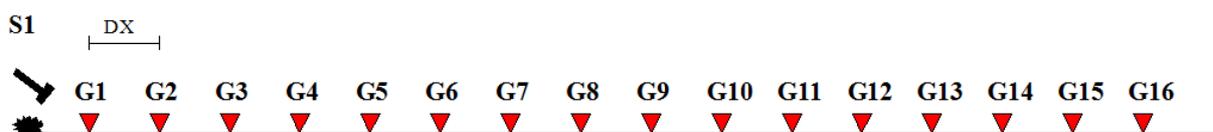


Il metodo MASW consente in genere di valutare le velocità di fase in un intervallo di frequenze tra 5 Hz e 70 Hz, permettendo quindi di indagare i primi 30 - 50 metri di terreno, in funzione della rigidità del suolo.

Una volta misurata in situ la velocità di fase (o curva di dispersione apparente) delle onde superficiali essendo questa funzione della velocità delle onde di taglio V_s (oltre che della natura del terreno e degli spessori degli strati) è possibile risalire al valore di queste ultime attraverso un processo d'inversione, in genere attraverso una procedura automatica tramite software che variando opportunamente spessore degli strati e velocità V_s cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale della velocità di fase misurata in situ e la curva numerica elaborata. In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è inferiore al 10% il profilo di velocità delle onde di taglio V_s rappresenta una soluzione potenzialmente valida.

3.2 Strumentazione MASW e tecniche utilizzate

La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali della SARA Electronics Instruments® a 16 bit (registratore DOREMI), 16 geofoni a frequenza di 4.5 Hz e da un personal computer. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello in pvc. L'indagine MASW è stata realizzata predisponendo uno stendimento lineare di 16 metri di lunghezza con 16 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 1 metro. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate ripetute energizzazioni disposte alle estremità del profilo ad una distanza di 2 metri dal primo geofono come da schema allegato.



I dati sono stati elaborati tramite il software Easy Masw. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "f-k" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie. Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione del modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

I risultati grafici dell'elaborazione sono allegati alla presente relazione.

4. RISULTATI DELLE INDAGINI DI SIMICA A RIFRAZIONE

La metodologia utilizzata nella prospezione di sismica a rifrazione consta di diverse fasi di elaborazione. Preliminarmente, sono stati individuati nei sismogrammi i primi arrivi corrispondenti alle onde dirette e rifratte. Dopo aver rilevato i tempi dei primi arrivi sono state tracciate le dromocrone nel diagramma distanza-tempo. Per la ricostruzione del modello sismostratigrafico è stato utilizzato il software Easy Refract, adottando il Metodo Reciproco Generalizzato (GRM), che si basa sulla ricerca, nel diagramma tempi-distanze, di una distanza intergeofonica XY ottimale; tale che i raggi generati in punti opposti arrivino al geofono posto in X e quello posto in Y a partire dallo stesso punto del rifrattore.

4.1 Prospezione sismica a rifrazione Rz1-Rz2-Rz3

Le indagini sismiche effettuate Rz1 e Rz2 all'interno dei siti ed in aree limitrofe hanno messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica.

In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 4.1.1 e 4.1.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 388.6 m/s (in Rz1) e di 182.9 m/s (in Rz2), indicative di un orizzonte costituito da terreno vegetale sciolto di colore rossastro con presenza di elementi litici eterometrici di chiara natura calcarenitica. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta piuttosto costante e mediamente valutabile in circa 0,9-1,3 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 977.3m/s (in Rz1) e di 675.0m/s (in Rz2) valore medio compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti ai depositi sabbiosi con intercalazioni calcarenitici poco cementati intercalate a livelli sabbioso-argillosi.

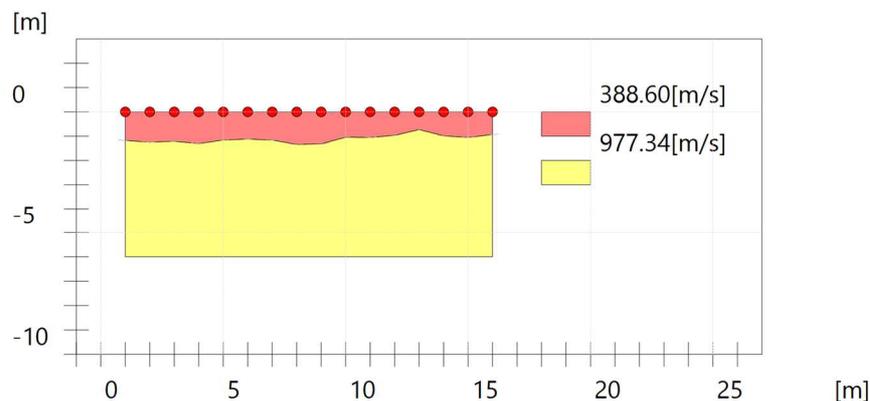


Fig. 4.1.1: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz1.

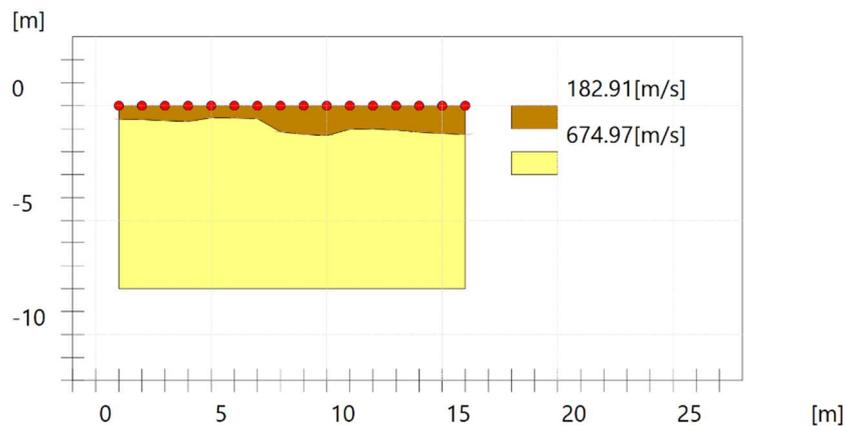


Fig. 4.1.2: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz2.

Dalle indagini di simica a rifrazione Rz3 si riscontra ad una profondità di circa 1,0 metri dal p.c. e risulta ammantato da uno strato di terreno vegetale limo-sabbioso di colore rossastro. Formazione costituita da calcareniti dal bianco al giallastro fino al grigiastro, con frattura irregolare. Si presentano in affioramento in spessi banchi da 0,5 a 1 metro con laminazione decimetrica e centimetrica.

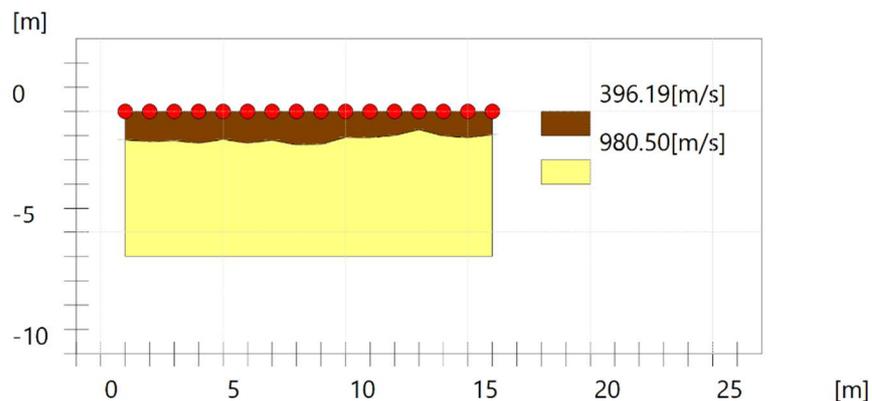


Fig. 4.1.3: Sismo-sezione Rz3 eseguita all'interno del sito.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismo-stratigrafia e la litostratigrafia. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito:

Tabella 4.1.1 – Sintesi dei risultati delle indagini sismiche in Rz1, Rz2 e RZ3.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vp	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -1,0-1.3	396,19 182,92	Terreno agrario e porzione alterata limo-sabbiosa.
2	Da 1,0-1,3 a 10-12	980,50 674,97	Sabbie e calcareniti grossolane organogene ("panchina") giallastre a stratificazione incrociata.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz1

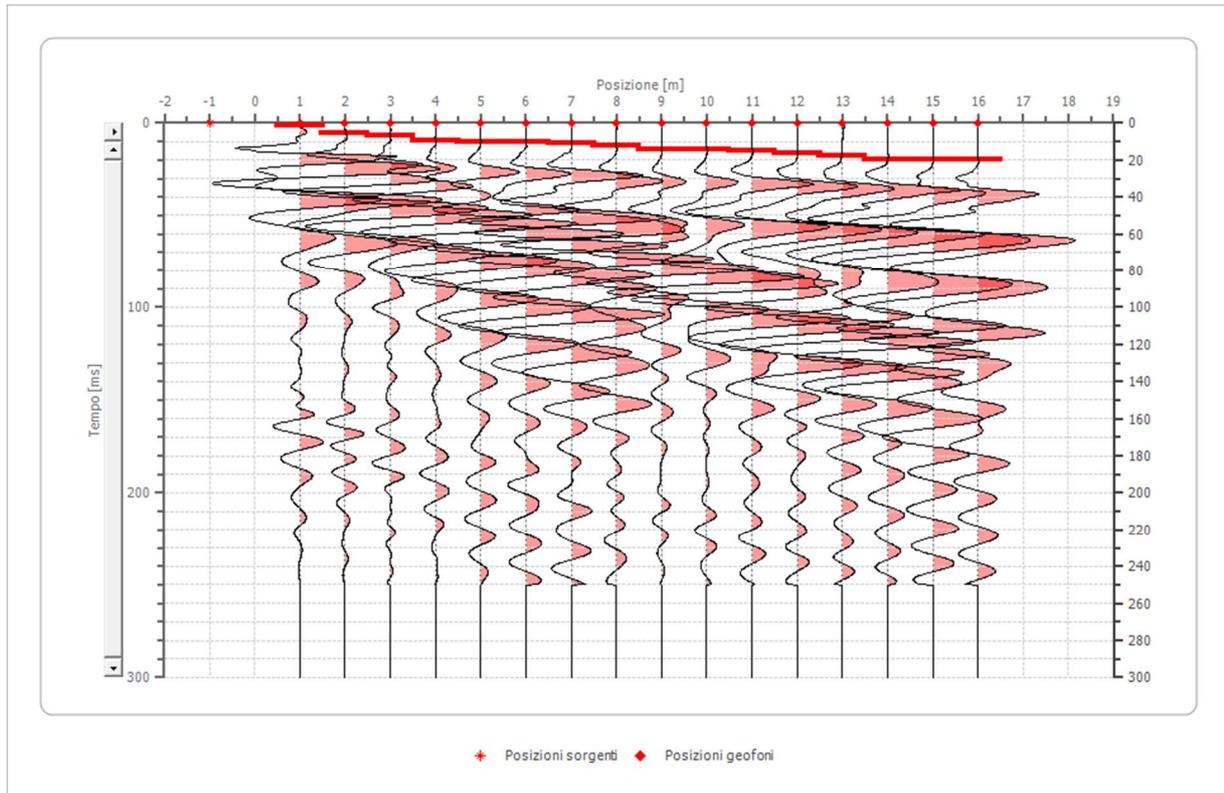
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.0	0.0
2	2.0	0.0
3	3.0	0.0
4	4.0	0.0
5	5.0	0.0
6	6.0	0.0
7	7.0	0.0
8	8.0	0.0
9	9.0	0.0
10	10.0	0.0
11	11.0	0.0
12	12.0	0.0
13	13.0	0.0
14	14.0	0.0
15	15.0	0.0
16	16.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -1 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

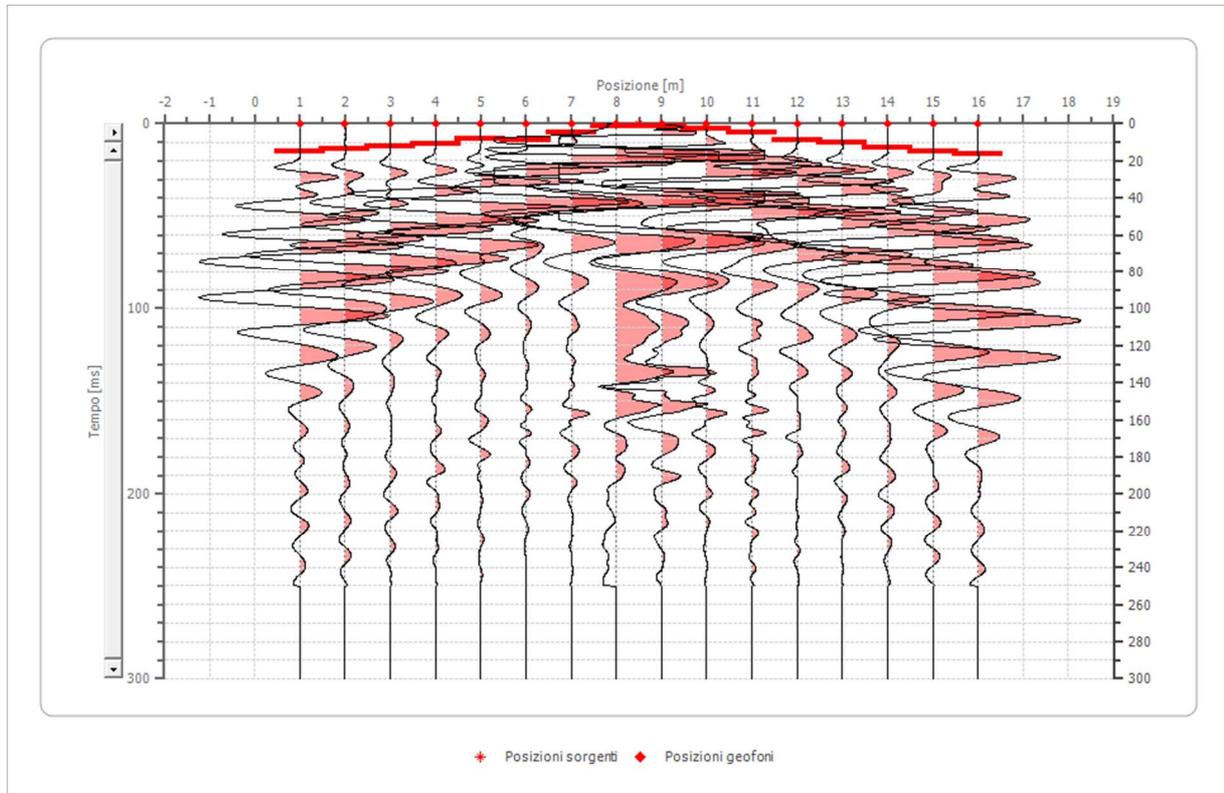


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.0	1.6006
2.0	5.2021
3.0	6.8027
4.0	9.6038
5.0	10.4042
6.0	10.4042
7.0	11.2045
8.0	12.4050
9.0	14.0056
10.0	14.4058
11.0	14.8059
12.0	16.4066
13.0	17.6070
14.0	20.0000
15.0	20.0000
16.0	20.0000

Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
 denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
 localita' "C.da Longobardo"

Battuta 2

Posizione sorgente X 9 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

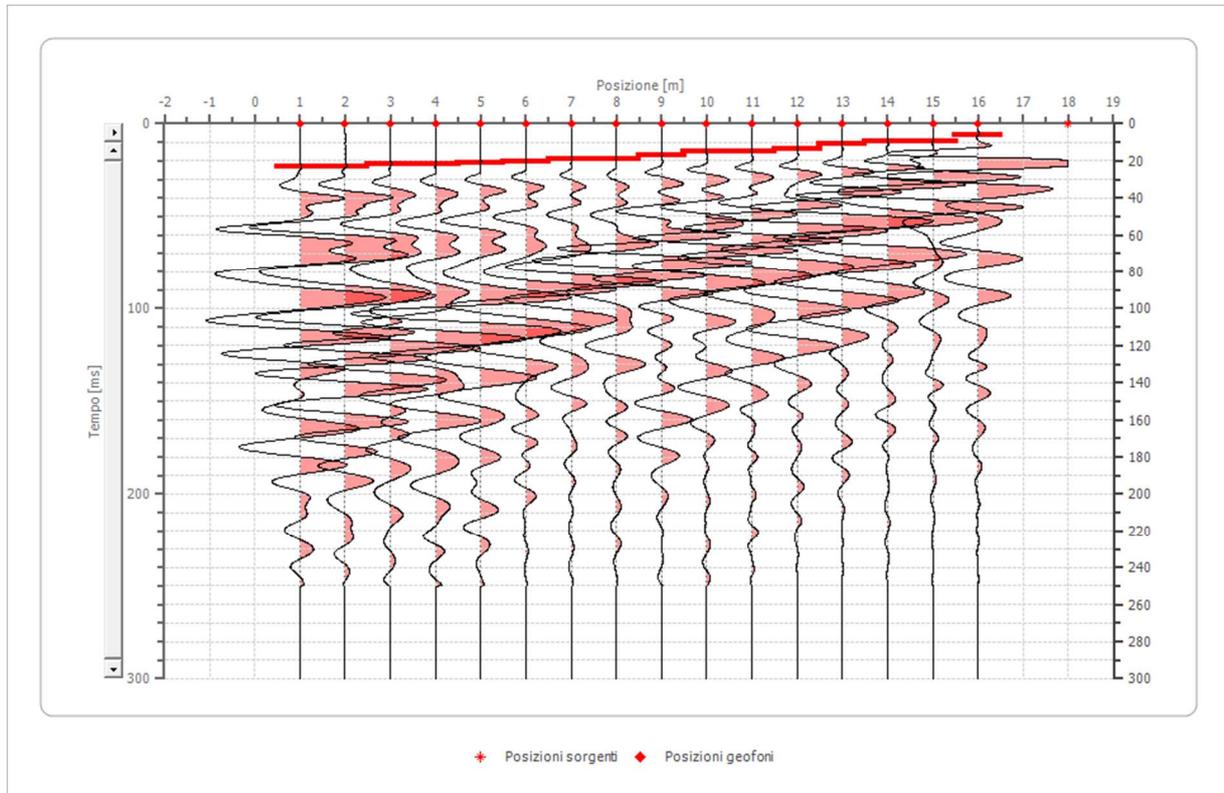


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.0	14.9660
2.0	13.9456
3.0	12.5850
4.0	11.2245
5.0	8.5034
6.0	8.8435
7.0	4.7619
8.0	1.7007
9.0	1.7007
10.0	2.3810
11.0	4.7619
12.0	8.8435
13.0	10.2041
14.0	12.9252
15.0	14.9660
16.0	15.9864

Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
 denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
 localita' "C.da Longobardo"

Battuta 3

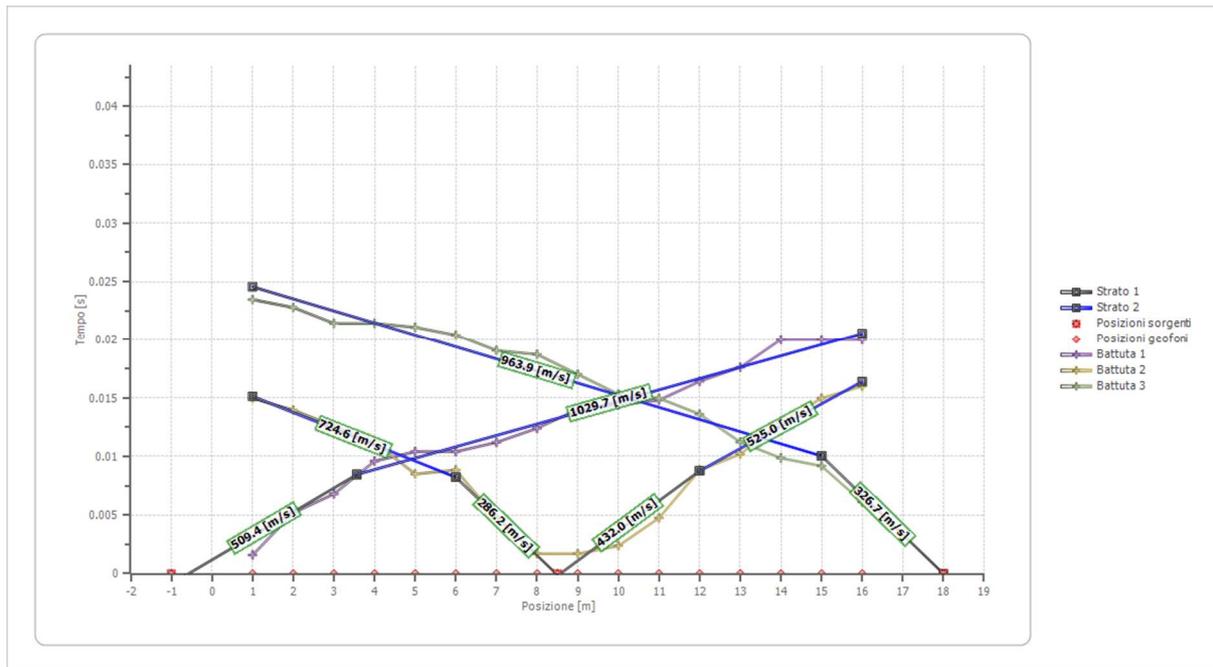
Posizione sorgente X 18 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



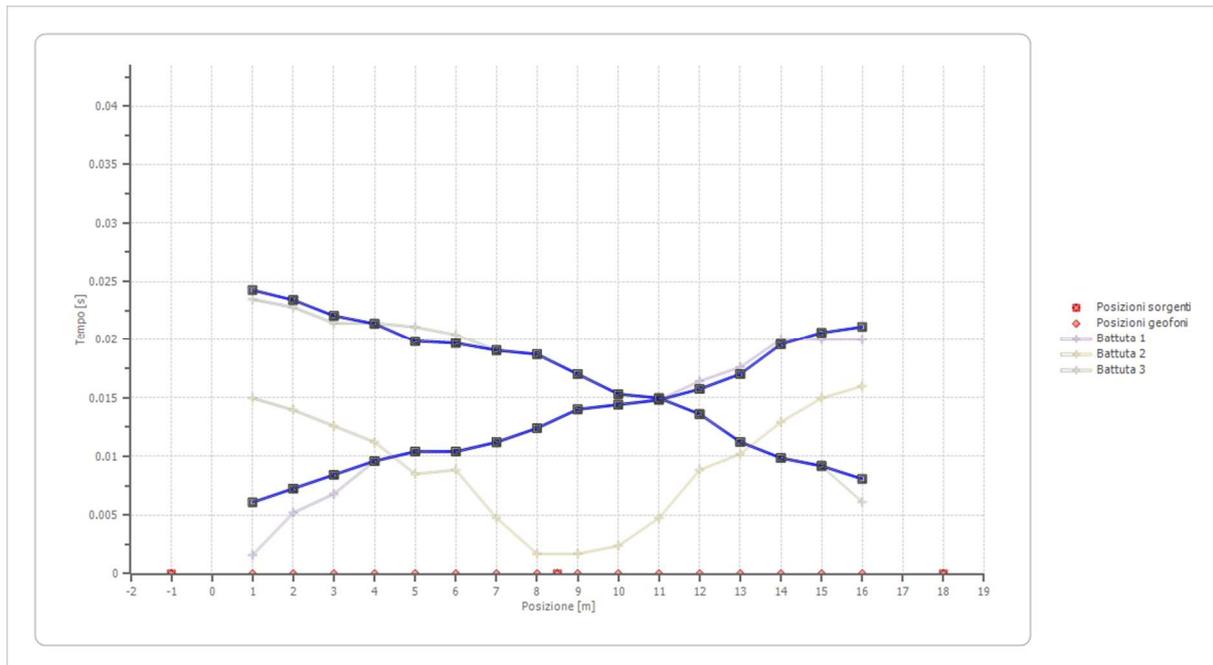
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.0	23.4694
2.0	22.7891
3.0	21.4286
4.0	21.4286
5.0	21.0884
6.0	20.4082
7.0	19.0476
8.0	18.7075
9.0	17.0068
10.0	15.3061
11.0	14.9660
12.0	13.6054
13.0	11.2245
14.0	9.8639
15.0	9.1837
16.0	6.1224

Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
 denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
 localita' "C.da Longobardo"

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 1.0 [m]	1.2	2.1
G= 2.0 [m]	1.2	2.2
G= 3.0 [m]	1.2	1.9
G= 4.0 [m]	1.3	2.3
G= 5.0 [m]	1.2	3.4
G= 6.0 [m]	1.1	3.8
G= 7.0 [m]	1.2	4.3
G= 8.0 [m]	1.3	4.0
G= 9.0 [m]	1.3	4.2
G= 10.0 [m]	1.0	4.7
G= 11.0 [m]	1.1	4.7
G= 12.0 [m]	1.0	4.6
G= 13.0 [m]	0.7	5.0
G= 14.0 [m]	1.0	5.4
G= 15.0 [m]	1.1	4.4
G= 16.0 [m]	0.9	4.7
Velocità [m/sec]	388.6	977.3
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

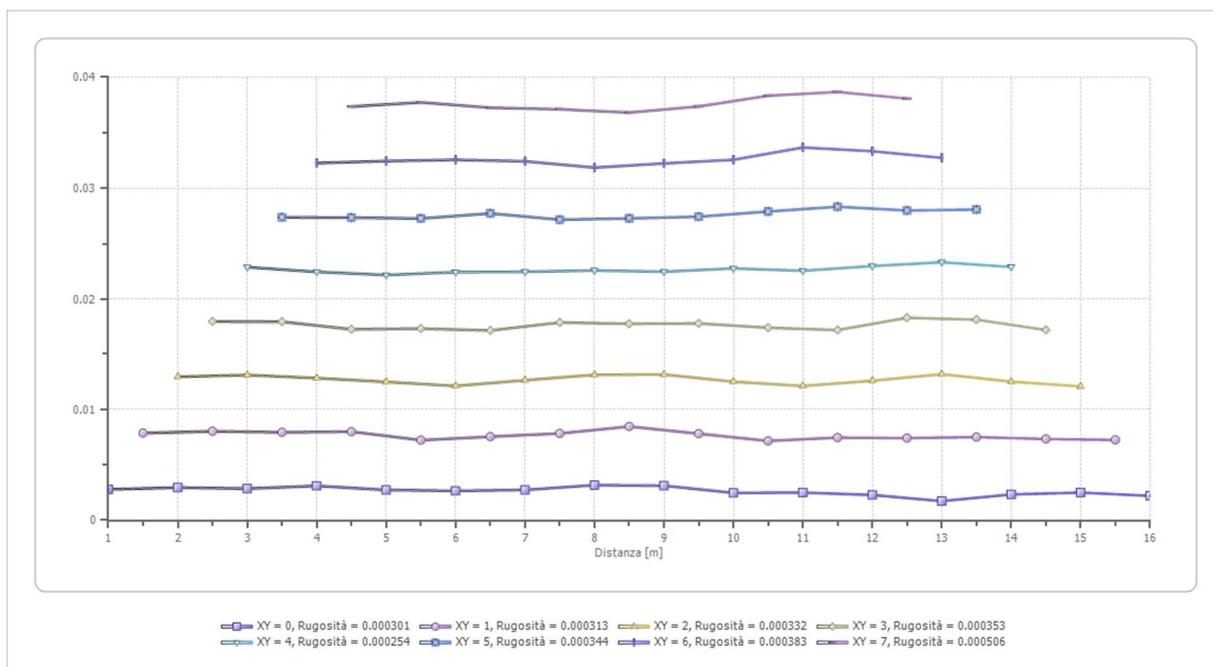
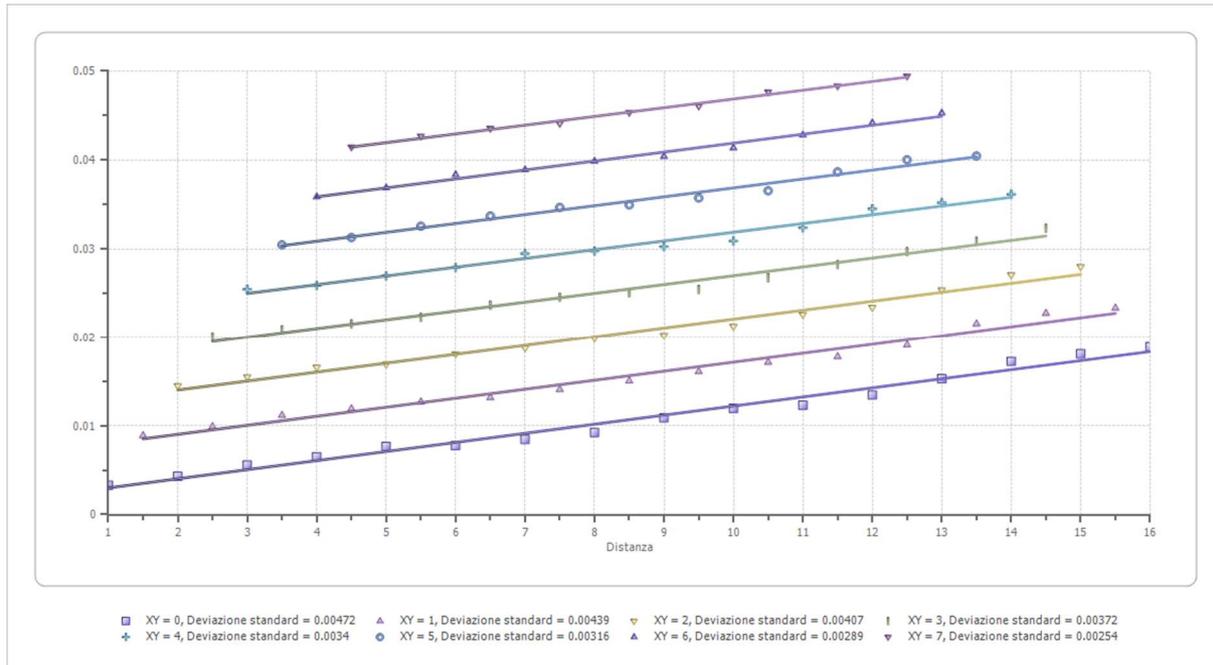
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00
Vp [m/s]	388.60	977.34
Vs [m/s]	186.68	469.50
G0 [MPa]	59.24	396.77
Ed [Mpa]	256.71	1719.34
M0 [MPa]	197.47	1322.57
Ey [Mpa]	159.95	1071.28

G0: Modulo di deformazione al taglio;

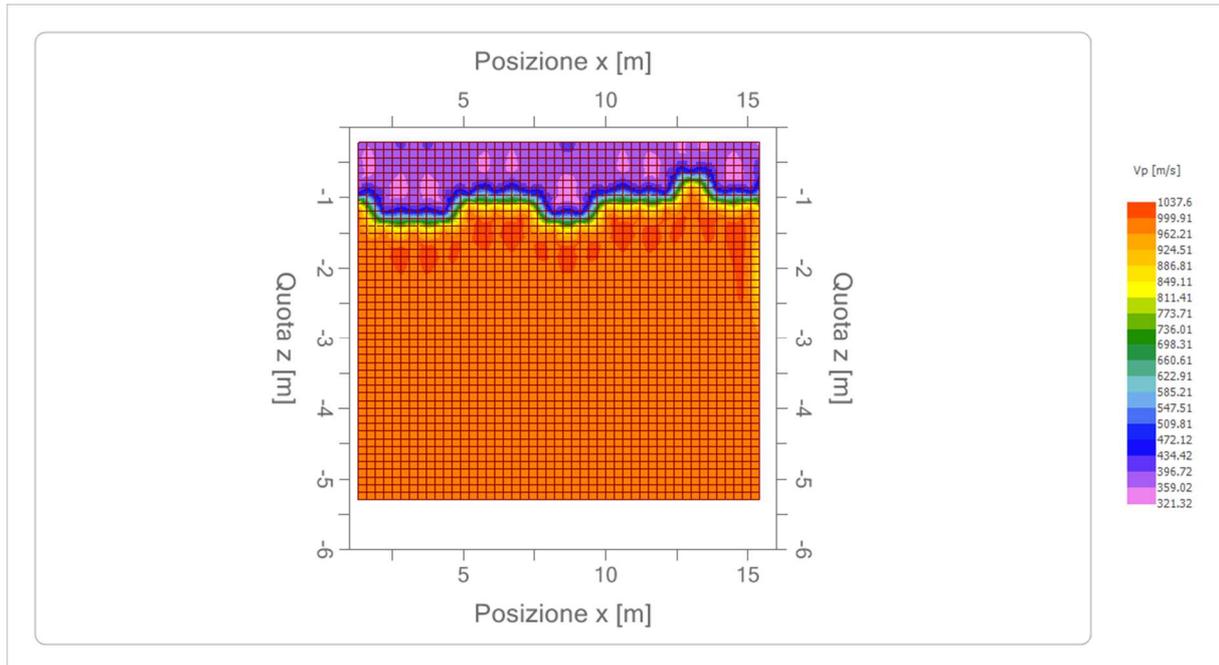
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
 denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
 localita' "C.da Longobardo"



ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz2

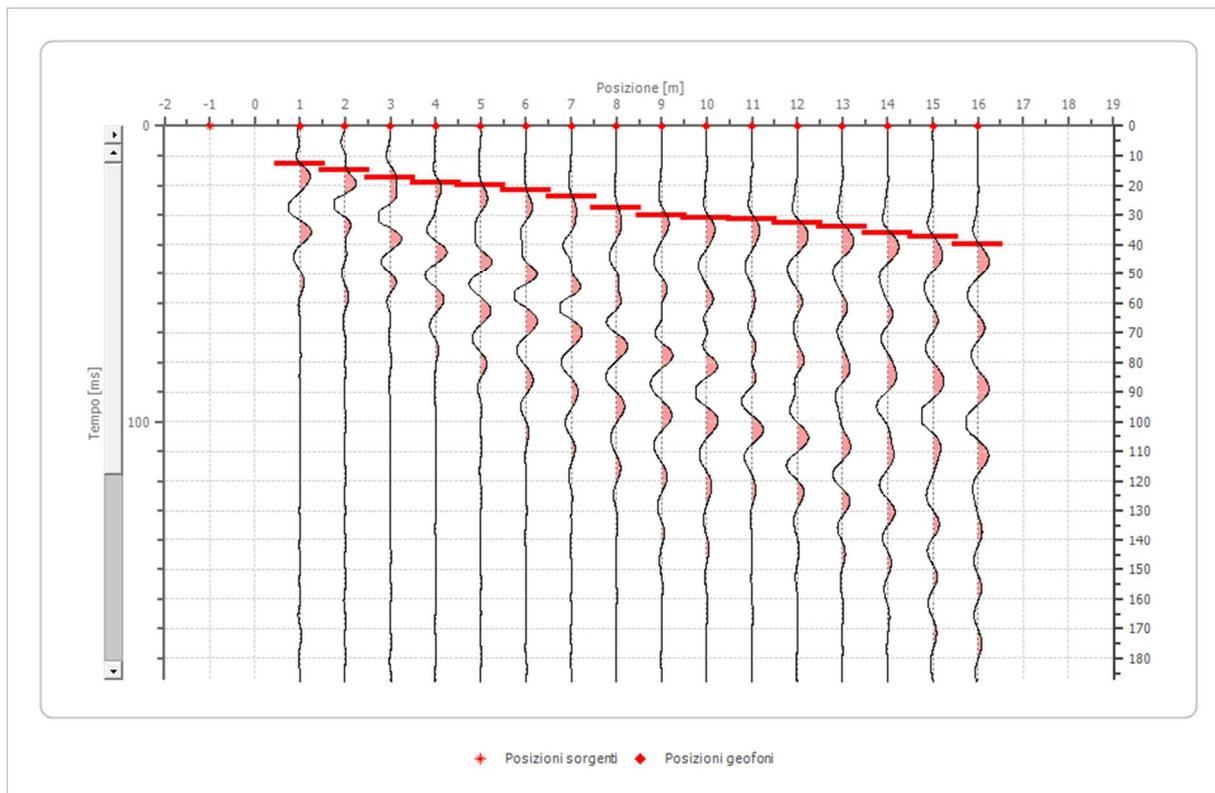
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.0	0.0
2	2.0	0.0
3	3.0	0.0
4	4.0	0.0
5	5.0	0.0
6	6.0	0.0
7	7.0	0.0
8	8.0	0.0
9	9.0	0.0
10	10.0	0.0
11	11.0	0.0
12	12.0	0.0
13	13.0	0.0
14	14.0	0.0
15	15.0	0.0
16	16.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

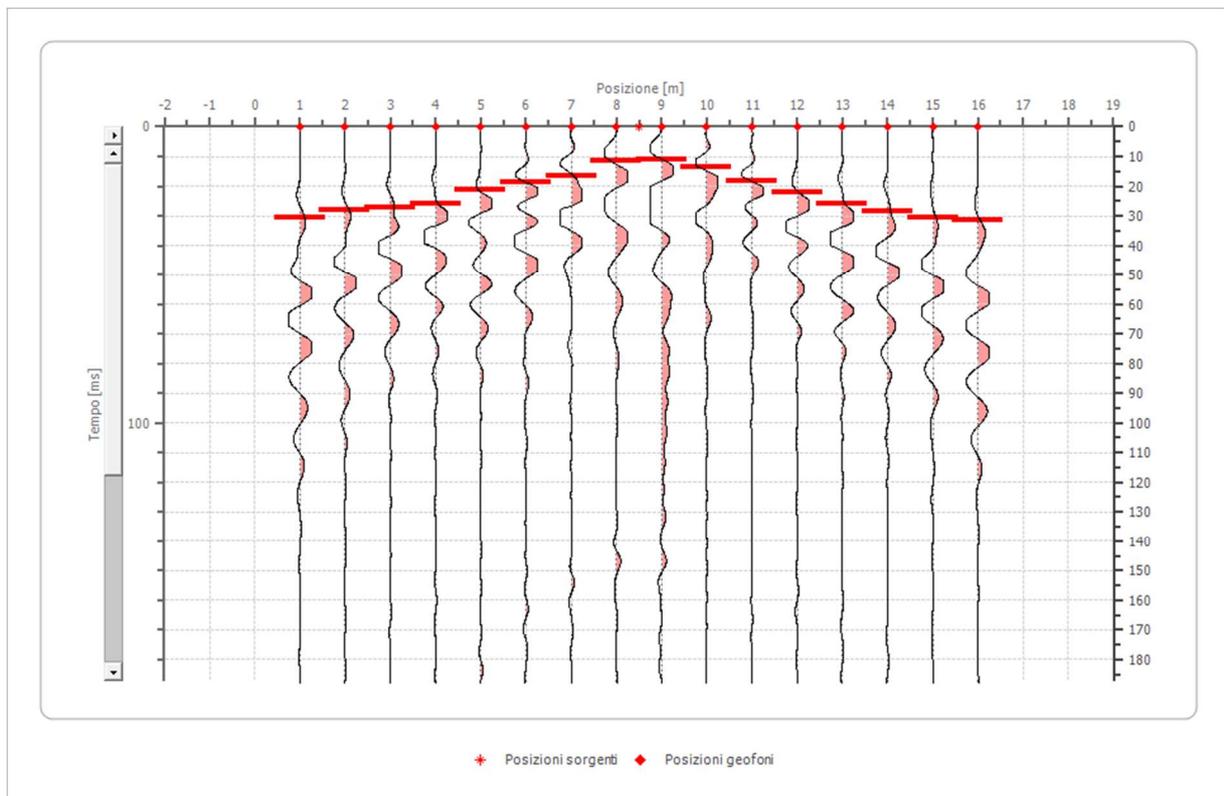
Posizione sorgente X -1 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.0	12.6336
2.0	15.0632
3.0	17.4927
4.0	18.9504
5.0	20.0000
6.0	21.8000
7.0	23.6000
8.0	27.6968
9.0	30.1263
10.0	31.0982
11.0	31.5841
12.0	32.5559
13.0	34.0136
14.0	35.9572
15.0	37.4150
16.0	39.8445

Battuta 2

Posizione sorgente X 9 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

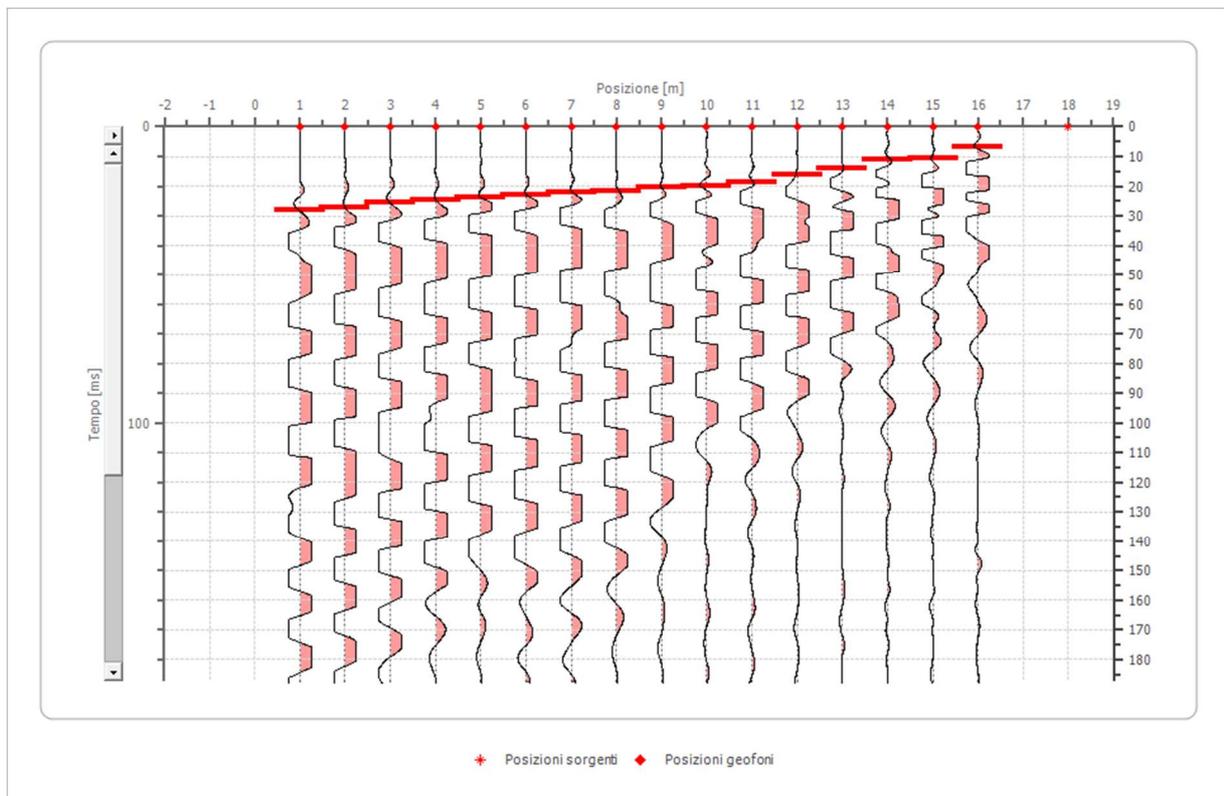


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.0	30.6122
2.0	28.0612
3.0	27.2109
4.0	25.9354
5.0	21.2585
6.0	18.7075
7.0	16.5816
8.0	11.4796
9.0	11.0544
10.0	13.6054
11.0	18.2823
12.0	22.1088
13.0	25.9354
14.0	28.4864
15.0	30.6122
16.0	31.4626

Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
 denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
 localita' "C.da Longobardo"

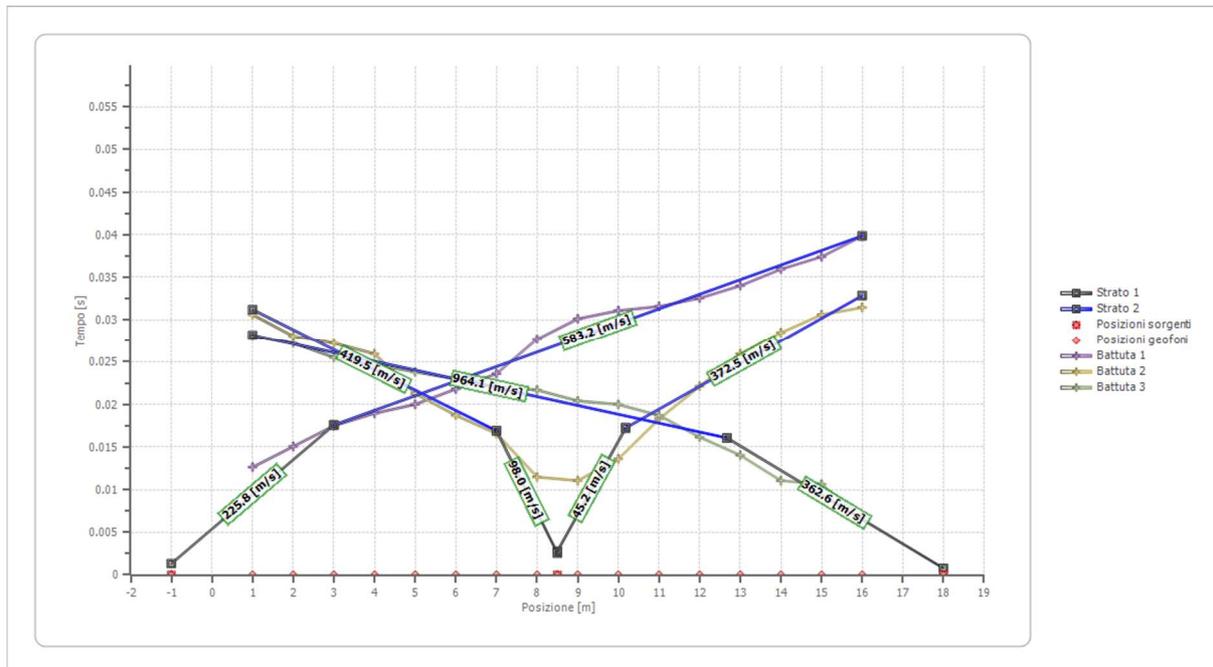
Battuta 3

Posizione sorgente X 18 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

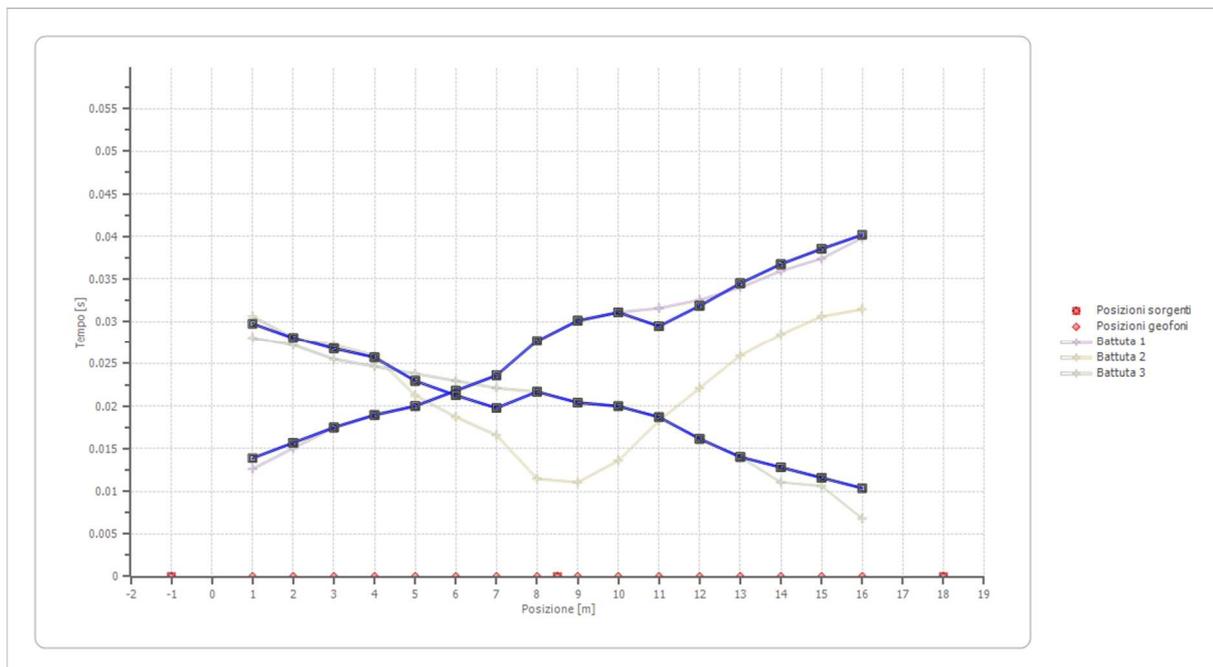


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.0	28.0612
2.0	27.2109
3.0	25.5102
4.0	24.6599
5.0	23.8095
6.0	22.9592
7.0	22.1088
8.0	21.6837
9.0	20.4082
10.0	19.9830
11.0	18.7075
12.0	16.1565
13.0	14.0306
14.0	11.0544
15.0	10.6293
16.0	6.8027

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 1.0 [m]	0.6	--
G= 2.0 [m]	0.6	--
G= 3.0 [m]	0.7	--
G= 4.0 [m]	0.7	--
G= 5.0 [m]	0.5	--
G= 6.0 [m]	0.5	--
G= 7.0 [m]	0.6	--
G= 8.0 [m]	1.1	--
G= 9.0 [m]	1.3	--
G= 10.0 [m]	1.3	--
G= 11.0 [m]	1.0	--
G= 12.0 [m]	1.0	--
G= 13.0 [m]	1.1	--
G= 14.0 [m]	1.2	--
G= 15.0 [m]	1.2	--
G= 16.0 [m]	1.3	--
Velocità [m/sec]	182.9	675.0
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

