REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DELL'AQUILA
Comune di Aielli

OGGETTO

AMPLIAMENTO IMPIANTO DI SELEZIONE RSU E STABILIZZAZIONE DELLA FRAZIONE ORGANICA

ENTE APPALTANTE

A.C.I.A.M. S.p.A.

Azienda Consorziale di Igiene Ambientale Marsicana

PROCEDURA

PROCEDURA APERTA PER L'AFFIDAMENTO DELLA FORNITURA, INSTALLAZIONE E MESSA IN ESERCIZIO DELL'IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA E DI UN SISTEMA DI UPGRADING PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO IN LOCALITA' LA STANGA - AIELLI (AQ)

EM.	DESCRIZIONE	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
3					
2					
1					Giugno 2021

RUP:
Dott. Alberto Torelli

Progettista:
Ing. Paolo Recchia

CODIFICA

COMMESSA	NORMATIVA DI RIFERIMENTO

FOGLIO 1 DI 1

A termini di legge ci riserviamo la proprieta' di questo disegno con divieto di riprodurlo o di renderlo comunque noto a terzi o a ditte concorrenti senza nostra autorizzazione scritta.

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

DIMENSIONI: A4

TAV. n°: b.1

IMPIANTO	SCALA	SCALA GRAFICA	RIF. CLIENTE
	-		

Regione Abruzzo | Provincia dell'Aquila | Comune di Aielli

STAZIONE APPALTANTE

A.C.I.A.M. S.p.A.
Azienda Consorziale di Igiene Ambientale Marsicana

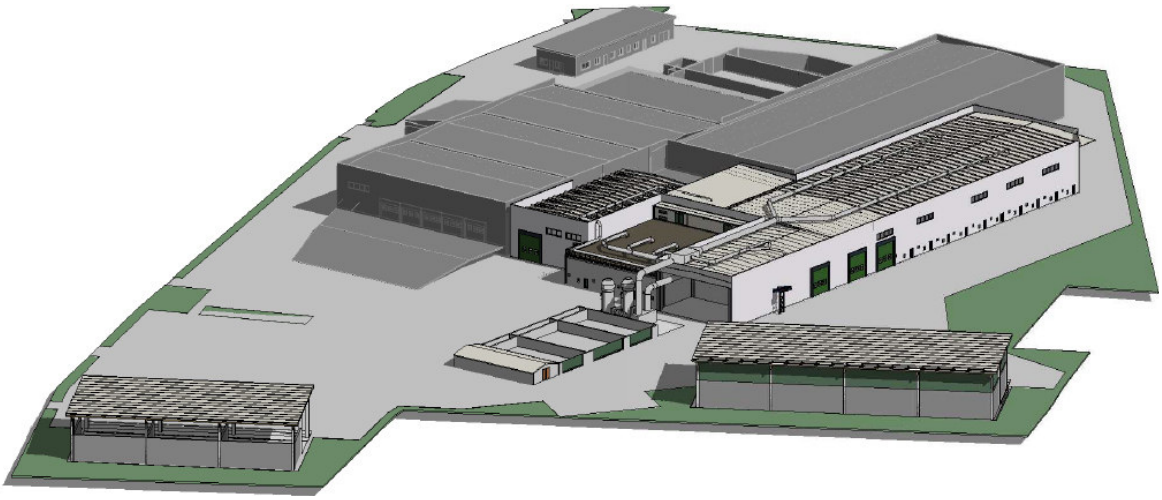
COMMESSA IV303

"Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica"

PROGETTO ESECUTIVO

Capogruppo:
PAL s.r.l.

Mandante:
Torelli Dottori s.p.a.



Progettista generale:
Dott. Ing. Francesco Martino

Progettista strutturale:
Dott. Ing. Francesco Ottaviano

Geologo:
Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini

Relazione geologica, geotecnica e sismica

NOME FILE: IV303PERT002.00_RLT_02				ELABORATO: ***RLT_02***		
fase	***data***	***rev.***	***Descrizione fase***	***redatto***	***controllato***	***approvato***
00	07/2019	00	CONSEGNA PROGETTO ESECUTIVO	Lorenzini	Martino	

INDICE

1. PREMESSA 4

2. IDENTIFICAZIONE DELL'INTERVENTO 5

3. INQUADRAMENTO GENERALE 6

4. INQUADRAMENTO NORMATIVO 7

5. INQUADRAMENTO STRUTTURALE REGIONALE 10

5.1 Caratteri geologici, stratigrafici e litologici 11
5.2 Caratteri geomorfologici e idrografici 14
5.3 Caratteri idrogeologici 16

6. PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE ESEGUITE IN SITO 19

6.1 Prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH 20
6.2 Prove penetrometriche statiche CPT 21
6.3 Sondaggi e prove SPT 21
6.4 Campioni geotecnici 22
6.5 Prospezione sismica in onde P-Sh 22
6.6 Prospezione sismica in foro Down Hole 22

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO 23

7.1 Risultati prove DPSH 23
7.2 Risultati prove penetrometriche statiche 23
7.3 Risultati prove SPT 26
7.4 Risultati prove di laboratorio 27
7.5 Modello geolitologico 31
7.6 Parametri caratteristici 34
7.7 Modello geotecnico 38

8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO 42

8.1 Risultati prospezione sismica in foro Down Hole 42
8.1.1 Stima dei moduli elastici 42
8.2 Risultati prospezione sismica a Rifrazione in onde P-Sh 44
8.2.1 Risultati prova RF1 44
8.2.2 Risultati prova RF2 45
8.3 Modello sismico 46

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO 48

9.1 Sismicità dell'area 48
9.2 Criteri di progettazione nelle verifiche sismiche 49
9.2.1 Definizione delle azioni sismiche nel caso di analisi pseudostatiche 49
9.2.2 Periodo di riferimento per l'azione sismica 49
9.2.3 Categoria di sottosuolo di fondazione 49
9.2.4 Effetti di sito: amplificazione stratigrafica e amplificazione topografica 50
9.2.5 Parametri sismici 50
9.2.6 Verifica a liquefazione 51

10. SUGGERIMENTI ED INDICAZIONI OPERATIVE 54

11. CONCLUSIONI 55

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Planimetria con ubicazione delle aree esistenti da demolire e da soggette a nuova costruzione (Google Earth 07/07/2017)
Figura 2 Corografia generale estratta da Geoportale Nazionale
Figura 3 Carta PAI
Figura 4 Carta Vincolo Idrogeologico
Figura 5 Suddivisione del territorio nazionale in zone sismiche
Figura 6 Schema strutturale dell'Appennino centrale esterno (da Calamita et alii, 2004)
Figura 7 Carta geologica con relativa legenda estratta dal sito dell'ISPRA – progetto CARG
Figura 8 Progetto ITHACA – identificazione faglie capaci limitrofe all'area di indagine
Figura 9 Schema di migrazione dell'avanfossa
Figura 10 Estratto di Carta Idrogeologica della Regione Abruzzo
Figura 11 Estratto di Planimetria catastale con ubicazione di pozzi e piezometri interni ed esterni all'impianto ACIAM S.p.A.
Figura 12 Estratto di Planimetria catastale con indicazione della direzione del flusso delle acque della falda superficiale
Figura 13 Ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche su immagine satellitare (fonte Google Earth
Figura 14 Planimetria di dettaglio con indicazione della traccia del modello geo-litologico e geotecnico
Figura 15 Modello geo-litologico
Figura 16 Modello geotecnico
Figura 17 Schema riassuntivo caratterizzazione geotecnica del sottosuolo
Figura 18 Grafico tempo-profondità onde P-Sh (da Rapporto sulle indagini a cura della Aureli Soil Srl)
Figura 19 Rapporto Vp/Vs per tipi di terreno (fonte: Keceli, 2012)
Figura 20 Tabella Moduli Elasto-dinamici calcolati per ogni metro (da Rapporto sulle indagini a cura della Aureli Soil Srl)
Figura 21 Sezioni sismiche RF1 interpretate (da Rapporto sulle indagini a cura della Aureli Soil Srl)
Figura 22 Sezioni sismiche RF2 interpretate (da Rapporto sulle indagini a cura della Aureli Soil Srl)
Figura 23 Modello sismico
Figura 24 Distribuzione curva granulometrica campione C1/CI1 (8.50-9.0 m)
Figura 25 Distribuzione curva granulometrica campione C1/CI2 (18.0-18.5 m)
Figura 26 Distribuzione curva granulometrica campione C2-DH/CR1 (7.15-7.30 m)
Figura 27 Distribuzione curva granulometrica campione C2-DH/CI1 (7.50-8.0 m)
Figura 28 Distribuzione curva granulometrica campione C2-DH/CI2 (19.50-20.0 m)
Figura 29 Distribuzione curva granulometrica campione C3 /CI1 (6.0-6.50 m)

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 Strumentazione utilizzata dalla ditta Aureli Soil Srl
Tabella 2 Risultati prove SPT in foro
Tabella 3 Stima dei parametri geotecnici medi prova DPSH1 per ogni strato individuato
Tabella 4(a-g) Stima dei parametri geotecnici medi prova CPT1-7 per ogni strato individuato
Tabella 5(a-c) – Stima dei parametri geotecnici medi prove SPT sondaggio C1- C2-DH - C3
Tabella 6(a-b) – Valori ricavati dalla prova edometrica su campione Q.5_Sond. C1.
Tabella 7(a-b) – Valori ricavati dalla prova edometrica su campione Q.5_Sond. C2-DH.
Tabella 8a – Valori ricavati dalla prova edometrica su campione Q.5_Sond. C3.
Tabella 9a - Valori caratteristici Fabbricato A
Tabella 9b - Valori caratteristici Fabbricato B-C
Tabella 9c - Valori caratteristici Fabbricato D
Tabella 9d - Valori caratteristici Fabbricato E
Tabella 9e - Valori caratteristici Fabbricato F
Tabella 9f - Valori caratteristici Fabbricato G
Tabella 10a – Parametri sismici di partenza per il sito in esame
Tabella 10b – Valori dei parametri a_g, F_0, T^*_c per periodi di ritorno T_R associati a ciascun stato limite
Tabella 10c – Coefficienti di amplificazione stratigrafici e topografici; accelerazione orizzontale massima attesa e coefficienti sismici orizzontali e verticali per suoli di categoria C
Tabella 10d – Valori in corrispondenza dei periodi T_B, T_C e T_D per gli spettri di progetto per lo stato limite SLV per suoli di categoria C
Tabella 11 – Esclusione dalla verifica a liquefazione

1. PREMESSA

La presente relazione geologica, geotecnica e sismica è parte integrante del progetto riguardante l'ampliamento dello stabilimento **ACIAM SpA di Aielli** (Committente delle opere in oggetto), destinato alla selezione, inertizzazione e compostaggio di matrici organiche di qualità.
Lo stabilimento ACIAM SpA di Aielli (AQ) è situato in località La Stanga, lungo la strada vicinale Via Valeria, a confine con il territorio comunale di Celano. L'impianto è direttamente raggiungibile dalla SS n°5 Tiburtina Valeria, all'incrocio con la SS 696 (ex SS 5bis), in direzione sud, prima di intercettare la Via Circonfucense.

Foto 1 Impianto ACIAM SpA in località "La Stanga di Aielli (AQ)

Tale studio è redatto, ai sensi del D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" (di seguito NTC2018), in particolare, conformemente a quanto espressamente richiesto nella "Circolare 21 gennaio 2019 n°7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"; ed è finalizzato alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito che, come recita il par.fo 6.2.1 delle NTC2018, "consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e più in generale di pericolosità geologica del territorio" descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.
In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.
Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

Il lavoro è stato svolto articolato in vari steps che, in ordine temporale, sono:

- ricerca e raccolta di dati bibliografici riguardanti le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito e del comprensorio in cui è inserito;
- pianificazione ed esecuzione di indagini in sito sia geognostiche che sismiche con prelievo di campioni per esecuzione di indagini geotecniche di laboratorio;
- elaborazione e sintesi dei dati raccolti per la definizione del Modello Geolitologico di Riferimento;
- elaborazione e sintesi dei dati raccolti per la definizione del Modello Geotecnico di Riferimento;
- elaborazione e sintesi dei dati raccolti per la definizione del Modello Sismico di Riferimento;
- definizione della fattibilità del progetto.

2. IDENTIFICAZIONE DELL'INTERVENTO

L'attuale impianto effettua la selezione di R.U.I. e la stabilizzazione della frazione organica ed il compostaggio dei rifiuti organici di qualità, assicurato dalla crescente quota di rifiuti differenziati rispetto la diminuzione di indifferenziata, registratasi negli ultimi anni.

L'ampliamento dell'impianto ha conseguito l'Autorizzazione Integrata Ambientale con determinazione n°DPC 026/288 del 04/12/2017, Servizio Gestione dei Rifiuti, della Regione Abruzzo in variante sostanziale dell'A.I.A. n°14/2010 del 31/12/2010 e sue modifiche ed integrazioni.

Il progetto di cui si tratta prevede il potenziamento della linea di compostaggio, che passa da 25.000 t/a a 58.500 t/a, a fronte della riduzione della capacità destinata al trattamento meccanico biologico dei rifiuti indifferenziati, che passa da 58.500 t/a a 25.000 t/a, ferma restando la potenzialità complessiva autorizzata di 83.500 t/anno di rifiuti in ingresso.
Il progetto d'ampliamento è stato suddiviso, per ragioni di semplificazione procedurale e garanzia funzionale di continuità nell'esercizio, in **due lotti** successivi, funzionalmente ed economicamente distinti.
Oggetto della presente procedura è la realizzazione del **primo lotto** o primo stralcio funzionale.

Il primo lotto, di cui si tratta, prevede la realizzazione delle opere strutturali e tecnologiche atte ad implementare le attuali strutture impiantistiche per l'aumento della capacità della linea di compostaggio. Il tutto garantendo la piena ed autonoma funzionalità dell'impianto esistente, che seguiterà regolarmente la sua produzione.

Il secondo lotto, non oggetto del presente progetto, prevede la realizzazione di una linea di digestione anaerobica per il trattamento dei rifiuti organici, finalizzata alla produzione di biogas, la cogenerazione di energia elettrica e calore di recupero per utilizzazioni interne allo stabilimento, il tutto, si ripete, da fonte rinnovabile.

L'impianto si compone di un complesso di manufatti edilizi ed impianti tecnologici, oltre pavimentazioni stradali e sistemazioni a verde con piantumazione.
L'impianto esistente consta dei seguenti corpi di fabbricati principali:

- Capannone conferimento e lavorazione
- Biocelle a tunnel
- Aia di maturazione insuffiata
- Biofiltro
- Palazzina uffici e servizi
- Vasche interrate

L'autorizzazione all'ampliamento prevede la realizzazione dei seguenti ulteriori manufatti (definiti da una lettera come mostrato in figura 1):

- AIA di maturazione della miscela compostabile (A)
- Area di vagliatura compost (B)
- Tettoia di scarico compost (C)
- Tettoia stoccaggio compost (D)
- Biofiltri (E)
- Tettoia stoccaggio verde (F)
- Palazzina officina e servizi (G)
- Digestore anaerobico/Generatore endotermico (appartenente secondo lotto lavori e non compreso nel presente lavoro) (H)
- Biocelle per fase act miscela compostabile (I)
- Miscelazione rifiuti compostabili (L)
- Altro (M)
- Vasche interrate

Sono previste i seguenti smontaggi/demolizioni all'interno dell'area di ampliamento: tettoie esistenti, recinzioni esistenti, cordolature e pavimentazioni, rimozione pali luce, caditoie.

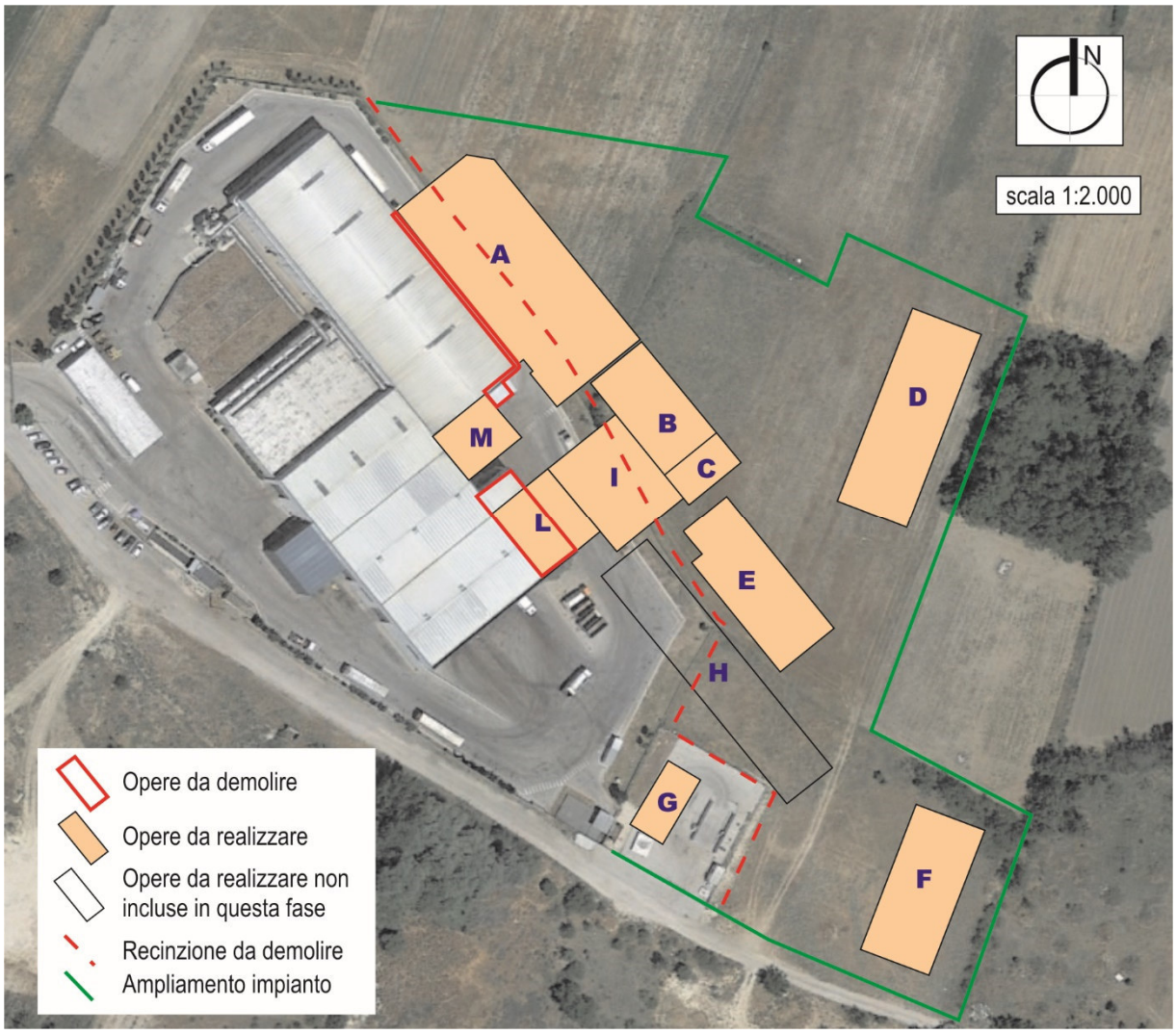


Figura 1 Planimetria con ubicazione delle aree esistenti da demolire e da soggette a nuova costruzione (Google Earth 07/07/2017)

3.INQUADRAMENTO GENERALE

I terreni in oggetto sono localizzati in prossimità della strada vicinale Via Valeria, che in prossimità della Via Tiburtina, prende il nome di Via della Stanga. Questa segna il limite tra i territori comunali di Aielli e Celano e corrispondono in catasto al Foglio n°21 mappali vari, tutte di proprietà di ACIAM SpA.

Il sito in esame è inserito in un contesto di fondovalle con ondulazioni morfologiche estremamente modeste, debolmente inclinato verso SO.

L'area si colloca nel settore dell'Appennino Centrale occupato da dominio paleogeografico della piattaforma laziale-abruzzese. In particolare la piana del Fucino costituisce una morfo-struttura tabulare interessata dalla sedimentazione di potenti depositi clastici continentali plio-quaternari. A seguito dell'orogenesi appenninica, l'area fucese viene interessata da eventi tettonici distensivi che si propagano verso Est, insieme ad un generale sollevamento dai quali si generano importanti sistemi di faglie dirette che danno origine a numerosi bacini continentali intramontani, piana del Fucino compresa.

La piana del Fucino è la più estesa conca intermontana d'Abruzzo ed una delle più vaste d'Italia. Tale ampia superficie è derivata dalla bonifica ottocentesca che ha interessato l'intero lago Fucino, noto anticamente anche come lago di Celano. L'aspetto morfologico più appariscente è legato alla completa assenza di un emissario superficiale per cui le acque che confluivano in questo bacino, derivanti dal fiume Giovenco e da altri corsi d'acqua minori, incrementate anche da numerose sorgenti e dagli apporti meteorici venivano drenate da inghiottitoi di tipo carsico e dalla evapotraspirazione.

L'area in esame è posta tra i rilievi montuosi di Monte Velino e Monte Sirente a nord ed i monti della Marsica a sud e precisamente nel settore settentrionale della piana del Fucino.

Cartograficamente la zona in esame ricade in:

- Cartografia IGM Foglio 146 (Sulmona), quadrante III, Tavoletta SO – Celano;
- Carta Tecnica 1:25.000 Foglio 368 est;
- Carta Tecnica 1:10.000 Sezione n°368112-368151;
- Carta Tecnica 1:5.000 Elemento n°368112-368151;

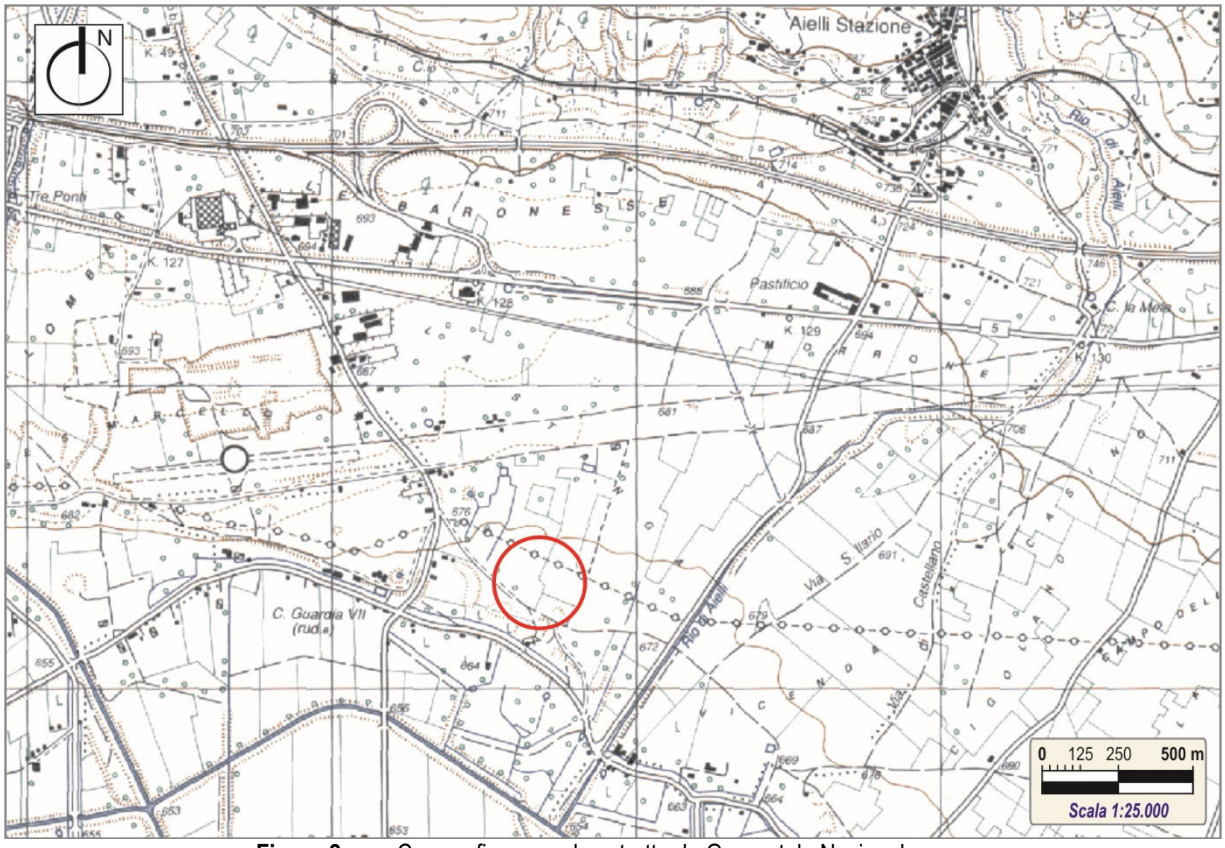


Figura 2 Corografia generale estratta da Geoportale Nazionale

4.INQUADRAMENTO NORMATIVO

PIANO REGOLATORE GENERALE (PRG)

Rispetto alla Variante di PRG, l'intervento legato alla realizzazione del progetto si colloca all'interno della Zona individuata come "Attrezzature tecnico distributive (F3)", art.22.3 delle NTA, per la quale la norma ammette interventi diretti conformi all'art. 18.10 delle NTA, ovvero interventi quali "impianti di smaltimento e discariche controllate". Per tale intervento **vengono rispettati** gli indici e i parametri stabiliti dalle NTA, relative al rapporto tra copertura, ai distacchi da confini e fabbricati e alla distanza minima dalle strade.

PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Le acque ricadenti nella Piana del Fucino sono convogliate dalla rete secondaria al collettore principale, che sbocca in una vasca chiamata incile, da cui si dipartono il Vecchio e il Nuovo Emissario Torlonia che convogliano le acque verso il fiume Liri.

L'areale è pertanto soggetto agli strumenti pianificatori, a livello di assetto idrogeologico, redatti dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri Garigliano e Volturno.

Dalla carta del rischio emessa dall'Autorità di Bacino per il territorio del Comune di Aielli si evince che l'area interessata risulta bianca, **priva di vincoli.**

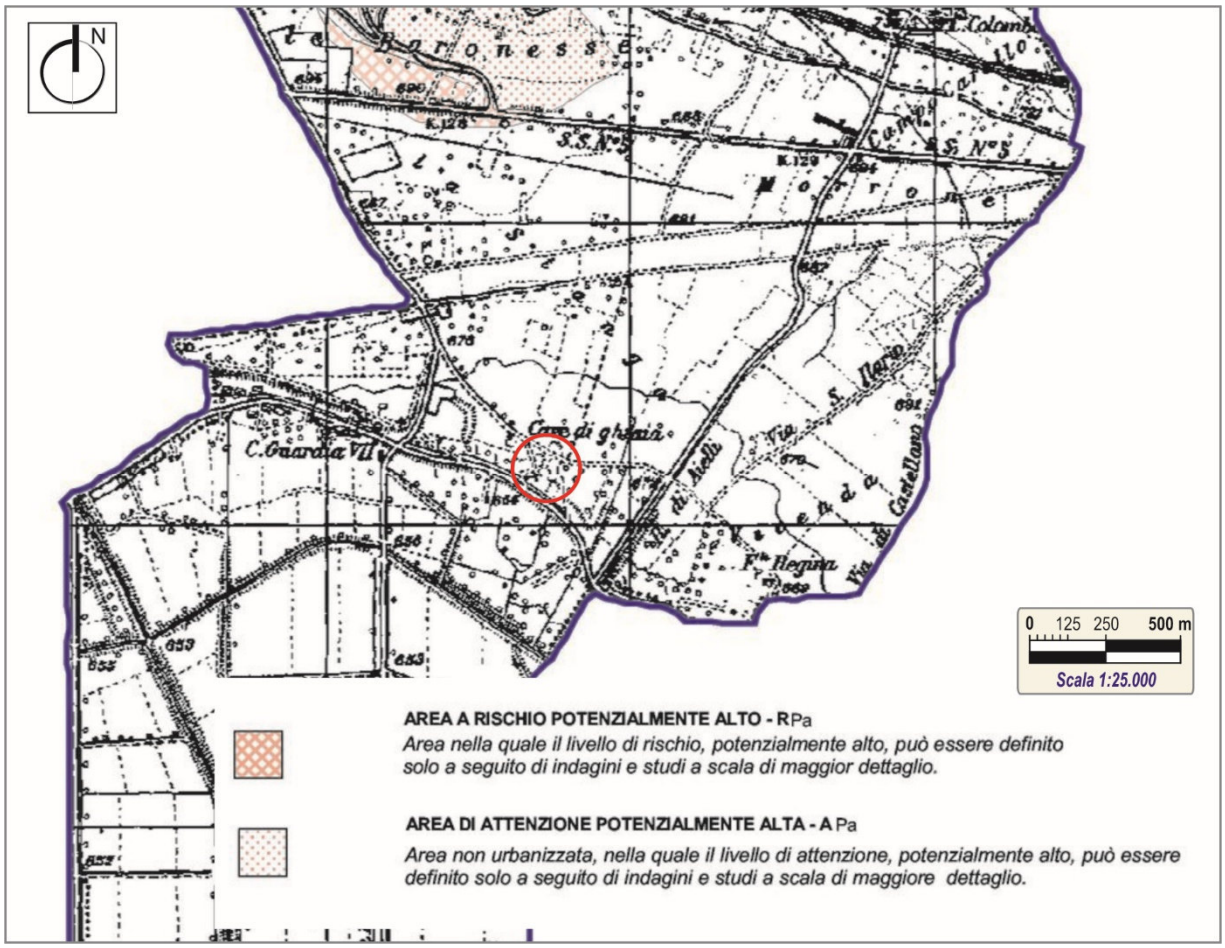


Figura 3 Carta PAI

PIANO STRALCIO DIFESA ALLUVIONI (PSDA)

Avvalendosi di quanto previsto dall'art.12 della legge 493/93, l'Autorità di Bacino ha predisposto il "Piano stralcio per la difesa dalle alluvioni (PSDA) relativamente ai corsi d'acqua principali del F. Volturno.

Il PSDA è lo strumento diretto al conseguimento di condizioni accettabili di sicurezza idraulica del territorio, nell'ambito più generale della salvaguardia delle componenti ambientali all'interno delle fasce di pertinenza fluviale.

Dall'analisi del PSDA **non risultano vincoli** ostativi alla realizzazione del progetto, anche in relazione alla peculiare collocazione morfologica del sito, nonché alla distanza dai corsi d'acqua.

PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PSAI-Rf)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio Frana per il bacino dei fiumi Liri Garigliano e Volturno, di seguito denominato Piano o PSAI-Rf, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso del territorio relative all'assetto idrogeologico del bacino idrografico.

Il Piano è redatto ai sensi del comma 6 ter, art. 17 della L.18 maggio 1989, n°183 come modificato dall'art.12 della Legge 493/93, quale stralcio del Piano di bacino e contiene la individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, le norme di attuazione, le aree da sottoporre a misure di salvaguardia e relative misure.

Dall'analisi del PSAI **non risultano vincoli** ostativi alla realizzazione del progetto, anche in relazione alla peculiare collocazione morfologica del sito, nonché alla distanza da versanti interessati da dislocazioni di masse legate alla gravità.

VINCOLO IDROGEOLOGICO (Vi)

L'area interessata dal progetto risulta **esterna** alla perimetrazione di tale vincolo.

Risulta sottoposto a vincolo idrogeologico, così come previsto dal RDL 3267 del 30 dicembre 1923, la porzione di territorio comprendente i rilievi la Selva e la Selvotta, la Serra di Celano, e Tre Monti.

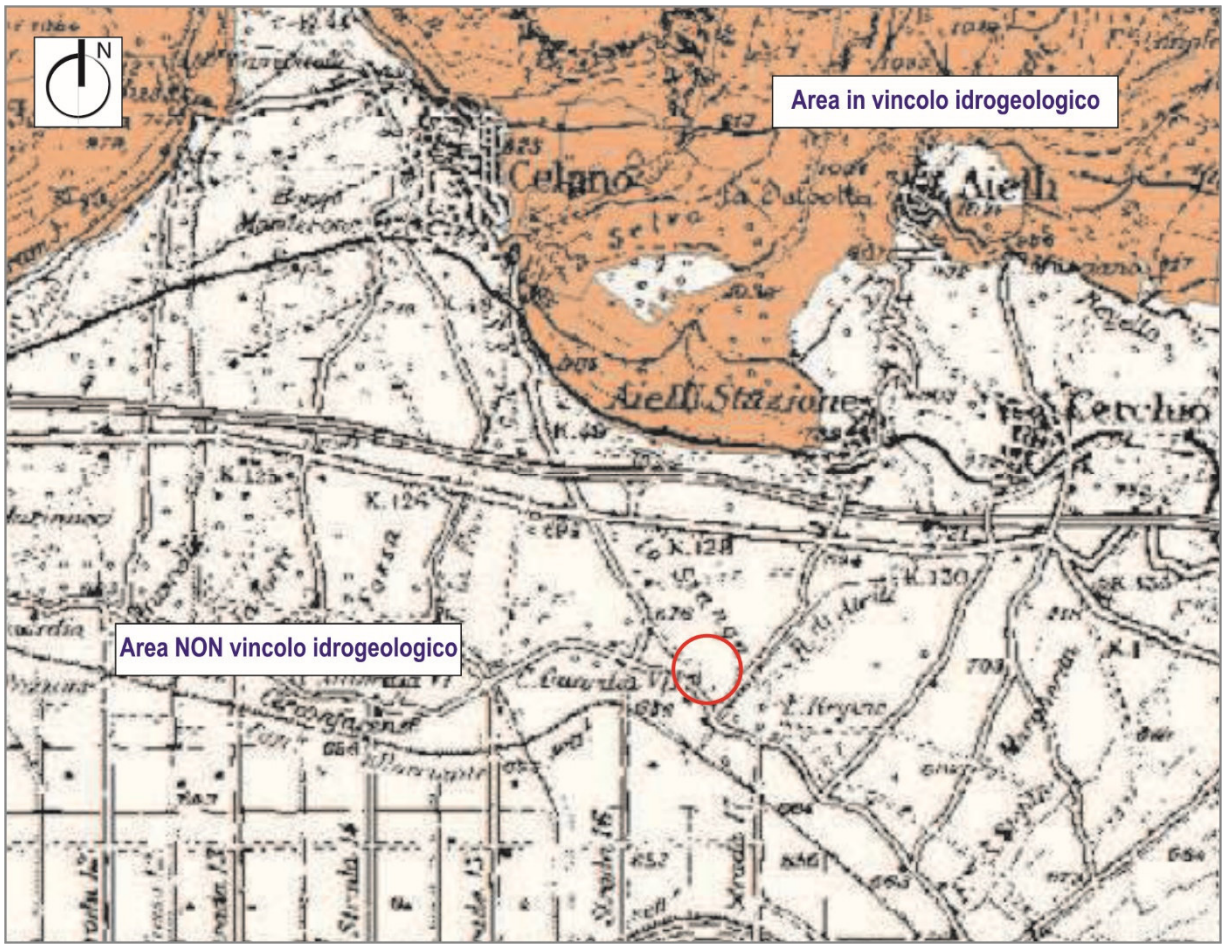


Figura 4 Carta Vincolo Idrogeologico

VINCOLO SISMICO (Vs)

Le principali strutture sismogenetiche nella piana del Fucino testimoniano una evoluzione tettonica ancora in atto. È possibile riconoscere una evoluzione tettonica recente condizionata principalmente dall'attività delle faglie dei settori orientali e settentrionali. Le faglie orientali dislocano sia sedimenti prevalentemente lacustri appartenenti al primo ciclo sedimentario sia depositi più recenti.

Con il DM 14/07/1984 sono state individuate le zone sismiche per la Regione Abruzzo. Sulla base di tale classificazione l'intera fascia costiera non era considerata a rischio sismico. Successivamente la Regione, nell'ambito delle competenze attribuitele dall'art.94, comma 2, lett. a) del D.Lgs 112/98, ha provveduto all'individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche, sulla base dei criteri generali approvati con Ordinanza del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e dal DM 14/01/2008 e successive modifiche.

Le norme tecniche a differenza di quanto disposto precedentemente, suddividono il territorio nazionale in n°4 zone sismiche attribuendo ad ognuna una data classe di sismicità attraverso un'accelerazione orizzontale di picco attesa al suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni secondo i valori indicati in figura 3.

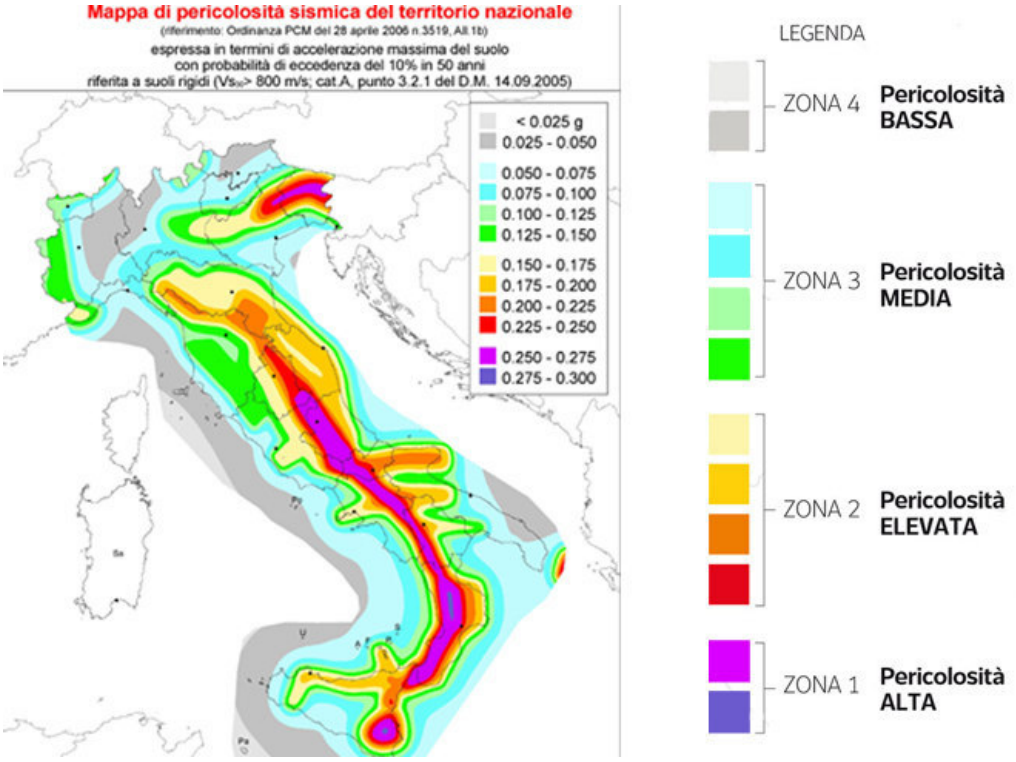


Figura 5 Suddivisione del territorio nazionale in zone sismiche

Il Comune di Aielli in riferimento alla disposizione presente in fig. 5 rientra in Zona Sismica 1 con ag>0.25 (Pericolosità alta).

5.INQUADRAMENTO STRUTTURALE REGIONALE

L'assetto attuale del settore abruzzese è il risultato di differenti domini paleogeografici meso-cenozoici marini successivamente modificati strutturalmente e rimodellati dalla tettonica, dal sollevamento pliocenico-quaternario e da una serie di processi morfologici.

In generale tale settore è caratterizzato dalla presenza di diverse unità paleogeografico-strutturali che risultano incorporate nel sistema catena-avanfossa-avampaese. Risulta ben distinguibile una migrazione temporale e spaziale degli sforzi compressivi dai settori occidentali a quelli orientali, accompagnati e spesso seguiti, a partire da Miocene superiore, da una tettonica di natura distensiva che ha riattivato le preesistenti discontinuità di natura compressiva, non ancora ultimata e da una componente trascorrente a luoghi molto pronunciata.

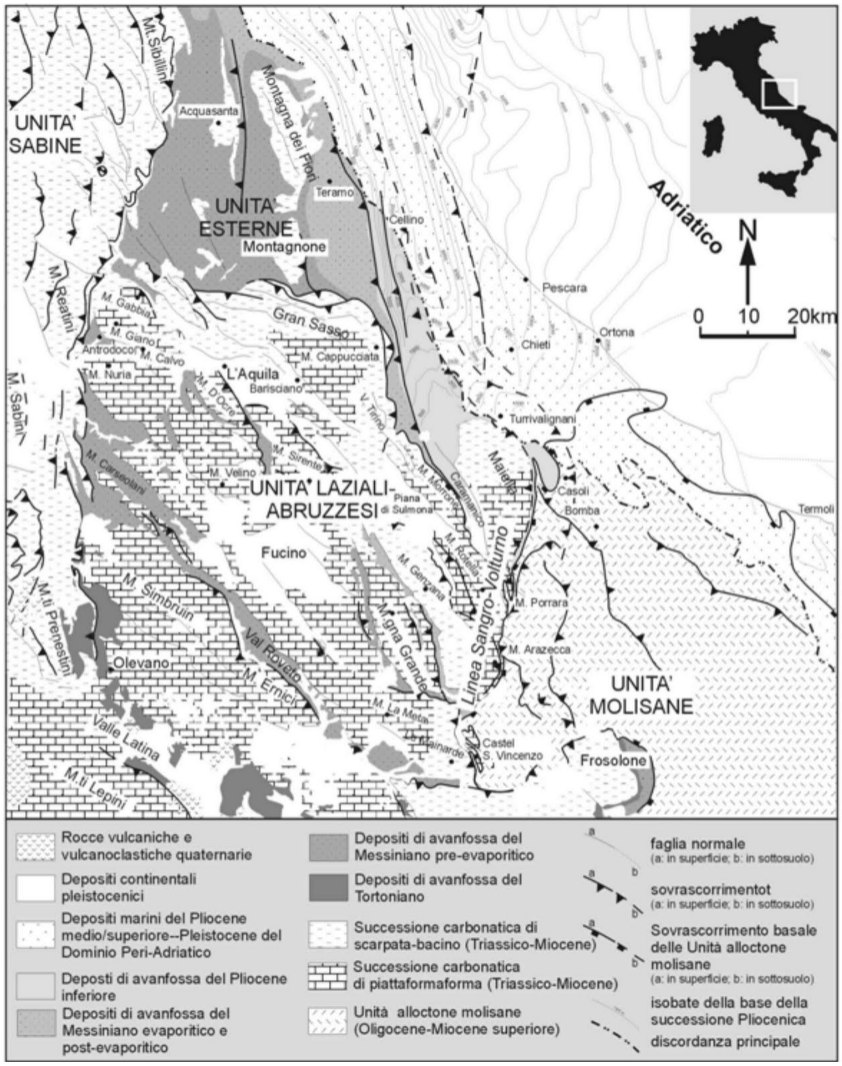


Figura 6 Schema strutturale dell'Appennino centrale esterno (da Calamita et alii, 2004)

Sinteticamente si può affermare che questo settore di catena appenninica è caratterizzato da facies di piattaforma carbonatica. La maggior parte delle successioni stratigrafiche passa verso l'alto, dopo lo sviluppo di facies marnose di spessore esiguo, a depositi di avanfossa in facies flysch silicoclastico, a cui si sono sovrapposti depositi quaternari sia continentali sia marini di spessore significativo.

Le unità paleogeografico-strutturali sono (da Ovest verso Est): la Piattaforma carbonatica Laziale – Abruzzese, la Piattaforma carbonatica Abruzzese esterna, la Piattaforma carbonatica Apula Deformata (a cui appartiene la montagna della Maiella); interposti a tali domini, sono presenti anche Bacini esterni (Praturlon, 1993).

La Conca del Fucino in riferimento alla figura 6 è inserita all'interno dell'Unità Laziale – Abruzzese cui è attribuito un sistema deposizionale di piattaforma carbonatica ricoperto da depositi di tipo continentale pleistocenici.

5.1 CARATTERI GEOLOGICI, STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

La successione stratigrafica continentale affiorante nel Fucino è costituita da prodotti derivanti da processi sedimentari ed erosivi. Il sito è inserito interamente nella formazione (AVM) Sintema di valle Majelama estratta dalla Carta Geologica 1:50.000 progetto CARG (Foglio n°368 Avezzano).

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

Pleistocene - Olocene

olo — Depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso limosi. Depositi lacustri e palustri argilloso-limosi talora con lenti organiche. Depositi detritici di versante. Depositi eluvio-colluviali con detriti immersi in matrice limoso argillosa e suoli sepolti, talora contenenti resti archeologici. Depositi di frana. Possono essere presenti relazioni laterali di facies e discordanze angolari minori. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico.
OLOCENE-ATTUALE

AVM — **SINTEMA DI VALLE MAJELAMA -** Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi con talora una abbondante frazione piroclastica. Depositi detritici di versante, depositi glaciali, separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti. Depositi di frana sepolti. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico e talora su un paleosuolo fersiallitico.
PLEISTOCENE sup.

ACT — **SINTEMA DI CATIGNANO -** Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi alterati da suoli fersiallitici. Depositi lacustri sabbioso-siltosi anche carbonatici e depositi palustri siltoso-argillosi. Diamicton di origine glaciale. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico.
PLEISTOCENE medio finale

AP — **SUPERSINTEMA DI AIELLI - PESCINA -** Depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso-sabbiosi anche poco elaborati alternati a depositi detritici di versante anche molto grossolani. Si intercalano a depositi lacustri sabbioso-siltosi anche a composizione prevalentemente carbonatica ed a depositi palustri siltosi e argillosi. Giacciono in discordanza angolare sul substrato.
PLIOCENE (?) - PLEISTOCENE medio

DEPOSITI MESO - CENOZOICI

Legenda paleoambienti - pci: piattaforma carbonatica interna; mpc: margine di piattaforma carbonatica; pca: piattaforma carbonatica aperta; ra: rampa carbonatica; gr: gradino ribassato; se: scarpata esterna; bp: bacino prossimale; pco:piattaforma continentale; ba: bacino

SUCCESSIONE M.VELINO-M.SIRENTE (AREA A)

Miocene

COMPLESSO TORBIDITICO ALTOMIOCENICO LAZIALE-ABRUZZESE ***auctt. pars-***
UNITA' ARENACEO-PELITICA

UAP_d, UAP_b — Unità eterogenea formata da corpi costituiti da distinte associazioni di facies delle quali, nell'area, affiorano: ***associazione arenaceo-pelitica I*** (UAP_b): strati medio-spessi arenaceo-pelitici con rapporto sabbia/argilla (S/A) > 2, facies C e B. In tale associazione sono stati inclusi i limitati lembi arenacei di Fonte Sevice (Monte Rozza) e di Fontecchia (base M.Velino); ***associazione pelitico-arenacea I*** (UAP_d): strati sottili pelitico-arenacei con rapporto S/A < 1 in facies prevalente D2 ed intercalati orizzonti non cartografabili arenaceo-pelitici (biozona atipica *p.p.*) (ba).
MESSINIANO inf. p.p.

