



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di
APRICENA



COMUNE di
SAN SEVERO



Società Proponente	<p>AM ENERGY S.R.L. * Sede: via Tiberio Solis, n. 128 - 71016 San Severo (FG) Pec: amenergysrl@pec.it P.iva: 04304150719</p> <p>* Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. p.iva 03930741206</p>	Sviluppo e Coordinamento	<p>plan A IT IS GREEN ENERGY</p> <p>PLAN A ENERGY S.R.L. Sede: Via Cavour n.104 40026 Imola BO Pec: planaenergy@pec.it C.F e P.IVA : 03930841204</p>		
Progettazione generale e progettazione elettrica	<p>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128 71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072 Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net Ordine degli ingegneri della Provincia di Foggia matr. n 1604</p>	Supervisione scientifica piani culturali e montaggio	<p>Università di Foggia Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE) Sede: via Antonio Gramsci,89/91 Foggia 71122 P.iva: 03016180717</p>		
Studio e progetto ecologico vegetazionale	<p>Dott. Biol. Leonardo Beccarisi Via D'Enghien, 43 - 73013 Galatina (LE) cell. 3209709895 E-Mail: beccarisil@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi Albo-Sezione matr. n. AA_067313</p>	Studio di impatto ambientale	<p>Dott.ssa Anastasia Agnoli Via Armando Diaz, 37 73100 Lecce (LE) cell. 3515100328 E-Mail: anastasia.agnoli989@gmail.com</p>		
Studio meteorologico	<p>Dott. Biol. Elisa Gatto Via S. Santo, 22 73044 Galatone (LE) cell. 3283433525 E-Mail: dottelisagatto@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi matr.n. AA_090001</p>	Studio paesaggistico e di inserimento urbanistico	<p>Dott. Agr. Barnaba Marinosci via Pilella 19, 73040 Alliste (LE) Cell. 329 3620201 E-Mail: bamabamarinosci@gmail.com Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali provincia di Lecce matr. n 674</p>		
Studio faunistico	<p>Dott. Antonio Feola Via Civitella n°25 84060 Moio della Civitella (SA) cell. 338 2593262 E-Mail: feolantx@gmail.com Ordine Nazionale dei Biologi matr. n . AA_047004</p>	Rappresentazioni fotorealistiche	<p>Arch. Gaetano Fornarelli Via Fulcignano Casale 17 73100 Lecce (LE) cell. 3358758545 E-Mail: forgaet@gmail.com Ordine degli Architetti della provincia di Lecce matr. n 1739</p>		
Studio archeologico	<p>NOSTOI s.r.l. Dott.ssa Maria Grazia Liseno Tel. 0972.081259 Fax 0972.83694 E-Mail: mgliseno@nostoisrl.it Elenco Nazionale Archeologo Fascia I matr n. 1646</p>	Consulenza strutturale	<p>Ing. Tommaso Monaco Tel. 0885.429850 Fax 0885.090485 E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it Ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia matr. n. 2906</p>		
Studio acustico	<p>STUDIO FALCONE Ingegneria Ing. Antonio Falcone Tel. 0884.534378 Fax. 0884.534378 E-Mail: antonio.falcone@studiofalcone.eu Ordine degli Ingegneri di Foggia matr. n.2100</p>	Consulenza topografica	<p>Geom. Matteo Occhiochiuso Tel. 328 5615292 E-Mail: matteo.occhiochiuso@virgilio.it Collegio dei Circondariale Geometri e Geometri Laureati di Lucera matr. n. 1101</p>		
Studio idraulico geologico e geotecnico	<p>Dott. Nazario Di Lella Tel./Fax 0882.991704 cell. 328 3250902 E-Mail: geol.dilella@gmail.com Ordine regionale dei Geologi della Puglia matr. n. 345</p>				
Opera	<p>Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Fotovoltaico denominato "Apricena Industriale" da realizzarsi su aree industriali e cave nelle località "Podere Camilli - Tufara - San Giovanni - San Sabino", nel territorio comunale di Apricena (FG) per una potenza complessiva di 121,023 MWp e immissione di 96,300 MW, nonché delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)</p>				
AUTORITA' PROCEDENTE V.I.A. :	<p>MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA</p>	AUTORITA' PROCEDENTE A.U. :	<p>REGIONE PUGLIA</p>		
Oggetto	<p>P7MVN25_Relazione Geologica.pdf Nome Elaborato:</p>				
	<p>Relazione geologica del progetto definitivo Descrizione Elaborato:</p>				
00	Novembre 2022	Progetto definitivo	Geol. N. Di Lella	Ing. A. Mezzina	AM ENERGY S.R.L.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:					
Formato: A4/A3	Codice Pratica P7MVN25				

Sommario

1.	PREMESSA	2
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
3.	TETTONICA E SISMICITÀ	14
4.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	24
5.	P.A.I.: RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO	29
6.	PPTR	31
7.	IDROGEOLOGIA E CARATTERI DI PERMEABILITÀ'	33
8.	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LOCALI	38
9.	INDAGINI IN SITO	41
10.	RISULTATI INDAGINE GEOFISICA	46
11.	CLASSIFICAZIONE SISMICA DI SITO	49
12.	VERIFICA STABILITÀ DEL VERSANTE (OPERE STRUTTURALI)	52
13.	CONCLUSIONI	54
	ALLEGATO 1 – RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA (SISMICA A RIFRAZIONE)	56
	ALLEGATO 2 – RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA (MASW)	57
	ALLEGATO 3 – RAPPORTO VERIFICHE DI STABILITÀ'	58

1. PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geol. Nazario Di Lella iscritto all'Ordine dei Geologi della Puglia con il n. 345, su incarico della società AM ENERGY S.r.l.* con sede in San Severo (FG), Piazza T. Solis n. 128 - PEC: amenergysrl@pec.it - C.F. e P.IVA 04304150719, (*)Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. P.IVA 03930741206, ha eseguito il presente studio Geologico - Geotecnico a corredo del "Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Fotovoltaico denominato "Apricena Industriale" da realizzarsi su aree industriali e cave nelle località "Podere Camilli - Tufara - San Giovanni - San Sabino", nel territorio comunale di Apricena(FG) per una potenza complessiva di 121,023 MWp e immissione di 96,300 MW, nonché delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)".

Lo studio è stato finalizzato a perseguire i seguenti obiettivi:

- individuare i litotipi presenti e le loro caratteristiche giaciture;
- individuare i fenomeni geomorfologici, con specifico riguardo alla stabilità dell'area;
- determinare la situazione idrogeologica locale, con particolare riguardo per l'infiltrazione e la circolazione delle acque nel sottosuolo;
- caratterizzazione geotecnica e sismica del sito in relazione alle opere previste di progetto.

La caratterizzazione del sito e le indagini espletate sono state eseguite in relazione a quanto previsto dalle normative vigenti (Legge 2/2/74 n° 64 - D.M. 21/1/81 - D.M. 11/3/88 - O.P.C.M. 3274 – NTC 2018 e s.m.i.) ed hanno avuto lo scopo principale di accertare in maniera più concreta e dettagliata (in fase di Progetto Definitivo) le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni costituenti il sito, soprattutto in funzione delle strutture che andranno a costituire le opere di progetto e della loro interazione con il terreno costituente il sito stesso.

Nei paragrafi successivi si riportano le risultanze dello studio eseguito su un'area più estesa di quella interessata dal progetto, ai fini della definizione del quadro geologico generale di riferimento in fase di progettazione esecutiva, con un rilevamento geologico di dettaglio ed acquisizione di informazioni di carattere bibliografico disponibile per la zona oggetto di studio.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

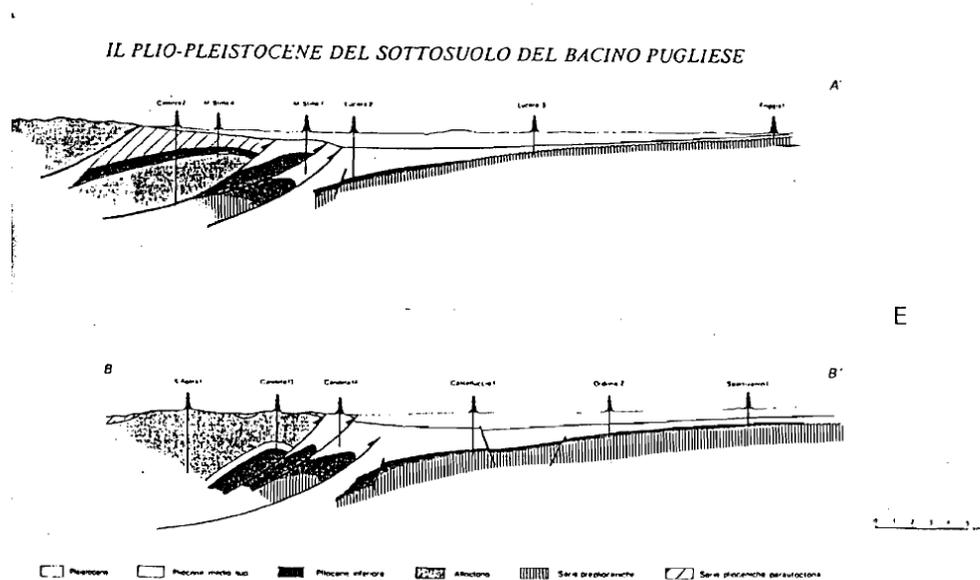
2.1. Introduzione e geologia regionale

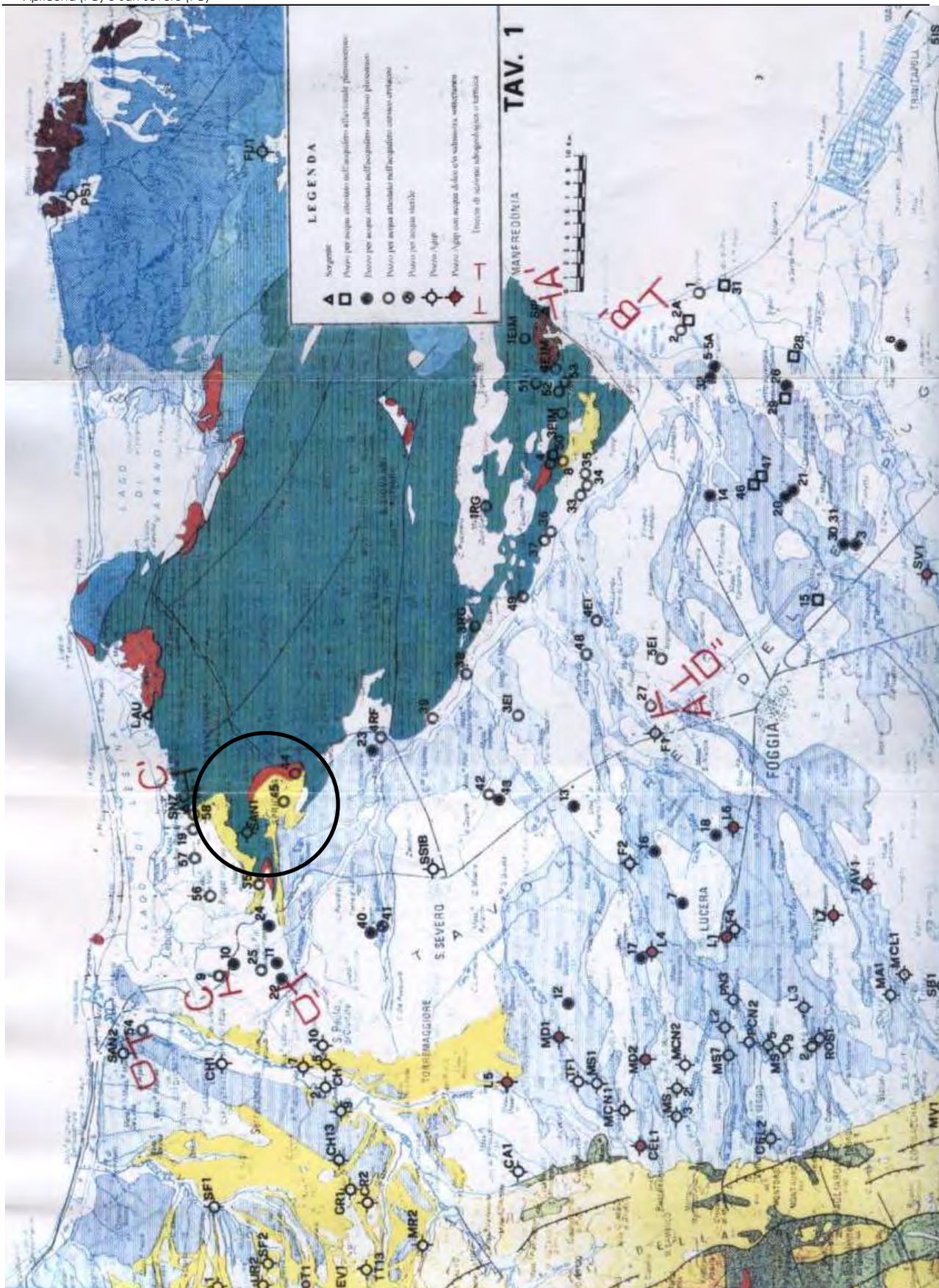
Nel territorio della provincia di Foggia affiorano successioni carbonatiche e terrigene appartenenti alle tre unità Stratigrafico-Strutturali:

- Catena;
- Avanfossa Appenninica;
- Avampaese Apulo-Garganico.

Il Settore più occidentale, Catena, è costituito da terreni di età compresa tra il Mesozoico ed il Pliocene, in contatto tettonico di sovrascorrimento con i termini del Miocene sup. dell'Avampaese deformato.

Tali terreni rappresentano una potente coltre di ricoprimento costituita da formazioni alquanto eterogenee come litologia, indicate in letteratura con il termine generico di "Alloctono".

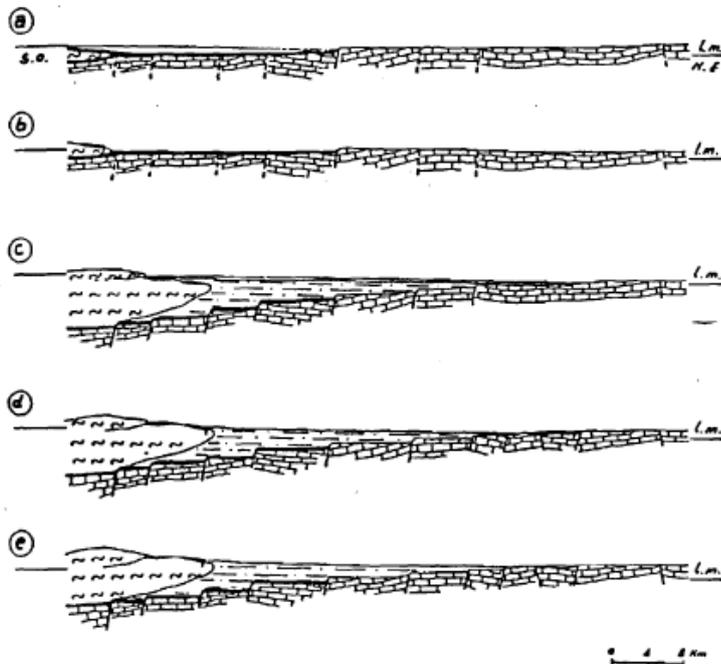




Attraverso dati provenienti da perforazioni Agip e sondaggi Sismici profondi, evidenziano come tale coltre aumenti di spessore procedendo verso SW.

La parte centrale, Avanfossa appenninica, è costituita da depositi plio-pleistocenici poggianti in trasgressione sui calcari pre-pleiocenici della Piattaforma apula ribassati a gradinata verso SW da un sistema di faglie dirette a direzione appenninica.

Alcuni Autori interpretano tale area come bacino subsidente, compreso tra il paleomargine dell'Appennino e dell'Avampese nel quale si sono depositi, a partire dal Pliocene Inf., sedimenti terrigeni.



LEGENDA

- (a) PLIOCENE INF. MEDIO : ABBASSAMENTO
 - (b) " " " : SOLLEVAMENTO
 - (c) PLIOCENE SUP. - PLEISTOCENE MEDIO : ABBASSAMENTO
 - (d) " " " " : SOLLEVAMENTO
 - (e) PLEISTOCENE SUP. - OLOCENE : SOLLEVAMENTO
- DEPOSITI DELL'INTERVALLO III (PLIOCENE SUP. - PLEISTOCENE MEDIO)
 - DEPOSITI DELL'INTERVALLO II (PLIOCENE INF. - MEDIO)
 - ALLOCTONO (CRETACEO - MIOCENE)
 - AVAMPESÈ CALCAREO (CRETACEO - MIOCENE)

Alla fine del Pliocene medio, per tutto il Pliocene superiore e parte del Pleistocene, una importante fase tettonica di abbassamento del substrato carbonatico provocò una estesa migrazione del bacino e della linea di costa verso NE.

Nello stesso tempo, dal margine della catena appenninica, in via di sollevamento, scivolarono per gravità verso il bacino, cospicue masse "alloctone".

Seguì poi, alla fine del Pleistocene inferiore, un generale sollevamento della regione, più pronunciato sul lato appenninico, determinando la migrazione del mare pleistocenico verso l'attuale linea di costa.

2.2. Stratigrafia

I terreni affioranti nell'area del foggiano sono riferibili a tre unità strutturali distinte secondo il seguente schema:

➤ **Unità dell'Avampaese:**

- Calcari e gessi delle Pietre Nere Trias (Raibliano)
- Calcari di piattaforma (Creta inf-Giura sup.)
- Calcareniti bioclastiche e Calcari massicci di scogliera Miocene (Tortoniano)
- Rocce ignee delle Pietre Nere (Miocene).

➤ **Unità dell'Avanfossa:**

- Argille e sabbie basali (Pliocene medio-inf.)
- Calcareniti di Gravina
- Argille subappennine e Sabbie di Serra Capriola (Pleistocene inf.-Pliocene sup.)
- Depositi marini e alluvionali terrazzati (Olocene-Pleistocene sup.)

➤ **Unità della Catena:**

- Argilliti Vari colori (Miocene inf. – Oligocene)
- Flysh di Faeto (Miocene, Serravalliano-Langhiano)
- Marne argillose di Toppo Capuana (Messiniano-Tortoniano)

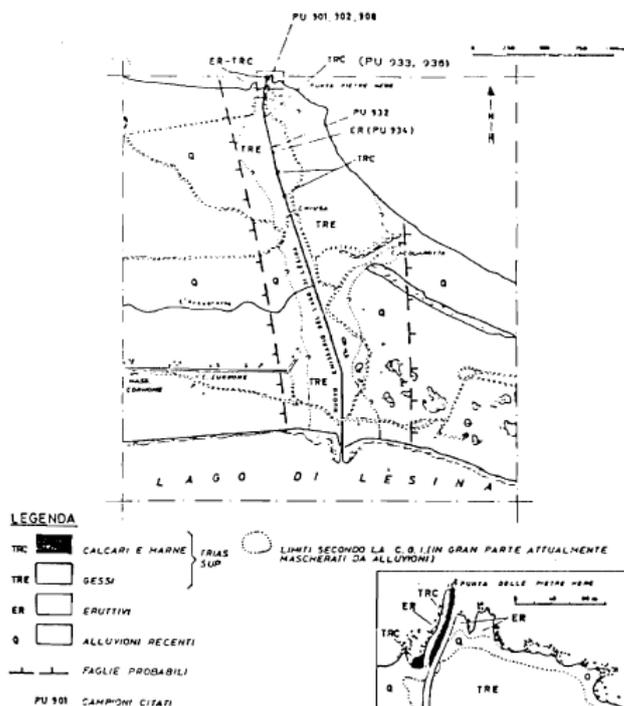
La serie è completata da termini più recenti rappresentati da sabbie di spiaggia, detriti di falda e depositi fluvio-lacustri.

➤ **Unità dell'Avampaese Apulo-Garganico**

Il Promontorio del Gargano risulta essere costituito da una serie calcareo-dolomitica dello spessore complessivo di oltre 4.000 m., di età compresa tra il Giurassico e il Cretaceo superiore.

Questa serie poggia su depositi evaporitici, mentre superiormente è limitata, con contatto trasgressivo, da successioni mioceniche e plio-pleistoceniche.

Significato piuttosto singolare e ancora oggi controverso assumono gli affioramenti Triassici di Punta delle Pietre Nere, In corrispondenza del canale emissario del lago di Lesina.



ig. 1.4 - Schema geologico della zona di punta delle Pietre Nere (da Carella, 1963).

Si tratta di una successione, già denominata in letteratura col nome di "Garganiti" (Viola, 1894), attribuita al Trias superiore (Raibliano) dai rilevatori della Carta geologica (Boni et al., 1986) sulla base dell'associazione macrofaunistica.

Il pozzo Foresta Umbra (Agip, Op. cit.), situato alla sommità del promontorio garganico, ha attraversato, da m. -3921 a m. -5912 (fondo pozzo), una potente serie evaporitica di età triassica al di sotto di alternanze di dolomie calcaree e dolomie.

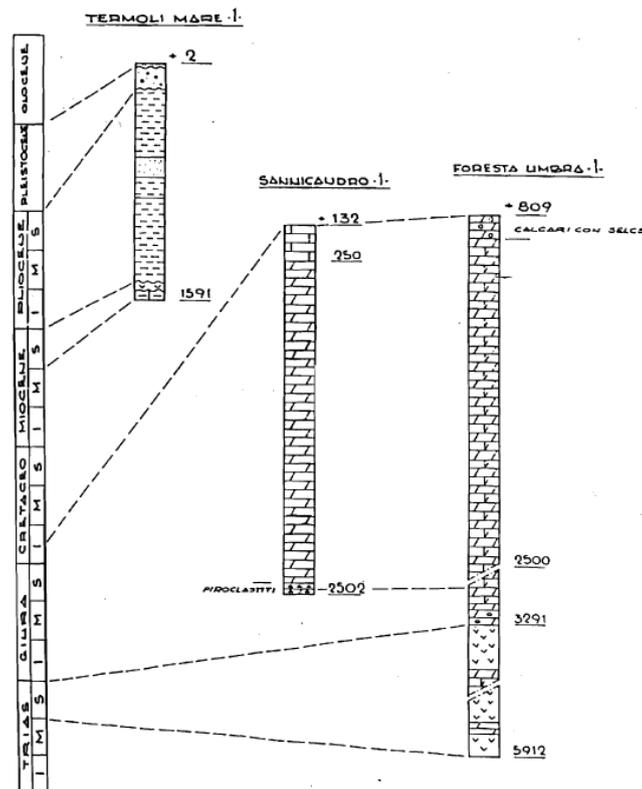


Fig. 1.3 - Correlazione tra le successioni dei pozzi di ricerca di idrocarburi perforati nel Promontorio garganico e a Termoli.

Nel pozzo Termoli Mare 1, perforato all'estrema propaggine occidentale del promontorio, le rocce evaporitiche sono state incontrate, nel tratto compreso tra m. -1484 e m. -1570, al di sotto di una successione argilloso-marnosa pliocenica di avanfossa e al di sopra di strati calcarenitici miocenici, incontrati, questi ultimi, fino a fondo pozzo (-1591 m.).

L'esistenza di una unità gessosa di età miocenica è stata riconosciuta in un'area situata in un tratto dell'Avanfossa appenninica, immediatamente a NW del Promontorio garganico, al di sotto di terreni pliocenici (Crescenti, 1975).

Con riferimento alle successioni mesozoiche del promontorio garganico, i calcari del Cretaceo inferiore costituiscono un esempio di ambiente di transizione tra piattaforma, scarpata e bacino, secondo lo schema proprio di un margine deposizionale di piattaforma carbonatica.

Le diverse unità formazionali cretacee della Carta Geologica sono raggruppate in tre unità principali:

- Calcari di San Giovanni Rotondo;
- Calcari di Mattinata;
- Calcari di Vico del Gargano;

corrispondenti rispettivamente ad ambienti di "Piattaforma, Scarpata e Bacino".

Le aree di affioramento sono distribuite secondo fasce subparallele con andamento NW-SE, corrispondenti al bordo di rift (Alto Topografico della piattaforma di San Giovanni Rotondo) ed al margine continentale passivo (scarpata-bacino di Monte S. Angelo – Vieste), secondo lo schema di fig. 1.8.

MONTE SAN ANGELO LMST		LMST		Cenomanian
Massetta Quadrone LMST		MATTINATA LMST	VICO FMT	Albian
SAN GIOVANNI				Apilian
ROTONDO LMST				Barremian
				Hauterivian
				Valanginian
		MTE SACRO LMST		Berriasian
	COPPA GUARDIOLA LMST			Portlandian
WESTERN GARGANO	CENTRAL GARGANO	EASTERN GARGANO		

fig. 1.6- Schema stratigrafico del Cretaceo inferiore e medio del Promontorio del Gargano (da Masse & Luperto Sinni, 1987).

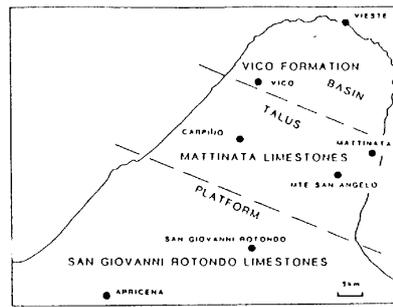


Fig. 1.7- Distribuzione delle principali unità e loro significato paleoambientale (da Masse e Luperto Sinni, 1987).

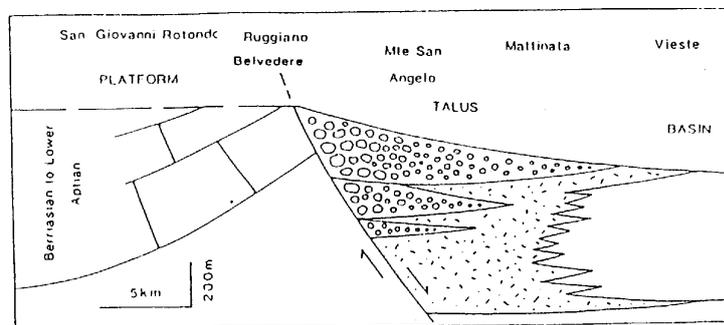


Fig. 1.8 - Modello strutturale sedimentario nel Cretaceo inferiore della piattaforma, scarpata e bacino di transizione del Promontorio del Gargano (da Masse e Luperto Sinni, 1987).

I Calcari di San Giovanni Rotondo affiorano nella parte occidentale del Promontorio garganico e sono ben esposti in corrispondenza dell'Horst di Apricena dove sono interessati da una intensa attività estrattiva (Pietra di Apricena).

Si tratta di calcari micritici biancastri con venature rosate disposte a letti, compatti, tenaci, stratificati in grossi banchi di qualche metro, con frequenti strutture stilolitiche di colorazione rosso-violetto e rare intercalazioni di argille verdastre, particolarmente apprezzati come pietra ornamentale per pavimentazione interna e rivestimento di esterni.

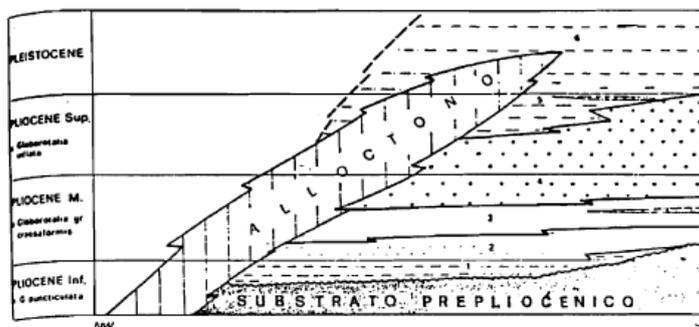
La potenza degli strati varia da 1 a 4 metri, con giacitura prevalente verso S e una inclinazione di 5° circa.

Nell'ambito dell'unità sono stati riconosciuti differenti tipi litologici; nella zona di Apricena e Poggio Imperiale, la successione è costituita da cinque membri (Luperto Sinni & Masse, Op. cit.)

➤ **Unità dell'Avanfossa Appenninica**

La parte di Avanfossa Periadriatica che va a sud dell'allineamento dei pozzi per idrocarburi M. Rotaro 1, Colle d'Armi 1, San Severo 1, è nota in letteratura come Bacino Pugliese.

In tale parte dell'avanfossa si rinviene una spessa successione di età plio-pleistocenica prevalentemente argillosa, ben descritta dagli autori attraverso l'analisi di numerosi sondaggi perforati per ricerche di idrocarburi; verso il margine appenninico, potenti coltri alloctone si rinvengono in questi ultimi depositi



La successione litostratigrafica del bacino pugliese comprende dal basso verso l'alto i seguenti intervalli stratigrafici:

- intervallo argilloso-marnoso di base
- intervallo sabbioso-argilloso inferiore
- intervallo prevalentemente argilloso/intermedio
- intervallo sabbioso-argilloso superiore

- intervallo prevalentemente argilloso superiore

- argille e sabbie sommitali.

L'intervallo argilloso-marnoso di base è formato da argille-marnose per uno spessore di 100 m che in situazioni di paleoalto può essere notevolmente ridotto o assente. Questo intervallo, del Pliocene inferiore nella fascia interna, ringiovanisce verso l'esterno, includendo termini del Pliocene medio.

L'intervallo sabbioso-argilloso inferiore è rappresentato da intercalazioni sabbiose dapprima sottili e poi più spesse. Questi corpi mostrano una notevole irregolarità di sviluppo, inoltre gli intervalli sabbiosi si assottigliano verso NE

Tale intervallo risulta assente a nord dell'allineamento M. Rotaro - Colle d'Armi 1 - S. Severo I e caratterizza così il bacino pugliese.

L'intervallo prevalentemente argilloso intermedio è formato da argille di mare poco profondo, Pliocene medio, cui segue l'intervallo sabbioso-argilloso superiore attribuito al Pliocene medio e superiore.

L'intervallo prevalentemente argilloso superiore è caratterizzato dalla presenza di irregolari intercalazioni sabbiose molto subordinate rispetto alla parte pelitica.

La successione termina con argille prevalenti, cui si intercalano, in modo irregolare e disordinatamente, sottili livelli di sabbie a luoghi ciottolose, a trend di carattere regressivo (argille e sabbie sommitali).

In affioramento, nel Tavoliere si trova quasi esclusivamente la parte alta della successione plio-pleistocenica.

Le unità stratigrafiche regressive sono rappresentate dalle Sabbie di Serra Capriola (= Sabbie di Monte Marano), in sinistra Fortore, e dai conglomerati di chiusura.

Depositi terrazzati quaternari, riferibili a più cicli sedimentari marini e/o a fasi continentali di alluvionamento, sono posti a quote via via decrescenti.

Per quanto riguarda l' "Alloctono" esso è costituito da un complesso di formazioni molto eterogenee come litologia ed età; il suo spessore cresce rapidamente verso SO.

La base dell'alloctono è costituita da Argille varicolori che formano orizzonti plastici di sovrascorrimento di masse più coerenti. Seguono calcari e marne detritiche associate a calcari organogeni a briozoi e litotamni.

➤ **Unità della catena**

Nella parte settentrionale dei Monti della Daunia si riconoscono due successioni stratigrafiche (vedi fig.) formate in basso da terreni Lagonegresi ed in alto da termini Irpini, diverse per caratteri litostratigrafici e tettonici.

Seguono le "Tufiti di Tusa", vulcanoclastiti marroni con intercalazioni pelitiche, calcarenitiche e calcareo-marnose indicative del Miocene inferiore.

Chiudono la serie la formazione del "Flysh Numidico", riferita al Langhiano, costituita da quarzoareniti risedimentate, con intercalazioni pelitiche grigio-verdastre e localmente calcarenitiche.

- **Unità Irpine (Langhiano-Tortoniano)**, costituite dal "Flysh di San Bartolomeo", noto nella zona di Anzano di Puglia come "Formazione di Anzano"; presenta facies arenaceo-conglomeratica e arenaceo-pelitica di età compresa tra il Langhiano-Serravalliano medio-superiore. Seguono in continuità stratigrafica le "Marne Argillose di Toppo Capuana", costituite da marne argillose e argille marnose grigie sottilmente stratificate, di età compresa tra il Serravalliano medio-superiore e il Tortoniano medio-superiore
- **Unità di Villamaina (Tortoniano sup. - Messiniano)**, costituita da arenarie litiche in basso, mentre superiormente segue una alternanza di arenarie e argille, e depositi gessosi laminati, gessareniti, breccie gessose e calcari evaporitici, tipici di un passaggio da ambiente euxinico ad una condizione evaporitica.

Il settore centrale costituisce il margine della catena appenninica e segna il passaggio tra le Unità Alloctone e i depositi della Unità Bradanica.

3. TETTONICA E SISMICITÀ.

I settori di Catena, Avanfossa e Avampaese, oltre che per caratteri litostratigrafici delle successioni affioranti differiscono anche per caratteri tettonici.

La zona più occidentale, costituita in prevalenza da terreni Flyshoidi, risulta interessata da una tettonica molto complessa, caratterizzata da strutture plicative e di accavallamento legate alla fase tettonogenetica langhiano-tortoniana che ha portato alla formazione di più scaglie con vergenza a NE (Dazzaro & Rapisardi).

Ai raccorciamenti dovuti a tali fasi tettoniche si sono aggiunti quelli delle fasi pliocenica e pleistocenica. Gli effetti più evidenti di questa ultima fase compressiva si riscontrano al bordo appenninico, dove unità flyscioidi sono accavallate per faglie inverse su sedimenti dell'Avanfossa.

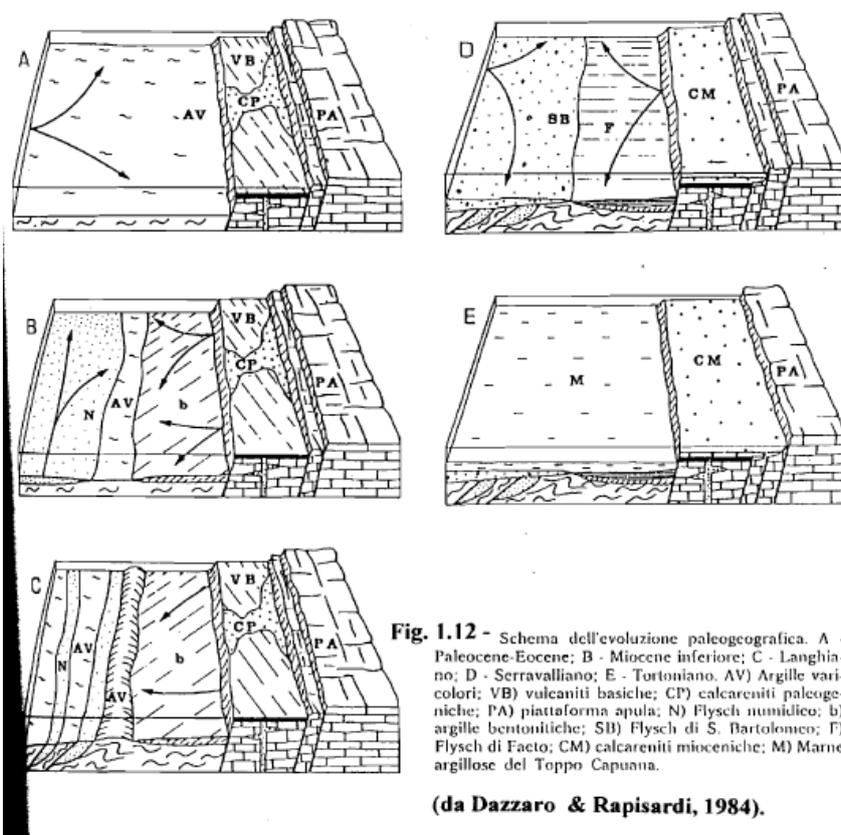


Fig. 1.12 - Schema dell'evoluzione paleogeografica. A - Paleocene-Eocene; B - Miocene inferiore; C - Langhiano; D - Serravalliano; E - Tortoniano. AV) Argille varicolori; VB) vulcaniti basiche; CP) calcareniti paleogene; PA) piattaforma apula; N) Flysch numidico; b) argille bentonitiche; SB) Flysch di S. Bartolomeo; F) Flysch di Faeto; CM) calcareniti mioceniche; M) Marne argillose del Toppo Capuana.

(da Dazzaro & Rapisardi, 1984).

Le strutture distensive, infine, rappresentate da faglie dirette e verticali, allungate circa N-S, sono l'effetto delle fasi di sollevamento medio-supra pleistoceniche che hanno interessato la parte esterna della catena.

La zona centrale, ove affiora la serie plio-quadernaria dell'Avanfossa, è caratterizzata da un assetto tranquillo con giacitura degli strati pressoché orizzontale. La tettonica profonda, ricostruita attraverso i pozzi dell'Agip Mineraria, evidenzia l'esistenza di un substrato carbonatico pre-pliocenico suddiviso in più blocchi, dislocati da faglie dirette, progressivamente abbassati a NE (Sella et al, 1988).

La zona più orientale corrisponde al Rilievo del Gargano che, dal punto di vista strutturale, assume nel complesso l'aspetto di un horst, leggermente piegato in direzione NO-SE, delimitato nettamente su tre lati (a SO, a N ed a S) da faglie dirette (Martinis, 1964).

Le principali direttrici Tettoniche che interessano il Gargano presentano seguenti andamenti: NO-SE appenninico; NE-SO antiappenninico; E-O garganico. Il sistema di faglie a direzione appenninica è predominante; ad esso appartiene la "Faglia del Candelaro" che segna il contatto tra depositi plio-pleistocenici del Tavoliere e le rocce carbonatiche del Gargano.

Il sistema antiappenninico, meno diffuso del precedente, determina una ulteriore suddivisione a zolle dell'Horst garganico.

Le discontinuità ad andamento E-O sono le meno frequenti ma orientamenti analoghi si osservano anche in faglie minori e diaclasi. A questo sistema appartiene la faglia trascorrente della Valle Carbonara, che oltre ad individuare un graben, interrompe il fianco sud- occidentale dell'Horst delineando due zone strutturalmente diverse.

Un altro importante elemento tettonico è rappresentato dall'Horst di Apricena, delimitato verso N e verso S da faglie dirette a notevole rigetto (oltre 200 m) e ad andamento NE-SW. L'esistenza di tale faglia oltre che dalle stratigrafie di alcuni pozzi, è anche provata da evidenze di superficie, risultando essere la prosecuzione delle faglie che bordano il rilievo garganico, mettendo bruscamente a contatto calcari mesozoici con le formazioni clastiche plio-quadernarie.

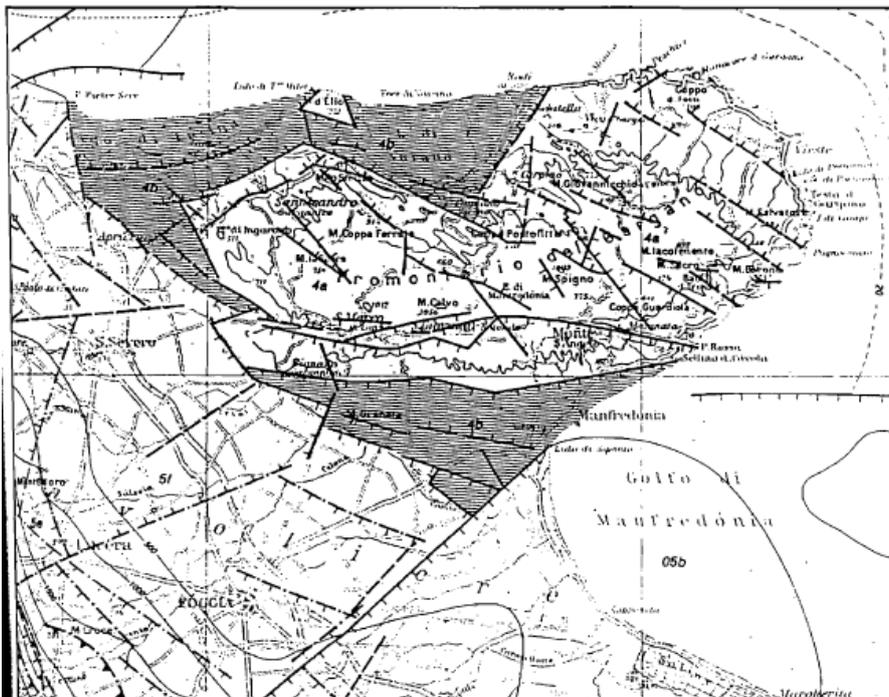


Fig. 1.13 - Schema tettonico del Gargano: 4a, stabile o in sollevamento nel Pliocene e nel Quaternario; 4b, stabile o in sollevamento nel Pliocene medio-superiore; in abbassamento nel Pleistocene inferiore e in sollevamento fino al Pleistocene medio (da Funicello et al., 1981).

3.1. Sismicità Dell'area

Il territorio del comune di Apricena così come altri comuni della quasi totalità dei comuni della parte centro orientale della provincia, è classificata come a rischio sismico medio Zona 2.

Ciò risulta dall'allegato (classificazione sismica dei comuni italiani) all'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" dal quale risulta che il territorio di Apricena è inserita in Zona Sismica 2 (medio Rischio) corrispondente ad un grado di sismicità pari a $S=9$. secondo quanto indicato dalla vecchia normativa sismica dal D.M. 07.03.1981, il coefficiente di intensità sismica è così valutabile: $C=S-2/100 = 0,07$.

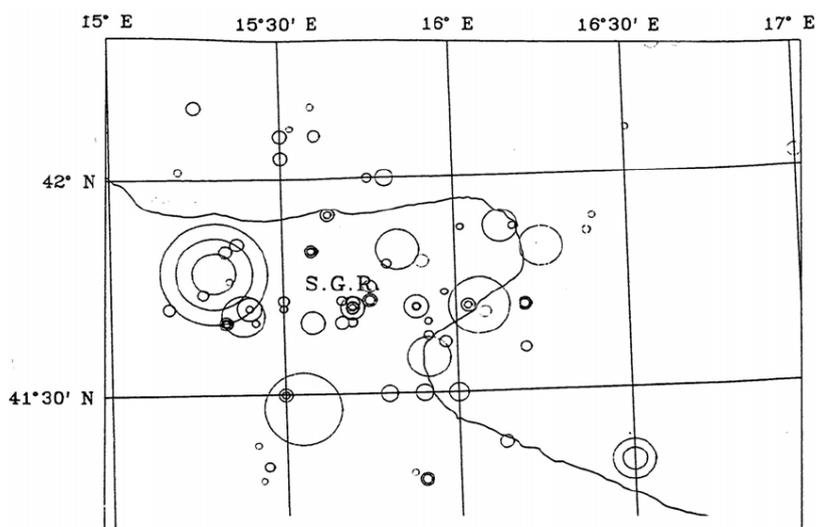
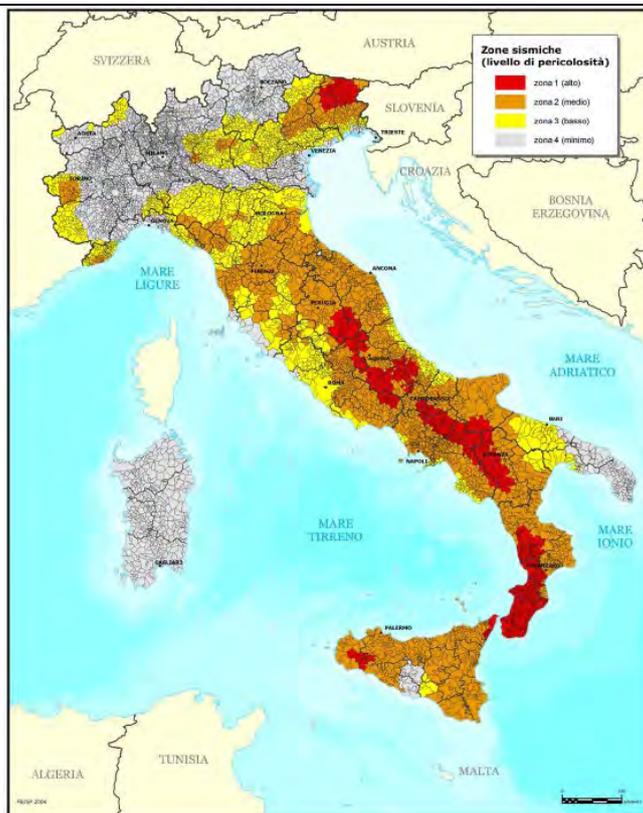
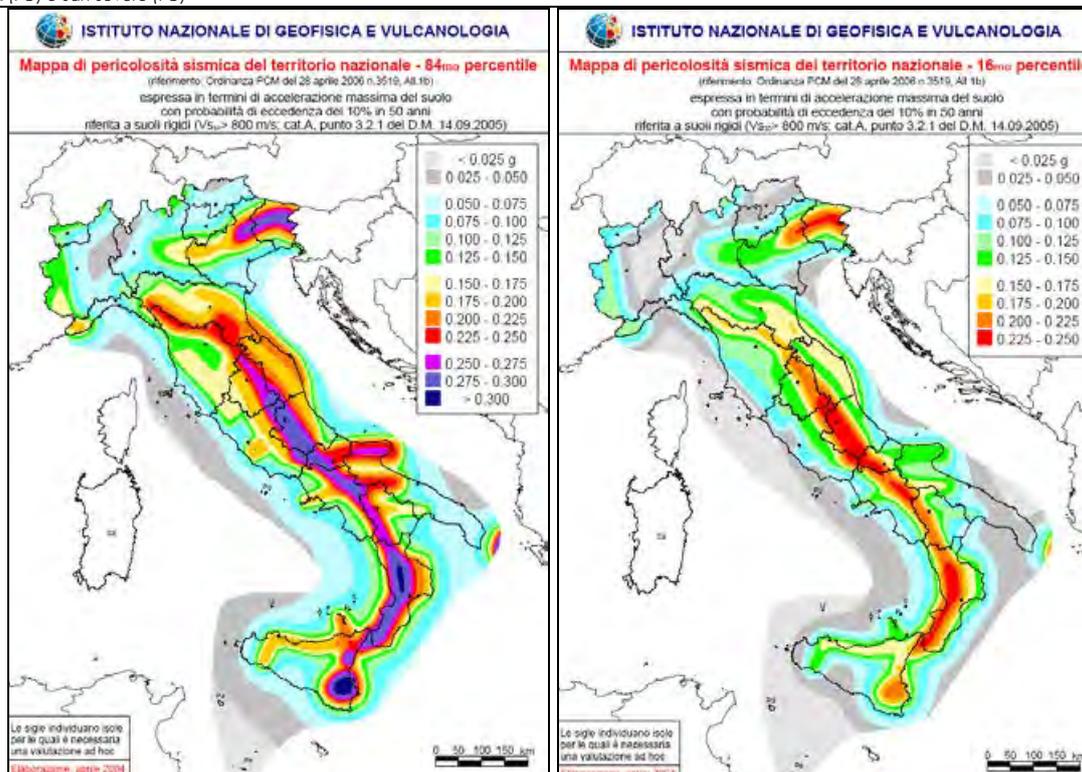


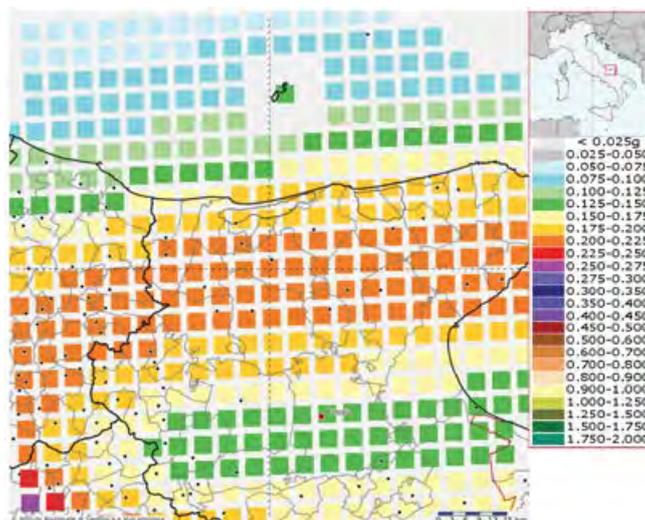
Fig. 3 – Mappa della distribuzione epicentrale nell'area garganica nel periodo 1000-1996: a) con qualunque magnitudo; b) con $M \geq 3,5$.



Più in particolare, per l'area interessata dall'intervento, si dovranno tenere in considerazione, in fase di progettazione e di calcolo, valori dell'accelerazione sismica di riferimento compresi tra 0,125 e 0,150.

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 29000 - Latitudine: 41.769 - Longitudine: 15.434

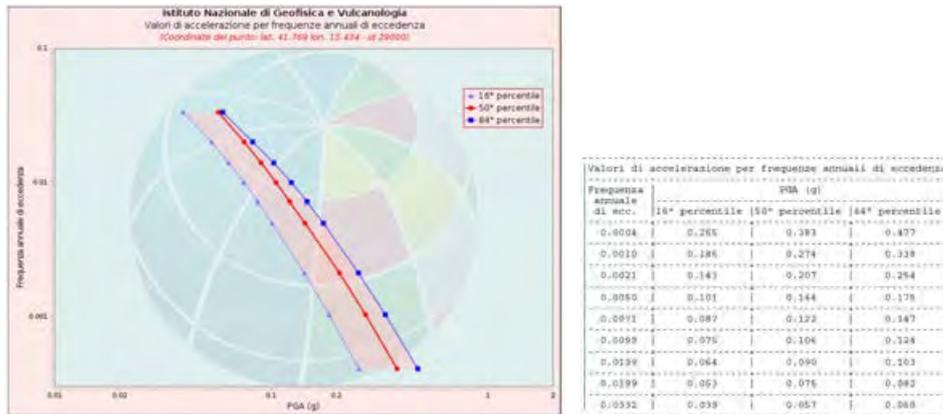


La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante. Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 29000 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili

numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.

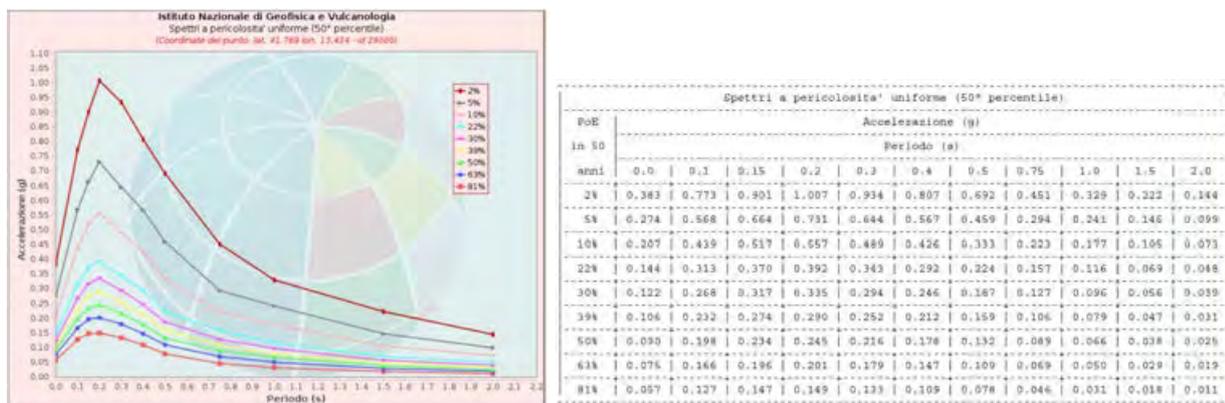
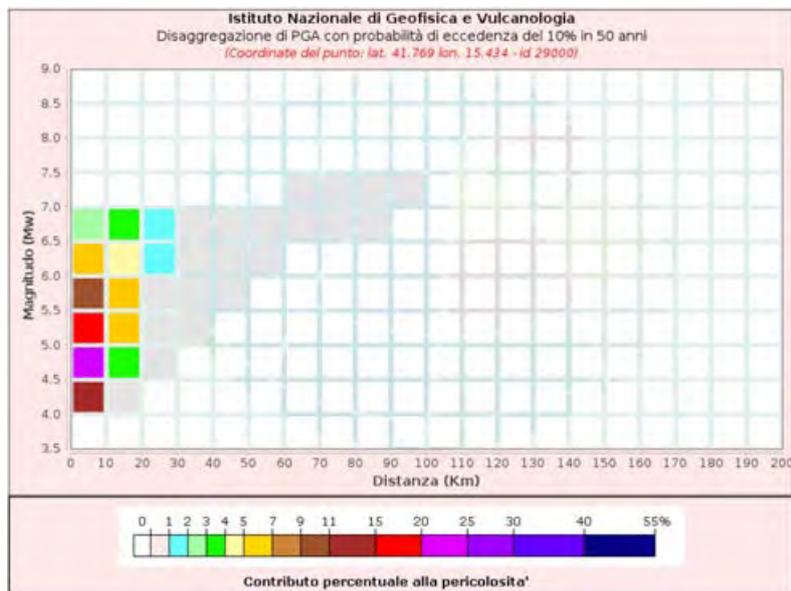


Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 15.4446 LATITUDINE: 41.7649

Ricerca per comune
 REGIONE: Puglia PROVINCIA: Foggia COMUNE: Apricena

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Controlli sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione in centro

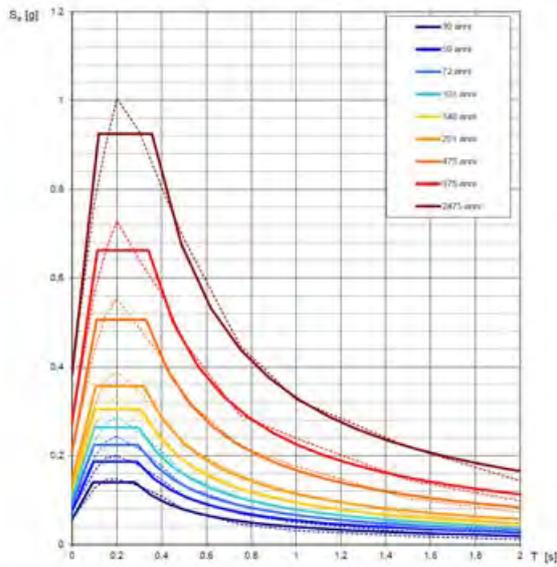
Interpolazione:
 superficie rigata

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

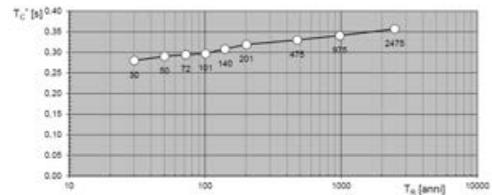
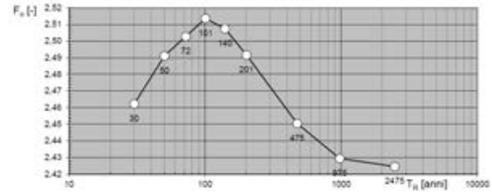
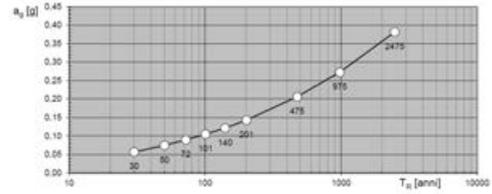
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_c , T_c : variabilità col periodo di ritorno T_R



La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Valori dei parametri a_g , F_c , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

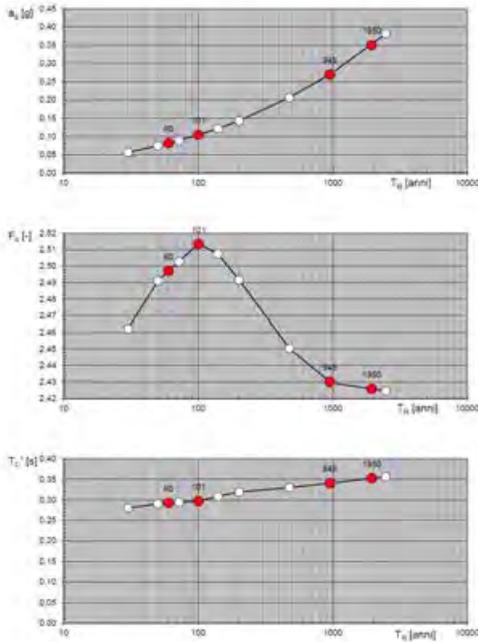
T_R [anni]	a_g [g]	F_c [-]	T_c [s]
30	0,057	2,462	0,280
50	0,075	2,491	0,290
72	0,089	2,503	0,294
101	0,105	2,514	0,297
140	0,121	2,507	0,305
201	0,143	2,492	0,319
475	0,207	2,450	0,330
975	0,273	2,429	0,341
2475	0,382	2,425	0,357

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

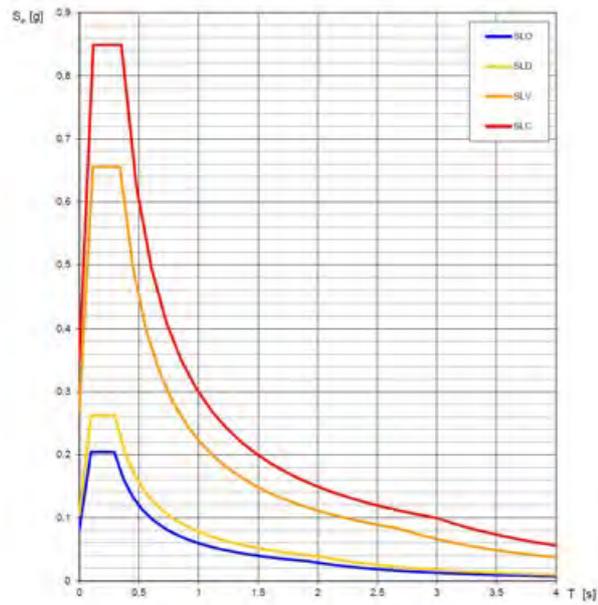
Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

Valori di progetto dei parametri a_g , F_a , T_C in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

Valori dei parametri a_g , F_a , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_a [H]	T_C [s]
SLD	60	0,082	2,497	0,292
SLD	101	0,105	2,514	0,297
SLV	949	0,270	2,430	0,340
SLC	1950	0,359	2,426	0,352

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Caso 1 (Terreno B)

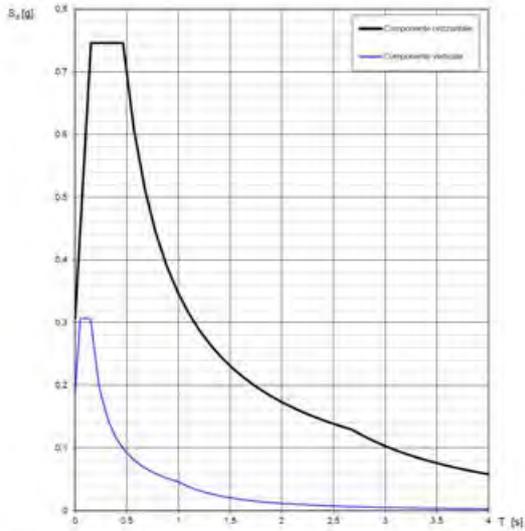
Caso 2 (Terreno C)



Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

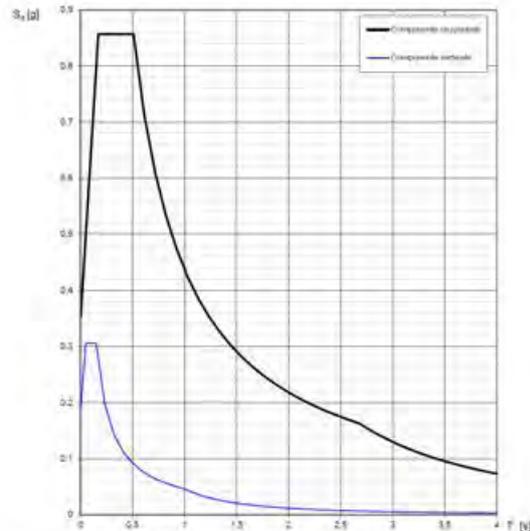
Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area d'interesse è ubicata tra circa 2,5 Km N-W dal centro abitato di Apricena (Campi "Tre fosse" – "S. Giovanni"), circa 1,0 Km W dal centro abitato di Apricena (Campi "Paglierino"), circa 3,0 km S-W dal centro abitato di Apricena (Campi "Zona INDUSTRIALE").

La quota dei siti è compresa tra i 95 e i 150 m s.l.m., campi "Tre Fosse" e "S. Giovanni", tra i 75 e i 88 m s.l.m., campi "Paglierino", tra i 45 e i 60 m s.l.m., campi "Zona INDUSTRIALE".

Le superfici occupate dai singoli campi risultano essere rispettivamente:

- Tre Fosse → ha 12,21
- S. Giovanni → ha 13,58
- Paglierino → ha 15,07
- Zona Industriale → ha 75,49

Cartograficamente le aree sono ubicate nella parte orientale della Tavolette IGM 1:25.000 – Tav. 155 II NE "Apricena" (Tre fossi – S. Giovanni – Zona Industriale) e nella parte orientale della Tav. 156 III NO "Poggio Cardalicchio" (Paglierino); su cartografia CTR 5.000 ricadono negli elementi nn. 383132-383143 (Campi Tre Fosse – S. Giovanni), nn. 396021-396022-396024 (Paglierino) e nn. 396012-396023-396064 (Zona INDUSTRIALE).

Il territorio presenta una morfologia tipica dell'alta pianura foggiana, al margine con il rilievo garganico che, a partire da queste zone, si erge nella sua parte più occidentale.

In particolare ci troviamo alle pendici del rilievo garganico occidentale, dove il basamento carbonatico mesozoico comincia ad essere sottomesso ai depositi marini e poi alluvionali della parte alta del bacino del T. Candelaro che borda poi il rilievo lungo tutta la fascia occidentale e meridionale.

In questa zona infatti sono presenti basamenti carbonatici affioranti come estensione del rilievo garganico, in corrispondenza dell'Horst di Apricena (alto strutturale – Bacino Marmifero di Apricena), ribassato poi progressivamente verso sud e mascherato da formazioni sabbiose calcarenitiche ed alluvionali.

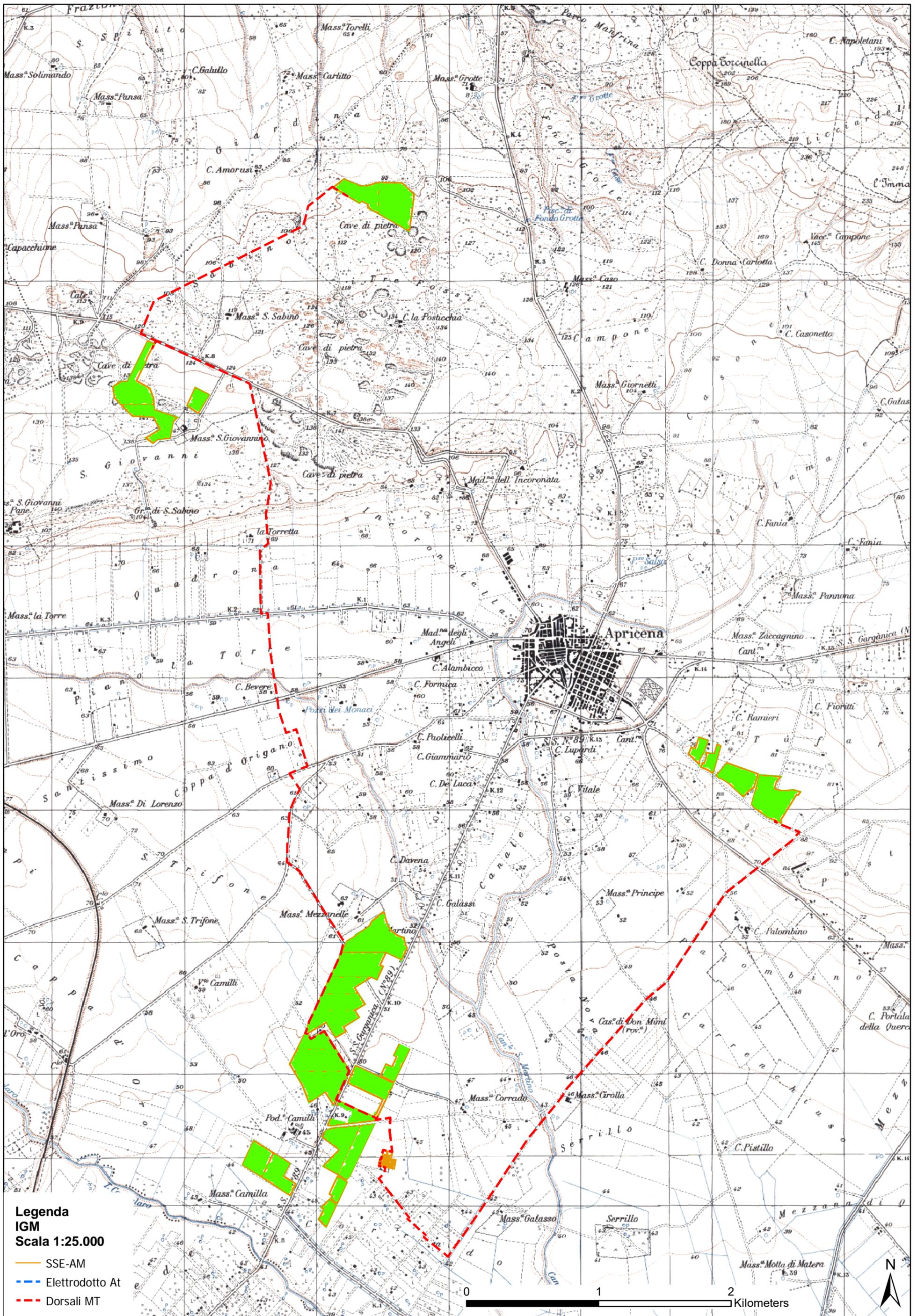
La principale linea d'impiuvio della zona è rappresentata dal C.le S. Martino, che partendo dalle pendici del rilievo garganico borda il centro abitato di Apricena sul lato ovest e scorre poi in direzione sud, per confluire alcuni chilometri più a sud nel T. Candelaro.

Il progetto in essere prevede tre aree di insediamento dei campi produttivi, di cui due posti in corrispondenza del dominio dei calcari mesozoici (basamento carbonatico) ed uno in corrispondenza del dominio

deposizionale di depositi plio-pleistocenici marini e continentali (Sabbie di Serracapriola – Depositi alluvionali terrazzati).

Le due aree poste nel dominio del basamento carbonatico interessano sostanzialmente siti generalmente destinati ad attività estrattiva, cave di calcare / calcarenite, attive, in via di esaurimento e/o dismesse, mentre la terza area, sita in corrispondenza del dominio sedimentario continentale (Depositi alluvionali terrazzati) sono impostati sostanzialmente in corrispondenza delle aree deposizionali marine della formazione delle Sabbie di Serracapriola, in corrispondenza , e/o nei dintorni dell'attuale zona Z.I. SS 89 del Comune di Apricena.

Nelle aree di insediamento dei campi non sono presenti forme di dissesto né attive né quiescenti o potenzialmente attivabili rilevate e/o segnalate, anche in virtù del fatto che, i campi posti in corrispondenza delle cave risultano impostate in corrispondenza di litotipi particolarmente tenaci (Calcari di Apricena), estratti in blocchi e lastre, con elevatissima capacità portante intrinseca, mentre per le aree poste a sud, in Zona Industriale SS89, i litotipi presenti, rappresentati da sabbie e calcareniti poste in aree praticamente tabulari.

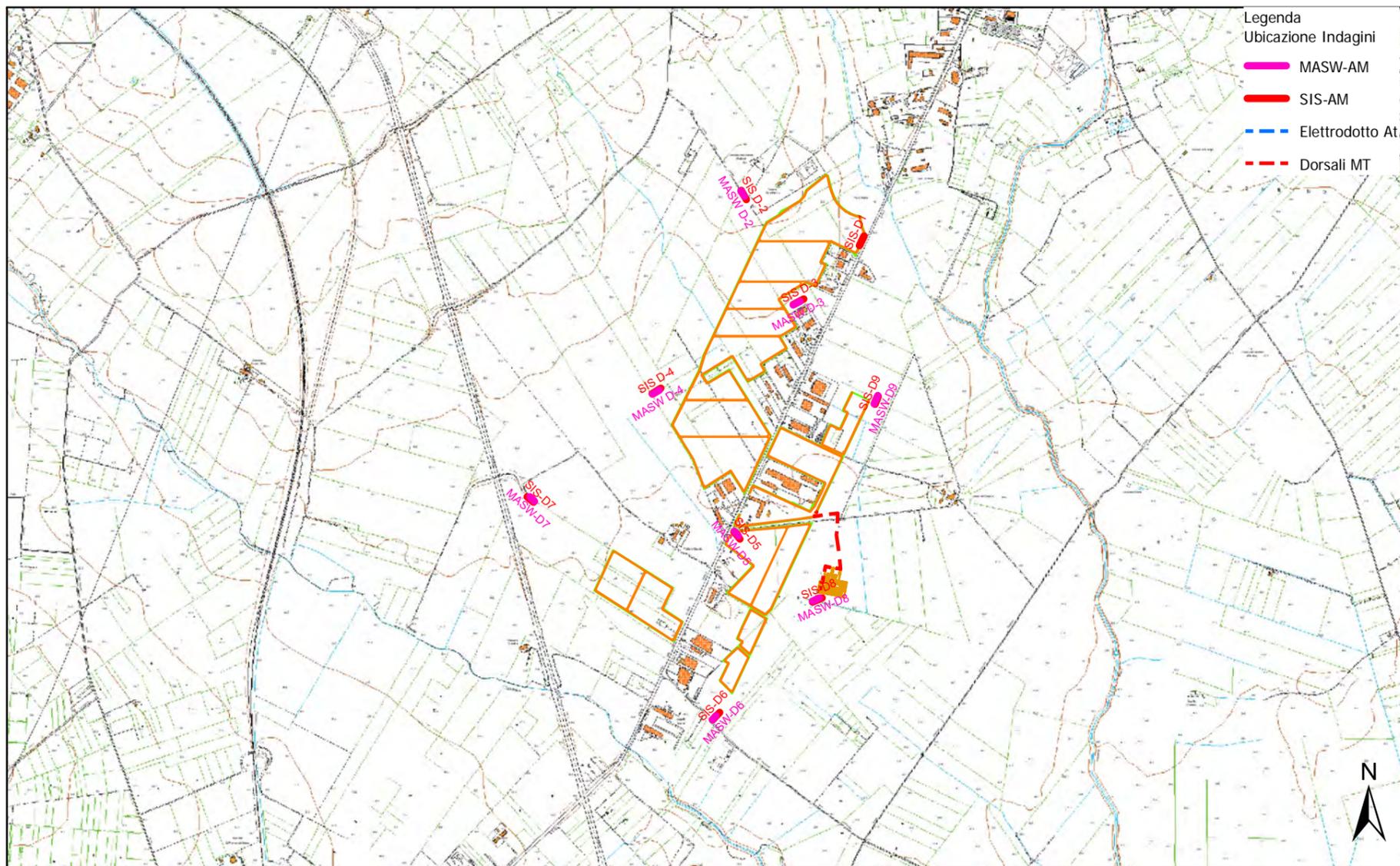
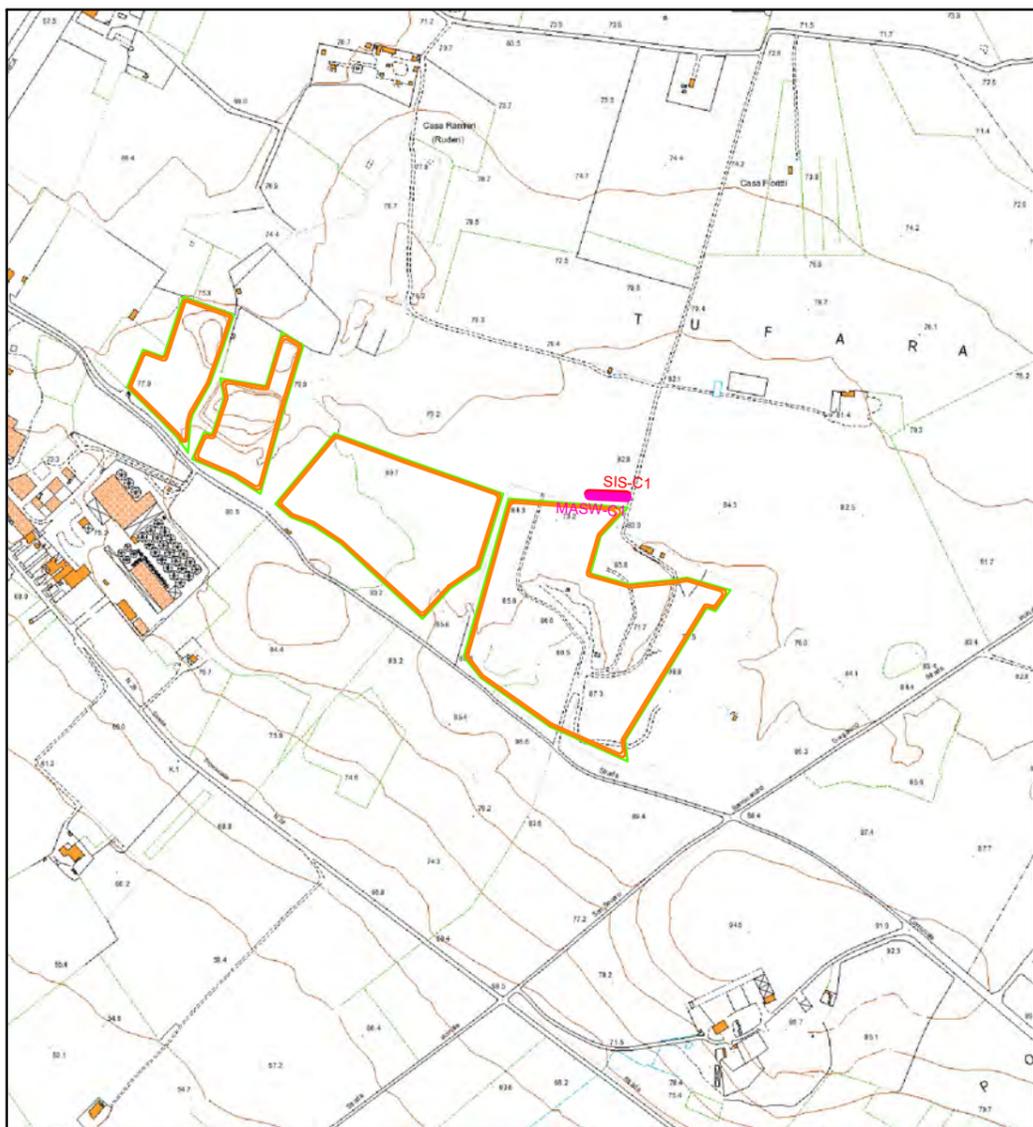
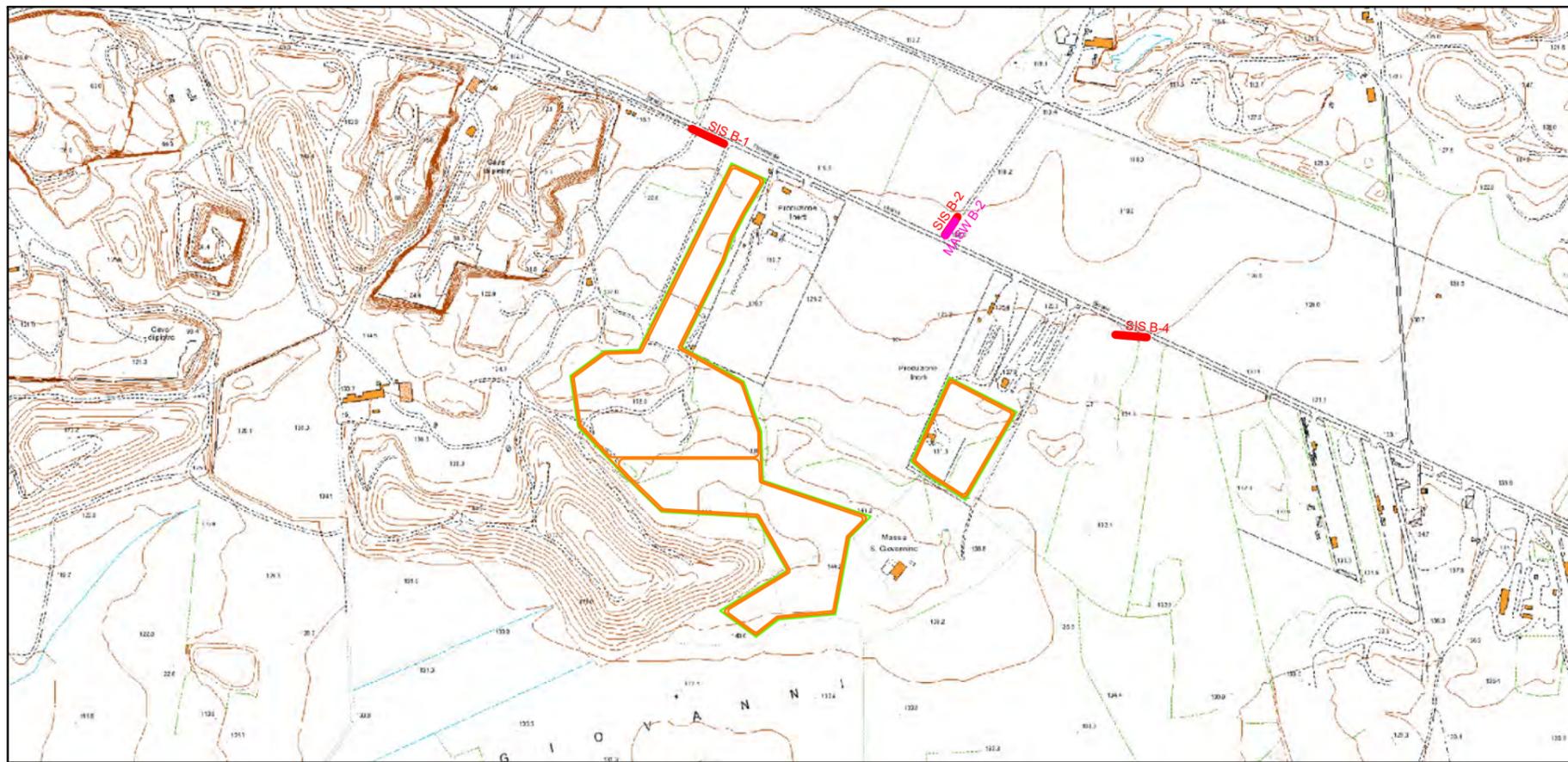
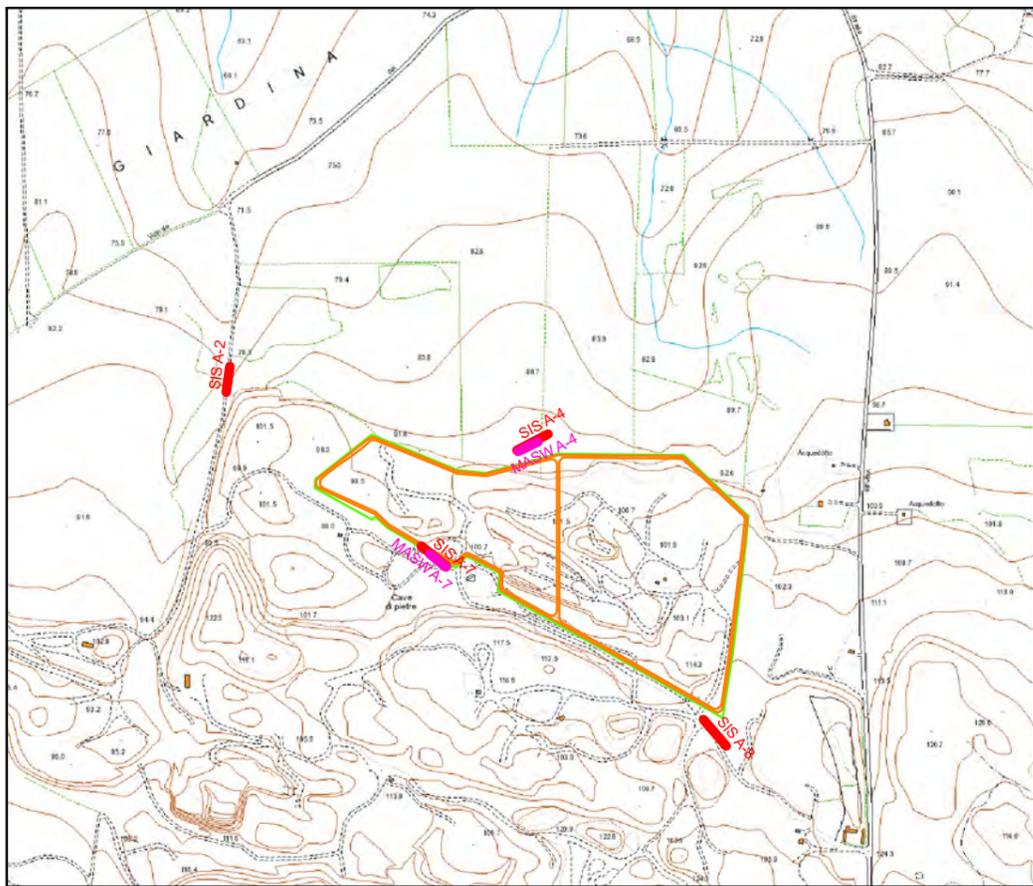


Legenda
IGM
Scala 1:25.000

- SSE-AM
- Elettrodotto At
- - - Dorsali MT

0 1 2 Kilometers



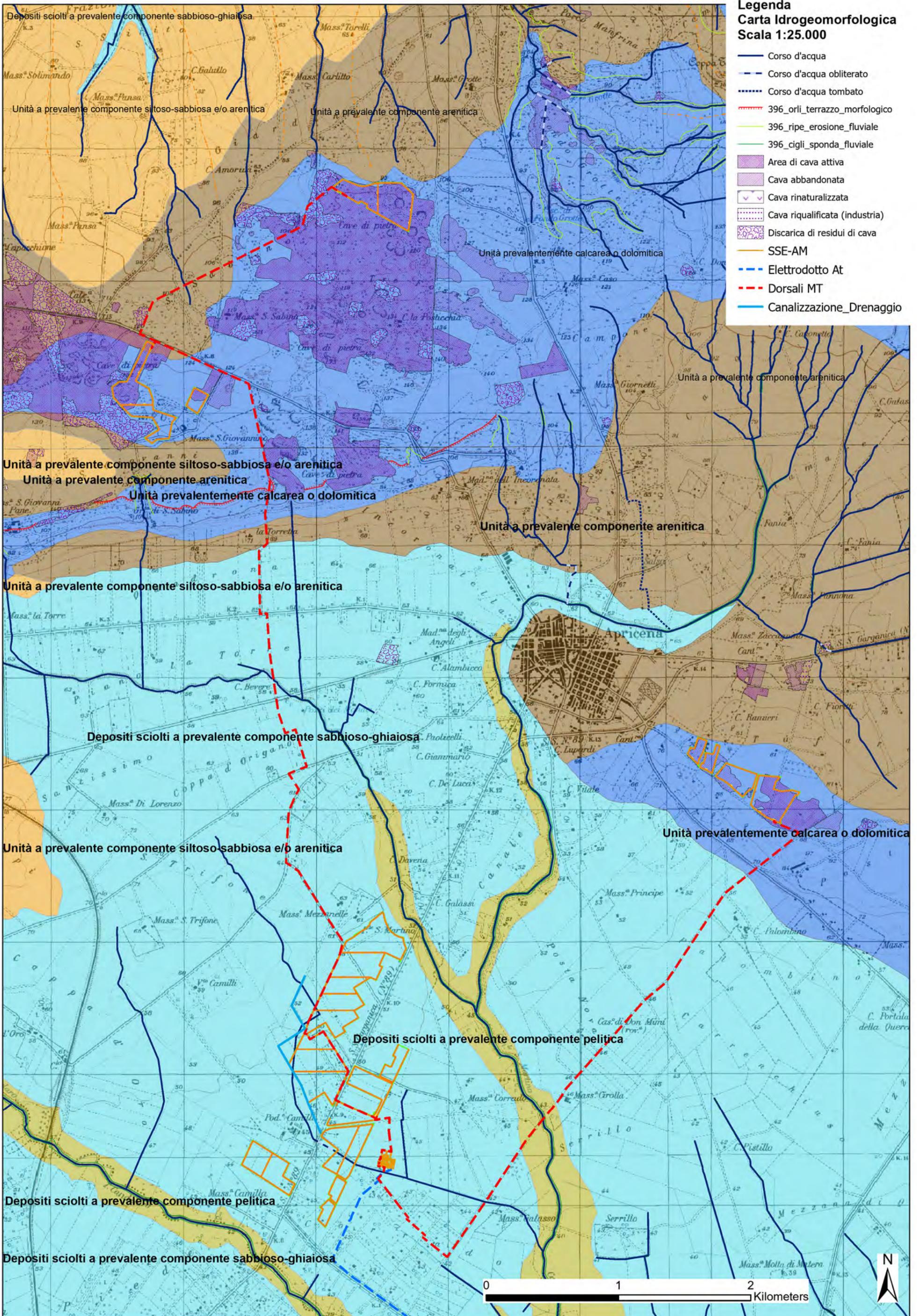


- Legenda
Ubicazione Indagini
- MASW-AM
 - SIS-AM
 - - - Elettrodotta At
 - - - Dorsali MT



Legenda
Carta Idrogeomorfologica
Scala 1:25.000

-  Corso d'acqua
-  Corso d'acqua obliterato
-  Corso d'acqua tombato
-  396_orli_terrazzo_morfologico
-  396_ripe_erosione_fluviale
-  396_cigli_sponda_fluviale
-  Area di cava attiva
-  Cava abbandonata
-  Cava rinaturalizzata
-  Cava riqualificata (industria)
-  Discarica di residui di cava
-  SSE-AM
-  Elettrodotto At
-  Dorsali MT
-  Canalizzazione_Drenaggio



5. P.A.I.: RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO

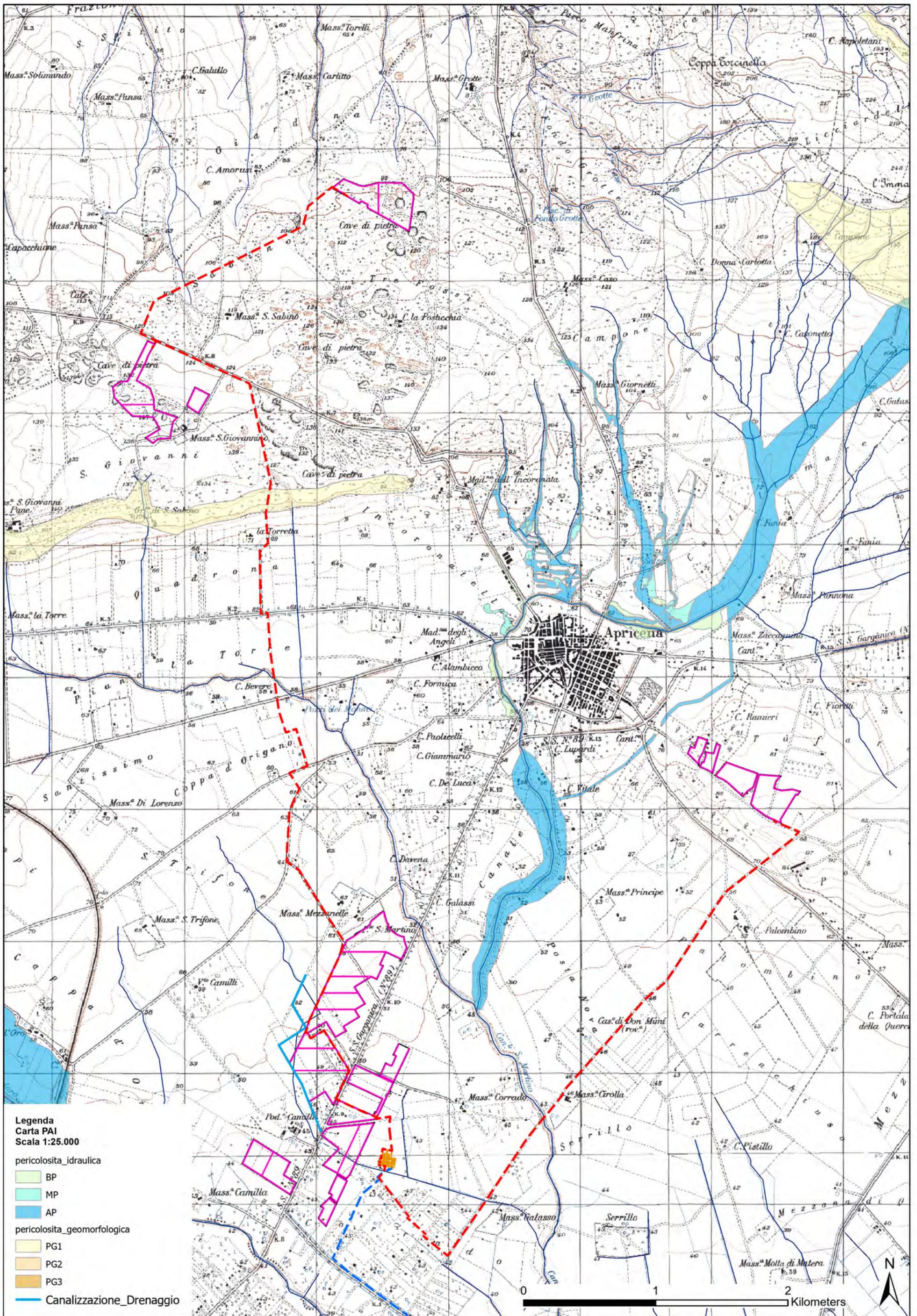
Sotto il profilo del rischio geomorfologico del P.A.I., le aree di insediamento dei campi fotovoltaici risultano essere tutte esterne a qualsiasi area individuata dal Piano sia per quanto riguarda il rischio geomorfologico, sia per quanto riguarda il rischio alluvionamento.

Il P.A.I. di riferimento è quello dell'Autorità di Bacino Competente (Autorità di Bacini Distrettuale dell'Appennino Meridionale – zona di competenza AdB Puglia).

Trovandoci in presenza di litotipi consistenti, sabbie addensate in zone di cresta, non sono segnalate aree né sottoposte a rischio idraulico, né a rischio geomorfologico.

Con riferimento al reticolo idrografico riportato nella cartografia Idrogeomorfologica, l'area Zona Industriale, risulterebbe interessata da una linea d'impluvio secondaria, che attualmente risulta essere già stata modificata dalla realizzazione di opere di drenaggio in corrispondenza dell'asse stradale della SS89, pertanto non più coincidente con il reticolo cartografato; per il tratto a monte delle opere di cui sopra il progetto prevederà una regimentazione delle acque scolati di monte con riadattamento e ridimensionamento della canalizzazione semi-naturale già esistente e convogliamento controllato presso il recapito della cunetta lungo la SS89, in modo da eliminare in maniera controllata qualsiasi tipo di divagazione delle acque superficiali nelle aree di insediamento dei campi produttivi.

Per gli attraversamenti, delle opere strutturali di collegamento (Cavidotti), in corrispondenza degli assi stradali ed il reticolo idraulico secondario, verrà preferita la tecnica di posizionamento dei cavi di tipo TOC, in sottopasso dell'elemento lineare da superare, invece dello scavo a cielo aperto in trincea.



Legenda
 Carta PAI
 Scala 1:25.000

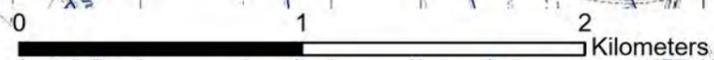
pericolosità idraulica

- BP
- MP
- AP

pericolosità geomorfologica

- PG1
- PG2
- PG3

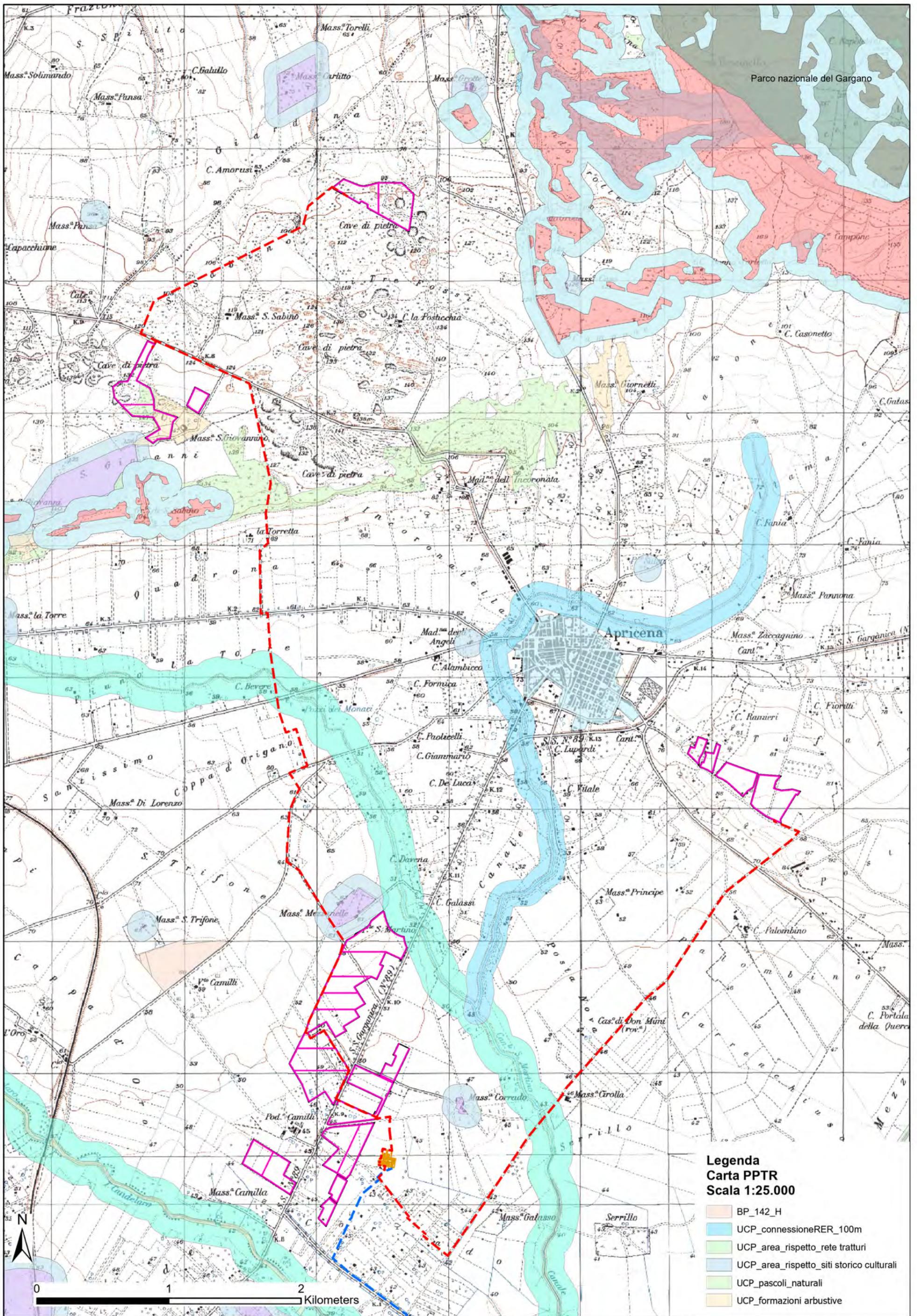
Canalizzazione_Drenaggio



6. PPTR

In riferimento al Piano Paesaggistico Regionale vigente (P.P.T.R.), le aree di insediamento risultano essere quasi totalmente esterne ad aree perimetrare da Beni Paesaggistici (BP) e (UCP); solo una porzione dei siti compresi in località S. Giovanni, ricadono parzialmente in aree perimetrare UCP Pascoli naturali e Formazioni arbustive, nonostante rientrino alle aree individuate dal Piano Estrattivo della Regione Puglia, pertanto soggette ad estrazione.

L'intervento in queste aree, che prevede il recupero appunto di aree estrattive non è in contrasto con gli indirizzi, anche in virtù della natura strutturale che vede la realizzazione di pali infissi (vitoni) di sostegno ai pannelli fotovoltaici.



7. IDROGEOLOGIA E CARATTERI DI PERMEABILITA'

In riferimento alla presenza di falde nell'area d'interesse, è da rilevare che la cartografia relativa alle piezometriche di zona rappresentano la piezometrica (cfr. Carta Isopieze) essere posta a quote comprese tra 10 e 15 sul l.m., pertanto, confrontando le stesse con le quote specifiche dei singoli siti, la piezometrica è sottostante a non meno di 10-15 m. dal p.c. più.

La falda prevalente presenti in loco è rappresentata da falda a circolazione carsica posizionata in corrispondenza della formazione carbonatica, rinvenibile a quote non inferiori ai 50-100 m. al di sotto della quota base del mare, con evidenti caratteri di falda in pressione, risalita e stabilizzazione della tavola d'acqua alcuni metri al di sopra di esso.

Pertanto il rinvenimento della stessa avviene a non meno di 50-100 m. dal p.c. (Acquifero Carsico)

ACQUE SOTTERRANEE

L'acqua meteorica ricadente nel bacino di interesse, in parte si infiltra, occupando ed alimentando direttamente la falda superficiale (di modesta capacità) contenuta nelle formazioni sabbioso-ghiaiose ed alluvionali terrazzate, in parte si concentra in piccoli fossi e scoline artificiali di drenaggio agricolo, conflueno presso le principali aste di drenaggio (F. Fortore); i fossi di cui prima sono attivi solo in caso di eventi meteorologici di importante consistenza pluviometrica, mentre non sono state rilevate presenze di emergenze sorgive in zona.

L'infiltrazione e la circolazione delle acque sotterranee nelle formazioni alluvionali e sabbioso-ghiaiose di base possono avvenire esclusivamente in forma diffusa per porosità di interstizi, andando ad alimentare la falda contenuta posta alla base dei livelli prevalentemente impermeabili a componente argillosa.

Questa falda si rinviene al tetto delle formazioni argillose plio-pleistoceniche delle argille grigio azzurre, tra i 40-80 m. dal p.c., alla base dei depositi sabbiosi delle Sabbie di Serra Capriola e dei Conglomerati di Campomarino, che in queste zone raggiungono potenze dell'ordine dei 50-100 metri, tipica della fascia costiera di Serracapriola.

7.1. PERMEABILITÀ DEI LITOTIPI

La localizzazione in profondità e l'estensione degli acquiferi sono determinate dall'alternanza delle formazioni idrogeologiche permeabili e semipermeabili.

In base alla presenza di una dislocazione verticale del substrato carbonatico (oltre -480 m da p.c.), caratterizzato da circolazione primaria per fatturazione e carsismo, su cui sono sovrapposte formazioni di depositi sedimentari a granulometria variabile tra le argille, le sabbie e ghiaie, dal punto di vista idrogeologico nell'area in esame si può distinguere una sola falda idrica utile avente caratteristiche di permeabilità variabile

in funzione della maggiore o minore componente limo-argillosa presente nella formazione che la contiene (Sabbie di Serracapriola-Alluvioni Terrazzate) o nel maggiore/minore grado di cementazione della facies conglomeratica.

COLONNA STRATIGRAFICA	LITOTIPI PREVALENTI	UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE	ETA'	PERMEABILITA'		UNITA' IDROGEOLOGICHE
				TIPO	GRADO	
	Limi argillosi e sabbie silteose	Depositi lacustri	Olocene	Primaria (porosità d'interstizi)	Da poco permeabile ad impermeabile	Acquitrando
	Ghiane e sabbie stratificate da poco a mediamente addensate con lenti limose	Depositi marini e alluvionali, terrazzati e non	Olocene-Pleistocene medio superiore		Mediamente permeabile	Acquifero alluvionale
	Limi argillosi con intercalazioni di sabbie	Argille Subappennine	Pleistocene inferiore -Pliocene medio	Secondaria (fessurazione e/o carsismo)	Impermeabile	Acquicludo
Calcareni a grana grossolana, tenere, porose "Tufo calcareo"	Calcareni di Gravina		Poco permeabile		Acquifero sabbioso	
	Calcarei detritico-organogeni	Calcareni bioclastici e Calcarei massicci di scogliera	Miocene superiore		Da poco a mediamente permeabile	Acquifero carsico
	Calcarei e dolomie, stratificati e fratturati, a luoghi, carsificati	Calcarei delle Murge	Cretaceo inferiore-Giura superiore		Da mediamente permeabile a molto permeabile	

Fig. 1 Serie idrogeologica delle Unità dell'Avanfossa appenninica.

Estratto da Tesi di Laurea Di Lella Nazario in Idrogeologia e Geotermia – Univ. Di Bari Dip. di Geologia e Geofisica "Caratteri della circolazione idrica profonda del Tavoliere"

Sulla scorta di una stima indiretta del grado di permeabilità di ciascuna unità della locale serie litostratigrafica, basata sulla osservazione e correlazione di parametri diversi (fessurazione, grado di addensamento, granulometria predominante, cadenti piezometriche, ecc..), le condizioni idrogeologiche delle rocce presenti nel territorio risultano quelle schematizzate in Tabella 1.

TABELLA N°1

FORMAZIONE	PERMEABILITÀ	LITOLOGIA	FALDA
Alluvioni e depositi marini sabbiosi/ghiaioso-conglomeratici	per porosità intergranulare e interstratale	Sabbioso-limoso sciolta incoerente / parzialmente coerente e ghiaie conglomeratiche	superficiale
Argille grigio azzurre e limi sabbiosi	porosità solo di tipo interstiziale (impermeabili)	sciolta coerente	assente
Basamento Calcereo mesozoico	permeabile per fessurazione e carsismo	lapidea	falda profonda

Il grado di permeabilità risulta variabile localmente, in relazione ai fattori più disparati quali: assortimento granulometrico, incisività di fenomenologie paracarsiche, struttura e diagenesi del deposito. In particolare le

facies delle argille plioceniche grigio azzurre sono da ritenersi dotate di scarsa permeabilità e rappresentano il letto della falda superficiale posizionata in corrispondenza delle formazioni alluvionali e sabbiose sovrastanti.

I calcari sono invece dotati di permeabilità secondaria per fessurazione e carsismo.

In base ai criteri litologici descritti ed alle osservazioni di campagna, i terreni affioranti possono essere così classificati secondo il tipo di permeabilità.

➤ **Terreni permeabili per porosità intergranulare**

A questa categoria sono correlabili le rocce sciolte di natura sabbiosa-limosa inerenti all'area in esame, attribuibili ai "Depositi alluvionali e marini terrazzati".

Tali depositi hanno medie capacità di contenimento e di trasmissione idrica e pertanto svolgono, assieme alla componente calcarenitica dei depositi marini terrazzati, il ruolo idrostrutturale di acquifero superiore, vale a dire contengono una falda superficiale di modesta entità.

Permeabilità: Primaria, per porosità, e definita da un Coefficiente di Conducibilità variabile tra $1,0 \times 10^{-4}$ e $1,0 \times 10^{-6}$ cm/sec, in funzione delle componenti lenticolari argillose presenti localmente in interstrato.

➤ **Terreni permeabili per porosità intergranulare ed interstratale**

A questa categoria sono correlabili i depositi sciolti di natura calcarenitica sabbiosa e ghiaiosa. La porosità efficace di tali rocce risulta non trascurabile, difatti, sono considerate mediamente permeabili e svolgono il ruolo idrostrutturale di acquifero superficiale, vale a dire, di contenitore della falda superficiale pleistocenica, attribuibile alle unità basali delle "Sabbie e ghiaie di deposizione marina".

Permeabilità: Primaria, per porosità, e definita da un Coefficiente di Conducibilità variabile tra $1,0 \times 10^{-3}$ e $1,0 \times 10^{-5}$ cm/sec, in funzione delle componenti lenticolari argillose presenti localmente in interstrato.

➤ **Terreni impermeabili**

I terreni riconducibili alla formazione delle Argille grigio azzurre plioceniche, poiché dotate esclusivamente di porosità di tipo interstiziale, hanno grande capacità di contenimento idrico e, al contrario, la trasmissività risulta essere nulla. Sono attribuibili queste caratteristiche idrogeologiche alle unità argillose plioceniche.

Il ruolo idrostrutturale cui assurgono le rocce argillose in oggetto risulta essere quello di acquicludo e di base impermeabile per l'acquifero superiore.

Permeabilità: Acquicludo, è definita da un Coefficiente di Conducibilità molto basso $1,0 \times 10^{-5}$ e $1,0 \times 10^{-7}$ cm/sec. Risulta comunque essere contenitore di una modesta falda discontinua in corrispondenza di livelli prevalentemente sabbioso fini, posti a quote prossime ai 300-500 m. dal p.c. rappresentante la cosiddetta

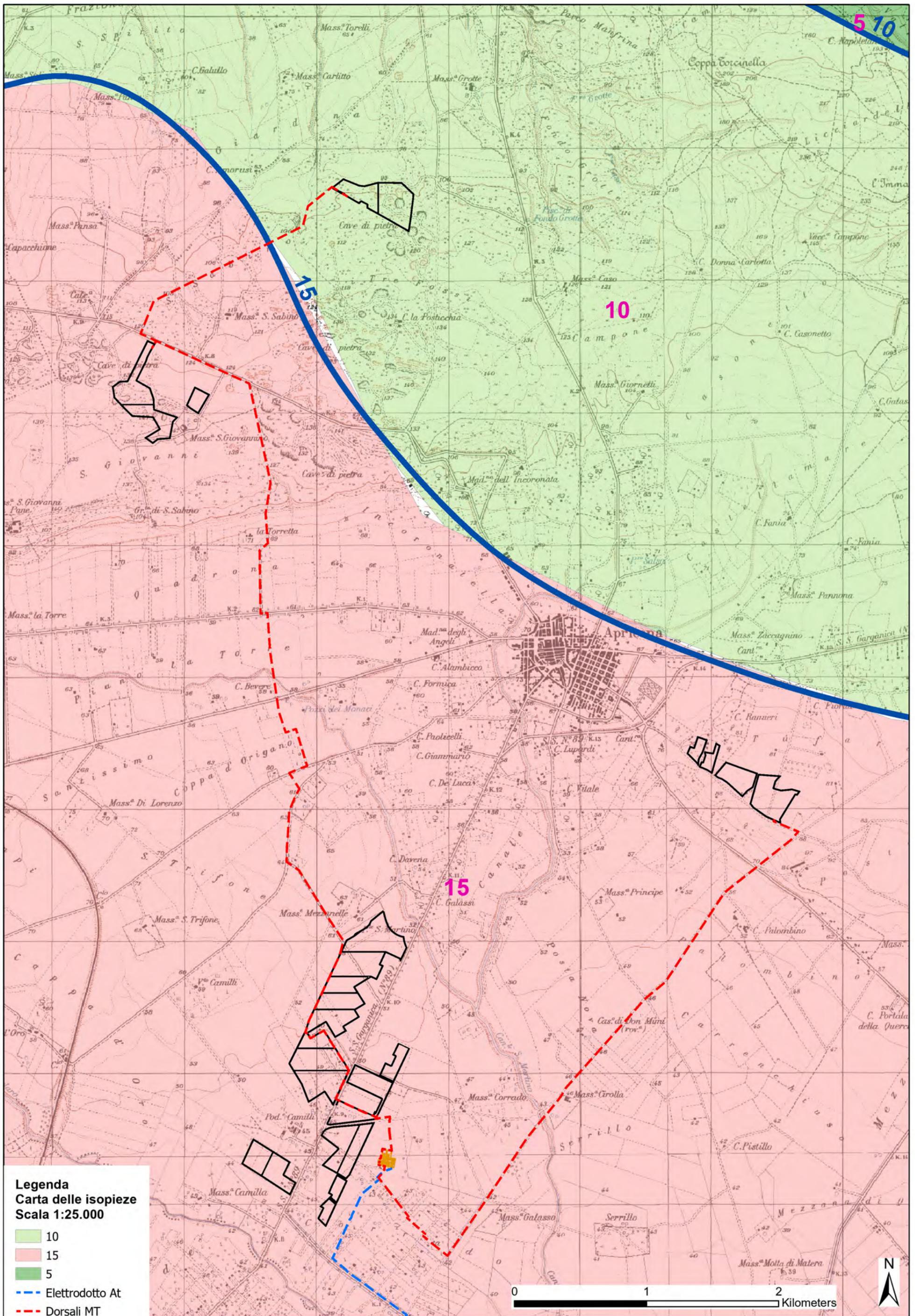
Falda intermedia Pliocenica, rinvenibile esclusivamente ed in maniera discontinua nei territori dell'alto Tavoliere (sud di Torremaggiore, Sud di S. Severo, Nord di Lucera).

➤ **Rocce permeabili per fessurazione e per carsismo**

Sono rappresentati dai calcari del cretaceo. Più che un acquifero vero e proprio sfruttabile, in questa zona dove il basamento carbonatico è posto a quote elevate, rappresentano acque connate legate a bacini di accumulo petrolifero e gassoso. La presenza di fratture, piani di stratificazione, e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato, costituiscono una rete fessurativa che conferisce all'ammasso roccioso un'elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare del grado di fratturazione e della natura litologica della roccia cretacea (Calcarea e calcareo-dolomitica).

L'elevata capacità di contenimento e di circolazione idrica, e l'elevata porosità efficace, rendono i calcari in oggetto idonei a svolgere il ruolo idrostrutturale di acquifero inferiore, ovvero di contenitore per la falda carsica profonda, direttamente collegate, come bacino di alimentazione, con la circolazione delle acque appartenenti all'Idrostruttura profonda del tavoliere e della fascia pedegarganica.

Permeabilità: Primaria, per fessurazione e carsismo, e definita da un Coefficiente di Conducibilità Idraulica variabile tra $1,0 \times 10^{-6}$ e $1,0 \times 10^{-2}$ cm/sec, con valori medi dell'ordine di $1,0 \times 10^{-3}$ cm/sec, in funzione del grado di fatturazione e fessurazione del basamento carbonatico.



8. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LOCALI

I siti d'insediamento, sulla base di quanto riportato nella carta Geologica d'Italia 1:100.000 (F. 155), ricadono nella fascia di affioramento dei "Ci-Gs - Calcari di Sannicandro" Calcari compatti criptocristallini, biancastri, talora rosati o bruni, in grossi strati o banchi, per i siti Tre Fossi, S. Giovanni e Paglierino, nella fascia di affioramento delle "Qc - Sabbie di Serracapriola" Sabbie giallastre, a grana più o meno grossa, più o meno cementate.

8.1. SERIE PRESENTI IN AREA:

Ci-Gs - Calcari di Sannicandro: Calcari compatti criptocristallini, biancastri, talora rosati o bruni, in grossi strati o banchi, con rare intercalazioni di dolomie e calcari oolitici; macrofauna a rari lamellibranchi e nerinee indeterminabili. Cretacico inf.- Malm (b).

Trattasi di calcari biancastri, talora rosati, bruni o grigi, in grossi strati o banchi, con rare intercalazioni di dolomie biancastre e calcari oolitici. Questi calcari, di ambiente biostromale, passano lateralmente alla Formazione di Monte la Serra ed affiorano nel foglio per uno spessore di 300 m circa.

M3 - Calcareniti di Apricena: Calcareniti biancastre e giallastre, organogene, a stratificazione non sempre netta (M3); alla base è frequente un orizzonte di brecce a cemento calcareo rossastro (Mb3); trasgressive sul Mesozoico del Gargano; microfauna a: *Orbulina suturalis* BRONNIMANN, 0. *Universa*, D'ORB., *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL., *Globigerinoides triloba* (REUSS). Serravalliano (b).

Affiorano al margine orientale del foglio in una larga fascia, che dall'abitato di Apricena si estende verso i laghi di Lesina e di Varano. Si tratta di calcareniti chiare, biancastre, giallastre, per lo più fortemente cementate, in strati o banchi di vario spessore, dai giunti non sempre netti; la grana è variabile: talvolta si passa a calcilutiti un po' marnose, tal'altra a brecciole ricche di frammenti organogeni (tra cui ceritidi), frequenti in tasche alla base della serie.

Qc - Sabbie di Serracapriola: Sabbie giallastre, a grana più o meno grossa, più o meno cementate, a stratificazione spesso indistinta con intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani e di argille; abbondante macrofauna a gasteropodi e lamellibranchi (*Ostrea*, *Pecten* ecc.); microfauna a *Bulimina marginata* D'ORB., *B. fusiformis* WILL., *Eponides frigidus granulatus* DI NAP., *Ammonia beccarii* L.. Cabriano-Pliocene sup.?

Le Sabbie di Serracapriola sono costituite prevalentemente da sabbie giallastre quarzose in grossi banchi, a luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie abbastanza ben cementate, argille biancastre o verde chiaro. Non mancano i livelli lentiformi di conglomerati ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi.

Poggiano in concordanza sulle Argille di Montesecco, alle quali passano gradualmente per alternanze, con locali fenomeni di eteropia. Il limite fra le due formazioni è stato posto convenzionalmente ove iniziano banchi

sabbiosi più potenti, caratterizzati dalla presenza di intercalazioni arenacee, con locali episodi di sedimentazione più grossolana. Ove il passaggio è più netto, le Sabbie di Serracapriola spiccano con evidenza morfologica sulle tenere argille sottostanti.

Nella zona di Apricena le Sabbie di Serracapriola poggiano direttamente in trasgressione sui terreni mesozoici e miocenici del Gargano. Mentre nella parte occidentale del foglio le sabbie sono quarzose e più grossolane, nella zona orientale (Torremaggiore, S. Severo) esse diventano molto più argillose e a grana più fine. Si presume che in questa zona le Sabbie di Serracapriola comprendano un intervallo stratigrafico più esteso che nel resto del foglio, in parziale eteropia con le Argille di Montesecco; lo spessore della formazione, che è normalmente di circa 30 m, diventa qui più considerevole.

Fra i macrofossili rinvenuti prevalgono i lamellibranchi a guscio più spesso (Ostrea, Pecten). Dal punto di vista micropaleontologico non si è notata una evidente differenza rispetto alla parte superiore delle argille sottostanti, salvo una maggiore scarsità o povertà di forme, per cui il problema dell'attribuzione al Pliocene superiore o al Calabriano si pone nei termini già discussi.

Peraltro anche SELLI non esclude la presenza del Calabriano nella parte alta delle Sabbie di Serracapriola. In un pozzo nei pressi di S. Severo (località S. Antonino da Piede) è stato rinvenuto a pochi metri di profondità un molare di *Elephas antiquus* FALC.; G. CHECCHIA RISPOLI (1900) ritiene che tale reperto si trovi rimaneggiato in terreni di origine marina, verosimilmente nelle Sabbie di Serracapriola. Non si esclude però che esso faccia parte dei sedimenti alluvionali di età più recente trasportati dai vicini corsi d'acqua.

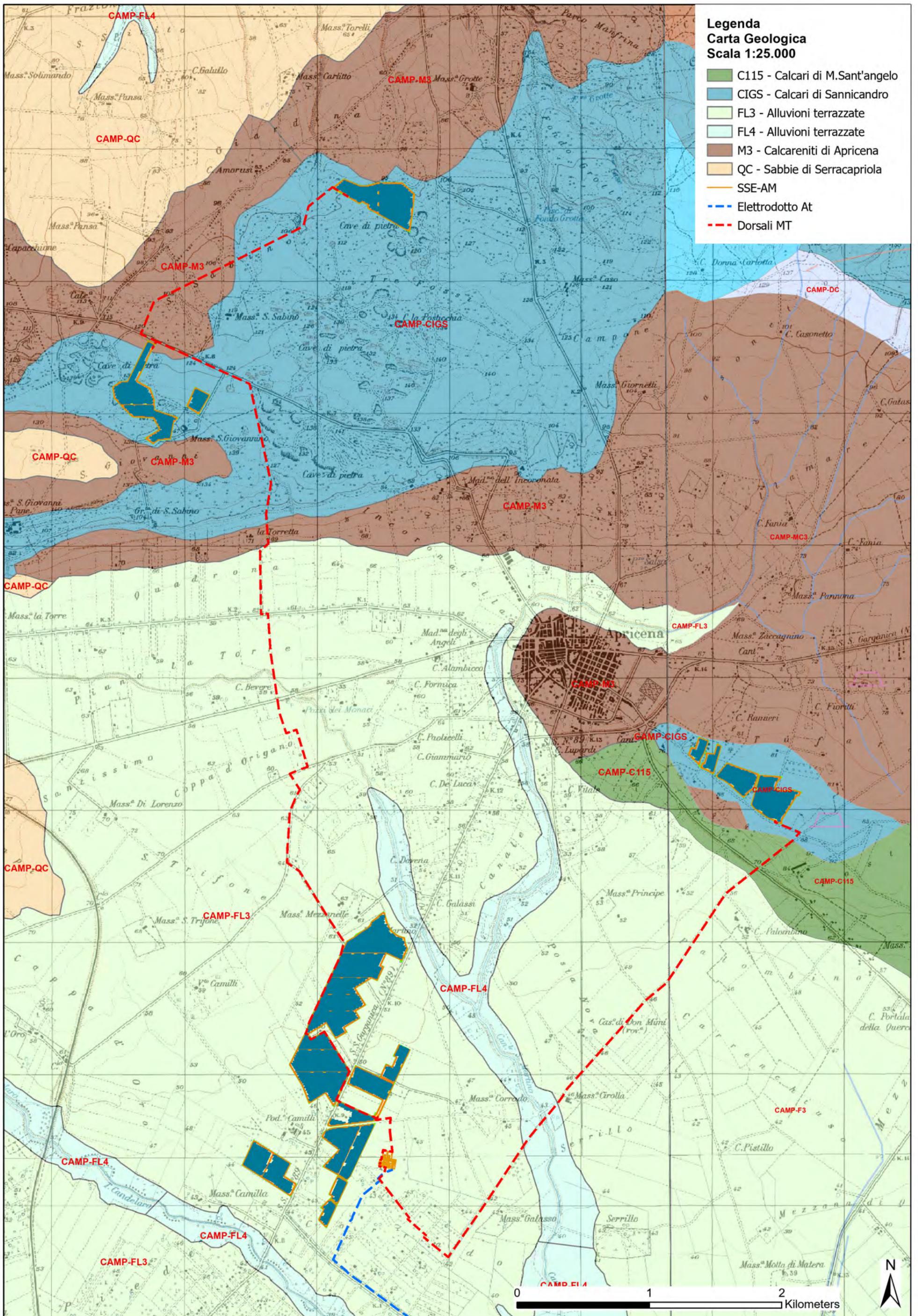
fl³ – Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III ordine di Terrazzi.

Si tratta di depositi più fini dei precedenti con prevalenza di sabbie e argille e rari livelli ghiaiosi. Essi sono stati individuati lungo il F. Fortore, ove costituiscono una piattaforma estesa specie sul versante destro del fiume. Lo spessore del sedimento è dell'ordine di qualche metro ed il suo dislivello sull'attuale alveo del fiume nella zona meridionale del foglio è di circa 40 m. Il terrazzo è evidente solo fino all'altezza del Ponte di Civitate: più a N è di difficile separazione da fl².

fl⁴ - Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV ordine di terrazzi.

Si tratta di limi, argille e sabbie provenienti essenzialmente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici; nella parte alta del F. Fortore a questo materiale fine s'intercalano lenti di ciottoli grossolani di provenienza appenninica. Lo spessore supera i 10 m; solo raramente (lungo il F. Fortore) si osserva la base della formazione costituita da sabbie, localmente poggianti sulla superficie erosa delle argille di Montesecco.

Le alluvioni terrazzate indicate con fl⁴ costituiscono ripiani elevati al massimo di una decina di metri rispetto agli alvei attuali; verso il mare però tale valore decresce progressivamente fino ad annullarsi.



Legenda
Carta Geologica
Scala 1:25.000

- C115 - Calcari di M.Sant'angelo
- CIGS - Calcari di Sannicandro
- FL3 - Alluvioni terrazzate
- FL4 - Alluvioni terrazzate
- M3 - Calcareniti di Apricena
- QC - Sabbie di Serracapirola
- SSE-AM
- Elettrodotto At
- Dorsali MT

0 1 2 Kilometers



9. INDAGINI IN SITO

Per ottenere la situazione litostratigrafica locale delle aree di insediamento dei campi fotovoltaici, oltre alla esecuzione di un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, che ha evidenziato una sostanziale congruità in presenza dei litotipi riportati in cartografia geologica (depositi sabbioso-limosi terrazzati e calcari mesozoici), si è proceduto alla esecuzione di indagini geofisiche in corrispondenza delle aree dei campi d'impianto FTV.

La campagna d'indagine è consistita nella esecuzione di n° 17 profili Sismici a Rifrazione e n° 12 profili sismici di tipo MASW.

Le prospezioni Sismiche a Rifrazione (SIS) e MASW hanno consentito di determinare le caratteristiche dinamiche dei litotipi investigati, attraverso la stima delle velocità di propagazione delle onde sismiche di tipo P ed S, dei moduli elastici e la caratterizzazione sismica del terreno di fondazione attraverso il calcolo della $V_{s30}/V_{s,eq}$, come richiesto dalla normativa vigente.

Per una più completa caratterizzazione del quadro geotecnico in questa fase di progettazione definitiva, in relazione alle opere che andranno a comporre i campi fotovoltaici, caratterizzati sostanzialmente da pannelli posti su strutture (pali) di sostegno delle stringhe, infissi tra 2,0/3,0 m. dal p.c., e/o strutture intelaiate metalliche ancorate al terreno, i cui piani di posa si aggirano intorno a 1,0 m. dal p.c., si è ritenuto sufficiente eseguire solo una campagna d'indagine di tipo geofisico, rimandando alle fasi progettuali successive un eventuale approfondimento di indagini puntuali e specifiche mirate.

