E3 ENVIRONMENT EARTH ENGINEERING
WWW.E-TRE.EU

COMUNE DI CICALA (CZ)

RELAZIONE GEOLOGICA

RIQUALIFICAZIONE IDRAULICA IDROGEOLOGICA DELLE AREE PROSSIME AI CORSI D'ACQUA
(Ponte T. Sant'Elia)

E3 ENVIRONMENT EARTH ENGINEERING
WWW.E-TRE.EU

Redatto	Dr.ssa Geol. P. Basta
Controllato	Dott. Ph.D G. Cianflone
Approvato	Dr.ssa Geol. P. Basta
Data	*Codice Documento*
23/01/2023	*2023.01.26_004_E3_RELAZIONE_GEOLOGICA*

Il geologo
Dott.ssa Paola Angela Basta
O.R.G.C. n.1049

ORDINE DEI GEOLOGI CALABRIA
DOTT. GEOL. PAOLA ANGELA BASTA ALBO N° 1049
OR GC

E3 Società Cooperativa
Via Ponte P. Bucci, snc - 87036 RENDE (CS)
e3coop@gmail.com
e3@pec.confcooperative.it
Partita IVA: 0 3 4 1 2 2 7 0 7 8 1

Sommario

1 INTRODUZIONE 4

2 UBICAZIONE DELL'AREA 6

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 7

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE 7
3.2 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE LOCALE 10
3.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO E GEOMORFOLOGICO 11
3.4 INQUADRAMENTO SISMICO GENERALE: 12

4 CAMPAGNA INDAGINI 14

5 ANALISI DEI VINCOLI 14

6 MODELLO GEOLOGICO TECNICO 17

7 MODELLO SISMICO 18

8 SINTESI E CONCLUSIONI 20

ALLEGATI 21

Corografia scala - 1:50000

Carta Geologica

Carta dei Vincoli

Report indagini

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

Indice delle Figure

FIGURA 1 – UBICAZIONE DEL SITO D'INTERESSE. 6
FIGURA 2 - RAPPRESENTAZIONE DELL'ARCO CALABRO NEL CONTESTO GEODINAMICO DEL MEDITERRANEO CENTRALE (TANSI ET AL., 2007). .. 7
FIGURA 3 - SEGMENTAZIONE IN BLOCCHI DELL'ARCO CALABRO (DA GHISETTI, 1979, MODIFICATO DA TANSI ET AL., 2007) DURANTE IL PLIOCENE SUPERIORE-QUATERNARIO. LE LINEE NERE INDICANO LE PRINCIPALI FAGLIE. LEGENDA: (1) BACINI PERI-TIRRENICI DI PAOLA E DI GIOIA TAURO; (2) ALTI STRUTTURALI PERITIRRENICI: MASSICCIO DEL POLLINO, CATENA COSTIERA, ALTO DI CAPO VATICANO E PELORITANI; (3) BACINI DEL CRATI E DEL MESIMA; (4) ALTI STRUTTURALI INTERNI: SILA, SERRE E ASPROMONTE; (5) BACINI PERI-IONICI DI CROTONE E DI CAPO SPARTIVENTO; (6) BACINO DI SIBARI; (7) BACINO DI CATANZARO; (8) BACINO DI SIDERNO; (9) BACINO DI MESSINA. 8
FIGURA 4 - STRALCIO DELLA CARTA TETTONICA DELLA CALABRIA SETTENTRIONALE DI VAN DIJK ET AL. (2000). 10
FIGURA 5 - STRALCIO DEL FOGLIO 237-III SO IN CORRISPONDENZA DEL SITO D'INTERESSE. 11
FIGURA 6 - PROFILO TOPOGRAFICO DEL TORRENTE IN CORRISPONDENZA DEL PONTE OGGETTO DELL'INTERVENTO. 12
FIGURA 7 - CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONE CALABRIA. (DA PROTEZIONE CIVILE). 13
FIGURA 8 - UBICAZIONE INDAGINI. 14
FIGURA 9 – CARTA DEI VINCOLI CON UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO. 16

Indice delle Tabelle

TABELLA 1 - COORDINATE DEL SITO D'INTERESSE NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO WGS84 EPGS:4326 E ED50 EPGS:4230. 6
TABELLA 2 – PARAMETRI GEOTECNICI UNITÀ A 17
TABELLA 3 – PARAMETRI GEOTECNICI UNITÀ B 17
TABELLA 4 – PARAMETRI GEOTECNICI UNITÀ C 17
TABELLA 8 - CATEGORIE DI SOTTOSUOLO DA TAB.3.2.II, NTC2018. 18
TABELLA 9 - CATEGORIE TOPOGRAFICHE DA TAB.3.2.III, NTC2018. 19

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

1 INTRODUZIONE

La E3 società cooperativa su incarico del comune di Cicala (CZ), ha redatto la Relazione Geologica a corredo del progetto di "Riqualificazione idraulica idrogeologica delle aree prossime ai corsi d'acqua" CUP I48C20000010001, afferente al sito di intervento sul Torrente Sant'Elia.

La suddetta relazione è stata redatta in conformità alle seguenti normative vigenti:

- D.M. 11/03/88, *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*
- Circ. Min. 24/09/1988 n. 30483, *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, I criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione"*.
- Ordinanza PCM n° 3274 del 20-03-2003, *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".
- O.P.C.M. del 28-04-2006 n°3519 *"Criteri Generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone sismiche"* (G.U. 11-05-2006 n°108).
- *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* del 14 Gennaio 2008 in vigore dal 1Luglio 2009.
- *"Piano di Assetto Idrogeologico – Rischio Frane – Alluvioni (PAI), dei territori dell'ex Autorità di Bacino Regionale Calabria, approvato dal Comitato Istituzionale con Delibera n. 13 del 29/10/2001, Giunta Regionale con Delibera n. 900 del 31/10/2001, Consiglio Regionale Delibera n. 115 del 28/12/2001, successive approvazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Calabria con Delibera n. 26 del 02/08/2011 Procedure di aggiornamento PAI FR e FI; n. 27 del 02/08/2011 Testo aggiornato delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NdA).*
- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMZS), "Standard di Rappresentazione ed Archiviazione dei Dati" per la Microzonazione Sismica predisposti dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'O.P.C.M. n. 3907 del 13/11/2010).
- *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* D.M. 17 gennaio 2018.
- DS n. 540 del 13.10.2020 dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

Sulla base della normativa vigente, tenuto conto delle peculiarità dello studio da eseguire, il lavoro è stato articolato nei seguenti punti:

- Definizione dell'assetto geologico e geomorfologico locale;
- Definizione dell'assetto idrogeologico locale, analisi dei vincoli idrogeologici;
- Definizione dell'assetto geologico - strutturale generale sulla base dei dati bibliografici e rilievi inediti e definizione del modello geologico generale;
- Esecuzione di indagini geologiche e geofisiche;
- Conclusioni ed indicazioni per l'esecuzione del progetto.

Considerata l'opera in progetto e le finalità dello studio si è proceduto preventivamente alla ricerca bibliografica ed alla verifica delle aree a Vincolo Idrogeologico del PAI insistenti sul settore oggetto dell'intervento. Per la definizione del modello geologico e per la parametrizzazione geotecnica dei terreni sono state effettuate delle indagini in situ opportunamente calibrate in funzione dell'intervento del presente progetto.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

2 UBICAZIONE DELL'AREA

L'area soggette a intervento è ubicata nella Calabria Centrale, nel Comune di Cicala, provincia di Catanzaro (CZ), identificabile dalle seguenti coordinate (*Figura 1 e Tabella 1):*

Figura 1 – *Ubicazione del sito d'interesse.*

QUOTA (m s.l.m)	COORDINATE WGS84 (Lat., Long.)	COORDINATE ED50
755	39.037173, 16.481110	39.038193, 16.481910

Tabella 1 - *Coordinate del sito d'interesse nel sistema di riferimento WGS84 EPGS:4326 e ED50 EPGS:4230.*

L'area d'interesse ricade nel foglio 569, Soveria Mannelli della Carta d'Italia scala 1:50.000 I.G.M. (1989 - 1991) e nella sezione 237 III SO Cicala della Carta Geologica della Calabria Scala 1:25000 Ex Casmez (1958 – 1962),

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE

L'area oggetto del presente lavoro è ubicata nel territorio comunale di Cicala (CZ), la quale ricade nel settore settentrionale dell'Arco Calabro Peloritano *(Figura 2)* a cavallo con quello meridionale. Quest'ultimo è noto in letteratura come un'ampia struttura tettonica regionale, caratterizzato da una forma ad arco appartenente al belt orogenico circum-Mediterraneo, che rappresenta un cuneo d'accrezione di terreni crostali originato dai processi collisionali Africa-Europa. La Calabria risulta essere molto interessante dal punto di vista geologico in quanto essa è costituita prevalentemente da rocce cristallino-metamorfiche d'origine alpina che interrompono la continuità dell'ossatura carbonatica della catena appenninica, rappresentando un elemento di discontinuità tra la catena appenninica e la catena siciliano-*maghrebide*.

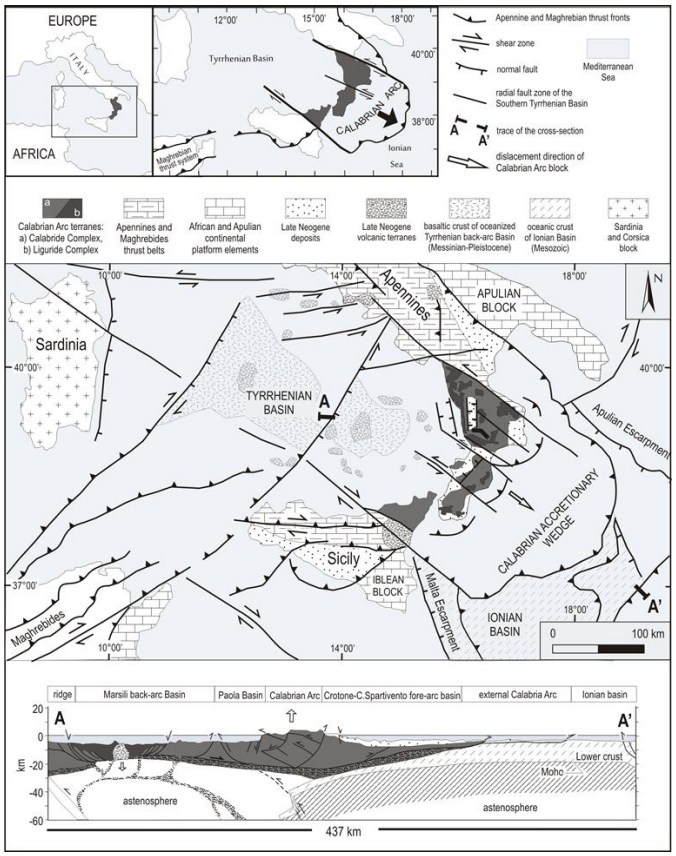


Figura 2 - *Rappresentazione dell'Arco Calabro nel contesto geodinamico del Mediterraneo Centrale (Tansi et al., 2007).*

L'Arco Calabro è costituito da litotipi cristallino-metamorfico di origine alpina rappresentati da unità tettoniche impilatesi tra il Cretaceo e il Paleogene. Tali unità sono comprese nel *Complesso Liguride* (Ogniben, 1969) costituite da rocce prevalentemente metamorfiche d'origine oceanica di vario grado inglobanti blocchi ofiolitici. Le unità sono sovrastate tettonicamente dal *Complesso Calabride* (Ogniben, 1969), costituito da rocce crostali prevalentemente cristalline d'origine continentale. Le unità cristallino-

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

metamorfiche dell'Arco Calabro sono sovrascorse tettonicamente su litotipi carbonatici mesozoici appartenenti alla catena appenninica facenti parte del *Complesso Panormide* (Ogniben, 1969).

I processi tettonici che hanno generato l'Arco Calabro sono iniziati nel Giurassico-Cretaceo inferiore, con l'apertura di un nuovo bacino denominato Neotetide e la contemporanea formazione di bacini secondari che separavano le aree di piattaforma carbonatica. A partire dal Miocene Medio, l'Arco Calabro ha subito dei processi di overthrusting che uniti alla migrazione dell'Arco dalla sua originaria posizione alpina verso Sud-Est, ha conseguito l'apertura del Mar Tirreno. La migrazione dell'Arco Calabro è stata indotta da un sistema regionale di faglie regionali trascorrenti ad andamento NW-SE (fig.3) caratterizzate da movimenti sinistrorsi e destrorsi, rispettivamente, in corrispondenza del settore settentrionale (Linea di Sangineto) e meridionale (Catena delle Maghrebide) dell'Arco Calabro. Conclusa la Fase Tirrenica, tra il Pliocene Superiore e il Pleistocene Inferiore l'Arco Calabro è stato interessato da una fase distensiva che ha originato sistemi di faglie normali longitudinali e trasversali responsabili dello smembramento dell'Arco Calabro in alti strutturali e bacini sedimentari marini *(Figura 3)*. I sistemi longitudinali sono caratterizzati da un sistema di faglie che si mostrano un andamento parallelo alle direttrici della catena e che seguono la curvatura dell'arco passando da direzioni N-S a direzioni NE-SW ed E-W. I sistemi trasversali invece, interrompono la continuità della catena generando delle "strutture di affondamento" ad andamento da ENE-WSW a E-W, a WNW-ESE, a NW-SE.

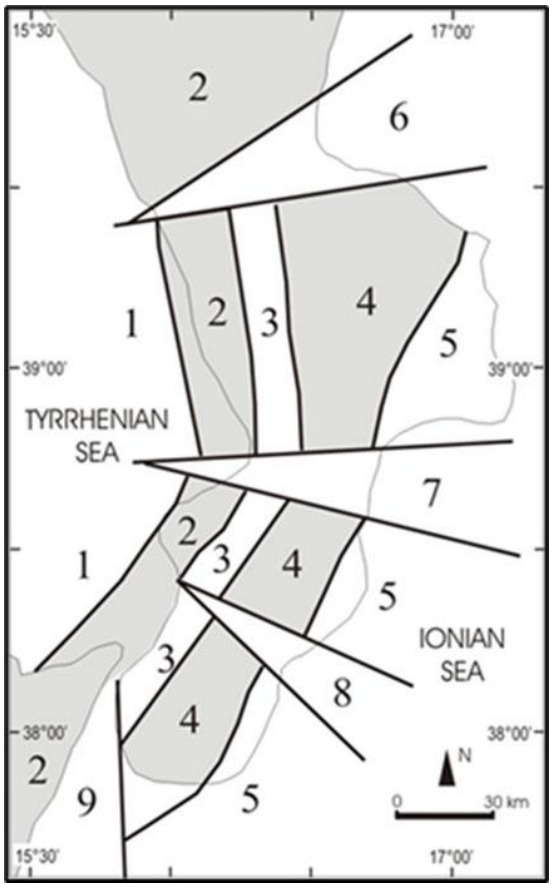


Figura 3 - *Segmentazione in blocchi dell'Arco Calabro (da GHISETTI, 1979, modificato da TANSI et al., 2007) durante il Pliocene superiore-Quaternario. Le linee nere indicano le principali faglie. Legenda: (1) bacini peri-tirrenici di Paola e di Gioia Tauro; (2) alti strutturali peritirrenici: Massiccio del Pollino, Catena Costiera, Alto di Capo Vaticano e Peloritani; (3) bacini del Crati e del Mesima; (4) alti strutturali interni: Sila, Serre e Aspromonte; (5) bacini peri-ionici di Crotone e di Capo Spartivento; (6) bacino di Sibari; (7) bacino di Catanzaro; (8) bacino di Siderno; (9) bacino di Messina.*

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

A partire dal Pleistocene Medio, l'Arco Calabro ha subito un'intensa fase tettonica distensiva caratterizzata da una direzione di estensione orientata WNW-ESE che ha prodotto lo sviluppo di una zona di *rifting.* Il sollevamento pleistocenico è testimoniato dai terrazzi marini che si distribuiscono lungo le aree peri-costiere tirreniche. La morfologia attuale della regione è quindi fortemente correlata a fenomeni neo-tettonici prevalentemente distensivi che dal Pliocene hanno portato alla individuazione di morfostrutture primarie e a un continuo incremento dell'energia del rilievo. Dal punto di vista geologico-strutturale, l'area in esame rientra in una fascia di territorio interessata da lineamenti tettonici di tipo trascorrente sinistro, ad andamento medio da NW-SE ad WNW-ESE (Tansi et al.,2007) che si estendono dalla Valle del Fiume Crati fino alla porzione settentrionale della Stretta di Catanzaro, con inclinazioni comprese tra 60° e 90° immergenti prevalentemente verso SW ed in subordine verso NE. A Sud della Stretta di Catanzaro questo sistema trascorrente diventa meno frequente.

Nel dettaglio, il Comune di Cicala è ubicato in un'area montuosa lungo il margine meridionale del Massiccio della Sila (Sila Piccola), che rappresenta la zona di transizione tra l'Arco Calabro settentrionale e la Stretta di Catanzaro. Quest'area è interessata da un importante sistema tettonico regionale caratterizzato da un sistema di faglia orientato NW-SE a prevalente componente trascorrente sinistra (VanDijk et al., 2000; Tansi et al., 2006). In particolare, il territorio comunale di Cicala è attraversato dalla cosiddetta Sellia - Decollatura Fault Zone (VanDijk et al., 2000).

Il settore dell'orogene calabro-peloritano (Sila Piccola), dove è ubicato il Comune di Cicala, è caratterizzato dalla sovrapposizione di tre principali elementi strutturali che rappresentano differenti domini paleogeografici: i) il complesso delle unità appenniniche costituito da successioni sedimentarie e metasedimentarie del Mesozoico; ii) una falda alloctona alpino-liguride (Titoniano-Necomaniano), strutturalmente intermedia, consistente in una serie di unità metamorfiche che includono metapeliti, ofioliti e carbonati; iii) Complesso Calabride formato da gneiss ercinici e pre-ercinici, graniti e metapeliti. Il complesso Calabride comprende tre principali unità tettono-metamorfiche paleozoiche: (a) l'Unità di Bagni costituito da metapeliti, metareniti e metabasiti; (b) l'Unità di Castagna comprendente paragneiss e scisti; (c) Unità della Sila formata da rocce metamorfiche e plutoniche e dalla relativa copertura sedimentaria.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

Figura 4 - Stralcio della carta tettonica della Calabria settentrionale di Van Dijk et al. (2000).

3.2 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE LOCALE

Il Comune di Cicala ricade nell'omonimo Foglio 237-III SO della Carta Geologica Ufficiale della Calabria scala 1:25000, nel quale il centro abitato risulta ubicato, per quasi la sua intera estensione, sul litotipo *sf* descritto come scisti filladici prevalentemente pelitici con locali e sottili intercalazioni arenacee (quarziti) e caratterizzati dalla presenza di vene lenticolari di quarzo concordanti con la scistosità. Tale litotipo rappresenta il basamento pre-Triassico dell'Unità del Fiume Bagni (Dietrich e Scandone, 1972) ed in particolare all'Unità filladica del Fiume Pomo (Colonna, 1998), che comprende filladi grigio-scure alternate a metareniti, metaconglomerati, quarziti e porfiroidi con rare intercalazioni di metabasiti e anfiboliti.

Dall'analisi della Carta Geologica l'area intorno all'abitato di Cicala presenta un assetto tettonico relativamente complesso caratterizzati dai sovrascorrimenti dei litotipi *sm* (leucoscisti e gneiss correlabili all'Unità di Castagna) e *sb* (scisti biotitici quarzoso feldspatici) sul litotipo *sf*. I litotipi *sb* e *sf* sono intrusi dal litotipo γ costituito da granito biotitico. A sud-ovest dell'abitato di Cicala il basamento metamorfico è ricoperto in discordanza dal litotipo $^{?}M_1^{cl\text{-}s}$, con presunta età miocenica, costituito da conglomerati e sabbie/arenarie grossolane.