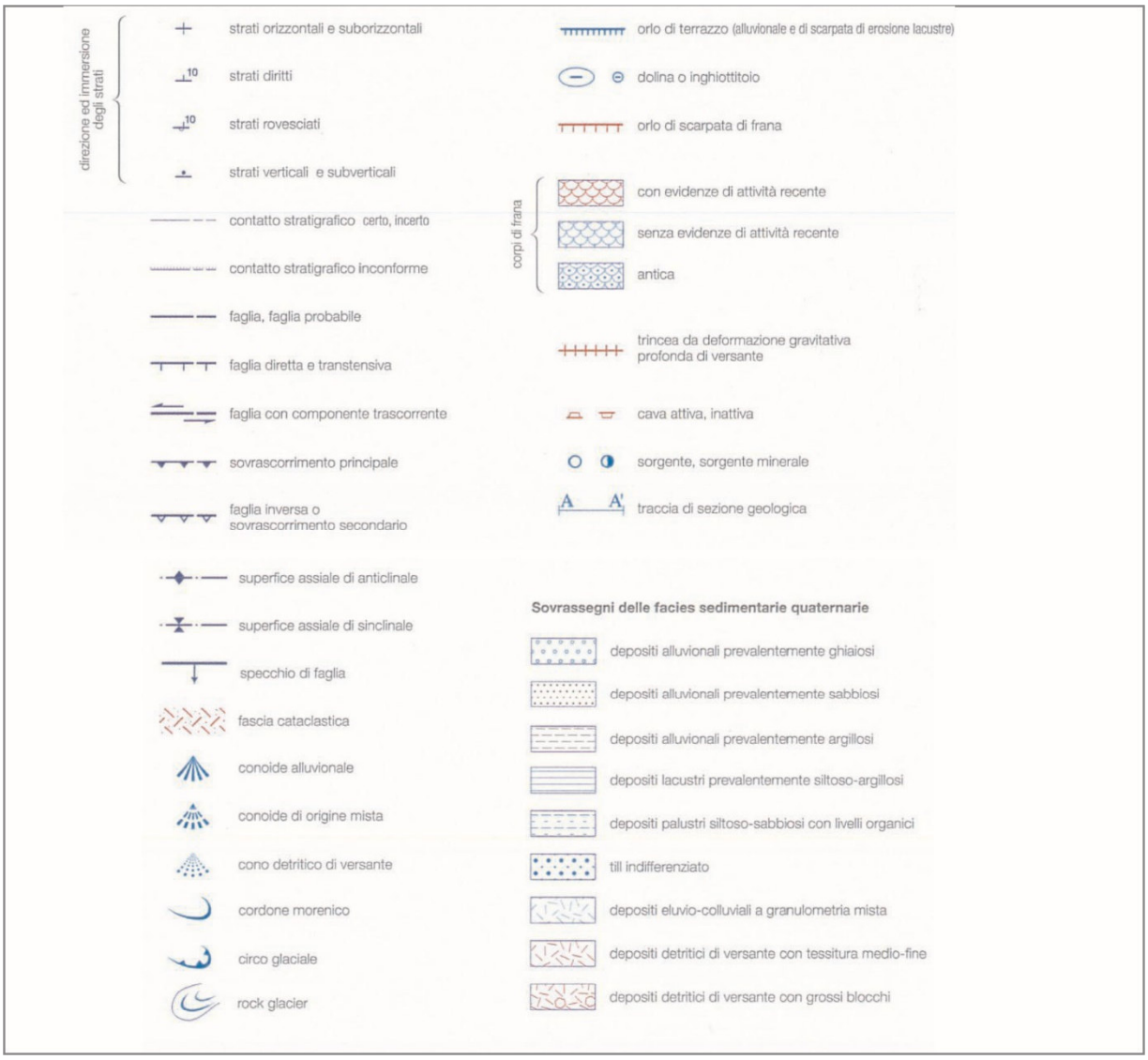


Figura 7 Carta geologica con relativa legenda estratta dal sito dell'ISPRA – progetto CARG

All'interno della conca del lago storico sono presenti sedimenti per la maggior parte di origine lacustre di varia litologia e facies; dai limi argillosi tipici delle parti più profonde del lago, alle facies sabbiose e ghiaiose, tipiche delle spiagge e dei cordoni litorali. Non sono altresì da trascurare la presenza di depositi fluivo-deltizi e colluviali, che ricoprono formazioni terrigene mioceniche a loro volta impostate su di un substrato calcareo meso-cenozoico.
La serie continentale è il risultato di un elevato numero di eventi sedimentari intervallati da fenomeni erosivi ed affiora principalmente ai margini settentrionali ed orientali della conca.
Sono stati individuati almeno sette eventi riconducibili ad un intervallo di tempo compreso tra il pliocene e il pleistocene superiore (Bosi et alii, 1995), ricoperti da depositi lacustri recenti, degli ultimi 30.000 anni (Girandi, 1998).
Infatti la depressione fucense ha ospitato fino alla metà del 1800 un grande lago, ultima testimonianza di una lunga evoluzione geologica cominciata nel pliocene, durante la quale si è realizzata una sedimentazione complicata da importanti vicende tettoniche e climatiche.
I sedimenti attribuiti al Pleistocene superiore, più antichi di 20-30.000 anni circa, sono generalmente rappresentati da limi argillosi e sabbie lacustri e da ghiaie sabbiose e sabbie con ghiaietto di origine deltizia o lacustre litorale, contenenti spesso intercalazioni di livelli piroclastici di caduta; la maggior parte dei prodotti vulcanici è costituita in prevalenza dalla frazione minerale rappresentata da pirosseni ed in subordine da biotite, plagioclasi e granati: potrebbe trattarsi di materiale di ricaduta legato all'attività vulcanica dei Colli Albani.
All'interno della conca del lago storico sono presenti per lo più sedimenti di origine lacustre di varia litologia e facies: dai limi argillosi tipici delle parti più profonde del lago, alle facies sabbioso-ghiaiose tipiche delle spiagge e dei cordoni litorali. Tuttavia non è da trascurare la presenza di depositi fluviali, deltizi e colluviali, che venivano sedimentati in alveo quando il livello lacustre era basso, e di suoli.

Ai margini del lago storico sono presenti sia sedimenti lacustri prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi, di facies litoranea, legati alle fasi in cui il lago raggiungeva i più alti livelli, sia depositi alluvionali e conoide formati dagli apporti fluviali e torrentizi.
La presenza di depositi lacustri plio-pleistocenci terrazzati lungo il margine settentrionale e nord-orientale della conca, a quota variabili da 800 a 1000 m, implica necessariamente un sollevamento di tali accumuli ed un ruolo principale della tettonica sulle variazioni di livello lacustre su grandi periodi.
Le varie forme terrazzate, poste a quote comprese tra 670 e 720 m. s.l.m., corrispondono a superfici di erosione e/o accumulo legate al succedersi delle variazioni relative al livello del lago nel corso delle ultime decine o centinaia di migliaia di anni (Giraudi, 1988).

5.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGRAFICI

La conca del Fucino, una delle maggiori depressioni intermontane dell'Italia centro meridionale, fa parte di un settore dell'Appennino centrale caratterizzato da una strutturazione recente, condizionata da attività di faglie aventi principalmente direzione appenninica e subordinatamente altre direzioni.
Le strutture in questione interessano sedimenti che partendo dalla serie carbonatica laziale –abruzzese, giungono alle formazioni terrigene del Miocene sino a coinvolgere i sedimenti di età più recente quali il Pliocene e il Quaternario.
La zona più depressa della conca, all'interno della strada circonfucense, coincide come già accennato, con il fondo del lago storico prosciugato nel secolo scorso. Questo lago era la testimonianza di una evoluzione geologica iniziata intorno al Pliocene ed ha rappresentato un'area in abbassamento, in contropendenza con quella in sollevamento dell'intero Appennino.
Nell'area sono presenti tre elementi morfologici distinti e rappresentati da:
- depressione del lago storico, essa è caratterizzata da una estesa pianura (circa 150 km^2), corrispondente con buona approssimazione al fondo del lago prima del suo prosciugamento;
- zona circondariale estremamente terrazzata e compresa tra le quote 670-720 metri; corrispondente ad eventi sedimentari ed erosivi verificatisi tra il Pleistocene e l'Olocene;
- zona circostante a morfologia complessa che costituisce i rilievi collinari limitrofi, rappresentata anche da superfici sub-orizzontali o debolmente inclinate.

I rilievi montuosi che circondano la piana del Fucino e che ne costituiscono il bacino di alimentazione, sono formati prevalentemente da rocce carbonatiche meso-cenozoiche di origine marina deformate nel corso di fasi geologiche successive (Servizio Geologico d'Italia, FF 145-146-151-152; Accordi 1986).
Il reticolo idrografico è rappresentato da alcuni corsi d'acqua naturali e da una serie di canali artificiali, primari e secondari, che costituiscono una fitta maglia a geometria pseudo-quadrangolare.
Consultando il database dell'ISPRA, presso il Portale del Servizio Geologico Nazionale, si rileva l'assenza di frane (layer del progetto IFFI), di sprofondamenti (layer Sinkholes), mentre si rileva la presenza di faglie capaci (layer progetto ITHACA) come illustrato in figura 8.

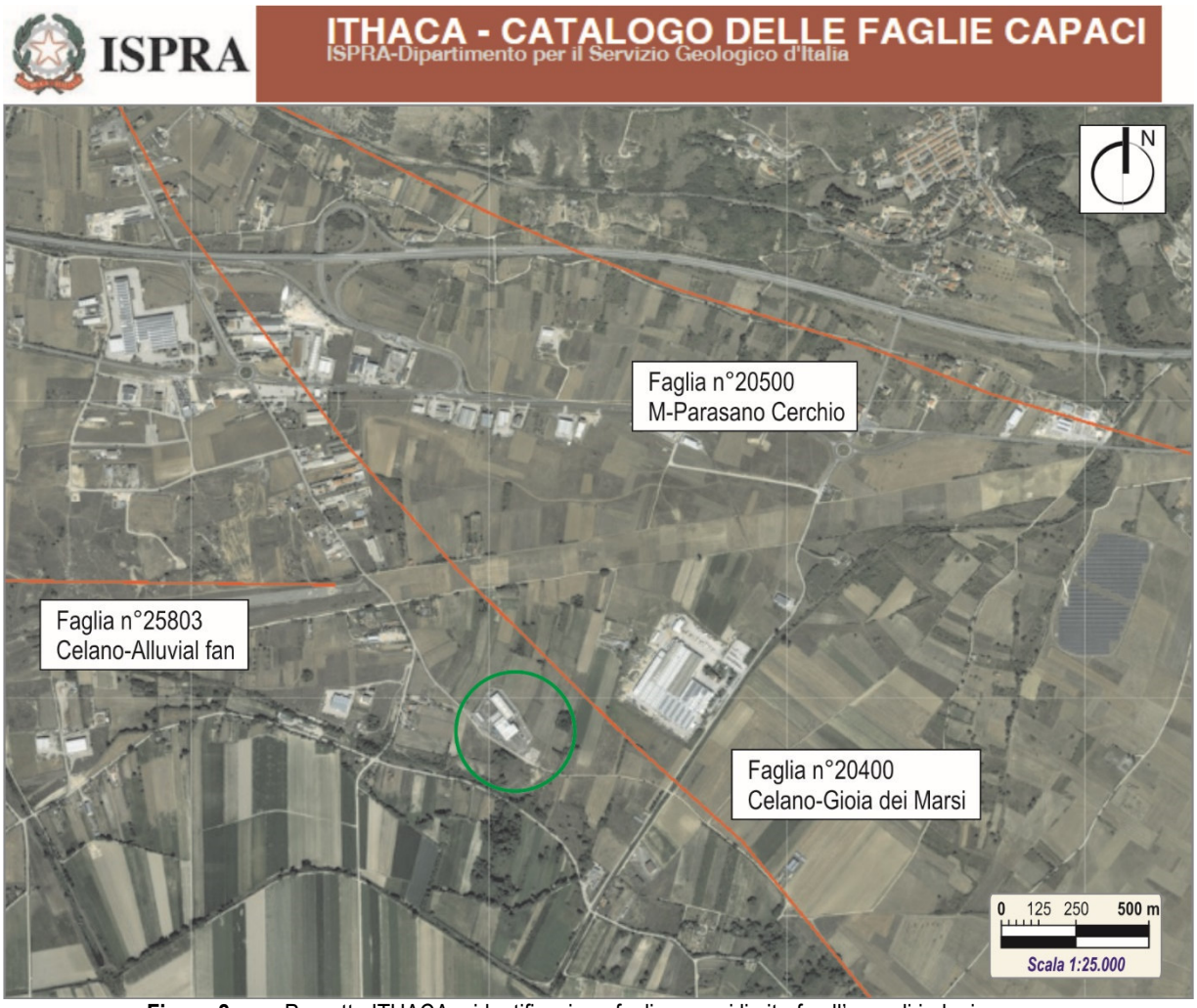


Figura 8 Progetto ITHACA – identificazione faglie capaci limitrofe all'area di indagine

Tali faglie con tipologia cinematica normale costituiscono la zona di distensione della catena (fig.9) con immersione verso S- SW e ultima attività segnalata tra i 3000-9000 anni fa (Olocene).

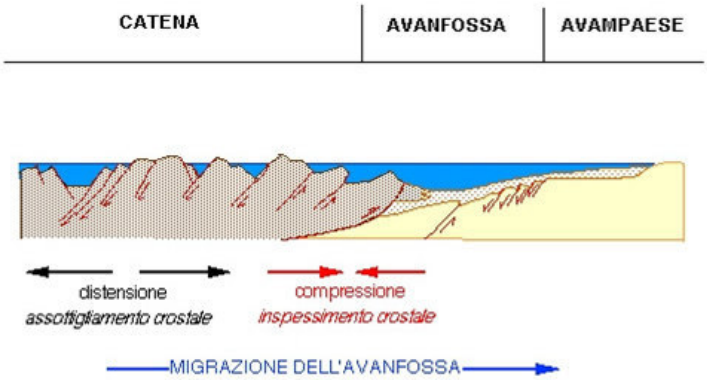


Figura 9 Schema di migrazione dell'avanfossa

A livello locale il sito di indagine è inserito in un'area sub-pianeggiante, posta a quota circa 675 m s.l.m., poco antropizzata, bordata ad est ed a sud dal corso del rio Aielli.
Il sito è costituito in prevalenza da terreni lacustri argilloso-limosi e sabbiosi, passanti talvolta verso il basso a ghiaie e sabbie; queste ultime bordano tutt'intorno la ben nota Conca del Fucino.
Sui terreni in oggetto e nel loro intorno non sono stati segnalati dissesti gravitativi di alcun genere né si è in presenza di aree soggette ad esondazione. In riferimento a quanto definito in precedenza l'area è inserita in pericolosità geomorfologica bassa.

5.3 CARATTERI IDROGEOLOGICI

L'assetto idrogeologico sotterraneo di un'area è direttamente legato alla natura e costituzione stratigrafica del sottosuolo, alle caratteristiche idrodinamiche dei terreni presenti e alle condizioni climatiche locali.
Preso atto che nella nostra regione il rapporto fra le precipitazioni medie annue e l'evapo-traspirazione media annua garantisce sempre un'apprezzabile quota idrica disponibile per il ruscellamento superficiale e l'infiltrazione nel sottosuolo, la presenza di falde idriche sotterranee è possibile solo laddove rocce e terreni presentano una permeabilità ed una capacità d'immagazzinamento apprezzabile.
La ricerca sulla situazione idrogeologica della piana del Fucino, dedotta da recenti studi effettuati dall'A.R.S.S.A. e dalle Università di Roma e dell'Aquila, hanno consentito di stabilire, l'area in cui è inserito il sito di indagine è presente un **acquifero multistrato** caratterizzato da più falde con caratteristiche idrauliche, chimico-fisiche e di portata, ben differenti.
La situazione idrogeologica della piana del Fucino può essere sintetizzata come segue:

- la piana è un'ampia depressione di origine tettonica, colmata da sedimenti a differente granulometria e genesi;
- questa risulta circondata da massicci carbonatici, sede di acquiferi di notevoli dimensioni di interesse regionale;
- le falde idriche presenti all'interno dei sedimenti detrico-alluvionali e lacustri sono alimentate principalmente dagli ammassi rocciosi carbonatici circostanti, che determinano all'interno della piana un deflusso idrico sotterraneo centripeto verso la piana stessa, generando una specie di travaso dagli acquiferi carbonatici verso acquiferi detritico alluvionali della piana, anche a differenti profondità.

In corrispondenza del contatto tra gli acquiferi detritico-alluvionali, posti principalmente ai piedi dei rilievi carbonatici, ed i depositi limo-argillosi (limite di permeabilità) si ha l'emergenza delle acque sotterranee contenute negli acquiferi alluvionali recenti (falde più superficiali).
La situazione sopra descritta, nel caso specifico è avvalorata dalla presenza dei gruppi sorgivi delle Paludi di Celano, all'altezza della strada Circonfucense e quello di Aielli, ubicato a valle della strada Circonfucense.
Quanto detto in precedenza si osserva dall'estratto di Carta Idrogeologica della Regione Abruzzo in merito al Piano di Tutela delle Acque (scala 1:250.000).
L'area in oggetto è inserita all'interno dei corpi idrici sotterranei principali presenti in successioni fluvio-lacustri (in cui prevalgono le litofacies "gla", ghiaie, limi e argille), la cui alimentazione è determinata dalla presenza dei complessi carbonatici circostanti.
Nel sito in esame le linee di deflusso sono in direzione N-NW verso S-SE.
La capacità ricettiva dell'acquifero fluvio-lacustre è complessivamente buona, sia nei confronti dell'alimentazione diretta (fenomeno, molto facilitato dalla morfologia piatta degli affioramenti), sia nei confronti di quella indiretta proveniente dagli acquiferi adiacenti (solo nel caso in cui affiorano termini relativamente più permeabili).
A causa della sostanziale caoticità che caratterizza la giacitura dei vari litotipi (con lenti più o meno estese e tra loro interdigitate a depositi con differente grado di permeabilità), la circolazione idrica sotterranea è preferenzialmente basale e si esplica secondo "falde sovrapposte".

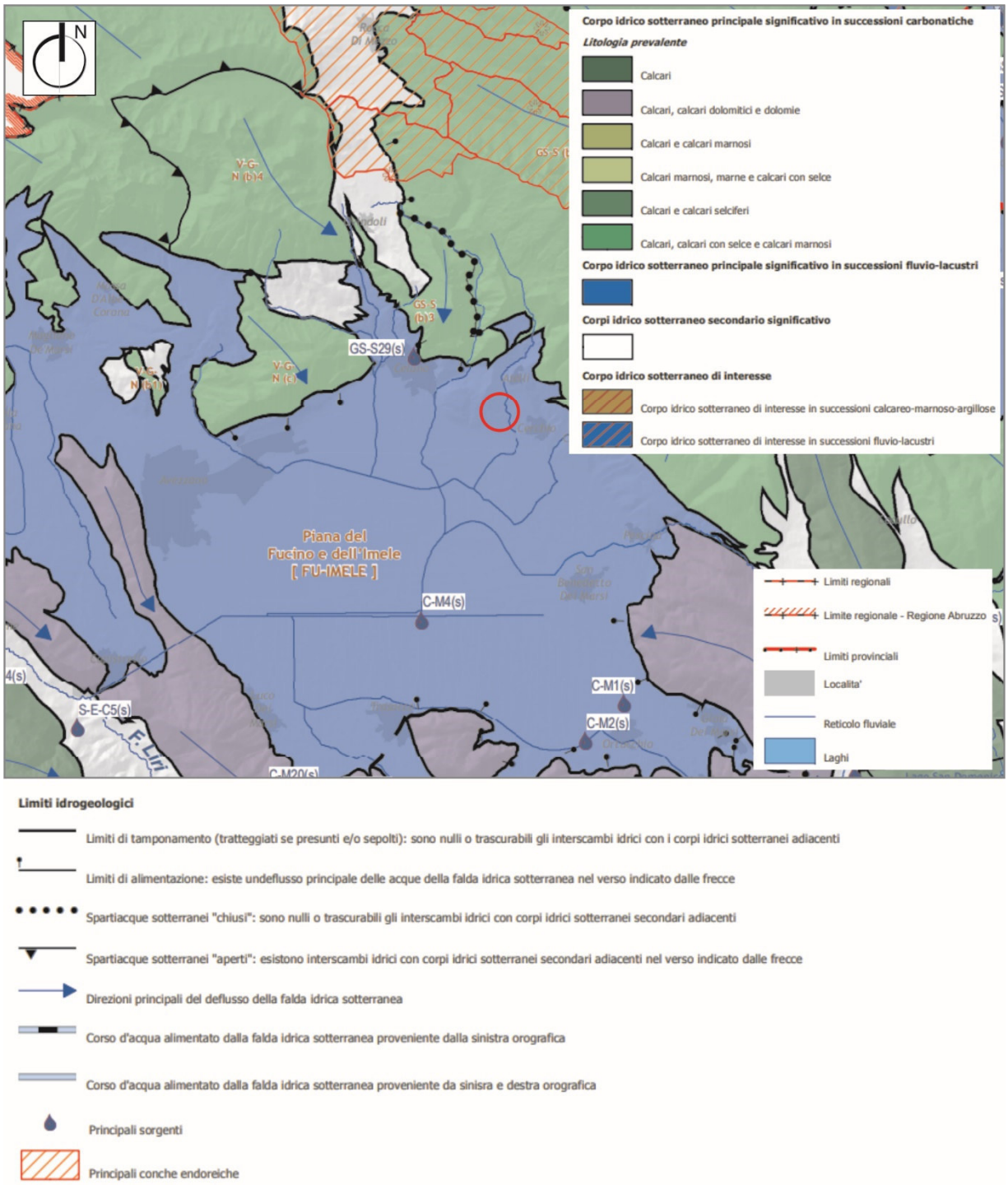


Figura 10 Estratto di Carta Idrogeologica della Regione Abruzzo

A livello locale all'interno e all'esterno dell'impianto di ACIAM sono presenti pozzi e piezometri costruiti negli anni al fine di approfondire gli aspetti idrogeologici dell'area e determinare con certezza la profondità e orientazione della falda. Come si osserva dalla figura seguente riguardo gli studi ad opera del Dott. Geol. Giuseppe Manuel, sono presenti all'interno dell'area n°2 pozzi (denominati P1-P3) e n°1 piezometri (denominati P2A profondo 6 m).
Dalle misurazioni eseguite è emersa su tali verticali la presenza dei seguenti livelli:
P1 = 5.0 mt da p.c. P3 = 6.0 mt da p.c. P2A = 5.0 mt da p.c.

Per confermare le indicazioni bibliografiche in merito alla direzione della falda superficiale, sono presenti due pozzi (denominati P4-P5 profondi 7.0 mt) ubicati a monte dell'impianto, indicanti una profondità della falda correlabile a quella precedentemente indicata in merito ai pozzi/piezometri interni all'impianto.

Come si osserva la ricostruzione delle iso-piezometriche ad opera del Geol. Giuseppe Manuel (fig.12) mostra il movimento della falda superficiale (Falda A) da NO a SE.

Figura 11 Estratto di Planimetria catastale con ubicazione di pozzi e piezometri interni ed esterni all'impianto ACIAM S.p.A. (Immagine estratta direttamente dalla Relazione geologica e idrogeologica preliminare inerente l'ampliamento del polo impiantistico ACIAM).

Andamento falda A

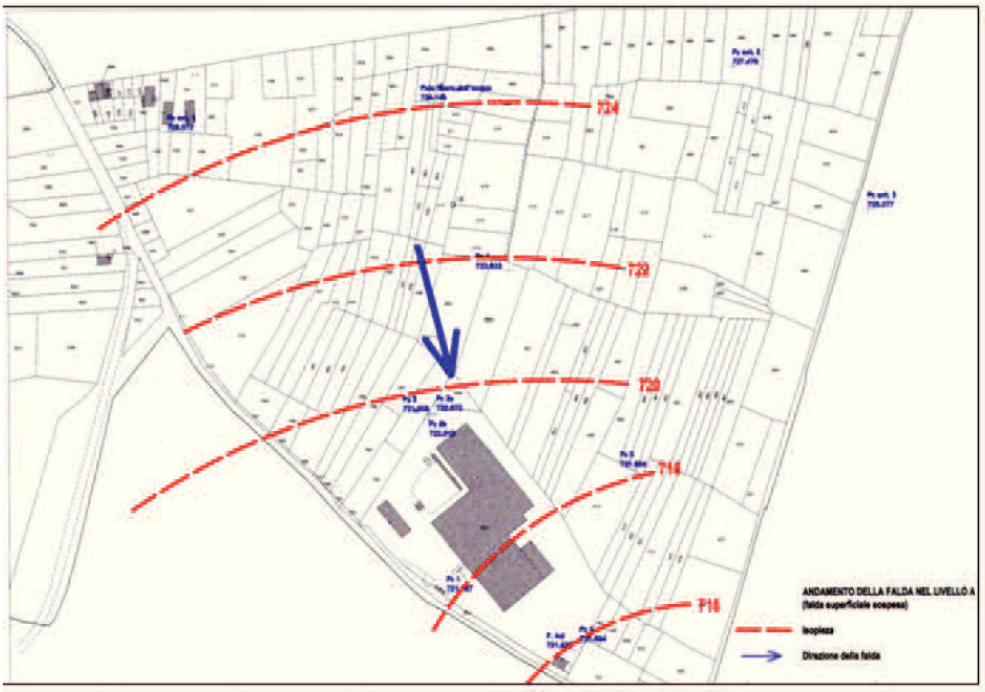


Figura 12 Estratto di Planimetria catastale con indicazione della direzione del flusso delle acque della falda superficiale (Immagine estratta direttamente dalla Relazione geologica e idrogeologica preliminare inerente

l'ampliamento del polo impiantistico ACIAM – nella relazione la falda superficiale è definita falda A per distinguerla dalla falda B profonda circa 40 m alimentata dalle rocce carbonatiche profonde che per la loro mole di afflusso determinano una notevole risalita, in condizioni statiche sino a circa 15.0 m da p.c.)

6.PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE ESEGUITE IN SITO

Il piano d'indagine geognostiche ad opera della Aureli Soil Srl ha previsto:

- n°(1) prova penetrometrica dinamica pesante spinta fino ad avanzamento verificato (denominata DPSH1);
- n°(7) prove penetrometriche statiche spinte fino ad avanzamento verificato (denominate CPT1-7);
- n°(1) sondaggio a carotaggio continuo profondo 20 metri, con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di n° 1 campione indisturbato (denominato C3);
- n°(1) sondaggio a carotaggio continuo profondo 30 metri, con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di n° 2 campioni indisturbati (denominato C1);
- n°(1) sondaggio a carotaggio continuo profondo 30 metri, con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di n° 2 campioni indisturbati e n°1 campione disturbato. Predisposizione della verticale per svolgimento indagine sismica Down Hole (denominato C2-DH);.

La prova penetrometrica dinamica DPSH1 è stata approfondita da -2.2 da p.c. con la prova penetrometrica statica CPT1. L'inizio della prova come dinamica è dovuta alla presenza di riporto grossolano in superficie.

Il piano d'indagine sismiche ad opera della Aureli Soil Srl ha previsto:

n°(2) prospezioni sismiche in onde P-Sh della lunghezza di 120 m (denominate RF1-RF2);
n°(1) prospezioni sismica in foro Down Hole eseguita nel foro del sondaggio C2 (denominata C2_DH);

In fig. 13 è riportata la planimetria del sito su immagine satellitare con ubicate le indagini geognostiche e sismiche, descritte nei paragrafi successivi.

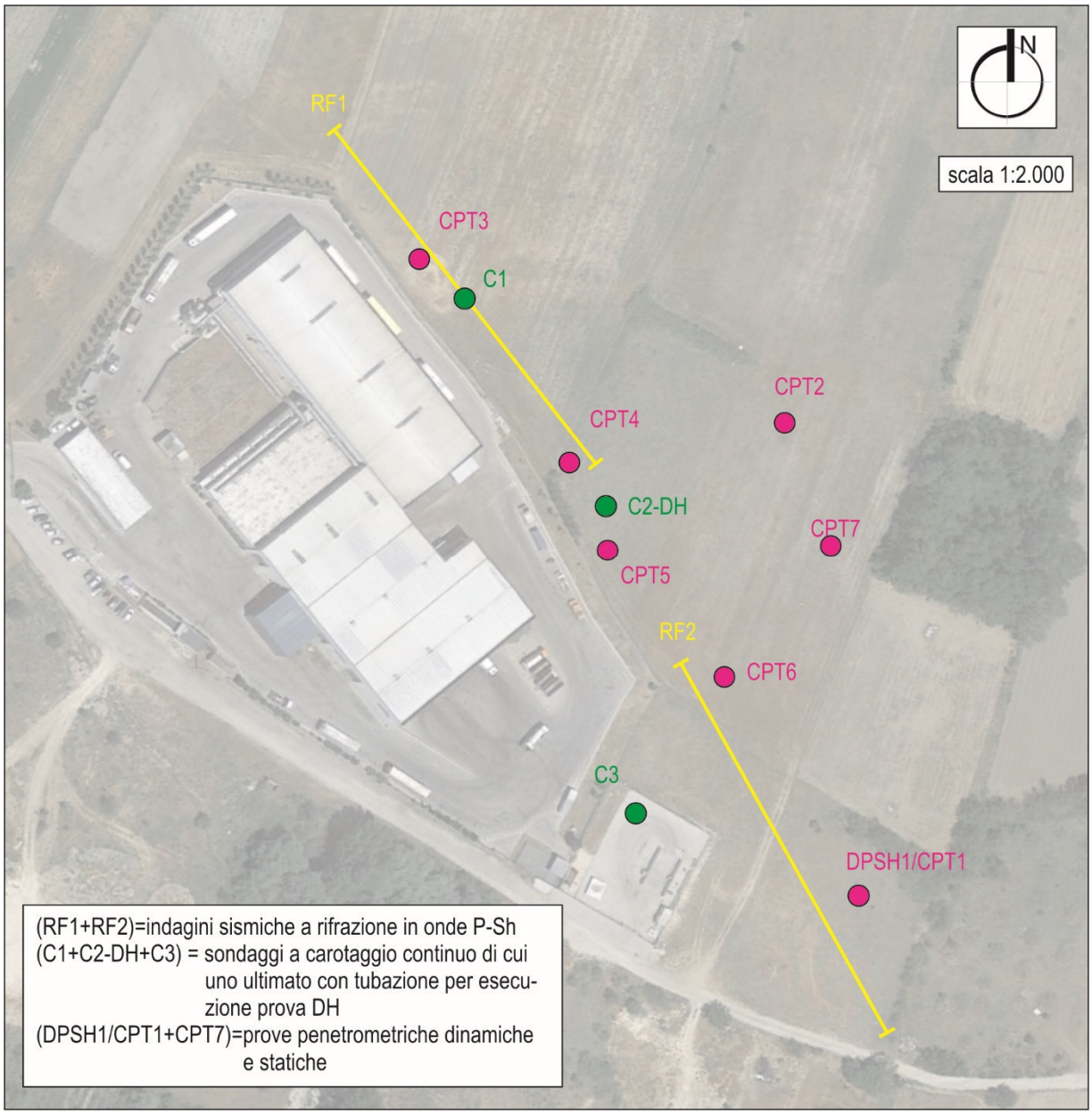


Figura 13 Ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche su immagine satellitare (fonte Google Earth)

Di seguito verranno forniti degli accenni sui metodi di indagine utilizzati e una tabella con indicazione della strumentazione impiegata, rimandando al rapporto tecnico in allegato a cura della Aureli Soil Srl. per una definizione più dettagliata.

Indagini geognostiche	**Tipologia strumento**	**Strumentazione**
Sondaggio C1-C2-DH-C3	Perforatrice a rotazione carro cingolata	CK 600 SL
Prova penetrometrica dinamica DPSH1	Sonda carro cingolata	Pagani TG63 (200KN)
Prova penetrometrica statica CPT1-7	Sonda carro cingolata	
Indagini sismiche	**Tipologia**	**Strumentazione**
Prospezione sismica P-Sh (RF1-RF2)	Indagine lineare	AMBROGEO - ECHO 24/2010 SEISMIC UNIT
Prospezione sismica P-Sh (C2-DH)	Indagine in foro	

Tabella 1 Strumentazione utilizzata dalla ditta Aureli Soil Srl

6.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI DPSH

La prova penetrometrica dinamica è sicuramente una delle più antiche indagini geotecniche in sito, questa però, grazie alla costante evoluzione delle attrezzature, è tuttora una delle metodologie d'indagine più diffusamente impiegata per la

caratterizzazione dei terreni granulari; in dettaglio, la prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica, posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di altre aste.
L'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di dato peso. La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi N_{30} per la data penetrazione.
La prova si svolge infiggendo il sistema aste-punta 30 cm, registrando contemporaneamente il numero di colpi necessari per realizzare tale avanzamento (il numero corrispondente è denominato N_{30}).
Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un penetrometro che, nel rispetto degli standard di settore, impiega: punta conica del diametro di 50,5 mm ed angolo di apertura di 60° per una sezione complessiva di 20 cm^2; aste da 32 mm di diametro esterno di lunghezza 900 mm, aventi peso 6,20 Kg/m; maglio di battuta del peso di 63,5 Kg; l'altezza di caduta del maglio di 75 cm.
L'attrezzatura è dotata di dispositivo per lo sgancio automatico del maglio e di un centratore che agisce da guida per il mantenimento della verticalità della colonna di aste.

6.2 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Le prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) rappresentano uno dei più diffusi ed efficaci metodi d'indagine geotecnica in sito (laddove affiorano terreni coesivi), infatti, utilizzate sin dagli anni trenta del secolo scorso, sono oggigiorno ancora ampiamente impiegate data la loro economicità e rapidità d'esecuzione.
Questo tipo di prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno, con una velocità compresa fra 15 e 25 mm/sec., una punta conica metallica (di dimensioni standard in base alle norme ASTM D 3441) posta all'estremità di un'asta di acciaio, prolungabile con l'aggiunta di altre aste. L'infissione avviene tramite un sistema idraulico di spinta previo ancoraggio al suolo della sonda penetrometrica, che avviene mediante delle coclee lunghe 2 m.
L'esecuzione della prova consiste nel fare avanzare a intervalli regolari di 20 cm l'intera batteria d'aste. Per i primi 4 cm di avanzamento si registra la resistenza alla punta Rp, per i successivi 4 cm quella della punta Rp più quella laterale Rl e cioè la resistenza totale Rt → (Rl = Rt-Rp); negli ultimi 12 cm non si eseguono letture.
La misura dello sforzo necessario alla penetrazione avviene mediante una cella di carico oleodinamica, interposta fra i martinetti idraulici di spinta e la batteria di aste, collegata ad una centralina elettronica di misura ad elevata precisione di lettura. I dati registrati sono raccolti in una tabella ed illustrati su un grafico in funzione della profondità (vedere rapporti allegati nella relazione).

6.3 SONDAGGI E PROVE SPT

I tre sondaggi sono stati eseguiti con supervisione di geologo incaricato; le perforazioni sono state svolte a carotaggio continuo, permettendo la ricostruzione stratigrafica puntuale dei terreni attraversati.
Nel corso di ogni perforazione sono state eseguite più prove penetrometriche dinamiche di tipo SPT per la caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati.

In generale, la prova SPT (Standard Penetration Test) consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta infissa nel terreno mediante percussione su un'apposita testa di battuta, da parte di un maglio del peso di 73 kg, lasciato cadere da un'altezza di 76 cm.
Nel corso delle prove è misurato il numero di colpi di maglio necessari a far avanzare la punta per tre tratti, ciascuno della lunghezza di 15 cm. Il numero di colpi corrispondente all'avanzamento dei primi 15 cm non é computato, in quanto il terreno è potenzialmente disturbato dalle operazioni di carotaggio, mentre si considera la somma dei valori relativi ai due avanzamenti successivi (Nspt) al fine di ricavare parametri relativi all'addensamento dei terreni ed alla deformabilità.

I risultati sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Prof. inizio prova (-m da p.c.)	N° colpi	Nspt	Litologia	Tipologia
C1	14.55	19/17/18	**35**	Argille limose	Coesivo
	17.55	13/15/17	**32**	Argille limose	Coesivo
	24.0	33/50/50	**100**	Sabbie fini e limi	Incoerente
	27.0	44/50/50	**100**	Sabbie medio-grossolane	Incoerente
C2	14.5	12/18/21	**39**	Limi e sabbie fini	Coesivo
	19.0	10/14/18	**32**	Argille	Coesivo
	24.0	43/50/50	**100**	Ghiaie medio-grossolane	Incoerente
	27	39/50/50	**100**	Ghiaie con sabbie	Incoerente
C3	13.5	10/14/50	**64**	Ghiaie medie	Incoerente
	19.0	12/15/19	**34**	Argille limose	Coesivo

Tabella 2 Risultati prove SPT in foro

6.4 CAMPIONI GEOTECNICI

Durante la perforazione dei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati (qualità Q5) tramite infissione di fustella Shelby; le profondità di campionamento sono:

- **C1/CI1** da -8.50 m a -9.00 m
- **C1/CI2** da -18.0 a -18.50 m
- **C2-DH/CI1** da -7.50 a -8.0 m
- **C2-DH/CI2** da -19.50 a -20.0 m
- **C3/CI1** da -6.0 a -6.50 m

Per la verticale C2 è stato prelevato un campione da cassetta (qualità Q2 – disturbato) denominato C2-DH/CR1 tra -7.15 e 7.30 m.

6.5 PROSPEZIONE SISMICA IN ONDE P-SH

Come e noto, le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo e per ogni variazione fisica all'interno dello stesso. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o di compressione e dilatazione), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde Sh o di taglio), per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.
La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc) e nel misurare il tempo di impiego da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (geofoni) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (legge di Snell), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. La velocità delle onde compressionali , diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.
Questo comporta che litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fratturata e materiale detritico saturo con velocità Vp dell'ordine di 1400/1700 m/s), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica

6.6 PROSPEZIONE SISMICA IN FORO DOWN HOLE

La prova sismica in foro Down Hole (DH) consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici generati in superficie in prossimità della testa del foro tramite l'impiego di un geofono triassiale ancorato a profondità via via crescenti. Tale geofono registra gli spostamenti (tradotti sotto forma di impulsi elettrici) lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z).
Prima dell'esecuzione della prova, il foro deve essere adeguatamente rivestito con apposita tubazione in PVC o ABS con spessore >3.0 mm. da assemblare mediante filettatura M/F oppure mediante manicotto di giunzione incollanti. Tale rivestimento dovrà essere cementato al terreno incassante mediante opportuna miscela cementizia.
Le onde sismiche possono essere generate energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente al suolo); nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z), mentre nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde S) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y). L'arrivo è registrato dai ngeofoni, alle diverse profondità in cui sono posizionati. I geofoni vengono bloccati nelo foro mediante sistemi ad aria compressa o idraulici.
La velocità delle onde P-Sh, ovvero il rapporto tra il tempo di arrivo delle onde al geofono e la distanza "d" che separa la sorgente dal ricevitore, si rileva mediante il picking del primo arrivo.
Per correggere il tempo di arrivo dell'effetto dovuto dall'eccentricità della sorgente rispetto al bocca-pozzo si può applicare con buona approssimazione e per certi valori di profondità la seguente formula:

$$T_{corr} = (z/r)*t_{oss}$$

dove *z* è la profondità del geofono nel foro; *r* è la distanza geofono-sorgente e t_{oss} è il tempo letto sui sismogrammi.
A differenza della metodologia classica della sismica a rifrazione è possibile individuare anche degli strati lenti; non bisogna assumere, per questa metodologia di prospezione, che la velocità aumenti con la profondità.

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

Di seguito sono state svolte le elaborazioni delle indagini geognostiche, per la parametrizzazione dei terreni presenti all'interno del volume significativo delle opere da realizzare.

7.1 RISULTATI PROVE DPSH

La prova penetrometrica DPSH1 ha raggiunto la profondità di 2.20 m e successivamente è stata approfondita tramite indagine CPT1. La presenza di materiale di riporto grossolano in superficie fa sì che i primi metri siano stati caratterizzati tramite indagine dinamica.

I dati ottenuti durante l'esecuzione delle indagini penetrometriche dinamiche sono stati elaborati con apposito programma di calcolo automatico (Dynamic Probing della Geostru Software – vers. 2017) che effettua la correlazione diretta N_{30} (numero di colpi del penetrometro) e N_{SPT} (numero di colpi della Standard Penetration Test) tramite un coefficiente β derivante dal rapporto tra l'energia specifica per colpo dello strumento utilizzato e quella riferita alla prova SPT.

Il passaggio è dato dalla formula:

$$N_{SPT} = \beta N$$

dove:

$$\beta = Q/Q_{SPT}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica è legata alle caratteristiche geometriche della strumentazione; per il penetrometro DPSH è stato utilizzato un coefficiente β = 1,47.

Tale passaggio è fondamentale per applicare successivamente correlazioni codificate e messe a punto da numerosi Autori per la prova SPT standard e stimare, tenendo conto della natura litologica del terreno oggetto della prova, le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo.

Nel dettaglio sono state applicate le seguenti correlazioni:

Terreni coesivi

- **cu** = coesione non drenata (Shioi – Fukui 1982)
- **Ed** = modulo edometrico-confinato (Stroud e Butler, 1975)
- **γ, γ_{sat}** = peso di volume naturale e peso di volume saturo (Meyerhof)

Nella tabella successiva sono riportati i parametri geotecnici medi riferiti alla singola verticale di prova.

Profondità (m dal p.c.)		***Tipologia***		***Parametri geotecnici***								
			NSpt	**cu**	**Dr**	**φ**	**G0**	**G**	**Eo**	**Ed**	**γ**	**γ_{saturo}**
da	a	-	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
0,00	0,80	Coesivo	19,00	0,96						87,7	2,10	2,31
0,80	2,20	Coesivo	5,00	0,25						23,1	1,76	1,88

Tabella 3 Stima dei parametri geotecnici medi prova DPSH1 per ogni strato individuato

7.2 RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

I risultati delle prove penetrometriche statiche svolte sono stati elaborati con il software Static Probing della Geostru Software (vers.2017).

L'elaborazione dei dati registrati nel corso delle prove CPT consente, grazie a numerose correlazioni sviluppate da esperienze sperimentali condotte da ricercatori di tutto il mondo, la determinazione:

- della natura granulometrica dei terreni attraversati, attraverso il valore di Rp e il rapporto Rp/Rl (Begemann, 1965);
- dei principali parametri geotecnici, in condizioni non drenate, per i terreni argillosi, limosi e sabbiosi, in funzione della natura litologica e del valore di Rp.

I principali parametri geotecnici ottenibili dall'applicazione delle varie correlazioni empiriche sui risultati delle prove sono:

Terreni coesivi

cu = coesione non drenata (Rolf Larsson SGI, 1995);
E_d = modulo edometrico-confinato (Metodo generale del modulo edometrico);
γ = peso dell'unità di volume (Meyerhof);
γ_{sat} = peso di volume saturo (Meyerhof).

Terreni incoerenti
Dr = densità relative (Harman)
φ = angolo di resistenza al taglio (Herminier);
E_0 = modulo di Young ISOPT-1-1988 Per sabbie NC
E_d = modulo edometrico (Robertson & Campanella da Schmertmann);
G_0 = modulo di deformazione al taglio iniziale (Imai & Tomauchi);
γ = peso dell'unità di volume (Meyerhof);
γ_{saturo} **=** peso di volume saturo (Meyerhof).