9.1. METODOLOGIE IMPIEGATE

Nell'area oggetto di studio è stata applicata una specifica metodologia d'indagine geofisica, di cui vengono evidenziati brevemente i fondamenti teorici.

➤ PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO MASW

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

Dove

h_i = spessore dello strato i -esimo;

V_{si} = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

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

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

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 VS,eq è definita dal parametro VS30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Tale parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la loro velocità presenta dipendenza dalla frequenza, provocando dispersione della sua energia.

La dispersione è la deformazione di un treno d'onde nel sottosuolo dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

Nelle nuove metodologie sismiche d'indagine del sottosuolo si considerano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga predominante rispetto alle onde P ed S; inoltre l'ampiezza di tali onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla Vp e dalla densità, è funzione anzitutto della Vs, che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc.

Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

La metodologia Masw risulta particolarmente indicata in ambienti con spazature limitate e, a differenza della sismica a rifrazione, consente di individuare la presenza di inversioni di velocità con la profondità, associabili alla presenza di strati "lenti" al di sotto del bedrock roccioso.

Tuttavia, un limite di tale metodologia è che esso risente particolarmente del principio di indeterminazione e, fornendo un modello mono-dimensionale del sottosuolo, rende necessaria l'applicazione di altre metodologie d'indagine per fornire un modello geofisico-geologico più attendibile.

➤ **Prospezione sismica a rifrazione**

La prospezione sismica considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si propagano nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante.

Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un raggio sismico è la variazione del parametro impedenza sismica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. L'impedenza sismica si determina attraverso il prodotto tra la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo per la densità del materiale attraversato.

Ogni litotipo è caratterizzato da una particolare velocità di propagazione, determinata sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, la pressione, il contenuto di fluidi, ecc.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.

Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano nel sottosuolo.

In funzione del tipo di analisi delle onde sismiche investigate, è possibile distinguere fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie).

Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

Al fine di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

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

- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$;
- c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio (onde S), meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P; quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- d) le velocità delle onde p, misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio.

➤ STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le prospezioni geofisiche sono state eseguite con l'ausilio della seguente strumentazione: **Sismografo PASI mod. GEA24.** (sismica 24 canali).



9.2. MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITA' DI CAMPO

Indagine sismica di tipo MASW

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 8 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. Infatti l'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Per i profili Masw eseguiti è stata adottata la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 44.0 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 4.0 m;
- offset di scoppio = 2.0 metri;
- durata dell'acquisizione = 1 secondo;
- tempo di campionamento = 1 millisecondo.

Per energizzare il terreno è stata usata una sorgente impulsiva del tipo "mazza battente" di peso pari a 8 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde sismiche.

Contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce.

Per quanto concerne il tempo di campionamento, mentre nella sismica a rifrazione si utilizza un tempo di campionamento più basso per ricostruire con dettaglio i primi arrivi dell'onda sismica, nell'indagine sismica Masw è sufficiente un campionamento più ampio per ricostruire tutto il segnale sismico.

Inoltre, lo stesso segnale viene acquisito senza applicazione di filtri e incrementi del segnale.

Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è consistita nell'esecuzione di profili con acquisizione di onde longitudinali (P), aventi le seguenti configurazioni spaziali e temporali:

- lunghezza stendimento = 44.00 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 4.0 m;
- End shot A = 0.0 metri;
- Central Shot E = 24.0 metri;
- End shot B = 48.0 metri;
- durata dell'acquisizione = 128 msec;
- tempo di campionamento = 250 µsec;
- Frequenza geofoni = 4.5 Hz;
- Sistema di energizzazione = "massa battente".

10. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA

La topografia della superficie dei siti investigati è risultata essere sub-pianeggiante; il rumore ambientale è risultato essere poco rilevante. Per tutte le stese si è utilizzato un sistema di riferimento relativo, la cui origine è posta in corrispondenza dell'end shot esterno al 1° geofono sia per l'indagine sismica a rifrazione sia per la Masw.

10.1. Elaborazione indagine sismica di tipo MASW

L'elaborazione dei dati dell'indagine sismica Masw è stata sviluppata in due fasi:

- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione della curva teorica e sperimentale fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software Easy MASW della Geostru.

Le curve di dispersione ed i sismogrammi sperimentali, nonché le relative sezioni elaborate sono mostrati negli allegati a corredo del presente rapporto.

Di seguito si riportano le velocità delle onde V_s relative alle basi sismiche investigate:

MASW - Campi FTV AM.

UNITA' SISMOSTR.	Velocità (m/s) Spessore medio (m)	MASW A4	MASW A7	MASW B2	MASW C1	MASW D2	MASW D3	MASW D4	MASW D5	MASW D6	MASW D7	MASW D8	MASW D9
U.S. I	$V_s \rightarrow$	267	344	190	333	233	144	113	197	195	213	199	160
	H \rightarrow	2.5	1.3	3.3	5.9	3.2	2.7	1.3	3.6	1.7	3.0	2.2	3.0
U.S. II	$V_s \rightarrow$	333	577	424	1000	326	290	225	424	270	347	338	216
	H \rightarrow	5.0	5.5	3.7	5.0	9.3	6.6	1.9	9.7	3.6	1.7	7.1	3.7
U.S. III	$V_s \rightarrow$	400	1328	705	2000	398	508	866	972	1263	567	816	283
	H \rightarrow	7.5	SEMISP.	7.7	29.0	SEMISP.	17.1	2.0	SEMISP.	5.3	14.4	SEMISP.	8.0
U.S. IV	$V_s \rightarrow$	467	-	1164	2600	-	638	1107	-	1600	1460	-	678
	H \rightarrow	SEMISP.											
	$V_{s30} - V_{s,eq}$ (m/s)	399	977	597	597	348	371	678	514	779	580	524	347
PROFILO	TERRENO TIPO	B	A	B	A	C	B	B	B	B	B	B	C

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alle tabelle seguenti, suddivise per zone, con i valori medi degli spessori:

Zone Tre Fosse – S. Giovanni

SISMOSTRATI	Litologia	SPESSORE MEDIO (m)
I	Terreno vegetale – Terre rosse;	1.5/3.0
II	Terre con trovanti in roccia (cappellaccio);	3.0/5.0
II	Brecce Calcaree (Cappellaccio);	7.0/15.0

IV	Calcari Stratificati.	Semispazio
----	-----------------------	------------

Zona Paglierino

SISMOSTRATI	Litologia	SPESSORE MEDIO (m)
I	Terreno vegetale – sabbie calcarenitiche;	6.0
II	Sabbie calcarenitiche – Calcareniti;	5.0
II	Calcareniti compatte – Calcari stratificati;	29.0
IV	Calcari Stratificati.	Semispazio

Zona Industriale

SISMOSTRATI	Litologia	SPESSORE MEDIO (m)
I	Terreno vegetale;	1.3-3.0
II	Limi sabbiosi – sabbie limose;	1.3-9.0
II	Sabbie fini;	2.0-17.0
IV	Limi argilloso-sabbiosi.	Semispazio

10.2. Elaborazione indagine Sismica a Rifrazione

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" attraverso l'utilizzo del software Easy Refract della GEOSTRU per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza), mostrate in allegato.

L'interpretazione delle dromocrone, anche questa eseguita con processi computerizzati, è stata effettuata attraverso il software EASY REFRACT della GEOSTRU, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo GRM.

Le relative sezioni sismostratigrafiche elaborate sono mostrate negli allegati a corredo del presente rapporto.

Di seguito si riportano le velocità delle onde P relative alle basi sismiche investigate:

SISMOSTRATO	Velocità (m/s) Spessore medio (m)	SIS A2	SIS A4	SIS A7	SIS A8	SIS B1	SIS B2	SIS B4	SIS C1	SIS D1	SIS D2	SIS D3	SIS D4	SIS D5	SIS D6	SIS D7	SIS D8	SIS D9
I	Vp →	581	530	904	1014	841	814	728	948	285	409	299	530	498	448	360	497	379
	H →	3.0	3.0	2.0	2.5	2.0	1.0	2.0	5.0	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	1.5	1.5	1.5	2.0
II	Vp →	1120	1440	1456	1225	1236	1089	1532	1457	675	655	579	765	1047	835	902	848	718
	H →	7.0	12.0	7.0	7.5	8.0	7.0	4.0	7.0	5.0	6.0	5.0	12.0	10.0	8.5	3.5	9.5	11.0
III	Vp →	2374	2302	3004	3181	2655	3099	2262	2487	1192	712	973	1073	2226	1357	1255	1324	1112
	H →	Indef.																

11. CLASSIFICAZIONE SISMICA DI SITO.

Relazione di calcolo per la categoria di sottosuolo

DECRETO 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»

Circolare 21/01/2019, n. 7 C.S.LL.PP - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento del-le "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Generalità

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. 3.2.2 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:

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

con h_i lo spessore in metri dell'iesimo strato di terreno;

$V_{s,i}$ la velocità dell'onda di taglio media corrispondente;

N il numero di strati;

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$ dove H = 30 m considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

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

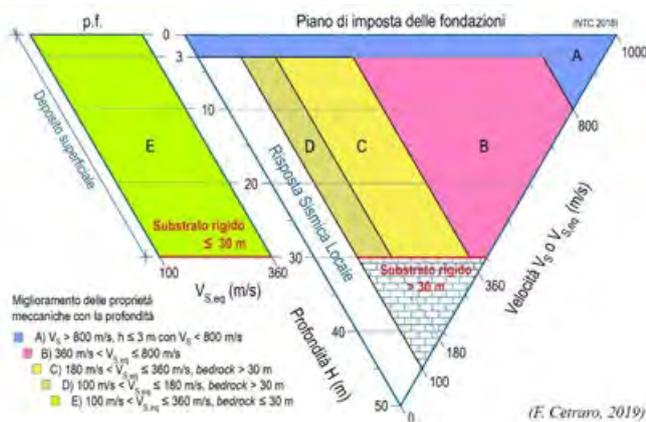


Figura 1 – Diagramma per le categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018.

Piano di riferimento per le opere di fondazione:

Ricordando che 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.

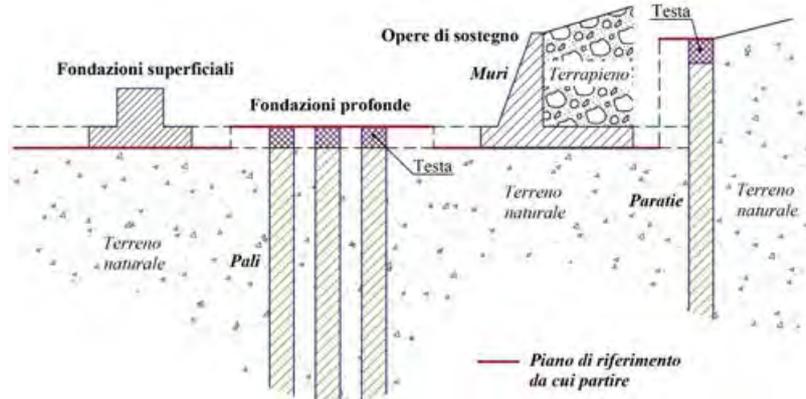


Figura 2 – Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

Sulla base delle opere in progetto, la profondità del piano di fondazione è di 0,00 m dal p.c.

Risultati del calcolo

Al fine di poter procedere con le operazioni di calcolo è necessario inserire gli spessori con le relative velocità VS di ogni sismostrato secondo le indicazioni riportate in normativa.

A) CAMPI FOTOVOLTAICI

- TRE FOSSE / SAN GIOVANNI

Per l'area Campi Fotovoltaici è stato calcolato un profilo medio tra le Vs misurate nei profili MASW analizzati (A4-A7-B2).

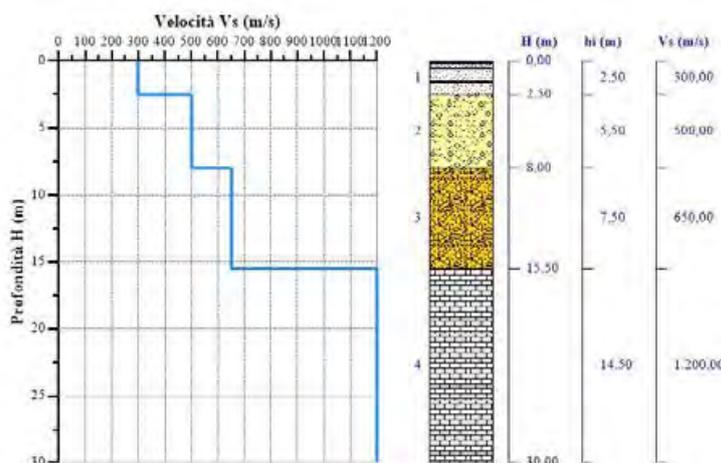
Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato, H = profondità, hi = spessori, VS = velocità onde di taglio, Hcalc e hcalc sono rispettivamente la profondità e gli spessori ricalcolati partendo dal piano d'imposta delle fondazioni.

Tabella 1- Valori utilizzati per il calcolo della categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 alle NTC 2018).

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hcalc (m)	h _{calc} /Vs (s)
1	2,50	2,50	300,00	2,50	2,50	0,008333
2	8,00	5,50	500,00	8,00	5,50	0,011000
3	15,50	7,50	650,00	15,50	7,50	0,011538
4	30,00	14,50	1.200,00	30,00	14,50	---

Vs,eq = **502,08** m/s Categoria di sottosuolo: **B**

Descrizione: 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.



- **PAGLIERINO**

Per l'area Campi Fotovoltaici è stato calcolato un profilo medio tra le Vs misurate nei profili MASW analizzati (C1).

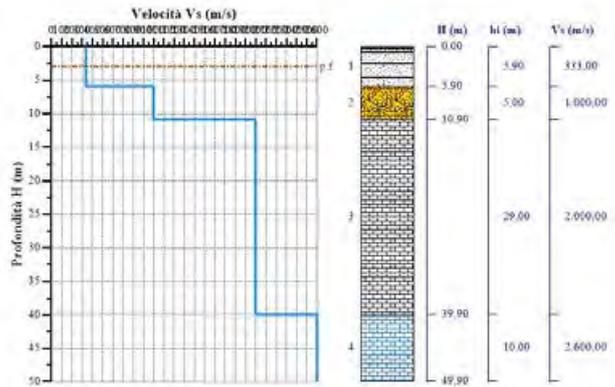
Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato, H = profondità, hi = spessori, VS = velocità onde di taglio, Hcalc e hcalc sono rispettivamente la profondità e gli spessori ricalcolati partendo dal piano d'imposta delle fondazioni.

Tabella 1- Valori utilizzati per il calcolo della categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 alle NTC 2018).

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hcalc (m)	hcalc/Vs (s)
1	5,90	5,90	333,00	2,90	2,90	0,010210
2	10,90	5,00	1.000,00	7,90	5,00	---
3	39,90	29,00	2.000,00	30,00	22,10	---
4	49,90	10,00	2.600,00	---	---	---

Vs = > 800 m/s Categoria di sottosuolo: **A**

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



- **ZONA INDUSTRIALE**

Per l'area Campi Fotovoltaici è stato calcolato un profilo medio tra le Vs misurate nei profili MASW analizzati (D2-D3-D4-D5-D6-D7-D8-D9).

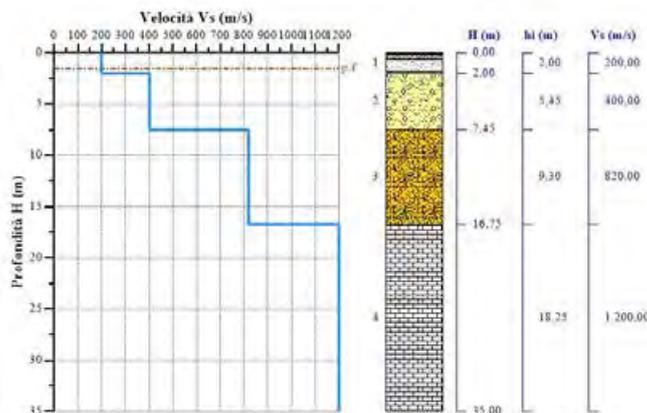
Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato, H = profondità, hi = spessori, VS = velocità onde di taglio, Hcalc e hcalc sono rispettivamente la profondità e gli spessori ricalcolati partendo dal piano d'imposta delle fondazioni.

Tabella 1- Valori utilizzati per il calcolo della categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 alle NTC 2018).

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hcalc (m)	hcalc/Vs (s)
1	2,00	2,00	200,00	0,50	0,50	0,002500
2	7,45	5,45	400,00	5,95	5,45	0,013625
3	16,75	9,30	820,00	15,25	9,30	---
4	35,00	18,25	1.200,00	30,00	14,75	---

Vs,eq = 368,99 m/s Categoria di sottosuolo: **B**

Descrizione: 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.



12. VERIFICA STABILITÀ DEL VERSANTE (OPERE STRUTTURALI)

Per i siti in cui verranno posizionati i campi fotovoltaici di progetto si è proceduto ad eseguire una verifica della stabilità del versante, lungo la massima pendenza di sito, per quei profili dove sono presenti dislivelli che possano far ipotizzare eventuali problemi di criticità di stabilità in relazione a dislivelli ed inclinazioni dei profili topografici importanti, tralasciando le verifiche per quei profili topografici che risultano essere sostanzialmente tabulari o prossimi alla planarità.

In corrispondenza delle aree di cava, dove si è proceduto ad eseguire riempimento del cavo e/o livellamento del fondo cava con materiali di riempimento/tombamento, questi materiali, caratterizzati generalmente da frazione terrigena con prevalente componente litoide (roccia) proveniente dagli scarti di cava e di scavo, nella ricostruzione dei profili sottoposti a verifica sono stati impostati come "Lenti" integrate nelle formazioni calcaree di base, mentre ove rilevante la presenza di copertura terrigena è stato ricostruito un livello di copertura superficiale di circa 1,0 m. Ad ognuno di essi sono stati assegnati dei valori caratteristici delle proprietà geotecniche intrinseche, mentre la verifica è stata eseguita in condizioni sismiche come previsto dalle NTC 2018.

Per la verifica di stabilità globale si è utilizzato un software specifico Open Source SSAP 2010 ver. 5.02, che permette di valutare e rintracciare le probabili superfici di rottura che possono interessare un versante. Questo applicativo, al contrario di altri software commerciali e di uso tradizionale, esclude lo studio mediante semplici superfici circolari, che poco si avvicinano alle superfici reali di rottura, ricercando superfici generiche spezzate generate in corrispondenza dei punti del versante dove si concentrano i valori di resistenza minori, applicando comunque metodi di calcolo rigorosi.

SSAP2010 è caratterizzato dalla presenza di 7 metodi di calcolo rigorosi che operano nell'ambito della metodologia della verifica della stabilità dei pendii mediante il metodo dell'equilibrio limite.

Questi 7 metodi di calcolo rigorosi permettono un notevole salto qualitativo verso uno standard solitamente offerto da pacchetti software estremamente più costosi presenti sul mercato internazionale e nazionale, mantenendo tuttavia nel programma caratteristiche originali come i tre motori di ricerca diversi per la ricerca delle superfici con minor FS, l'originale "SNIFF RANDOM SEARCH" e l'algoritmo di ricerca con "range dinamico", tutti sviluppati in modo originale dall'autore.

Particolarità di questo applicativo, rispetto agli altri, tradizionalmente in commercio, è la peculiarità che esso stesso va alla ricerca delle possibili superfici critiche restringendo progressivamente l'area di ricerca, mentre per gli altri bisogna impostare il range di ricerca o mediante una griglia di centri dei cerchi di verifica o mediante una superficie spezzata impostata dall'operatore, cosa non sempre facile e quanto mai casuale.

Per l'esecuzione della Verifica Globale, ai sensi delle NTC2018, si è in precedenza applicato una riduzione dei valori parametri geotecnici naturali di ϕ, γ e c' , su base ponderale, in relazione ai valori di K_h e K_v locali di sito, per la simulazione dell'azione sismica del sisma di progetto.

Parametri sismici da mappe

Stati limite

Classe Edificio
 IV Funzioni pubbliche o strategiche importanti
 Vita Normale: 100
 Interpolazione: Media ponderata
CU = 2

Stato Limite	T_d [anni]	a_g [g]	F_0	T_c [s]
Operatività (SLC)	120	0.112	2.503	0.338
Danno (SLD)	201	0.145	2.500	0.353
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0.419	2.342	0.449
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.470	2.338	0.455
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	200			

Coefficienti sismici

Stabilità dei pendii e fondazioni
 Tipo: Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.
 β [m]: 1 α [m]: 0.1

Cat. Sottosuolo: C
 Cat. Topografica: T2

	SLD	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,48	1,11	1,04
CC Coeff. funz categoria	1,50	1,48	1,37	1,36
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Accoppiamento atteso al sito [m/s²]: 0,6

Coefficienti	SLD	SLD	SLV	SLC
k_h	0.015	0.015	0.061	0.061
k_v	0.007	0.007	0.031	0.031
A_{max} [m/s ²]	0.600	0.600	0.600	0.600
Beta	0.240	0.240	1.000	1.000

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'approccio 1: Combinazione 2:(A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei CP riportati nelle tabelle seguente:

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_f	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti (strutturali)	Favorevole	γ_{s1}	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,3	1,0
Permanenti portati (non strutturali) ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{s2}	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{s0}	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,3

Parametro di quale verificare il CIP	Coefficiente parziale γ_{M1}	(M1)	(M2)
$\tan \phi_c$	γ_{ϕ}	1,0	1,25
c_c	γ_c	1,0	1,25
ϕ_{cu}	$\gamma_{\phi_{cu}}$	1,0	1,4
T	γ_T	1,0 ²⁾	1,0

coefficiente	R2
γ_R	1,1

Le verifiche di stabilità sono state eseguite utilizzando al contorno condizioni di simulazione di sovraccarico verticale applicato alla testa del plinto di fondazione pari a 5200 kN/m² e pali di fondazione, posti al di sotto del plinto, di diametro $\Phi = 1.2$ m. e lunghezza 30 m., per portare a verifica la stabilità dei versanti per ogni singolo aerogeneratore.

Si riporta di seguito in tabella i risultati del Fattore di Sicurezza minimo ottenuto nelle verifiche di stabilità, mentre nell'Allegato "Rapporti Verifica di Stabilità" della Relazione Geotecnica sono riportati i report completi di calcolo.

Sito	Fs (min)
PR-3	3.0360
PR-7	3.1840
PR-10	13.5290
PR-12	2.4150
PR-16	14.4798
PR-18	3.4934

Come si può osservare tutti i casi sottoposti a verifica si sono ottenuti valori del fattore di sicurezza minimo $F_{smin} > 1,2$ pertanto in tutti i casi analizzati risultano verificati in condizioni sismiche, secondo quanto prescritto dalle NTC 2018, avendo utilizzato parametri geotecnici di riferimento del tutto cautelativi rispetto alla situazione locale reale.

13. CONCLUSIONI

La presente relazione riferisce sulla situazione geologica-geotecnica tre aree ubicate in agro di Apricena sulle quali è prevista la realizzazione di un "Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Fotovoltaico denominato "Apricena Industriale" da realizzarsi su aree industriali e cave nelle località "Podere Camilli - Tufara - San Giovanni - San Sabino", nel territorio comunale di Apricena(FG) per una potenza complessiva di 121,023 MWp e immissione di 96,300 MW, nonché delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)", per conto della Società AM ENERGY S.r.l.* con sede in San Severo (FG), Piazza T. Solis n. 128 - PEC: amenergysrl@pec.it - C.F. e P.IVA 04304150719, (*)Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. P.IVA 03930741206.

A tal fine è stata effettuata una raccolta dei dati bibliografici disponibili ed è stato eseguito un rilevamento geologico dell'area, completato dalla esecuzione di una campagna d'indagine geofisica per la ricostruzione della situazione stratigrafica e per una prima caratterizzazione geomeccanica dei litotipi presenti in sito, giungendo a determinare la classe di appartenenza ai sensi delle NTC 2018.

Dal punto di vista litologico, il sito è ubicato in corrispondenza delle aree di affioramento di formazioni appartenenti al ciclo deposizionale mesozoico carbonatico e calcarenitico miocenico (Tre Fosse – S. Giovanni – Paglierino), olocenico e plio-pleistocenico (Zona Industriale).

In corrispondenza dei siti è stata rilevata la presenza di depositi terrigeni agrari, sottoforma di copertura superficiale, per spessori medi 1,0-1,5 m., per passare poi alla formazione prima calcarenitica e/o calcare per le aree poste in località Tre fosse, S. Giovanni e Paglierino, mentre nella ZONA INDUSTRIALE sono presenti depositi olocenici appartenenti alle coperture dei terrazzi alluvionali sovrapposte a deposizioni plio-pleistocenici di deposizione marina.

Nell'ambito delle profondità di interesse non sono presenti falde superficiali, mentre una falda di modesta entità è rinvenibile a non meno di 50/70 m. dal p.c., alla base dei depositi marini pleistocenici a contatto con i litotipi torbiditici plio-pleistocenici (Argille grigio-azzurre); nel dominio carbonatico, la falda è rinvenibile a profondità non inferiori ai 50 m. al di sotto del livello base del mare.

Le aree d'insediamento dei campi produttivi si presentano sostanzialmente stabili, senza particolari manifestazioni evidenti di dissesto in atto o prevedibilmente in preparazione e, dalle indagini esperite, ai sensi delle NTC 2018, i siti dei "Campi Fotovoltaici" possono essere classificati come Profilo di Tipo "B" per le aree Tre Fosse - S. Giovanni, di Tipo "A" per loc. Paglierino e di Tipo "C" per la Zona INDUSTRIALE.

Per tutto quanto considerato nel presente Studio, si può affermare che, per quanto di competenza, non sussistono impedimenti di natura Geologica – Geotecnica alla realizzazione delle opere di progetto.

Apricena, Novembre 2022

A circular blue stamp of the Italian Association of Geologists (Associazione Nazionale dei Geologi). The text inside the stamp reads: "Dott. Geo. DI LELLA NAZARIO", "N° 345", and "PUGLIA". A handwritten signature in black ink is written over the stamp. To the right of the stamp, the text "Dott. Geologo Incaricato" and "Dott. Di Lella Nazario" is printed.

Dott. Geologo Incaricato
Dott. Di Lella Nazario

ALLEGATO 1 – RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA (SISMICA A RIFRAZIONE)



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS - A2

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

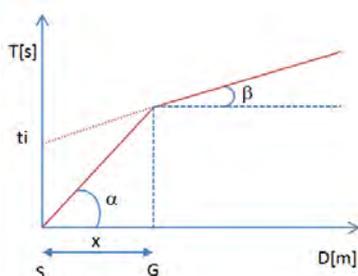
$$T = x_i / V_1$$

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

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

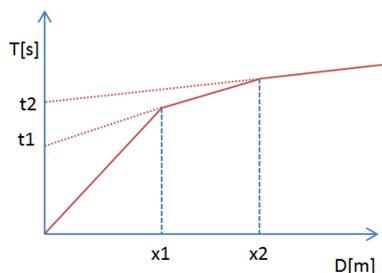
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

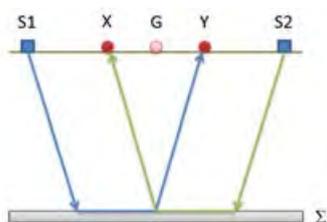


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

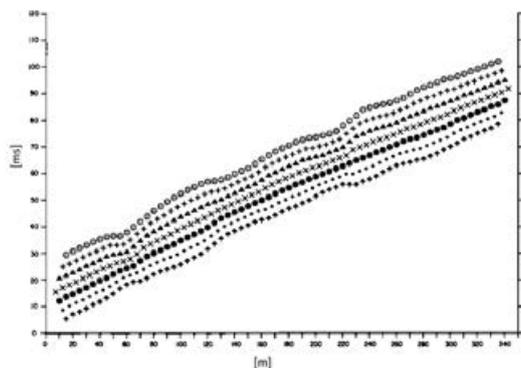
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

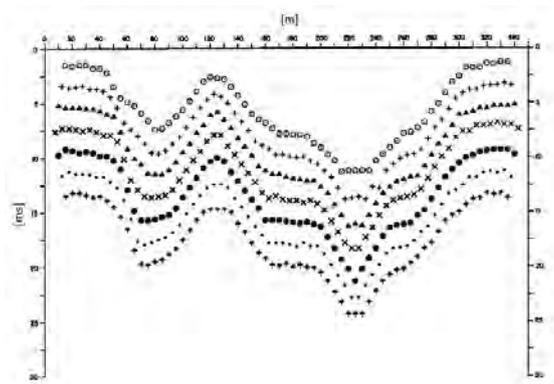
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS - A2
Committente	AM 1-2
Zona	APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	31/05/2021
Via	LOC. TRE FOSSE
Latitudine	41,818040[°]
Longitudine	15,420680[°]
Altitudine	78.5[m]

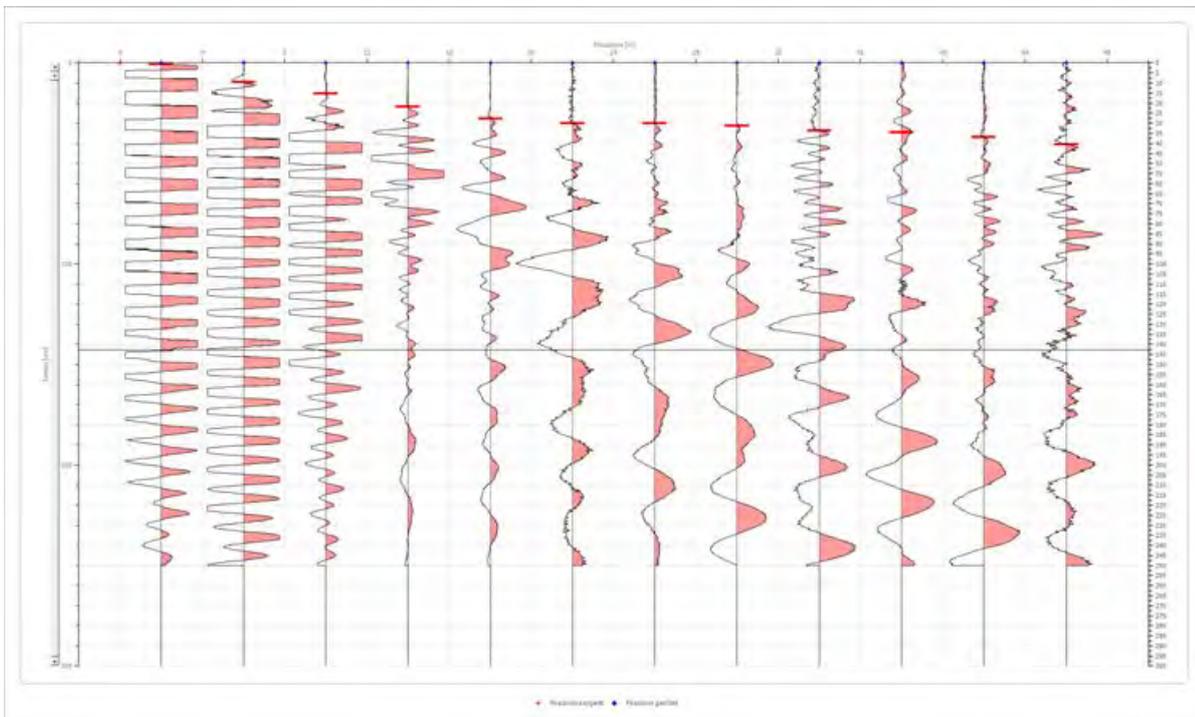
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

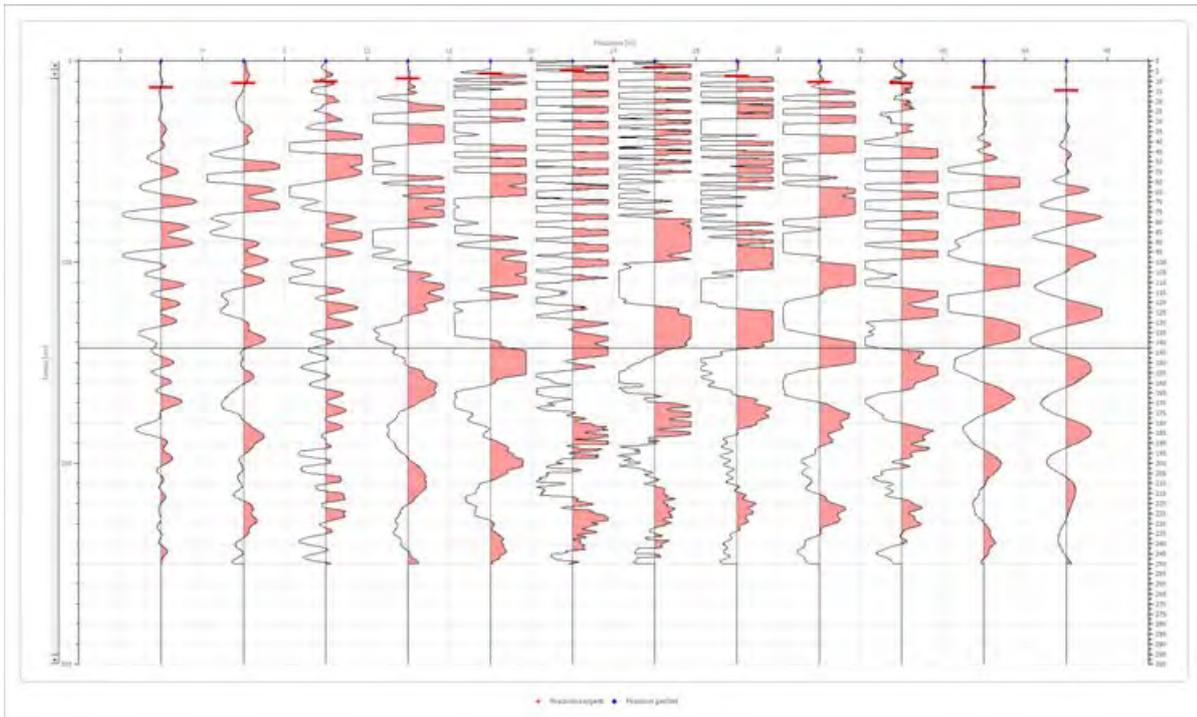


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	0.7417
6.0	9.6415
10.0	15.2040
14.0	21.8789
18.0	27.8121
22.0	30.0371
26.0	30.0371
30.0	31.1496
34.0	33.7454
38.0	34.4870
42.0	37.0828
46.0	40.4203

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

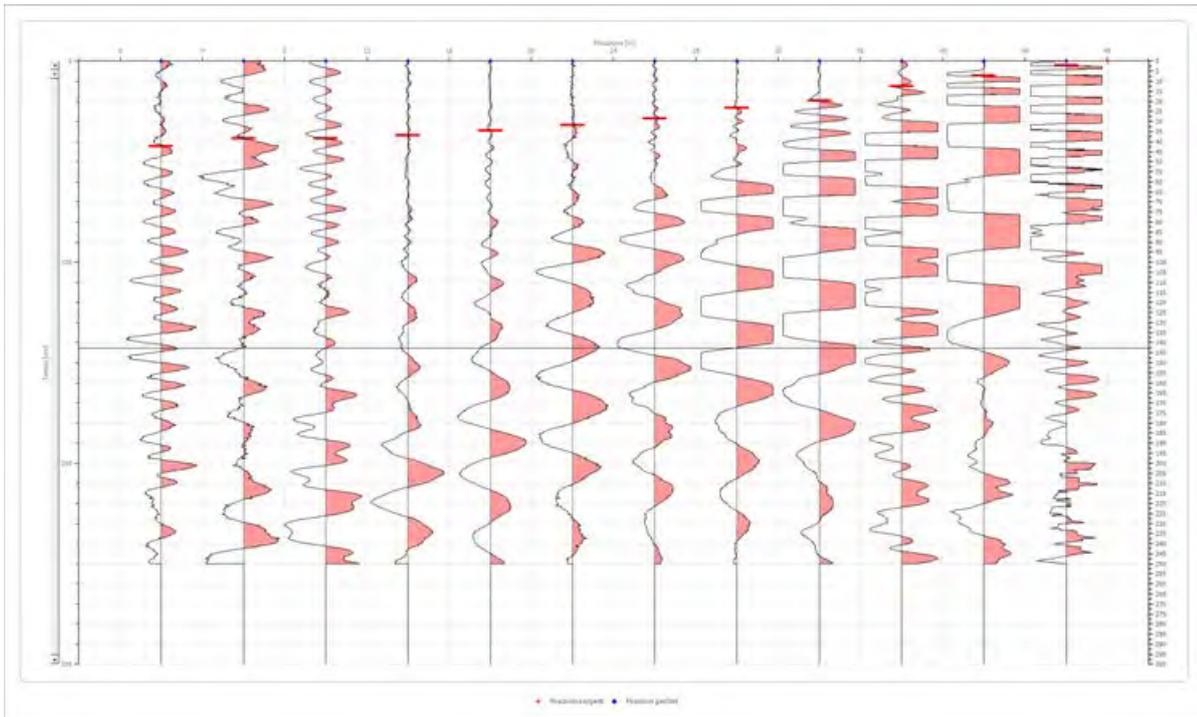


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	12.9790
6.0	11.1248
10.0	10.0124
14.0	8.5290
18.0	6.3041
22.0	4.8208
26.0	3.3375
30.0	7.4166
34.0	10.3832
38.0	11.1248
42.0	12.9790
46.0	14.4623

Battuta 3

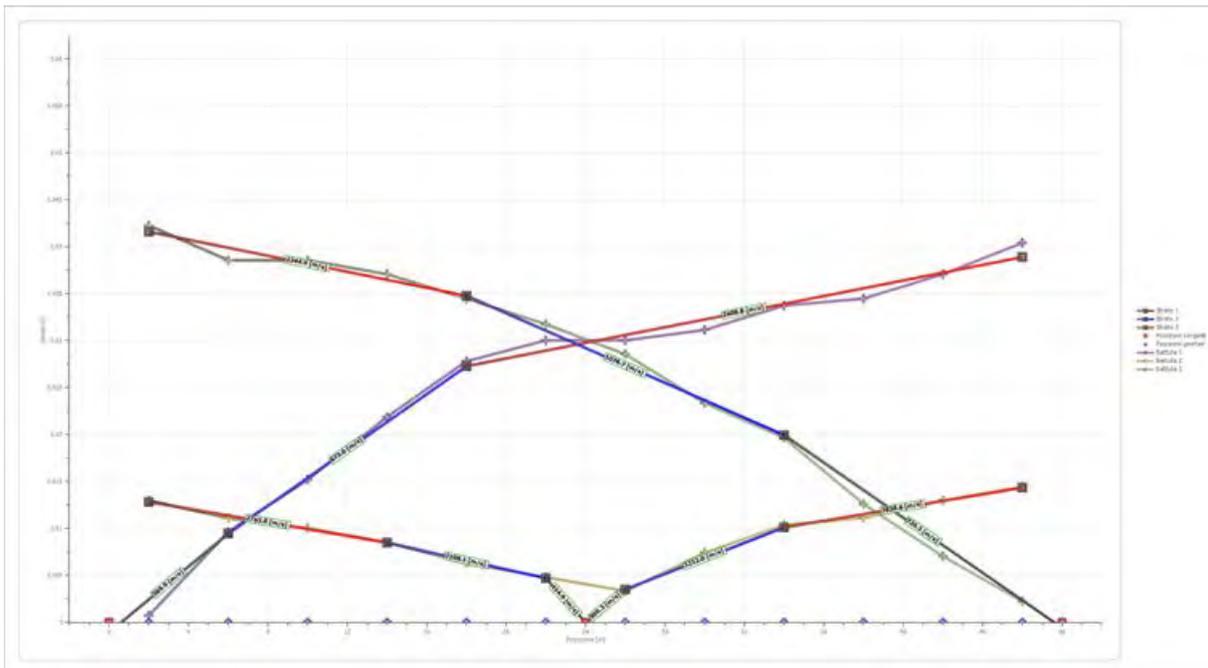
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

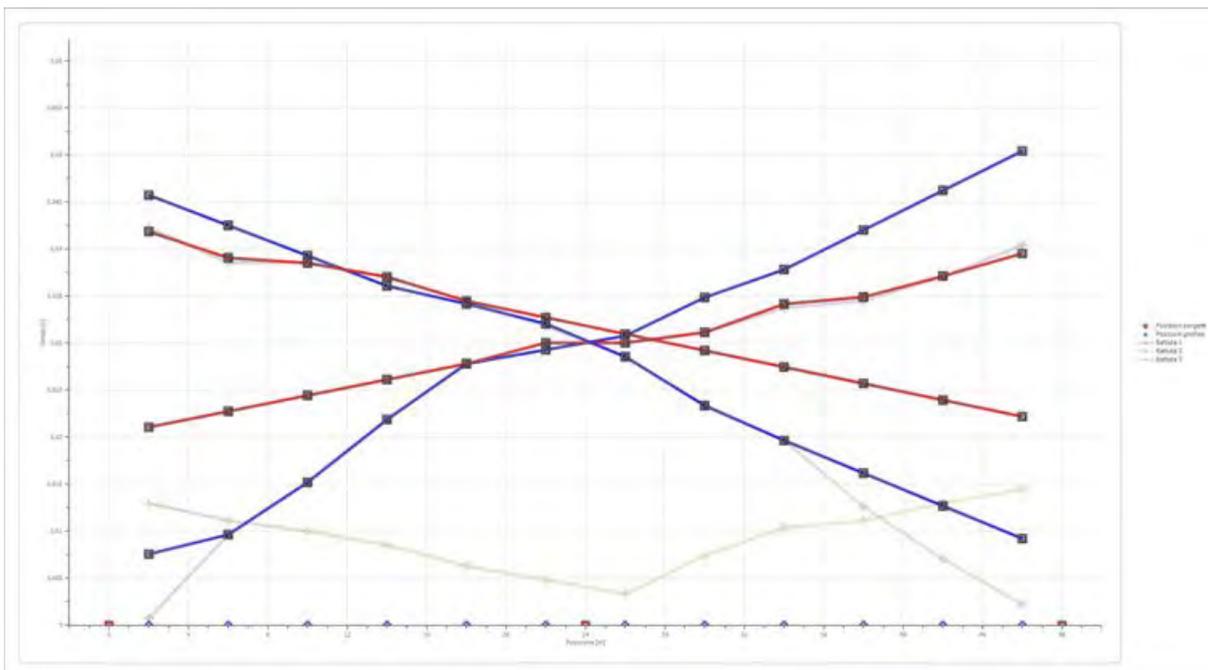


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	42.2744
6.0	38.5661
10.0	38.5661
14.0	37.0828
18.0	34.4870
22.0	31.7500
26.0	28.5538
30.0	23.3622
34.0	19.6539
38.0	12.6082
42.0	7.0457
46.0	2.2250

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G_r.R.M.

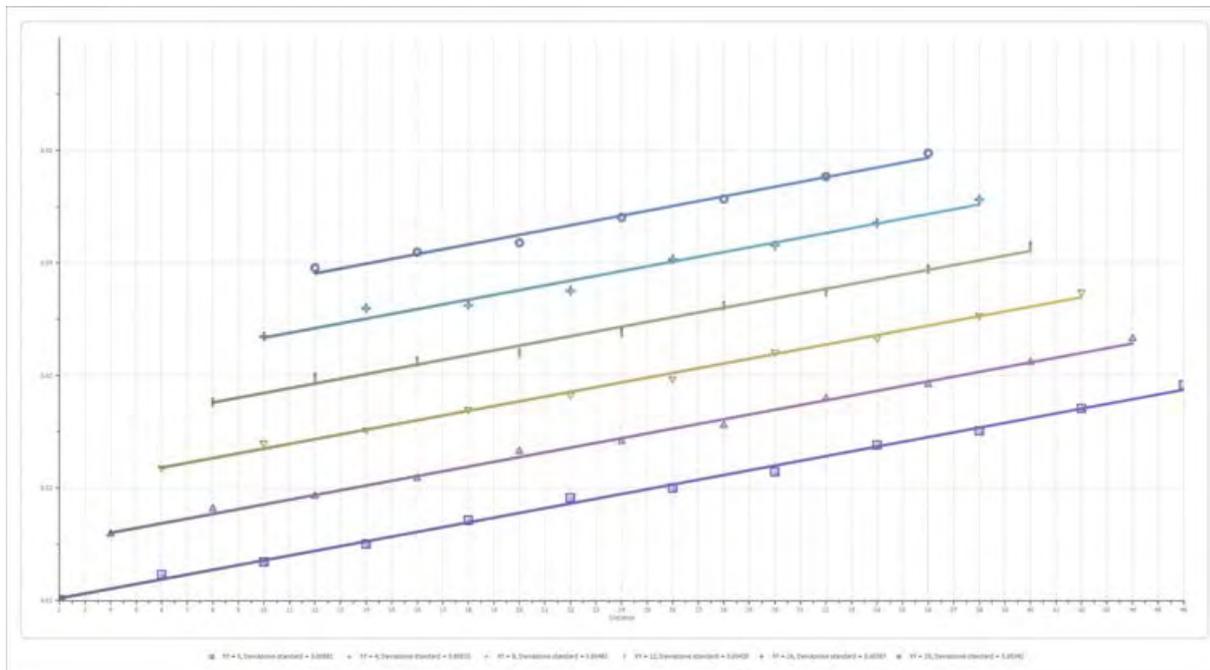
XY: 0

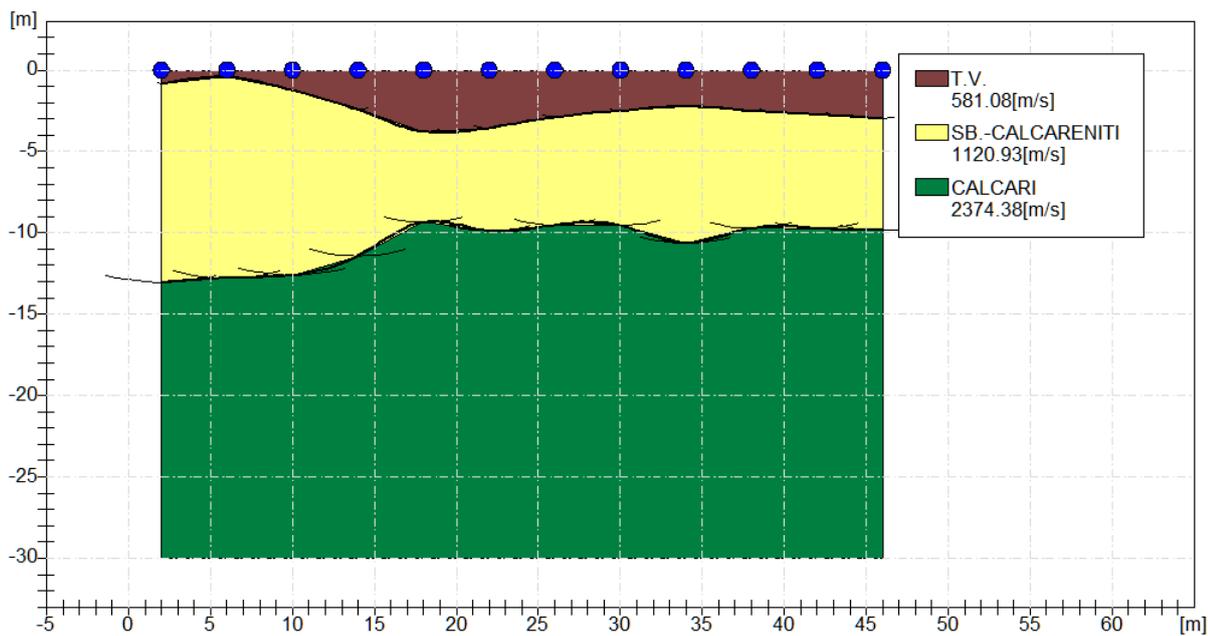
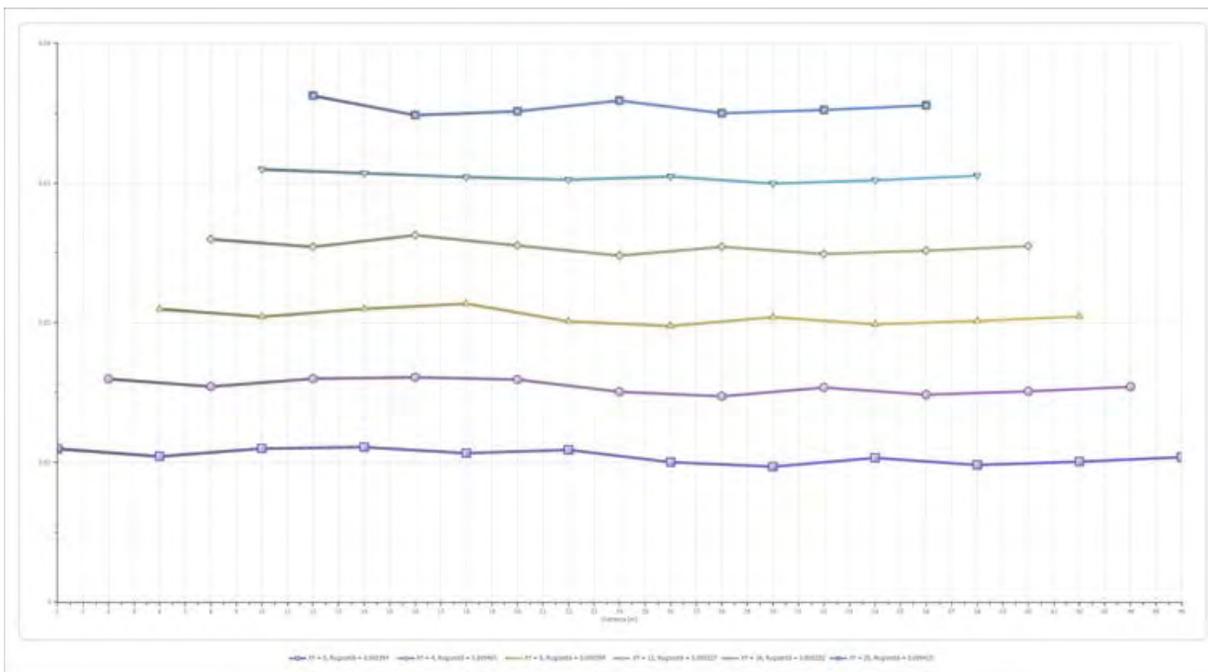
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.8	13.0	--
G= 6.0 [m]	0.4	12.8	--
G= 10.0 [m]	1.2	12.6	--
G= 14.0 [m]	2.4	11.4	--
G= 18.0 [m]	3.8	9.3	--
G= 22.0 [m]	3.6	9.9	--
G= 26.0 [m]	2.9	9.5	--
G= 30.0 [m]	2.5	9.5	--
G= 34.0 [m]	2.2	10.6	--
G= 38.0 [m]	2.5	9.7	--
G= 42.0 [m]	2.7	9.7	--
G= 46.0 [m]	3.0	9.9	--
Velocità [m/sec]	581.1	1120.9	2374.4
Descrizione	T.V.	SB.-CALCARENITI	CALCARI

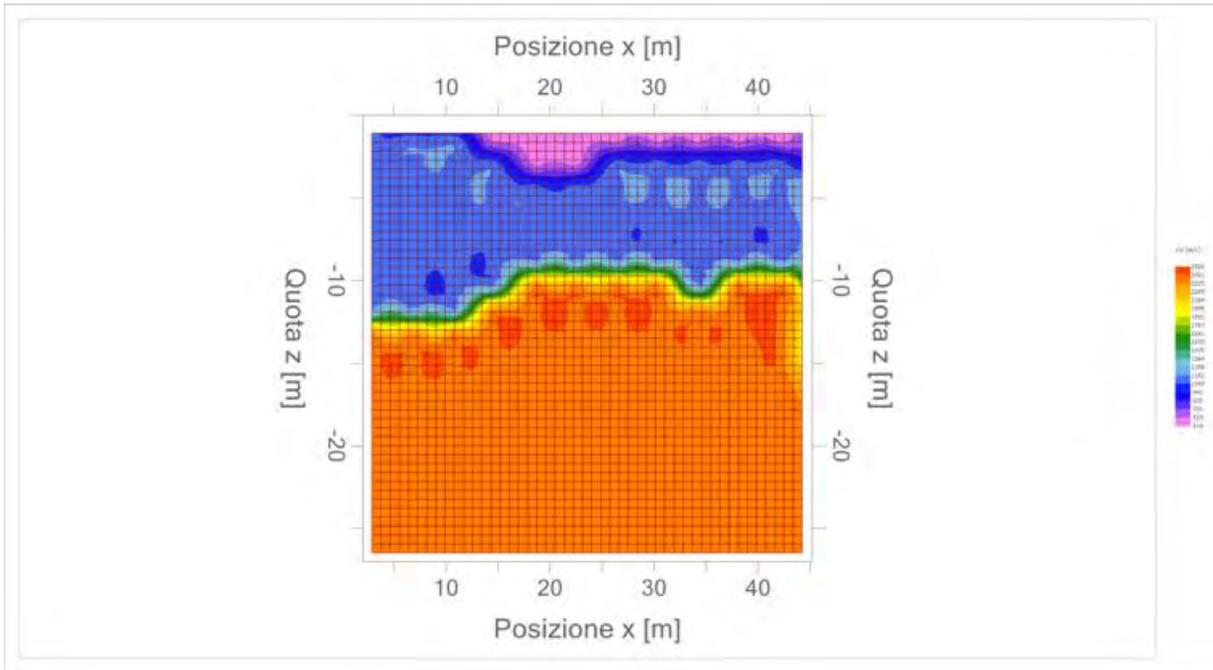
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.38	0.35	0.30
Densità [kg/m³]	1800.00	2000.00	2200.00
Vp [m/s]	581.08	1120.93	2374.38
Vs [m/s]	255.64	538.48	1269.16
G0 [MPa]	117.63	579.91	3543.68
Ed [Mpa]	607.77	2512.95	12402.88
M0 [MPa]	490.14	1933.04	8859.20
Ey [Mpa]	324.67	1565.76	9213.57

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS - A4

	Data: maggio 2021
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DILELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

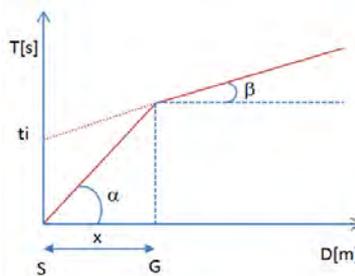
$$T = x_i / V_1$$

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

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

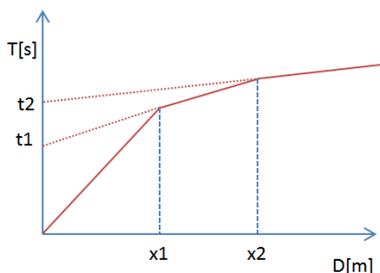
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

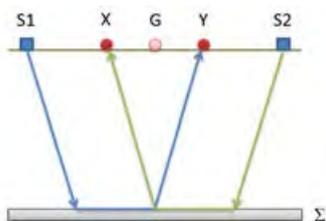


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

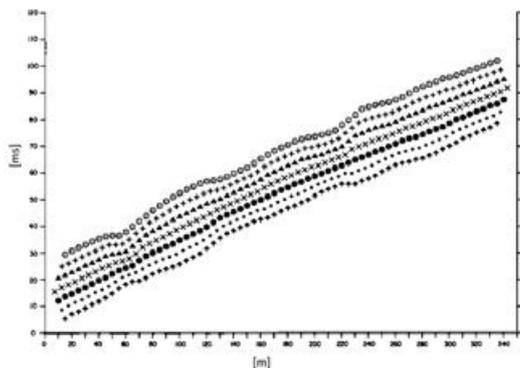
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

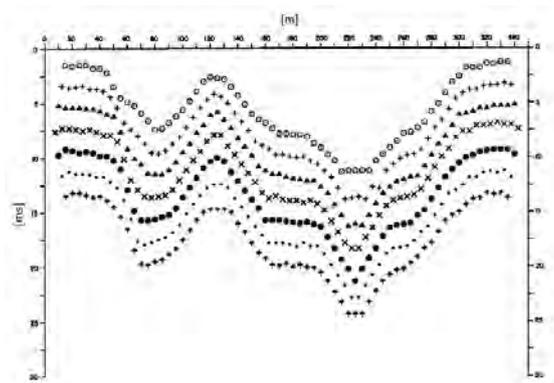
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS - A4
Committente	AM 1-2
Zona	APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	31/05/2021
Via	SP 37
Latitudine	41,821458[°]
Longitudine	15,422899[°]
Altitudine	73.5[m]

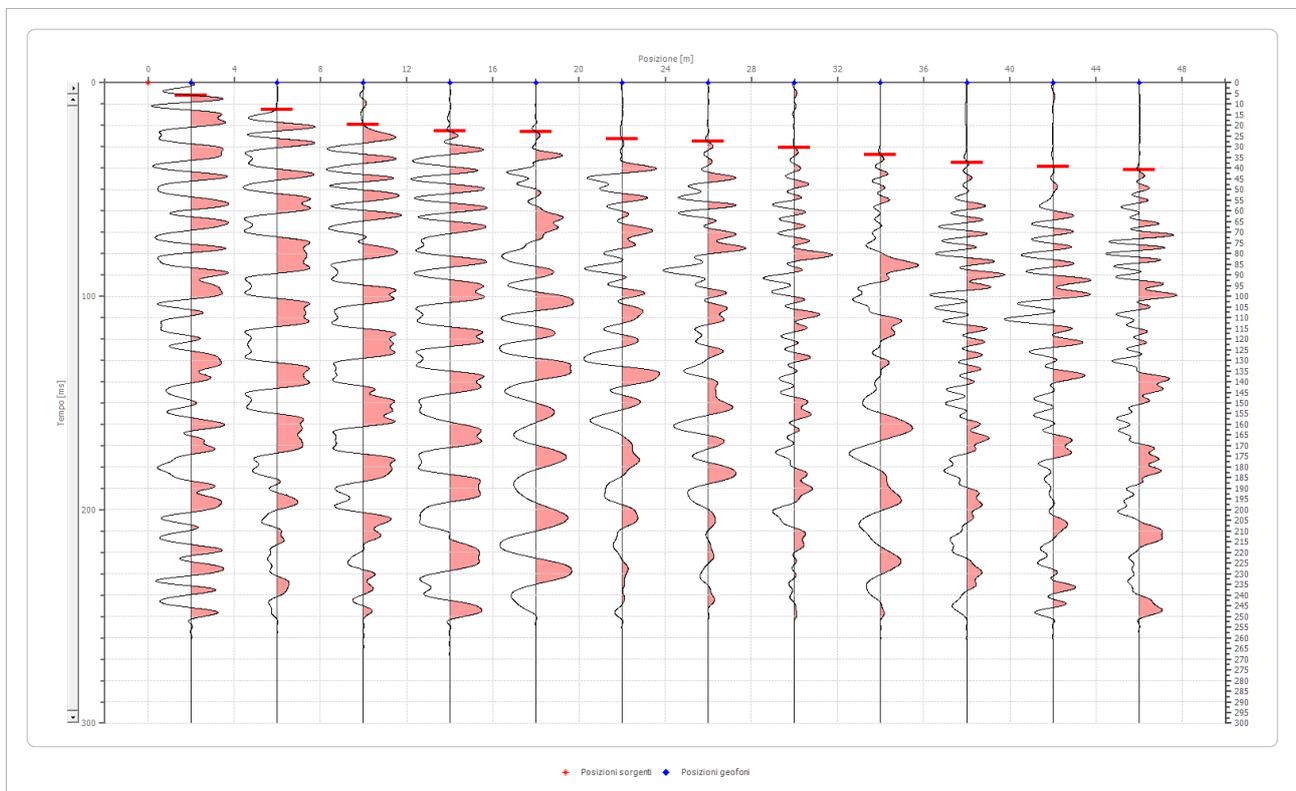
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

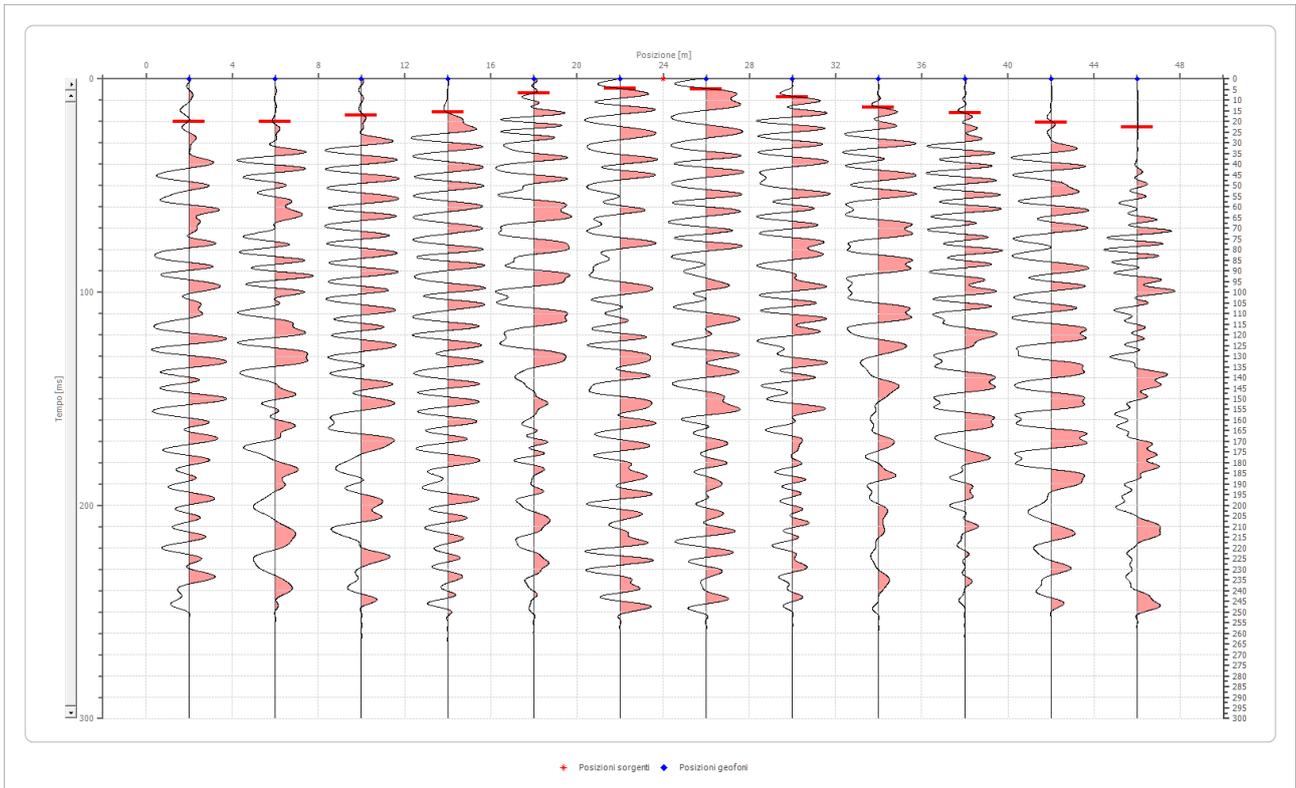


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	5.9333
6.0	12.6082
10.0	19.6539
14.0	22.6205
18.0	22.9913
22.0	26.3288
26.0	27.4413
30.0	30.4079
34.0	33.7454
38.0	37.4536
42.0	39.3078
46.0	40.7911

Battuta 2

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

24 [m]
0 [m]

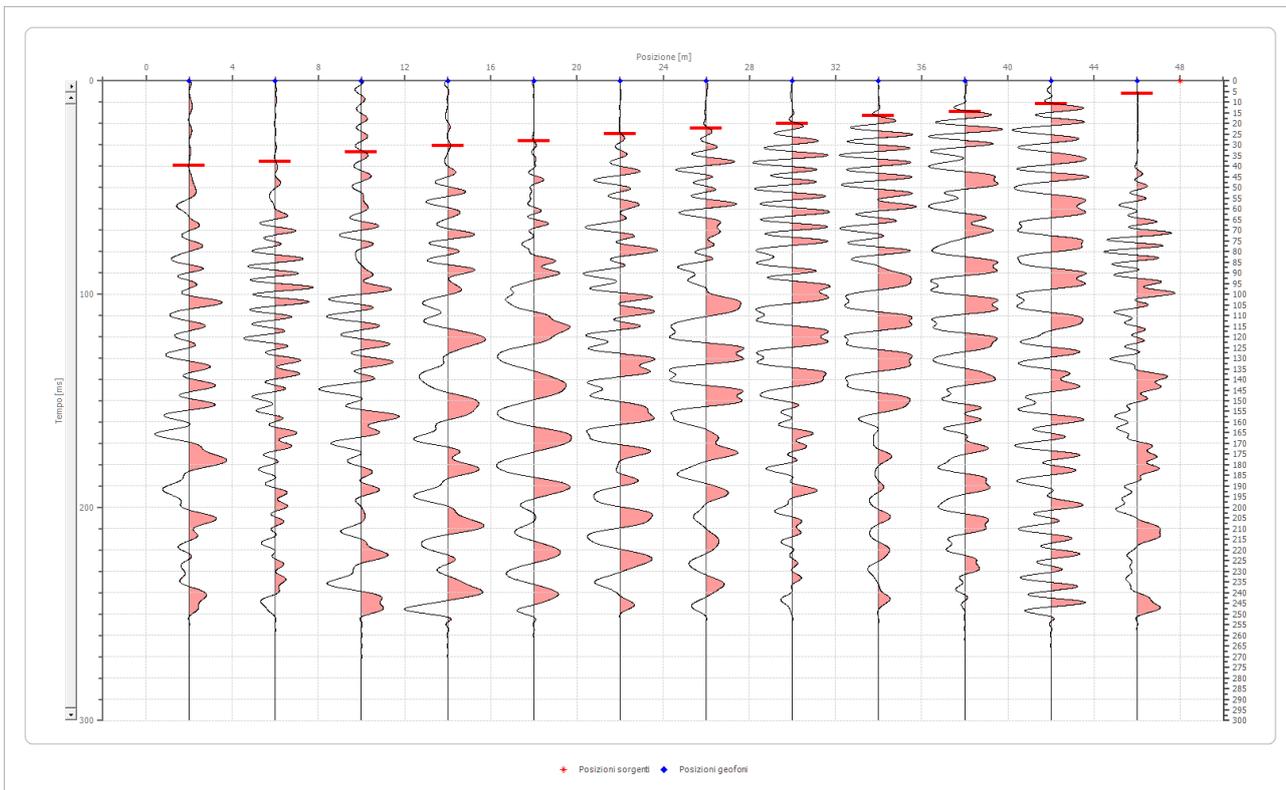


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	20.0247
6.0	20.0000
10.0	17.0581
14.0	15.5748
18.0	6.6749
22.0	4.4499
26.0	4.8208
30.0	8.5290
34.0	13.3498
38.0	15.9456
42.0	20.5000
46.0	22.6205

Battuta 3

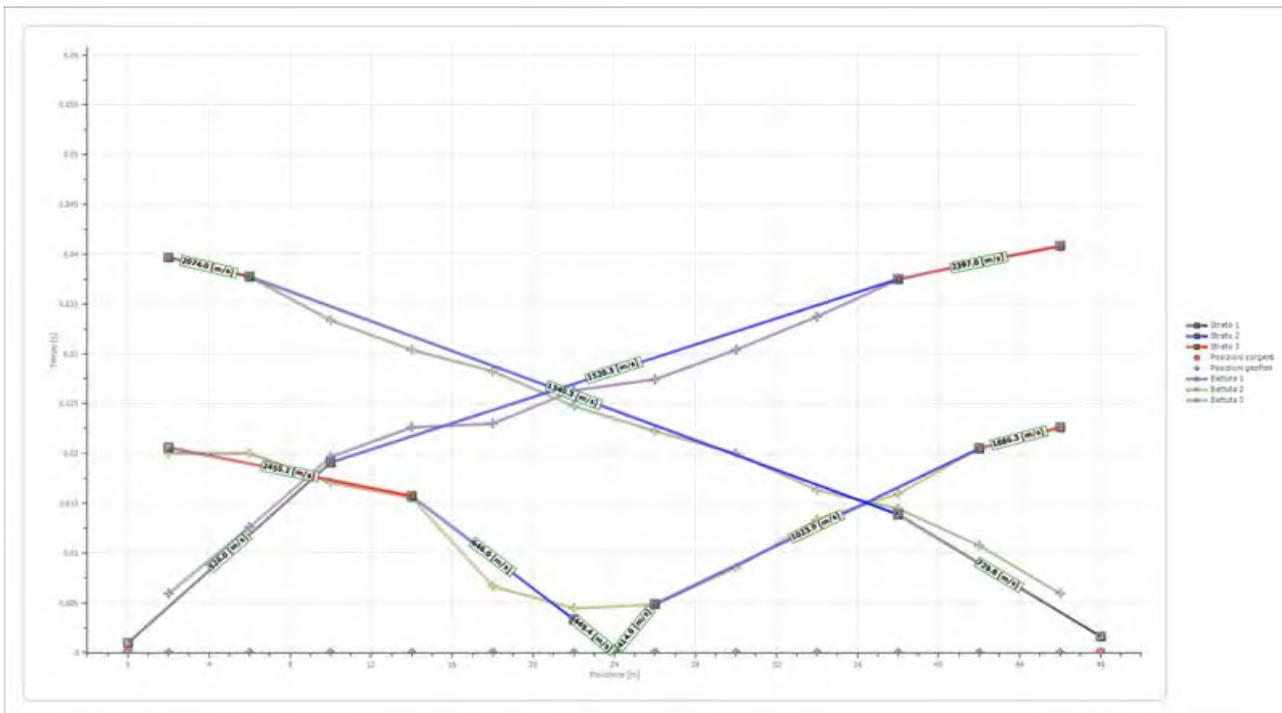
Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

48 [m]
0 [m]

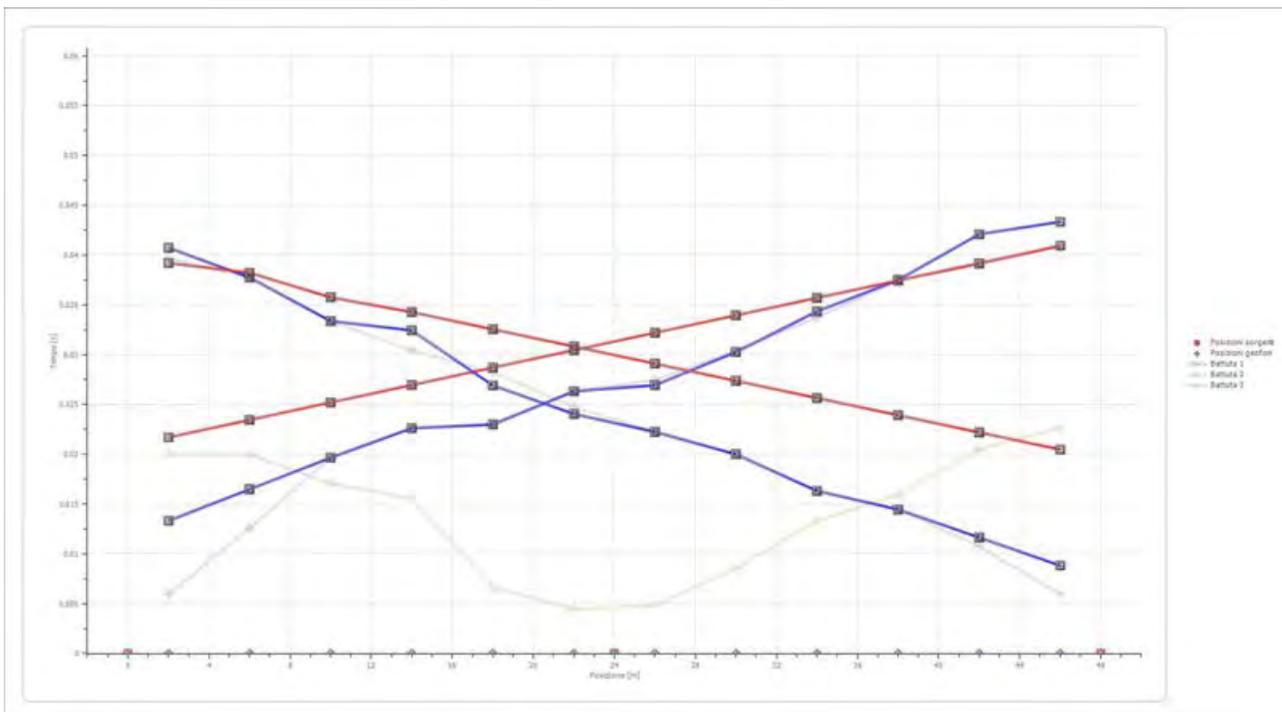


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	39.6786
6.0	37.7500
10.0	33.3745
14.0	30.4079
18.0	28.2500
22.0	24.7500
26.0	22.2500
30.0	20.0000
34.0	16.3164
38.0	14.4623
42.0	10.7540
46.0	5.9333

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G_rR.M.

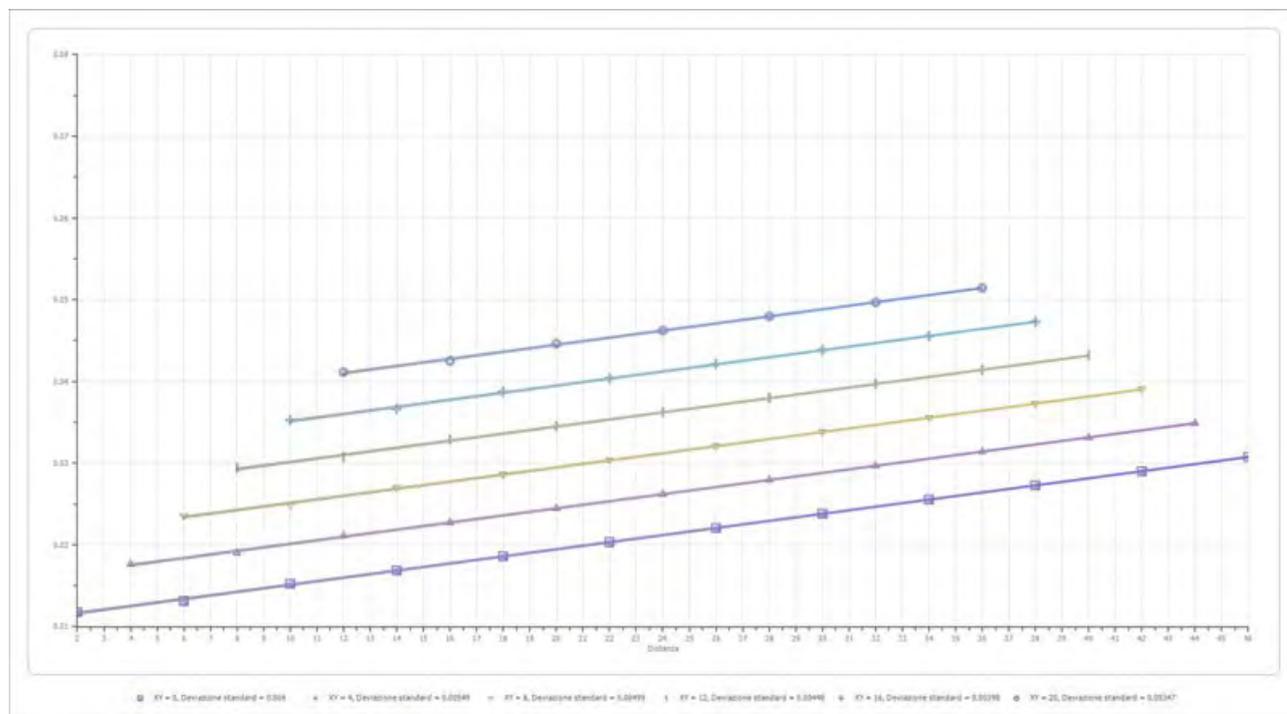
XY: 0

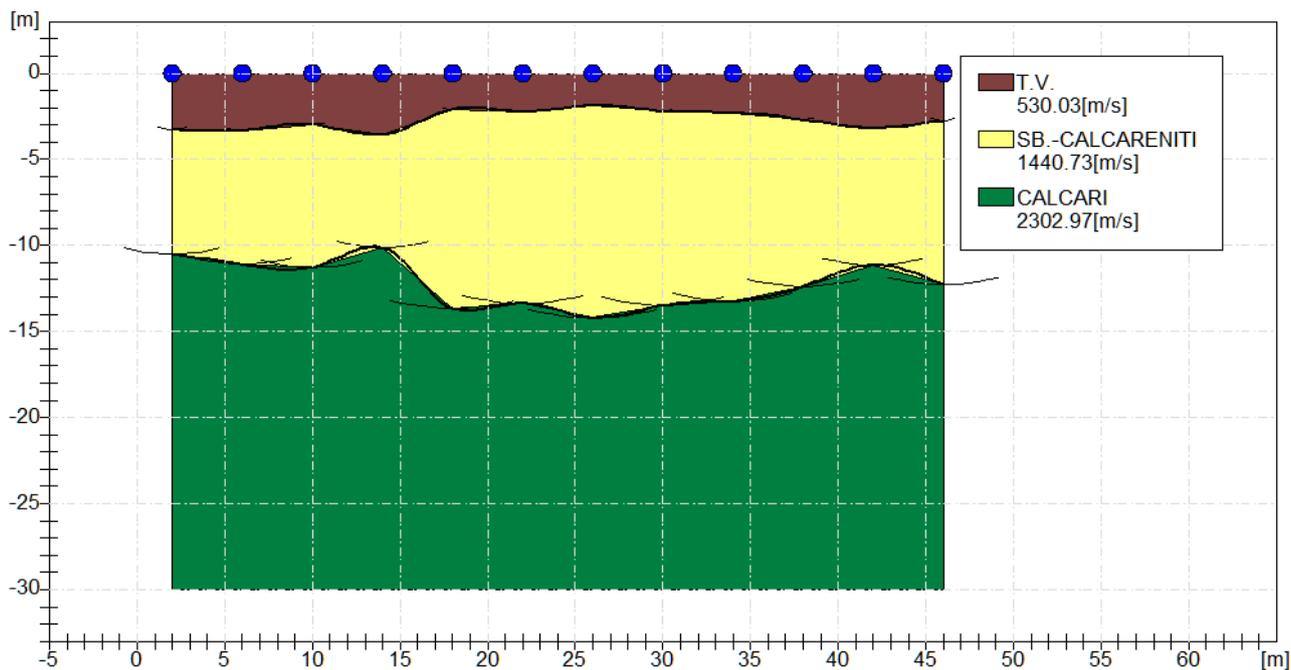
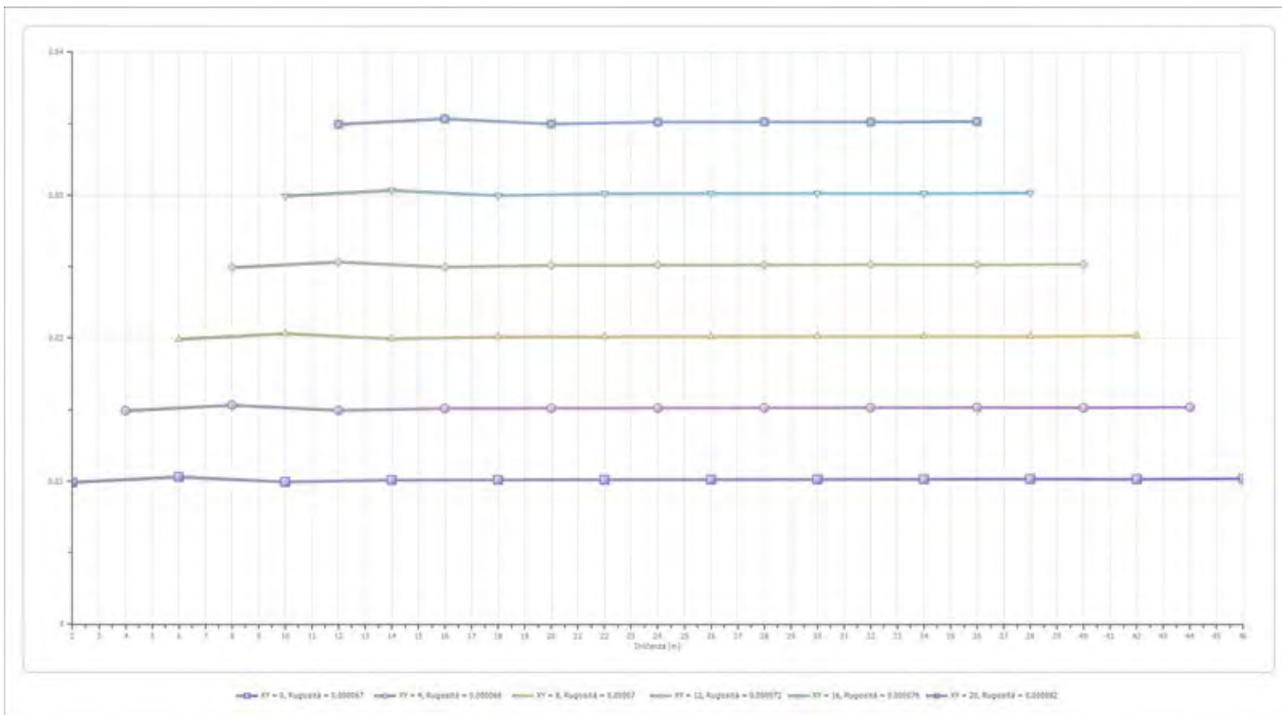
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	3.3	10.5	--
G= 6.0 [m]	3.3	11.1	--
G= 10.0 [m]	3.0	11.3	--
G= 14.0 [m]	3.6	10.1	--
G= 18.0 [m]	2.1	13.7	--
G= 22.0 [m]	2.2	13.4	--
G= 26.0 [m]	1.9	14.2	--
G= 30.0 [m]	2.2	13.5	--
G= 34.0 [m]	2.3	13.2	--
G= 38.0 [m]	2.7	12.4	--
G= 42.0 [m]	3.2	11.1	--
G= 46.0 [m]	2.7	12.3	--
Velocità [m/sec]	530.0	1440.7	2303.0
Descrizione	T.V.	SB.-CALCARENITI	CALCARI

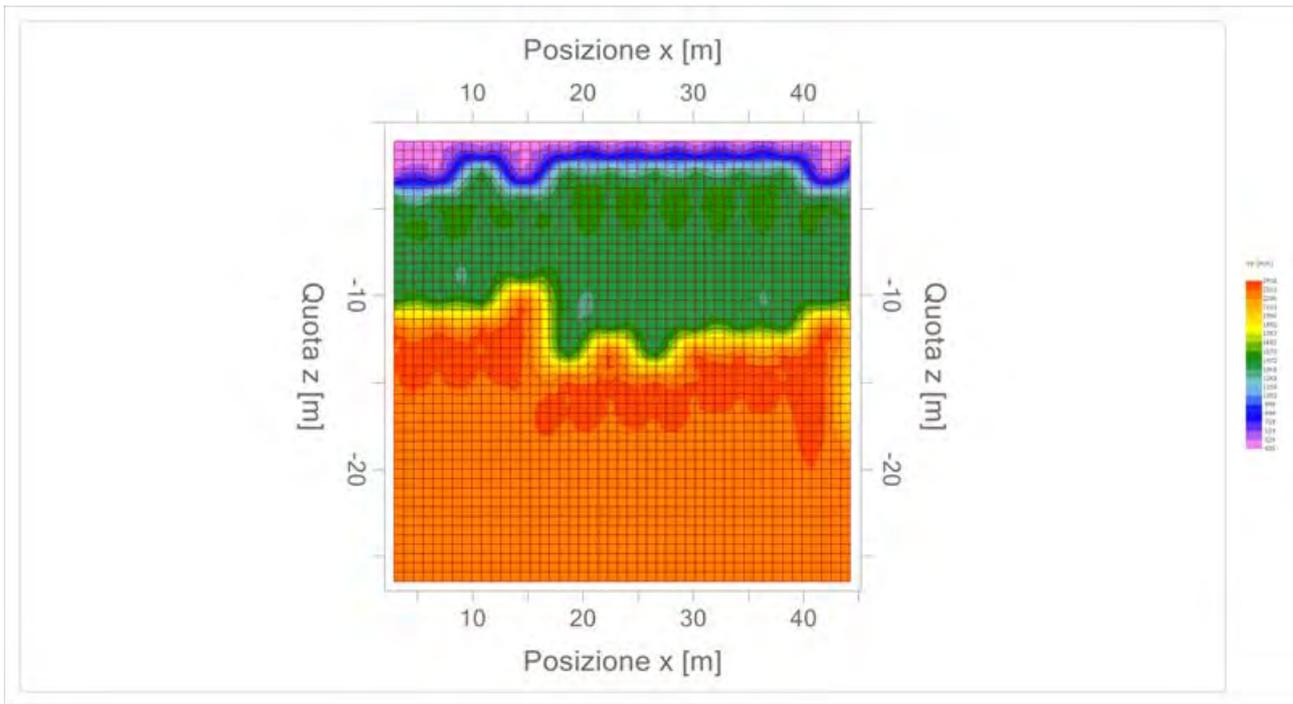
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.46	0.40	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	2000.00	2200.00
Vp [m/s]	530.03	1440.73	2302.97
Vs [m/s]	144.26	588.18	1106.31
G0 [MPa]	37.46	691.90	2692.63
Ed [Mpa]	505.67	4151.42	11668.07
M0 [MPa]	468.22	3459.52	8975.44
Ey [Mpa]	109.38	1937.33	7270.11

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS-A7

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

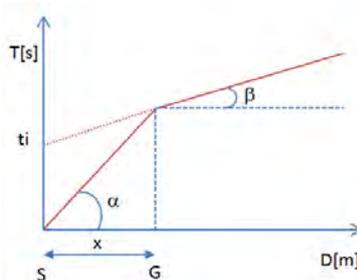
$$T = x_i / V_1$$

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

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

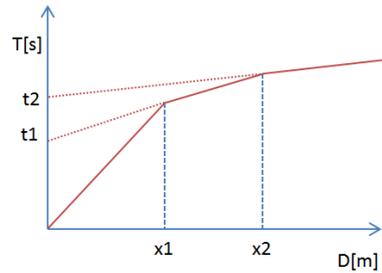
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

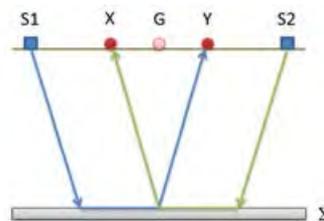


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

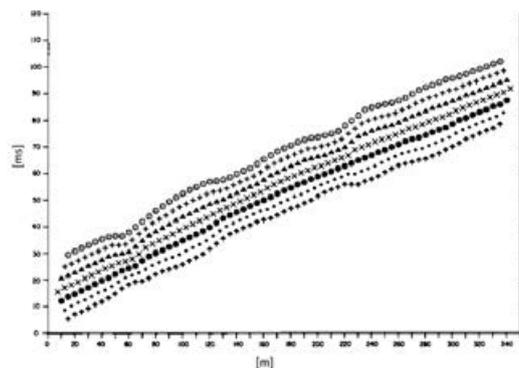
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

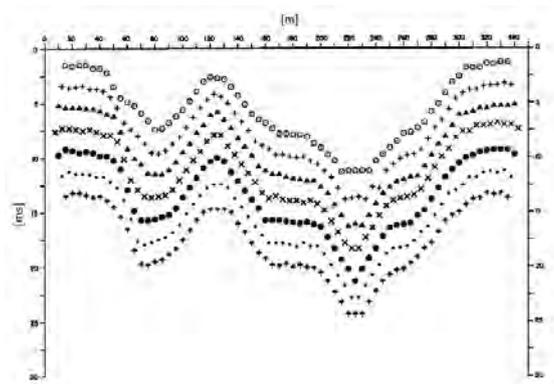
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS-A7
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	ZONA TRE FOFTE
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	24/07/2022
Via	via Italia, Roma
Latitudine	15,4241750°E[°]
Longitudine	41,8157644°N[°]
Altitudine	200.7[m]

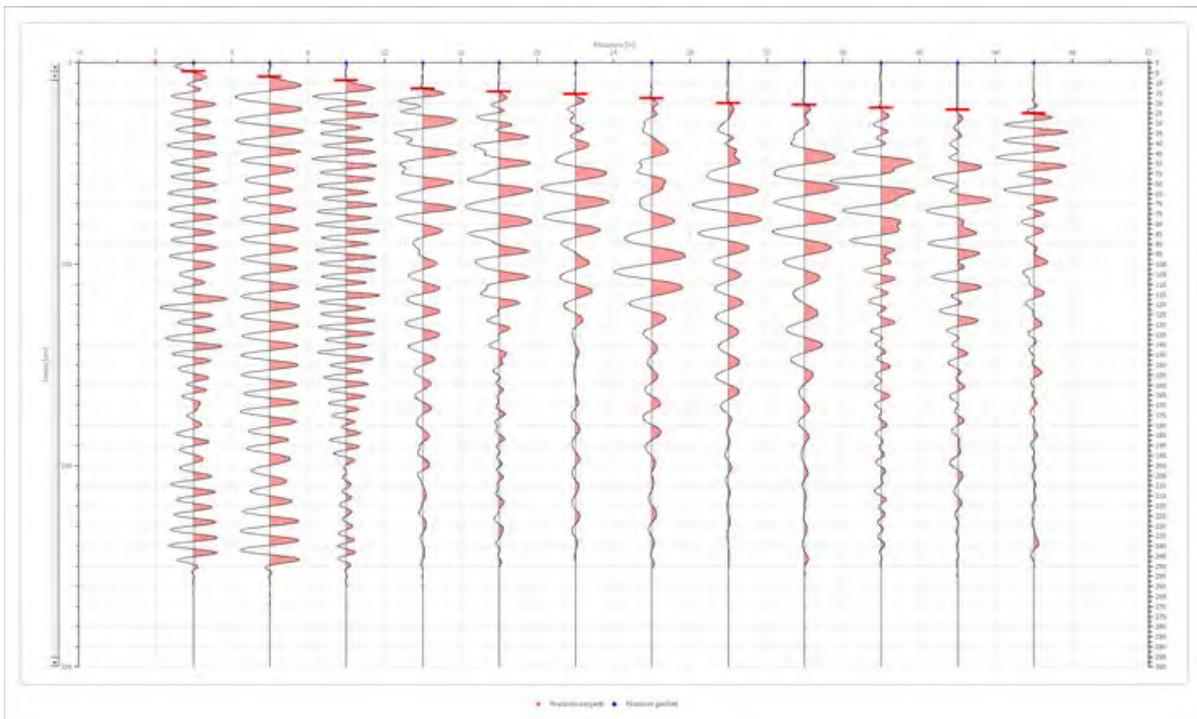
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

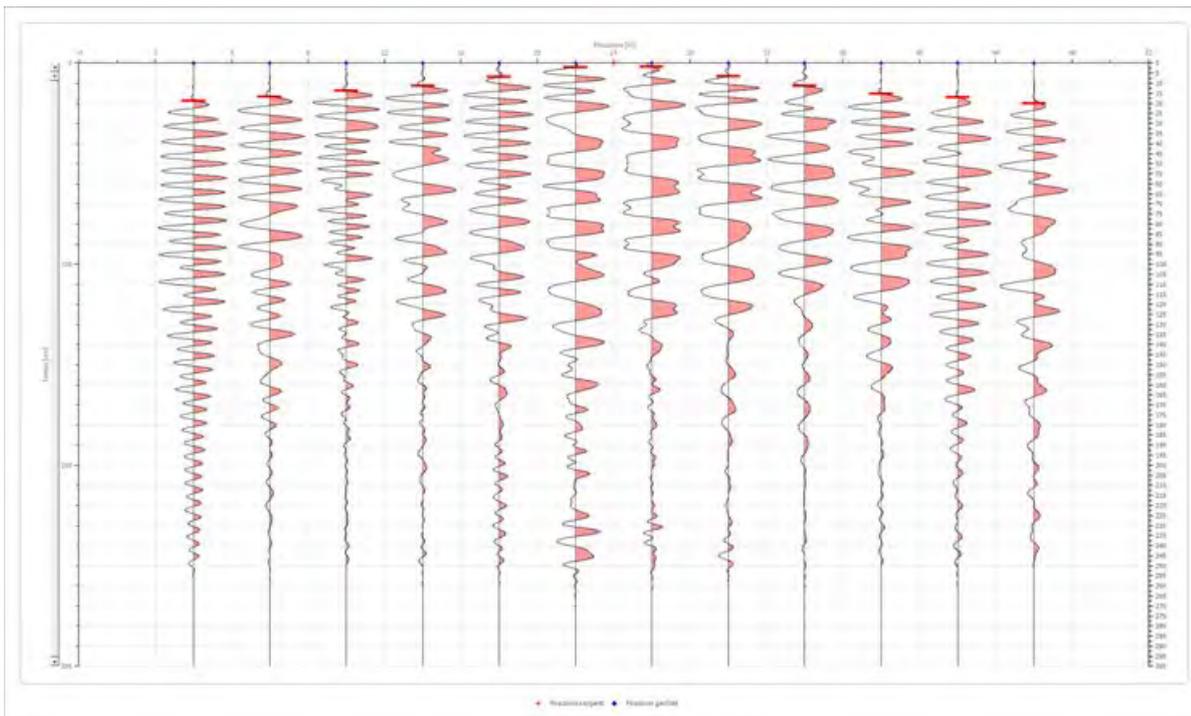
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	4.1708
6.0	6.8520
10.0	8.6395
14.0	12.8103
18.0	14.2999
22.0	15.4916
26.0	17.5770
30.0	20.0000
34.0	20.8750
38.0	22.3436
42.0	23.2373
46.0	25.0248

Battuta 2

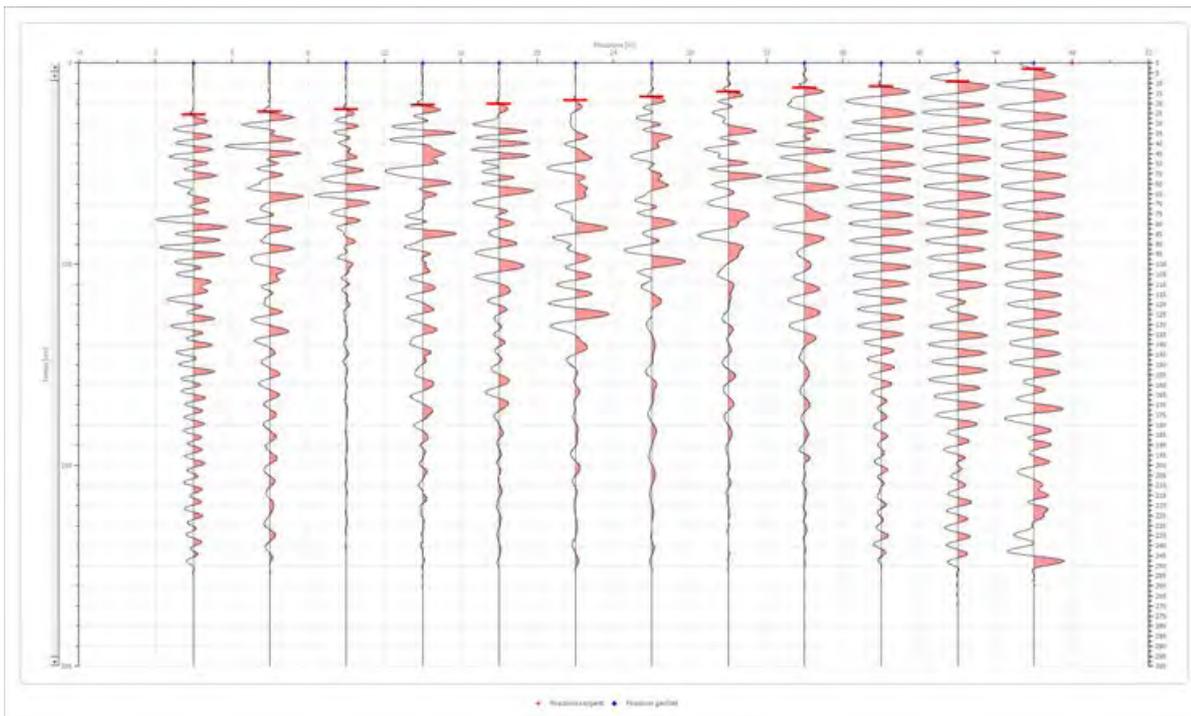
Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	18.7686
6.0	16.6832
10.0	13.7041
14.0	11.3208
18.0	6.8520
22.0	2.0854
26.0	1.7875
30.0	6.5541
34.0	11.3208
38.0	15.1936
42.0	16.9811
46.0	20.0000

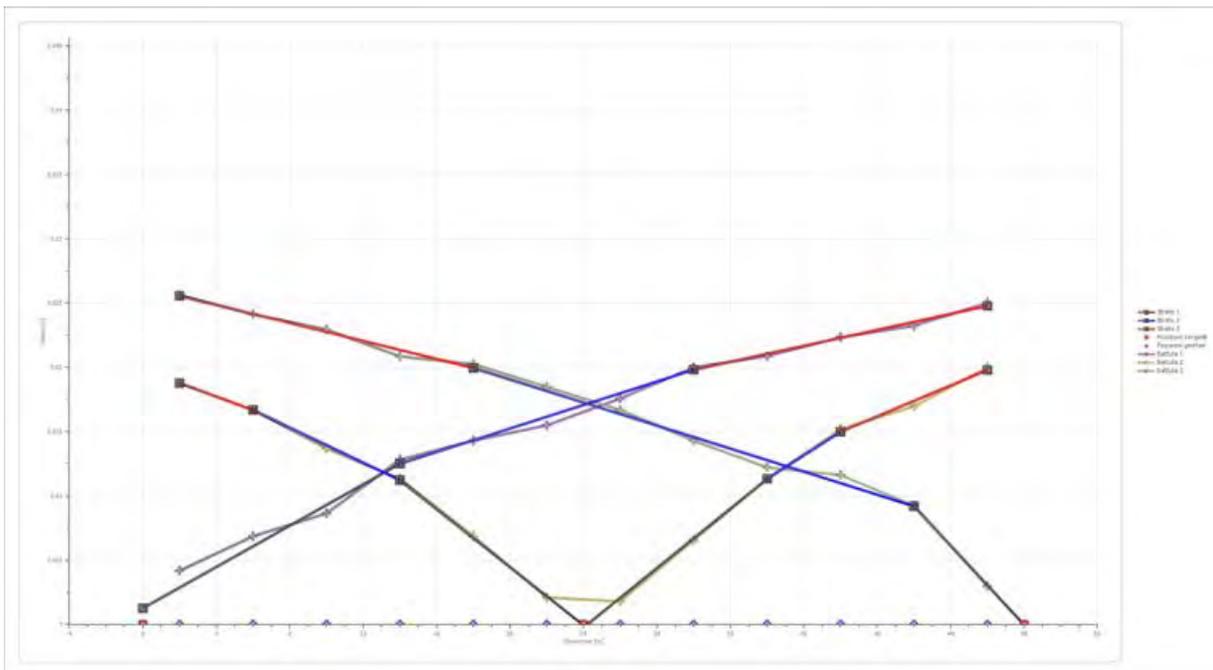
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

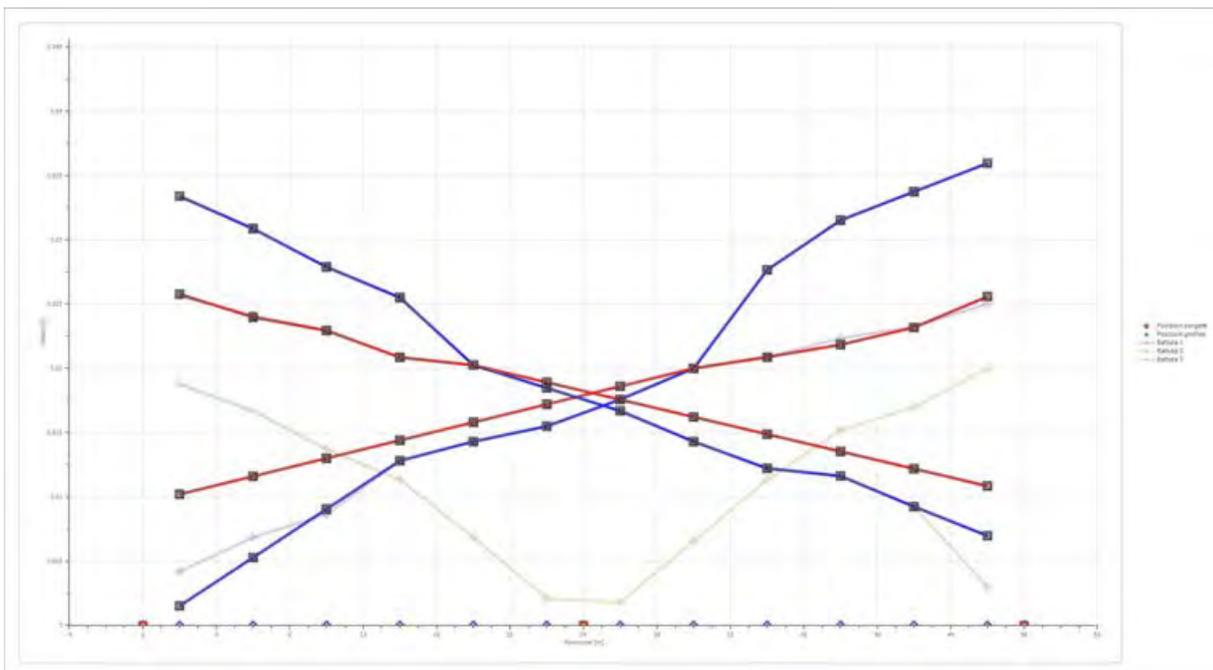


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	25.6207
6.0	24.1311
10.0	22.9394
14.0	20.8540
18.0	20.2500
22.0	18.4707
26.0	16.6832
30.0	14.2999
34.0	12.2145
38.0	11.6187
42.0	9.2354
46.0	2.9791

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G_rR.M.

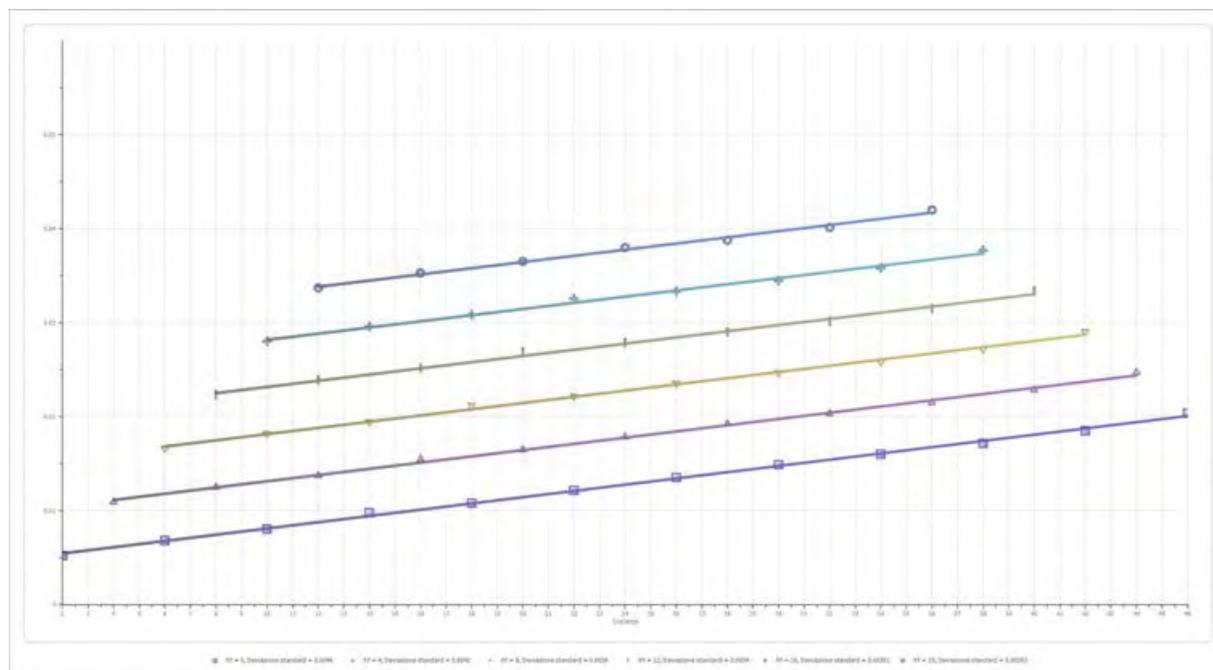
XY: 0

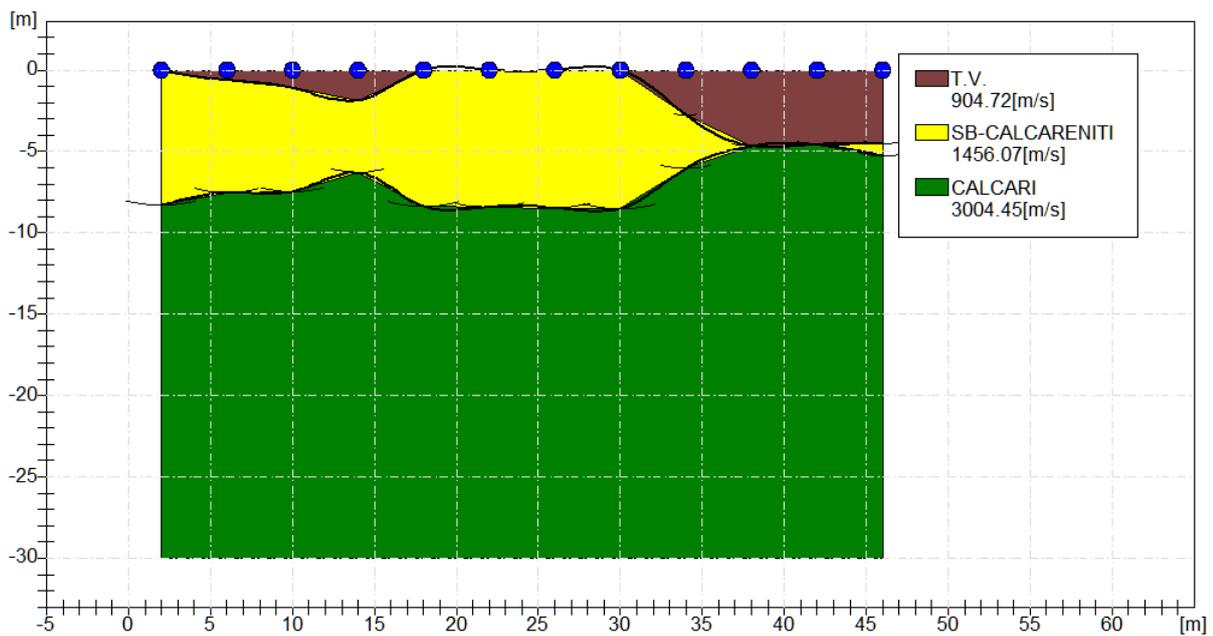
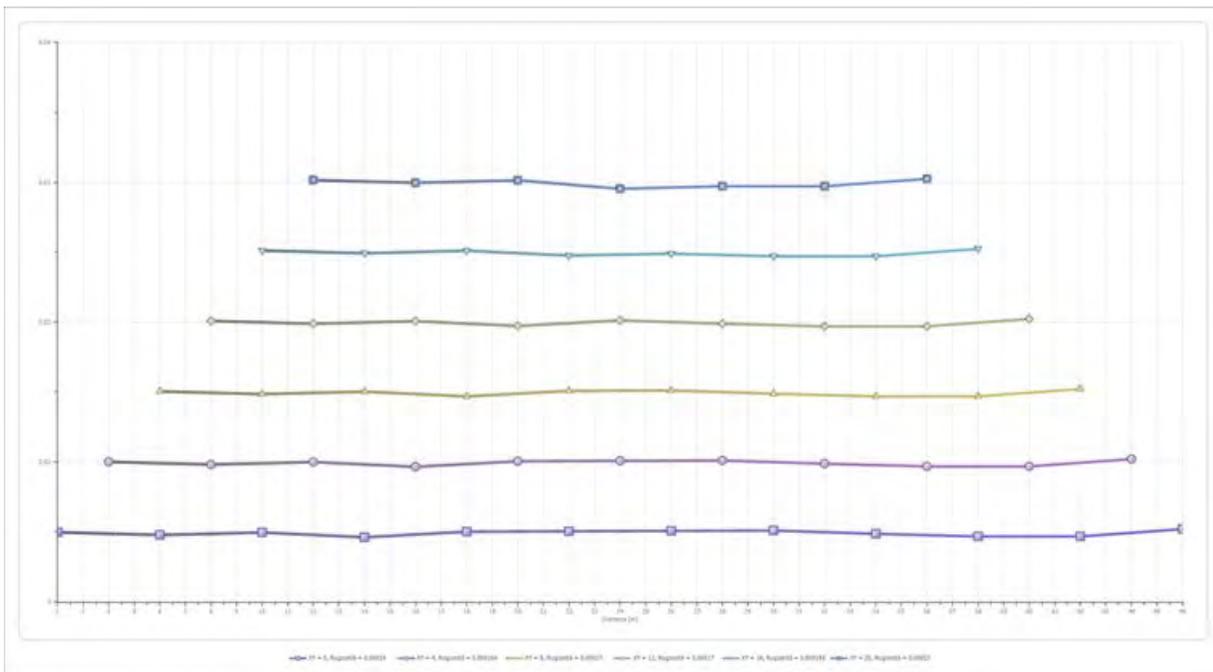
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.0	8.3	--
G= 6.0 [m]	0.6	7.5	--
G= 10.0 [m]	1.1	7.5	--
G= 14.0 [m]	1.9	6.3	--
G= 18.0 [m]	0.0	8.4	--
G= 22.0 [m]	0.0	8.4	--
G= 26.0 [m]	0.0	8.5	--
G= 30.0 [m]	0.0	8.5	--
G= 34.0 [m]	2.8	6.0	--
G= 38.0 [m]	4.7	4.7	--
G= 42.0 [m]	4.6	4.6	--
G= 46.0 [m]	4.5	5.3	--
Velocità [m/sec]	904.7	1456.1	3004.5
Descrizione	T.V.	SB-CALCARENITI	CALCARI

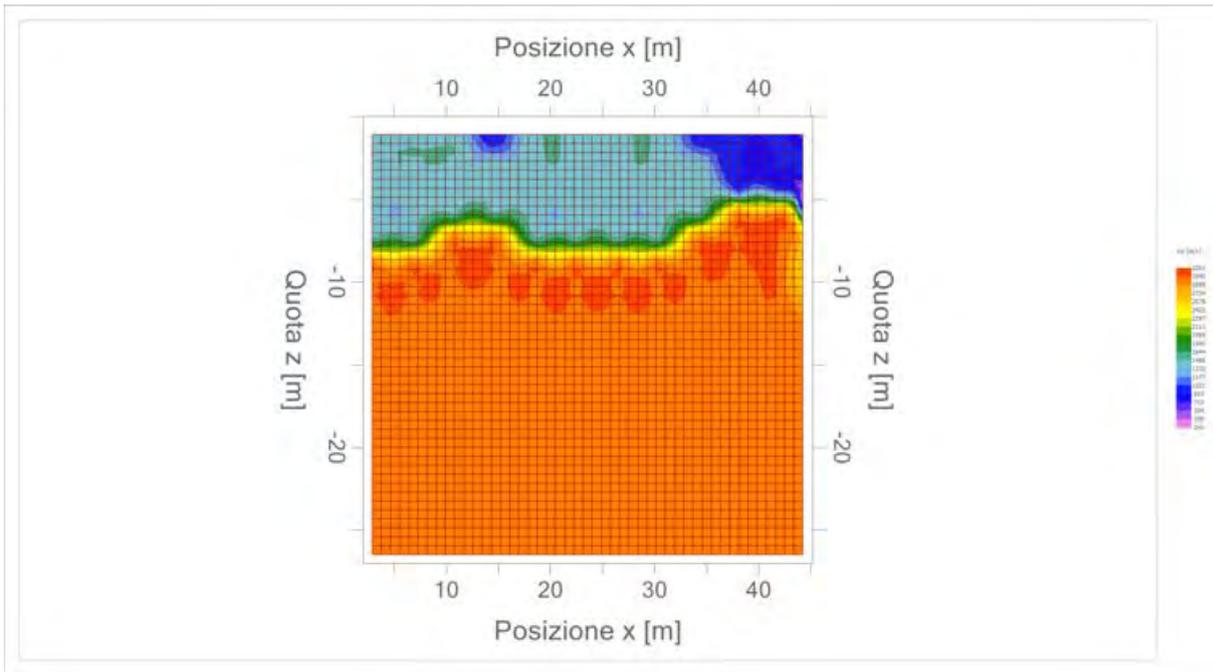
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.38	0.35	0.30
Densità [kg/m ³]	1700.00	1900.00	2000.00
Vp [m/s]	904.72	1456.07	3004.45
Vs [m/s]	398.02	699.47	1605.95
G0 [MPa]	269.32	929.60	5158.13
Ed [Mpa]	1391.48	4028.25	18053.46
M0 [MPa]	1122.16	3098.66	12895.33
Ey [Mpa]	743.32	2509.91	13411.14

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS-A8

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

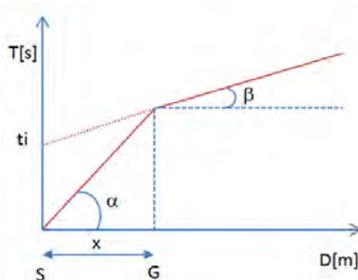
$$T = x_i / V_1$$

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

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

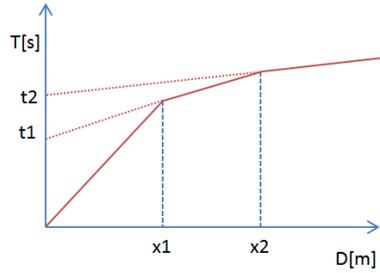
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

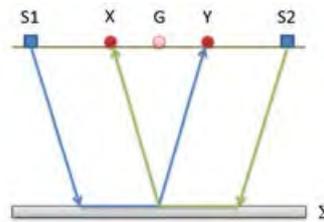


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

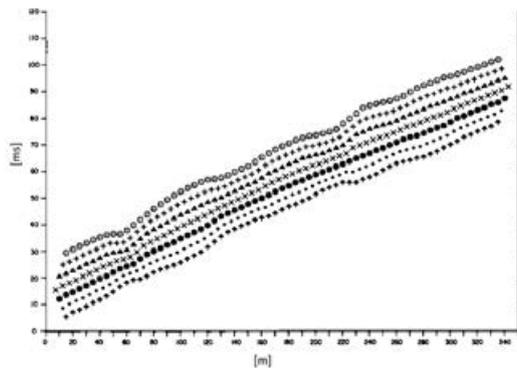
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

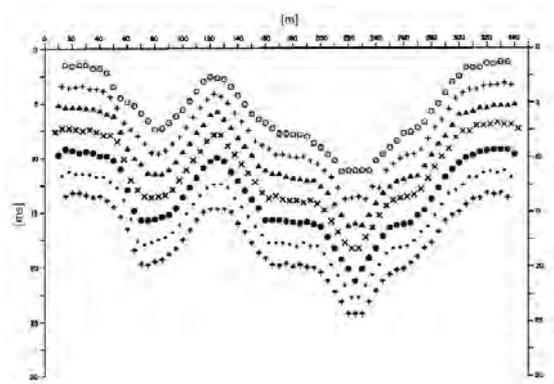
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS-A8
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	03/06/2021
Via	TRE FOSSE
Latitudine	41,813511[°]
Longitudine	15,428939[°]
Altitudine	116.3[m]

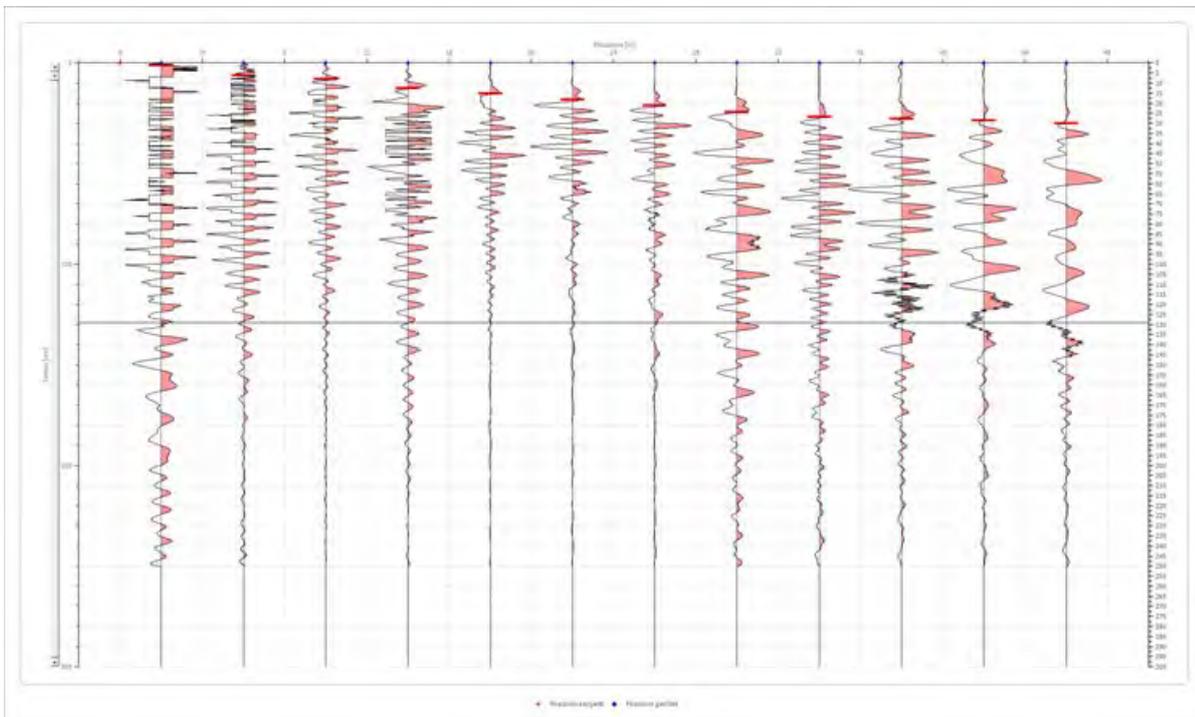
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

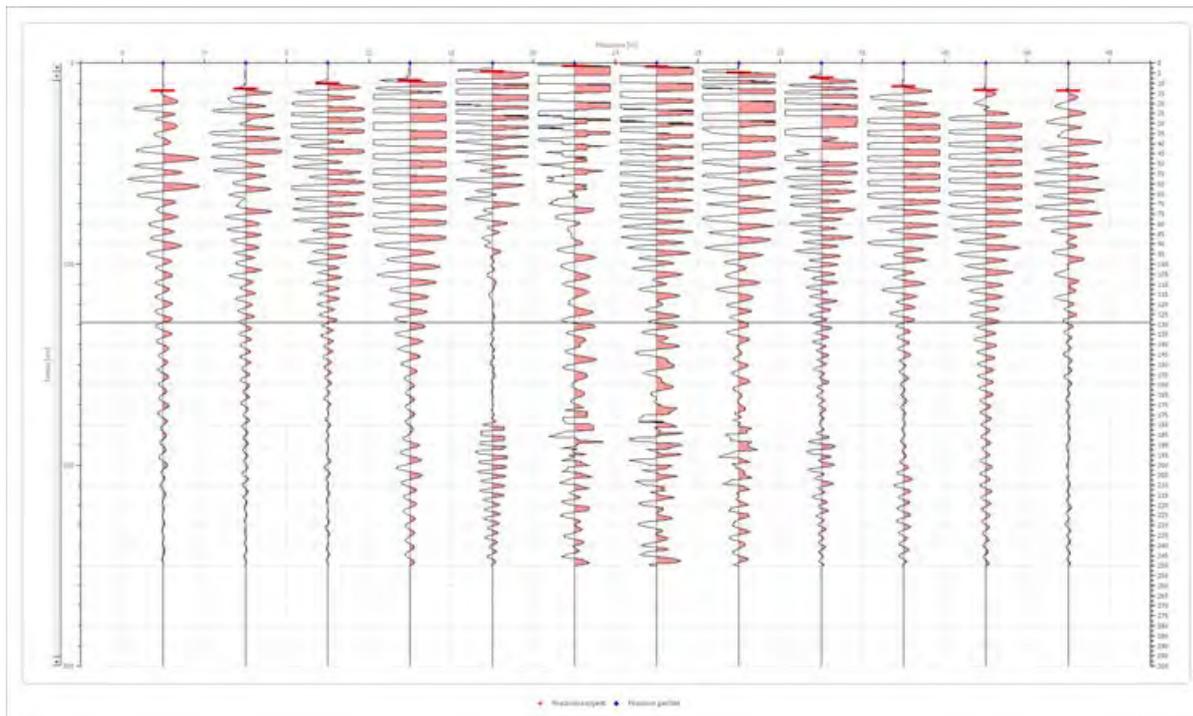


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	1.1129
6.0	6.2588
10.0	8.0470
14.0	12.5176
18.0	15.2000
22.0	18.1804
26.0	21.1607
30.0	24.4392
34.0	26.8235
38.0	27.7176
42.0	28.6117
46.0	30.1019