In corrispondenza del sito d'interesse progettuale affiora il litotipo *sf* ricoperto dalle alluvioni del Torrente Sant'Elia fissate dalla vegetazione (*af*). In sinistra idrografica del ponte all'interno del litotipo *sf* è presente una vena di calcari cristallini e marmorei (*cc*) (*Figura 5*).

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

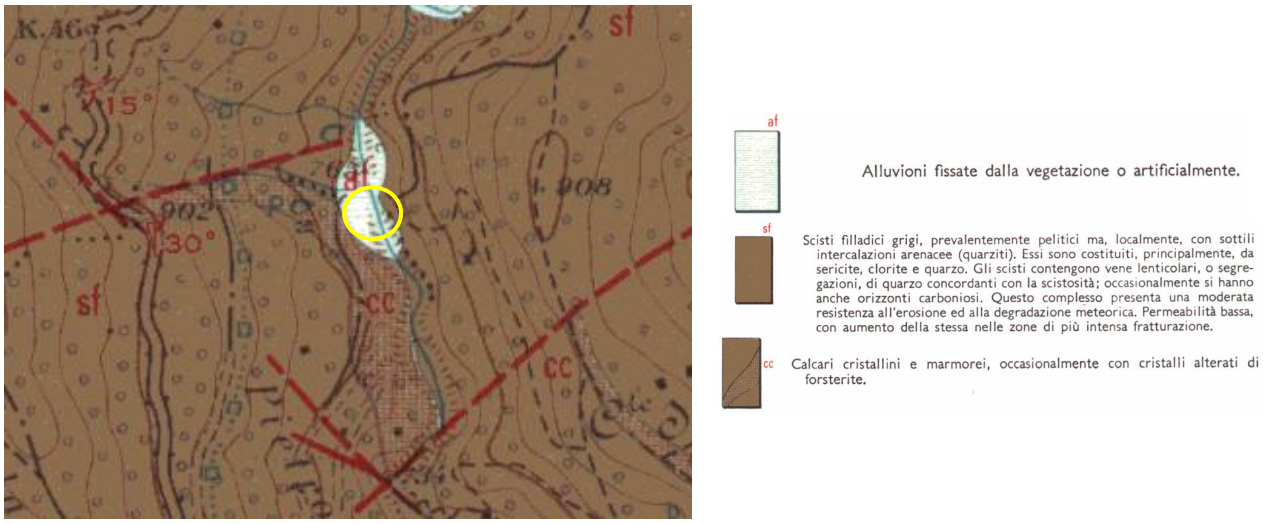


Figura 5 - Stralcio del Foglio 237-III SO in corrispondenza del sito d'interesse.

3.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico il territorio del Comune di Cicala è ubicato in un'area tipicamente montuosa, lungo lo spartiacque tra i bacini idrografici dei Fiumi Corace e Sant'Elia, caratterizzata dalla presenza di zone con morfologia accidentata. L'origine di quest'ultime è dovuta a varie cause tra cui la differente resistenza all'erosione tra le rocce igneo-metamorfiche del basamento cristallino paleozoico e le coperture pedo-regolitiche e all'intensa attività tettonica che dal Pleistocene produce il sollevamento dell'Arco Calabro con conseguente sposta-mento del livello di base del sistema idrografico che ha prodotto il progressivo approfondimento delle incisioni vallive.

Il Comune di Cicala è situato nella fascia montana della Presila catanzarese, caratterizzata da un clima di tipo appenninico abbastanza temperato, caratterizzato da inverni freddi, estati cal-de e precipitazioni abbondanti. La stazione pluviometrica Carlopoli del centro multifunzionale Arpacal, mostra una precipitazione media annua pari a 1353.2 mm, con un picco positivo di 211.8 mm nel mese di dicembre e un picco negativo di 26 mm nel mese di luglio. La stazione termometrica Tiriolo (la più vicina a Cicala con un record storico significativo) mostra una temperatura media negli ultimi 30 anni pari a 14.7°C, con picco positivo di 22.5°C ad agosto e picco negativo di 6.9°C a febbraio.

L'area interessata dall'intervento in progetto è ubicata in corrispondenza dell'alveo del Torrente Sant'Elia, un tipico torrente montano caratterizzato da una portata liquida fortemente dipendente dalla stagionalità e un trasporto solido di fondo, caratterizzato prevalentemente da materiale grossolano, correlato ai singoli eventi di piena. L'alveo del torrente è incassato nelle rocce metamorfiche del basamento, che frequentemente affiorano sul fondo dell'alveo, ed è delimitata da versanti acclivi.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

Il ponte oggetto dell'intervento attraverso un tratto rettilineo dell'alveo largo circa 20 m. Subito a valle del ponte è presente un salto idraulico di circa 1 m.

Figura 6 - Profilo topografico del torrente in corrispondenza del ponte oggetto dell'intervento.

3.4 INQUADRAMENTO SISMICO GENERALE:

La Calabria rientra tra le regioni più interessanti dal punto di vista sismico. Essa è caratterizzata dalla presenza della zona di rift siculo-calabra rappresentata da segmenti di faglie normali che separano i principali bacini Plio-Pleistocenici dalla catena Serre-Aspromonte, le quali risultano essere tutt'ora in sollevamento. La sismicità dell'area si può ricondurre allo scivolamento dello slab ionico al di sotto dell'Arco calabro, testimoniato dalla distribuzione degli ipocentri degli eventi sismici strumentali verificatisi a notevole profondità crostale e sub-crostale. La Calabria risulta una tra le regioni italiane a maggior rischio sismico, la riclassificazione sismica del territorio nazionale, effettuata ai sensi dell'ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 ha classificato l'intero territorio nazionale in quattro zone indicate con i numeri da 1 (a maggior rischio) e 4 (a minor rischio). I comuni calabresi ricadono tutti nella zona 1 e 2 *(Figura 7).*

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

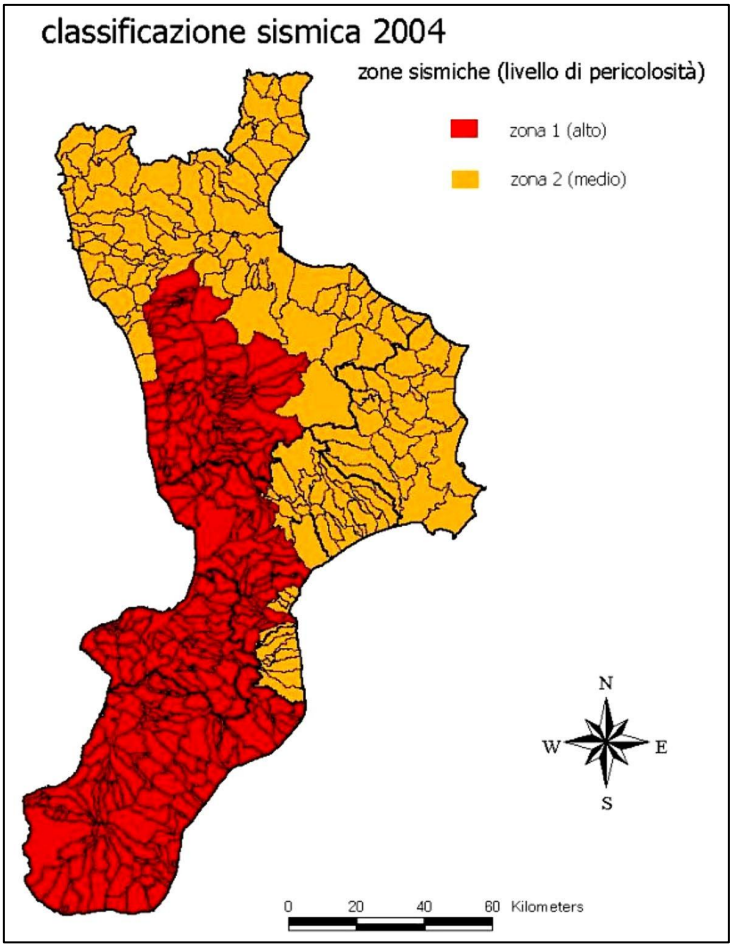


Figura 7 - Classificazione sismica Regione Calabria. (Da protezione civile).

Facendo riferimento alle *"Norme Tecniche per le Costruzioni" del* 14 Gennaio 2008 in vigore dal 1° luglio 2009, il settore di analisi è ubicato nel comune di Cicala (CZ), il quale ricade nella **Zona sismica 2.**

Nell' area del Comune di Cicala non sono presenti faglie attive e capaci del database ITHACA.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

4 CAMPAGNA INDAGINI

Per la definizione del modello geologico e per la caratterizzazione sismica dei terreni soggetti ad intervento è stata realizzata la seguente campagna indagini *(Figura 8)* che si compone di:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo lungo la sponda destra idrografica;
- n. 2 prova penetrometrica super pesanti (di seguito DPSH) rispettivamente lungo la sponda in destra idrografica (DPSH1) e sinistra idrografica DPSH2);
- n. 2 indagini sismiche a rifrazione, una per sponda;
- n. 2 indagini sismiche di tipo MASW, una per sponda.

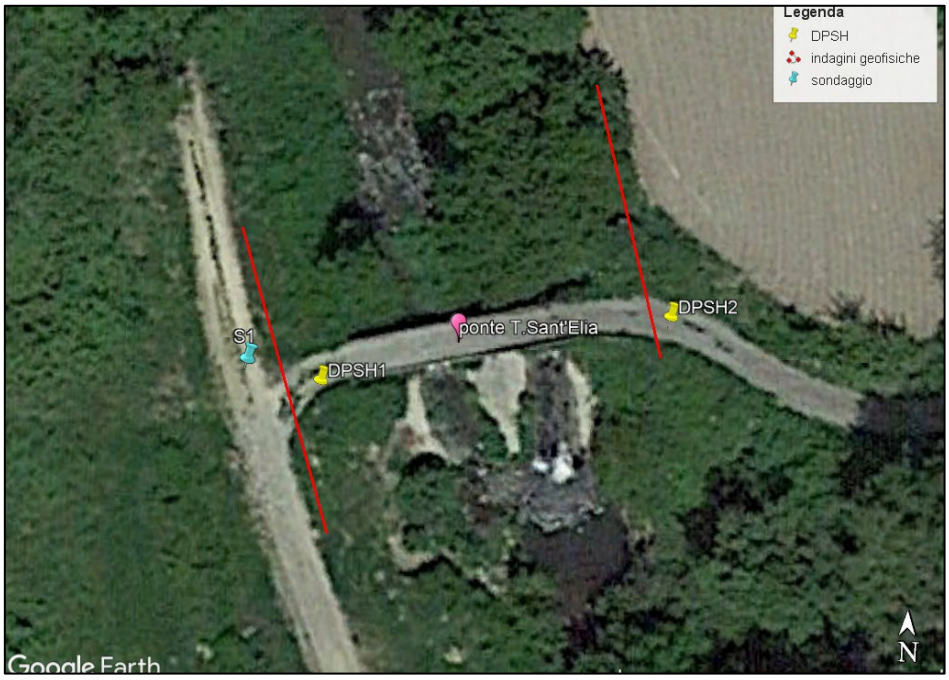


Figura 8 - Ubicazione indagini.

Il sondaggio a carotaggio continuo (S1) ha messo in evidenza la presenza di:

- 0-15 m alluvioni costituite da ciottoli da centimetrici (prevalenti) a decimetrici con talora una matrice costituita da sabbia grossolana
- 15-20,10 m scisti filladici grigi
- 20,10 – 22 m scisti filladici verdi

La prova DPSH1 mostra la presenza di 3 intervalli prima di andare a rifiuto:

- un primo intervallo tra 0 e 1,2 m dal p.c. caratterizzato da Nspt=2,26;
- un secondo intervallo tra 1,2 e 3,8 m dal p.c. caratterizzato da Nspt=8,9;
- un terzo intervallo tra 3,8 e 7 m dal p.c. caratterizzato da Nspt=27,36.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

La prova DPSH2 mostra la presenza di 3 intervalli prima di andare a rifiuto:

- un primo intervallo tra 0 e 1 m dal p.c. caratterizzato da Nspt=5,72;
- un secondo intervallo tra 1 e 2,2 m dal p.c. caratterizzato da Nspt=20,8;
- un terzo intervallo tra 2,2 e 3 m dal p.c. caratterizzato da Nspt=48,88.

Durante il carotaggio sono stati prelevati due campioni:

- C1 tra 16 e 16,5 m all'interno degli scisti grigi;
- C2 tra 20,5 e 21 m all'interno degli scisti verdi.

Su tali sono state eseguite delle prove PLT (Point Load Test) che hanno messo in evidenza i seguenti risultati:

- C1 (scisti grigi) un valore medio di Is pari a 1,6 kg/cm2, da cui un valore di resistenza a compressione semplice pari a circa 90 kg/cm2
- C2 (scisti verdi) un valore medio di I_s pari a 10,5 kg/cm^2, da cui un valore di resistenza a compressione semplice pari a circa 300 kg/cm^2.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

5 ANALISI DEI VINCOLI

Con riferimento al P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) approvato dal Consiglio Regionale con Delibera n°115 del 28/12/2001, e con riferimento ai successivi aggiornamenti, il settore in esame ricade in un'area di attenzione idraulica *(Figura 9).*

Con riferimento al Decreto del Segretario Generale DS n. 540 del 13.10.2020 dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (Adozione delle Misure di Salvaguardia relative alle aree soggette a modifica di perimetrazione e/o classificazione della pericolosità e rischio dei Piani di assetto idrogeologico configurate nei progetti di varianti di aggiornamento dei PAI alle nuove mappe del PGRA) l'area di interesse progettuale rientra nelle Aree di attenzione del PGRA*(Figura 9).*

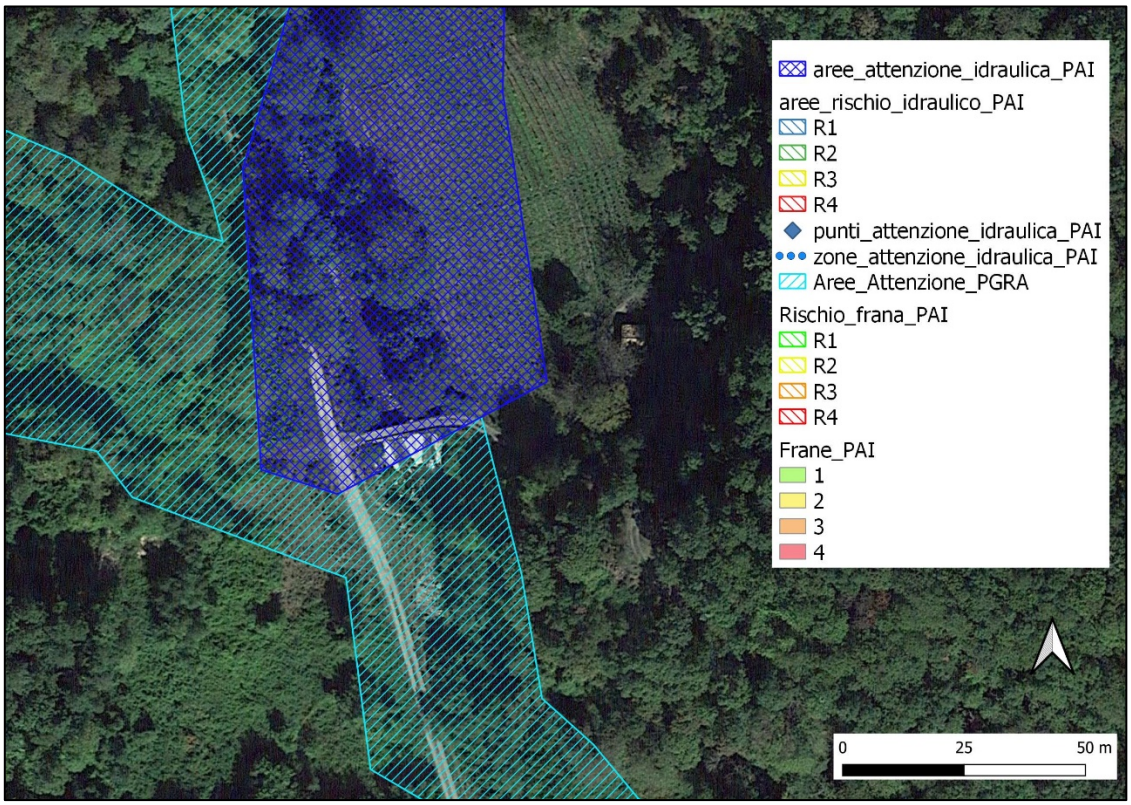


Figura 9 – Carta dei Vincoli con ubicazione dell'area di intervento.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

6 MODELLO GEOLOGICO TECNICO

Dall'interpretazione dei dati ottenuti e dalla correlazione con i rilievi di campo effettuati è possibile ricostruire l'assetto stratigrafico dell'area oggetto di intervento, individuando tre unità litotecniche principali:

- **Unità A –** alluvioni:

Profondità (m da – a)	spessore (m)	peso dell'unità di volume	peso dell'unità di volume saturo	angolo d'attrito	coesione
0 - 15	15	γ= 1.5 t/m^3	γ= 1.7 t/m^3	Ø= 24°	c= 0 kg/cm^2

Tabella 2 – Parametri geotecnici unità A

- **Unità B –** scisti filladici grigi

Profondità (m da – a)	spessore (m)	peso dell'unità di volume	peso dell'unità di volume saturo	angolo d'attrito	coesione
15 – 20.10	5.10	γ= 1.8 t/m^3	γ= 1.9 t/m^3	Ø= 28°	c= 1 kg/cm^2

Tabella 3 – Parametri geotecnici unità B

- **Unità C –** scisti filladici verdi:

Profondità (m da – a)	spessore (m)	peso dell'unità di volume	peso dell'unità di volume saturo	angolo d'attrito	coesione
da 20.10	-	γ= 1.9 t/m^3	γ= 2 t/m^3	Ø= 30°	c= 1 kg/cm^2

Tabella 4 – Parametri geotecnici unità C

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

7 MODELLO SISMICO

Facendo riferimento alle *"Norme Tecniche per le Costruzioni" del* 14 Gennaio 2008 in vigore dal 1° luglio 2009, l'oggetto di studio ricade nella **Zona sismica 2.**

Nell' area dell'abitato di Cicala non sono presenti faglie attive e capaci del database ITHACA.

I risultati delle indagini geofisiche realizzate in sx e dx idrografica del torrente (**Figura 8**) consentono la classificazione sismica del terreno di fondazione tramite il calcolo del valore di Vseq per le due sponde del torrente. Nel dettaglio, per il sito d'interesse sono state realizzate due indagini sismiche di tipo MASW, una sulla sponda sx e una sulla sponda dx del Torrente Sant'Elia; i valori di Vseq ottenuti, riportati di seguito, hanno evidenziato che i litotipi indagati presentano velocità tali da essere collocati, secondo la normativa vigente, in categoria B lungo la sponda in sx idrografica e in categoria A lungo la sponda in dx idrografica.

	Calcolo $V_{S,eq}$	**Valori $V_{S,eq}$ in m/s**	**Categoria suolo di fondazione ai sensi delle NTC-2018**
sx idrografica	**$V_{S,eq}$** a -1 m dal p.c.	**419.79**	**B**
dx idrografica	**$V_{S,eq}$** a -1 m dal p.c.	**872**	**A**

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

Tabella 5 - Categorie di sottosuolo da Tab.3.2.II, NTC2018.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

Inoltre, sempre sulla base della normativa vigente (cfr. Tab. 3.2.III NTC 20189) il sito si colloca in **Categoria topografica T1**

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

Tabella 6 - Categorie topografiche da Tab.3.2.III, NTC2018.

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

8 SINTESI E CONCLUSIONI

Il presente studio geologico-geomorfologico integrato da indagini geognostiche è stato condotto al fine di ricostruire un modello geologico e geomorfologico esauriente.

Il terreno di fondazione viene classificato in Categoria B in sx idrografica e categoria A in dx idrografica, Categoria topografica T1.

Con riferimento al PAI, l'area oggetto dell'intervento ricade all'interno di una zona di attenzione idraulica. L'area ricade inoltre in un'area di attenzione idraulica del PGRA.