Dal valore del modulo di deformazione al taglio iniziale G_0 per i depositi granulari è possibile stimare il modulo di deformazione al taglio **G** tramite la relazione

$$G = G_0/3.$$

Per i pesi di volume il programma di elaborazione Static Probing (vers.2017) per i depositi incoerenti da indagini CPT i seguenti parametri:

Rp/Rl > 60 → γ = 1.9 t/m3

Rp/Rl < 60 → γ = 1.8 t/m3

Rp/Rl > 60 → γ saturo = 2.1 t/m3

Rp/Rl < 60 → γ saturo = 2.2 t/m3

Profondità (m dal p.c.)		***Tipologia***	***Parametri geotecnici***								
			cu	**Dr**	**φ**	**G0**	**G**	**Eo**	**Ed**	**γ**	**γ_{saturo}**
da	a	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
0,00	2,20	Coesivo	DPSH1								
2,20	4,00	Coesivo	1,2						64,2	1,99	2,07
4,00	4,80	**Incoerente**		67,1	32,4	419,2	139,7	107,4	59,9	1,83	2,13
4,80	7,00	Coesivo	1,0						50,8	1,99	2,09
7,00	8,60	**Incoerente**		55,8	25,8	387,1	129,0	106,7	57,6	1,54	1,80

Tabella 4a – Stima dei parametri geotecnici medi prova CPT1 per ogni strato individuato

Profondità (m dal p.c.)		***Tipologia***	***Parametri geotecnici***								
			cu	**Dr**	**φ**	**G0**	**G**	**Eo**	**Ed**	**γ**	**γ_{saturo}**
da	a	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
0,00	1,00	Coesivo	0,6						46,2	1,92	1,98
1,00	2,10	**Incoerente**		67,5	29,9	269,4	89,8	53,0	58,2	1,82	2,12
2,10	5,40	Coesivo	1,2						59,9	2,01	2,10
5,40	10,00	Coesivo	0,9						48,7	1,96	2,05

Tabella 4b – Stima dei parametri geotecnici medi prova CPT2 per ogni strato individuato

Profondità (m dal p.c.)		Tipologia	Parametri geotecnici								
			cu	Dr	φ	G0	G	Eo	Ed	γ	γ_{saturo}
da	a	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
0,00	1,00	Coesivo	0,8						45,6	1,98	2,06
1,00	2,50	**Incoerente**		85,7	35,0	398,2	132,7	85,8	74,3	1,80	2,10
2,50	5,00	Coesivo	1,2						62,2	2,00	2,08
5,00	7,00	**Incoerente**		56,7	26,1	411,5	137,2	115,6	60,2	1,82	2,12
7,00	9,20	Coesivo	0,3						43,0	1,82	1,92
9,20	10,00	**Incoerente**		40,8	24,4	405,2	135,1	124,9	55,4	1,80	2,10

Tabella 4c – Stima dei parametri geotecnici medi prova CPT3 per ogni strato individuato

Profondità (m dal p.c.)		Tipologia	Parametri geotecnici								
			cu	Dr	φ	G0	G	Eo	Ed	γ	γ_{saturo}
da	a	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
0,00	1,80	Coesivo	0,7						48,5	1,92	2,01
1,80	2,40	**Incoerente**		79,1	32,3	383,0	127,7	85,2	69,4	1,83	2,13
2,40	5,40	Coesivo	1,0						51,9	2,01	2,09
5,40	7,40	**Incoerente**		45,1	24,6	340,0	113,3	92,8	49,9	1,80	2,10
7,40	10,00	Coesivo	0,4						45,7	1,83	1,92

Tabella 4d – Stima dei parametri geotecnici medi prova CPT4 per ogni strato individuato

Profondità (m dal p.c.)		Tipologia	Parametri geotecnici								
			cu	Dr	φ	G0	G	Eo	Ed	γ	γ_{saturo}
da	a	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
0,00	1,80	Coesivo	0,5						45,6	1,91	1,97
1,80	2,80	**Incoerente**		83,6	31,2	354,9	118,3	78,3	61,0	1,84	2,14
2,80	5,40	Coesivo	1,0						52,0	2,01	2,08
5,40	7,00	**Incoerente**		40,2	24,1	300,8	100,3	78,6	44,8	1,80	2,10
7,00	10,00	Coesivo	0,5						47,8	1,88	1,96

Tabella 4e – Stima dei parametri geotecnici medi prova CPT5 per ogni strato individuato

Profondità (m dal p.c.)		Tipologia	Parametri geotecnici								
			cu	Dr	φ	G0	G	Eo	Ed	γ	γ_{saturo}
da	a	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
0,00	5,60	Coesivo	1,1						52,2	2,01	2,10
5,60	6,80	**Incoerente**		46,8	23,7	278,8	92,9	72,0	41,2	1,85	2,15
6,80	8,00	Coesivo	1,3						64,3	2,05	2,10
8,00	10,00	Coesivo	0,6						47,8	1,91	1,99

Tabella 4f – Stima dei parametri geotecnici medi prova CPT6 per ogni strato individuato

Profondità (m dal p.c.)		Tipologia	Parametri geotecnici								
			cu	Dr	φ	G0	G	Eo	Ed	γ	γ_{saturo}
da	a	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
0,00	1,00	Coesivo	0,7						45,8	1,96	2,02
1,00	2,00	**Incoerente**		68,2	29,8	261,8	87,3	50,8	58,6	1,82	2,12
2,00	5,80	Coesivo	1,0						53,4	2,01	2,07
5,80	6,60	**Incoerente**		69,8	27,3	499,1	166,4	146,1	71,8	1,87	2,17
6,60	10,00	Coesivo	1,1						56,2	1,99	2,08

Tabella 4g – Stima dei parametri geotecnici medi prova CPT7 per ogni strato individuato

7.3 RISULTATI PROVE SPT

I dati ottenuti durante l'esecuzione delle indagini sono stati elaborati con apposito programma di calcolo automatico (Dynamic Probing della Geostru Software – vers. 2017) per stimare, tenendo conto della natura litologica del sedimento oggetto della prova, le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo.
I valori dei diversi parametri geotecnici sono calcolati attraverso correlazioni codificate e messe a punto da numerosi Autori; di seguito si specificano i parametri stimati e gli Autori delle formule applicate:

Terreni coesivi

- **cu** = coesione non drenata (Shioi – Fukui 1982)
- **Ed** = modulo edometrico-confinato (Stroud e Butler, 1975)
- **γ, γ_{sat}** = peso di volume naturale e peso di volume saturo (Meyerhof)

Terreni incoerenti

- **Dr** = densità relativa (Meyerhof)
- **φ** = angolo di attrito (Schmertmann, 1977)
- **Ed** = modulo edometrico (Begemann, 1974)
- **γ** = peso di volume peso di volume (Meyerhof e altri)
- **γ_{sat}** = peso di volume peso di volume saturo (Terzaghi-Peck, 1948-1967)

Profondità (m dal p.c.)		Tipologia	Parametri geotecnici						
			Nspt	cu	Dr	φ	Ed	γ	γ_{saturo}
da	a	-	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
14,55	15,00	Coesivo	35	1,75			160,6	2,28	2,50
17,55	18,00	Coesivo	32	1,6			146,8	2,20	2,44
24,00	24,45	**Incoerente**	100		90	40,6	232,9	1,95	2,21
27,00	27,45	**Incoerente**	100		84	39,7	232,9	1,95	2,21

Tabella 5a – Stima dei parametri geotecnici medi prove SPT sondaggio C1

Profondità (m dal p.c.)		Tipologia	Parametri geotecnici						
			Nspt	cu	Dr	φ	Ed	γ	γ_{saturo}
da	a	-	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
14,50	14,95	Coesivo	39	1,95			178,9	2,47	2,50
19,00	19,45	Coesivo	32	1,6			146,8	2,20	2,44
24,00	24,45	**Incoerente**	100		87	40,2	232,9	1,95	2,21

Tabella 5b – Stima dei parametri geotecnici medi prove SPT sondaggio C2-DH

Profondità (m dal p.c.)		Tipologia	Parametri geotecnici						
			Nspt	cu	Dr	φ	Ed	γ	γ_{saturo}
da	a	-	-	Kg/cm^2	%	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
13,50	13,95	**Incoerente**	64		100,0	42,0	158,9	1,92	2,19
19,00	19,45	Coesivo	34	1,7			156,0	2,25	2,50

Tabella 5c – Stima dei parametri geotecnici medi prove SPT sondaggio C3

7.4 RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

In riferimento al par.fo 4.4 di seguito vengono evidenziati i risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante i carotaggi alle diverse profondità (a cura della Geoprove S.r.l.).

Campioni prelevati da sondaggio C1

C1CI1= prelevato ad una profondità dal p.c. compresa tra -8.50 e -9.00 m, è descritto come "Argilla con limo di colore grigio".

Ghiaia=0% - Sabbia=4.3% - Limo=26% - Argilla 69.7%

Le proprietà fisiche naturali sono:

Contenuto d'acqua allo stato naturale	*29.8 %*
Peso dell'unità di volume naturale	*18.9 kN/m^3 = 1.93 t/m^3*
Peso di volume secco	*14.6 kN/m^3 = 1.49 t/m^3*
Peso di volume saturo	*18.9 kN/m^3 = 1.93 t/m^3*
Indice dei vuoti	*0.717*
Porosità	*41.8 %*
Grado di saturazione	*100 %*
Peso specifico dei granuli	*25.1 kN/m^3*

La carta di plasticità di Casagrande indica che il campione ricade nel campo MH o OH secondo la classificazione U.S.C.S. che identifica il terreno come "*Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità*".

Secondo la classificazione basata sulla pre-consolidazione il provino presenta un OCR=0.64 (normal-consolidato).

Con la prova di taglio diretto CD sono stati misurati:
Angolo di attrito interno Φ' *22.9°*
Coesione c' *13.5 kPa = 0.14 Kg/cm²*

Infine, con la prova di compressione edometrica, per il campo di pressioni di nostro interesse, sono stati ottenuti i seguenti valori di modulo di compressibilità (E') e di coefficiente di compressibilità (m_v):

Pressione σ(kPa)	**Modulo di compressibilità E'** (kPa)	**Coefficiente di consolidazione C_v** (cm^2/sec)	**Coefficiente di permeabilità k** (cm/sec)
12.3	1634	0.001765	1.06E-07
24.5	2335	0.001014	4.26E-08
49	2884	0.001143	3.89E-08
98.1	4359	0.000692	1.56E-08
196.1	6649	0.000469	6.92E-09
392.3	11208	0.000293	2.56E-09
784.5	19491	0.000638	3.21E-09

Tabella 6a – Valori ricavati dalla prova edometrica su campione Q.5.

C1CI2= prelevato ad una profondità dal p.c. compresa tra -18.00 e -18.50 m, è descritto come "Argilla limosa di colore grigio scuro".
Ghiaia=0% - Sabbia=3.2% - Limo=24.1% - Argilla 72.7%
Le proprietà fisiche naturali sono:
Contenuto d'acqua allo stato naturale *30.8 %*
Peso dell'unità di volume naturale *17.3 kN/m³ = 1.76 t/m³*
Peso di volume secco *13.2 kN/m³ = 1.34 t/m³*
Peso di volume saturo *17.4 kN/m³ = 1.77 t/m³*
Indice dei vuoti *0.727*
Porosità *42.1 %*
Grado di saturazione *98.9%*
Peso specifico dei granuli *22.9 kN/m³*

La carta di plasticità di Casagrande indica che il campione ricade nel campo MI o OI secondo la classificazione U.S.C.S. che identifica il terreno come "*Limi inorganici o argille e limi organici ad media compressibilità*".

Secondo la classificazione basata sulla pre-consolidazione il provino presenta un OCR=0.31 (normal-consolidato)
Con la prova di taglio diretto CD sono stati misurati:
Angolo di attrito interno Φ' *19.2°*
Coesione c' *10.2 kPa = 0.10 Kg/cm²*

Infine, con la prova di compressione edometrica, per il campo di pressioni di nostro interesse, sono stati ottenuti i seguenti valori di modulo di compressibilità (E') e di coefficiente di compressibilità (m_v):

Pressione σ(kPa)	**Modulo di compressibilità E'** (kPa)	**Coefficiente di consolidazione C_v** (cm^2/sec)	**Coefficiente di permeabilità k** (cm/sec)
12.3	2711	0.001067	3.86E-08
24.5	2008	0.001369	6.69E-08
49	3213	0.001523	4.65E-08
98.1	5277	0.001970	3.66E-08
196.1	8598	0.001216	1.39E-08
392.3	14288	0.001092	7.50E-09
784.5	25147	0.001184	4.62E-09

Tabella 6b – Valori ricavati dalla prova edometrica su campione Q.5.

Campioni prelevati da sondaggio C2

C2+DH CR1= prelevato ad una profondità dal p.c. compresa tra -7.15 e -7.30m, è descritto come "Argilla con limo sabbiosa di colore grigio-olivastro".

Ghiaia=0% - Sabbia=22.2% - Limo=30.1% - Argilla=47.7%

Le proprietà fisiche naturali sono:

Contenuto d'acqua allo stato naturale	*26.1 %*
Peso dell'unità di volume naturale	*18.3 kN/m³ = 1.86t/m³*
Peso di volume secco	*14.5 kN/m³ = 1.47 t/m³*
Peso di volume saturo	*18.4 kN/m³ = 1.87 t/m³*
Indice dei vuoti	*0.639*
Porosità	*39.0 %*
Grado di saturazione	*99.2%*
Peso specifico dei granuli	*23.8 kN/m³*

La carta di plasticità di Casagrande indica che il campione ricade nel campo MI o OI secondo la classificazione U.S.C.S. che identifica il terreno come "*Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità*".

C2+DH CI1= prelevato ad una profondità dal p.c. compresa tra -7.50 e -8.00 m, è descritto come "Argilla limosa e sabbiosa di colore marrone-grigiastro".

Ghiaia=0% - Sabbia=12.0% - Limo=18.8% - Argilla 69.2%

Le proprietà fisiche naturali sono:

Contenuto d'acqua allo stato naturale	*31.6 %*
Peso dell'unità di volume naturale	*18.3 kN/m³ = 1.86t/m³*
Peso di volume secco	*13.9 kN/m³ = 1.42 t/m³*
Peso di volume saturo	*18.4 kN/m³ = 1.87 t/m³*
Indice dei vuoti	*0.822*
Porosità	*45.1 %*
Grado di saturazione	*99.6%*
Peso specifico dei granuli	*25.4 kN/m³*

La carta di plasticità di Casagrande indica che il campione ricade nel campo MH o OH secondo la classificazione U.S.C.S. che identifica il terreno come "*Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità*".

Secondo la classificazione basata sulla pre-consolidazione il provino presenta un OCR=0.90 (normal-consolidato)

Con la prova di taglio diretto CD sono stati misurati:

Angolo di attrito interno Φ'	*24.1°*
Coesione c'	*15.1 kPa = 0.15 Kg/cm²*

Infine, con la prova di compressione edometrica, per il campo di pressioni di nostro interesse, sono stati ottenuti i seguenti valori di modulo di compressibilità (E') e di coefficiente di compressibilità (m_v):

Pressione σ(kPa)	**Modulo di compressibilità E'** (kPa)	**Coefficiente di consolidazione C_v** (cm²/sec)	**Coefficiente di permeabilità k** (cm/sec)
12.3	1886	0.001918	9.97E-08
24.5	2715	0.001490	5.38E-08
49	4706	0.001693	3.53E-08
98.1	6307	0.001359	2.11E-08
196.1	6683	0.001534	2.25E-08
392.3	11112	0.000912	8.05E-09
784.5	19937	0.000630	3.10E-09

Tabella 7a – Valori ricavati dalla prova edometrica su campione Q.5.

C2+DH CI2= prelevato ad una profondità dal p.c. compresa tra -19.50 e -20.00 m, è descritto come "Argilla con limo sabbiosa di colore grigio".

Ghiaia=0% - Sabbia=11.6% - Limo=31.5% - Argilla=56.9%

Le proprietà fisiche naturali sono:

Contenuto d'acqua allo stato naturale	*26.8 %*
Peso dell'unità di volume naturale	*18.1 kN/m³ = 1.84 t/m³*
Peso di volume secco	*14.3 kN/m³ = 1.45 t/m³*
Peso di volume saturo	*18.1 kN/m³ = 1.84 t/m³*
Indice dei vuoti	*0.643*
Porosità	*39.1 %*
Grado di saturazione	*100%*
Peso specifico dei granuli	*23.5 kN/m³*

Secondo la classificazione basata sulla pre-consolidazione il provino presenta un OCR=0.49 (normal-consolidato)

Con la prova di taglio diretto CD sono stati misurati:

Angolo di attrito interno Φ'	*23.0°*
Coesione c'	*12.3 kPa = 0.12 Kg/cm²*

Infine, con la prova di compressione edometrica, per il campo di pressioni di nostro interesse, sono stati ottenuti i seguenti valori di modulo di compressibilità (E') e di coefficiente di compressibilità (m_v):

Pressione σ(kPa)	**Modulo di compressibilità E'** (kPa)	**Coefficiente di consolidazione C_v** (cm²/sec)	**Coefficiente di permeabilità k** (cm/sec)
12.3	4067	0.001592	3.84E-08
24.5	4667	0.002049	4.31E-08
49	5632	0.001594	2.78E-08
98.1	8270	0.000943	1.12E-08
196.1	9825	0.001456	1.45E-08
392.3	13876	0.000464	3.28E-09
784.5	22725	0.000551	2.38E-09

Tabella 7b – Valori ricavati dalla prova edometrica su campione Q.5.

Campioni prelevati da sondaggio C3

C3CI1= prelevato ad una profondità dal p.c. compresa tra -6.00 e -6.50 m, è descritto come "Argilla limosa di colore giallo-olivastro".

Ghiaia=0% - Sabbia=1.1% - Limo=19.6% - Argilla=79.3%

Le proprietà fisiche naturali sono:

Contenuto d'acqua allo stato naturale	*37.4 %*
Peso dell'unità di volume naturale	*17.7 kN/m³ = 1.80 t/m³*
Peso di volume secco	*12.9 kN/m³= 1.31 t/m³*
Peso di volume saturo	*17.7 kN/m³ = 1.80 t/m³*
Indice dei vuoti	*0.969*
Porosità	*49.2 %*
Grado di saturazione	*99.9%*
Peso specifico dei granuli	*25.4 kN/m³*

La carta di plasticità di Casagrande indica che il campione ricade nel campo CI secondo la classificazione U.S.C.S. che identifica il terreno come "*Argille inorganiche a media compressibilità*".

Secondo la classificazione basata sulla pre-consolidazione il provino presenta un OCR=0.86 (normal-consolidato)

Con la prova di taglio diretto CD sono stati misurati:

Angolo di attrito interno Φ'	*18.4°*
Coesione c'	*32.5 kPa = 0.33 Kg/cm²*

Infine, con la prova di compressione edometrica, per il campo di pressioni di nostro interesse, sono stati ottenuti i seguenti valori di modulo di compressibilità (E') e di coefficiente di compressibilità (m_v):

Pressione **σ**(kPa)	**Modulo di compressibilità** **E'** (kPa)	**Coefficiente di consolidazione** **C_v** (cm^2/sec)	**Coefficiente di permeabilità** **k** (cm/sec)
12.3	4067	0.001122	2.71E-08
24.5	2450	0.001782	7.13E-08
49	2649	0.000831	3.08E-08
98.1	5444	0.001766	3.18E-08
196.1	8731	0.001634	1.84E-08
392.3	13494	0.000782	5.69E-09
784.5	25537	0.001213	4.66E-09

Tabella 8a – Valori ricavati dalla prova edometrica su campione Q.5.

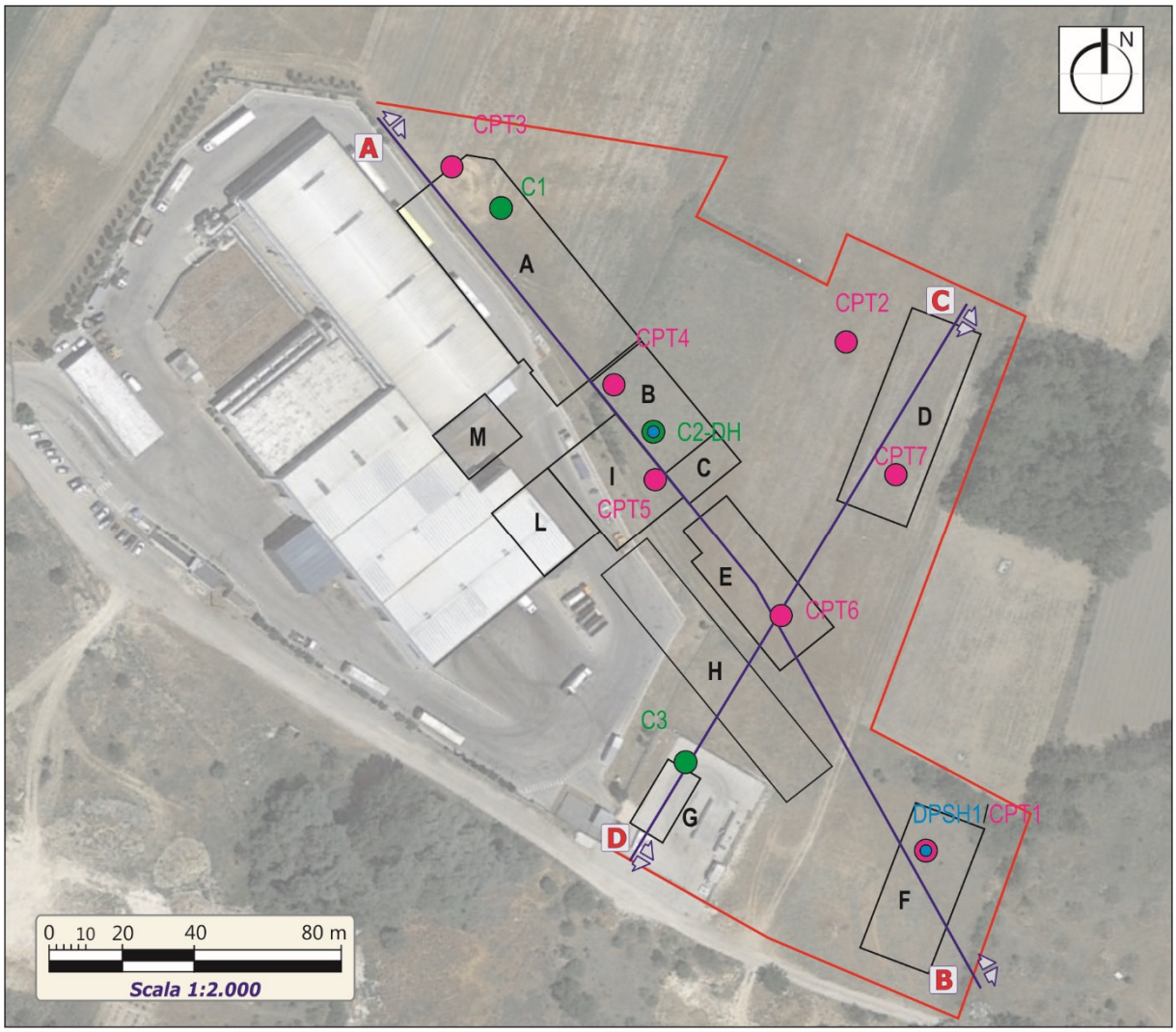
7.5 MODELLO GEOLITOLOGICO

All'interno della depressione del Fucino si sono accumulati potenti spessori di depositi continentali in facies fluvio-lacustre che ricoprono formazioni terrigene mioceniche a loro volta impostate su un substrato calcareo meso-cenozoico.
La serie continentale è il risultato di un elevato numero di eventi sedimentari intervallati da fenomeni erosivi, ed affiora principalmente ai margini settentrionali ed orientali della conca.
La stratigrafia locale ricostruita tramite la sintesi delle indagini geognostiche eseguite, riportata nei capitoli precedenti, è costituita:

a) **Depositi limoso-argillosi =** a diverso grado di consistenza
b) **Depositi sabbioso-ghiaiosi =** a diverso grado di addensamento

In base alle conoscenze geologiche ed alle caratteristiche litologiche descritte, i depositi attraversati possono essere associati a unità geologica **AVM** (Sintema di Valle Majelama – Pleistocene sup. – ved.re fig.7).

Tramite la ricostruzione stratigrafica del sito è stato possibile creare due modelli geolitologici passanti per l'impronta dei nuovi fabbricati (fig.14). In questi modelli è possibile apprezzare come lungo l'area di indagine ci siano delle variazioni non tanto litologiche ma di consistenza e addensamento dei depositi presenti (fig.15).



Estratto da Google Earth (07/07/2017), sovrapposto a indagini geognostiche e ingombri delle nuove strutture

LEGENDA planimetria

INDAGINI GEOGNOSTICHE

- Indagine penetrometrica dinamica DPSH approfondita tramite prova penetrometrica statica CPT (denominata DPSH1-CPT1)
- Indagine penetrometrica statica CPT (denominata CPT2-7)
- Sondaggio a carotaggio continuo (denominati C1-C3)
- Sondaggio a carotaggio continuo ultimato con tubazione per esecuzione indagine sismica in foro DH (denominati C2-DH)

SIMBOLI

A B — Traccia del modello geolitologico e geotecnico

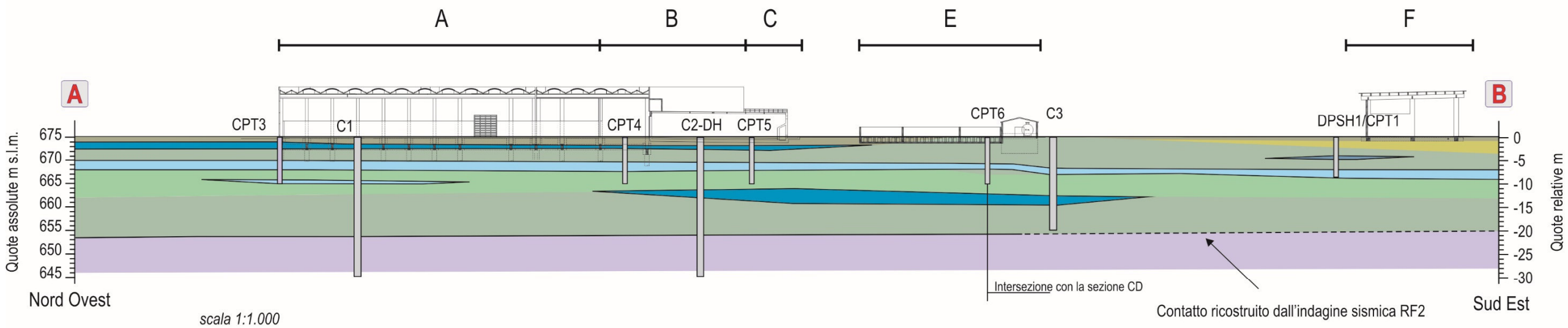
Limite ampliamento impianto

INTERVENTI IN PROGETTO

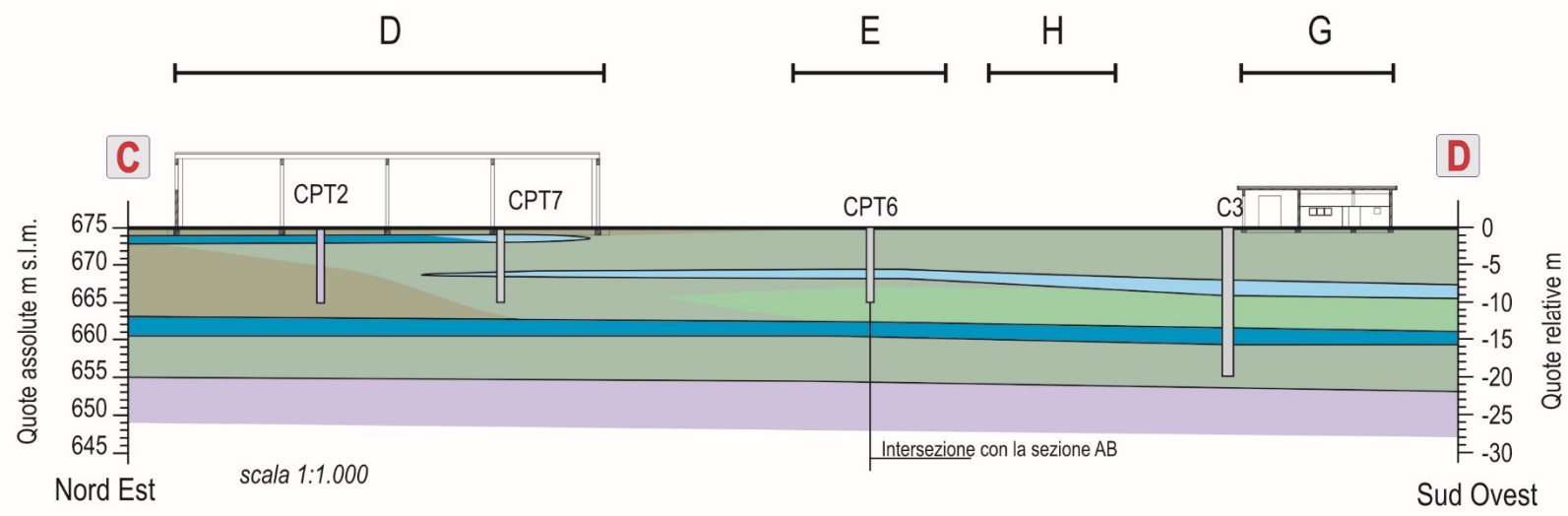
(A) AIA di maturazione della miscela compostabile
(B) Area di vagliatura compost
(C) Tettoia di scarico compost
(D) Tettoia di stoccaggio compost
(E) Biofiltri
(F) Tettoia stoccaggio verde
(G) Palazzina officina e servizi
(H) Digestore anaerobico/geberatore endotermico (appartenente secondo lotto e non compreso nel presente lavoro)
(I) Biocelle per fase act miscela compostabile
(L) Miscelazione rifiuti compostabili
(M) Altro

Figura 14 Planimetria di dettaglio con indicazione della traccia del modello geo-litologico e geotecnico

MODELLO GEOLITOLOGICO AB



MODELLO GEOLITOLOGICO CD



CLASSIFICAZIONE ORIENTATIVA DELLO STATO DI COMPATTEZZA DEI TERRENI INCOERENTI (AGI, 1977)

Ø (Angolo di attrito)	Terreni incoerenti - stato di addensamento
< 30°	Molto sciolto
30° - 35°	Sciolto
35° - 40°	Moderatamente addensato
40° - 45°	Denso
> 45°	Molto denso

Cu (Coesione non drenata)	Terreni coesivi - stato di consistenza
< 0.1 Kg/cm²	Molto soffice
0.1-0.25 Kg/cm²	Soffice
0.25-0.51 Kg/cm²	Plastico
0.51-1.02 Kg/cm²	Duro
1.02-2.04 Kg/cm²	Molto duro
> 2.04 Kg/cm²	Durissimo

LEGENDA modello geolitologico

UNITÀ GEOLOGICA

AVM
(Sintema di Valle Majelama)

UNITÀ GEOLITOLOGICA

Depositi coesivi
- Depositi limoso-argillosi **plastici**
- Depositi limoso-argillosi **duri**
- Depositi limoso-argillosi **molto duri**

Depositi incoerenti
- Depositi sabbioso-ghiaiosi **molto sciolto**
- Depositi sabbioso-ghiaiosi **sciolto**
- Depositi sabbioso-ghiaiosi **mod. addensato**
- Depositi sabbioso-ghiaiosi **densi**

INDAGINI GEOGNOSTICHE

- Sondaggi a carotaggio continuo
- Indagine penetrometrica statica CPT e dinamica DPSH

Figura 15 Modello geo-litologico

7.6 PARAMETRI CARATTERISTICI

Utilizzando i risultati delle prove geognostiche svolte nel sito d'interesse è possibile valutare i valori caratteristici dei parametri geotecnici con un approccio probabilistico, ai sensi delle NTC2018; nel presente lavoro tali elaborazioni sono state svolte con il software CVSoil della Geostru Software (vers. 2017).

Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica: le opere dovranno essere verificate per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni, e per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza. Ai valori caratteristici trovati si applicano dei coefficienti di sicurezza parziali in funzione dello stato limite considerato.

Anche in seguito alla revisione delle NTC si può fare riferimento alla Circolare CSL.PP. n.7 del 21.01.2019 secondo la quale *"appare giustificato il riferimento a valori prossimi a quelli medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidezza".*

Per l'impostazione dei calcoli statistici sono state fatte le seguenti considerazioni:

- il sottosuolo di fig. 15 è costituito da depositi coesivi a diverso grado di consistenza da plastici a molto duri impostate all'interno dei primi 10 m. caratterizzati tramite prove DPSH-CPT; per tale ragione è stata considerata un'unica unità geotecnica UG1.
- Tra circa 12 m a circa 22 m vi è la presenza di depositi coesivi con caratteristiche geotecniche migliori rispetto allo strato sovrastante; questi depositi sono stati caratterizzati tramite prove SPT in foro e costituiscono l'UG3.
- All'interno dell'UG1-UG3 sono stati ricostruiti dei livelli continui di materiale incoerente sabbioso con diverso grado di addensamento da molto sciolto a mod. addensanto; tali depositi costituiscono l'UG2.
- Al di sotto dell'UG3 sono presenti i depositi incoerenti sabbioso-ghiaiosi con stato di addensamento (denso); questi depositi sono stati caratterizzati tramite prove SPT in foro e costituiscono l'UG4.
- le popolazioni di dati di UG1 sono numerose (dati > 30) perciò è stata applicata la distribuzione log-normale per la coesione non drenata (come consigliato in letteratura) e la distribuzione normale per gli altri parametri;
- le popolazioni di dati di UG2-UG3-UG4 sono poco numerose (dati < 30) perciò è stata applicata la distribuzione di Student

Nelle due tabelle successive sono riassunti i risultati ottenuti per i valori caratteristici facendo riferimento ai parametri ricavati dalle prove eseguite più prossime al fabbricato considerato.

FABBRICATO A

Stima dei parametri caratteristici assoluti da prove CPT3-CPT4-sondaggi C1-C2-DH-C3 (SPT)

Unità Geotecnica	Valori caratteristici della popolazione - Piccolo volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,23		26,71	1,75	1,85
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		20,87	19,65	1,76	2,06
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,38		126,33	2,01	2,40
UG4 - Depositi incoerenti densi		38,55	232,87	1,95	2,21
Unità Geotecnica	Valori caratteristici della media dei valori - Grande volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,54		47,66	1,90	1,99
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		24,28	47,88	1,80	2,10
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,57		143,74	2,16	2,44
UG4 - Depositi incoerenti densi		39,24	232,87	2,16	2,44

Tabella 9a - Valori caratteristici Fabbricato A

FABBRICATO B-C

Stima dei parametri caratteristici assoluti da prove CPT4-CPT5- sondaggi C1-C2-DH-C3 (SPT)

Unità Geotecnica	Valori caratteristici della popolazione - Piccolo volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,30		33,99	1,78	1,86
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		21,05	14,39	1,80	2,10
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,38		126,33	2,01	2,40
UG4 - Depositi incoerenti densi		38,55	232,87	1,95	2,21
Unità Geotecnica	Valori caratteristici della media dei valori - Grande volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,60		47,33	1,91	1,99
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		23,59	38,72	1,80	2,10
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,57		143,74	2,16	2,44
UG4 - Depositi incoerenti densi		39,24	232,87	2,16	2,44

Tabella 9b - Valori caratteristici Fabbricato B-C

FABBRICATO D

Stima dei parametri caratteristici assoluti da prove CPT2-CPT7- sondaggi C1-C2-DH-C3 (SPT)

Unità Geotecnica	Valori caratteristici della popolazione - Piccolo volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,44		23,06	1,86	1,94
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		23,38	38,76	1,74	2,04
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,38		126,33	2,01	2,40
UG4 - Depositi incoerenti densi		38,55	232,87	1,95	2,21
Unità Geotecnica	Valori caratteristici della media dei valori - Grande volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	1,01		55,09	2,00	2,09
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		27,67	55,98	1,81	2,11
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,57		143,74	2,16	2,44
UG4 - Depositi incoerenti densi		39,24	232,87	2,16	2,44

Tabella 9c - Valori caratteristici Fabbricato D

FABBRICATO E

Stima dei parametri caratteristici assoluti da prove CPT6 - sondaggi C1-C2-DH-C3 (SPT)

Unità Geotecnica	Valori caratteristici della popolazione - Piccolo volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,48		31,32	1,89	1,96
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		20,27	20,31	1,73	2,03
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,38		126,33	2,01	2,40
UG4 - Depositi incoerenti densi		38,55	232,87	1,95	2,21
Unità Geotecnica	Valori caratteristici della media dei valori - Grande volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,83		49,61	1,98	2,06
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		22,29	35,44	1,80	2,10
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,57		143,74	2,16	2,44
UG4 - Depositi incoerenti densi		39,24	232,87	2,16	2,44

Tabella 9d - Valori caratteristici Fabbricato E

FABBRICATO F

Stima dei parametri caratteristici assoluti da prove DPSH1-CPT1 - sondaggi C1-C2-DH-C3 (SPT)

Unità Geotecnica	Valori caratteristici della popolazione - Piccolo volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,39		36,68	1,79	1,87
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		20,79	29,21	1,75	2,05
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,38		126,33	2,01	2,40
UG4 - Depositi incoerenti densi		38,55	232,87	1,95	2,21
Unità Geotecnica	**Valori caratteristici della media dei valori - Grande volume**				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,89		52,34	1,95	2,03
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		23,61	41,68	1,79	2,09
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,57		143,74	2,16	2,44
UG4 - Depositi incoerenti densi		39,24	232,87	2,16	2,44

Tabella 9e - Valori caratteristici Fabbricato F

FABBRICATO G

Stima dei parametri caratteristici assoluti da prove CPT6 - sondaggi C1-C2-DH-C3 (SPT)

Unità Geotecnica	Valori caratteristici della popolazione - Piccolo volume				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,48		31,32	1,89	1,96
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		20,27	20,31	1,73	2,03
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,38		126,33	2,01	2,40
UG4 - Depositi incoerenti densi		38,55	232,87	1,95	2,21
Unità Geotecnica	**Valori caratteristici della media dei valori - Grande volume**				
	cu_k	φ_k	Ed_k	γ_{natk}	$\gamma_{sat,k}$
	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	t/m^3	t/m^3
UG1 - Depositi coesivi da plastici a molto duri	0,83		49,61	1,98	2,06
UG2 - Depositi incoerenti da m. sciolti a m. add.		22,29	35,44	1,80	2,10
UG3 - Depositi coesivi molto duri	1,57		143,74	2,16	2,44
UG4 - Depositi incoerenti densi		39,24	232,87	2,16	2,44

Tabella 9f - Valori caratteristici Fabbricato G

Il primo gruppo di valori deve essere utilizzato per verifiche agli stati limite in cui sono coinvolti piccoli volumi e/o la fondazione presenta una scarsa rigidezza (pali per portata di punta, verifiche a scorrimento, plinti e travi non collegati, ecc.), in quanto il volume di influenza della rottura è minore della scala di fluttuazione dei parametri e la compensazione delle oscillazioni può non avvenire: i valori più bassi governano la rottura.
Il secondo gruppo di valori, invece, deve essere utilizzato se il volume di influenza della rottura è maggiore della scala delle fluttuazioni oppure con strutture fondali rigide che ridistribuiscono i carichi (fondazioni superficiali, pali per portata laterale, ecc.); in questo caso, infatti, si ha una compensazione delle oscillazioni e la media governerà la struttura.

Per i parametri efficaci ricavati tramite le analisi di laboratorio sui campioni prelevati, gli stessi risultano inseriti all'interno dell'UG1-UG3 (depositi coesivi). Sugli stessi non è stato eseguito nessun calcolo statistico in quanto nell'area di indagine saranno inseriti diversi fabbricati a diversa dimensione e carico, di conseguenza è stato deciso di attribuire ai singoli fabbricati un determinato parametro efficace (c', φ') ricavato dal campione più vicino.

7.7 MODELLO GEOTECNICO

Le prove penetrometriche ed i carotaggi svolti durante la campagna d'indagine geotecnica hanno permesso di caratterizzare il volume significativo delle opere e hanno portato alla definizione del modello geotecnico locale.
Nelle sezioni geotecniche di fig. 16, il sottosuolo è stato suddiviso in strati omogenei sulla base dello stato di consistenza e di addensamento in riferimento al modello geolitologico di fig.15, mentre nella planimetria (fig. 14) è riportata la traccia della sezione e l'ubicazione delle indagini geotecniche.

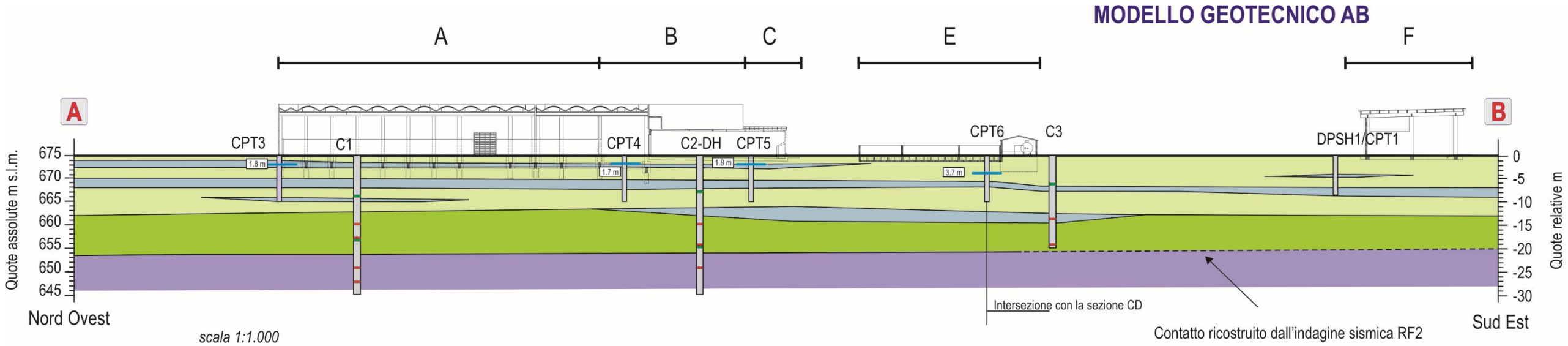
Da un punto di vista geotecnico il sottosuolo è suddivisibile in n.4 Unità Geotecniche:
UG1 = depositi coesivi da plastici a molto duri
UG2 = depositi incoerenti da molto sciolti a mod. addensati;
UG3 = depositi coesivi molto duri
UG4 = depositi incoerenti densi.
Dall'analisi delle sezioni ricostruite emerge una certa regolarità lungo la Sezione AB-CD con sporadiche variazioni laterali dovute alla presenza di isolate lenti sabbiose sabbiose-ghiaiose.

Come si osserva dalla fig.16 la misura del livello di falda alla fine della prova mostra una misura minima da p.c. di 1.7 m (prova CPT4) e una misura massima da p.c. di 4.0 m (CPT2).

Tali livelli sono da considerarsi in pressione risalienti da livelli incoerenti più profondi presenti all'interno di materiali sabbiosi.

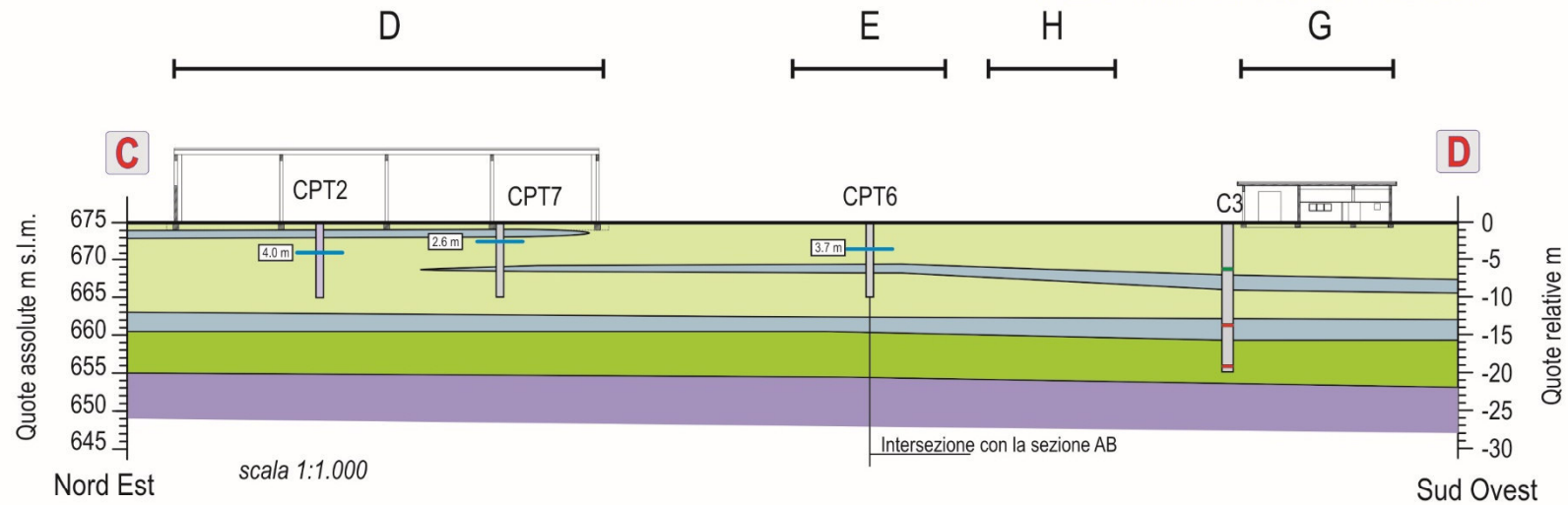
Come evidenziato nelle sezioni geotecniche ricostruite, è possibile definire al di sotto di ogni fabbricato un modello geotecnico di riferimento, ognuno dei quali valevole per un'area delimitata del progetto.
Per meglio comprendere la caratterizzazione del sottosuolo si veda lo schema riassuntivo di fig.17 che sintetizza l'analisi del sottosuolo al di sotto dell'impronta di ogni fabbricato ricavando lungo le sezioni ricostruire (AB e CD) gli spessori dei depositi attraversati e i parametri assoluti ed efficaci attribuiti ad ogni Unità Geotecnica.

MODELLO GEOTECNICO AB



scala 1:1.000

MODELLO GEOTECNICO CD



scala 1:1.000

Indagini penetrometriche						
DPSH1 CPT1	CPT2	CPT3	CPT4	CPT5	CPT6	CPT7
Misura piezometrica in m da p.c.						
N.P.	4.0	1.8	1.7	1.8	3.7	2.6
Sulle verticali dei sondaggi non è stato misurato il livello						

LEGENDA modello geotecnico

UNITÀ GEOLOGICA

AVM
(Sintema di Valle Majelama)

UNITÀ GEOLITOLOGICA

Depositi coesivi
- Depositi limoso-argillosi **plastici**
- Depositi limoso-argillosi **duri**
- Depositi limoso-argillosi **molto duri**

Depositi incoerenti
- Depositi sabbioso-ghiaiosi **molto sciolto**
- Depositi sabbioso-ghiaiosi **sciolto**
- Depositi sabbioso-ghiaiosi **mod. addensato**
- Depositi sabbioso-ghiaiosi **densi**

UNITÀ GEOTECNICHE

UG1 - Depositi coesivi da **plastici** a **molto duri**
stima dei parametri geotecnici assoluti **(DPSH-CPT)**
stima dei parametri geotecnici efficaci **(campioni indisturbati)**

UG2 - Depositi coesivi **molto duri**
stima dei parametri geotecnici assoluti **(SPT)**
stima dei parametri geotecnici efficaci **(campioni indisturbati)**

UG3 - Depositi incoerenti da **molto sciolti** a **mod. addensati**
stima dei parametri geotecnici assoluti **(DPSH-CPT-SPT)**

UG4 - Depositi incoerenti **densi**
stima dei parametri geotecnici assoluti **(SPT)**

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sondaggi a carotaggio continuo con indicazione delle prove SPT (■) e prelievo di campioni indisturbati (■)

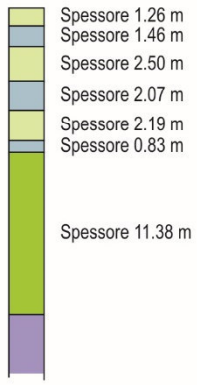
Indagine penetrometrica statica CPT e dinamica DPSH con indicazione del livello piezometrico misurato nel foro alla fine della prova (3.7 m —).