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

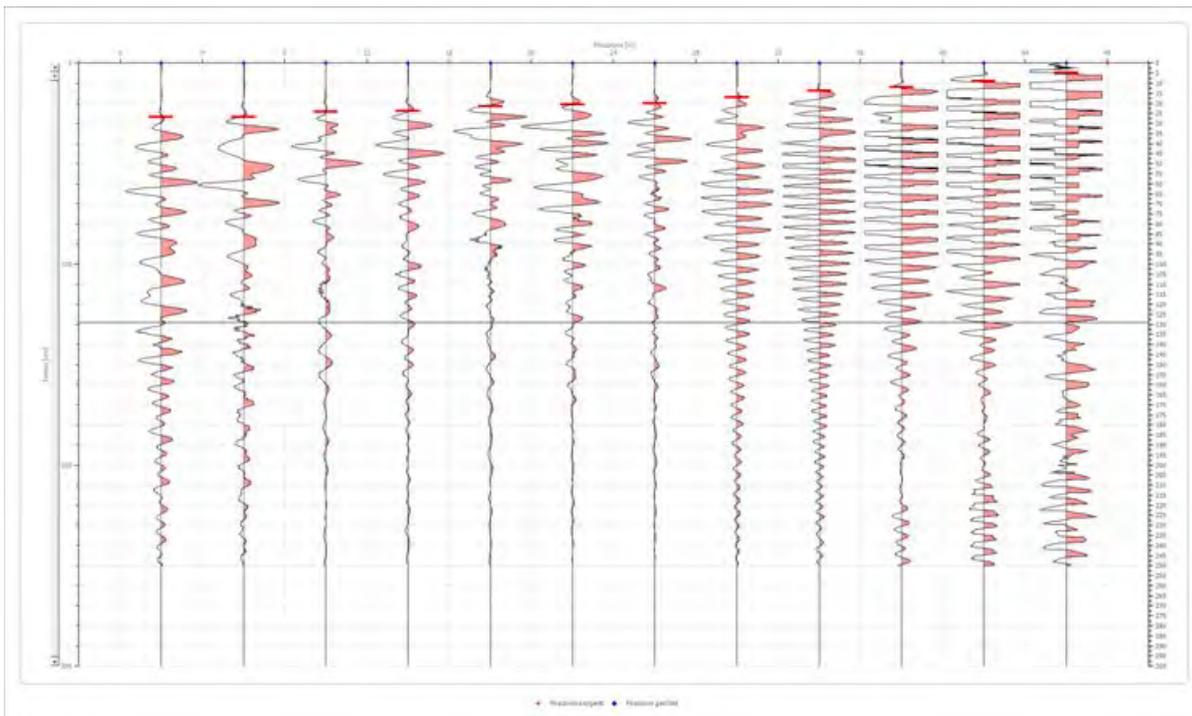


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	13.7098
6.0	12.8157
10.0	10.1333
14.0	8.6431
18.0	4.1725
22.0	1.4839
26.0	1.8549
30.0	4.8228
34.0	7.0487
38.0	11.5005
42.0	13.3554
46.0	13.7098

Battuta 3

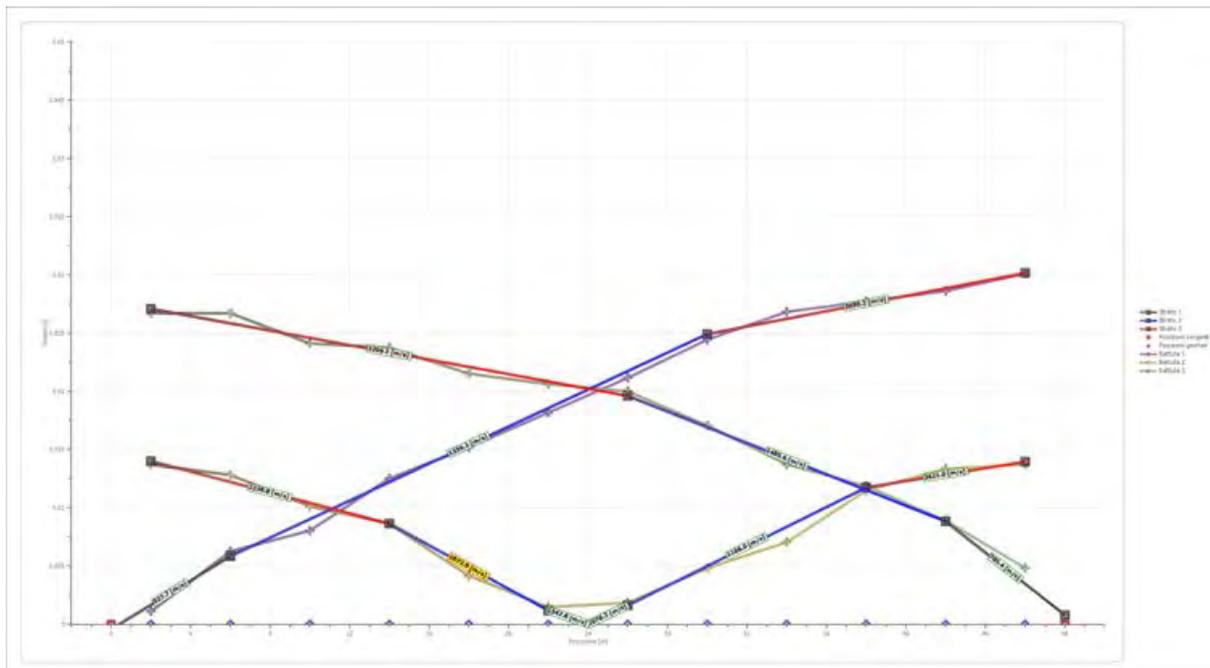
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

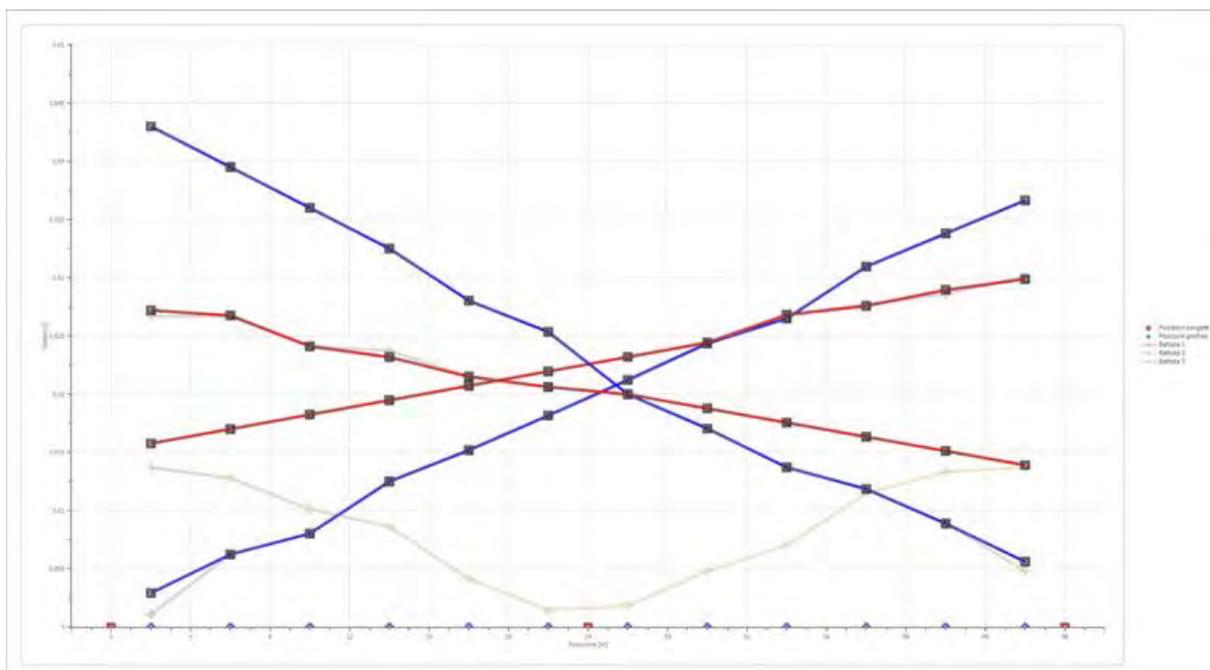


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	26.7108
6.0	26.7108
10.0	24.1139
14.0	23.7429
18.0	21.5170
22.0	20.6250
26.0	20.0000
30.0	17.0652
34.0	13.7264
38.0	11.8714
42.0	8.9036
46.0	4.8228

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

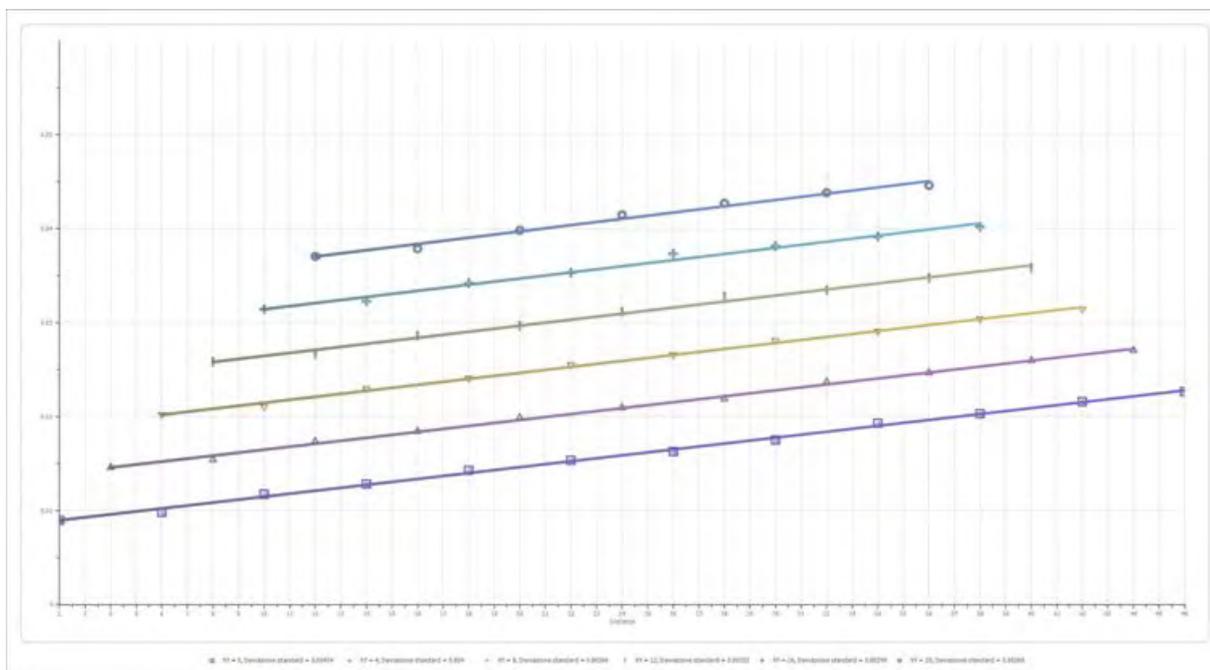
XY: 0

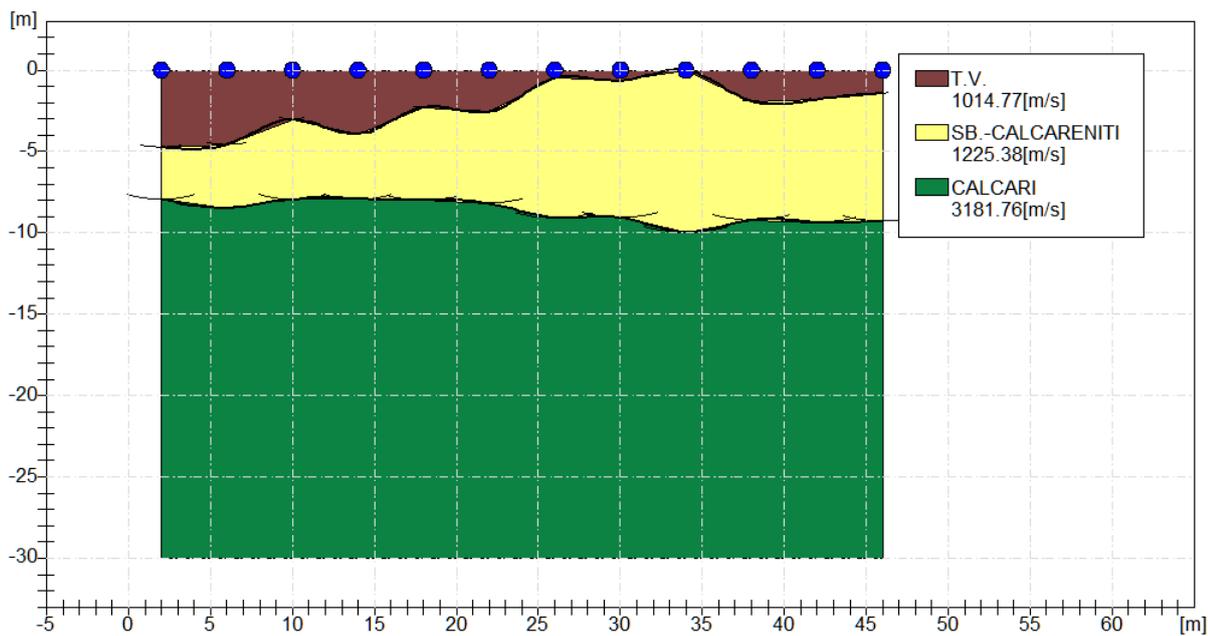
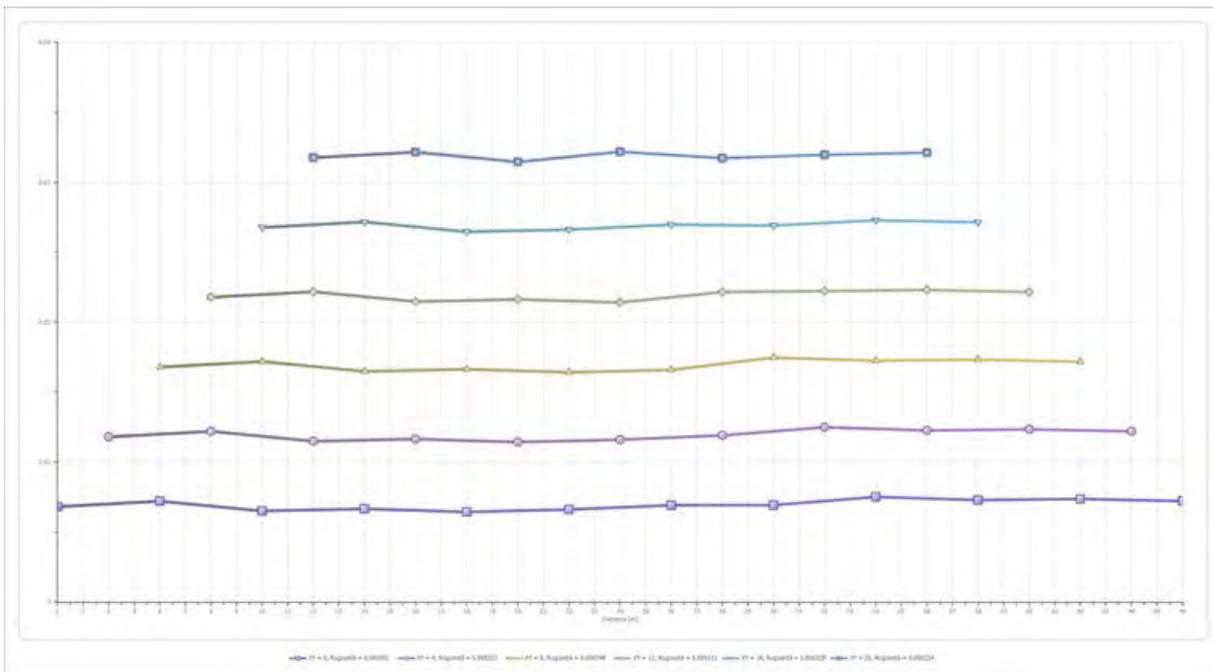
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	4.7	7.9	--
G= 6.0 [m]	4.6	8.5	--
G= 10.0 [m]	3.0	7.9	--
G= 14.0 [m]	3.9	7.9	--
G= 18.0 [m]	2.3	8.0	--
G= 22.0 [m]	2.6	8.2	--
G= 26.0 [m]	0.5	9.1	--
G= 30.0 [m]	0.7	9.1	--
G= 34.0 [m]	0.0	10.0	--
G= 38.0 [m]	1.9	9.2	--
G= 42.0 [m]	1.8	9.4	--
G= 46.0 [m]	1.4	9.3	--
Velocità [m/sec]	1014.8	1225.4	3181.8
Descrizione	T.V.	SB.-CALCARENITI	CALCARI

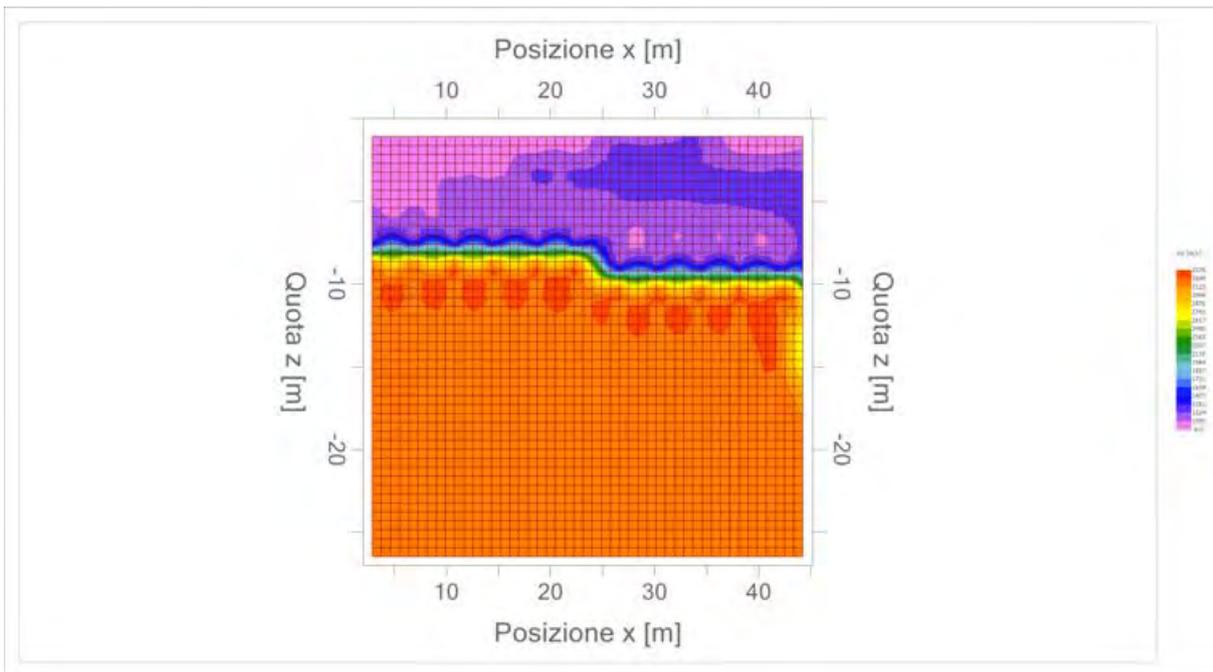
Altri parametri geotecnici

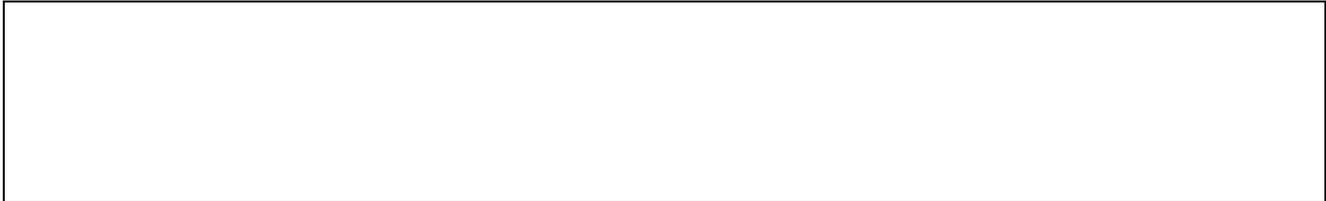
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.38	0.35	0.30
Densità [kg/m³]	1700.00	1900.00	2200.00
Vp [m/s]	1014.77	1225.38	3181.76
Vs [m/s]	446.44	588.65	1700.72
G0 [MPa]	338.83	658.37	6363.40
Ed [Mpa]	1750.61	2852.95	22271.91
M0 [MPa]	1411.78	2194.57	15908.51
Ey [Mpa]	935.16	1777.60	16544.85

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS B-1

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

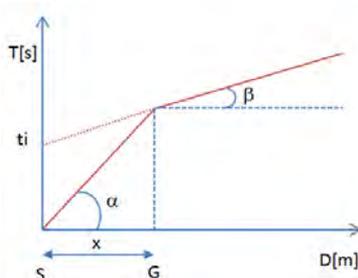
$$T = x_i / V_1$$

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

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

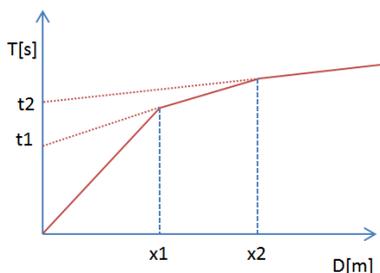
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

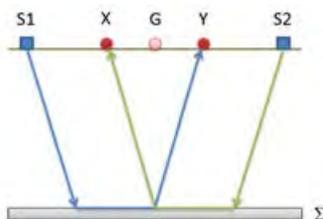


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

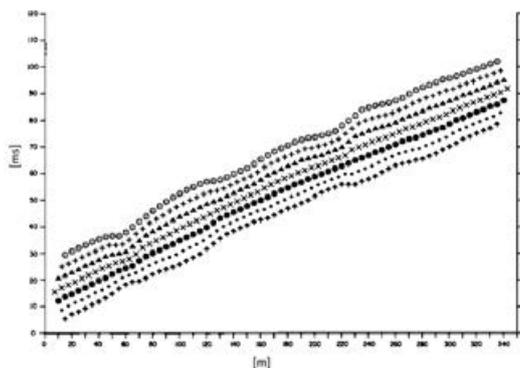
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

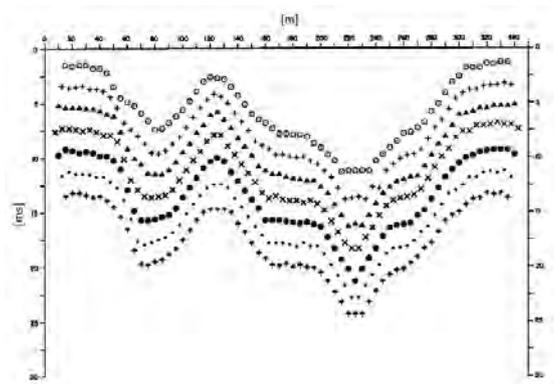
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS B-1
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	31/05/2021
Via	SP 37
Latitudine	41,806847[°]
Longitudine	15,404408[°]
Altitudine	122.5[m]

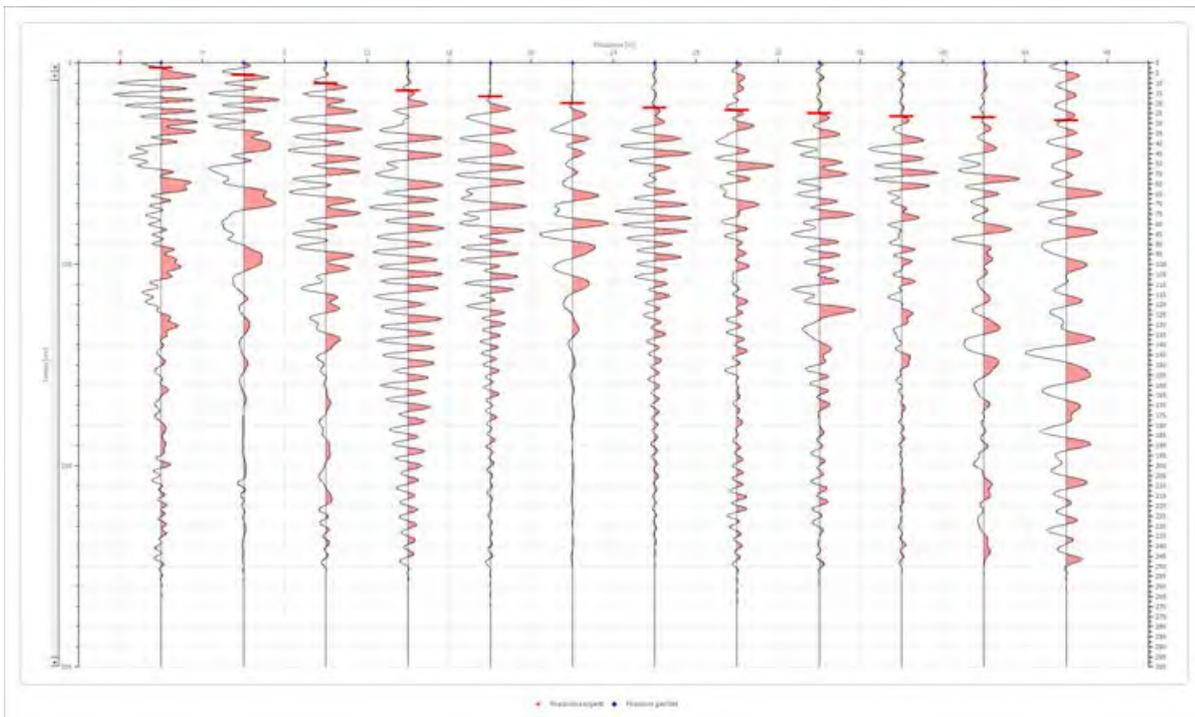
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z Non un numero reale [m]

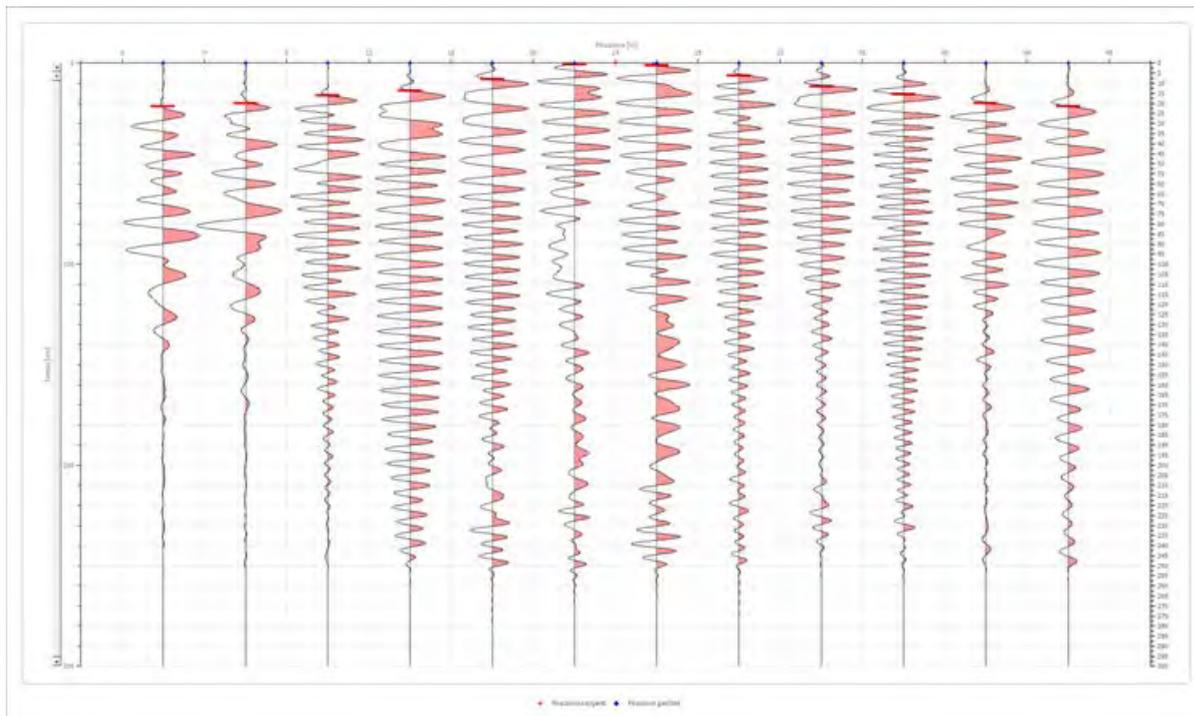


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	2.3833
6.0	5.9583
10.0	10.1291
14.0	13.7041
18.0	16.6832
22.0	20.0000
26.0	22.3750
30.0	23.5353
34.0	25.1250
38.0	26.5000
42.0	27.1102
46.0	28.5998

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

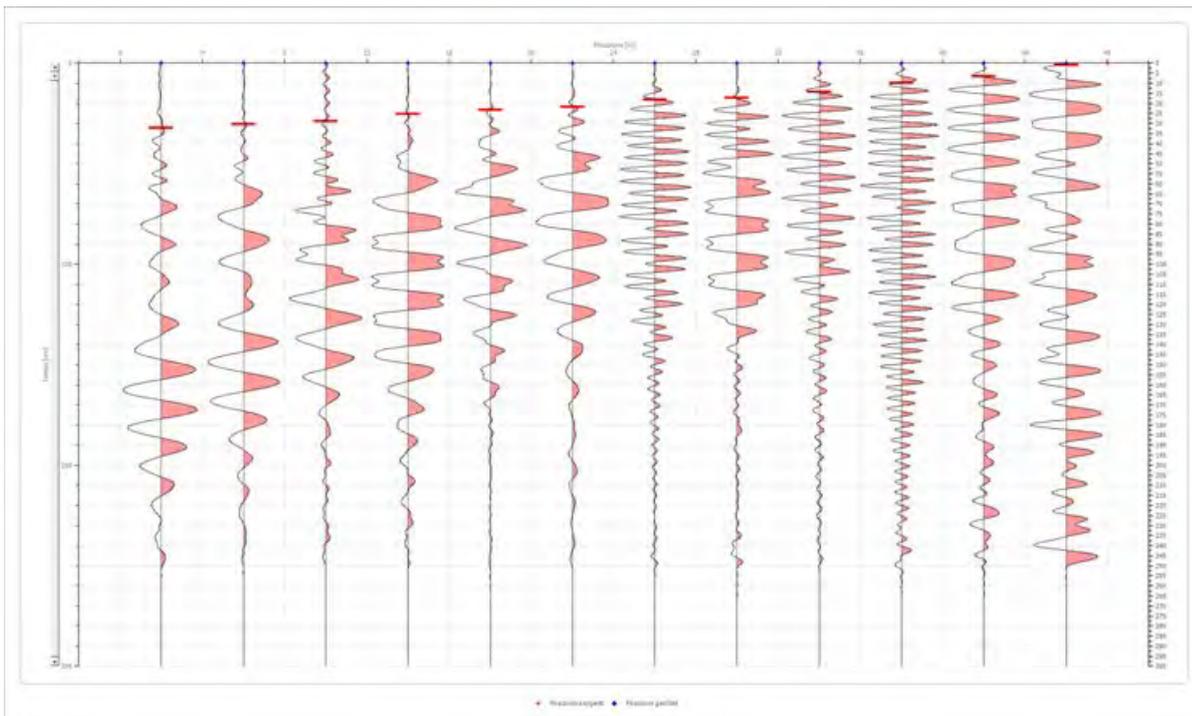
24 [m]
 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	21.4499
6.0	20.0000
10.0	16.0874
14.0	13.7041
18.0	8.0437
22.0	0.5958
26.0	1.1917
30.0	6.2562
34.0	11.6187
38.0	15.4916
42.0	20.0000
46.0	21.4499

Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	32.2500
6.0	30.3873
10.0	28.8977
14.0	25.3227
18.0	23.2373
22.0	21.6250
26.0	18.1728
30.0	17.2790
34.0	14.2999
38.0	9.8312
42.0	6.5541
46.0	0.8937

Interpretazione col metodo G.,R.M.

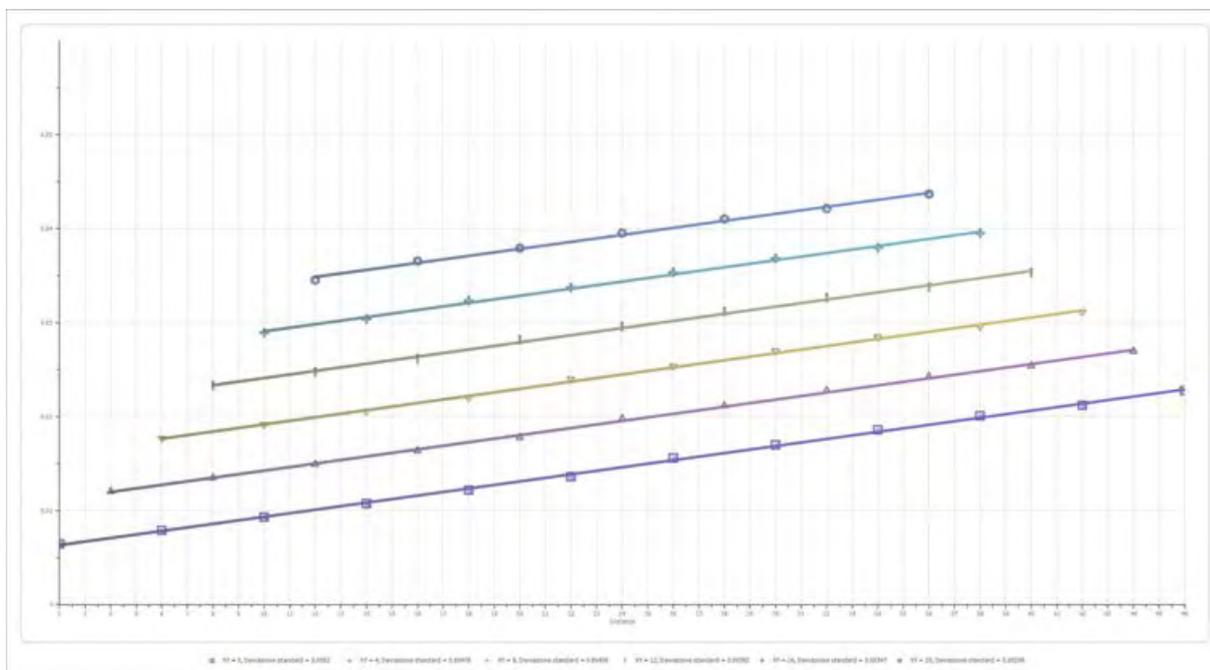
XY: 0

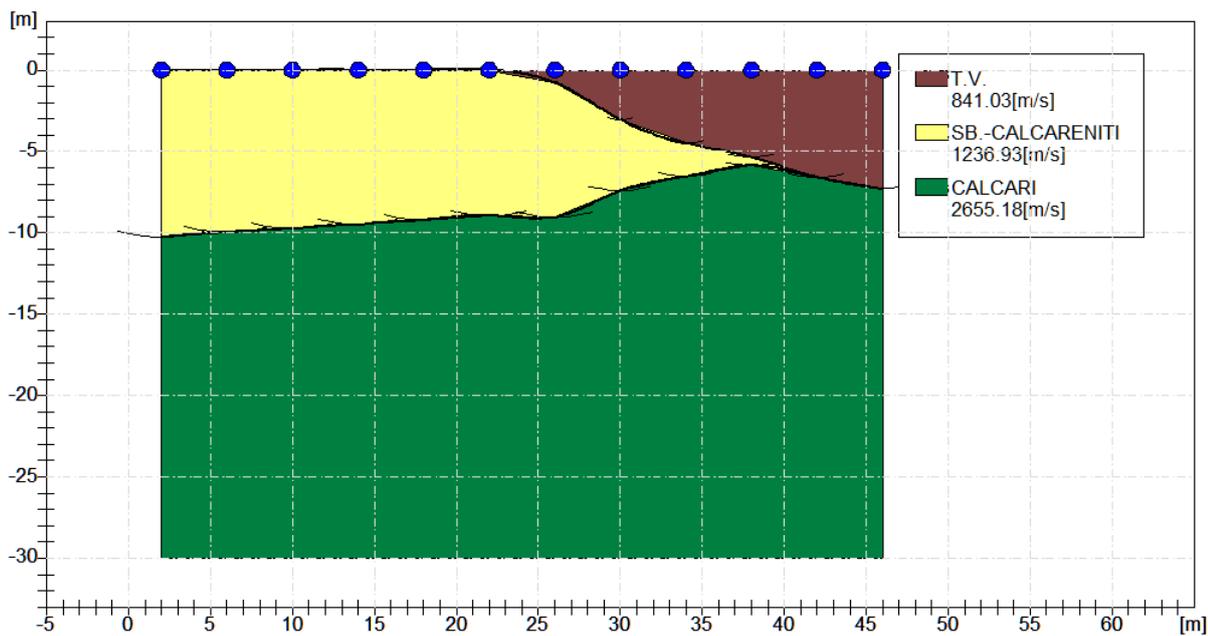
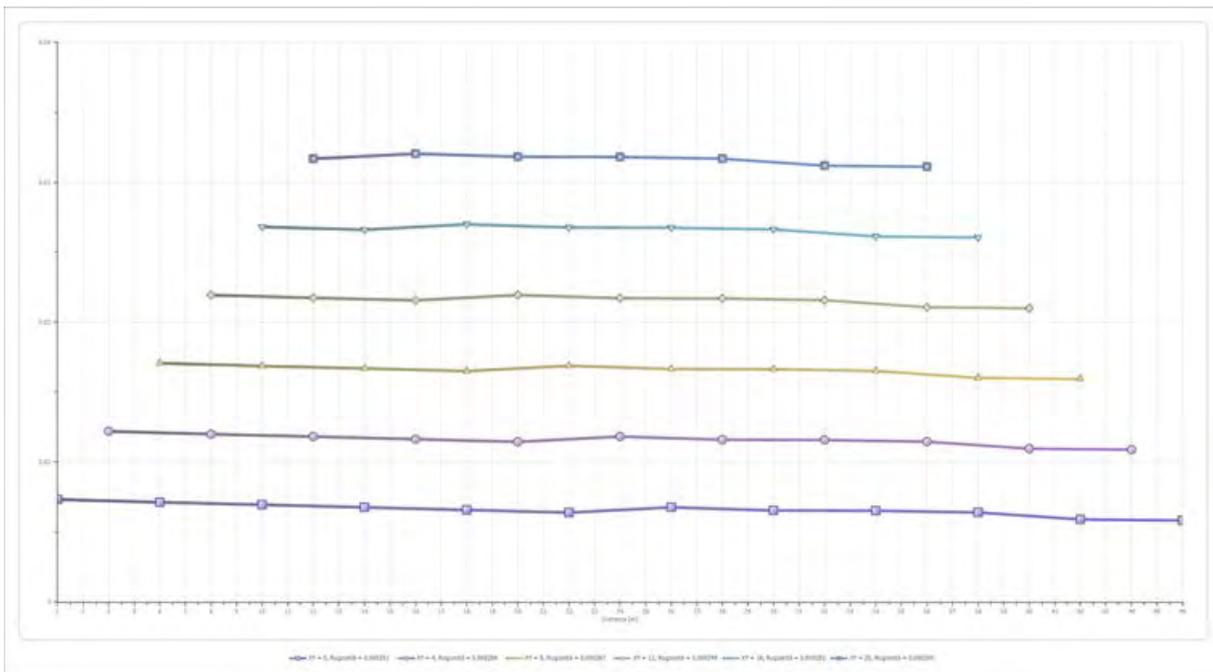
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.0	10.3	--
G= 6.0 [m]	0.0	10.0	--
G= 10.0 [m]	0.0	9.7	--
G= 14.0 [m]	0.0	9.5	--
G= 18.0 [m]	0.0	9.2	--
G= 22.0 [m]	0.0	8.9	--
G= 26.0 [m]	0.8	9.0	--
G= 30.0 [m]	3.0	7.4	--
G= 34.0 [m]	4.5	6.5	--
G= 38.0 [m]	5.3	5.9	--
G= 42.0 [m]	6.6	6.6	--
G= 46.0 [m]	7.3	7.3	--
Velocità [m/sec]	841.0	1236.9	2655.2
Descrizione	T.V.	SB.-CALCARENITI	CALCARI

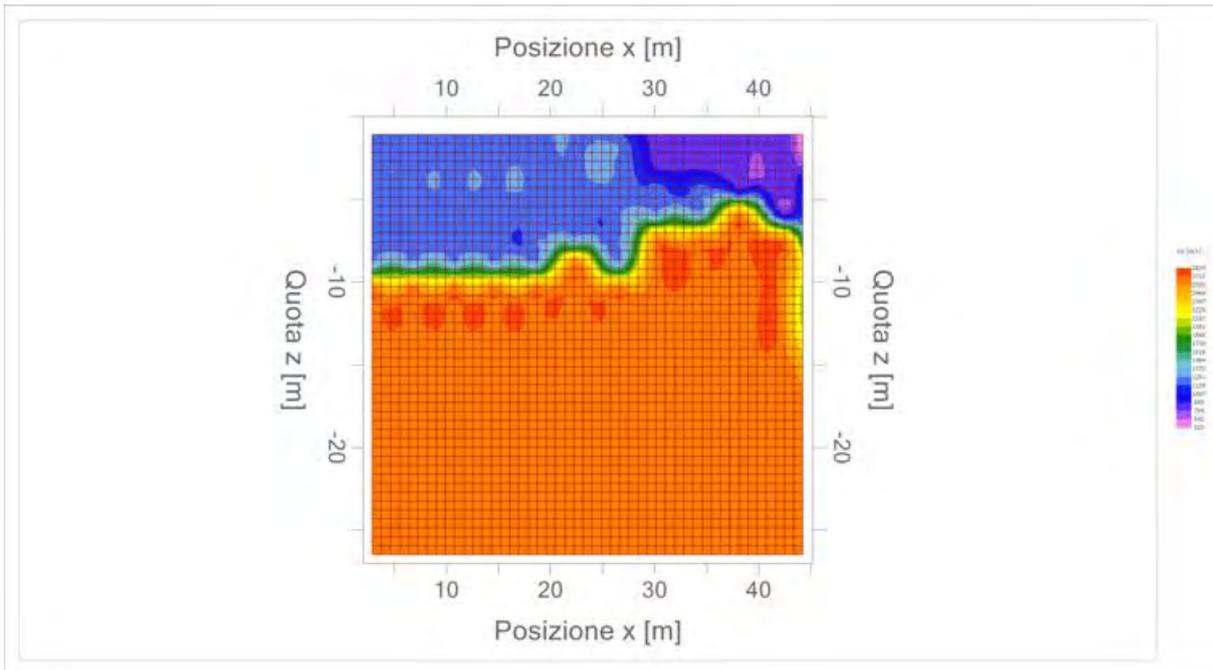
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.38	0.35	0.30
Densità [kg/m³]	1700.00	1900.00	2200.00
Vp [m/s]	841.03	1236.93	2655.18
Vs [m/s]	370.00	594.20	1419.25
G0 [MPa]	232.74	670.84	4431.40
Ed [Mpa]	1202.47	2906.99	15509.90
M0 [MPa]	969.73	2236.15	11078.50
Ey [Mpa]	642.35	1811.28	11521.64

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS - B2

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

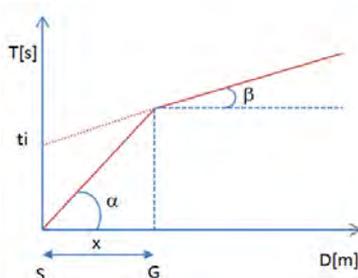
$$T = x_i / V_1$$

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

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

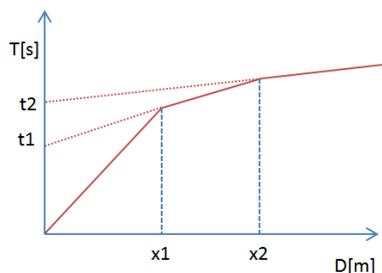
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

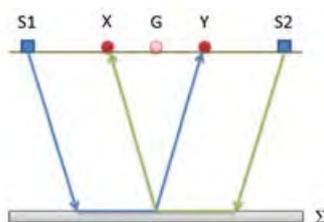


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

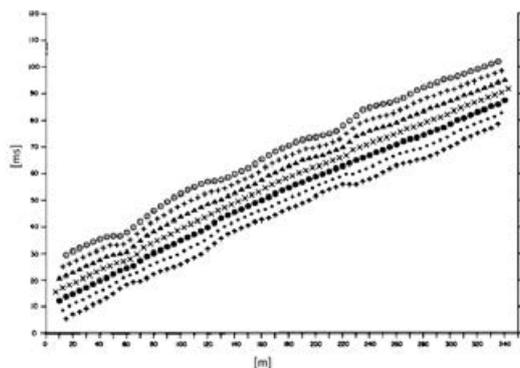
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

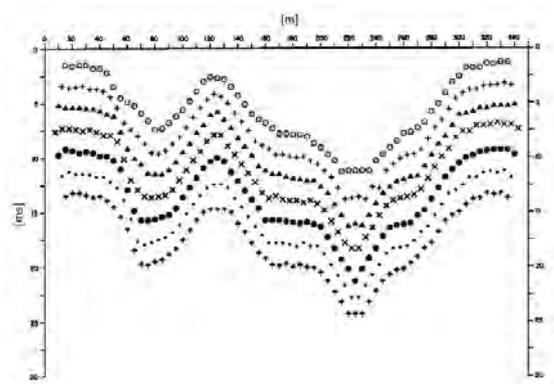
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS - B2
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	APRICENA
Operatore	GEOL. N. NAZARIO
Responsabile	GEOL. N. NAZARIO
Data	01/06/2021
Via	SP 37
Latitudine	41,805375[°]
Longitudine	15,409506[°]
Altitudine	122.5[m]

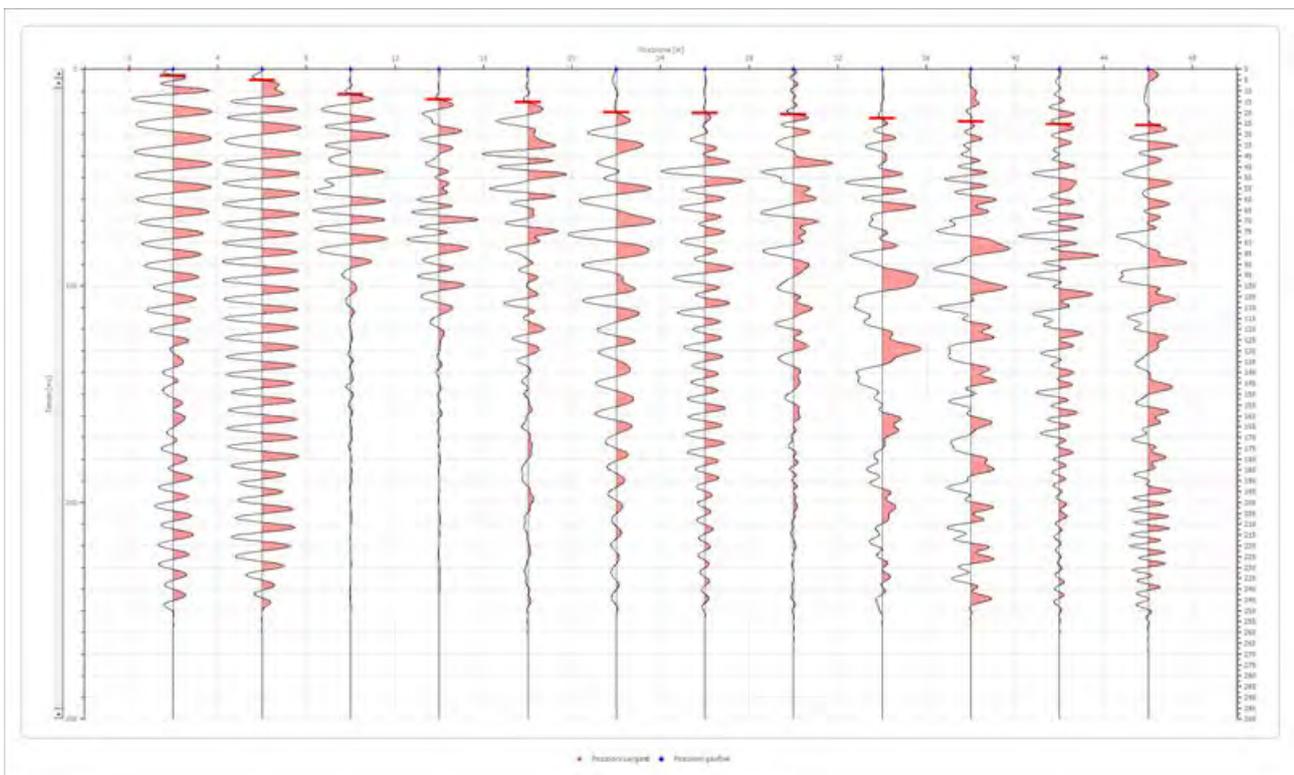
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

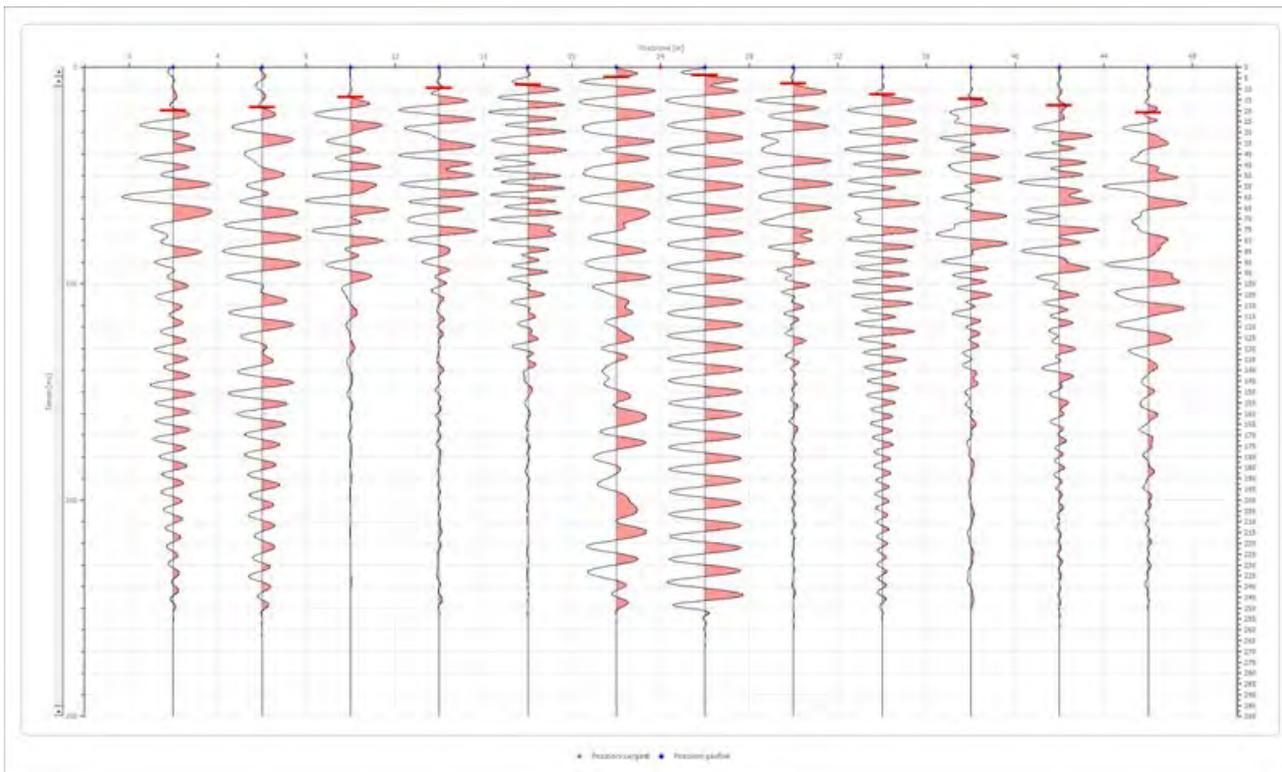
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	2.9666
6.0	5.1916
10.0	11.4957
14.0	14.0915
18.0	15.2040
22.0	20.0247
26.0	20.3956
30.0	20.7664
34.0	22.6205
38.0	24.1038
42.0	25.2163
46.0	25.9580

Battuta 2

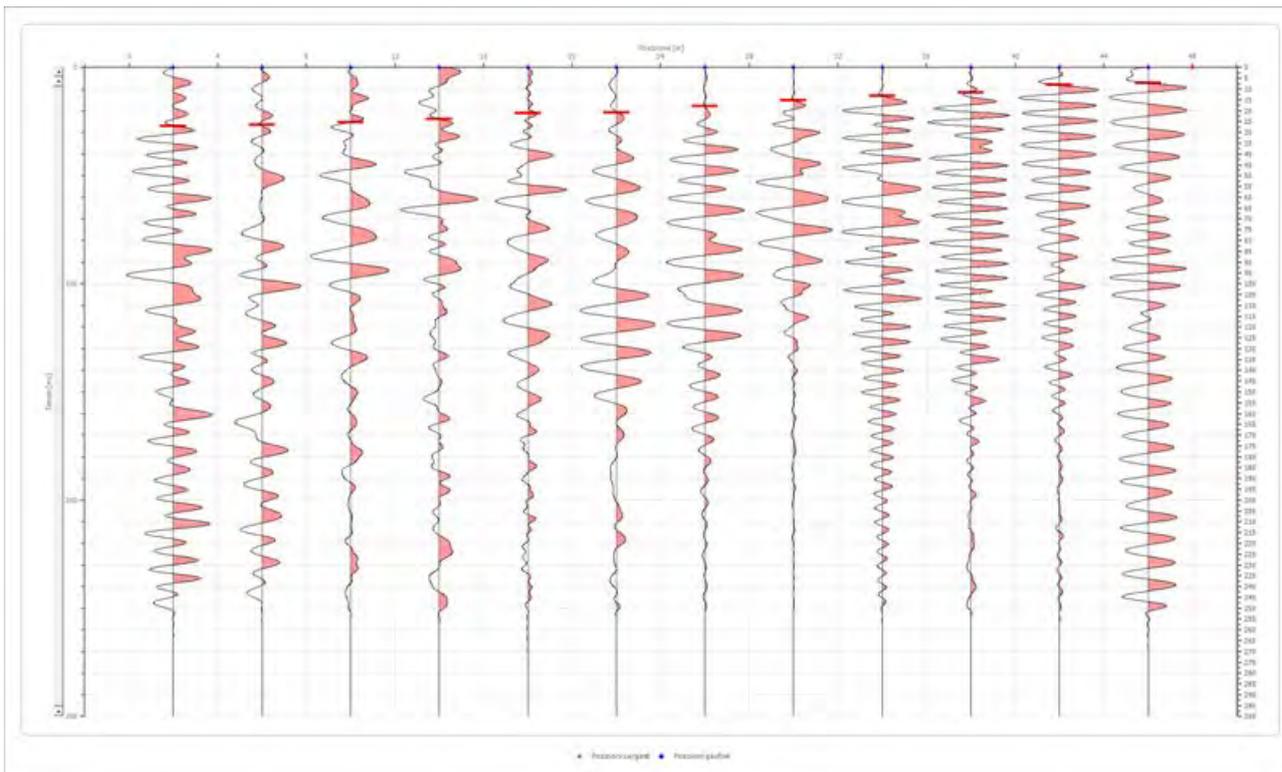
Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	20.0000
6.0	18.5414
10.0	13.7206
14.0	9.6415
18.0	8.1582
22.0	4.4499
26.0	3.7083
30.0	7.4166
34.0	12.6082
38.0	14.4623
42.0	17.4289
46.0	20.7664

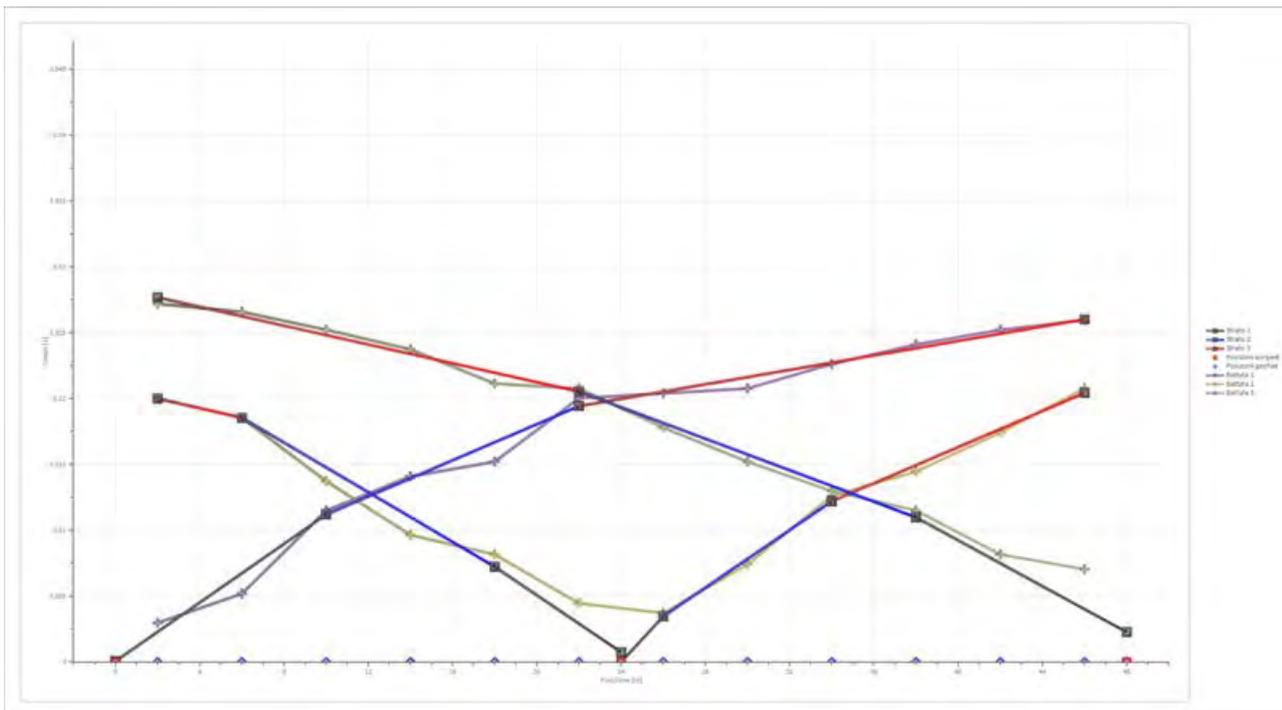
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

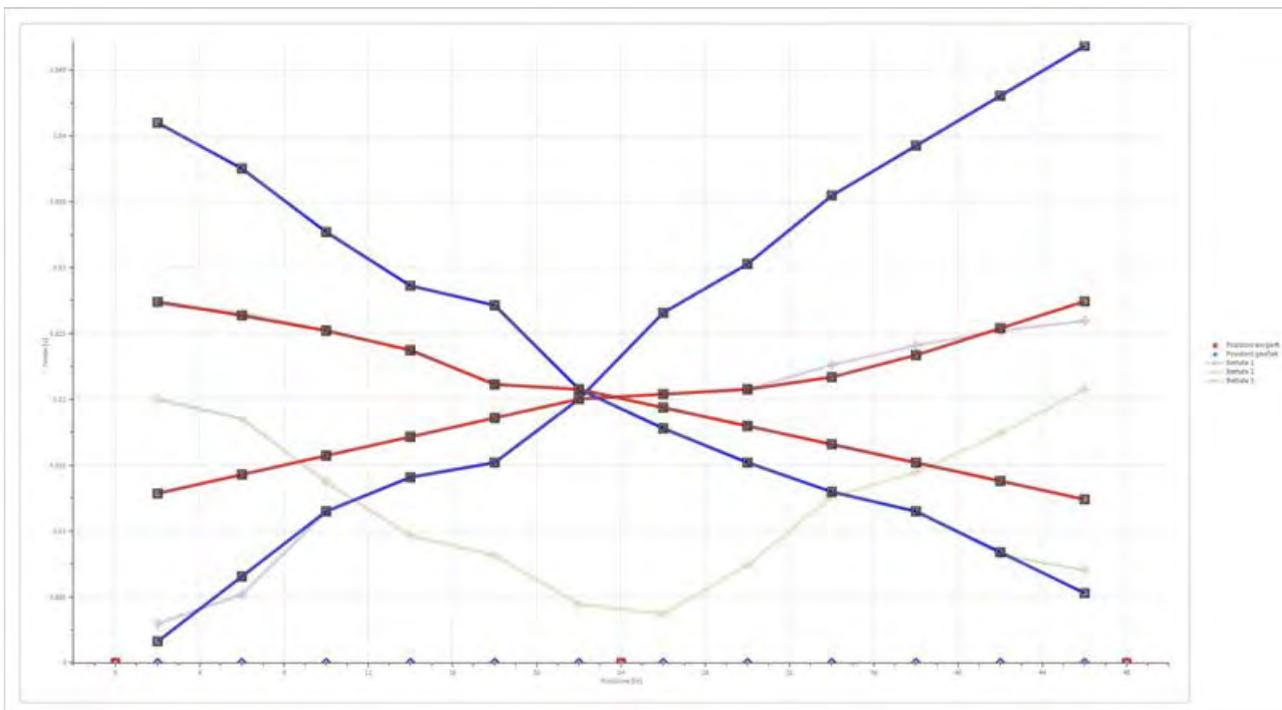


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	27.2009
6.0	26.5827
10.0	25.2163
14.0	23.7330
18.0	21.1372
22.0	20.7664
26.0	17.7998
30.0	15.2040
34.0	12.9790
38.0	11.4957
42.0	8.1582
46.0	7.0457

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

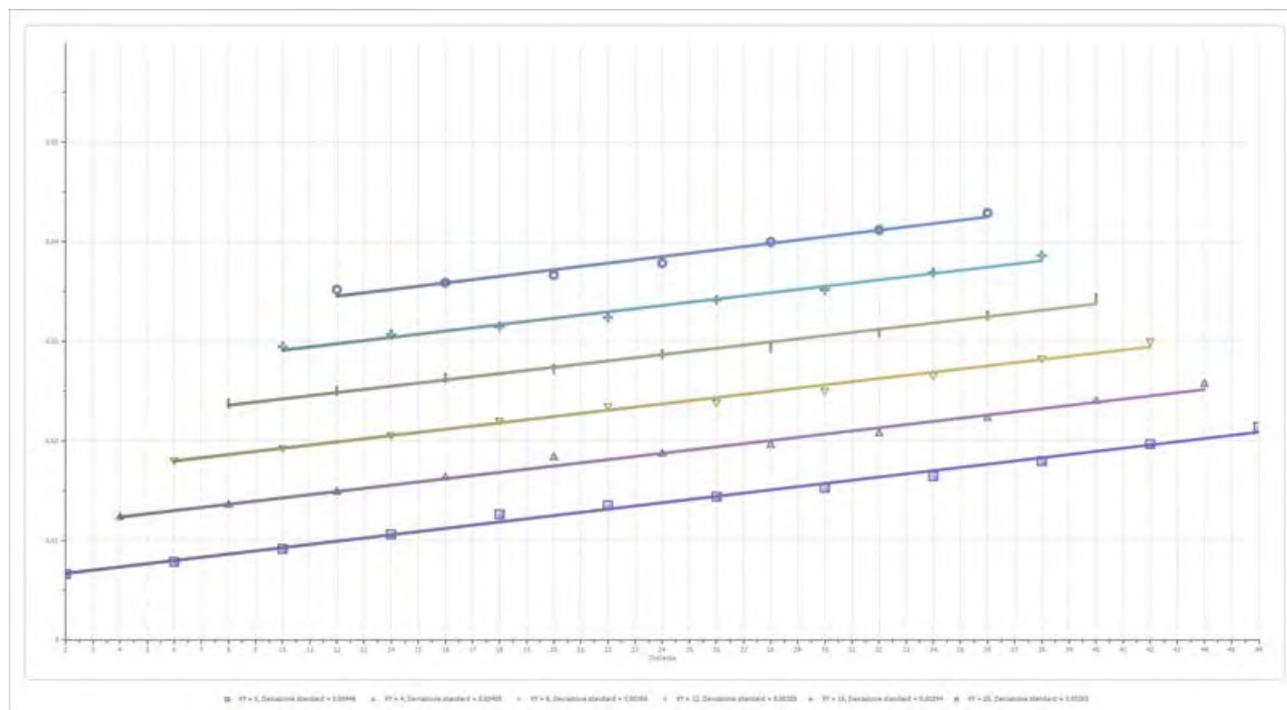
XY: 0

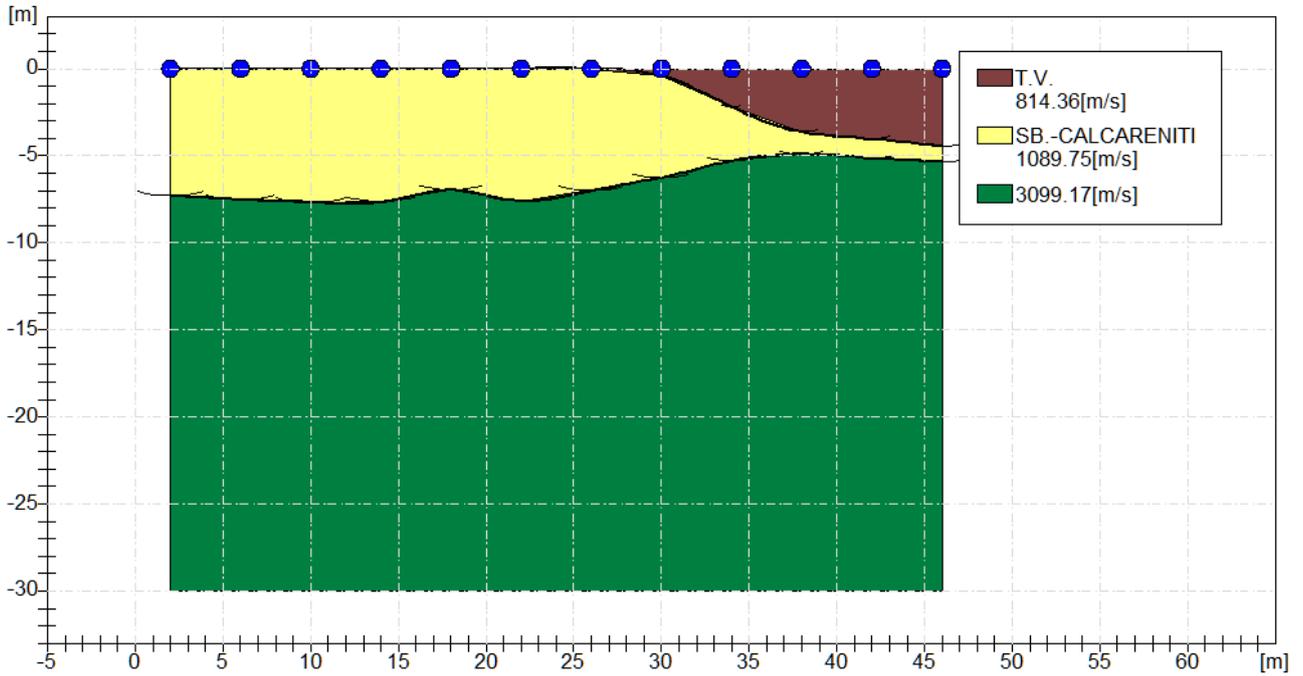
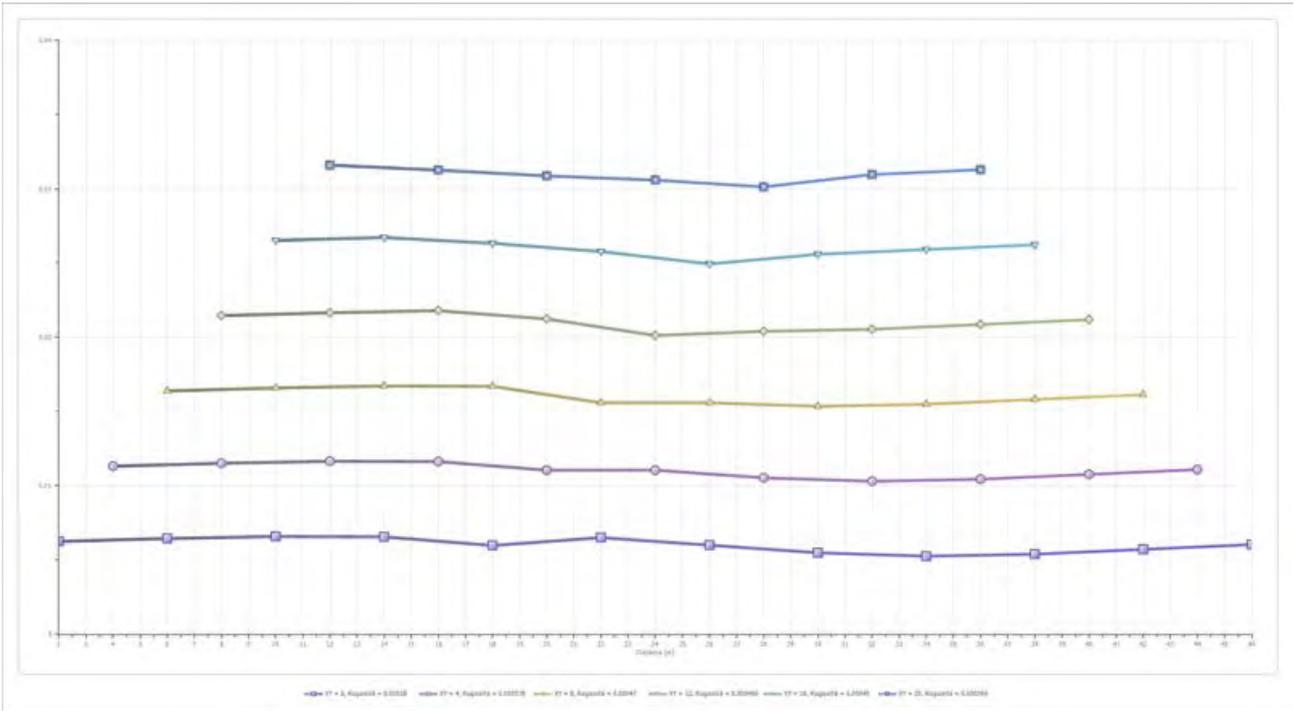
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.0	7.3	--
G= 6.0 [m]	0.0	7.5	--
G= 10.0 [m]	0.0	7.7	--
G= 14.0 [m]	0.0	7.6	--
G= 18.0 [m]	0.0	7.0	--
G= 22.0 [m]	0.0	7.6	--
G= 26.0 [m]	0.0	7.0	--
G= 30.0 [m]	0.4	6.3	--
G= 34.0 [m]	2.2	5.3	--
G= 38.0 [m]	3.6	4.9	--
G= 42.0 [m]	4.0	5.1	--
G= 46.0 [m]	4.5	5.4	--
Velocità [m/sec]	814.4	1089.8	3099.2
Descrizione	T.V. SB.-CALCARENITI		

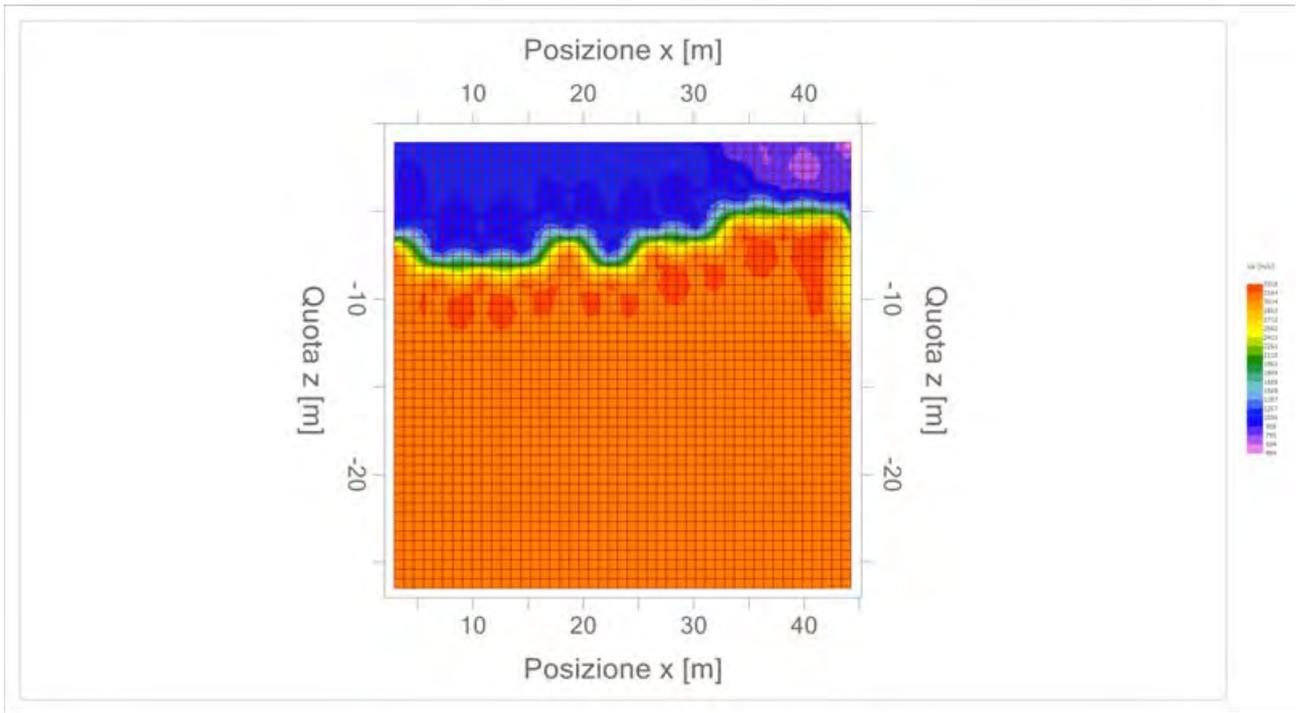
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.30	0.25
Densità [kg/m³]	1700.00	1900.00	2200.00
Vp [m/s]	814.36	1089.75	3099.17
Vs [m/s]	391.20	582.50	1789.31
G0 [MPa]	260.17	644.68	7043.55
Ed [Mpa]	1127.40	2256.37	21130.66
M0 [MPa]	867.23	1611.69	14087.11
Ey [Mpa]	702.45	1676.16	17608.89

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	--

SIS - B4

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 1-2
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

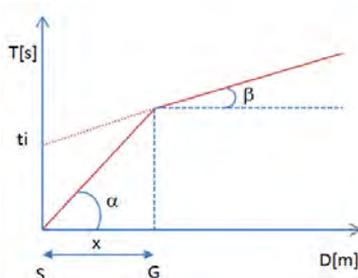
$$T = x_i / V_1$$

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

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

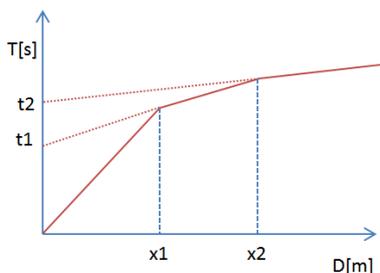
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

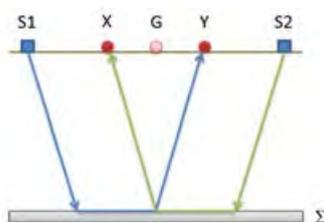


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

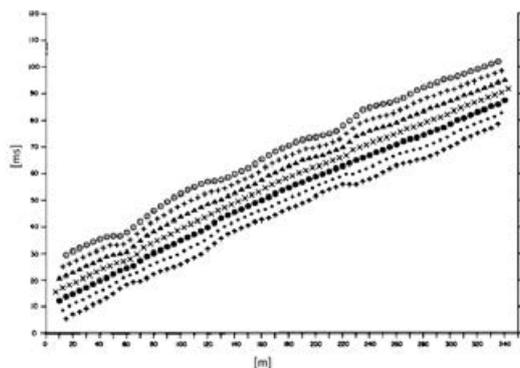
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

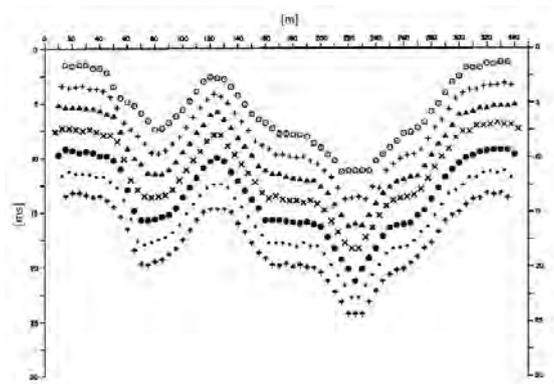
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS - B4
Committente	AM 1-2
Zona	APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	01/06/2021
Via	SP 37
Latitudine	41,803763[°]
Longitudine	15,413109[°]
Altitudine	130[m]

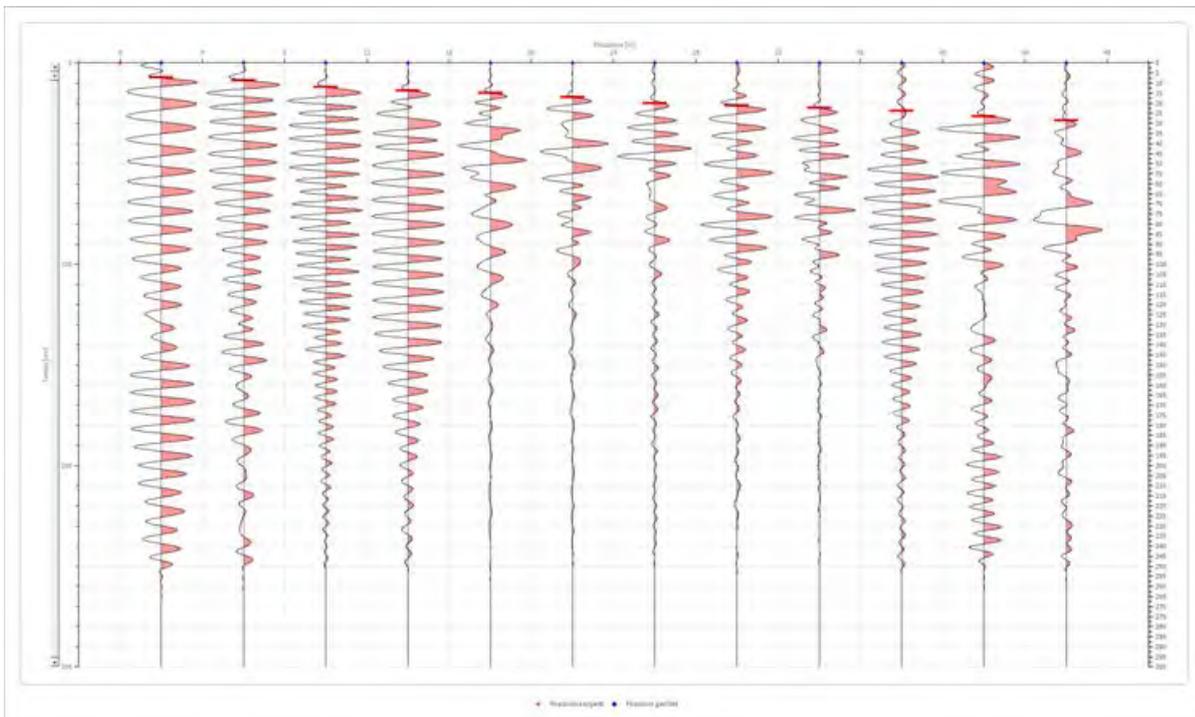
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

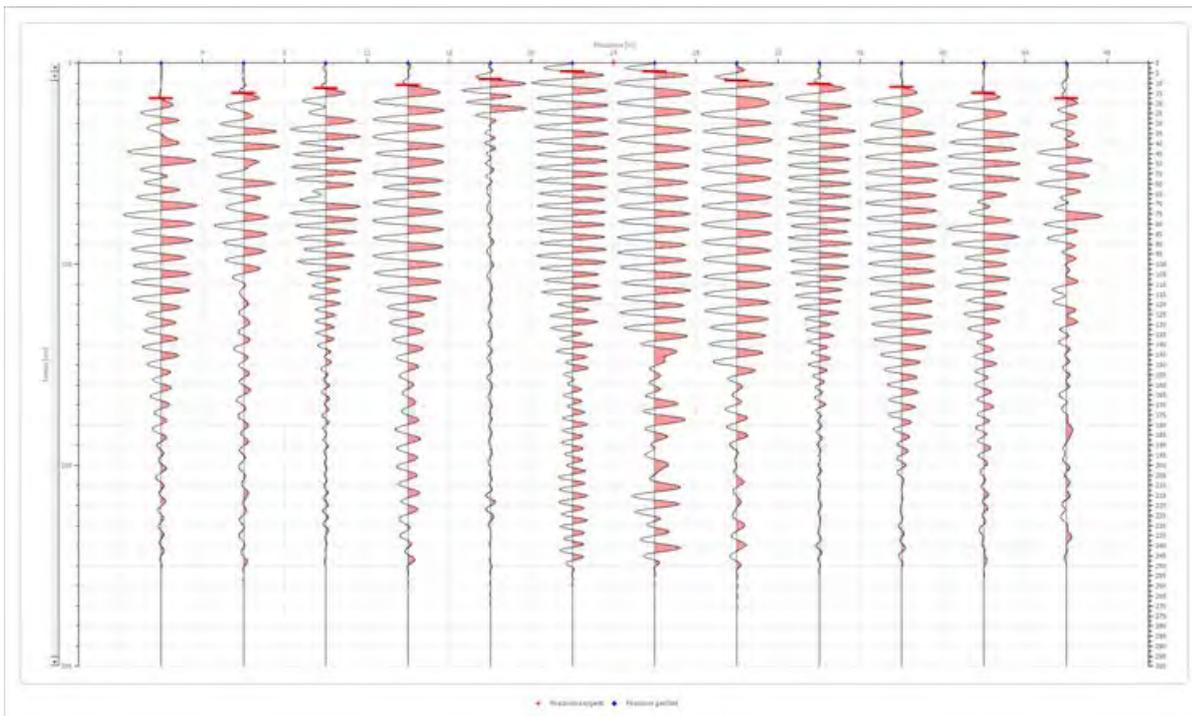
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	7.0457
6.0	8.5290
10.0	11.8665
14.0	13.7206
18.0	14.8331
22.0	17.0581
26.0	20.0000
30.0	21.1372
34.0	22.2497
38.0	23.7330
42.0	26.6250
46.0	28.6250

Battuta 2

Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

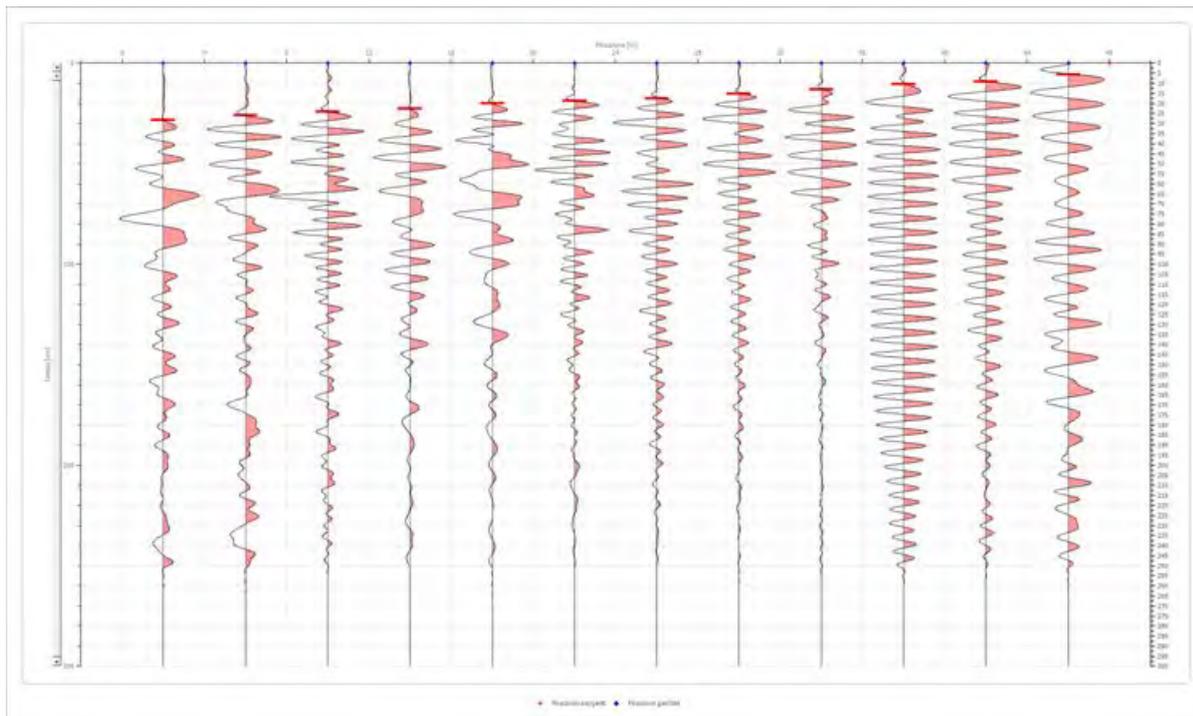


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	17.4289
6.0	14.8331
10.0	12.6082
14.0	11.1248
18.0	8.1582
22.0	4.0791
26.0	4.0791
30.0	8.5290
34.0	10.3832
38.0	11.8665
42.0	14.8331
46.0	17.4289

Battuta 3

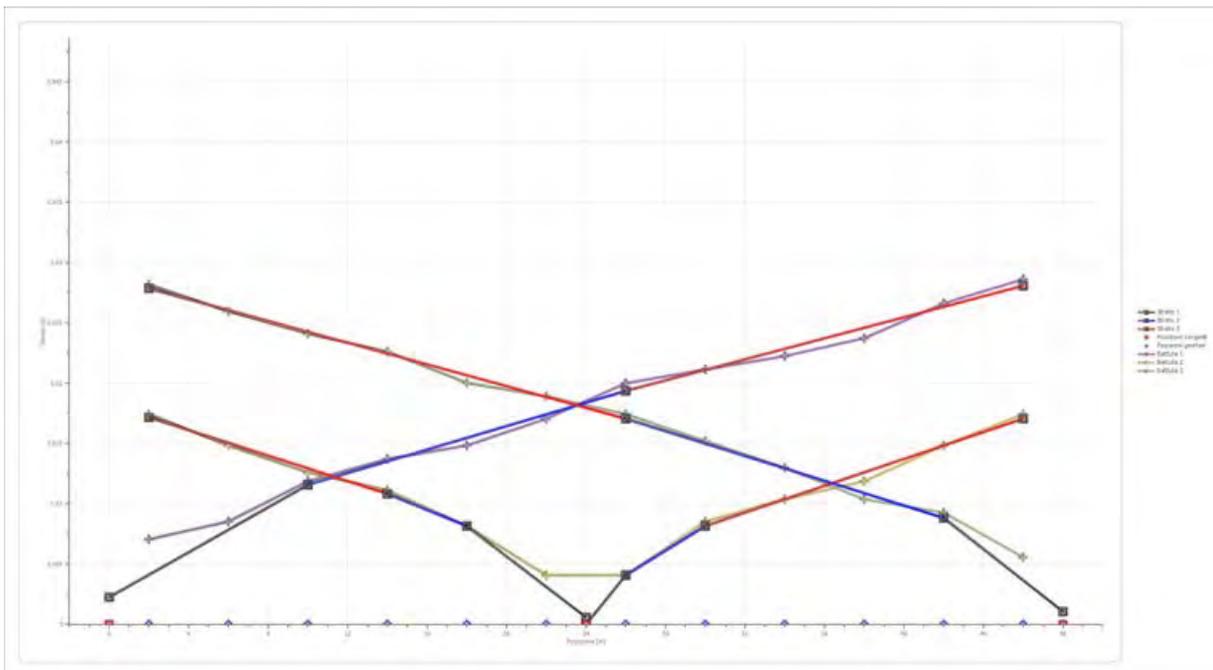
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

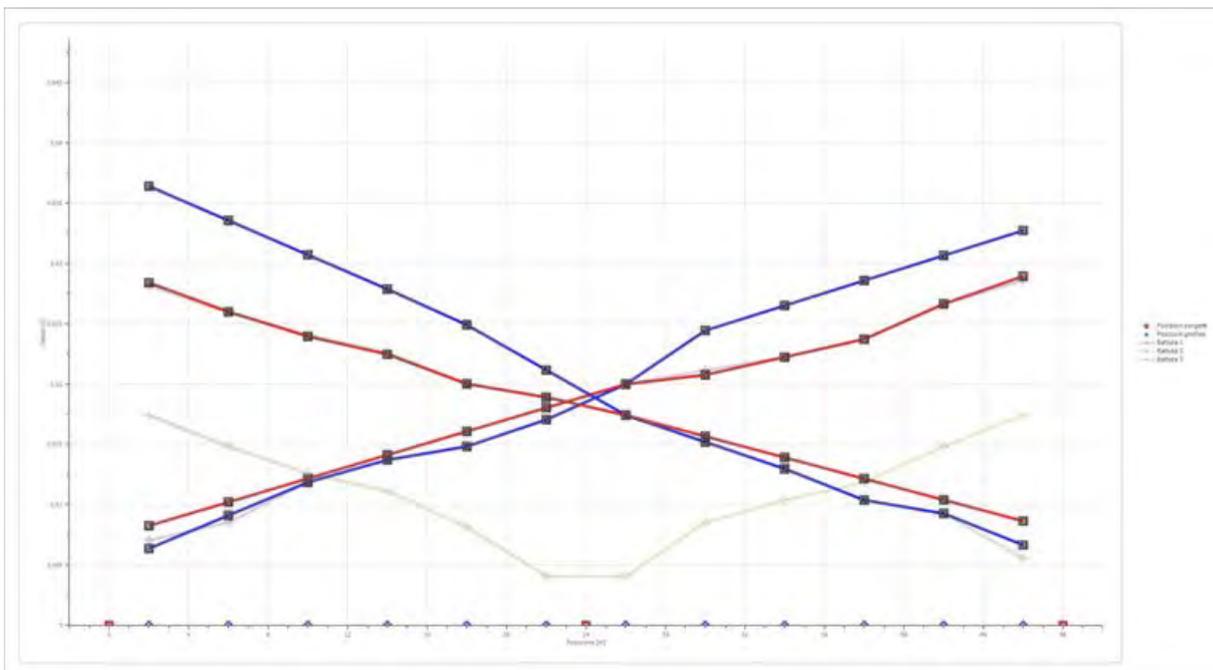


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	28.1829
6.0	25.9580
10.0	24.1038
14.0	22.6205
18.0	20.0247
22.0	18.9122
26.0	17.4289
30.0	15.2040
34.0	12.9790
38.0	10.3832
42.0	9.2707
46.0	5.5624

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

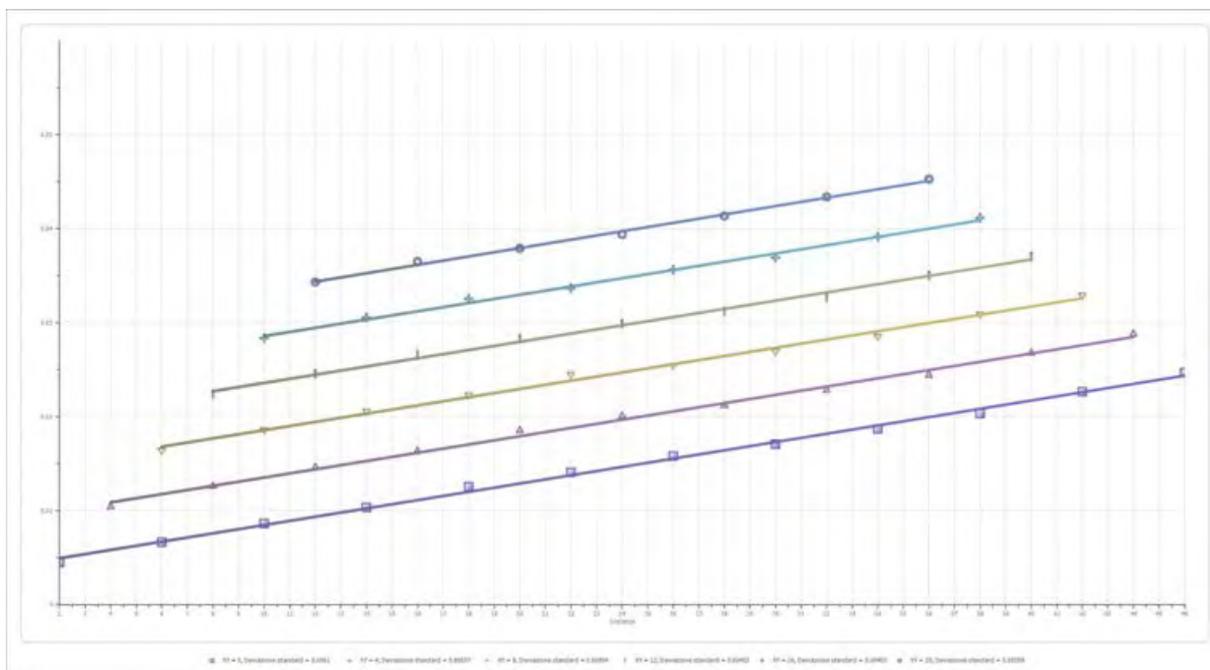
XY: 0

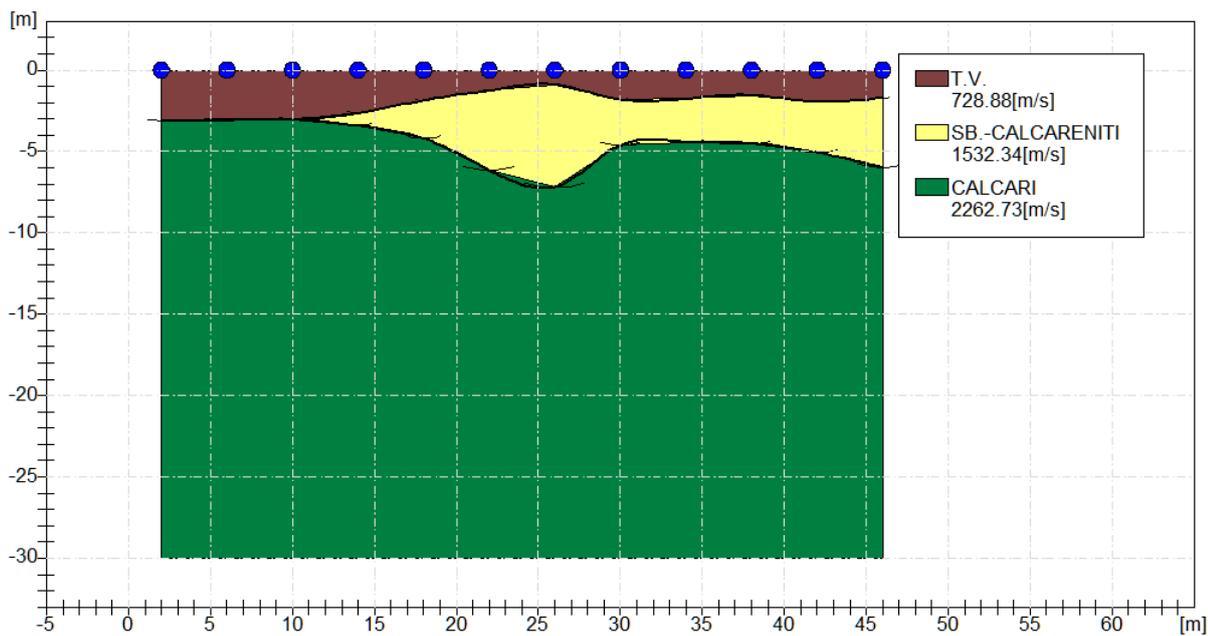
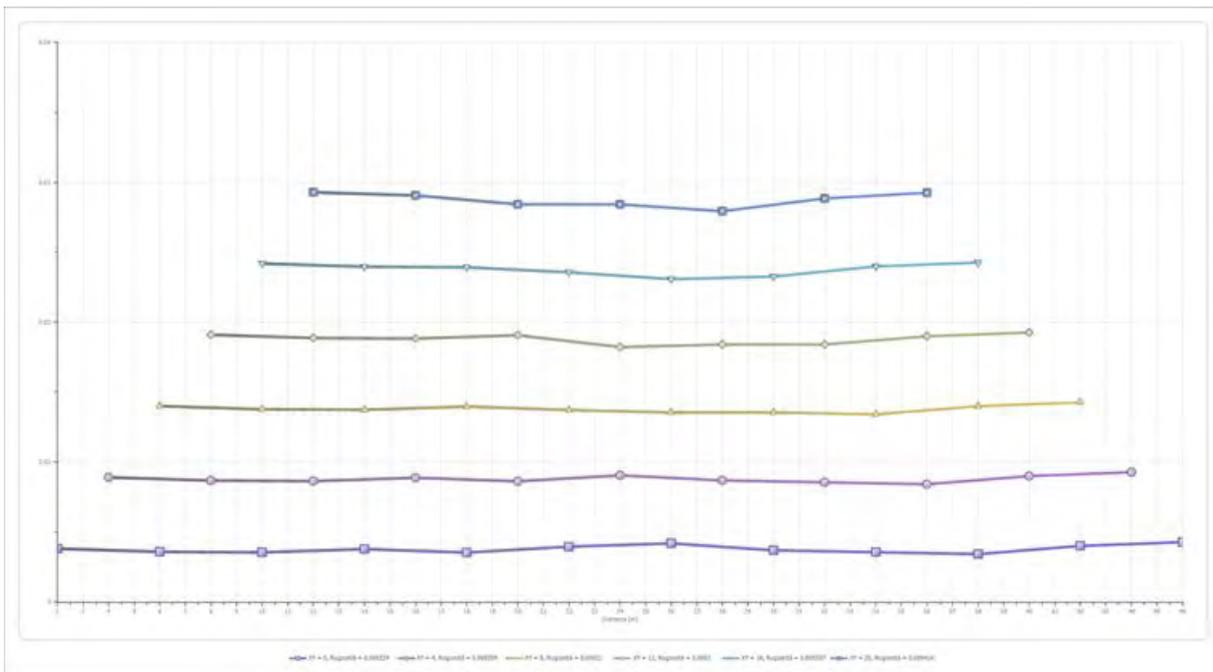
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	3.1	3.1	--
G= 6.0 [m]	3.1	3.1	--
G= 10.0 [m]	3.0	3.0	--
G= 14.0 [m]	2.6	3.4	--
G= 18.0 [m]	1.9	4.2	--
G= 22.0 [m]	1.2	6.1	--
G= 26.0 [m]	0.9	7.2	--
G= 30.0 [m]	1.8	4.6	--
G= 34.0 [m]	1.8	4.4	--
G= 38.0 [m]	1.5	4.5	--
G= 42.0 [m]	1.9	5.0	--
G= 46.0 [m]	1.7	6.0	--
Velocità [m/sec]	728.9	1532.3	2262.7
Descrizione	T.V.	SB.-CALCARENITI	CALCARI

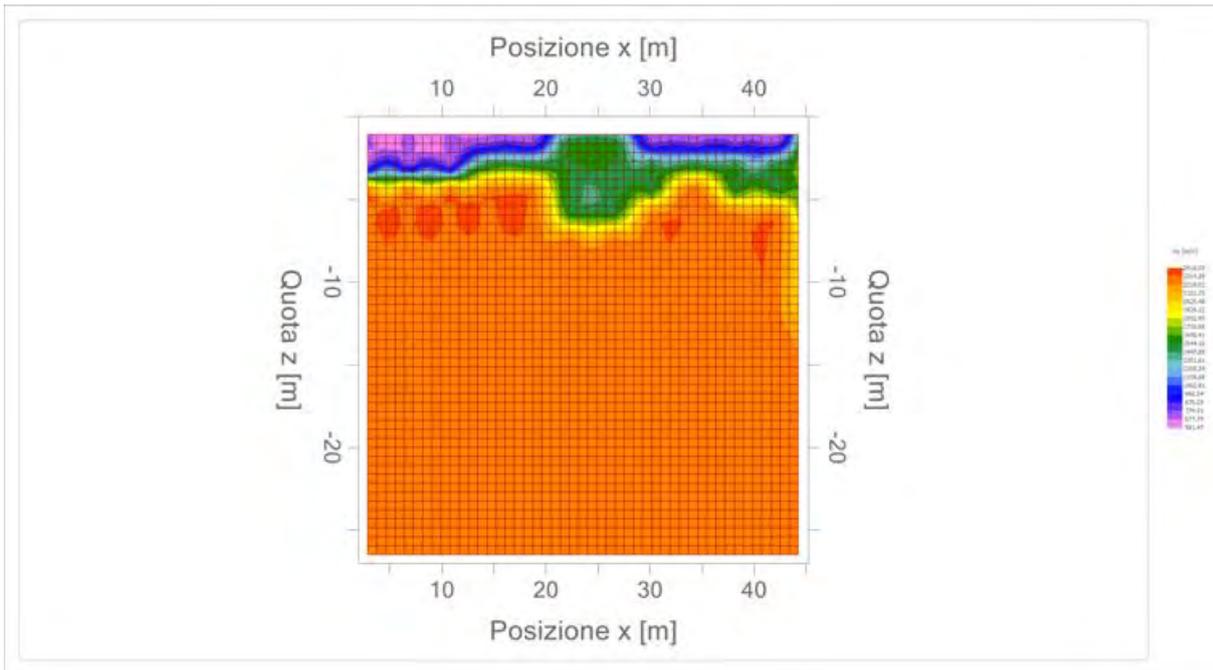
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.38	0.35	0.30
Densità [kg/m³]	1700.00	1900.00	2000.00
Vp [m/s]	728.88	1532.34	2262.73
Vs [m/s]	320.66	736.11	1209.48
G0 [MPa]	174.80	1029.54	2925.69
Ed [Mpa]	903.15	4461.34	10239.93
M0 [MPa]	728.35	3431.80	7314.24
Ey [Mpa]	482.46	2779.76	7606.80

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







--

Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS-C1

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

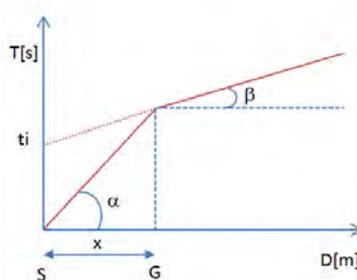
$$T = x_i / V_1$$

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

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

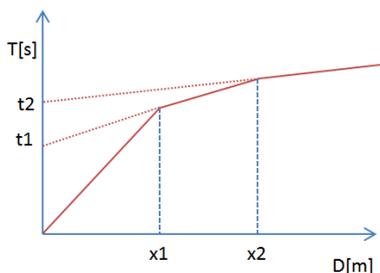
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

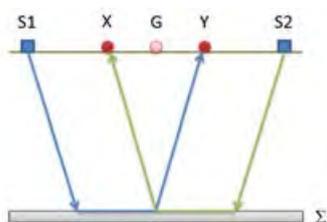


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

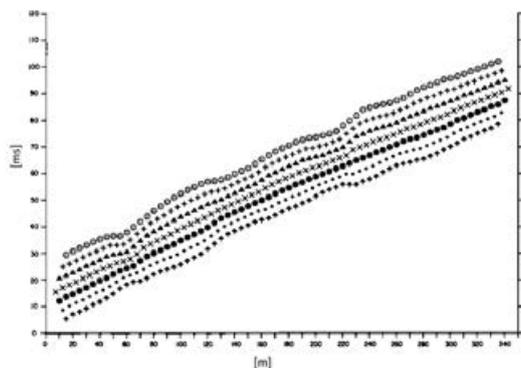
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

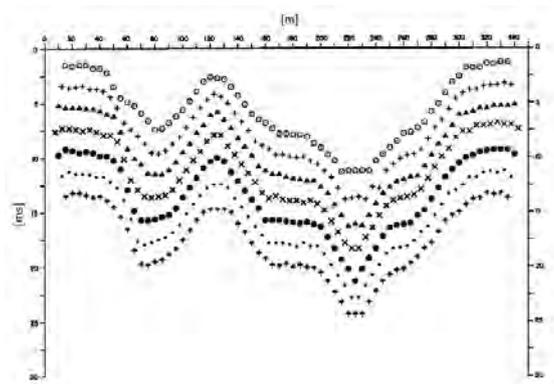
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS-C1
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	LOC. PAGLIERINO
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	24/07/2022
Via	LOC. PAGLIERINO
Latitudine	15,4623550°E[°]
Longitudine	41,7766149°N[°]
Altitudine	83[m]

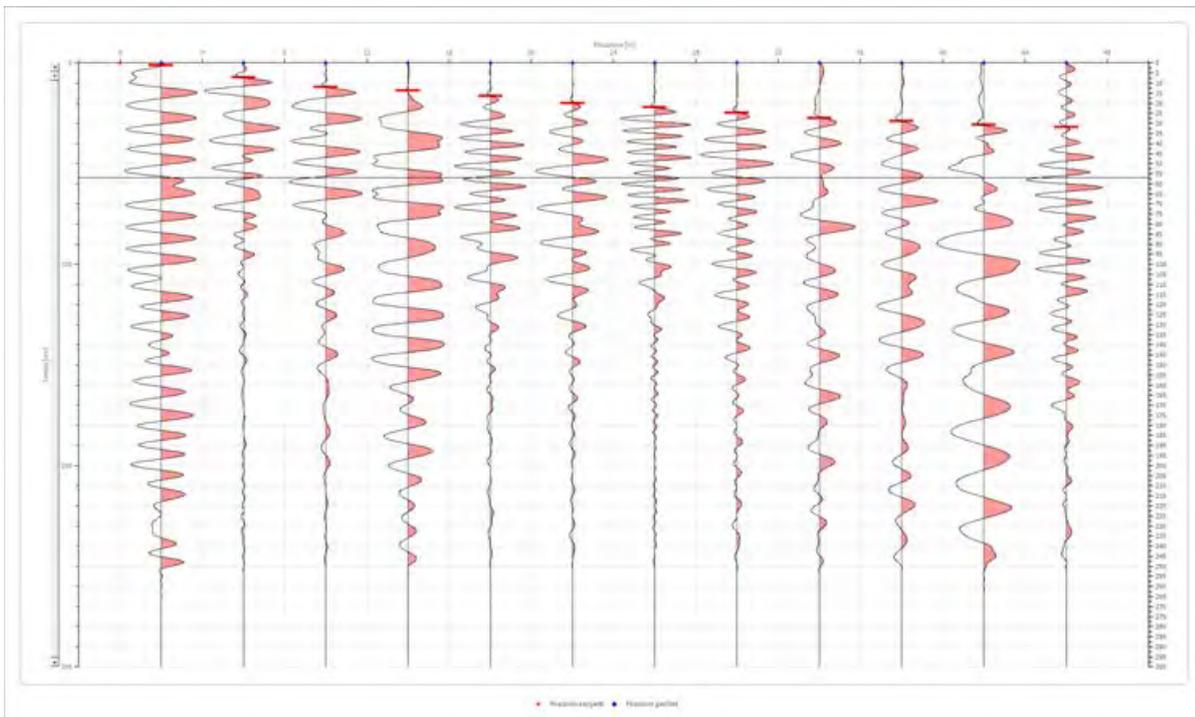
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

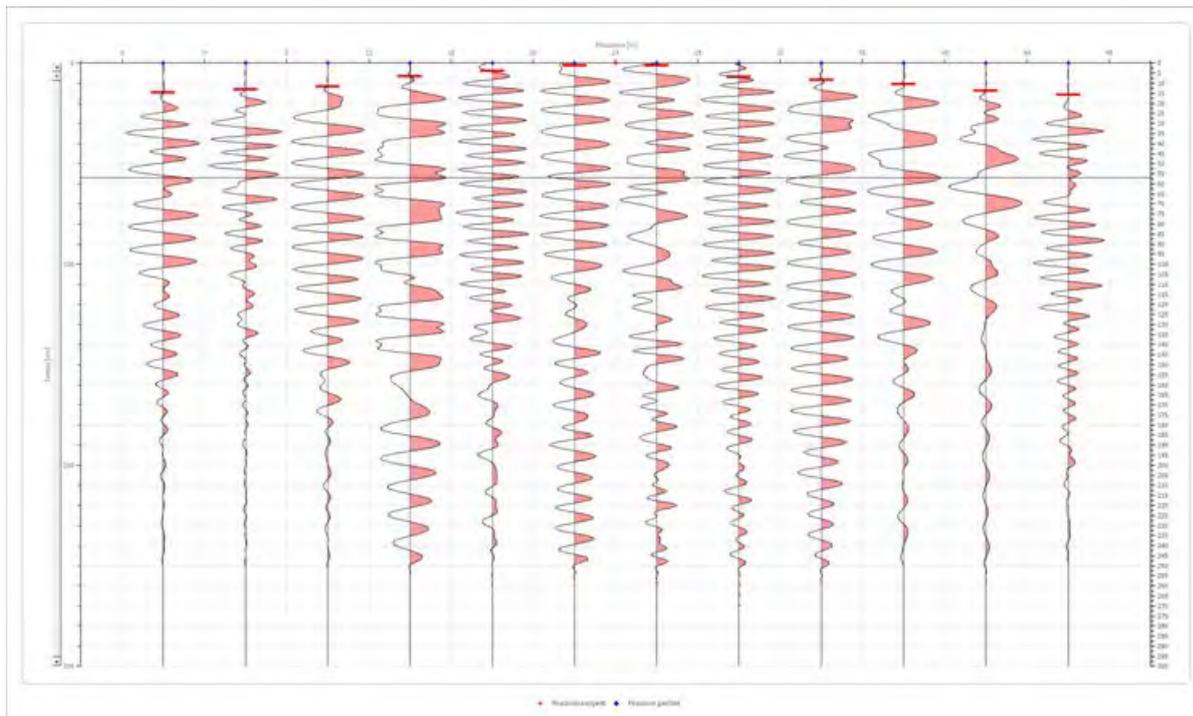


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	1.1917
6.0	7.1500
10.0	11.9166
14.0	13.7041
18.0	16.3853
22.0	20.0000
26.0	22.0457
30.0	24.7269
34.0	27.3750
38.0	28.8977
42.0	30.6852
46.0	31.8769

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

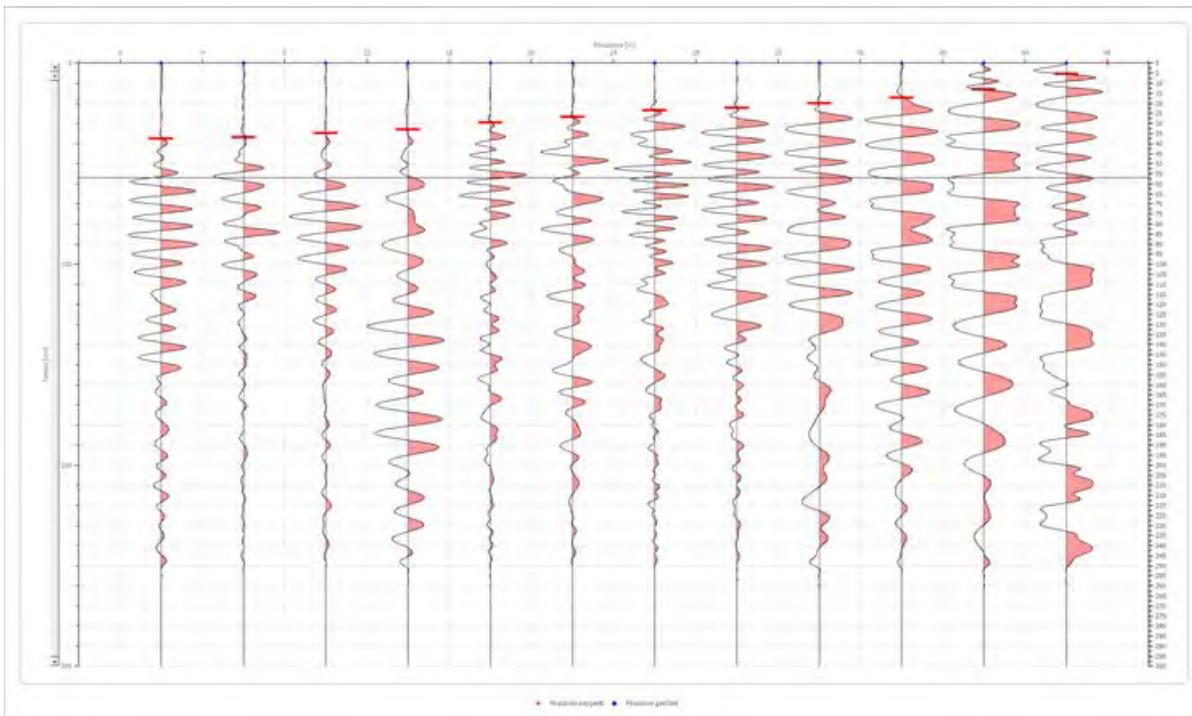


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	14.5978
6.0	13.1082
10.0	11.6187
14.0	6.5541
18.0	3.8729
22.0	1.1917
26.0	1.1917
30.0	6.8520
34.0	8.3416
38.0	10.4270
42.0	13.7041
46.0	15.7895

Battuta 3

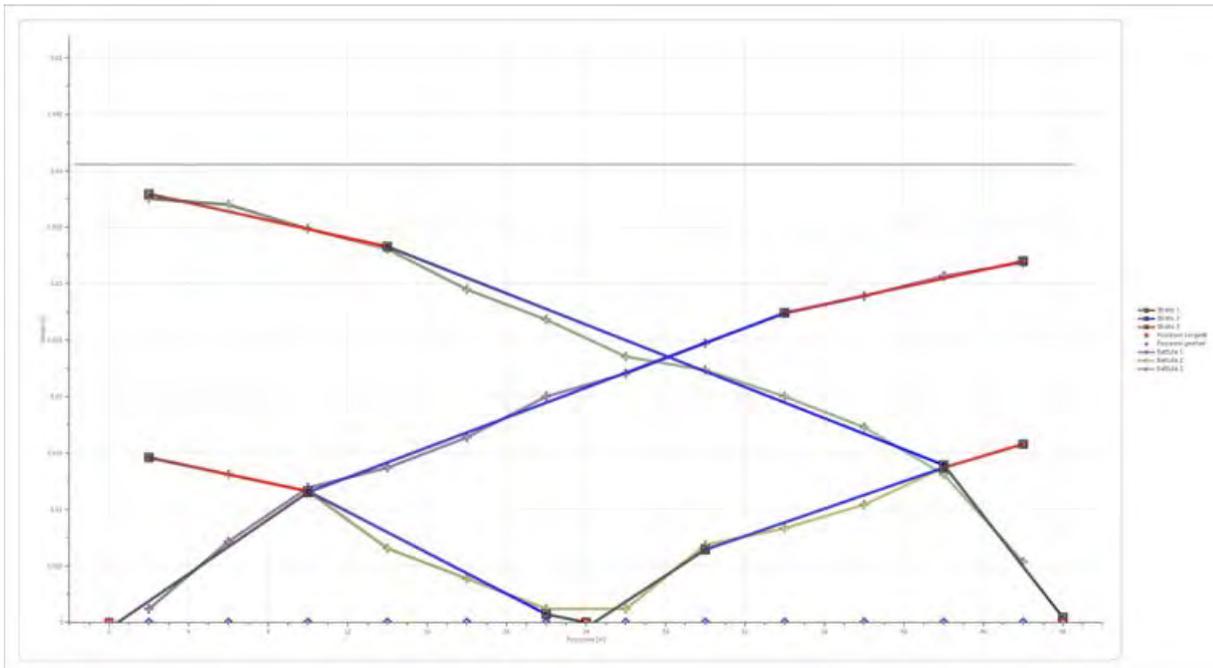
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

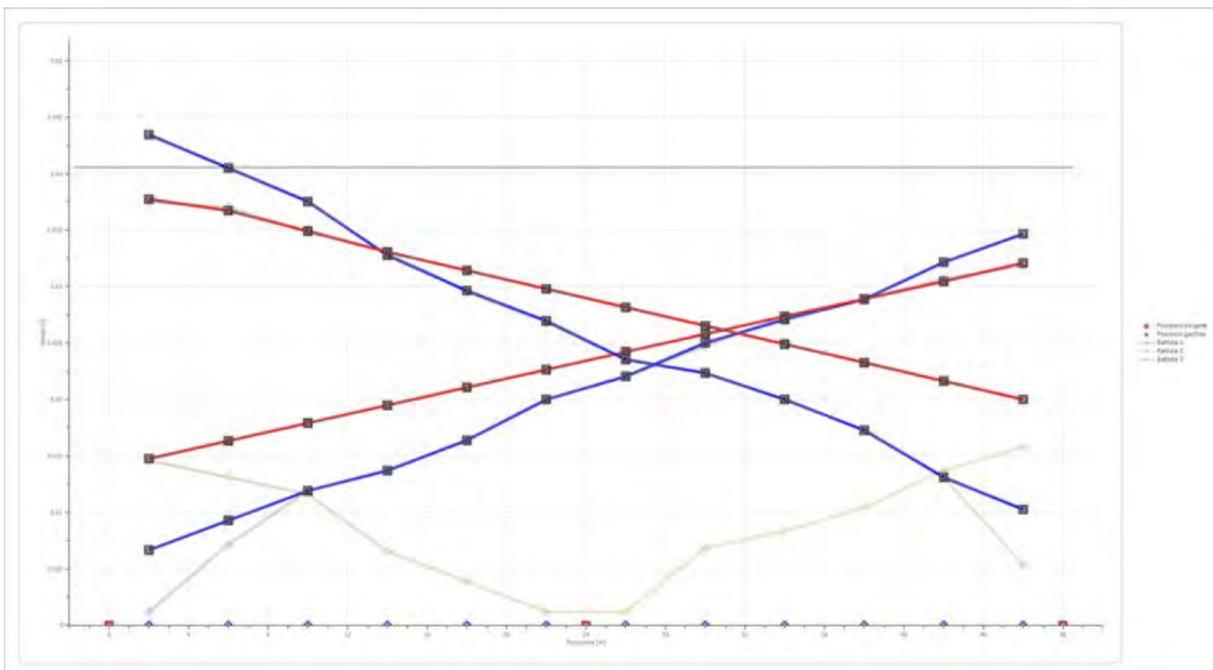


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	37.5372
6.0	37.0000
10.0	34.8560
14.0	33.0685
18.0	29.4935
22.0	26.8123
26.0	23.5353
30.0	22.3436
34.0	20.0000
38.0	17.2790
42.0	13.1082
46.0	5.3625

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G_r,R.M.