Al fine di rendere più efficaci gli interventi in progetto si prescrive:

- la presenza del geologo durante la realizzazione degli interventi;
- adeguate opere di regimazione delle acque superficiali.

Sulla base di quanto scritto e nel rispetto delle prescrizioni si ritiene di poter affermare che gli interventi in progetto risultano compatibili con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico attuale dell'area in esame.

Rende, 26/01/2023

Il Geologo
Dr.ssa Paola Angela Basta
O.R.G.C. n.1049

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONALE CALABRIA
DOTT. GEOLOGO PAOLA ANGELA BASTA
ALBO N° 1049
ORGC

E3 Società Cooperativa
Via Ponte P. Bucci, snc - 87036 RENDE (CS)
e3coop@gmail.com
e3@pec.confcooperative.it
Partita IVA: 0 3 4 1 2 2 7 0 7 8 1

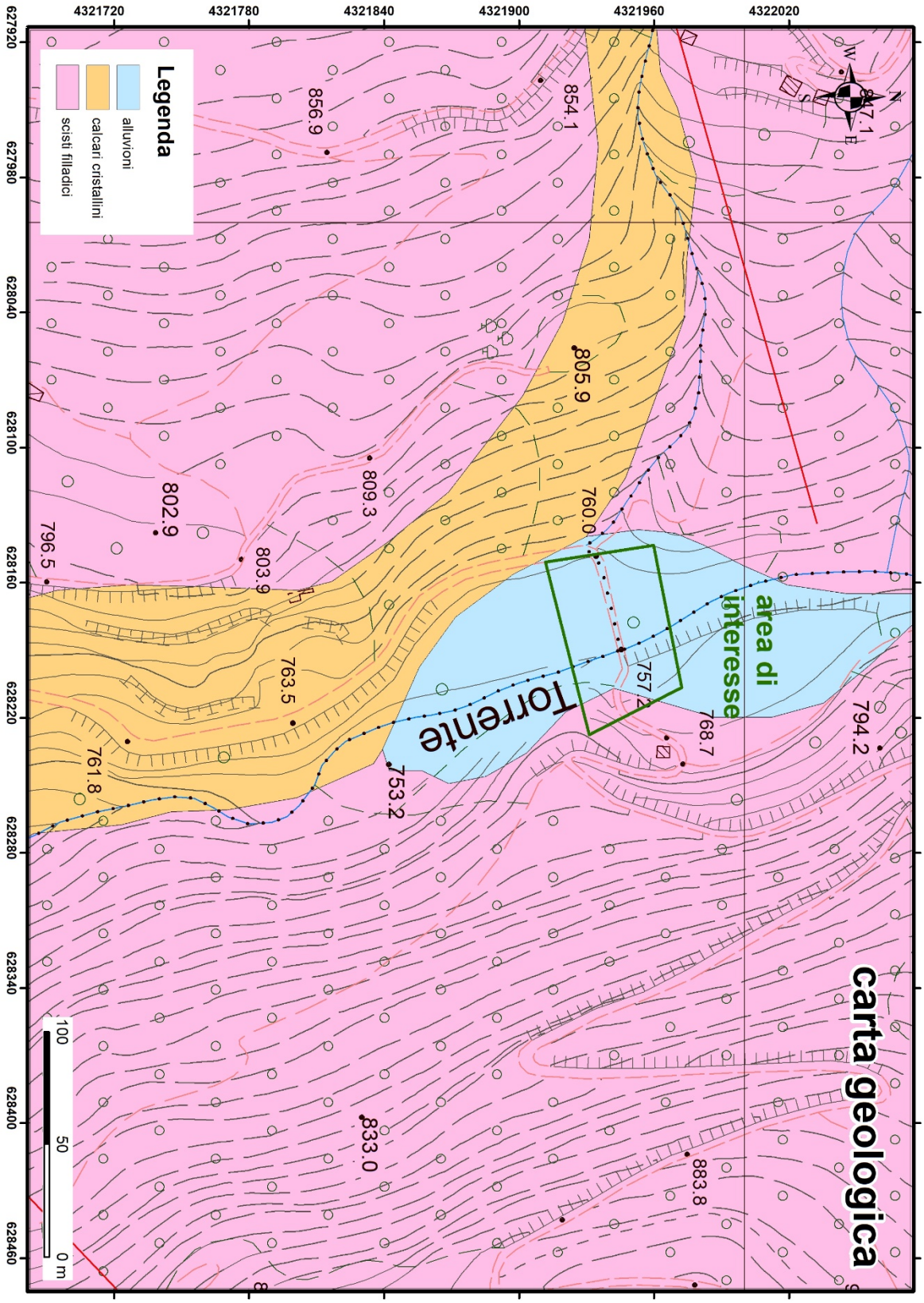
Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

ALLEGATI

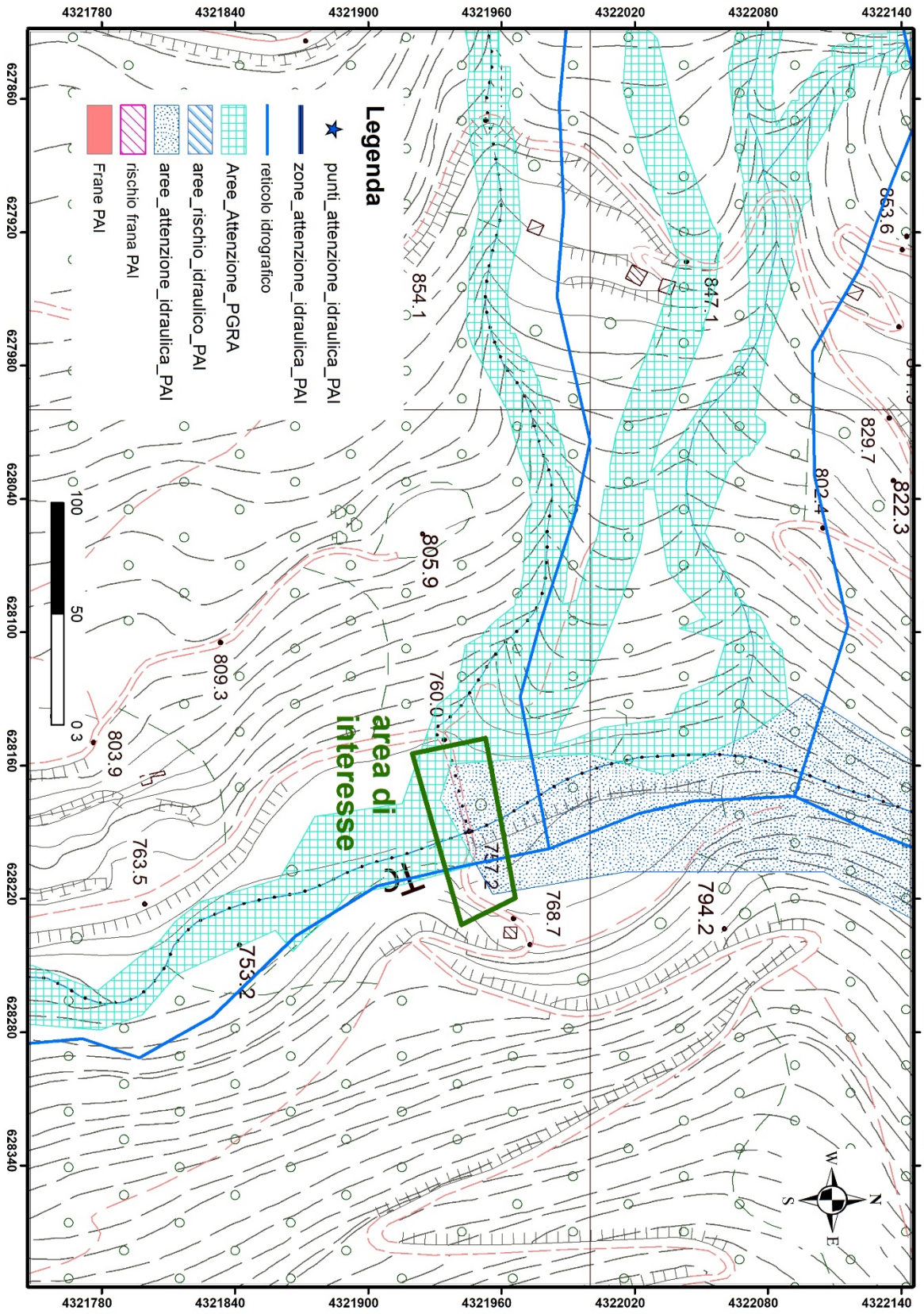
Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

CARTA D'ITALIA FOGLIO 569 SOVERIA MANNELLI SCALA 1:50.000 IGM 1989 - 1991

Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11



Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11



Dasa-Rägister
UNI EN ISO 9001:2015
IQ-1120-11

GEOGNOSTICA S.A.S
dott. Perri Francesco
GEOLOGO

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798

COMUNE DI CICALA

OGGETTO:

"INDAGINI GEOGNOSTICHE PROPADEUTICHE ALLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE IDRAULICA- IDROGEOLOGICA DELLE AREE PROSSIME AI CORSI DI ACQUA "

TORRENTE SANT'ELIA

COMMITTENTE:

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CICALA

ELABORATO

REPORT TECNICO

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il geologo

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla nr. 76 - 88045 Gimigliano (CZ)
P.I. - C.F. 03868010798
Tel. 328 1857719 - pfgeognostica@pec.it

GENNAIO 2023

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

PREMESSA

Il sottoscritto Francesco Perri in qualità di rappresentante legale dell'Impresa PF GEOGNOSTICA s.a.s. di Perri Francesco & C., con sede tecnica e legale a Gimigliano in Contrada Colla nr 76 ha ricevuto l'incarico dall'Amministrazione comunale di Cicala - con determina d'incarico Nr 87 del 4/11/2022– "**INDAGINI GEOGNOSTICHE PROPADEUTICHE ALLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE IDRAULICA-IDROGEOLOGICA DELLE AREE PROSSIME AI CORSI DI ACQUA**" per l'esecuzione di una campagna di indagini svolta lungo i torrenti Fiume Corace, torrente Sant'Elia e nel centro abitato di Cicala e in Loc. San Martino.

I lavori, svolti nei mesi di Novembre-Dicembre 2022 e Gennaio 2023, sono stati realizzati per come richiesto e previsto secondo la Ddl e secondo le disponibilità logistiche dei luoghi.

1. ATTREZZATURA UTILIZZATA INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per l'esecuzione dei carotaggi è stata utilizzata una perforatrice oleodinamica tipo: " Casagrande C6", la macchina in questione ha un peso di 12.000 kg è dotata di una notevole stabilità e sviluppa una coppia torcente pari ad 1400 daNm. Costruita su un carro cingolato e alimentata da un motore DEUTZ 6 cilindri, grazie ad un cambio meccanico a 6 marce, la perforatrice in parola è in grado di dosare velocità di rotazione e spinta di avanzamento in funzione di ogni tipo di terreno attraversato.

Sono stati utilizzati a corredo della macchina i seguenti utensili necessari per lo svolgimento del carotaggio:

- Carotiere semplice (101 mm);

- Carotiere doppio, ideale per le formazioni rocciose compatte;
- Carotiere doppio tipo T6s, ideale per carotaggi in formazioni difficili;
- Penetrometro da foro;
- Campionatore SHELBY;
- Tubi di rivestimento;

1.1 ATTREZZATURA UTILIZZATA PROVE PENETROMETRICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-150 PAGANI

Rif. Norme	**DIN 404**
Peso Massa battente	*63,5 Kg*
Altezza di caduta libera	*0,75 m*
Peso sistema di battuta	*0,63 Kg*
Diametro punta conica	*51,00 mm*
Area di base punta	*20,43 cm²*
Lunghezza delle aste	*1,00 m*
Peso aste a metro	*6,31 Kg/m*
Profondità giunzione prima asta	*0,40 m*
Avanzamento punta	*0,20 m*
Numero colpi per punta	*N (20)*
Coeff. Correlazione	*1,47*
Rivestimento/fanghi	*No*
Angolo di apertura punta	*90°*

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

- Raccomandazioni nella programmazione delle indagini geotecniche;
- Norme A.G.I. (1994)- Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio.
- Circolare 08 settembre 2010, n.7619/STC.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977) - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

- UNI ENV 1977-3 (2002). Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito.
- ASTM D4220-95 (2000). Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples.
- ASTM D5079-90 (1996). Standard Practices for Preserving and Transporting Rock Core Samples.
- ASTM D6032-96. Standard Test Method for Determining Rock Quality Designation (RQD) of Rock Core.
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure).
- ASTM D653-02. Standard terminology relating to soil, rock, and contained fluids.
-

3. AREE SOTTOPOSTE AD INTERVENTO

GEOGNOSTICA S.A.S
dott. Perri Francesco
GEOLOGO

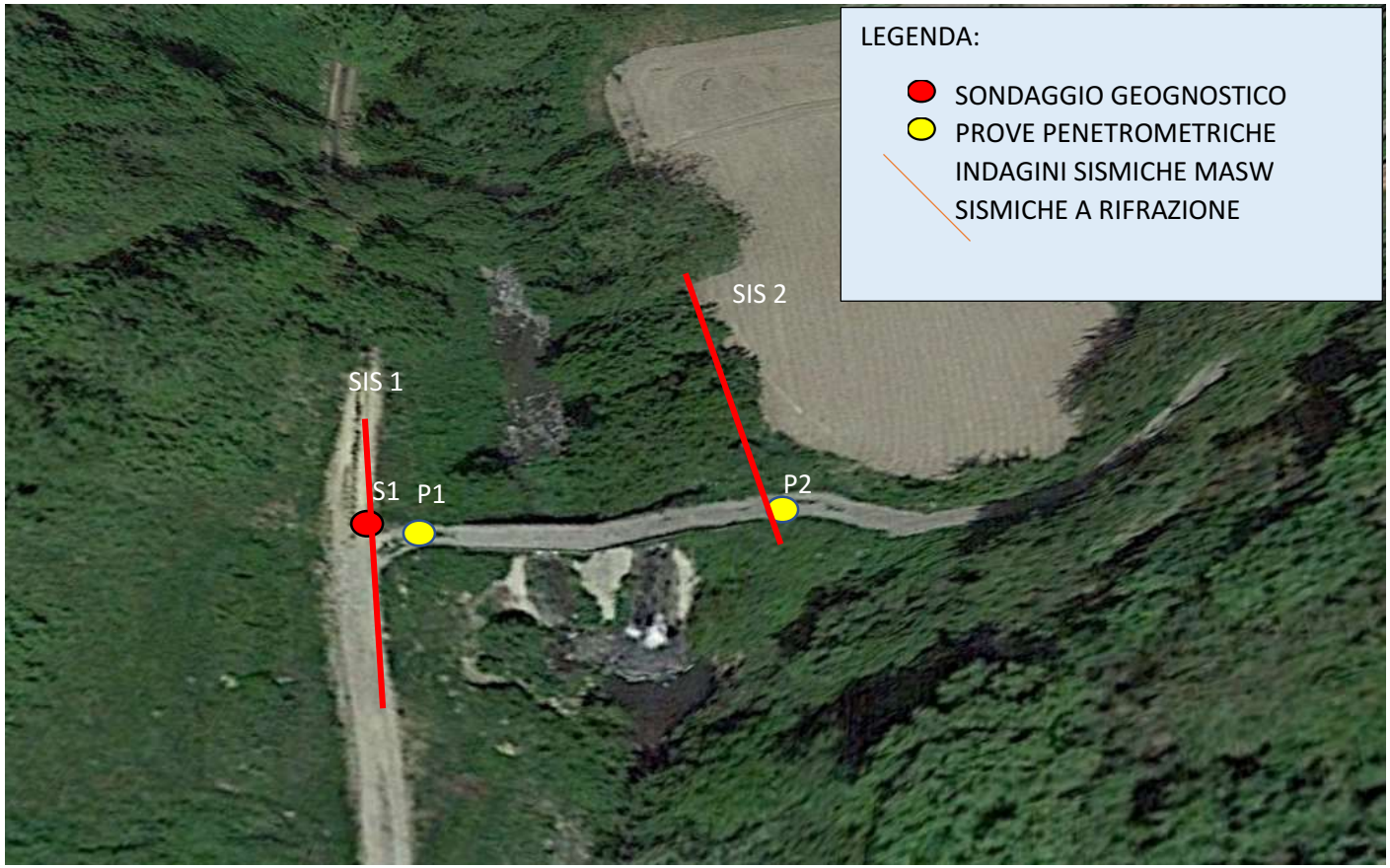
PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.

C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719

pfgeognostica@gmail.com

P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

INTERVENTO TORRENTE SANT'ELIA



PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.

C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719

pfgeognostica@gmail.com

P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

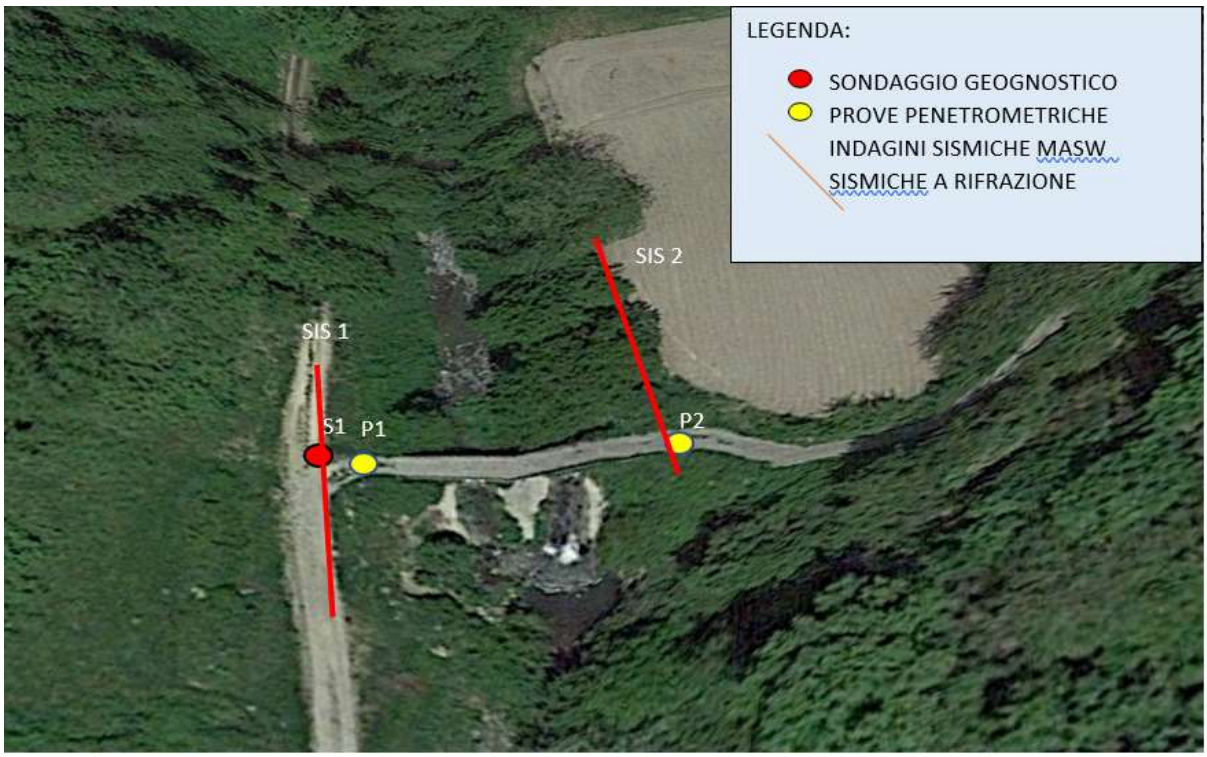
INTERVENTO SANT'ELIA

La campagna di indagini nell'area sottoposta ad intervento è stata cosi articolata:

- Nr 1 carotaggio geognostico;

Il carotaggio è stato spinto fino alla quota di 22 ml, considerata la conformazione rocciosa dei terreni rinvenuti, è stato svolto esclusivamente mediante l'utilizzo di carotiere doppio fino alla quota di ml 22.