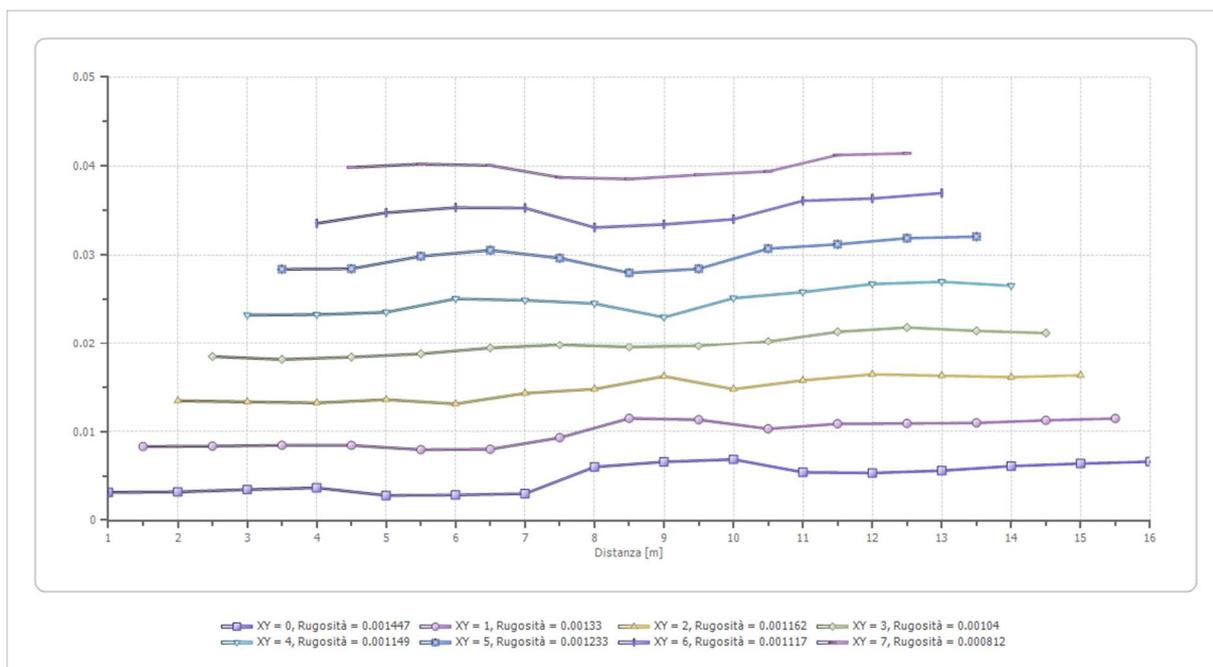
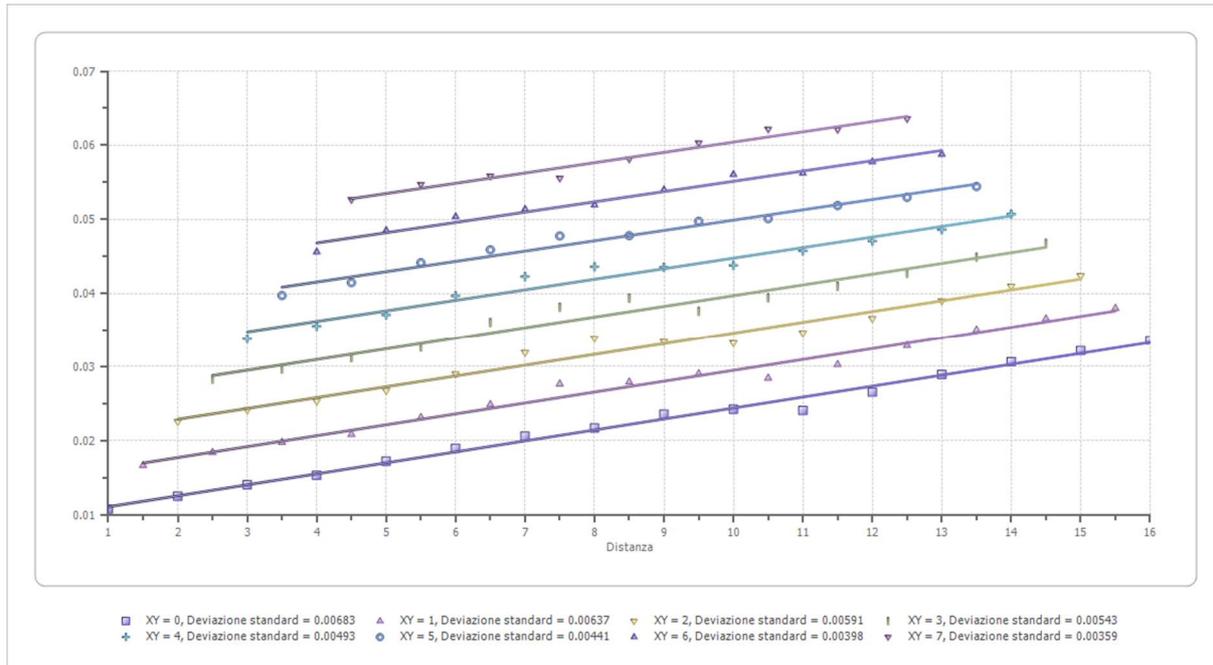
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00
Vp [m/s]	182.91	674.97
Vs [m/s]	87.87	324.25
G0 [MPa]	13.13	189.24
Ed [Mpa]	56.88	820.05
M0 [MPa]	43.75	630.81
Ey [Mpa]	35.44	510.96

G0: Modulo di deformazione al taglio;

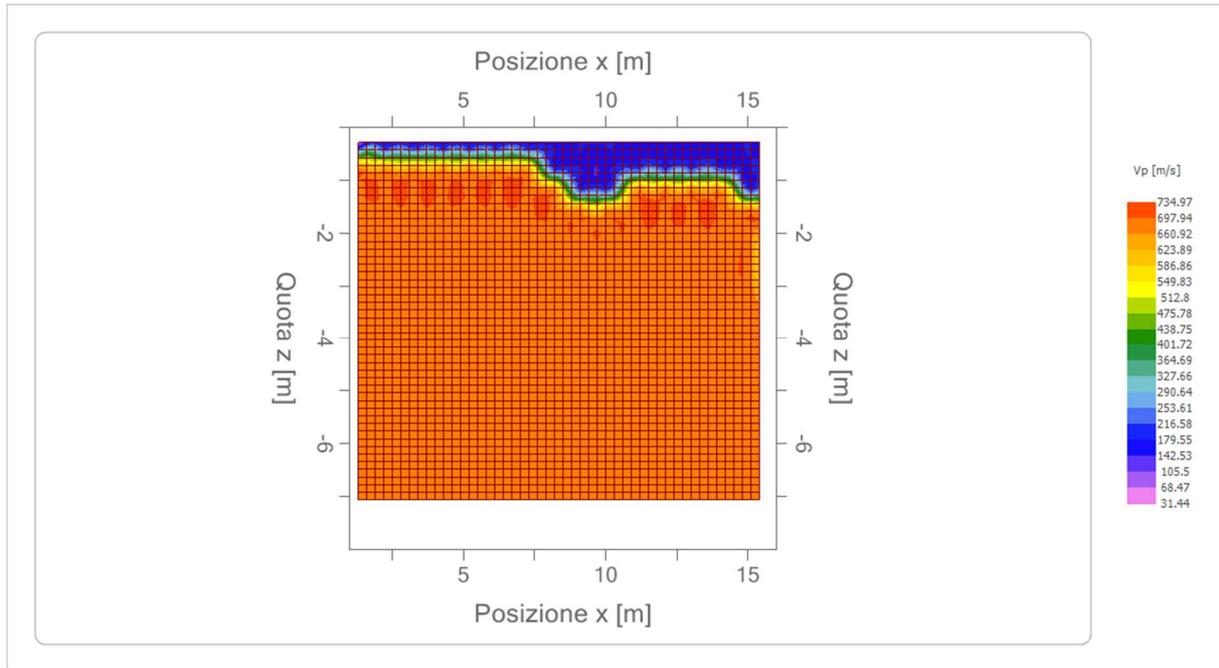
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
 denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
 localita' "C.da Longobardo"



ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz3

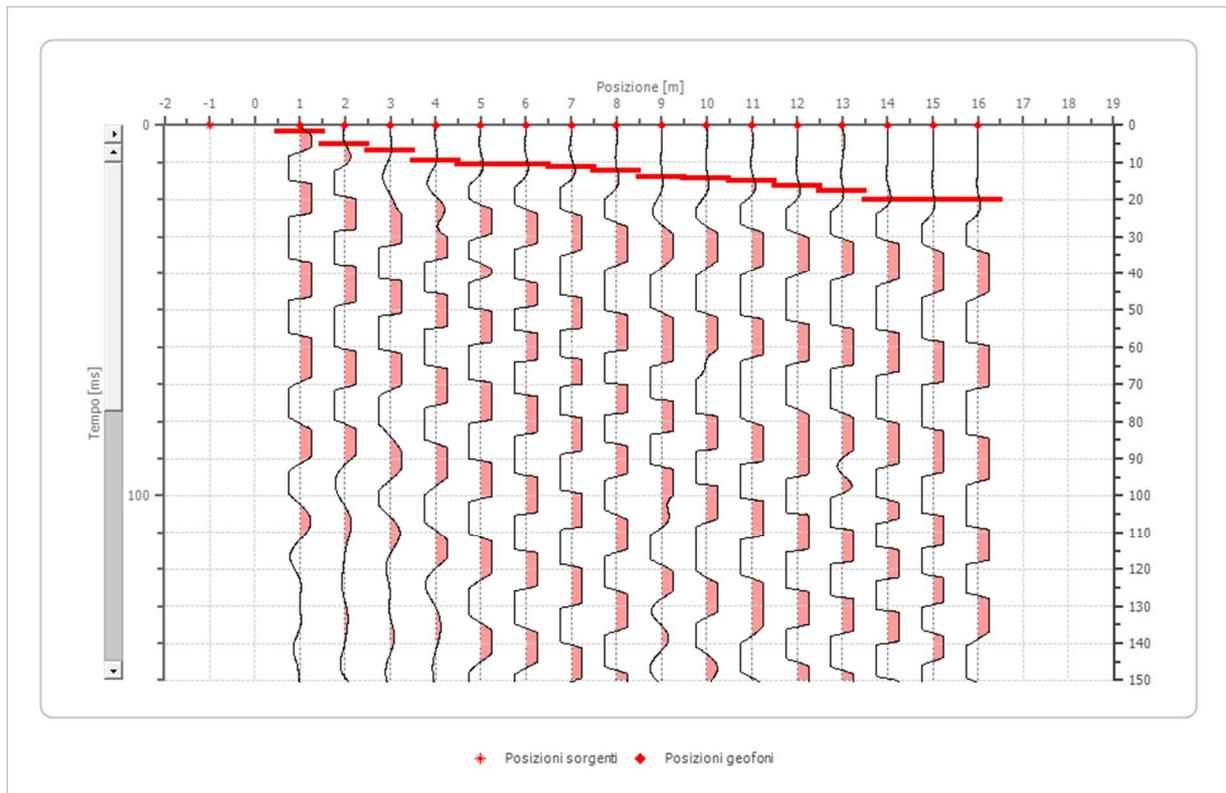
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.0	0.0
2	2.0	0.0
3	3.0	0.0
4	4.0	0.0
5	5.0	0.0
6	6.0	0.0
7	7.0	0.0
8	8.0	0.0
9	9.0	0.0
10	10.0	0.0
11	11.0	0.0
12	12.0	0.0
13	13.0	0.0
14	14.0	0.0
15	15.0	0.0
16	16.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

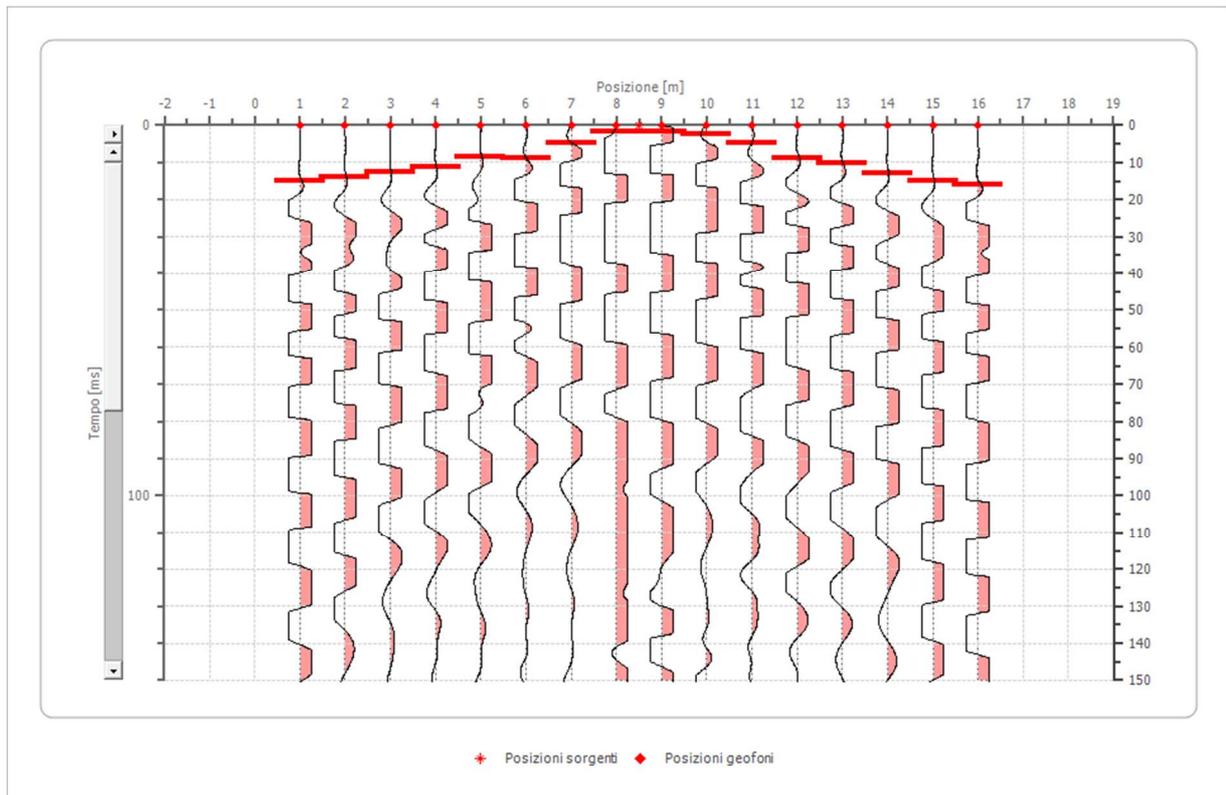
Posizione sorgente X -1 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.0	1.6006
2.0	5.2021
3.0	6.8027
4.0	9.6038
5.0	10.4042
6.0	10.4042
7.0	11.2045
8.0	12.4050
9.0	14.0056
10.0	14.4058
11.0	14.8059
12.0	16.4066
13.0	17.6070
14.0	20.0000
15.0	20.0000
16.0	20.0000

Battuta 2

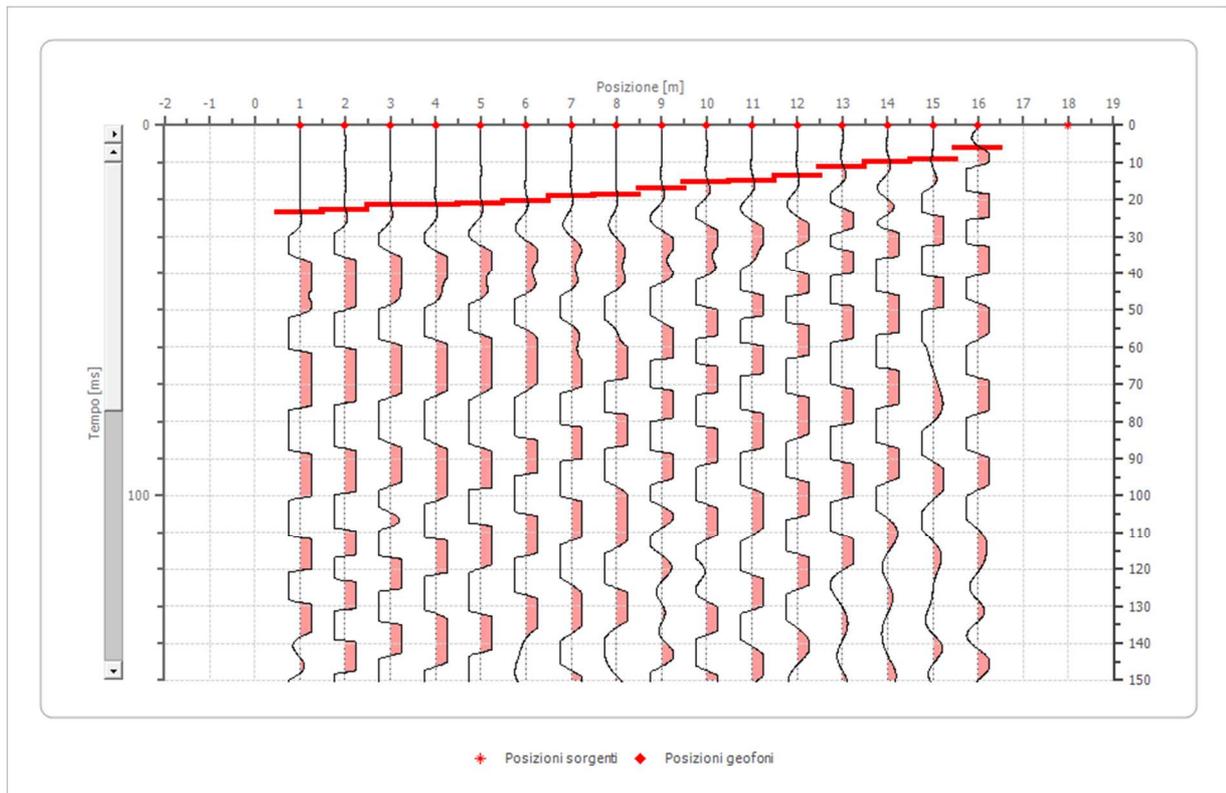
Posizione sorgente X 9 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.0	14.9660
2.0	13.9456
3.0	12.5850
4.0	11.2245
5.0	8.5034
6.0	8.8435
7.0	4.7619
8.0	1.7007
9.0	1.7007
10.0	2.3810
11.0	4.7619
12.0	8.8435
13.0	10.2041
14.0	12.9252
15.0	14.9660
16.0	15.9864