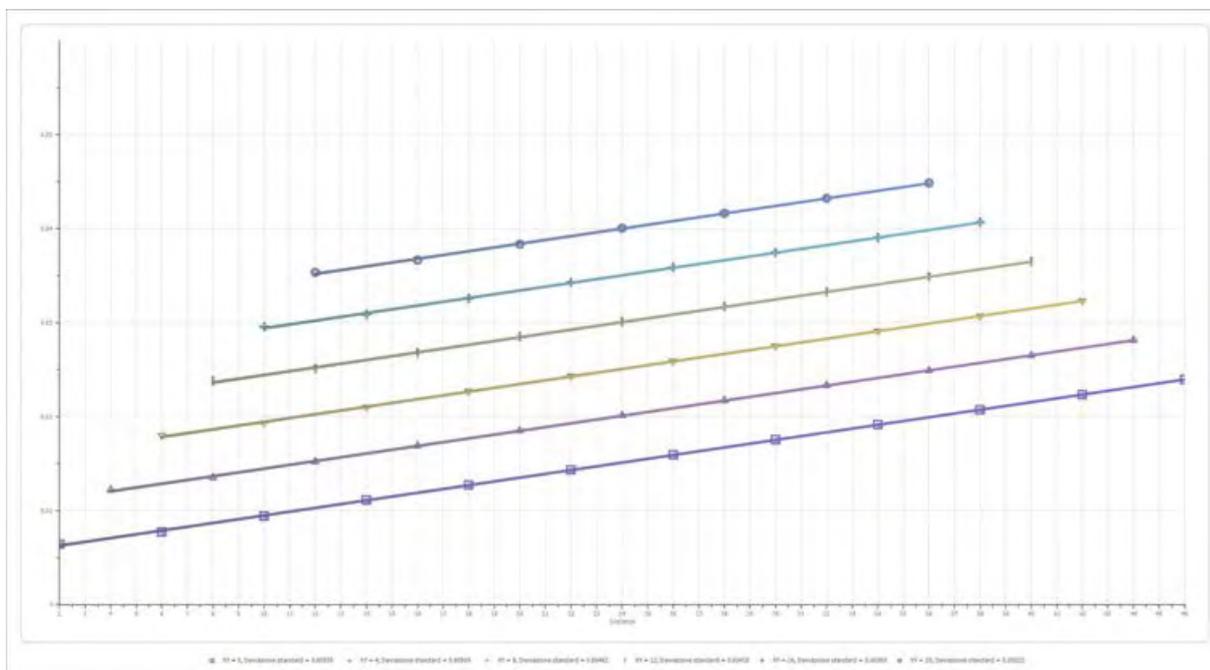
XY: 0

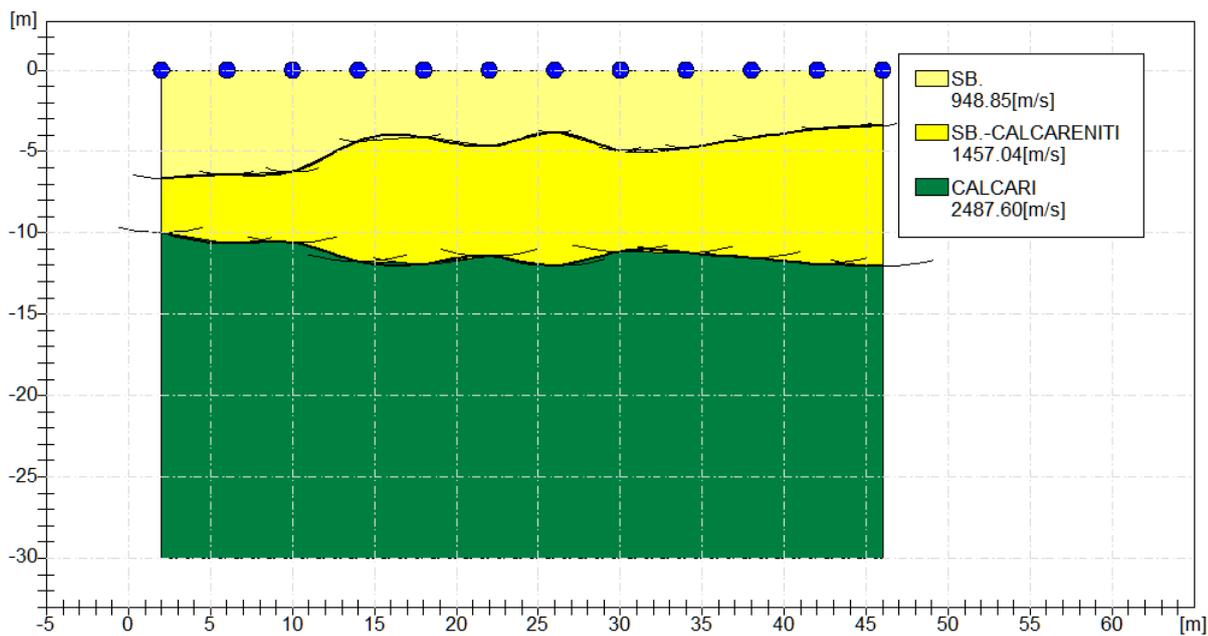
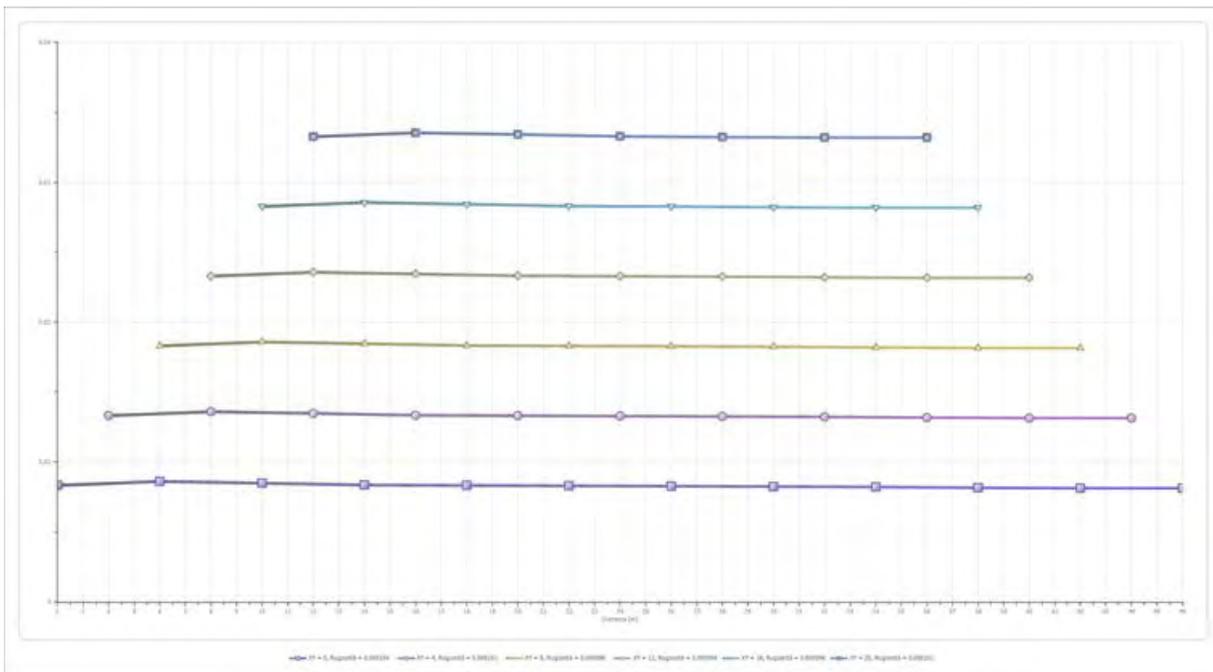
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	6.7	10.0	--
G= 6.0 [m]	6.5	10.7	--
G= 10.0 [m]	6.2	10.6	--
G= 14.0 [m]	4.4	11.8	--
G= 18.0 [m]	4.1	11.9	--
G= 22.0 [m]	4.7	11.4	--
G= 26.0 [m]	3.8	12.0	--
G= 30.0 [m]	4.9	11.1	--
G= 34.0 [m]	4.8	11.2	--
G= 38.0 [m]	4.2	11.5	--
G= 42.0 [m]	3.6	11.9	--
G= 46.0 [m]	3.4	12.1	--
Velocità [m/sec]	948.8	1457.0	2487.6
Descrizione	SB.	SB.-CALCARENITI	CALCARI

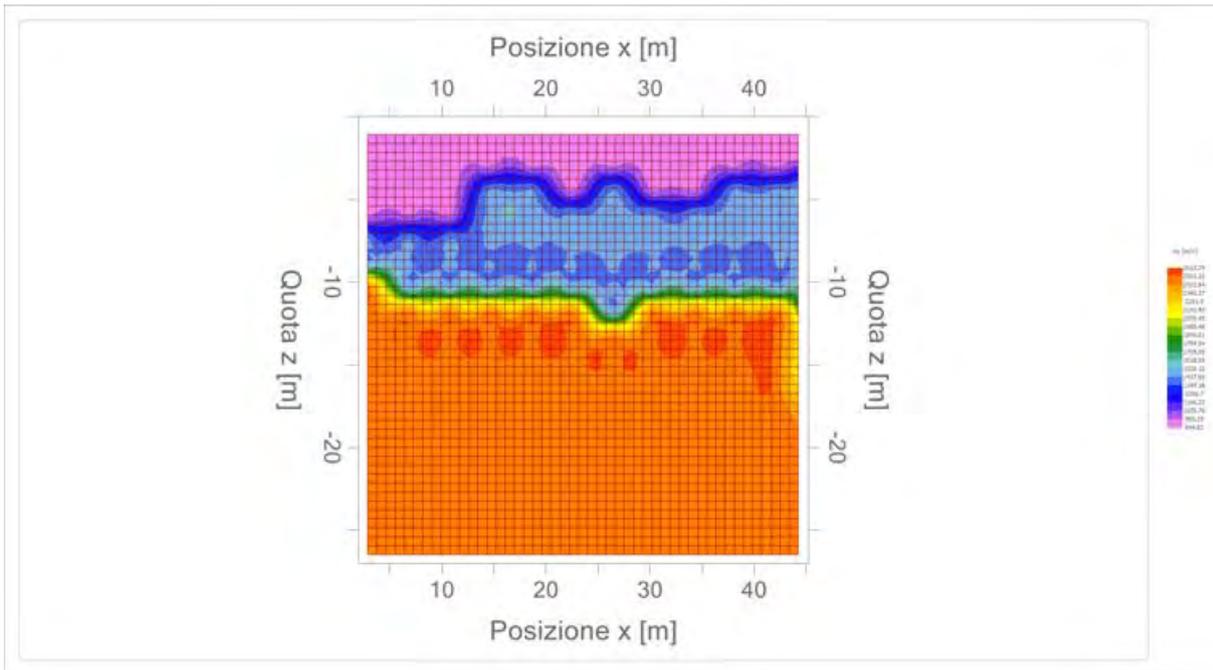
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.30	0.25
Densità [kg/m ³]	1700.00	1900.00	2000.00
Vp [m/s]	948.85	1457.04	2487.60
Vs [m/s]	455.81	778.82	1436.22
G0 [MPa]	353.20	1152.47	4125.44
Ed [Mpa]	1530.53	4033.66	12376.31
M0 [MPa]	1177.33	2881.18	8250.87
Ey [Mpa]	953.64	2996.43	10313.59

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







--

Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS-D1

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

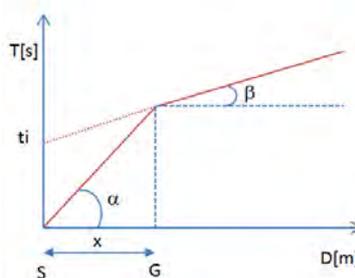
$$T = x_i / V_1$$

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

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

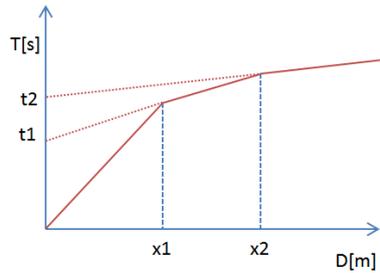
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

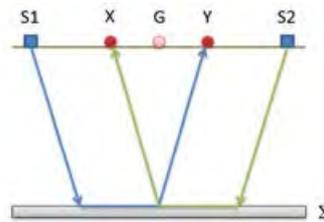


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

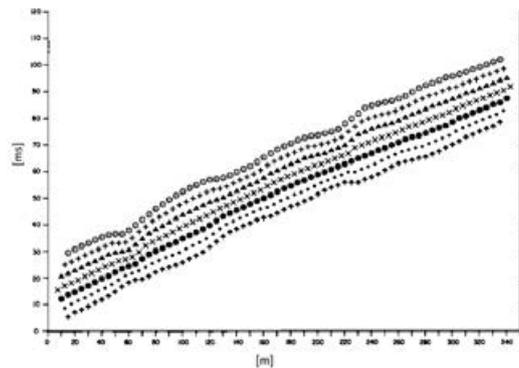
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

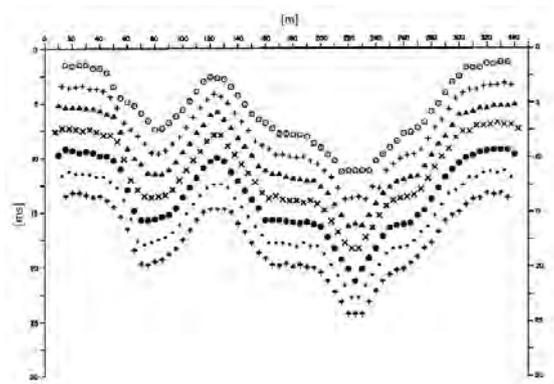
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS-D1
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	16/06/2021
Via	ASI APRICENA
Latitudine	15,4283605°E[°]
Longitudine	41,7646069°N[°]
Altitudine	49.5[m]

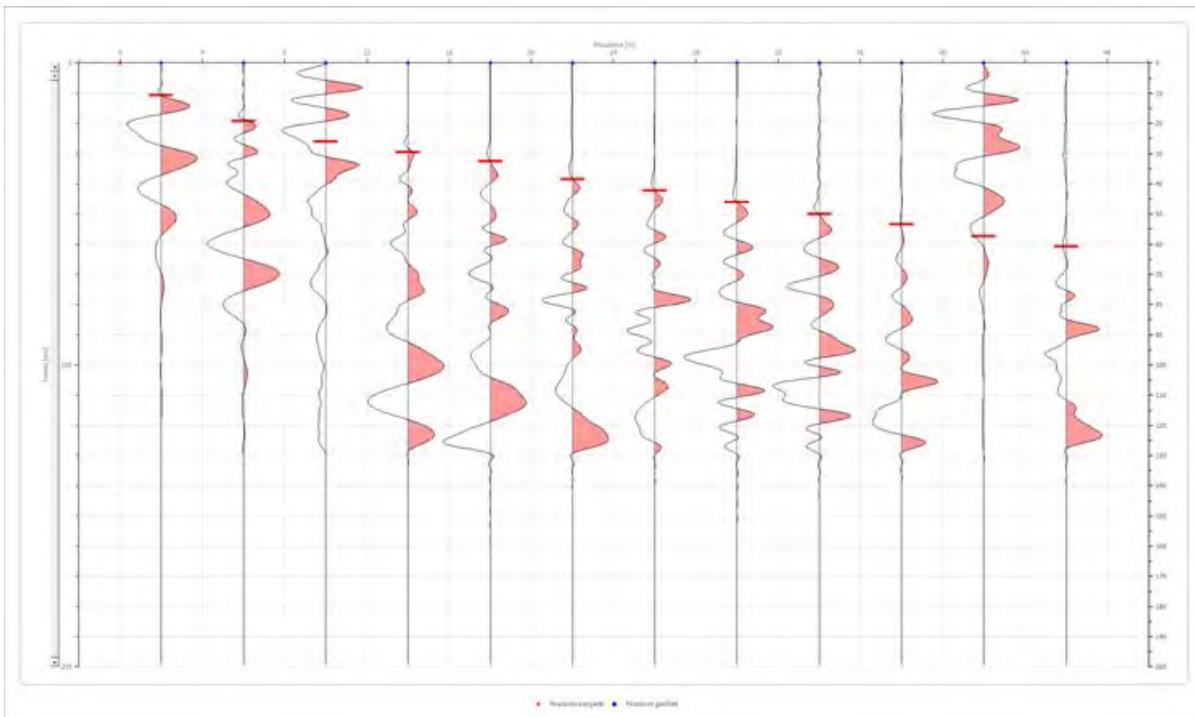
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

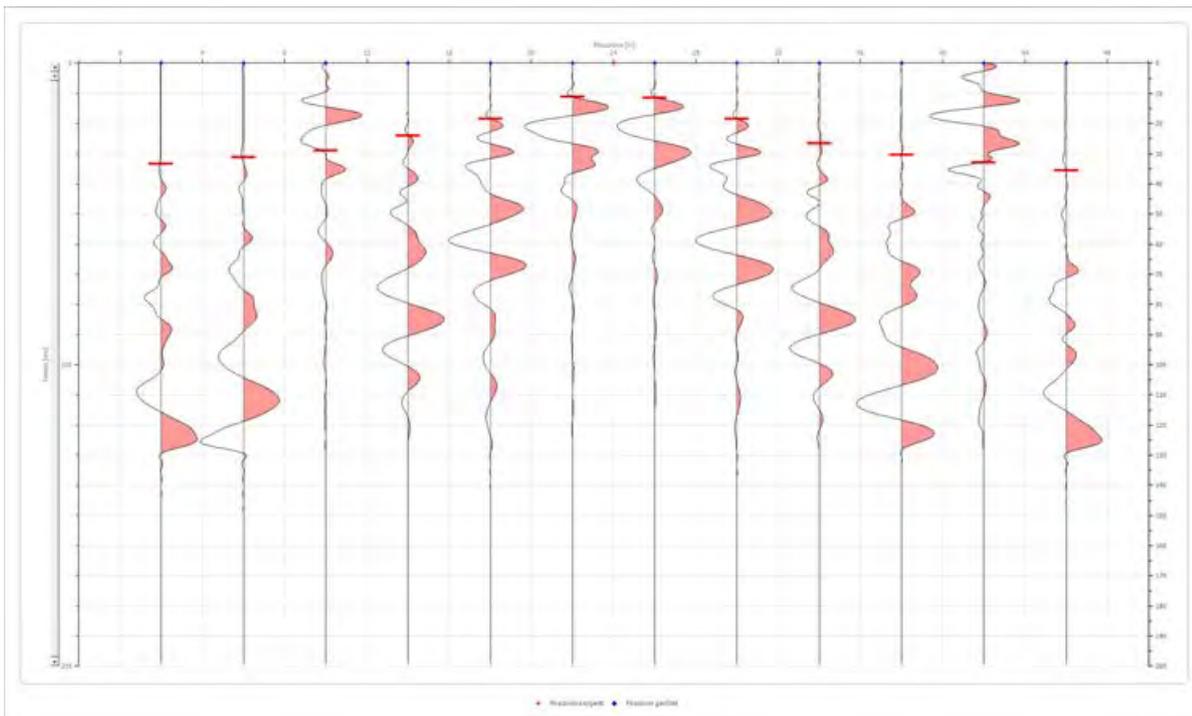
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	10.7540
6.0	19.2651
10.0	25.9580
14.0	29.6663
18.0	32.6329
22.0	38.5661
26.0	42.2744
30.0	45.9827
34.0	50.0618
38.0	53.3993
42.0	57.4784
46.0	60.8158

Battuta 2

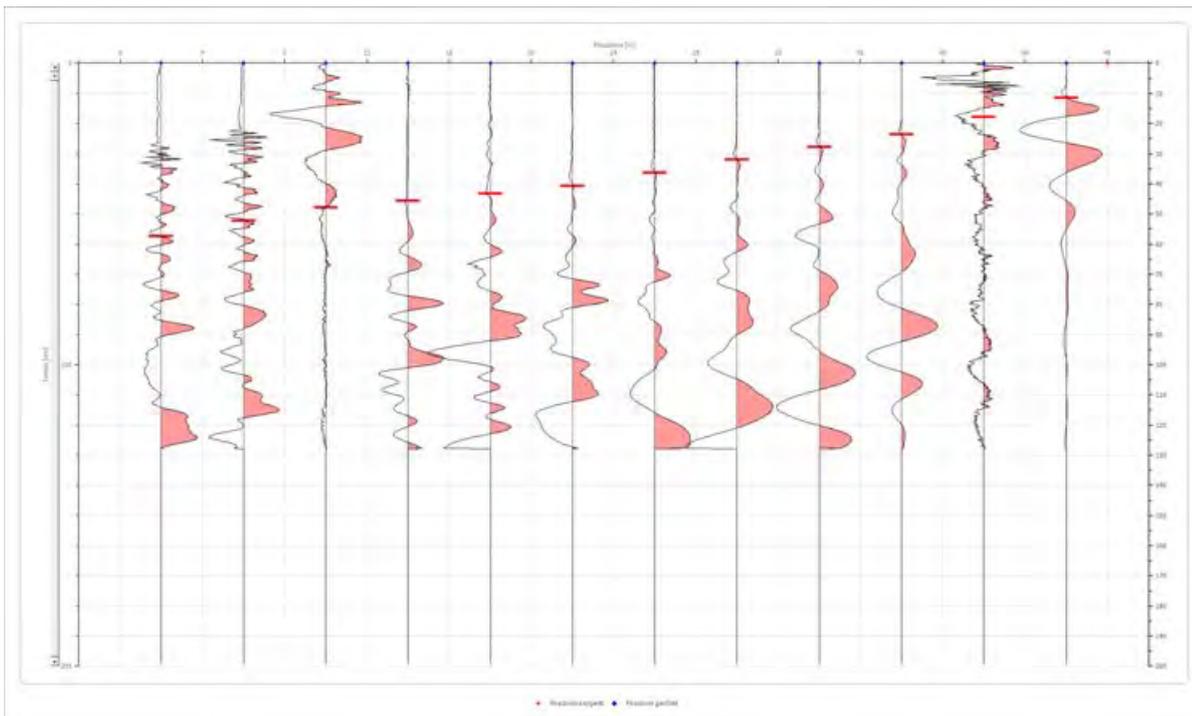
Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	33.3745
6.0	31.1496
10.0	28.9970
14.0	24.1038
18.0	18.4707
22.0	11.1248
26.0	11.4957
30.0	18.4707
34.0	26.6996
38.0	30.4079
42.0	32.9692
46.0	35.5995

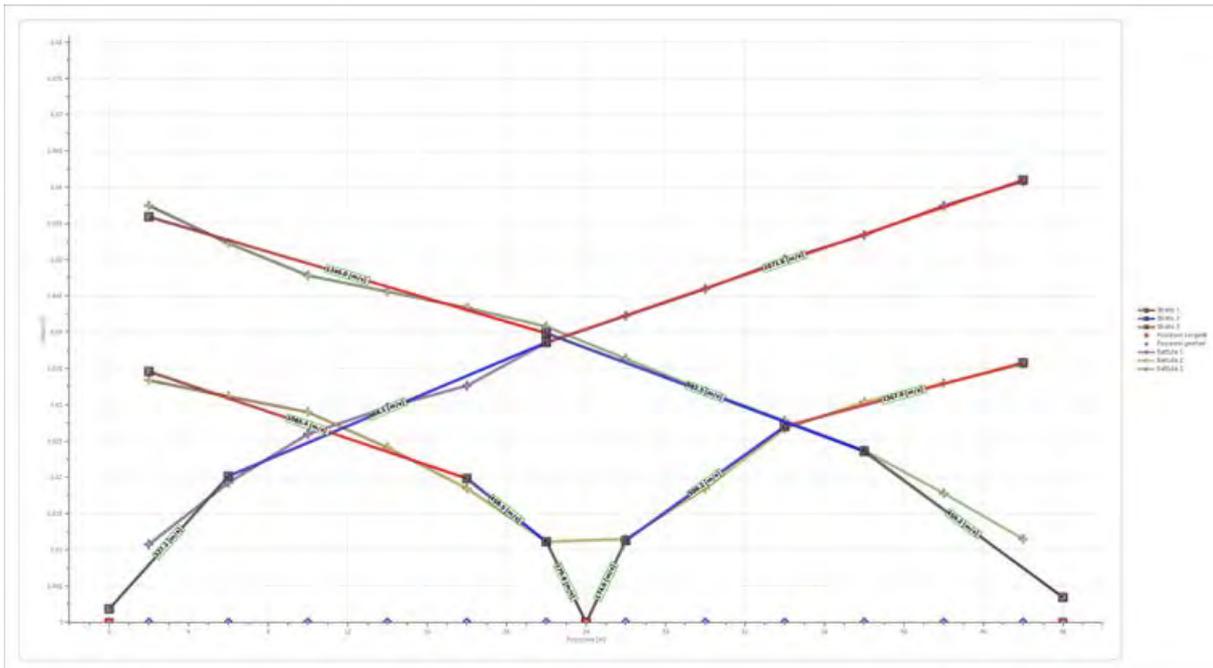
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

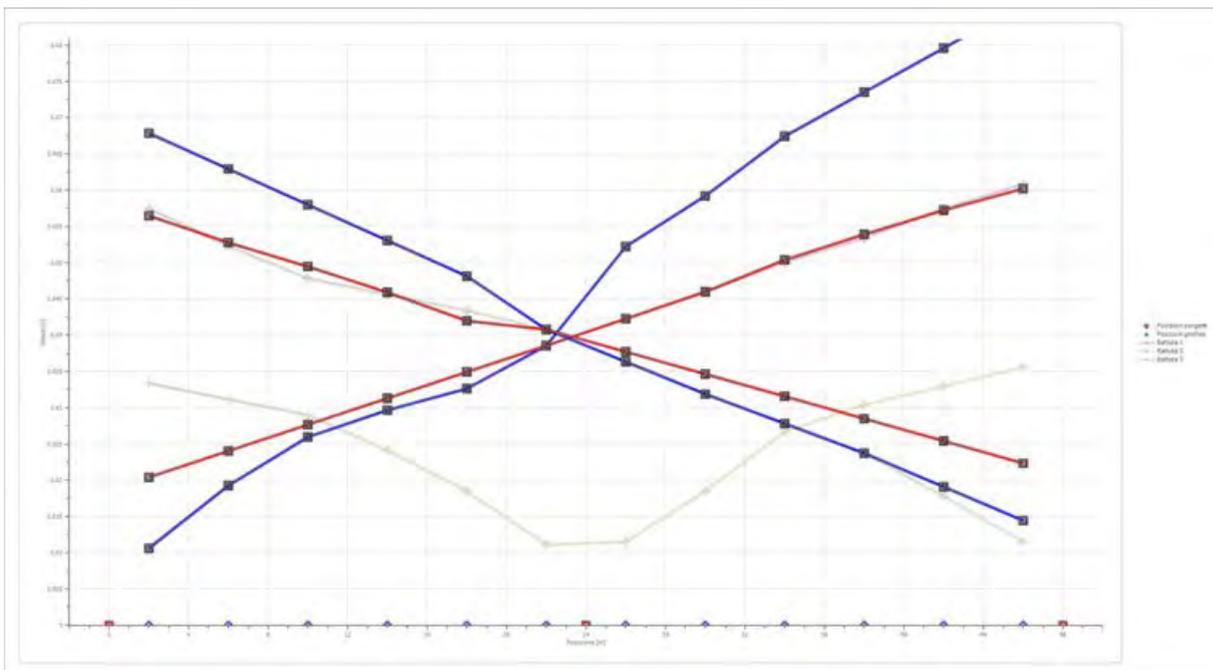


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	57.4784
6.0	52.2868
10.0	47.8368
14.0	45.6119
18.0	43.3869
22.0	40.7911
26.0	36.3412
30.0	31.8912
34.0	27.8121
38.0	23.7330
42.0	17.7998
46.0	11.4957

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

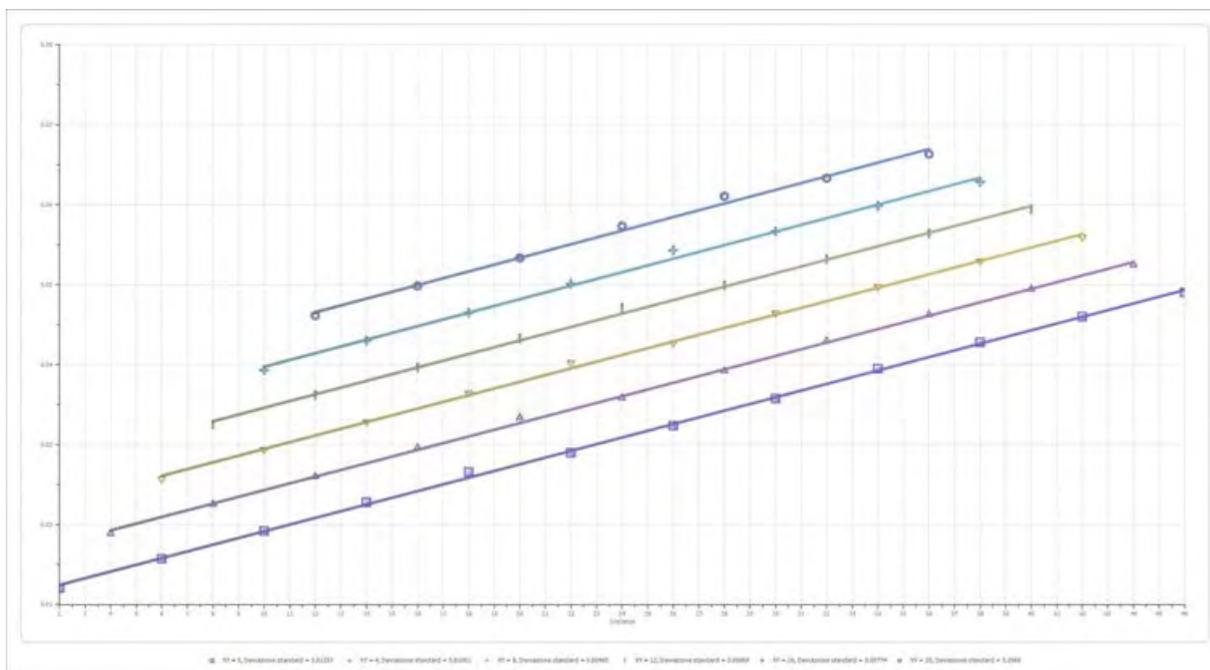
XY: 0

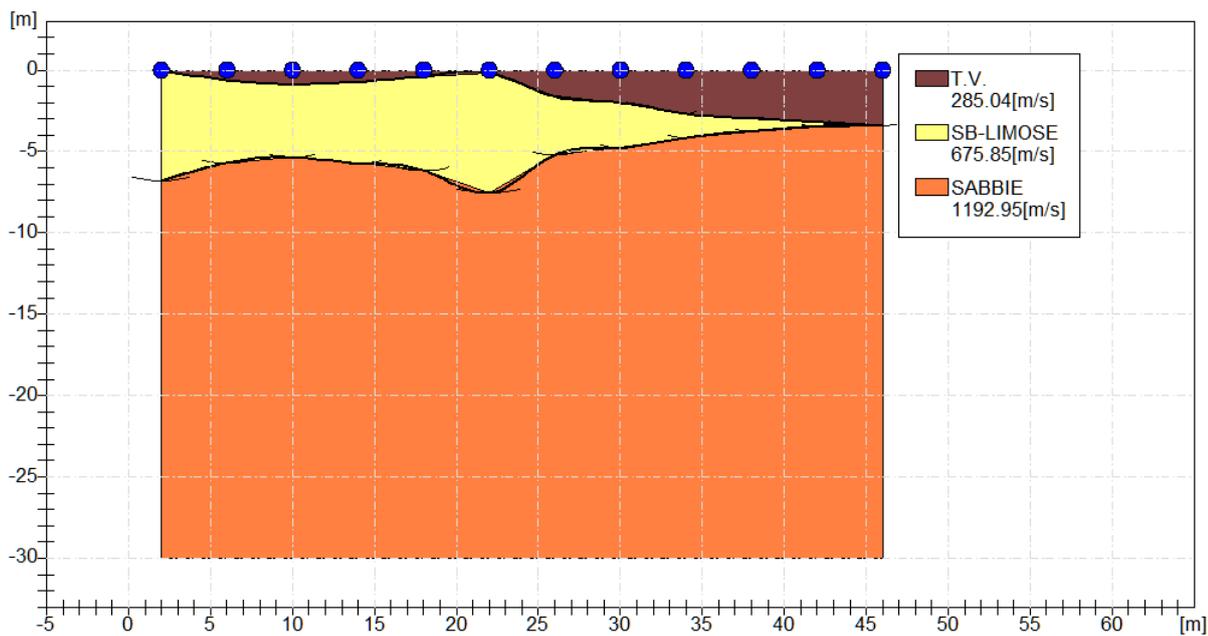
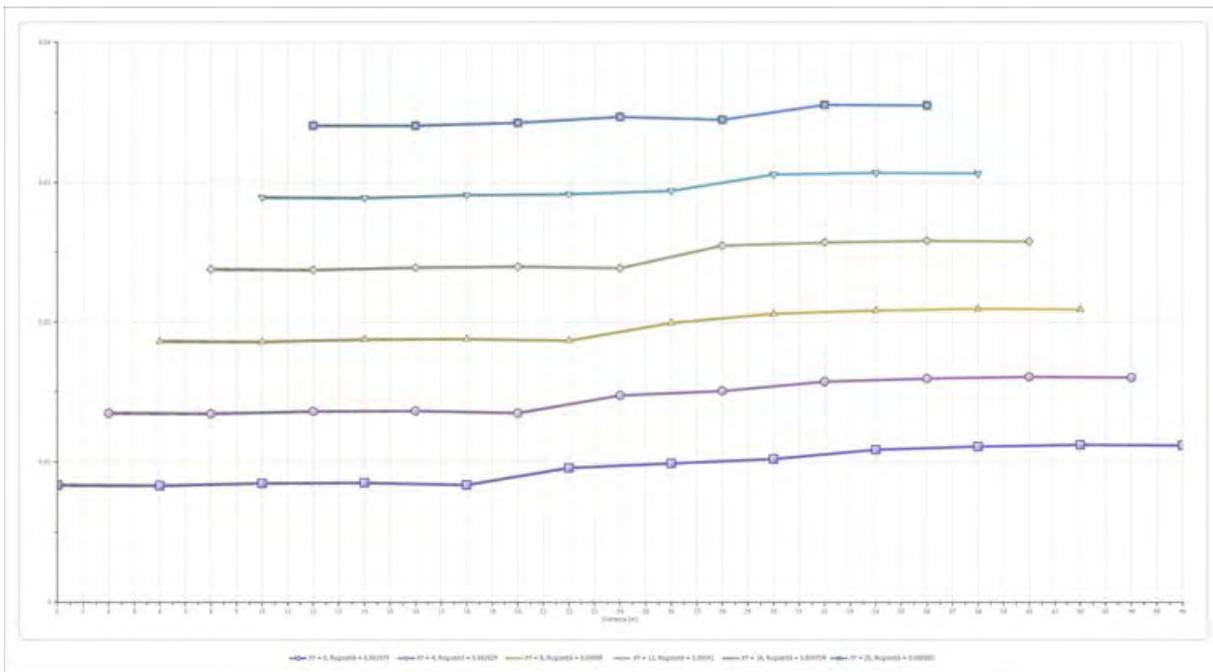
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.0	6.8	--
G= 6.0 [m]	0.6	5.7	--
G= 10.0 [m]	0.9	5.4	--
G= 14.0 [m]	0.7	5.7	--
G= 18.0 [m]	0.4	6.2	--
G= 22.0 [m]	0.2	7.6	--
G= 26.0 [m]	1.6	5.2	--
G= 30.0 [m]	2.0	4.8	--
G= 34.0 [m]	2.7	4.2	--
G= 38.0 [m]	3.0	3.8	--
G= 42.0 [m]	3.2	3.5	--
G= 46.0 [m]	3.4	3.4	--
Velocità [m/sec]	285.0	675.8	1193.0
Descrizione	T.V.	SB-LIMOSE	SABBIE

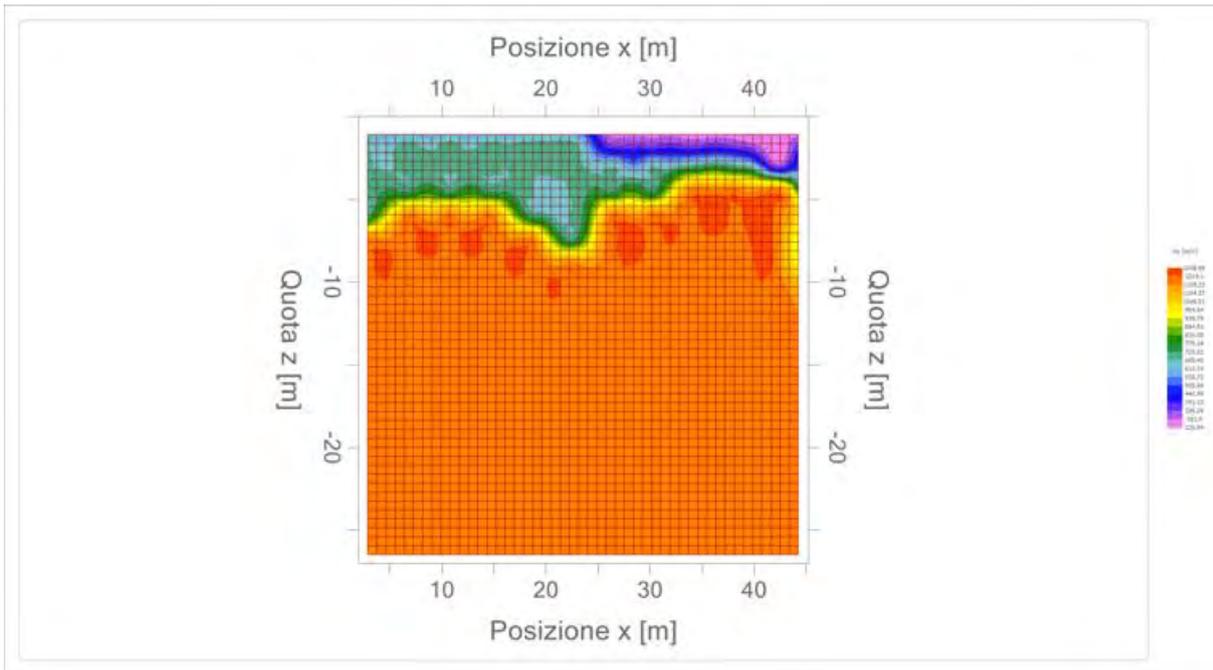
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.48	0.44	0.38
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	285.04	675.85	1192.95
Vs [m/s]	55.90	221.22	524.83
G0 [MPa]	5.31	88.09	523.35
Ed [Mpa]	138.12	822.19	2703.95
M0 [MPa]	132.81	734.10	2180.61
Ey [Mpa]	15.72	253.70	1444.43

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS - D2

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

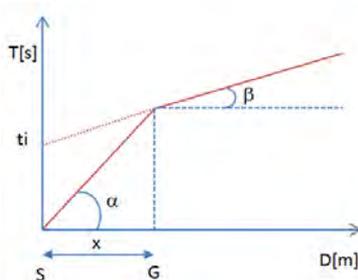
$$T = x_i / V_1$$

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

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

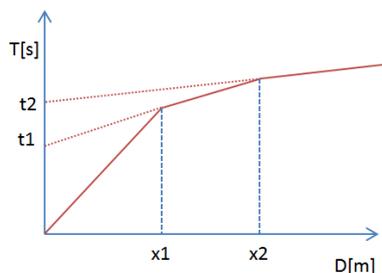
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

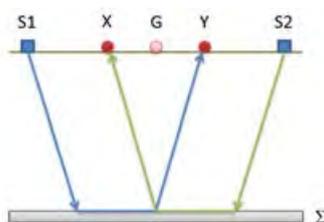


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

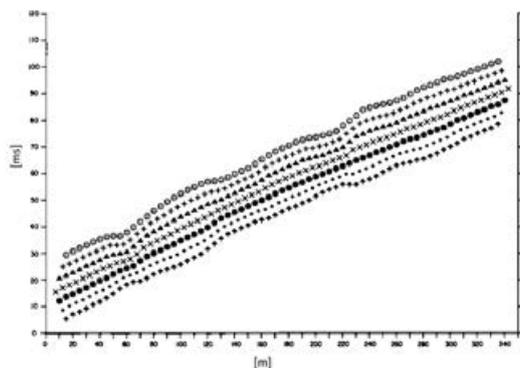
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

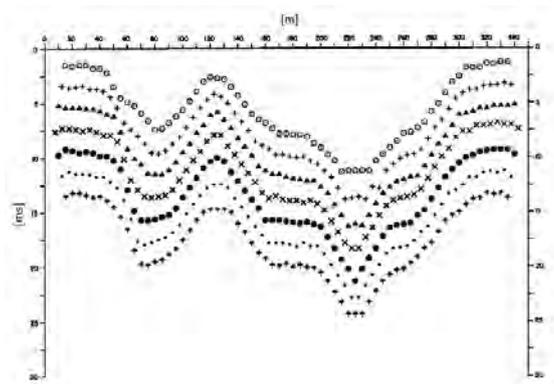
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS - D2
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DILELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	03/06/2021
Via	ASI APRICENA
Latitudine	41,766601[°]
Longitudine	15,421758[°]
Altitudine	56.5[m]

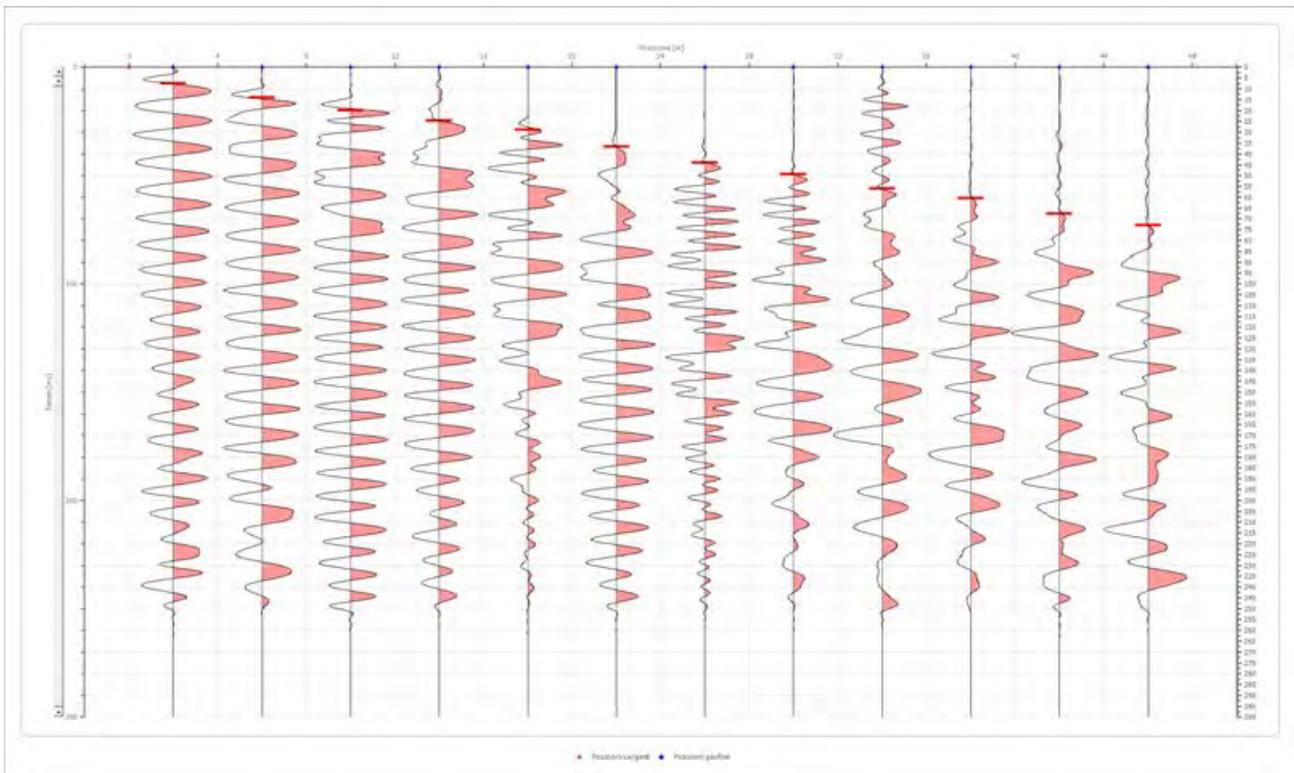
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

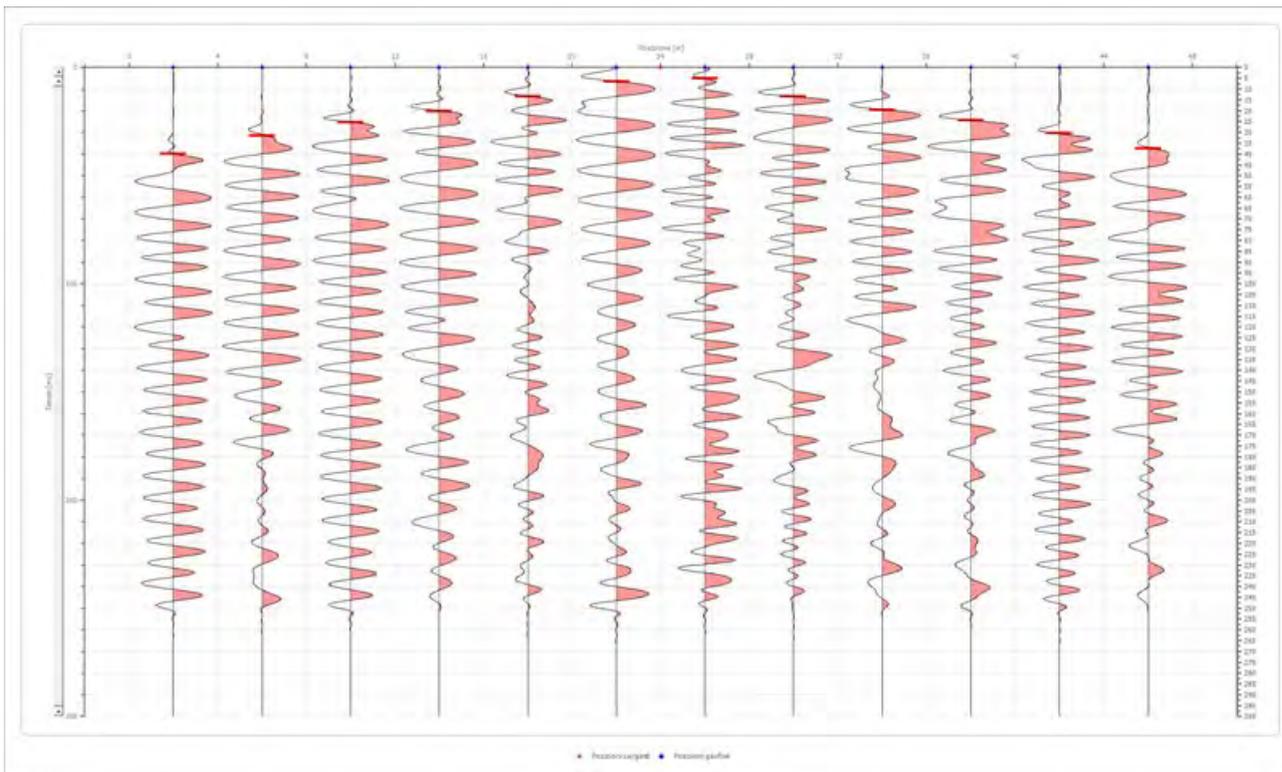


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	7.4166
6.0	14.0915
10.0	20.0000
14.0	24.8455
18.0	28.9246
22.0	36.7120
26.0	44.1286
30.0	49.3202
34.0	55.9951
38.0	60.6250
42.0	67.5000
46.0	73.0532

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

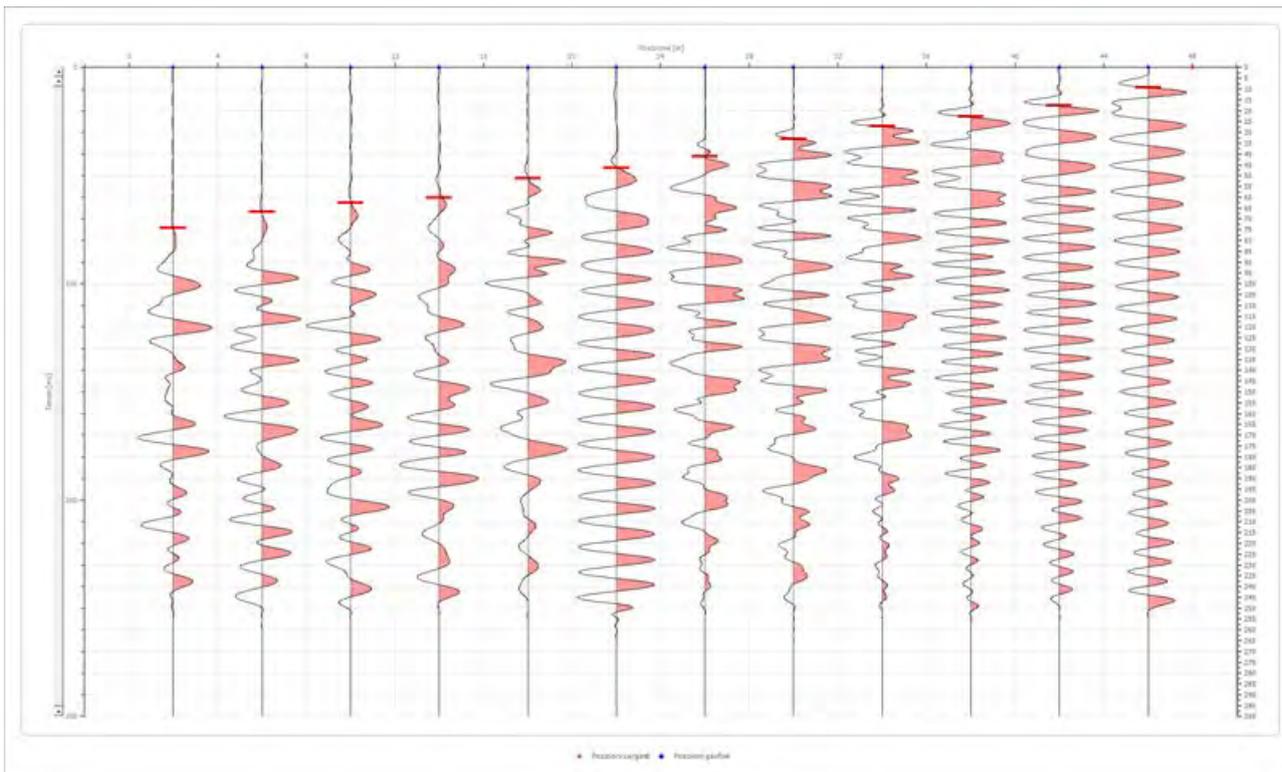


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	40.0494
6.0	31.5204
10.0	25.2163
14.0	20.2500
18.0	13.3498
22.0	6.6749
26.0	5.1916
30.0	13.3498
34.0	19.6539
38.0	24.4747
42.0	30.4079
46.0	37.4536

Battuta 3

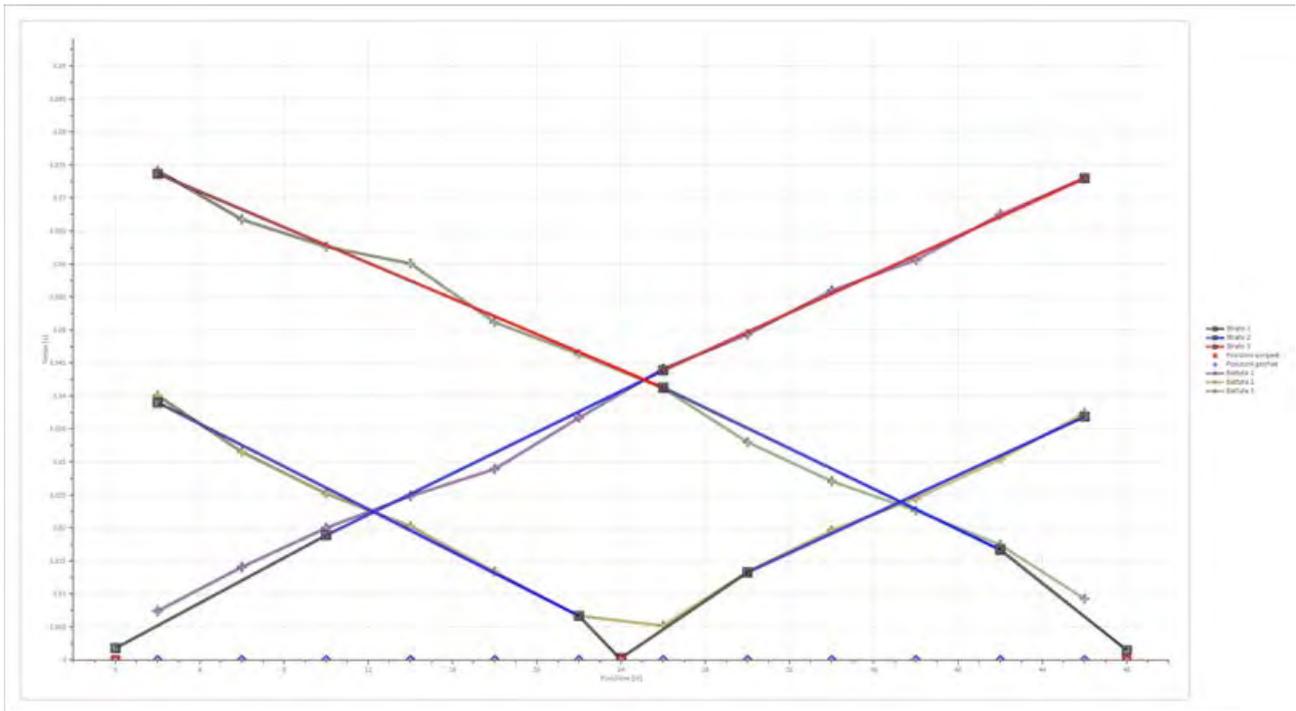
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

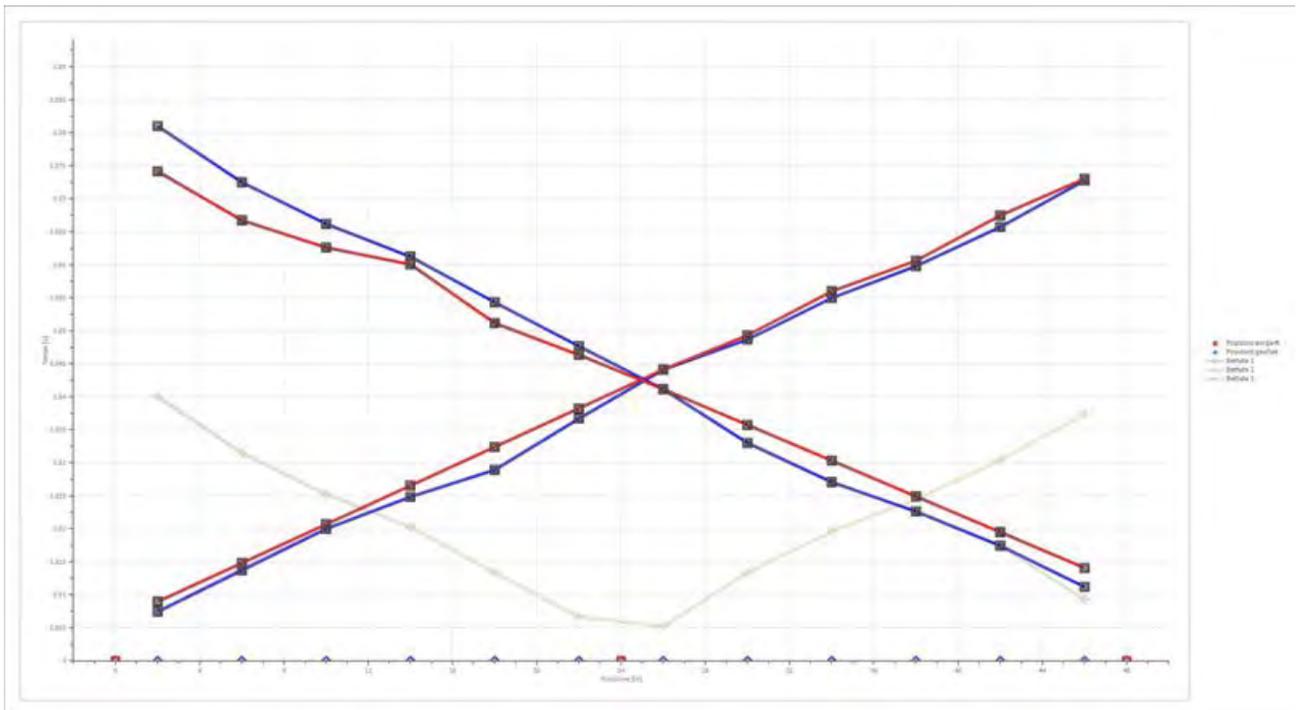


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	74.1656
6.0	66.7491
10.0	62.6250
14.0	60.0742
18.0	51.1743
22.0	46.3535
26.0	41.1619
30.0	33.0037
34.0	27.0705
38.0	22.6205
42.0	17.4289
46.0	9.2707

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

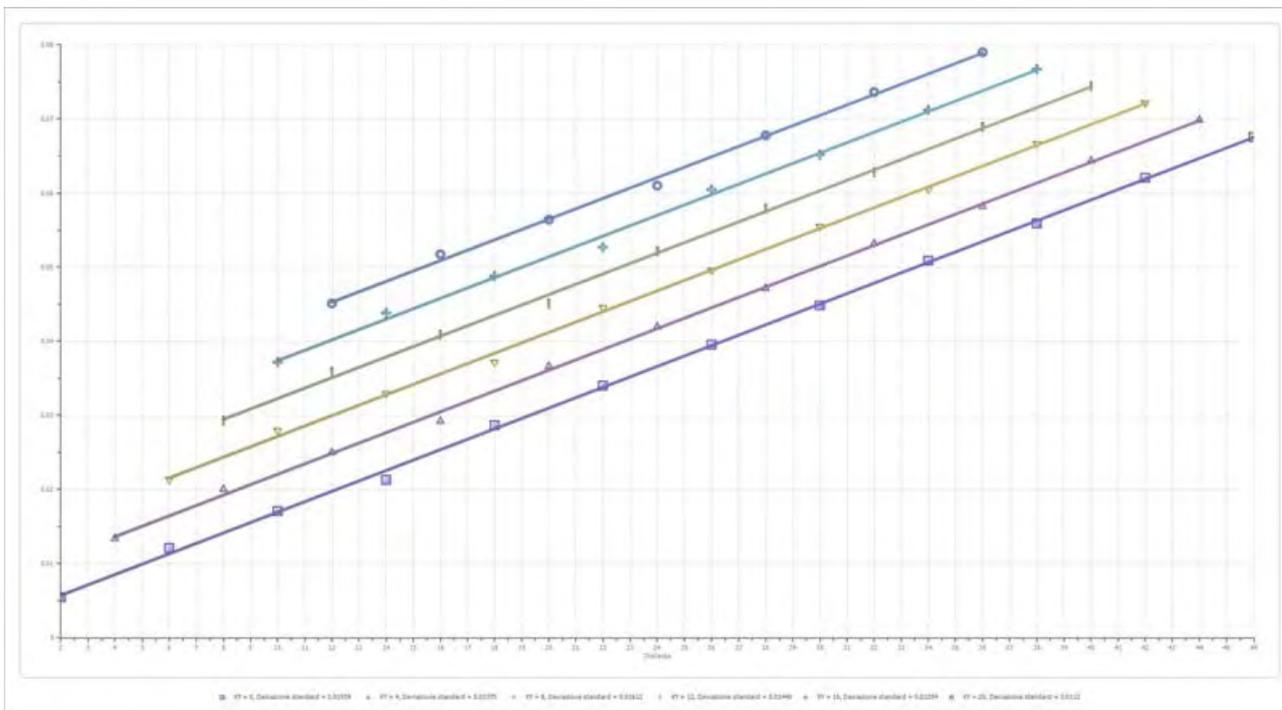
XY: 0

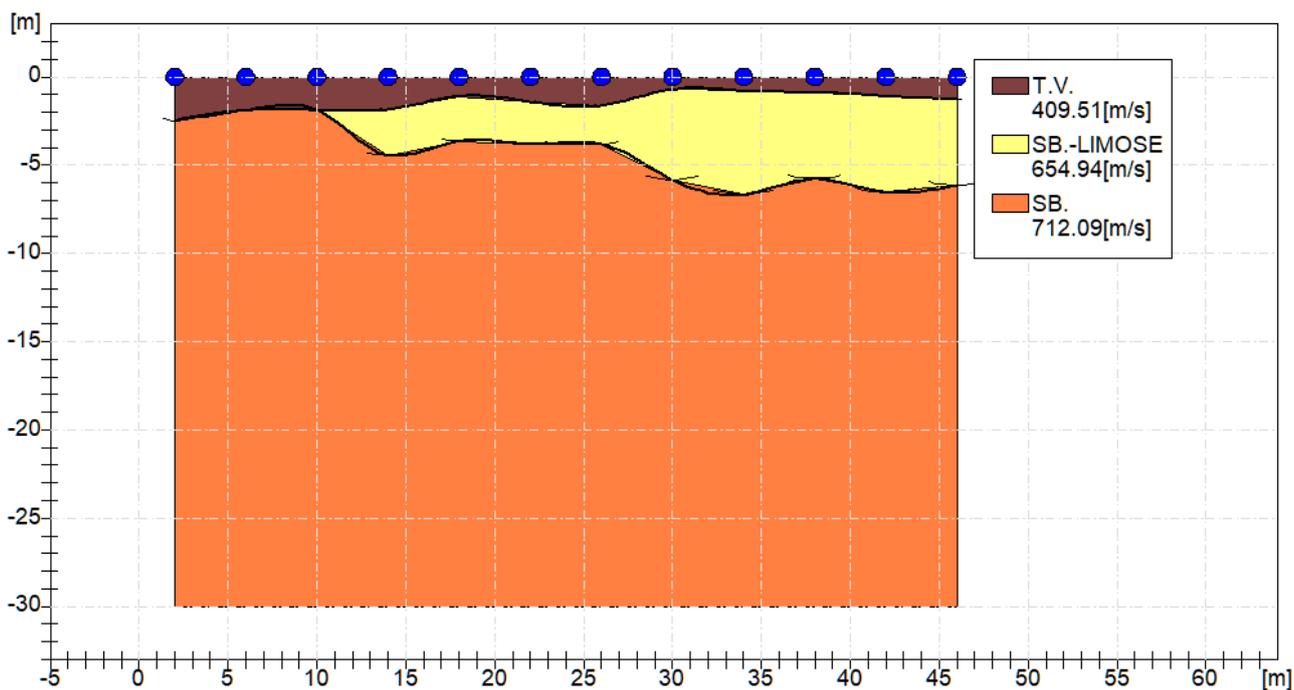
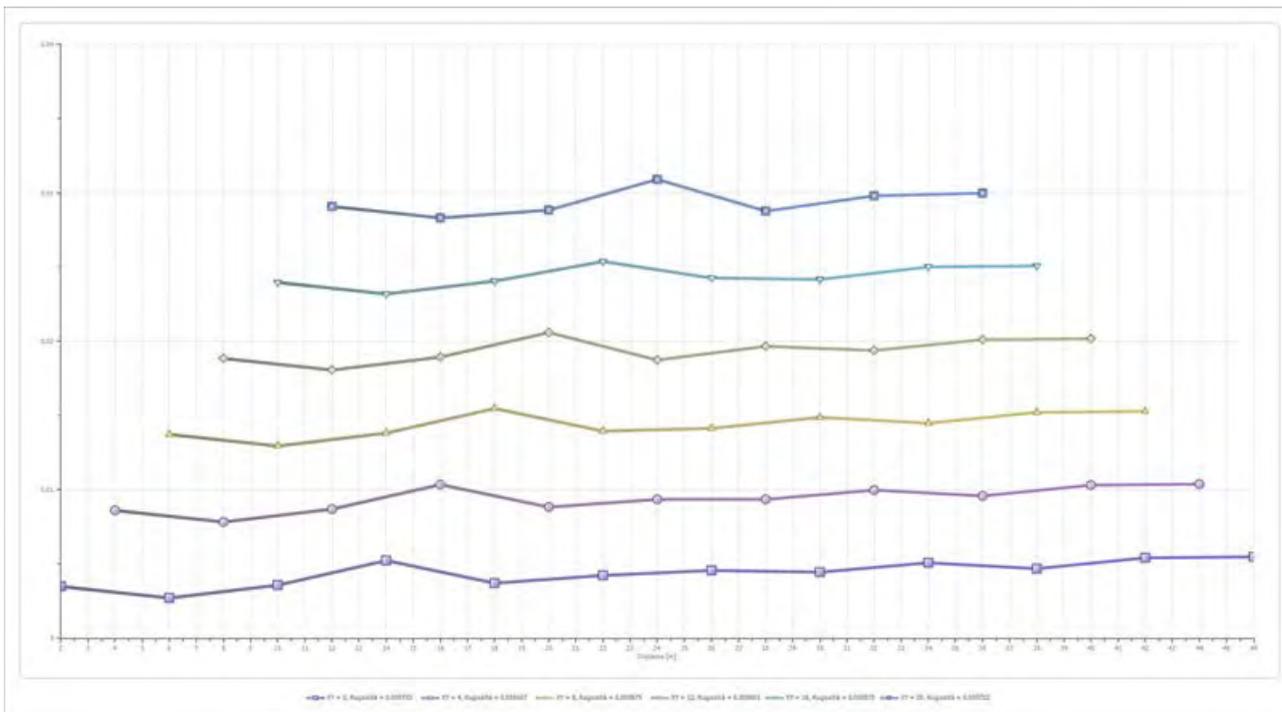
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	2.5	2.5	--
G= 6.0 [m]	1.9	1.9	--
G= 10.0 [m]	1.9	1.9	--
G= 14.0 [m]	1.8	4.4	--
G= 18.0 [m]	1.1	3.6	--
G= 22.0 [m]	1.4	3.8	--
G= 26.0 [m]	1.6	3.8	--
G= 30.0 [m]	0.7	5.8	--
G= 34.0 [m]	0.8	6.7	--
G= 38.0 [m]	0.9	5.8	--
G= 42.0 [m]	1.1	6.5	--
G= 46.0 [m]	1.3	6.1	--
Velocità [m/sec]	409.5	654.9	712.1
Descrizione	T.V.	SB.-LIMOSE	SB.

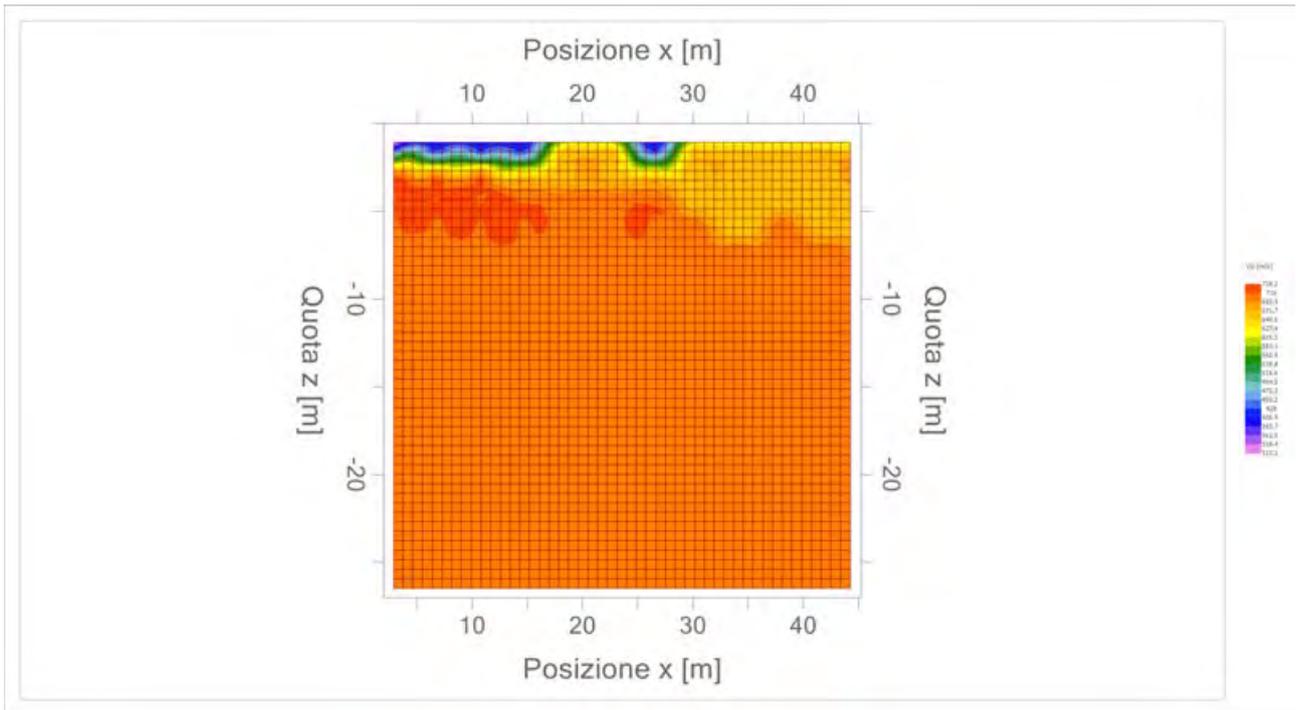
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.44	0.40	0.38
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	409.51	654.94	712.09
Vs [m/s]	134.04	267.38	313.28
G0 [MPa]	30.55	128.68	186.47
Ed [Mpa]	285.09	772.10	963.43
M0 [MPa]	254.54	643.41	776.96
Ey [Mpa]	87.97	360.31	514.66

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS-D3

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

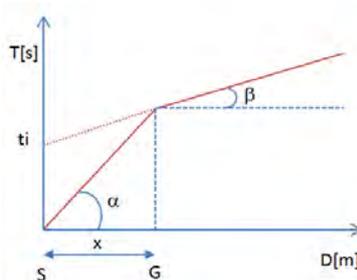
$$T = x_i / V_1$$

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

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

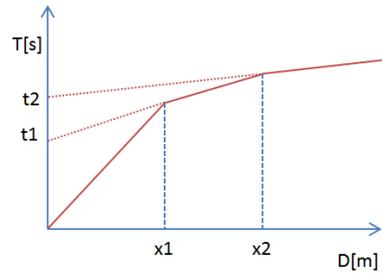
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

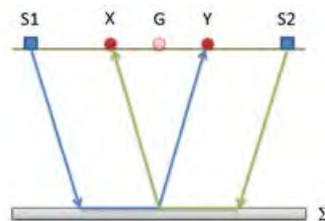


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

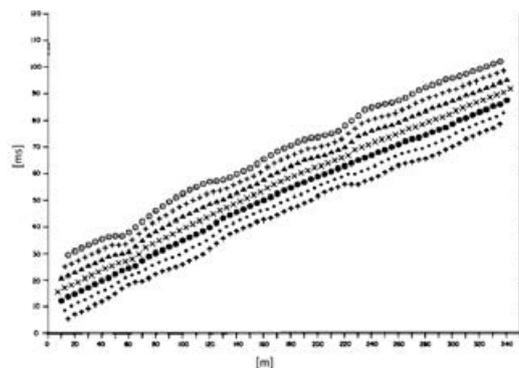
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

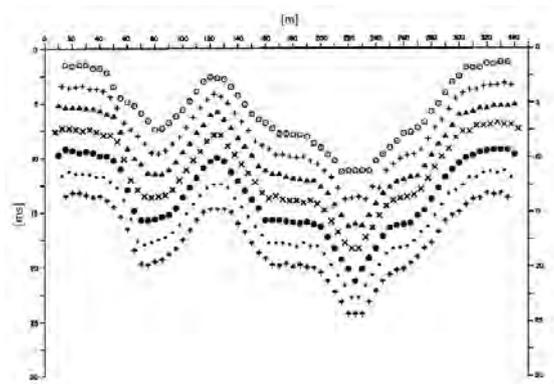
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS-D3
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	ZONA ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	15/06/2021
Via	ASI APRICENA
Latitudine	15,4248392°E[°]
Longitudine	41,7620948°N[°]
Altitudine	49[m]

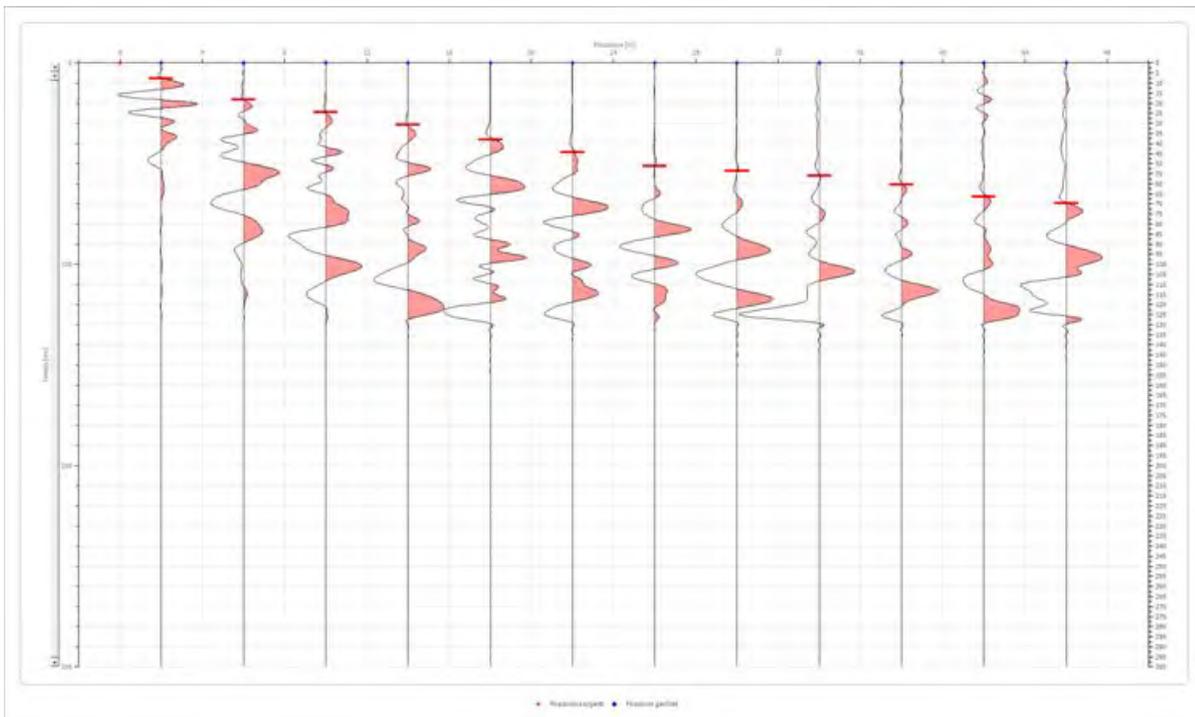
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

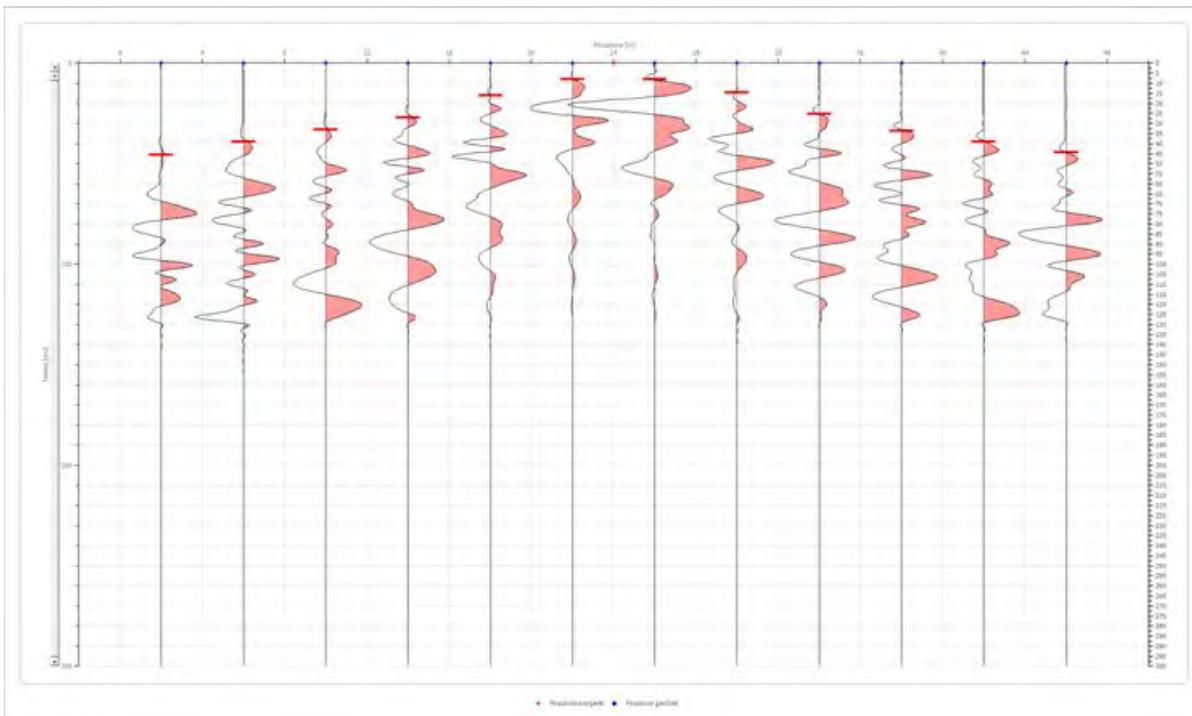


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	7.7874
6.0	18.1706
10.0	24.4747
14.0	30.7787
18.0	38.1953
22.0	44.2500
26.0	51.1743
30.0	53.7701
34.0	55.9951
38.0	60.4450
42.0	66.3782
46.0	69.7157

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

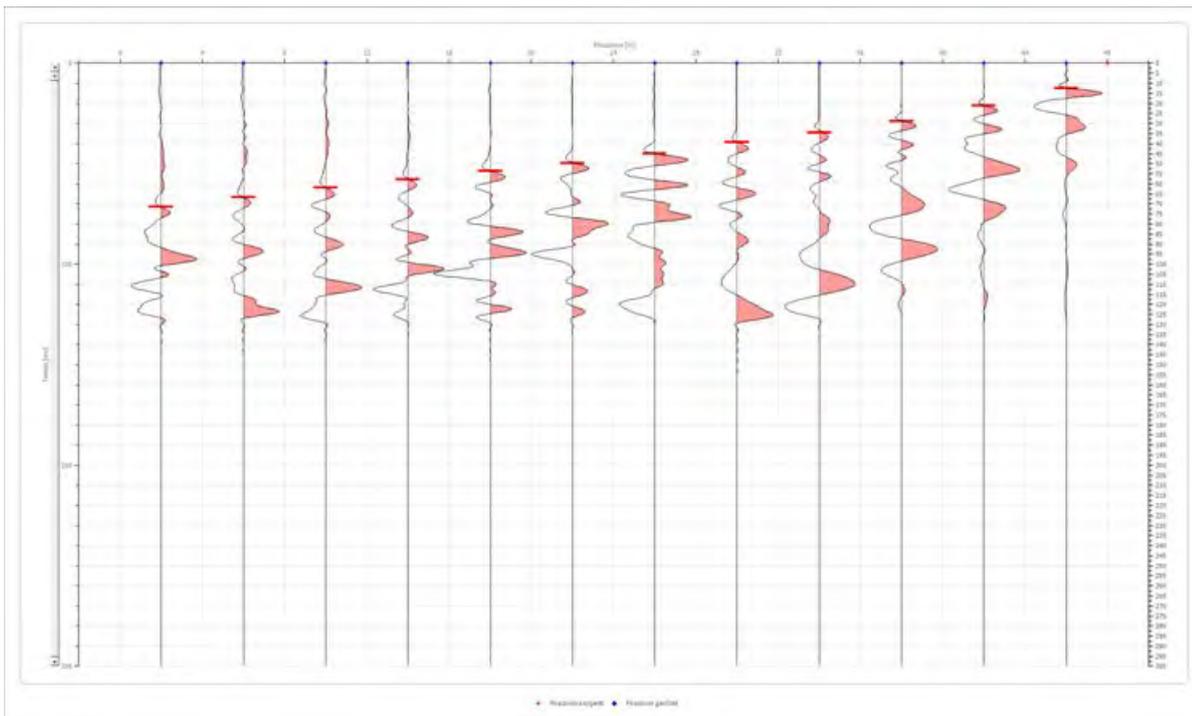
24 [m]
 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	45.6119
6.0	38.9370
10.0	33.0037
14.0	27.0705
18.0	15.9456
22.0	8.1582
26.0	8.1582
30.0	14.4623
34.0	25.2163
38.0	33.7454
42.0	38.9370
46.0	44.4994

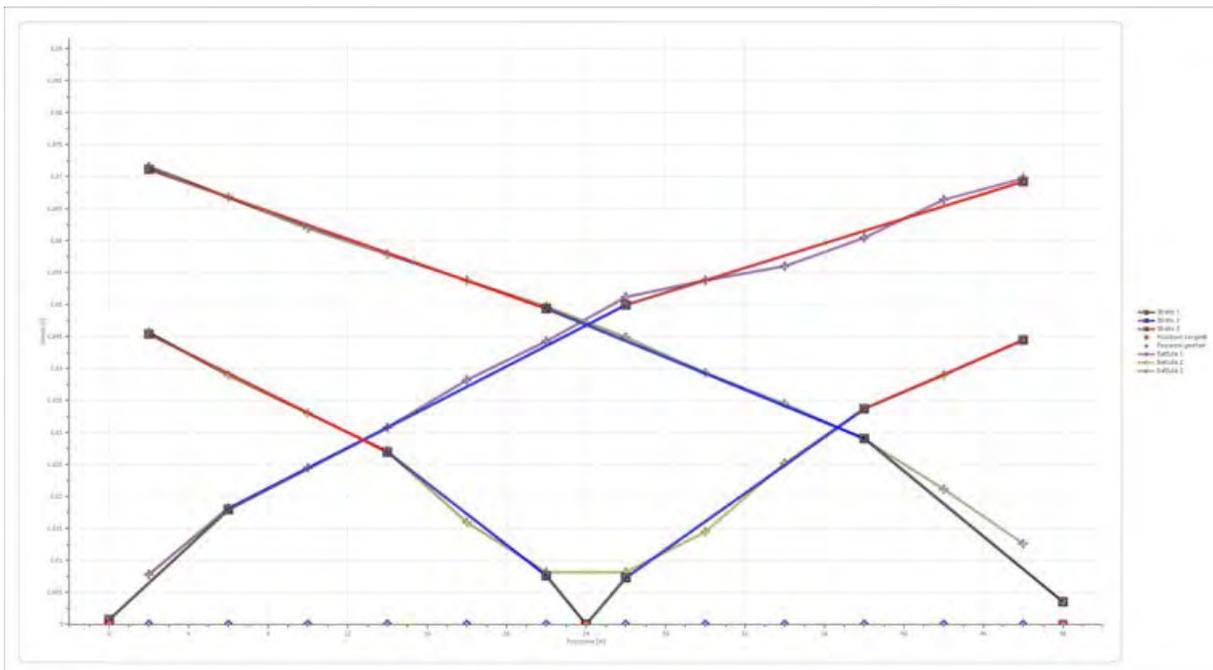
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

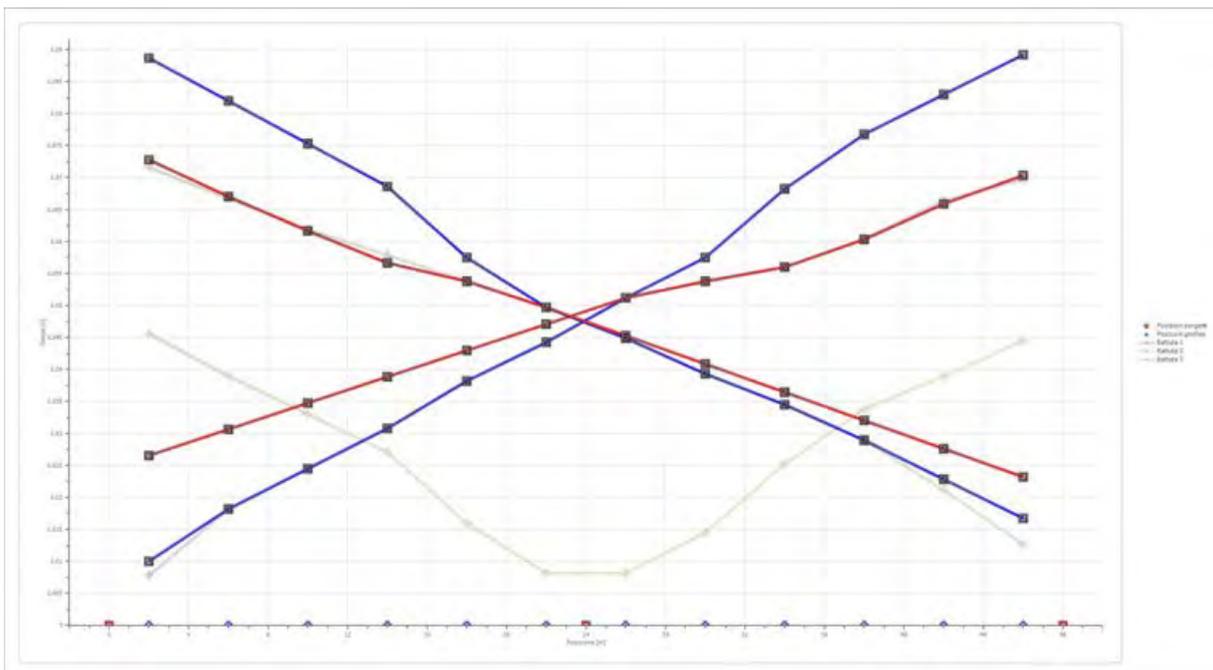


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	71.5698
6.0	66.7491
10.0	61.9283
14.0	57.8492
18.0	53.7701
22.0	49.6910
26.0	44.8702
30.0	39.3078
34.0	34.4870
38.0	28.9246
42.0	21.1372
46.0	12.6082

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

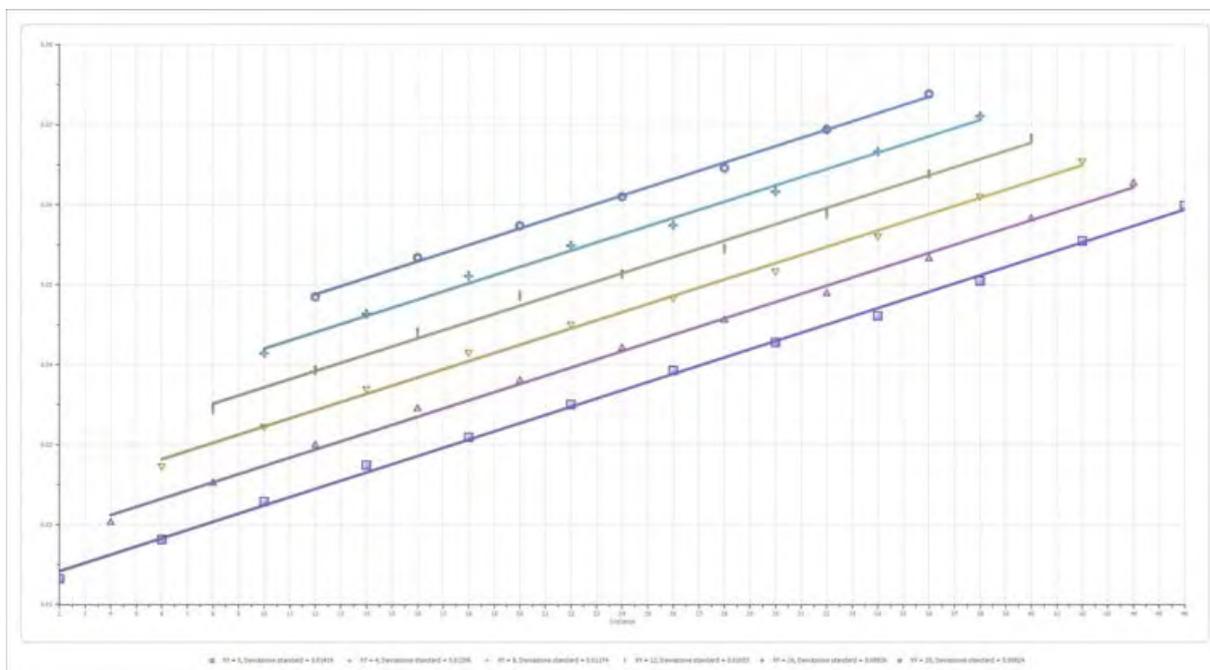
XY: 0

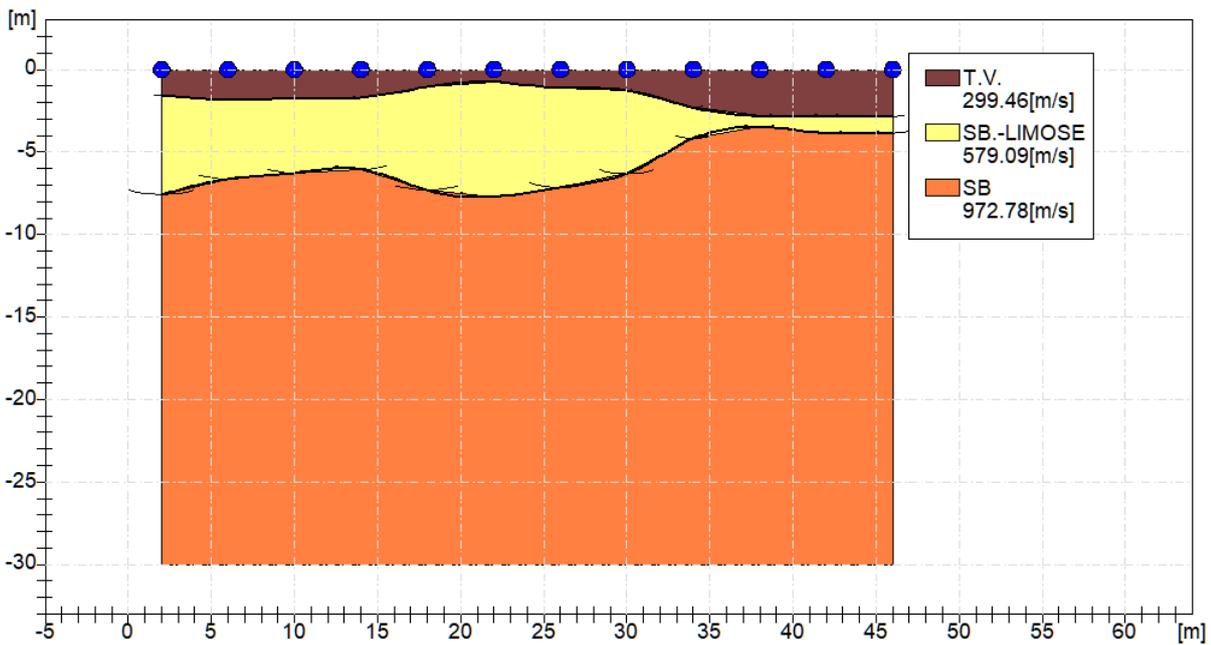
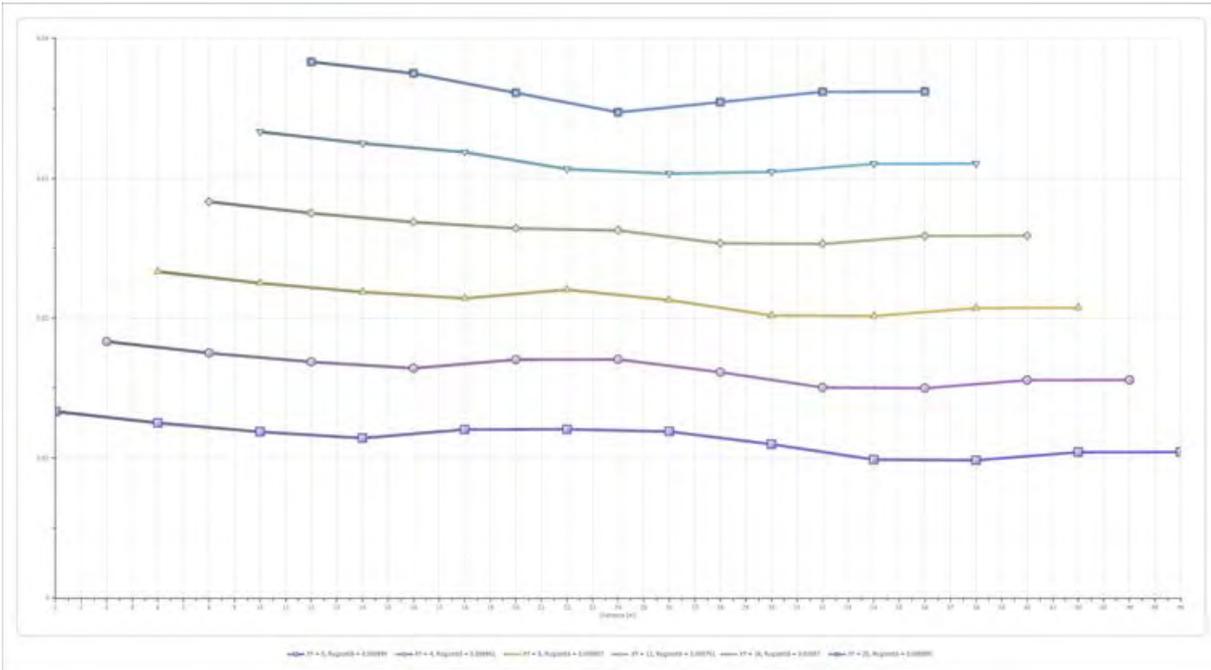
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	1.6	7.6	--
G= 6.0 [m]	1.8	6.6	--
G= 10.0 [m]	1.8	6.3	--
G= 14.0 [m]	1.7	6.0	--
G= 18.0 [m]	1.1	7.3	--
G= 22.0 [m]	0.8	7.7	--
G= 26.0 [m]	1.1	7.1	--
G= 30.0 [m]	1.3	6.3	--
G= 34.0 [m]	2.3	4.2	--
G= 38.0 [m]	2.8	3.5	--
G= 42.0 [m]	2.8	3.9	--
G= 46.0 [m]	2.9	3.8	--
Velocità [m/sec]	299.5	579.1	972.8
Descrizione	T.V.	SB.-LIMOSE	SB

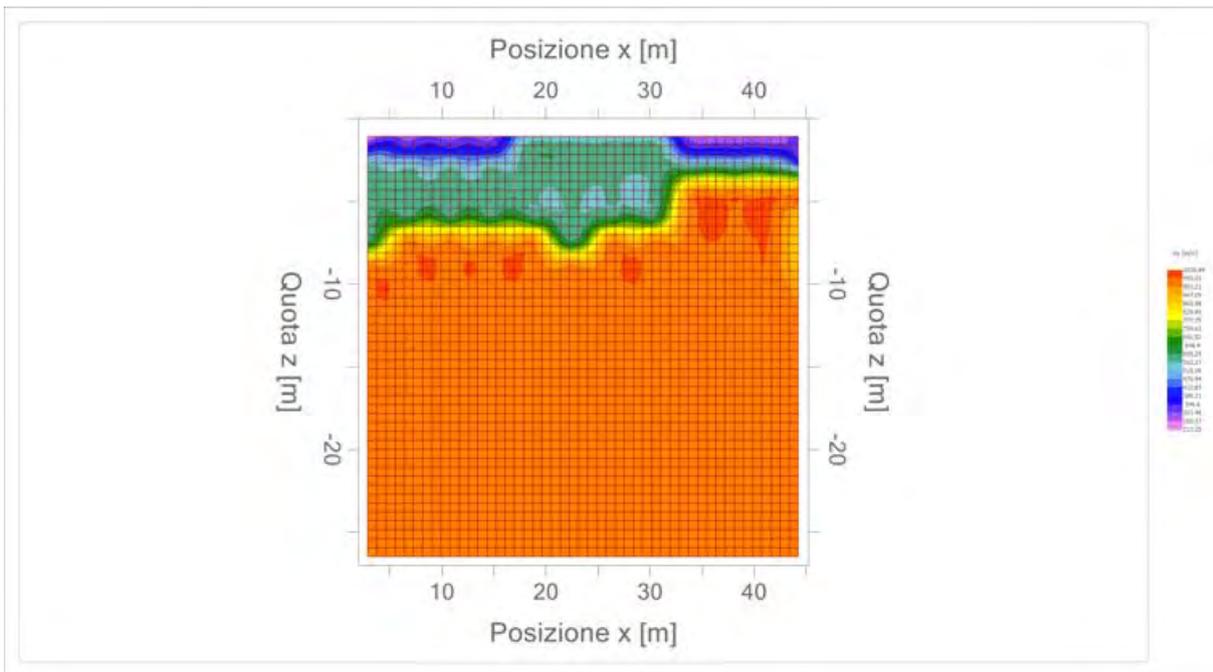
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.44	0.40	0.38
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	299.46	579.09	972.78
Vs [m/s]	98.02	236.41	427.96
G0 [MPa]	16.33	100.60	347.99
Ed [Mpa]	152.45	603.62	1797.96
M0 [MPa]	136.11	503.02	1449.97
Ey [Mpa]	47.04	281.69	960.46

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS D-4

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

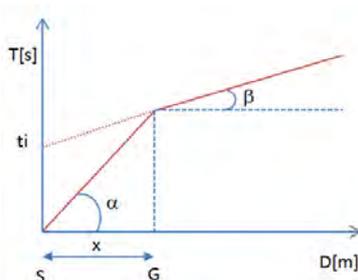
$$T = x_i / V_1$$

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

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

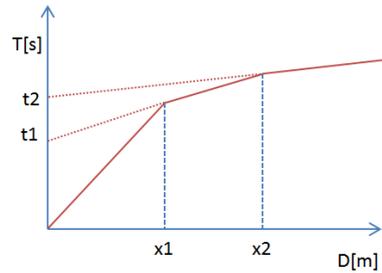
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

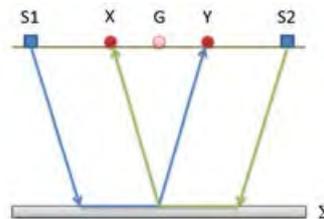


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

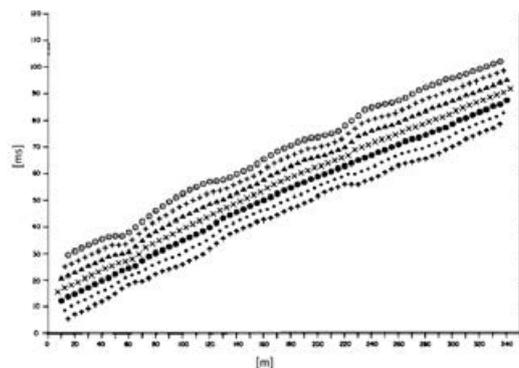
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

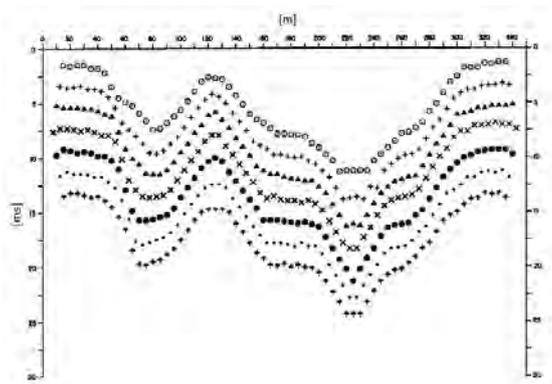
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	SIS D-4
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	24/07/2022
Via	ASI APRICENA
Latitudine	15,4169502°E[°]
Longitudine	41,7584220°N[°]
Altitudine	46[m]

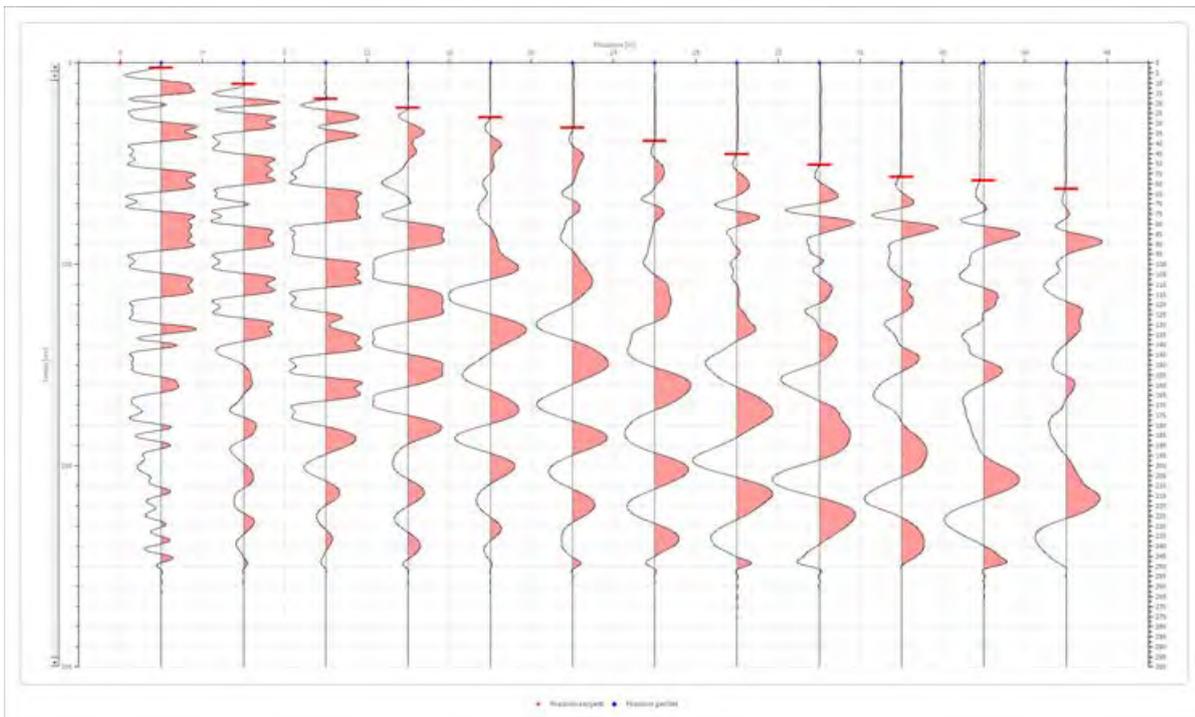
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

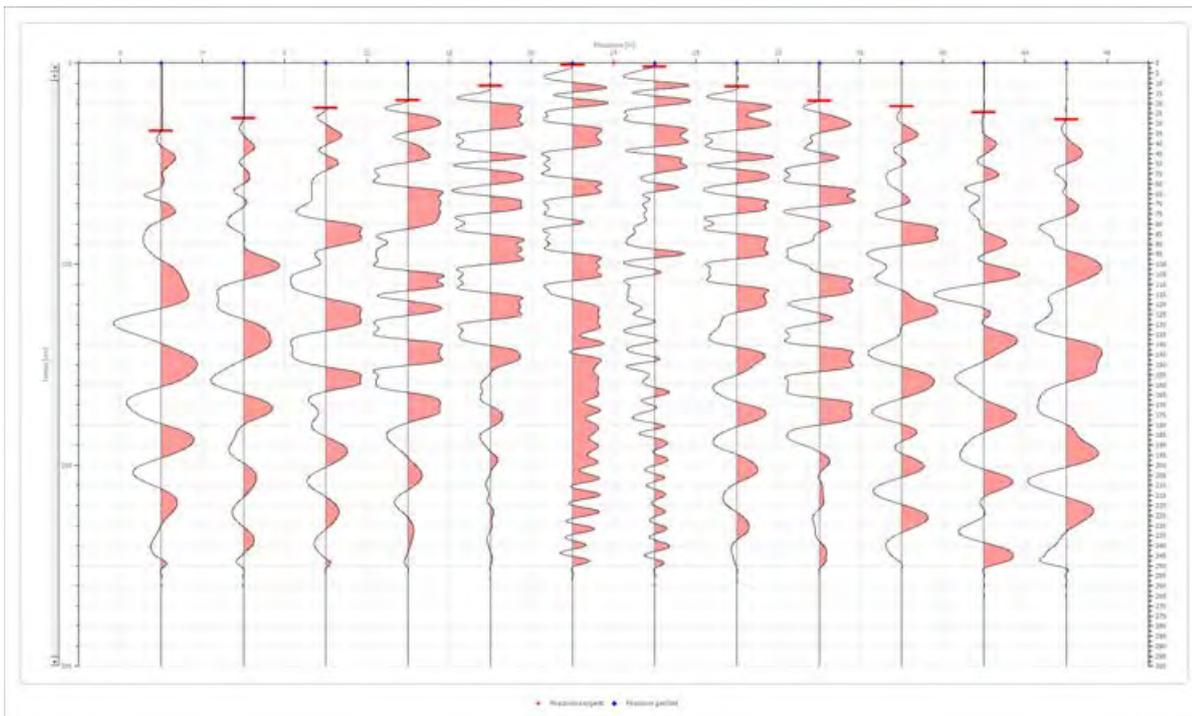


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	2.3833
6.0	10.4270
10.0	17.8749
14.0	22.3436
18.0	27.0000
22.0	32.1748
26.0	38.8750
30.0	45.2500
34.0	50.6455
38.0	56.7500
42.0	58.3913
46.0	62.5621

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

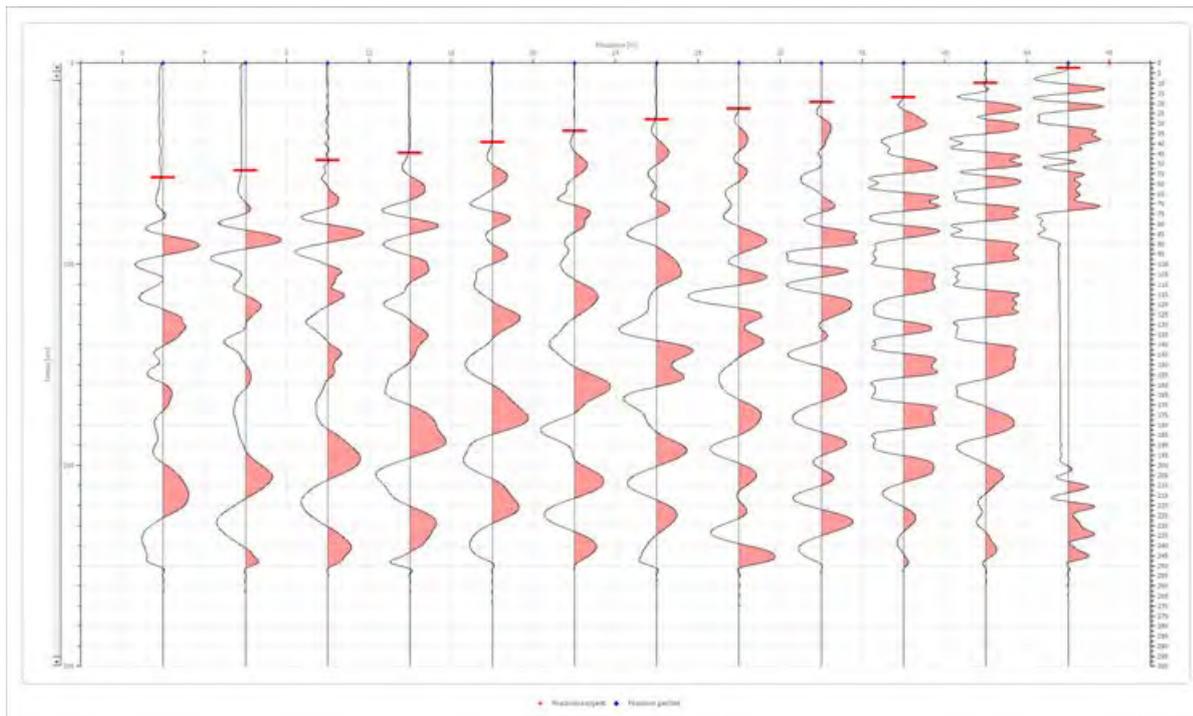


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	33.6644
6.0	27.4081
10.0	22.3436
14.0	18.4707
18.0	11.3208
22.0	0.8937
26.0	1.7875
30.0	11.6187
34.0	18.7686
38.0	21.4499
42.0	24.5000
46.0	27.8750

Battuta 3

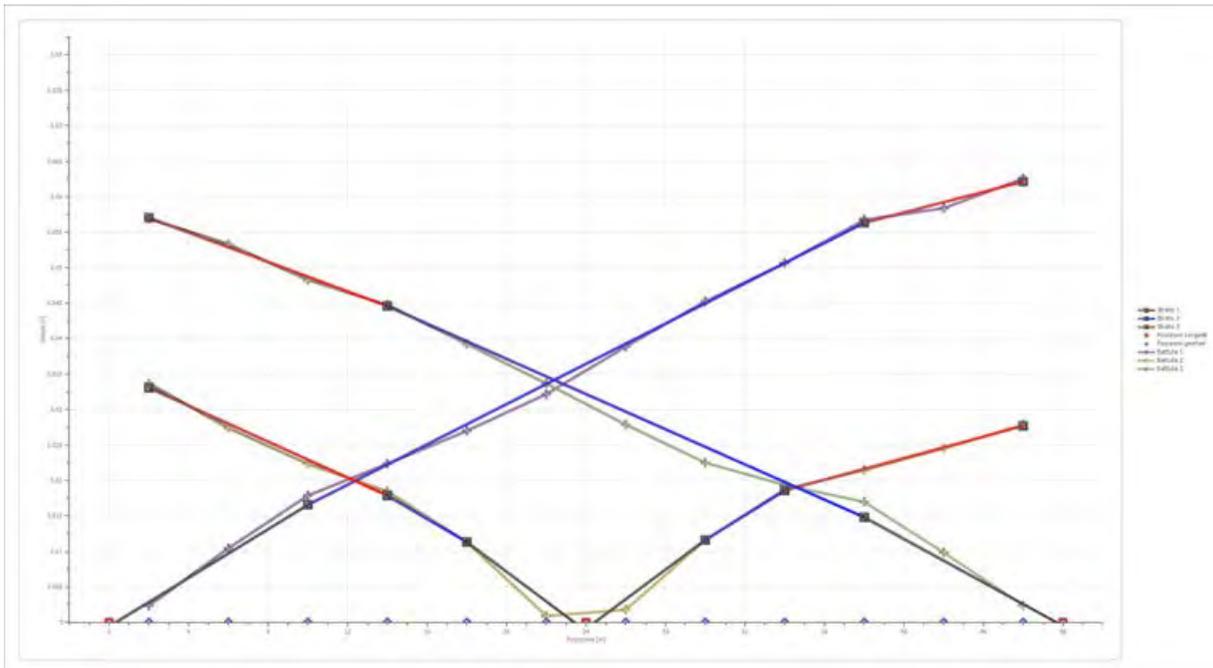
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

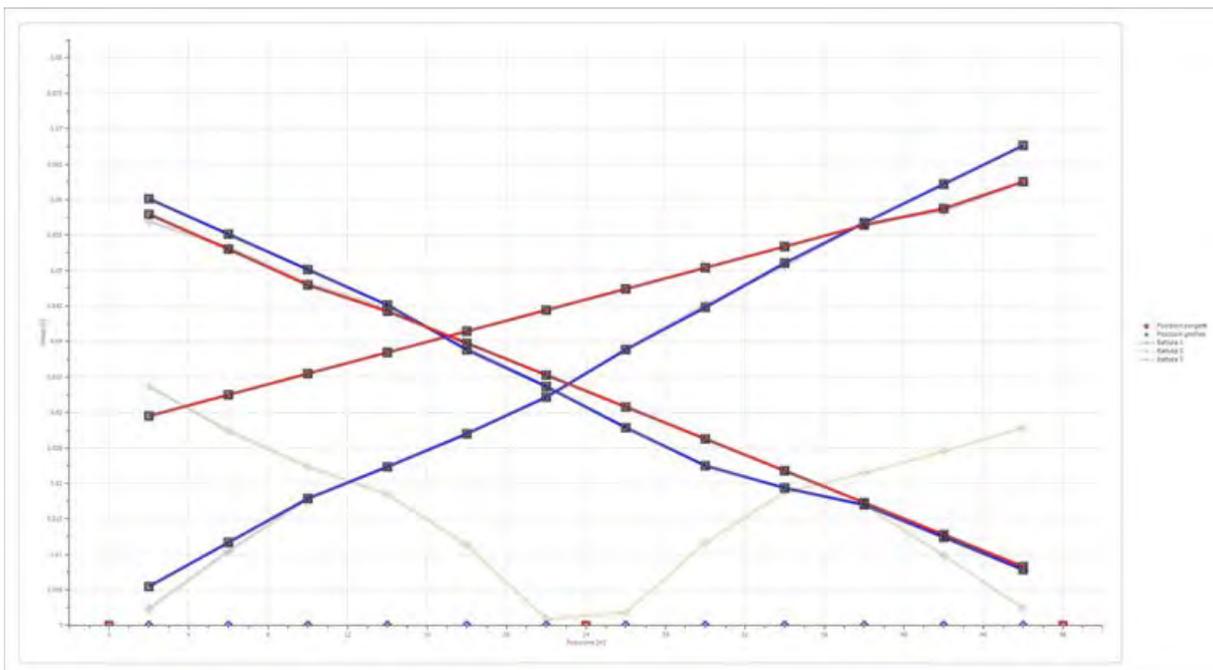


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	56.9017
6.0	53.3267
10.0	48.2622
14.0	44.7500
18.0	39.2500
22.0	33.6644
26.0	27.8750
30.0	22.5000
34.0	19.3644
38.0	16.9811
42.0	9.8312
46.0	2.3833

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

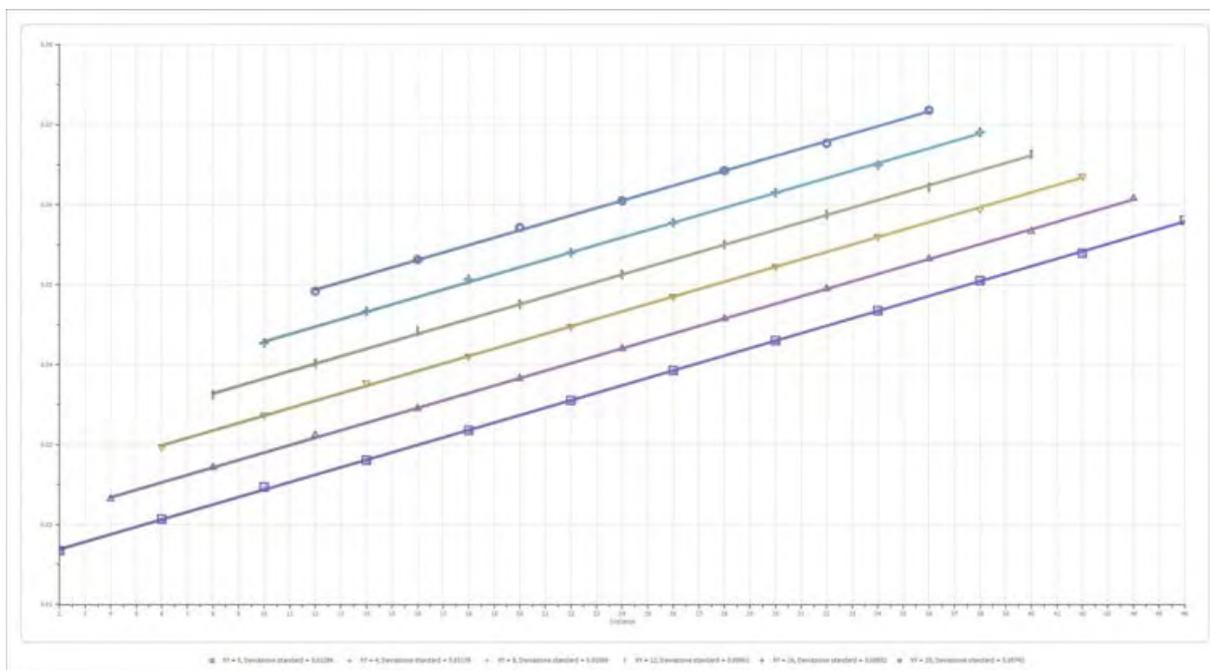
XY: 0

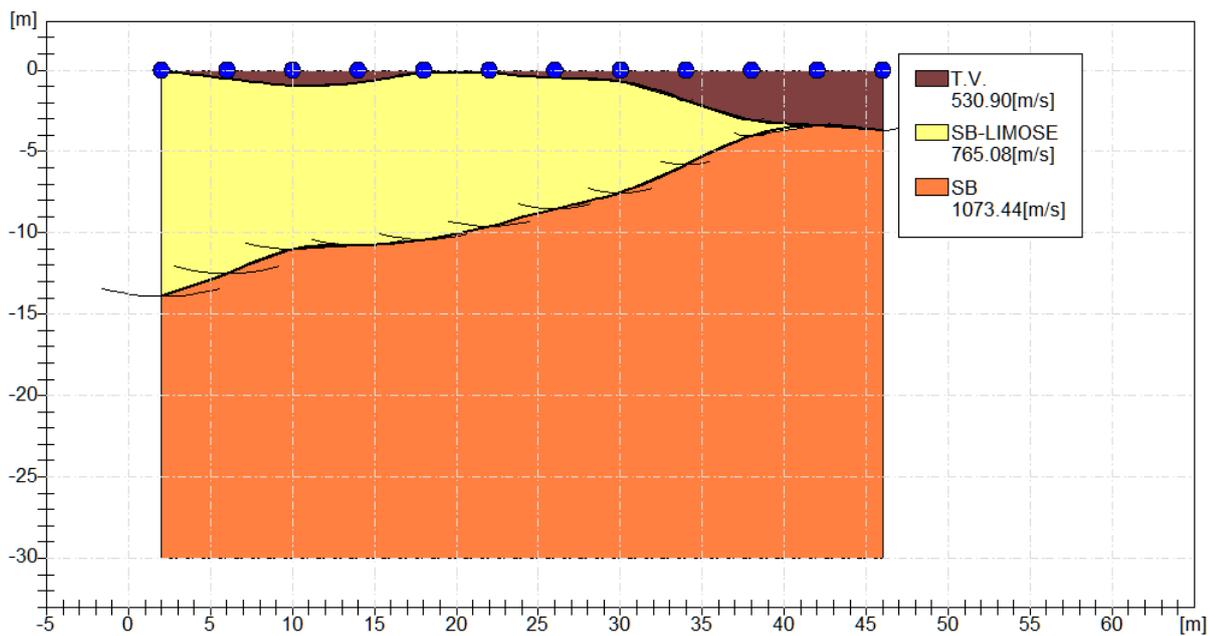
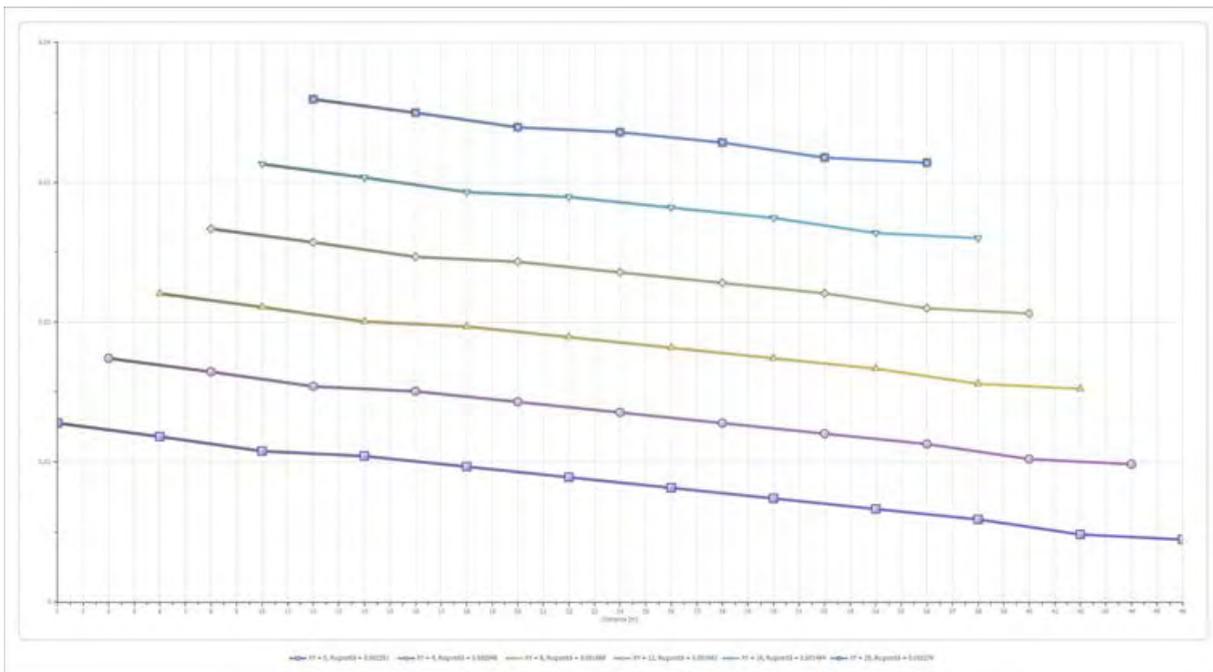
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.1	13.9	--
G= 6.0 [m]	0.5	12.5	--
G= 10.0 [m]	1.0	11.0	--
G= 14.0 [m]	0.8	10.8	--
G= 18.0 [m]	0.2	10.4	--
G= 22.0 [m]	0.2	9.6	--
G= 26.0 [m]	0.5	8.5	--
G= 30.0 [m]	0.7	7.5	--
G= 34.0 [m]	1.9	5.8	--
G= 38.0 [m]	3.1	4.0	--
G= 42.0 [m]	3.4	3.4	--
G= 46.0 [m]	3.7	3.7	--
Velocità [m/sec]	530.9	765.1	1073.4
Descrizione	T.V.	SB-LIMOSE	SB

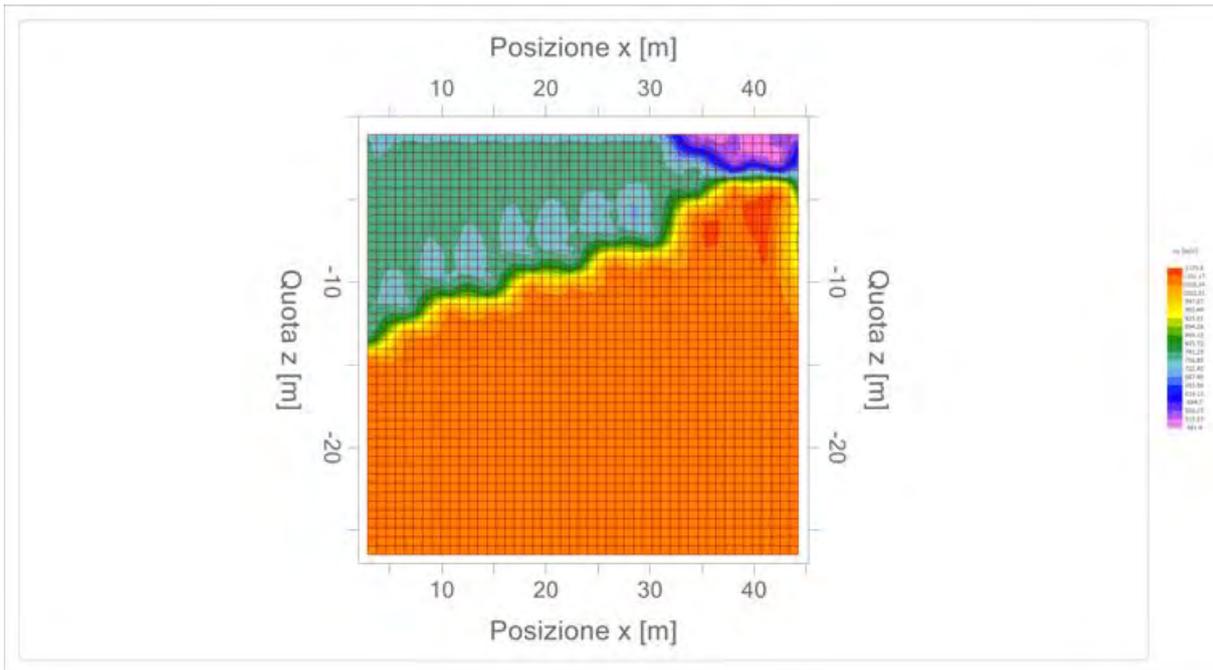
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.44	0.40	0.38
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	530.90	765.08	1073.44
Vs [m/s]	173.78	312.34	472.25
G0 [MPa]	51.34	175.61	423.74
Ed [Mpa]	479.15	1053.64	2189.32
M0 [MPa]	427.82	878.03	1765.58
Ey [Mpa]	147.85	491.70	1169.52