- Nr 2 prove penetrometriche pesanti
- Nr 2 Indagini geofisiche tipo Sismiche a rifrazione
- Nr 2 Indagini geogisiche tipo M.A.S.W.
- Nr 2 Prove di laboratorio



STRATIGRAFIA

STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 91 Pagina 1/1

Riferimento: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CICALA	Sondaggio: S1
Località: SANT'ELIA	Quota:
Impresa esecutrice: PF GEOGNOSTICA	Data: DICEMBRE 2022
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

ø mm	Rv	Ar	As	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
					1						18-27-29	56			Alluvioni costituite da ciottoli da centimetrici (prevalentemente) a decimetrici con talora una matrice costituita da sabbia grossolana.
					2										
					3										
					4						25-RIF	Rif			
					5										
					6										
					7										
					8						27-RIF	Rif			
					9										
					10										
					11										
					12										
					13										
					14										
					15									15,0	
					16		1) Dis < 16,00 16,50								Scisti filladici grigi.
					17										
					18										
					19										
					20									20,1	
					21		2) Dis < 20,50 21,00								Scisti filladici verdi
101					22									22,0	

GEOGNOSTICA S.A.S
dott. Perri Francesco
GEOLOGO

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.

C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719

pfgeognostica@gmail.com

P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

ALLEGATI FOTOGRAFICI TORRENTE SANT'ELIA

POSIZIONAMENTO MACCHINA –

FOTO CASSETTA 1 *Da metri 0,00 a metri 5,00*

FOTO CASSETTA 2 Da metri 5,00 a metri 10,00

FOTO CASSETTA 3 Da metri 10,00 a metri 15,00

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.

C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719

pfgeognostica@gmail.com

P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

FOTO CASSETTA 4 Da metri 15,00 a metri 20,00

FOTO CASSETTA 5 Da metri 20,00 a metri 22,00

GEOGNOSTICA S.A.S
dott. Perri Francesco
GEOLOGO

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H. NR 1 LOC SANT'ELIA

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 14-01-2023
Profondità prova 7.00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	1	0.851	8.27	9.72	0.41	0.49
0.60	1	0.847	8.23	9.72	0.41	0.49
0.80	2	0.843	16.39	19.44	0.82	0.97
1.00	2	0.840	15.10	17.98	0.75	0.90
1.20	2	0.836	15.04	17.98	0.75	0.90
1.40	3	0.833	22.46	26.97	1.12	1.35
1.60	6	0.830	44.75	53.94	2.24	2.70
1.80	6	0.826	44.57	53.94	2.23	2.70
2.00	6	0.823	41.31	50.18	2.07	2.51

GEOGNOSTICA S.A.S
dott. Perri Francesco
GEOLOGO

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.

C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719

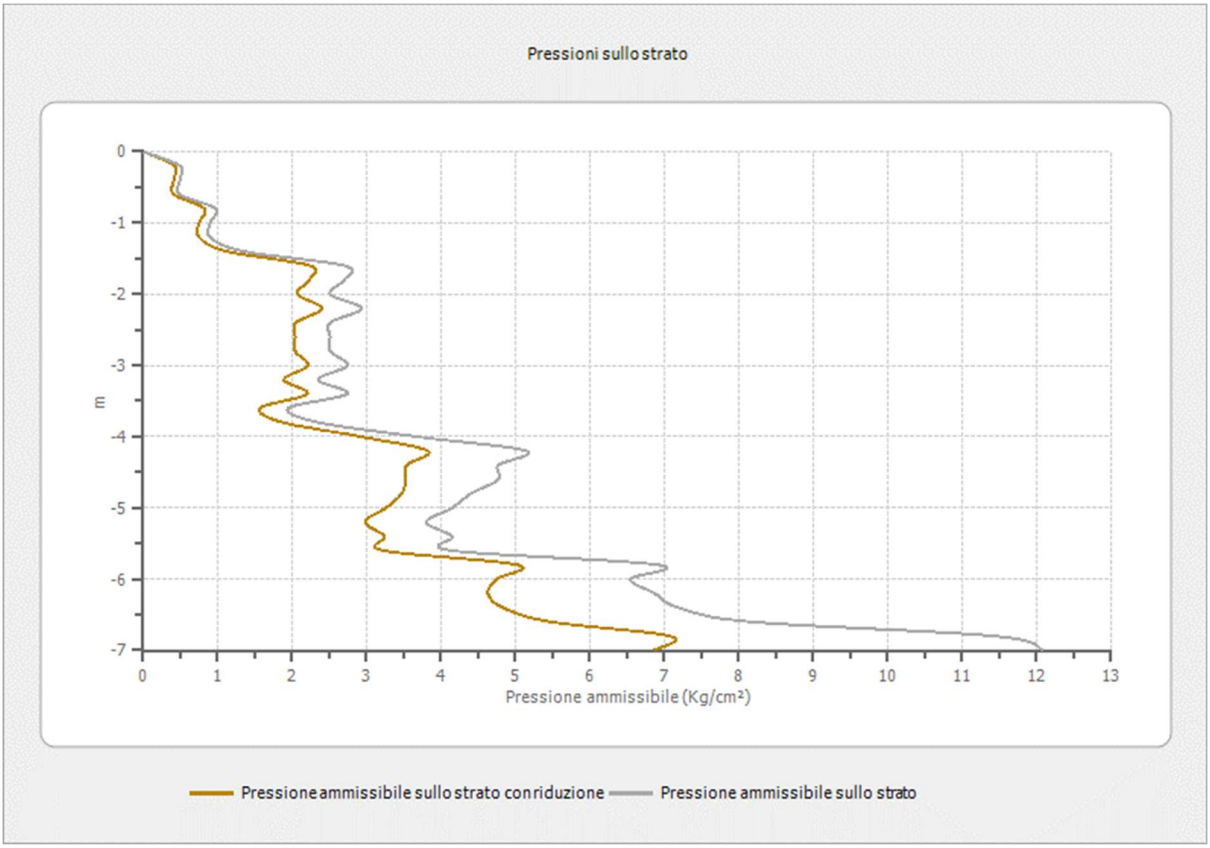
pfgeognostica@gmail.com

P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

2.20	7	0.820	48.01	58.54	2.40	2.93
2.40	6	0.817	41.00	50.18	2.05	2.51
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	6	0.811	40.72	50.18	2.04	2.51
3.00	7	0.809	44.26	54.73	2.21	2.74
3.20	6	0.806	37.81	46.91	1.89	2.35
3.40	7	0.803	43.97	54.73	2.20	2.74
3.60	5	0.801	31.31	39.09	1.57	1.95
3.80	6	0.798	37.45	46.91	1.87	2.35
4.00	10	0.796	58.43	73.40	2.92	3.67
4.20	14	0.744	76.43	102.76	3.82	5.14
4.40	13	0.741	70.75	95.42	3.54	4.77
4.60	13	0.739	70.54	95.42	3.53	4.77
4.80	12	0.787	69.33	88.08	3.47	4.40
5.00	12	0.785	65.16	83.01	3.26	4.15
5.20	11	0.783	59.58	76.09	2.98	3.80
5.40	12	0.781	64.83	83.01	3.24	4.15
5.60	12	0.779	64.67	83.01	3.23	4.15
5.80	20	0.727	100.61	138.34	5.03	6.92
6.00	20	0.725	94.90	130.80	4.74	6.54
6.20	21	0.674	92.53	137.34	4.63	6.87
6.40	22	0.672	96.69	143.88	4.83	7.19
6.60	25	0.670	109.61	163.50	5.48	8.18
6.80	35	0.619	141.63	228.91	7.08	11.45
7.00	39	0.567	137.19	241.89	6.86	12.09

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.2	1.5	14.09	1.58	1.85	0.09	1.5	2.26	STRATO 1
3.8	5.92	48.96	1.93	2.12	0.44	1.5	8.9	STRATO 2
7	18.19	122.8	2.13	2.29	1.03	1.5	27.36	STRATO 3

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	0.14	0.28	0.00	0.09	0.22	0.42	0.21	0.60	0.11	0.27	0.28
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	0.60	1.11	0.00	0.36	0.87	1.47	0.79	1.11	0.45	1.07	1.11
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	1.85	3.42	0.00	1.04	2.72	3.68	2.25	2.81	1.37	3.82	3.42

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	Robertson (1983)	4.52
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	Robertson (1983)	17.80
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	Robertson (1983)	54.72

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	10.37	33.90	24.84	28.25
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	40.83	--	92.57	111.25
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	125.53	--	280.85	273.60

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	5.59	22.60
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	81.95	89.00
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	294.24	273.60

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	Meyerhof	1.58
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	Meyerhof	1.93
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	Meyerhof	2.13

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	Meyerhof	1.85
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	Meyerhof	2.12
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	Meyerhof	2.29

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 GIMIGLIANO (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	11.26	35.41	46.85	13.15
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	29.94	58.66	60.32	30.51
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	45.65	83.46	82.55	60.7

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	2.26	27.65	20.65	28.63	31.44	30.49	0	<30	20.82	27.68	25.76	21.72
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	8.9	29.54	22.54	30.49	30.32	33.25	0	<30	26.55	29.67	36.41	28.34
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	27.36	34.82	27.82	35.66	30.29	39.06	39.68	32-35	35.26	35.21	43.97	38.39

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	2.26	---	18.08	---	---	---
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	8.9	---	71.20	105.72	---	---
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	27.36	373.36	218.88	323.55	385.20	211.80

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	2.26	---	32.11	16.05	48.08
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	8.9	---	45.75	63.19	77.69
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	27.36	164.16	83.66	194.26	160.03

Classificazione AGI

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 GIMIGLIANO (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	2.26	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	8.9	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	27.36	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	2.26	Terzaghi-Peck 1948	1.37
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	8.9	Terzaghi-Peck 1948	1.46
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	27.36	Terzaghi-Peck 1948	1.67

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	2.26	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	8.9	Terzaghi-Peck 1948	1.91
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	27.36	Terzaghi-Peck 1948	2.04

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	2.26	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	8.9	(A.G.I.)	0.34
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	27.36	(A.G.I.)	0.3

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

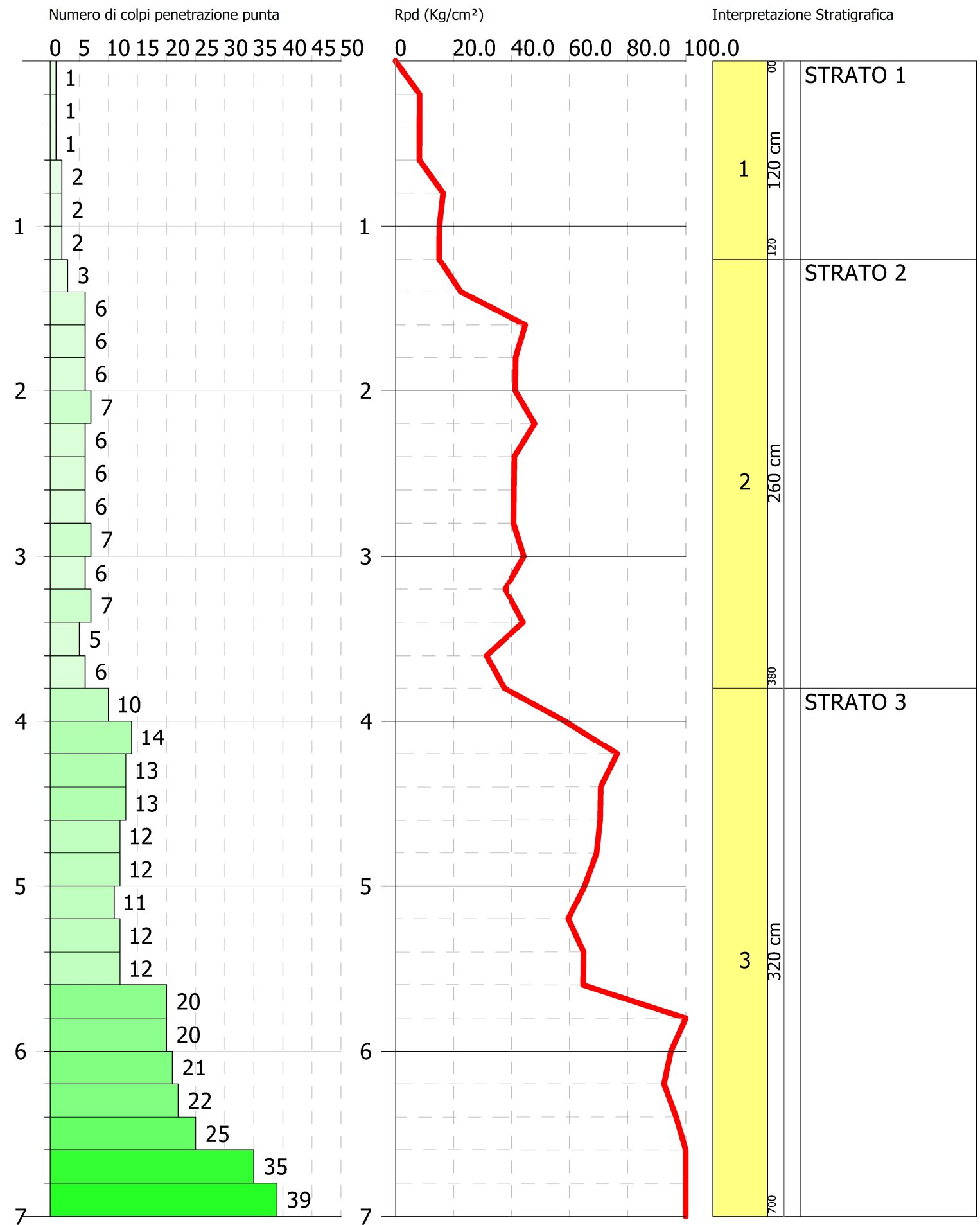
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - STRATO 1	2.26	1.20	2.26	139.89	205.72
[2] - STRATO 2	8.9	3.80	8.9	507.39	475.32
[3] - STRATO 3	27.36	7.00	27.36	1458.15	944.03

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CICALA
Descrizione: INTERVENTO FIUME SANT'ELIA
Località: SANT'ELIA CICALA

14-01-2023

Scala 1:33



PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H. NR 2 SANT'ELIA

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 14-01-2023
Profondità prova 3.00 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

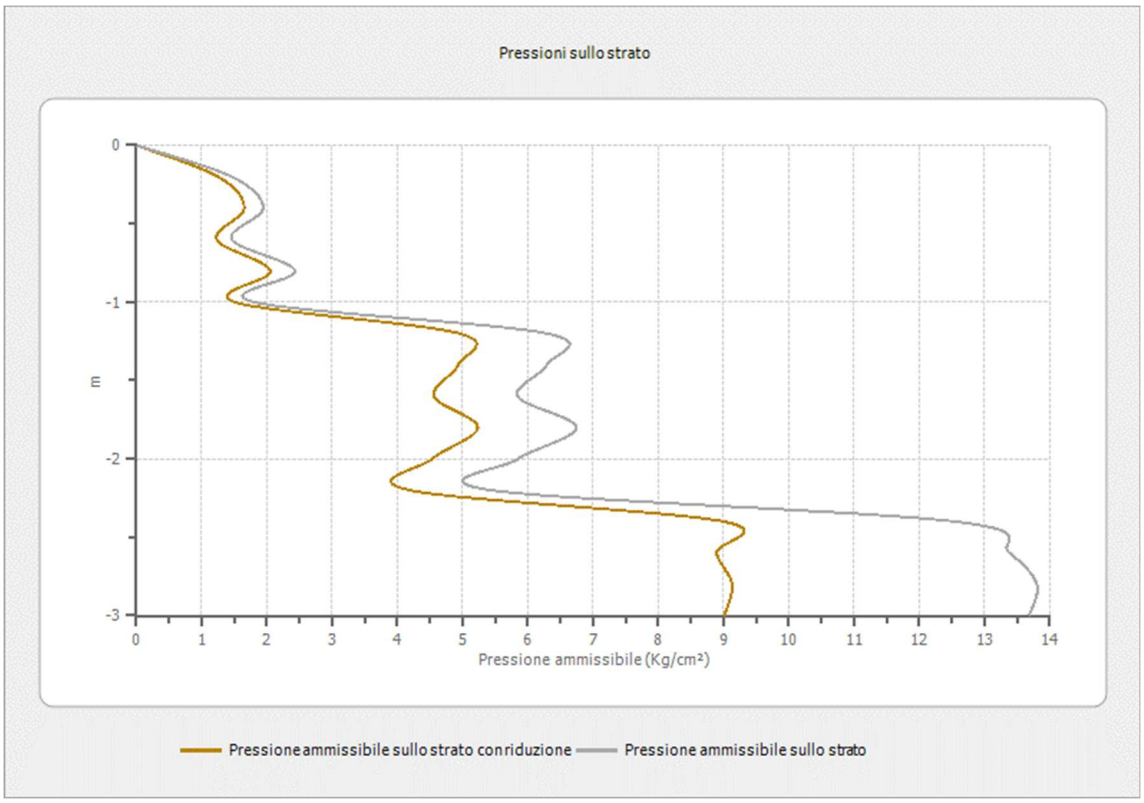
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	3	0.855	24.92	29.15	1.25	1.46
0.40	4	0.851	33.07	38.87	1.65	1.94
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	5	0.843	40.98	48.59	2.05	2.43
1.00	4	0.840	30.20	35.96	1.51	1.80
1.20	14	0.786	98.96	125.86	4.95	6.29
1.40	14	0.783	98.53	125.86	4.93	6.29
1.60	13	0.780	91.10	116.87	4.56	5.84
1.80	15	0.776	104.69	134.85	5.23	6.74

GEOGNOSTICA S.A.S
dott. Perri Francesco
GEOLOGO

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

2.00	14	0.773	90.53	117.09	4.53	5.85
2.20	13	0.770	83.73	108.72	4.19	5.44
2.40	30	0.717	179.93	250.90	9.00	12.55
2.60	32	0.664	177.77	267.63	8.89	13.38
2.80	33	0.661	182.55	275.99	9.13	13.80
3.00	35	0.659	180.24	273.65	9.01	13.68

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	3.8	36.35	0	1.8	1.88	0.09	1.5	5.72	STRATO 1
2.2	13.83	121.54	0	2.1	2.11	0.31	1.5	20.8	STRATO 2
3	32.5	267.04	0	2.5	2.5	0.53	1.5	48.88	STRATO 3



GEOGNOSTICA S.A.S
dott. Perri Francesco
GEOLOGO

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	0.36	0.72	0.00	0.23	0.56	1.09	0.52	0.86	0.29	0.89	0.72
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	1.40	2.60	0.00	0.80	2.06	3.65	1.76	2.16	1.04	3.38	2.60
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	3.30	6.11	0.00	1.72	4.89	8.01	3.62	5.34	2.44	8.19	6.11

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	Robertson (1983)	11.44
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	Robertson (1983)	41.60
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	Robertson (1983)	97.76

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	26.24	85.80	60.13	71.50
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	95.43	--	213.94	208.00
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	224.26	--	500.34	488.80

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	45.38	57.20
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	218.80	208.00
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	541.72	488.80

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	Meyerhof	1.80
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	Meyerhof	2.10
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	Meyerhof	1.88
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	Meyerhof	2.11
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	Meyerhof	2.50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	27.67	56.51	74.03	22.73
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	51.38	95.49	99.58	52.4
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	69.2	100	100	79.43

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	5.72	28.63	21.63	29.6	33.05	31.97	0	<30	24.26	28.72	33.88	25.7
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	20.8	32.94	25.94	33.82	32.49	37.31	41.37	30-32	32.66	33.24	44.33	35.4
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	48.88	40.97	33.97	41.69	32.67	42.4	42	35-38	42.08	41.66	50.93	46.27

GEOGNOSTICA S.A.S
dott. Perri Francesco
GEOLOGO

PF GEOGNOSTICA S.A.S.
di Perri Francesco & C.
C.da Colla Gimigliano, 76
88045 **GIMIGLIANO** (Cz)
Tel. 328.18 57 719
pfgeognostica@gmail.com
P.IVA: 03868010798 - C.U.: KRRH6B9