Figura 16 Modello geotecnico

STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI al di sotto di ogni struttura attraversata dalle Sezioni Geotecniche

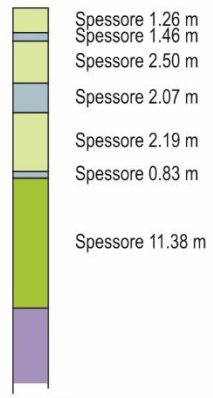
(A) - AIA di maturazione della miscela compostabile

Porzione Nord Ovest



scala 1:500

Porzione Sud Est



scala 1:500

UNITÀ GEOTECNICHE

- **UG1** Depositi coesivi da **plastici** a **molto duri**
- **UG3** Depositi coesivi **molto duri**
- **UG2** Depositi incoerenti da **molto sciolti** a **mod. addensati**
- **UG4** Depositi incoerenti **densi**

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato A)
piccolo volume

UG1 cu_k= 0.23 Kg/cm^2 - Ed_k = 26.71 Kg/cm^2 - y_k = 1.75 t/m^3 - y_{ksat} = 1.85 t/m^3

UG3 cu_k= 1.38 Kg/cm^2 - Ed_k = 126.33 Kg/cm^2 - y_k = 2.01 t/m^3 - y_{ksat} = 2.40 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 20.87° - Ed_k = 19.65 Kg/cm^2 - y_k = 1.76 t/m^3 - y_{ksat} = 2.06 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 38.55°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato A)
grande volume

UG1 cu_k= 0.54 Kg/cm^2 - Ed_k = 47.66 Kg/cm^2 - y_k = 1.90 t/m^3 - y_{ksat} = 1.99 t/m^3

UG3 cu_k= 1.57 Kg/cm^2 - Ed_k = 143.74 Kg/cm^2 - y_k = 2.16 t/m^3 - y_{ksat} = 2.44 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 24.28° - Ed_k = 47.88 Kg/cm^2 - y_k = 1.80 t/m^3 - y_{ksat} = 2.10 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 39.24°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

Parametri geotecnici efficaci UG1 (fabbricato A)

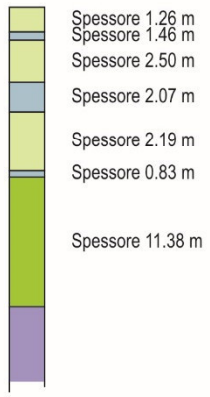
C1Cl1 (8.50-9.00 m) Ø'= 22.9°- C' = 0.14 Kg/cm^2 - y_{nat} = 1.93 t/m^3 - y_{sat} = 1.93 t/m^3 - y_{dry} = 1.49 t/m^3

Parametri geotecnici efficaci UG3 (fabbricato A)

C1Cl2 (18.0-18.5 m) Ø'= 19.2°- C' = 0.10 Kg/cm^2 - y_{nat} = 1.76 t/m^3 - y_{sat} = 1.77 t/m^3 - y_{dry} = 1.34 t/m^3

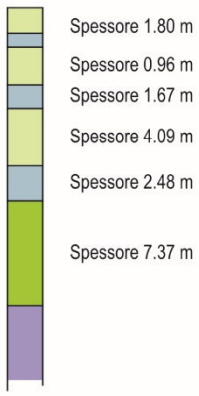
(B) - Area di vagliatura compost

Porzione Nord Ovest



scala 1:500

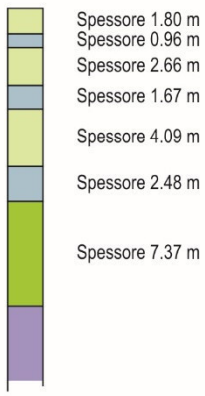
Porzione Sud Est



scala 1:500

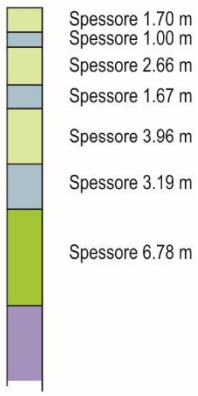
(C) - Tettoia di scarico compost

Porzione Nord Ovest



scala 1:500

Porzione Sud Est



scala 1:500

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato B-C)
piccolo volume

UG1 cu_k= 0.30 Kg/cm^2 - Ed_k = 33.99 Kg/cm^2 - y_k = 1.78 t/m^3 - y_{ksat} = 1.86 t/m^3

UG3 cu_k= 1.38 Kg/cm^2 - Ed_k = 126.33 Kg/cm^2 - y_k = 2.01 t/m^3 - y_{ksat} = 2.40 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 21.05° - Ed_k = 14.39 Kg/cm^2 - y_k = 1.80 t/m^3 - y_{ksat} = 2.10 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 38.55°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato B-C)
grande volume

UG1 cu_k= 0.60 Kg/cm^2 - Ed_k = 47.33 Kg/cm^2 - y_k = 1.91 t/m^3 - y_{ksat} = 1.99 t/m^3

UG3 cu_k= 1.57 Kg/cm^2 - Ed_k = 143.74 Kg/cm^2 - y_k = 2.16 t/m^3 - y_{ksat} = 2.44 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 23.59° - Ed_k = 38.72 Kg/cm^2 - y_k = 1.80 t/m^3 - y_{ksat} = 2.10 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 39.24°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

Parametri geotecnici efficaci UG1 (fabbricato B-C-D-E)

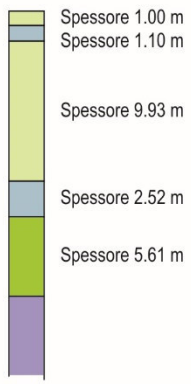
C2+DH Cl1 (7.50-8.00 m) Ø'= 24.1°- C' = 0.15 Kg/cm^2 - y_{nat} = 1.86 t/m^3 - y_{sat} = 1.87 t/m^3 - y_{dry} = 1.42 t/m^3

Parametri geotecnici efficaci UG3 (fabbricato B-C-D-E)

C2+DH Cl2 (19.5-20.0 m) Ø'= 23.0°- C' = 0.12 Kg/cm^2 - y_{nat} = 1.84 t/m^3 - y_{sat} = 1.84 t/m^3 - y_{dry} = 1.45 t/m^3

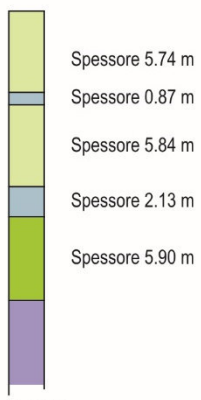
(D) - Tettoia stoccaggio compost

Porzione Nord Est



scala 1:500

Porzione Sud Ovest



scala 1:500

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato D)
piccolo volume

UG1 cu_k= 0.44 Kg/cm^2 - Ed_k = 23.06 Kg/cm^2 - y_k = 1.86 t/m^3 - y_{ksat} = 1.94 t/m^3

UG3 cu_k= 1.38 Kg/cm^2 - Ed_k = 126.33 Kg/cm^2 - y_k = 2.01 t/m^3 - y_{ksat} = 2.40 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 23.38° - Ed_k = 38.76 Kg/cm^2 - y_k = 1.74 t/m^3 - y_{ksat} = 2.04 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 38.55°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato D)
grande volume

UG1 cu_k= 1.01 Kg/cm^2 - Ed_k = 55.09 Kg/cm^2 - y_k = 2.00 t/m^3 - y_{ksat} = 2.09 t/m^3

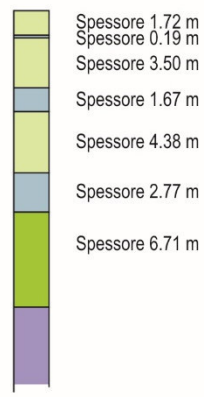
UG3 cu_k= 1.57 Kg/cm^2 - Ed_k = 143.74 Kg/cm^2 - y_k = 2.16 t/m^3 - y_{ksat} = 2.44 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 27.67° - Ed_k = 55.98 Kg/cm^2 - y_k = 1.81 t/m^3 - y_{ksat} = 2.11 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 39.24°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

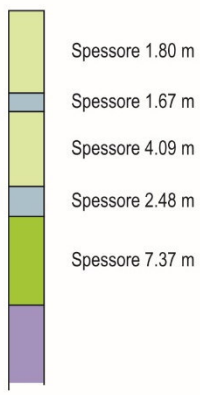
(E) - Biofiltri

Porzione Nord Ovest



scala 1:500

Porzione Sud Est



scala 1:500

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato E)
piccolo volume

UG1 cu_k= 0.48 Kg/cm^2 - Ed_k = 31.32 Kg/cm^2 - y_k = 1.89 t/m^3 - y_{ksat} = 1.96 t/m^3

UG3 cu_k= 1.38 Kg/cm^2 - Ed_k = 126.33 Kg/cm^2 - y_k = 2.01 t/m^3 - y_{ksat} = 2.40 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 20.27° - Ed_k = 20.31 Kg/cm^2 - y_k = 1.73 t/m^3 - y_{ksat} = 2.03 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 38.55°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato E)
grande volume

UG1 cu_k= 0.83 Kg/cm^2 - Ed_k = 49.61 Kg/cm^2 - y_k = 1.98 t/m^3 - y_{ksat} = 2.06 t/m^3

UG3 cu_k= 1.57 Kg/cm^2 - Ed_k = 143.74 Kg/cm^2 - y_k = 2.16 t/m^3 - y_{ksat} = 2.44 t/m^3

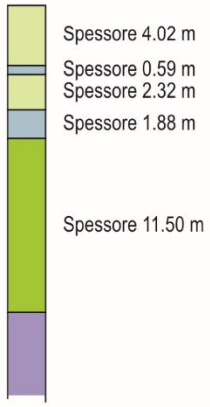
UG2 - $Ø_k$= 22.29° - Ed_k = 35.44 Kg/cm^2 - y_k = 1.80 t/m^3 - y_{ksat} = 2.10 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 39.24°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI al di sotto di ogni struttura attraversata dalle Sezioni Geotecniche

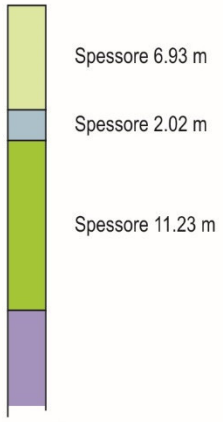
(F) - Tettoia stoccaggio verde

Porzione Nord Ovest



scala 1:500

Porzione Sud Est



scala 1:500

UNITÀ GEOTECNICHE

- **UG1** Depositi coesivi da **plastici** a **molto duri**
- **UG3** Depositi coesivi **molto duri**
- **UG2** Depositi incoerenti da **molto sciolti** a **mod. addensati**
- **UG4** Depositi incoerenti **densi**

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato F)
piccolo volume

UG1 cu_k= 0.39 Kg/cm^2 - Ed_k = 36.68 Kg/cm^2 - y_k = 1.79 t/m^3 - y_{ksat} = 1.87 t/m^3

UG3 cu_k= 1.38 Kg/cm^2 - Ed_k = 126.33 Kg/cm^2 - y_k = 2.01 t/m^3 - y_{ksat} = 2.40 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 20.79° - Ed_k = 29.21 Kg/cm^2 - y_k = 1.75 t/m^3 - y_{ksat} = 2.05 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 38.55°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato F)
grande volume

UG1 cu_k= 0.89 Kg/cm^2 - Ed_k = 52.34 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.03 t/m^3

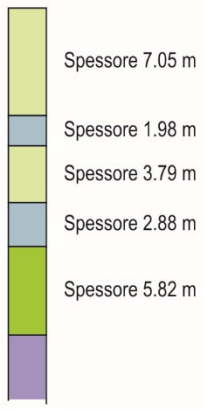
UG3 cu_k= 1.57 Kg/cm^2 - Ed_k = 143.74 Kg/cm^2 - y_k = 2.16 t/m^3 - y_{ksat} = 2.44 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 23.61° - Ed_k = 41.68 Kg/cm^2 - y_k = 1.79 t/m^3 - y_{ksat} = 2.09 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 39.24°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

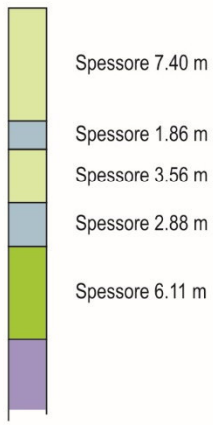
(G) - Palazzina officina e servizi

Porzione Nord Est



scala 1:500

Porzione Sud Ovest



scala 1:500

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato G)
piccolo volume

UG1 cu_k= 0.48 Kg/cm^2 - Ed_k = 31.32 Kg/cm^2 - y_k = 1.89 t/m^3 - y_{ksat} = 1.96 t/m^3

UG3 cu_k= 1.38 Kg/cm^2 - Ed_k = 126.33 Kg/cm^2 - y_k = 2.01 t/m^3 - y_{ksat} = 2.40 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 20.27° - Ed_k = 20.31 Kg/cm^2 - y_k = 1.73 t/m^3 - y_{ksat} = 2.03 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 38.55°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

Parametri geotecnici assoluti (fabbricato G)
grande volume

UG1 cu_k= 0.83 Kg/cm^2 - Ed_k = 49.61 Kg/cm^2 - y_k = 1.98 t/m^3 - y_{ksat} = 2.06 t/m^3

UG3 cu_k= 1.57 Kg/cm^2 - Ed_k = 143.74 Kg/cm^2 - y_k = 2.16 t/m^3 - y_{ksat} = 2.44 t/m^3

UG2 - $Ø_k$= 22.29° - Ed_k = 35.44 Kg/cm^2 - y_k = 1.80 t/m^3 - y_{ksat} = 2.10 t/m^3

UG4 - $Ø_k$= 39.24°- Ed_k = 232.87 Kg/cm^2 - y_k = 1.95 t/m^3 - y_{ksat} = 2.21 t/m^3

Parametri geotecnici efficaci UG1 (fabbricato G-F)

C3CI1 (6.00-6.50 m)

Ø'= 18.4°- C' = 0.33 Kg/cm^2 -
y_{nat} = 1.80 t/m^3 - y_{sat} = 1.80 t/m^3 - y_{dry} = 1.31 t/m^3

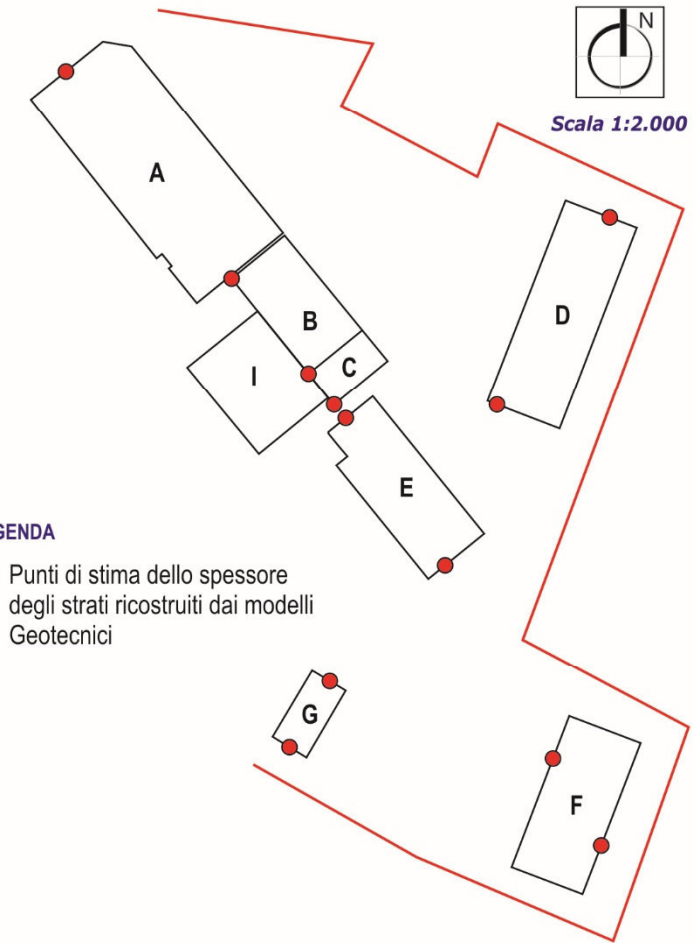


Figura 17 Schema riassuntivo caratterizzazione geotecnica del sottosuolo

8.CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Di seguito sono esplicitati i risultati della campagna sismica eseguita dalla ditta "Aureli Soil Srl" suddivise per tipologia.

8.1RISULTATI PROSPEZIONE SISMICA IN FORO DOWN HOLE

Di seguito vengono riportati i grafici tempo-profondità delle onde P e delle onde Sh, e il grafico delle velocità intervallari. Sono stati distinti n°3 sismo-strati per le onde P-Sh, tali valori sono stati ricavati dal coefficiente angolare degli intervalli:

- 1°sismostrato = 0-5 m dal p.c. con Vp=412 m/s Vs=189 m/s
- 2°sismo-strato = 5-21 m dal p.c. con Vp=1009 m/s Vs=234 m/s
- 3°sismostrato = 21-30 m dal p.c. con Vp = 1289 m/s Vs=497 m/s

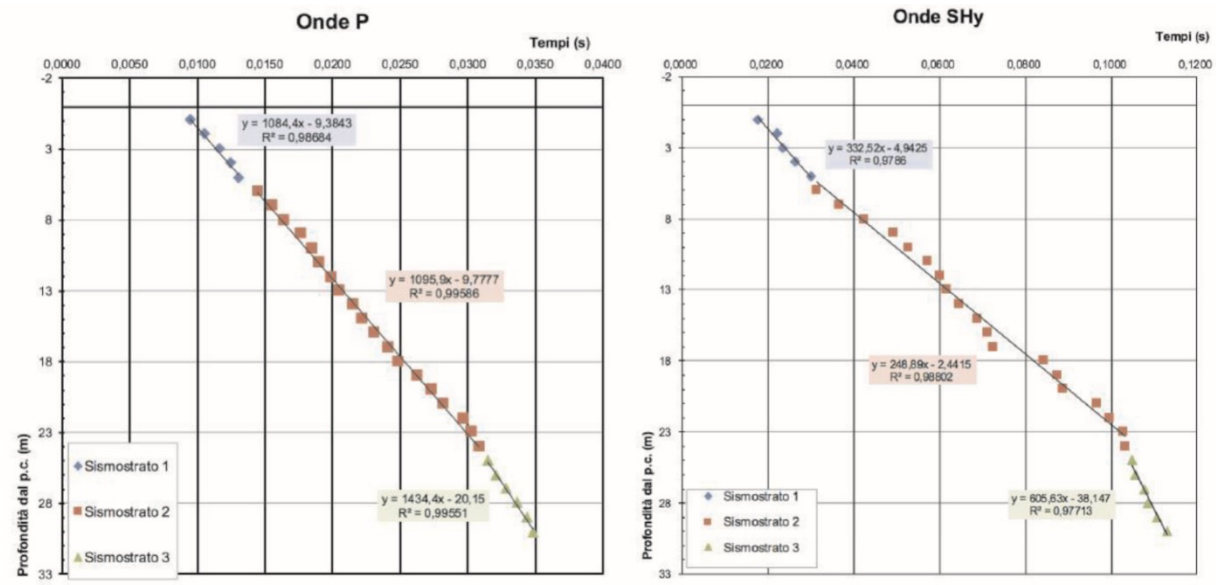


Figura 18 Grafico tempo-profondità onde P-Sh (da Rapporto sulle indagini a cura della Aureli Soil Srl)

Nel complesso tali velocità sono in linea con i litotipi investigati e si è evidenziata una buona corrispondenza tra gli spessori ricavati dall'analisi stratigrafica e quelli dedotti sulla base delle velocità sismiche.

8.1.1 Stima dei moduli elastici

La prospezione sismica Down Hole eseguita sulla verticale di sondaggio C2 fino a 30 m da p.c. ha permesso di ricostruire il gradiente di velocità delle onde di compressione P e di taglio Sh con un alto dettaglio, corrispondente alla spaziatura tra le registrazioni (1 m). Ciò ha permesso di evidenziare le possibili variazioni di velocità (aumenti e diminuzioni) in corrispondenza dei livelli più o meno addensati/consistenti.
L'importanza di una corretta valutazione della velocità delle onde P-Sh, insieme con la densità del mezzo attraversato, è fondamentale per una giusta determinazione dei parametri elasto-dinamici del mezzo. Determinare esattamente i valori dei moduli che caratterizzano il mezzo permette di ottenere utili informazioni circa la sua natura e il tipo di risposta e il tipo di risposta alle sollecitazioni dinamiche.
Per ciò che concerne la velocità delle onde di taglio Sh, essendo scarsamente sensibili alla presenza di fluidi, esse forniscono un'idea più chiara dello stato fisico della matrice; infatti individuano le aree a maggiore fratturazione, con cadute di velocità molto più evidenti rispetto alle onde P, soprattutto nelle formazioni sature, in cui i valori di velocità della matrice non sono molto diversi a quelli dell'acqua

La figura 20 mostra una tabella riassuntiva dei valori dei moduli elastici per ogni metro di profondità, in particolare:

- Coefficiente di Poisson dinamico = è calcolato a partire dalla velocità delle onde Vp-Vs, poiché tra i moduli elasto-dinamici *è l'unico* che non richiede la conoscenza della densità per la sua determinazione. In questo campo di deformazione il limite minimo non è rappresentato dal valore di 0.25 tipico dei corpi perfettamente elastici, ma può assumere anche valori negativi, come nel caso di sedimenti incoerenti, saturi in aria, in cui la disposizione dei granuli è a porosità maggiore di quella esagonale. In generale i valori di questo coefficiente varia tra 0.25 e 0.33, ma nei mezzi porosi il campo di variazione è molto più ampio. I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi caratterizzati da alta porosità, bassa pressione litostatica e gas saturi, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49, mentre nelle sospensioni assume il valore di 0.5. In generale riesce a discriminare rocce, anche se estremamente alterate, dai depositi recenti quali colluvi, frane etc..

(v – ad.): $v=0.5*[((Vp/Vs)^2-2))/((Vp/Vs)^2-1))]$

Dove: Vp=velocità delle onde di compressione Vs=velocità delle onde di taglio

- Modulo di taglio dinamico = tale parametro è fortemente influenzato dalla porosità e dalla pressione ed assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturi in acqua. Il campo di variabilità in mezzi porosi è molto ampio.

(G_0 - MPa): $G_0= \gamma*Vs^2$

Dove: γ= densità del mezzo

- Modulo di Young dinamico = tale modulo dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici. Aumenta in misura considerevole quando al campione asciutto a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità d'acqua; diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento. I minimi valori del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità, saturi in gas, mentre i valori massimi del modulo si hanno per litotipi sotto pressione saturi in acqua ed a bassa porosità. Il campo di variabilità è considerevole.

(E_0 - MPa): $E_0= (9\ \gamma\ \gamma_s^2*K\ \gamma\ \gamma_s^2)/((3K_\gamma *Vs^2)+1)$

dove: γ= densità del mezzo K=modulo di bulk

- Modulo di bulk = tale modulo varia in funzione della porosità, della pressione e della qualità di fluido saturante. Tende a crescere con il grado di saturazione, con il decrescere della porosità e con l'aumento della pressione.

(K - MPa): $K= \gamma(Vp^2-4/3\ Vs^2)$

- Rapporto Vp/Vs = tale parametro può fornire utili informazioni sullo stato di consolidazione e sulla presenza di gas nei mezzi porosi. Rapporti maggiori di 2 si riscontrano in presenza di sabbie sature non consolidate; valori minori di 2 si registrano in presenza di rocce compatte o sedimenti gas saturi.

(Vp/Vs - ad.): Vp/Vs

Tipo di terreno	*Vp* (m/s)	*Vs* (m/s)	*Vp/Vs*
Roccia dura e massiccia	6000÷4200	4000÷2700	1,45÷1,50
Suolo molto rigido	4200÷3000	2700÷1500	1,5÷2,0
Suolo rigido	3000÷2000	1500÷700	2÷3
Suolo modera-tamente rigido o alterato	2000÷1500	700÷400	3÷4
Suolo sciolto e soffice	1500÷600	400÷100	4÷6
Suolo soffice e saturo	> 1300	> 100	5÷8

Figura 19 Rapporto Vp/Vs per tipi di terreno (fonte: Keceli, 2012)

z (m)	Vp (m*s-1)	Vs (m*s-1)	Vp/Vs (-)	Densità (t/m3)	M. Poisson (-)	M. Taglio G (Mpa)	M. Young E (Mpa)	M. Bulk K (Mpa)
1	334	180	1,9	1870	0,29	60	154	125
2	353	150	2,4	1870	0,39	41	115	174
3	414	230	1,8	1870	0,28	97	248	185
4	589	220	2,7	1740	0,42	83	235	481
5	792	213	3,7	1740	0,46	77	226	967
6	577	350	1,6	1740	0,21	209	505	288
7	767	182	4,2	1740	0,47	57	167	928
8	909	163	5,6	1740	0,48	45	134	1351
9	706	146	4,8	1740	0,48	37	108	801
10	1112	257	4,3	1740	0,47	113	332	1961
11	1613	213	7,6	2000	0,49	89	266	4985
12	1026	316	3,2	2000	0,45	196	569	1801
13	1413	614	2,3	2000	0,38	739	2044	2929
14	937	324	2,9	2000	0,43	206	590	1447
15	1455	225	6,5	2000	0,49	99	295	4020
16	1069	412	2,6	2000	0,41	333	940	1798
17	954	656	1,5	2000	0,05	844	1774	659
18	1253	850	1,5	2000	0,07	1417	3042	1188
19	701	318	2,2	2000	0,37	198	543	700
20	962	450	2,1	2000	0,36	397	1080	1286
21	1089	124	8,8	2000	0,49	30	90	2284
22	680	334	2,0	2000	0,34	218	585	615
23	1672	333	5,0	2000	0,48	218	644	5196
24	1481	419	3,5	2000	0,46	344	1003	3841
25	1484	633	2,3	2000	0,39	785	2180	3274
26	1686	218	7,7	2000	0,49	93	278	5454
27	1332	451	3,0	2000	0,44	399	1146	2948
28	1283	450	2,9	2000	0,43	397	1136	2698
29	1268	452	2,8	2000	0,43	402	1146	2617
30	2129	453	4,7	2000	0,48	403	1188	8357

Figura 20 Tabella Moduli Elasto-dinamici calcolati per ogni metro (da Rapporto sulle indagini a cura della Aureli Soil Srl).

8.2 RISULTATI PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P-SH

8.2.1 Risultati prova RF1

Nell'indagine sismica a rifrazione in onde P-Sh, i materiali investigati sono stati suddivisi in 2 principali sismo-strati:

- 1°sismostrato = 0-18 m dal p.c. massimo (in corrispondenza dello scoppio A) con spessore variabile lungo la sezione con Vp=478 m/s; tale sismo-strato è assimilabile a litotipi limoso-argillosi
- 2°sismostrato = 18-23 m dal p.c (fine sezione) con spessore variabile lungo la sezione con Vp=797 m/s; tale intervallo sismo-stratigrafico è assimilabile a litotipi ghiaioso-sabbiosi.

- 1°sismostrato = 0-22 m dal p.c. massimo (in corrispondenza dello scoppio B) con spessore variabile lungo la sezione con Vs=242 m/s; tale sismo-strato è assimilabile a litotipi limoso-argillosi
- 2°sismostrato = 22-25 m dal p.c (fine sezione) con spessore variabile lungo la sezione con Vp=514 m/s; tale intervallo sismo-stratigrafico è assimilabile a litotipi ghiaioso-sabbiosi.

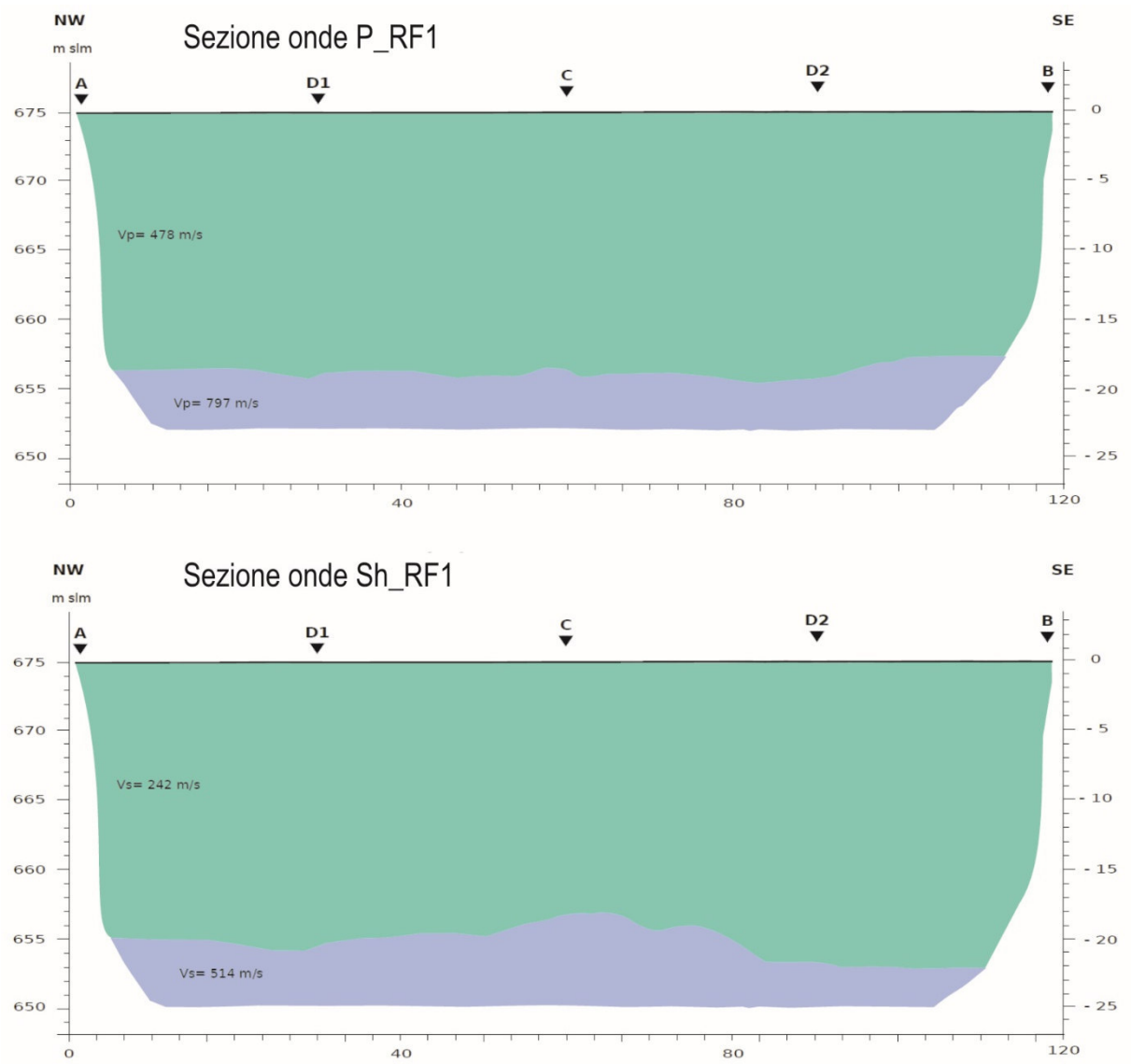


Figura 21 Sezioni sismiche RF1 interpretate (da Rapporto sulle indagini a cura della Aureli Soil Srl)

8.2.2Risultati prova RF2

Nell'indagine sismica a rifrazione in onde P, i materiali investigati sono stati suddivisi in 2 principali sismo-strati

- 1°sismostrato = 0-19 m dal p.c. massimo (in corrispondenza dello scoppio A) con spessore variabile lungo la sezione con Vp=396 m/s; tale sismo-strato è assimilabile a litotipi limoso-argillosi
- 2°sismostrato = 19-23 m dal p.c (fine sezione) con spessore variabile lungo la sezione con Vp=897 m/s; tale intervallo sismo-stratigrafico è assimilabile a litotipi ghiaioso-sabbiosi.

Nell'indagine sismica a rifrazione in onde Sh, i materiali investigati sono stati suddivisi in 3 principali sismo-strati

- 1°sismostrato = 0-8 m dal p.c. massimo (in corrispondenza dello scoppio D2) con spessore variabile lungo la sezione con Vs=257 m/s; tale sismo-strato è assimilabile a litotipi limoso-argillosi poco consistenti
- 2°sismostrato = 8-19 m dal p.c massimo (in corrispondenza dello scoppio A) con spessore variabile lungo la sezione con Vs=359 m/s; tale intervallo sismo-stratigrafico è assimilabile a litotipi ghiaioso-sabbiosi mediamente addensati
- 3°sismostrato = 19-23 m dal p.c (fine sezione) con spessore variabile lungo la sezione con Vs=536 m/s; tale intervallo sismo-stratigrafico è assimilabile a litotipi ghiaioso-sabbiosi addensati.

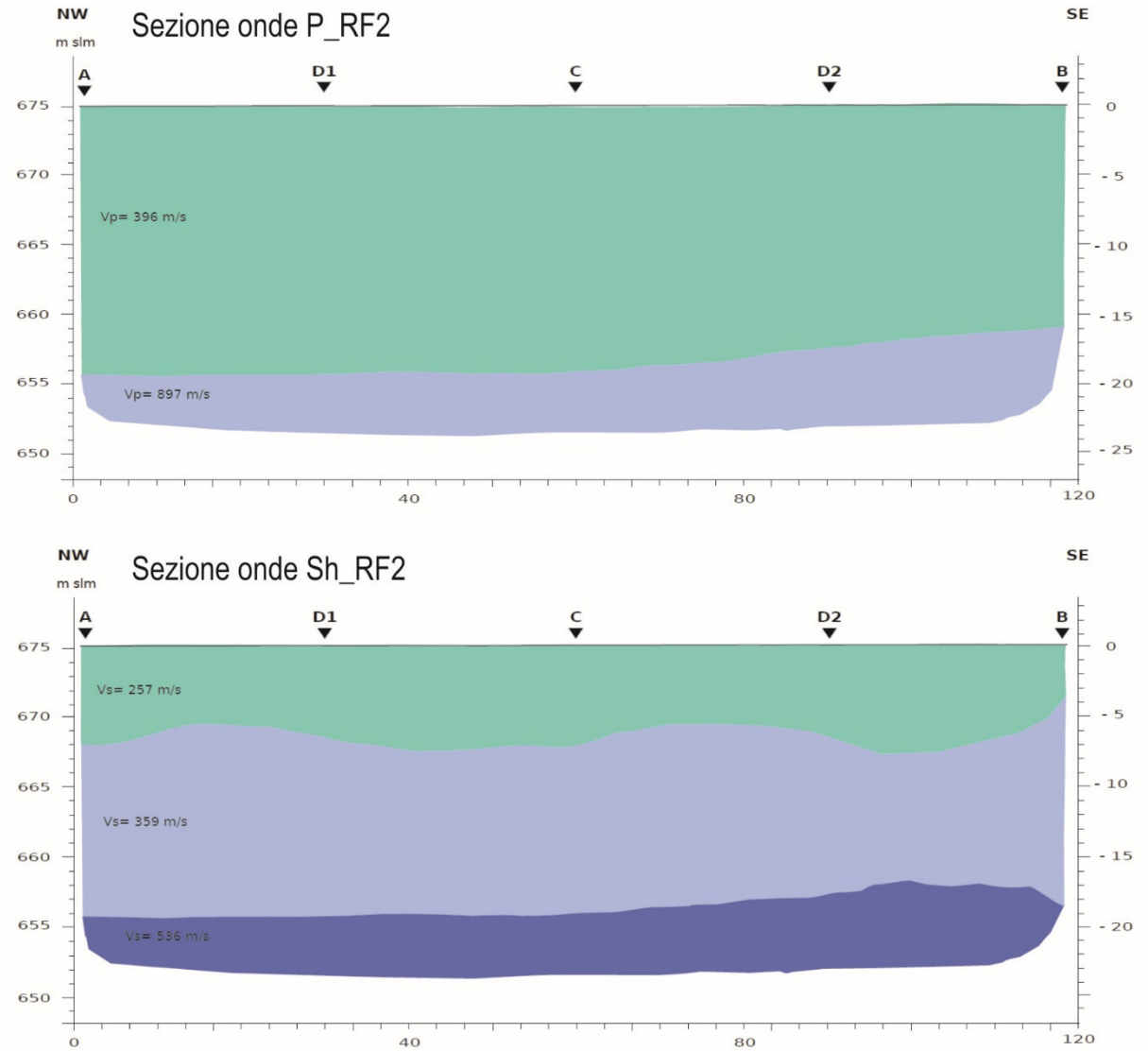


Figura 22 Sezioni sismiche RF2 interpretate (da Rapporto sulle indagini a cura della Aureli Soil Srl)

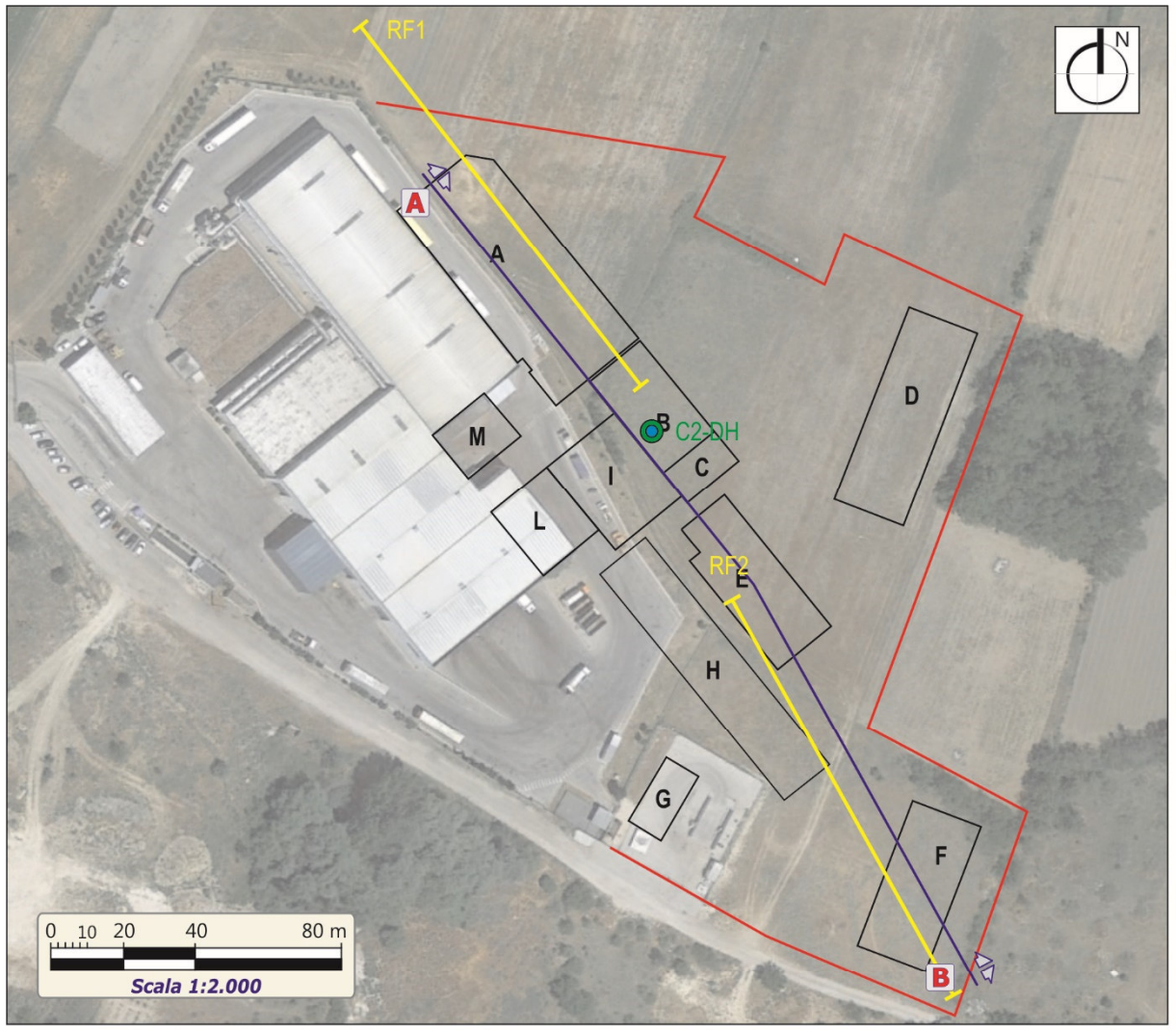
8.3 MODELLO SISMICO

Per meglio comprendere l'andamento delle velocità delle onde di volume all'interno del sito di indagine, di seguito è stata rappresentata la planimetria di dettaglio con ubicazione delle opere in oggetto (definite da una lettera A-M) ed il modello sismico di sintesi dei dati raccolti durante la campagna di indagine sismica svolta.

Come si osserva il modello finale è costituito da n°(3) sismo-strati, suddivisi in:

I Sismostrato = Depositi limoso-argillosi-sabbiosi duri/sciolti;
II Sismostrato = Depositi limoso-argillosi-sabbiosi-ghiaiosi molto duri/moderatamente addensati;
III Sismostrato = Depositi ghiaioso-sabbiosi densi.

L'attribuzione litologica ad ogni sismo-strato è stata possibile grazie alla comparazione con i sondaggi geognostici presenti (C1/C2-DH/C3). Come si osserva dal modello sismico di fig.23 la sismo-stratigrafia ricostruita non presenta sostanziali variazioni di velocità; il terreno si presenta normal-dispersivo (aumento graduale di velocità delle onde con la profondità).
All'interno dei primi due sismo-strati potrebbero presentarsi variazioni di velocità delle onde di taglio e soprattutto delle onde di compressione in senso laterale dovuto alla maggiore/minore umidità del terreno che causa un aumento delle velocità delle onde P.



Estratto da Google Earth (07/07/2017), sovrapposto a indagini sismiche e ingombri delle nuove strutture

PLANIMETRIA DI DETTAGLIO con ubicazione indagini sismiche in sito e ingombro dei fabbricati in progetto

LEGENDA planimetria

INDAGINI SISMICHE

Indagine sismica in onde P-Sh (denominata RF1-RF2)

Indagine sismica in foro Down Hole (denominata C2-DH)

SIMBOLI

Traccia del modello sismico

Limite ampliamento impianto

INTERVENTI IN PROGETTO

(A) AIA di maturazione della miscela compostabile
(B) Area di vagliatura compost
(C) Tettoia di scarico compost
(D) Tettoia di stoccaggio compost
(E) Biofiltri
(F) Tettoia stoccaggio verde
(G) Palazzina officina e servizi
(H) Digestore anaerobico/geberatore endotermico (appartenente secondo lotto e non compreso nel presente lavoro)
(I) Biocelle per fase act miscela compostabile
(L) Miscelazione rifiuti compostabili
(M) Altro

LEGENDA modello sismico

SISMO-STRATI

I — Depositi limoso-argillosi-sabbiosi (velocità intervallari)
396<Vp (m/s)<478 - 189<Vs (m/s)<257

II — Depositi limoso-argillosi-sabbiosi-ghiaosi (velocità intervallari)
396<Vp (m/s)<1009 - 234<Vs (m/s)<359

III — Depositi ghiaioso-sabbiosi addensati (velocità intervallari)
797<Vp (m/s)<1289 - 497<Vs (m/s)<536

MODELLO SISMICO AB

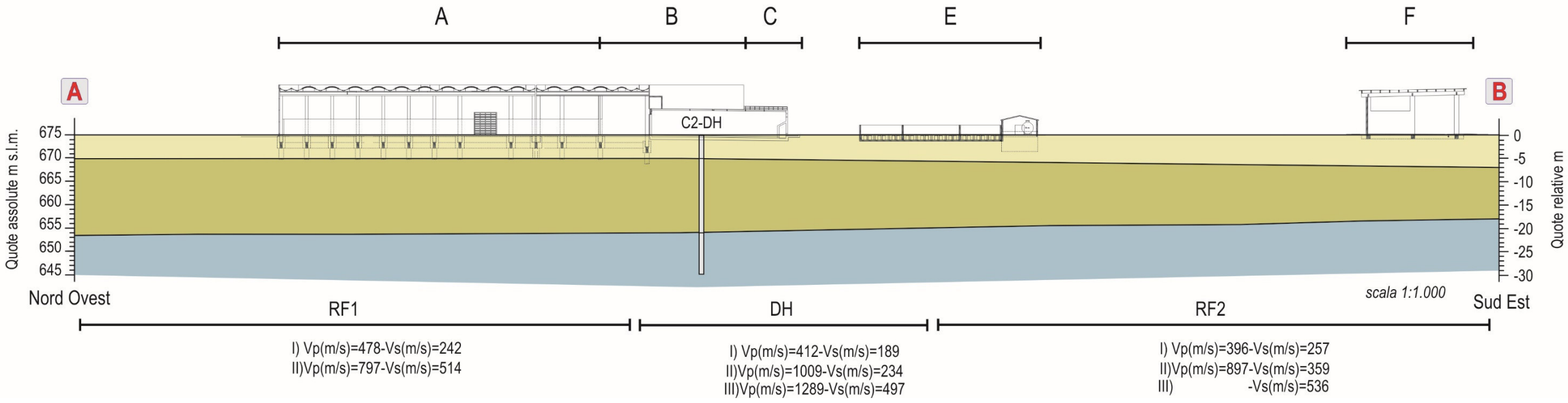


Figura 23 Modello sismico

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

9.1 SISMICITÀ DELL'AREA

La caratterizzazione sismica del sito in esame è stata svolta secondo le indicazioni delle NTC 2018 par.fo 3.2. Tali norme prevedono che, per la valutazione delle azioni sismiche, si faccia riferimento alla zonazione di dettaglio del territorio nazionale redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Secondo tale modello, su tutto il territorio nazionale si è disposta una maglia di punti per ognuno dei quali è assegnato un valore di:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
T^*c = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Note le coordinate geografiche del punto di interesse, è possibile trovare i quattro punti della maglia che lo circoscrivono e ricavare le tre grandezze citate per il punto specifico interpolando tra i valori dei punti forniti dall'INGV.

Per i valori di a_g, F_0, T^*c, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n°29, ed eventuali successivi aggiornamenti. I valori determinati sono relativi a situazioni geologiche con assenza di effetti locali dei terreni, ovvero con presenza di substrato sismico ($V_{S,eq}$>800 m/sec) affiorante o sub-affiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Se il sito non presenta queste caratteristiche dovranno essere svolte specifiche analisi di valutazione della risposta sismica locale (ai sensi di quanto previsto nel Cap. 3.2 delle NTC 2018), oppure verificare:

- la categoria di sottosuolo mediante la stima del parametro $V_{S,eq}$
- l'amplificazione stratigrafica;
- l'amplificazione topografica.

L'area dell'impianto ACIAM Spa è centrata sulle seguenti coordinate:

WGS84: Latitudine = 42.048696° Longitudine = 13.569079°
ED50: Latitudine = 42.049674° Longitudine = 13.569983°

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 27862	Lat: 42,0350	Lon: 13,5575	Distanza: 1933,404
Sito 2	ID: 27863	Lat: 42,0349	Lon: 13,6249	Distanza: 4819,869
Sito 3	ID: 27641	Lat: 42,0849	Lon: 13,6250	Distanza: 5993,430
Sito 4	ID: 27640	Lat: 42,0849	Lon: 13,5576	Distanza: 4052,642

I parametri sismici di partenza per il sito in esame sono riportati nella seguente tabella stimati tramite il programma Spettri-NTC ver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

T_R [anni]	ag [g]	F_0 [-]	T*c [s]
30	0,078	2,395	0,273
50	0,103	2,334	0,282
72	0,121	2,321	0,290
101	0,141	2,304	0,297
140	0,162	2,300	0,310
201	0,189	2,312	0,318
475	0,259	2,363	0,346
975	0,332	2,401	0,363
2475	0,450	2,459	0,382

Tabella 10a – Parametri sismici di partenza per il sito in esame

dove:

T_R = tempo di ritorno
ag = accelerazione orizzontale massima al sito
F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

9.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE NELLE VERIFICHE SISMICHE

La progettazione strutturale e geotecnica delle opere in progetto sarà svolta secondo i criteri contenuti nell'O.P.C.M. n°3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i., recepiti e sviluppati nella normativa vigente in materia di costruzioni, ovvero le NTC2018 e la Circolare 21 gennaio 2019 n°7 C.S.LL.PP.

9.2.1 Definizione delle azioni sismiche nel caso di analisi pseudostatiche

Nell'analisi pseudoostatica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.
Nelle verifiche allo SLU (Stato Limite Ultimo), i coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati con le espressioni riportate nel par.fo 7.11.6.2.1 delle NTC2018:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max}/g$$
$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:
a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito
g = accelerazione di gravità
β_s = coefficiente di riduzione di a_{max} (Tab. 7.11.I NTC2018)

L'accelerazione massima è valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:
S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tab. 3.2.IV NTC2018)
S_T = coefficiente di amplificazione topografica (Tab. 3.2.III NTC2018)
a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

9.2.2 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, la quale, a sua volta, è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento V_R) in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. La probabilità è denominata P_{VR}.
Gli interventi previsti in progetto rientrano nel tipo di costruzione 2, con una vita nominale $V_N \geq 50$ anni, mentre differiscono per la classe d'uso:
- area l'impianto di compostaggio, classe d'uso III, con Cu pari a 1,5.

Il periodo di riferimento per l'azione sismica V_R, pari al prodotto tra V_N e Cu, è di 75 anni.

9.2.3 Categoria di sottosuolo di fondazione

Le indagini sismiche eseguite hanno consentito la ricostruzione di profili spessori/velocità delle onde Sh; tali elaborazioni ci permettono di calcolare il parametro Vs_{eq} tramite la formula:

L'aggiornamento alle Norme Tecniche delle Costruzioni NTC2018 definisce come metodo semplificato per la caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vseq (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove:

hi = è lo spessore, in metri, dell'i-esimo strato;

Vsi =è la velocità delle onde di taglio, in m/s, nell'i-esimo strato;

N =è il numero di strati;

H= profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiori a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiori a 30 m., la velocità equivalente delle onde di taglio Vseq 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.