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM1 APRICENA - SIS-D5

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

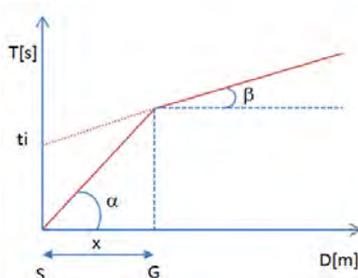
$$T = x_i / V_1$$

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

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

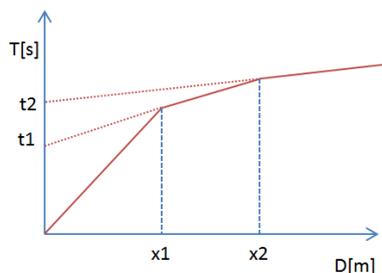
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

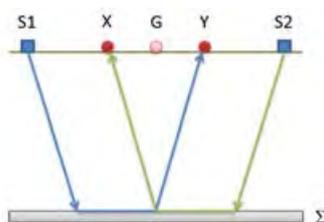


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

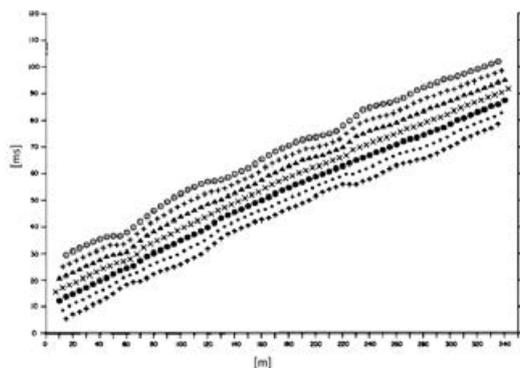
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

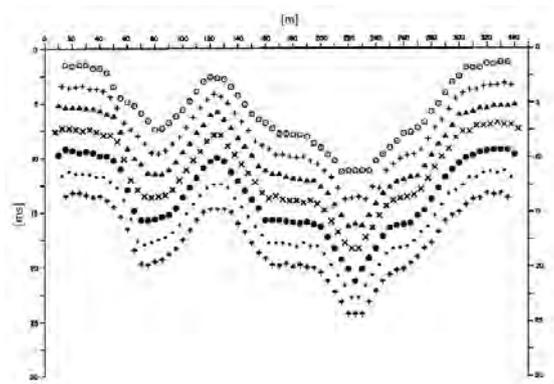
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	FTV - AM1 APRICENA - SIS-D5
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	ZONA ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	12/07/2022
Via	ZONA ASI APRICENA
Latitudine	15,4213557°E[°]
Longitudine	41,7524240°N[°]
Altitudine	42.3[m]

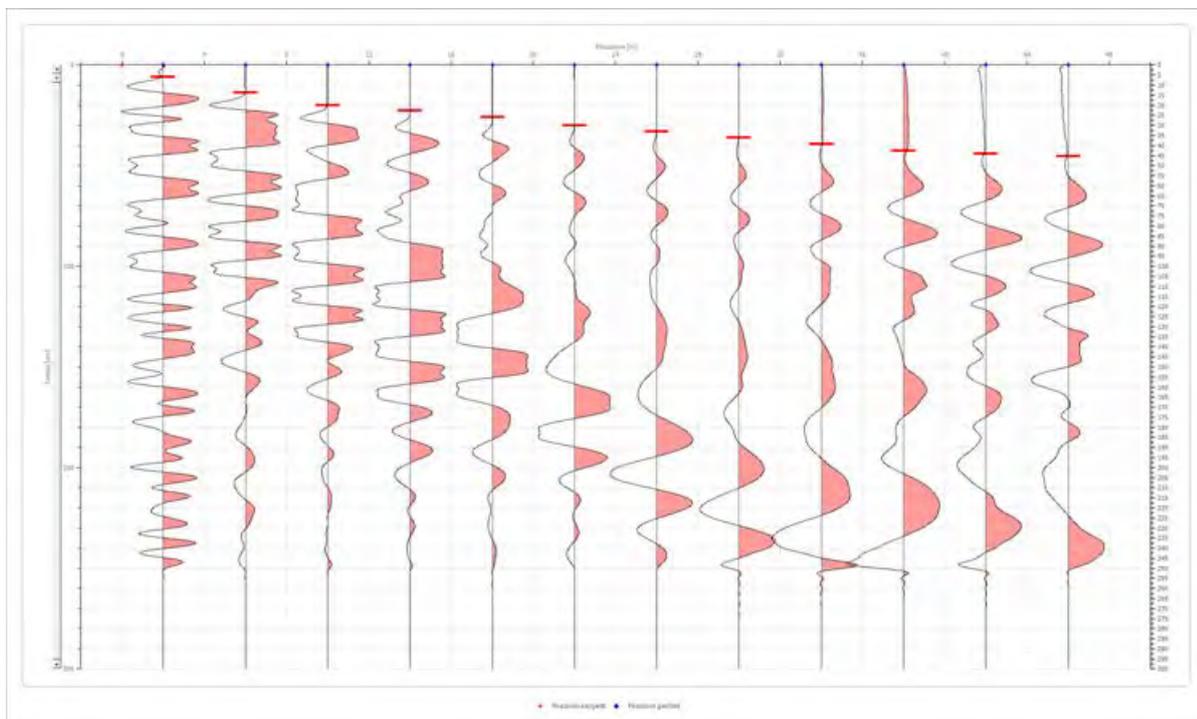
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

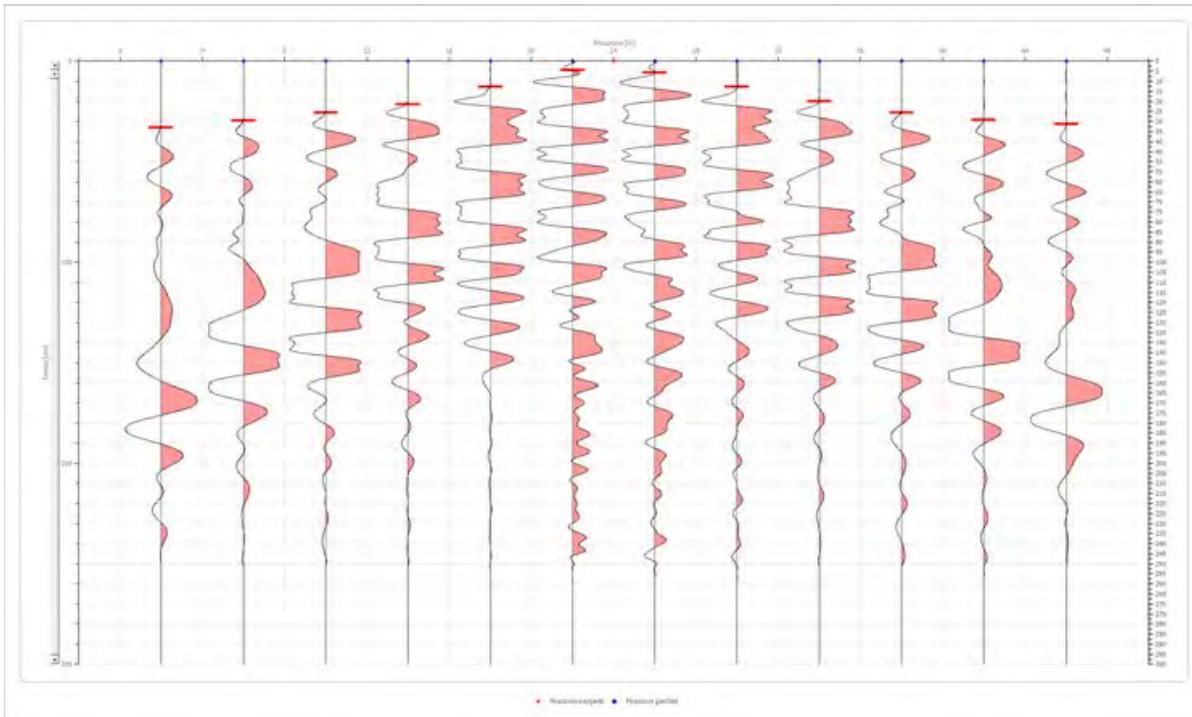
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	5.9583
6.0	13.7041
10.0	20.0000
14.0	22.7500
18.0	26.0000
22.0	30.1250
26.0	33.0000
30.0	36.0000
34.0	39.3247
38.0	42.6018
42.0	44.0914
46.0	45.2830

Battuta 2

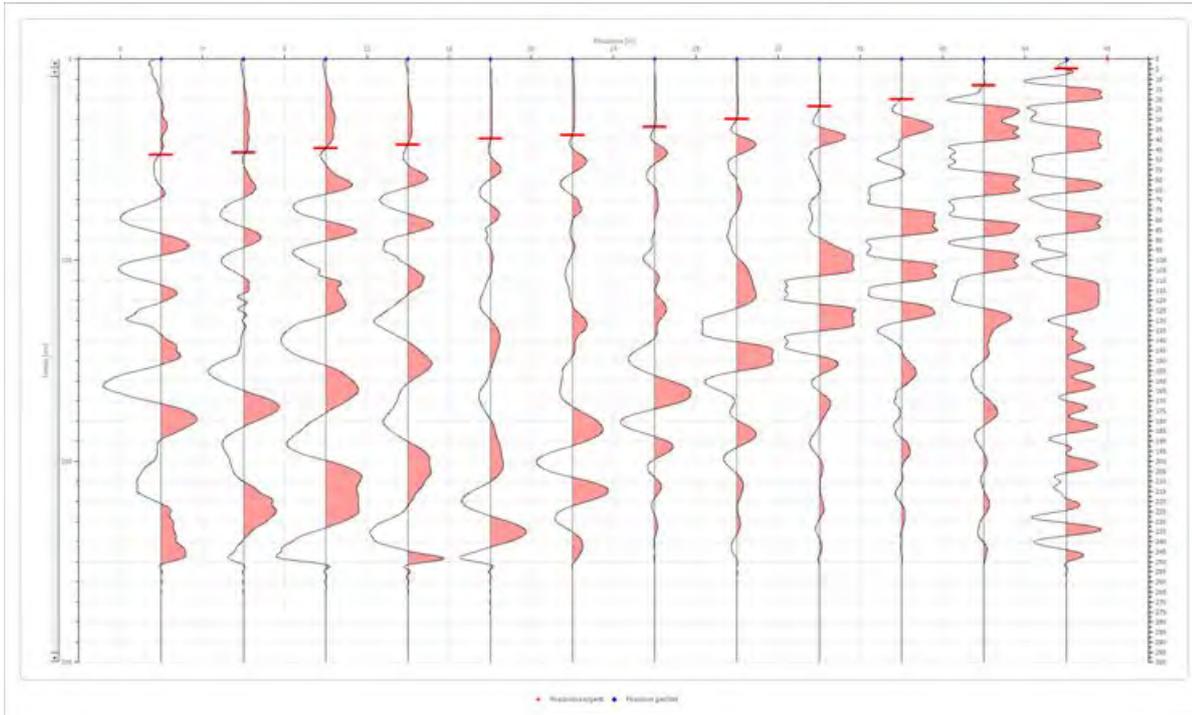
Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	33.0685
6.0	29.3750
10.0	25.6207
14.0	21.4499
18.0	12.8103
22.0	4.4687
26.0	5.6604
30.0	12.8103
34.0	20.0000
38.0	25.6207
42.0	29.1956
46.0	31.3750

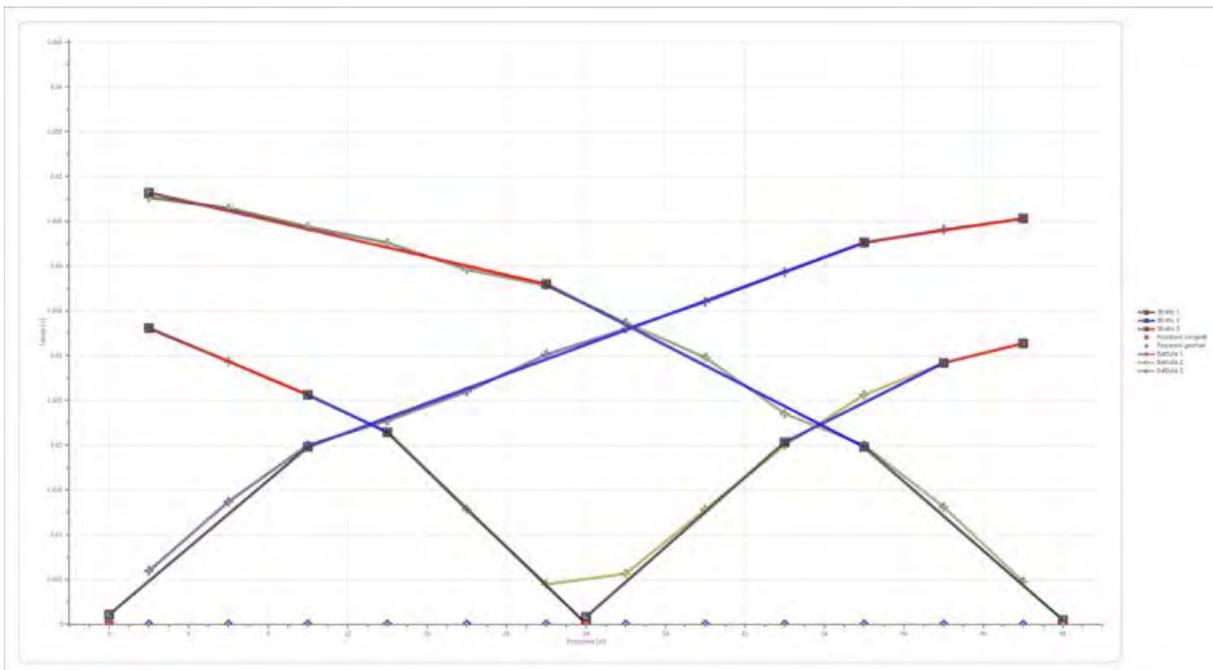
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

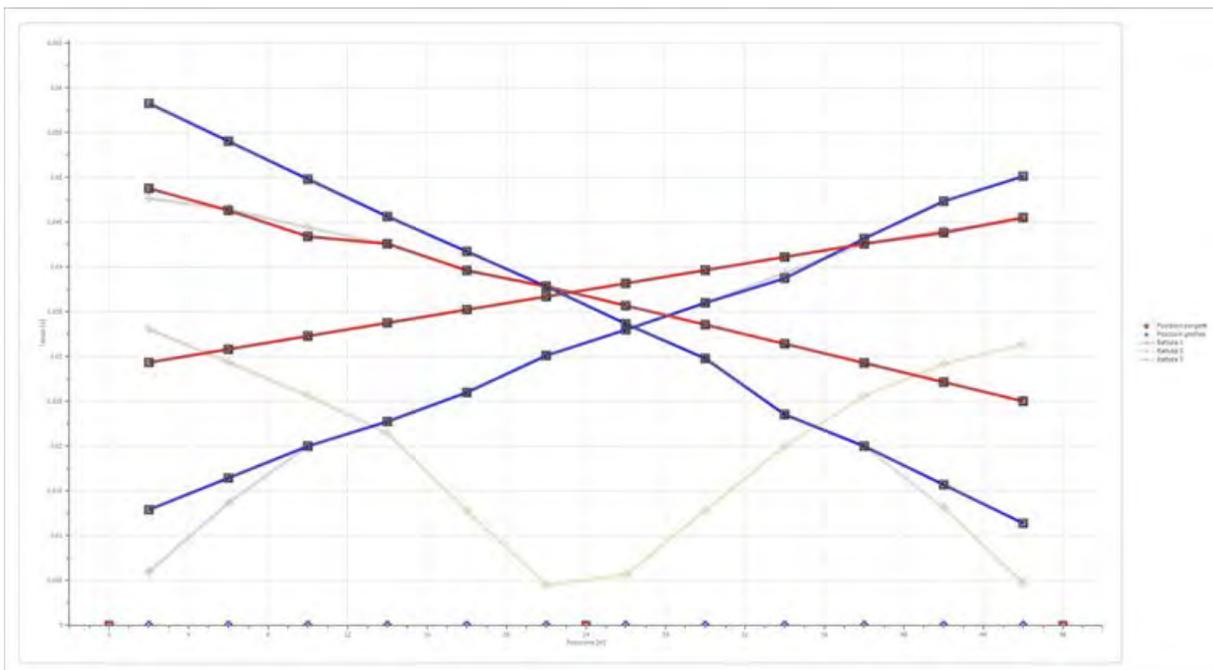


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	47.6663
6.0	46.4747
10.0	44.3893
14.0	42.6018
18.0	39.6226
22.0	37.8352
26.0	33.6644
30.0	29.7915
34.0	23.5353
38.0	20.0000
42.0	13.1082
46.0	4.7666

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

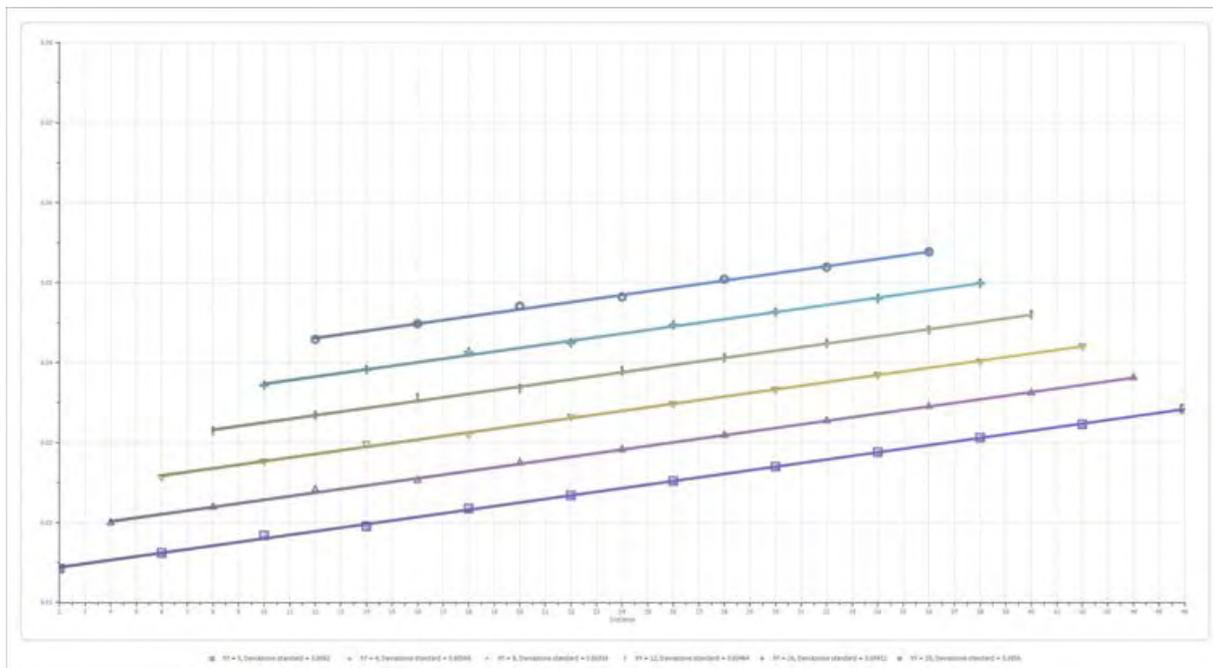
XY: 0

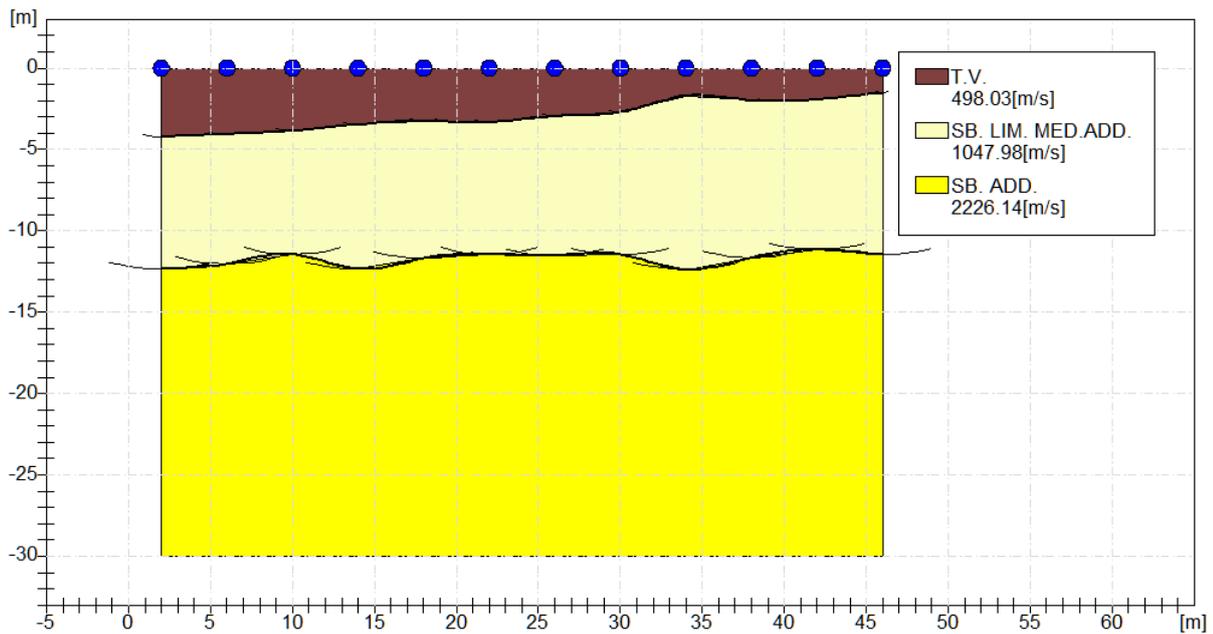
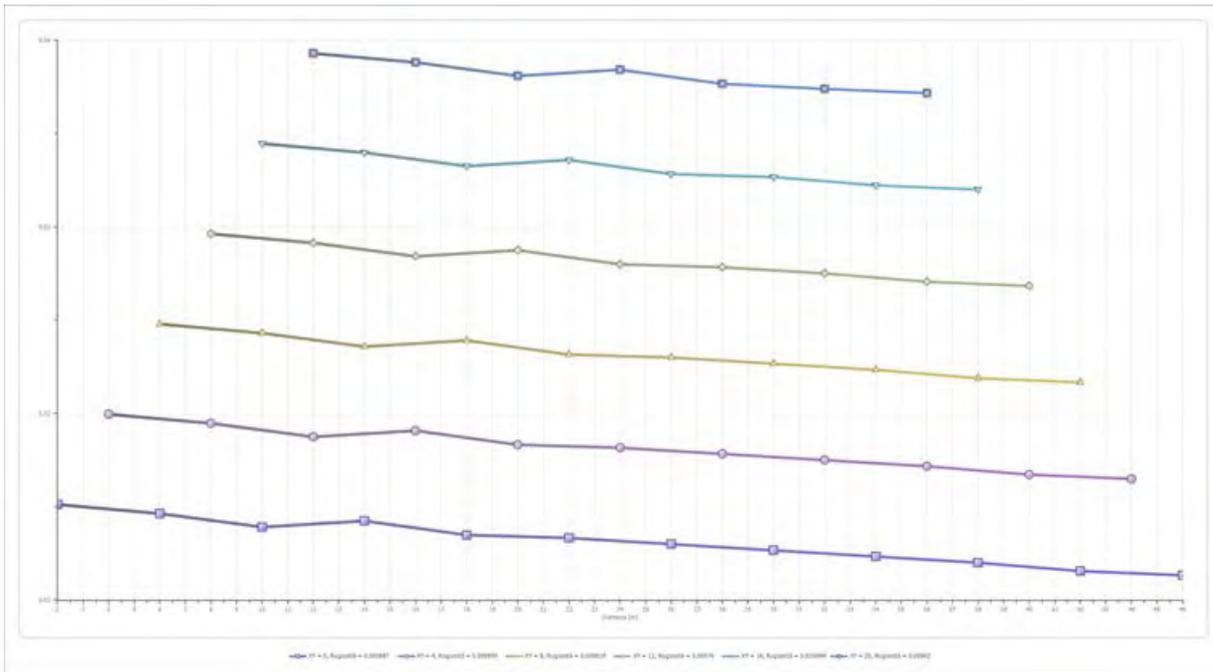
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	4.2	12.4	--
G= 6.0 [m]	4.0	12.0	--
G= 10.0 [m]	3.9	11.4	--
G= 14.0 [m]	3.4	12.4	--
G= 18.0 [m]	3.3	11.7	--
G= 22.0 [m]	3.3	11.4	--
G= 26.0 [m]	3.0	11.5	--
G= 30.0 [m]	2.7	11.5	--
G= 34.0 [m]	1.7	12.4	--
G= 38.0 [m]	2.0	11.6	--
G= 42.0 [m]	1.9	11.2	--
G= 46.0 [m]	1.5	11.5	--
Velocità [m/sec]	498.0	1048.0	2226.1
Descrizione	T.V.	SB. LIM. MED.ADD.	SB. ADD.

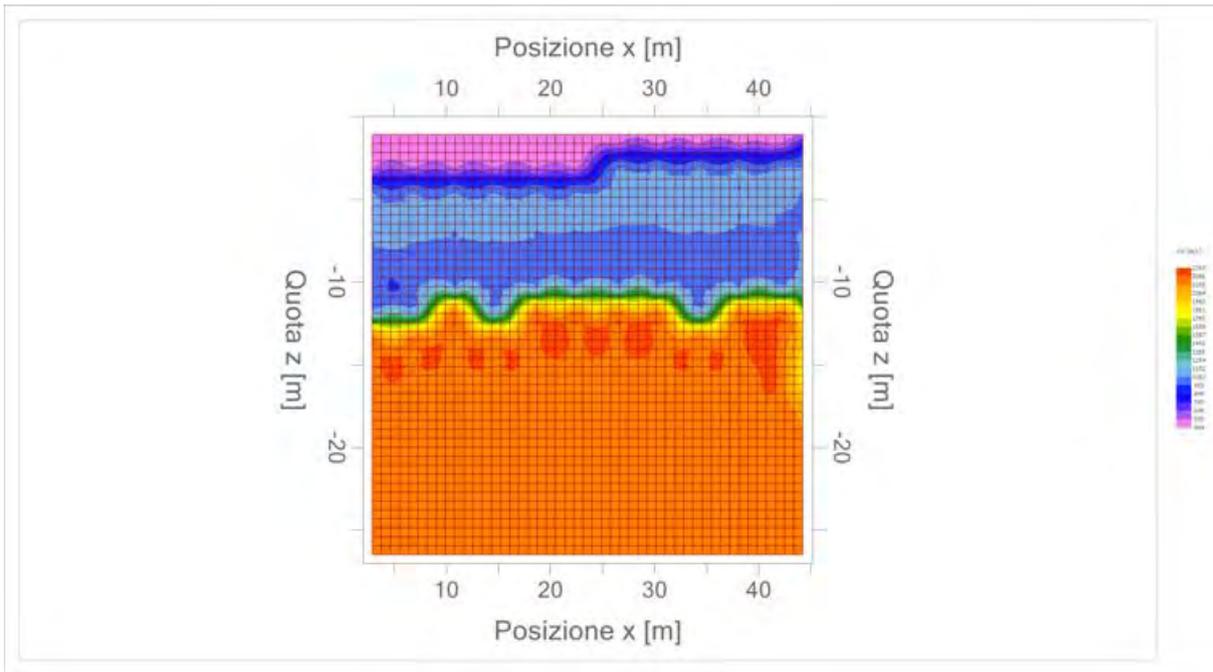
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.40	0.38	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	498.03	1047.98	2226.14
Vs [m/s]	203.32	461.05	1069.40
G0 [MPa]	70.28	382.62	2172.88
Ed [Mpa]	421.67	1976.86	9415.80
M0 [MPa]	351.39	1594.24	7242.93
Ey [Mpa]	196.78	1056.02	5866.77

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM1 APRICENA - SIS-D6

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

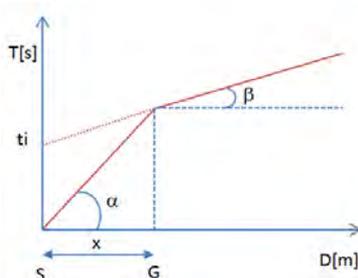
$$T = x_i / V_1$$

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

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

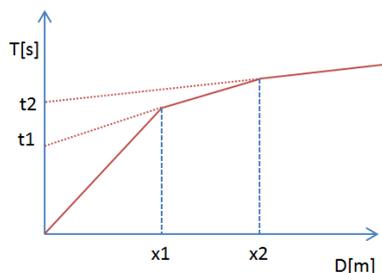
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

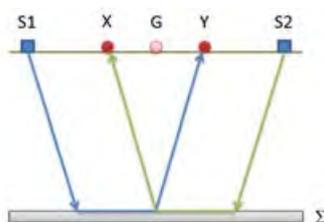


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

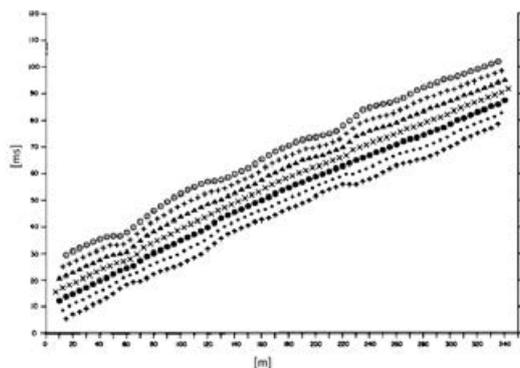
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

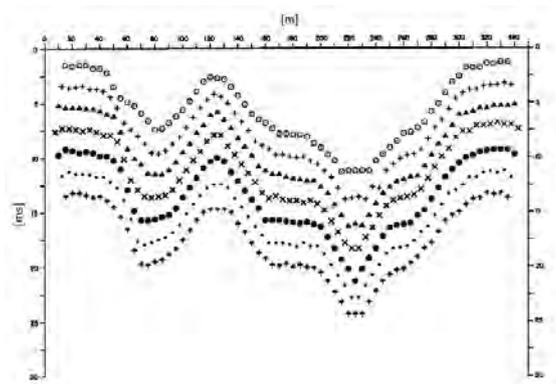
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	FTV - AM1 APRICENA - SIS-D6
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	ZONA ASI APRICENA
Operatore	GEOL. NAZARIO DI LELLA
Responsabile	GEOL. NAZARIO DI LELLA
Data	10/07/2022
Via	ZONA ASI APRICENA
Latitudine	15,4201710°E[°]
Longitudine	41,7449379°N[°]
Altitudine	43.5[m]

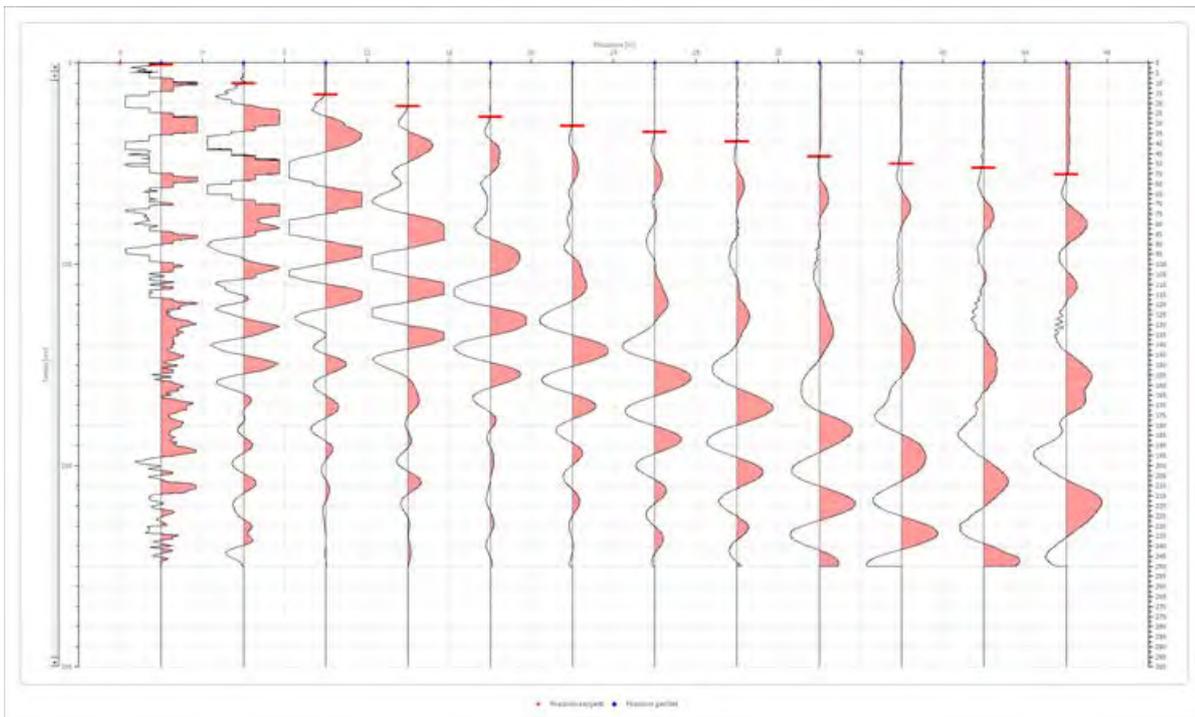
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

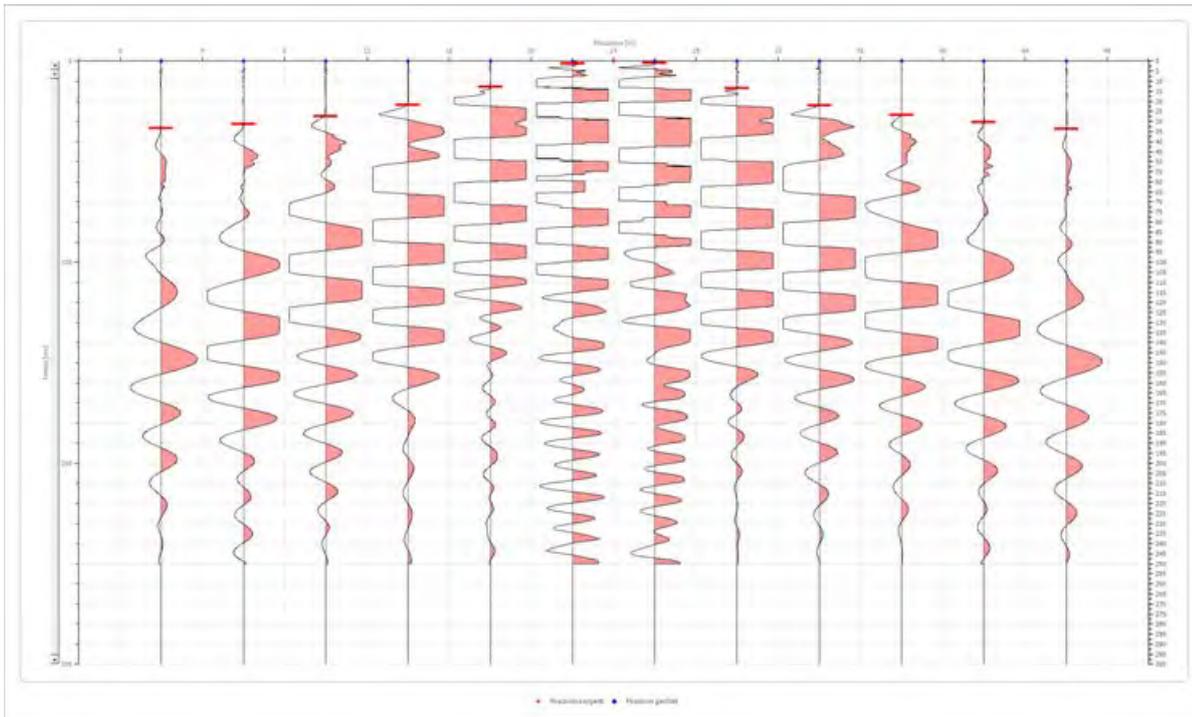
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	0.8937
6.0	10.1291
10.0	15.7895
14.0	21.3750
18.0	26.8750
22.0	31.3750
26.0	34.3750
30.0	39.0000
34.0	46.4747
38.0	50.0497
42.0	52.1351
46.0	55.4121

Battuta 2

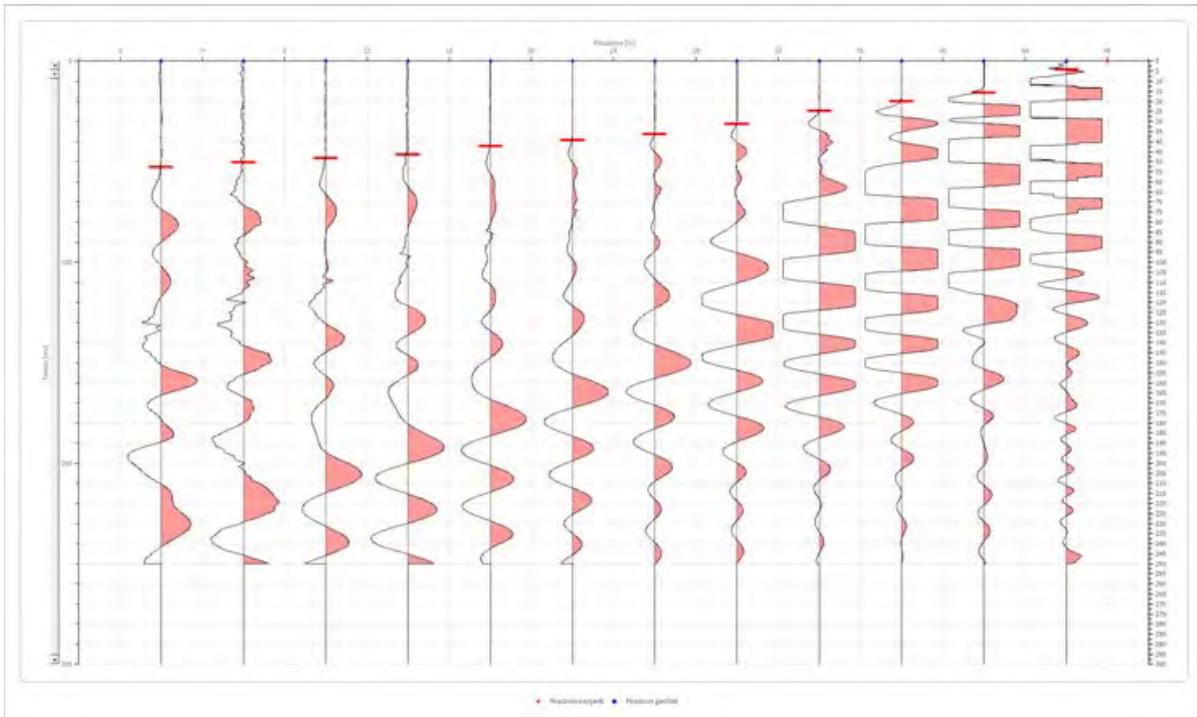
Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	33.5000
6.0	31.2500
10.0	27.4081
14.0	21.7500
18.0	12.8103
22.0	1.1917
26.0	0.8937
30.0	13.4062
34.0	22.0457
38.0	26.8123
42.0	30.2500
46.0	33.6644

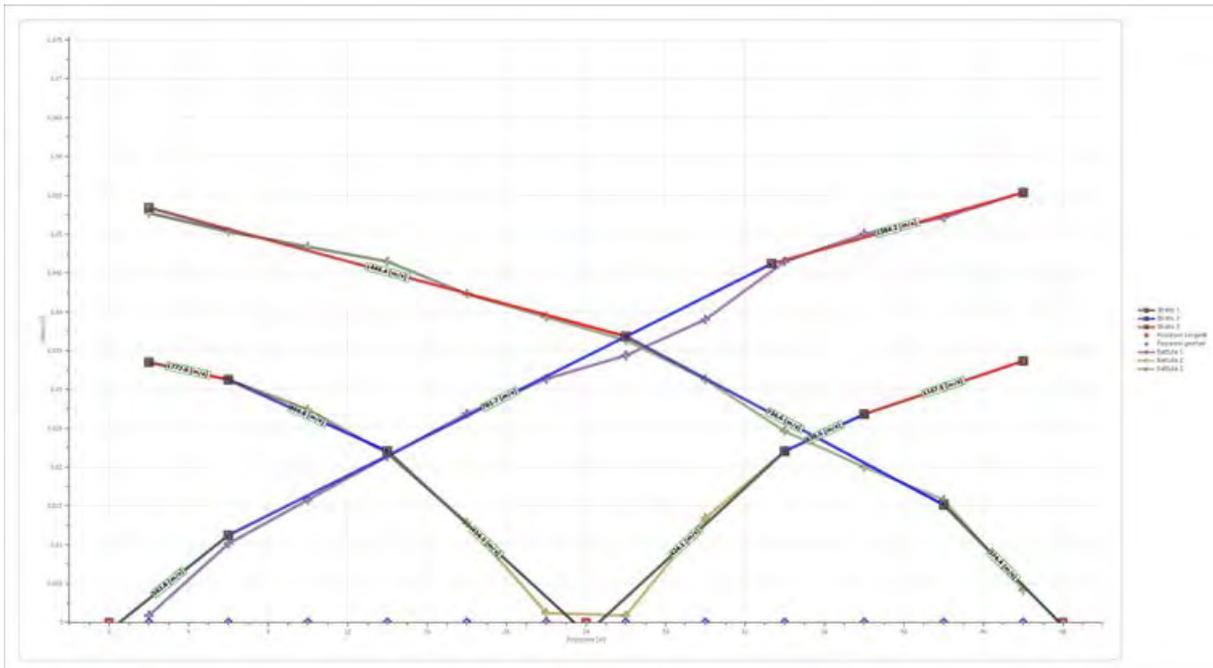
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

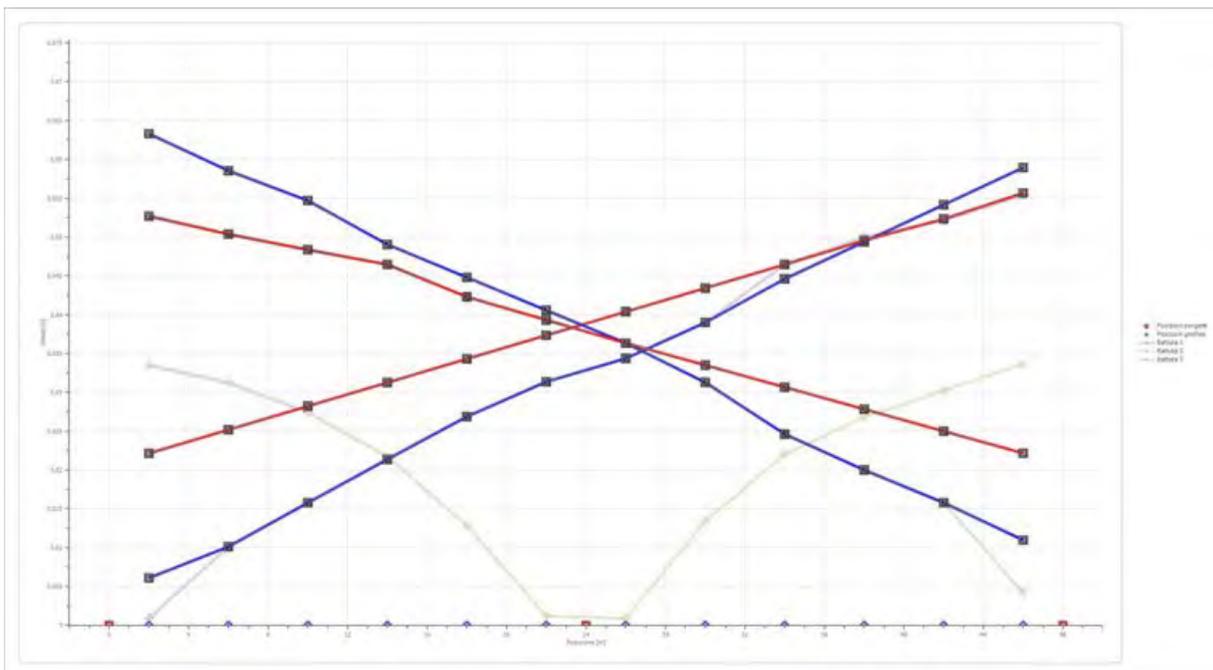


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	52.7309
6.0	50.3476
10.0	48.3750
14.0	46.4747
18.0	42.3039
22.0	39.3247
26.0	36.3456
30.0	31.2810
34.0	24.6250
38.0	20.0000
42.0	15.7895
46.0	4.1708

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	1.5	8.2	--
G= 6.0 [m]	1.3	8.8	--
G= 10.0 [m]	1.8	8.8	--
G= 14.0 [m]	1.7	9.4	--
G= 18.0 [m]	2.1	8.4	--
G= 22.0 [m]	2.2	8.3	--
G= 26.0 [m]	1.8	8.8	--
G= 30.0 [m]	1.7	9.0	--
G= 34.0 [m]	1.4	9.5	--
G= 38.0 [m]	1.5	9.6	--
G= 42.0 [m]	1.6	9.3	--
G= 46.0 [m]	1.6	9.6	--
Velocità [m/sec]	448.9	835.3	1357.5
Descrizione	T.V.	SB. LIM. MED. ADD.	SB. ADD.

Altri parametri geotecnici

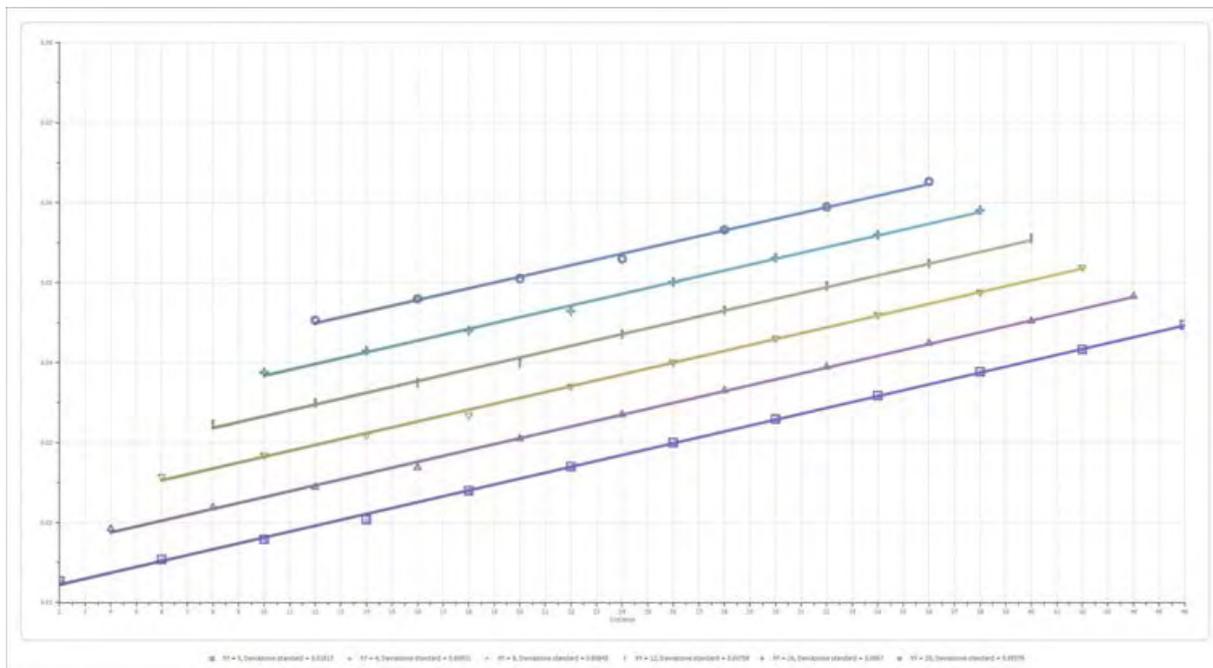
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.40	0.38	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	448.90	835.25	1357.48
Vs [m/s]	183.26	367.46	652.11
G0 [MPa]	57.09	243.05	807.98
Ed [Mpa]	342.56	1255.77	3501.23
M0 [MPa]	285.47	1012.72	2693.25
Ey [Mpa]	159.86	670.82	2181.54

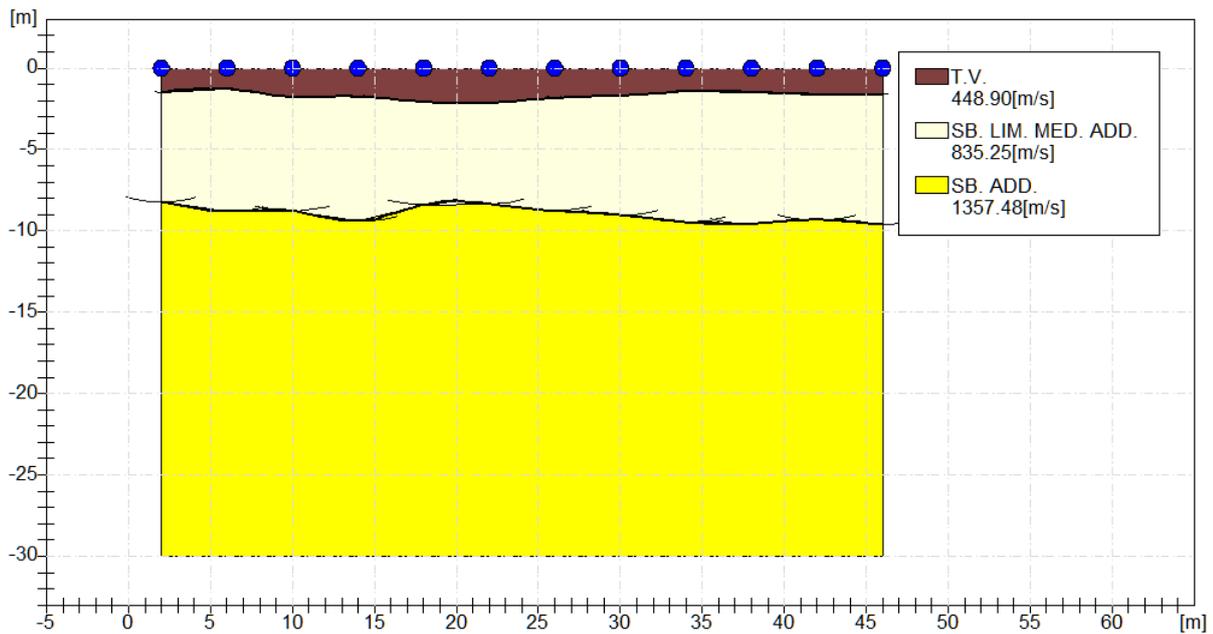
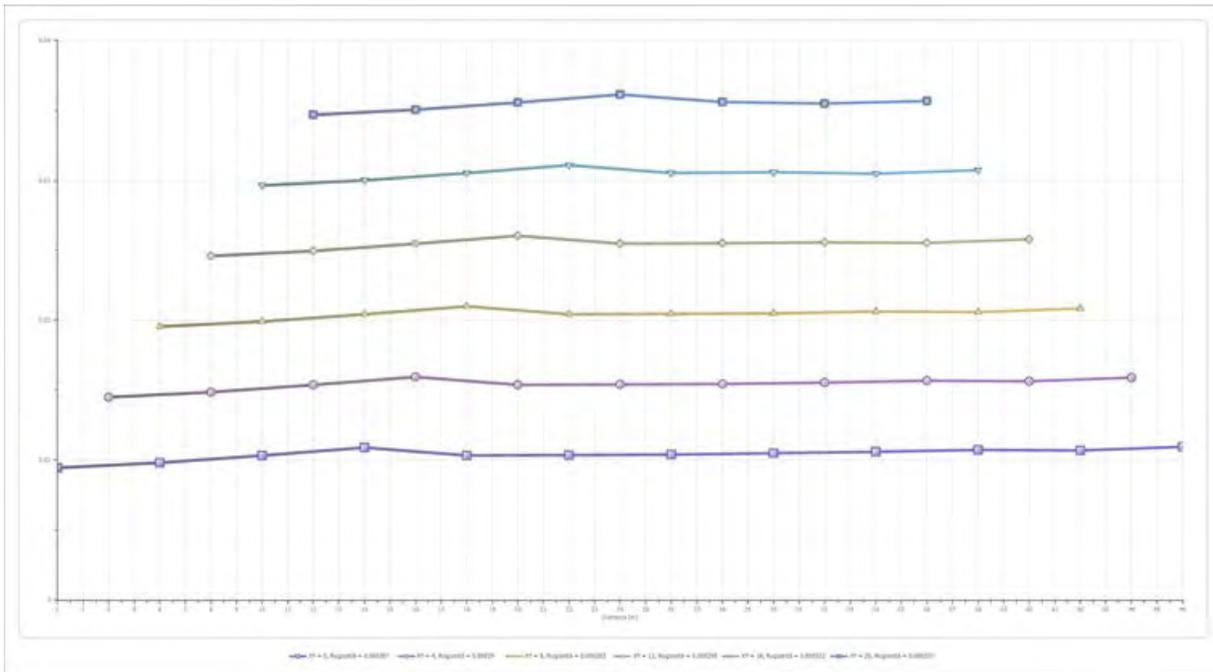
G0: Modulo di deformazione al taglio;

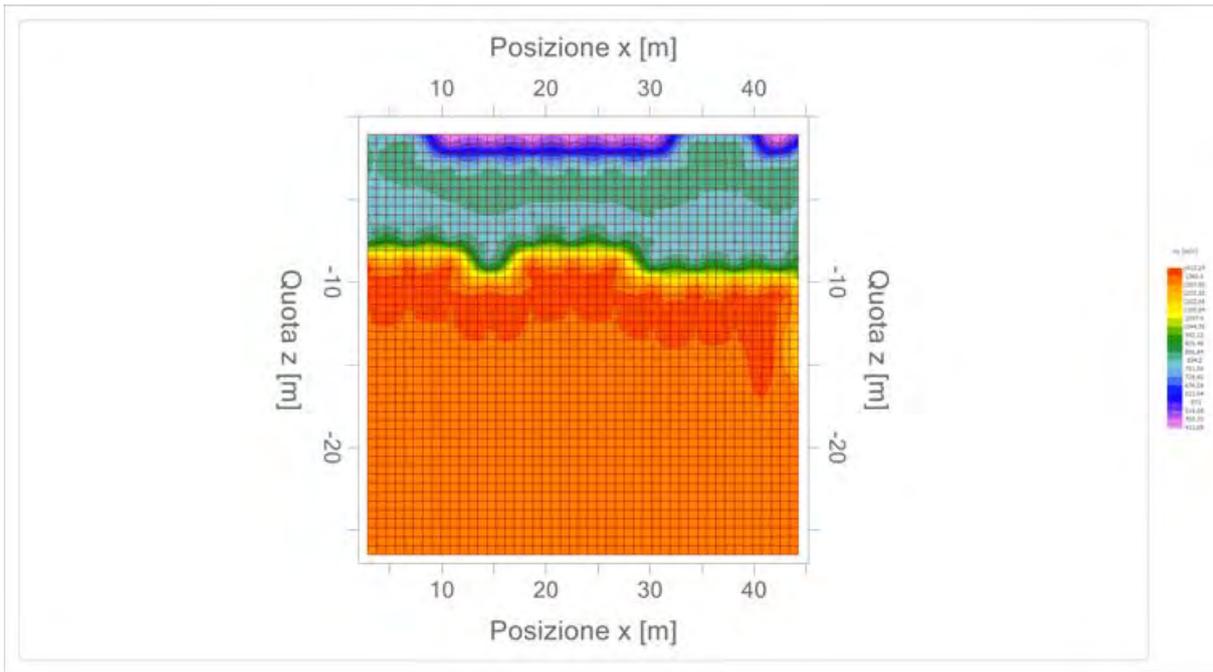
Ed: Modulo edometrico;

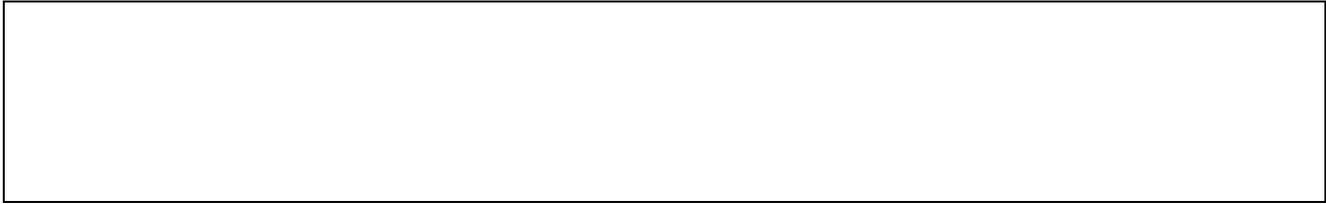
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM1 APRICENA - SIS-D7

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

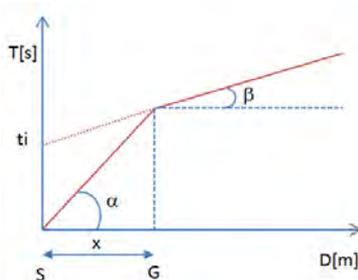
$$T = x_i / V_1$$

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

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

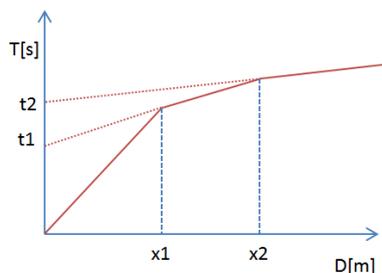
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

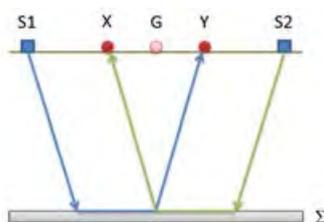


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

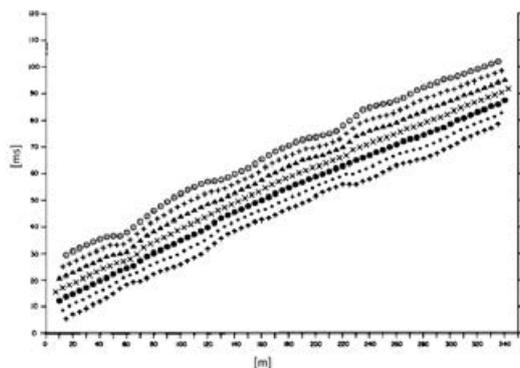
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

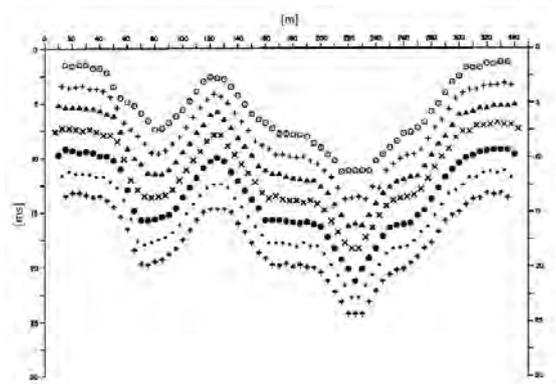
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	FTV - AM1 APRICENA - SIS-D7
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	APRICENA ZONA ASI
Operatore	GEOL. DI LELLA NAZARIO
Responsabile	GROL. DI LELLA NAZARIO
Data	10/07/2022
Via	ZONA ASI APRICENA
Latitudine	15,4099179°E[°]
Longitudine	41,7539529°N[°]
Altitudine	46.5[m]

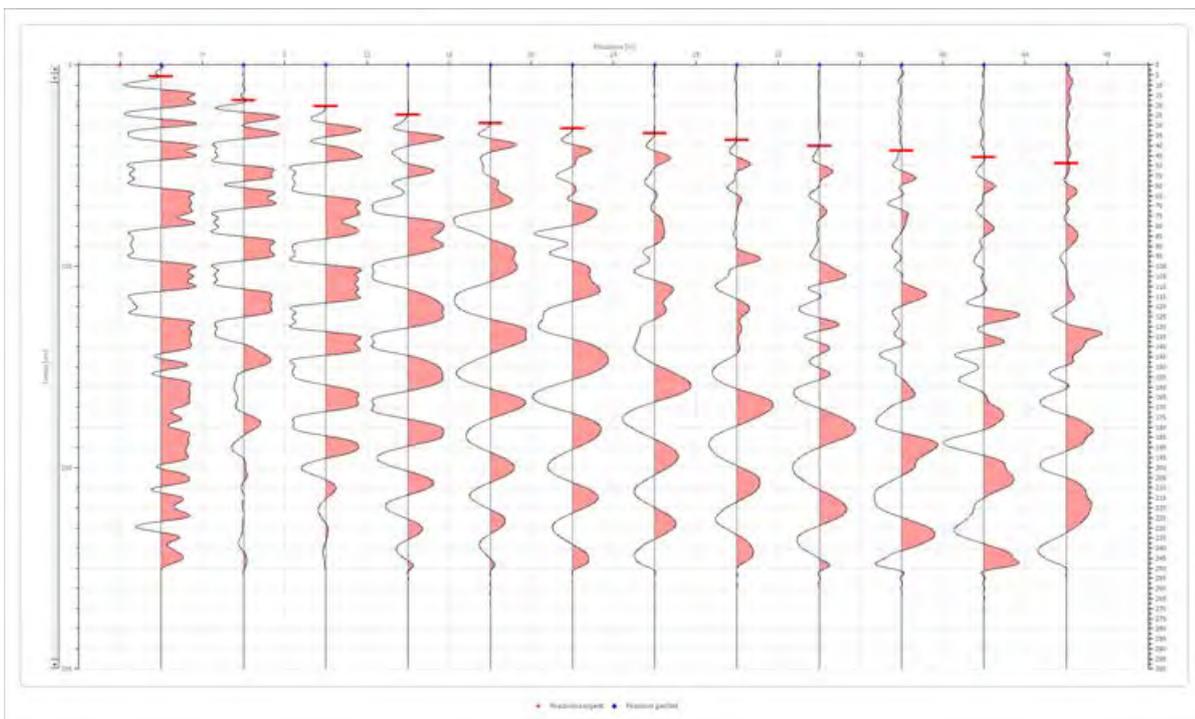
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

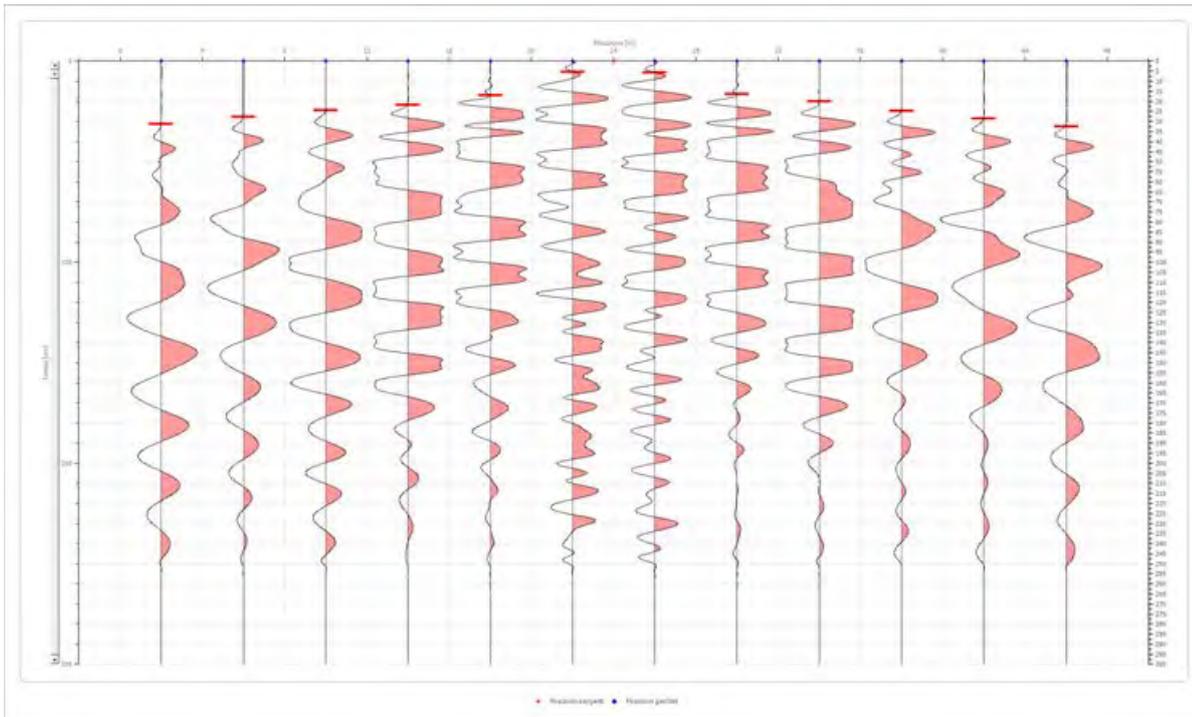
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	5.6604
6.0	17.5770
10.0	20.6250
14.0	24.7500
18.0	28.8750
22.0	31.6250
26.0	33.9623
30.0	37.1250
34.0	40.1250
38.0	42.6018
42.0	45.8788
46.0	48.8580

Battuta 2

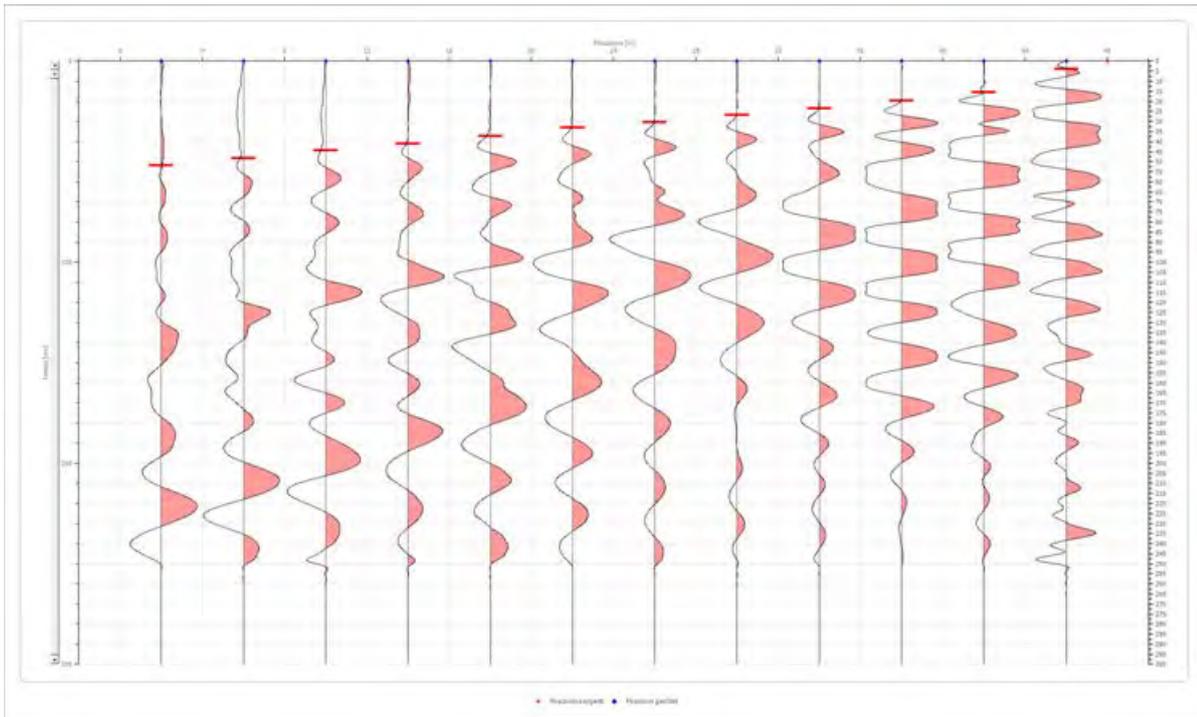
Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	31.3750
6.0	27.7061
10.0	24.3750
14.0	21.7478
18.0	16.9811
22.0	5.3625
26.0	5.6604
30.0	16.3853
34.0	20.0000
38.0	24.7269
42.0	28.5000
46.0	32.3750

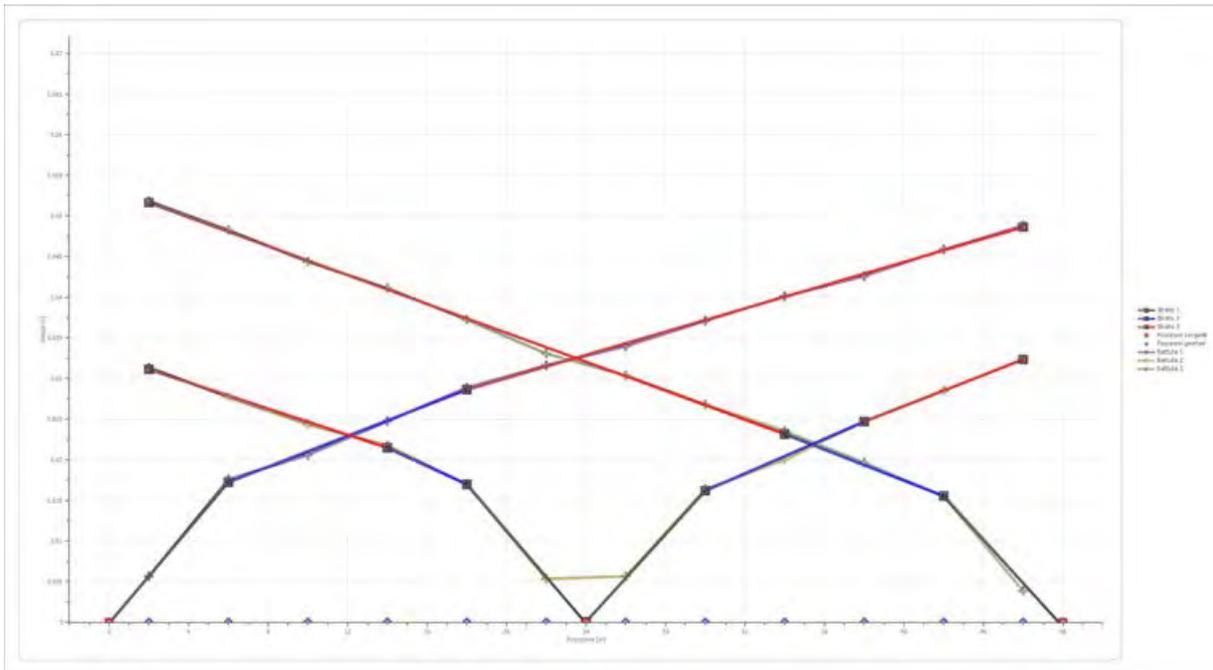
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

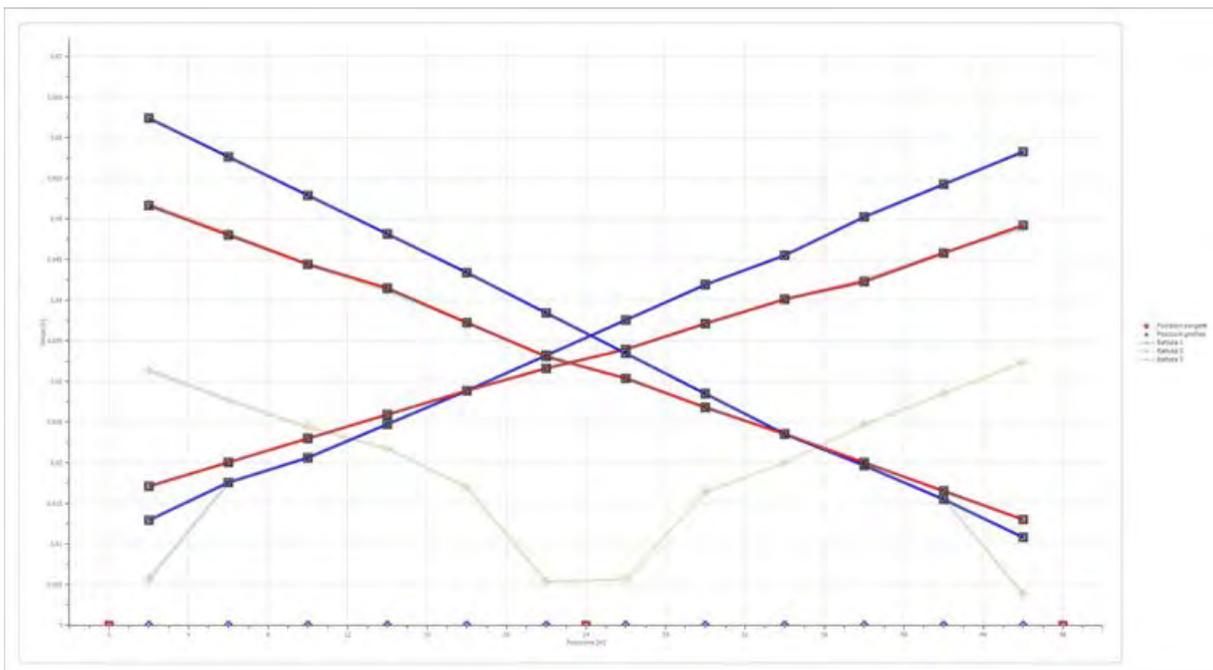


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	51.8371
6.0	48.2622
10.0	44.3893
14.0	41.1122
18.0	37.2393
22.0	33.0685
26.0	30.3873
30.0	26.8123
34.0	23.5353
38.0	19.6624
42.0	15.4916
46.0	3.8729

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

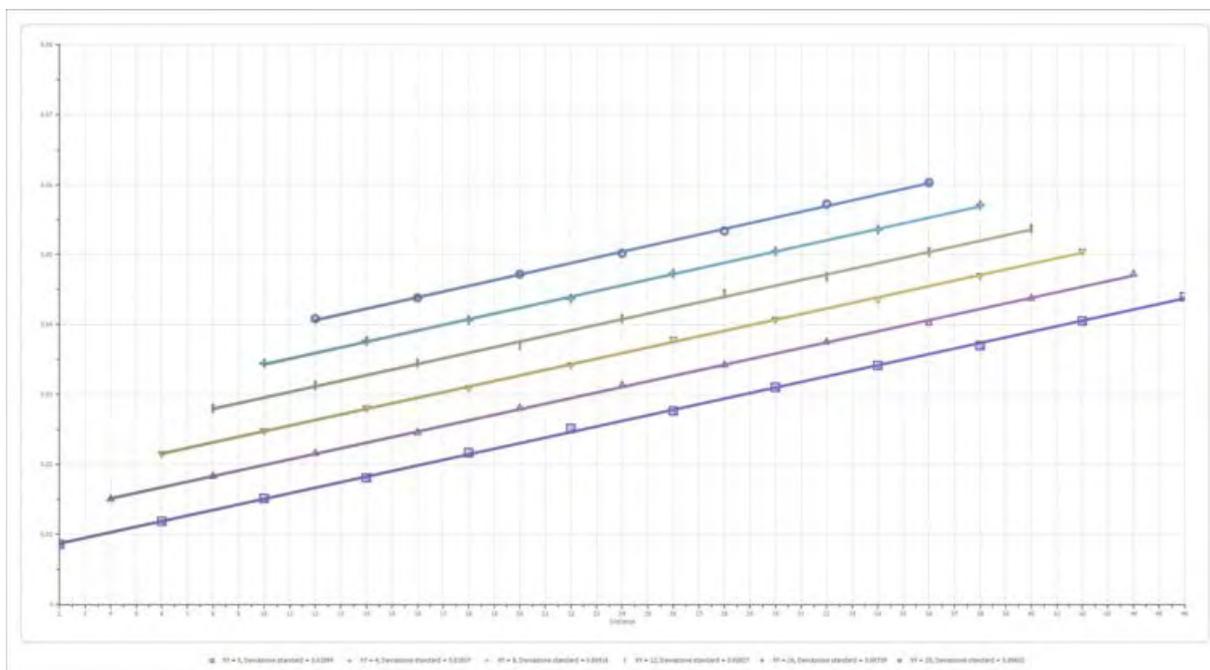
XY: 0

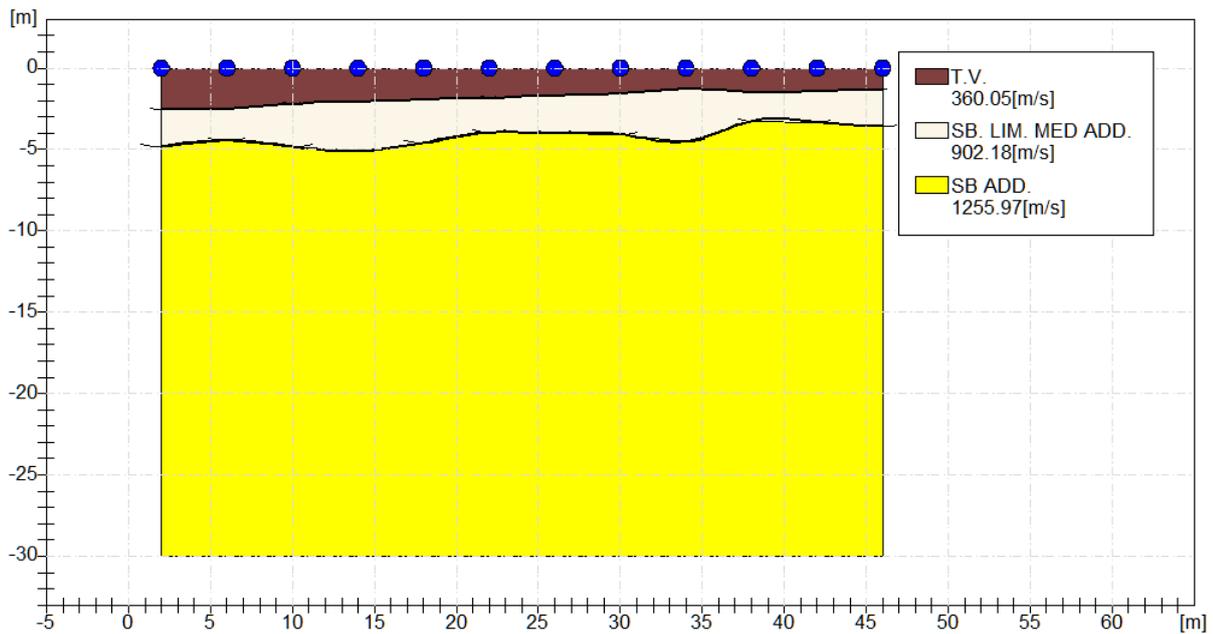
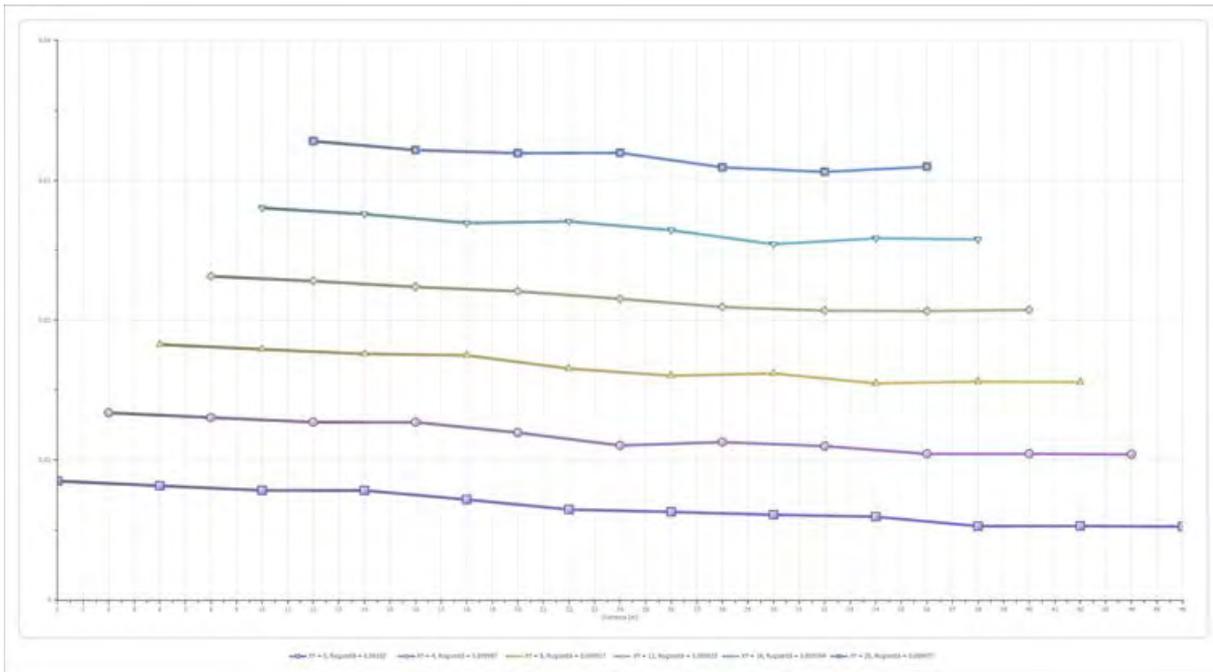
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	2.5	4.8	--
G= 6.0 [m]	2.5	4.4	--
G= 10.0 [m]	2.2	4.8	--
G= 14.0 [m]	2.1	5.1	--
G= 18.0 [m]	1.9	4.6	--
G= 22.0 [m]	1.8	4.0	--
G= 26.0 [m]	1.7	4.0	--
G= 30.0 [m]	1.6	4.1	--
G= 34.0 [m]	1.3	4.5	--
G= 38.0 [m]	1.5	3.3	--
G= 42.0 [m]	1.4	3.3	--
G= 46.0 [m]	1.3	3.6	--
Velocità [m/sec]	360.0	902.2	1256.0
Descrizione	T.V.	SB. LIM. MED ADD.	SB ADD.

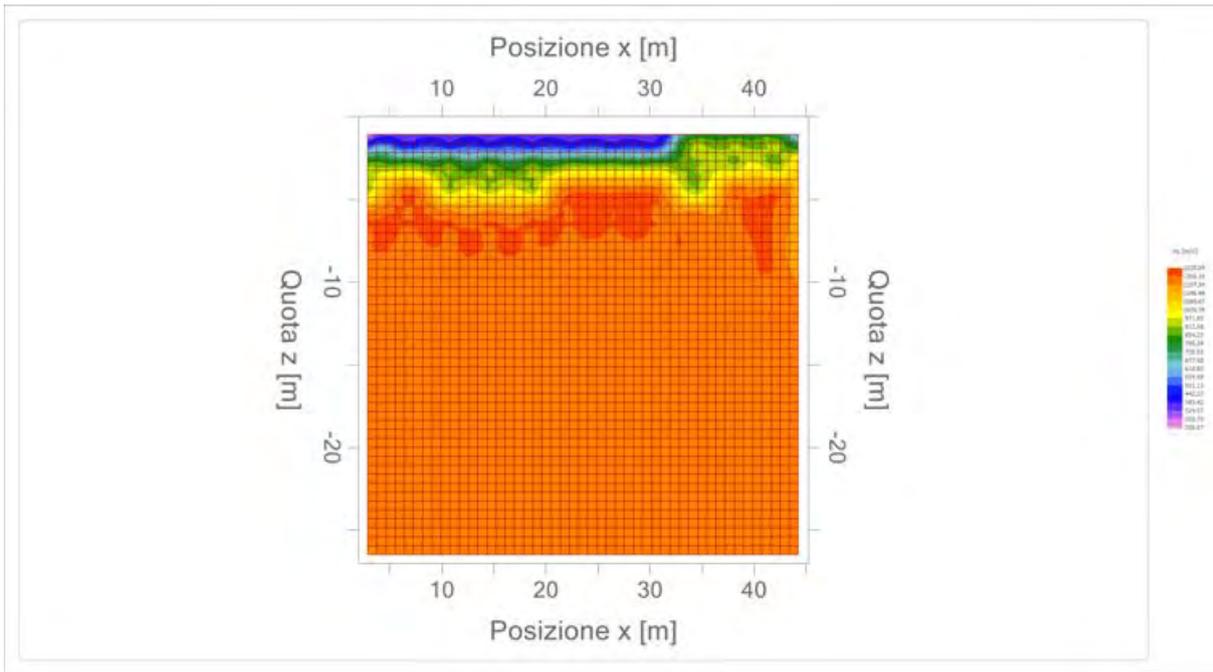
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.40	0.38	0.35
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	360.05	902.18	1255.97
Vs [m/s]	146.99	396.91	603.35
G0 [MPa]	36.73	283.56	691.66
Ed [Mpa]	220.38	1465.07	2997.18
M0 [Mpa]	183.65	1181.51	2305.53
Ey [Mpa]	102.84	782.63	1867.48

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM1 APRICENA - SIS-D8

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

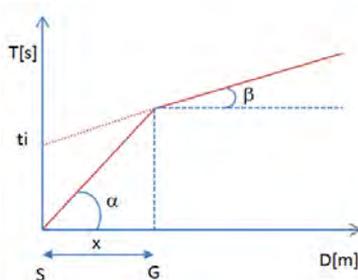
$$T = x_i / V_1$$

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

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

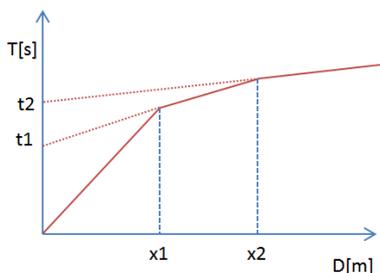
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

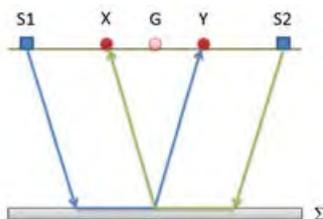


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

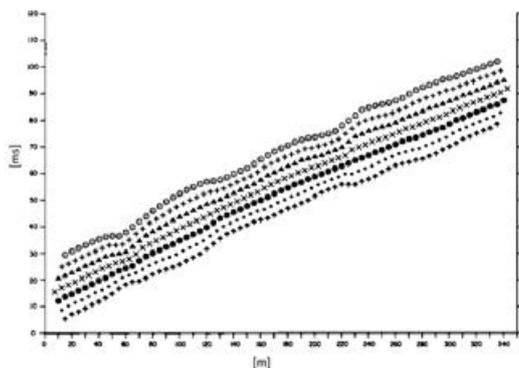
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

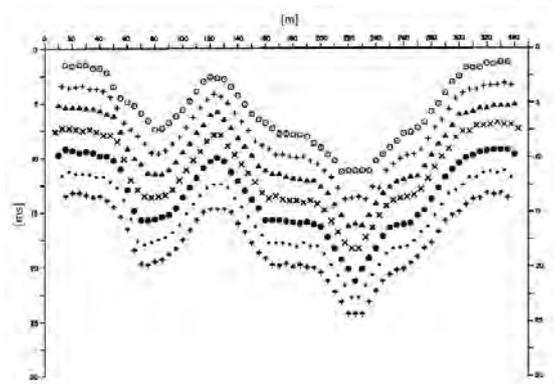
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	FTV - AM1 APRICENA - SIS-D8
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	ZONA ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	12/07/2022
Via	ZONA ASI APRICENA
Latitudine	15,4258023°E[°]
Longitudine	41,7497325°N[°]
Altitudine	43.2[m]

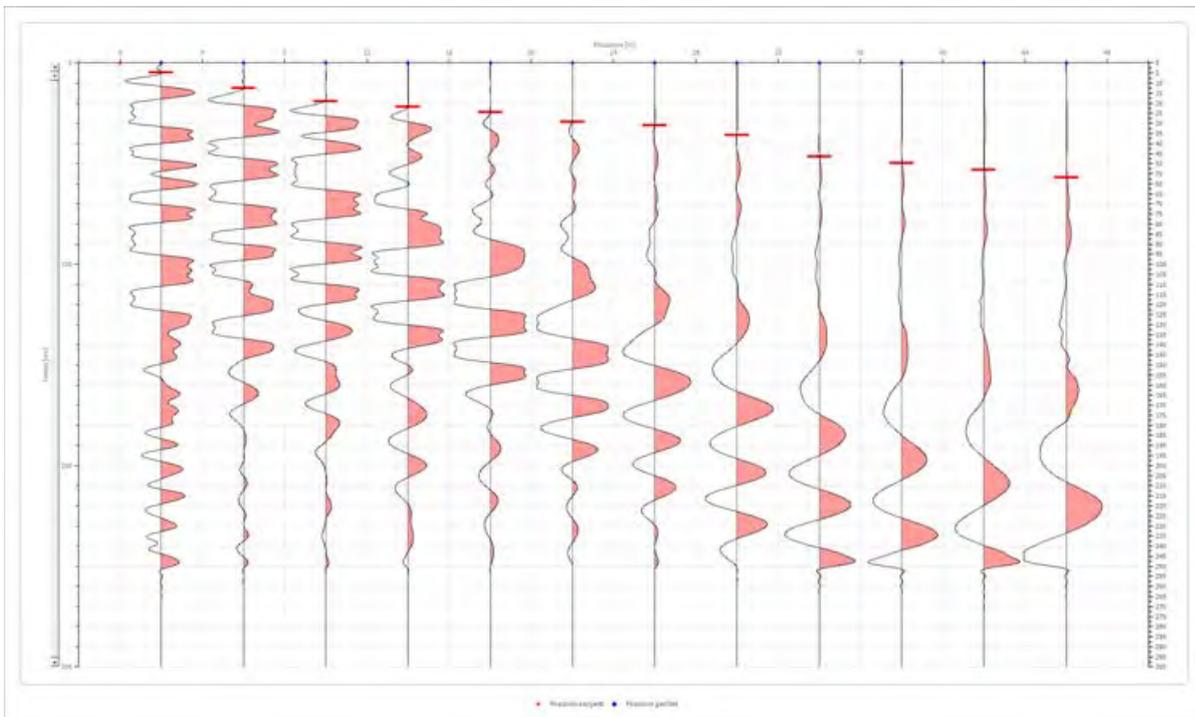
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

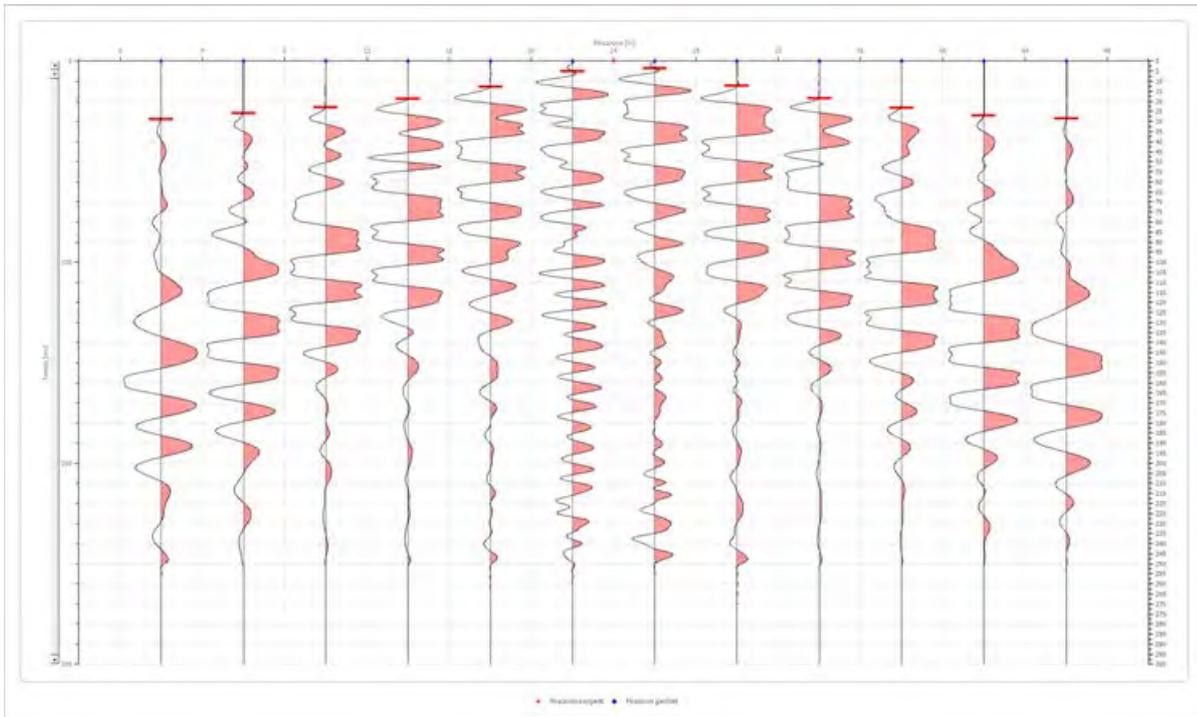
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	4.7666
6.0	12.5124
10.0	19.0665
14.0	21.8750
18.0	24.4290
22.0	29.2500
26.0	31.1250
30.0	35.6250
34.0	46.5000
38.0	49.6250
42.0	53.0288
46.0	56.9017

Battuta 2

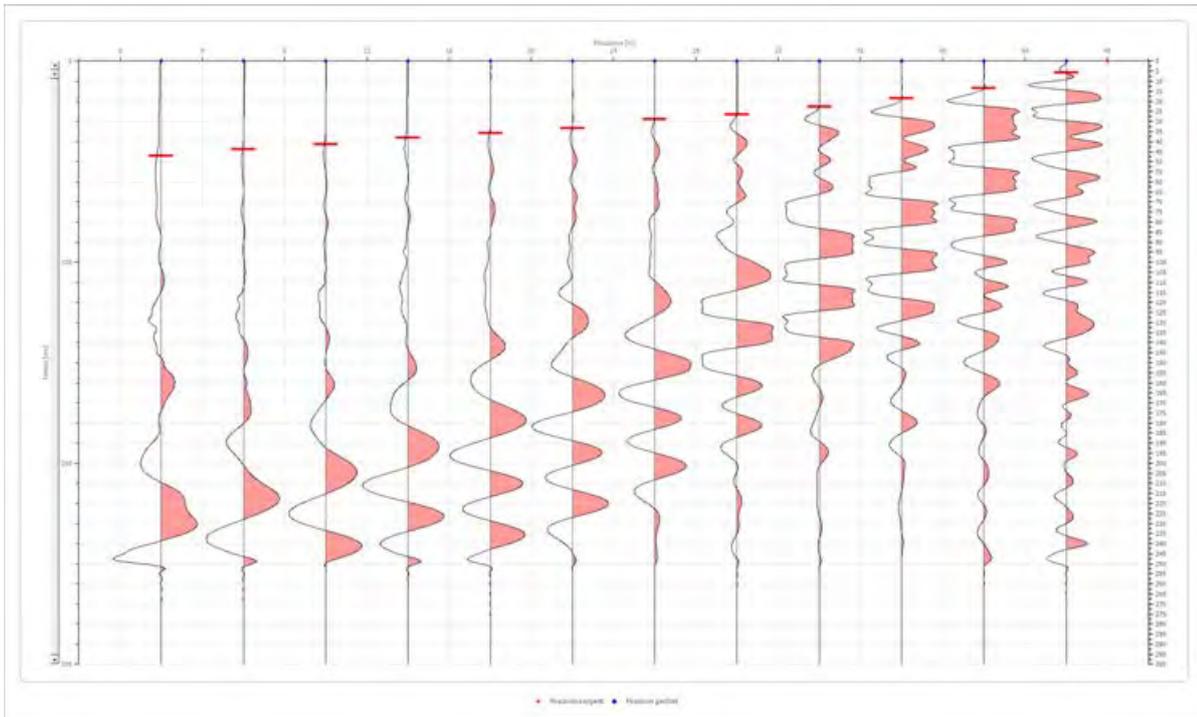
Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	28.8977
6.0	25.9186
10.0	22.9394
14.0	18.7686
18.0	12.8103
22.0	5.0645
26.0	3.5750
30.0	12.2145
34.0	18.4707
38.0	23.2373
42.0	27.2500
46.0	28.5998

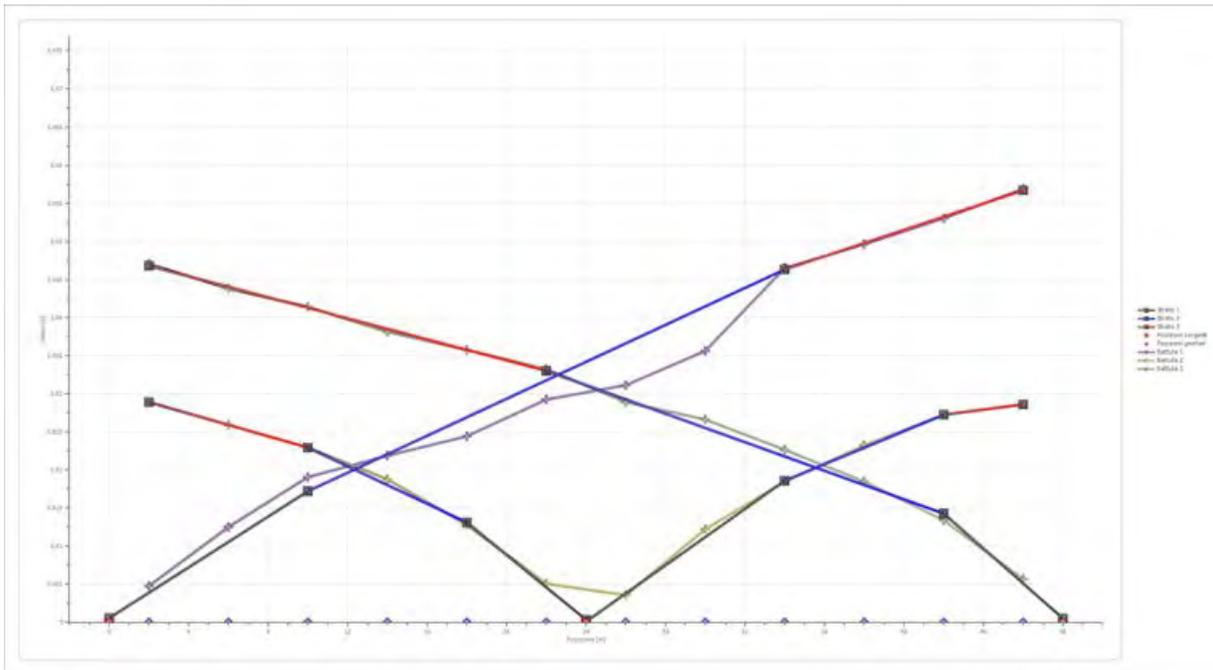
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

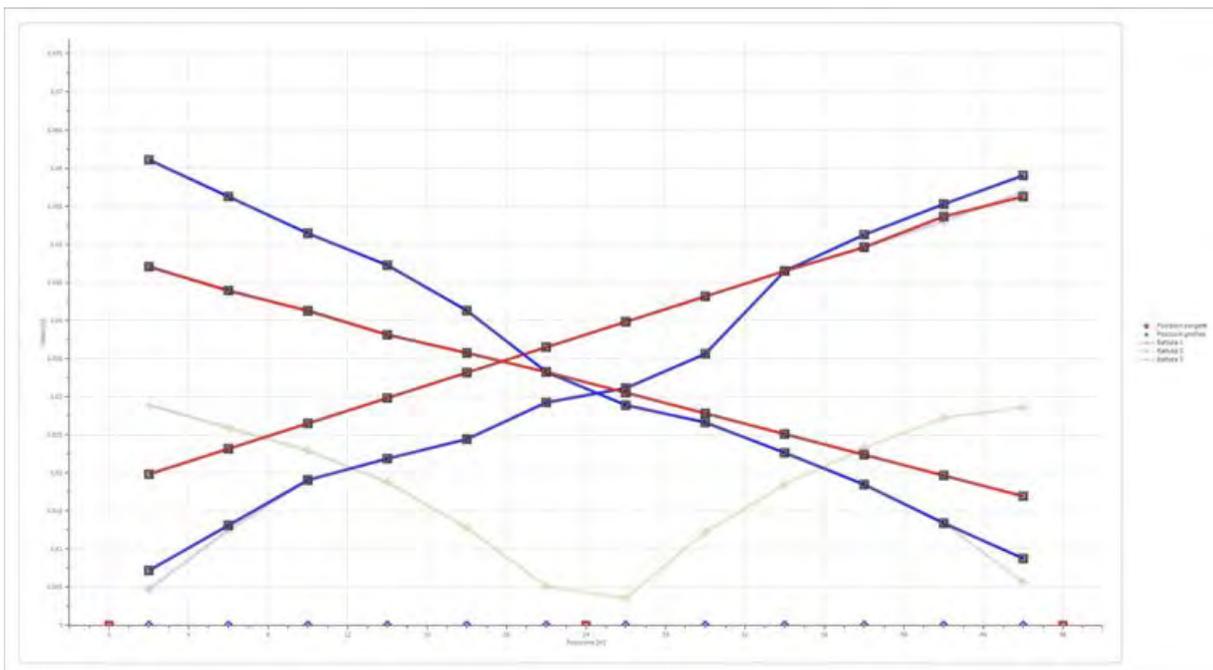


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	47.0705
6.0	43.7934
10.0	41.4101
14.0	38.1331
18.0	35.7500
22.0	33.2500
26.0	28.8977
30.0	26.6250
34.0	22.6415
38.0	18.4707
42.0	13.4062
46.0	5.6604

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

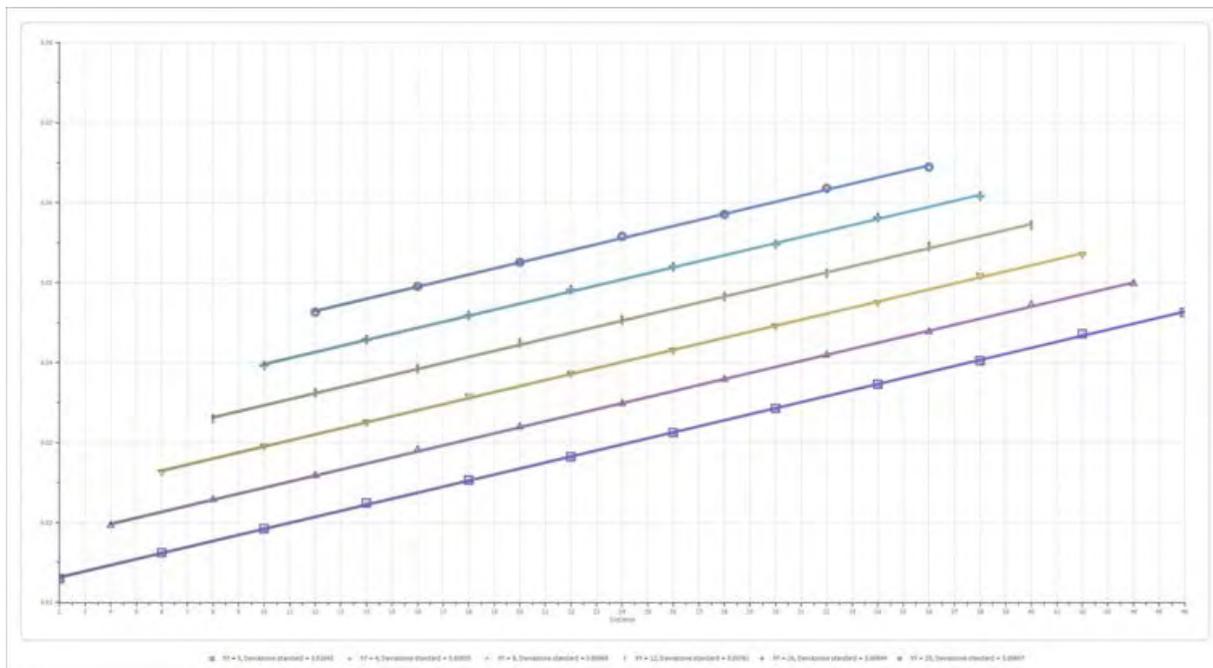
XY: 0

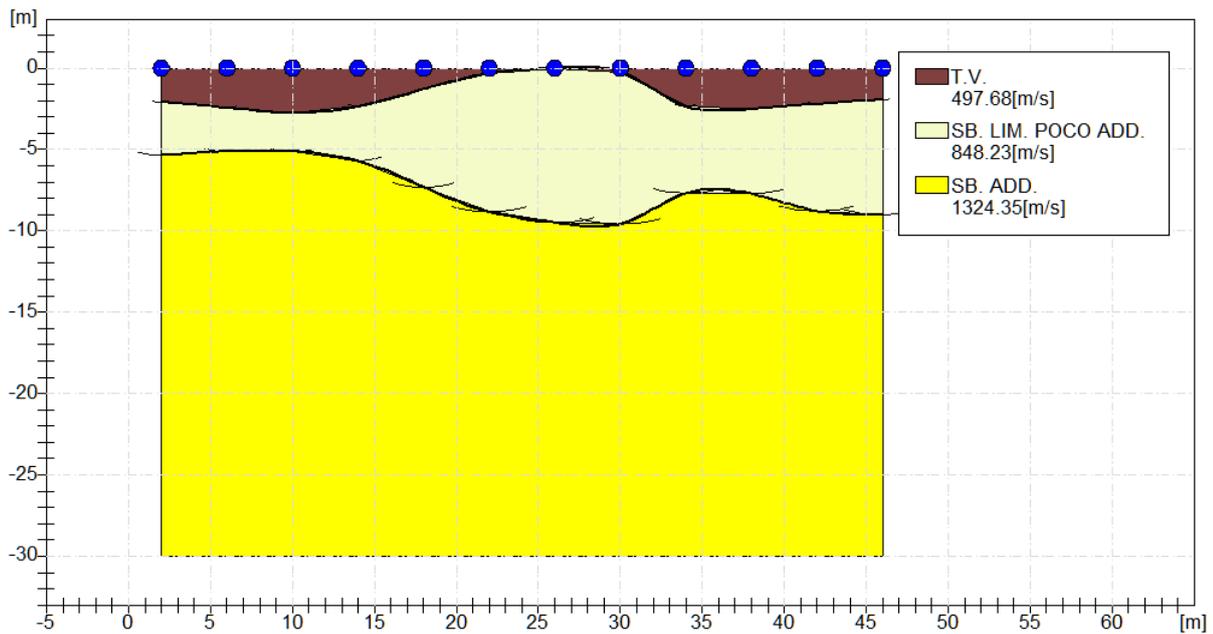
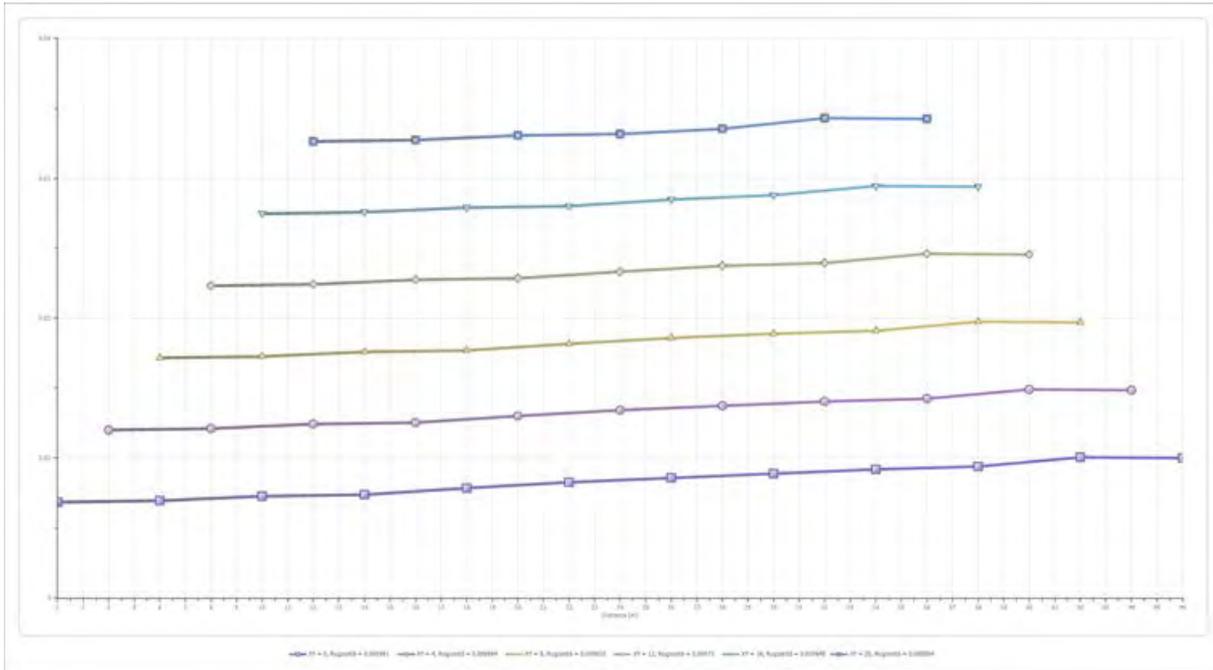
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	2.1	5.4	--
G= 6.0 [m]	2.4	5.1	--
G= 10.0 [m]	2.8	5.1	--
G= 14.0 [m]	2.3	5.7	--
G= 18.0 [m]	1.3	7.3	--
G= 22.0 [m]	0.3	8.8	--
G= 26.0 [m]	0.0	9.5	--
G= 30.0 [m]	0.2	9.6	--
G= 34.0 [m]	2.3	7.7	--
G= 38.0 [m]	2.5	7.7	--
G= 42.0 [m]	2.2	8.8	--
G= 46.0 [m]	1.9	9.0	--
Velocità [m/sec]	497.7	848.2	1324.3
Descrizione	T.V.	SB. LIM. POCO ADD.	SB. ADD.

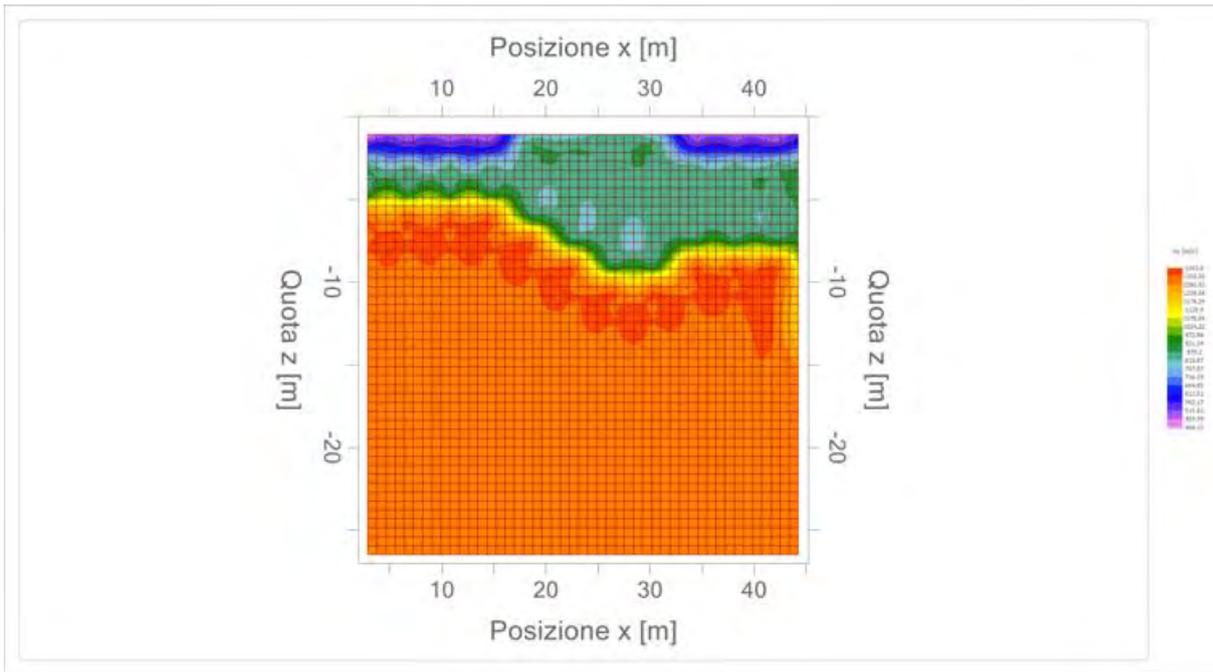
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.40	0.38	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	497.68	848.23	1324.35
Vs [m/s]	203.18	373.17	636.20
G0 [MPa]	70.18	250.66	769.02
Ed [Mpa]	421.06	1295.10	3332.40
M0 [MPa]	350.88	1044.43	2563.39
Ey [Mpa]	196.49	691.83	2076.34

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM1 APRICENA - SIS-D9

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

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

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

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

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

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

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

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

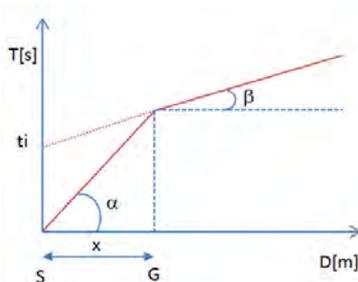
$$T = x_i / V_1$$

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

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

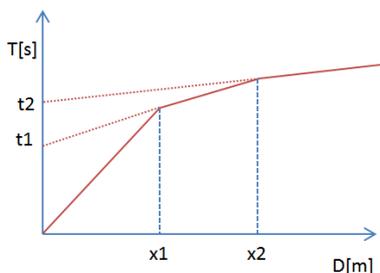
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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



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

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

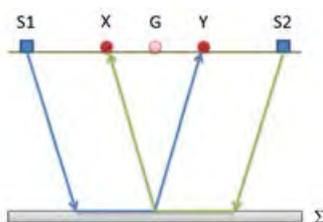


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

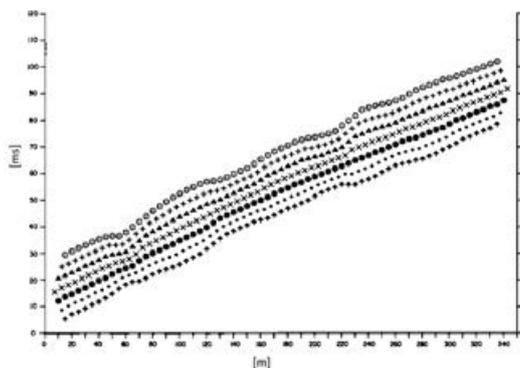
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



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

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

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



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

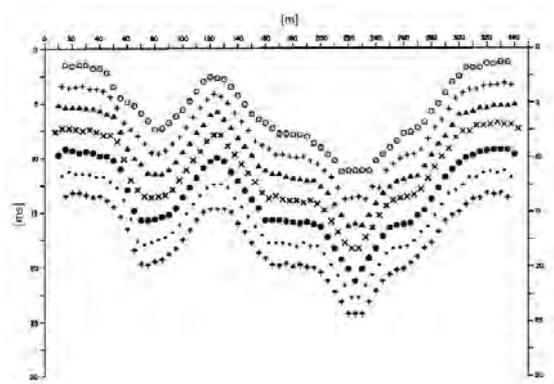
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

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

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

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

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



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

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

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

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

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

Dati generali

Descrizione	FTV - AM1 APRICENA - SIS-D9
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	ZONA ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	24/07/2022
Via	ASI APRICENA
Latitudine	15,4291372°E[°]
Longitudine	41,7579937°N[°]
Altitudine	45.8[m]

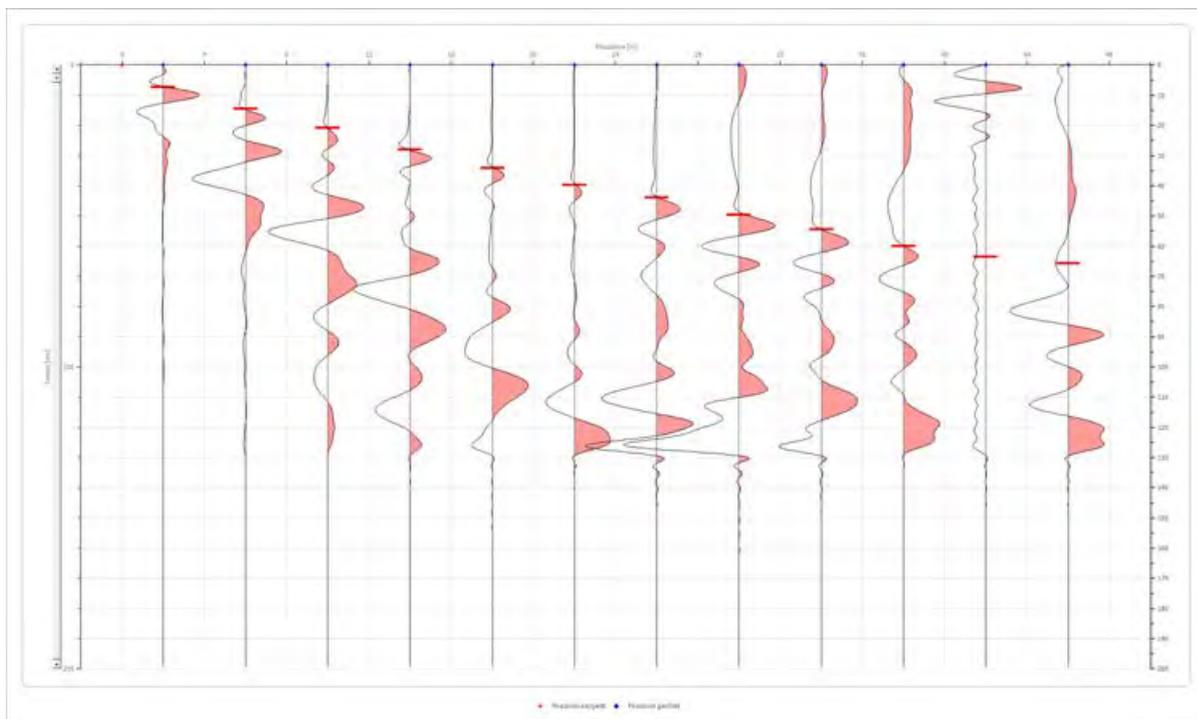
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

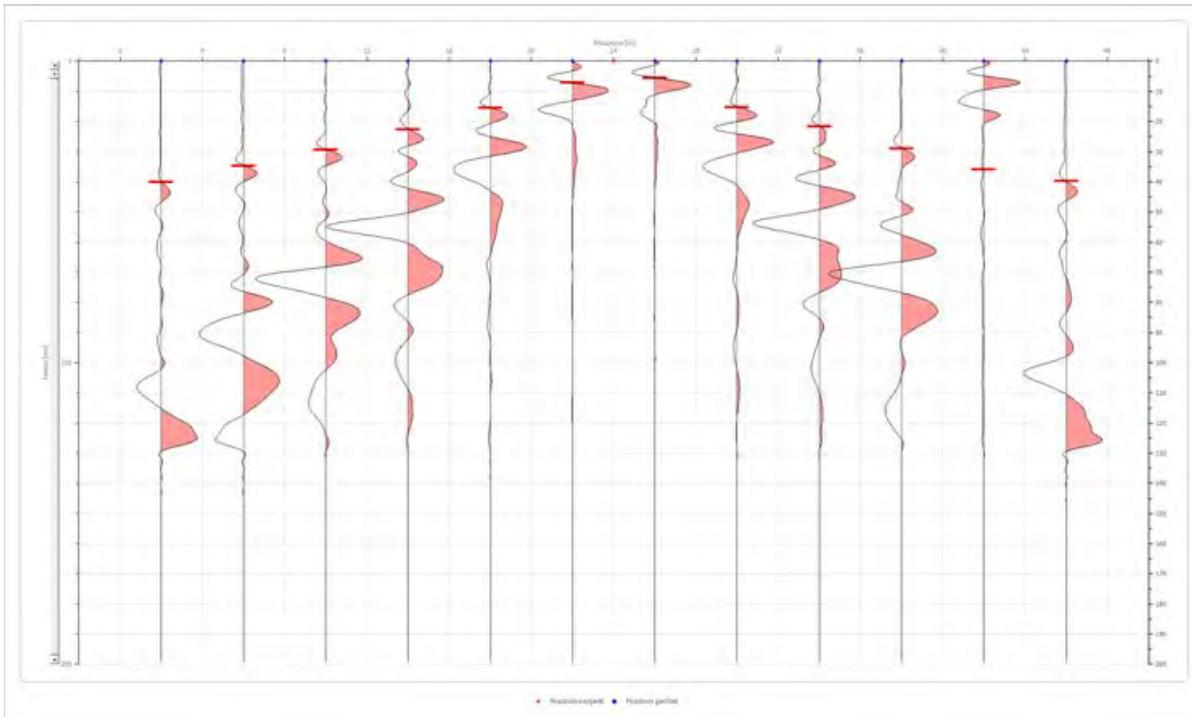
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	7.3486
6.0	14.4985
10.0	20.8540
14.0	28.0040
18.0	34.1609
22.0	39.7219
26.0	43.8928
30.0	49.7500
34.0	54.4191
38.0	59.9801
42.0	63.5551
46.0	65.7398

Battuta 2

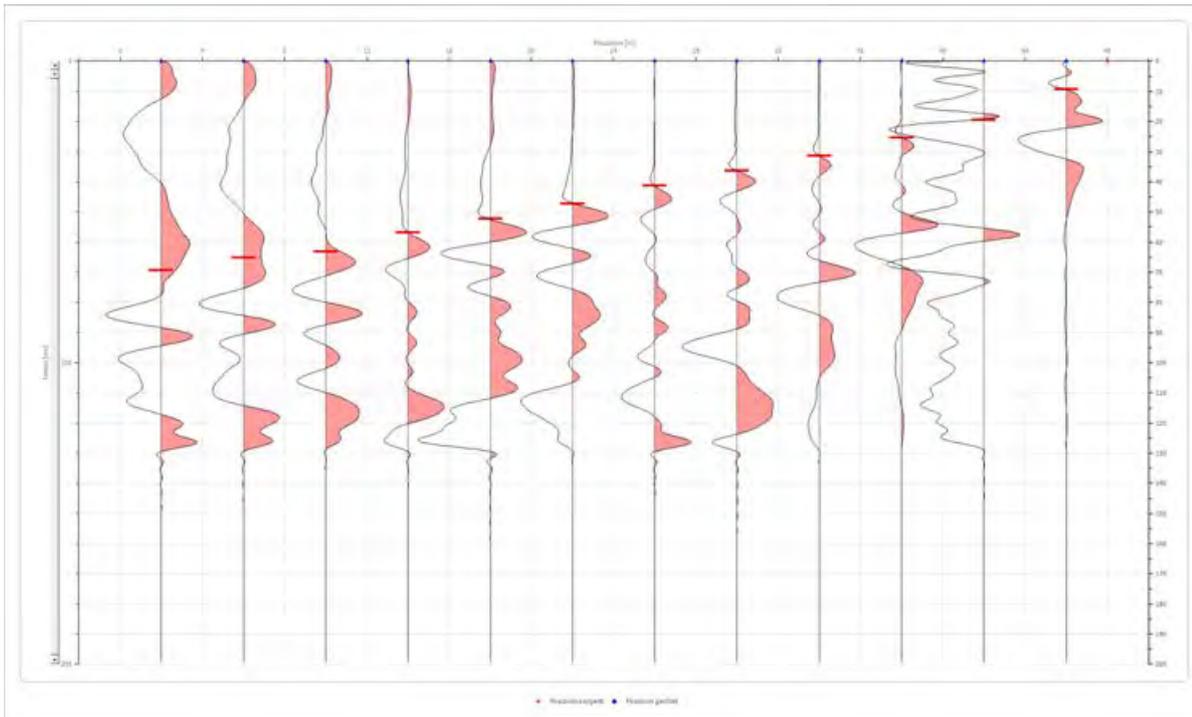
Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	40.1192
6.0	34.7567
10.0	29.3942
14.0	22.6415
18.0	15.4916
22.0	7.1500
26.0	5.5611
30.0	15.2929
34.0	21.6485
38.0	28.9970
42.0	35.9484
46.0	39.7219

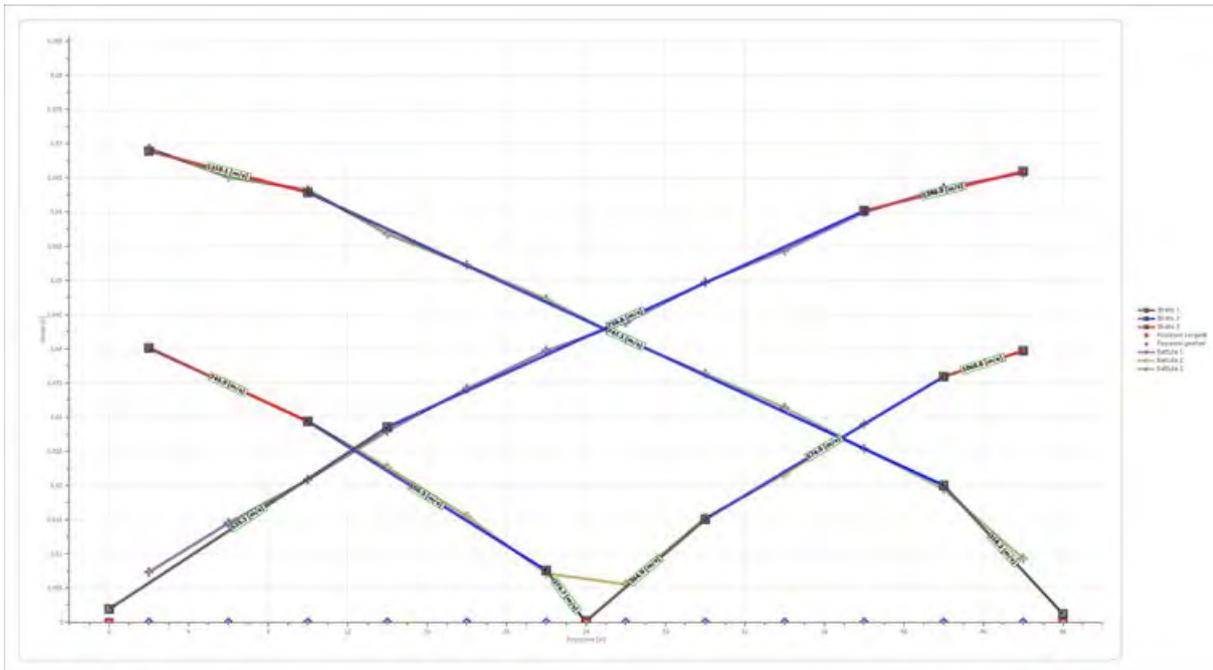
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

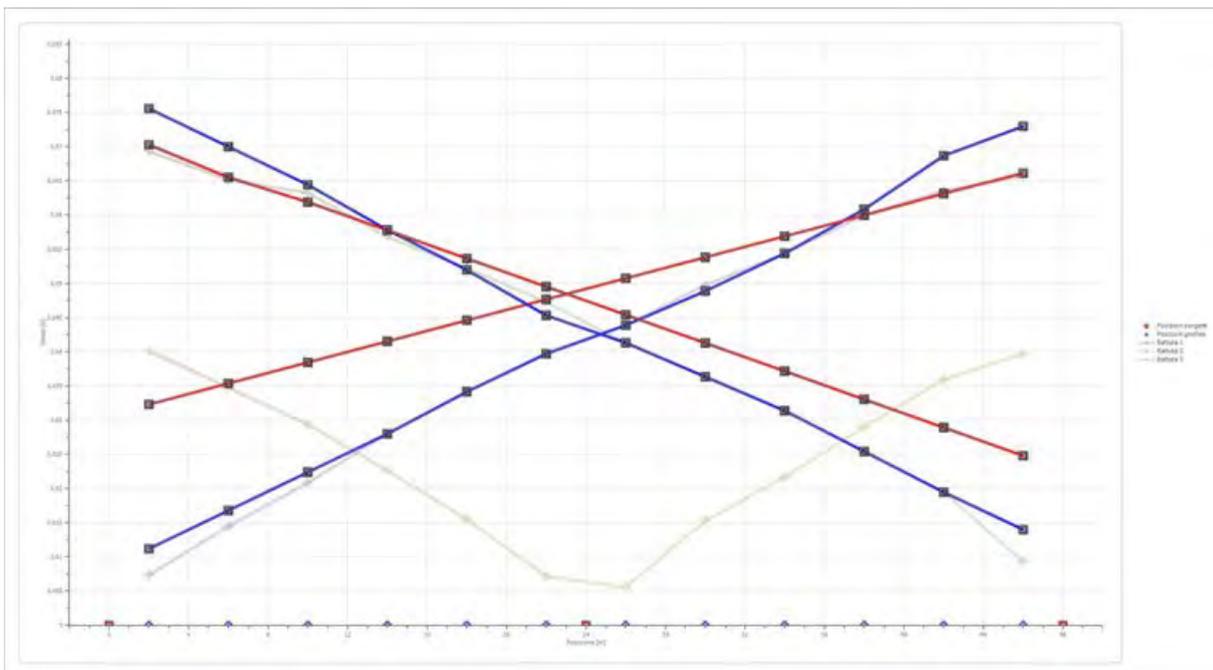


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	69.3148
6.0	65.1440
10.0	63.2500
14.0	56.8024
18.0	52.2344
22.0	47.2691
26.0	41.3108
30.0	36.3456
34.0	31.3803
38.0	25.4220
42.0	19.4638
46.0	9.3347

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G_rR.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	2.4	12.2	--
G= 6.0 [m]	2.4	11.4	--
G= 10.0 [m]	2.4	11.1	--
G= 14.0 [m]	2.2	10.9	--
G= 18.0 [m]	2.3	10.3	--
G= 22.0 [m]	2.0	10.1	--
G= 26.0 [m]	2.0	9.6	--
G= 30.0 [m]	2.1	9.1	--
G= 34.0 [m]	2.2	8.4	--
G= 38.0 [m]	2.3	7.8	--
G= 42.0 [m]	2.7	6.8	--
G= 46.0 [m]	2.4	6.6	--
Velocità [m/sec]	379.5	718.4	1112.6
Descrizione	T.V.	SB.-LIMOSA	SB.