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	5.72	---	45.76	---	---	---
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	20.8	325.54	166.40	246.14	336.00	179.00
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	48.88	499.04	391.04	577.48	546.60	319.40

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	5.72	---	39.21	40.61	63.51
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	20.8	124.80	70.19	147.68	130.77
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	48.88	293.28	127.87	347.05	256.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	5.72	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	20.8	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	48.88	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	5.72	Terzaghi-Peck 1948	1.42
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	20.8	Terzaghi-Peck 1948	1.60
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	48.88	Terzaghi-Peck 1948	1.85

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	5.72	Terzaghi-Peck 1948	1.89
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	20.8	Terzaghi-Peck 1948	2.00
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	48.88	Terzaghi-Peck 1948	2.15

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	5.72	(A.G.I.)	0.34
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	20.8	(A.G.I.)	0.31
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	48.88	(A.G.I.)	0.26

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

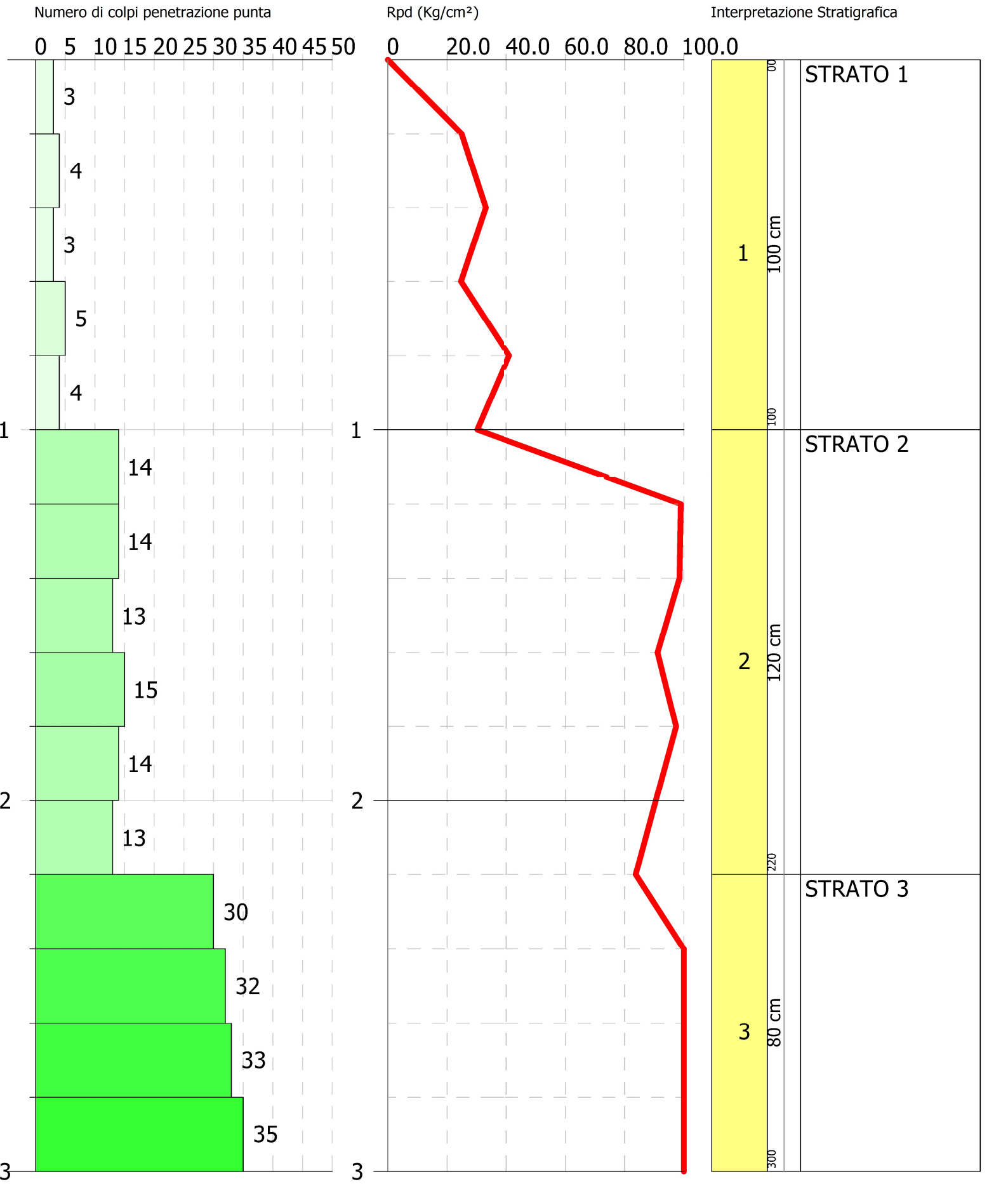
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - STRATO 1	5.72	1.00	5.72	334.86	362.81
[2] - STRATO 2	20.8	2.20	20.8	1126.92	798.45
[3] - STRATO 3	48.88	3.00	48.88	2515.92	1345.76

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CICALA
Descrizione: INTERVENTO FIUME SANT'ELIA
Località: SANT'ELIA CICALA

14-01-2023

Scala 1:15



I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche
di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)

Indagine: **Lavori sistemazione Ponte S. Elia - prove di laboratorio**

Committente: **PF GEOGNOSTICA S.A.S.**

ORIGINALE
ISTITUTO PROVE GEOTECNICHE I.P.G. S.N.C.

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche
di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)

MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Data arrivo campione:	02/01/2023	*Data esecuzione prova:*	02/01/2023	*Pagine Certificato :*	1 di 4
Verbale Accettazione:	35	*Certificato numero :*	8728	*Data Certificato :*	25/01/2023

INDAGINE : Lavori sistemazione Ponte S. Elia - prove di laboratorio

COMMITTENTE : PF GEOGNOSTICA S.A.S.

CAMPIONE: 1 *PROFONDITA' : m* 16,00 - 16,50

NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005

METODO UTILIZZATO	Metodo pesata idrostatica

DATI SPERIMENTALI

	Prelievo 1		Prelievo 2	
Massa del campione utilizzato	872,3	g	862,2	g
Massa del campione immerso	541,6	g	535,3	g
Peso dell'Unità di Volume	25,867	(kN/m^3)	25,865	(kN/m^3)
Media delle misurazioni γ	**25,866**		**(kN/m^3)**	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche
di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)

RESISTENZA AL PUNZONAMENTO (POINT LOAD TEST)

Data arrivo campione:	02/01/2023	*Data esecuzione prova:*	02/01/2023	*Pagine Certificato :*	2 di 4
Verbale Accettazione:	35	*Certificato numero :*	8728	*Data Certificato :*	25/01/2023

INDAGINE : Lavori sistemazione Ponte S. Elia - prove di laboratorio

COMMITTENTE : PF GEOGNOSTICA S.A.S.

CAMPIONE: 1 *PROFONDITA' : m* 16,00 - 16,50

Norma di riferimento : ASTM D 5731

N° Rotture eseguite = 3

Provino N°	Prova su carota	L (cm)	D (cm)	De (cm)	P (Kg)	Is P/D^2 (kg/cm^2)	Is' P/De^2 (kg/cm^2)	F $(De/5)^{0,45}$	$Is_{(c)}$ (kg/cm^2)
1	Diametrale	8	8	9,03	89,51	1,40	1,10	1,30	1,43
1	Diametrale	8	8	9,03	108,35	1,69	1,33	1,30	1,73
1	Diametrale	8	8	9,03	122,49	1,91	1,50	1,30	1,96

LEGENDA

D	Diametro campione	**Is**	Indice di resistenza
L	Dimensione massima	**Is'**	Indice di resistenza modificato
P	Carico di rottura	**F**	Fattore correttivo per campioni irregolari
De	Diametro equivalente	$Is_{(c)}$	Indice di resistenza corretto

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche
di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)

MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Data arrivo campione:	02/01/2023	*Data esecuzione prova:*	02/01/2023	*Pagine Certificato :*	3 di 4
Verbale Accettazione:	35	*Certificato numero :*	8728	*Data Certificato :*	25/01/2023

INDAGINE : Lavori sistemazione Ponte S. Elia - prove di laboratorio

COMMITTENTE : PF GEOGNOSTICA S.A.S.

CAMPIONE: 2 *PROFONDITA' : m* 20,50 - 21,00

NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005

METODO UTILIZZATO	Metodo pesata idrostatica

DATI SPERIMENTALI

	Prelievo 1		Prelievo 2	
Massa del campione utilizzato	456,5	g	448,6	g
Massa del campione immerso	289,5	g	284,4	g
Peso dell'Unità di Volume	26,807	(kN/m^3)	26,792	(kN/m^3)
Media delle misurazioni γ	**26,799**			**(kN/m^3)**

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche
di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015

Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)

RESISTENZA AL PUNZONAMENTO (POINT LOAD TEST)

Data arrivo campione:	02/01/2023	*Data esecuzione prova:*	02/01/2023	*Pagine Certificato :*	4 di 4
Verbale Accettazione:	35	*Certificato numero :*	8728	*Data Certificato :*	25/01/2023

INDAGINE : Lavori sistemazione Ponte S. Elia - prove di laboratorio

COMMITTENTE : PF GEOGNOSTICA S.A.S.

CAMPIONE: 2 *PROFONDITA' : m* 20,50 - 21,00

Norma di riferimento : ASTM D 5731

N° Rotture eseguite = 3

Provino N°	Prova su carota	L (cm)	D (cm)	De (cm)	P (Kg)	Is P/D^2 (kg/cm^2)	Is' P/De^2 (kg/cm^2)	F $(De/5)^{0,45}$	$Is_{(c)}$ (kg/cm^2)
1	Diametrale	8	8	9,03	643,84	10,06	7,90	1,30	10,31
1	Diametrale	8	8	9,03	675,25	10,55	8,29	1,30	10,81
1	Diametrale	8	8	9,03	706,65	11,04	8,67	1,30	11,31

LEGENDA

D	Diametro campione	**Is**	Indice di resistenza
L	Dimensione massima	**Is'**	Indice di resistenza modificato
P	Carico di rottura	**F**	Fattore correttivo per campioni irregolari
De	Diametro equivalente	**$Is_{(c)}$**	Indice di resistenza corretto

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

REPORT INDAGINI GEOFISICHE

Prospezioni sismiche a rifrazione e MASW

Progetto

Riqualificazione idraulica idrogeologica delle aree prossime ai corsi d'acqua

(Ponte T. Sant'Elia)

Redatto: Ph.D. Geol. Giancarlo Niceforo	ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE CALABRIA DOTT. GEOLOGO GIANCARLO ANTONIO MARIA NICEFORO ALBO N° 599

INDICE

PREMESSA 2
PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE 3
RILEVAMENTO E INTERPRETAZIONE 4
CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 5
STESA 1 RILEVAMENTO ED INTERPRETAZIONE 6
CONFRONTO DROMOCRONE TEORICHE E DROMOCRONE OSSERVATE (9
MODELLO SISMICO STESA 1 (SANT'ELIA_SX) 10
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 10
STESA 2 RILEVAMENTO ED INTERPRETAZIONE (SANT'ELIA DX) 11
CONFRONTO DROMOCRONE TEORICHE E DROMOCRONE OSSERVATE (SISM_2) 15
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 16
RILEVAMENTO ED INTERPRETAZIONE MASW_1 19
CURVA DI DISPERSIONE 21
RILEVAMENTO ED INTERPRETAZIONE MASW_2 22
CURVA DI DISPERSIONE 24
SINTESI DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO VS REGISTRATE 25
MASW 1 25
MASW 2 25
CALCOLO VS30 25
ALLEGATI 26

PREMESSA

Su incarico del Comune di Cicala, sono state eseguite le indagini geofisiche a corredo del progetto di *"RIQUALIFICAZIONE IDRAULICA IDROGEOLOGICA DELLE AREE PROSSIME AI CORSI D'ACQUA"* nel comune di Cicala (CZ).

Le indagini sismiche eseguite nel sito oggetto dell'intervento in progetto e di seguito riportate constano di:

- n° 2 prospezioni sismiche a Rifrazione Sism_1 (sx) – Sism_2 (dx)
- n° 2 prospezioni sismiche di tipo MASW (Masw_1 (sx) – Masw_2 (dx)

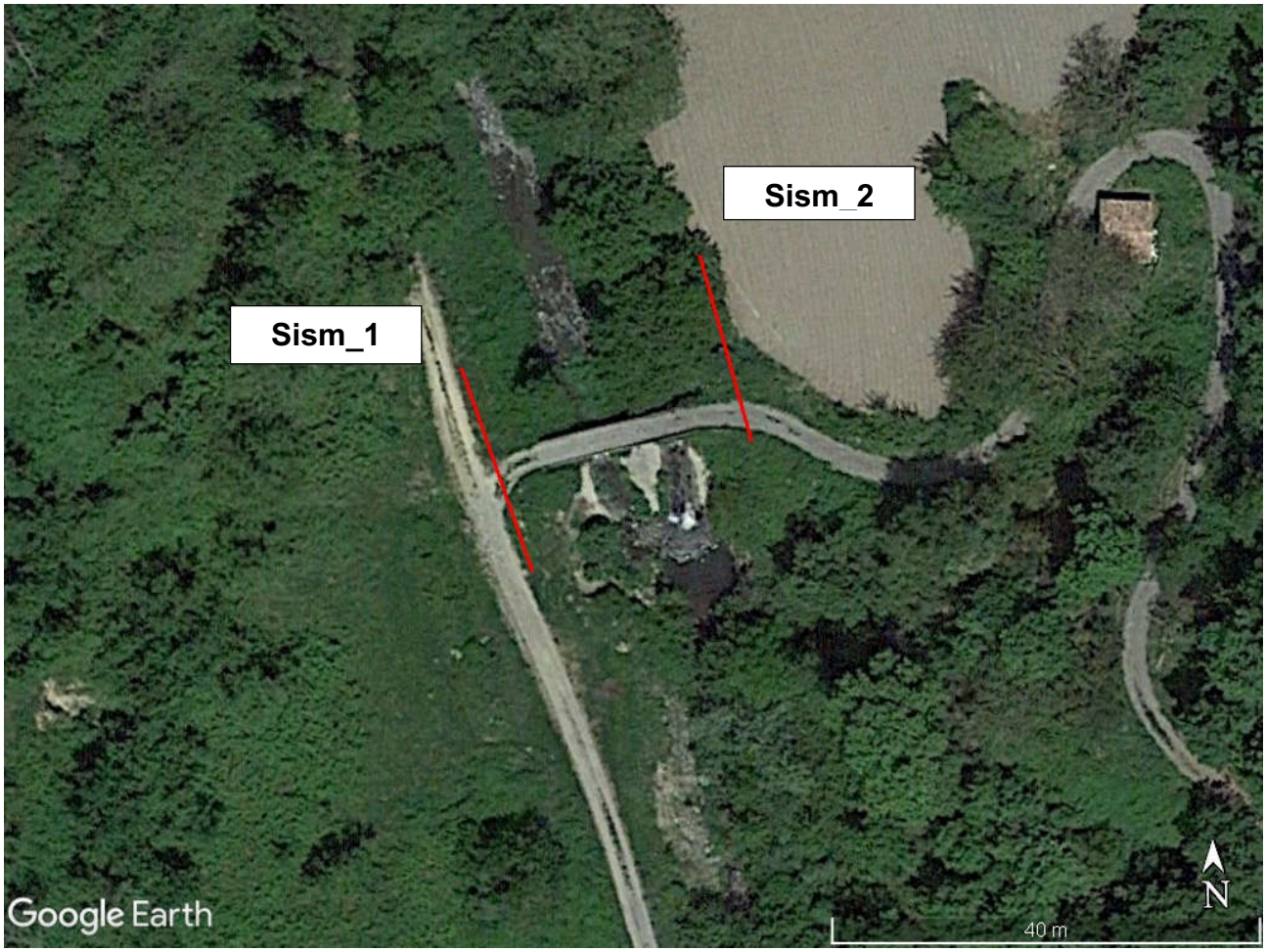


Figura 1 Sito d'intervento

Le indagini sono state eseguite nel sito di coordinate ED50:

Sism_1_sx

Punto A 39.038188,16.482059
Punto B 39.038349,16.482001

Sism_2_dx

Punto A 39.038082,16.481822

PuntoB 39.038253,16.481745

PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Le prospezioni sismiche a rifrazione sono considerate le metodologie di indagine indiretta più efficaci per la ricostruzione della stratigrafia di un'area e per la caratterizzazione fisico-meccanica dei materiali presenti nel sottosuolo

Il metodo consiste nel generare artificialmente onde elastiche longitudinali in un punto della superficie (**Shot**) e nel misurare il tempo impiegato dalle onde così prodotte per propagarsi dalla sorgente a dei sensori (**Geofoni**) opportunamente disposti sul terreno a distanze crescenti. Il fondamento teorico di tale applicazione risiede nel fatto che le velocità e le direzioni di propagazione dei raggi sismici generati sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei diversi materiali attraversati e dalla presenza di eventuali superfici di discontinuità separanti formazioni a diverso comportamento dal punto di vista elastico-meccanico.

A titolo indicativo, si forniscono nella seguente tabella (*Tabella 1*) alcuni valori di velocità per le onde a compressione:

		Vp		Vs	
		minimo	**massimo**	**minimo**	**massimo**
Sedimenti non consolidati	Sabbia	400	900	176	396
	Sabbia satura	700	1450	286	592
	Argilla	750	1600	280	500
	Limi e argille	650	1250	241	464
	Limi e sabbie	500	1000	212	425
Sedimenti consolidati	Argilla	1500	1850	557	687
	Calcare fratturato	750	1450	330	638
	Calcare	1400	2000	616	880
	Arenaria fratturata	800	2100	363	954
	Arenaria	2000	3500	935	1637
	Dolomia	2500	4500	1200	2162
Rocce	Basalto fratturato	950	1350	489	695
	Basalto	1800	3000	995	165
	Granitoidi fratturati	1000	1750	514	900
	Granitoidi	1600	2800	884	1548
	Metamorfiti fratturate	1500	2000	772	1029
	Metamorfiti	1800	3500	1039	2021

Tabella 1

La tabella mostra che il campo di variazione per uno stesso litotipo è ampio; infatti la velocità dipende dai parametri elastici intrinseci di ciascun litotipo che possono essere influenzati da numerosi fattori quali, ad esempio: la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura, il contenuto dei fluidi, ecc. Dall' interpretazione delle curve che si ottengono nei grafici in cui sono riportati per i diversi geofoni i tempi di arrivo delle onde sismiche e le rispettive distanze dal punto di energizzazione, è possibile ricostruire l'andamento in profondità delle linee isocinetiche (curve che uniscono punti ad uguale velocità) che possono essere in ultima analisi e dopo un'accorta valutazione, ragionevolmente correlate con la stratigrafia litologica presente.

RILEVAMENTO E INTERPRETAZIONE

Profilo sismico a rifrazione da 12.00 ml (profilo A-B)_Sism_1	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2m
Numero di *Shot*	5
Durata	250 msec
Campionamento	200 μs
Sistema di energizzazione	Massa battente

Profilo sismico a rifrazione da 12.00 ml (profilo C-D)_Sism_2	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2m
Numero di *Shot*	5
Durata	250 msec
Campionamento	200 μs
Sistema di energizzazione	Massa battente

Il metodo sismico a rifrazione permette la costruzione di *dromocrone* (tempi-distanze) dalle quali è possibile calcolare velocità e profondità di interfacce profonde. I tempi rifratti si riferiscono ad onde sismiche che incidono con "angolo critico" le superfici di separazione di due mezzi a velocità differenti (ad esempio V2 e Vi con V2>V1). Queste onde possono propagarsi lungo tale interfaccia e tornare in superficie fornendo informazioni sugli spessori, variazioni degli stessi, sulle velocità dei due mezzi e sulla pendenza dell'interfaccia.