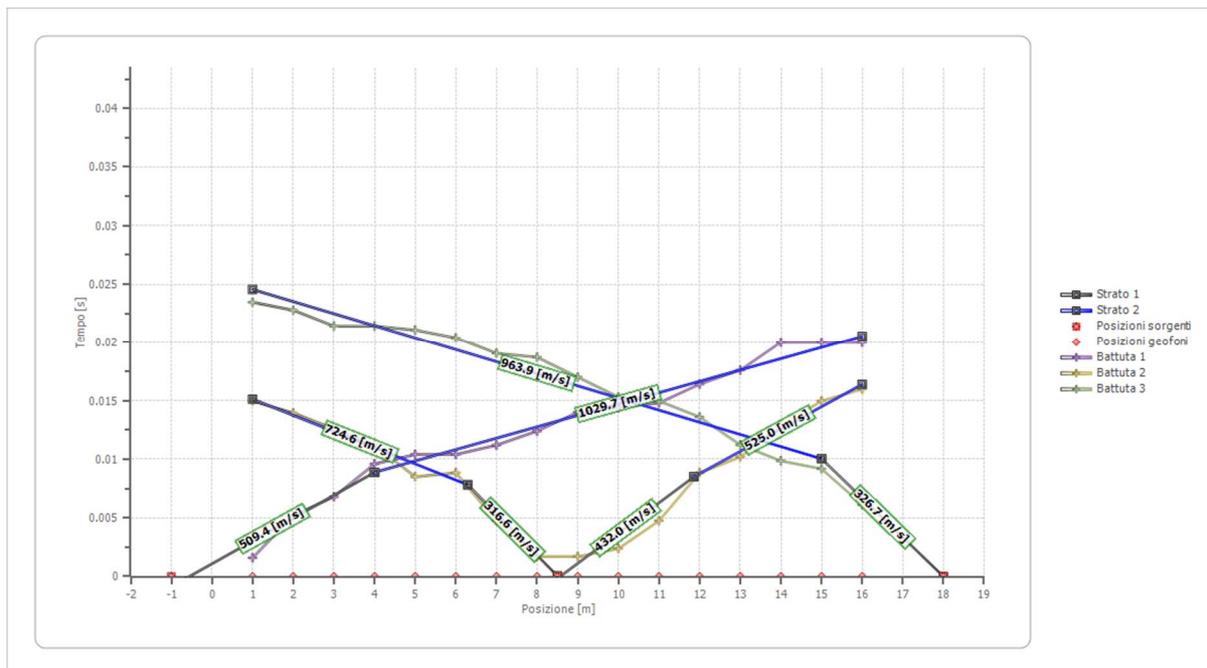
Battuta 3

Posizione sorgente X 18 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

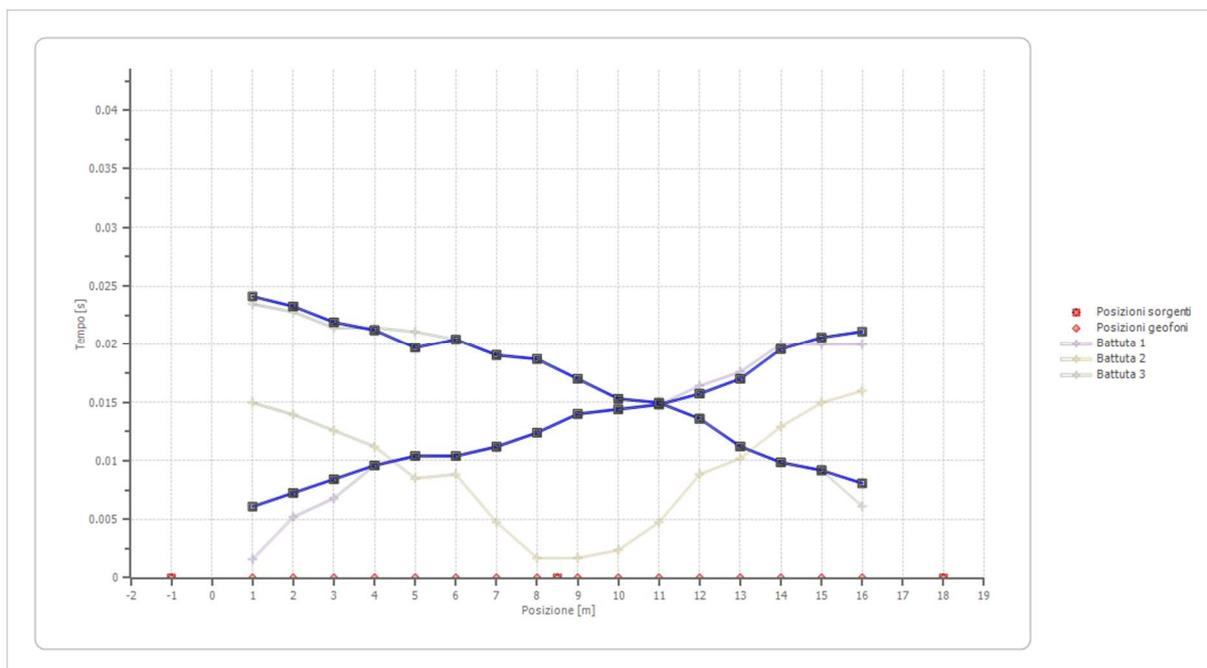


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.0	23.4694
2.0	22.7891
3.0	21.4286
4.0	21.4286
5.0	21.0884
6.0	20.4082
7.0	19.0476
8.0	18.7075
9.0	17.0068
10.0	15.3061
11.0	14.9660
12.0	13.6054
13.0	11.2245
14.0	9.8639
15.0	9.1837
16.0	6.1224

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

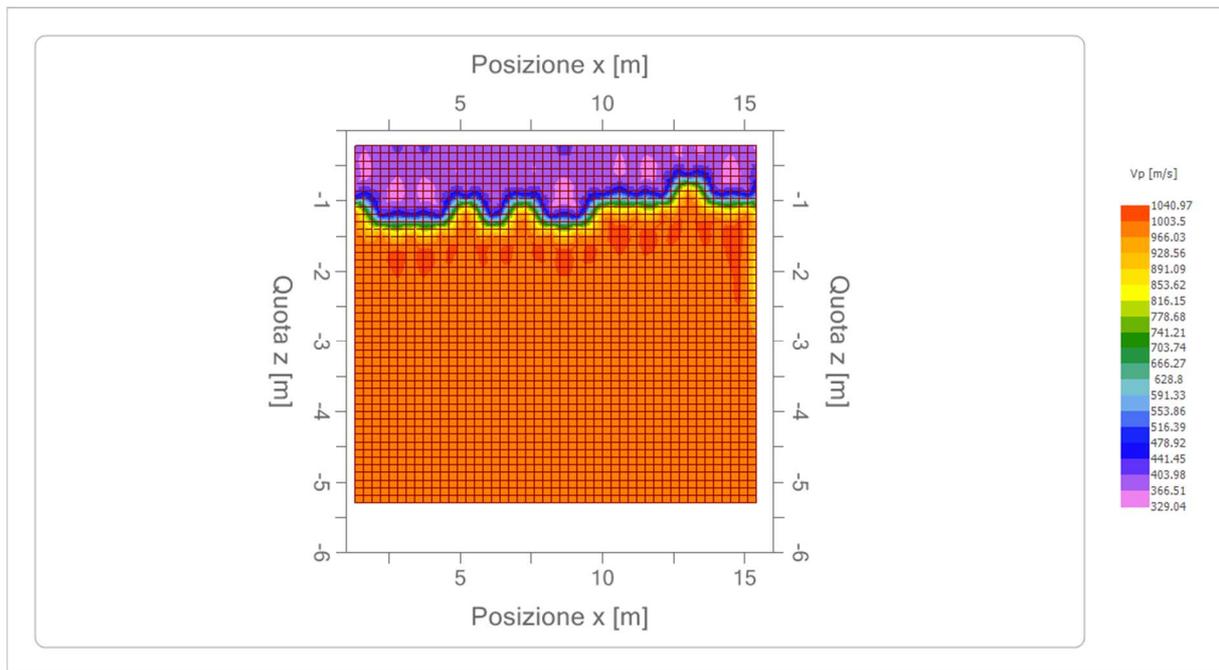
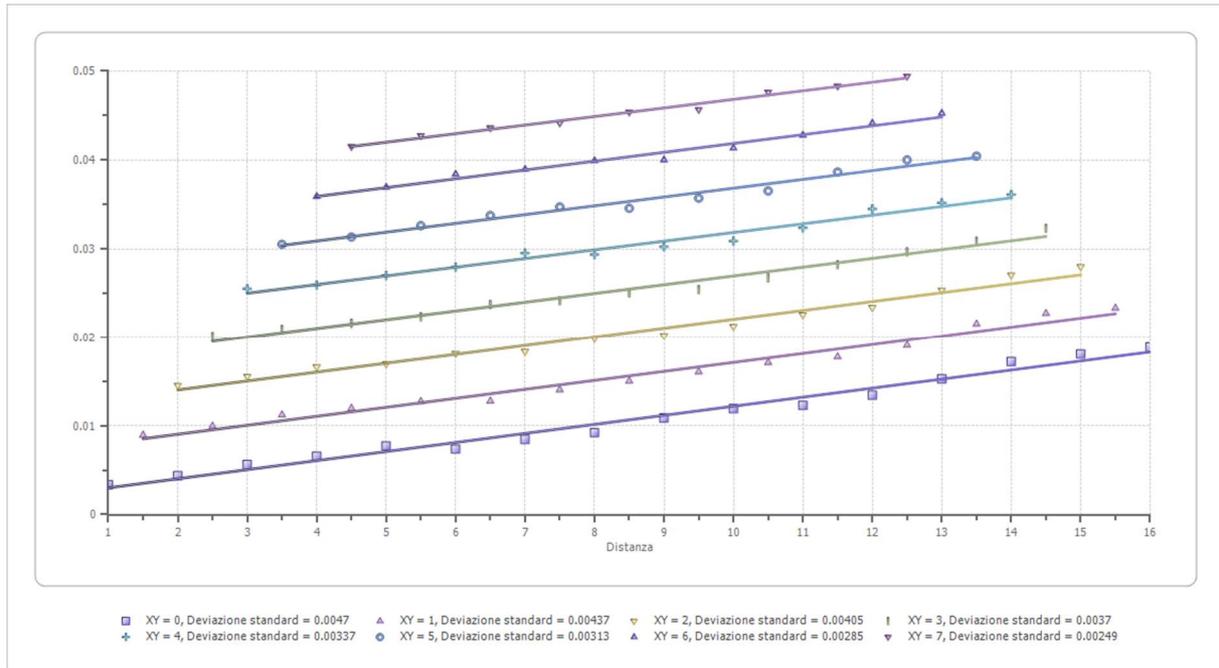
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 1.0 [m]	1.2	2.1
G= 2.0 [m]	1.3	2.2
G= 3.0 [m]	1.2	1.9
G= 4.0 [m]	1.3	2.3
G= 5.0 [m]	1.2	3.4
G= 6.0 [m]	1.3	4.0
G= 7.0 [m]	1.2	4.3
G= 8.0 [m]	1.4	4.1
G= 9.0 [m]	1.4	4.2
G= 10.0 [m]	1.1	4.7
G= 11.0 [m]	1.1	4.8
G= 12.0 [m]	1.0	4.6
G= 13.0 [m]	0.8	5.1
G= 14.0 [m]	1.0	5.5
G= 15.0 [m]	1.1	4.4
G= 16.0 [m]	1.0	4.7
Velocità [m/sec]	396.2	980.5
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00
Vp [m/s]	396.19	980.50
Vs [m/s]	190.32	471.02
G0 [MPa]	61.58	399.34
Ed [Mpa]	266.85	1730.48
M0 [MPa]	205.27	1331.14
Ey [Mpa]	166.27	1078.22

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



5. RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA MASW

Le indagini geofisiche eseguite, hanno consentito, dunque, di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio al fine di valutare il valore del parametro $V_{S,eq}$ e quindi stabilire la categoria di appartenenza del sottosuolo come da D.M. 17/01/2018. Dalla individuazione delle onde di taglio generate in corrispondenza del punto di indagine è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde entro i primi 30 metri di terreno attraversato; successivamente, attraverso questo parametro ed ai sensi della normativa vigente in materia antisismica, Ordinanza 3274 – Nuova Normativa Antisismica del 20/03/2003, richiamata dal DM 17/01/2018, è stato possibile classificare tali terreni. La determinazione dell'andamento dei valori delle onde di taglio è stata resa possibile dall'interpretazione congiunta del profilo H/V in comparazione con la curva degli spettri di ampiezza. L'individuazione delle discontinuità è infatti resa possibile quando in corrispondenza dei valori di frequenza di risonanza caratteristici nella curva H/V si realizza contestualmente una inversione nella componente verticale dello spettro di ampiezza. Successivamente avendo noti sia lo spessore degli strati che i relativi valori di propagazione delle onde di taglio è stato possibile determinare il valore di V_{seq} attraverso la seguente espressione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

con:

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo (in m)

V_s = Velocità dell'onda di taglio i-esimo strato

N = Numero di strati

H = profondità del substrato sismico (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

5.1 INDAGINE SISMICA MASW1

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

INDAGINE SISMICA MASW 1

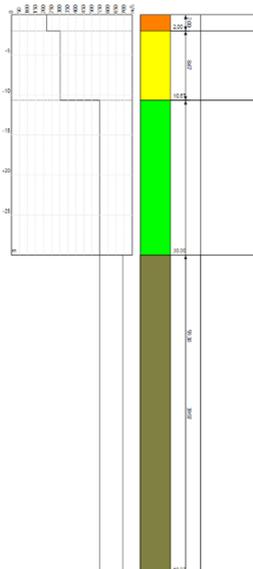
Strato n°1: $V_s = 218.6\text{m/s}$; spessore medio 2.0 metri.

Strato n°2: $V_s = 302.6\text{m/s}$; spessore medio oltre 8.67metri.

Strato n°3: $V_s = 546.4\text{m/s}$; spessore medio 59.30metri.

Strato n°4: $V_s = 691.7\text{m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 410.01 \text{ m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_s , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo B e Categoria topografica T1.

5.2 INDAGINE SISMICA MASW2

INDAGINE SISMICA MASW 2

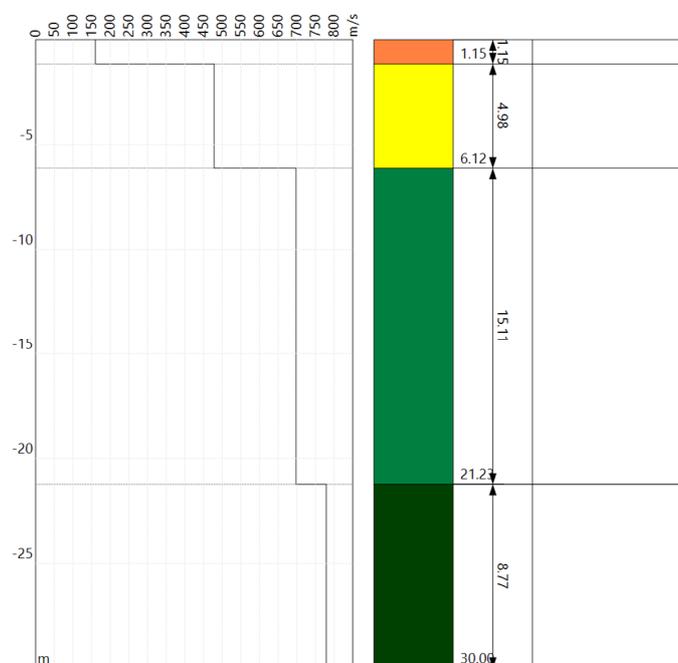
Strato n°1: $V_s = 160.1\text{m/s}$; spessore medio 1.15metri.

Strato n°2: $V_s = 478.3\text{m/s}$; spessore medio oltre 4.98metri.

Strato n°3: $V_s = 697.8\text{m/s}$; spessore medio 15.11metri.

Strato n°4: $V_s = 779.0\text{m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 594.38 \text{ m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_s , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo B e Categoria topografica T1.

5.3 INDAGINE SISMICA MASW3

INDAGINE SISMICA MASW 3

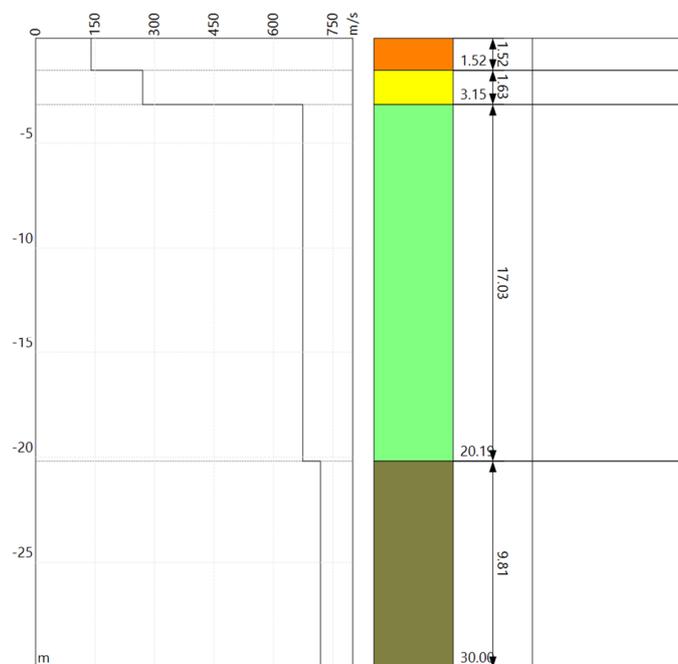
Strato n°1: $V_s = 139.9\text{m/s}$; spessore medio 1.52metri.

Strato n°2: $V_s = 270.0\text{m/s}$; spessore medio oltre 1.63metri.

Strato n°3: $V_s = 674.1\text{m/s}$; spessore medio 17.03metri.

Strato n°4: $V_s = 718.6\text{m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 537.14\text{m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_s , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo B e Categoria topografica T1.

6. CONCLUSIONI

Le indagini eseguite hanno consentito di ottenere alcune informazioni sulle caratteristiche geofisiche dei terreni interessati, in particolare è stato possibile fornire alcuni dati sia sull'andamento stratigrafico del sottosuolo nei primi 10 – 12 metri sia sulle velocità delle onde sismiche di compressione e di taglio.