Altri parametri geotecnici

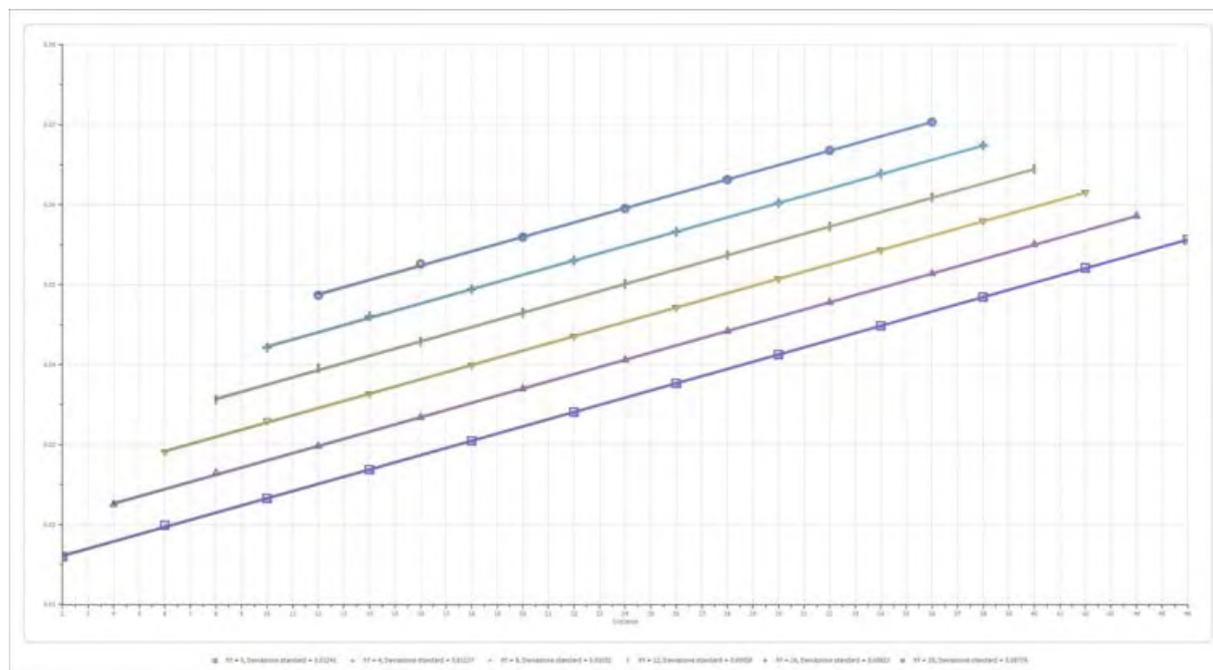
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.50	0.40	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	379.54	718.39	1112.61
Vs [m/s]	0.00	293.28	534.48
G0 [MPa]	0.00	154.82	542.77
Ed [Mpa]	244.88	928.94	2352.00
M0 [MPa]	244.88	774.12	1809.23
Ey [Mpa]	Non un numero reale	433.50	1465.48

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

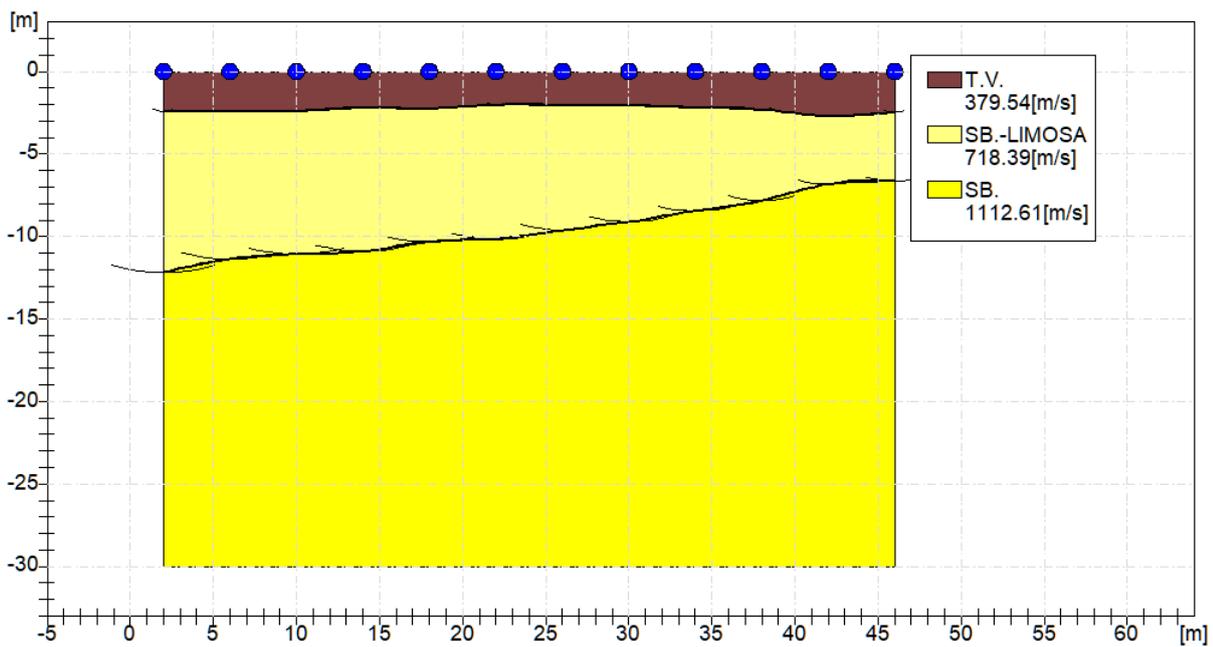
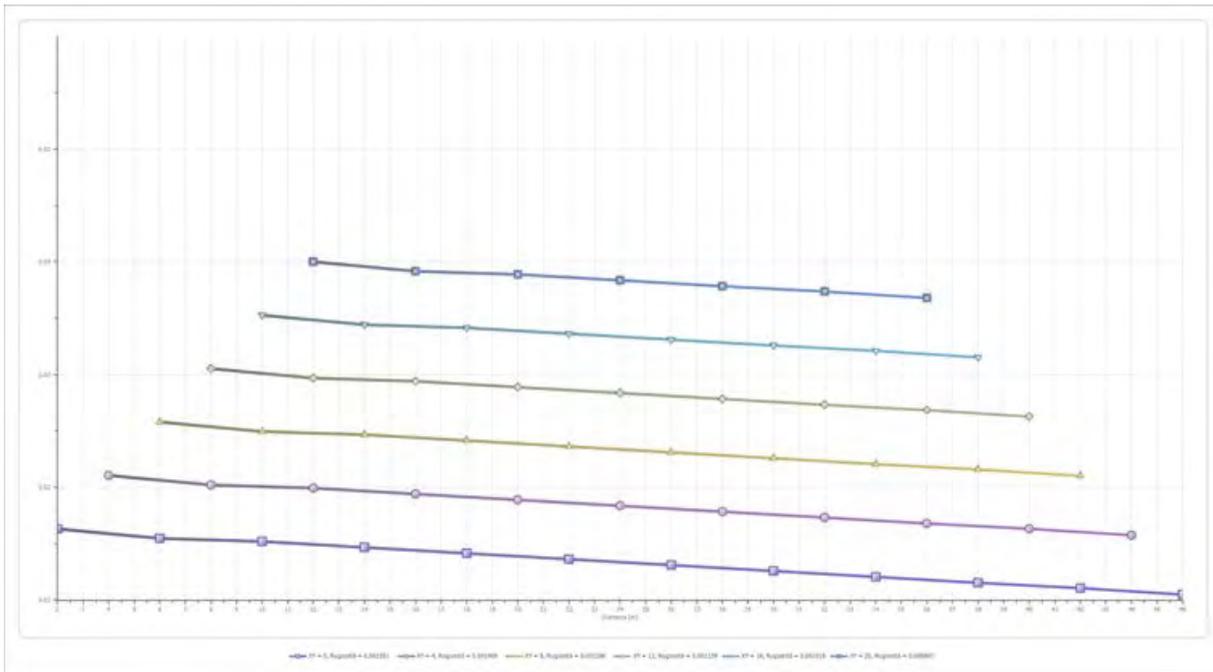
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

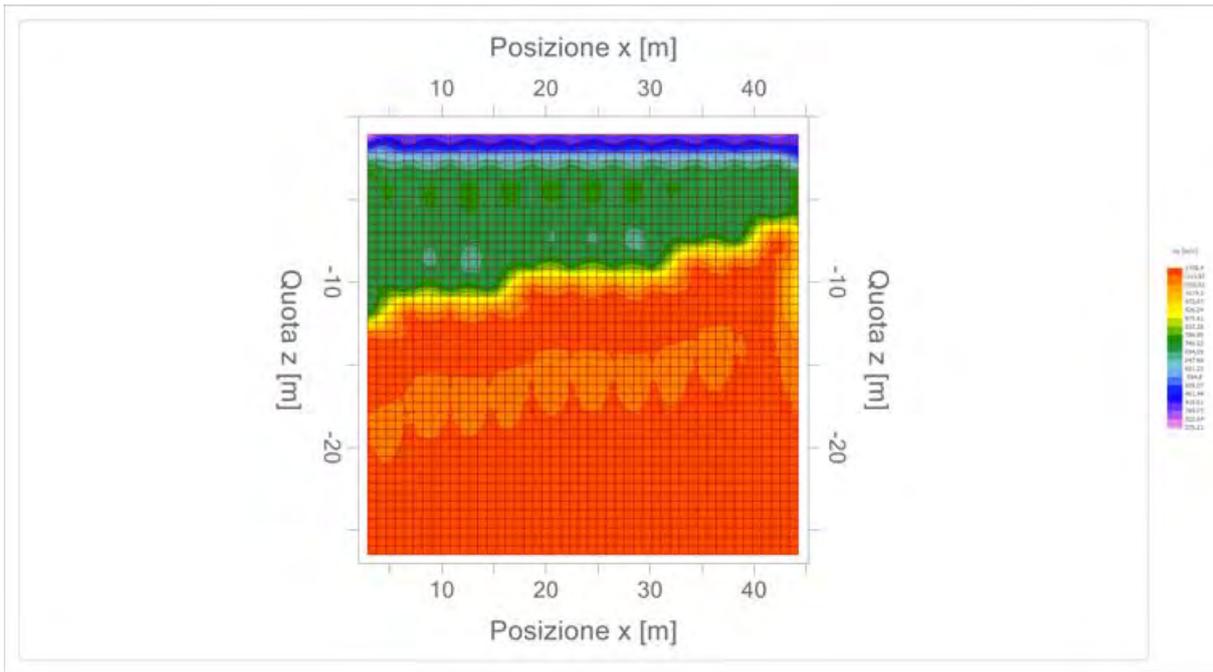
Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA

STUDIO DI GEOLOGIA - via Ripalta 21/A, 71010, Lesina, (FG) - Tel.0882.218822, Tel.328.3250902, Fax:0882.218822,
e-mail:geol.dilella@gmail.com, - C.F.DLLNZR64L011054R, P.Iva.02101530711





ALLEGATO 2 – RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA (MASW)



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW A-4

	Data: maggio 2021
	Il committente AM 1-2
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

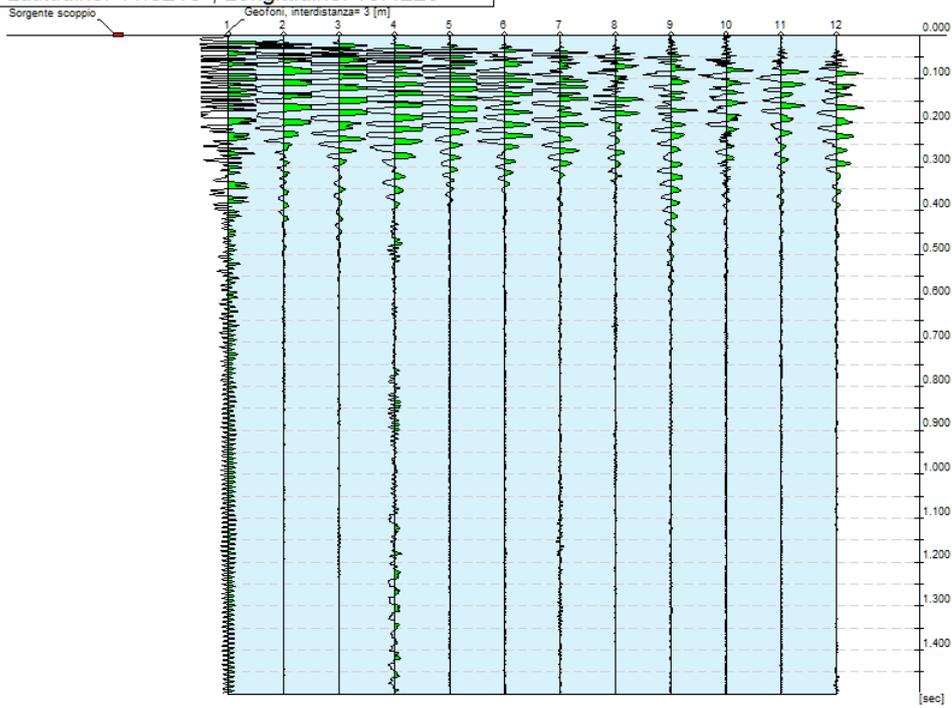
Dati generali

Committente	AM 1-2
Cantiere	FTV AM 1-2
Località	SP 37
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	APRICENA
Data	31/05/2021 08:39
Latitudine	41.8215
Longitudine	15.4229

Tracce

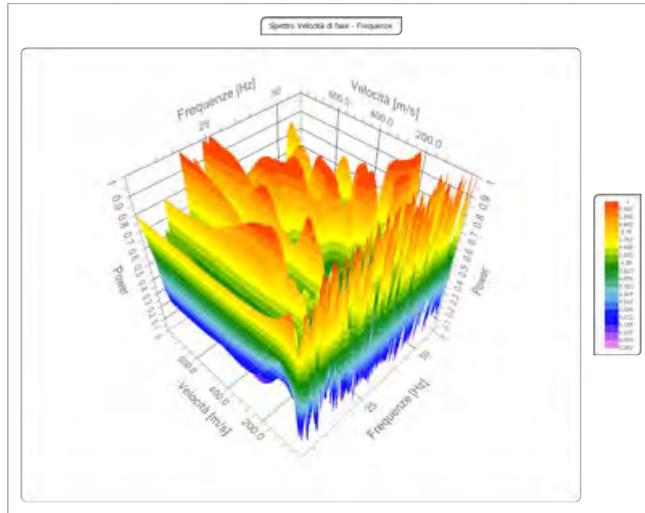
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM 1-2
Cantiere: FTV AM 1-2
Località: SP 37
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 31/05/2021
Latitudine: 41.8215°, Longitudine: 15.4229°



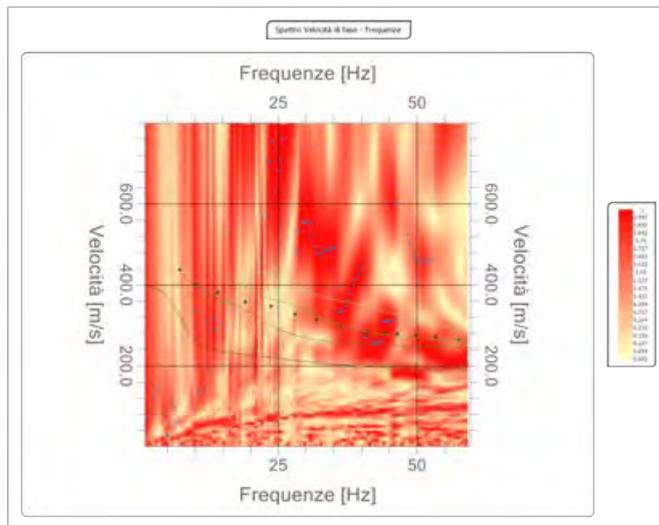
Analisi spettrale

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]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.3	436.1	0
2	10.0	402.5	0
3	14.2	382.4	0
4	19.1	358.2	0
5	23.7	347.5	0
6	28.1	328.7	0
7	31.9	313.9	0
8	36.3	299.1	0
9	40.9	283.0	0
10	44.2	281.7	0
11	46.5	279.0	0
12	49.8	274.9	0
13	53.4	272.3	0
14	57.5	264.2	0



Inversione

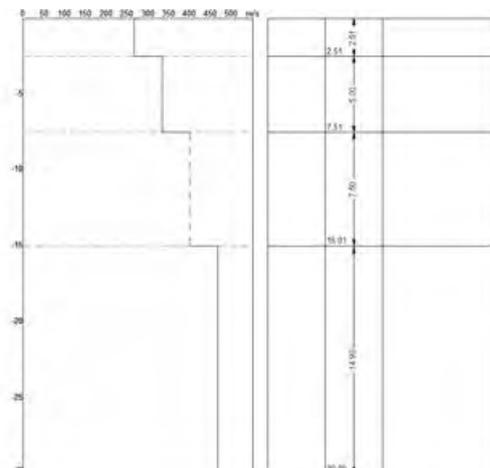
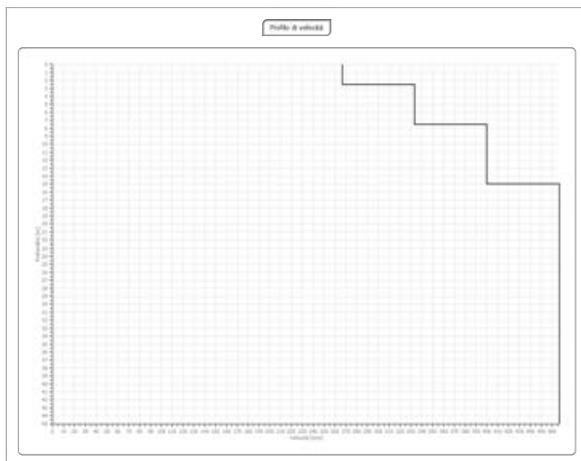
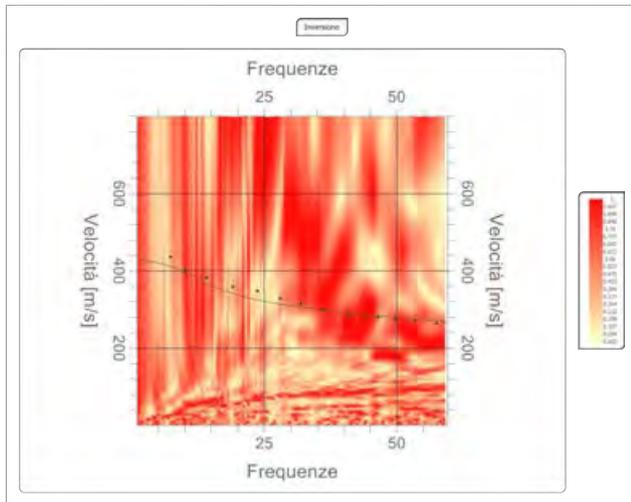
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.51	2.51	1800.0	0.5	No	979.8	266.7
2		7.51	5.00	1950.0	0.4	No	816.5	333.3
3		15.01	7.50	2100.0	0.4	No	832.7	400.0
4		∞	∞	2400.0	0.4	No	971.4	466.7

Percentuale di errore

0.144 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.035



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	398.50
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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.51	2.51	266.67	979.80	1700.00	0.46	120.89	1632.00	1470.81	353.00	N/A	3227.89
2	7.51	5.00	333.33	816.50	1900.00	0.40	211.11	1266.67	985.18	591.11	N/A	N/A
3	15.01	7.50	400.00	832.67	2000.00	0.35	320.00	1386.67	960.00	864.00	N/A	N/A
4	oo	oo	466.67	971.44	2200.00	0.35	479.11	2076.15	1437.33	1293.60	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW-A7

	Data: giugno 2021
	Il committente AM 1-2
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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:

$$v = \lambda \times u$$

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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

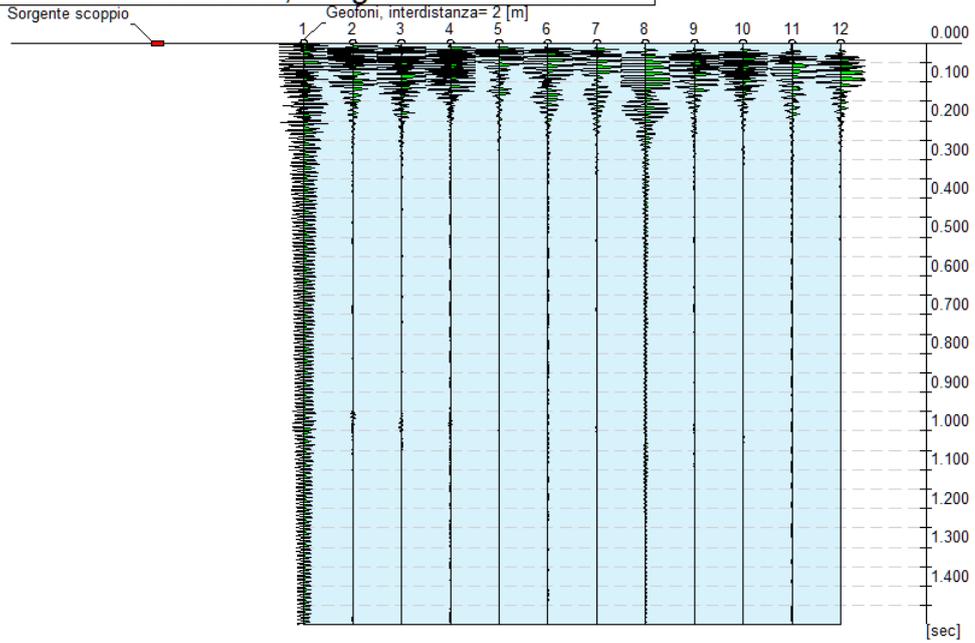
Dati generali

Committente	AM 1-2
Cantiere	TRE FOSSE APRICENA
Località	TRE FOSSE
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	APRICENA
Data	03/06/2021 11:41
Latitudine	41.8131
Longitudine	15.4233

Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM 1-2
Cantiere: TRE FOSSE APRICENA
Località: TRE FOSSE
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 03/06/2021
Latitudine: 41.8131°, Longitudine: 15.4233°

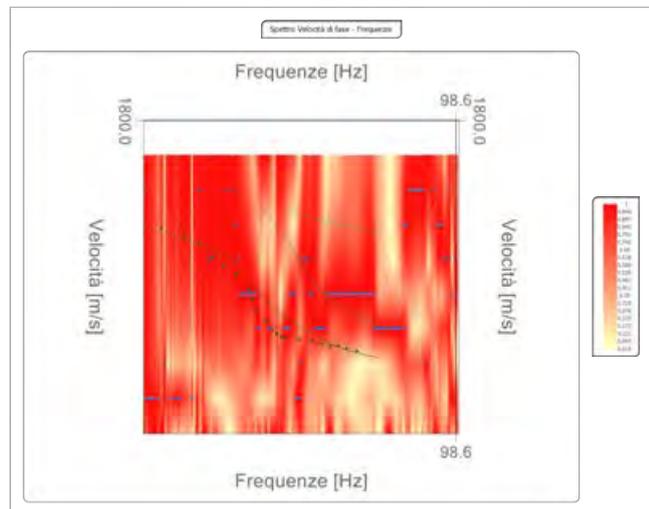
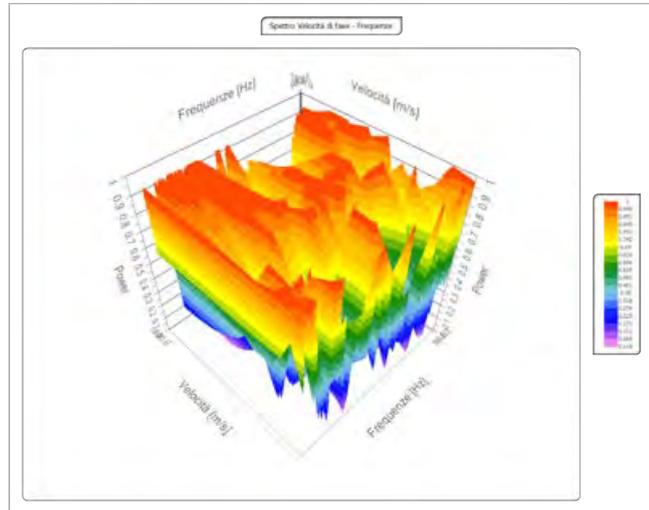


Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1
Frequenza massima di elaborazione [Hz] 100
Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
Velocità massima di elaborazione [m/sec] 2000
Intervallo velocità [m/sec] 200

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.7	1180.5	0
2	13.7	1130.4	0
3	18.4	1087.8	0
4	22.9	1015.2	0
5	26.4	962.6	0
6	30.2	915.0	0
7	34.0	832.4	0
8	35.1	769.8	0
9	36.6	709.7	0
10	39.2	649.6	0
11	41.3	599.5	0
12	42.8	572.0	0
13	44.2	559.4	0
14	45.5	551.9	0
15	49.5	544.4	0
16	53.7	531.9	0
17	56.7	516.9	0
18	59.4	504.3	0
19	61.6	501.8	0
20	64.5	489.3	0
21	67.8	474.3	0



Inversione

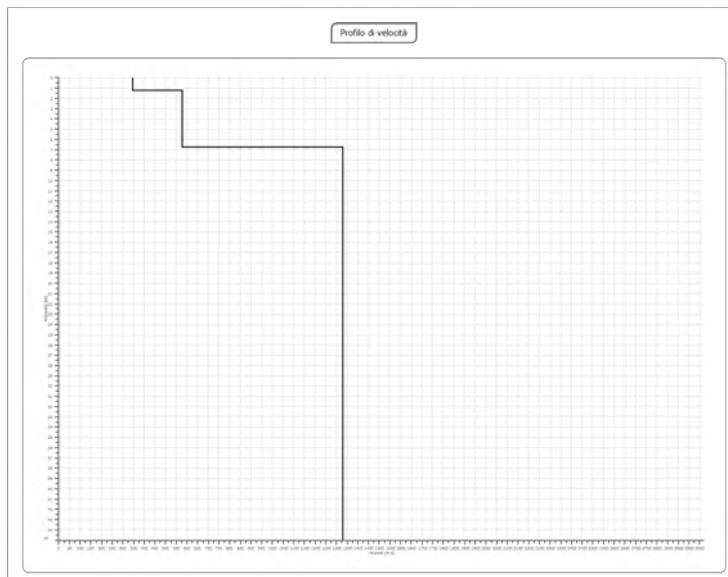
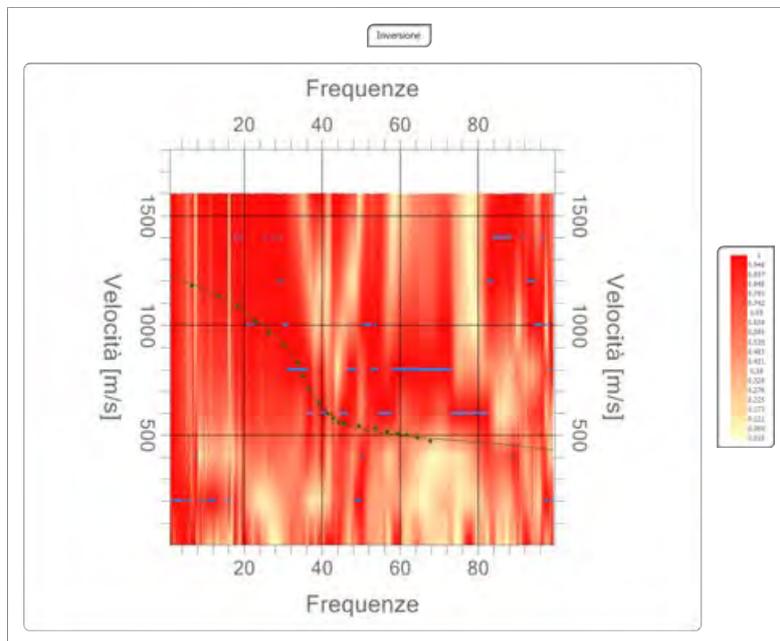
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.26	1.26	1800.0	0.3	No	644.4	344.5
2		6.77	5.51	200.0	0.3	No	1079.5	577.0
3		∞	∞	2400.0	0.3	No	2485.6	1328.6

Percentuale di errore

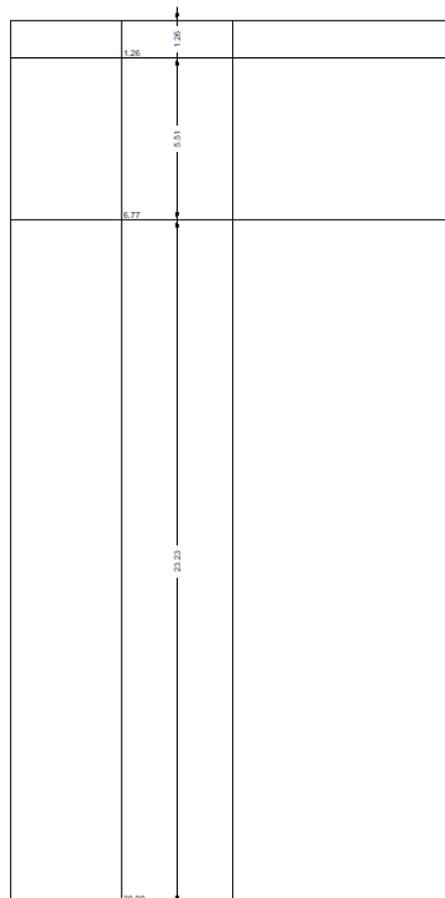
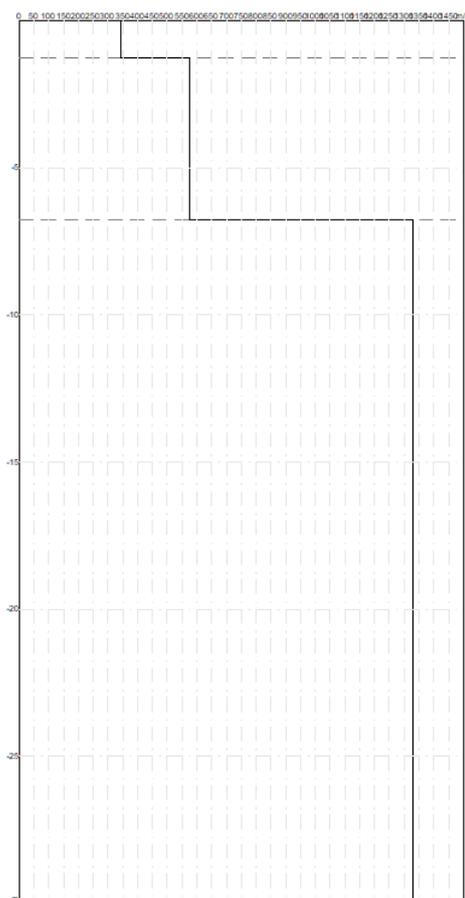
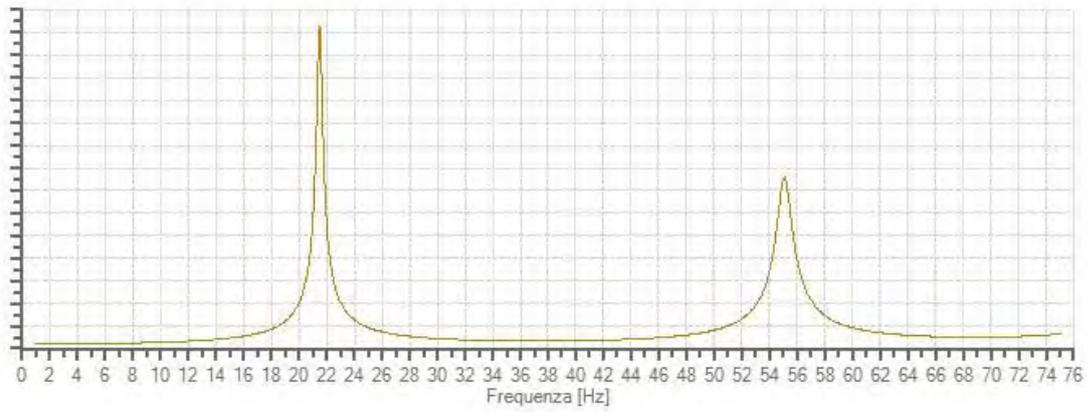
0.018 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.016



Funzione di trasferimento



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	977.45
Categoria del suolo	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con uno spessore massimo pari a 3m

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.26	1.26	344.46	644.42	1700.00	0.30	201.71	705.97	437.03	524.43	N/A	N/A
2	6.77	5.51	577.03	1079.53	1900.00	0.30	632.64	2214.24	1370.72	1644.86	N/A	N/A
3	oo	oo	1328.62	2485.63	2200.00	0.30	3883.53	13592.37	8414.32	10097.19	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW-B2

	Data: giugno 2021
	Il committente AM 1-2
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

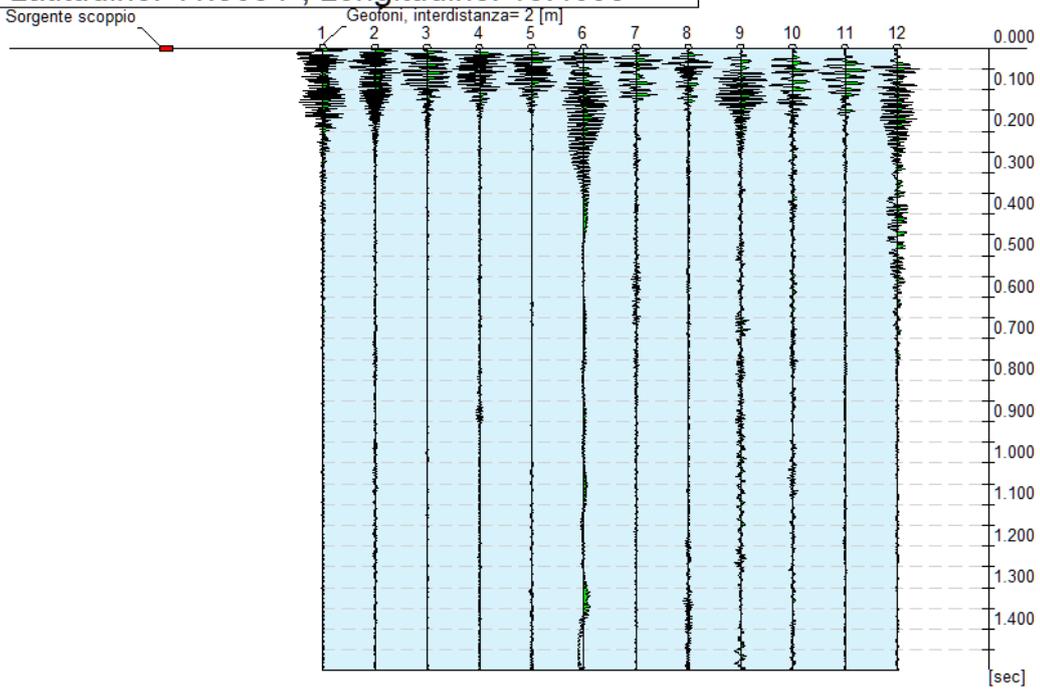
Dati generali

Committente	AM 1-2
Cantiere	APRICENA
Località	SP 37
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	SP 37
Data	01/06/2021 01:29
Latitudine	41.8054
Longitudine	15.4095

Tracce

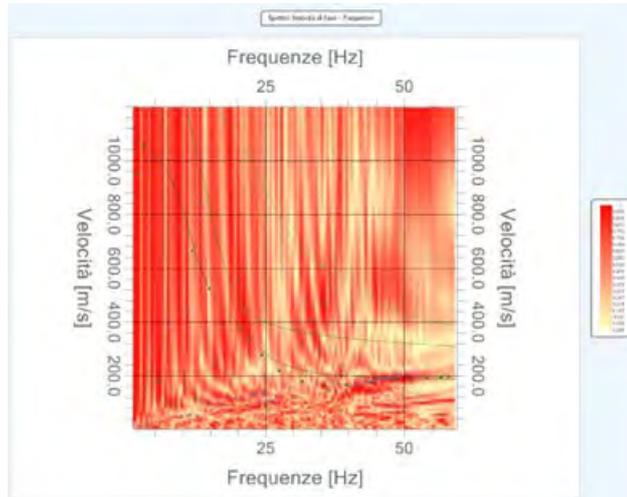
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM 1-2
Cantiere: APRICENA
Località: SP 37
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 01/06/2021
Latitudine: 41.8054°, Longitudine: 15.4095°



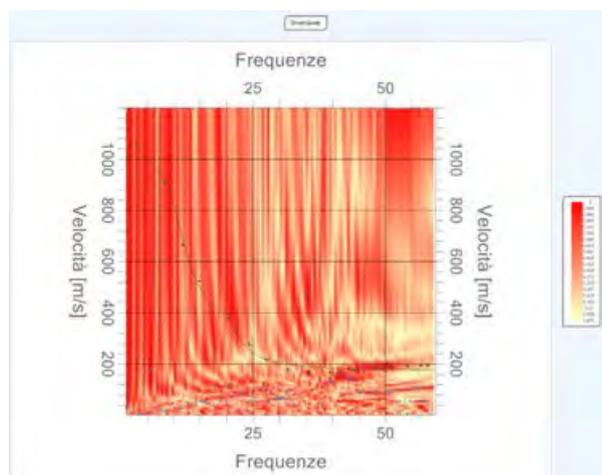
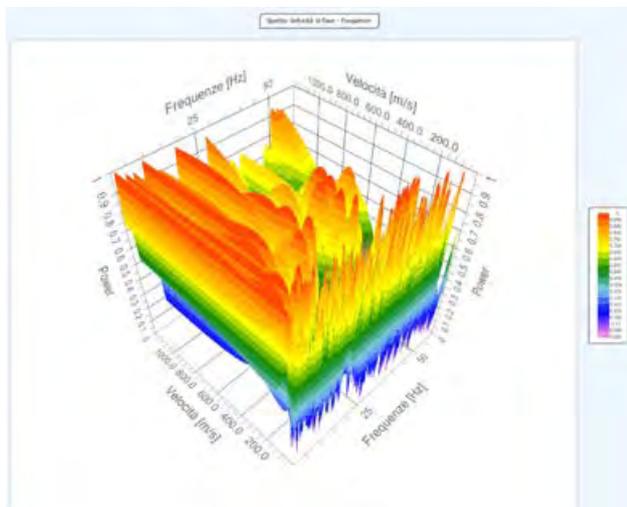
Analisi spettrale

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



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.0	1054.9	0
2	8.4	907.8	0
3	11.7	664.0	0
4	14.9	522.9	0
5	20.4	375.8	0
6	24.3	277.1	0
7	27.4	218.6	0
8	31.7	178.3	0
9	35.6	166.2	0
10	39.5	166.2	0
11	44.0	176.3	0
12	48.4	184.4	0
13	51.0	188.4	0
14	54.2	190.4	0
15	56.6	194.5	0
16	58.0	196.5	0



Inversione

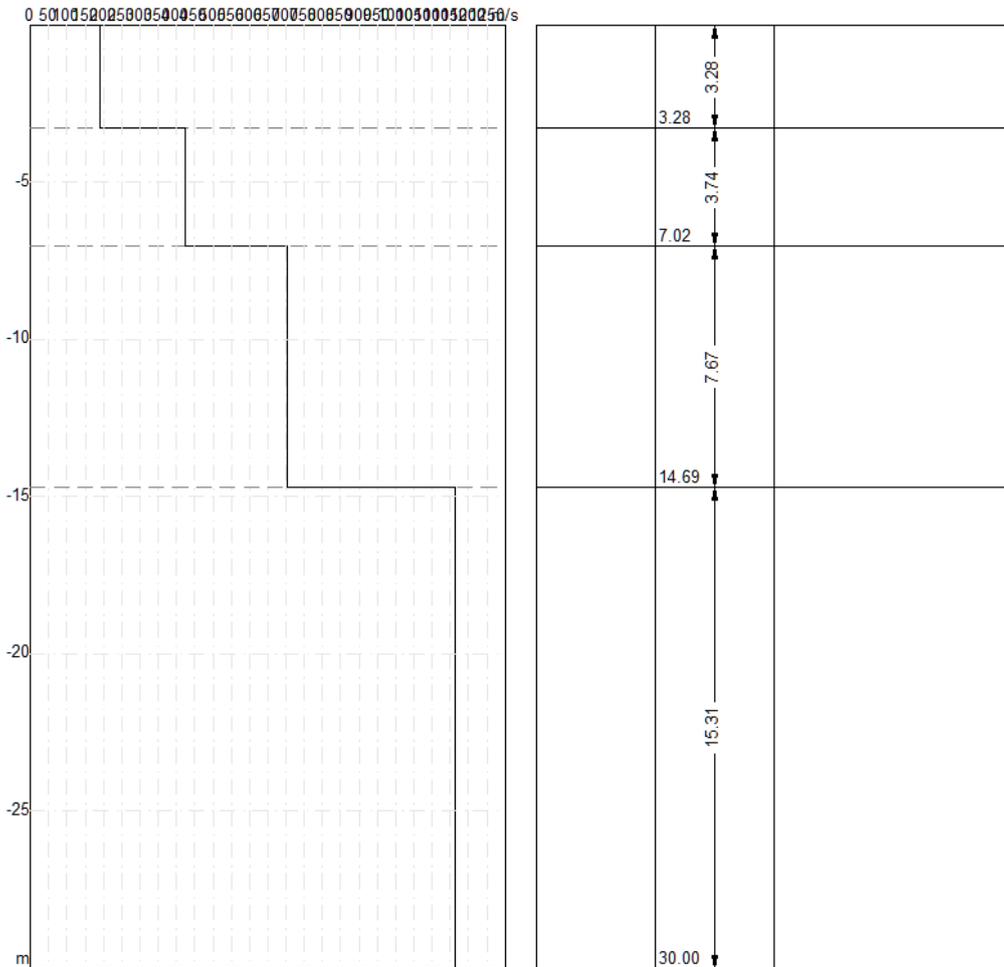
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.28	3.28	1850.0	0.3	No	354.7	189.6
2		7.02	3.74	2000.0	0.3	No	793.1	423.9
3		14.69	7.67	2200.0	0.3	No	1317.9	704.5
4		oo	oo	2400.0	0.3	No	2178.3	1164.4

Percentuale di errore

0.122 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.069



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	597.97
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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.28	3.28	189.59	354.68	1800.00	0.30	64.70	226.44	140.18	168.21	N/A	581.27
2	7.02	3.74	423.95	793.13	1900.00	0.30	341.49	1195.22	739.90	887.88	N/A	N/A
3	14.69	7.67	704.46	1317.93	2000.00	0.30	992.54	3473.89	2150.50	2580.61	N/A	N/A
4	oo	oo	1164.38	2178.35	2200.00	0.30	2982.70	10439.45	6462.51	7755.02	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

--

Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW-AM-C1

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

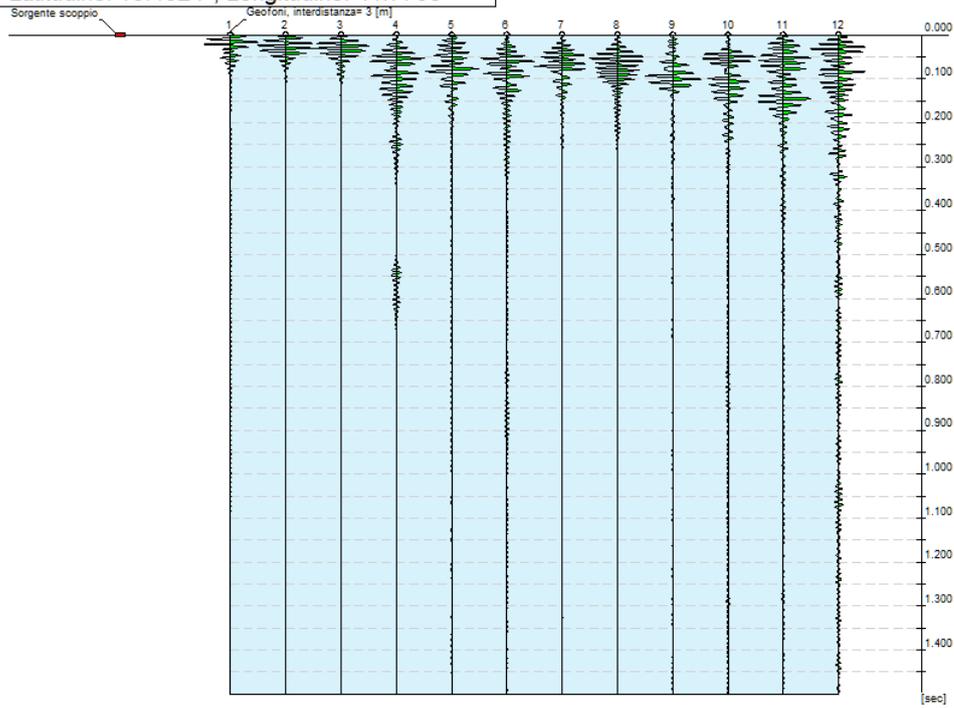
Dati generali

Committente	AM ENERGY SRL
Cantiere	PAGLIERINO APRICENA
Località	PAGLIERINO-APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	PAGLIERINO
Data	23/07/2022 11:26
Latitudine	15.4624
Longitudine	41.7766

Tracce

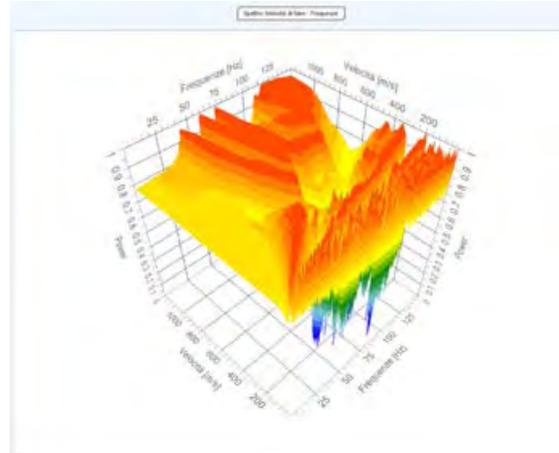
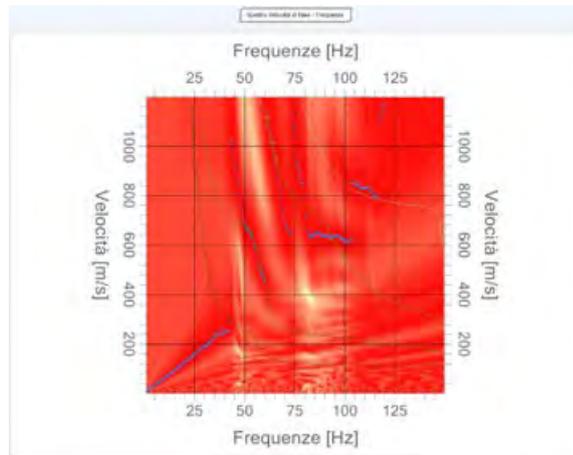
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: PAGLIERINO APRICENA
Località: PAGLIERINO-APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 23/07/2022
Latitudine: 15.4624°, Longitudine: 41.7766°



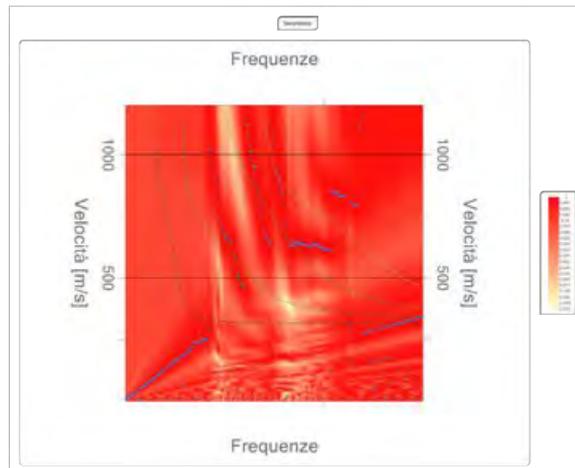
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	150
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	42.1	294.6	0
2	51.0	668.2	1
3	53.4	640.5	1
4	55.6	589.9	1
5	57.7	508.3	1
6	59.7	465.9	1
7	61.5	1116.8	2
8	64.1	1014.0	2
9	65.8	950.4	2



Inversione

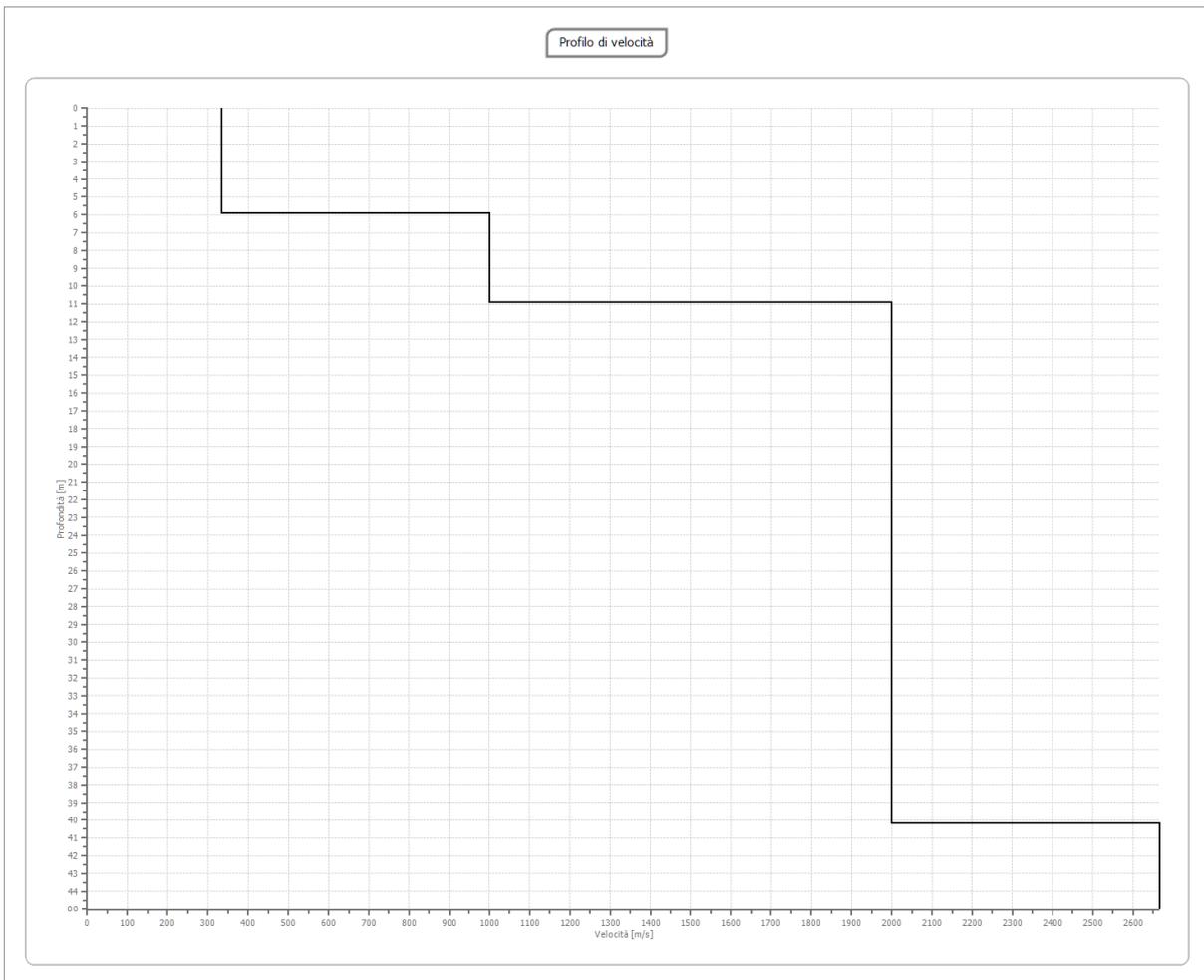
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		5.91	5.91	1750.0	0.4	No	1018.4	333.3
2		10.91	5.00	1950.0	0.3	No	1870.8	1000.0
3		40.18	29.27	2100.0	0.3	No	3464.1	2000.0
4		oo	oo	2200.0	0.3	No	4618.8	2666.7

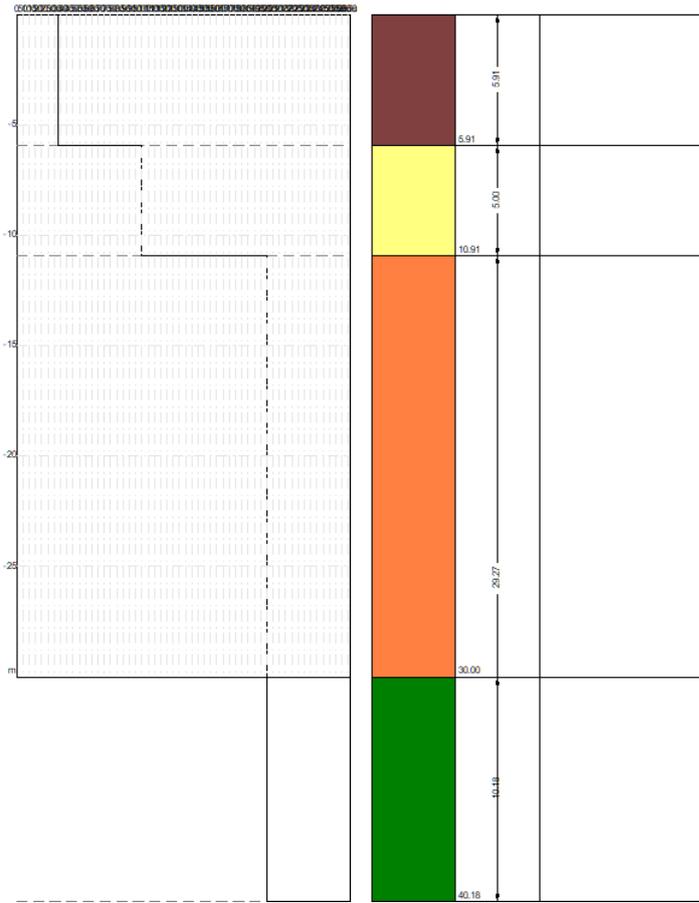
Percentuale di errore

1.548 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.115





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	929.61
Categoria del suolo	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con uno spessore massimo pari a 3m

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	5.91	5.91	333.33	1018.35	1700.00	0.44	188.89	1762.96	1511.11	544.00	N/A	N/A
2	10.91	5.00	1000.00	1870.83	1900.00	0.30	1900.00	6650.00	4116.67	4940.00	N/A	N/A
3	40.18	29.27	2000.00	3464.10	2000.00	0.25	8000.00	24000.00	13333.33	20000.00	N/A	N/A
4	∞	∞	2666.67	4618.80	2100.00	0.25	14933.33	44800.00	24888.89	37333.33	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

--

Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW - D2

	Data: giugno 2021
	Il committente AM 1-2
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

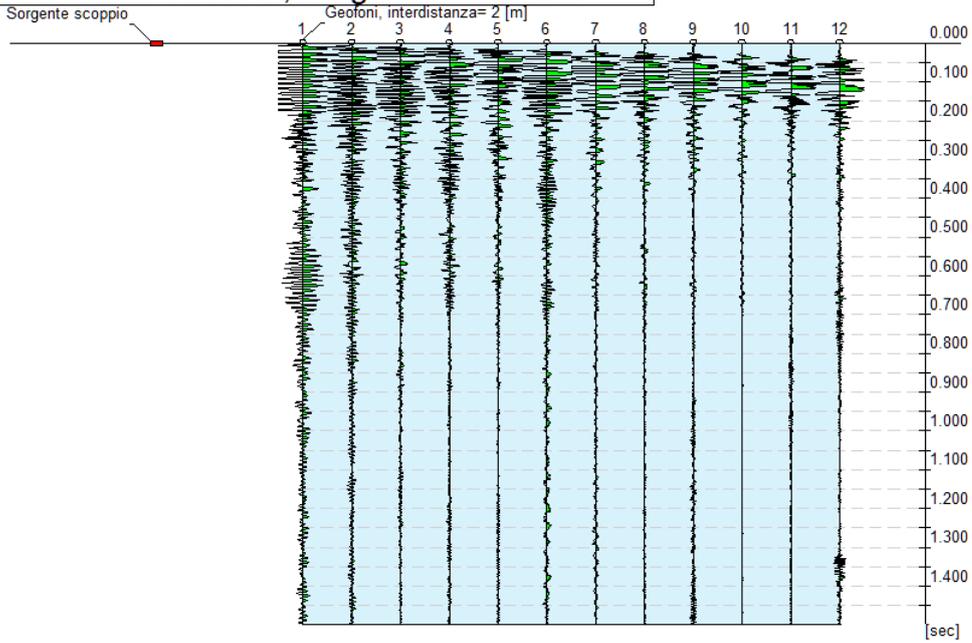
Dati generali

Committente	AM 1-2
Cantiere	ASI APRICENA
Località	APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	ZONA ASI
Data	03/06/2021 11:17
Latitudine	41.7666
Longitudine	15.4218

Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM 1-2
Cantiere: ASI APRICENA
Località: APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 03/06/2021
Latitudine: 41.7666°, Longitudine: 15.4218°

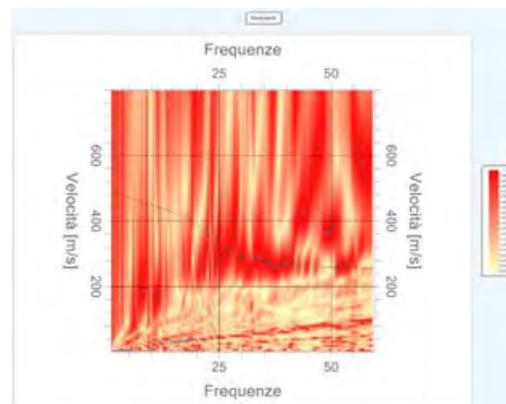
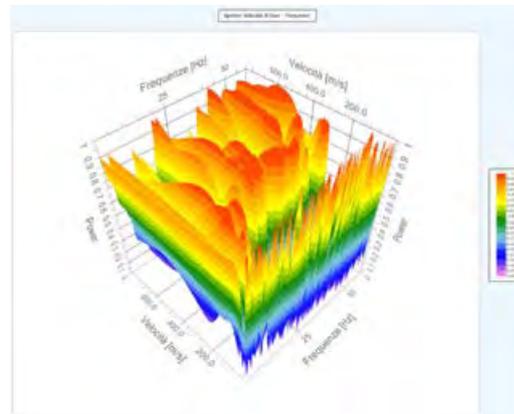
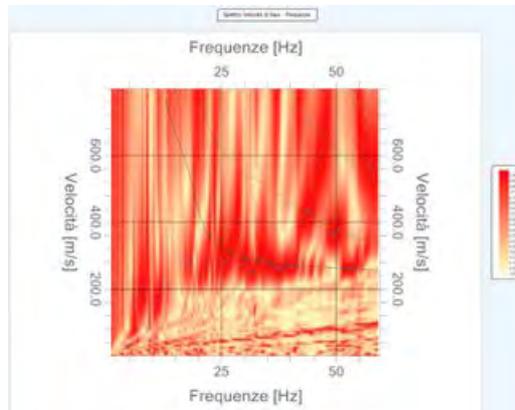


Analisi spettrale

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]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.0	360.9	0
2	7.9	328.7	0
3	11.8	307.2	0
4	17.4	284.3	0
5	22.4	266.9	0
6	27.3	256.1	0
7	32.2	244.1	0
8	37.7	233.3	0
9	41.2	227.9	0



Inversione

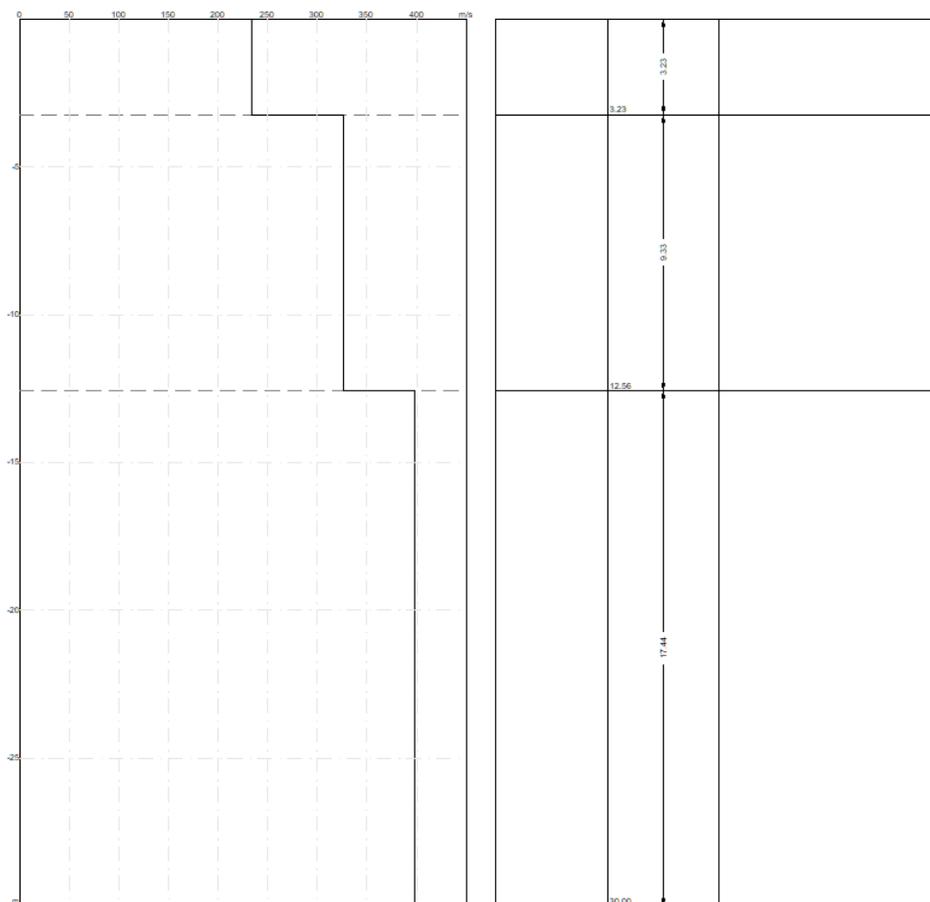
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.23	3.23	1800.0	0.3	No	436.7	233.4
2		12.56	9.33	1900.0	0.3	No	610.9	326.5
3		∞	∞	2000.0	0.3	No	745.4	398.4

Percentuale di errore

0.003 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.005



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	348.09
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT},30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \text{cu},30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.23	3.23	233.41	436.67	1700.00	0.30	92.62	324.16	200.67	240.80	N/A	1652.77
2	12.56	9.33	326.53	610.88	1800.00	0.30	191.92	671.72	415.83	499.00	N/A	N/A
3	oo	oo	398.45	745.42	1900.00	0.30	301.64	1055.75	653.56	784.27	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW - D3

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 1-2
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

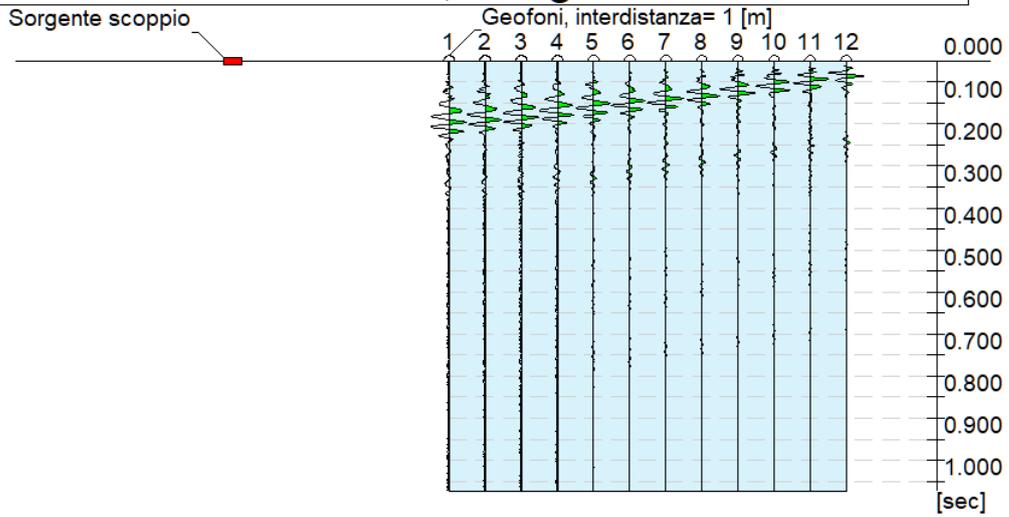
Dati generali

Committente	AM 1-2
Cantiere	ASI APRICENA
Località	APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	ZONA ASI
Data	03/06/2021 12:00
Latitudine	15.4247
Longitudine	41.7620

Tracce

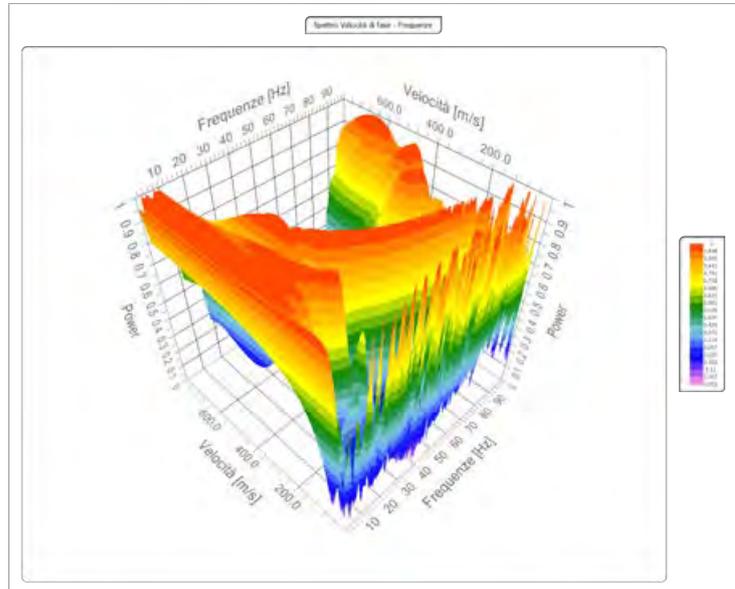
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM 1-2
Cantiere: ASI APRICENA
Località: APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 03/06/2021
Latitudine: 15.4247°, Longitudine: 41.7620°



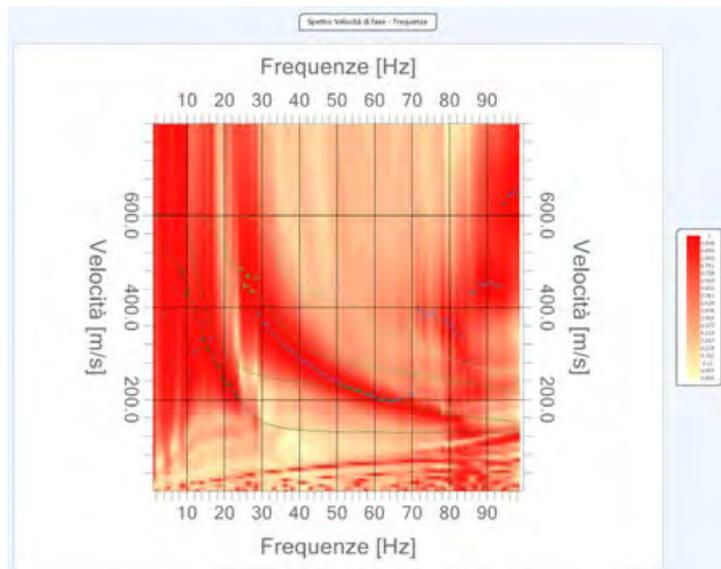
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1
Frequenza massima di elaborazione [Hz] 100
Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
Velocità massima di elaborazione [m/sec] 800
Intervallo velocità [m/sec] 1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.8	478.2	0
2	10.0	431.5	0
3	14.5	331.5	0
4	15.6	308.6	0
5	18.7	271.7	0
6	19.6	244.5	0
7	21.4	229.3	0
8	23.4	205.4	0
9	24.6	484.7	2
10	25.5	446.7	2
11	26.2	468.4	2
12	27.4	435.8	2
13	28.5	465.2	2
14	51.7	230.4	1
15	53.9	224.9	1
16	56.1	220.6	1
17	58.2	211.9	1
18	61.8	198.8	1
19	64.8	197.8	1



Inversione

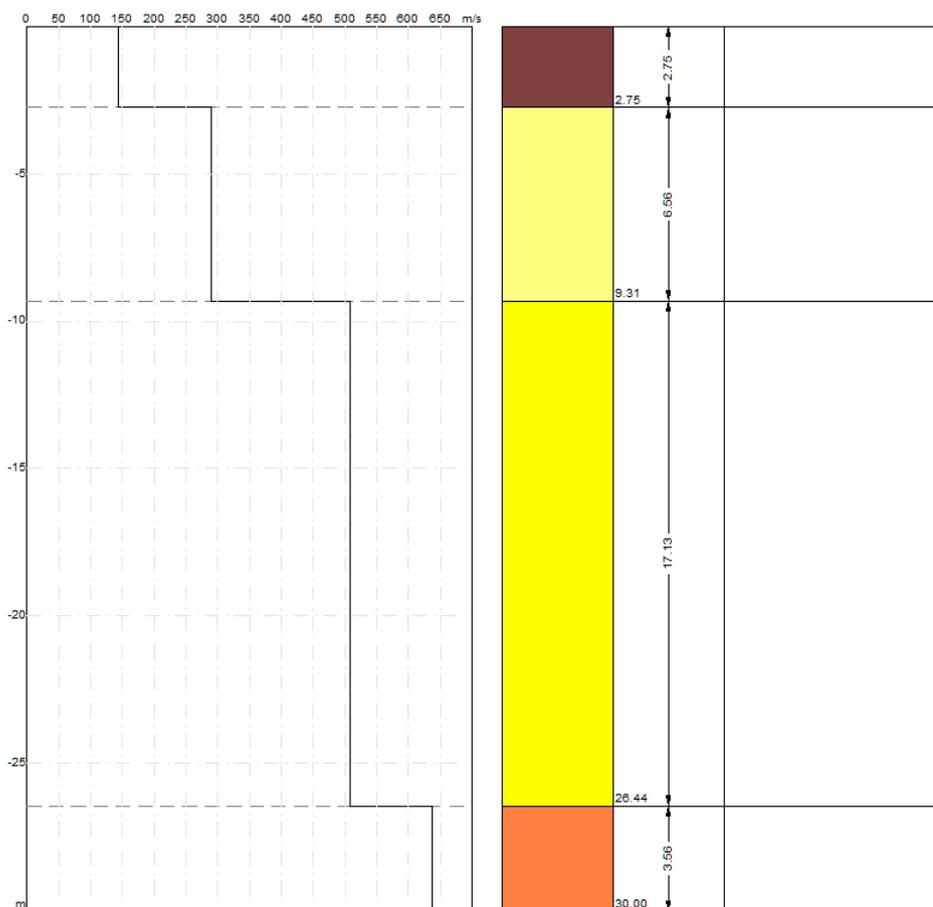
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.75	2.75	1750.0	0.5	No	735.8	144.3
2		9.31	6.56	1850.0	0.4	No	887.7	290.6
3		26.44	17.13	1950.0	0.4	No	1367.9	508.0
4		∞	∞	2000.0	0.4	No	1449.8	637.8

Percentuale di errore

0.085 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.024



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	370.64
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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.75	2.75	144.31	735.82	1700.00	0.48	35.40	920.44	873.24	104.79	52	147.50
2	9.31	6.56	290.57	887.69	1800.00	0.44	151.97	1418.40	1215.77	437.68	N/A	4968.57
3	26.44	17.13	508.03	1367.92	1900.00	0.42	490.38	3555.27	2901.42	1392.68	N/A	N/A
4	oo	oo	637.84	1449.83	1950.00	0.38	793.34	4098.94	3041.15	2189.63	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW - D4

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 1-2
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

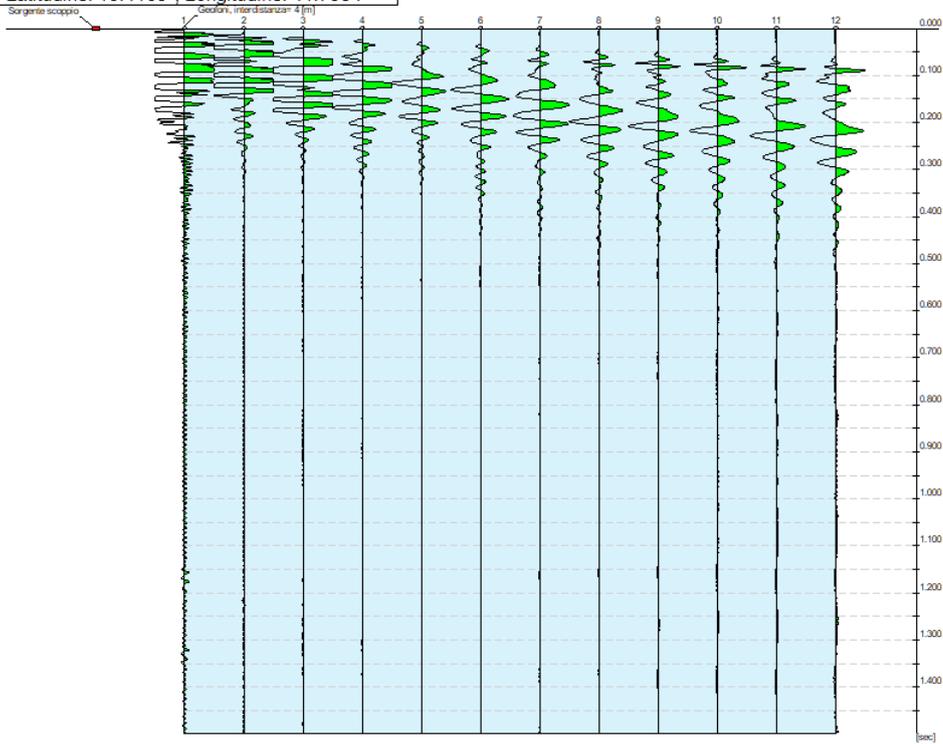
Dati generali

Committente	AM 1-2
Cantiere	ASI APRICENA
Località	APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	ZONA ASI
Data	01/06/2022 12:00
Latitudine	15.4169
Longitudine	41.7584

Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM 1-2
Cantiere: ASI APRICENA
Località: APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 01/06/2022
Latitudine: 15.4169°, Longitudine: 41.7584°

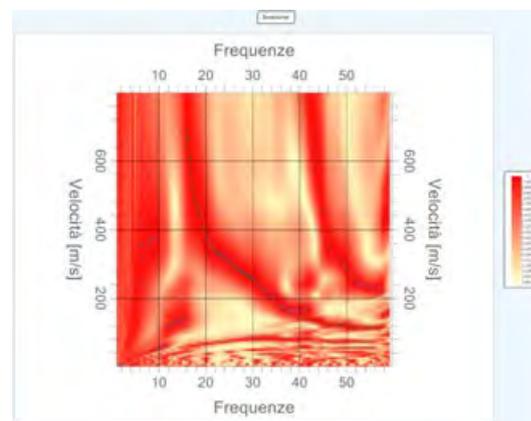
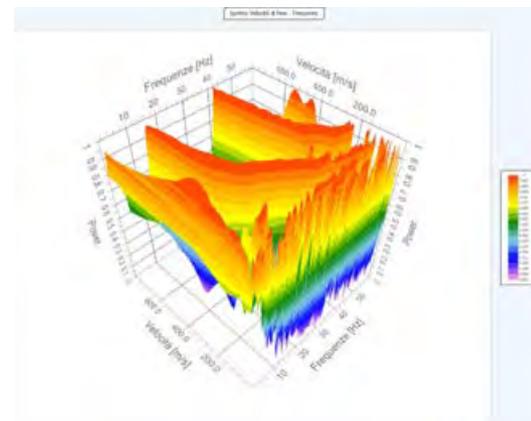
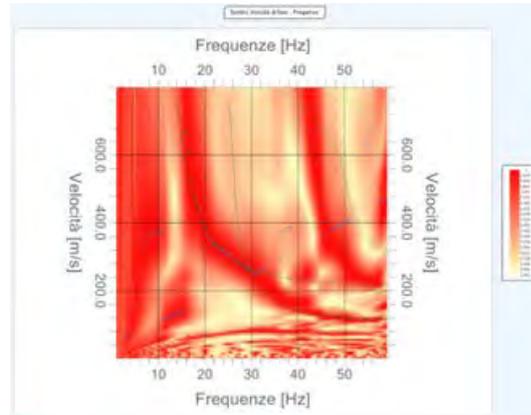


Analisi spettrale

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]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	16.0	666.3	0
2	16.6	608.7	0
3	17.0	523.9	0
4	17.6	490.2	0
5	18.1	469.5	0
6	18.4	447.8	0
7	19.5	401.0	0
8	20.1	383.7	0
9	22.3	334.7	0
10	23.1	328.2	0
11	26.3	290.2	0
12	27.6	277.1	0
13	28.8	263.0	0
14	29.9	258.6	0
15	48.8	121.7	0
16	51.2	115.1	0
17	54.7	117.3	0



Inversione

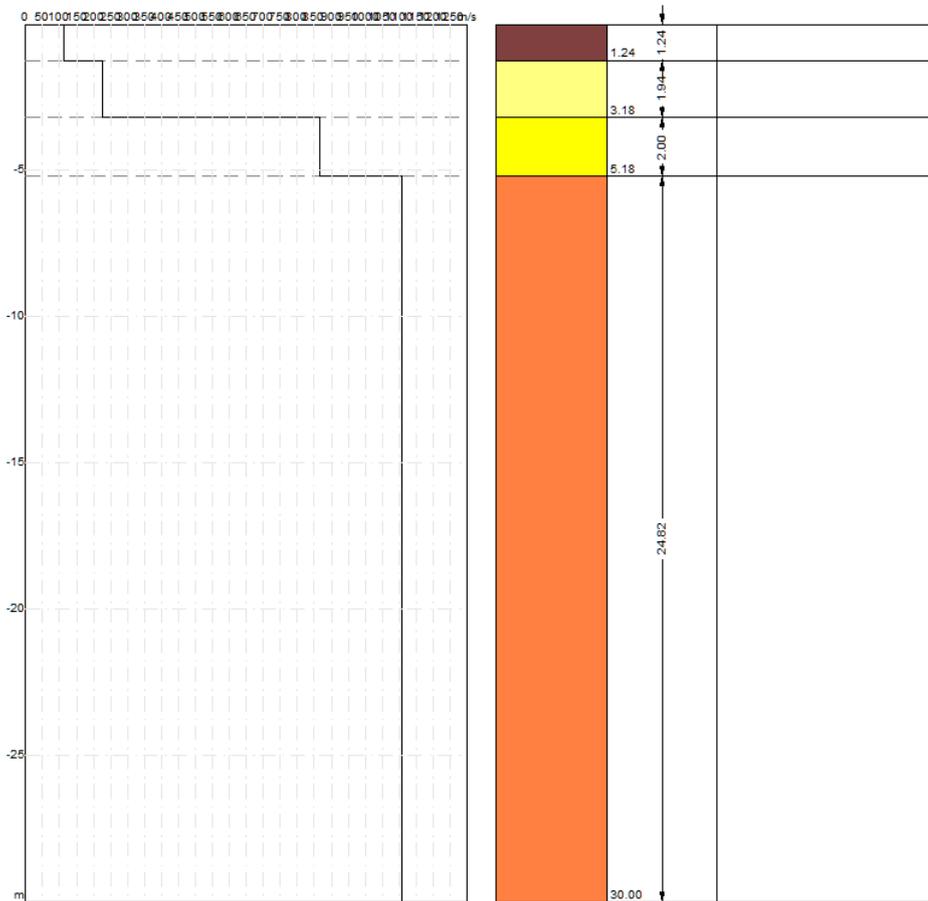
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.24	1.24	1750.0	0.4	No	236.2	113.5
2		3.18	1.94	1800.0	0.4	No	607.3	225.5
3		5.18	2.00	1850.0	0.4	No	2121.5	866.1
4		∞	∞	1900.0	0.4	No	2517.3	1107.5

Percentuale di errore

0.041 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.017



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	677.88
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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.24	1.24	113.46	236.19	1700.00	0.35	21.89	94.84	65.66	59.09	32	44.06
2	3.18	1.94	225.54	607.30	1750.00	0.42	89.02	645.42	526.72	252.83	54	1391.26
3	5.18	2.00	866.12	2121.55	1800.00	0.40	1350.29	8101.75	6301.36	3780.82	N/A	N/A
4	oo	oo	1107.48	2517.34	1850.00	0.38	2269.05	11723.45	8698.04	6262.59	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM1 APRICENA - MASW-D5

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

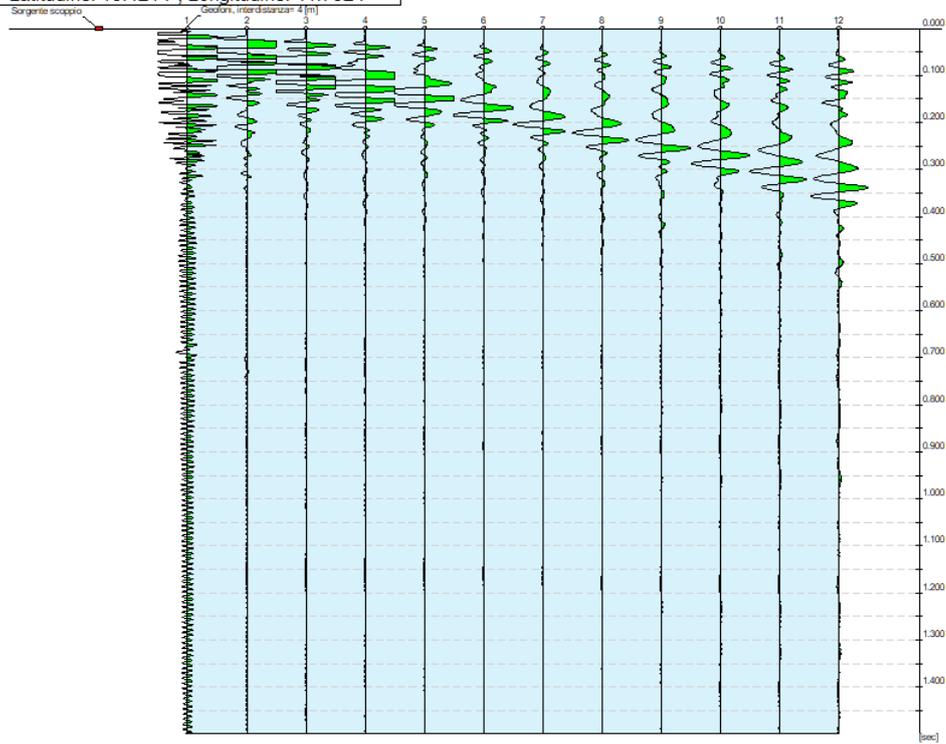
Dati generali

Committente	AM ENERGY SRL
Cantiere	ZONA ASI APRICENA
Località	ASI APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	ASI APRICENA
Data	13/07/2022 11:15
Latitudine	15.4214
Longitudine	41.7524

Tracce

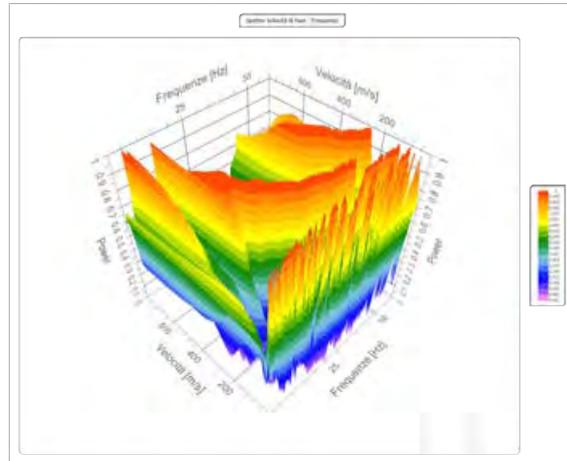
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: ZONA ASI APRICENA
Località: ASI APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 13/07/2022
Latitudine: 15.4214°, Longitudine: 41.7524°



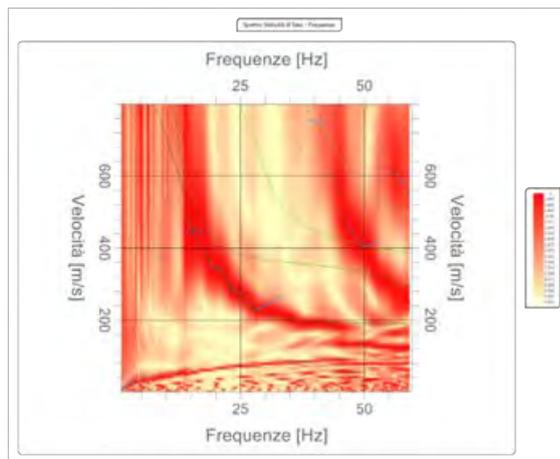
Analisi spettrale

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]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.4	446.7	0
2	18.8	366.3	0
3	20.1	343.4	0
4	23.1	285.8	0
5	27.8	229.3	0
6	35.3	198.8	0
7	43.3	190.2	0



Inversione

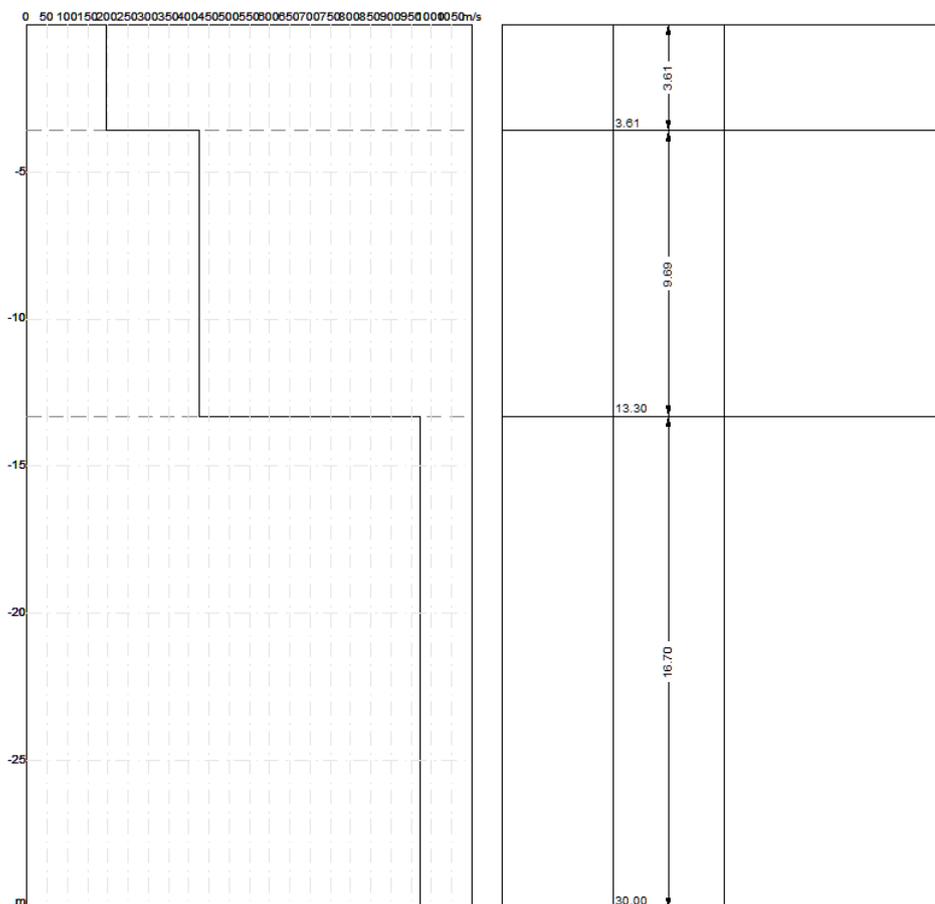
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.61	3.61	1750.0	0.4	No	482.9	197.1
2		13.30	9.69	1850.0	0.4	No	964.2	424.2
3		∞	∞	1950.0	0.4	No	2023.1	971.9

Percentuale di errore

0.002 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.006



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	514.23
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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.61	3.61	197.13	482.87	1700.00	0.40	66.06	396.38	308.30	184.98	N/A	707.25
2	13.30	9.69	424.20	964.22	1800.00	0.38	323.90	1673.50	1241.63	893.97	N/A	N/A
3	oo	oo	971.89	2023.14	1900.00	0.35	1794.67	7776.92	5384.02	4845.62	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV AM ENERGY SRL - APRICENA - MASW-D6

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

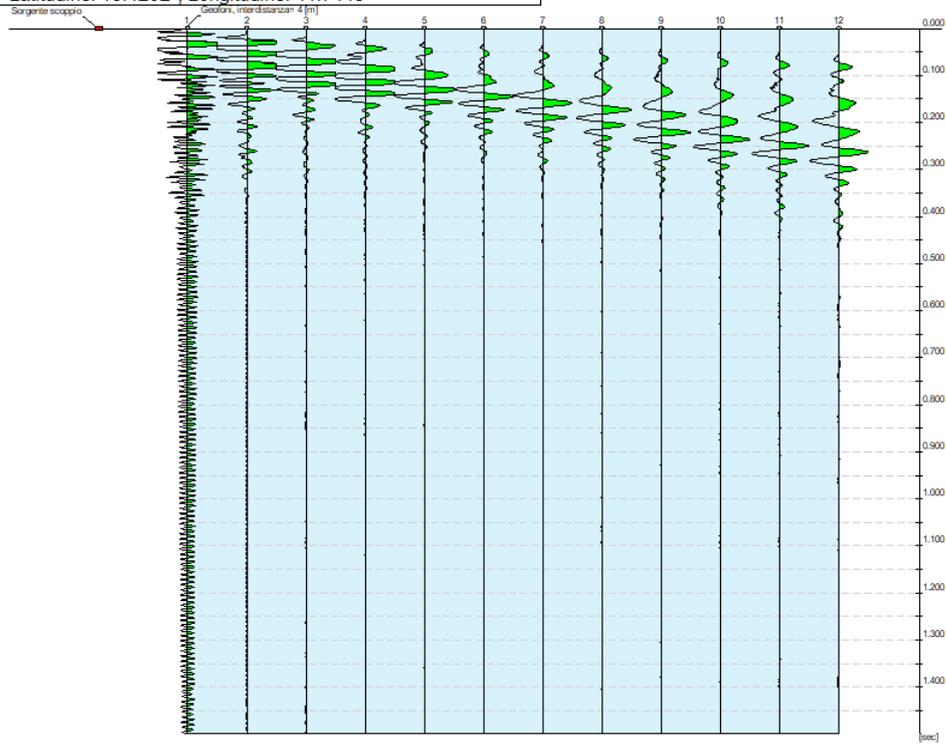
Dati generali

Committente	AM ENERGY SRL
Cantiere	FTV AM ENERGY SRL - APRICENA - MASW-D7
Località	ZONA ASI APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	ZONA ASI APRICENA
Data	10/07/2022 06:35
Latitudine	15.4202
Longitudine	41.7449

Tracce

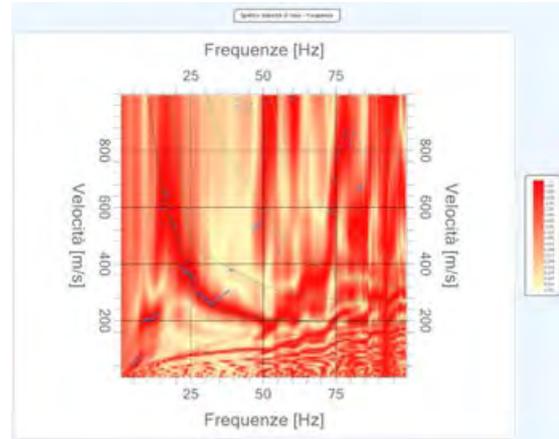
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: FTV AM ENERGY SRL - APRICENA - MASW-D7
Località: ZONA ASI APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 10/07/2022
Latitudine: 15.4202°, Longitudine: 41.7449°



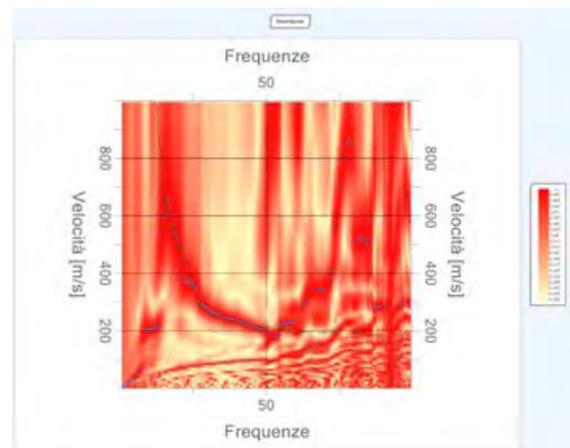
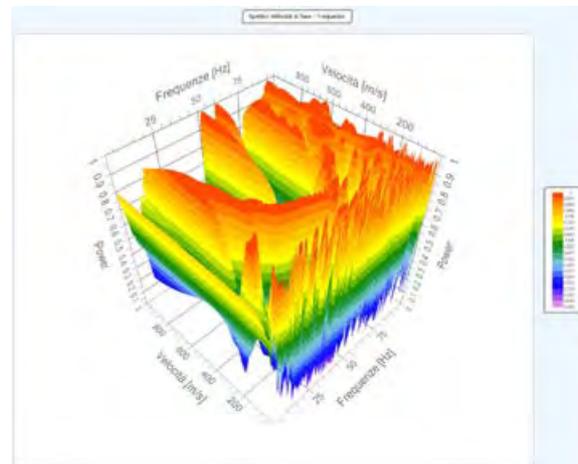
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.9	652.0	0
2	18.6	551.5	0
3	20.6	487.6	0
4	24.9	357.1	0
5	27.3	290.5	0
6	32.6	255.2	0
7	47.6	213.0	0
8	55.3	204.9	0
9	62.5	198.1	0



Inversione

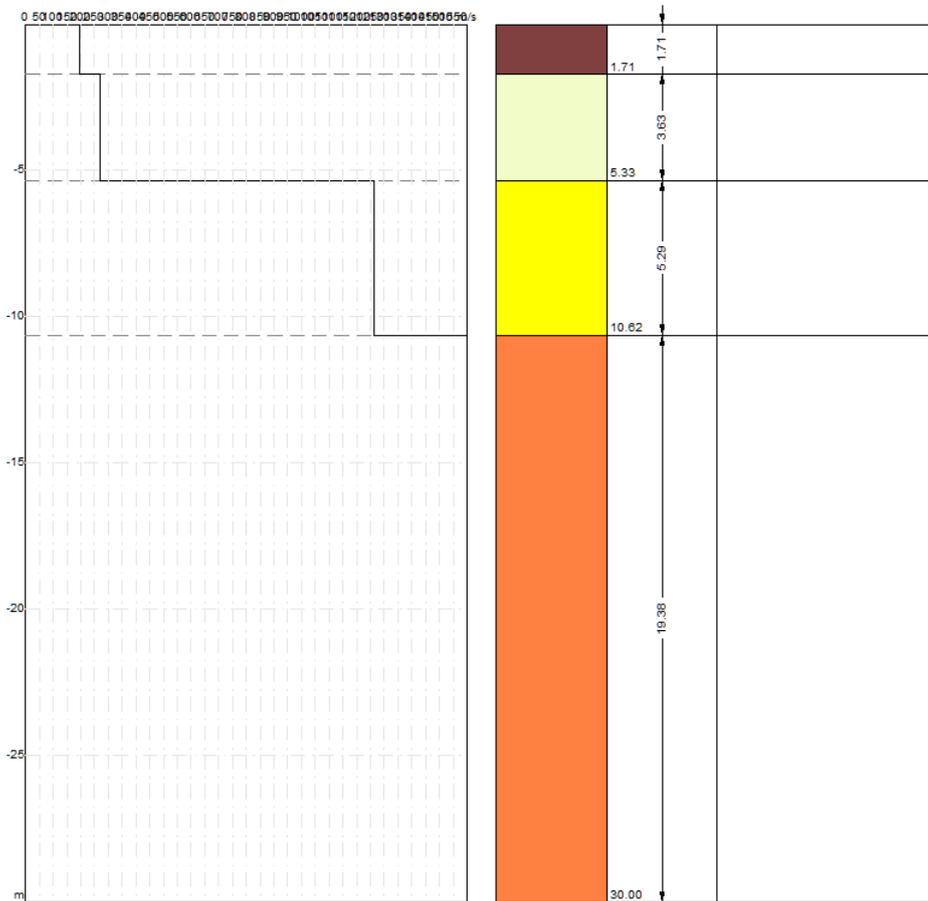
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.71	1.71	1750.0	0.4	No	477.3	194.9
2		5.33	3.63	1850.0	0.4	No	613.1	269.7
3		10.62	5.29	1950.0	0.4	No	2629.4	1263.1
4		∞	∞	2000.0	0.3	No	2993.3	1600.0

Percentuale di errore

0.024 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.013



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	779.35
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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.71	1.71	194.88	477.35	1700.00	0.40	64.56	387.37	301.28	180.77	N/A	667.50
2	5.33	3.63	269.73	613.10	1800.00	0.38	130.96	676.61	502.00	361.44	N/A	3418.56
3	10.62	5.29	1263.12	2629.39	1900.00	0.35	3031.38	13135.98	9094.14	8184.73	N/A	N/A
4	oo	oo	1600.00	2993.33	2000.00	0.30	5120.00	17920.00	11093.33	13312.00	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV AM ENERGY SRL - APRICENA - MASW-D7

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

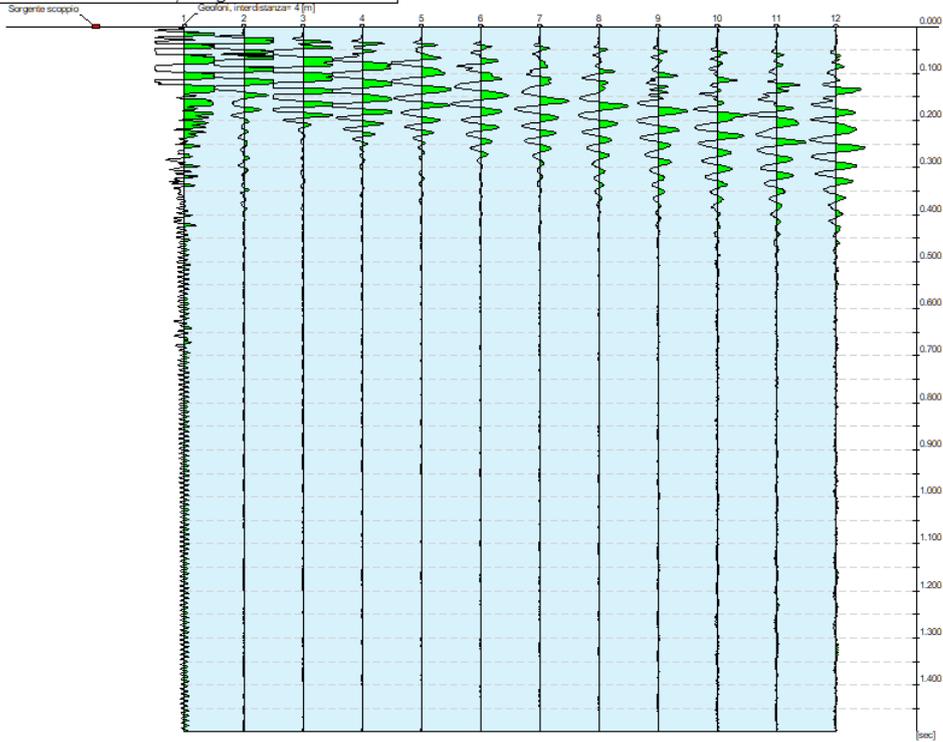
Dati generali

Committente	AM ENERGY SRL
Cantiere	ZONA ASI APRICENA
Località	ZONA ASI APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	ZONA ASI APRICENA
Data	10/07/2022 06:10
Latitudine	15.4099
Longitudine	41.7540

Tracce

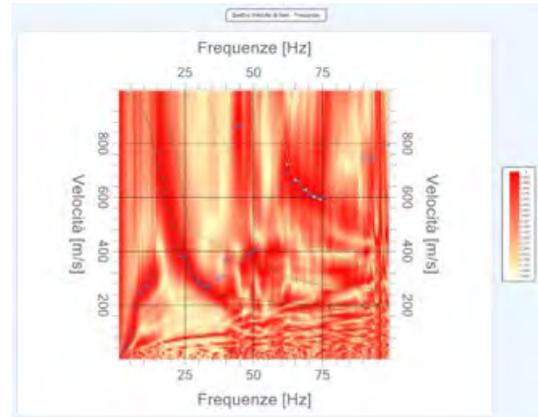
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: ZONA ASI APRICENA
Località: ZONA ASI APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 10/07/2022
Latitudine: 15.4099°, Longitudine: 41.7540°



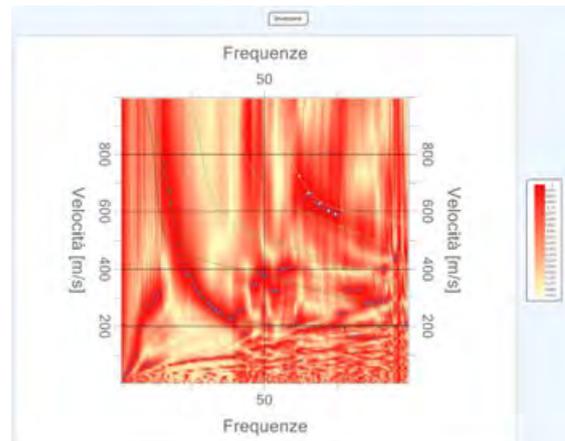
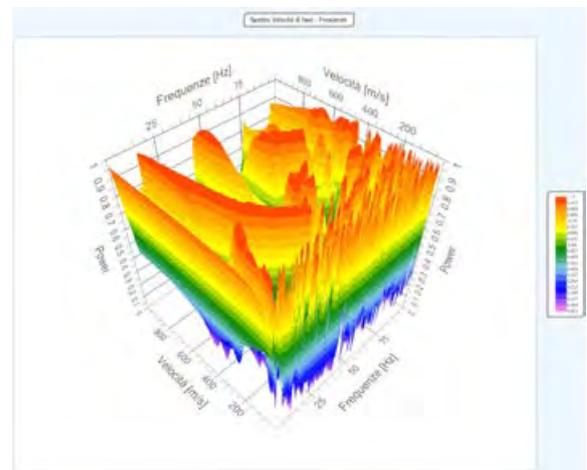
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.7	771.7	1
2	17.6	673.8	1
3	18.2	631.7	1
4	20.7	483.5	0
5	25.0	373.4	0
6	28.6	300.0	0
7	32.6	259.2	0
8	39.3	236.1	0
9	62.1	724.1	4
10	65.1	664.3	4
11	67.7	199.4	0
12	68.9	627.6	4
13	72.0	600.4	4
14	74.4	590.9	4
15	77.5	192.6	0
16	89.7	198.1	0



Inversione

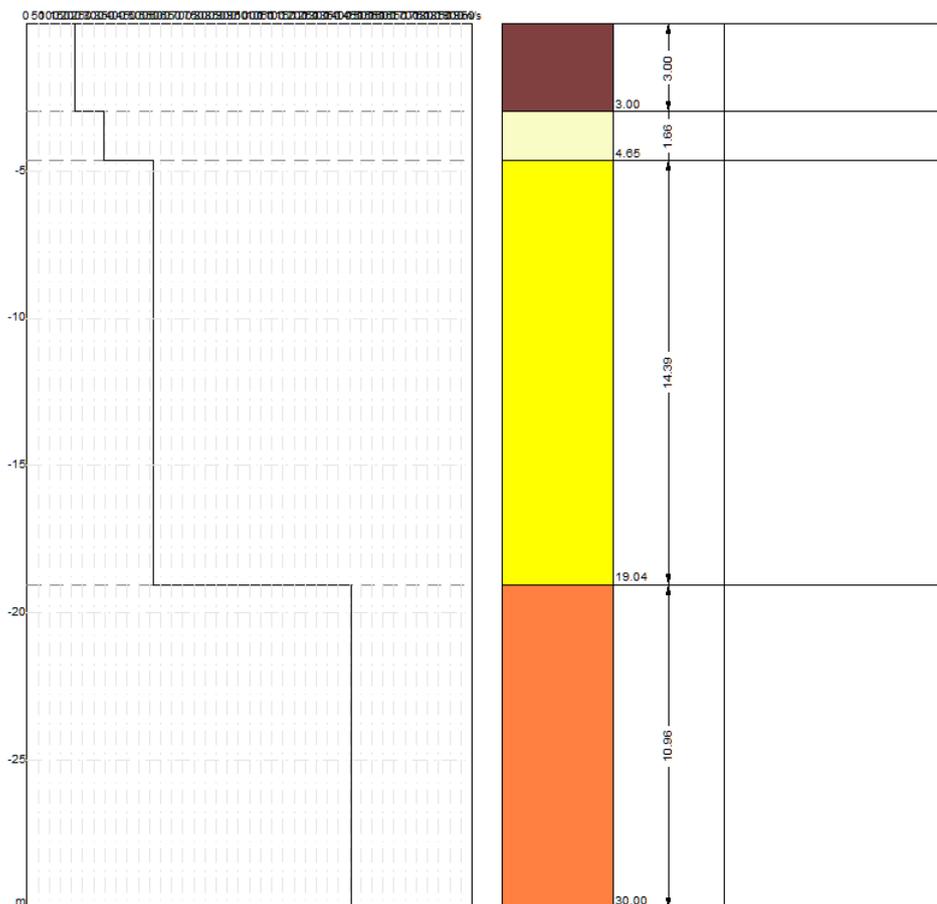
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1750.0	0.4	No	521.2	212.8
2		4.65	1.66	1850.0	0.4	No	788.0	346.7
3		19.04	14.39	1950.0	0.4	No	1179.9	566.8
4		∞	∞	2000.0	0.3	No	2730.8	1459.7

Percentuale di errore

0.187 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.042



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	579.71
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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	212.80	521.24	1700.00	0.40	76.98	461.88	359.24	215.54	N/A	1038.55
2	4.65	1.66	346.67	787.98	1800.00	0.38	216.32	1117.65	829.23	597.04	N/A	N/A
3	19.04	14.39	566.81	1179.91	1900.00	0.35	610.42	2645.15	1831.26	1648.13	N/A	N/A
4	∞	∞	1459.67	2730.79	2000.00	0.30	4261.26	14914.41	9232.73	11079.27	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM1 APRICENA - MASW-D8

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

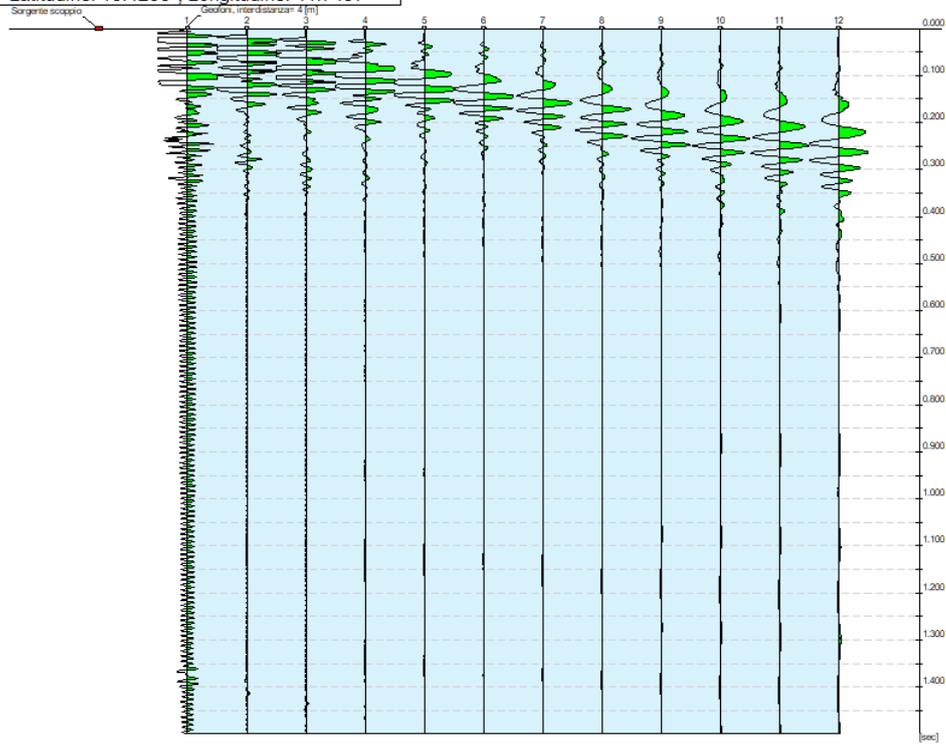
Dati generali

Committente	AM ENERGY SRL
Cantiere	ZONA ASI APRICENA
Località	ZONA ASI APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	ZONA ASI APRICENA
Data	13/07/2022 11:55
Latitudine	15.4258
Longitudine	41.7497

Tracce

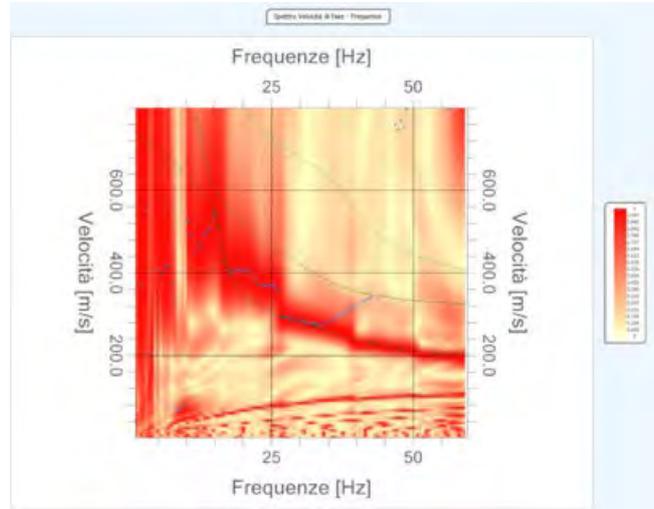
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: ZONA ASI APRICENA
Località: ZONA ASI APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 13/07/2022
Latitudine: 15.4258°, Longitudine: 41.7497°



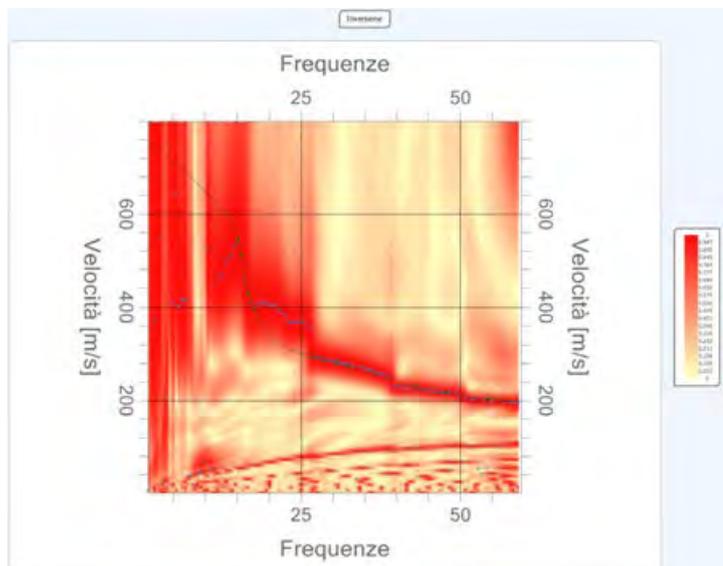
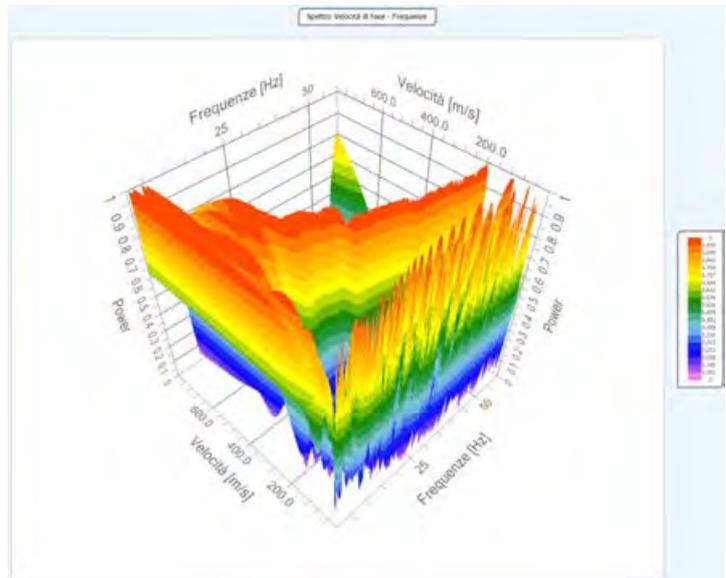
Analisi spettrale

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] 800
Intervallo velocità [m/sec] 1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.1	545.6	0
2	15.7	508.7	0
3	16.8	428.2	0
4	17.7	397.8	0
5	26.7	295.6	0
6	28.6	286.9	0
7	30.5	279.3	0
8	32.4	272.8	0
9	43.0	229.3	0
10	47.8	217.3	0
11	54.3	202.1	0



Inversione

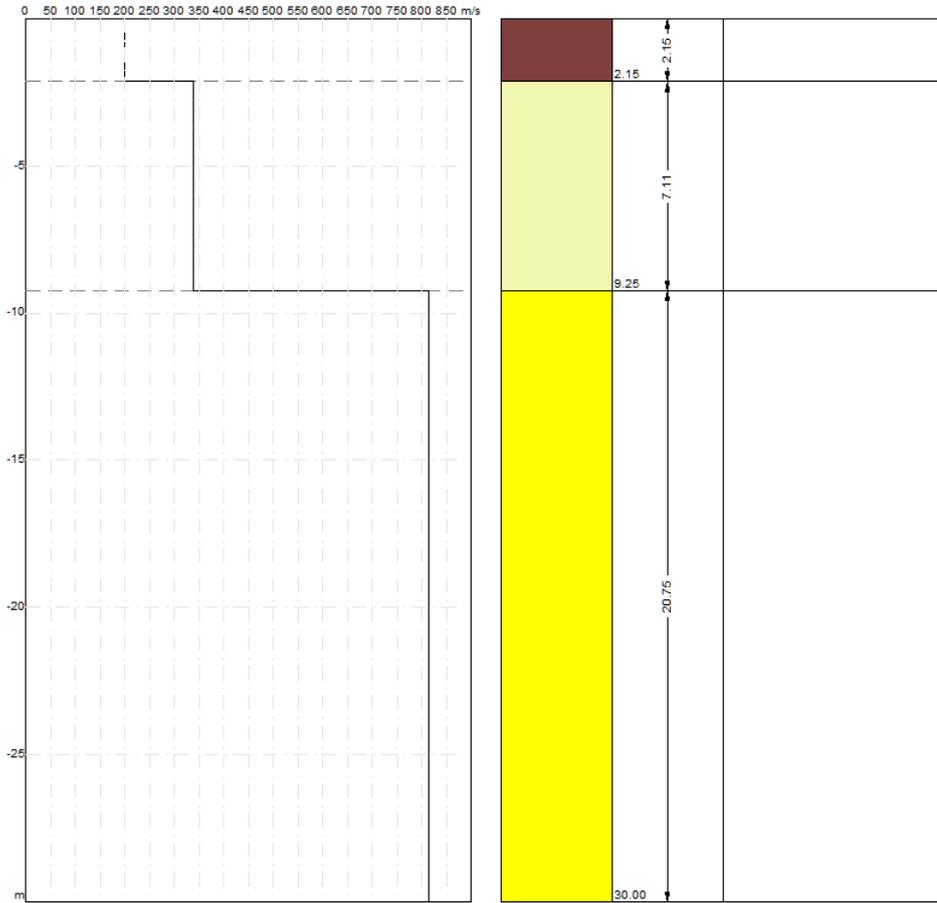
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.15	2.15	1750.0	0.4	No	486.5	198.6
2		9.25	7.11	1850.0	0.4	No	768.3	338.0
3		∞	∞	1950.0	0.4	No	1697.8	815.6

Percentuale di errore

0.009 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.009



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	523.88
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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.15	2.15	198.61	486.49	1700.00	0.40	67.06	402.35	312.94	187.76	N/A	734.29
2	9.25	7.11	338.03	768.35	1800.00	0.38	205.67	1062.65	788.42	567.66	N/A	N/A
3	oo	oo	815.60	1697.80	1900.00	0.35	1263.87	5476.79	3791.62	3412.46	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW - D9

	Data: luglio 2022
	Il committente AM ENERGY SRL
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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.