Il metodo di interpretazione utilizzato non è quello classico che lavora sui tratti rettilinei delle dromocrone, ma si basa sulla generazione di un grande numero di modelli di velocità del sottosuolo (varie decine di migliaia), discretizzato con celle quadrate di dimensioni prefissate a cui vengono assegnate velocità diverse per ogni soluzione.

Attraverso calcoli iterativi le dromocrone calcolate per ciascun modello vengono confrontate con le dromocrone reali. Il software determina quella che è la soluzione ottimale, cioè quella che definisce le dromocrone calcolate che meglio si avvicinano a quelle reali.

La bontà del modello dipende dalla geometria dello stendimento, dalle distribuzioni di velocità nel sottosuolo, dal numero e dalla posizione dei punti di energizzazione utilizzati e dal grado di dettaglio (dimensioni delle celle) utilizzato per l'elaborazione. Per questo ultimo motivo, si è proceduto a vari tentativi di ottimizzazione del modello, considerando varie dimensioni delle celle, fino ad ottenere lo scarto minimo tra i dati reali e quelli calcolati.

Sono stati realizzati due scoppi (*Shot*) alla fine della stesa geofonica, ad una distanza pari alla metà della distanza intergeofonica e uno scoppio al centro, nel mezzo dello stendimento.

L'interpretazione dei dati è stata effettuata analiticamente e con calcolo automatico mediante software Geopsy.org. Di seguito vengono descritti sinteticamente i risultati delle prove eseguite.

CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'esecuzione dell'indagine sismica a rifrazione è stato impiegato il seguente sistema di acquisizione:

- Classe strumentale: Sismografo multicanale per geofisica (**SARA DoReMi**) a 12 canali
- Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
- Lunghezza max rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
- N. max canali per tratta: 255
- Dimensioni elemento: 80x55x18 mm
- Campionamento
- Memoria: 64 kBytes (>30000 campioni)
- Frequenze selezionabili: da 200 a 20000 Hz (da 5 a 0.05 ms)
- Dinamica del sistema
- Risoluzione: 7.600 µV @ 10x; 0.076 µV @ 1000x
- Dinamica di base: 96dB (16 bit)
- S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >90dB (RMS)
- Full range a 10x: 0.5V p-p
- Risoluzione: 0.0000002V p-p @ 1000x 4000Hz (RMS)
- Dinamica totale teorica: 155dB (A/D + PGA)
- Geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- Software Geopsy.org.

STESA 1 RILEVAMENTO ED INTERPRETAZIONE

Caratteristiche array superficiale:

Profilo sismico	
Lunghezza	ml 26
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 ml
Durata acquisizione	250 ms
Passo campionamento	200 µs

Scoppi esterni in andata *distanza in metri dal primo geofono*	**Scoppio centrale** *distanza in metri dal primo geofono*	**Scoppi esterni in ritorno** *distanza in metri dal primo geofono*
0	13	26

	Scoppio	**Quote relative scoppi** *(m)*
Andata	1	0
Andata	2	0
Centrale	3	0
Ritorno	4	0
Ritorno	5	0

Profilo altimetrico dello stendimento

Quote relative (m)	**Numero geofono**
0	1
0	2
0	3
0	4
0	5
0	6
0	7
0	8
0	9
0	10
0	11
0	12

STESA 1 SISMICA A RIFRAZIONE_SISM_1 (Sant'Elia sx)

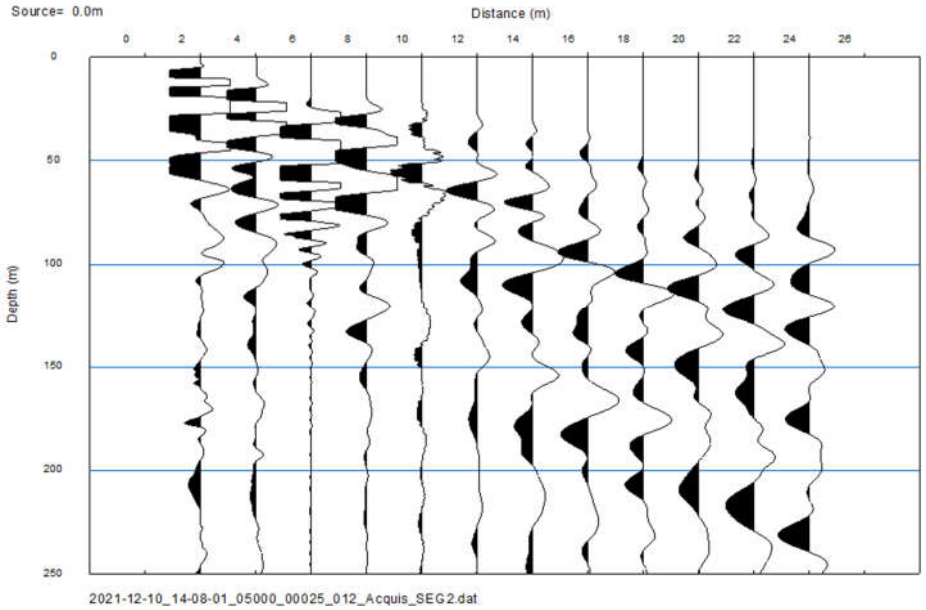


Figura 3 Acquisizione 1 relativa allo scoppio Sism_1 (andata)

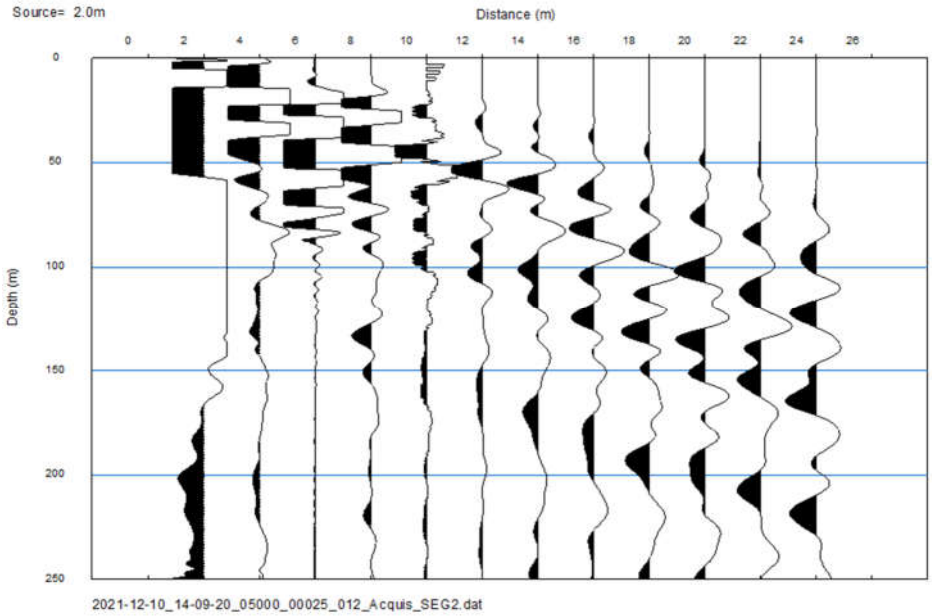


Figura 4 Acquisizione 2 relativa allo scoppio 2 Sism_1 (andata)

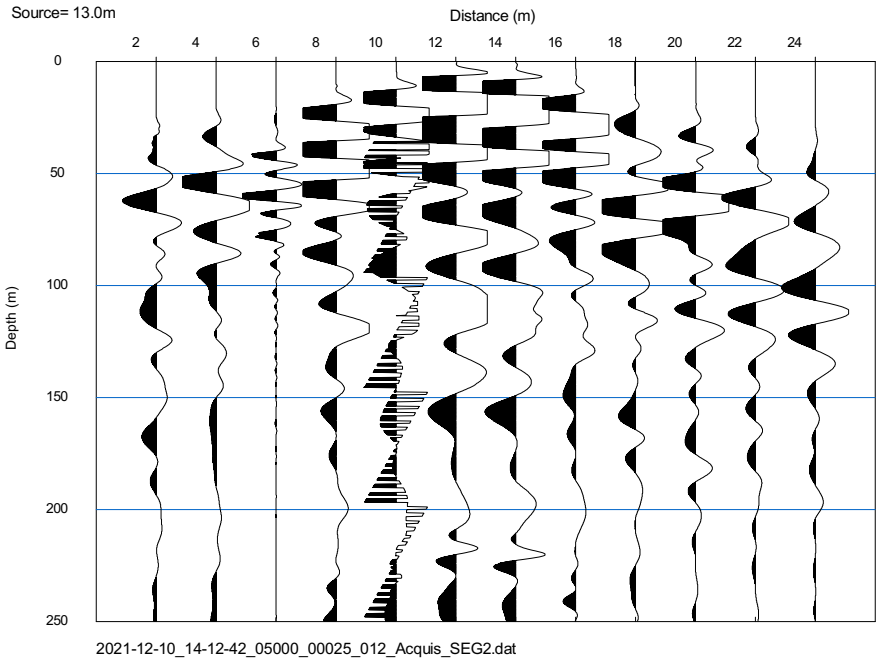


Figura 5 Acquisizione 3 relativa allo scoppio 3 Sism_1 (centrale)

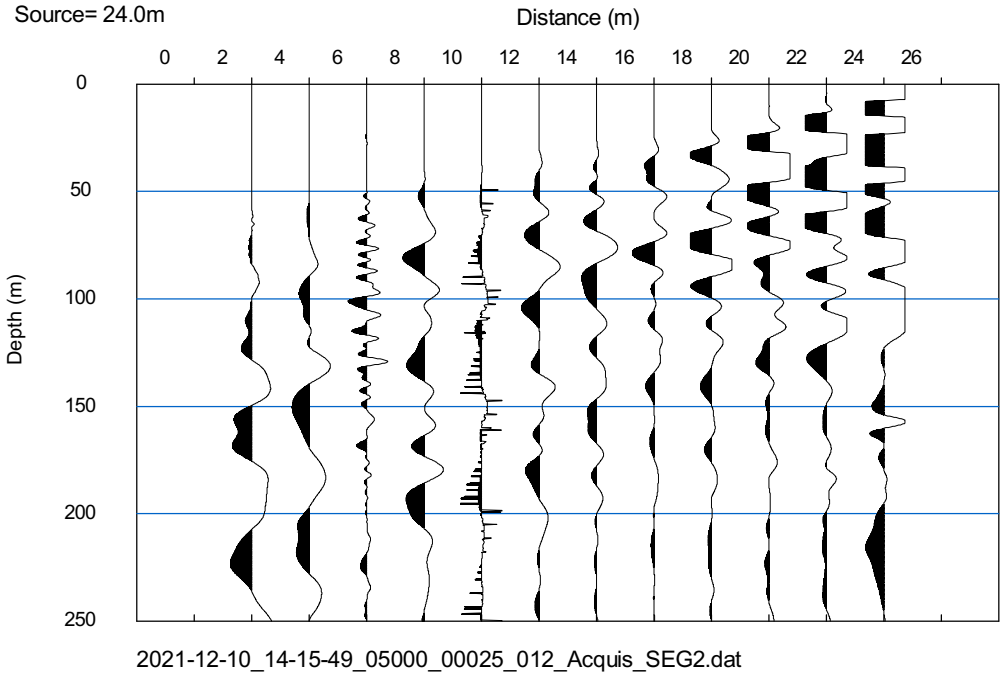


Figura 6 Acquisizione 4 relativa allo scoppio 4 Sism_1 (ritorno)

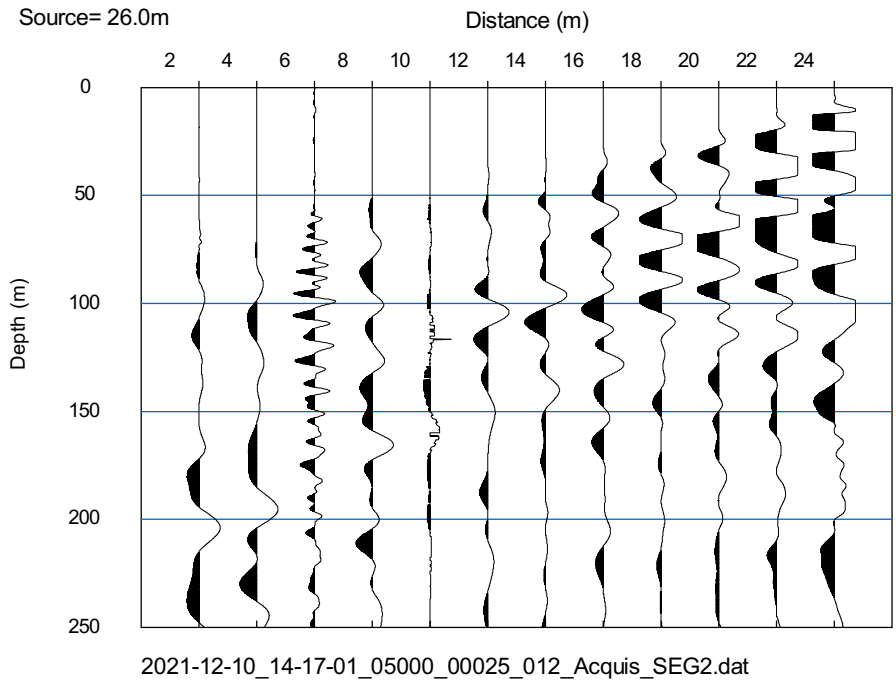
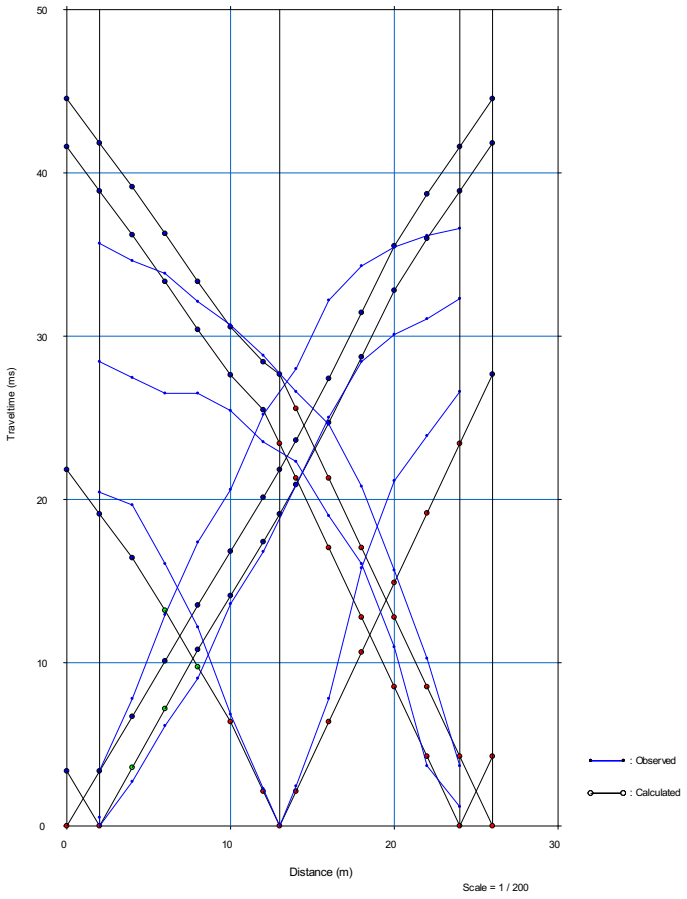


Figura 7 Acquisizione 6 relativa allo scoppio 6 Sism_1 (ritorno)

CONFRONTO DROMOCRONE TEORICHE E DROMOCRONE OSSERVATE (SISM_1_Sant'Elia sx)



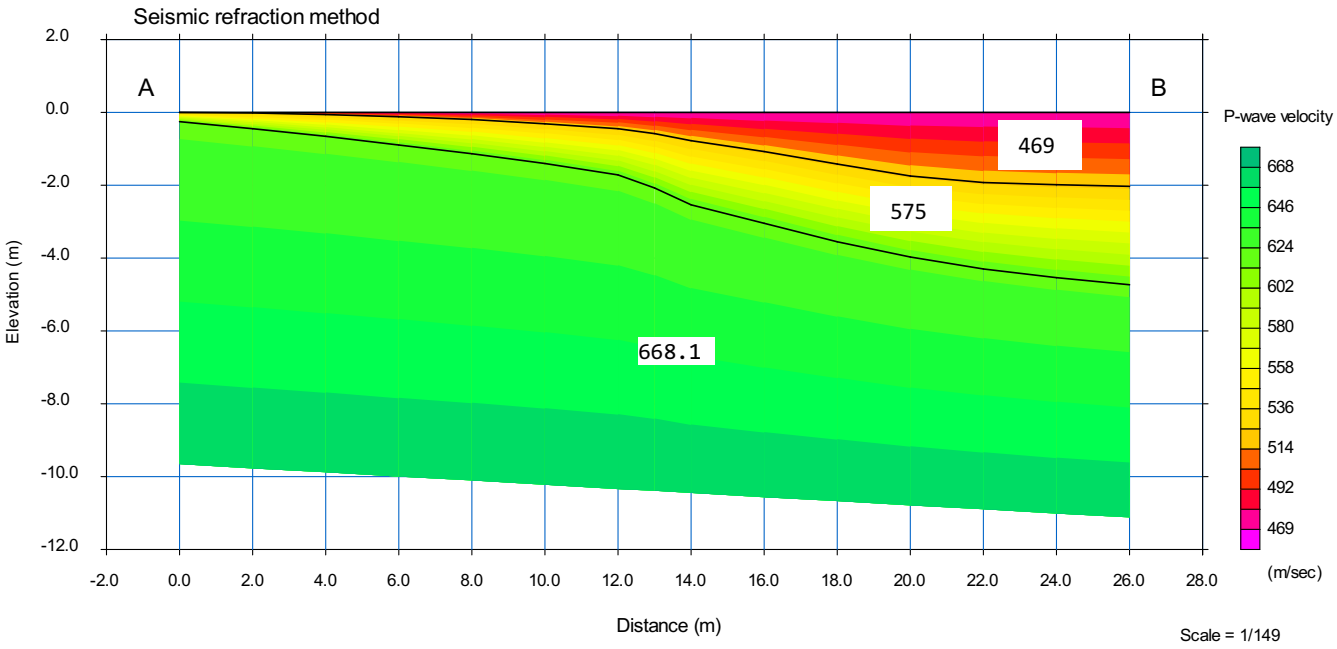
MODELLO SISMICO STESA 1 (SANT'ELIA_SX)

La profondità investigata è stata calcolata ricostruendo la geometria del raggio sismico, considerando come distanza in superficie quella che intercorre tra lo scoppio più esterno e il penultimo geofono; inoltre sono state considerate le distorsioni che ha il raggio sismico passando tra i vari terreni. In base a tali calcoli la profondità di investigazione è pari a circa 10 m dal p.c.