Nel caso in esame il bed-rock sismico non era stato incontrato entro i 30 metri di profondità da p.c., per tale ragione sulla base dei valori di Vs e spessore ricostruiti con l'indagine geofisica (Down Hole), è stato calcolato il valore del parametro $Vs_{eq}=Vs_{30}$ = 265 m/s, valore calcolato rispetto al piano campagna
A tale valore corrisponde una **categoria C**:
"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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".

9.2.4 Effetti di sito: amplificazione stratigrafica e amplificazione topografica

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata con riferimento alle categorie di sottosuolo ed in particolare secondo quanto esposto nella Tab. 3.2.IV delle NTC2018.
Per un suolo di fondazione di categoria E il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S vale:

$$1{,}00 \le 1{,}70 - 0{,}60 \cdot Fo \cdot \frac{ag}{g} \le 1{,}50$$

Nel caso di verifiche SLV o SLD il coefficiente S_S è pari a 1,50.

Da un punto di vista topografico, il sito in esame rientra nella categoria topografia **T1** definita, secondo la tab. 3.2. III delle NTC2018, come "*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<15°".*
Per una categoria topografica T1 il coefficiente di amplificazione S_T vale 1 (Tab. 3.2.V).

9.2.5 Parametri sismici

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "*pericolosità sismica di base*" del sito di costruzione, la quale, a sua volta, è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento V_R) in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. La probabilità è denominata P_{VR}.

Secondo quanto esposto al par.fo 2.4 delle Norme, le opere in progetto rientrano:

- tipo di costruzione 2 (Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari), cui corrisponde una vita nominale (V_N) di 50 anni.
- classe d'uso III (costruzione il cui uso prevede affollamenti significativi), cui corrisponde un coefficiente d'uso C_U pari a 1.5.

Il periodo di riferimento per l'azione sismica V_R, pari al prodotto tra V_N e C_U, è 75 anni.
I valori dei parametri sismici associati a ciascuno stato limite sono riportati nelle tabelle successive.

Tramite il programma "*Spettri vers.1.0.3*" del *Consiglio Superiore dei lavori Pubblici,* è possibile, partendo dalle coordinate sito specifiche, e inserendo sullo stesso software, la classe d'uso, la vita nominale dell'opera, la categoria di sottosuolo e la categoria topografica si ottiene l'elaborazione dei parametri sismici.

Stato limite	TR [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C* [s]
SLO	45	0,097	2,346	0,280
SLD	75	0,124	2,318	0,291
SLV	712	0,298	2,384	0,356
SLC	1462	0,379	2,426	0,371

Tabella 10b – Valori dei parametri a_g, F_0, T^*_c per periodi di ritorno T_R associati a ciascun stato limite

Stato limite	Ss	Cc	St	kh	kv	A_{max} (m/s²)
SLO	1.50	1.599	1.00	0.029	0.015	1.428
SLD	1.50	1.579	1.00	0.044	0.022	1.814
SLV	1.50	1.477	1.00	0.106	0.053	3.706
SLC	1.50	1.456	1.00	0.122	0.061	4.271

Tabella 10c – Coefficienti di amplificazione stratigrafici e topografici; accelerazione orizzontale massima attesa e coefficienti sismici orizzontali e verticali per suoli di categoria C

	$T_{orizzontale}$ (s)	Se_o (g)	$T_{verticale}$ (s)	Se_v (g)
T_B	0.175	0.274	0.050	0.348
T_C	0.525	0.274	0.150	0.348
T_D	2.790	0.060	1.000	0.052

Tabella 10d – Valori in corrispondenza dei periodi T_B, T_C e T_D per gli spettri di progetto per lo stato limite SLV per suoli di categoria C

dove:
SLO = stato limite di operatività (stato limite di esercizio SLE)
SLD = stato limite di danno (stato limite di esercizio SLE)
SLV = stato limite di salvaguardia della vita (stato limite ultimo SLU)
SLC = stato limite di prevenzione del collasso (stato limite ultimo SLU)
a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno, determinata su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km (corrispondente all'ordinata spettrale t=0)
F_0= valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T^*_C= periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su suolo rigido
S_S= coefficiente di amplificazione stratigrafica
C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo
S_t= coefficiente di amplificazione topografica
S = coefficiente di amplificazione massima (Ss*St)
kh = coefficiente sismico orizzontale
kv = coefficiente sismico verticale
A_{max} = accelerazione massima
T_B = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante
T_C = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro
T_D = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro
Se_o = spettri di risposta di progetto della componente orizzontale
Se_v = spettri di risposta di progetto della componente verticale

9.2.6 Verifica a liquefazione

Secondo le NTC 2018 (par.fo 7.11.3.4), il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.
Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.
In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesta **almeno una** delle situazioni specificate al par.fo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, così come esposto nella seguente tabella.

Circostanza di esclusione	*Caratteristiche del sito*	*Esclusione*
1. Accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g	La **PGA** (Peak Ground Acceleration) per il sito in esame deriva dall'applicazione della seguente formula considerando lo stato limite SLV: Area impianto: PGA = $a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.50 \cdot 1 \cdot 0.298 = 0.447g$.	NO
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano di campagna, per piano di campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali	Da quanto espresso al par.fo 5.5 della relazione geologica e geotecnica la falda è oltre i 15 m da p.c.	NO
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}$> 30 oppure qc_{1N}> 180 dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove	La successione sito specifica come evidenziato nella ricostruzione stratigrafica dei sondaggi C1-C2_DH-C3 è costituita sia da depositi coevi sia da depositi incoerenti. Depositi incoerenti = da molto sciolto a denso	NO

penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa	Depositi coesivi = da duri a durissimi	
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura 7.11.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5	Dalle analisi granulometriche eseguite dalla **Geoprove Spa** in merito ai campioni prelevati dalle verticali C1/C2-DH/C3 la distribuzione della curva risulta esterna ai limiti indicati in figura 7.11.1 delle NTC2018 come indicato nelle figure successive estratte direttamente dal Certificato di laboratorio.	SI

Tabella 11 – Esclusione dalla verifica a liquefazione

Di seguito sono mostrate le curve granulometriche stimate sui campioni prelevati e analizzati, sovrapposte agli schemi tratti direttamente dalle NTC2018 in merito alla possibilità che si verifichi il fenomeno della liquefazione.

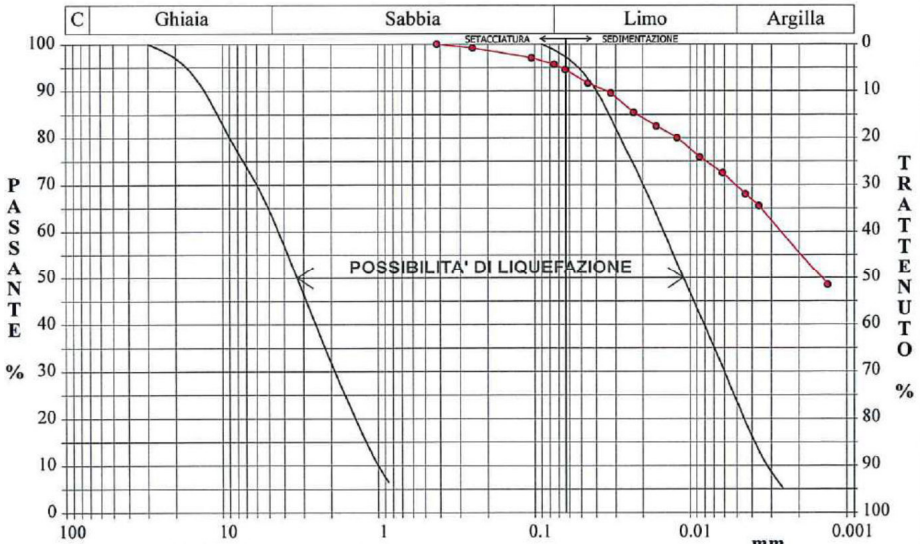


Figura 24 Distribuzione curva granulometrica campione C1/CI1 (8.50-9.0 m)

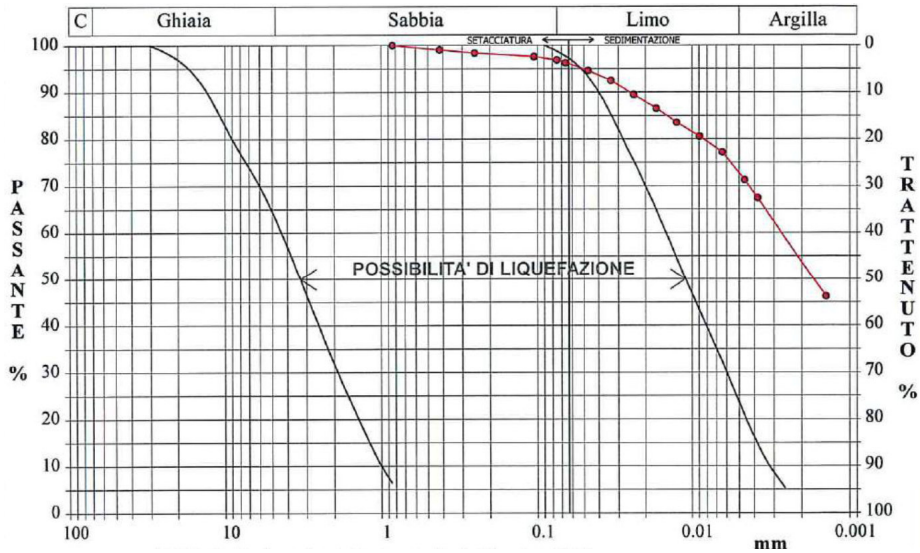


Figura 25 Distribuzione curva granulometrica campione C1/CI2 (18.0-18.5 m)

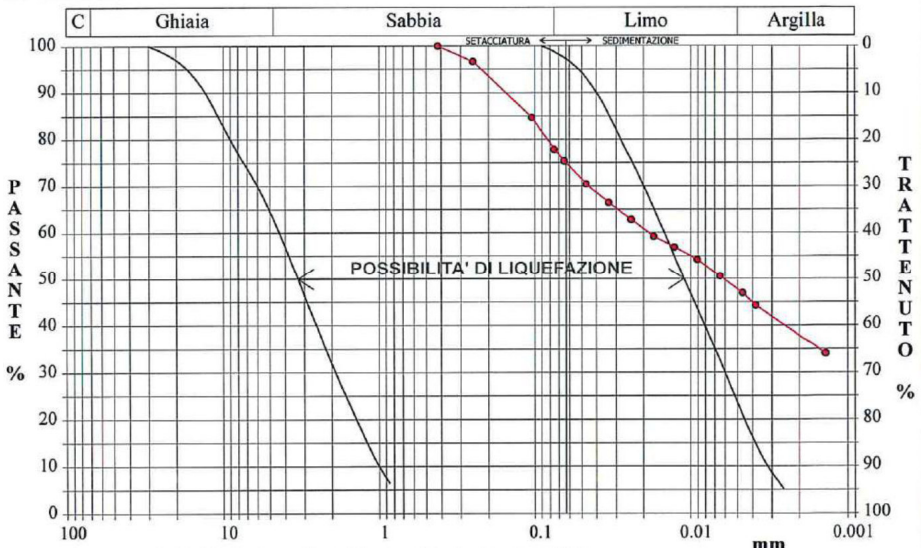


Figura 26 Distribuzione curva granulometrica campione C2-DH/CR1 (7.15-7.30 m)

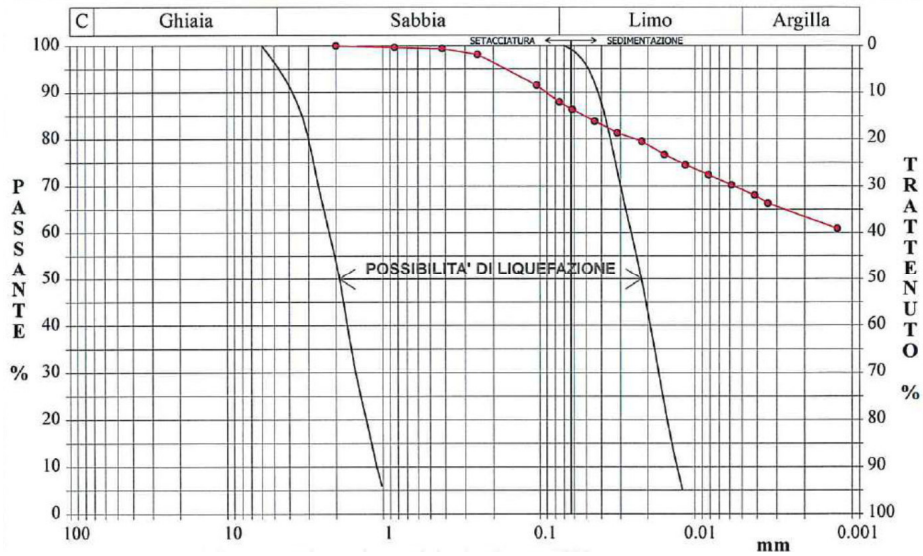


Figura 27 Distribuzione curva granulometrica campione C2-DH/CI1 (7.50-8.0 m)

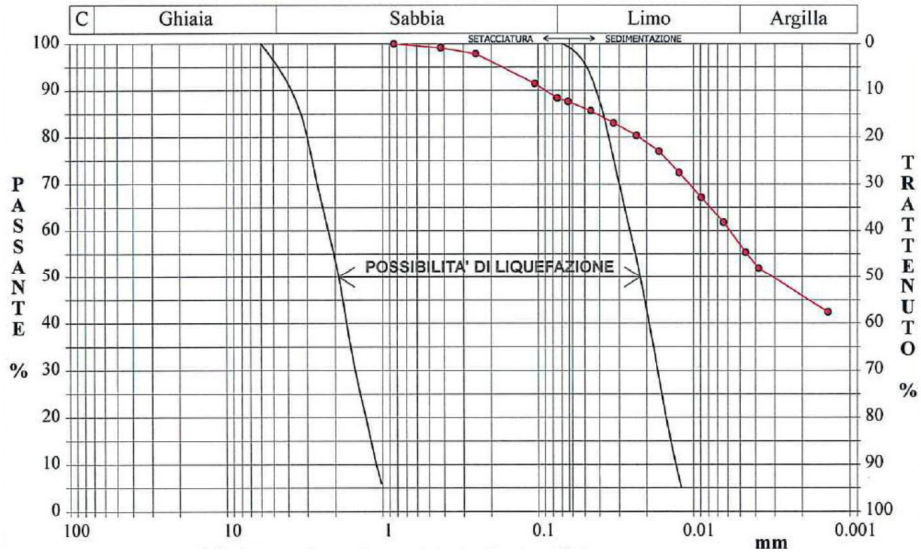


Figura 28 Distribuzione curva granulometrica campione C2-DH/CI2 (19.50-20.0 m)

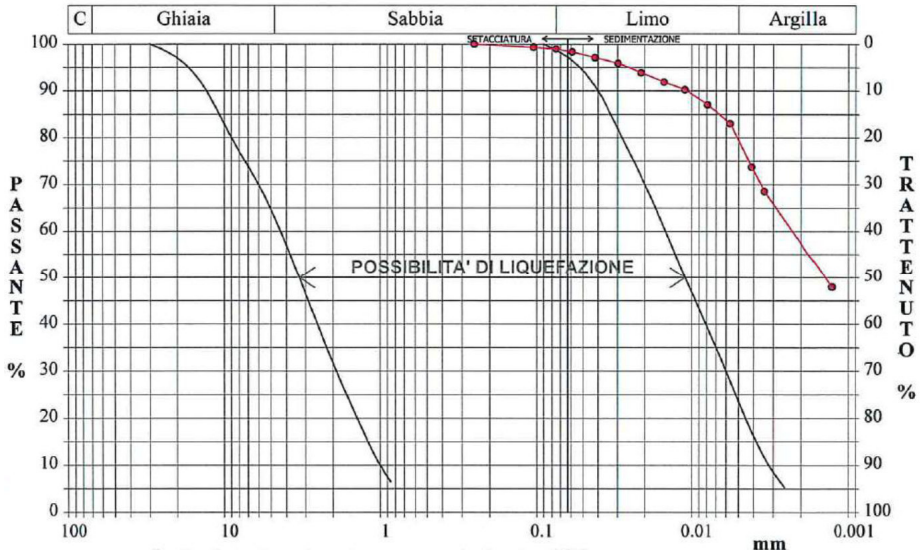


Figura 29 Distribuzione curva granulometrica campione C3 /CI1 (6.0-6.50 m)

I campioni prelevati alle varie profondità e in posizioni planimetriche differenti hanno permesso di stimare la distribuzione granulometrica almeno fino a -20 m da p.c. dell'area di indagine, evidenziando l'assenza di terreni che a seguito di eventi sismici possano dar luogo a fenomeni di liquefazione.
Sulla base di quanto esposto nella tabella precedente e delle relative figure, **si ritiene che la verifica a liquefazione possa essere omessa.**

10. SUGGERIMENTI ED INDICAZIONI OPERATIVE

La caratterizzazione geotecnica svolta ed i modelli derivati indicano che i terreni presenti nel sottosuolo hanno un comportamento prevalentemente coesivo UG1-UG3, incoerente subordinato (UG2), incoerente denso (UG4) con caratteristiche geotecniche che migliorano con la profondità.

Dalle indicazioni di carattere Progettuale:
"Le strutture dei corpi di fabbrica sono realizzate in parte in c.a. gettato in opera, relativamente ai tunnel biocelle, corpo biofiltro, palazzina uffici/officina, fondazioni ed elevazioni delle tettoie e fondazioni del capannone. Le strutture in elevazione del capannone sono invece prefabbricate in c.a.v. e c.a.p.."

- *"Il capannone avrà fondazioni costituite da pali su travi di collegamento. La fondazione sarà eseguita previo scavo di sbancamento fino a quota testa pali. Il sottofondo sarà costipato mediante cilindratura fino al raggiungimento del grado di addensamento richiesto, da accertare in sito mediante prove su piastra. Sarà eseguita, quindi, la bonifica, mediante posa in opera di tout venant di cava per lo spessore necessario o, se necessario, di misto cementato".*

Si suggerisce pertanto di fondare gli stessi nell'UG3 avente caratteristiche geotecniche soddisfacenti.

- *"Le strutture dei tunnel biocelle e del biofiltro è prevista in c.a. gettata in opera. Per la fondazione è prevista una platea. Data le particolari condizioni di esercizio ed ambientali, per i getti sono previsti confezionamenti speciali, oltre additivi e fibre, come meglio specificato nella apposita relazione illustrativa sui materiali strutturali. Il copriferro di tali strutture, per quanto accennato, è stato opportunamente maggiorato. Per l'impalcato di copertura delle biocelle è previsto un solaio prefabbricato".*

Per la realizzazione delle opere interrate (vasche di conferimento, biocelle, biofiltri), il Progettista deve tenere conto che la falda idrica superficiale ha una soggiacenza di circa -4 m dal p.c. locale.

"Le strutture della palazzina sono in c.a, quelle dei cassoni e delle vasche interrate sono previste in c.a. impermeabilizzato.
Le strutture complementari interrate non portanti in c.a., quali pozzetti, canali, cunicoli, saranno gettate in opera, mentre i manufatti per pozzetti e canalizzazioni idrauliche non di processo saranno realizzate con elementi prefabbricati in c.l.s.v."

11.CONCLUSIONI

La presente relazione sintetizza i dati raccolti (bibliografici e derivanti dal piano di indagini svolto con le successive elaborazioni) in modo da ricostruire il **"modello geologico-geotecnico e sismico del sottosuolo"** ai sensi delle NTC2018 dell'area d'intervento in cui è prevista la realizzazione delle opere meglio descritte in premessa.
In particolare è possibile affermare quanto segue:

- **Geologia**: l'area d'intervento appare geologicamente uniforme, è stata rilevata una successione sedimentaria della potenza di oltre 30 m di depositi fluvio-lacustri, costituita da una stratificazione sub-orizzontale con modeste variazioni laterali. In dettaglio troviamo: un primo livello costituito da alternanze di livelli argillosi e sabbiosi di spessore massimo 6.0 m sovrastanti a depositi strettamente argillosi e subordinatamente sabbiosi-ghiaiosi fino a circa 21 m e sedimenti sabbioso ghiaiosi fino a 30 m. I depositi incontrati rientrano in riferimento alla Carta Geologica di fig. 7 nei depositi AVM del Sintema di Valle Majelama (Pleistocene sup.).

- **Geomorfologia**: l'area dell'impianto presenta una morfologia sub-pianeggiante solo debolmente immergente verso Sud. Il sito è lontano dai versanti acclivi o scarpate dei rilievi collinari e non risulta interessato da forme che indichino dissesti in atto o quiescenti. Il sito è inserito nella zona a pericolosità geomorfologica bassa.

- **Idrografia**: il principale corso d'acqua del comprensorio è il Rio Aielli che scorre ad Est sito in esame, ad oltre 380 metri dall'area di impianto, in posizione geomorfologica favorevole in quanto l'alveo del corso d'acqua scorre alcuni metri più in basso.

- **Idrogeologia**: i depositi alluvionali del Sintema di Valle Majelama ospitano due falde principali;
  - Falda A (di interesse per l'impianto di Aielli) è quella superficiale posta a circa 4.0/5.0 m da p.c. avente una direzione di scorrimento lungo l'asse NO-SE.
  Tale falda in pressione nelle verticali di indagine è risaliente fino a -1.7 m da p.c.
  - Falda B profonda localizzata ad una quota media di 30/40 m dal p.c.; tale falda è localizzata in un "acquifero" costituito da ghiaie eterometriche sciolte ed è alimentata dagli acquiferi carbonatici profondi che per la loro mole di afflusso determinano una notevole risalita, in condizioni statiche, sino a circa -15.0 m da p.c.

- **Geotecnica** in riferimento alla suddivisione litologica eseguita in fig.17 (ai cui contenuti si rimanda per una visione dettagliata del modello geotecnico di riferimento MgR al di sotto di ogni fabbricato), la parametrizzazione dei dati derivate dalle indagini geognostiche eseguite (Sondaggi, prove penetrometriche, analisi di laboratorio) ha messo in luce la presenza di un modello geotecnico di dettaglio dell'area in oggetto costituito dalle unità geotecniche (UG) principali:
  - UG1 accorpa gli strati coesivi da plastici amolto duri (limi-argille)
  - UG2 accorpa gli strati incoerenti da molto sciolti a mod. addensati (sabbie-ghiaie)
  - UG3 accorpa gli strati coesivi molto duri (argille)
  - UG4 accorpa gli strati incoerenti densi (ghiaie)

- **Sismicità generale** Per l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 si evince che il territorio comunale di Aielli è classificato in "Zona 1", per cui in base alla citata Ordinanza, è collegato il valore dell'accelerazione sismica orizzontale al suolo ag=0.25g.

- **Sismicità locale**: dalle indagini geofisiche eseguite è emerso un modello sismico costituito da n°3 sismo-strati con lievi incrementi di velocità in senso verticale:

1 sismo-strato (velocità intervallari)	396<Vp (m/s)<478	189<Vs (m/s)<257
2 sismo-strato (velocità intervallari)	396<Vp (m/s)<1009	234<Vs (m/s)<359
3 sismo-strato (velocità intervallari)	797<Vp (m/s)<1289	497<Vs (m/s)<536

  Dai valori di velocità delle onde di taglio Sh stimate tramite indagine sismica in foro Down Hole è stato attribuito all'area in studio (par.fo 9.2.3) una **categoria C** riferita al piano di campagna; questa è definita come:
  "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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".

- **Liquefazione:** riguardo a questo fenomeno, come indicato al par.fo 9.2.6, si ritiene che le condizioni idrogeologiche locali consentano di ometterne la verifica, in quanto i terreni sono granulometricamente non predisposti.

Le informazioni precedenti hanno permesso di ricostruire il modello geolitologico-geotecnico e sismico di riferimento di fig.15-16-17-23 passante per l'area dove saranno ubicati i nuovi fabbricati, descritti nella relazione geologica, geotecnica e sismica sulle indagini.
Da tali modelli è emersa la presenza di depositi con caratteristiche geotecniche e sismiche discrete UG1-UG2 con un miglioramento consistente delle caratteristiche fisiche e meccaniche nell'UG3 e nell'UG4.

In conclusione, considerando l'entità e la tipologia delle opere in progetto, il modello geolitologico-geotecnico e sismico derivato dai dati ad oggi disponibili, si esprime un **parere positivo sulla fattibilità dell'intervento (FATTIBILITA' 2)**, ferme restando le indicazioni date nella presente relazione in particolar modo sul modo geotecnico di riferimento riassunto in fig.17.

Il geologo consulente
Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini

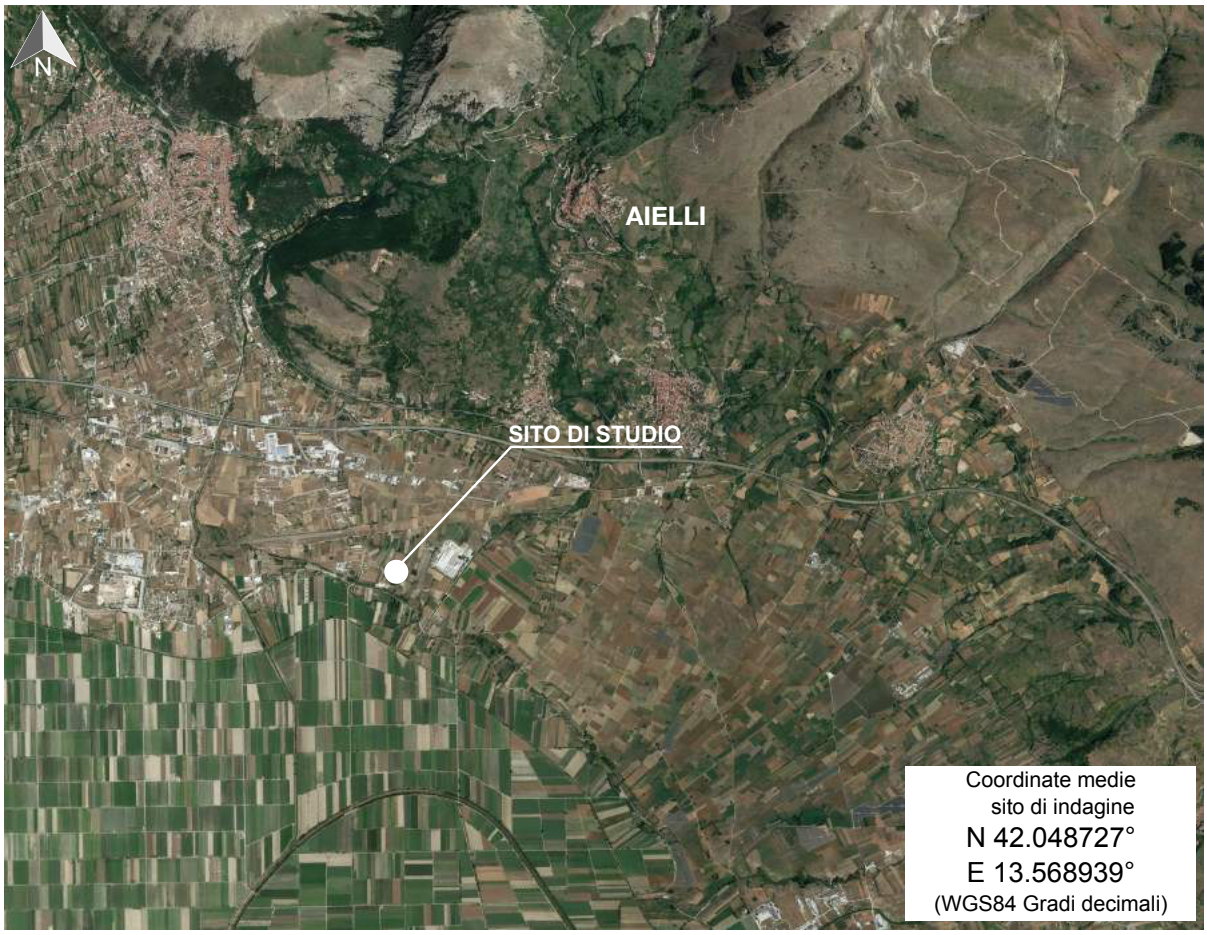
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. FERRUCCIO LORENZINI
N° 709

Il geologo collaboratore
Dott. Geol. Marco Bernarotti

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. MARCO BERNAROTTI
N° 1752
SEZ. A

REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DI L'AQUILA
COMUNE DI AIELLI

RAPPORTO INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE



Località La Stanga

REV.	DATA	COMMITTENTE	DIRETTORE TECNICO
0	24/05/2019	Torelli Dottori Spa	DIRETTORE TECNICO Dott. Geol. Michele Aureli
PER PRESA VISIONE			
PROGETTISTA		D.L. STRUTTURALE	GEOLOGO
			Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini

AURELI SOIL Srl
GEOTECHNICAL - GEOPHYSICS - STRUCTURAL HEALTH MONITORING - CONSOLIDATIONS - GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 - 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 - Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 - info@aurelisoil.it - aurelisoilpec.aurelisoil.it

AURELI SOIL srl

RAPPORTO INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOSIFICHE

Sommario

1. PREMESSA 3
2. SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO 5
2.1 ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE 5
2.2 UTENSILI DI PERFORAZIONE 6
2.3 MODALITA' ESECUTIVE DEL SONDAGGIO 6
2.4 FLUIDI DI CIRCOLAZIONE 7
2.5 STRATIGRAFIA, CASSETTE CATALOGATRICI E POSTAZIONE SONDAGGIO C1 (30 m) 8
2.6 STRATIGRAFIA, CASSETTE CATALOGATRICI E POSTAZIONE SONDAGGIO C2-DH (30 m) 17
2.7 STRATIGRAFIA, CASSETTE CATALOGATRICI E POSTAZIONE SONDAGGIO C3 (20 m) 26
3. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA IN FORO - SPT 34
3.1. ELABORAZIONE PROVE SPT 36
3.2. ELABORAZIONE PROVE SPT (SONDAGGIO C1) 36
3.3. ELABORAZIONE PROVE SPT (SONDAGGIO C2-DH) 39
3.4. ELABORAZIONE PROVE SPT (SONDAGGIO C3) 41
4. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE - DPSH 43
4.1 ELABORAZIONE PROVA DPSH1 44
4.2 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA DPSH1 47
5. PROVA PENETROMETRICA STATICA - CPT 48
5.1 ELABORAZIONE PROVA CPT1 48
5.2 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT1 52
5.3 ELABORAZIONE PROVA CPT2 53
5.4 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT2 56
6. PROVA SISMICA IN FORO TIPO DOWN HOLE 57
6.1 CENNI STORICI SUL METODO DOWN HOLE 57
6.2 MODALITA' DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI 63
6.3 PARAMETRIZZAZIONE ELASTODINAMICA 65
6.4 RISULTATI PROVA DOWN HOLE DH1 (30 m) 71
7. SISMICA A RIFRAZIONE 75
7.1 CENNI TEORICI SUL METODO 75
7.2 MODALITA' DI ACQUISIZIONE 77
7.3 ELABORAZIONE DATI 78
7.4 RISULTATI PROVA RF1 79
7.5 RISULTATI PROVA RF1 79
7.6 RISULTATI PROVA RF2 80
7.7 RISULTATI PROVA RF2 81

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Allegati:

- **All.1** Prova sismica a rifrazione in Onde P – RF1;
- **All.2** Prova sismica a rifrazione in Onde SH – RF1;
- **All.3** Prova sismica a rifrazione in Onde P – RF2;
- **All.4** Prova sismica a rifrazione in Onde SH – RF2;
- **All.5** Ubicazione indagini e documentazione fotografica;
- **All. 6** Certificati di laboratorio;

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

1. PREMESSA

Nei giorni **12/15/16/24 aprile 2019** è stata condotta una campagna d'indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, su incarico del **Geol. Ferruccio Lorenzini** e per conto di **Torelli Dottori S.p.A.**, in località **La Stanga**, ***Comune di Aielli*** (***AQ***), per il progetto ***"Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica"***.

Le indagini sono state condotte al fine di definire i caratteri geologici, geotecnici e sismici del terreno interessato dall'opera in progetto. Di seguito vengono elencate le indagini eseguite:

TIPOLOGIA DI INDAGINE	OBIETTIVO	DATA	QUANTITA'	PROVA/ PROFONDITA'/ LUNGHEZZA
Sondaggio Geognostico a c.c.	Ricostruzione rapporti stratigrafici e prelievo campioni	15/04/2019 16/04/2019	N°2	**C1 – 30 m** **C3 – 20 m**
Sondaggio Geognostico a c.c. attrezzato con Down-hole	Ricostruzione rapporti stratigrafici e prelievo campioni	12/04/2019	N°1	**C2-DH – 30 m**
Prelievo campione indisturbato	Caratterizzazione geotecnica del sito (caratteristiche fisiche, analisi granulometrica, prova di taglio diretto e prova edometrica)	12/04/2019 15/04/2019 16/04/2019	N°5	**C1/CI1 da 8,50 a 9,00 m** **C1/CI2 da 18,0 a 18,50 m** **C2-DH/CI1 da 7,50 a 8,00 m** **C2-DH/CI2 da 19,50 a 20,00 m** **C3/CI1 da 6,00 a 6,50 m**
Prelievo campione rimaneggiato	Caratterizzazione geotecnica del sito (analisi granulometrica)	12/04/2019	N°1	**C2-DH/CR1 da 7,15 a 7,30 m**
Prova Penetrometrica dinamica in foro - SPT	Caratterizzazione geotecnica del sito	12/04/2019 15/04/2019 16/04/2019	N°10	**C1/SPT1– 14,55 m** **C1/SPT2– 17,55 m** **C1/SPT3– 24,00 m** **C1/SPT4– 27,00 m** **C2-DH/SPT1– 14,50 m** **C2-DH/SPT2– 19,00 m** **C2-DH/SPT3– 24,00 m** **C2-DH/SPT4– 27,00 m** **C3/SPT1– 13,50 m** **C3/SPT2– 19,00 m**
Prova Penetrometrica dinamica superpesante - DPSH	Caratterizzazione geotecnica del sito	12/04/2019	N°1	**DPSH1 – da 0,00 a 2,20 m**

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Prova Penetrometrica statica - CPT	Caratterizzazione geotecnica del sito	12/04/2019	N°2	**CPT1 – da 2,20 a 8,60 m** **CPT2– 10,0 m**
Sismica in foro tipo Down-hole - onde P/Sh	Caratterizzazione del parametro VsEq per la categoria di suolo (D.M. 17-01-18)	24/04/2019	N°1	**DH1 – 30 m**
Sismica a rifrazione - onde P/Sh	Definizione dei rapporti geometrici tra i diversi sismostrati presenti	12/04/2019	N°2	**RF1 – 120 m** **RF2 – 120 m**

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2. SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO

La perforazione a fini geotecnici, è stata eseguita con le attrezzature aventi le caratteristiche e la potenza idonea allo scopo.

Si definisce sondaggio geotecnico una perforazione caratterizzata dalle seguenti modalità esecutive:

- carotaggio continuo e rappresentativo del terreno attraversato;
- descrizione stratigrafica a carattere geotecnico dei terreni attraversati;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno;
- esecuzione di prove geotecniche o geomeccaniche in foro;
- determinazione del livello piezometrico della falda, se presente;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

2.1 ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda a rotazione **CK 600 SL** carro cingolata.

Fig.1 – Sonda perforatrice tipo "CK 600 SL"

La macchina è progettata e costruita in conformità ai seguenti regolamenti:

- Direttiva 98/37 CE
- EN 791
- EN 292
- EN 60204-1
- EN 563
- ISO 4872-1978

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.2 UTENSILI DI PERFORAZIONE

La perforazione è stata eseguita a rotazione a "carotaggio continuo" secondo le norme tecniche prescritte:

- **Carotieri semplici, con valvola di testa a sfera e calice**

Diametro nominale ∅ est = 101 mm

Lunghezza utile = 150 cm

- **Corone di perforazione in widia**
- **Aste di perforazione in acciaio con filettatura tronco-conica**

Diametro esterno ∅ est = 76 mm.

- **Rivestimento provvisorio in acciaio**

Spessore tubo = 10 mm

Diametro interno ∅ int= 127 mm

Lunghezza spezzoni l = 150 cm

2.3 MODALITA' ESECUTIVE DEL SONDAGGIO

Il carotaggio è rappresentativo del terreno attraversato, con percentuale di recupero >85%, il carotiere semplice utilizzato è stato azionato da aste in acciaio.

La perforazione è stata seguita dal rivestimento provvisorio del foro. Le manovre di rivestimento sono state eseguite con l'uso di fluido in circolazione, la pressione del fluido è stata mantenuta la minore possibile e controllata mediante manometro.

Il disturbo arrecato al terreno è stato contenuto al minimo, fermando la scarpa del rivestimento a circa 50 cm dal fondo foro in modo da non investirlo in forma eccessivamente diretta con il getto di fluido in pressione.

Il battente di fluido in colonna è mantenuto prossimo a bocca foro mediante rabbocchi progressivi specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, che avviene con velocità iniziale molto bassa (1 ÷ 2 cm/sec), al fine di evitare effetti di risucchio che possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore dal terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

La quota del fondo foro è stata misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato e di prova geotecnica SPT.

Apposite manovre di pulizia vengono eseguite qualora la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio superi le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT

- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

La lunghezza esatta delle batterie di aste inserite nel foro è stata misurata e riportata, in una

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

apposita tabella, onde prevenire imprecisioni nella definizione delle profondità raggiunte. E' stata compilata una scheda stratigrafica del sondaggio completa di tutte le indicazioni necessarie alla descrizione con criteri geotecnici del materiale carotato.

2.4 FLUIDI DI CIRCOLAZIONE

Il fluido di circolazione nelle fasi di perforazione e di rivestimento, è costituito da acqua e fanghi polimerici.

Il fluido ha la funzione di raffreddamento, asportazione detriti ed eventuale sostentamento del foro, senza in alcun modo pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche ed il funzionamento della strumentazione.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.5 STRATIGRAFIA, CASSETTE CATALOGATRICI E POSTAZIONE SONDAGGIO C1 (30 m)

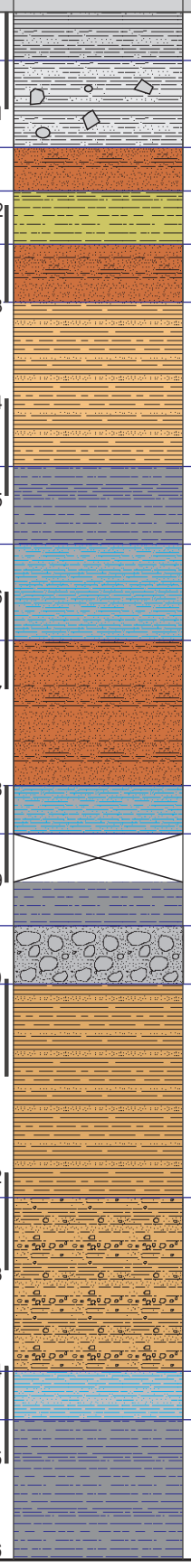
AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Ambiente e Sottosuolo
di Dott. Ferruccio Lorenzini
Idrogeotecnica applicata e geoservizi

Committente:	Ubicazione indagine:	Data esecuzione inizio/fine:	Controllo e D.L.:
ACIAM S.p.A. via Edison n°37 67051 Avezzano (AQ)	Loc. La Stanga - Comune di Aielli (AQ)	16.04.2019/16.04.2019	Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini
	Attrezzatura di perforazione: Sonda a rotazione CK 600 SL carro cingolata	Quota inizio foro (metri s.l.m.): 674	Profondità raggiunta: 30.0 metri da p.c.

SONDAGGIO C1

Giorni di perforazione | Carotiere | Velocità di avanzamento (metri/min) 0.0 0.6 1.2 | MANOVRE | Rivestimento Diametro interno/esterno | Profondità dal p.c. (m) | Scala riferimento (m) | STRATIGRAFIA (disegno) | Falda acquifera | DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI ED INDICAZIONE DEGLI SPESSORI | Tubazione per DH completamento e prof. dal p.c. | NSPT | Pocket Penetrometer (Kg) | Vane Test (Kg/cm²) | Altre prove | Campioni | Quota Campioni | Recupero %



Prof. (m)	Scala riferimento (m)	Descrizione	NSPT	Campioni	Quota Campioni
0.5		Suolo agricolo argilloso-limoso grigio chiaro deb. sabbioso			
1.4	1	Limi sabbiosi argillosi con ciottoli calcarei centimetrici di colore grigio chiaro			
1.85		Sabbie medio-fini deb. limose di colore rosso mattone			
2.4	2	Argille limose plastiche di colore beige			
3.0		Sabbie fini limose beige con sfumature rossastre mattone			
4.7	3 4	Argille limose beige consistenti talora con sottili intercalazioni (1-2 cm) di sabbie fini limose			
5.5	5	Argille limose grigio azzurre da plastiche a mediamente consistenti			
6.5	6	Sabbie fini limose consistenti grigio azzurre			
8.0	7	Sabbie fini a tratti medie di colore marrone/rosso mattone deb. limose			
8.5	8	Sabbie fini limose consistenti grigio azzurre			
9.45	9	Argilla con limo di colore grigio Argille grigio azzurre da plastiche a mediamente consistenti		C1/CI1	8.5 Q5 9.0
10.05	10	Ghiaie con ciottoli centimetrici (0.5-1.0 cm e 3.0-4.0 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa di colore grigio chiaro			
12.25	11 12	Argille limose deb. sabbiose marroni mediamente consistente			
14.05	13	Argille limose deb. sabbiose e ghiaiose marroni mediamente consistente			
14.55	14	Limi e sabbie fini consistenti grigio azzurre	14.55		
16	15	Argille limose grigio azzurre plastiche mediamente consistenti. Dure da -19.0 m. A 19.0 m sottile strato di sabbie nere 3.0-4.0 cm. A 20.95 m presenza di sabbie limose nere	35		

Note generali:

- Prove SPT
C1/SPT1 (14.55 m) = 19/17/18
C1/SPT 2 (17,55) = 13/15/17
C1/SPT3 (24.0 m) = 33/RIF
C1/SPT4 (27.0 m) = 44/RIF

- Campione
C1/CI1 (8.5-9.0 m)
C1/CI2 (18.0-18.5 m)

Simboli perforazione:
- Carotaggio senza cestello
- Carotaggio con inserimento del cestello
- Campione indisturbato con fustella Shelby
- Campione disturbato prelevato dalla cassetta cat.ce

Note SPT in foro:

Tipologia di punta dello strumento:
- Punta aperta
- Punta chiusa

Classifica orientativa dello stato di compattezza dei terreni incoerenti e coesivi (AGI, 1977)

N (numero di colpi)	Terreni incoerenti - stato addensamento
0 - 4	Sciolto
4 - 10	Poco addensato
10 - 30	Moderatamente addensato
30 - 50	Addensato
>50	Molto addensato

N (numero di colpi)	Terreni coesivi - stato consistenza
<2	Privo di consistenza
2 - 4	Poco consistente (molle)
4 - 8	Moderatamente consistente
8 - 15	Consistente
15 - 30	Molto consistente
>30	Estremamente consistente (duro)

Ambiente e Sottosuolo
di Dott. Ferruccio Lorenzini
Idrogeotecnica applicata e geoservizi

Committente:	Ubicazione indagine:	Data esecuzione inizio/fine:	Controllo e D.L.:
ACIAM S.p.A. via Edison n°37 67051 Avezzano (AQ)	Loc. La Stanga - Comune di Aielli (AQ)	16.04.2019/16.04.2019	Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini
	Attrezzatura di perforazione: Sonda a rotazione CK 600 SL carro cingolata	Quota inizio foro (metri s.l.m.): 674	Profondità raggiunta: 30.0 metri da p.c.