Moto del segnale sismico

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.

Onde di Rayleigh – “R”

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.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

Modellizzazione

E' 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.

Modi di vibrazione

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.

Profondità di indagine

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.

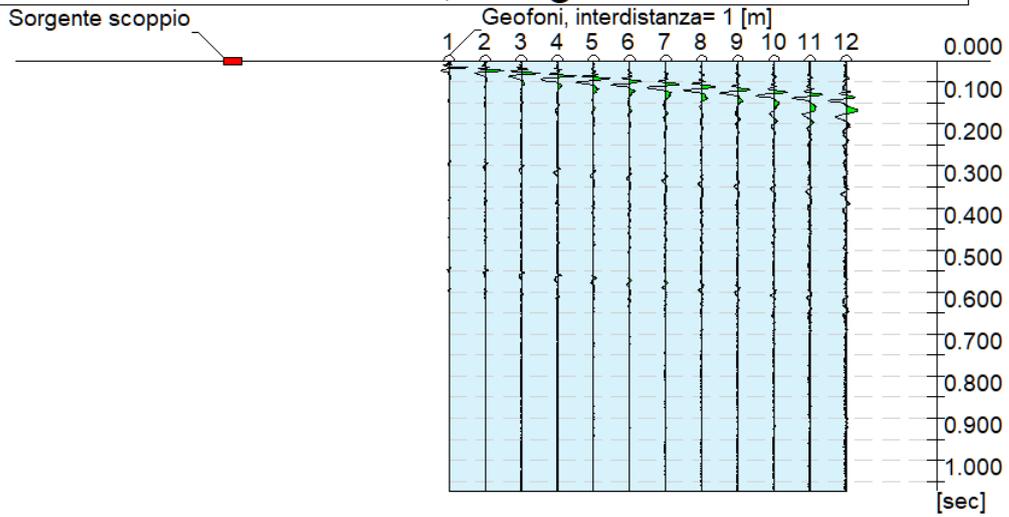
Dati generali

Committente	AM ENERGY SRL
Cantiere	ASI APRICENA
Località	APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	ZONA ASI
Data	01/06/2022 12:00
Latitudine	15.4305
Longitudine	41.7601

Tracce

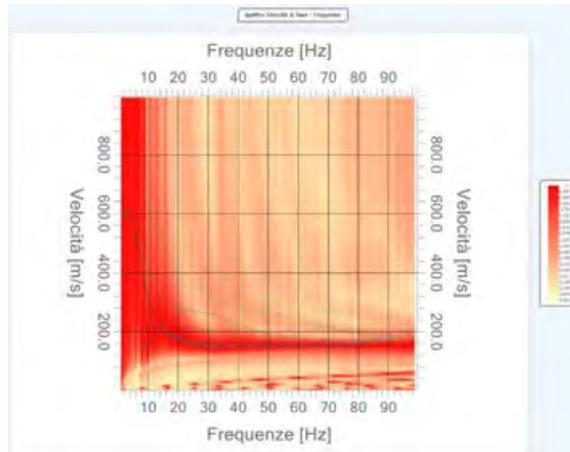
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: ASI APRICENA
Località: APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 01/06/2022
Latitudine: 15.4305°, Longitudine: 41.7601°



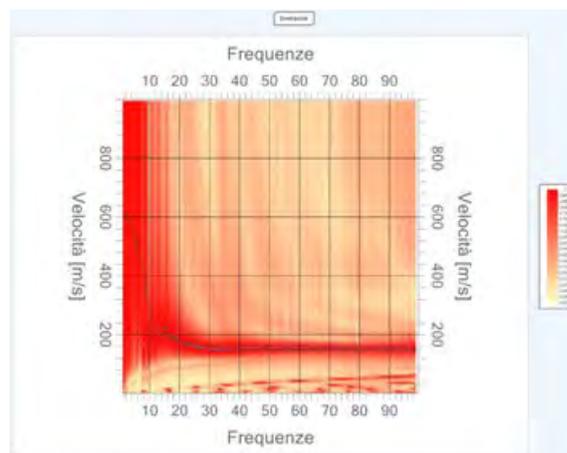
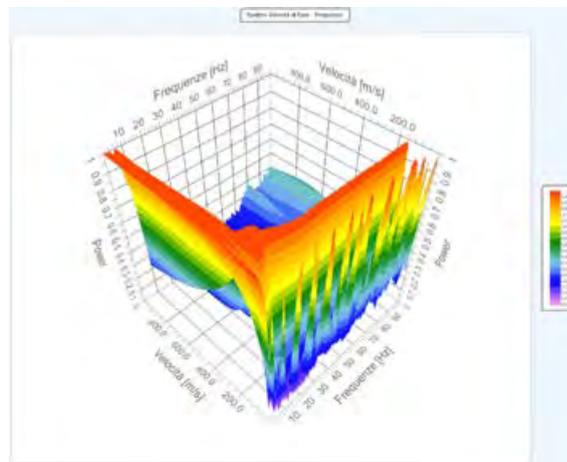
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.7	601.8	0
2	6.0	502.5	0
3	8.6	359.8	0
4	15.6	221.2	0
5	17.8	185.8	0
6	22.2	165.5	0
7	34.2	147.8	0
8	26.5	151.9	0
9	56.5	150.5	0
10	41.1	150.5	0
11	49.0	155.9	0
12	64.5	153.2	0
13	75.9	151.9	0



Inversione

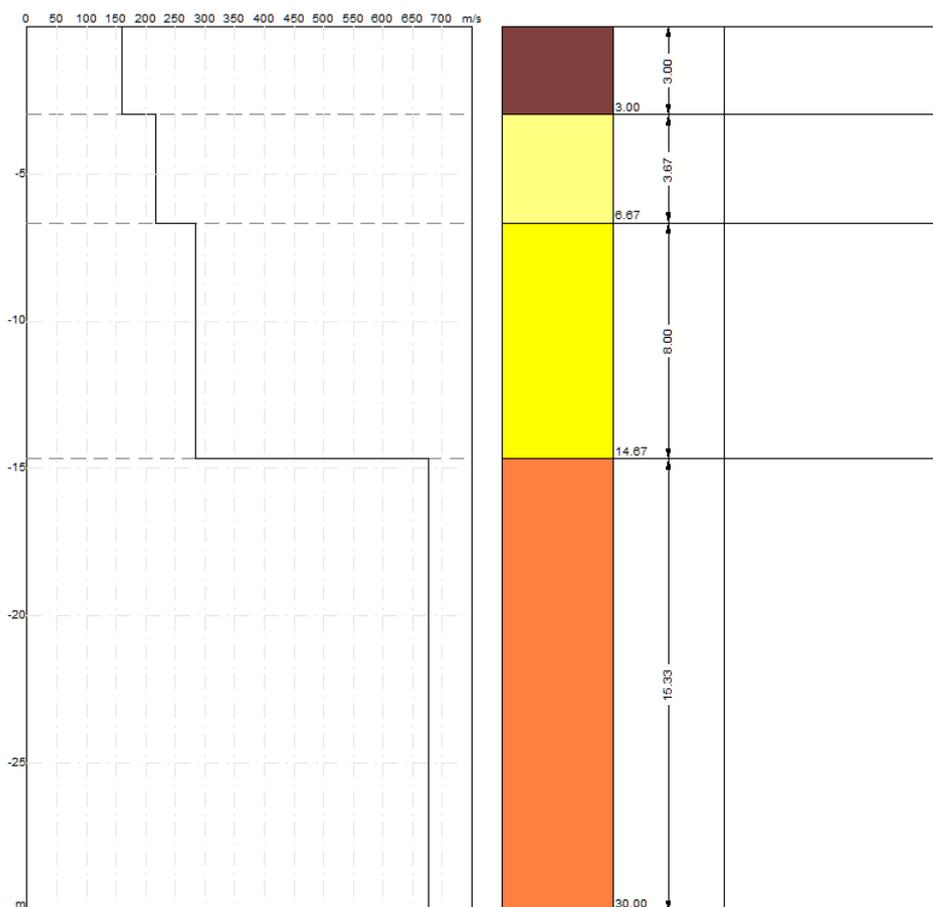
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1750.0	0.4	No	333.1	160.0
2		6.67	3.67	1800.0	0.4	No	582.6	216.4
3		14.67	8.00	1850.0	0.4	No	694.1	283.4
4		∞	∞	1900.0	0.4	No	1540.1	677.6

Percentuale di errore

0.078 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.040



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	346.57
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT},30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \text{cu},30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	160.00	333.07	1700.00	0.35	43.52	188.59	130.56	117.50	86	247.80
2	6.67	3.67	216.36	582.57	1750.00	0.42	81.92	593.92	484.69	232.65	18	1128.94
3	14.67	8.00	283.35	694.07	1800.00	0.40	144.52	867.11	674.42	404.65	35	4378.90
4	oo	oo	677.57	1540.15	1850.00	0.38	849.35	4388.30	3255.84	2344.20	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

ALLEGATO 3 – RAPPORTO VERIFICHE DI STABILITA'

Report elaborazioni

SSAP 5.1 - Slope Stability Analysis Program (1991,2022)
WWW.SSAP.EU
Build No. 12804
BY
Dr. Geol. LORENZO BORSELLI
UASLP, San Luis Potosi, Mexico
e-mail: lborselli@gmail.com
CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU
Ricercatore Associato CNR-IRPI

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 4 giugno 2022

File report: D:\Documenti\Lavnaz\Eolico\MEZZINA\FOTOVOLTAICO AM 1-2 APRICENA\VERIFICA STABILITA\PR3-BIANCHI\report PR3.txt

Data: 25/10/2022

Localita' : FTV AM APRICENA

Descrizione: PR-3

Modello pendio: MODELLO PR3.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

__ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) __

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4			
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
19.11	181.24	58.07	184.11	82.55	198.31	-	-		
43.65	183.24	60.43	184.39	213.20	199.36	-	-		
58.07	184.11	62.80	184.67	323.35	200.24	-	-		
73.16	198.24	67.54	185.24	328.56	200.80	-	-		
213.20	199.36	67.77	185.24	336.10	201.24	-	-		
323.35	200.24	69.09	185.24	328.64	199.80	-	-		
328.56	200.80	73.75	185.74	323.41	199.24	-	-		
336.10	201.24	81.08	186.24	213.20	198.36	-	-		
337.00	201.74	83.71	186.74	83.55	197.24	-	-		
338.74	202.24	85.23	187.24	82.55	198.31	-	-		
341.11	202.74	87.21	187.74	-	-	-	-		
342.46	203.24	89.42	188.24	-	-	-	-		
344.45	204.24	90.39	188.74	-	-	-	-		
345.94	205.24	92.62	189.24	-	-	-	-		
348.63	207.24	94.71	189.74	-	-	-	-		
349.48	208.24	97.84	190.24	-	-	-	-		
349.77	208.74	99.64	190.74	-	-	-	-		
350.97	209.74	100.41	191.24	-	-	-	-		
352.53	210.74	101.22	191.74	-	-	-	-		
352.88	211.24	102.09	192.24	-	-	-	-		
353.17	211.74	102.91	192.74	-	-	-	-		
353.82	212.24	103.86	193.24	-	-	-	-		
358.08	212.24	106.77	193.74	-	-	-	-		
-	-	110.18	193.74	-	-	-	-		
-	-	113.44	193.74	-	-	-	-		
-	-	117.07	194.24	-	-	-	-		
-	-	121.04	194.74	-	-	-	-		
-	-	122.84	194.74	-	-	-	-		
-	-	126.02	194.24	-	-	-	-		
-	-	130.72	194.24	-	-	-	-		
-	-	146.05	194.74	-	-	-	-		
-	-	151.44	195.24	-	-	-	-		
-	-	157.11	195.74	-	-	-	-		
-	-	177.19	196.24	-	-	-	-		
-	-	178.00	196.74	-	-	-	-		

- - 178.79 197.24 - - - -
 - - 180.32 197.24 - - - -
 - - 182.58 197.24 - - - -
 - - 186.10 197.24 - - - -
 - - 188.01 197.24 - - - -
 - - 191.01 197.24 - - - -
 - - 192.67 197.24 - - - -
 - - 213.20 198.36 - - - -
 - - 83.55 197.24 - - - -
 - - 83.55 197.24 - - - -
 - - 83.55 197.24 - - - -
 - - 82.55 198.31 - - - -
 - - 73.16 198.24 - - - -
 - - 58.07 184.11 - - - -

-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	45.00	150.00	0.00	25.00	26.00	92.848	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	35.00	80.00	0.00	21.00	21.50	12.427	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 3	25.00	10.90	0.00	19.80	20.00	1.786	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` _____ Coesione efficace (in Kpa)

Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 13.6 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 25.89 330.96

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 153.34

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 59.79 351.30

TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene cosiderata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0410

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0205

COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

 ----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI
 GENERATE CON MINOR Fs #

 --
 X(m) Y(m) #Superficie N.1 -
 #FS_minimo #Fattore di sicurezza(FS)=
 3.0360 #Lambda= 0.6322

58.149 184.184
 60.492 184.638
 61.653 184.878
 62.462 185.066
 63.166 185.249
 63.821 185.443
 64.457 185.648
 65.117 185.879
 65.809 186.138
 66.574 186.442
 67.251 186.733
 67.897 187.038
 68.514 187.357
 69.162 187.720
 69.778 188.093
 70.417 188.507
 71.077 188.963
 71.801 189.487
 72.500 189.991
 73.181 190.478
 73.854 190.956
 74.519 191.426
 74.799 191.622
 74.799 198.253

X(m) Y(m) #Superficie N. 2
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.0392
 #Lambda= 0.5623

58.165 184.199
 63.564 184.855
 66.038 185.229
 67.677 185.587
 69.009 185.993
 70.366 186.547
 71.600 187.158
 72.966 187.948
 74.483 188.929
 76.347 190.226
 77.889 191.232
 79.287 192.060
 80.565 192.727
 81.933 193.342
 81.933 198.310

X(m) Y(m) #Superficie N. 3
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.0529
 #Lambda= 0.6466

58.403 184.422
 61.667 184.817
 63.188 185.041
 64.208 185.250
 65.050 185.483
 65.890 185.788
 66.653 186.118
 67.473 186.528
 68.345 187.016
 69.366 187.635
 70.318 188.203
 71.227 188.736
 72.113 189.245
 72.990 189.740
 73.865 190.223
 74.752 190.704
 75.660 191.187
 76.605 191.680
 77.489 192.122
 78.154 192.437
 78.154 198.280

58.891 184.879
 61.281 185.076
 62.440 185.192
 63.236 185.300
 63.917 185.420
 64.566 185.568
 65.184 185.734
 65.837 185.935
 66.534 186.175
 67.336 186.474
 68.021 186.758
 68.665 187.058
 69.270 187.374
 69.914 187.747
 70.520 188.133
 71.159 188.576
 71.830 189.076
 72.589 189.673
 73.292 190.212
 73.965 190.713
 74.619 191.185
 75.180 191.575
 75.180 198.256

X(m) Y(m) #Superficie N. 4
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.0778
 #Lambda= 0.6442

59.360 185.318
 61.865 185.599
 63.047 185.759
 63.845 185.908
 64.511 186.074
 65.166 186.287
 65.770 186.518
 66.416 186.805
 67.105 187.147
 67.910 187.578
 68.636 187.985
 69.325 188.389
 69.988 188.797
 70.662 189.231
 71.320 189.675
 71.997 190.150
 72.697 190.661
 73.452 191.229
 74.149 191.735
 74.822 192.204
 75.391 192.582
 75.391 198.258

X(m) Y(m) #Superficie N. 6
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.0972
 #Lambda= 0.6067

58.520 184.531
 61.202 184.818
 62.477 184.983
 63.341 185.135
 64.067 185.304
 64.775 185.518
 65.431 185.751
 66.127 186.036
 66.863 186.373
 67.710 186.793
 68.491 187.193
 69.239 187.588
 69.965 187.985
 70.694 188.397
 71.413 188.816
 72.144 189.256
 72.892 189.719
 73.679 190.218
 74.425 190.705
 75.154 191.198
 75.154 198.256

X(m) Y(m) #Superficie N. 7
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.1073
 #Lambda= 0.6072

58.092 184.130
 60.353 184.442

X(m) Y(m) #Superficie N. 5
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.0779
 #Lambda= 0.5913

61.462	184.612	66.765	185.603	73.283	190.058
62.229	184.753	67.408	185.859	74.085	190.712
62.891	184.897	68.009	186.116	74.958	191.479
63.514	185.060	68.579	186.377	75.593	192.068
64.111	185.236	69.161	186.663	75.593	198.259
64.732	185.440	69.722	186.957		
65.382	185.673	70.301	187.278		
66.106	185.952	70.898	187.626		
66.763	186.220	71.544	188.021	X(m)	Y(m) #Superficie N.10
67.394	186.495	72.156	188.403	#Fattore di sicurezza(FS)= 3.1184	
68.003	186.779	72.751	188.785	#Lambda= 0.5911	
68.628	187.088	73.334	189.169	59.428	185.381
69.234	187.405	73.922	189.566	61.456	185.266
69.856	187.749	74.507	189.972	62.399	185.236
70.494	188.120	75.105	190.397	63.027	185.252
71.180	188.535	75.722	190.846	63.543	185.301
71.838	188.940	76.304	191.278	64.060	185.395
72.479	189.343	76.304	198.265	64.528	185.511
73.112	189.747			65.036	185.673
73.745	190.160			65.586	185.879
74.377	190.579	X(m)	Y(m) #Superficie N. 9	66.246	186.156
74.650	190.763	#Fattore di sicurezza(FS)= 3.1159		66.833	186.415
74.650	198.252	#Lambda= 0.5889		67.385	186.674
		59.002	184.983	67.913	186.937
		61.900	185.506	68.449	187.220
		63.327	185.784	68.968	187.509
X(m)	Y(m) #Superficie N. 8	64.317	186.006	69.501	187.821
#Fattore di sicurezza(FS)= 3.1151		65.175	186.225	70.048	188.155
#Lambda= 0.5491		65.978	186.463	70.632	188.527
59.357	185.315	66.756	186.719	71.195	188.891
61.583	184.986	67.573	187.012	71.745	189.252
62.608	184.862	68.441	187.349	72.287	189.615
63.284	184.821	69.424	187.754	72.830	189.983
63.833	184.831	70.251	188.136	73.370	190.356
64.390	184.894	71.028	188.544	73.915	190.738
64.887	184.988	71.754	188.978	74.467	191.131
65.435	185.133	72.540	189.504	75.021	191.532
66.032	185.329			75.021	198.255

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	3.036	2656.5	875.0	1606.5	Surplus
2	3.039	4277.4	1407.4	2588.5	Surplus
3	3.053	3293.3	1078.8	1998.8	Surplus
4	3.078	2549.1	828.2	1555.2	Surplus
5	3.078	2737.3	889.3	1670.1	Surplus
6	3.097	2736.4	883.5	1676.2	Surplus
7	3.107	2703.4	870.0	1659.4	Surplus
8	3.115	3113.7	999.5	1914.2	Surplus
9	3.116	2719.4	872.8	1672.1	Surplus
10	3.118	2641.0	846.9	1624.7	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 1555.2

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN

per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata,
ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
58.149	0.280	10.97	0.62	0.00	0.00	35.00	80.00
58.429	0.280	10.97	1.87	0.00	0.00	35.00	80.00
58.709	0.280	10.97	3.12	0.00	0.00	35.00	80.00
58.990	0.280	10.97	4.37	0.00	0.00	35.00	80.00
59.270	0.280	10.97	5.62	0.00	0.00	35.00	80.00
59.550	0.280	10.97	6.87	0.00	0.00	35.00	80.00
59.830	0.280	10.97	8.12	0.00	0.00	35.00	80.00
60.110	0.280	10.97	9.37	0.00	0.00	35.00	80.00
60.391	0.039	10.97	1.42	0.00	0.00	35.00	80.00
60.430	0.062	10.97	2.26	0.00	0.00	35.00	80.00
60.492	0.280	11.68	11.06	0.00	0.00	35.00	80.00
60.772	0.280	11.68	12.29	0.00	0.00	35.00	80.00
61.052	0.280	11.68	13.51	0.00	0.00	35.00	80.00
61.332	0.280	11.68	14.74	0.00	0.00	35.00	80.00
61.612	0.041	11.68	2.27	0.00	0.00	35.00	80.00
61.653	0.280	13.07	16.13	0.00	0.00	35.00	80.00
61.934	0.280	13.07	17.31	0.00	0.00	35.00	80.00
62.214	0.248	13.07	16.30	0.00	0.00	35.00	80.00
62.462	0.280	14.59	19.52	0.00	0.00	35.00	80.00
62.742	0.058	14.59	4.19	0.00	0.00	35.00	80.00
62.800	0.280	14.59	20.89	0.00	0.00	35.00	80.00
63.080	0.086	14.59	6.66	0.00	0.00	35.00	80.00
63.166	0.280	16.45	22.35	0.00	0.00	35.00	80.00
63.447	0.280	16.45	23.43	0.00	0.00	35.00	80.00
63.727	0.094	16.45	8.13	0.00	0.00	35.00	80.00
63.821	0.280	17.88	24.85	0.00	0.00	35.00	80.00
64.101	0.280	17.88	25.88	0.00	0.00	35.00	80.00
64.381	0.076	17.88	7.17	0.00	0.00	35.00	80.00
64.457	0.280	19.28	27.17	0.00	0.00	35.00	80.00
64.737	0.280	19.28	28.16	0.00	0.00	35.00	80.00
65.017	0.100	19.28	10.28	0.00	0.00	35.00	80.00
65.117	0.280	20.55	29.47	0.00	0.00	35.00	80.00
65.398	0.217	20.55	23.53	0.00	0.00	35.00	80.00
65.615	0.194	20.55	21.48	0.00	0.00	35.00	80.00
65.809	0.280	21.64	31.79	0.00	0.00	35.00	80.00
66.089	0.280	21.64	32.69	0.00	0.00	35.00	80.00
66.369	0.204	21.64	24.43	0.00	0.00	35.00	80.00

66.574	0.280	23.31	34.24	0.00	0.00	35.00	80.00
66.854	0.280	23.31	35.09	0.00	0.00	35.00	80.00
67.134	0.116	23.31	14.82	0.00	0.00	35.00	80.00
67.251	0.280	25.25	36.26	0.00	0.00	35.00	80.00
67.531	0.009	25.25	1.22	0.00	0.00	35.00	80.00
67.540	0.230	25.25	30.37	0.00	0.00	35.00	80.00
67.770	0.127	25.25	16.99	0.00	0.00	35.00	80.00
67.897	0.280	27.31	38.02	0.00	0.00	35.00	80.00
68.177	0.280	27.31	38.73	0.00	0.00	35.00	80.00
68.457	0.057	27.31	7.93	0.00	0.00	35.00	80.00
68.514	0.280	29.29	39.54	0.00	0.00	35.00	80.00
68.794	0.280	29.29	40.17	0.00	0.00	35.00	80.00
69.074	0.016	29.29	2.25	0.00	0.00	35.00	80.00
69.090	0.072	29.29	10.49	0.00	0.00	35.00	80.00
69.162	0.280	31.16	40.97	0.00	0.00	35.00	80.00
69.443	0.280	31.16	41.52	0.00	0.00	35.00	80.00
69.723	0.056	31.16	8.30	0.00	0.00	35.00	80.00
69.778	0.280	32.98	42.15	0.00	0.00	35.00	80.00
70.058	0.280	32.98	42.64	0.00	0.00	35.00	80.00
70.339	0.078	32.98	12.03	0.00	0.00	35.00	80.00
70.417	0.280	34.59	43.22	0.00	0.00	35.00	80.00
70.697	0.280	34.59	43.64	0.00	0.00	35.00	80.00
70.977	0.100	34.59	15.66	0.00	0.00	35.00	80.00
71.077	0.280	35.94	44.17	0.00	0.00	35.00	80.00
71.358	0.280	35.94	44.53	0.00	0.00	35.00	80.00
71.638	0.163	35.94	26.12	0.00	0.00	35.00	80.00
71.801	0.280	35.77	45.09	0.00	0.00	35.00	80.00
72.081	0.280	35.77	45.46	0.00	0.00	35.00	80.00
72.361	0.139	35.77	22.66	0.00	0.00	35.00	80.00
72.500	0.280	35.59	46.00	0.00	0.00	35.00	80.00
72.780	0.280	35.59	46.38	0.00	0.00	35.00	80.00
73.061	0.099	35.59	16.55	0.00	0.00	35.00	80.00
73.160	0.021	35.59	3.51	0.00	0.00	35.00	80.00
73.181	0.280	35.40	46.01	0.00	0.00	35.00	80.00
73.461	0.280	35.40	44.83	0.00	0.00	35.00	80.00
73.741	0.009	35.40	1.35	0.00	0.00	35.00	80.00
73.750	0.104	35.40	16.31	0.00	0.00	35.00	80.00
73.854	0.280	35.21	43.18	0.00	0.00	35.00	80.00
74.134	0.280	35.21	42.00	0.00	0.00	35.00	80.00
74.414	0.105	35.21	15.39	0.00	0.00	35.00	80.00
74.519	0.280	35.03	40.40	0.00	0.00	35.00	80.00

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (kN)	FS_qFEM (--)	FS_srmFEM (--)			
58.149	0.000	184.184	0.439	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	3.1421283238E+001	0.101	20.153	5.873			
58.429	0.069	184.307	0.439	1.0456985560E+001	6.6179793374E-002	4.3226435225E+001	0.101	20.153	5.873			
58.709	0.137	184.430	0.439	2.4221407875E+001	4.8345507491E-001	3.9827575027E+001	0.101	11.481	3.625			
58.990	0.206	184.553	0.439	3.2773883412E+001	1.5445651541E+000	2.9195993459E+001	0.110	11.615	3.293			
59.270	0.275	184.676	0.499	4.0581028145E+001	3.5946348283E+000	3.1672542733E+001	0.130	15.014	3.317			
59.550	0.377	184.833	0.517	5.0521207983E+001	7.1322571752E+000	3.2056248700E+001	0.165	19.032	3.396			
59.830	0.456	184.966	0.438	5.8543357693E+001	1.0760625506E+001	2.6382977192E+001	0.207	23.597	3.576			
60.110	0.514	185.078	0.374	6.5304588759E+001	1.4449438060E+001	2.2390912976E+001	0.253	24.045	3.772			
60.391	0.557	185.175	0.340	7.1089833780E+001	1.8142445598E+001	1.7995531569E+001	0.294	20.262	3.943			

60.430	0.561	185.187	0.290	7.1785813171E+001	1.8616162543E+001	1.7307486781E+001	0.299	19.691	3.961
60.492	0.567	185.205	0.387	7.2820983433E+001	1.9374015398E+001	1.8103378735E+001	0.304	18.805	3.989
60.772	0.623	185.319	0.425	7.9531941860E+001	2.4701737809E+001	2.4744960010E+001	0.340	13.354	4.158
61.052	0.689	185.443	0.461	8.6686521179E+001	3.0808978193E+001	2.6474977310E+001	0.381	9.883	4.319
61.332	0.766	185.577	0.495	9.4366873784E+001	3.7716933353E+001	2.7949821301E+001	0.427	7.712	4.466
61.612	0.850	185.720	0.497	1.0234786402E+002	4.5133046437E+001	2.3145412848E+001	0.481	6.346	4.582
61.653	0.859	185.737	0.451	1.0326946738E+002	4.6016003602E+001	2.2550784569E+001	0.486	6.241	4.587
61.934	0.922	185.865	0.483	1.0995144268E+002	5.2486484703E+001	2.4662628384E+001	0.520	5.530	4.608
62.214	1.000	186.008	0.500	1.1708887160E+002	5.9357649496E+001	2.4376012040E+001	0.551	5.001	4.596
62.462	1.063	186.129	0.487	1.2289024305E+002	6.4872368733E+001	2.2798572523E+001	0.573	4.681	4.571
62.742	1.126	186.265	0.487	1.2908621928E+002	7.0661457114E+001	2.1242436929E+001	0.592	4.415	4.535
62.800	1.140	186.294	0.436	1.3031119285E+002	7.1780853694E+001	2.0452118994E+001	0.595	4.374	4.528
63.080	1.186	186.413	0.415	1.3521915165E+002	7.6159044283E+001	1.5456952262E+001	0.604	4.224	4.492
63.166	1.196	186.446	0.462	1.3649670050E+002	7.7281705280E+001	1.5519887050E+001	0.606	4.189	4.481
63.447	1.250	186.582	0.502	1.4147960931E+002	8.1664657884E+001	1.7642756155E+001	0.612	4.059	4.435
63.727	1.312	186.727	0.517	1.4638260459E+002	8.5943542664E+001	1.6913591527E+001	0.616	3.936	4.378
63.821	1.333	186.776	0.543	1.4795928058E+002	8.7314538918E+001	1.6591020629E+001	0.617	3.898	4.357
64.101	1.398	186.931	0.542	1.5250345467E+002	9.1259744238E+001	1.5192034660E+001	0.619	3.785	4.282
64.381	1.456	187.080	0.515	1.5647195265E+002	9.4655519585E+001	1.1776606991E+001	0.620	3.684	4.202
64.457	1.466	187.114	0.524	1.5731466903E+002	9.5364107606E+001	1.1351466325E+001	0.620	3.662	4.181
64.737	1.520	187.266	0.544	1.6072326002E+002	9.8204043287E+001	1.1594524245E+001	0.618	3.570	4.089
65.017	1.575	187.419	0.529	1.6381151984E+002	1.0072729122E+002	9.3011190448E+000	0.614	3.485	3.993
65.117	1.588	187.467	0.513	1.6467975440E+002	1.0142253197E+002	8.6633851635E+000	0.613	3.458	3.960
65.398	1.630	187.614	0.553	1.6708849107E+002	1.0335463192E+002	8.5456337330E+000	0.608	3.381	3.859
65.615	1.677	187.743	0.559	1.6893830397E+002	1.0483208033E+002	7.3569369734E+000	0.603	3.315	3.768
65.809	1.706	187.844	0.556	1.7016705948E+002	1.0580347610E+002	6.1679973983E+000	0.598	3.261	3.690
66.089	1.757	188.006	0.610	1.7182870609E+002	1.0713499684E+002	5.3995101246E+000	0.591	3.177	3.563
66.369	1.825	188.186	0.672	1.7319260939E+002	1.0823429922E+002	3.9516082058E+000	0.582	3.084	3.423
66.574	1.890	188.332	0.697	1.7386374355E+002	1.0880751926E+002	2.4573066759E+000	0.574	3.010	3.316
66.854	1.961	188.523	0.626	1.7423525040E+002	1.0921085887E+002	4.7700632744E-001	0.563	2.920	3.186
67.134	2.000	188.683	0.556	1.7413102825E+002	1.0925543765E+002	-9.7967897727E-001	0.553	2.848	3.090
67.251	2.010	188.743	0.539	1.7398766198E+002	1.0920326796E+002	-1.7405544265E+000	0.549	2.821	3.056
67.531	2.031	188.896	0.544	1.7315700215E+002	1.0875030633E+002	-3.5099752470E+000	0.539	2.755	2.976
67.540	2.031	188.901	0.527	1.7312416852E+002	1.0873095146E+002	-3.5640905215E+000	0.539	2.753	2.973
67.770	2.044	189.022	0.522	1.7209974828E+002	1.0810783098E+002	-4.9113337781E+000	0.530	2.701	2.911
67.897	2.049	189.087	0.659	1.7144402581E+002	1.0769500554E+002	-6.5438005537E+000	0.525	2.671	2.877
68.177	2.108	189.291	0.730	1.6875763092E+002	1.0600653267E+002	-1.0402266814E+001	0.509	2.585	2.776
68.457	2.169	189.496	0.718	1.6561524196E+002	1.0404164598E+002	-1.0873527150E+001	0.493	2.503	2.680
68.514	2.176	189.533	0.707	1.6500183544E+002	1.0366240884E+002	-1.1291484496E+001	0.490	2.488	2.664
68.794	2.221	189.735	0.668	1.6116450099E+002	1.0134308022E+002	-1.3538209847E+001	0.475	2.417	2.585
69.074	2.236	189.907	0.608	1.5741586401E+002	9.9123603426E+001	-1.1574077789E+001	0.461	2.365	2.528
69.090	2.235	189.914	0.490	1.5723727212E+002	9.9019206199E+001	-1.1526837982E+001	0.460	2.362	2.526
69.162	2.230	189.950	0.624	1.5638472145E+002	9.8521831648E+001	-1.2833640978E+001	0.457	2.352	2.516
69.443	2.245	190.134	0.683	1.5164024889E+002	9.5681289683E+001	-1.8140232728E+001	0.441	2.307	2.475
69.723	2.273	190.333	0.691	1.4622006240E+002	9.2369448687E+001	-1.7821899937E+001	0.423	2.268	2.441
69.778	2.274	190.367	0.753	1.4524660591E+002	9.1765527988E+001	-1.8500014622E+001	0.420	2.262	2.436
70.058	2.311	190.585	0.805	1.3867846487E+002	8.7628568320E+001	-2.4744650986E+001	0.399	2.232	2.412
70.339	2.361	190.817	0.785	1.3138124132E+002	8.2980367161E+001	-2.2041538989E+001	0.377	2.208	2.395
70.417	2.359	190.867	0.716	1.2973943285E+002	8.1935157753E+001	-2.1883086154E+001	0.372	2.204	2.393
70.697	2.374	191.074	0.768	1.2264508356E+002	7.7435700089E+001	-2.6752920596E+001	0.350	2.193	2.386
70.977	2.403	191.297	0.775	1.1474875878E+002	7.2402061230E+001	-2.6731667272E+001	0.326	2.188	2.381
71.077	2.406	191.369	0.748	1.1212987576E+002	7.0721051117E+001	-2.6707126500E+001	0.318	2.187	2.380
71.358	2.416	191.581	0.801	1.0425970805E+002	6.5601209905E+001	-2.9773681372E+001	0.293	2.190	2.378
71.638	2.449	191.817	0.831	9.5446555085E+001	5.9581195013E+001	-3.0752319670E+001	0.262	2.202	2.376
71.801	2.462	191.950	0.840	9.0491215169E+001	5.6026059297E+001	-3.1039325227E+001	0.243	2.211	2.375
72.081	2.501	192.190	0.876	8.1459709676E+001	4.9269608036E+001	-3.3097150861E+001	0.207	2.230	2.373
72.361	2.550	192.441	0.869	7.1945628739E+001	4.1782818514E+001	-3.2473570241E+001	0.169	2.253	2.374
72.500	2.563	192.554	0.799	6.7539205773E+001	3.8251148041E+001	-3.2060554502E+001	0.155	2.264	2.375
72.780	2.584	192.776	0.715	5.8374344337E+001	3.0808324072E+001	-3.0744422489E+001	0.131	2.287	2.381
73.061	2.563	192.955	0.613	5.0311942106E+001	2.4279904696E+001	-2.6560803730E+001	0.116	2.308	2.391
73.160	2.545	193.008	0.535	4.7748536134E+001	2.2230180131E+001	-2.5530454525E+001	0.112	2.316	2.395
73.181	2.541	193.019	0.502	4.7211469717E+001	2.1800729011E+001	-2.5567461210E+001	0.112	2.317	2.396
73.461	2.482	193.160	0.473	3.9718157665E+001	1.6101196540E+001	-2.6162041174E+001	0.106	2.338	2.410

73.741	2.408	193.285	0.446	3.2551887755E+001	1.0938811246E+001	-2.6638606796E+001	0.102	2.362	2.429
73.750	2.406	193.289	0.438	3.2322964272E+001	1.0771288231E+001	-2.6654888027E+001	0.102	2.363	2.429
73.854	2.377	193.334	0.479	2.9574202548E+001	8.8317255355E+000	-2.7530261825E+001	0.102	2.375	2.440
74.134	2.318	193.473	0.525	2.1051528877E+001	3.6451201843E+000	-3.1935160647E+001	0.101	2.415	2.479
74.414	2.276	193.628	0.484	1.1679723219E+001	3.5269559117E-001	-2.2414080240E+001	0.101	2.454	2.522
74.519	2.233	193.659	0.484	9.7654911313E+000	1.0936111924E-001	-2.2796212560E+001	0.101	2.471	2.533

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di trust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure
-

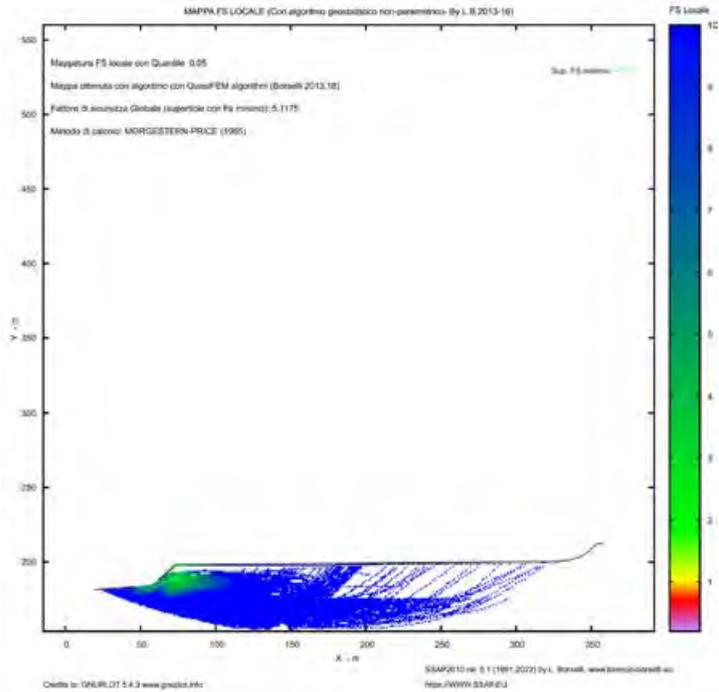
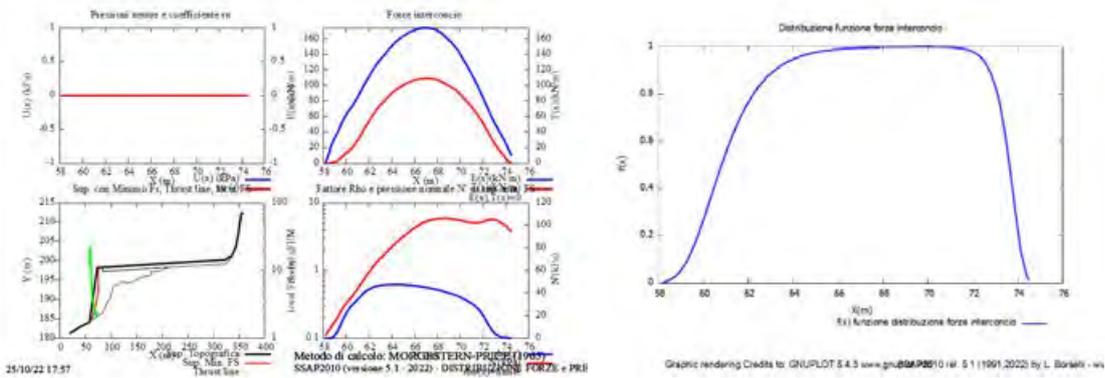
TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)											
58.149	0.280	0.285	10.967	0.504	0.144	81.518	23.264	66.574	0.280	0.305	23.314	48.638	14.838	150.147	45.807			
58.429	0.280	0.285	10.967	1.513	0.432	84.638	24.154	66.854	0.280	0.305	23.314	49.846	15.207	152.566	46.544			
58.709	0.280	0.285	10.967	2.522	0.720	87.869	25.076	67.134	0.116	0.127	23.314	50.701	6.424	154.123	19.529			
58.990	0.280	0.285	10.967	3.531	1.008	91.234	26.036	67.251	0.280	0.310	25.250	54.266	16.810	153.659	47.598			
59.270	0.280	0.285	10.967	4.540	1.296	94.789	27.051	67.531	0.009	0.010	25.250	54.871	0.565	154.746	1.592			
59.550	0.280	0.285	10.967	5.549	1.584	97.809	27.913	67.540	0.230	0.254	25.250	55.370	14.081	155.793	39.618			
59.830	0.280	0.285	10.967	6.558	1.872	100.817	28.771	67.770	0.127	0.140	25.250	56.116	7.879	157.117	22.059			
60.110	0.280	0.285	10.967	7.567	2.159	103.804	29.624	67.897	0.280	0.315	27.308	59.714	18.828	157.570	49.683			
60.391	0.039	0.040	10.967	8.143	0.328	105.379	4.239	68.177	0.280	0.315	27.308	60.824	19.178	159.612	50.327			
60.430	0.062	0.063	10.967	8.324	0.522	105.952	6.643	68.457	0.057	0.064	27.308	61.491	3.929	160.203	10.236			
60.492	0.280	0.286	11.681	9.377	2.683	107.591	30.781	68.514	0.280	0.321	29.287	64.617	20.757	159.767	51.322			
60.772	0.280	0.286	11.681	10.418	2.981	110.700	31.671	68.794	0.280	0.321	29.287	65.649	21.088	160.668	51.611			
61.052	0.280	0.286	11.681	11.459	3.278	113.814	32.562	69.074	0.016	0.018	29.287	66.194	1.181	160.360	2.862			
61.332	0.280	0.286	11.681	12.500	3.576	116.856	33.432	69.090	0.072	0.083	29.287	66.356	5.509	160.667	13.339			
61.612	0.041	0.042	11.681	13.097	0.551	118.181	4.974	69.162	0.280	0.327	31.160	69.132	22.634	161.555	52.894			
61.653	0.280	0.288	13.067	14.916	4.290	117.769	33.872	69.443	0.280	0.327	31.160	70.073	22.942	163.951	53.679			
61.934	0.280	0.288	13.067	16.012	4.605	120.545	34.671	69.723	0.056	0.065	31.160	70.638	4.587	163.755	10.633			
62.214	0.248	0.254	13.067	17.045	4.338	123.178	31.346	69.778	0.280	0.334	32.982	73.049	24.398	165.375	55.234			
62.462	0.280	0.290	14.592	19.662	5.692	123.444	35.738	70.058	0.280	0.334	32.982	73.886	24.678	167.835	56.056			
62.742	0.058	0.060	14.592	20.354	1.223	125.155	7.522	70.339	0.078	0.094	32.982	74.423	6.963	165.437	15.478			
62.800	0.280	0.290	14.592	21.046	6.093	127.052	36.783	70.417	0.280	0.340	34.588	76.386	25.996	166.328	56.605			
63.080	0.086	0.089	14.592	21.795	1.941	128.996	11.488	70.697	0.280	0.340	34.588	77.120	26.246	168.814	57.451			
63.166	0.280	0.292	16.450	24.676	7.208	127.925	37.370	70.977	0.100	0.121	34.588	77.618	9.419	168.199	20.412			
63.447	0.280	0.292	16.450	25.866	7.556	130.442	38.106	71.077	0.280	0.346	35.942	79.160	27.394	168.210	58.210			
63.727	0.094	0.098	16.450	26.662	2.622	132.212	13.003	71.358	0.280	0.346	35.942	79.798	27.614	171.940	59.501			
63.821	0.280	0.294	17.884	29.214	8.600	131.926	38.838	71.638	0.163	0.202	35.942	80.302	16.199	172.665	34.831			
64.101	0.280	0.294	17.884	30.428	8.958	134.730	39.664	71.801	0.280	0.345	35.771	80.681	27.860	175.638	60.649			
64.381	0.076	0.080	17.884	31.199	2.482	136.895	10.890	72.081	0.280	0.345	35.771	81.331	28.084	178.773	61.732			
64.457	0.280	0.297	19.279	33.765	10.022	136.357	40.473	72.361	0.139	0.171	35.771	81.817	14.000	177.947	30.450			
64.737	0.280	0.297	19.279	34.992	10.386	138.888	41.224	72.500	0.280	0.345	35.590	82.164	28.308	179.705	61.913			
65.017	0.100	0.106	19.279	35.824	3.793	141.019	14.932	72.780	0.280	0.345	35.590	82.827	28.536	177.118	61.022			
65.117	0.280	0.299	20.554	38.365	11.479	140.933	42.170	73.061	0.099	0.122	35.590	83.276	10.185	174.896	21.390			
65.398	0.217	0.232	20.554	39.457	9.165	142.782	33.164	73.160	0.021	0.026	35.590	83.314	2.160	174.700	4.528			
65.615	0.194	0.207	20.554	40.360	8.364	144.967	30.043	73.181	0.280	0.344	35.404	82.026	28.195	173.899	59.774			
65.809	0.280	0.301	21.641	42.911	12.934	145.446	43.840	73.461	0.280	0.344	35.404	79.919	27.471	170.135	58.480			
66.089	0.280	0.301	21.641	44.136	13.303	147.737	44.530	73.741	0.009	0.011	35.404	78.833	0.830	170.211	1.792			
66.369	0.204	0.220	21.641	45.196	9.941	149.893	32.968	73.750	0.104	0.127	35.404	78.410	9.994	169.007	21.541			
								73.854	0.280	0.343	35.214	76.823	26.344	167.796	57.541			
								74.134	0.280	0.343	35.214	74.735	25.628	159.376	54.653			
								74.414	0.105	0.128	35.214	73.301	9.389	148.983	19.083			
								74.519	0.280	0.342	35.028	71.734	24.543	146.129	49.996			

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
dl(m) : lunghezza base concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio

TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

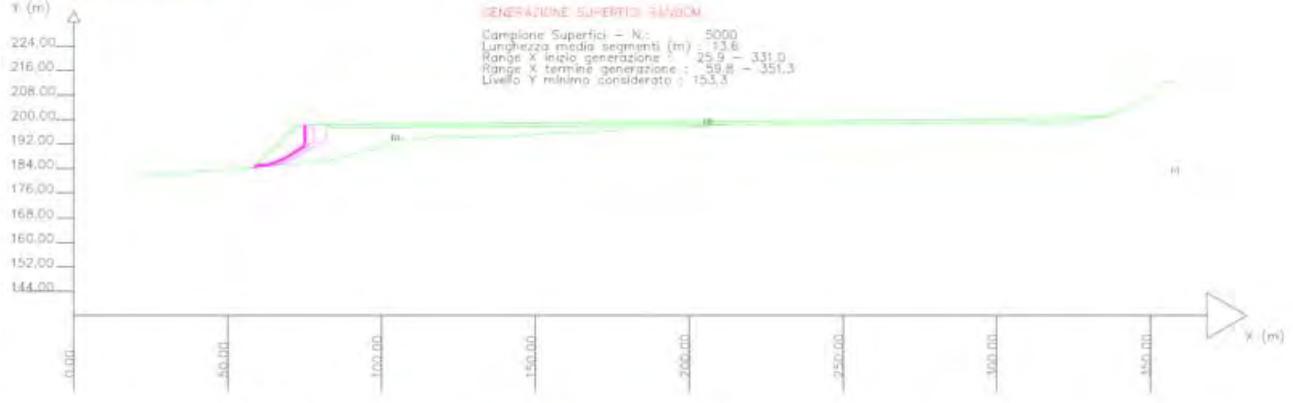


SSAP 5.1 (2022) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/OXF generator rel. 2.1 (2022)

Data : 25/10/2020
 Località : FTG AM. APRICENA
 Descrizione : str. 3
 [c] = N strada a terra

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)
DATA TO SUP CON MINOR FS
 Fs minima : 3,0360
 Range Fs : 3,0360 - 3,1784
 Differenza % Range Fs : 2,64
 Coefficiente Sismico orizzontale : Kh : 0,0410
 Coefficiente Sismico verticale : Kv : 0,0205

GENERAZIONE SUPERFICIE RANDOM
 Campione Superfici - N : 5000
 Lunghezza media segmenti (m) : 13,6
 Range X inizio generazione : 25,9 - 331,0
 Range X termine generazione : 39,8 - 351,3
 Livello Y minimo considerato : 153,3



Parametri Geotecnici degli strati

N.	h[m]	c [kPa]	phi [deg]	Es [kN/m²]	gamma [kN/m³]	gammaSat [kN/m³]	segu [kPa]	CSI	beta	psi
1	45,00	150,00	30,00	0	25,00	26,00	0	0	0	0
2	35,00	80,00	30,00	0	21,00	21,50	0	0	0	0
3	25,00	10,90	30,00	0	19,80	20,00	0	0	0	0

Report elaborazioni

SSAP 5.1 - Slope Stability Analysis Program (1991,2022)
WWW.SSAP.EU
Build No. 12804
BY
Dr. Geol. LORENZO BORSELLI
UASLP, San Luis Potosi, Mexico
e-mail: lborselli@gmail.com
CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU
Ricercatore Associato CNR-IRPI

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 4 giugno 2022

File report: D:\Documenti\Lavnaz\Eolico\MEZZINA\FOTOVOLTAICO AM 1-2 APRICENA\VERIFICA STABILITA\PR7-MILONE\report pr-7.txt

Data: 25/10/2022

Localita' : FTV AM APRICENA

Descrizione: PR-7

Modello pendio: MODELLO PR7.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

__ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) __

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4			
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
0.00	131.00	0.00	131.00	66.27	114.56	-	-		
1.33	131.50	1.51	130.50	70.04	116.07	-	-		
5.93	131.50	5.93	130.50	72.54	117.07	-	-		
10.33	131.50	10.33	130.50	75.03	118.07	-	-		
11.77	131.50	11.43	130.50	77.53	119.07	-	-		
12.44	131.00	12.00	130.08	80.02	120.07	-	-		
14.46	130.50	14.23	129.53	82.51	121.07	-	-		
16.67	130.00	15.94	129.14	85.00	122.07	-	-		
16.88	129.50	16.06	128.73	87.50	123.07	-	-		
17.02	129.00	16.20	128.23	89.99	124.07	-	-		
17.16	128.50	16.33	127.73	92.48	125.07	-	-		
17.30	128.00	16.49	127.20	95.03	126.09	-	-		
17.44	127.50	16.68	126.64	96.89	127.11	-	-		
17.61	127.00	16.89	126.15	98.87	128.05	-	-		
17.83	126.50	17.02	125.74	101.34	128.65	-	-		
17.99	126.00	17.13	125.29	188.85	129.00	-	-		
18.10	125.50	17.22	124.81	220.41	130.12	-	-		
18.20	125.00	17.31	124.33	220.19	129.88	-	-		
18.30	124.50	17.39	123.84	219.92	129.48	-	-		
18.38	124.00	17.47	123.34	219.26	128.16	-	-		
18.46	123.50	17.56	122.82	219.14	127.72	-	-		
18.54	123.00	17.66	122.30	218.97	127.13	-	-		
18.64	122.50	17.77	121.78	218.69	126.58	-	-		
18.74	122.00	17.91	121.16	218.51	126.14	-	-		
18.86	121.50	18.45	120.05	218.34	125.68	-	-		
19.10	121.00	25.08	119.50	218.18	125.17	-	-		
25.16	120.50	33.51	119.00	217.99	124.67	-	-		
33.57	120.00	41.92	118.50	217.83	124.18	-	-		
41.98	119.50	49.93	118.00	217.63	123.62	-	-		
50.03	119.00	53.58	117.52	217.35	123.04	-	-		
53.76	118.50	55.71	117.02	216.91	122.26	-	-		
55.93	118.00	58.18	116.52	215.51	121.50	-	-		
58.39	117.50	60.40	116.03	206.80	121.50	-	-		
60.63	117.00	62.38	115.53	204.94	121.50	-	-		
62.63	116.50	64.38	115.03	203.31	121.06	-	-		

64.62	116.00	66.27	114.56	202.27	120.54	-	-
66.14	115.58	66.27	114.56	199.33	120.01	-	-
67.18	116.00	70.04	116.07	195.89	119.50	-	-
69.67	117.00	72.54	117.07	187.97	119.00	-	-
72.17	118.00	75.03	118.07	184.68	119.00	-	-
74.66	119.00	77.53	119.07	179.34	119.50	-	-
77.15	120.00	80.02	120.07	174.57	120.00	-	-
79.65	121.00	82.51	121.07	167.33	120.50	-	-
82.14	122.00	85.00	122.07	161.01	121.00	-	-
84.63	123.00	87.50	123.07	155.32	121.00	-	-
87.13	124.00	89.99	124.07	153.76	120.50	-	-
89.62	125.00	92.48	125.07	146.48	121.00	-	-
92.11	126.00	95.03	126.09	141.23	121.50	-	-
94.61	127.00	96.89	127.11	135.54	122.00	-	-
96.44	128.00	98.87	128.05	129.92	122.00	-	-
98.54	129.00	101.34	128.65	129.35	121.56	-	-
101.22	129.65	188.85	129.00	126.87	121.07	-	-
188.83	130.00	220.41	130.12	126.57	120.44	-	-
217.77	131.00	239.73	131.00	125.80	119.57	-	-
239.69	132.00	267.04	132.00	122.07	119.00	-	-
267.00	133.00	295.58	133.00	118.12	119.00	-	-
295.55	134.00	323.04	134.00	116.49	119.00	-	-
323.00	135.00	347.96	135.00	114.74	118.06	-	-
347.92	136.00	374.02	136.00	112.44	117.50	-	-
373.99	137.00	400.26	137.00	109.81	117.10	-	-
400.23	138.00	418.58	137.39	109.36	114.80	-	-
418.71	138.40	419.78	137.07	108.33	111.50	-	-
420.16	138.00	421.51	136.13	97.85	112.00	-	-
422.01	137.00	424.48	135.50	66.27	114.56	-	-
424.52	136.50	428.45	135.50	-	-	-	-
428.19	136.50	429.79	136.25	-	-	-	-
429.08	137.00	430.24	136.95	-	-	-	-
429.40	137.50	430.49	137.34	-	-	-	-
429.73	138.00	430.71	137.53	-	-	-	-
430.30	138.50	437.22	138.02	-	-	-	-
436.90	139.00	438.19	138.61	-	-	-	-
437.73	139.50	439.25	139.08	-	-	-	-
438.85	140.00	440.25	139.50	-	-	-	-
440.05	140.50	443.03	139.50	-	-	-	-
443.14	140.50	445.32	139.00	-	-	-	-
445.43	140.00	465.34	139.00	-	-	-	-
465.29	140.00	470.37	139.50	-	-	-	-
470.32	140.50	474.96	139.50	-	-	-	-
475.19	140.50	475.72	139.12	-	-	-	-
476.20	140.00	476.48	138.66	-	-	-	-
477.01	139.50	477.21	138.17	-	-	-	-
477.77	139.00	477.98	137.64	-	-	-	-
478.49	138.50	479.04	137.11	-	-	-	-
479.50	138.00	479.89	136.66	-	-	-	-
480.43	137.50	480.73	136.00	-	-	-	-
481.07	137.00	484.03	136.00	-	-	-	-
483.86	137.00	485.46	136.50	-	-	-	-
485.29	137.50	487.49	136.50	-	-	-	-
487.93	137.50	487.68	136.29	-	-	-	-
488.39	137.00	488.30	135.72	-	-	-	-
488.93	136.50	489.36	135.00	-	-	-	-
489.67	136.00	496.52	135.00	-	-	-	-
496.25	136.00	497.76	135.73	-	-	-	-
497.10	136.50	498.25	136.32	-	-	-	-
497.51	137.00	498.43	136.50	-	-	-	-
498.03	137.50	499.78	136.50	-	-	-	-
499.78	137.50	504.45	136.50	-	-	-	-
504.45	137.50	505.76	136.50	-	-	-	-

505.83 137.50 509.13 136.04 - - - -
 509.51 137.00 509.51 136.00 - - - -
 -- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi'	C'	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	25.00	10.90	0.00	19.80	20.00	1.786	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	45.00	150.00	0.00	25.00	26.00	92.848	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 3	35.00	80.00	0.00	21.00	21.50	12.427	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi' _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
 C' _____ Coesione efficace (in Kpa)
 Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
 Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
 STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)
 ---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-
 sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
 GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
 mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)
 Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)
 Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
 MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 20.4 (+/-) 50%
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 10.19 468.75
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 85.40
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 61.14 499.32
 TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000
 *NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene cosiderata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
 METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0410
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0205
 COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
 I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs #	X(m)	Y(m)	#Superficie N.1 - #FS_minimo #Fattore di sicurezza(FS)= 3.1840 #Lambda= 0.4002	84.952	122.617
-----				85.469	122.716
--	82.754	122.246		85.924	122.812
	84.216	122.488		86.341	122.909
				86.749	123.011

87.167 123.123
 87.598 123.246
 88.057 123.384
 88.485 123.521
 88.900 123.663
 89.304 123.810
 89.719 123.970
 90.123 124.136
 90.537 124.314
 90.961 124.507
 91.413 124.720
 91.845 124.930
 92.267 125.139
 92.682 125.351
 93.100 125.570
 93.100 126.396

85.941 122.518
 86.214 122.597
 86.505 122.693
 86.779 122.795
 87.065 122.913
 87.360 123.047
 87.687 123.206
 88.005 123.360
 88.315 123.511
 88.621 123.660
 88.922 123.806
 89.227 123.954
 89.396 124.036
 89.396 124.910

88.802 123.673
 89.477 123.942
 90.163 124.222
 90.849 124.501
 91.530 124.778
 92.211 125.056
 92.887 125.331
 93.567 125.607
 94.244 125.883
 94.924 126.159
 95.598 126.434
 96.276 126.710
 96.722 126.893
 96.722 128.134

X(m) Y(m) #Superficie N. 2
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.2240
 #Lambda= 0.4131
 87.774 124.259
 88.956 124.498
 89.569 124.624
 90.005 124.714
 90.397 124.796
 90.746 124.870
 91.098 124.945
 91.455 125.023
 91.820 125.103
 92.197 125.186
 92.541 125.272
 92.875 125.366
 93.198 125.468
 93.539 125.588
 93.863 125.712
 94.198 125.853
 94.543 126.009
 94.918 126.189
 95.283 126.365
 95.640 126.537
 95.993 126.709
 96.341 126.880
 96.690 127.051
 97.040 127.224
 97.391 127.398
 97.391 128.453

X(m) Y(m) #Superficie N. 4
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.5478
 #Lambda= 0.4332
 78.283 120.453
 79.910 120.838
 80.736 121.040
 81.317 121.189
 81.834 121.329
 82.301 121.465
 82.761 121.604
 83.226 121.751
 83.697 121.906
 84.184 122.073
 84.666 122.239
 85.142 122.404
 85.617 122.569
 86.089 122.734
 86.564 122.901
 87.042 123.071
 87.528 123.243
 88.022 123.420
 88.491 123.597
 88.952 123.780
 89.405 123.970
 89.870 124.174
 90.219 124.335
 90.219 125.240

X(m) Y(m) #Superficie N. 6
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.7414
 #Lambda= 0.7121
 83.207 122.429
 84.846 122.818
 85.667 123.022
 86.241 123.177
 86.745 123.324
 87.209 123.472
 87.658 123.625
 88.116 123.791
 88.583 123.970
 89.074 124.167
 89.559 124.362
 90.037 124.554
 90.513 124.746
 90.983 124.935
 91.456 125.126
 91.928 125.316
 92.400 125.507
 92.869 125.696
 93.341 125.886
 93.812 126.076
 94.284 126.265
 94.754 126.453
 95.227 126.642
 95.701 126.831
 96.179 127.020
 96.658 127.211
 97.128 127.401
 97.356 127.496
 97.356 128.436

X(m) Y(m) #Superficie N. 3
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.5388
 #Lambda= 0.3678
 81.538 121.758
 82.557 121.920
 83.085 122.004
 83.461 122.065
 83.799 122.120
 84.100 122.170
 84.404 122.222
 84.713 122.274
 85.031 122.329
 85.361 122.387
 85.656 122.448

X(m) Y(m) #Superficie N. 5
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.5747
 #Lambda= 0.3415
 76.295 119.656
 78.604 120.292
 79.789 120.624
 80.627 120.866
 81.376 121.088
 82.049 121.294
 82.717 121.505
 83.390 121.723
 84.073 121.949
 84.772 122.187
 85.454 122.424
 86.127 122.663
 86.795 122.907
 87.467 123.157
 88.133 123.412

X(m) Y(m) #Superficie N. 7
 #Fattore di sicurezza(FS)= 3.9340
 #Lambda= 0.3848
 89.457 124.934
 90.291 125.003
 90.703 125.043
 90.989 125.078
 91.237 125.116
 91.469 125.159
 91.692 125.208
 91.923 125.264
 92.163 125.329
 92.426 125.406

92.669	125.482		91.236	124.868		96.044	120.180
92.905	125.560		91.516	124.961		97.352	120.850
93.134	125.640		91.775	125.054		97.352	128.434
93.367	125.727		92.027	125.152			
93.596	125.817		92.273	125.255			
93.831	125.914		92.528	125.370		X(m)	Y(m) #Superficie N.10
94.074	126.019		92.775	125.488		#Fattore di sicurezza(FS)= 4.9964	
94.335	126.136		92.928	125.566		#Lambda= 0.2868	
94.574	126.250		92.928	126.327		60.623	117.002
94.806	126.367					65.500	115.591
95.031	126.488					67.851	114.956
95.263	126.620		X(m)	Y(m) #Superficie N. 9		69.455	114.586
95.487	126.753		#Fattore di sicurezza(FS)= 4.9087			70.818	114.334
95.487	127.479		#Lambda= 0.2899			72.126	114.166
			61.392	116.810		73.360	114.065
			66.457	115.470		74.683	114.016
			68.912	114.866		76.110	114.019
X(m)	Y(m) #Superficie N. 8		70.591	114.513		77.798	114.075
#Fattore di sicurezza(FS)= 4.2280			72.024	114.274		79.193	114.176
#Lambda= 0.3839			73.392	114.118		80.482	114.335
86.128	123.599		74.692	114.024		81.670	114.554
87.032	123.747		76.081	113.982		82.960	114.870
87.488	123.825		77.580	113.992		84.145	115.230
87.808	123.885		79.343	114.055		85.414	115.691
88.090	123.943		80.790	114.166		86.765	116.252
88.348	124.002		82.124	114.343		88.344	116.973
88.599	124.065		83.348	114.585		89.790	117.655
88.855	124.132		84.687	114.938		91.166	118.330
89.116	124.205		85.906	115.336		92.499	119.009
89.389	124.286		87.212	115.847		93.836	119.716
89.656	124.366		88.596	116.465		95.157	120.440
89.919	124.447		90.210	117.258		95.605	120.694
90.180	124.527		91.737	118.013		95.605	127.543
90.440	124.609		93.201	118.743			
90.701	124.693		94.636	119.465			
90.966	124.779						

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	3.184	192.4	60.4	119.9	Surplus
2	3.224	175.8	54.5	110.4	Surplus
3	3.539	143.6	40.6	94.9	Surplus
4	3.548	207.4	58.5	137.3	Surplus
5	3.575	448.5	125.5	298.0	Surplus
6	3.741	234.0	62.5	158.9	Surplus
7	3.934	103.0	26.2	71.6	Surplus
8	4.228	112.3	26.6	80.5	Surplus
9	4.909	5538.2	1128.2	4184.3	Surplus
10	4.996	5094.2	1019.6	3870.7	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 71.6

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata, ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)								
82.754	0.213	9.40	0.11	0.00	0.00	25.00	10.90	88.024	0.033	16.73	0.66	0.00	0.00	25.00	10.90
82.967	0.213	9.40	0.33	0.00	0.00	25.00	10.90	88.057	0.213	17.74	4.29	0.00	0.00	25.00	10.90
83.180	0.213	9.40	0.54	0.00	0.00	25.00	10.90	88.270	0.213	17.74	4.37	0.00	0.00	25.00	10.90
83.393	0.213	9.40	0.76	0.00	0.00	25.00	10.90	88.484	0.001	17.74	0.02	0.00	0.00	25.00	10.90
83.606	0.213	9.40	0.98	0.00	0.00	25.00	10.90	88.485	0.213	18.85	4.43	0.00	0.00	25.00	10.90
83.819	0.213	9.40	1.19	0.00	0.00	25.00	10.90	88.698	0.047	18.85	0.99	0.00	0.00	25.00	10.90
84.033	0.183	9.40	1.20	0.00	0.00	25.00	10.90	88.745	0.155	18.85	3.26	0.00	0.00	25.00	10.90
84.216	0.213	9.90	1.59	0.00	0.00	25.00	10.90	88.900	0.213	20.00	4.53	0.00	0.00	25.00	10.90
84.429	0.201	9.90	1.69	0.00	0.00	25.00	10.90	89.113	0.191	20.00	4.10	0.00	0.00	25.00	10.90
84.630	0.213	9.90	2.00	0.00	0.00	25.00	10.90	89.304	0.213	21.14	4.59	0.00	0.00	25.00	10.90
84.843	0.109	9.90	1.10	0.00	0.00	25.00	10.90	89.517	0.103	21.14	2.21	0.00	0.00	25.00	10.90
84.952	0.048	10.84	0.50	0.00	0.00	25.00	10.90	89.620	0.099	21.14	2.14	0.00	0.00	25.00	10.90
85.000	0.213	10.84	2.34	0.00	0.00	25.00	10.90	89.719	0.213	22.26	4.60	0.00	0.00	25.00	10.90
85.213	0.213	10.84	2.53	0.00	0.00	25.00	10.90	89.932	0.058	22.26	1.24	0.00	0.00	25.00	10.90
85.426	0.042	10.84	0.53	0.00	0.00	25.00	10.90	89.990	0.133	22.26	2.87	0.00	0.00	25.00	10.90
85.469	0.213	11.86	2.76	0.00	0.00	25.00	10.90	90.123	0.213	23.36	4.58	0.00	0.00	25.00	10.90
85.682	0.213	11.86	2.93	0.00	0.00	25.00	10.90	90.336	0.200	23.36	4.28	0.00	0.00	25.00	10.90
85.895	0.029	11.86	0.42	0.00	0.00	25.00	10.90	90.537	0.213	24.39	4.51	0.00	0.00	25.00	10.90
85.924	0.213	13.12	3.12	0.00	0.00	25.00	10.90	90.750	0.211	24.39	4.42	0.00	0.00	25.00	10.90
86.137	0.113	13.12	1.71	0.00	0.00	25.00	10.90	90.961	0.213	25.31	4.41	0.00	0.00	25.00	10.90
86.250	0.091	13.12	1.41	0.00	0.00	25.00	10.90	91.174	0.213	25.31	4.35	0.00	0.00	25.00	10.90
86.341	0.213	14.08	3.41	0.00	0.00	25.00	10.90	91.387	0.025	25.31	0.51	0.00	0.00	25.00	10.90
86.554	0.195	14.08	3.25	0.00	0.00	25.00	10.90	91.413	0.213	25.86	4.27	0.00	0.00	25.00	10.90
86.749	0.213	15.03	3.66	0.00	0.00	25.00	10.90	91.626	0.213	25.86	4.19	0.00	0.00	25.00	10.90
86.962	0.168	15.03	2.97	0.00	0.00	25.00	10.90	91.839	0.006	25.86	0.11	0.00	0.00	25.00	10.90
87.130	0.037	15.03	0.67	0.00	0.00	25.00	10.90	91.845	0.213	26.43	4.11	0.00	0.00	25.00	10.90
87.167	0.213	15.92	3.89	0.00	0.00	25.00	10.90	92.058	0.052	26.43	0.99	0.00	0.00	25.00	10.90
87.380	0.120	15.92	2.23	0.00	0.00	25.00	10.90	92.110	0.157	26.43	2.94	0.00	0.00	25.00	10.90
87.500	0.098	15.92	1.85	0.00	0.00	25.00	10.90	92.267	0.213	27.02	3.93	0.00	0.00	25.00	10.90
87.598	0.213	16.73	4.10	0.00	0.00	25.00	10.90	92.480	0.000	27.02	0.01	0.00	0.00	25.00	10.90
87.811	0.213	16.73	4.20	0.00	0.00	25.00	10.90	92.480	0.202	27.02	3.63	0.00	0.00	25.00	10.90
								92.682	0.213	27.60	3.72	0.00	0.00	25.00	10.90
								92.895	0.205	27.60	3.47	0.00	0.00	25.00	10.90

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
- dx(m) : Larghezza concio
- alpha(°) : Angolo pendenza base concio
- W(kN/m) : Forza peso concio
- ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
- U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
- phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
- c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (kN)	FS_qFEM (--)	FS_srmFEM (--)				
82.754	0.000	122.246	0.243	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	1.5908200994E+000	0.106	10.926	4.714				
82.967	0.017	122.298	0.243	5.9873212295E-001	2.3960618643E-003	4.0268547079E+000	0.106	10.926	4.714				
83.180	0.033	122.350	0.243	1.7167296796E+000	2.9353313810E-002	4.4243106198E+000	0.110	6.180	2.830				
83.393	0.050	122.402	0.247	2.4849053037E+000	1.0810204946E-001	3.5344711128E+000	0.138	5.391	2.303				
83.606	0.068	122.455	0.247	3.2235462651E+000	2.4816786120E-001	3.3567427399E+000	0.183	5.722	2.088				
83.819	0.085	122.508	0.244	3.9159526860E+000	4.2440699402E-001	3.1443407696E+000	0.249	6.668	1.991				
84.033	0.101	122.559	0.241	4.5640423877E+000	6.5696405491E-001	2.9683246238E+000	0.342	8.513	1.985				
84.216	0.115	122.603	0.270	5.0962841921E+000	8.9379351545E-001	3.1589488105E+000	0.430	9.957	2.024				
84.429	0.140	122.666	0.276	5.8323048907E+000	1.2835391837E+000	3.1544482020E+000	0.542	9.004	2.117				
84.630	0.157	122.717	0.249	6.4101455062E+000	1.6122729273E+000	2.7547077345E+000	0.632	7.211	2.201				
84.843	0.171	122.769	0.235	6.9706567610E+000	1.9443318130E+000	2.3740916219E+000	0.707	5.754	2.280				
84.952	0.176	122.793	0.213	7.2152658586E+000	2.0909404283E+000	2.0916383341E+000	0.735	5.302	2.312				
85.000	0.177	122.803	0.223	7.3120778678E+000	2.1497915610E+000	2.0484380090E+000	0.744	5.142	2.325				
85.213	0.184	122.851	0.245	7.7709202152E+000	2.4296529175E+000	2.2422275886E+000	0.783	4.529	2.389				
85.426	0.200	122.908	0.265	8.2679848793E+000	2.7354215513E+000	2.2240527203E+000	0.820	4.096	2.472				
85.469	0.203	122.919	0.313	8.3612595954E+000	2.7929965219E+000	2.2522302930E+000	0.826	4.036	2.490				
85.682	0.227	122.987	0.289	8.8945644299E+000	3.1212397136E+000	2.1341803175E+000	0.862	3.731	2.597				

85.895	0.236	123.042	0.256	9.2711038681E+000	3.3471588322E+000	1.6804671778E+000	0.882	3.599	2.684
85.924	0.238	123.049	0.257	9.3199299620E+000	3.3761260760E+000	1.6512336087E+000	0.885	3.587	2.696
86.137	0.243	123.104	0.249	9.6448427324E+000	3.5658156058E+000	1.3440323021E+000	0.897	3.515	2.785
86.250	0.243	123.131	0.237	9.7854510158E+000	3.6460995621E+000	1.1861387913E+000	0.901	3.492	2.828
86.341	0.244	123.153	0.301	9.8883905721E+000	3.7046221554E+000	1.1898199543E+000	0.903	3.478	2.870
86.554	0.260	123.222	0.337	1.0169158416E+001	3.8683462022E+000	1.2549443199E+000	0.907	3.407	3.018
86.749	0.279	123.290	0.363	1.0403266929E+001	4.0073226588E+000	1.1038451526E+000	0.910	3.336	3.183
86.962	0.302	123.371	0.335	1.0616696679E+001	4.1363230057E+000	7.6297129103E-001	0.909	3.258	3.387
87.130	0.304	123.418	0.275	1.0713170460E+001	4.1941337232E+000	4.2266776813E-001	0.906	3.226	3.496
87.167	0.304	123.427	0.273	1.0727677906E+001	4.2027937179E+000	3.8029923244E-001	0.905	3.223	3.516
87.380	0.302	123.486	0.287	1.0798636909E+001	4.2461689107E+000	2.6871128433E-001	0.898	3.202	3.639
87.500	0.304	123.522	0.299	1.0826449814E+001	4.2640152040E+000	1.6596630622E-001	0.893	3.191	3.716
87.598	0.305	123.551	0.335	1.0837339055E+001	4.2722986211E+000	7.8292808337E-002	0.888	3.184	3.777
87.811	0.316	123.626	0.359	1.0838687457E+001	4.2823025903E+000	-1.0254802800E-001	0.875	3.156	3.948
88.024	0.330	123.704	0.370	1.0793620755E+001	4.2718609898E+000	-4.0317406629E-001	0.860	3.125	4.127
88.057	0.333	123.717	0.383	1.0779306665E+001	4.2675669349E+000	-4.4454669510E-001	0.858	3.121	4.157
88.270	0.346	123.798	0.339	1.0668566241E+001	4.2326532552E+000	-5.4835603320E-001	0.842	3.099	4.327
88.484	0.341	123.862	0.298	1.0545531388E+001	4.1914780429E+000	-6.2860224077E-001	0.829	3.090	4.440
88.485	0.341	123.862	0.303	1.0544915858E+001	4.1912694790E+000	-6.2948213041E-001	0.829	3.090	4.441
88.698	0.333	123.927	0.306	1.0380849238E+001	4.1337623649E+000	-8.4786066406E-001	0.815	3.080	4.538
88.745	0.332	123.942	0.312	1.0339893122E+001	4.1188554765E+000	-8.9610567666E-001	0.811	3.076	4.560
88.900	0.327	123.990	0.380	1.0185688596E+001	4.0579547183E+000	-1.2478568436E+000	0.798	3.057	4.612
89.113	0.341	124.082	0.447	9.8460049761E+000	3.9165527933E+000	-1.7552824325E+000	0.772	2.990	4.685
89.304	0.361	124.171	0.457	9.4821898263E+000	3.7644034514E+000	-1.9731803538E+000	0.745	2.921	4.728
89.517	0.374	124.266	0.411	9.0443393514E+000	3.5892656186E+000	-1.7664753649E+000	0.718	2.854	4.742
89.620	0.368	124.300	0.324	8.8773254289E+000	3.5258743481E+000	-1.6360902873E+000	0.709	2.836	4.741
89.719	0.361	124.332	0.325	8.7143668238E+000	3.4666681190E+000	-1.6863692131E+000	0.700	2.825	4.737
89.932	0.344	124.402	0.324	8.3354125072E+000	3.3307388330E+000	-1.7141034955E+000	0.681	2.805	4.721
89.990	0.338	124.419	0.338	8.2374904808E+000	3.2955411960E+000	-1.7892108822E+000	0.676	2.800	4.715
90.123	0.330	124.466	0.399	7.9705120336E+000	3.1942061967E+000	-2.1922130490E+000	0.661	2.783	4.681
90.336	0.330	124.558	0.437	7.4385826285E+000	2.9803169071E+000	-2.5717697955E+000	0.626	2.733	4.567
90.537	0.332	124.647	0.497	6.9088301055E+000	2.7470527447E+000	-2.9530072332E+000	0.584	2.657	4.378
90.750	0.352	124.763	0.516	6.2091954945E+000	2.4205005304E+000	-3.1157162199E+000	0.522	2.548	4.070
90.961	0.359	124.865	0.475	5.5869832799E+000	2.1205196917E+000	-2.8916425447E+000	0.464	2.452	3.775
91.174	0.357	124.964	0.451	4.9834002250E+000	1.8267411134E+000	-2.7400052792E+000	0.405	2.381	3.531
91.387	0.349	125.058	0.442	4.4188635621E+000	1.5465124097E+000	-2.8535378042E+000	0.346	2.334	3.348
91.413	0.349	125.070	0.447	4.3455520720E+000	1.5091588575E+000	-2.8527296416E+000	0.337	2.329	3.328
91.626	0.341	125.164	0.434	3.7826292511E+000	1.2185609753E+000	-2.5634747494E+000	0.272	2.300	3.196
91.839	0.328	125.255	0.425	3.2526908926E+000	9.4249730175E-001	-2.5523228053E+000	0.216	2.282	3.106
91.845	0.328	125.257	0.435	3.2386086517E+000	9.3521955229E-001	-2.5526815776E+000	0.215	2.282	3.104
92.058	0.314	125.350	0.436	2.7056372614E+000	6.6493052023E-001	-2.5145127572E+000	0.169	2.274	3.045
92.110	0.311	125.373	0.398	2.5738638098E+000	5.9993158858E-001	-2.4282469423E+000	0.160	2.272	3.033
92.267	0.294	125.433	0.422	2.2358251708E+000	4.5009624326E-001	-2.3100856190E+000	0.140	2.271	3.013
92.480	0.281	125.529	0.450	1.6997891952E+000	2.2379550889E-001	-1.6630836975E+000	0.117	2.281	3.005
92.480	0.281	125.529	0.455	1.6992424005E+000	2.2359713052E-001	-1.6631196421E+000	0.117	2.281	3.005
92.682	0.270	125.621	0.516	1.1955022205E+000	7.2758279770E-002	-2.8075639531E+000	0.106	2.297	3.042
92.895	0.281	125.744	0.516	5.2622941691E-001	2.1059137958E-003	-2.8479690259E+000	0.106	2.356	3.128

LEGENDA SIMBOLI

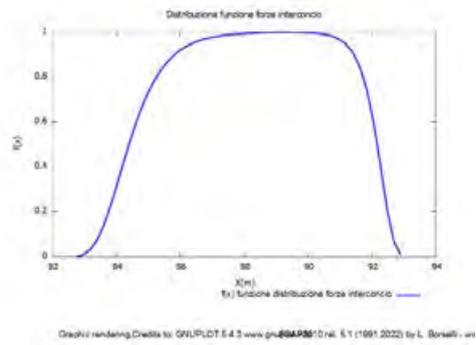
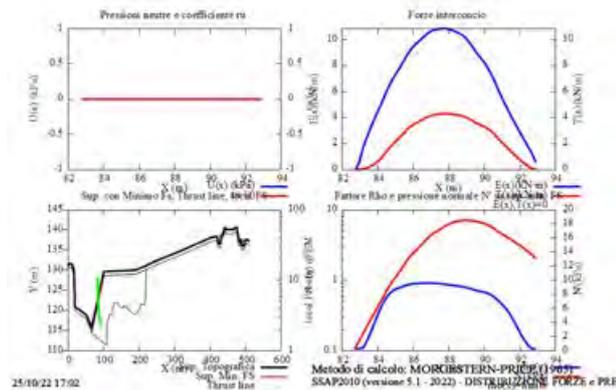
X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di trust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

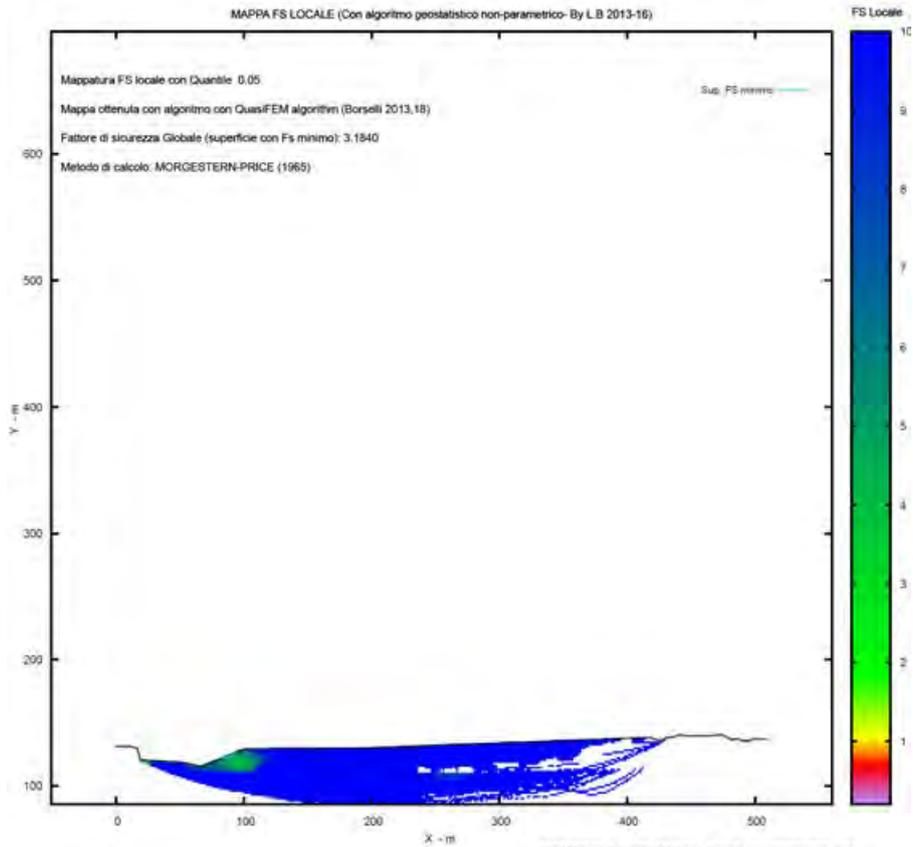
TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
82.754	0.213	0.216	9.400	0.102	0.022	11.128	2.404
82.967	0.213	0.216	9.400	0.307	0.066	11.580	2.502
83.180	0.213	0.216	9.400	0.511	0.110	12.024	2.598
83.393	0.213	0.216	9.400	0.715	0.155	12.465	2.693
83.606	0.213	0.216	9.400	0.920	0.199	12.914	2.790
83.819	0.213	0.216	9.400	1.124	0.243	13.356	2.886
84.033	0.183	0.186	9.400	1.314	0.244	13.770	2.556
84.216	0.213	0.216	9.899	1.561	0.338	14.095	3.050
84.429	0.201	0.204	9.899	1.760	0.359	14.538	2.968
84.630	0.213	0.216	9.899	1.958	0.424	14.971	3.239
84.843	0.109	0.111	9.899	2.111	0.234	15.319	1.696
84.952	0.048	0.049	10.843	2.343	0.114	15.390	0.749
85.000	0.213	0.217	10.843	2.466	0.535	15.624	3.391
85.213	0.213	0.217	10.843	2.667	0.579	16.008	3.474
85.426	0.042	0.043	10.843	2.788	0.120	16.259	0.701
85.469	0.213	0.218	11.863	3.108	0.677	16.325	3.556
85.682	0.213	0.218	11.863	3.305	0.720	16.780	3.655
85.895	0.029	0.030	11.863	3.417	0.102	17.000	0.508
85.924	0.213	0.219	13.119	3.802	0.832	17.075	3.737
86.137	0.113	0.116	13.119	3.945	0.456	17.362	2.007
86.250	0.091	0.093	13.119	4.034	0.375	17.529	1.631
86.341	0.213	0.220	14.080	4.391	0.965	17.604	3.869
86.554	0.195	0.201	14.080	4.560	0.919	17.889	3.604
86.749	0.213	0.221	15.027	4.961	1.095	18.074	3.989
86.962	0.168	0.174	15.027	5.107	0.886	18.386	3.191
87.130	0.037	0.039	15.027	5.186	0.200	18.544	0.717
87.167	0.213	0.222	15.921	5.511	1.222	18.602	4.123
87.380	0.120	0.124	15.921	5.629	0.700	18.790	2.335
87.500	0.098	0.102	15.921	5.706	0.580	18.926	1.925
87.598	0.213	0.223	16.729	6.029	1.342	19.008	4.231
87.811	0.213	0.223	16.729	6.165	1.372	19.235	4.281
88.024	0.033	0.035	16.729	6.244	0.216	19.378	0.669
88.057	0.213	0.224	17.740	6.595	1.476	19.391	4.340
88.270	0.213	0.224	17.740	6.710	1.502	19.552	4.376
88.484	0.001	0.001	17.740	6.768	0.007	19.636	0.020
88.485	0.213	0.225	18.849	7.124	1.605	19.616	4.418
88.698	0.047	0.050	18.849	7.178	0.359	19.706	0.986
88.745	0.155	0.163	18.849	7.220	1.180	19.800	3.236
88.900	0.213	0.227	20.004	7.603	1.725	19.928	4.521
89.113	0.191	0.204	20.004	7.658	1.560	20.070	4.089
89.304	0.213	0.229	21.144	8.006	1.830	20.036	4.579
89.517	0.103	0.110	21.144	8.024	0.883	19.919	2.191
89.620	0.099	0.106	21.144	8.035	0.854	19.918	2.117
89.719	0.213	0.230	22.261	8.328	1.918	19.836	4.569
89.932	0.058	0.062	22.261	8.320	0.519	19.808	1.235
89.990	0.133	0.144	22.261	8.314	1.198	19.909	2.868
90.123	0.213	0.232	23.362	8.561	1.988	19.960	4.635
90.336	0.200	0.218	23.362	8.511	1.858	20.035	4.373
90.537	0.213	0.234	24.389	8.686	2.033	20.182	4.723
90.750	0.211	0.232	24.389	8.595	1.990	20.009	4.632
90.961	0.213	0.236	25.312	8.692	2.049	19.804	4.670
91.174	0.213	0.236	25.312	8.563	2.019	19.635	4.630
91.387	0.025	0.028	25.312	8.490	0.239	19.700	0.555
91.413	0.213	0.237	25.855	8.521	2.018	19.498	4.618
91.626	0.213	0.237	25.855	8.368	1.982	19.306	4.573
91.839	0.006	0.006	25.855	8.290	0.051	19.260	0.118
91.845	0.213	0.238	26.430	8.313	1.979	19.092	4.545
92.058	0.052	0.058	26.430	8.202	0.479	18.975	1.109
92.110	0.157	0.175	26.430	8.114	1.418	18.646	3.259
92.267	0.213	0.239	27.018	8.052	1.927	18.548	4.438
92.480	0.000	0.000	27.018	7.949	0.003	18.041	0.007
92.480	0.202	0.227	27.018	7.850	1.781	18.091	4.104
92.682	0.213	0.241	27.605	7.734	1.860	17.471	4.202
92.895	0.205	0.231	27.605	7.504	1.736	16.982	3.928

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
- dx(m) : Larghezza concio
- dl(m) : lunghezza base concio
- alpha(°) : Angolo pendenza base concio
- TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
- TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
- TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
- TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio





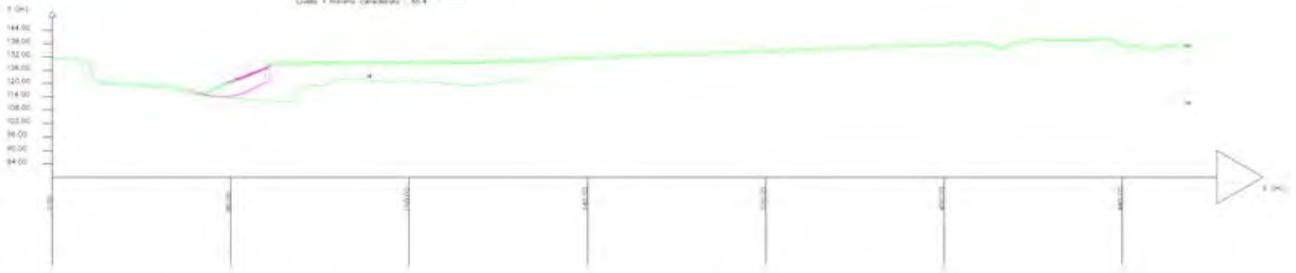
Credits to: GNUPLOT 5.4.3 www.gnuplot.info

SSAP2010 rel 5.1 (1991,2022) by L. Borselli, www.lorenzo-borselli.eu
<http://WWW.SSAPEU>

Slur 5.1 (2022) - Slur Safety Analysis Program
 SSAP2010 versione rel 5.1 (1991,2022)
 Data: 19/02/2022
 Autore: L. Borselli
 (C) - L. Borselli - 2022

Modello di calcolo: Morgenstern - Price (1965)
 Tipo di Slur: Local FS (1)
 Fattore di sicurezza: 3.1840
 Metodo di calcolo: MORGESTERN-PRICE
 Metodo di calcolo: MORGESTERN-PRICE (1965)
 Metodo di calcolo: MORGESTERN-PRICE (1965)
 Metodo di calcolo: MORGESTERN-PRICE (1965)

DEFINIZIONE SUPERFICIE DI RIFERIMENTO
 Coordinate Superficie: (m)
 Coordinate Superficie: (m)
 Coordinate Superficie: (m)
 Coordinate Superficie: (m)
 Coordinate Superficie: (m)



Parametri Geometrici degli strati

Strato	Spessore (m)	Angolo di attrito (°)	Angolo di coesione (°)	Modulo elastico (kN/m²)	Modulo di compressione (kN/m²)	Modulo di taglio (kN/m²)	Modulo di volume (kN/m²)	Modulo di torsione (kN/m²)	Modulo di dilatazione (kN/m²)	Modulo di contrazione (kN/m²)
1	20.00	18.00	0.00	19.80	19.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	45.00	15.00	0.00	25.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	20.00	30.00	0.00	21.00	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Report elaborazioni

SSAP 5.1 - Slope Stability Analysis Program (1991,2022)
WWW.SSAP.EU
Build No. 12804
BY
Dr. Geol. LORENZO BORSELLI
UASLP, San Luis Potosi, Mexico
e-mail: lborselli@gmail.com
CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU
Ricercatore Associato CNR-IRPI

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 4 giugno 2022

File report: D:\Documenti\Lavnaz\Eolico\MEZZINA\FOTOVOLTAICO AM 1-2 APRICENA\VERIFICA STABILITA\PR-10 MILONE\REPORT-PR10.txt

Data: 25/10/2022

Localita' : FTV AM APRICENA

Descrizione: PR-10

Modello pendio: MODELO-PR10.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

__ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) __

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
21.50	146.35	74.91	142.58	-	-	-	-
40.24	146.35	77.65	143.85	-	-	-	-
54.67	144.35	79.37	144.85	-	-	-	-
62.03	143.35	81.34	145.85	-	-	-	-
67.18	142.85	83.05	146.57	-	-	-	-
74.91	142.58	84.20	146.85	-	-	-	-
77.65	143.85	102.04	148.85	-	-	-	-
79.37	144.85	120.29	149.34	-	-	-	-
81.34	145.85	119.47	148.85	-	-	-	-
83.05	146.57	115.27	147.35	-	-	-	-
84.20	146.85	109.99	146.85	-	-	-	-
102.04	148.85	108.56	145.85	-	-	-	-
120.29	149.34	107.49	145.35	-	-	-	-
132.72	149.85	106.81	144.85	-	-	-	-
165.44	150.35	106.34	144.35	-	-	-	-
180.05	150.85	105.53	143.85	-	-	-	-
181.36	150.85	104.49	143.35	-	-	-	-
183.47	150.85	101.48	142.85	-	-	-	-
196.63	151.35	100.73	142.35	-	-	-	-
233.48	151.85	98.15	141.85	-	-	-	-
244.87	152.35	96.48	141.35	-	-	-	-
251.31	152.85	85.83	141.35	-	-	-	-
257.25	153.35	74.91	142.58	-	-	-	-
264.97	153.85	-	-	-	-	-	-
270.64	154.35	-	-	-	-	-	-
272.49	154.35	-	-	-	-	-	-
273.62	154.35	-	-	-	-	-	-
274.74	154.35	-	-	-	-	-	-
275.31	154.35	-	-	-	-	-	-
277.36	154.35	-	-	-	-	-	-
277.75	154.35	-	-	-	-	-	-
288.93	154.85	-	-	-	-	-	-

-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	45.00	150.00	0.00	25.00	26.00	92.848	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	35.00	80.00	0.00	21.00	21.50	12.427	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
C` _____ Coesione efficace (in Kpa)
Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)
---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-
sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)
Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)
Usa CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 10.7 (+/-) 50%
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 26.85 267.54
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 129.20
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 53.59 283.58
TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000
*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0410
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0205
COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI	90.594	132.925	85.366	129.845
GENERATE CON MINOR Fs #	108.045	136.153	108.255	135.733
-----	128.504	143.589	125.383	140.080
--	136.114	149.902	139.772	149.621
			140.147	149.963
X(m) Y(m) #Superficie N.1 -	X(m) Y(m) #Superficie N. 2	X(m) Y(m) #Superficie N. 3		
#FS_minimo #Fattore di sicurezza(FS)=13.5290 #Lambda= 0.1050	#Fattore di sicurezza(FS)=13.5304 #Lambda= 0.1179	#Fattore di sicurezza(FS)=13.5609 #Lambda= 0.1223		
45.591 145.608	47.087 145.401	48.129 145.257		
63.848 138.374	66.119 137.670			
79.437 131.933				

68.497	137.409		X(m)	Y(m)	#Superficie N. 6	116.950	137.069
87.479	129.571		#Fattore	di	sicurezza(FS)=13.5935	125.475	139.271
104.381	133.662		#Lambda=	0.1232		136.209	143.743
124.815	142.159		47.968	145.279		145.057	150.039
137.551	149.133		62.344	139.930			
140.612	149.971		71.793	136.323			
			88.059	129.789		X(m)	Y(m)
			112.029	135.194		#Fattore	di
X(m)	Y(m)	#Superficie N. 4	132.324	140.631		sicurezza(FS)=13.7879	
#Fattore	di	sicurezza(FS)=13.5661	152.274	150.149		#Lambda=	0.1040
#Lambda=	0.1070					47.862	145.294
47.962	145.280					57.745	142.119
63.456	140.229		X(m)	Y(m)	#Superficie N. 7	81.248	133.269
80.365	133.598		#Fattore	di	sicurezza(FS)=13.6313	96.723	134.777
93.860	135.653		#Lambda=	0.1044		108.248	139.423
116.841	142.200		48.134	145.256		130.332	146.636
129.729	148.610		61.300	140.634		137.680	149.926
132.560	149.843		78.395	133.858			
			92.766	134.061		X(m)	Y(m)
			104.676	137.291		#Fattore	di
X(m)	Y(m)	#Superficie N. 5	117.999	142.660		sicurezza(FS)=13.7979	
#Fattore	di	sicurezza(FS)=13.5803	131.698	149.808		#Lambda=	0.1028
#Lambda=	0.1109					44.108	145.814
46.437	145.491					58.932	139.997
71.105	135.287		X(m)	Y(m)	#Superficie N. 8	82.648	130.867
83.777	130.102		#Fattore	di	sicurezza(FS)=13.7020	96.279	131.419
109.318	136.506		#Lambda=	0.1067		118.805	138.501
119.821	142.185		45.838	145.574		129.004	141.986
132.748	149.850		66.140	137.806		140.455	145.826
			83.159	131.255		147.062	150.069
			106.858	133.665			

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	13.529	34903.1	2579.9	31807.3	Surplus
2	13.530	38075.1	2814.0	34698.2	Surplus
3	13.561	37397.2	2757.7	34087.9	Surplus
4	13.566	28143.1	2074.5	25653.6	Surplus
5	13.580	34450.2	2536.8	31406.0	Surplus
6	13.593	42337.3	3114.5	38599.9	Surplus
7	13.631	29244.8	2145.4	26670.3	Surplus
8	13.702	39933.2	2914.4	36435.9	Surplus
9	13.788	30474.5	2210.2	27822.2	Surplus
10	13.798	40737.4	2952.4	37194.5	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 25653.6

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata, ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	dx	alpha	W	ru	U	phi'	(c',Cu)											
(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)	(°)	(kPa)											
45.591	0.685	-21.62	1.54	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	89.942	0.652	5.08	226.86	0.00	0.00	45.00	150.00		
46.277	0.685	-21.62	4.63	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	90.594	0.685	10.48	238.07	0.00	0.00	45.00	150.00		
46.962	0.685	-21.62	7.72	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	91.279	0.685	10.48	236.98	0.00	0.00	45.00	150.00		
47.647	0.685	-21.62	10.81	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	91.964	0.685	10.48	235.89	0.00	0.00	45.00	150.00		
48.333	0.685	-21.62	13.89	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	92.650	0.470	10.48	161.21	0.00	0.00	45.00	150.00		
49.018	0.685	-21.62	16.98	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	93.120	0.685	10.48	234.06	0.00	0.00	45.00	150.00		
49.703	0.685	-21.62	20.07	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	93.805	0.685	10.48	232.97	0.00	0.00	45.00	150.00		
50.389	0.685	-21.62	23.16	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	94.491	0.685	10.48	231.88	0.00	0.00	45.00	150.00		
51.074	0.685	-21.62	26.24	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	95.176	0.685	10.48	230.80	0.00	0.00	45.00	150.00		
51.759	0.685	-21.62	29.33	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	95.861	0.619	10.48	207.39	0.00	0.00	45.00	150.00		
52.445	0.685	-21.62	32.42	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	96.480	0.685	10.48	229.01	0.00	0.00	45.00	150.00		
53.130	0.685	-21.62	35.51	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	97.165	0.685	10.48	228.50	0.00	0.00	45.00	150.00		
53.815	0.685	-21.62	38.59	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	97.851	0.299	10.48	99.63	0.00	0.00	45.00	150.00		
54.501	0.169	-21.62	10.00	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	98.150	0.685	10.48	227.66	0.00	0.00	45.00	150.00		
54.670	0.685	-21.62	42.46	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	98.835	0.685	10.48	226.94	0.00	0.00	45.00	150.00		
55.355	0.685	-21.62	45.58	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	99.521	0.685	10.48	226.23	0.00	0.00	45.00	150.00		
56.041	0.685	-21.62	48.70	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	100.206	0.524	10.48	172.47	0.00	0.00	45.00	150.00		
56.726	0.685	-21.62	51.82	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	100.730	0.685	10.48	225.42	0.00	0.00	45.00	150.00		
57.411	0.685	-21.62	54.94	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	101.415	0.065	10.48	21.27	0.00	0.00	45.00	150.00		
58.097	0.685	-21.62	58.06	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	101.480	0.560	10.48	184.03	0.00	0.00	45.00	150.00		
58.782	0.685	-21.62	61.18	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	102.040	0.685	10.48	224.09	0.00	0.00	45.00	150.00		
59.467	0.685	-21.62	64.30	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	102.725	0.685	10.48	222.46	0.00	0.00	45.00	150.00		
60.153	0.685	-21.62	67.42	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	103.411	0.685	10.48	220.83	0.00	0.00	45.00	150.00		
60.838	0.685	-21.62	70.54	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	104.096	0.394	10.48	126.20	0.00	0.00	45.00	150.00		
61.523	0.507	-21.62	54.14	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	104.490	0.685	10.48	218.57	0.00	0.00	45.00	150.00		
62.030	0.685	-21.62	76.20	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	105.175	0.355	10.48	112.70	0.00	0.00	45.00	150.00		
62.715	0.685	-21.62	79.79	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	105.530	0.685	10.48	217.15	0.00	0.00	45.00	150.00		
63.401	0.448	-21.62	54.03	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	106.215	0.125	10.48	39.41	0.00	0.00	45.00	150.00		
63.848	0.685	-22.45	85.81	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	106.340	0.470	10.48	148.58	0.00	0.00	45.00	150.00		
64.534	0.685	-22.45	89.60	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	106.810	0.680	10.48	214.74	0.00	0.00	45.00	150.00		
65.219	0.685	-22.45	93.39	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	107.490	0.555	10.48	174.75	0.00	0.00	45.00	150.00		
65.904	0.685	-22.45	97.17	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	108.045	0.515	19.97	160.85	0.00	0.00	45.00	150.00		
66.590	0.590	-22.45	86.75	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	108.560	0.685	19.97	211.54	0.00	0.00	45.00	150.00		
67.180	0.685	-22.45	104.60	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	109.245	0.685	19.97	208.80	0.00	0.00	45.00	150.00		
67.865	0.685	-22.45	109.13	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	109.931	0.059	19.97	17.94	0.00	0.00	45.00	150.00		
68.551	0.685	-22.45	113.66	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	109.990	0.685	19.97	205.24	0.00	0.00	45.00	150.00		
69.236	0.685	-22.45	118.19	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	110.675	0.490	19.97	144.24	0.00	0.00	45.00	150.00		
69.921	0.685	-22.45	122.73	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	111.165	0.685	19.97	198.55	0.00	0.00	45.00	150.00		
70.607	0.685	-22.45	127.26	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	111.850	0.685	19.97	194.64	0.00	0.00	45.00	150.00		
71.292	0.685	-22.45	131.79	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	112.536	0.685	19.97	190.74	0.00	0.00	45.00	150.00		
71.977	0.685	-22.45	136.32	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	113.221	0.685	19.97	186.84	0.00	0.00	45.00	150.00		
72.663	0.685	-22.45	140.86	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	113.906	0.685	19.97	182.93	0.00	0.00	45.00	150.00		
73.348	0.685	-22.45	145.39	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	114.592	0.678	19.97	177.20	0.00	0.00	45.00	150.00		
74.033	0.685	-22.45	149.92	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	115.270	0.685	19.97	175.42	0.00	0.00	45.00	150.00		
74.719	0.191	-22.45	42.63	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	115.955	0.685	19.97	172.02	0.00	0.00	45.00	150.00		
74.910	0.685	-22.45	158.15	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	116.641	0.685	19.97	168.62	0.00	0.00	45.00	150.00		
75.595	0.685	-22.45	167.38	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	117.326	0.685	19.97	165.22	0.00	0.00	45.00	150.00		
76.280	0.685	-22.45	176.94	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	118.011	0.685	19.97	161.82	0.00	0.00	45.00	150.00		
76.965	0.685	-22.45	186.15	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	118.697	0.685	19.97	158.42	0.00	0.00	45.00	150.00		
77.650	0.685	-22.45	196.33	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	119.382	0.088	19.97	20.07	0.00	0.00	45.00	150.00		
78.335	0.175	-22.45	51.72	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	119.470	0.685	19.97	154.81	0.00	0.00	45.00	150.00		
78.510	0.685	-22.45	209.61	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	120.155	0.135	19.97	30.07	0.00	0.00	45.00	150.00		
79.195	0.175	-22.45	55.11	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	120.290	0.685	19.97	150.83	0.00	0.00	45.00	150.00		
79.370	0.067	-22.45	21.43	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	120.975	0.685	19.97	146.97	0.00	0.00	45.00	150.00		
79.437	0.685	5.08	220.49	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	121.661	0.685	19.97	143.10	0.00	0.00	45.00	150.00		
80.123	0.232	5.08	75.61	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	122.346	0.685	19.97	139.24	0.00	0.00	45.00	150.00		
80.355	0.685	5.08	225.61	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	123.031	0.685	19.97	135.38	0.00	0.00	45.00	150.00		
81.040	0.300	5.08	99.85	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	123.717	0.685	19.97	131.51	0.00	0.00	45.00	150.00		
81.340	0.685	5.08	230.68	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	124.402	0.685	19.97	127.65	0.00	0.00	45.00	150.00		
82.025	0.170	5.08	57.56	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	125.087	0.685	19.97	123.79	0.00	0.00	45.00	150.00		
82.195	0.685	5.08	234.37	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	125.773	0.685	19.97	119.92	0.00	0.00	45.00	150.00		
82.880	0.170	5.08	58.47	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	126.458	0.685	19.97	116.06	0.00	0.00	45.00	150.00		
83.050	0.575	5.08	198.90	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	127.143	0.685	19.97	112.20	0.00	0.00	45.00	150.00		
83.625	0.575	5.08	199.72	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	127.829	0.676	19.97	106.83	0.00	0.00	45.00	150.00		
84.200	0.685	5.08	238.46	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	128.504	0.685	39.68	101.73	0.00	0.00	45.00	150.00		
84.885	0.685	5.08	238.31	0.00	0.00	0.00	45.00	150.00	129.									

alpha(°) : Angolo pendenza base concio
 W(kN/m) : Forza peso concio
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

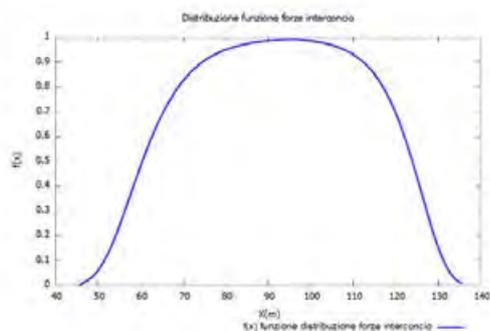
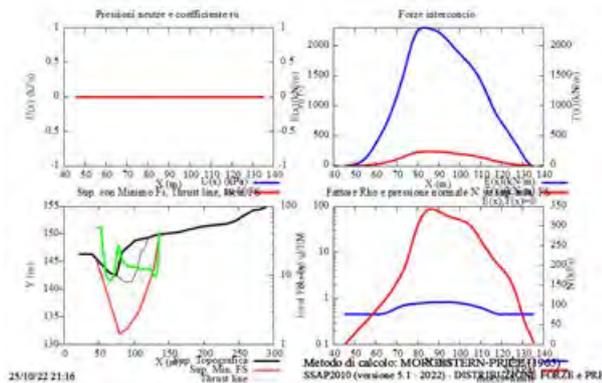
X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (kN)	FS_qFEM (--)	FS_srmFEM (--)			
45.591	0.000	145.608	-0.311	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	3.6767684296E+000	0.451	50.000	50.000		
46.277	0.058	145.395	-0.311	2.0494564664E+000	2.1474458060E-003	2.3039995707E+000	0.451	50.000	50.000			
46.962	0.117	145.182	-0.311	3.1580872680E+000	5.6902894392E-003	1.9419008257E+000	0.451	50.000	43.234			
47.647	0.175	144.968	-0.311	4.7112157615E+000	1.4223878228E-002	2.6451025780E+000	0.451	50.000	42.333			
48.333	0.233	144.755	-0.311	6.7837236962E+000	3.3687358690E-002	3.4401308474E+000	0.451	50.000	41.486			
49.018	0.291	144.542	-0.311	9.4265957328E+000	8.1711543612E-002	4.2878566261E+000	0.451	50.000	39.207			
49.703	0.350	144.329	-0.326	1.2661079573E+001	1.7780366264E-001	7.1217288670E+000	0.451	50.000	35.804			
50.389	0.388	144.095	-0.339	1.9188334210E+001	3.8288197954E-001	1.2174404955E+001	0.451	50.000	31.338			
51.074	0.428	143.864	-0.326	2.9348510323E+001	7.0013356427E-001	1.4328832142E+001	0.451	50.000	27.185			
51.759	0.484	143.649	-0.311	3.8828833682E+001	1.0064166778E+000	1.5385264809E+001	0.451	50.000	24.426			
52.445	0.545	143.438	-0.304	5.0437059786E+001	1.4037585597E+000	1.8753258958E+001	0.451	50.000	21.948			
53.130	0.610	143.231	-0.298	6.4533885498E+001	1.9148013553E+000	2.2603470154E+001	0.451	47.472	19.708			
53.815	0.680	143.030	-0.291	8.1419587827E+001	2.5615584452E+000	2.6492321568E+001	0.451	39.393	17.724			
54.501	0.754	142.832	-0.283	1.0084685383E+002	3.3660095698E+000	2.8516858330E+001	0.451	32.532	15.993			
54.670	0.777	142.788	-0.283	1.0567841083E+002	3.5749427124E+000	2.9589357948E+001	0.451	31.147	15.634			
55.355	0.851	142.590	-0.291	1.2881837282E+002	4.6526939257E+000	3.5994603277E+001	0.451	25.748	14.135			
56.041	0.921	142.389	-0.302	1.5501613631E+002	5.9851777633E+000	4.1185784038E+001	0.451	21.517	12.824			
56.726	0.980	142.176	-0.312	1.8527163863E+002	7.6830389290E+000	4.6038086811E+001	0.451	18.182	11.665			
57.411	1.036	141.961	-0.316	2.1812044312E+002	9.6757722651E+000	4.9688013717E+001	0.451	15.681	10.693			
58.097	1.090	141.743	-0.326	2.5337889242E+002	1.1981241379E+001	5.4162101881E+001	0.451	13.802	9.886			
58.782	1.132	141.514	-0.334	2.9236031996E+002	1.4743162261E+001	5.8092719289E+001	0.451	12.335	9.204			
59.467	1.174	141.284	-0.335	3.3300645810E+002	1.7810233313E+001	6.0557623284E+001	0.451	11.220	8.654			
60.153	1.216	141.054	-0.320	3.7536652426E+002	2.1183275723E+001	6.0381093059E+001	0.451	10.369	8.213			
60.838	1.279	140.846	-0.301	4.1577069280E+002	2.4609449167E+001	5.9598629437E+001	0.452	9.782	7.898			
61.523	1.346	140.641	-0.297	4.5705823775E+002	2.8259127815E+001	6.1339013548E+001	0.454	9.341	7.653			
62.030	1.398	140.492	-0.295	4.8853734927E+002	3.1145401615E+001	6.3080505385E+001	0.456	9.094	7.511			
62.715	1.467	140.290	-0.294	5.3263336332E+002	3.5292731405E+001	6.5415656973E+001	0.460	8.832	7.357			
63.401	1.538	140.090	-0.290	5.7820244992E+002	3.9699853822E+001	6.7115875202E+001	0.466	8.643	7.241			
63.848	1.587	139.961	-0.291	6.0841991100E+002	4.2681978210E+001	6.9109914806E+001	0.470	8.554	7.183			
64.534	1.669	139.760	-0.295	6.5744856366E+002	4.7617984128E+001	7.3457151859E+001	0.479	8.465	7.114			
65.219	1.750	139.557	-0.298	7.0910747144E+002	5.2933450037E+001	7.7360167622E+001	0.490	8.425	7.064			
65.904	1.828	139.352	-0.300	7.6348597943E+002	5.8644105505E+001	8.1392756464E+001	0.504	8.427	7.028			
66.590	1.904	139.146	-0.302	8.2067234808E+002	6.4761985819E+001	8.5317209175E+001	0.520	8.466	7.006			
67.180	1.969	138.967	-0.300	8.7199789374E+002	7.0334051225E+001	8.8089236683E+001	0.535	8.526	6.995			
67.865	2.048	138.762	-0.299	9.3328939800E+002	7.7090184563E+001	9.1670942369E+001	0.553	8.633	6.994			
68.551	2.125	138.556	-0.302	9.9765105775E+002	8.4273212410E+001	9.6207439468E+001	0.573	8.782	7.008			
69.236	2.201	138.349	-0.309	1.0651607289E+003	9.1892627626E+001	1.0306284417E+002	0.594	8.985	7.041			
69.921	2.268	138.133	-0.310	1.1389190771E+003	1.0034592367E+002	1.0825576554E+002	0.615	9.302	7.118			
70.607	2.342	137.923	-0.301	1.2135466744E+003	1.0896770829E+002	1.0954198035E+002	0.636	9.707	7.229			
71.292	2.422	137.721	-0.289	1.2890680345E+003	1.1774026214E+002	1.1086757960E+002	0.655	10.232	7.384			
71.977	2.512	137.527	-0.276	1.3655126279E+003	1.2663612161E+002	1.1226493216E+002	0.673	10.924	7.594			
72.663	2.611	137.343	-0.262	1.4429493362E+003	1.3561988576E+002	1.1620017131E+002	0.690	11.847	7.871			
73.348	2.718	137.167	-0.249	1.5247879534E+003	1.4496366836E+002	1.2337994817E+002	0.705	13.160	8.258			
74.033	2.835	137.001	-0.236	1.6120659664E+003	1.5465308530E+002	1.3342872903E+002	0.719	14.962	8.779			
74.719	2.962	136.844	-0.222	1.7076784260E+003	1.6481477175E+002	1.3672768734E+002	0.731	17.306	9.502			
74.910	3.003	136.807	-0.184	1.7336672282E+003	1.6752051097E+002	1.3614762720E+002	0.734	17.992	9.728			
75.595	3.162	136.683	-0.162	1.8274568799E+003	1.7717235150E+002	1.3420031759E+002	0.744	20.719	10.671			
76.280	3.347	136.585	-0.124	1.9175253589E+003	1.8630001605E+002	1.2635285348E+002	0.752	23.472	11.799			
76.965	3.559	136.513	-0.085	2.0005530264E+003	1.9461408644E+002	1.1489607499E+002	0.759	25.825	13.086			
77.650	3.797	136.469	-0.045	2.0749417010E+003	2.0201404182E+002	1.0159334847E+002	0.764	27.205	14.507			

78.335	4.063	136.451	-0.021	2.1397260570E+003	2.0850001686E+002	8.4158008733E+001	0.769	27.168	16.019
78.510	4.134	136.451	0.012	2.1539628237E+003	2.0993363579E+002	7.9883520110E+001	0.771	26.916	16.395
79.195	4.429	136.462	0.019	2.2043219381E+003	2.1508373399E+002	6.5146962984E+001	0.775	25.308	17.852
79.370	4.506	136.467	0.035	2.2153290656E+003	2.1624550115E+002	6.1060590015E+001	0.776	24.828	18.213
79.437	4.537	136.470	0.062	2.2193898614E+003	2.1669774430E+002	5.9278520524E+001	0.776	24.619	18.352
80.123	4.520	136.514	0.069	2.2528651387E+003	2.2069533923E+002	4.2604848855E+001	0.780	22.610	19.629
80.355	4.519	136.534	0.097	2.2622714357E+003	2.2191811156E+002	3.7090784907E+001	0.782	21.991	20.020
81.040	4.528	136.603	0.106	2.2808189730E+003	2.2475668597E+002	2.1312827781E+001	0.787	20.303	20.894
81.340	4.535	136.638	0.119	2.2864520394E+003	2.2579684950E+002	1.7377101513E+001	0.789	19.660	21.181
82.025	4.557	136.720	0.122	2.2961329787E+003	2.2791064087E+002	1.0267830649E+001	0.794	18.394	21.727
82.195	4.563	136.742	0.131	2.2977129203E+003	2.2835968080E+002	8.5607854484E+000	0.795	18.119	21.828
82.880	4.593	136.833	0.133	2.3014977403E+003	2.2997310535E+002	3.6645080019E+000	0.800	17.149	22.105
83.050	4.601	136.856	0.141	2.3020414021E+003	2.3033576857E+002	2.2878519244E+000	0.801	16.932	22.155
83.625	4.632	136.938	0.145	2.3015703327E+003	2.3137468635E+002	-2.6684735362E+000	0.806	16.321	22.200
84.200	4.666	137.023	0.149	2.2989726575E+003	2.3221057394E+002	-6.0977764590E+000	0.811	15.871	22.130
84.885	4.707	137.125	0.138	2.2935028246E+003	2.3292154744E+002	-8.1175423903E+000	0.816	15.523	21.915
85.571	4.733	137.212	0.125	2.2878459596E+003	2.3316572731E+002	-8.3455951569E+000	0.821	15.381	21.578
85.830	4.741	137.243	0.118	2.2856729420E+003	2.3320336452E+002	-8.5610033305E+000	0.822	15.327	21.442
86.515	4.761	137.324	0.116	2.2794782542E+003	2.3309717155E+002	-9.6435318278E+000	0.826	15.172	21.041
87.201	4.779	137.403	0.119	2.2724545736E+003	2.3276684731E+002	-1.1565462873E+001	0.829	15.006	20.625
87.886	4.802	137.487	0.122	2.2636254990E+003	2.3217398437E+002	-1.3862826198E+001	0.831	14.817	20.195
88.571	4.824	137.570	0.119	2.2534528275E+003	2.3136065223E+002	-1.5719161394E+001	0.833	14.622	19.792
89.257	4.844	137.650	0.119	2.2420792783E+003	2.3035979022E+002	-1.8011057433E+001	0.835	14.427	19.443
89.942	4.866	137.733	0.125	2.2287651097E+003	2.2916141679E+002	-2.1173633934E+001	0.835	14.224	19.126
90.594	4.892	137.818	0.135	2.2138843811E+003	2.2782573288E+002	-2.4952774532E+001	0.836	14.021	18.849
91.279	4.861	137.913	0.139	2.1952563173E+003	2.2617899144E+002	-2.8176184028E+001	0.837	13.830	18.579
91.964	4.829	138.008	0.140	2.1752633461E+003	2.2440551323E+002	-3.0379467423E+001	0.837	13.675	18.355
92.650	4.799	138.105	0.147	2.1536152465E+003	2.2245638395E+002	-3.4077293666E+001	0.837	13.545	18.150
93.120	4.785	138.178	0.156	2.1367893129E+003	2.2089791791E+002	-3.6158314135E+001	0.837	13.468	18.009
93.805	4.766	138.285	0.157	2.1116360998E+003	2.1852838871E+002	-3.7228390335E+001	0.836	13.373	17.809
94.491	4.747	138.393	0.158	2.0857604381E+003	2.1603452028E+002	-3.8039290739E+001	0.835	13.298	17.614
95.176	4.729	138.502	0.160	2.0594957256E+003	2.1343821320E+002	-3.8784906527E+001	0.833	13.243	17.421
95.861	4.714	138.613	0.167	2.0325980499E+003	2.1069772726E+002	-4.0540852902E+001	0.830	13.208	17.223
96.480	4.706	138.720	0.172	2.0067966949E+003	2.0797378202E+002	-4.1369251245E+001	0.826	13.185	17.032
97.165	4.697	138.837	0.167	1.9787022786E+003	2.0493714605E+002	-4.0093496950E+001	0.821	13.166	16.822
97.851	4.682	138.949	0.164	1.9518406246E+003	2.0198374764E+002	-3.9714260318E+001	0.816	13.154	16.624
98.150	4.676	138.999	0.156	1.9398860750E+003	2.0065819484E+002	-3.8842729086E+001	0.813	13.150	16.538
98.835	4.653	139.103	0.152	1.9149894422E+003	1.9786768609E+002	-3.6644672015E+001	0.807	13.149	16.361
99.521	4.632	139.208	0.152	1.8896573017E+003	1.9499622504E+002	-3.6842017510E+001	0.801	13.156	16.189
100.206	4.608	139.311	0.149	1.8644901679E+003	1.9210970806E+002	-3.6387793726E+001	0.793	13.171	16.028
100.730	4.588	139.388	0.151	1.8455583919E+003	1.8991644464E+002	-3.7107218775E+001	0.788	13.189	15.913
101.415	4.567	139.494	0.153	1.8192532650E+003	1.8680053713E+002	-3.7391842794E+001	0.779	13.224	15.766
101.480	4.565	139.504	0.147	1.8168418815E+003	1.8651060341E+002	-3.7290045849E+001	0.778	13.228	15.753
102.040	4.544	139.586	0.146	1.7960001213E+003	1.8399476491E+002	-3.7369555917E+001	0.771	13.263	15.646
102.725	4.517	139.686	0.146	1.7702613389E+003	1.8081290391E+002	-3.7815537600E+001	0.762	13.309	15.524
103.411	4.490	139.786	0.140	1.7441664451E+003	1.7750958550E+002	-3.6952350001E+001	0.751	13.319	15.413
104.096	4.455	139.878	0.133	1.7196108320E+003	1.7435335134E+002	-3.5562929018E+001	0.741	13.299	15.326
104.490	4.434	139.929	0.141	1.7056610356E+003	1.7254974661E+002	-3.7481934750E+001	0.735	13.278	15.283
105.175	4.408	140.030	0.149	1.6775022388E+003	1.6895817155E+002	-4.2372472969E+001	0.722	13.198	15.224
105.530	4.396	140.084	0.154	1.6622388458E+003	1.6702951733E+002	-4.3673298410E+001	0.716	13.145	15.203
106.215	4.376	140.190	0.153	1.6314657045E+003	1.6318026308E+002	-4.2344055141E+001	0.702	13.022	15.178
106.340	4.371	140.208	0.159	1.6262454519E+003	1.6253123387E+002	-4.3245702572E+001	0.700	12.997	15.176
106.810	4.360	140.285	0.162	1.6034978359E+003	1.5975058184E+002	-4.8489910576E+001	0.691	12.886	15.178
107.490	4.344	140.394	0.164	1.5704354363E+003	1.5579153108E+002	-5.0044223103E+001	0.678	12.706	15.205
108.045	4.334	140.487	0.172	1.5420091128E+003	1.5248274336E+002	-5.3354560445E+001	0.667	12.540	15.245
108.560	4.239	140.579	0.187	1.5135128432E+003	1.4925508248E+002	-5.7679562827E+001	0.658	12.415	15.295
109.245	4.123	140.712	0.202	1.4718545026E+003	1.4460633343E+002	-6.3339283022E+001	0.644	12.283	15.378
109.931	4.018	140.856	0.211	1.4266938238E+003	1.3958166898E+002	-6.9505475360E+001	0.631	12.182	15.474
109.990	4.009	140.869	0.222	1.4225534706E+003	1.3911811730E+002	-6.9791483150E+001	0.630	12.176	15.482
110.675	3.913	141.021	0.225	1.3749314495E+003	1.3378266978E+002	-7.0565105702E+001	0.616	12.123	15.584
111.165	3.847	141.134	0.242	1.3400015936E+003	1.2983477530E+002	-7.3801631613E+001	0.606	12.105	15.654
111.850	3.770	141.305	0.248	1.2870567500E+003	1.2375121150E+002	-7.5697788286E+001	0.591	12.105	15.742
112.536	3.688	141.473	0.251	1.2362427976E+003	1.1778610316E+002	-7.5585457035E+001	0.575	12.151	15.798