Il modello sismico scelto è composto da tre sismostrati:

- Il primo sismostrato si sviluppa a partire dal p.c. fino ad una potenza massima di circa 2.0 m, lo spessore diminuisce verso il punto A portandosi ad uno spessore di circa 0.6 m. La velocità delle onde di compressione registrata è pari a **Vp = 469 m/s**;
- Il secondo sismostrato, ha uno spessore massimo di circa 2,70 m (B) e presenta una velocità delle onde di compressione **Vp = 575 m/s.**
- Il terzo ed ultimo sismostrato, investigato fino alla profondità di circa 10.00 m dal p.c. presenta una velocità delle onde di compressione **Vp = 668 m/s.**

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA



STESA 2 RILEVAMENTO ED INTERPRETAZIONE (SANT'ELIA DX)

Caratteristiche array superficiale:

Profilo sismico	
Lunghezza	ml 26
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 ml
Durata acquisizione	250 ms
Passo campionamento	200 µs

Scoppi esterni in andata *distanza in metri dal primo geofono*	**Scoppio centrale** *distanza in metri dal primo geofono*	**Scoppi esterni in ritorno** *distanza in metri dal primo geofono*
0	13	26

	Scoppio	**Quote relative scoppi** *(m)*
Andata	1	0
Andata	2	0
Centrale	3	0
Ritorno	4	0
Ritorno	5	0

Profilo altimetrico dello stendimento

Quote relative (m)	**Numero geofono**
0	1
0	2
0	3
0	4
0	5
0	6
0	7
0	8
0	9
0	10
0	11
0	12

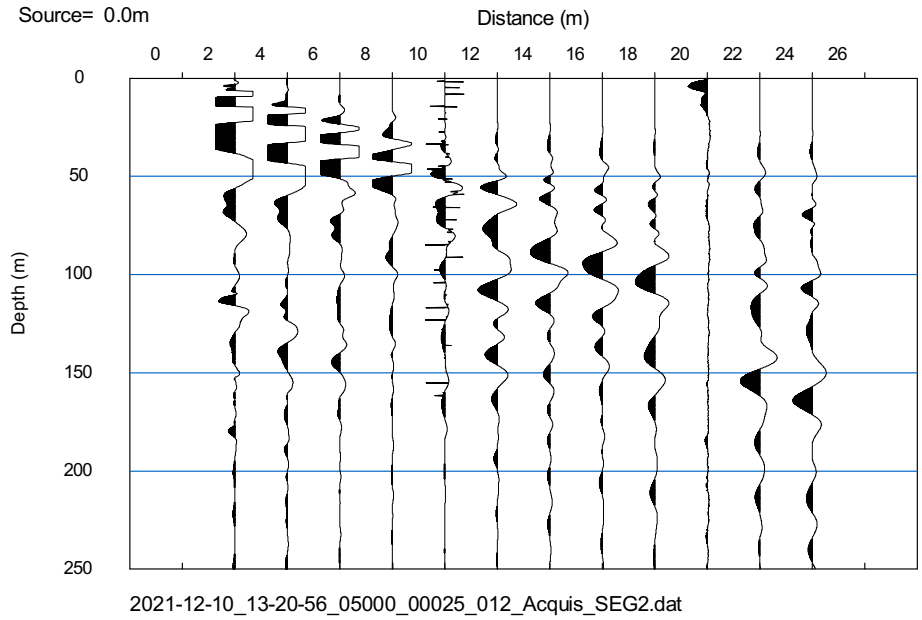


Figura 8 Acquisizione 1 relativa allo scoppio 1 Sism_2 (andata)

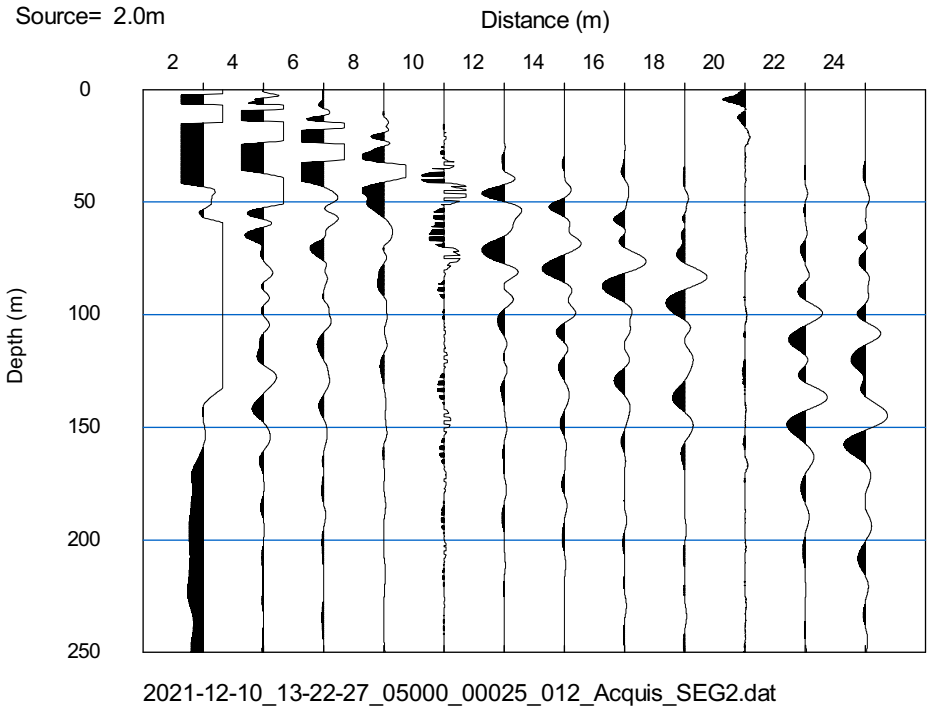


Figura 9 Acquisizione 2 (andata) SiSM_2

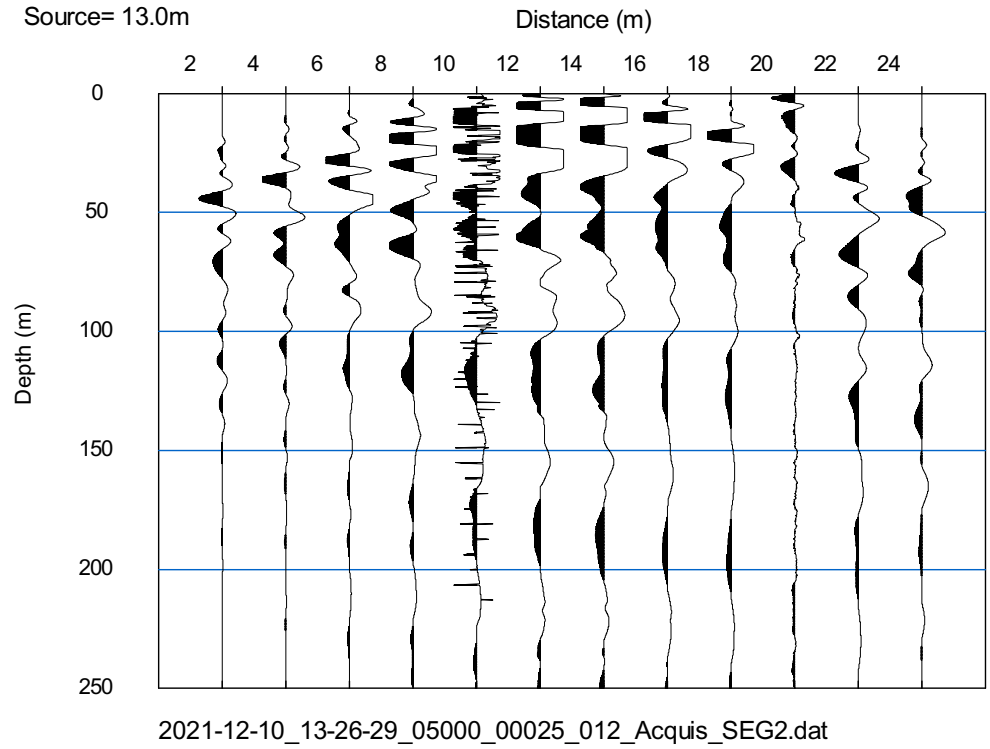


Figura 10 Acquisizione Sism_2

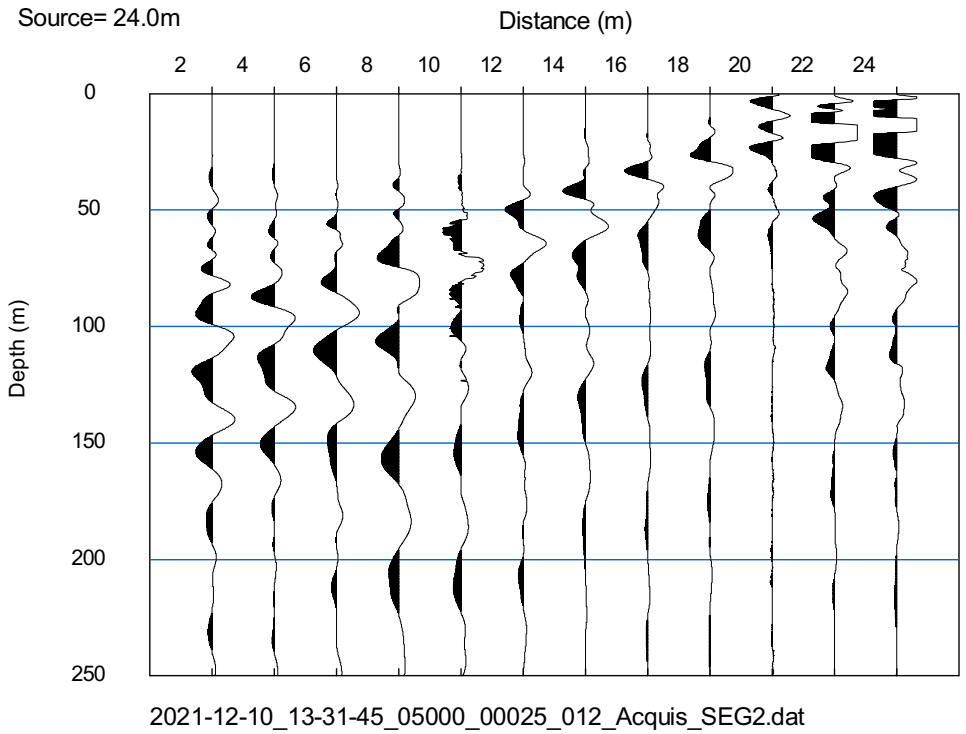


Figura 11 Acquisizione Sism_2

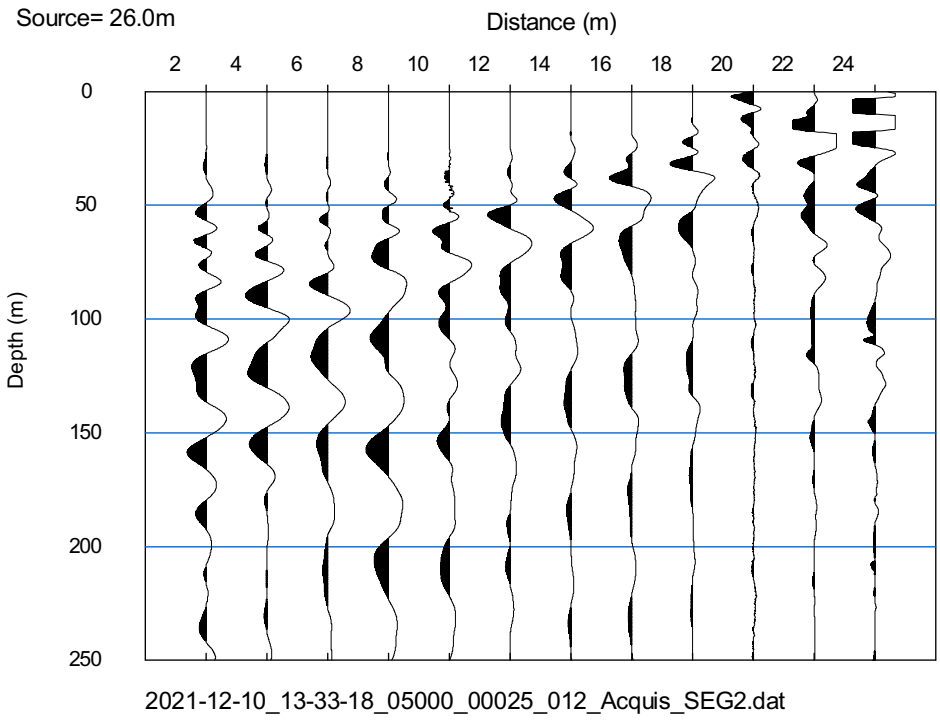
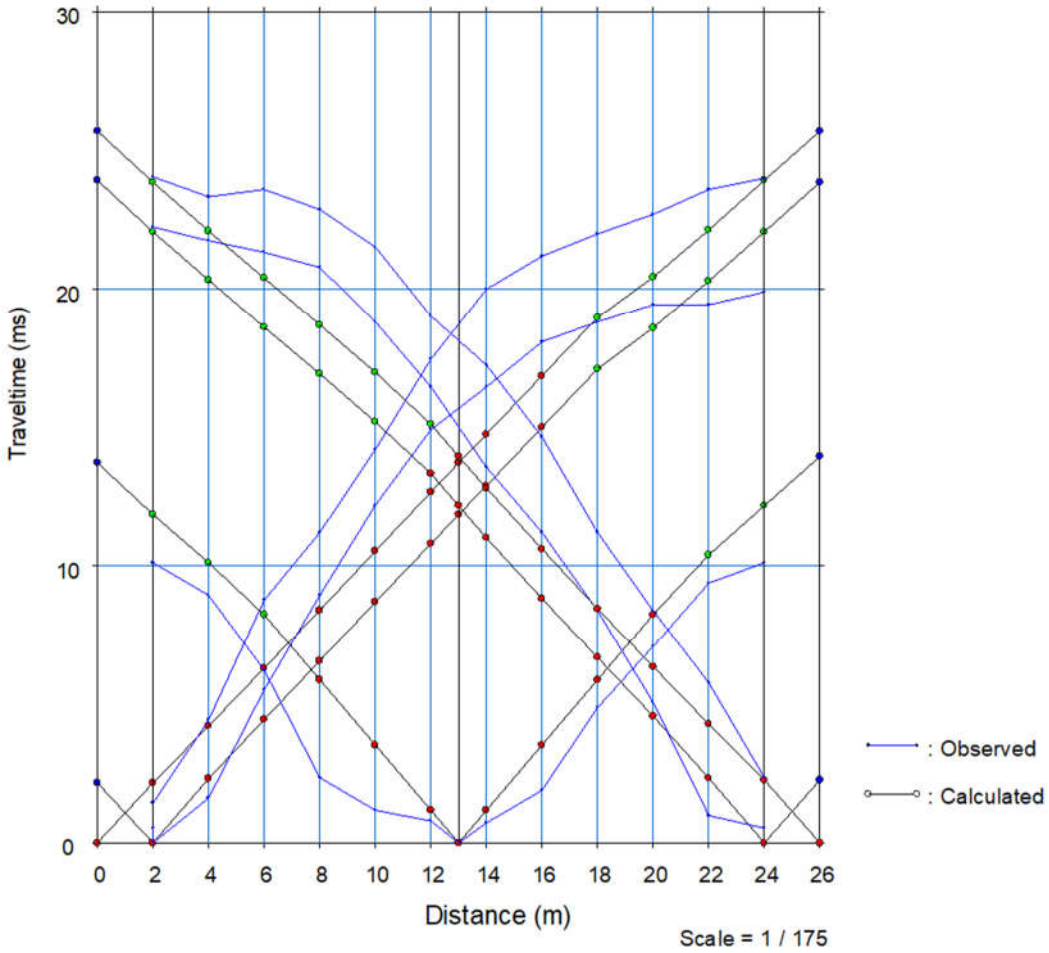


Figura 12 Acquisizione_Sism_2

CONFRONTO DROMOCRONE TEORICHE E DROMOCRONE OSSERVATE (SISM_2)



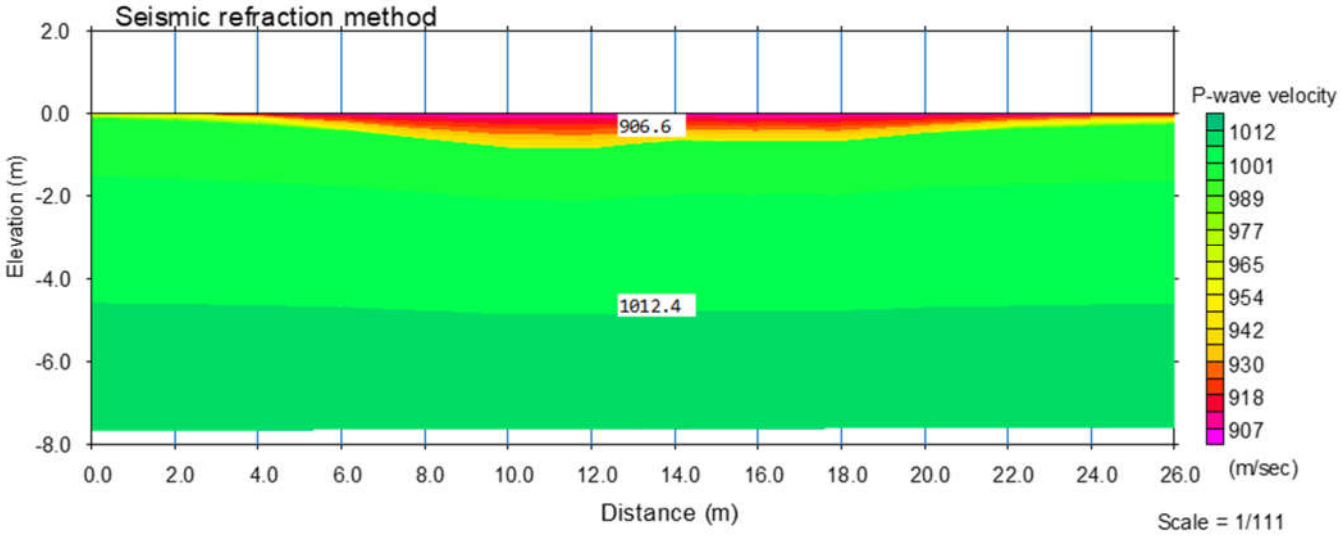
MODELLO SISMICO STESA 2

La profondità investigata è stata calcolata ricostruendo la geometria del raggio sismico, considerando come distanza in superficie quella che intercorre tra lo scoppio più esterno e il penultimo geofono; inoltre sono state considerate le distorsioni che ha il raggio sismico passando tra i vari terreni. In base a tali calcoli la profondità di investigazione è pari a circa 80 m dal p.c.

Il modello sismico scelto è composto da due sismostrati:

- Il primo sismostrato si sviluppa a partire dal p.c. fino ad una potenza massima di circa 0.50 m, al centro dello stendimento. La velocità delle onde di compressione registrata è pari a **Vp = 906.6 m/s**;
- L' ultimo sismostrato, investigato fino alla profondità di circa 08.00 m dal p.c. presenta una velocità delle onde di compressione **Vp = 1012.4 m/s.**

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA



INDAGINE SISMICA "MASW"

INTRODUZIONE

La *prova sismica* con metodologia *"MASW"* (*Multichannel Spectral Analisys of Surface Waves*) ha consentito la determinazione delle velocità di propagazione delle onde di taglio (*Vs*) ed in particolare per definire - secondo *O.P.C.M. n. 3519/06 (agg. della 3431/05 e 3274/03)* - il valore delle velocità medie delle onde di taglio entro i 30 metri di profondità (Vs_{30}), necessario per definire *"la categoria del sottosuolo di fondazione"* secondo il *D.M. 14.1.08 (Norme Tecniche per le Costruzioni) punto 3.2.2*.

Nel corso della campagna d'indagine, che si è svolta nel mese di *Novembre 2022*, sono state eseguite *n° 2 prospezioni sismiche di tipo Masw.*

Il posizionamento dei punti d'indagine, con corrispondente denominazione, è riportato nell'allegato "Localizzazione Indagini".

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti e vengono esposte le modalità tecniche di esecuzione delle indagini e le caratteristiche dei macchinari e delle apparecchiature utilizzate.

DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA MASW

Con il metodo MASW vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità di propagazione (*chiamata velocità di fase*) a diverse frequenze (*dispersione*) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde *S*, i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica. Esso utilizza la componente principale delle onde superficiali, nella forma di onde di *Rayleigh*, che costituiscono più dei due terzi dell'energia sismica totale generata nella maggior parte delle indagini sismiche, per le quali si usano onde compressive. Anche se le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali al variare della profondità.

Ciò in quanto, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

In sintesi la procedura *MASW* può essere suddivisa in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle *Vs* che descrive la variazione di *Vs* con la profondità.