SONDAGGIO C1

Giorni di perforazione | Carotiere | Velocità di avanzamento (metri/min) 0.0 0.6 1.2 | MANOVRE | Rivestimento Diametro interno/esterno | Profondità dal p.c. (m) | Scala riferimento (m) | STRATIGRAFIA (disegno) | Falda acquifera | DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI ED INDICAZIONE DEGLI SPESSORI | Tubazione per DH completamento e prof. dal p.c. | NSPT | Pocket Penetrometer (Kg) | Vane Test (Kg/cm²) | Altre prove | Campioni | Quota Campioni | Recupero %

Profondità dal p.c. (m)	Descrizione	NSPT	Campioni	Quota Campioni
	Argille limose grigio azzurre plastiche mediamente consistenti. Dure da -19.0 m. A 19.0 m sottile strato di sabbie nere 3.0-4.0 cm. A 20.95 m presenza di sabbie limose nere	17.55 32		
	Argilla limosa di colore grigio scuro		C1/CI2 Q5	18.0 18.5
	Argille limose grigio azzurre plastiche mediamente consistenti. Dure da -19.0 m. A 19.0 m sottile strato di sabbie nere 3.0-4.0 cm. A 20.95 m presenza di sabbie limose nere			
21.0	Sabbie eterometriche e ghiaie minute con abbondante matrice limosa di colore beige chiaro			
22.0	Ghiaie medio grossolane con ciottoli calcarei ben arrotondati con matrice sabbiosa a tratti limosa.			
23.0	Sabbie fini limose marroni/mattone compatti. Presenza di straterello sottile di ghiaie minute	24.0 RIF		
25.0	Sabbie medio-grossolane e ghiaie eterometriche con ciottoli anche di 5-7 cm di colore beige chiaro	27.0 RIF		
29.4	Limi e sabbie fini marroni/mattone compatti con immersi ciottoli ben arrotondati di 0.5-1.0 cm	30.0		
30.0				

UBICAZIONE SONDAGGIO C1

Estratti da Google Earth (07/07/2017)

CASSETTE CATALOGATRICI

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C1 (30 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,049276° E 13,569158° (WGS84 Gradi decimali)

CASSETTA C1 (0 - 5 m)

CASSETTA C2 (5 - 10 m)

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C1 (30 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,049276° E 13,569158° (WGS84 Gradi decimali)

CASSETTA C3 (10 - 15 m)

CASSETTA C4 (15 - 20 m)

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C1 (30 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,049276° E 13,569158° (WGS84 Gradi decimali)

CASSETTA C5 (20 - 25 m)

CASSETTA C6 (25 - 30 m)

AURELI SOIL Srl

GEOTECHNICAL - GEOPHYSICS - STRUCTURAL HEALTH MONITORING - CONSOLIDATIONS - GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C1 (30 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,049276° E 13,569158° (WGS84 Gradi decimali)

FOTO POSTAZIONE

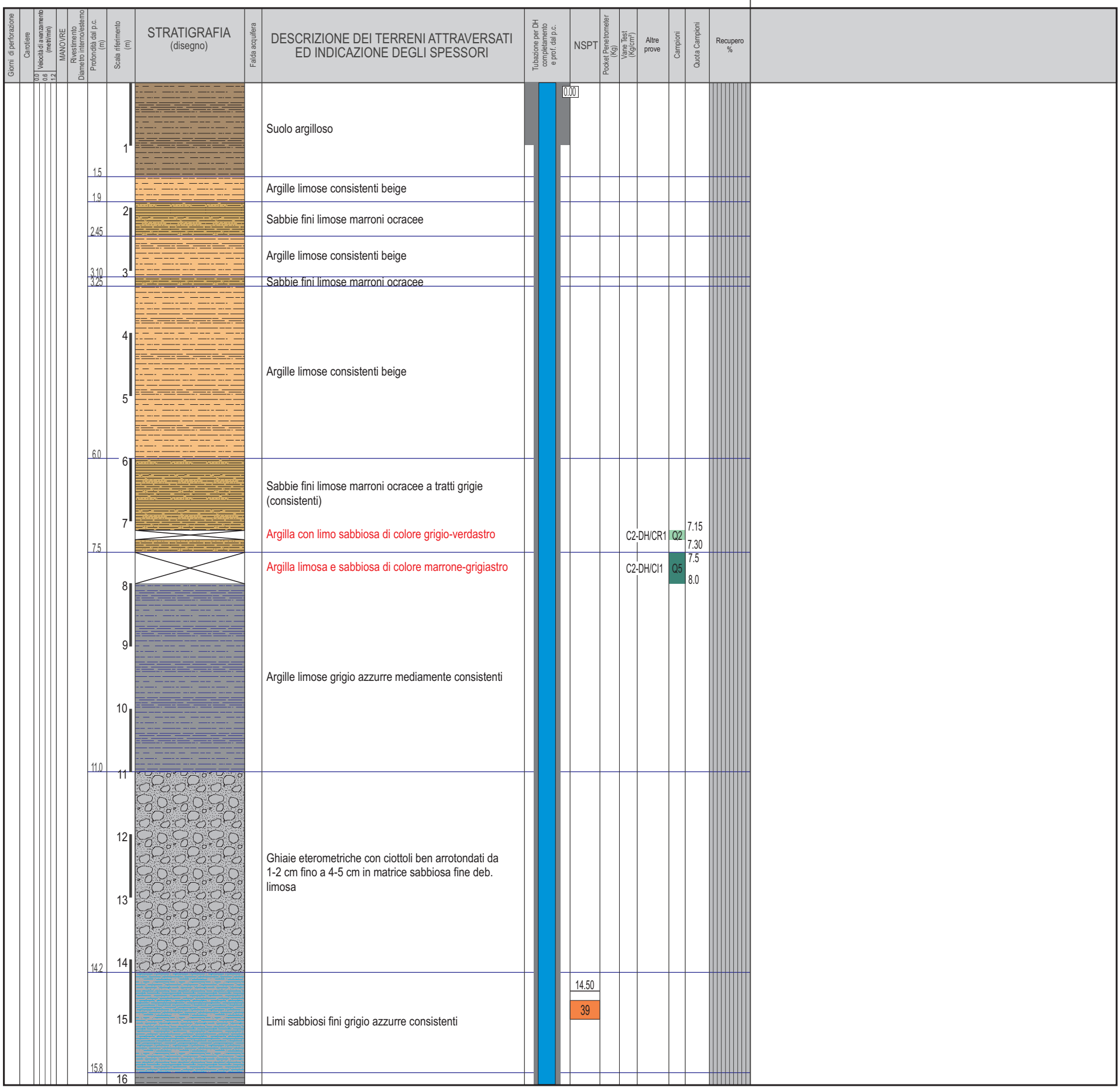
2.6 STRATIGRAFIA, CASSETTE CATALOGATRICI E POSTAZIONE SONDAGGIO C2-DH (30 m)

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Ambiente e Sottosuolo
di Dott. Ferruccio Lorenzini
Idrogeotecnica applicata e geoservizi

Committente:	Ubicazione indagine:	Data esecuzione inizio/fine:	Controllo e D.L.:
ACIAM S.p.A. via Edison n°37 67051 Avezzano (AQ)	Loc. La Stanga - Comune di Aielli (AQ)	12.04.2019/12.04.2019	Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini
	Attrezzatura di perforazione: Sonda a rotazione CK 600 SL carro cingolata	Quota inizio foro (metri s.l.m.): 674	Profondità raggiunta: 30.0 metri da p.c.

SONDAGGIO C2-DH



Note generali:

- Prove SPT
C2-DH/SPT1 (14.50) = 12/18/21
C2-DH/SPT2 (19.0 m) = 10/14/18
C2-DH/SPT3 (24.0 m) = 43/RIF
C2-DH/SPT4 (27.0 m) = 39/RIF

- Campione
C2-DH/CR1 (7.15-7.30 m)
C2-DH/CI1 (7.50-8.0 m)
C2-DH/CI2 (19.5-20.0 m)

Simboli perforazione:

- Carotaggio senza cestello
- Carotaggio con inserimento del cestello
- Campione indisturbato con fustella Shelby
- Campione disturbato prelevato dalla cassetta cat.ce

Simboli completamento:

- Tubo in PVC diametro 90 mm spessore 4.5 mm in barre da 3 m a filetto nello spessore
- Boiacca di cemento

Note SPT in foro:

Tipologia di punta dello strumento:

- Punta aperta
- Punta chiusa

Classifica orientativa dello stato di compattezza dei terreni incoerenti e coesivi (AGI, 1977)

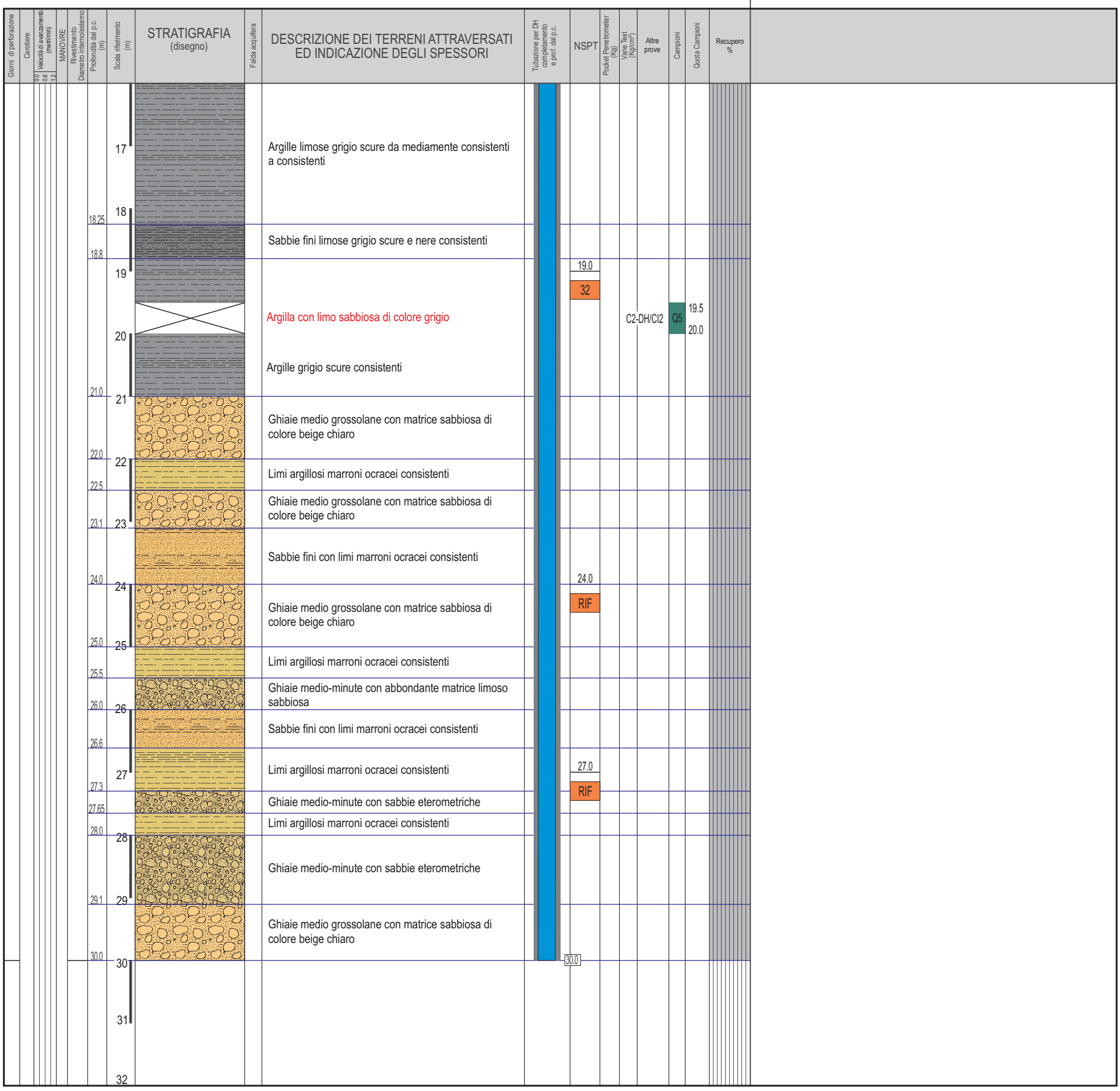
N (numero di colpi)	Terreni incoerenti - stato addensamento
0 - 4	Sciolto
4 - 10	Poco addensato
10 - 30	Moderatamente addensato
30 - 50	Addensato
>50	Molto addensato

N (numero di colpi)	Terreni coesivi - stato consistenza
<2	Privo di consistenza
2 - 4	Poco consistente (molle)
4 - 8	Moderatamente consistente
8 - 15	Consistente
15 - 30	Molto consistente
>30	Estremamente consistente (duro)

Ambiente e Sottosuolo
di Dott. Ferruccio Lorenzini
Idrogeotecnica applicata e geoservizi

Committente:	Ubicazione indagine:	Data esecuzione inizio/fine:	Controllo e D.L.:
ACIAM S.p.A. via Edison n°37 67051 Avezzano (AQ)	Loc. La Stanga - Comune di Aielli (AQ)	12.04.2019/12.04.2019	Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini
	Attrezzatura di perforazione: Sonda a rotazione CK 600 SL carro cingolata	Quota inizio foro (metri s.l.m.): 674	Profondità raggiunta: 30.0 metri da p.c.

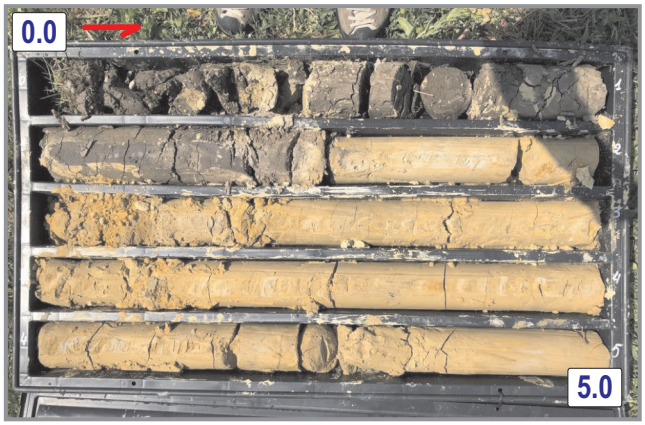
SONDAGGIO C2-DH

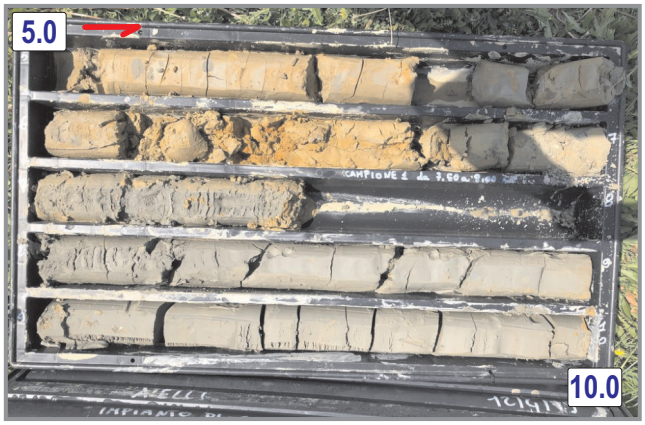


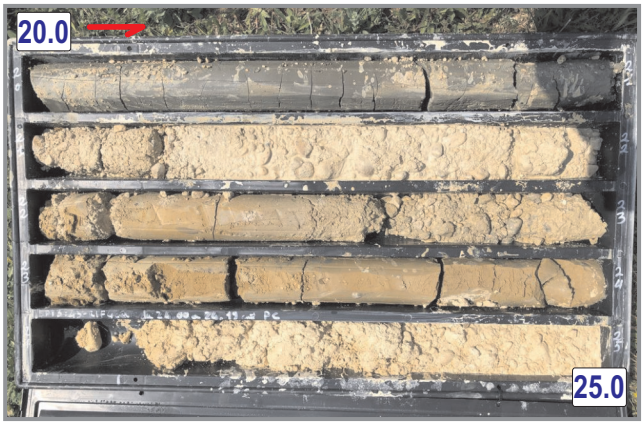
UBICAZIONE SONDAGGIO C2

Estratti da Google Earth (07/07/2017)

CASSETTE CATALOGATRICI







AURELI SOIL Srl

GEOTECHNICAL - GEOPHYSICS - STRUCTURAL HEALTH MONITORING - CONSOLIDATIONS - GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C2-DH (30 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,048661° E 13,569666° (WGS84 Gradi decimali)

CASSETTA C1 (0 - 5 m)

CASSETTA C2 (5 - 10 m)

AURELI SOIL Srl

GEOTECHNICAL - GEOPHYSICS - STRUCTURAL HEALTH MONITORING - CONSOLIDATIONS - GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C2-DH (30 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,048661° E 13,569666° (WGS84 Gradi decimali)

CASSETTA C3 (10 - 15 m)

CASSETTA C4 (15 - 20 m)

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C2-DH (30 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,048661° E 13,569666° (WGS84 Gradi decimali)

CASSETTA C5 (20 - 25 m)

CASSETTA C6 (25 - 30 m)

AURELI SOIL Srl

GEOTECHNICAL - GEOPHYSICS - STRUCTURAL HEALTH MONITORING - CONSOLIDATIONS - GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C2-DH (30 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,048661° E 13,569666° (WGS84 Gradi decimali)

FOTO POSTAZIONE

FOTO POZZETTO

2.7 STRATIGRAFIA, CASSETTE CATALOGATRICI E POSTAZIONE SONDAGGIO C3 (20 m)

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Ambiente e Sottosuolo
di Dott. Ferruccio Lorenzini
Idrogeotecnica applicata e geoservizi

Committente:	Ubicazione indagine:	Data esecuzione inizio/fine:	Controllo e D.L.:
ACIAM S.p.A. via Edison n°37 67051 Avezzano (AQ)	Loc. La Stanga - Comune di Aielli (AQ)	15.04.2019/15.04.2019	Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini
	Attrezzatura di perforazione: Sonda a rotazione CK 600 SL carro cingolata	Quota inizio foro (metri s.l.m.): 674	Profondità raggiunta: 20.0 metri da p.c.

SONDAGGIO C3

Giorni di perforazione | Carotiere | Velocità di avanzamento (metri/min) 0.0 0.6 1.2 | MANOVRE | Rivestimento Diametro interno/esterno | Profondità dal p.c. (m) | Scala riferimento (m) | STRATIGRAFIA (disegno) | Falda acquifera | DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI ED INDICAZIONE DEGLI SPESSORI | Tubazione per DH completamento e prof. dal p.c. | NSPT | Pocket Penetrometer (Kg) | Vane Test (Kg/cm²) | Altre prove | Campioni | Quota Campioni | Recupero %

Profondità dal p.c. (m)	Descrizione dei terreni attraversati ed indicazione degli spessori
0.2	Asfalto
0.9	Riporto composto da ghiaia stabilizzata
1.5	Argille limose grigio scure con ciottoli (rimaneggiato)
2.0	Ghiaie medie con poca matrice sabbiosa-limosa grigio beige. Presenza di ciottoli ben arrotondati 1-2 cm
2.90	Argille limose marroni cammello, consistenti
5.0	Limi e sabbie fini marroni cammello, consistenti
6.0	Argille limose mediamente consistenti marrone cammello
7.0	Argilla limosa di colore giallo-olivastro Argille grigio azzurre plastiche
9.0	Sabbie fini con limi grigio-azzurre consistenti
12.0	Argille limose grigio azzurre consistenti con alcuni livelletti centimetrici di sabbie fini limose
13.0	Sabbie fini limose grigio azzurre consistenti
14.6	Ghiaie medie con matrice di sabbie fini grigio chiaro
15.0	Sabbie fini limose grigio azzurre consistenti
15.7	Ghiaie medie con matrice di sabbie fini grigio chiaro

Campioni: C3/CI1 Q5 6.0 6.5

Prove SPT: 13.5 RIF

Note generali:

- Prove SPT
C3/SPT1 (13.5 m) = 10/14/RIF
C3/SPT2 (19.0 m) = 12/15/19

- Campione
C3/CI1 = (6.0-6.5 m)

Simboli perforazione:
- Carotaggio senza cestello
- Carotaggio con inserimento del cestello
- Campione indisturbato con fustella Shelby
- Campione disturbato prelevato dalla cassetta cat.ce

Note SPT in foro:

Tipologia di punta dello strumento:
- Punta aperta
- Punta chiusa

Classifica orientativa dello stato di compattezza dei terreni incoerenti e coesivi (AGI, 1977)

N (numero di colpi)	Terreni incoerenti - stato addensamento
0 - 4	Sciolto
4 - 10	Poco addensato
10 - 30	Moderatamente addensato
30 - 50	Addensato
>50	Molto addensato

N (numero di colpi)	Terreni coesivi - stato consistenza
<2	Privo di consistenza
2 - 4	Poco consistente (molle)
4 - 8	Moderatamente consistente
8 - 15	Consistente
15 - 30	Molto consistente
>30	Estremamente consistente (duro)

Ambiente e Sottosuolo
di Dott. Ferruccio Lorenzini
Idrogeotecnica applicata e geoservizi

Committente:	Ubicazione indagine:	Data esecuzione inizio/fine:	Controllo e D.L.:
ACIAM S.p.A. via Edison n°37 67051 Avezzano (AQ)	Loc. La Stanga - Comune di Aielli (AQ)	15.04.2019/15.04.2019	Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini
	Attrezzatura di perforazione: Sonda a rotazione CK 600 SL carro cingolata	Quota inizio foro (metri s.l.m.): 674	Profondità raggiunta: 20.0 metri da p.c.

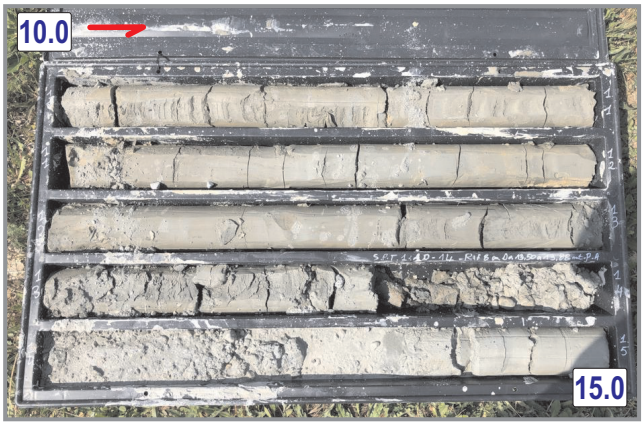
SONDAGGIO C3

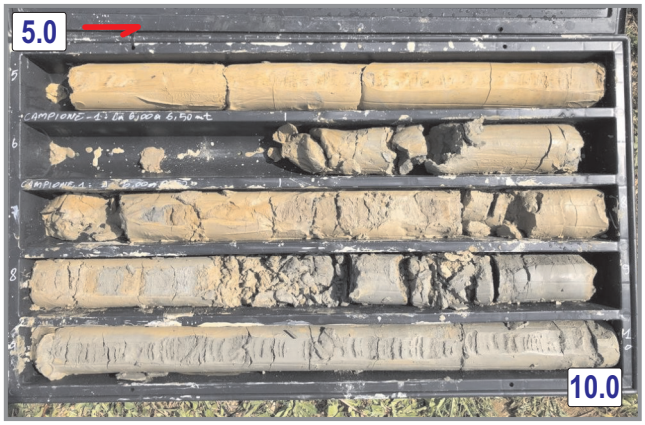
Giorni di perforazione	Carotiere	Velocità di avanzamento (metri/min) 0.0 0.6 1.2	MANOVRE	Rivestimento Diametro interno/esterno	Profondità dal p.c. (m)	Scala riferimento (m)	STRATIGRAFIA (disegno)	Falda acquifera	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI ED INDICAZIONE DEGLI SPESSORI	Tubazione per DH completamento e prof. dal p.c.	NSPT	Pocket Penetrometer (Kg)	Vane Test (Kg/cm²)	Altre prove	Campioni	Quota Campioni	Recupero %	Note
					16.80				Sabbie fini limose grigio azzurre consistenti									
						17 18 19			Argille limose grigio azzurre da plastiche a mediamente consistenti		19.0 34							
					20.0	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32												

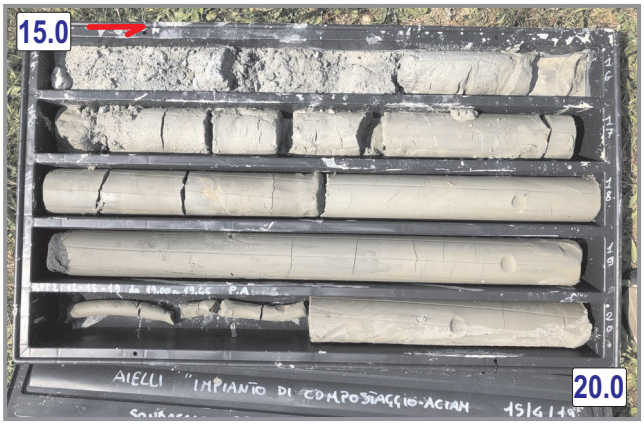
UBICAZIONE SONDAGGIO C3

Estratti da Google Earth (07/07/2017)

CASSETTE CATALOGATRICI







SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C3 (20 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,047871° E 13,569725° (WGS84 Gradi decimali)

CASSETTA C1 (0 - 5 m)

CASSETTA C2 (5 - 10 m)

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C3 (20 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,047871° E 13,569725° (WGS84 Gradi decimali)

CASSETTA C3 (10 - 15 m)

CASSETTA C4 (15 - 20 m)

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C.	C3 (20 m)
COMUNE DI AIELLI (AQ) LOC. LA STANGA	N 42,047871° E 13,569725° (WGS84 Gradi decimali)
FOTO POSTAZIONE	

3. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA IN FORO - SPT

Nel corso dei sondaggi sono stati eseguiti **n°10** prove di resistenza alla penetrazione "SPT" utilizzando un'attrezzatura standard secondo le modalità di esecuzione indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana" del 1977.

SONDAGGIO	*PROVA*	*PROFONDITA (m)*	*NUMERO DI COLPI*
C1	**SPT1**	**14,55**	**19-17-18**
C1	**SPT2**	**17,55**	**13-15-17**
C1	**SPT3**	**24,00**	**33-50-50**
C1	**SPT4**	**27,00**	**44-50-50**
C2	**SPT1**	**14,50**	**12-18-21**
C2	**SPT2**	**19,00**	**10-14-18**
C2	**SPT3**	**24,00**	**43-50-50**
C2	**SPT4**	**27,00**	**39-50-50**
C3	**SPT1**	**13,50**	**10-14-50**
C3	**SPT2**	**19,00**	**12-15-19**

Tali prove si eseguono preferibilmente in terreni granulari (sabbie e ghiaie fini), tuttavia si possono eseguire in qualsiasi terreno sciolto e su alcune rocce tenere allo scopo di determinare grado di addensamento / consistenza / resistenza.

Si riassumono brevemente le caratteristiche tecniche della prova "SPT":

Campionatore:

- Raymond di diametro esterno 51 mm, diametro interno 35 mm, lunghezza minima 457 mm, con scarpa standard a punta aperta come utensile di penetrazione;
- Aste collegate al campionatore di lunghezza 1.50 m, diametro esterno 50 mm e peso di 7.47 kg/ml.

Dispositivo di battuta avente peso non superiore a 115 Kg, comprende:

- testa di battuta in acciaio avvitata all'estremità della batteria di aste;
- massa battente o maglio di 63.5 kg;
- dispositivo di guida e rilascio del maglio, a sganciamento automatico, che assicura una corsa a caduta libera di 76 cm.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

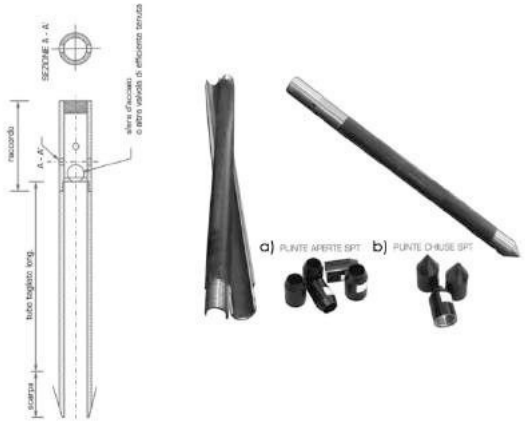


Fig.1 – Campionatore a punta aperta (a) - a punta chiusa (b)

Ogni determinazione di prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro con verifica della coincidenza della quota di attestazione della punta con profondità misurata dopo la pulizia del foro (tolleranza di +/- 7 cm); la prova consiste nel fare penetrare il campionatore posato al fondo foro per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero dei colpi necessari (N1, N2, N3).

Con il primo tratto detto avviamento si intende superare la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione. Nel caso di un terreno molto addensato con N1 = 50 ed avanzamento minore di 15 cm l'infissione deve essere sospesa: la prova dichiarata conclusa in base alle raccomandazioni AGI 1977 e si annota la relativa penetrazione.

Se il tratto di avviamento viene superato si conteggiano N2 e N3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm) fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2+N3) raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto.

Pertanto il parametro caratteristico della prova, prescindendo dai casi particolari di rifiuto è: Nspt = N2 + N3 che esprime il numero di colpi caratteristico per 30 cm utili di perforazione.

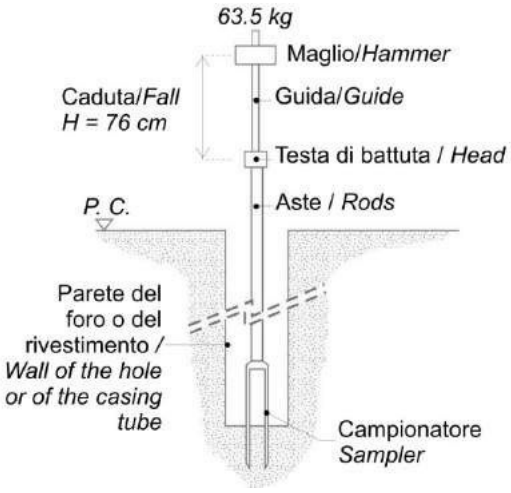


Fig.2 – Modalità di esecuzione della prova SPT

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

3.1. ELABORAZIONE PROVE SPT

Committente: **Torelli Dottori S.p.A.** Località: **La Stanga - Aielli (AQ)**	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SPT HOLE

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.76 m
Peso sistema di battuta	4.2 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N (30)
Coeff. Correlazione	0.997
Rivestimento/fanghi	No

3.2. ELABORAZIONE PROVE SPT (SONDAGGIO C1)

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 16/04/2019
Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
14.70	19
14.85	17
15.00	18
17.70	13
17.85	15
18.00	17
24.15	33
24.30	50
24.45	50
27.15	44
27.30	50
27.45	50

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT

TERRENI COESIVI
Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
SPT1	34.895	0.00-15.00	Shioi - Fukui 1982	1.75
SPT2	31.904	15.00-18.00	Shioi - Fukui 1982	1.60

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
SPT1	34.895	0.00-15.00	Stroud e Butler (1975)	160.10
SPT2	31.904	15.00-18.00	Stroud e Butler (1975)	146.38

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
SPT1	34.895	0.00-15.00	--	115.43
SPT2	31.904	15.00-18.00	--	105.33

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
SPT1	34.895	0.00-15.00	Meyerhof	2.28
SPT2	31.904	15.00-18.00	Meyerhof	2.20

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
SPT1	34.895	0.00-15.00	Meyerhof	2.50
SPT2	31.904	15.00-18.00	Meyerhof	2.43

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
SPT3	99.7	18.00-24.45	57.35	Gibbs & Holtz 1957	53.65
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Gibbs & Holtz 1957	48.86

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
SPT3	99.7	18.00-24.45	57.35	Malcev (1964)	28.75
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Malcev (1964)	28.31

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
SPT3	99.7	18.00-24.45	57.35	--	123.02
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	--	123.02

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
SPT3	99.7	18.00-24.45	57.35	Begemann 1974	145.26
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Begemann 1974	145.26

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
SPT3	99.7	18.00-24.45	57.35	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m^3)
SPT3	99.7	18.00-24.45	57.35	Meyerhof et al.	2.16
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Meyerhof et al.	2.16

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m^3)
SPT3	99.7	18.00-24.45	57.35	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.27
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.27

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
SPT3	99.7	18.00-24.45	57.35	(A.G.I.)	0.24
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	(A.G.I.)	0.24

Modulo di deformazione a taglio statico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm^2)
SPT3	99.7	18.00-24.45	57.35	--	49.61
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	--	49.61

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

3.3. ELABORAZIONE PROVE SPT (SONDAGGIO C2-DH)

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 12/04/2019
Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
14.65	12
14.80	18
14.95	21
19.15	10
19.30	14
19.45	18
24.15	43
24.30	50
24.45	50
27.15	39
27.30	50
27.45	50

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
SPT1	38.883	0.00-14.95	Shioi - Fukui 1982	1.94
SPT2	31.904	14.95-19.45	Shioi - Fukui 1982	1.60

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
SPT1	38.883	0.00-14.95	Stroud e Butler (1975)	178.40
SPT2	31.904	14.95-19.45	Stroud e Butler (1975)	146.38

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
SPT1	38.883	0.00-14.95	--	132.23
SPT2	31.904	14.95-19.45	--	105.33

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
SPT1	38.883	0.00-14.95	Meyerhof	2.46
SPT2	31.904	14.95-19.45	Meyerhof	2.20

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
SPT1	38.883	0.00-14.95	Meyerhof	2.50
SPT2	31.904	14.95-19.45	Meyerhof	2.43

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
SPT3	99.7	19.45-24.45	57.35	Gibbs & Holtz 1957	50.98
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Gibbs & Holtz 1957	47.25

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
SPT3	99.7	19.45-24.45	57.35	Meyerhof (1956)	28.50
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Meyerhof (1956)	28.16

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
SPT3	99.7	19.45-24.45	57.35	--	123.02
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	--	123.02

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
SPT3	99.7	19.45-24.45	57.35	Begemann 1974	145.26
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Begemann 1974	145.26

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
SPT3	99.7	19.45-24.45	57.35	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
SPT3	99.7	19.45-24.45	57.35	Meyerhof et al.	2.16
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Meyerhof et al.	2.16

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
SPT3	99.7	19.45-24.45	57.35	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.27
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.27

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
SPT3	99.7	19.45-24.45	57.35	(A.G.I.)	0.24
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	(A.G.I.)	0.24

Modulo di deformazione a taglio statico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
SPT3	99.7	19.45-24.45	57.35	--	49.61
SPT4	99.7	24.45-27.45	57.35	--	49.61

3.4. ELABORAZIONE PROVE SPT (SONDAGGIO C3)

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 15/04/2019
Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
13.65	10
13.80	14
13.95	50
19.15	12
19.30	15
19.45	19

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
SPT2	33.898	13.95-19.45	Shioi - Fukui 1982	1.70

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
SPT2	33.898	13.95-19.45	Stroud e Butler (1975)	155.52

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
SPT2	33.898	13.95-19.45	--	111.82

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
SPT2	33.898	13.95-19.45	Meyerhof	2.25

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
SPT2	33.898	13.95-19.45	Meyerhof	2.50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
SPT1	63.808	0.00-13.95	39.404	Gibbs & Holtz 1957	65.77

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
SPT1	63.808	0.00-13.95	39.404	Meyerhof (1956)	30.66

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
SPT1	63.808	0.00-13.95	39.404	--	84.48

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
SPT1	63.808	0.00-13.95	39.404	Begemann 1974	108.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
SPT1	63.808	0.00-13.95	39.404	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
SPT1	63.808	0.00-13.95	39.404	Meyerhof et al.	2.10

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
SPT1	63.808	0.00-13.95	39.404	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.20

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
SPT1	63.808	0.00-13.95	39.404	(A.G.I.)	0.28

Modulo di deformazione a taglio statico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
SPT1	63.808	0.00-13.95	39.404	--	33.00

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

4. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE - DPSH

Committente: **Torelli Dottori S.p.A.** Località: **La Stanga – Aielli (AQ)**	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
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 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 °

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

4.1 ELABORAZIONE PROVA DPSH1

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 12/04/2019
Profondità prova 2.20 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	6	0.855	53.88	63.04	2.69	3.15
0.40	23	0.751	181.44	241.67	9.07	12.08
0.60	14	0.797	107.60	135.01	5.38	6.75
0.80	9	0.843	73.19	86.79	3.66	4.34
1.00	6	0.840	48.59	57.86	2.43	2.89
1.20	5	0.836	40.32	48.22	2.02	2.41
1.40	5	0.833	40.16	48.22	2.01	2.41
1.60	4	0.830	29.57	35.64	1.48	1.78
1.80	2	0.826	14.73	17.82	0.74	0.89
2.00	1	0.823	7.34	8.91	0.37	0.45
2.20	1	0.820	7.31	8.91	0.37	0.45

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	13	131.63	Incoerente - coesivo	2.1	2.31	0.08	1.47	19.11	Strato 1
2.2	3.43	32.23	Incoerente - coesivo	1.76	1.88	0.29	1.47	5.04	Strato 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

TERRENI COESIVI
Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	Shioi - Fukui 1982	0.96
Strato 2	5.04	0.80-2.20	Shioi - Fukui 1982	0.25

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	Stroud e Butler (1975)	87.68
Strato 2	5.04	0.80-2.20	Stroud e Butler (1975)	23.12

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	--	60.80
Strato 2	5.04	0.80-2.20	--	14.94

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	Meyerhof	2.10
Strato 2	5.04	0.80-2.20	Meyerhof	1.76

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	Meyerhof	2.31
Strato 2	5.04	0.80-2.20	Meyerhof	1.88

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	19.11	Gibbs & Holtz 1957	54.76
Strato 2	5.04	0.80-2.20	5.04	Gibbs & Holtz 1957	21.55

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	19.11	Meyerhof (1956)	25.46
Strato 2	5.04	0.80-2.20	5.04	Shioi-Fukui 1982	23.69

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	19.11	--	46.12
Strato 2	5.04	0.80-2.20	5.04	--	24.04

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	19.11	Begemann 1974	66.72
Strato 2	5.04	0.80-2.20	5.04	Begemann 1974	37.82

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	19.11	0.00-0.80	19.11	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 2	5.04	0.80-2.20	5.04	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m^3)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	19.11	Meyerhof et al.	1.94
Strato 2	5.04	0.80-2.20	5.04	Meyerhof et al.	1.54

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m^3)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	19.11	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.98
Strato 2	5.04	0.80-2.20	5.04	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89

Modulo di Poisson

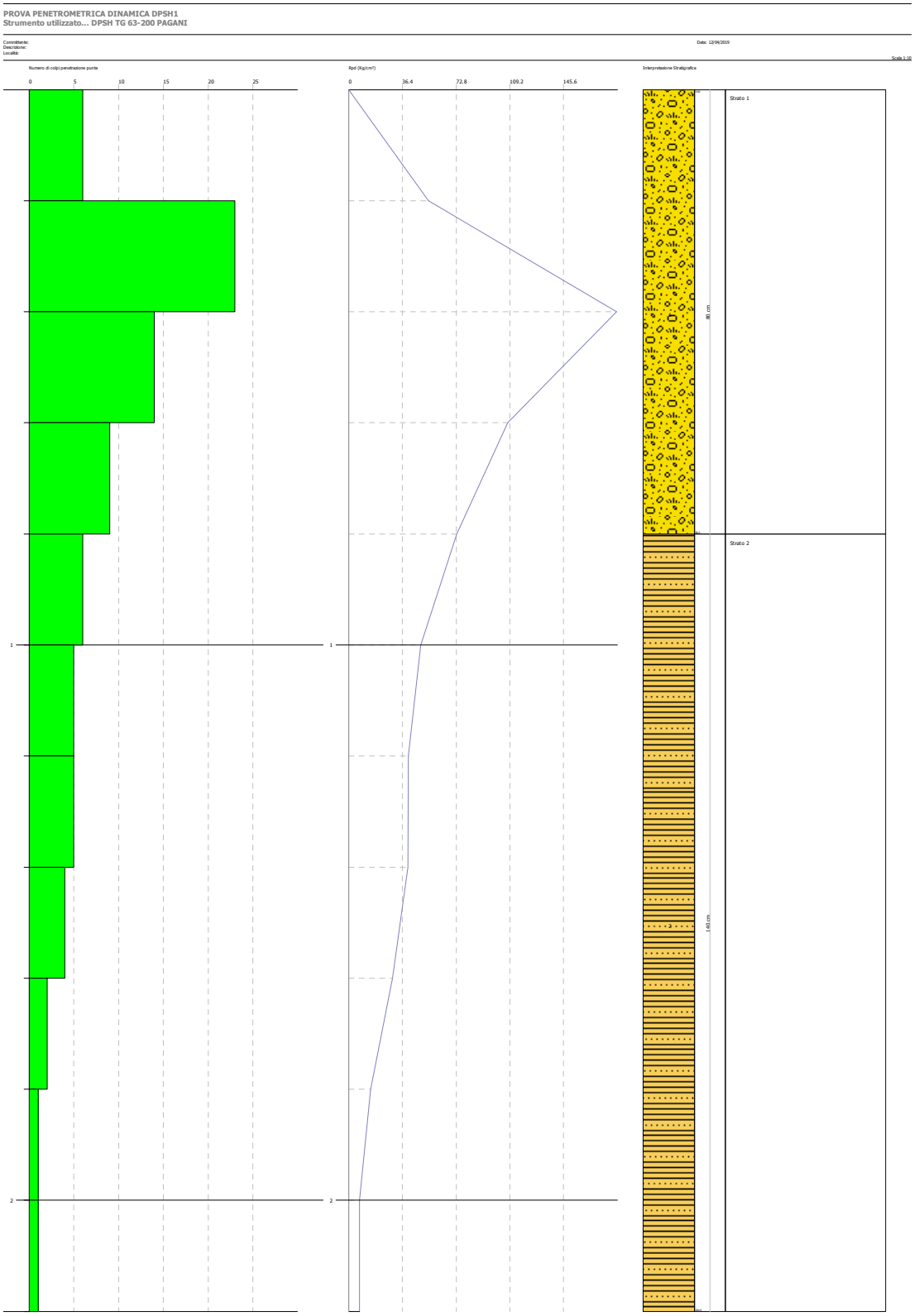
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato 1	19.11	0.00-0.80	19.11	(A.G.I.)	0.32
Strato 2	5.04	0.80-2.20	5.04	(A.G.I.)	0.34

Modulo di deformazione a taglio statico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	19.11	0.00-0.80	19.11	--	17.47
Strato 2	5.04	0.80-2.20	5.04	--	8.97

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

4.2 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA DPSH1



AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

5. PROVA PENETROMETRICA STATICA - CPT

Committente: **Torelli Dottori S.p.A.** Località: **La Stanga – Aielli (AQ)**	

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

5.1 ELABORAZIONE PROVA CPT1

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 12/04/2019
Profondità prova: 8.60 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	--	--	--	--	--	--
0.40	--	--	--	--	--	--
0.60	--	--	--	--	--	--
0.80	--	--	--	--	--	--
1.00	--	--	--	--	--	--
1.20	--	--	--	--	--	--
1.40	--	--	--	--	--	--
1.60	--	--	--	--	--	--
1.80	--	--	--	--	--	--
2.00	--	--	--	--	--	--
2.20	0.00	0.0	0.0	0.733	0.0	
2.40	18.00	29.0	18.0	0.067	268.657	0.4
2.60	10.00	11.0	10.0	0.267	37.453	2.7
2.80	2.00	6.0	2.0	1.133	1.765	56.7
3.00	21.00	38.0	21.0	0.733	28.649	3.5
3.20	22.00	33.0	22.0	0.267	82.397	1.2
3.40	29.00	33.0	29.0	-0.2	-145.0	-0.7
3.60	81.00	78.0	81.0	1.333	60.765	1.6
3.80	36.00	56.0	36.0	1.667	21.596	4.6
4.00	49.00	74.0	49.0	1.4	35.0	2.9
4.20	16.00	37.0	16.0	7.533	2.124	47.1
4.40	224.00	337.0	224.0	-0.467	-479.657	-0.2
4.60	145.00	138.0	145.0	1.733	83.67	1.2
4.80	20.00	46.0	20.0	1.533	13.046	7.7
5.00	24.00	47.0	24.0	1.333	18.005	5.6
5.20	24.00	44.0	24.0	1.2	20.0	5.0
5.40	26.00	44.0	26.0	1.133	22.948	4.4
5.60	27.00	44.0	27.0	1.133	23.831	4.2
5.80	27.00	44.0	27.0	1.333	20.255	4.9
6.00	28.00	48.0	28.0	1.333	21.005	4.8
6.20	27.00	47.0	27.0	1.267	21.31	4.7
6.40	24.00	43.0	24.0	1.133	21.183	4.7
6.60	24.00	41.0	24.0	1.267	18.942	5.3
6.80	25.00	44.0	25.0	1.067	23.43	4.3
7.00	17.00	33.0	17.0	0.8	21.25	4.7
7.20	10.00	22.0	10.0	2.933	3.409	29.3
7.40	24.00	68.0	24.0	1.533	15.656	6.4

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

7.60	61.00	84.0	61.0	3.6	16.944	5.9
7.80	38.00	92.0	38.0	4.8	7.917	12.6
8.00	92.00	164.0	92.0	2.933	31.367	3.2
8.20	130.00	174.0	130.0	2.6	50.0	2.0
8.40	93.00	132.0	93.0	1.6	58.125	1.7
8.60	102.00	126.0	102.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.20	--	--	--	--	DPSH1
7.40	37.692	1.326	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 1
8.60	86.0	2.589	2.2	Incoerente-Coesivo	Strato 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Rolf Larsson SGI 1995	1.6
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Rolf Larsson SGI 1995	3.7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Metodo generale del modulo Edometrico	75.4
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Metodo generale del modulo Edometrico	172.0

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Meyerhof	2.1
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Meyerhof	2.2

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Meyerhof	2.2
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Meyerhof	2.3

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Harman	52.3
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Harman	62.1

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Herminier	25.7
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Herminier	26.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	--	30.5
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	--	44.7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Robertson & Campanella da Schmertmann	47.6
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Robertson & Campanella da Schmertmann	64.2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Imai & Tomauchi	257.2
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Imai & Tomauchi	425.7

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Meyerhof	1.8
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Meyerhof	1.8

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 2	7.40	37.692	1.326	0.6	0.6	Meyerhof	2.1
Strato 3	8.60	86.0	2.589	1.2	1.2	Meyerhof	2.1

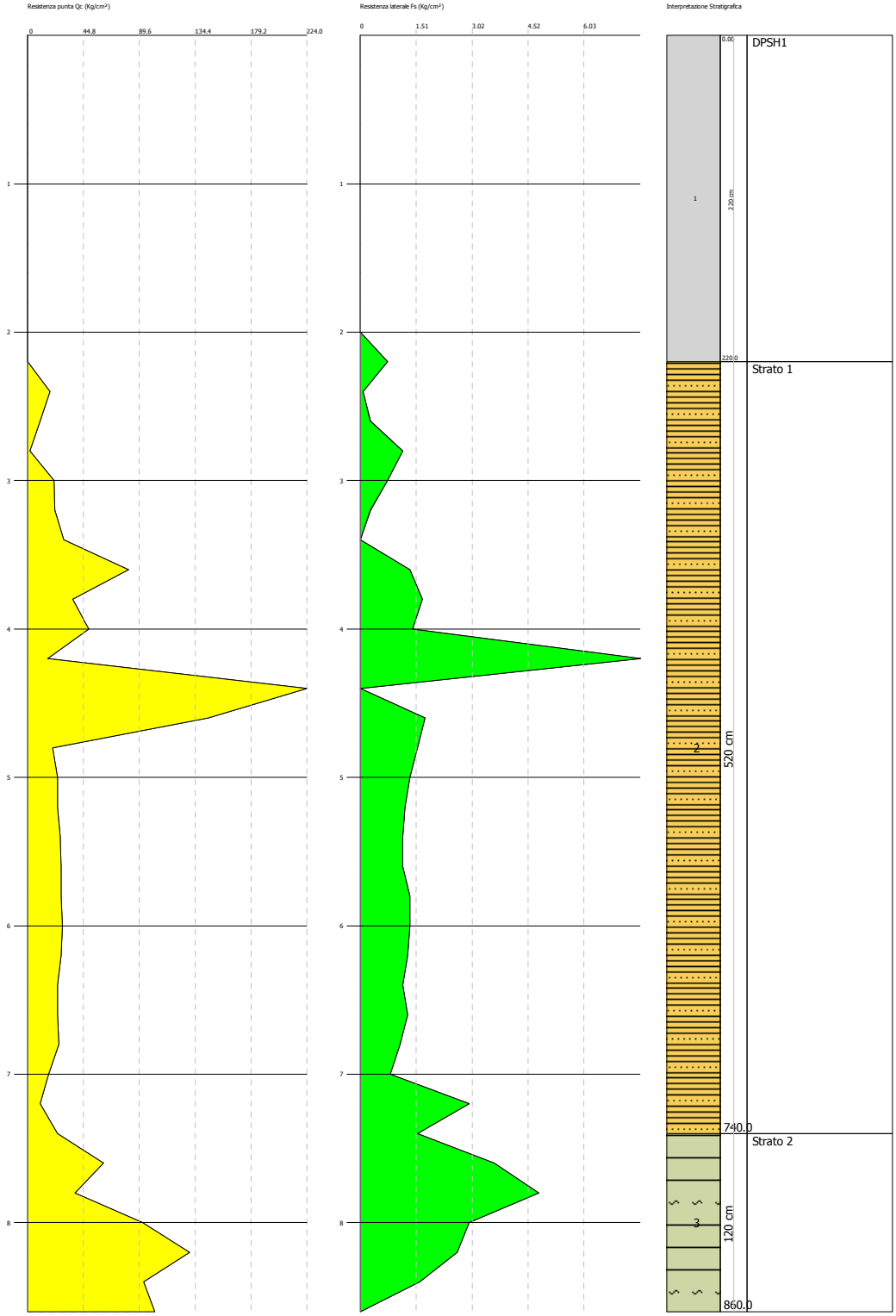
AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

5.2 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT1

Probe CPT - Cone Penetration CPT1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 12/04/2019



AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

5.3 ELABORAZIONE PROVA CPT2

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 12/04/2019
Profondità prova: 10.00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	10.00	21.0	10.0	0.867	11.534	8.7
0.40	17.00	30.0	17.0	1.133	15.004	6.7
0.60	14.00	31.0	14.0	0.733	19.1	5.2
0.80	16.00	27.0	16.0	0.6	26.667	3.8
1.00	19.00	28.0	19.0	1.267	14.996	6.7
1.20	23.00	42.0	23.0	0.4	57.5	1.7
1.40	42.00	48.0	42.0	3.067	13.694	7.3
1.60	42.00	88.0	42.0	1.467	28.63	3.5
1.80	89.00	111.0	89.0	1.467	60.668	1.6
2.00	34.00	56.0	34.0	2.2	15.455	6.5
2.20	25.00	58.0	25.0	0.933	26.795	3.7
2.40	25.00	39.0	25.0	0.8	31.25	3.2
2.60	25.00	37.0	25.0	0.867	28.835	3.5
2.80	25.00	38.0	25.0	0.933	26.795	3.7
3.00	62.00	76.0	62.0	1.467	42.263	2.4
3.20	34.00	56.0	34.0	1.867	18.211	5.5
3.40	38.00	66.0	38.0	1.2	31.667	3.2
3.60	47.00	65.0	47.0	1.867	25.174	4.0
3.80	31.00	59.0	31.0	1.333	23.256	4.3
4.00	25.00	45.0	25.0	1.067	23.43	4.3
4.20	24.00	40.0	24.0	1.067	22.493	4.4
4.40	23.00	39.0	23.0	1.0	23.0	4.3
4.60	21.00	36.0	21.0	0.733	28.649	3.5
4.80	27.00	38.0	27.0	1.067	25.305	4.0
5.00	15.00	31.0	15.0	1.067	14.058	7.1
5.20	15.00	31.0	15.0	0.667	22.489	4.4
5.40	16.00	26.0	16.0	3.4	4.706	21.3
5.60	69.00	120.0	69.0	0.8	86.25	1.2
5.80	142.00	154.0	142.0	2.2	64.545	1.5
6.00	44.00	77.0	44.0	1.2	36.667	2.7
6.20	15.00	33.0	15.0	1.6	9.375	10.7
6.40	24.00	48.0	24.0	1.533	15.656	6.4
6.60	75.00	98.0	75.0	2.667	28.121	3.6
6.80	29.00	69.0	29.0	1.267	22.889	4.4
7.00	25.00	44.0	25.0	2.0	12.5	8.0
7.20	152.00	182.0	152.0	2.533	60.008	1.7
7.40	28.00	66.0	28.0	2.133	13.127	7.6
7.60	98.00	130.0	98.0	2.0	49.0	2.0
7.80	16.00	46.0	16.0	2.0	8.0	12.5
8.00	20.00	50.0	20.0	1.6	12.5	8.0
8.20	18.00	42.0	18.0	1.733	10.387	9.6
8.40	75.00	101.0	75.0	1.133	66.196	1.5
8.60	35.00	52.0	35.0	1.8	19.444	5.1
8.80	19.00	46.0	19.0	2.267	8.381	11.9
9.00	25.00	59.0	25.0	2.267	11.028	9.1
9.20	18.00	52.0	18.0	2.6	6.923	14.4
9.40	16.00	55.0	16.0	1.6	10.0	10.0
9.60	128.00	152.0	128.0	1.733	73.86	1.4
9.80	25.00	51.0	25.0	1.8	13.889	7.2
10.00	27.00	54.0	27.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.00	15.2	0.92	1.9	Incoerente-Coesivo	Strato 1

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

10.00	40.689	1.564	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	0.6
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Rolf Larsson SGI 1995	1.7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Metodo generale del modulo Edometrico	48.4
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Metodo generale del modulo Edometrico	81.4

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Meyerhof	1.9
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Meyerhof	2.1

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Meyerhof	2.0
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Meyerhof	2.2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Harman	63.9
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Harman	42.6

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Meyerhof 1951	23.8
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Meyerhof 1951	24.1

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	--	38.0
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	--	32.7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	53.0
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Robertson & Campanella da Schmertmann	43.4

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	147.7
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Imai & Tomauchi	269.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1.00	15.2	0.92	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 2	10.00	40.689	1.564	1.1	0.9	Meyerhof	2.1

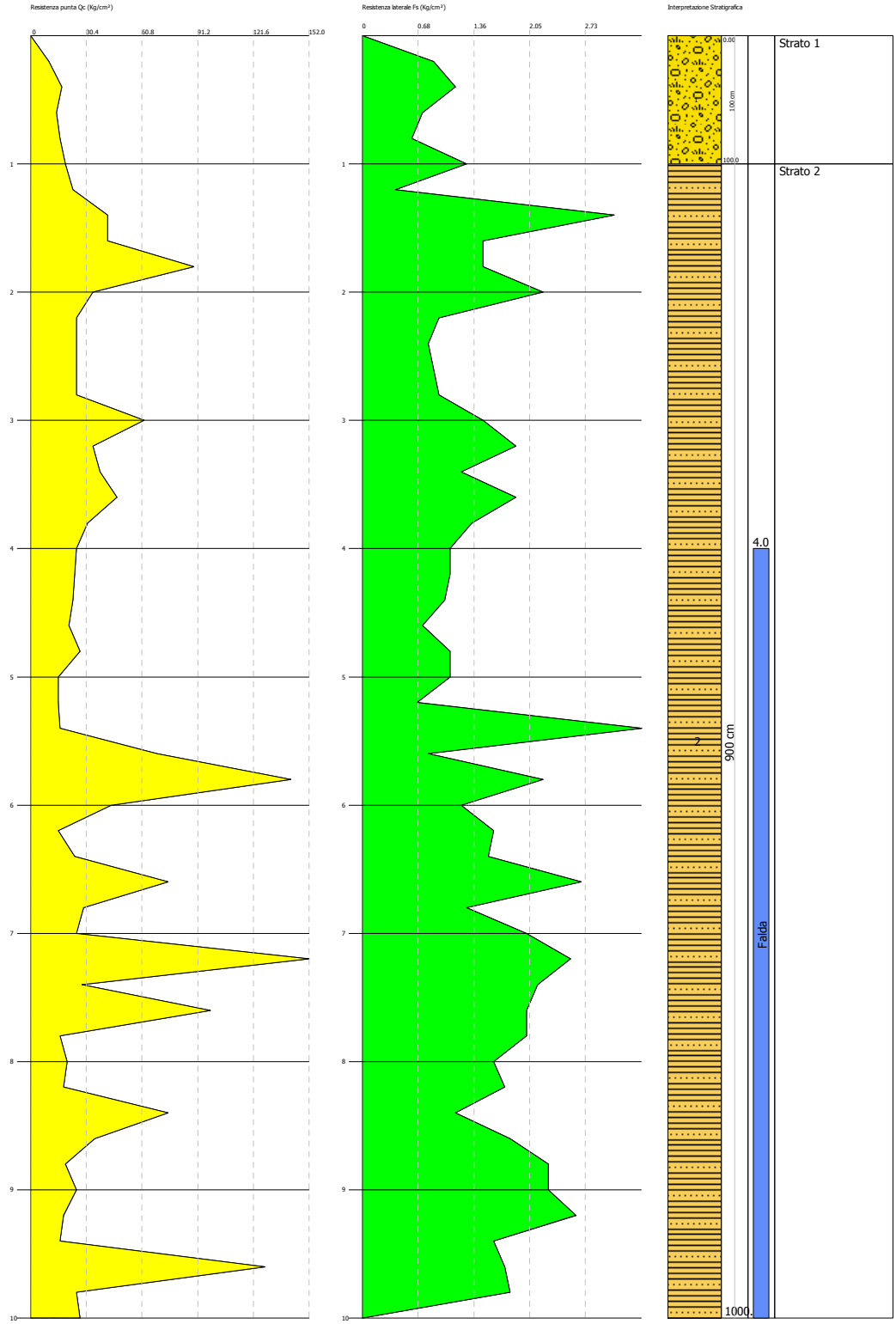
AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

5.4 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT2

Probe CPT - Cone Penetration CPT2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 12/04/2019



AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

6. PROVA SISMICA IN FORO TIPO DOWN HOLE

E' stata eseguita un indagine sismica in foro di tipo Down-Hole ad alta risoluzione con onde P ed SH, per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni.

Gli scopi di tali indagini sono riassumibili nel seguente modo:

1. definizione dei rapporti geometrici tra i diversi sismostrati presenti nell'area;
2. caratterizzazione elasto-dinamica dei litotipi sulla base dei valori di Vp e Vs misurati;
3. definizione del parametro Vs30.

6.1 CENNI STORICI SUL METODO DOWN HOLE

Il metodo Down-Hole rappresenta una delle tecniche migliori e più precise per la determinazione delle proprietà fisico - meccaniche e dinamiche dei terreni (Gasperini & Signanini, 1983). La prova Down-Hole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale e verticale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno di onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e polarizzate sul piano orizzontale con vibrazioni perpendicolari alla direzione di propagazione (onde SH). Mediante un ricevitore costituito da una terna geofonica diretta secondo i tre piani dello spazio (z,x,y) disposto nel foro a profondità note, viene valutato l'istante di primo arrivo del treno delle onde P e SH, rispetto all'istante (misurato con il trigger) in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e SH (Fig. 1).

Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo. Qualora queste caratteristiche non siano verificate è necessario operare con più punti di energizzazione. Le velocità misurate in situ con queste metodologie possono essere utilizzate per la determinazione di parametri elastici quali il *modulo di Young*, *modulo di taglio*, *coefficiente di Poisson*, ecc.

Tale metodologia si basa sui principi della sismica a rifrazione di superficie ma, rispetto a quest'ultima, permette, tra l'altro, di rilevare orizzonti a minor velocità sottostanti ad un livello a velocità più elevata, superando così i limiti della sismica a rifrazione, conosciuto in bibliografia come "orizzonte muto", in altre parole uno strato a minore velocità di propagazione delle onde, sottostante ad uno con velocità di propagazione più alta, è invisibile.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

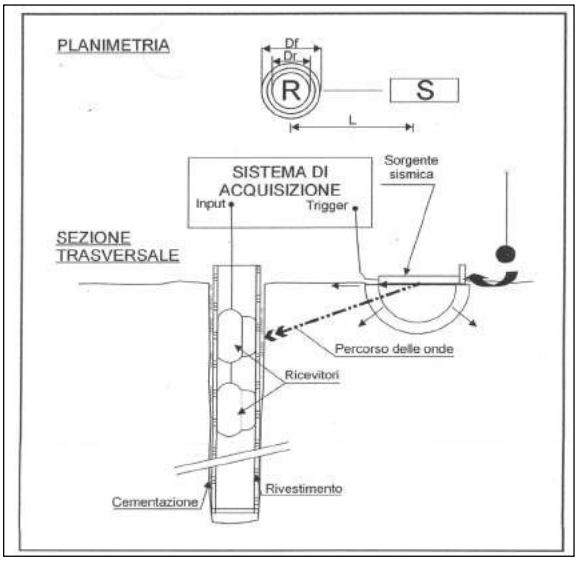


Fig. 1: Schema di esecuzione di una prova down – hole.

Per tali motivi, ed anche perché il metodo può essere eseguito in fori di sondaggio, il down-hole viene utilizzato soprattutto per "tarare" la sismica di superficie, cioè per avere una conferma sui "sismostrati" individuati dalle altre metodologie sismiche di superficie.

Ci sono varie geometrie di acquisizione per questo tipo di indagine secondo come si dispongono tra di loro il sistema energizzante e i ricevitori, ognuna delle quali da un nome diverso alla prova; infatti distinguiamo tre diversi tipi di indagine: down - hole, cross - hole e up – hole (Fig. 2). Nella prova down - hole la sorgente di onde elastiche si trova in superficie mentre i ricevitori in foro, nella prova up - hole avviene il contrario cioè sorgente in foro e ricevitori in superficie, mentre la prova cross - hole prevede il posizionamento della sorgente e dei ricevitori in due perfori a distanza di solito non superiore a dieci metri.

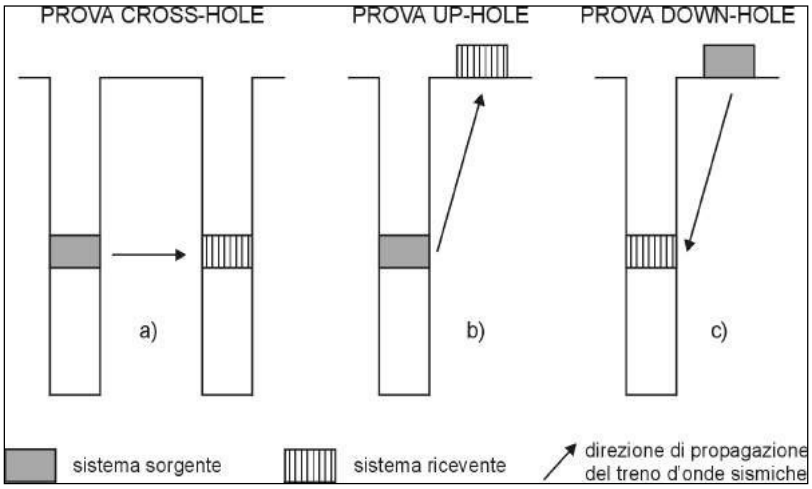


Fig. 2: Diverse metodologie di acquisizione per indagini sismiche in foro.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

L'esecuzione della prova Down-hole deve essere preceduta da una fase preparatoria in cui si realizza il foro, se questo non è già a disposizione, dove disporre i ricevitori o la sorgente, ed una fase di preparazione degli strumenti di registrazione. Durante la fase di perforazione del sondaggio è necessario operare in maniera tale da ridurre al minimo il disturbo sulle pareti e nelle zone di terreno circostanti il foro.

La perforazione deve essere eseguita a rotazione ed è opportuno sostenere le pareti con fango bentonitico. Successivamente il foro deve essere rivestito con una tubazione in materiale ad alta impedenza alle vibrazioni. Infine, il foro deve essere cementato in corrispondenza dello spazio anulare compreso tra le pareti e il tubo di rivestimento e chiuso con un packer, in modo da garantire la continuità del contatto terreno - tubazione.

La metodologia consiste nella registrazione a varie profondità, mediante uno o più geofoni collocati in foro, dei primi arrivi delle onde generate da una sorgente posta in superficie a breve distanza dal bocca - foro, al fine di ottenere un profilo di distribuzione delle velocità di propagazione delle onde di corpo nei litotipi presenti nel sottosuolo. L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove deve essere composta dalle seguenti parti:

- sistema sorgente;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati;

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali). Per generare le onde di compressione P, si utilizzano i metodi classici quali caduta di un grave, mazza, esplosivo, etc.. Per la generazione delle onde SH la sorgente è generalmente affidata ad un parallelepipedo di forma tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa (pendolo o mazza). E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale e che poggi su di una superficie ben spianata e costituita preferibilmente da materiale sabbioso fine in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpita sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa.

Risulta estremamente importante, perciò, curare un buon accoppiamento (coupling) tra il terreno ed il sistema energizzante, soprattutto nell'esecuzione di prove in onde SH, al fine di evitare che l'energia prodotta in parte venga dispersa e che si proceda alla generazione

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

di onde puramente di taglio, senza che sia ravvisabile alcun importante contenuto in onde P.

Il coupling deve essere per "contatto" e non per "infissione". Un buon accoppiamento tra parallelepipedo e terreno si realizza facilmente in presenza di terreni a granulometria fine; nel caso invece di presenza di terreni a granulometria più grossolana è opportuno formare uno strato di materiale fino al contatto con il parallelepipedo energizzante e comunque al disopra del parallelepipedo che si percuote deve essere installato un peso molto grande in modo da non permettere ad esso di scivolare.

Il sistema di ricezione, nella sua versione ottimale, si deve comporre di due (o più) ricevitori, ciascuno dei quali costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo le componenti di una terna cartesiana ortonormale. I trasduttori devono possedere appropriate caratteristiche di frequenza e sensitività tali da potere ricevere in maniera adeguata il treno di onde prodotto dalla sorgente. La risposta in frequenza dei trasduttori non deve variare più del 5% su un campo di frequenze compreso tra metà e due volte la frequenza predominante del treno di onde che si propaga all'interno del mezzo.

Nel caso di due ricevitori posti nel foro, questi devono essere collegati, secondo la loro lunghezza, in modo da fissarne la distanza verticale (compresa tra 1 e 3 m) e l'orientazione relativa (in modo che i trasduttori orizzontali siano paralleli e concordi a due a due) ed in modo tale da poterne anche controllare l'orientazione assoluta dalla superficie e far sì che questa rimanga tale per tutti i punti di misura. Bisogna porre particolare attenzione al fatto che i sistemi previsti per mantenere costanti le distanze e per garantire la stessa orientazione dei geofoni, non producono interazione sismica tra i due sensori. E' necessario, inoltre, adottare un adeguato sistema di ancoraggio per garantire un buon accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento. Di solito questo ancoraggio viene realizzato per mezzo di un packer che viene gonfiato dopo essere stato messo in foro, con aria compressa oppure tramite la fuoriuscita di due pistoncini dal geofono da foro, sempre tramite aria compressa soffiata dalla superficie.

Il trigger generalmente consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui viene generata la sollecitazione sismica di input, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata che viene inviata ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di trigger è molto importante poiché ogni scoppio risulta rappresentativo di un punto in profondità e di una velocità di propagazione; un eventuale errore sul tempo di

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

chiusura si ripercuoterebbe direttamente sulla misura delle velocità.

Tenendo presente che in questa tecnica vengono prese variazioni di qualche millisecondo, si consiglia di eseguire una taratura del trigger in campagna misurando gli scarti del time - break sulla medesima registrazione (Gasperini & Signanini, 1983).

Un ottimale sistema-trigger (interruttore, geofono starter, etc.) all'atto di sollecitazioni ripetute non deve presentare differenze di chiusura circuito superiori a 0.5 millisecondi.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e al sensore del trigger, e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

Per l'acquisizione in SH, poiché è necessario eseguire la differenza tra la traccia relativa alla battuta destra e quella della battuta sinistra è necessaria una strumentazione che preveda la funzione "inversione di polarità".

L'interpretazione di una prova down-hole può essere effettuata secondo diversi approcci sia nel dominio del tempo sia nel dominio delle frequenze. Di seguito verrà illustrata la metodologia classica di elaborazione dati, che in linea di massima si articola nelle seguenti fasi:

1. picking dei primi arrivi;
2. misura dei tempi di ricezione dei primi impulsi rilevati (t);
3. calcolo dei tempi verticali (t^*).

Infatti, il percorso delle onde sismiche dovrebbe essere verticale dalla sorgente al ricevitore, per cui l'energizzazione dovrebbe essere fatta il più vicino possibile al pozzo; questa necessità si scontra, comunque, con l'esigenza di allontanare la sorgente dal boccaforo per far in modo che i primi arrivi registrati nel sismogramma non siano dovuti al percorso fatto lungo la cementazione del foro alla velocità del cemento, rifrazione sul casing (Gasperini & Signanini, 1983).

La distanza sorgente - boccaforo va valutata caso per caso anche in relazione alla quantità di cemento utilizzata; se, infatti, la quantità di boiacca è più del doppio dell'interspazio foro - tubo, essa va aumentata. In genere tale distanza non è maggiore di tre metri, considerando anche il fatto che all'aumentare di questa aumenta la possibilità di avere arrivi rifratti e non diretti e di misurare, quindi una velocità orizzontale, ma soprattutto le onde rifratte possono mascherare gli orizzonti più lenti. I dati possono essere attendibili quando la profondità del geofono P è maggiore della distanza boccaforo - punto energizzante R.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Per determinare il tempo di arrivo delle onde P e S ai ricevitori, si procede ad un'analisi visuale delle registrazioni delle vibrazioni rilevate dai trasduttori del ricevitore confrontate con il segnale di trigger.

Operando con il doppio sistema di energizzazione, percussione verticale per le onde P, percussione orizzontale per le SH, si ha che nelle registrazioni energizzate in verticale si valuterà il primo arrivo in P e nelle registrazioni energizzate con percussione orizzontale, sottratte le registrazioni "battuta destra - battuta sinistra", il primo arrivo sarà costituito dalle onde di taglio SH; col metodo della differenza "battuta destra - battuta sinistra" eventuali onde di compressione provocate durante l'energizzazione tenderanno ad annullarsi, al contrario delle SH, che invertendo in polarità a seconda della direzione di battuta, tenderanno a sommarsi aumentando così d'ampiezza.

La fase del picking dei primi arrivi consente di conoscere i tempi di arrivo obliqui (t). La successiva operazione di processing riguarda la correzione dei tempi obliqui in tempi verticali, secondo la seguente equazione:

$$t^* = \frac{z}{d} t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} t$$

dove t* è il tempo verticale, z la profondità del ricevitore, d la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro e t il tempo obliquo registrato dal geofono, come visibile nello schema semplificato in Fig. 3.

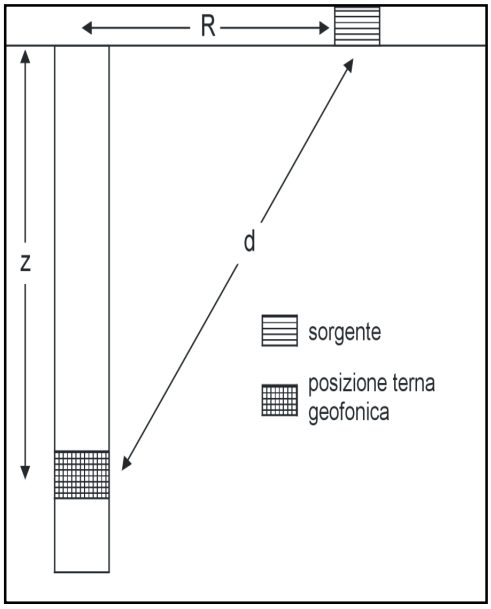


Fig. 3: Schema della disposizione dello "shot – point" e dei ricevitori in una prova Down – Hole.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Va rilevato che non sempre i tracciati registrati dai ricevitori sono chiari e univocamente interpretabili sia per l'eventuale presenza di onde rifratte di ampiezze non trascurabili che, precedendo quelle dirette, ingannano sui reali tempi d'arrivo indicando velocità intervallari

anomale e sia perché, soprattutto in profondità, l'istante di primo arrivo delle onde non è talora facilmente individuabile; sfruttando il fatto di disporre di più ricevitori si può far riferimento ai tracciati registrati da ciascuno di essi ricercando dei punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo ritrovabili in entrambi i segnali e stimandone il ritardo e quindi ricavando la velocità d'intervallo.

A seguito della correzione dei tempi, si procede alla creazione di un diagramma profondità - tempi verticali, in cui rappresentare i tempi corretti in funzione della profondità della terna geofonica.

Il passo successivo è quello di individuare le dromocrone, cioè gli intervalli caratterizzati da una pendenza costante; tali pendenze sono sintomatiche della velocità di propagazione delle onde di corpo nei diversi sismostrati individuati.

L'utilizzo di indagini down-hole permette, quindi, una caratterizzazione in situ del terreno in termini di parametri elasto-dinamici e spessori dei sismostrati indagati. Gli svantaggi sono dati dal carattere estremamente puntuale del dato acquisito e dalla scarsa attendibilità dello stesso per profondità d'investigazione inferiori alla distanza superficiale tra sorgente sismica e boccaforo.

6.2 MODALITA' DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

a) **Sismografo**:
il sismografo utilizzato per l'esecuzione delle basi di sismiche a rifrazione è un sismografo ECHO 24/2010 SEISMIC UNIT a 24 canali caratterizzato dai seguenti parametri di acquisizione:

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE:

Sismografo: ECHO 24/2010 SEISMIC UNIT

Numero canali utilizzati: 3

Canale 1: Geofono verticale P

Canali 2-3: Geofoni orizzontali SH

Impedenza geofoni: 430 Ω

Frequenza naturale: 950 Hz (P) – 950 Hz (SH)

Lungh. di registrazione: 400ms (P)-400ms(SH)

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO:

Offset: 3,0 m Sismografo Ambrogeo - ECHO 24/2010

Distanza intergeofonica: 1,00 m

Profondità del foro: 30,00 m

b) **Sistema energizzante**:
come sorgente energizzante, per le onde P, è stata utilizzata una mazza del peso di 8 Kg, battente direttamente sulla sede stradale, ed in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione.
Le onde SH sono state ottenute con un dispositivo di energizzazione costituito da una traversina di legno percossa alle estremità opposte da una massa del peso di 8 Kg, in grado di generare onde SH di notevole contenuto energetico, uniformi sia nella direzione di propagazione sia nella polarizzazione (+ e -) e, di contro, con una generazione di onde P trascurabile.
Tutte le registrazioni delle onde SH, sono state effettuate con metodo cross-over utilizzando la funzione inversione di polarità offerta dallo strumento, cioè facendo la differenza tra un ugual numero di battute a destra ed a sinistra con polarità: in tal modo viene esaltato l'istante di primo arrivo delle onde SH, mentre vengono abbattute le eventuali onde P spurie.
E' stato curato in modo particolare l'accoppiamento della traversina con il terreno in modo da facilitare la genesi delle onde di taglio attraverso il peso addizionale di un penetrometro statico dinamico Pagani tg 63-200 posto sopra alla traversina di legno.

c) **trigger**:
Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante (cannoncino, maglio, mazza etc.)

colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione.

d) **apparecchiatura di ricezione**:
Per la ricezione delle onde P e delle onde S è stato utilizzato un geofono da foro 3D Twin Borehole con frequenza propria di 10 Hz.

Il risultato finale della fase di acquisizione è costituito da una serie di files in formato *.DTA.

La successiva elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. determinazione dei primi arrivi (picking) attraverso il software interno del sismografo ECHO 24/2010, operata prima in automatico e successivamente con aggiustamenti manuali, con particolare attenzione alle fasi d'onda ed alla loro evoluzione;
2. inserimento dei dati ed interpretazione con software specifico (INTERSISM 2.1);
3. output dei tabulati:
    - tabelle riassuntive dei Primi Arrivi, delle Velocità e dei Moduli Elasto-dinamici;
    - Dromocrone e Sezioni verticali;
    - sismogrammi acquisiti con Picking;
4. restituzione delle sezioni verticali litostratigrafiche interpretative.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Per la caratterizzazione litostratigrafica e le attribuzioni delle velocità riscontrate ai litotipi non affioranti ed alle coperture, i risultati sono stati confrontati con le stratigrafie risultanti dal sondaggio a carotaggio continuo eseguito prima di strumentare il foro per l'esecuzione della prova Down - Hole.

6.3 PARAMETRIZZAZIONE ELASTODINAMICA

L'importanza di una corretta valutazione della velocità delle onde di compressione e di taglio, insieme con la densità del mezzo attraversato, è fondamentale per una giusta determinazione dei parametri elasto-dinamici del mezzo. Determinare esattamente i valori dei moduli che caratterizzano il mezzo permette di ottenere utili informazioni circa la sua natura e il tipo di risposta alle sollecitazioni dinamiche.

Per ciò che concerne la velocità delle onde di taglio S, essendo scarsamente sensibili alla presenza di fluidi, esse forniscono un'idea più chiara dello stato fisico della matrice dei porous media; infatti individuano le aree a maggior fratturazione, con cadute di velocità molto più evidenti rispetto alle onde P, soprattutto nelle formazioni sature, in cui i valori di velocità della matrice non sono molto diversi da quelle dell'acqua.

z (m)	Vp (m*s-1)	Vs (m*s-1)	Vp/Vs (-)	Densità (t/m3)	M. Poisson (-)	M. Taglio G (Mpa)	M. Young E (Mpa)	M. Bulk K (Mpa)
1	334	180	1,9	1870	0,29	60	154	125
2	353	150	2,4	1870	0,39	41	115	174
3	414	230	1,8	1870	0,28	97	248	185
4	589	220	2,7	1740	0,42	83	235	481
5	792	213	3,7	1740	0,46	77	226	967
6	577	350	1,6	1740	0,21	209	505	288
7	767	182	4,2	1740	0,47	57	167	928
8	909	163	5,6	1740	0,48	45	134	1351
9	706	146	4,8	1740	0,48	37	108	801
10	1112	257	4,3	1740	0,47	113	332	1961
11	1613	213	7,6	2000	0,49	89	266	4985
12	1026	316	3,2	2000	0,45	196	569	1801
13	1413	614	2,3	2000	0,38	739	2044	2929
14	937	324	2,9	2000	0,43	206	590	1447
15	1455	225	6,5	2000	0,49	99	295	4020
16	1069	412	2,6	2000	0,41	333	940	1798
17	954	656	1,5	2000	0,05	844	1774	659
18	1253	850	1,5	2000	0,07	1417	3042	1188
19	701	318	2,2	2000	0,37	198	543	700
20	962	450	2,1	2000	0,36	397	1080	1286
21	1089	124	8,8	2000	0,49	30	90	2284
22	680	334	2,0	2000	0,34	218	585	615
23	1672	333	5,0	2000	0,48	218	644	5196
24	1481	419	3,5	2000	0,46	344	1003	3841
25	1484	633	2,3	2000	0,39	785	2180	3274
26	1686	218	7,7	2000	0,49	93	278	5454
27	1332	451	3,0	2000	0,44	399	1146	2948
28	1283	450	2,9	2000	0,43	397	1136	2698
29	1268	452	2,8	2000	0,43	402	1146	2617
30	2129	453	4,7	2000	0,48	403	1188	8357

Fig.4. Tabella Moduli Elasto-dinamici calcolati per ogni metro.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

• ***COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO***

Il coefficiente di Poisson dinamico è stato calcolato a partire dalla velocità delle onde longitudinali Vp e di taglio Vs, poiché tra i moduli elasto-dinamici è l'unico che non richiede la conoscenza della densità per la sua determinazione, ed è definito dalla seguente relazione:

$$\nu = \frac{1}{2} * \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 1}$$

In teoria è considerato stress indipendente e, pertanto, nei vari campi di sforzo-deformazioni può assumere valori diversi (il campo di deformazioni oggetto di indagine geofisica è di circa 10^{-6}).

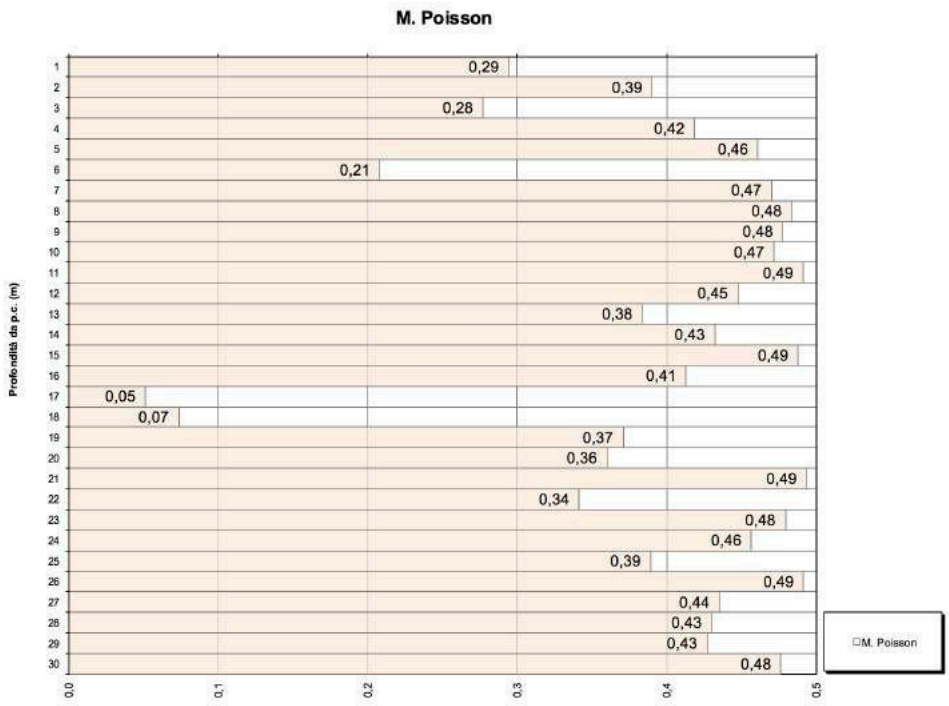


Fig. 5 Grafico a barre del Modulo di Poisson della prova DH1

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

In questo campo di deformazione il limite minimo non è rappresentato dal valore di 0.25 tipico di corpi perfettamente elastici, ma può assumere anche valori negativi, come nel caso di sedimenti incoerenti, saturi in aria, in cui la disposizione dei granuli è a porosità maggiore di quella esagonale. In generale i valori di questo coefficiente varia tra 0.25 e 0.33, ma nei mezzi porosi il campo di variazione è molto più ampio. I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi caratterizzati da alta porosità, bassa pressione litostatica e gas saturati; in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49, mentre nelle sospensioni assume il valore di 0.5. In generale riesce a

discriminare rocce, anche se estremamente alterate, dai depositi recenti quali colluvi, frane, etc.

• ***MODULO DI TAGLIO DINAMICO***

Il modulo di taglio dinamico è definito dalla seguente relazione:

$$G = \gamma * V_S^2$$

dove γ è la densità.

Tale parametro è fortemente influenzato dalla porosità e dalla pressione ed assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua. Il campo di variabilità nei mezzi porosi è molto esteso.

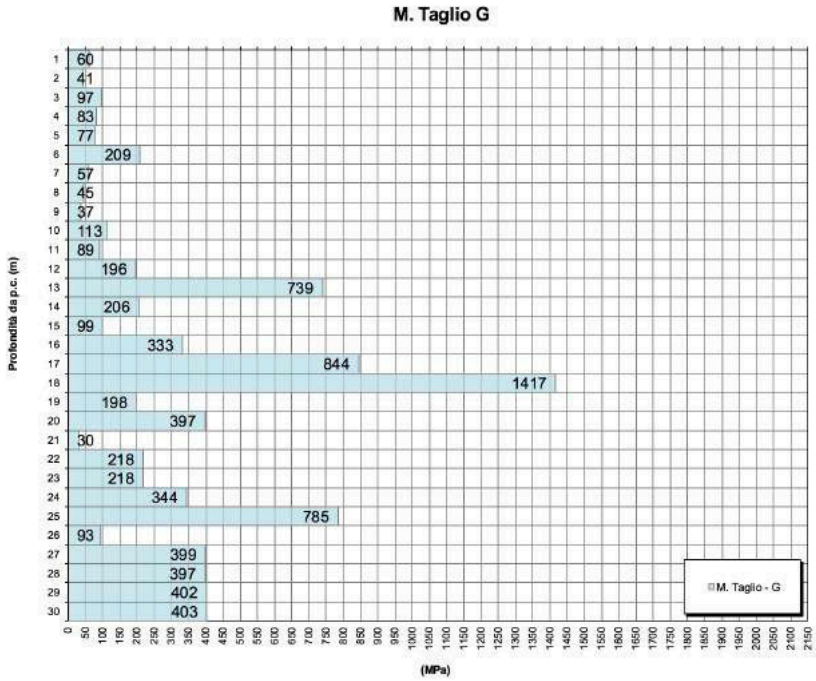


Fig. 6 Grafico a barre del Modulo di Taglio della prova DH1.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

• MODULO DI YOUNG DINAMICO

Il modulo di Young dinamico è definito dalla seguente equazione:

$$E_0 = \frac{9\gamma\gamma_S^2 K\gamma\gamma_S^2}{3K\gamma V_S^2 + 1}$$

dove γ = densità e K = modulo di Bulk.

Tale modulo dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici. Aumenta in misura considerevole quando al campione "dry" a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità d'acqua; diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento.

I minimi valori del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità, saturati in gas, mentre i valori massimi del modulo si hanno per litotipi sotto pressione saturati in acqua ed a bassa porosità. Il campo di variabilità è considerevole.

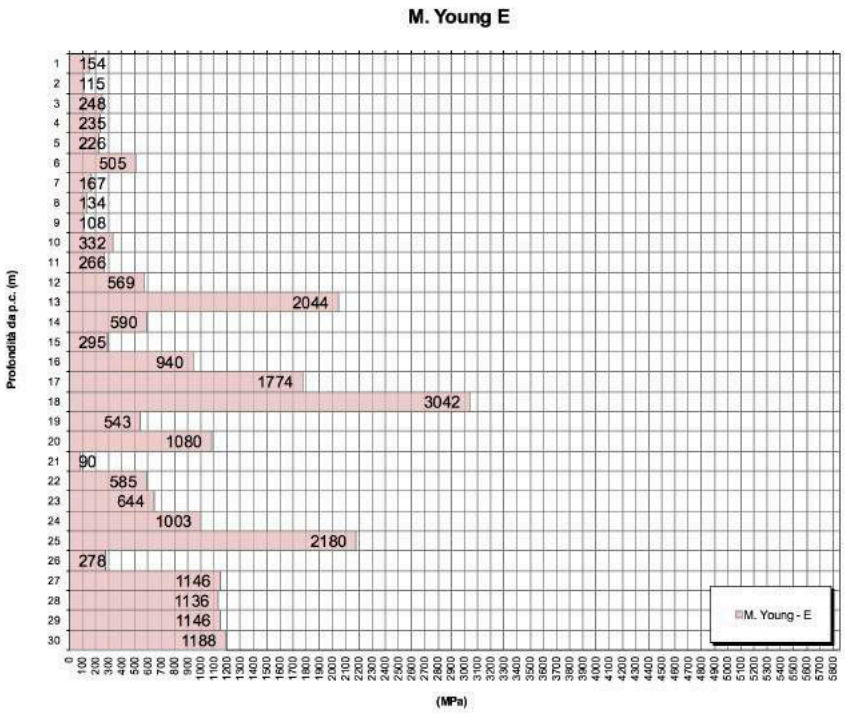


Fig. 7 Grafico a barre del Modulo di Young della prova DH1

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

• MODULO DI BULK

Il modulo di Bulk è definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma(V_P^2 - 4/3V_S^2)$$

dove γ = densità, Vp = Velocità delle onde P, Vs = Velocità delle onde S

Tale modulo varia in funzione della porosità, della pressione e della qualità di fluido saturante. Tende a crescere con il grado di saturazione, con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione.

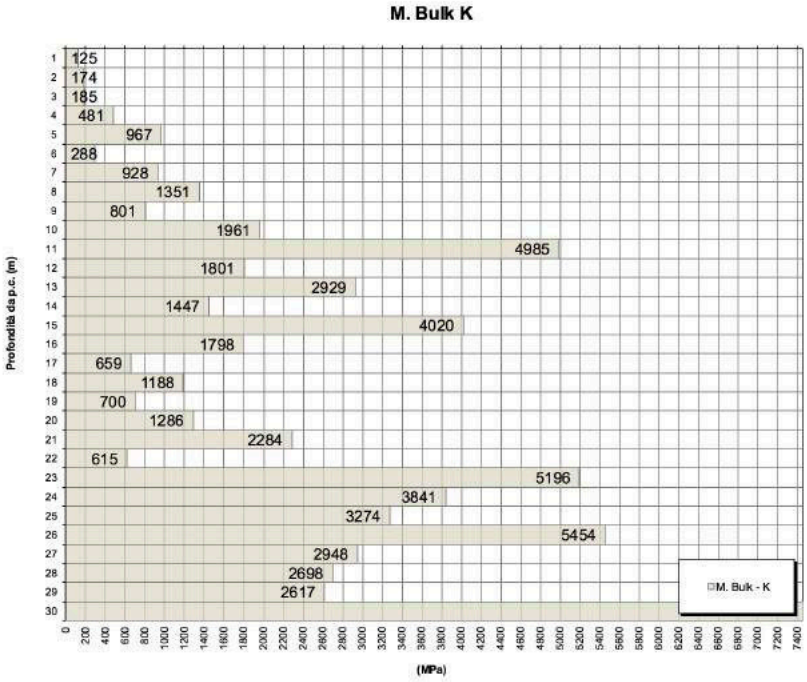


Fig. 8 Grafico a barre del Modulo di Bulk della prova DH1

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

• RAPPORTO Vp/Vs

Tale parametro può fornire utili informazioni sullo stato di consolidazione e sulla presenza di gas nei mezzi porosi.

$$Vp / Vs$$

Rapporti maggiori di 2 si riscontrano in presenza di sabbie sature non consolidate, altri rapporti risultano altresì per terreni incoerenti argilloso-limosi ad alto grado di saturazione. Valori inferiori a 2 si registrano in presenza di rocce compatte o sedimenti gas saturi.

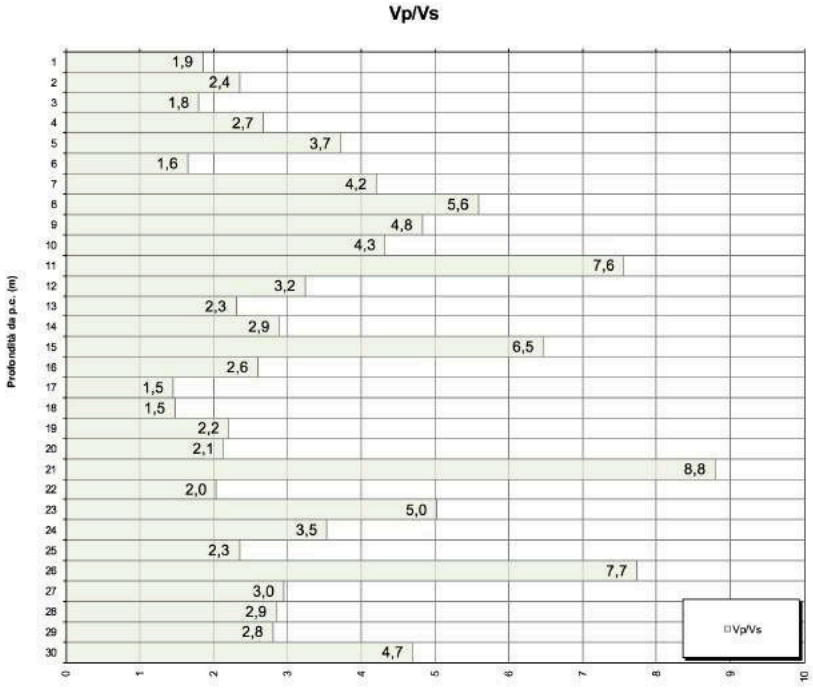


Fig. 9 Grafico a barre del rapporto Vp/Vs

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

6.4 RISULTATI PROVA DOWN HOLE DH1 (30 m)

Di seguito vengono riportati i grafici tempo – profondità delle onde P e delle onde SH, con il calcolo della VsEq(30) ed il grafico delle velocità intervallari.

Sono stati distinti ***n°3 sismostrati per le onde P***, tali valori sono stati ricavati dal coefficiente angolare degli intervalli (Fig. 10):

1. Il primo sismostrato, va da 0 m a 5 m dal p.c., con una velocità delle onde P di 412 m/s;
2. Il secondo sismostrato, va da 5 m a 21 m dal p.c., con una velocità delle onde P di 1009 m/s;
3. Il terzo sismostrato, va da 21 m a 30 m dal p.c., con una velocità delle onde P di 1289 m/s;

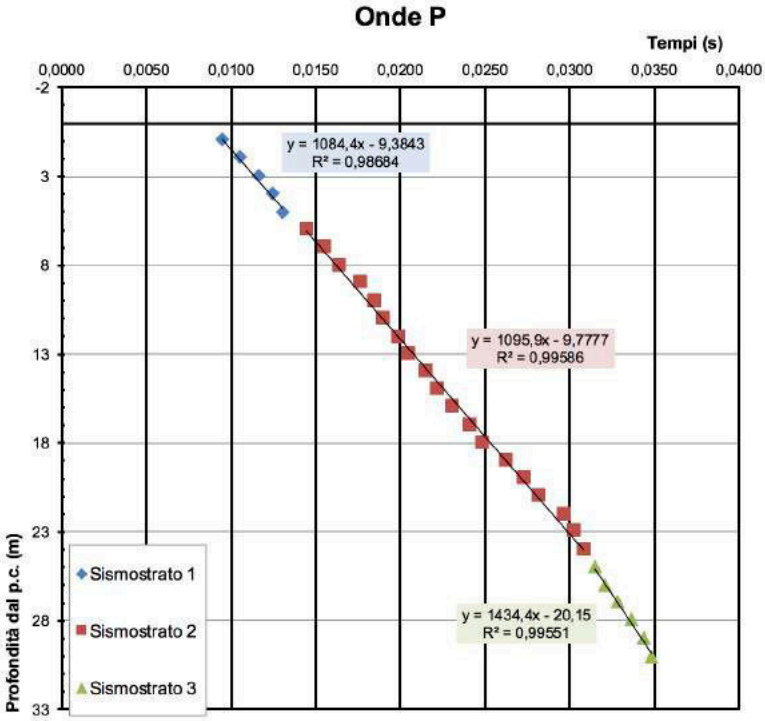


Fig.10 Grafico tempo profondità Onde P

VELOCITA' ONDE P - DH1

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	5	412
2	21	1009
3	30	1289

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Sono stati distinti ***n°3 sismostrati per le onde SH***, tali valori sono stati ricavati dal coefficiente angolare degli intervalli (Fig. 11):

1. Il primo sismostrato, va da 0 m a 5 m dal p.c., con una velocità delle onde SH di 189 m/s;
2. Il secondo sismostrato, va da 5 m a 21 m dal p.c., con una velocità delle onde SH di 234 m/s;
3. Il terzo sismostrato, va da 21 m a 30 m dal p.c., con una velocità delle onde SH di 497 m/s;

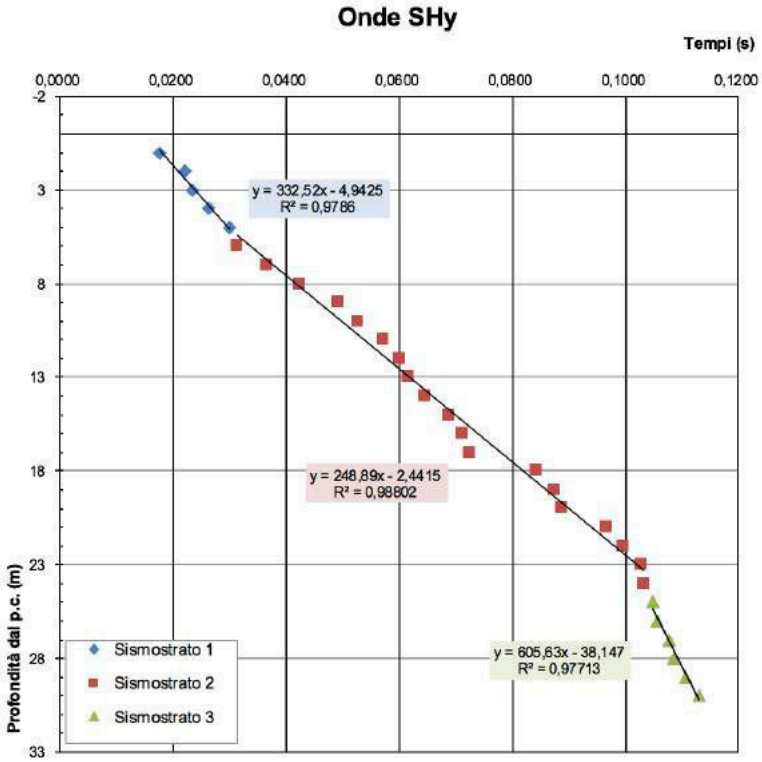


Fig. 11 Grafico tempo-profondità onde SH

VELOCITA' ONDE SH - DH1

Strato	Profondità [m]	Velocità[m/s]
1	5	189
2	21	234
3	30	497

Visto il non raggiungimento del substrato sismico entro i primi 30 m dal p,c, è stata calcolata una **Velocità Equivalente Vs30** pari a:

Piano di riferimento z=0 [m] 0
Vs30 [m/s] 265

La normativa applicata è il DM 17 Gennaio 2018

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

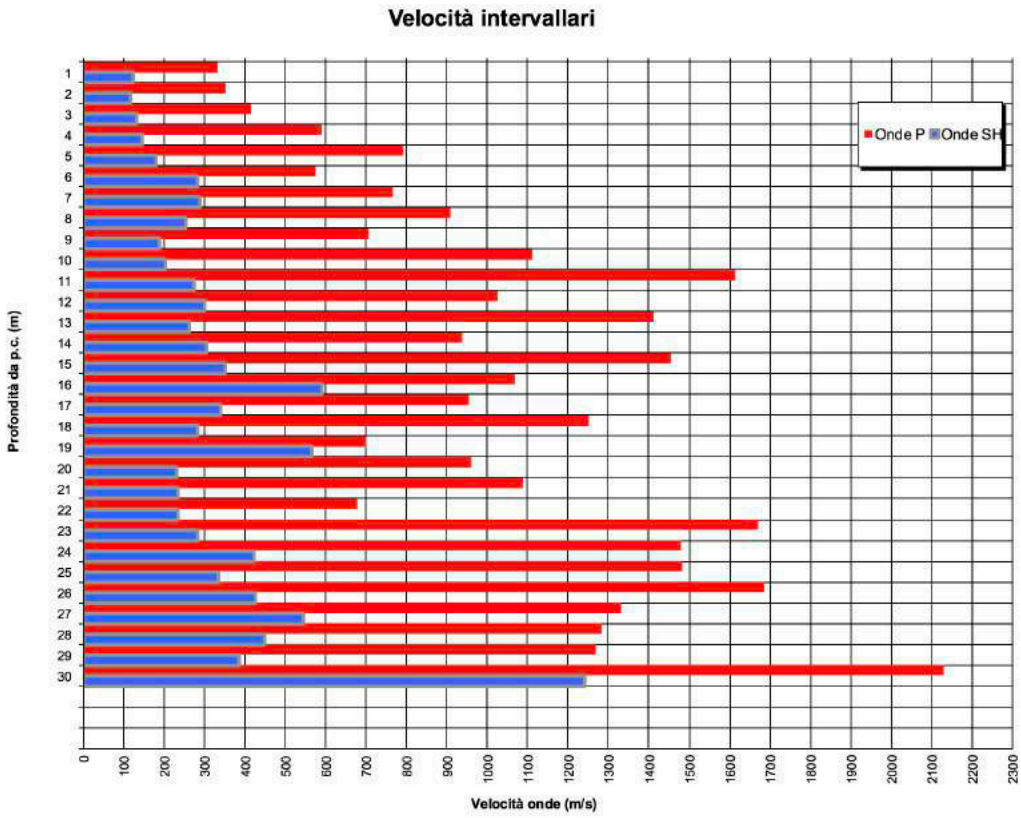


Fig. 12 Grafico velocità intervallari.