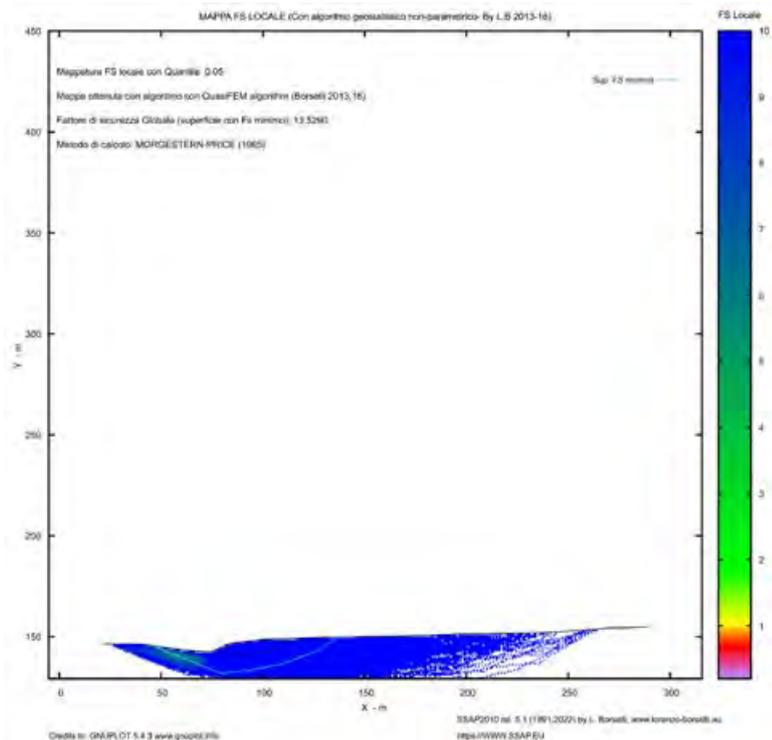
62.715	0.685	0.737	-21.616	-35.744	-26.350	287.604	212.020	99.521	0.685	0.697	10.478	72.115	50.262	472.873	329.579
63.401	0.448	0.481	-21.616	-37.072	-17.845	292.685	140.886	100.206	0.524	0.533	10.478	71.914	38.319	471.951	251.473
63.848	0.685	0.742	-22.448	-39.803	-29.515	299.304	221.945	100.730	0.685	0.697	10.478	71.857	50.082	472.224	329.127
64.534	0.685	0.742	-22.448	-41.559	-30.818	307.221	227.816	101.415	0.065	0.066	10.478	71.890	4.727	472.280	31.051
65.219	0.685	0.742	-22.448	-43.316	-32.120	315.267	233.782	101.480	0.560	0.569	10.478	71.793	40.886	471.864	268.725
65.904	0.685	0.742	-22.448	-45.073	-33.423	323.412	239.822	102.040	0.685	0.697	10.478	71.433	49.787	470.503	327.927
66.590	0.590	0.639	-22.448	-46.708	-29.837	330.757	211.290	102.725	0.685	0.697	10.478	70.915	49.425	468.482	326.518
67.180	0.685	0.742	-22.448	-48.516	-35.976	338.062	250.686	103.411	0.685	0.697	10.478	70.396	49.064	465.891	324.713
67.865	0.685	0.742	-22.448	-50.618	-37.535	347.313	257.545	104.096	0.394	0.401	10.478	69.987	28.039	464.058	185.917
68.551	0.685	0.742	-22.448	-52.720	-39.094	356.642	264.463	104.490	0.685	0.697	10.478	69.675	48.561	463.648	323.149
69.236	0.685	0.742	-22.448	-54.822	-40.653	369.235	273.801	105.175	0.355	0.361	10.478	69.427	25.040	462.847	166.933
69.921	0.685	0.742	-22.448	-56.925	-42.212	376.363	279.087	105.530	0.685	0.697	10.478	69.221	48.245	462.201	322.141
70.607	0.685	0.742	-22.448	-59.027	-43.771	383.346	284.265	106.215	0.125	0.127	10.478	69.078	8.757	460.975	58.435
71.292	0.685	0.742	-22.448	-61.129	-45.330	390.103	289.276	106.340	0.470	0.478	10.478	69.066	33.011	461.953	220.800
71.977	0.685	0.742	-22.448	-63.231	-46.888	396.570	294.071	106.810	0.680	0.692	10.478	68.991	47.710	461.489	319.134
72.663	0.685	0.742	-22.448	-65.334	-48.447	405.271	300.524	107.490	0.555	0.565	10.478	68.771	38.825	460.722	260.101
73.348	0.685	0.742	-22.448	-67.436	-50.006	413.855	306.889	108.045	0.515	0.548	19.973	111.611	61.142	443.542	242.978
74.033	0.685	0.742	-22.448	-69.538	-51.565	423.478	314.025	108.560	0.685	0.729	19.973	110.272	80.411	442.058	322.352
74.719	0.191	0.207	-22.448	-70.882	-14.661	423.364	87.566	109.245	0.685	0.729	19.973	108.841	79.368	440.471	321.196
74.910	0.685	0.742	-22.448	-73.356	-54.396	429.723	318.655	109.931	0.059	0.063	19.973	108.064	6.819	440.257	27.779
75.595	0.685	0.741	-22.448	-77.714	-57.569	437.403	324.020	109.990	0.685	0.729	19.973	106.985	78.014	437.519	319.043
76.280	0.685	0.742	-22.448	-82.072	-60.859	442.554	328.170	110.675	0.490	0.521	19.973	105.241	54.829	434.231	226.229
76.965	0.685	0.741	-22.448	-86.430	-64.026	447.017	331.142	111.165	0.685	0.729	19.973	103.496	75.470	432.799	315.601
77.650	0.685	0.742	-22.448	-91.063	-67.527	452.109	335.256	111.850	0.685	0.729	19.973	101.462	73.987	427.245	311.551
78.335	0.175	0.189	-22.448	-94.144	-17.790	453.463	85.691	112.536	0.685	0.729	19.973	99.427	72.503	424.169	309.308
78.510	0.685	0.742	-22.448	-97.225	-72.096	457.977	339.607	113.221	0.685	0.729	19.973	97.392	71.019	420.276	306.469
79.195	0.175	0.189	-22.448	-100.306	-18.955	461.541	87.217	113.906	0.685	0.729	19.973	95.357	69.536	418.439	305.130
79.370	0.067	0.073	-22.448	-101.156	-7.370	464.224	33.823	114.592	0.678	0.722	19.973	93.333	67.355	415.651	299.959
79.437	0.685	0.688	5.081	41.467	28.532	466.852	321.219	115.270	0.685	0.729	19.973	91.440	66.679	407.442	297.111
80.123	0.232	0.233	5.081	41.949	9.784	470.663	109.772	115.955	0.685	0.729	19.973	89.668	65.387	400.150	291.793
80.355	0.685	0.688	5.081	42.431	29.195	474.586	326.540	116.641	0.685	0.729	19.973	87.895	64.094	392.490	286.208
81.040	0.300	0.301	5.081	42.949	12.920	478.689	144.005	117.326	0.685	0.729	19.973	86.123	62.802	385.997	281.473
81.340	0.685	0.688	5.081	43.384	29.851	482.106	331.714	118.011	0.685	0.729	19.973	84.350	61.509	379.634	276.832
82.025	0.170	0.170	5.081	43.731	7.448	484.854	82.581	118.697	0.685	0.729	19.973	82.578	60.217	373.424	272.304
82.195	0.685	0.688	5.081	44.078	30.328	487.574	335.476	119.382	0.088	0.094	19.973	81.578	7.630	368.773	34.492
82.880	0.170	0.170	5.081	44.425	7.566	490.278	83.504	119.470	0.685	0.729	19.973	80.698	58.846	367.396	267.908
83.050	0.575	0.577	5.081	44.586	25.738	491.580	283.773	120.155	0.135	0.143	19.973	79.782	11.430	363.121	52.024
83.625	0.575	0.577	5.081	44.770	25.844	493.066	284.631	120.290	0.685	0.729	19.973	78.624	57.334	361.924	263.919
84.200	0.685	0.688	5.081	44.848	30.858	493.747	339.724	120.975	0.685	0.729	19.973	76.610	55.865	357.265	260.521
84.885	0.685	0.688	5.081	44.819	30.838	493.663	339.666	121.661	0.685	0.729	19.973	74.596	54.396	352.627	257.139
85.571	0.259	0.260	5.081	44.800	11.662	493.554	128.484	122.346	0.685	0.729	19.973	72.582	52.928	348.010	253.772
85.830	0.685	0.688	5.081	44.800	30.825	493.618	339.635	123.031	0.685	0.729	19.973	70.568	51.459	343.304	250.341
86.515	0.685	0.688	5.081	44.812	30.833	493.775	339.743	123.717	0.685	0.729	19.973	68.554	49.991	338.515	246.848
87.201	0.685	0.688	5.081	44.824	30.841	493.943	339.859	124.402	0.685	0.729	19.973	66.541	48.522	333.165	242.947
87.886	0.685	0.688	5.081	44.836	30.849	494.098	339.966	125.087	0.685	0.729	19.973	64.527	47.053	325.875	237.631
88.571	0.685	0.688	5.081	44.847	30.857	494.244	340.066	125.773	0.685	0.729	19.973	62.513	45.585	317.776	231.725
89.257	0.685	0.688	5.081	44.859	30.866	494.393	340.168	126.458	0.685	0.729	19.973	60.499	44.116	311.413	227.085
89.942	0.652	0.654	5.081	44.871	29.357	494.542	323.552	127.143	0.685	0.729	19.973	58.485	42.648	305.659	222.890
90.594	0.685	0.697	10.478	75.890	52.893	486.824	339.302	127.829	0.676	0.719	19.973	56.485	40.606	298.930	214.894
91.279	0.685	0.697	10.478	75.543	52.651	485.570	338.428	128.504	0.685	0.890	39.680	76.547	68.165	251.708	224.146
91.964	0.685	0.697	10.478	75.196	52.410	484.419	337.626	129.190	0.685	0.890	39.680	69.436	61.833	240.877	214.501
92.650	0.470	0.478	10.478	74.904	35.816	483.818	231.342	129.875	0.685	0.890	39.680	62.326	55.501	230.294	205.077
93.120	0.685	0.697	10.478	74.612	52.002	482.742	336.457	130.561	0.685	0.890	39.680	55.215	49.169	222.340	197.993
93.805	0.685	0.697	10.478	74.265	51.761	481.482	335.579	131.246	0.685	0.890	39.680	48.105	42.837	211.628	188.454
94.491	0.685	0.697	10.478	73.918	51.519	480.176	334.669	131.931	0.685	0.890	39.680	40.994	36.505	200.820	178.830
95.176	0.685	0.697	10.478	73.571	51.277	478.959	333.821	132.617	0.103	0.134	39.680	36.902	4.959	194.531	26.142
95.861	0.619	0.629	10.478	73.242	46.076	478.098	300.769	132.720	0.685	0.890	39.680	32.694	29.114	188.933	168.245
96.480	0.685	0.697	10.478	73.003	50.881	477.091	332.518	133.405	0.685	0.890	39.680	25.352	22.576	179.455	159.804
97.165	0.685	0.697	10.478	72.839	50.767	476.195	331.894	134.091	0.685	0.890	39.680	18.009	16.037	170.587	151.907
97.851	0.299	0.304	10.478	72.722	22.135	475.852	144.839	134.776	0.685	0.890	39.680	10.666	9.498	161.854	144.131
98.150	0.685	0.697	10.478	72.572	50.581	474.675	330.835	135.461	0.653	0.848	39.680	3.497	2.967	153.801	130.468
98.835	0.685	0.697	10.478	72.344	50.421	473.843	330.255								

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
dl(m) : lunghezza base concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio



Graphs rendering Credits to: GNUPLOT 5.4.3 www.gnuplot.info/ rel. 5.1 (1991,2022) by L. Borselli - sv



Modello di calcolo: Morgenstern - Price (1965)

DATI DI SUPR. CON MINOR FS

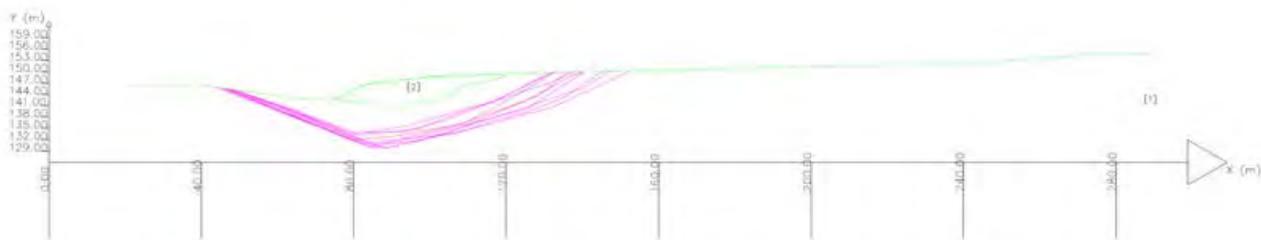
Fs minimo: 13.5290
Range Fs: 13.5290 - 13.7979
Differenza % Range Fs: 1.95
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0410
Coefficiente Sismico verticale - Kvc: 0.0205

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N: 5000
Lunghezza media segmenti (m): 10.7
Range X inizio generazione: 26.9 - 267.5
Range X termine generazione: 15.6 - 283.6
Livello Y minimo considerato: 129.2

SSAP 5.1 (2022) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 2.1 (2022)

Data: 25/10/2024
Località: FTV IMB. ARRICENA
Spostazione: pw=0
[m] -> N: strati a bente



Parametri Geotecnici degli strati

Str.	h	phi°	cua	cu	su	gamma	gamma_sat	gamma	spc	sw	u	u
		deg	kPa	kPa	kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	MPa	%		
1	45.00	35.00	150.00	80.00	0	25.00	21.00	21.50	0	0	0	0
2	35.00				0				0	0	0	0

Report elaborazioni

SSAP 5.1 - Slope Stability Analysis Program (1991,2022)
WWW.SSAP.EU
Build No. 12804
BY
Dr. Geol. LORENZO BORSELLI
UASLP, San Luis Potosi, Mexico
e-mail: lborselli@gmail.com
CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU
Ricercatore Associato CNR-IRPI

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 4 giugno 2022

File report: D:\Documenti\Lavnaz\Eolico\MEZZINA\FOTOVOLTAICO AM 1-2 APRICENA\VERIFICA STABILITA\PR12-PAGLIERINO\REPORT PR12.txt

Data: 25/10/2022

Localita' : FTV AM APRICENA

Descrizione: PR-12

Modello pendio: MODELLO-PR12.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

__ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) __

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4			
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
0.00	76.00	0.00	76.00	146.03	68.08	-	-		
22.48	77.00	9.94	75.50	158.90	75.59	-	-		
66.45	78.00	22.51	76.00	189.84	77.00	-	-		
116.78	78.00	66.46	77.00	203.29	78.00	-	-		
128.49	78.00	81.82	77.00	239.85	78.00	-	-		
128.81	77.72	116.78	77.00	246.56	78.22	-	-		
145.99	69.21	128.06	77.05	249.18	76.73	-	-		
158.61	76.58	128.25	76.89	247.19	76.50	-	-		
189.78	78.00	146.03	68.08	243.59	76.50	-	-		
203.25	79.00	147.84	69.14	242.07	77.00	-	-		
223.10	79.00	149.56	70.14	239.73	77.00	-	-		
239.84	79.00	151.27	71.14	238.80	76.50	-	-		
246.81	79.23	152.98	72.14	236.58	76.00	-	-		
249.19	77.88	154.70	73.14	235.91	75.50	-	-		
251.49	79.00	156.41	74.14	234.96	75.00	-	-		
252.70	79.50	158.12	75.14	233.92	74.00	-	-		
254.04	80.50	158.90	75.59	233.02	73.00	-	-		
255.37	81.00	167.51	76.00	231.98	72.00	-	-		
260.50	81.00	189.84	77.00	231.21	71.50	-	-		
267.24	81.50	203.29	78.00	230.64	71.00	-	-		
282.37	82.00	223.10	78.00	228.86	70.00	-	-		
-	-	239.85	78.00	225.90	68.50	-	-		
-	-	246.56	78.22	223.84	67.50	-	-		
-	-	246.71	78.13	223.01	66.50	-	-		
-	-	248.48	77.13	222.58	66.00	-	-		
-	-	249.18	76.73	221.86	65.50	-	-		
-	-	250.81	77.60	220.87	65.00	-	-		
-	-	251.89	78.08	219.05	65.00	-	-		
-	-	253.19	78.62	214.78	65.50	-	-		
-	-	253.97	79.20	212.18	65.50	-	-		
-	-	254.53	79.61	207.86	65.00	-	-		
-	-	255.55	80.00	207.01	65.00	-	-		
-	-	260.54	80.00	205.46	65.50	-	-		
-	-	267.30	80.50	203.62	67.00	-	-		
-	-	282.37	81.00	199.75	67.00	-	-		

-	-	-	-	195.30	66.00	-	-
-	-	-	-	191.34	65.50	-	-
-	-	-	-	187.83	65.00	-	-
-	-	-	-	180.01	65.00	-	-
-	-	-	-	175.51	65.00	-	-
-	-	-	-	174.21	64.00	-	-
-	-	-	-	173.31	63.50	-	-
-	-	-	-	167.08	63.50	-	-
-	-	-	-	166.24	64.00	-	-
-	-	-	-	161.28	64.00	-	-
-	-	-	-	157.02	64.50	-	-
-	-	-	-	152.37	65.50	-	-
-	-	-	-	149.87	66.50	-	-
-	-	-	-	148.99	67.00	-	-
-	-	-	-	148.31	67.50	-	-
-	-	-	-	146.03	68.08	-	-

-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	25.00	10.90	0.00	19.80	20.00	1.786	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	45.00	150.00	0.00	25.00	26.00	92.848	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 3	35.00	80.00	0.00	21.00	21.50	12.427	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` _____ Coesione efficace (in Kpa)

Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 11.3 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 5.65 259.78

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 46.85

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 33.88 276.72

TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene cosiderata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0410

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0205

COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

 ----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs #	154.068	72.863	153.051	72.538
-----	154.354	73.022	153.278	72.620
--	154.656	73.196	153.525	72.714
	154.947	73.367	153.751	72.806
	155.233	73.538	153.969	72.901
X(m) Y(m) #Superficie N.1 -	155.515	73.710	154.179	72.998
#FS_minimo #Fattore di sicurezza(FS)=	155.798	73.885	154.396	73.106
2.4150 #Lambda= 0.5827	156.079	74.061	154.606	73.217
148.468 70.657	156.362	74.242	154.822	73.337
149.500 70.896	156.648	74.428	155.045	73.467
150.008 71.021	156.648	75.434	155.287	73.614
150.359 71.118			155.514	73.757
150.664 71.213			155.736	73.899
150.949 71.314	X(m) Y(m) #Superficie N. 3		155.953	74.043
151.223 71.419	#Fattore di sicurezza(FS)= 2.6129		156.172	74.192
151.506 71.539	#Lambda= 0.5817		156.389	74.343
151.801 71.671	147.169 69.898		156.607	74.500
152.124 71.826	148.195 70.242		156.607	75.410
152.426 71.975	148.715 70.421			
152.718 72.125	149.081 70.552			
153.002 72.276	149.406 70.673	X(m) Y(m) #Superficie N. 5		
153.290 72.436	149.700 70.789	#Fattore di sicurezza(FS)= 2.6633		
153.572 72.598	149.990 70.907	#Lambda= 0.4900		
153.858 72.768	150.284 71.032	152.680 73.117		
154.148 72.946	150.583 71.163	153.360 73.171		
154.451 73.137	150.894 71.304	153.694 73.203		
154.750 73.325	151.197 71.443	153.924 73.232		
155.045 73.511	151.495 71.582	154.123 73.264		
155.340 73.696	151.790 71.723	154.310 73.302		
155.631 73.879	152.085 71.866	154.489 73.345		
155.924 74.063	152.381 72.012	154.677 73.395		
156.217 74.246	152.680 72.162	154.875 73.455		
156.383 74.349	152.984 72.318	155.097 73.527		
156.383 75.279	153.299 72.481	155.294 73.597		
	153.596 72.641	155.481 73.671		
	153.888 72.805	155.660 73.748		
X(m) Y(m) #Superficie N. 2	154.175 72.972	155.846 73.836		
#Fattore di sicurezza(FS)= 2.4850	154.468 73.151	156.024 73.926		
#Lambda= 0.5675	154.755 73.332	156.208 74.027		
148.814 70.859	155.048 73.523	156.397 74.138		
149.794 71.149	155.347 73.726	156.604 74.266		
150.292 71.300	155.347 74.675	156.805 74.391		
150.643 71.411		157.001 74.513		
150.954 71.515		157.195 74.634		
151.236 71.613	X(m) Y(m) #Superficie N. 4	157.386 74.754		
151.514 71.715	#Fattore di sicurezza(FS)= 2.6347	157.578 74.875		
151.798 71.822	#Lambda= 0.5320	157.769 74.997		
152.089 71.936	150.737 71.982	157.769 76.089		
152.395 72.060	151.513 72.133			
152.682 72.182	151.899 72.213			
152.961 72.306	152.168 72.275	X(m) Y(m) #Superficie N. 6		
153.235 72.435	152.403 72.335	#Fattore di sicurezza(FS)= 2.6680		
153.516 72.572	152.621 72.398	#Lambda= 0.5869		
153.789 72.713	152.833 72.464	150.370 71.768		

151.266	71.977		153.019	72.366		154.948	73.630
151.705	72.086		153.285	72.539		155.145	73.706
152.007	72.172		153.554	72.721		155.328	73.778
152.268	72.256		153.818	72.906		155.505	73.851
152.514	72.347		153.818	73.782		155.677	73.925
152.748	72.442					155.850	74.002
152.991	72.549					156.020	74.081
153.241	72.668		X(m)	Y(m)	#Superficie N. 8	156.194	74.164
153.516	72.807		#Fattore di sicurezza(FS)=	2.8322		156.370	74.251
153.780	72.942		#Lambda=	0.4990		156.555	74.346
154.036	73.075		151.515	72.436		156.733	74.438
154.289	73.208		152.210	72.655		156.908	74.532
154.540	73.341		152.563	72.764		157.081	74.626
154.790	73.476		152.812	72.837		157.254	74.723
155.041	73.613		153.033	72.899		157.427	74.822
155.294	73.753		153.233	72.952		157.602	74.924
155.549	73.895		153.432	73.002		157.781	75.031
155.804	74.038		153.637	73.051		157.781	76.096
156.058	74.179		153.849	73.098			
156.311	74.319		154.076	73.147		X(m)	Y(m)
156.563	74.459		154.277	73.197		#Fattore di sicurezza(FS)=	2.8637
156.816	74.599		154.470	73.253		#Lambda=	0.5473
157.069	74.738		154.653	73.314		152.012	72.727
157.323	74.878		154.849	73.388		152.751	72.909
157.472	74.959		155.033	73.466		153.122	73.004
157.472	75.915		155.227	73.557		153.382	73.075
			155.431	73.661		153.610	73.143
			155.661	73.786		153.820	73.211
			155.872	73.905		154.025	73.281
X(m)	Y(m)	#Superficie N. 7	156.074	74.024		154.234	73.358
#Fattore di sicurezza(FS)=	2.8174		156.270	74.145		154.450	73.440
#Lambda=	0.5619		156.469	74.272		154.680	73.532
146.846	69.710		156.663	74.401		154.897	73.623
147.769	70.045		156.861	74.538		155.107	73.715
148.249	70.219		157.062	74.681		155.314	73.808
148.592	70.343		157.186	74.773		155.524	73.908
148.901	70.455		157.186	75.748		155.729	74.009
149.174	70.555					155.937	74.115
149.451	70.655		X(m)	Y(m)	#Superficie N. 9	156.148	74.227
149.730	70.756		#Fattore di sicurezza(FS)=	2.8385		156.368	74.347
150.014	70.859		#Lambda=	0.4968		156.586	74.466
150.303	70.964		152.955	73.277		156.802	74.583
150.572	71.069		153.582	73.334		157.016	74.700
150.837	71.178		153.886	73.367		157.229	74.816
151.094	71.293		154.095	73.397		157.442	74.932
151.362	71.420		154.273	73.431		157.656	75.048
151.622	71.551		154.444	73.471		157.870	75.164
151.890	71.694		154.604	73.515		157.870	76.148
152.167	71.849		154.772	73.568			
152.467	72.025						
152.747	72.195						

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	2.415	151.2	62.6	76.1	Surplus
2	2.485	147.5	59.3	76.3	Surplus
3	2.613	148.5	56.8	80.3	Surplus
4	2.635	110.4	41.9	60.1	Surplus
5	2.663	100.6	37.8	55.3	Surplus
6	2.668	129.3	48.5	71.1	Surplus

7	2.817	123.7	43.9	71.0	Surplus
8	2.832	104.7	37.0	60.3	Surplus
9	2.838	90.9	32.0	52.5	Surplus
10	2.864	104.8	36.6	60.9	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 52.5

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata, ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	c',Cu (kPa)														
148.468	0.166	13.00	0.10	0.00	0.00	25.00	10.90	152.124	0.166	26.31	3.26	0.00	0.00	25.00	10.90						
148.634	0.166	13.00	0.29	0.00	0.00	25.00	10.90	152.290	0.080	26.31	1.59	0.00	0.00	25.00	10.90						
148.800	0.166	13.00	0.49	0.00	0.00	25.00	10.90	152.370	0.056	26.31	1.12	0.00	0.00	25.00	10.90						
148.966	0.024	13.00	0.09	0.00	0.00	25.00	10.90	152.426	0.166	27.19	3.35	0.00	0.00	25.00	10.90						
148.990	0.166	13.00	0.72	0.00	0.00	25.00	10.90	152.592	0.126	27.19	2.57	0.00	0.00	25.00	10.90						
149.156	0.166	13.00	0.91	0.00	0.00	25.00	10.90	152.718	0.166	28.09	3.41	0.00	0.00	25.00	10.90						
149.322	0.166	13.00	1.11	0.00	0.00	25.00	10.90	152.883	0.097	28.09	2.00	0.00	0.00	25.00	10.90						
149.487	0.013	13.00	0.10	0.00	0.00	25.00	10.90	152.980	0.022	28.09	0.46	0.00	0.00	25.00	10.90						
149.500	0.060	13.83	0.45	0.00	0.00	25.00	10.90	153.002	0.166	28.99	3.45	0.00	0.00	25.00	10.90						
149.560	0.166	13.83	1.38	0.00	0.00	25.00	10.90	153.168	0.122	28.99	2.56	0.00	0.00	25.00	10.90						
149.726	0.144	13.83	1.36	0.00	0.00	25.00	10.90	153.290	0.166	29.86	3.48	0.00	0.00	25.00	10.90						
149.870	0.138	13.83	1.43	0.00	0.00	25.00	10.90	153.456	0.116	29.86	2.44	0.00	0.00	25.00	10.90						
150.008	0.166	15.47	1.88	0.00	0.00	25.00	10.90	153.572	0.166	30.71	3.48	0.00	0.00	25.00	10.90						
150.174	0.166	15.47	2.05	0.00	0.00	25.00	10.90	153.738	0.120	30.71	2.52	0.00	0.00	25.00	10.90						
150.340	0.020	15.47	0.26	0.00	0.00	25.00	10.90	153.858	0.166	31.52	3.47	0.00	0.00	25.00	10.90						
150.359	0.166	17.29	2.23	0.00	0.00	25.00	10.90	154.024	0.124	31.52	2.59	0.00	0.00	25.00	10.90						
150.525	0.139	17.29	1.98	0.00	0.00	25.00	10.90	154.148	0.166	32.26	3.43	0.00	0.00	25.00	10.90						
150.664	0.166	19.49	2.50	0.00	0.00	25.00	10.90	154.314	0.136	32.26	2.81	0.00	0.00	25.00	10.90						
150.830	0.120	19.49	1.88	0.00	0.00	25.00	10.90	154.451	0.166	32.22	3.38	0.00	0.00	25.00	10.90						
150.949	0.166	21.15	2.71	0.00	0.00	25.00	10.90	154.616	0.084	32.22	1.70	0.00	0.00	25.00	10.90						
151.115	0.108	21.15	1.82	0.00	0.00	25.00	10.90	154.700	0.050	32.22	1.01	0.00	0.00	25.00	10.90						
151.223	0.047	22.78	0.81	0.00	0.00	25.00	10.90	154.750	0.166	32.18	3.34	0.00	0.00	25.00	10.90						
151.270	0.166	22.78	2.91	0.00	0.00	25.00	10.90	154.916	0.130	32.18	2.59	0.00	0.00	25.00	10.90						
151.436	0.071	22.78	1.26	0.00	0.00	25.00	10.90	155.045	0.166	32.14	3.29	0.00	0.00	25.00	10.90						
151.506	0.166	24.25	3.03	0.00	0.00	25.00	10.90	155.211	0.129	32.14	2.54	0.00	0.00	25.00	10.90						
151.672	0.129	24.25	2.40	0.00	0.00	25.00	10.90	155.340	0.166	32.10	3.25	0.00	0.00	25.00	10.90						
151.801	0.166	25.51	3.15	0.00	0.00	25.00	10.90	155.505	0.126	32.10	2.45	0.00	0.00	25.00	10.90						
151.966	0.158	25.51	3.06	0.00	0.00	25.00	10.90	155.631	0.166	32.06	3.21	0.00	0.00	25.00	10.90						
								155.797	0.127	32.06	2.45	0.00	0.00	25.00	10.90						
								155.924	0.166	32.02	3.17	0.00	0.00	25.00	10.90						
								156.090	0.127	32.02	2.41	0.00	0.00	25.00	10.90						
								156.217	0.166	31.98	3.13	0.00	0.00	25.00	10.90						

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
- dx(m) : Larghezza concio
- alpha(°) : Angolo pendenza base concio
- W(kN/m) : Forza peso concio
- ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
- U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
- phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
- c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (m)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (kN)	FS_qFEM (-)	FS_srmFEM (-)				
148.468	0.000	70.657	0.382	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	1.1730657734E+000	0.081	6.082	3.432				
148.634	0.019	70.715	0.382	5.9995197840E-001	3.4959189544E-003	6.0656104421E+000	0.081	6.082	3.432				
148.800	0.050	70.784	0.353	2.0109063462E+000	6.9147659281E-002	6.2670349299E+000	0.097	3.502	2.034				

148.966	0.060	70.832	0.291	2.6776357388E+000	1.8326314587E-001	3.9194176249E+000	0.134	3.533	1.853
148.990	0.062	70.839	0.372	2.7729658841E+000	2.1327798761E-001	4.0154166865E+000	0.140	3.618	1.842
149.156	0.087	70.903	0.363	3.5636403368E+000	4.9529277332E-001	4.4195384057E+000	0.202	4.585	1.773
149.322	0.106	70.960	0.334	4.2381568838E+000	7.9846697679E-001	3.8511858076E+000	0.295	6.352	1.757
149.487	0.121	71.013	0.324	4.8404077874E+000	1.1421005614E+000	3.6032449561E+000	0.406	9.226	1.773
149.500	0.122	71.018	0.314	4.8878295128E+000	1.1718768935E+000	3.5603929224E+000	0.416	9.474	1.776
149.560	0.126	71.036	0.294	5.0889266815E+000	1.3035775006E+000	3.2687507120E+000	0.458	10.385	1.787
149.726	0.133	71.084	0.330	5.5806184548E+000	1.6885047765E+000	3.3226650496E+000	0.524	10.282	1.831
149.870	0.152	71.139	0.408	6.1046043137E+000	2.1467049295E+000	3.8177092338E+000	0.593	7.545	1.888
150.008	0.179	71.199	0.430	6.6559701551E+000	2.6526396048E+000	3.7846140706E+000	0.673	5.413	1.953
150.174	0.203	71.269	0.382	7.2415067035E+000	3.2080381266E+000	3.0248588562E+000	0.760	4.024	2.020
150.340	0.213	71.326	0.337	7.6587889032E+000	3.6094565768E+000	2.0864631074E+000	0.812	3.424	2.067
150.359	0.214	71.332	0.357	7.6993543071E+000	3.6484620154E+000	2.0514482770E+000	0.816	3.386	2.071
150.525	0.223	71.392	0.378	8.0625755946E+000	3.9994102073E+000	2.0797863327E+000	0.848	3.111	2.118
150.664	0.234	71.447	0.457	8.3379861986E+000	4.2682443462E+000	2.0087991484E+000	0.868	2.984	2.161
150.830	0.260	71.531	0.508	8.6753707707E+000	4.6090893335E+000	1.8306873817E+000	0.889	2.841	2.234
150.949	0.278	71.592	0.463	8.8766843022E+000	4.8158497491E+000	1.4143048296E+000	0.900	2.777	2.283
151.115	0.285	71.663	0.418	9.0493992291E+000	4.9977712929E+000	8.3746504748E-001	0.906	2.736	2.338
151.223	0.286	71.706	0.393	9.1252938778E+000	5.0800341596E+000	5.5420721886E-001	0.906	2.730	2.368
151.270	0.285	71.724	0.404	9.1483666872E+000	5.1065869120E+000	4.6498452825E-001	0.905	2.732	2.379
151.436	0.283	71.792	0.414	9.2119311826E+000	5.1856421733E+000	2.5919953969E-001	0.900	2.736	2.426
151.506	0.283	71.822	0.457	9.2264853138E+000	5.2095204473E+000	1.4566649551E-001	0.896	2.737	2.450
151.672	0.287	71.900	0.504	9.2270077384E+000	5.2426888204E+000	-1.2735932531E-001	0.886	2.712	2.518
151.801	0.299	71.970	0.593	9.1975985662E+000	5.2494949444E+000	-4.1464519007E-001	0.876	2.666	2.586
151.966	0.324	72.075	0.594	9.0891309163E+000	5.2115690763E+000	-7.0946331823E-001	0.858	2.562	2.691
152.124	0.337	72.162	0.520	8.9689224236E+000	5.1591487118E+000	-8.0350637034E-001	0.842	2.480	2.774
152.290	0.335	72.243	0.476	8.8284874634E+000	5.0908888646E+000	-8.9103706614E-001	0.826	2.417	2.840
152.370	0.332	72.279	0.432	8.7555081987E+000	5.0536082073E+000	-9.0343754873E-001	0.818	2.395	2.865
152.426	0.327	72.302	0.512	8.7053874693E+000	5.0270432985E+000	-1.0116023310E+000	0.813	2.386	2.878
152.592	0.333	72.393	0.551	8.4814843789E+000	4.9048515918E+000	-1.4246416912E+000	0.792	2.348	2.925
152.718	0.338	72.462	0.557	8.2950086574E+000	4.8026726840E+000	-1.5412391078E+000	0.775	2.322	2.958
152.883	0.342	72.555	0.545	8.0263371325E+000	4.6563958320E+000	-1.6254132461E+000	0.753	2.289	2.995
152.980	0.341	72.605	0.503	7.8689200797E+000	4.5710245262E+000	-1.4098165997E+000	0.741	2.270	3.011
153.002	0.338	72.615	0.477	7.8389357871E+000	4.5549545639E+000	-1.3958152337E+000	0.739	2.267	3.013
153.168	0.327	72.695	0.511	7.5629806093E+000	4.4046801999E+000	-1.8371663559E+000	0.718	2.235	3.026
153.290	0.326	72.762	0.588	7.3224407809E+000	4.2692653609E+000	-2.1106226750E+000	0.699	2.203	3.026
153.456	0.333	72.865	0.641	6.9397901802E+000	4.0464742664E+000	-2.4689407508E+000	0.669	2.145	3.010
153.572	0.345	72.943	0.620	6.6397266310E+000	3.8683581148E+000	-2.4791271696E+000	0.645	2.097	2.985
153.738	0.343	73.039	0.587	6.2529795077E+000	3.6369555382E+000	-2.3841396558E+000	0.613	2.031	2.931
153.858	0.343	73.111	0.596	5.9617885650E+000	3.4615781346E+000	-2.4526147937E+000	0.589	1.983	2.881
154.024	0.340	73.210	0.609	5.5480466956E+000	3.2112343204E+000	-2.5671020578E+000	0.553	1.919	2.799
154.148	0.342	73.287	0.674	5.2221761498E+000	3.0119882665E+000	-2.7913622284E+000	0.524	1.875	2.733
154.314	0.355	73.405	0.670	4.7217086020E+000	2.7055638455E+000	-2.8008689670E+000	0.480	1.817	2.631
154.451	0.353	73.490	0.589	4.3640668502E+000	2.4908516916E+000	-2.5146411665E+000	0.451	1.785	2.566
154.616	0.343	73.584	0.548	3.9686866090E+000	2.2575278304E+000	-2.2200532664E+000	0.418	1.760	2.505
154.700	0.333	73.627	0.494	3.7899962302E+000	2.1512272755E+000	-1.9851051977E+000	0.402	1.752	2.482
154.750	0.324	73.649	0.524	3.6956804677E+000	2.0945988969E+000	-1.9586004205E+000	0.392	1.750	2.471
154.916	0.310	73.740	0.568	3.3358305818E+000	1.8655317413E+000	-2.2405953479E+000	0.351	1.746	2.434
155.045	0.306	73.817	0.649	3.0383710820E+000	1.6576627602E+000	-2.3995634715E+000	0.309	1.750	2.407
155.211	0.316	73.931	0.680	2.6184678002E+000	1.3357389970E+000	-2.4489580339E+000	0.244	1.766	2.376
155.340	0.321	74.017	0.640	2.3115085995E+000	1.0835300214E+000	-2.2748921406E+000	0.194	1.784	2.362
155.505	0.320	74.120	0.612	1.9575980397E+000	7.8518968043E-001	-2.1134736349E+000	0.144	1.813	2.358
155.631	0.317	74.196	0.612	1.6938581257E+000	5.7861503287E-001	-2.1206303692E+000	0.118	1.836	2.361
155.797	0.315	74.298	0.599	1.3371976111E+000	3.4238148142E-001	-2.0798072825E+000	0.096	1.869	2.372
155.924	0.309	74.371	0.611	1.0793162003E+000	1.8500468469E-001	-2.1405432613E+000	0.085	1.892	2.383
156.090	0.311	74.477	0.576	6.9948572765E-001	3.6930915590E-002	-2.0649303970E+000	0.081	1.913	2.397
156.217	0.294	74.540	0.576	4.5962890699E-001	6.1632207818E-003	-2.2735700374E+000	0.081	1.921	2.404

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di trust

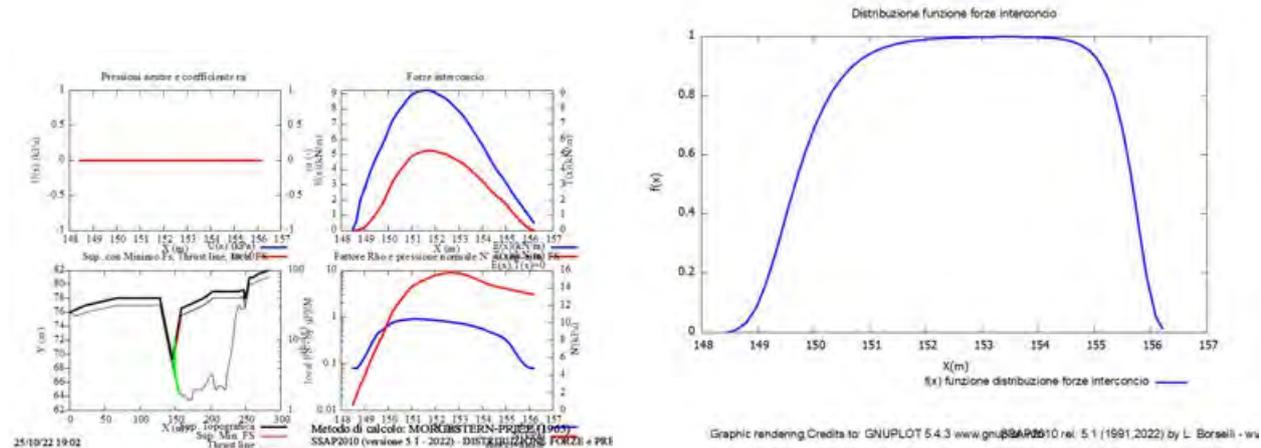
$yt'(-)$: gradiente pendenza locale linea di trust
 $E(x)(kN/m)$: Forza Normale interconcio
 $T(x)(kN/m)$: Forza Tangenziale interconcio
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
 $Rho(x)$ (-) : fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconcio Zhu et al.(2003)
 $FS_qFEM(x)(-)$: fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
 $FS_srmFEM(x)(-)$: fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)								
148.468	0.166	0.170	12.999	0.153	0.026	11.158	1.898	152.124	0.166	0.185	26.310	8.470	1.566	18.367	3.396
148.634	0.166	0.170	12.999	0.458	0.078	11.644	1.981	152.290	0.080	0.089	26.310	8.565	0.764	18.480	1.649
148.800	0.166	0.170	12.999	0.763	0.130	12.137	2.065	152.370	0.056	0.062	26.310	8.618	0.537	18.531	1.155
148.966	0.024	0.025	12.999	0.938	0.024	12.388	0.310	152.426	0.166	0.186	27.187	8.864	1.652	18.647	3.475
148.990	0.166	0.170	12.999	1.113	0.189	12.645	2.151	152.592	0.126	0.142	27.187	8.955	1.268	18.767	2.657
149.156	0.166	0.170	12.999	1.419	0.241	13.152	2.237	152.718	0.166	0.188	28.093	9.206	1.730	18.770	3.527
149.322	0.166	0.170	12.999	1.724	0.293	13.650	2.322	152.883	0.097	0.110	28.093	9.265	1.015	18.818	2.062
149.487	0.013	0.014	12.999	1.889	0.026	13.913	0.188	152.980	0.022	0.025	28.093	9.292	0.232	18.740	0.468
149.500	0.060	0.061	13.834	2.050	0.126	13.926	0.854	153.002	0.166	0.190	28.994	9.486	1.798	18.768	3.557
149.560	0.166	0.171	13.834	2.258	0.385	14.247	2.432	153.168	0.122	0.140	28.994	9.526	1.333	18.932	2.650
149.726	0.144	0.149	13.834	2.544	0.378	14.604	2.169	153.290	0.166	0.191	29.856	9.702	1.854	19.013	3.634
149.870	0.138	0.142	13.834	2.805	0.399	14.964	2.127	153.456	0.116	0.134	29.856	9.716	1.302	19.154	2.567
150.008	0.166	0.172	15.475	3.349	0.576	15.128	2.602	153.572	0.166	0.193	30.708	9.856	1.900	18.961	3.656
150.174	0.166	0.172	15.475	3.652	0.628	15.743	2.708	153.738	0.120	0.140	30.708	9.842	1.377	18.996	2.657
150.340	0.020	0.021	15.475	3.823	0.079	16.077	0.333	153.858	0.166	0.194	31.515	9.940	1.933	18.921	3.679
150.359	0.166	0.174	17.295	4.326	0.751	16.000	2.778	154.024	0.124	0.146	31.515	9.899	1.444	18.961	2.766
150.525	0.139	0.145	17.295	4.595	0.667	16.398	2.381	154.148	0.166	0.196	32.262	9.954	1.951	19.025	3.729
150.664	0.166	0.176	19.493	5.290	0.930	16.345	2.874	154.314	0.136	0.161	32.262	9.884	1.595	18.770	3.029
150.830	0.120	0.127	19.493	5.523	0.701	16.729	2.123	154.451	0.166	0.196	32.223	9.810	1.922	18.602	3.645
150.949	0.166	0.178	21.154	6.083	1.081	16.976	3.017	154.616	0.084	0.099	32.223	9.754	0.964	18.461	1.825
151.115	0.108	0.115	21.154	6.286	0.726	17.330	2.002	154.700	0.050	0.059	32.223	9.724	0.572	18.340	1.079
151.223	0.047	0.051	22.782	6.732	0.345	17.331	0.888	154.750	0.166	0.196	32.184	9.671	1.894	18.497	3.623
151.270	0.166	0.180	22.782	6.871	1.235	17.508	3.148	154.916	0.130	0.153	32.184	9.606	1.471	18.620	2.851
151.436	0.071	0.077	22.782	7.024	0.537	17.725	1.356	155.045	0.166	0.196	32.144	9.537	1.867	18.836	3.688
151.506	0.166	0.182	24.252	7.463	1.357	17.746	3.226	155.211	0.129	0.152	32.144	9.473	1.441	18.805	2.860
151.672	0.129	0.141	24.252	7.625	1.076	17.973	2.536	155.340	0.166	0.196	32.104	9.405	1.840	18.647	3.649
151.801	0.166	0.184	25.506	8.025	1.474	18.109	3.326	155.505	0.126	0.148	32.104	9.344	1.387	18.487	2.745
151.966	0.158	0.175	25.506	8.172	1.429	18.297	3.199	155.631	0.166	0.196	32.064	9.278	1.815	18.287	3.577
								155.797	0.127	0.150	32.064	9.218	1.385	18.103	2.721
								155.924	0.166	0.196	32.024	9.153	1.790	17.810	3.482
								156.090	0.127	0.150	32.024	9.094	1.360	17.282	2.585
								156.217	0.166	0.195	31.985	9.031	1.765	17.094	3.341

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
- dx(m) : Larghezza concio
- dl(m) : lunghezza base concio
- alpha(°) : Angolo pendenza base concio
- TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
- TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
- TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
- TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio



Graphic rendering Credits to: GNUPLOT 5.4.3 www.gnuplot.info rel. 5.1 (1991.2022) by L. Borselli - wu

Report elaborazioni

SSAP 5.1 - Slope Stability Analysis Program (1991,2022)
WWW.SSAP.EU
Build No. 12804
BY
Dr. Geol. LORENZO BORSELLI
UASLP, San Luis Potosi, Mexico
e-mail: lborselli@gmail.com
CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU
Ricercatore Associato CNR-IRPI

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 4 giugno 2022

File report: D:\Documenti\Lavnaz\Eolico\MEZZINA\FOTOVOLTAICO AM 1-2 APRICENA\VERIFICA STABILITA\PR16-PAGLIERINO\REPORT-PR16.txt

Data: 25/10/2022

Localita' : FTV AM APRICENA

Descrizione: PR-16

Modello pendio: MODELLO-PR16.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

__ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) __

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	83.50	65.97	82.01	-	-	-	-
1.04	83.50	115.63	81.37	-	-	-	-
1.65	83.00	115.10	81.00	-	-	-	-
1.98	82.50	113.97	80.50	-	-	-	-
2.36	82.00	112.76	80.00	-	-	-	-
2.89	81.50	111.28	79.50	-	-	-	-
3.45	81.00	110.71	79.50	-	-	-	-
3.96	80.50	108.53	79.50	-	-	-	-
4.45	80.00	106.62	79.00	-	-	-	-
5.27	79.50	104.37	78.50	-	-	-	-
7.59	79.00	101.41	78.50	-	-	-	-
12.13	78.50	98.31	79.00	-	-	-	-
24.01	78.50	96.11	79.50	-	-	-	-
24.89	79.00	93.69	80.00	-	-	-	-
26.64	80.00	91.52	80.50	-	-	-	-
28.39	81.00	86.78	81.00	-	-	-	-
30.14	82.00	81.27	81.50	-	-	-	-
30.45	82.15	71.28	81.50	-	-	-	-
65.97	82.01	67.11	81.50	-	-	-	-
115.63	81.37	66.07	82.00	-	-	-	-
169.69	80.86	65.97	82.01	-	-	-	-
169.84	81.00	-	-	-	-	-	-
169.84	81.00	-	-	-	-	-	-
170.15	81.00	-	-	-	-	-	-
170.88	82.00	-	-	-	-	-	-
171.94	83.00	-	-	-	-	-	-
177.82	83.00	-	-	-	-	-	-
178.90	82.50	-	-	-	-	-	-
179.66	82.00	-	-	-	-	-	-
180.74	81.50	-	-	-	-	-	-
181.79	81.00	-	-	-	-	-	-
184.41	80.50	-	-	-	-	-	-
196.20	80.00	-	-	-	-	-	-
213.43	79.50	-	-	-	-	-	-

-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	45.00	150.00	0.00	25.00	26.00	92.848	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	35.00	80.00	0.00	21.00	21.50	12.427	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` _____ Coesione efficace (in Kpa)

Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Usò CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 8.5 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 4.27 196.36

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 74.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 25.61 209.16

TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

METODO DI ESPLOREAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0410

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0205

COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI			23.060	77.699	27.968	77.711
GENERATE CON MINOR Fs #			23.944	77.370	28.502	77.890
-----			24.506	77.205	29.013	78.069
--			24.942	77.125	29.518	78.255
			25.406	77.102	30.017	78.446
X(m)	Y(m)	#Superficie N.1 -	25.796	77.125	30.526	78.649
#FS_minimo	#Fattore	di	26.243	77.200	31.051	78.866
sicurezza(FS)=14.4798	#Lambda=	0.2328	26.743	77.326	31.606	79.104
21.083	78.500		27.391	77.526	32.121	79.313

32.621 79.504 34.416 82.134
 32.860 79.590
 32.860 82.141

X(m) Y(m) #Superficie N. 6
 #Fattore di sicurezza(FS)=15.2379
 #Lambda= 0.3297

X(m) Y(m) #Superficie N. 4
 #Fattore di sicurezza(FS)=14.9961
 #Lambda= 0.2576

X(m) Y(m) #Superficie N. 2
 #Fattore di sicurezza(FS)=14.5539
 #Lambda= 0.2223

22.494 78.500
 24.444 77.703
 25.327 77.369
 25.895 77.196
 26.343 77.104
 26.811 77.065
 27.213 77.070
 27.669 77.122
 28.179 77.218
 28.835 77.377
 29.400 77.527
 29.919 77.679
 30.409 77.838
 30.908 78.016
 31.389 78.204
 31.891 78.414
 32.415 78.649
 32.994 78.923
 33.516 79.157
 33.755 79.256
 33.755 82.137

22.840 78.500
 24.197 78.118
 24.836 77.954
 25.265 77.865
 25.621 77.813
 25.972 77.789
 26.294 77.786
 26.643 77.805
 27.023 77.844
 27.484 77.911
 27.874 77.979
 28.236 78.057
 28.575 78.146
 28.931 78.256
 29.265 78.374
 29.615 78.514
 29.979 78.674
 30.387 78.867
 30.777 79.051
 31.155 79.226
 31.527 79.397
 31.895 79.564
 31.895 82.144

23.305 78.500
 24.358 78.294
 24.858 78.207
 25.196 78.163
 25.479 78.142
 25.756 78.140
 26.011 78.152
 26.285 78.179
 26.578 78.221
 26.924 78.284
 27.229 78.346
 27.516 78.413
 27.790 78.485
 28.072 78.569
 28.342 78.657
 28.620 78.756
 28.906 78.866
 29.216 78.994
 29.516 79.116
 29.810 79.234
 30.101 79.350
 30.388 79.464
 30.676 79.577
 30.964 79.689
 31.252 79.800
 31.542 79.910
 31.729 79.981
 31.729 82.145

X(m) Y(m) #Superficie N. 3
 #Fattore di sicurezza(FS)=14.8997
 #Lambda= 0.2777

23.451 78.500
 24.743 78.043
 25.345 77.845
 25.744 77.737
 26.071 77.672
 26.399 77.636
 26.693 77.624
 27.016 77.634
 27.367 77.666
 27.798 77.724
 28.171 77.783
 28.519 77.848
 28.849 77.921
 29.187 78.007
 29.511 78.099
 29.846 78.206
 30.193 78.327
 30.573 78.469
 30.934 78.601
 31.285 78.726
 31.630 78.846
 31.975 78.962
 32.319 79.075
 32.668 79.186
 33.025 79.296
 33.398 79.408
 33.746 79.506
 34.085 79.593
 34.416 79.671

X(m) Y(m) #Superficie N. 5
 #Fattore di sicurezza(FS)=15.2278
 #Lambda= 0.2682

22.873 78.500
 23.891 78.281
 24.399 78.178
 24.752 78.114
 25.062 78.065
 25.348 78.029
 25.629 78.000
 25.923 77.976
 26.237 77.958
 26.591 77.944
 26.882 77.945
 27.151 77.962
 27.398 77.995
 27.672 78.050
 27.919 78.118
 28.187 78.209
 28.473 78.324
 28.814 78.476
 29.130 78.619
 29.430 78.759
 29.723 78.897
 30.012 79.037
 30.300 79.180
 30.592 79.326
 30.888 79.478
 31.195 79.638
 31.384 79.733
 31.384 82.146

X(m) Y(m) #Superficie N. 7
 #Fattore di sicurezza(FS)=15.2913
 #Lambda= 0.2728

23.243 78.500
 23.891 78.274
 24.216 78.164
 24.443 78.091
 24.642 78.032
 24.826 77.983
 25.007 77.938
 25.196 77.896
 25.396 77.855
 25.620 77.813
 25.806 77.785
 25.978 77.770
 26.137 77.766
 26.313 77.773
 26.471 77.789
 26.641 77.818
 26.822 77.858
 27.035 77.915
 27.238 77.969
 27.432 78.021
 27.623 78.072
 27.809 78.122
 27.999 78.173
 28.190 78.224
 28.386 78.276
 28.587 78.330

28.769	78.384	28.727	78.875	30.305	78.964
28.946	78.444	29.009	78.976	30.681	79.137
29.117	78.508	29.304	79.086	31.026	79.290
29.298	78.584	29.596	79.196	31.358	79.430
29.469	78.662	29.883	79.304	31.679	79.560
29.648	78.752	30.170	79.412	32.004	79.684
29.835	78.851	30.453	79.519	32.186	79.749
30.041	78.968	30.737	79.627	32.186	82.143
30.235	79.076	31.021	79.736		
30.423	79.177	31.306	79.844		
30.607	79.274	31.590	79.953		
30.791	79.368	31.775	80.025		
30.959	79.452	31.775	82.145		
30.959	82.148				

X(m) Y(m) #Superficie N.10
#Fattore di sicurezza(FS)=15.5160
#Lambda= 0.1833

20.398 78.500
23.355 77.498

X(m) Y(m) #Superficie N. 9
#Fattore di sicurezza(FS)=15.3060
#Lambda= 0.2936

24.711 77.077
25.599 76.859

X(m) Y(m) #Superficie N. 8
#Fattore di sicurezza(FS)=15.3055
#Lambda= 0.3426

26.312 76.744
27.043 76.702

23.492	78.500
24.532	78.316
25.023	78.240
25.353	78.205
25.629	78.192
25.900	78.199
26.147	78.219
26.413	78.256
26.696	78.309
27.031	78.385
27.334	78.458
27.621	78.533
27.898	78.611
28.178	78.695
28.450	78.782

23.904	78.500
25.089	78.314
25.663	78.234
26.055	78.193
26.390	78.173
26.709	78.170
27.012	78.180
27.333	78.204
27.675	78.242
28.071	78.297
28.412	78.355
28.733	78.423
29.035	78.500
29.354	78.596
29.656	78.699
29.972	78.822

27.683	76.718
28.395	76.796
29.177	76.934
30.153	77.153
31.011	77.362
31.811	77.576
32.572	77.798
33.342	78.042
34.097	78.302
34.882	78.590
35.709	78.913
36.623	79.289
36.623	82.126

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	14.480	2671.2	184.5	2449.9	Surplus
2	14.554	2741.5	188.4	2515.5	Surplus
3	14.900	2514.8	168.8	2312.2	Surplus
4	14.996	1994.1	133.0	1834.5	Surplus
5	15.228	1843.3	121.0	1698.0	Surplus
6	15.238	1744.4	114.5	1607.0	Surplus
7	15.291	1713.7	112.1	1579.2	Surplus
8	15.306	1702.8	111.3	1569.3	Surplus
9	15.306	1795.2	117.3	1654.5	Surplus
10	15.516	3920.7	252.7	3617.5	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 1569.3

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata, ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
21.083	0.240	-22.05	0.30	0.00	0.00	45.00	150.00
21.322	0.240	-22.05	0.89	0.00	0.00	45.00	150.00
21.562	0.240	-22.05	1.48	0.00	0.00	45.00	150.00
21.802	0.240	-22.05	2.08	0.00	0.00	45.00	150.00
22.041	0.240	-22.05	2.67	0.00	0.00	45.00	150.00
22.281	0.240	-22.05	3.26	0.00	0.00	45.00	150.00
22.520	0.240	-22.05	3.85	0.00	0.00	45.00	150.00
22.760	0.240	-22.05	4.45	0.00	0.00	45.00	150.00
22.999	0.061	-22.05	1.22	0.00	0.00	45.00	150.00
23.060	0.240	-20.44	5.17	0.00	0.00	45.00	150.00
23.300	0.240	-20.44	5.71	0.00	0.00	45.00	150.00
23.539	0.240	-20.44	6.26	0.00	0.00	45.00	150.00
23.779	0.165	-20.44	4.62	0.00	0.00	45.00	150.00
23.944	0.066	-16.36	1.93	0.00	0.00	45.00	150.00
24.010	0.240	-16.36	7.66	0.00	0.00	45.00	150.00
24.250	0.240	-16.36	8.92	0.00	0.00	45.00	150.00
24.489	0.017	-16.36	0.68	0.00	0.00	45.00	150.00
24.506	0.240	-10.43	10.19	0.00	0.00	45.00	150.00
24.746	0.144	-10.43	6.67	0.00	0.00	45.00	150.00
24.890	0.052	-10.43	2.52	0.00	0.00	45.00	150.00
24.942	0.240	-2.78	12.10	0.00	0.00	45.00	150.00
25.182	0.224	-2.78	12.13	0.00	0.00	45.00	150.00
25.406	0.240	3.37	13.78	0.00	0.00	45.00	150.00
25.645	0.150	3.37	9.03	0.00	0.00	45.00	150.00
25.796	0.240	9.55	14.92	0.00	0.00	45.00	150.00
26.035	0.207	9.55	13.39	0.00	0.00	45.00	150.00
26.243	0.240	14.15	15.96	0.00	0.00	45.00	150.00
26.482	0.158	14.15	10.76	0.00	0.00	45.00	150.00
26.640	0.103	14.15	7.14	0.00	0.00	45.00	150.00
26.743	0.240	17.12	16.89	0.00	0.00	45.00	150.00

26.983	0.240	17.12	17.28	0.00	0.00	45.00	150.00
27.222	0.169	17.12	12.45	0.00	0.00	45.00	150.00
27.391	0.240	17.77	17.93	0.00	0.00	45.00	150.00
27.631	0.240	17.77	18.30	0.00	0.00	45.00	150.00
27.871	0.097	17.77	7.53	0.00	0.00	45.00	150.00
27.968	0.240	18.53	18.80	0.00	0.00	45.00	150.00
28.207	0.183	18.53	14.57	0.00	0.00	45.00	150.00
28.390	0.112	18.53	9.02	0.00	0.00	45.00	150.00
28.502	0.240	19.34	19.56	0.00	0.00	45.00	150.00
28.741	0.240	19.34	19.88	0.00	0.00	45.00	150.00
28.981	0.032	19.34	2.66	0.00	0.00	45.00	150.00
29.013	0.240	20.19	20.24	0.00	0.00	45.00	150.00
29.252	0.240	20.19	20.54	0.00	0.00	45.00	150.00
29.492	0.026	20.19	2.23	0.00	0.00	45.00	150.00
29.518	0.240	20.98	20.85	0.00	0.00	45.00	150.00
29.757	0.240	20.98	21.13	0.00	0.00	45.00	150.00
29.997	0.020	20.98	1.78	0.00	0.00	45.00	150.00
30.017	0.123	21.75	10.97	0.00	0.00	45.00	150.00
30.140	0.240	21.75	21.48	0.00	0.00	45.00	150.00
30.380	0.070	21.75	6.34	0.00	0.00	45.00	150.00
30.450	0.076	21.75	6.86	0.00	0.00	45.00	150.00
30.526	0.240	22.48	21.09	0.00	0.00	45.00	150.00
30.766	0.240	22.48	20.48	0.00	0.00	45.00	150.00
31.006	0.045	22.48	3.78	0.00	0.00	45.00	150.00
31.051	0.240	23.15	19.74	0.00	0.00	45.00	150.00
31.290	0.240	23.15	19.11	0.00	0.00	45.00	150.00
31.530	0.076	23.15	5.94	0.00	0.00	45.00	150.00
31.606	0.240	22.11	18.29	0.00	0.00	45.00	150.00
31.845	0.240	22.11	17.69	0.00	0.00	45.00	150.00
32.085	0.036	22.11	2.60	0.00	0.00	45.00	150.00
32.121	0.240	20.93	17.02	0.00	0.00	45.00	150.00
32.360	0.240	20.93	16.45	0.00	0.00	45.00	150.00
32.600	0.021	20.93	1.40	0.00	0.00	45.00	150.00
32.621	0.240	19.66	15.85	0.00	0.00	45.00	150.00

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (--)	FS_qFEM (--)	FS_srmFEM (--)	
21.083	0.000	78.500	-0.271	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	3.0959804241E+000	0.483	50.000	30.242
21.322	0.032	78.435	-0.271	1.3383431507E+000	3.1159907853E+003	8.0772664448E+000	0.483	50.000	30.242	
21.562	0.064	78.370	-0.271	3.8700135601E+000	3.6845272668E+002	1.2940803326E+001	0.483	26.270	17.470	
21.802	0.096	78.305	-0.271	7.5385947693E+000	1.6724517575E+001	1.6170037691E+001	0.483	19.033	13.906	
22.041	0.128	78.240	-0.280	1.1617469405E+001	4.4250797837E+001	1.8197970267E+001	0.483	15.681	12.112	
22.281	0.156	78.171	-0.292	1.6257682122E+001	8.7438393490E+001	2.0549606981E+001	0.483	13.749	11.016	
22.520	0.182	78.100	-0.280	2.1463282740E+001	1.5242233738E+000	2.1172831000E+001	0.483	12.802	10.414	
22.760	0.216	78.037	-0.249	2.6402097146E+001	2.2887750133E+000	2.0110773884E+001	0.483	12.502	10.122	
22.999	0.257	77.981	-0.233	3.1098840532E+001	3.1601911936E+000	2.0001093575E+001	0.484	12.603	9.999	
23.060	0.268	77.967	-0.258	3.2320730043E+001	3.4135729171E+000	2.1082836226E+001	0.485	12.697	9.985	
23.300	0.293	77.903	-0.260	3.8297923785E+001	4.7989072297E+000	2.5426554049E+001	0.498	13.627	10.035	
23.539	0.322	77.842	-0.240	4.4503206581E+001	6.3519505047E+000	2.6730024916E+001	0.519	15.343	10.212	
23.779	0.357	77.788	-0.201	5.1104924717E+001	8.0939681227E+000	2.6009917555E+001	0.552	18.691	10.624	
23.944	0.391	77.761	-0.144	5.5217424818E+001	9.2060994254E+000	2.2280747954E+001	0.573	22.518	11.034	
24.010	0.405	77.755	-0.069	5.6622561730E+001	9.5950383990E+000	2.2011112859E+001	0.580	24.318	11.243	
24.250	0.460	77.740	-0.037	6.2589429891E+001	1.1253846331E+001	2.3588375803E+001	0.598	33.182	12.361	
24.489	0.528	77.737	-0.010	6.7924322647E+001	1.2738145553E+001	1.9521697992E+001	0.607	43.050	13.747	
24.506	0.533	77.738	0.036	6.8252829032E+001	1.2829998148E+001	1.9404434737E+001	0.607	43.630	13.850	

24.746	0.586	77.747	0.048	7.3163704876E+001	1.4219471874E+001	1.8294622021E+001	0.609	44.643	15.635
24.890	0.622	77.756	0.070	7.5612237017E+001	1.4923856471E+001	1.4460993990E+001	0.609	40.619	16.715
24.942	0.636	77.760	0.116	7.6322020832E+001	1.5133447375E+001	1.3923541874E+001	0.609	38.569	17.102
25.182	0.677	77.790	0.152	8.0065004558E+001	1.6292114084E+001	1.5389597526E+001	0.609	31.951	19.611
25.406	0.729	77.831	0.206	8.3461616690E+001	1.7410272749E+001	1.3368240954E+001	0.610	28.239	22.925
25.645	0.769	77.886	0.244	8.6202244892E+001	1.8408720282E+001	9.3312809698E+000	0.610	26.907	27.306
25.796	0.801	77.926	0.298	8.7406217140E+001	1.8902559536E+001	6.1159133719E+000	0.609	27.194	30.153
26.035	0.836	78.002	0.319	8.8149239539E+001	1.9365281768E+001	1.5927808293E+000	0.602	27.375	33.906
26.243	0.868	78.068	0.323	8.8208650835E+001	1.9583977550E+001	-8.1788442124E-001	0.594	27.087	36.221
26.482	0.885	78.146	0.327	8.7707162936E+001	1.9665702196E+001	-3.2291673628E+000	0.583	26.078	37.397
26.640	0.898	78.198	0.315	8.7079971527E+001	1.9628170448E+001	-4.2526362597E+000	0.575	25.101	37.117
26.743	0.902	78.228	0.333	8.6623531088E+001	1.9574348393E+001	-4.9715068983E+000	0.569	24.499	36.548
26.983	0.912	78.312	0.384	8.5132234332E+001	1.9354269121E+001	-7.4115436246E+000	0.554	22.775	34.260
27.222	0.938	78.412	0.425	8.3072481420E+001	1.8973118603E+001	-9.2191932604E+000	0.535	20.794	30.687
27.391	0.960	78.486	0.437	8.1437027000E+001	1.8644853783E+001	-9.9639411435E+000	0.521	19.443	28.038
27.631	0.988	78.591	0.423	7.8946450536E+001	1.8116524955E+001	-1.0457455429E+001	0.503	17.740	24.547
27.871	1.009	78.689	0.400	7.6426607375E+001	1.7565673690E+001	-1.0208104185E+001	0.492	16.327	21.715
27.968	1.015	78.725	0.390	7.5446047879E+001	1.7350854585E+001	-1.0360446351E+001	0.489	15.852	20.810
28.207	1.029	78.820	0.398	7.2799815003E+001	1.6769061002E+001	-1.1505114575E+001	0.484	14.743	18.770
28.390	1.041	78.893	0.407	7.0634753691E+001	1.6283926730E+001	-1.2434955191E+001	0.483	13.933	17.387
28.502	1.050	78.940	0.432	6.9203543288E+001	1.5958555573E+001	-1.3140883558E+001	0.483	13.461	16.618
28.741	1.071	79.045	0.430	6.5875672997E+001	1.5188991591E+001	-1.3990044686E+001	0.483	12.489	15.080
28.981	1.088	79.146	0.424	6.2500574776E+001	1.4387195038E+001	-1.4716848204E+001	0.483	11.644	13.820
29.013	1.091	79.160	0.437	6.2030787588E+001	1.4274036032E+001	-1.4872544036E+001	0.483	11.533	13.662
29.252	1.108	79.265	0.441	5.8336891895E+001	1.3372641602E+001	-1.5936066232E+001	0.483	10.809	12.638
29.492	1.126	79.372	0.440	5.4395433123E+001	1.2396051946E+001	-1.4889015937E+001	0.483	10.182	11.800
29.518	1.127	79.382	0.473	5.4015335738E+001	1.2301588661E+001	-1.5123793013E+001	0.483	10.125	11.728
29.757	1.150	79.497	0.447	4.9495815828E+001	1.1183008767E+001	-1.7924080126E+001	0.483	9.621	11.096
29.997	1.157	79.596	0.409	4.5427475771E+001	1.0188853641E+001	-1.5798728934E+001	0.483	9.292	10.717
30.017	1.157	79.603	0.345	4.5112098133E+001	1.0112264770E+001	-1.5599072652E+001	0.483	9.270	10.695
30.140	1.150	79.645	0.365	4.3267909290E+001	9.6676335134E+000	-1.6066157736E+001	0.483	9.165	10.591
30.380	1.145	79.736	0.351	3.8914441337E+001	8.5839400073E+000	-1.4833622684E+001	0.483	9.016	10.480
30.450	1.135	79.754	0.286	3.7938744619E+001	8.3375789200E+000	-1.5413615818E+001	0.483	8.996	10.479
30.526	1.128	79.778	0.308	3.6631112362E+001	7.9955217340E+000	-1.7366155519E+001	0.483	8.976	10.490
30.766	1.103	79.852	0.319	3.2277212576E+001	6.8221038592E+000	-1.9378974906E+001	0.483	8.954	10.577
31.006	1.083	79.930	0.321	2.7346177146E+001	5.4105234616E+000	-1.8443364086E+001	0.483	9.007	10.761
31.051	1.077	79.943	0.302	2.6533999524E+001	5.1707272495E+000	-1.8281568690E+001	0.483	9.022	10.800
31.290	1.047	80.016	0.295	2.1847984804E+001	3.7859315499E+000	-1.8349807532E+001	0.483	9.154	11.051
31.530	1.013	80.084	0.288	1.7742163269E+001	2.6211632582E+000	-1.7558490839E+001	0.483	9.369	11.319
31.606	1.003	80.107	0.293	1.6396196112E+001	2.2618156031E+000	-1.7387769074E+001	0.483	9.454	11.411
31.845	0.975	80.177	0.274	1.2460056912E+001	1.3096764398E+000	-1.5155908609E+001	0.483	9.724	11.695
32.085	0.940	80.238	0.252	9.1346340183E+000	6.6247439221E-001	-1.1636446046E+001	0.483	10.030	11.978
32.121	0.933	80.246	0.254	8.7285778592E+000	5.8959904674E-001	-1.1558608401E+001	0.483	10.073	12.014
32.360	0.903	80.308	0.257	5.5461122747E+000	1.5893646095E-001	-1.2743973008E+001	0.483	10.409	12.311
32.600	0.873	80.369	0.245	2.6226324026E+000	9.6148303398E-003	-6.7397509214E+000	0.483	10.582	12.597
32.621	0.868	80.372	0.245	2.4927535350E+000	6.5392702938E-003	-6.5965966518E+000	0.483	10.982	12.614

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di trust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

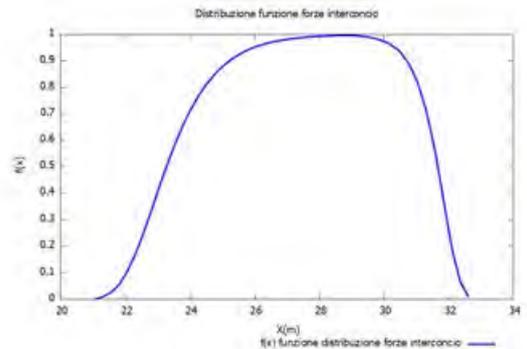
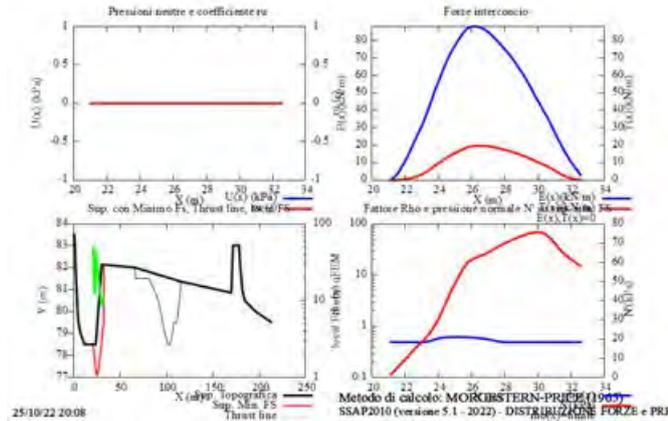
X dx dl alpha TauStress TauF TauStrength TauS
(m) (m) (m) (°) (kPa) (kN/m) (kPa) (kN/m)

21.083	0.240	0.258	-22.046	-0.387	-0.100	151.158	39.068
21.322	0.240	0.258	-22.046	-1.161	-0.300	154.073	39.822
21.562	0.240	0.258	-22.046	-1.935	-0.500	158.614	40.995
21.802	0.240	0.258	-22.046	-2.709	-0.700	164.341	42.476
22.041	0.240	0.258	-22.046	-3.483	-0.900	170.358	44.031
22.281	0.240	0.258	-22.046	-4.256	-1.100	177.884	45.976
22.520	0.240	0.258	-22.046	-5.030	-1.300	182.870	47.264
22.760	0.240	0.258	-22.046	-5.804	-1.500	187.662	48.503
22.999	0.061	0.066	-22.046	-6.289	-0.412	192.147	12.601
23.060	0.240	0.256	-20.443	-6.282	-1.606	201.707	51.569
23.300	0.240	0.256	-20.443	-6.946	-1.776	207.671	53.094
23.539	0.240	0.256	-20.443	-7.610	-1.945	214.132	54.746
23.779	0.165	0.176	-20.443	-8.170	-1.437	212.893	37.457
23.944	0.066	0.069	-16.360	-6.761	-0.467	205.474	14.187
24.010	0.240	0.250	-16.360	-7.431	-1.855	213.251	53.243
24.250	0.240	0.250	-16.360	-8.656	-2.161	214.637	53.589
24.489	0.017	0.018	-16.360	-9.312	-0.165	213.437	3.781
24.506	0.240	0.244	-10.431	-5.887	-1.434	212.013	51.644
24.746	0.144	0.147	-10.431	-6.396	-0.939	212.344	31.160
24.890	0.052	0.053	-10.431	-6.658	-0.355	211.069	11.241
24.942	0.240	0.240	-2.776	-0.378	-0.091	208.701	50.056
25.182	0.224	0.224	-2.776	-0.405	-0.091	212.632	47.664
25.406	0.240	0.240	3.371	5.726	1.374	207.781	49.863
25.645	0.150	0.151	3.371	5.979	0.901	210.186	31.656
25.796	0.240	0.243	9.548	12.669	3.078	207.444	50.394
26.035	0.207	0.210	9.548	13.137	2.763	210.889	44.356
26.243	0.240	0.247	14.150	18.358	4.536	211.135	52.163
26.482	0.158	0.163	14.150	18.804	3.058	214.084	34.819
26.640	0.103	0.106	14.150	19.097	2.028	215.782	22.915
26.743	0.240	0.251	17.117	22.477	5.634	216.499	54.269
26.983	0.240	0.251	17.117	22.990	5.763	220.075	55.165
27.222	0.169	0.177	17.117	23.428	4.151	222.413	39.407

27.391	0.240	0.252	17.766	24.529	6.171	224.259	56.414
27.631	0.240	0.252	17.766	25.032	6.297	225.942	56.838
27.871	0.097	0.102	17.766	25.386	2.593	226.608	23.143
27.968	0.240	0.253	18.533	26.545	6.707	228.000	57.608
28.207	0.183	0.193	18.533	26.975	5.196	229.918	44.286
28.390	0.112	0.118	18.533	27.275	3.219	231.575	27.330
28.502	0.240	0.254	19.343	28.500	7.236	233.327	59.240
28.741	0.240	0.254	19.343	28.970	7.355	234.998	59.665
28.981	0.032	0.034	19.343	29.236	0.984	236.460	7.955
29.013	0.240	0.255	20.192	30.417	7.764	237.625	60.654
29.252	0.240	0.255	20.192	30.865	7.878	239.901	61.234
29.492	0.026	0.028	20.192	31.113	0.856	238.906	6.573
29.518	0.240	0.257	20.979	32.213	8.265	243.231	62.406
29.757	0.240	0.257	20.979	32.638	8.374	242.156	62.130
29.997	0.020	0.022	20.979	32.868	0.707	241.351	5.193
30.017	0.123	0.133	21.751	33.835	4.484	240.531	31.873
30.140	0.240	0.258	21.751	34.036	8.779	244.735	63.123
30.380	0.070	0.076	21.751	34.163	2.591	240.792	18.261
30.450	0.076	0.082	21.751	34.043	2.801	244.552	20.125
30.526	0.240	0.259	22.483	34.183	8.863	244.754	63.457
30.766	0.240	0.259	22.483	33.192	8.606	246.848	64.000
31.006	0.045	0.049	22.483	32.603	1.588	243.164	11.847
31.051	0.240	0.261	23.150	32.639	8.504	243.807	63.522
31.290	0.240	0.261	23.150	31.595	8.232	237.585	61.901
31.530	0.076	0.083	23.150	30.906	2.557	235.534	19.488
31.606	0.240	0.259	22.111	29.310	7.579	231.095	59.756
31.845	0.240	0.259	22.111	28.348	7.330	223.644	57.830
32.085	0.036	0.039	22.111	27.794	1.078	219.604	8.518
32.121	0.240	0.256	20.935	26.244	6.731	218.107	55.943
32.360	0.240	0.256	20.935	25.371	6.508	211.428	54.230
32.600	0.021	0.022	20.935	24.897	0.552	208.446	4.625
32.621	0.240	0.254	19.663	23.375	5.946	207.925	52.895

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
- dx(m) : Larghezza concio
- dl(m) : lunghezza base concio
- alpha(°) : Angolo pendenza base concio
- TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
- TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
- TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
- TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio



Graphic rendering Credits to: GNUPLOT 5.4.3 www.gnuplot.org/SSAP2010 ref. 5/1 (1991/2022) by L. Borsari - WU

354.09 98.50 - - - - -
354.64 98.00 - - - - -
355.22 97.50 - - - - -
355.63 97.00 - - - - -
356.01 96.50 - - - - -
356.35 96.00 - - - - -
356.70 95.50 - - - - -
357.06 95.00 - - - - -
357.39 94.50 - - - - -
357.80 94.00 - - - - -
358.33 93.50 - - - - -
359.37 93.00 - - - - -
360.48 92.50 - - - - -
361.47 92.00 - - - - -
362.68 91.50 - - - - -
363.81 91.00 - - - - -
364.43 90.50 - - - - -
365.29 90.00 - - - - -
366.81 89.50 - - - - -
368.25 89.00 - - - - -
369.21 88.50 - - - - -
370.93 88.00 - - - - -
371.75 87.50 - - - - -
373.64 87.50 - - - - -
378.80 87.50 - - - - -
379.38 87.00 - - - - -
379.76 86.50 - - - - -
406.03 86.50 - - - - -
409.33 87.00 - - - - -

-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	45.00	150.00	0.00	25.00	26.00	92.848	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	35.00	80.00	0.00	21.00	21.50	12.427	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 3	35.00	80.00	0.00	21.00	21.50	12.427	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` _____ Coesione efficace (in Kpa)

Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 16.4 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 8.19 376.58

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 52.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 49.12 401.14

TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso

di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (λ_0, F_{s0}) ADOTTATO : A (rapido)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_h : 0.0410
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_v (assunto Positivo): 0.0205
COEFFICIENTE $c=K_v/K_h$ UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI	334.176	99.200	316.770	88.187
GENERATE CON MINOR F_s #	334.176	109.000	317.529	88.396
-----			318.356	88.681
--			319.256	89.041
			320.344	89.524
			321.282	89.972
X(m) Y(m) #Superficie N.1 -	X(m) Y(m) #Superficie N. 2			
# F_{s_minimo} #Fattore di sicurezza(FS)=	#Fattore di sicurezza(FS)=	#Superficie N. 2		
3.4934 # $\lambda=0.7270$	# $\lambda=0.6790$	#Fattore di sicurezza(FS)=	3.5289	
309.820 87.981	311.461 89.220		322.156	90.427
312.396 87.438	314.647 89.310		322.980	90.894
313.546 87.232	316.130 89.390		323.835	91.421
314.283 87.157	317.121 89.500		324.648	91.958
314.858 87.158	317.937 89.648		325.490	92.553
315.468 87.238	318.752 89.866		326.359	93.205
315.994 87.361	319.497 90.116		327.309	93.953
316.594 87.564	320.307 90.444		328.233	94.682
317.270 87.846	321.190 90.852		329.133	95.395
318.140 88.257	322.256 91.391		330.025	96.103
318.879 88.629	323.168 91.887		330.904	96.803
319.555 88.999	323.168 91.887		331.788	97.509
320.188 89.374	324.018 92.391		332.120	97.775
320.838 89.790	324.818 92.908		332.120	109.000
321.457 90.214	325.652 93.494			
322.097 90.682	326.451 94.098			
322.758 91.193	327.291 94.778		X(m) Y(m) #Superficie N. 4	
323.480 91.777	328.180 95.541		#Fattore di sicurezza(FS)=	3.5734
324.178 92.339	329.183 96.441		# $\lambda=0.6059$	
324.859 92.882	330.073 97.205		309.365	87.961
325.531 93.416	330.914 97.887		312.271	87.259
326.196 93.941	331.715 98.494		313.595	86.978
326.868 94.466	332.549 99.082		314.459	86.851
327.547 94.994	333.277 99.557		315.150	86.810
328.242 95.531	333.277 109.000		315.863	86.845
328.959 96.080			316.491	86.929
329.621 96.566	X(m) Y(m) #Superficie N. 3		317.196	87.085
330.264 97.015	#Fattore di sicurezza(FS)=	3.5603	317.983	87.313
330.888 97.425	# $\lambda=0.6313$		318.980	87.650
331.540 97.828	309.304 87.958		319.812	87.960
332.164 98.189	312.569 87.864		320.573	88.281
332.813 98.539	314.088 87.859		321.280	88.617
333.488 98.877	315.101 87.912		322.020	89.009
	315.935 88.014		322.715	89.414
			323.443	89.877

324.201	90.394		315.993	87.258		X(m)	Y(m)	#Superficie N. 8
325.047	91.006		316.727	87.510		#Fattore di	sicurezza(FS)=	3.5948
325.857	91.597		317.397	87.772		#Lambda=	0.7068	
326.643	92.175		318.017	88.048		308.394	87.919	
327.416	92.748		318.668	88.373		310.512	87.722	
328.180	93.320		319.283	88.713		311.504	87.654	
328.948	93.898		319.932	89.107		312.170	87.642	
329.720	94.486		320.620	89.557		312.721	87.667	
330.505	95.087		321.407	90.102		313.267	87.735	
331.306	95.706		322.110	90.614		313.765	87.827	
332.072	96.282		322.779	91.129		314.303	87.960	
332.825	96.831		323.420	91.652		314.881	88.134	
333.291	97.161		324.080	92.221		315.570	88.368	
333.291	109.000		324.723	92.804		316.183	88.590	
			325.391	93.441		316.762	88.815	
			326.092	94.138		317.315	89.045	
			326.864	94.933		317.879	89.295	
X(m)	Y(m)	#Superficie N. 5	327.554	95.613		318.426	89.554	
#Fattore di	sicurezza(FS)=	3.5800	328.210	96.224		318.990	89.835	
#Lambda=	0.6846		328.835	96.769		319.574	90.141	
310.638	88.377		329.489	97.300		320.205	90.488	
313.215	89.205		330.110	97.767		320.793	90.822	
314.558	89.636		330.764	98.219		321.362	91.160	
315.515	89.944		331.452	98.659		321.916	91.504	
316.380	90.222		332.241	99.127		322.482	91.869	
317.143	90.467		332.588	99.322		323.034	92.239	
317.917	90.715		332.588	109.000		323.597	92.631	
318.695	90.965					324.172	93.045	
319.485	91.219					324.778	93.495	
320.287	91.477					325.366	93.927	
321.042	91.735		X(m)	Y(m)	#Superficie N. 7	325.944	94.346	
321.783	92.007		#Fattore di	sicurezza(FS)=	3.5913	326.516	94.756	
322.508	92.291		#Lambda=	0.6888		327.087	95.160	
323.259	92.604		310.880	88.625		327.659	95.560	
323.994	92.928		313.570	88.331		328.237	95.958	
324.753	93.283		314.799	88.231		328.825	96.359	
325.544	93.671		315.607	88.218		329.432	96.767	
326.410	94.114		316.258	88.261		330.007	97.141	
327.182	94.537		316.926	88.373		330.569	97.494	
327.923	94.975		317.522	88.523		331.121	97.827	
328.633	95.427		318.187	88.744		331.687	98.154	
329.377	95.936		318.929	89.040		332.240	98.461	
330.100	96.466		319.860	89.455		332.808	98.762	
330.864	97.060		320.624	89.831		333.291	99.007	
331.681	97.731		321.322	90.219		333.291	109.000	
332.610	98.526		321.964	90.623				
333.392	99.154		322.648	91.105				
334.113	99.682		323.285	91.599				
334.453	99.903		323.959	92.169		X(m)	Y(m)	#Superficie N. 9
334.453	109.000		324.667	92.813		#Fattore di	sicurezza(FS)=	3.5990
			325.469	93.585		#Lambda=	0.6330	
			326.227	94.325		309.364	87.961	
			326.957	95.047		312.604	87.743	
X(m)	Y(m)	#Superficie N. 6	327.673	95.765		314.092	87.684	
#Fattore di	sicurezza(FS)=	3.5851	328.382	96.486		315.075	87.706	
#Lambda=	0.6678		329.098	97.225		315.872	87.787	
307.533	87.882		329.829	97.989		316.683	87.949	
310.097	87.141		330.588	98.793		317.410	88.149	
311.263	86.838		331.086	99.327		318.210	88.433	
312.021	86.693		331.086	109.000		319.087	88.800	
312.626	86.632					320.164	89.301	
313.251	86.638					321.095	89.763	
313.799	86.692					321.961	90.227	
314.417	86.808					322.779	90.699	
315.109	86.987							

	X(m)	Y(m)	#Superficie N.10		
323.621	91.223			322.336	91.913
324.427	91.760		#Fattore di sicurezza(FS)= 3.6052	323.072	92.341
325.264	92.351		#Lambda= 0.6819	323.826	92.807
326.132	92.999	311.113	88.864	324.554	93.280
327.085	93.742	313.925	89.099	325.301	93.792
327.980	94.425	315.256	89.240	326.069	94.342
328.848	95.070	316.156	89.380	326.893	94.957
329.696	95.685	316.909	89.541	327.689	95.558
330.550	96.287	317.647	89.752	328.468	96.151
331.397	96.867	318.330	89.986	329.237	96.745
332.264	97.444	319.061	90.278	330.003	97.343
332.264	109.000	319.841	90.628	330.769	97.949
		320.754	91.074	331.379	98.436
		321.567	91.492	331.379	109.000

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	3.493	9176.4	2626.8	6024.3	Surplus
2	3.529	7904.3	2239.9	5216.4	Surplus
3	3.560	8355.7	2346.9	5539.4	Surplus
4	3.573	9793.6	2740.7	6504.7	Surplus
5	3.580	8099.7	2262.5	5384.7	Surplus
6	3.585	9128.6	2546.2	6073.1	Surplus
7	3.591	7704.5	2145.3	5130.1	Surplus
8	3.595	8354.1	2323.9	5565.3	Surplus
9	3.599	8485.6	2357.8	5656.3	Surplus
10	3.605	6935.9	1923.8	4627.3	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 4627.3

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata, ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	dx	alpha	W	ru	U	phi'	(c',Cu)											
(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)	(°)	(kPa)											
309.820	0.344	-11.89	0.38	0.00	0.00	45.00	150.00	315.468	0.344	13.20	54.67	0.00	0.00	45.00	150.00			
310.164	0.106	-11.89	0.27	0.00	0.00	45.00	150.00	315.813	0.181	13.20	29.69	0.00	0.00	45.00	150.00			
310.270	0.344	-11.89	2.87	0.00	0.00	45.00	150.00	315.994	0.344	18.67	58.16	0.00	0.00	45.00	150.00			
310.614	0.344	-11.89	6.61	0.00	0.00	45.00	150.00	316.338	0.255	18.67	44.49	0.00	0.00	45.00	150.00			
310.959	0.344	-11.89	10.34	0.00	0.00	45.00	150.00	316.594	0.344	22.69	61.66	0.00	0.00	45.00	150.00			
311.303	0.344	-11.89	14.08	0.00	0.00	45.00	150.00	316.938	0.332	22.69	61.21	0.00	0.00	45.00	150.00			
311.647	0.344	-11.89	17.82	0.00	0.00	45.00	150.00	317.270	0.344	25.26	65.18	0.00	0.00	45.00	150.00			
311.992	0.344	-11.89	21.55	0.00	0.00	45.00	150.00	317.614	0.344	25.26	66.85	0.00	0.00	45.00	150.00			
312.336	0.060	-11.89	4.14	0.00	0.00	45.00	150.00	317.959	0.121	25.26	23.92	0.00	0.00	45.00	150.00			
312.396	0.344	-10.16	25.89	0.00	0.00	45.00	150.00	318.080	0.060	25.26	12.02	0.00	0.00	45.00	150.00			
312.740	0.344	-10.16	29.53	0.00	0.00	45.00	150.00	318.140	0.344	26.77	69.36	0.00	0.00	45.00	150.00			
313.085	0.344	-10.16	33.17	0.00	0.00	45.00	150.00	318.485	0.344	26.77	70.93	0.00	0.00	45.00	150.00			
313.429	0.117	-10.16	12.05	0.00	0.00	45.00	150.00	318.829	0.049	26.77	10.30	0.00	0.00	45.00	150.00			
313.546	0.344	-5.84	37.93	0.00	0.00	45.00	150.00	318.879	0.344	28.63	72.67	0.00	0.00	45.00	150.00			
313.890	0.344	-5.84	41.34	0.00	0.00	45.00	150.00	319.223	0.332	28.63	71.54	0.00	0.00	45.00	150.00			
314.234	0.048	-5.84	6.07	0.00	0.00	45.00	150.00	319.555	0.344	30.64	75.45	0.00	0.00	45.00	150.00			
314.283	0.344	0.13	45.07	0.00	0.00	45.00	150.00	319.900	0.288	30.64	64.22	0.00	0.00	45.00	150.00			
314.627	0.231	0.13	31.96	0.00	0.00	45.00	150.00	320.188	0.344	32.65	77.78	0.00	0.00	45.00	150.00			
314.858	0.344	7.44	50.04	0.00	0.00	45.00	150.00	320.533	0.305	32.65	69.96	0.00	0.00	45.00	150.00			
315.202	0.266	7.44	40.53	0.00	0.00	45.00	150.00	320.838	0.344	34.43	79.91	0.00	0.00	45.00	150.00			
								321.182	0.274	34.43	64.39	0.00	0.00	45.00	150.00			
								321.457	0.344	36.16	81.69	0.00	0.00	45.00	150.00			
								321.801	0.296	36.16	70.97	0.00	0.00	45.00	150.00			
								322.097	0.344	37.69	83.28	0.00	0.00	45.00	150.00			

322.441	0.317	37.69	77.30	0.00	0.00	45.00	150.00	328.587	0.344	37.49	96.83	0.00	0.00	45.00	150.00
322.758	0.344	38.99	84.69	0.00	0.00	45.00	150.00	328.931	0.028	37.49	7.89	0.00	0.00	45.00	150.00
323.103	0.344	38.99	85.35	0.00	0.00	45.00	150.00	328.959	0.344	36.28	97.72	0.00	0.00	45.00	150.00
323.447	0.033	38.99	8.21	0.00	0.00	45.00	150.00	329.303	0.318	36.28	90.91	0.00	0.00	45.00	150.00
323.480	0.344	38.81	86.07	0.00	0.00	45.00	150.00	329.621	0.344	34.89	99.47	0.00	0.00	45.00	150.00
323.824	0.344	38.81	86.74	0.00	0.00	45.00	150.00	329.965	0.299	34.89	87.19	0.00	0.00	45.00	150.00
324.169	0.009	38.81	2.38	0.00	0.00	45.00	150.00	330.264	0.344	33.33	101.38	0.00	0.00	45.00	150.00
324.178	0.344	38.63	87.43	0.00	0.00	45.00	150.00	330.609	0.151	33.33	44.95	0.00	0.00	45.00	150.00
324.522	0.336	38.63	86.00	0.00	0.00	45.00	150.00	330.760	0.128	33.33	37.96	0.00	0.00	45.00	150.00
324.859	0.344	38.44	88.79	0.00	0.00	45.00	150.00	330.888	0.344	31.73	100.75	0.00	0.00	45.00	150.00
325.203	0.328	38.44	85.31	0.00	0.00	45.00	150.00	331.232	0.307	31.73	88.27	0.00	0.00	45.00	150.00
325.531	0.344	38.24	90.17	0.00	0.00	45.00	150.00	331.540	0.120	30.05	34.23	0.00	0.00	45.00	150.00
325.876	0.321	38.24	84.68	0.00	0.00	45.00	150.00	331.660	0.344	30.05	96.66	0.00	0.00	45.00	150.00
326.196	0.344	38.05	91.56	0.00	0.00	45.00	150.00	332.004	0.160	30.05	44.29	0.00	0.00	45.00	150.00
326.541	0.327	38.05	87.76	0.00	0.00	45.00	150.00	332.164	0.344	28.30	94.16	0.00	0.00	45.00	150.00
326.868	0.344	37.86	93.00	0.00	0.00	45.00	150.00	332.509	0.305	28.30	81.98	0.00	0.00	45.00	150.00
327.213	0.335	37.86	91.07	0.00	0.00	45.00	150.00	332.813	0.137	26.63	36.35	0.00	0.00	45.00	150.00
327.547	0.344	37.67	94.49	0.00	0.00	45.00	150.00	332.950	0.344	26.63	90.54	0.00	0.00	45.00	150.00
327.892	0.344	37.67	95.26	0.00	0.00	45.00	150.00	333.294	0.193	26.63	50.13	0.00	0.00	45.00	150.00
328.236	0.006	37.67	1.74	0.00	0.00	45.00	150.00	333.488	0.344	25.16	88.22	0.00	0.00	45.00	150.00
328.242	0.344	37.49	96.04	0.00	0.00	45.00	150.00	333.832	0.344	25.16	86.80	0.00	0.00	45.00	150.00

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	ht	yt	yt'	E(x)	T(x)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM			
(m)	(m)	(m)	(--)	(kN/m)	(kN/m)		(kN)	(--)	(--)	(--)		
309.820	0.000	87.981	-0.098	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	3.1968356479E+001	0.116	50.000	9.647		
310.164	0.023	87.931	-0.098	1.0052312883E+001	9.2553339335E-002	2.6415793979E+001	0.116	50.000	8.588			
310.270	0.051	87.937	0.128	1.2762103974E+001	1.5796817885E-001	3.0894463116E+001	0.116	44.895	7.584			
310.614	0.176	87.989	0.171	2.9366151133E+001	9.2204257039E-001	5.6565736114E+001	0.117	28.051	5.758			
310.959	0.313	88.054	0.206	5.1719010836E+001	3.4130852545E+000	7.7115749134E+001	0.122	33.459	5.500			
311.303	0.463	88.131	0.217	8.2475882624E+001	9.8876856446E+000	8.8805870456E+001	0.140	36.941	5.600			
311.647	0.608	88.204	0.211	1.1287974632E+002	1.8075992686E+001	9.0979543970E+001	0.164	31.812	5.688			
311.992	0.754	88.277	0.204	1.4513363030E+002	2.8522355316E+001	9.3630359258E+001	0.195	24.875	5.801			
312.336	0.894	88.344	0.194	1.7736311445E+002	4.1684460271E+001	9.2059868783E+001	0.234	18.223	5.949			
312.396	0.917	88.355	0.202	1.8287089622E+002	4.4232885384E+001	9.3340332500E+001	0.241	17.231	5.965			
312.740	1.050	88.426	0.216	2.1807176780E+002	6.1990861353E+001	1.0810731524E+002	0.287	12.719	6.016			
313.085	1.190	88.504	0.234	2.5732456553E+002	8.4366954444E+001	1.1484364857E+002	0.341	9.641	5.975			
313.429	1.334	88.587	0.237	2.9716475992E+002	1.0935476989E+002	1.0926166169E+002	0.396	7.739	5.863			
313.546	1.382	88.614	0.257	3.0964099355E+002	1.1754807927E+002	1.0867069690E+002	0.414	7.281	5.818			
313.890	1.509	88.705	0.267	3.4867622891E+002	1.4517175422E+002	1.0606885692E+002	0.469	6.226	5.642			
314.234	1.636	88.797	0.269	3.8269077357E+002	1.7135585460E+002	9.3117230831E+001	0.516	5.577	5.457			
314.283	1.654	88.811	0.316	3.8714716372E+002	1.7501960201E+002	9.2032267822E+001	0.522	5.500	5.430			
314.627	1.764	88.921	0.336	4.1812279726E+002	2.0211557414E+002	8.6957348060E+001	0.562	5.074	5.229			
314.858	1.847	89.004	0.398	4.3774188199E+002	2.2051905591E+002	8.3619798145E+001	0.588	4.864	5.097			
315.202	1.947	89.150	0.428	4.6585465463E+002	2.4898700687E+002	7.1281193239E+001	0.628	4.612	4.898			
315.468	2.028	89.265	0.463	4.8269507805E+002	2.6786458290E+002	6.0421287083E+001	0.652	4.488	4.768			
315.813	2.115	89.433	0.483	5.0222977382E+002	2.9160466465E+002	4.8448396006E+001	0.683	4.352	4.610			
315.994	2.158	89.519	0.500	5.1021080292E+002	3.0209702217E+002	4.0499621556E+001	0.697	4.306	4.544			
316.338	2.219	89.696	0.570	5.2180066769E+002	3.1943499072E+002	2.9767251167E+001	0.717	4.214	4.428			
316.594	2.298	89.861	0.673	5.2866834231E+002	3.3152001726E+002	2.4139251227E+001	0.730	4.136	4.344			
316.938	2.392	90.100	0.680	5.3570806522E+002	3.4578954308E+002	1.6788692958E+001	0.744	4.022	4.242			
317.270	2.475	90.322	0.686	5.4011352428E+002	3.5637947024E+002	1.1067296773E+001	0.752	3.926	4.164			
317.614	2.555	90.564	0.646	5.4314055417E+002	3.6540754329E+002	6.2889188703E+000	0.756	3.828	4.095			
317.959	2.595	90.766	0.575	5.4444471209E+002	3.7102646683E+002	2.0979889757E+000	0.756	3.758	4.048			

318.080	2.603	90.832	0.535	5.4462690639E+002	3.7245113028E+002	1.1743748749E+000	0.756	3.738	4.034
318.140	2.606	90.864	0.538	5.4468800960E+002	3.7309230104E+002	7.7693026498E-001	0.755	3.729	4.028
318.485	2.619	91.050	0.563	5.4449856836E+002	3.7599968868E+002	-1.7326640440E+000	0.752	3.681	3.994
318.829	2.647	91.251	0.584	5.4349472129E+002	3.7796206060E+002	-3.5727106589E+000	0.746	3.633	3.959
318.879	2.651	91.280	0.644	5.4331363189E+002	3.7818977032E+002	-4.0393589397E+000	0.746	3.627	3.954
319.223	2.688	91.505	0.709	5.4102859805E+002	3.7889223431E+002	-8.5828424611E+000	0.738	3.574	3.911
319.555	2.761	91.760	0.790	5.3755010094E+002	3.7861232806E+002	-1.2705529629E+001	0.728	3.510	3.858
319.900	2.837	92.040	0.799	5.3237501827E+002	3.7687255079E+002	-1.6451867656E+001	0.717	3.435	3.794
320.188	2.891	92.265	0.821	5.2728503821E+002	3.7449100753E+002	-1.9925377694E+001	0.707	3.373	3.738
320.533	2.966	92.560	0.807	5.1948608005E+002	3.7030813053E+002	-2.2901777510E+001	0.693	3.291	3.664
320.838	3.000	92.789	0.770	5.1242343241E+002	3.6608429586E+002	-2.4860587031E+001	0.682	3.227	3.603
321.182	3.034	93.060	0.774	5.0318938862E+002	3.6023949819E+002	-2.7425741404E+001	0.667	3.154	3.532
321.457	3.054	93.268	0.789	4.9553331761E+002	3.5515378942E+002	-2.9717308097E+001	0.656	3.098	3.477
321.801	3.083	93.548	0.870	4.8451953718E+002	3.4754564479E+002	-3.6205404283E+001	0.640	3.024	3.403
322.097	3.143	93.825	0.923	4.7272206604E+002	3.3912429511E+002	-4.0265277259E+001	0.623	2.955	3.332
322.441	3.191	94.139	0.932	4.5868472061E+002	3.2908314299E+002	-4.3002927121E+001	0.604	2.879	3.252
322.758	3.248	94.441	0.929	4.4440725999E+002	3.1907481210E+002	-4.4853548157E+001	0.587	2.814	3.183
323.103	3.282	94.753	0.847	4.2904005194E+002	3.0861753120E+002	-4.2440985581E+001	0.569	2.755	3.118
323.447	3.274	95.025	0.776	4.1517808990E+002	2.9950740665E+002	-3.4581096534E+001	0.554	2.712	3.068
323.480	3.269	95.046	0.726	4.1405574012E+002	2.9879100080E+002	-3.4446590481E+001	0.553	2.709	3.064
323.824	3.244	95.299	0.736	4.0072379582E+002	2.9029934428E+002	-3.9075955197E+001	0.538	2.679	3.027
324.169	3.222	95.553	0.735	3.8714407147E+002	2.8159293432E+002	-3.4828586423E+001	0.524	2.657	2.996
324.178	3.220	95.559	0.760	3.8681798677E+002	2.8138246689E+002	-3.4867122258E+001	0.523	2.656	2.995
324.522	3.208	95.822	0.818	3.7273869536E+002	2.7199177493E+002	-4.3813282344E+001	0.507	2.642	2.971
324.859	3.233	96.115	0.914	3.5705250825E+002	2.6105245588E+002	-4.8648506967E+001	0.487	2.633	2.950
325.203	3.288	96.444	0.947	3.3960235949E+002	2.4838333861E+002	-5.0243023197E+001	0.464	2.630	2.934
325.531	3.336	96.752	0.957	3.2324220291E+002	2.3602193446E+002	-5.0737148132E+001	0.440	2.635	2.924
325.876	3.400	97.087	0.922	3.0544343887E+002	2.2230703236E+002	-4.8934558476E+001	0.415	2.646	2.919
326.196	3.425	97.365	0.860	2.9056342828E+002	2.1068433111E+002	-4.6291606288E+001	0.392	2.660	2.918
326.541	3.449	97.659	0.915	2.7465135807E+002	1.9820828563E+002	-5.0135345964E+001	0.368	2.677	2.919
326.868	3.513	97.980	0.951	2.5700961133E+002	1.8442361375E+002	-5.2906378278E+001	0.340	2.697	2.920
327.213	3.564	98.298	0.938	2.3914000059E+002	1.7064658450E+002	-5.3321400662E+001	0.314	2.717	2.921
327.547	3.622	98.616	0.901	2.2083878741E+002	1.5703553199E+002	-5.2464583445E+001	0.289	2.737	2.920
327.892	3.650	98.910	0.803	2.0356793613E+002	1.4461202234E+002	-4.7654474777E+001	0.267	2.757	2.919
328.236	3.644	99.169	0.751	1.8801907953E+002	1.3375237000E+002	-3.7882392410E+001	0.248	2.776	2.917
328.242	3.643	99.173	0.704	1.8778193568E+002	1.3359057919E+002	-3.7840884972E+001	0.248	2.776	2.917
328.587	3.622	99.416	0.710	1.7303085598E+002	1.2347617106E+002	-4.3015644514E+001	0.229	2.798	2.914
328.931	3.603	99.662	0.706	1.5815699712E+002	1.1307647387E+002	-3.7269515311E+001	0.208	2.826	2.910
328.959	3.599	99.679	0.805	1.5712907735E+002	1.1234520254E+002	-3.7663071336E+001	0.206	2.829	2.910
329.303	3.629	99.962	0.864	1.4044951043E+002	9.9828440729E+001	-5.0838021755E+001	0.182	2.870	2.906
329.621	3.685	100.251	0.905	1.2359926647E+002	8.6691686653E+001	-5.2761772754E+001	0.161	2.921	2.902
329.965	3.754	100.561	0.859	1.0553905301E+002	7.2219980632E+001	-5.0332243122E+001	0.142	2.981	2.899
330.264	3.789	100.804	0.767	9.1036797664E+001	6.0437278152E+001	-4.6717785022E+001	0.131	3.042	2.900
330.609	3.813	101.054	0.662	7.5654443152E+001	4.8038039440E+001	-3.7092166807E+001	0.122	3.112	2.904
330.760	3.791	101.132	0.507	7.0540557324E+001	4.4053189627E+001	-3.3673657372E+001	0.121	3.140	2.907
330.888	3.771	101.196	0.472	6.6236436657E+001	4.0725396136E+001	-3.3351842752E+001	0.119	3.166	2.910
331.232	3.717	101.355	0.450	5.4983366749E+001	3.2221120790E+001	-3.1988450462E+001	0.117	3.238	2.921
331.540	3.661	101.489	0.422	4.5349596671E+001	2.5193469861E+001	-2.8998328212E+001	0.117	3.317	2.935
331.660	3.638	101.536	0.402	4.1968049419E+001	2.2749479470E+001	-2.8064525812E+001	0.116	3.346	2.940
332.004	3.579	101.675	0.398	3.2306236762E+001	1.6026275150E+001	-2.6331404175E+001	0.116	3.443	2.960
332.164	3.547	101.736	0.382	2.8224454431E+001	1.3274536611E+001	-2.4847259586E+001	0.116	3.493	2.970
332.509	3.493	101.868	0.369	2.0174421689E+001	8.0926595039E+000	-2.1606166299E+001	0.116	3.604	2.993
332.813	3.437	101.976	0.357	1.4067279453E+001	4.3123320780E+000	-1.9128100236E+001	0.116	3.714	3.016
332.950	3.418	102.025	0.334	1.1509305287E+001	2.8664918429E+000	-1.7276364125E+001	0.116	3.762	3.026
333.294	3.356	102.136	0.329	6.8128655651E+000	8.8360496095E-001	-1.2460331493E+001	0.116	3.849	3.048
333.488	3.326	102.202	0.353	4.5335188884E+000	3.2088819278E-001	-1.0538091501E+001	0.116	3.928	3.059
333.832	3.287	102.326	0.353	1.6789398400E+000	1.2201511317E-002	-6.5827051932E+000	0.116	4.014	3.092

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di trust

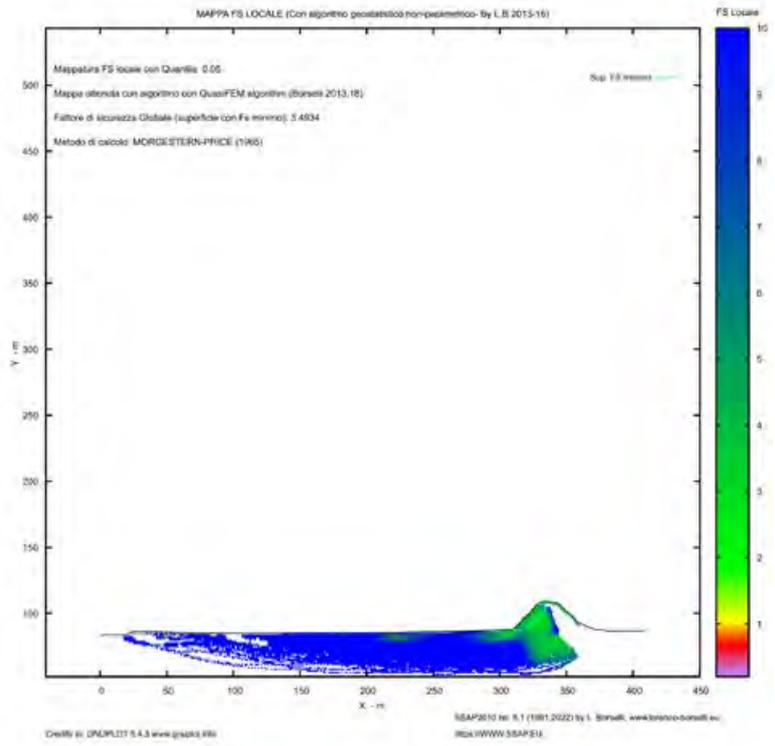
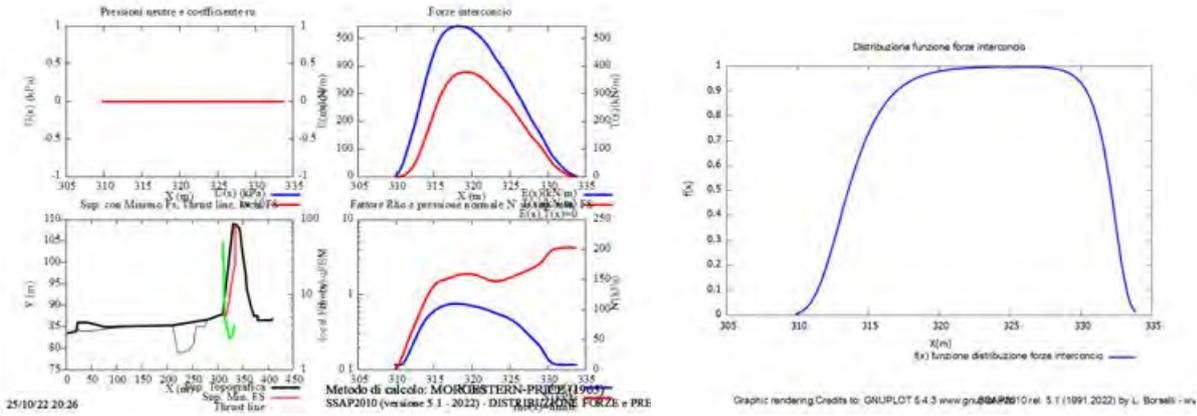
$yt'(-)$: gradiente pendenza locale linea di trust
 $E(x)(kN/m)$: Forza Normale interconcio
 $T(x)(kN/m)$: Forza Tangenziale interconcio
 $E' (kN)$: derivata Forza normale interconcio
 $Rho(x) (-)$: fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
 $FS_qFEM(x)(-)$: fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
 $FS_srmFEM(x)(-)$: fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)	321.457	0.344	0.427	36.164	119.356	50.909	322.356	137.495
309.820	0.344	0.352	-11.894	-0.181	-0.064	151.523	53.322	321.801	0.296	0.367	36.164	120.566	44.227	330.297	121.163
310.164	0.106	0.108	-11.894	-0.418	-0.045	153.510	16.631	322.097	0.344	0.435	37.693	123.223	53.623	327.666	142.591
310.270	0.344	0.352	-11.894	-1.355	-0.477	161.743	56.918	322.441	0.317	0.400	37.693	124.308	49.773	331.541	132.750
310.614	0.344	0.352	-11.894	-3.117	-1.097	180.556	63.539	322.758	0.344	0.443	38.986	126.368	55.982	327.204	144.953
310.959	0.344	0.352	-11.894	-4.879	-1.717	210.261	73.992	323.103	0.344	0.443	38.986	127.343	56.414	323.992	143.531
311.303	0.344	0.352	-11.894	-6.641	-2.337	229.011	80.590	323.447	0.033	0.042	38.986	127.877	5.425	319.377	13.548
311.647	0.344	0.352	-11.894	-8.403	-2.957	250.388	88.113	323.480	0.344	0.442	38.811	128.291	56.694	323.857	143.119
311.992	0.344	0.352	-11.894	-10.165	-3.577	273.974	96.413	323.824	0.344	0.442	38.811	129.287	57.135	325.682	143.925
312.336	0.060	0.061	-11.894	-11.199	-0.687	287.188	17.610	324.169	0.009	0.012	38.811	129.799	1.565	323.097	3.896
312.396	0.344	0.350	-10.159	-10.067	-3.522	304.626	106.569	324.178	0.344	0.441	38.627	130.177	57.380	329.703	145.326
312.740	0.344	0.350	-10.159	-11.482	-4.017	336.073	117.570	324.522	0.336	0.430	38.627	131.184	56.439	336.631	144.828
313.085	0.344	0.350	-10.159	-12.898	-4.512	358.341	125.360	324.859	0.344	0.440	38.438	132.064	58.051	343.068	150.821
313.429	0.117	0.118	-10.159	-13.845	-1.639	361.716	42.814	325.203	0.328	0.419	38.438	133.066	55.774	345.182	144.684
313.546	0.344	0.346	-5.843	-6.687	-2.315	367.234	127.118	325.531	0.344	0.438	38.243	133.925	58.719	349.377	153.183
313.890	0.344	0.346	-5.843	-7.287	-2.523	371.454	128.579	325.876	0.321	0.409	38.243	134.954	55.141	346.674	141.649
314.234	0.048	0.049	-5.843	-7.630	-0.370	376.878	18.287	326.196	0.344	0.437	38.048	135.817	59.390	348.567	152.420
314.283	0.344	0.344	0.131	5.665	1.951	358.916	123.593	326.541	0.327	0.416	38.048	136.879	56.923	356.118	148.098
314.627	0.231	0.231	0.131	5.990	1.383	367.405	84.854	326.868	0.344	0.436	37.857	137.769	60.086	355.783	155.170
314.858	0.344	0.347	7.444	24.524	8.517	336.289	116.786	327.213	0.335	0.424	37.857	138.864	58.835	357.805	151.598
315.202	0.266	0.268	7.444	25.698	6.898	336.819	90.405	327.547	0.344	0.435	37.667	139.780	60.807	354.854	154.369
315.468	0.344	0.354	13.197	41.461	14.664	310.866	109.951	327.892	0.344	0.435	37.667	140.914	61.300	351.376	152.855
315.813	0.181	0.186	13.197	42.843	7.965	313.955	58.365	328.236	0.006	0.008	37.667	141.491	1.123	345.916	2.745
315.994	0.344	0.363	18.675	57.449	20.882	291.319	105.891	328.242	0.344	0.434	37.485	141.887	61.573	351.154	152.386
316.338	0.255	0.270	18.675	59.236	15.975	296.461	79.950	328.587	0.344	0.434	37.485	143.042	62.074	353.414	153.367
316.594	0.344	0.373	22.689	69.971	26.116	283.555	105.833	328.931	0.028	0.035	37.485	143.666	5.059	349.903	12.321
316.938	0.332	0.360	22.689	72.016	25.927	291.678	105.008	328.959	0.344	0.427	36.284	142.934	61.059	365.805	156.265
317.270	0.344	0.381	25.264	79.403	30.234	287.902	109.624	329.303	0.318	0.394	36.284	144.172	56.807	372.449	146.752
317.614	0.344	0.381	25.264	81.438	31.009	297.046	113.106	329.621	0.344	0.420	34.887	143.493	60.238	379.409	159.274
317.959	0.121	0.134	25.264	82.814	11.097	302.096	40.480	329.965	0.299	0.365	34.887	144.830	52.799	378.633	138.035
318.080	0.060	0.067	25.264	83.352	5.576	303.738	20.318	330.264	0.344	0.412	33.328	143.586	59.176	382.607	157.684
318.140	0.344	0.386	26.767	87.571	33.774	302.108	116.517	330.609	0.151	0.181	33.328	144.720	26.238	375.400	68.061
318.485	0.344	0.386	26.767	89.561	34.542	307.348	118.537	330.760	0.128	0.153	33.328	144.543	22.159	374.859	57.467
318.829	0.049	0.055	26.767	90.698	5.017	310.051	17.149	330.888	0.344	0.405	31.727	139.550	56.497	377.033	152.642
318.879	0.344	0.392	28.628	95.417	37.433	307.526	120.646	331.232	0.307	0.361	31.727	137.100	49.497	371.891	134.263
319.223	0.332	0.379	28.628	97.289	36.850	312.657	118.426	331.540	0.120	0.139	30.046	131.879	18.356	373.373	51.968
319.555	0.344	0.400	30.637	102.722	41.111	312.268	124.975	331.660	0.344	0.398	30.046	130.287	51.829	370.282	147.300
319.900	0.288	0.335	30.637	104.361	34.990	317.328	106.393	332.004	0.160	0.185	30.046	128.561	23.746	365.791	67.563
320.188	0.344	0.409	32.645	109.169	44.645	316.611	129.480	332.164	0.344	0.391	28.299	122.833	48.039	367.586	143.760
320.533	0.305	0.363	32.645	110.710	40.153	320.289	116.165	332.509	0.305	0.346	28.299	120.830	41.824	362.400	125.441
320.838	0.344	0.418	34.433	114.701	47.888	319.538	133.408	332.813	0.137	0.153	26.634	115.314	17.628	364.547	55.727
321.182	0.274	0.333	34.433	116.025	38.586	322.798	107.352	332.950	0.344	0.385	26.634	113.981	43.908	359.241	138.390
								333.294	0.193	0.216	26.634	112.490	24.310	354.840	76.683
								333.488	0.344	0.380	25.155	107.184	40.776	356.341	135.563
								333.832	0.344	0.380	25.155	105.458	40.119	352.574	134.130

LEGENDA SIMBOLI

$X(m)$: Ascissa sinistra concio
 $dx(m)$: Larghezza concio
 $dl(m)$: lunghezza base concio
 $alpha(°)$: Angolo pendenza base concio
 $TauStress(kPa)$: Sforzo di taglio su base concio
 $TauF (kN/m)$: Forza di taglio su base concio
 $TauStrength(kPa)$: Resistenza al taglio su base concio
 $TauS (kN/m)$: Forza resistente al taglio su base concio

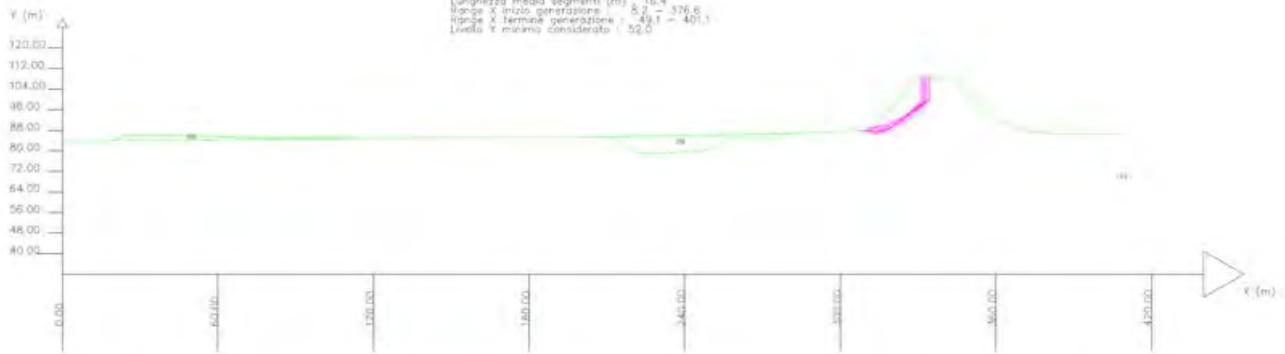


SSAP 5.1 (2022) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr. Ing. L. Borselli - www.borselli-borselli.it
SSAP/DM generator rel. 2.1 (2022)

Data: 25/10/2022
Project: 416 AM ARRODINI
Elevation: 99-10
[n] = 9 strati a base

Modello di calcolo: Morgenstern - Price (1963)
DATA ID SUP: 3004 MW001 fs
Fs minimo: 3.4934
Range Fs: 3.4934 - 3.6057
Differenza % Range Fs: 3.10
Coefficiente Sismico orizzontale: Kh: 0.0410
Coefficiente Sismico verticale: Kv: 0.0205

GENERAZIONE SUPERFICIE RANDOM
Campione Superficie: N: 5000
Lunghezza media segmenti (m): 16.4
Range X inizio generazione: 8.3 - 376.6
Range X termine generazione: 49.1 - 401.1
Livello Y minimo considerato: 52.0



Parametri Costituitivi degli strati

k	h(m)	c (kPa)	phi (deg)	E (MPa)	gamma (kN/m3)	gamma_sat (kN/m3)	w (%)	CS
1	45.00	150.00	35.00	25.00	26.00	21.50	21.50	0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	35.00	80.00	35.00	21.00	21.50	21.50	21.50	0	0.0	0.0	0.0	0.0