Infatti, l'analisi delle onde *S* mediante tecnica *MASW (SASW e REMI)* viene eseguita mediante trattazione spettrale del sismogramma che restituisce lo spettro del segnale, da cui è possibile separare il segnale relativo alle onde *S*. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda *S* si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa (*dispersione*). Tale fenomeno viene caratterizzato mediante una funzione detta "curva di dispersione" (estraibile dallo spettro del segnale), che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. La curva di dispersione sperimentale (misurata in sito) deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico (curva numerica) che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, e viene affidata ad appositi software e può avvenire in maniera automatica e/o manuale. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidezza superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici. Le prove *MASW* sono molto utili per determinare il profilo di velocità delle onde di taglio *Vs* e, quindi, anche il tipo di suolo, richiesto dalle normative tecniche nazionali ed internazionali, in maniera semplice ed economica ma decisamente affidabile. Poiché il parametro Vs_{30} non è una semplice media aritmetica delle V_{si} dei singoli strati, ma una velocità "equivalente" nei primi 30 metri di profondità cioè una sorta di media pesata delle velocità *Vs* dei primi 30 metri, l'utilizzo della tecnica *MASW* per ricavarlo risulta indubbiamente valida, quindi tale procedura rappresenta il miglior compromesso costo-accuratezza nella caratterizzazione sismica dei depositi di terreno.

RILEVAMENTO ED INTERPRETAZIONE MASW_1

Caratteristiche array superficiale:

Profilo sismico	
Lunghezza	ml 28
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 ml
Durata acquisizione	5000 ms
Passo campionamento	1μs

Scoppi esterni in andata *distanza in metri dal primo geofono*
- 4m

	Scoppio	**Quote relative scoppi** *(m)*
Andata	1	0

Profilo altimetrico dello stendimento

Quote relative *(m)*	**Numero geofono**
0	12
0	11
0	10
0	9
0	8
0	7
0	6
0	5
0	4
0	3
0	2
0	1

MASW_1

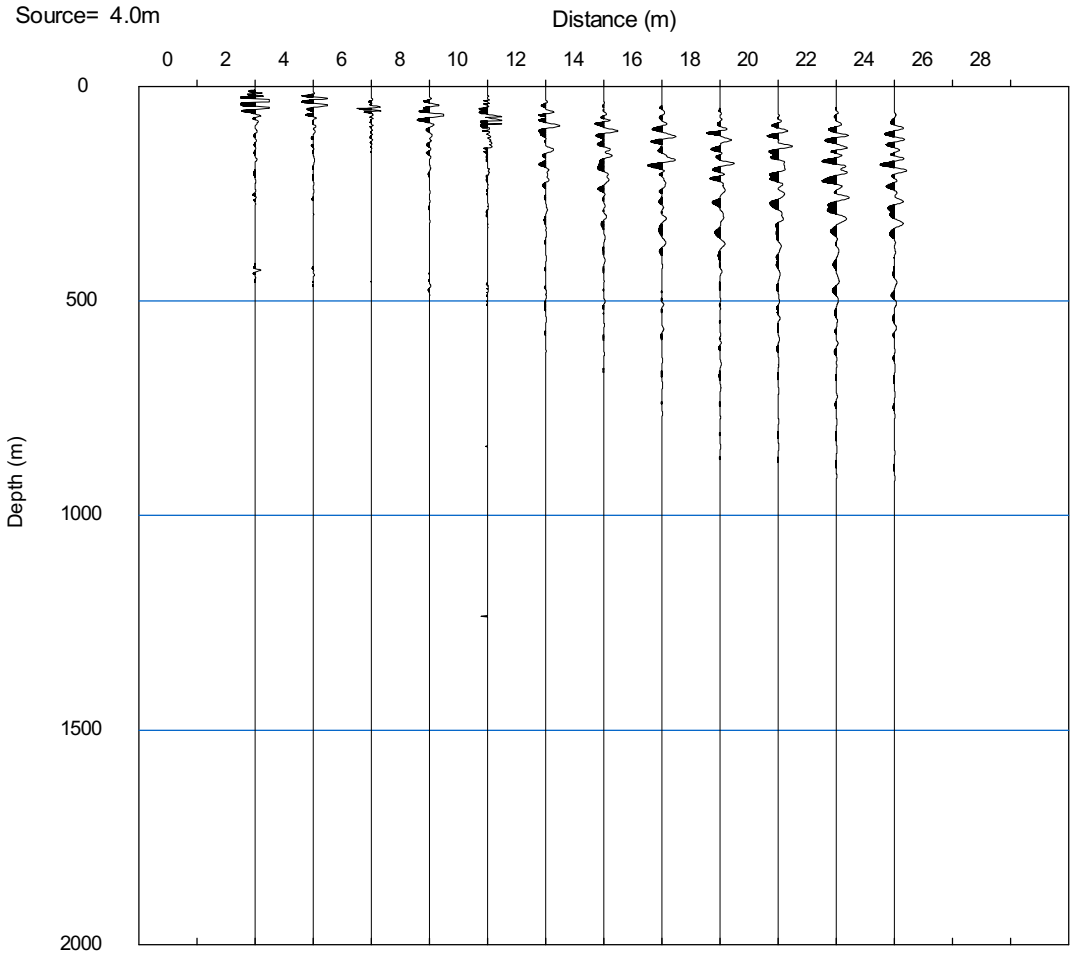
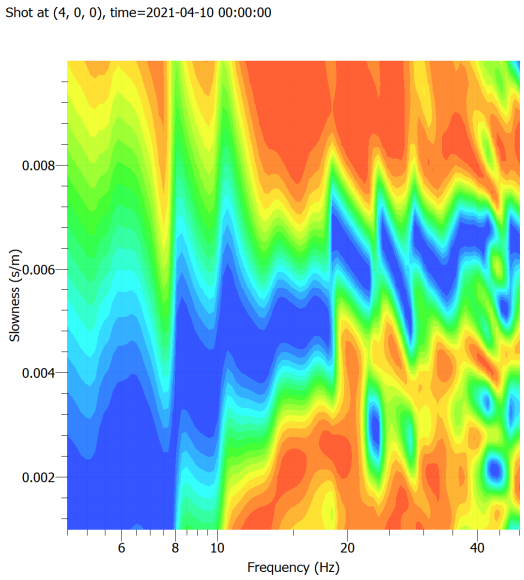
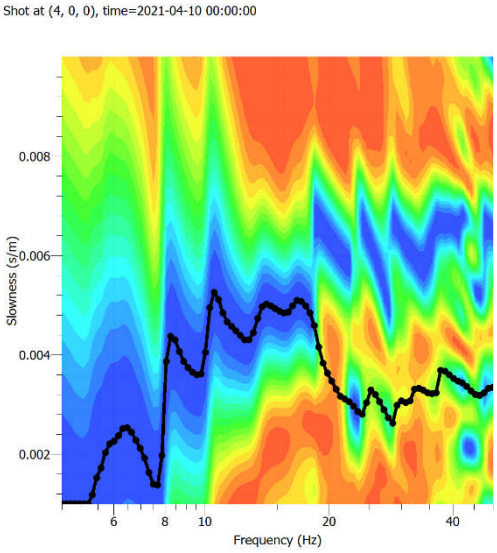


Figura 13 Acquisizione 1 relativa allo scoppio 1_Masw_Stesa sism_1

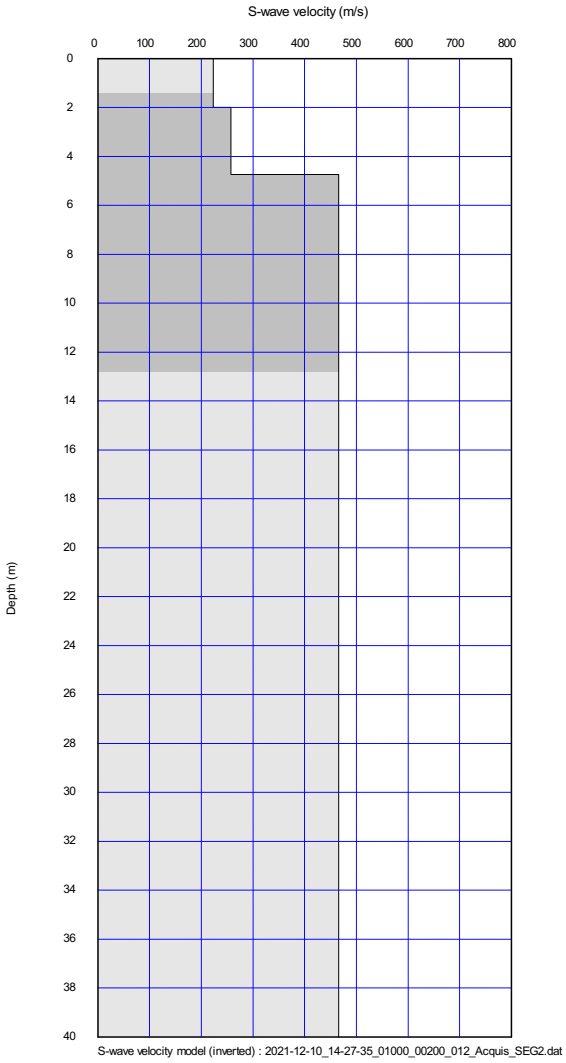
CURVA DI DISPERSIONE

Grafico della Potenza Spettrale F-k





CURVA DI INVERSIONE



Modello del sottosuolo in onde S

RILEVAMENTO ED INTERPRETAZIONE MASW_2

Caratteristiche array superficiale:

Profilo sismico	
Lunghezza	ml 28
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 ml
Durata acquisizione	5000 ms
Passo campionamento	1μs

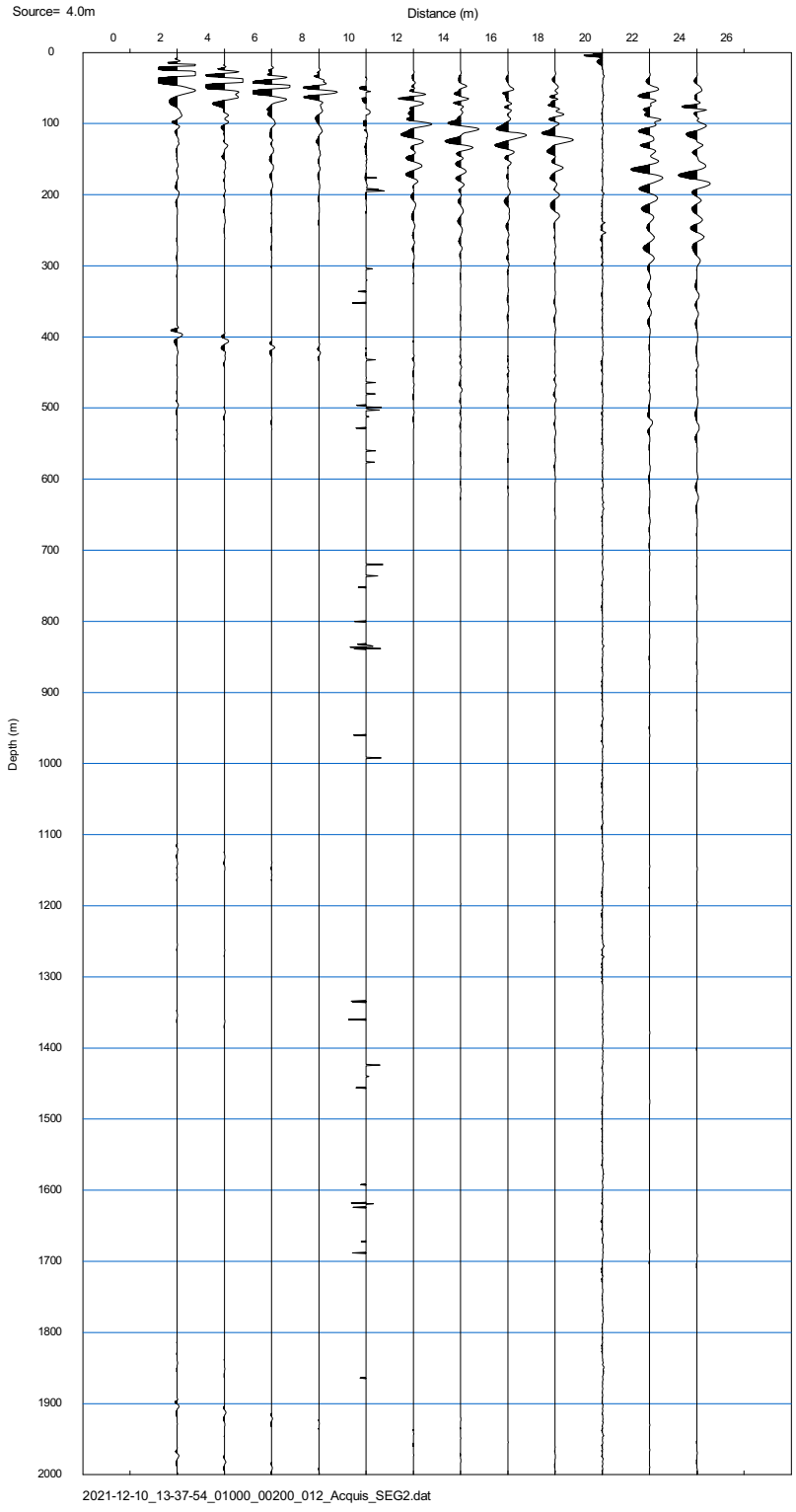
Scoppi esterni in andata *distanza in metri dal primo geofono*
-4m

	Scoppio	**Quote relative scoppi** *(m)*
Andata	1	0

Profilo altimetrico dello stendimento

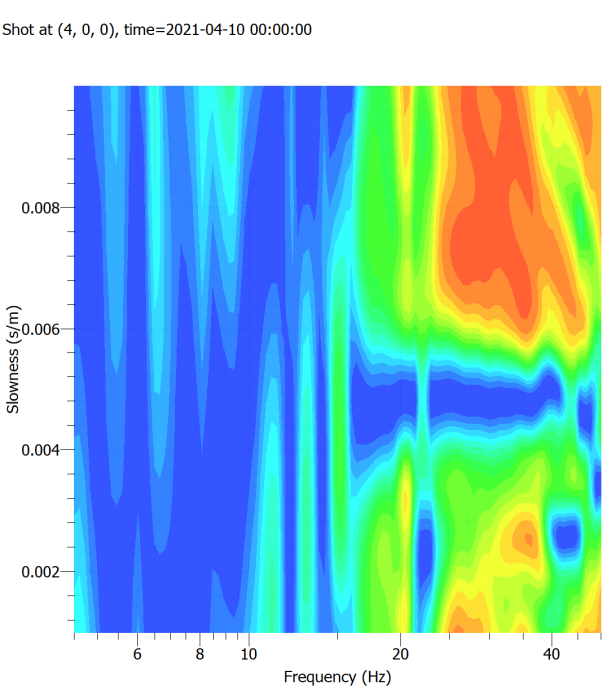
Quote relative *(m)*	**Numero geofono**
0	12
0	11
0	10
0	9
0	8
0	7
0	6
0	5
0	4
0	3
0	2
0	1

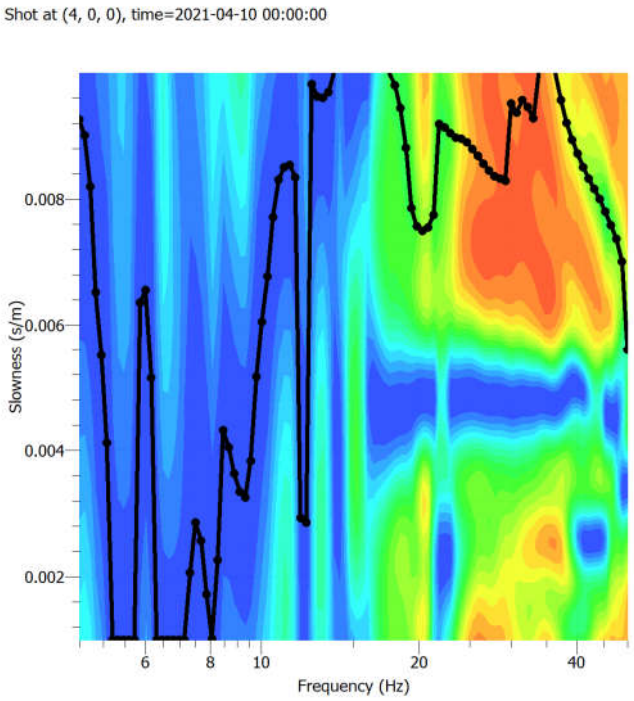
MASW_2

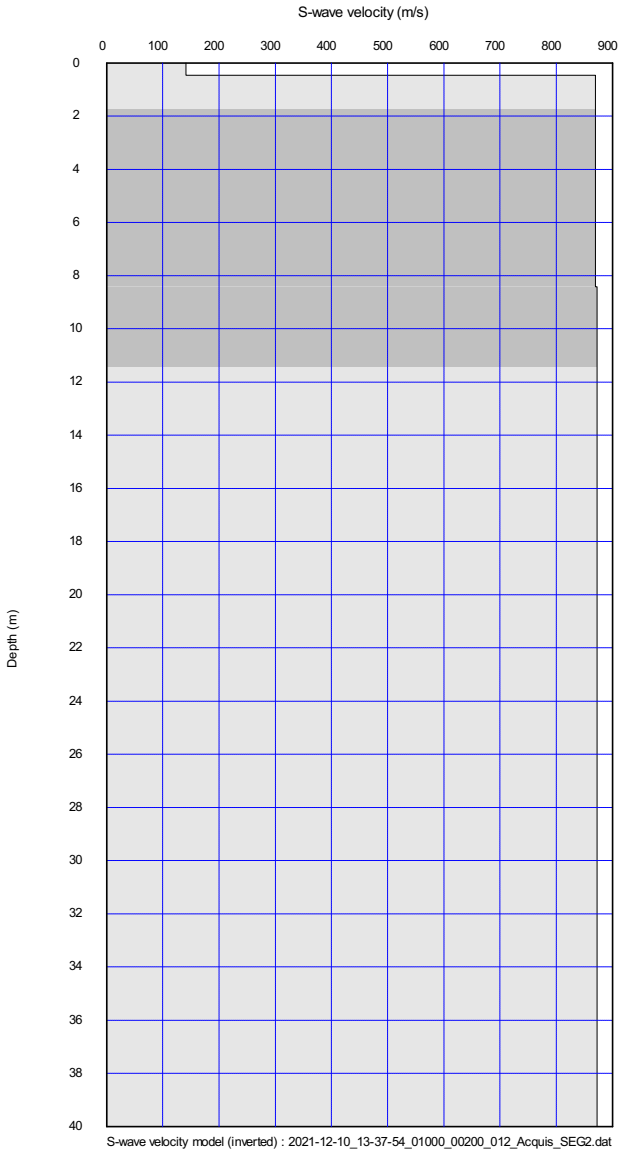

Source= 4.0m
Distance (m)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
Depth (m)
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2021-12-10_13-37-54_01000_00200_012_Acquis_SEG2.dat

CURVA DI DISPERSIONE

Grafico della Potenza Spettrale F-k







SINTESI DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO VS REGISTRATE

MASW 1

Profondità (m)	Spessori (m)	Velocità delle Onde S (m/s)
2	2	223.28
4.75	2.75	257.3
9.97	5.22	466.27
40 (?)	Semi-spazio	466.27

MASW 2

Profondità (m)	Spessori (m)	Velocità delle Onde S (m/s)
0.50	0.50	141.2
8.50	8	869.6
40 (?)	Semi-spazio	872.8

CALCOLO VS30

Basandosi sulle velocità delle onde di taglio Vs si calcola il valore di **$V_{S,eq}$** dal quale risulta la **Categoria B** dei terreni di fondazione ai sensi delle NTC-2018.

	Calcolo $V_{S,eq}$	Valori $V_{S,eq}$ in m/s	Categoria suolo di fondazione ai sensi delle NTC-2018
sx idrografica	**$V_{S,eq}$** a -1 m dal p.c.	**419.79 m/s**	**B**
dx idrografica	**$V_{S,eq}$** a -1 m dal p.c.	**872 m/s**	**A**

ALLEGATI

Foto 1 – Prospezione sismica a rifrazione e Masw 2 (Sant'Elia sx_A)

Foto 2 – Prospezione sismica a rifrazione e Masw 2 (Sant'Elia sx_B)

Foto 3 – Prospezione sismica a rifrazione e Masw 2 (Sant'Elia dx_A)

Foto 4 – Prospezione sismica a rifrazione 2 e Masw (Sant'Elia dx_B)