Sulla base delle elaborazioni effettuate sono stati individuati, in ciascuna delle cinque indagini di sismica a rifrazione, due sismostrati interfacciati da una superficie di discontinuità con aspetto lievemente ondulato e andamento sub-parallelo rispetto alla traccia sulla superficie topografica. In particolare i risultati delle indagini effettuate in corrispondenza dell'area in progetto, hanno messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. I modelli sismo-stratigrafici rispecchiano abbastanza fedelmente le caratteristiche geologiche dell'area. In particolare riscontriamo una discontinuità sismica intorno ai 1.0-1.3 metri dal p.c. che può essere ricondotta a terreno agrario e porzione alterata limo-sabbiosa poco consistente. Questi ultimi ricoprono un sismo-strato calcarenitico sabbioso da mediamente consistente caratterizzato da velocità delle onde di compressione V_p nell'ordine di 670-980 m/s. Lo spessore risulta comunque indefinito.

Le indagini di sismica MASW eseguite, hanno consentito, inoltre, di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio al fine di valutare il valore del parametro $V_{S,eq}$ e quindi stabilire la categoria di appartenenza del sottosuolo come da D.M. 17/01/2018.

Sulla base dei valori ricavati, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_{seq} , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo B** ovvero "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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." (D.M. 17/01/2018).

Palermo, Febbraio 2021

Il Tecnico Redattore

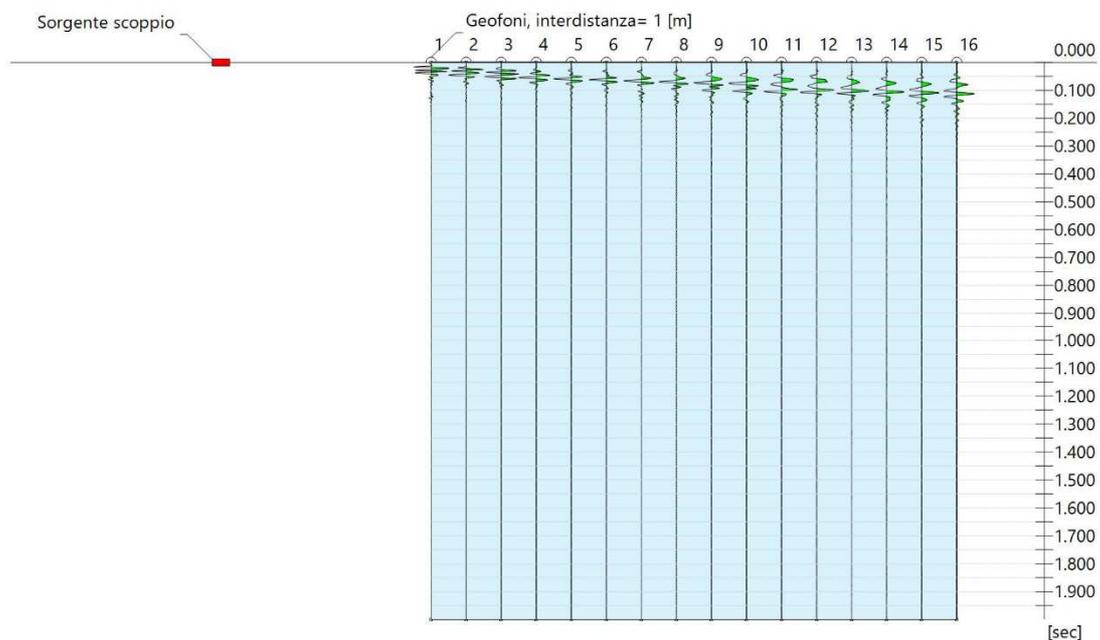
Dott. Geol. Michele Ognibene

INTERPRETAZIONI DEI DATI

ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 1

Tracce

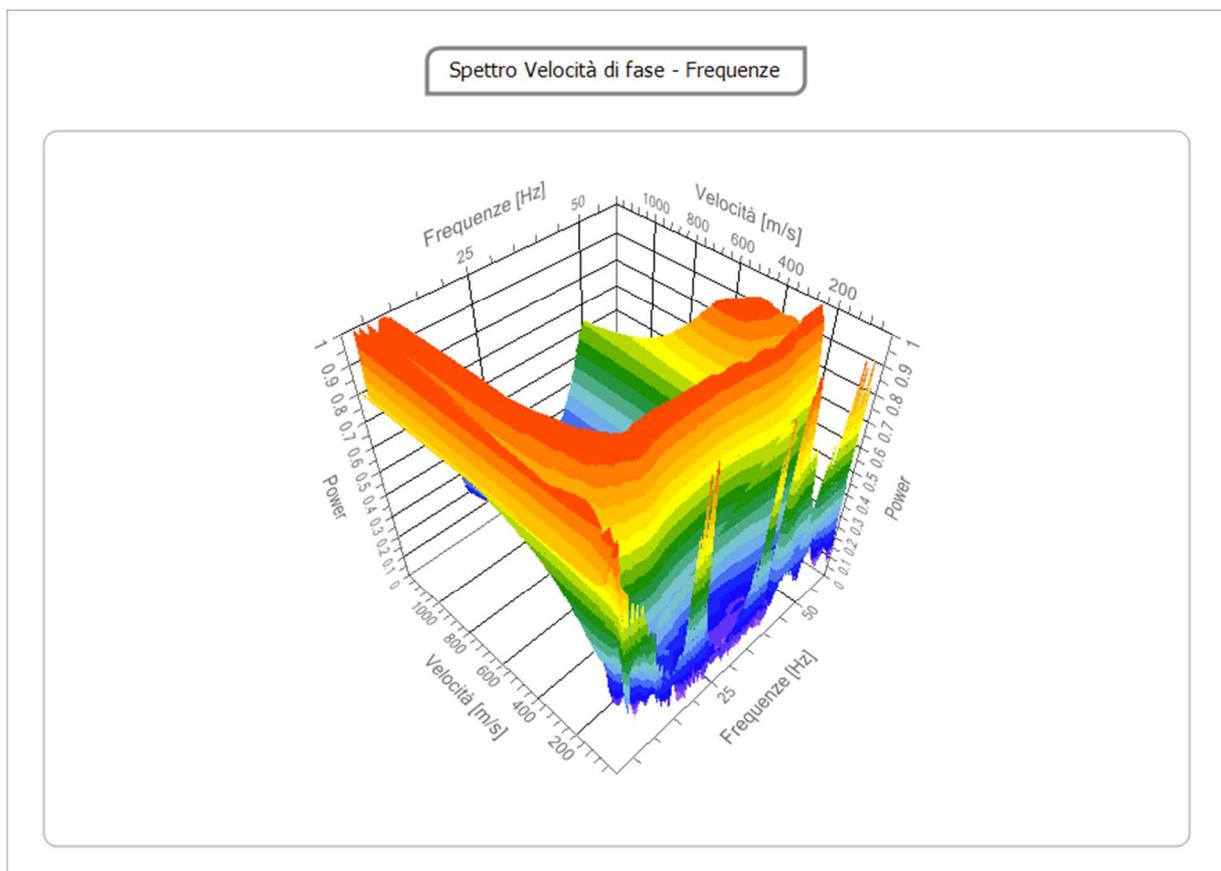
N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
localita' "C.da Longobardo"

Analisi spettrale

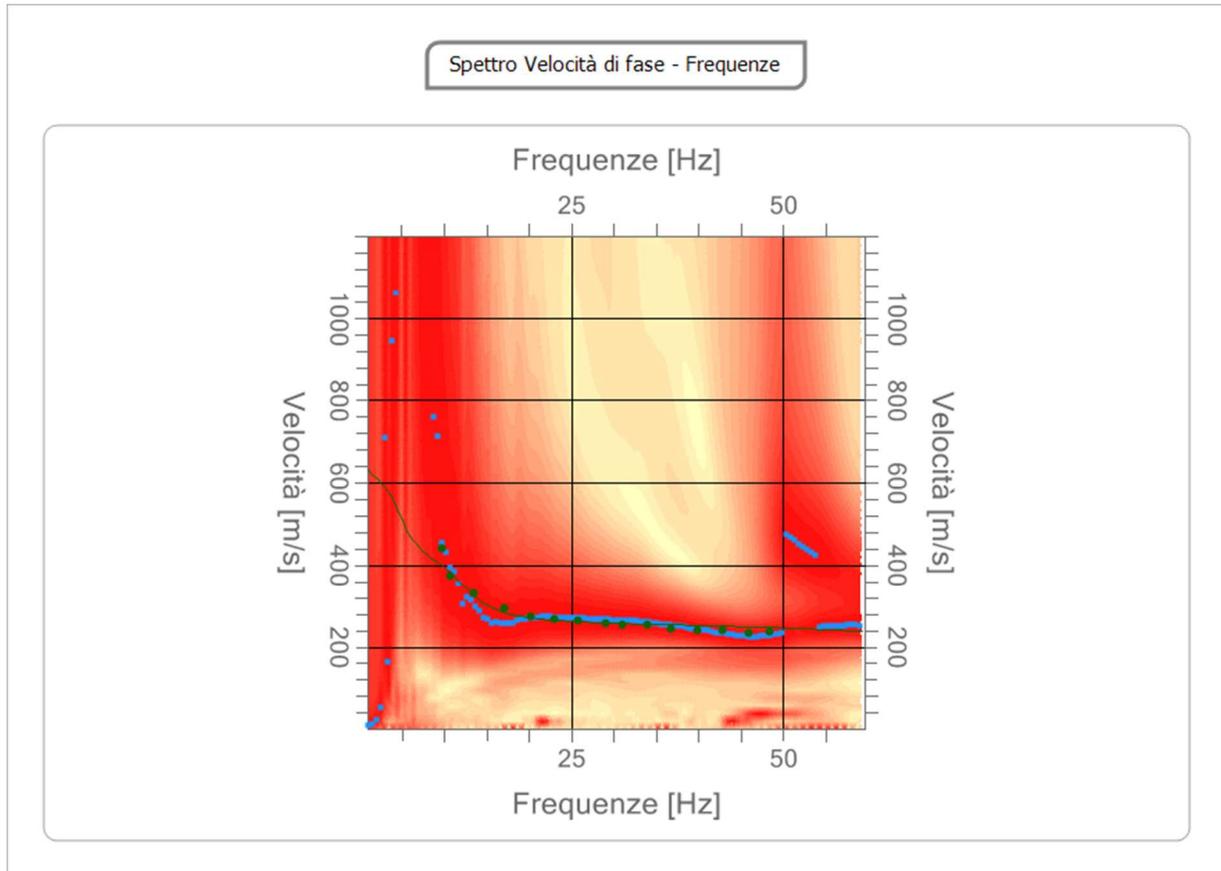
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
localita' "C.da Longobardo"

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	9.7	442.2	0
2	10.7	372.9	0
3	13.5	331.9	0
4	17.2	292.7	0
5	20.3	275.0	0
6	23.1	267.8	0
7	25.9	264.3	0
8	29.0	257.2	0
9	31.0	254.8	0
10	33.9	253.3	0
11	36.8	242.9	0
12	39.9	239.4	0
13	42.9	239.4	0
14	45.9	232.3	0
15	48.5	237.6	0

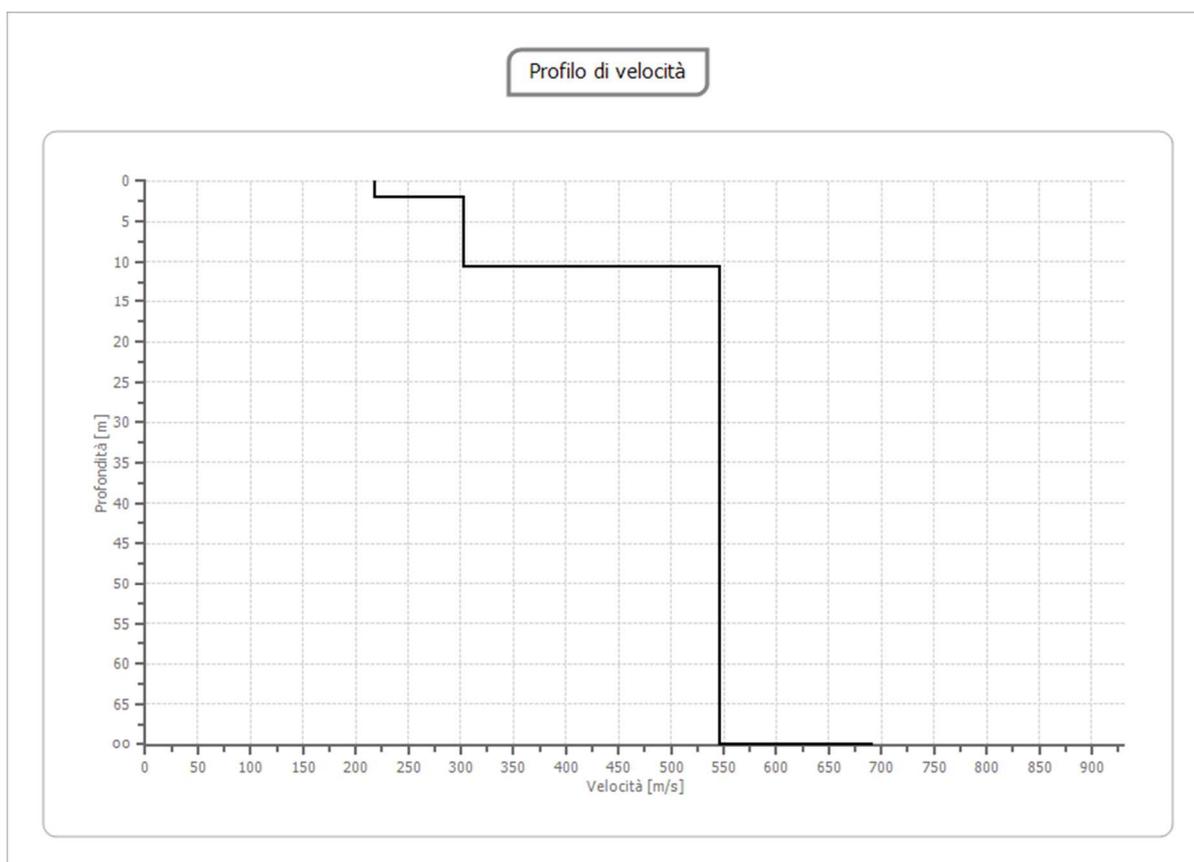
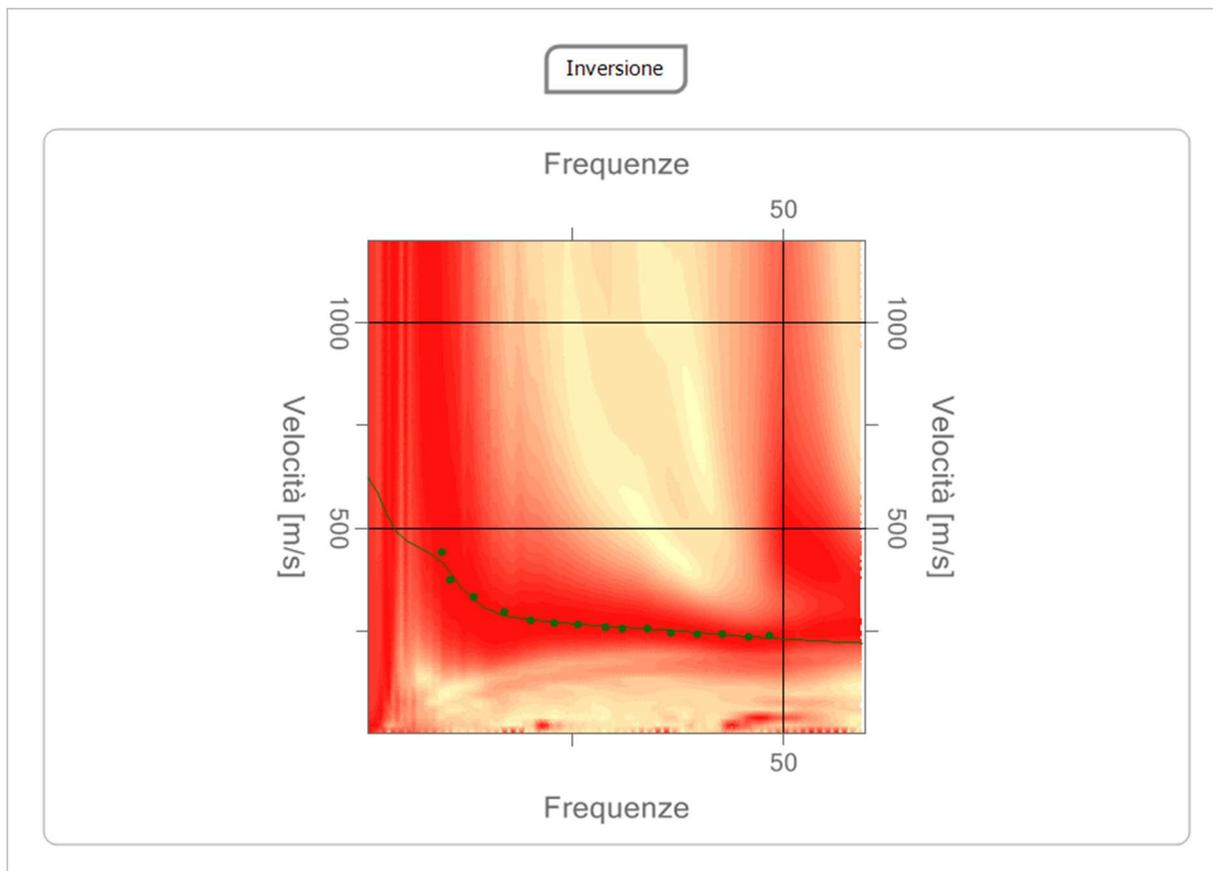


Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.00	2.00	1800.0	0.35	No	455.1	218.6
2	10.67	8.67	1800.0	0.35	No	630.0	302.6
3	69.97	59.30	1900.0	0.35	No	1137.5	546.4
4	oo	oo	2000.0	0.35	No	1439.8	691.7

Percentuale di errore 0.105 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.025



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	410.01
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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.00	2.00	218.64	455.14	1800.00	0.35	86.057	372.84	258.14	232.33	N/A	1190.06
2	10.67	8.67	302.64	629.99	1800.00	0.35	164.86	714.39	494.58	445.12	N/A	N/A
3	69.97	59.30	546.43	1137.49	1900.00	0.35	567.31	2458.36	1701.94	1531.75	N/A	N/A
4	oo	oo	691.68	1439.85	2000.00	0.35	956.84	4146.32	2870.53	2583.48	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico;

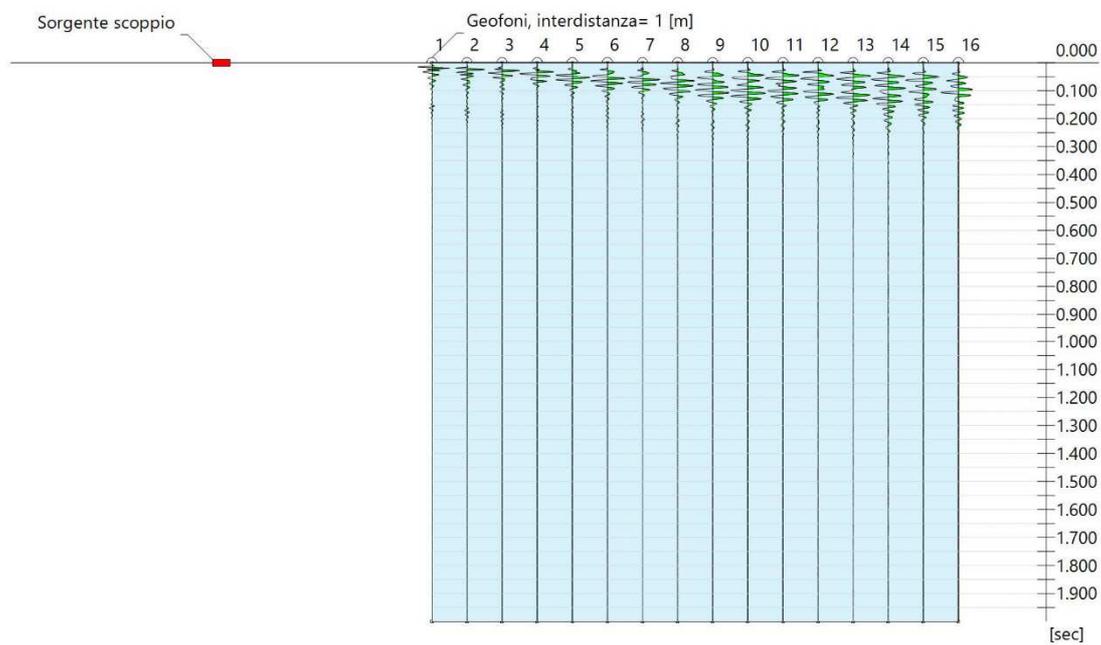
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 2

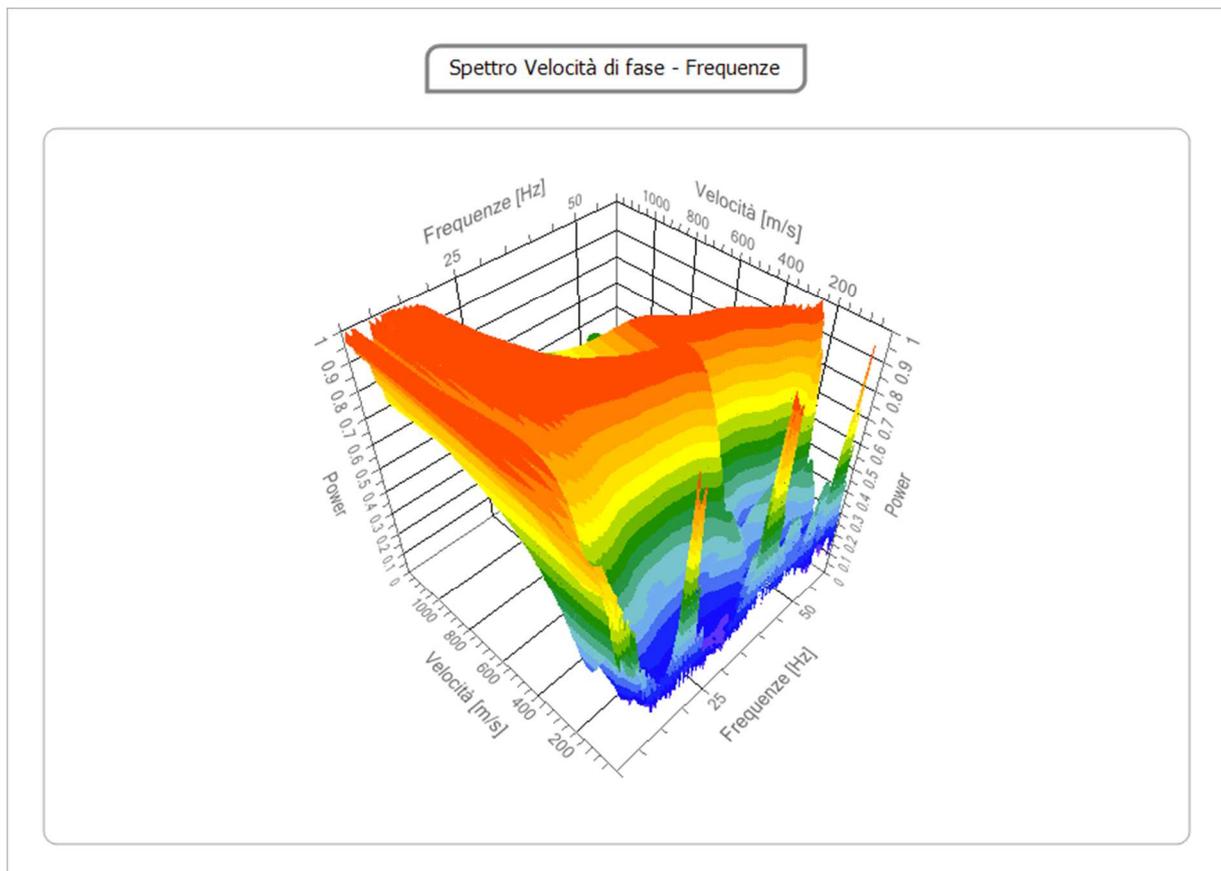
Tracce

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

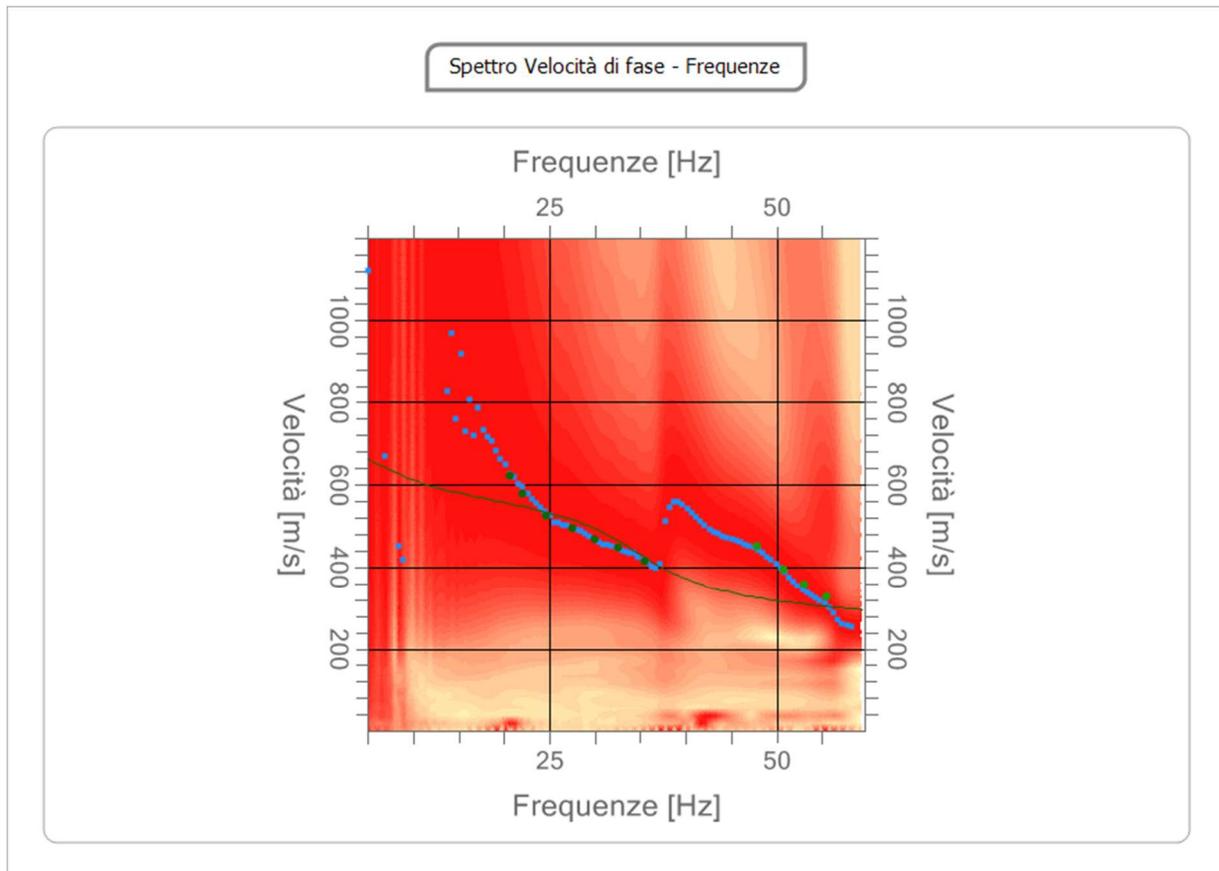
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
localita' "C.da Longobardo"

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	20.6	623.6	0
2	22.0	577.4	0
3	24.6	524.0	0
4	27.6	495.9	0
5	30.0	467.1	0
6	32.6	449.3	0
7	35.5	413.7	0
8	47.8	452.8	1
9	50.8	395.9	1
10	53.0	356.8	1
11	55.5	328.3	1

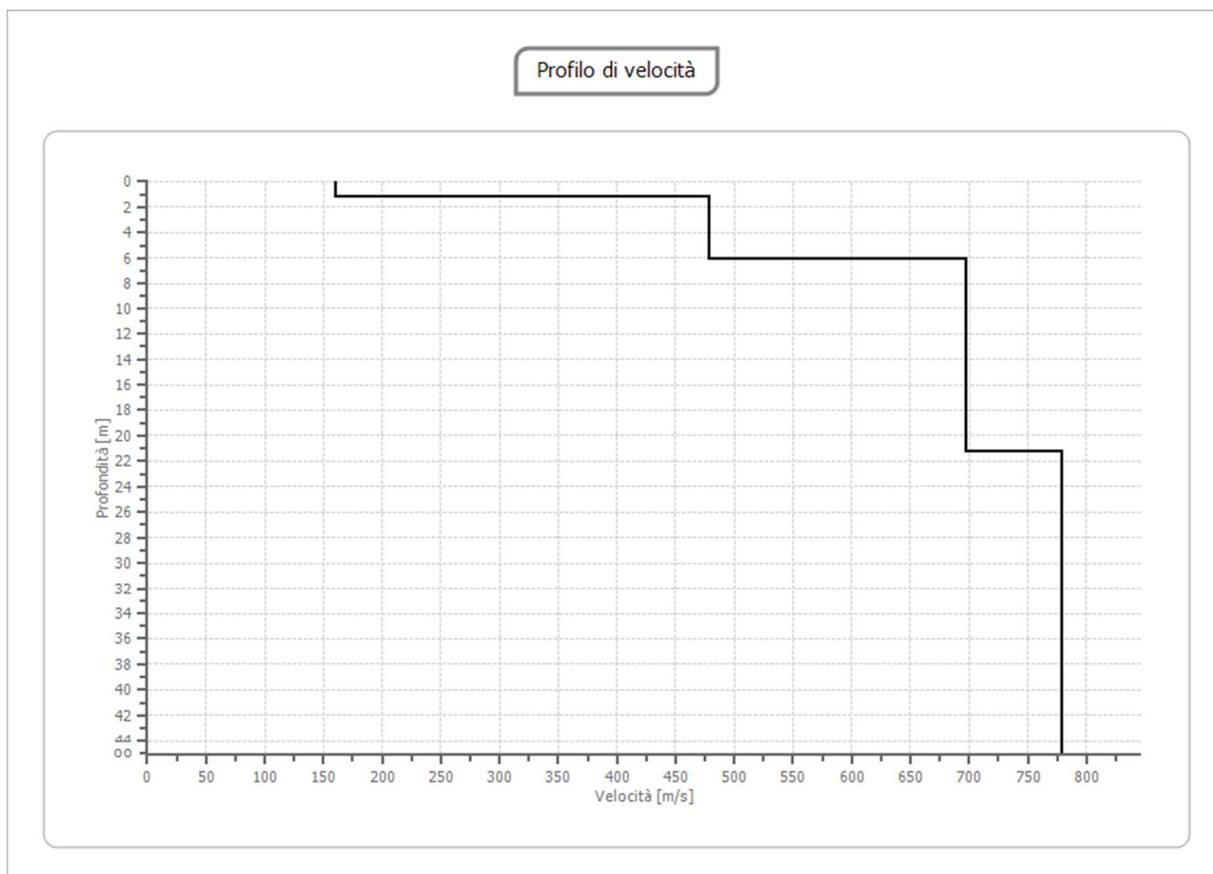
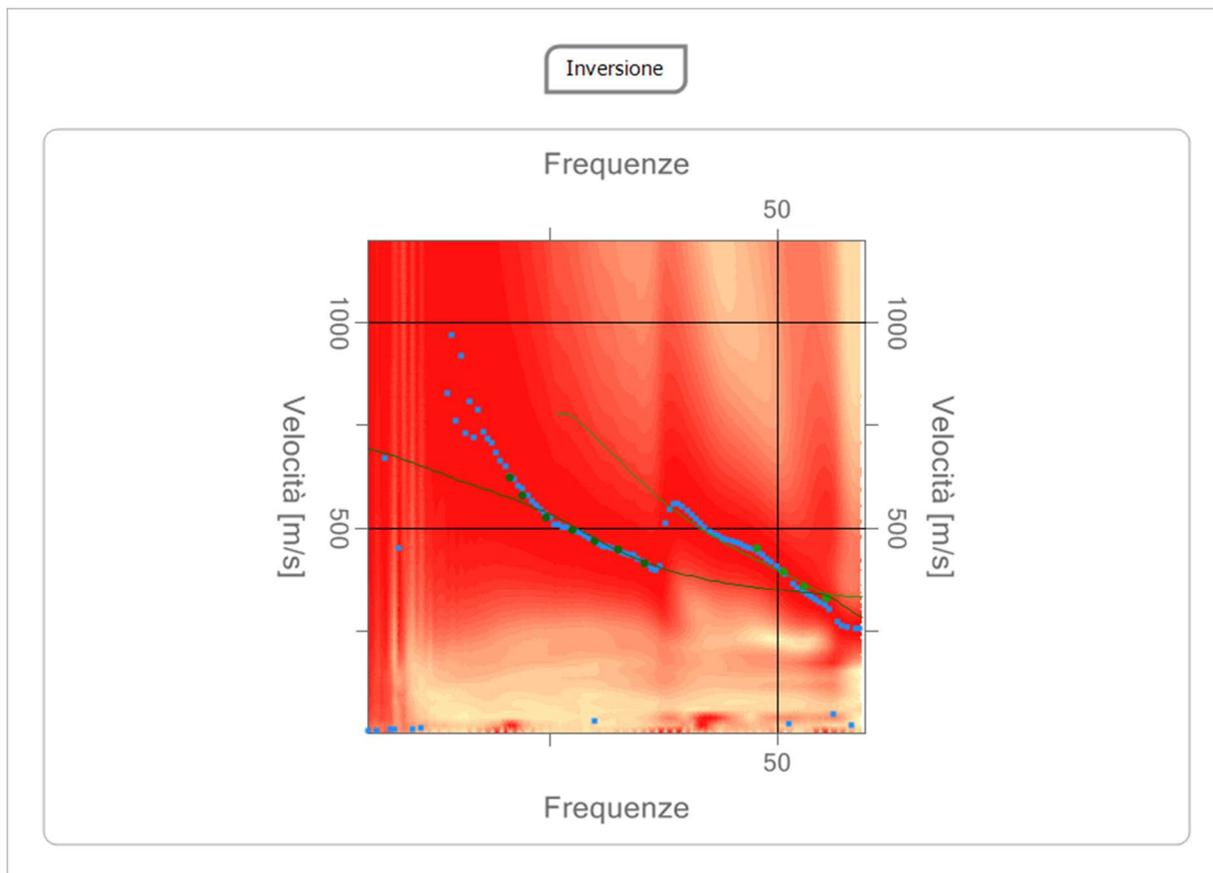


Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.15	1.15	1700.0	0.35	No	333.4	160.1
2	6.12	4.98	1800.0	0.35	No	995.8	478.3
3	21.23	15.11	1900.0	0.35	No	1452.7	697.8
4	oo	oo	1900.0	0.30	No	1457.4	779.0

Percentuale di errore 0.174 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.036



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	594.38
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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.15	1.15	160.14	333.35	1700.00	0.35	43.59	188.91	130.78	117.71	N/A	248.87
2	6.12	4.98	478.35	995.76	1800.00	0.35	411.87	1784.76	1235.61	1112.05	N/A	N/A
3	21.23	15.11	697.85	1452.69	1900.00	0.35	925.29	4009.58	2775.86	2498.27	N/A	N/A
4	oo	oo	779.01	1457.39	1900.00	0.30	1153.02	4035.57	2498.21	2997.85	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico;

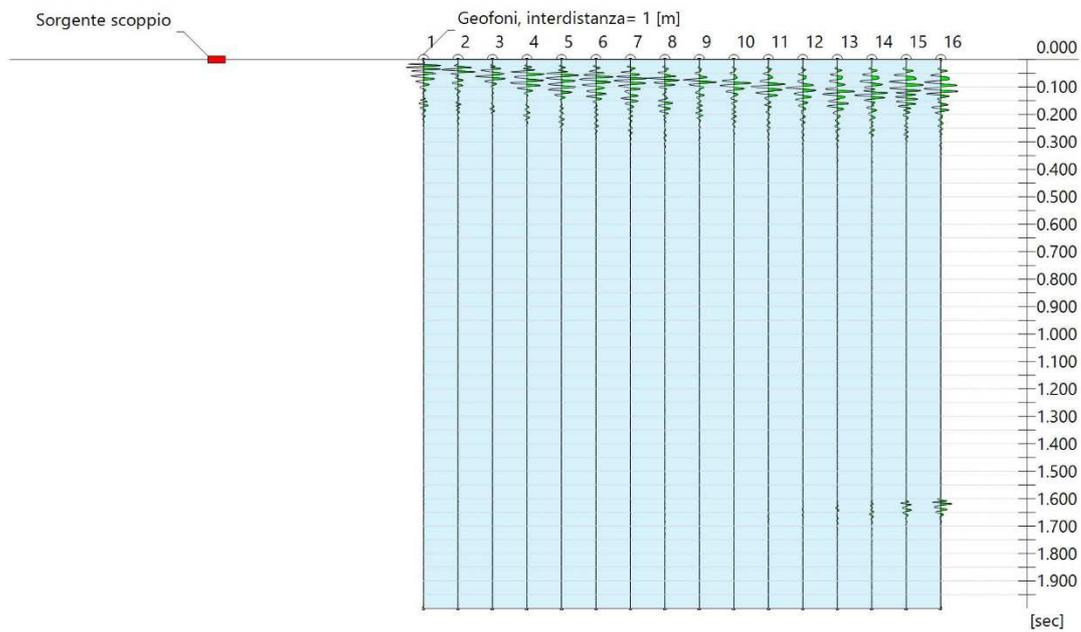
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 3

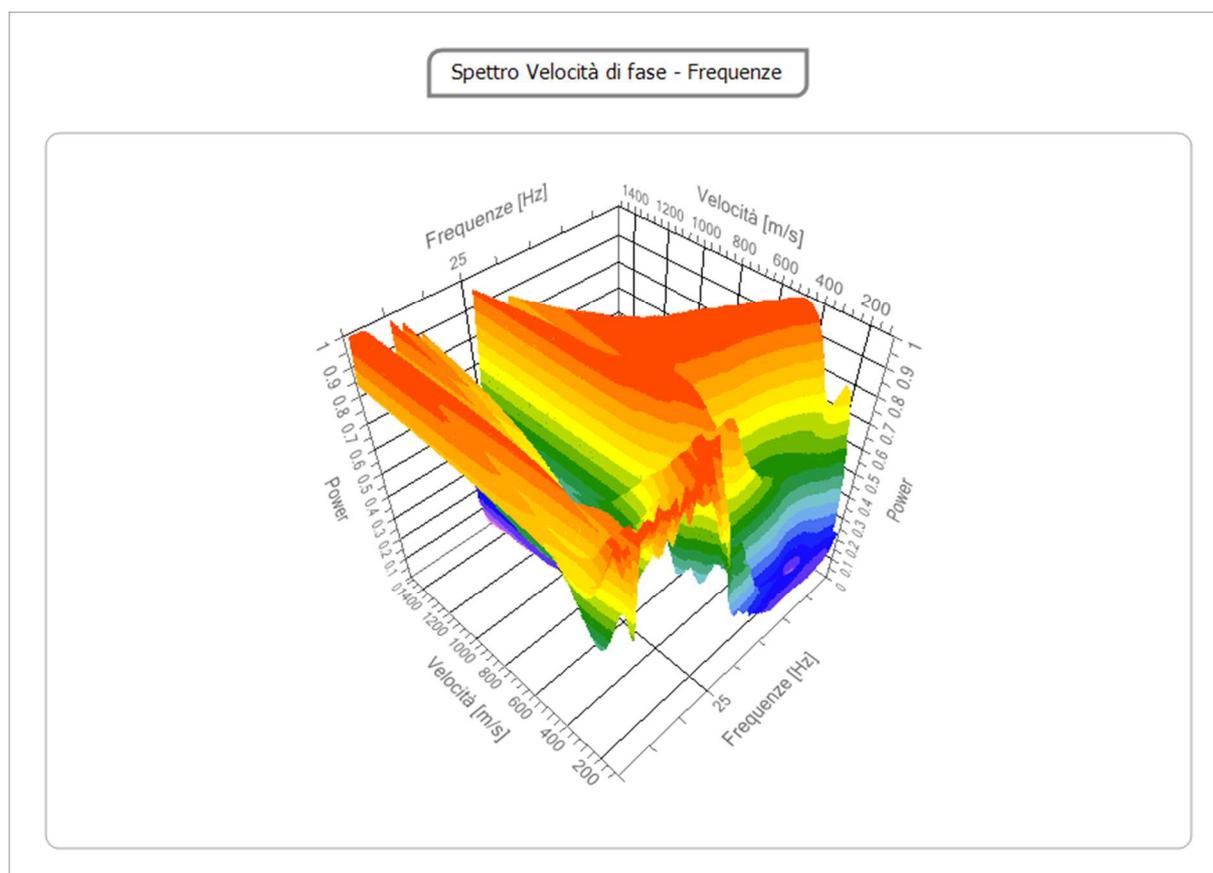
Tracce

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



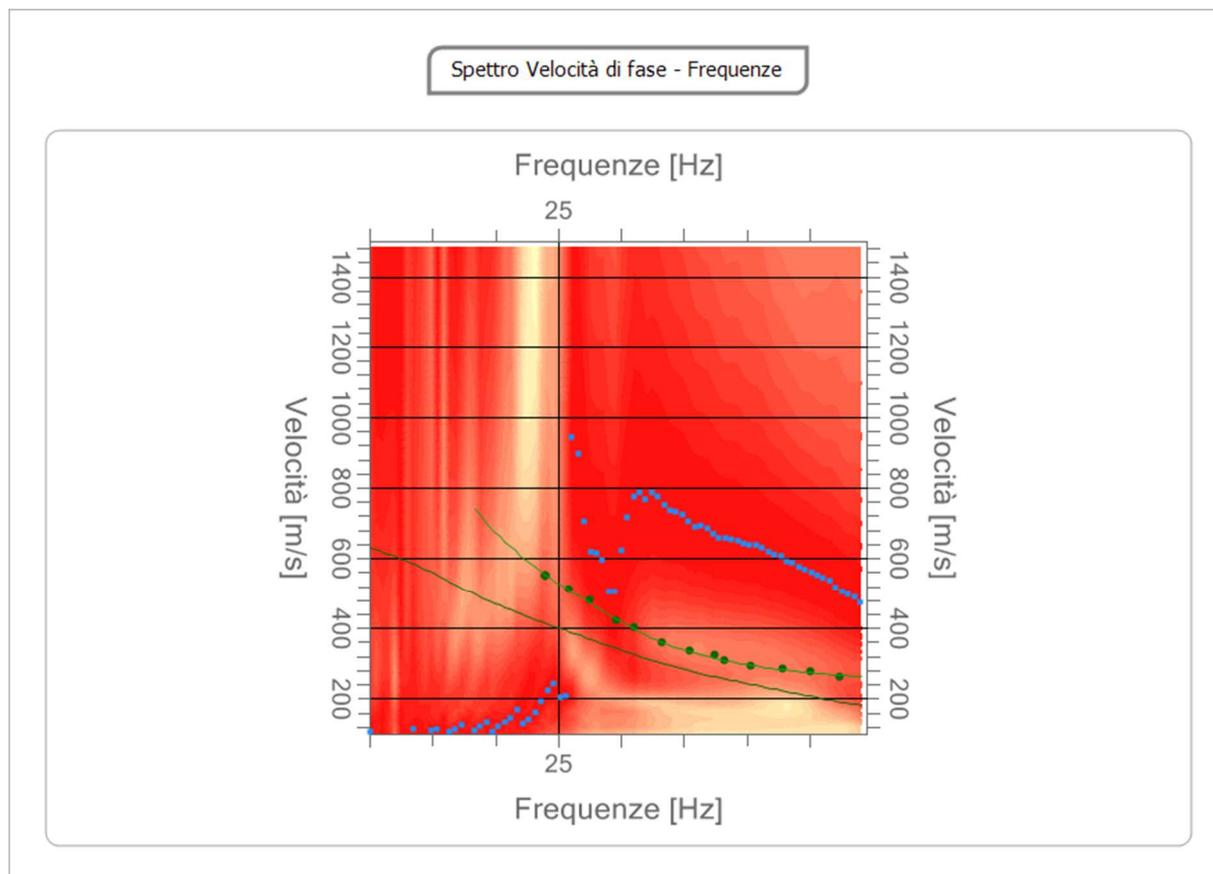
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	10
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	100
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	24.0	552.8	0
2	16.5	50.0	0
3	18.5	59.4	0
4	20.4	80.8	0
5	31.0	403.3	0
6	25.8	511.3	0
7	29.6	424.0	0
8	38.3	307.7	0
9	27.5	482.2	0
10	35.5	336.8	0
11	33.2	361.7	0
12	37.5	324.3	0
13	40.3	295.3	0
14	42.9	286.9	0
15	45.1	278.6	0
16	47.4	262.0	0

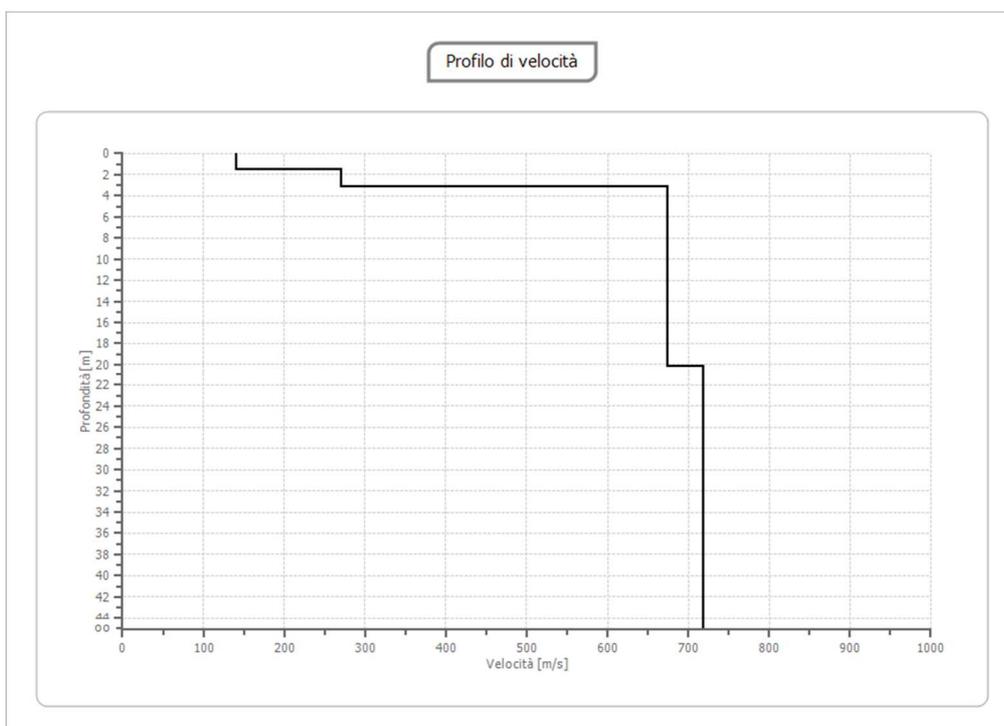
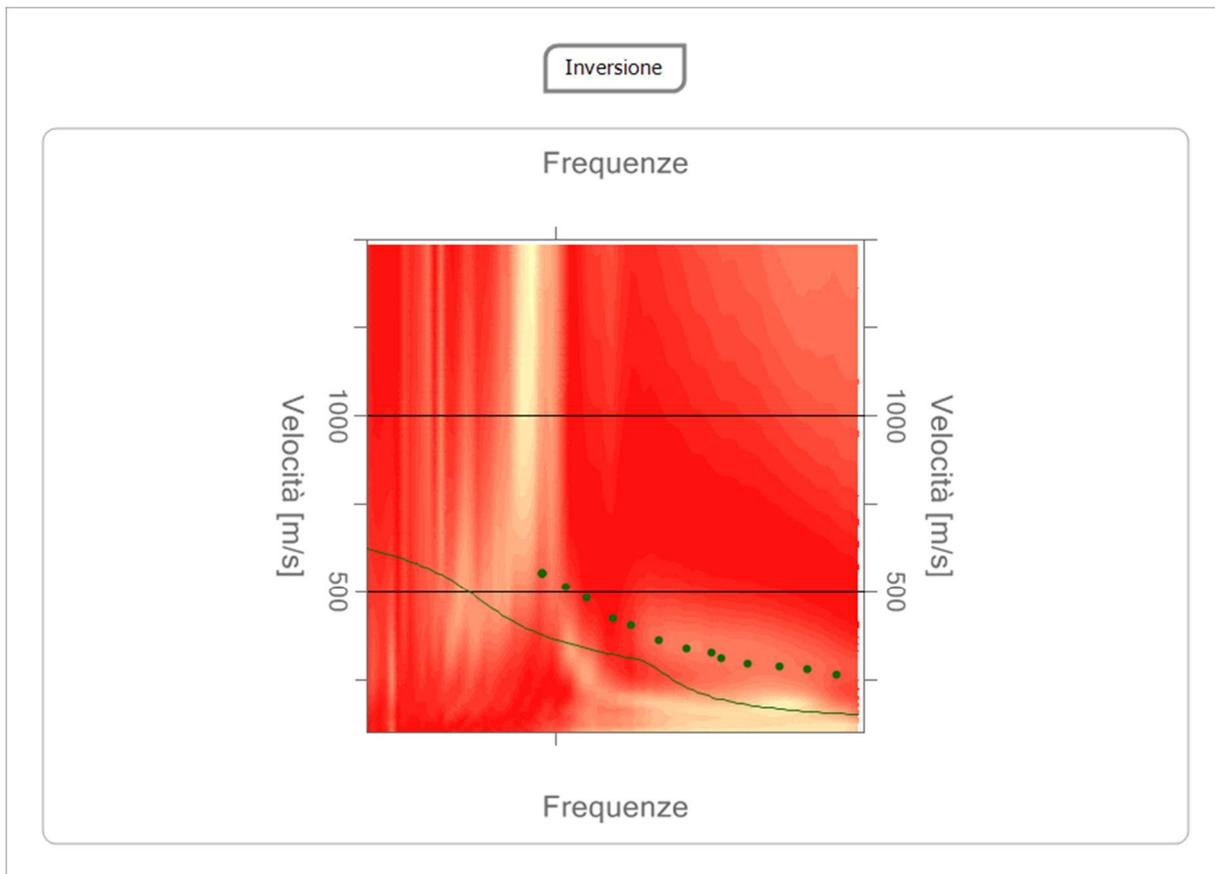


Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.52	1.52	1700.0	0.35	No	291.1	139.9
2		3.15	1.63	1800.0	0.35	No	562.0	270.0
3		20.19	17.03	1900.0	0.35	No	1403.3	674.1
4		oo	oo	2000.0	0.35	No	1495.8	718.6

Percentuale di errore 39.430 %

Fattore di disadattamento della soluzione 3.246



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	537.14
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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.52	1.52	139.86	291.15	1700.00	0.35	33.25	144.10	99.76	89.79	85	126.05
2	3.15	1.63	269.96	561.96	1800.00	0.35	131.18	568.44	393.54	354.18	N/A	3433.14
3	20.19	17.03	674.14	1403.33	1900.00	0.35	863.48	3741.74	2590.43	2331.39	N/A	N/A
4	oo	oo	718.57	1495.83	2000.00	0.35	1032.69	4475.01	3098.08	2788.27	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz1 e Mw1.



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz2 e Mw2.

Impianto Agro-fotovoltaico di potenza di picco pari a 15 mwp
denominato "Niglio - Longobardo" da realizzarsi nel Comune di Vittoria (RG)
localita' "C.da Longobardo"



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz3 e Mw3.

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE ESEGUITE (CFR. Tav.15).