Nel complesso tali velocità sono in linea con i litotipi investigati e si è evidenziata una buona corrispondenza tra gli spessori ricavati dall'analisi stratigrafica e quelli dedotti sulla base delle velocità sismiche.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Appendice
Tipo di suolo

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

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

Tipo C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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.

Tipo 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 m/s e 180 m/s.

Tipo E: *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

7. SISMICA A RIFRAZIONE

7.1 CENNI TEORICI SUL METODO

Come è noto, le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo e per ogni variazione fisica all'interno dello stesso. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (**onde P** o "di compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (**onde SH** o “di taglio”), per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (*Legge di Snell*), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spaziati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un sismografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (*dromocrona*) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (*Vp*) o trasversali (*Vs*) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell’acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità Vp dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;
- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione, ma può ovviamente ridursi la precisione nella determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;
- analogamente, incrementi graduali di velocità con la profondità danno origine a dromocrone che consentono più schemi interpretativi. Il possibile errore può essere più contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle dromocrone delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

Per contro i moderni metodi di elaborazione del dato sismico, come il Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980), Delay time e Metodo dei Tempi Intercetti consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente "accidentati" e con velocità variabili lungo il profilo, anche in presenza di morfologie di superficie non piane: la buona precisione raggiungibile, specie se si dispone di sondaggi di taratura, consente talora di elevare la prospezione sismica da semplice valutazione qualitativa a valido supporto quantitativo dell'indagine geognostica.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

7.2 MODALITA' DI ACQUISIZIONE

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

a) **Sismografo**:

il sismografo utilizzato per l'esecuzione delle basi di sismiche a rifrazione è un sismografo ECHO 24/2010 SEISMIC UNIT (AMBROGEO) a 24 canali caratterizzato dai seguenti parametri di acquisizione.

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE LINEE SISMICHE A RIFRAZIONE:

SISMOGRAFO:

ECHO 24/2002 SEISMIC UNIT
Numero canali utilizzati: 24
Numero geofoni (P) per canale: 1
Impedenza geofoni: 430 Ω
Frequenza naturale: 14 Hz (P)
Lungh. di registrazione: 400ms (P)

GEOMETRIA DEGLI STENDIMENTI:

Offset RF1 = 0,75 m
Distanza intergeofonica RF1 = 1,5 m
Nr. Di scoppi per stendimento: 5

b) **Sistema energizzante**:

Come sorgente energizzante è stato utilizzata una mazza del peso di 8 Kg, battente direttamente sia su una piastra di alluminio che sull'asfalto, e in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione. Tale metodologia ha consentito di ottenere ovunque registrazioni di buona qualità.

Figura 1: particolare del sistema di acquisizione

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Tale metodologia ha consentito di ottenere ovunque registrazioni di buona qualità.
Per le linee sismiche a rifrazione sono state effettuate 5 energizzazioni in modo da avere una maggiore risoluzione delle geometrie e delle morfologie sepolte nell'area indagata.

c) **trigger**:
Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante (cannoncino, maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione.

d) **apparecchiatura di ricezione**:
Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz.
La geometria di acquisizione utilizzata per l'acquisizione delle basi sismiche a rifrazione è riportata in **Fig. 2**.

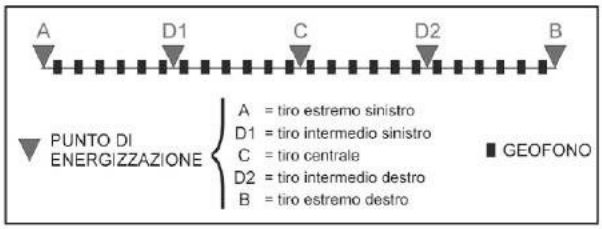


Figura 2: geometria acquisizione linee sismiche a rifrazione

7.3 ELABORAZIONE DATI

Il risultato finale della fase di acquisizione è costituito da una serie di files in formato SGY.
La successiva elaborazione dei dati si è sviluppata attraverso le seguenti fasi:

- ⇒ inserimento dei dati, determinazione dei primi arrivi (*picking*) ed interpretazione con software specifico INTERSISM 2.1 (Geo&Soft);
- ⇒ output dei tabulati:
  - dati di scoppio (ascissa e quota dei geofoni, ascissa e quota dei punti di energizzazione, tempi di primo arrivo);
  - velocità calcolate per ciascun sismostrato individuato;
  - profondità calcolate per ciascun sismostrato individuato;
  - dromocrone e sezione sismostratigrafica.
- ⇒ inserimento dei dati e interpretazione dei dati sismici con software specifico Rayfract 3.17;
- ⇒ output degli elaborati:
  - modello monodimensionale (gradiente 1D) onde P;

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

7.4 RISULTATI PROVA RF1

Nell'indagine di sismica a rifrazione, i materiali investigati sono stati suddivisi in 2 principali sismostrati per le onde P (**Fig. 3**).

Si è individuato un sismostrato con velocità delle onde P di 478 m/s, con uno spessore variabile, massimo di circa 18,0 metri in corrispondenza dello scoppio A, tale sismostrato è assimilabile a da litotipi limoso-argillosi.

A questo segue un sismostrato con velocità delle onde P di 797 m/s; tale intervallo sismostratigrafico è assimilabile a litotipi ghiaioso-sabbiosi.

La prova della lunghezza complessiva di 120 m ha consentito di indagare fino ad una profondità di circa 23,0 m dal p.c..

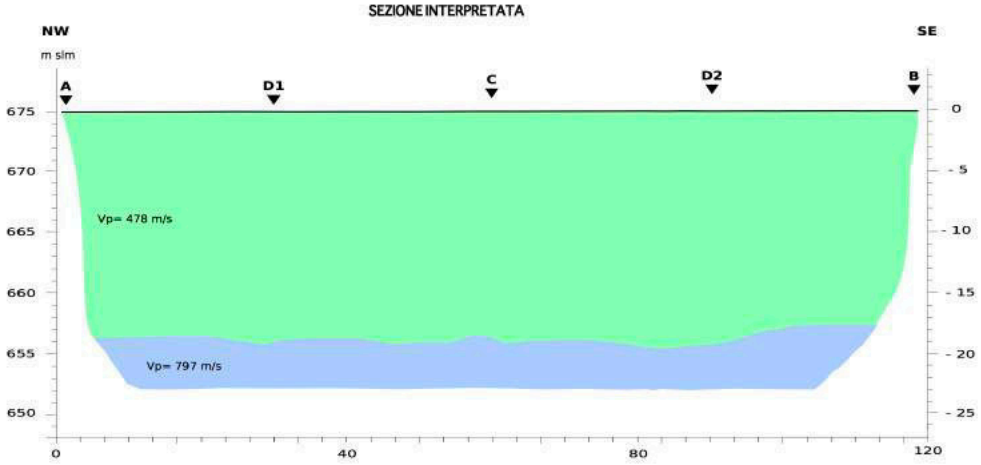


Figura 3: Sezione Sismostratigrafica interpretata.

7.5 RISULTATI PROVA RF1

Nell'indagine di sismica a rifrazione, i materiali investigati sono stati suddivisi in 2 principali sismostrati per le onde S (**Fig. 4**).

Si è individuato un sismostrato con velocità delle onde S di 242 m/s, con uno spessore variabile, massimo di circa 22,0 metri in corrispondenza dello scoppio B, tale sismostrato è assimilabile a litotipi limoso-argillosi.

A questo segue un sismostrato con velocità delle onde S di 797 m/s; tale intervallo sismostratigrafico è assimilabile a litotipi ghiaioso-sabbiosi.

La prova della lunghezza complessiva di 120 m ha consentito di indagare fino ad una profondità di circa 25,0 m dal p.c..

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

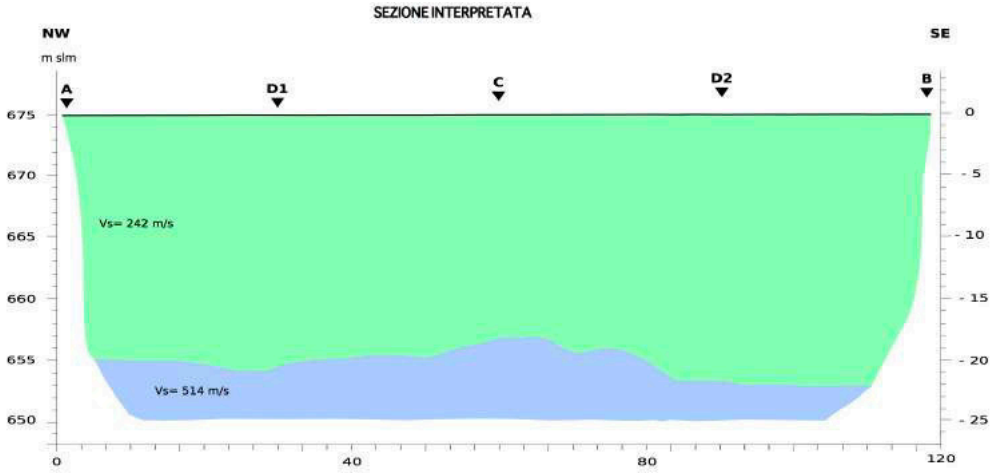


Figura 4: Sezione Sismostratigrafica interpretata.

7.6 RISULTATI PROVA RF2

Nell'indagine di sismica a rifrazione, i materiali investigati sono stati suddivisi in 2 principali sismostrati per le onde S (**Fig. 4**).

Si è individuato un sismostrato con velocità delle onde S di 396 m/s, con uno spessore variabile, massimo di circa 22,0 metri in corrispondenza dello scoppio B, tale sismostrato è assimilabile a litotipi limoso-argillosi.

A questo segue un sismostrato con velocità delle onde S di 897 m/s; tale intervallo sismostratigrafico è assimilabile a litotipi ghiaioso-sabbiosi.

La prova della lunghezza complessiva di 120 m ha consentito di indagare fino ad una profondità di circa 20,0 m dal p.c..

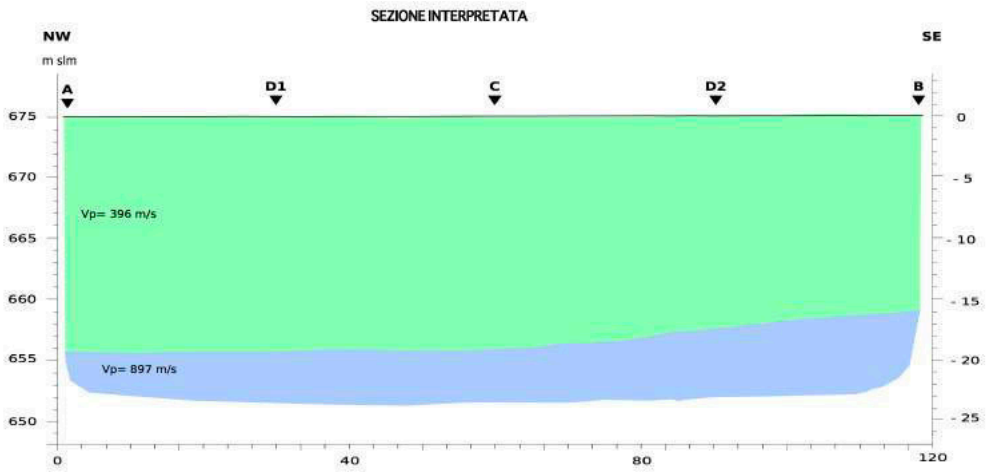


Figura 5: Sezione Sismostratigrafica interpretata.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

7.7 RISULTATI PROVA RF2

Nell'indagine di sismica a rifrazione, i materiali investigati sono stati suddivisi in 3 principali sismostrati per le onde S (**Fig. 3**).

Si è individuato un sismostrato superficiale con velocità delle onde P di 257 m/s, con uno spessore variabile, massimo di circa 8,0 metri in corrispondenza dello scoppio D2, tale sismostrato è assimilabile a terreno vegetale seguito da litotipi limoso-argillosi poco addensati.

A questo segue un sismostrato con velocità delle onde P di 359 m/s; tale intervallo sismostratigrafico è assimilabile a litotipi limoso-argillosi mediamente addensati.

A questo segue un sismostrato con velocità delle onde P di 536 m/s; tale intervallo sismostratigrafico è assimilabile a litotipi ghiaioso-sabbiosi.

La prova della lunghezza complessiva di 120 m ha consentito di indagare fino ad una profondità di circa 23,0 m dal p.c..

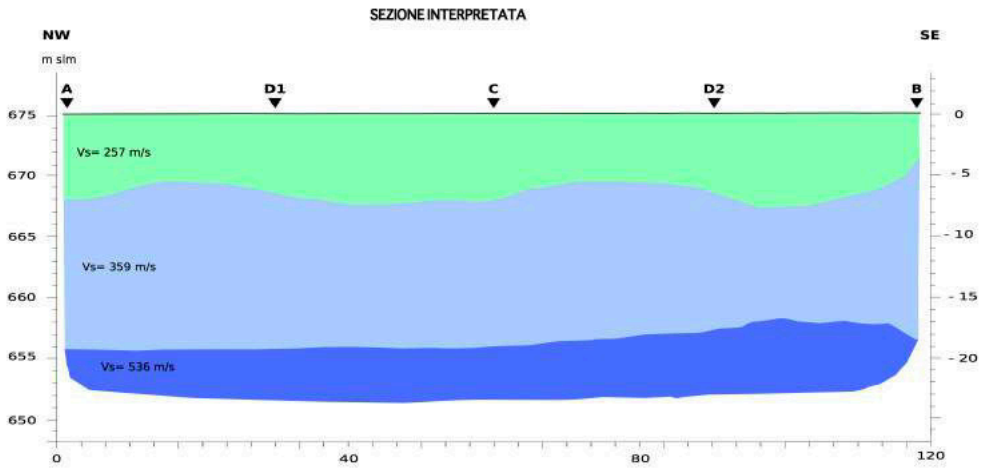


Figura 6: Sezione Sismostratigrafica interpretata.

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Gioia dei Marsi, maggio 2019

Il Direttore Tecnico
Dott. Michele Aureli

DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Michele Aureli

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

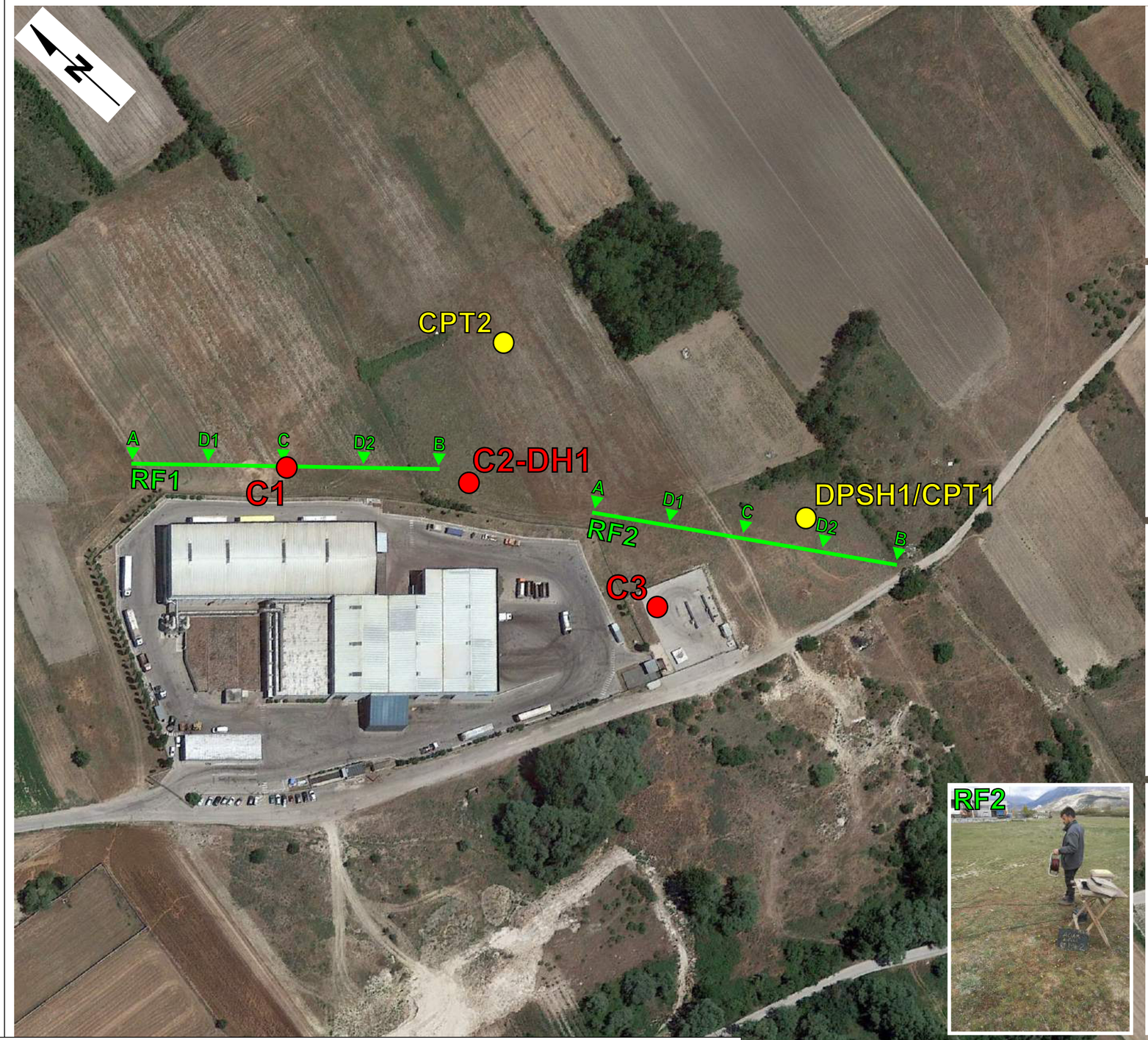
AURELI SOIL Srl

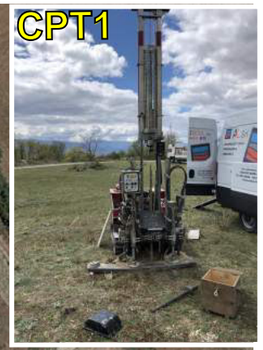
UBICAZIONE DELLE INDAGINI CON DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DELL'AQUILA
COMUNE DI AIELLI
Località La Stanga

Coordinate medie del sito d'indagine
WGS84 gradi decimali

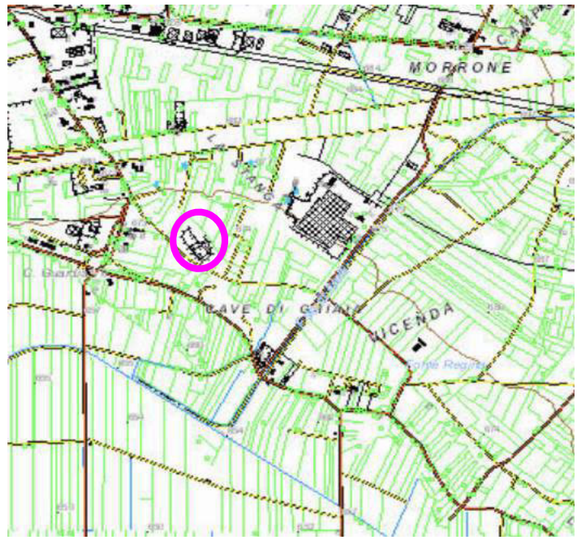
N 42.048727°
E 13.568939°





LEGENDA

C-DH	Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato a Down-Hole
C	Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
CPT	Prova penetrometrica statica di tipo CPT
DPSH	Prova penetrometrica dinamica superpesante di tipo DPSH
A D1 C D2 B RF	Prova sismica a rifrazione in onde P ed Sh



Stralcio Carta Tecnica Regionale CTR 1:5.000

ALLEGATO 1

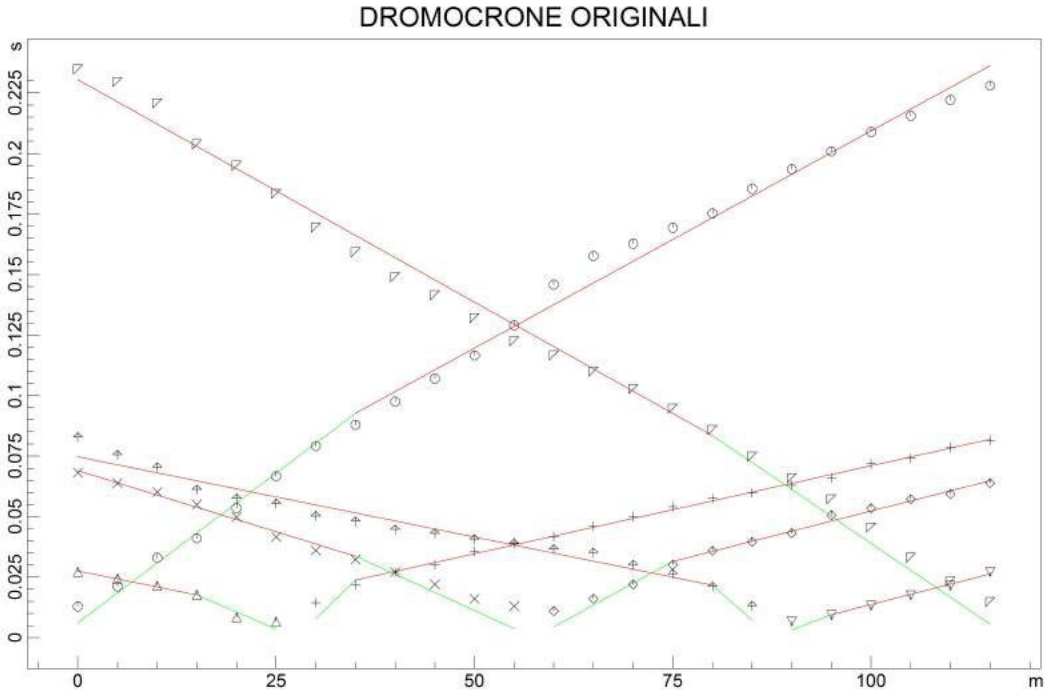
PROVA SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P

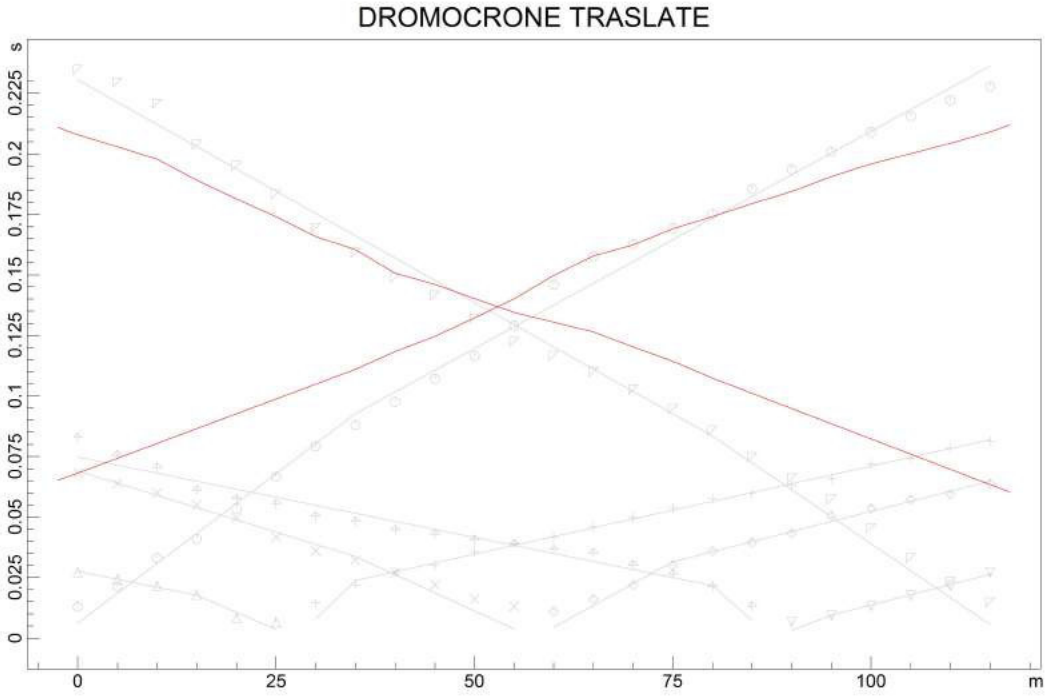
RF1
120 m

Aielli (AQ)
Loc. La Stanga

- DROMOCRONE ONDE P
- SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE P
- TABELLA DEI PRIMI ARRIVI
- SISMOGRAMMI DI CAMPAGNA CON TEMPI DI PRIMO ARRIVO

SISMICA A RIFRAZIONE RF1
ONDE P





www.geoandsoft.com

AURELI SOIL Srl

GEOTECHNICAL - GEOPHYSICS - STRUCTURAL HEALTH MONITORING - CONSOLIDATIONS - GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

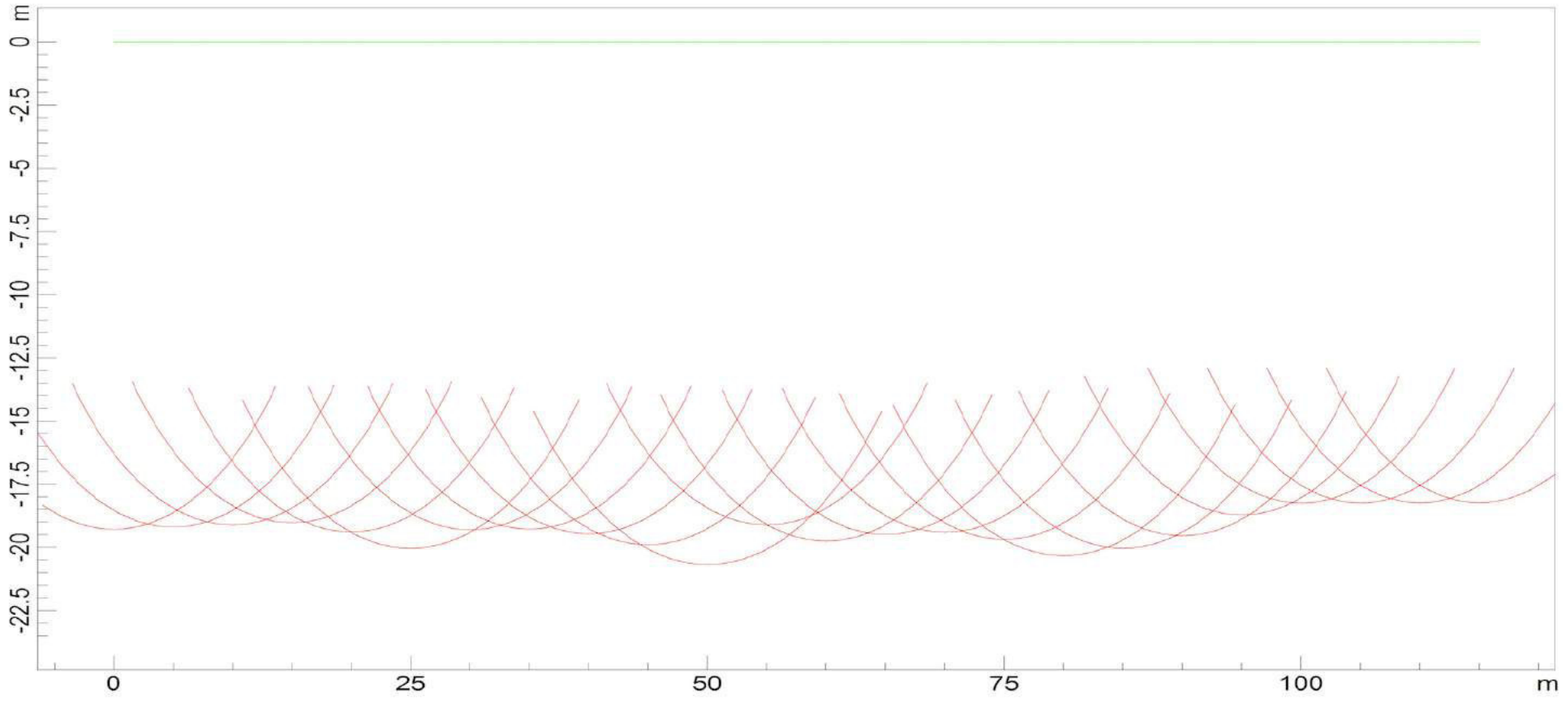
REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DI L'AQUILA
COMUNE DI
AIELLI
Località La Stanga

RF1

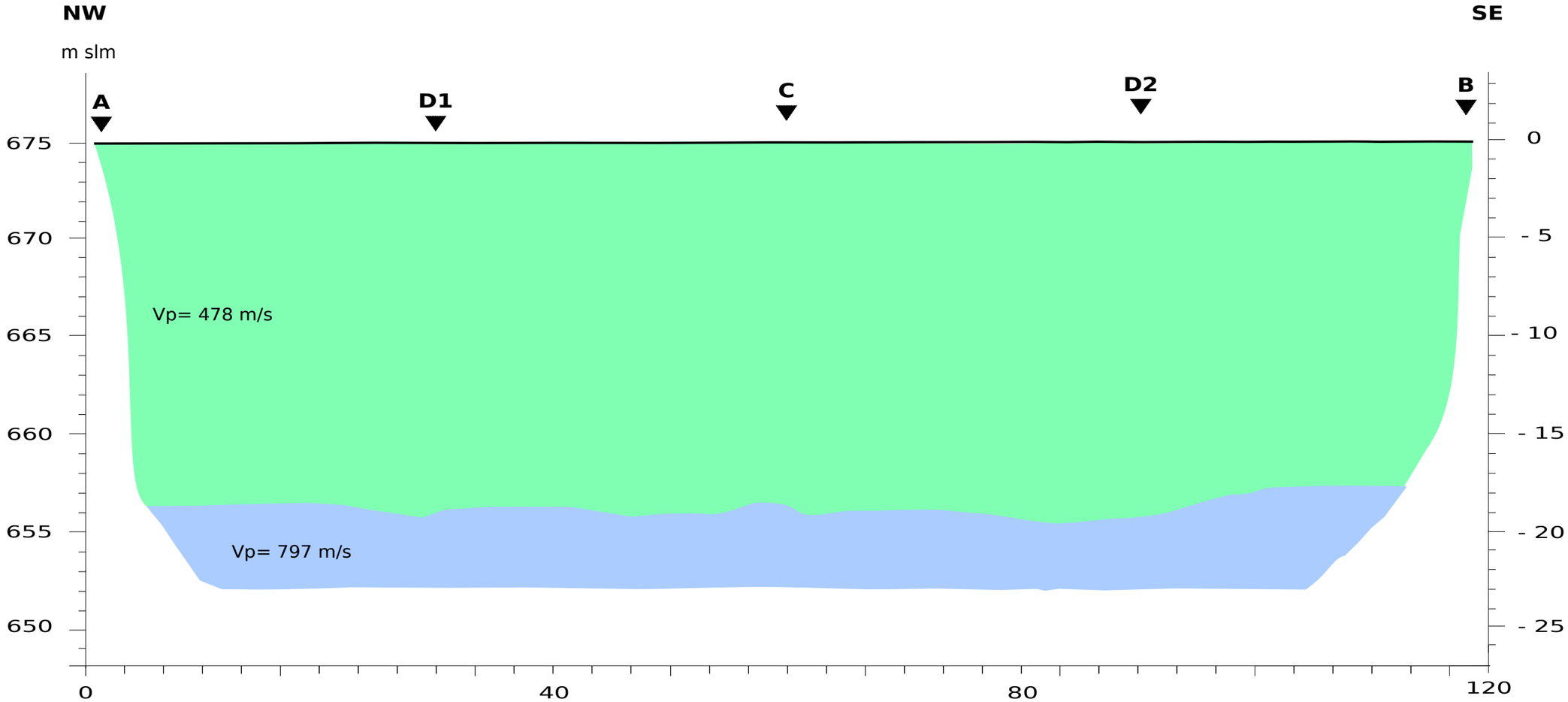
SEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P (120 m)

Rev.	Data	Committente	Direttore Tecnico
0	30/04/2019	Torelli Dottori SpA	Dott. Geol. Michele Aureli

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE INTERPRETATA



ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

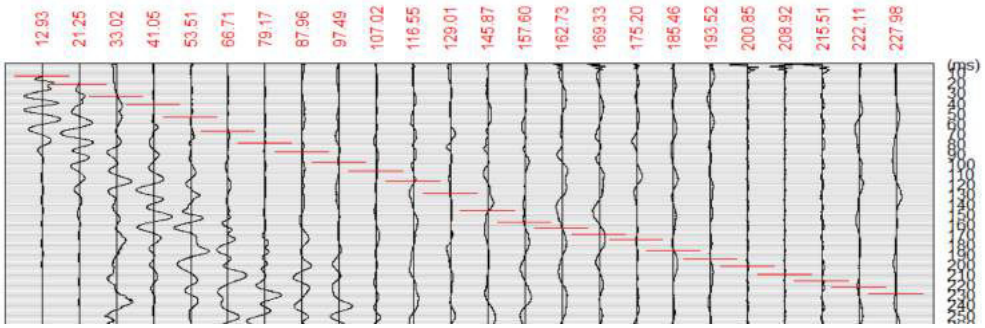
SISMICA A RIFRAZIONE RF1

ONDE P

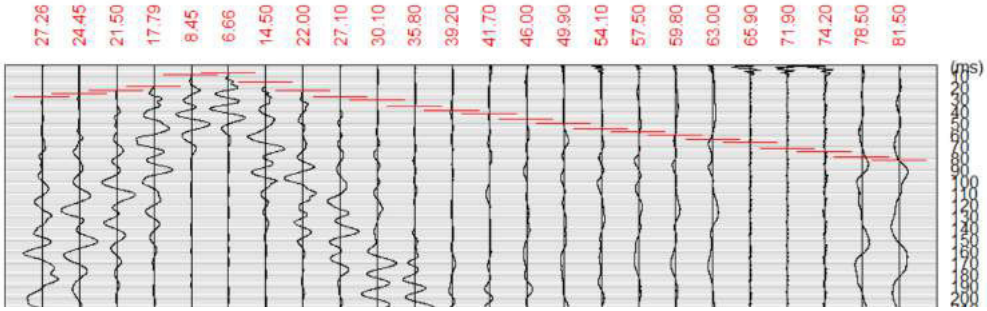
POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da -2.5 [ms]	FBP da 27.5 [ms]	FBP da 57.5 [ms]	FBP da 87.5 [ms]	FBP da 117.5 [ms]
1	0.00	0.00	12.93	27.26	68.20	82.80	234.62
2	5.00	0.00	21.25	24.45	63.80	75.50	229.50
3	10.00	0.00	33.02	21.50	60.10	70.40	220.67
4	15.00	0.00	41.05	17.79	55.00	61.20	203.78
5	20.00	0.00	53.51	8.45	49.80	57.50	194.94
6	25.00	0.00	66.71	6.66	41.60	55.40	183.30
7	30.00	0.00	79.17	14.50	36.00	50.30	169.34
8	35.00	0.00	87.96	22.00	32.30	48.10	159.10
9	40.00	0.00	97.49	27.10	27.10	44.70	148.86
10	45.00	0.00	107.02	30.10	22.00	43.00	141.44
11	50.00	0.00	116.55	35.80	16.10	40.70	131.97
12	55.00	0.00	129.01	39.20	13.00	38.90	122.37
13	60.00	0.00	145.87	41.70	11.00	36.60	116.61
14	65.00	0.00	157.60	46.00	16.10	35.20	109.95
15	70.00	0.00	162.73	49.90	22.00	30.10	102.66
16	75.00	0.00	169.33	54.10	30.10	26.40	94.59
17	80.00	0.00	175.20	57.50	35.90	21.20	85.76
18	85.00	0.00	185.46	59.80	39.60	13.20	74.75
19	90.00	0.00	193.52	63.00	43.20	6.70	65.92
20	95.00	0.00	200.85	65.90	50.60	9.30	57.22
21	100.00	0.00	208.92	71.90	53.50	13.20	45.44
22	105.00	0.00	215.51	74.20	57.20	17.50	33.02
23	110.00	0.00	222.11	78.50	59.40	21.50	23.17
24	115.00	0.00	227.98	81.50	63.80	27.10	14.72

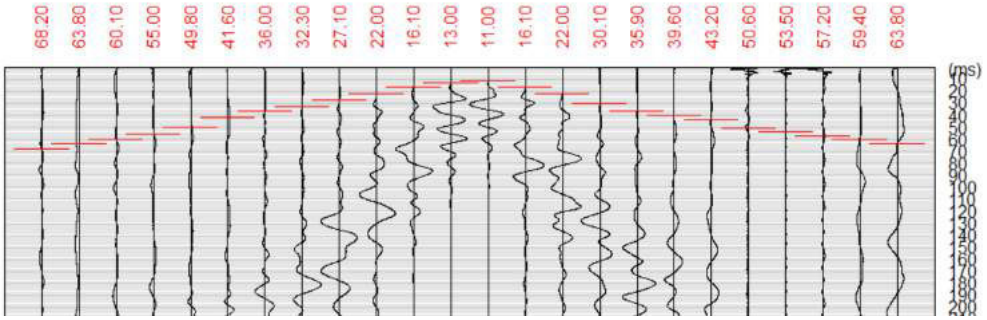
SPARI CON TEMPI DI PRIMO ARRIVO ONDE P



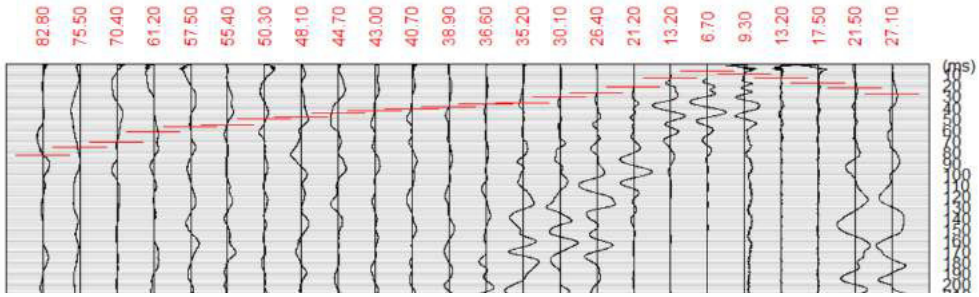
Sparo A



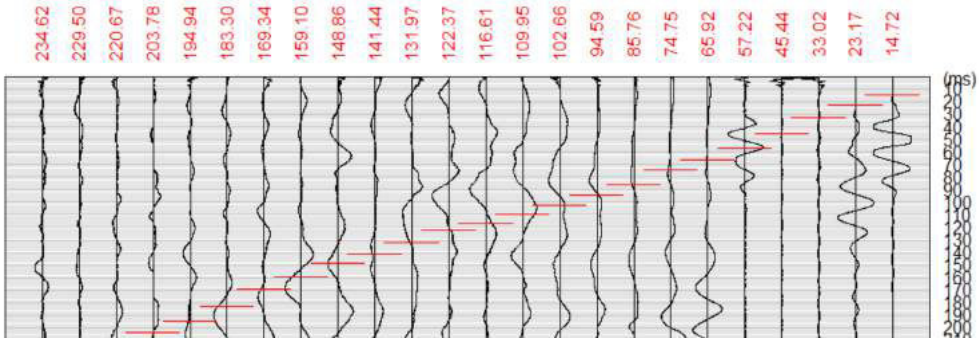
Sparo D1



Sparo C



Sparo D2



Sparo B

ALLEGATO 2

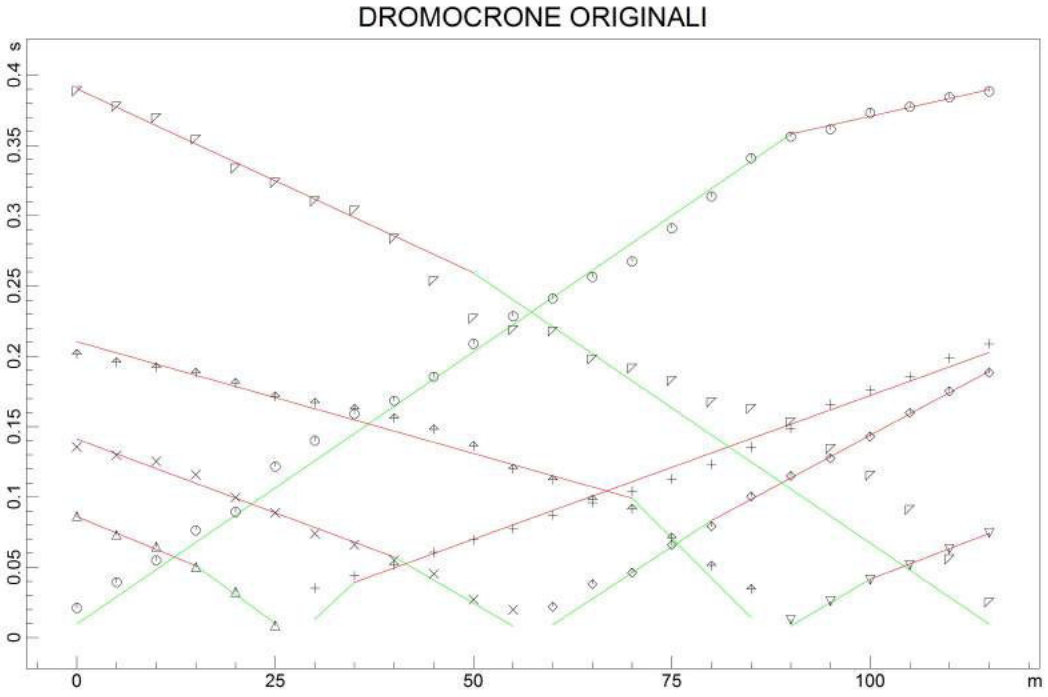
PROVA SISMICA A RIFRAZIONE ONDE S

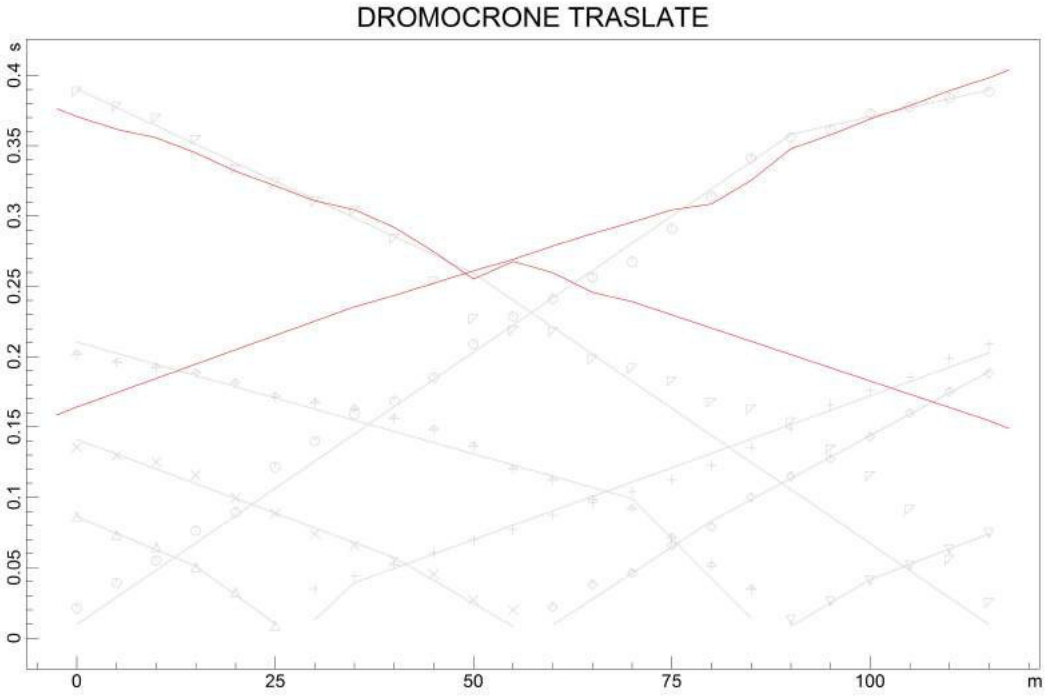
RF1
120 m

Aielli (AQ)
Loc. La Stanga

- DROMOCRONE ONDE S
- SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE S
- TABELLA DEI PRIMI ARRIVI
- SISMOGRAMMI DI CAMPAGNA CON TEMPI DI PRIMO ARRIVO

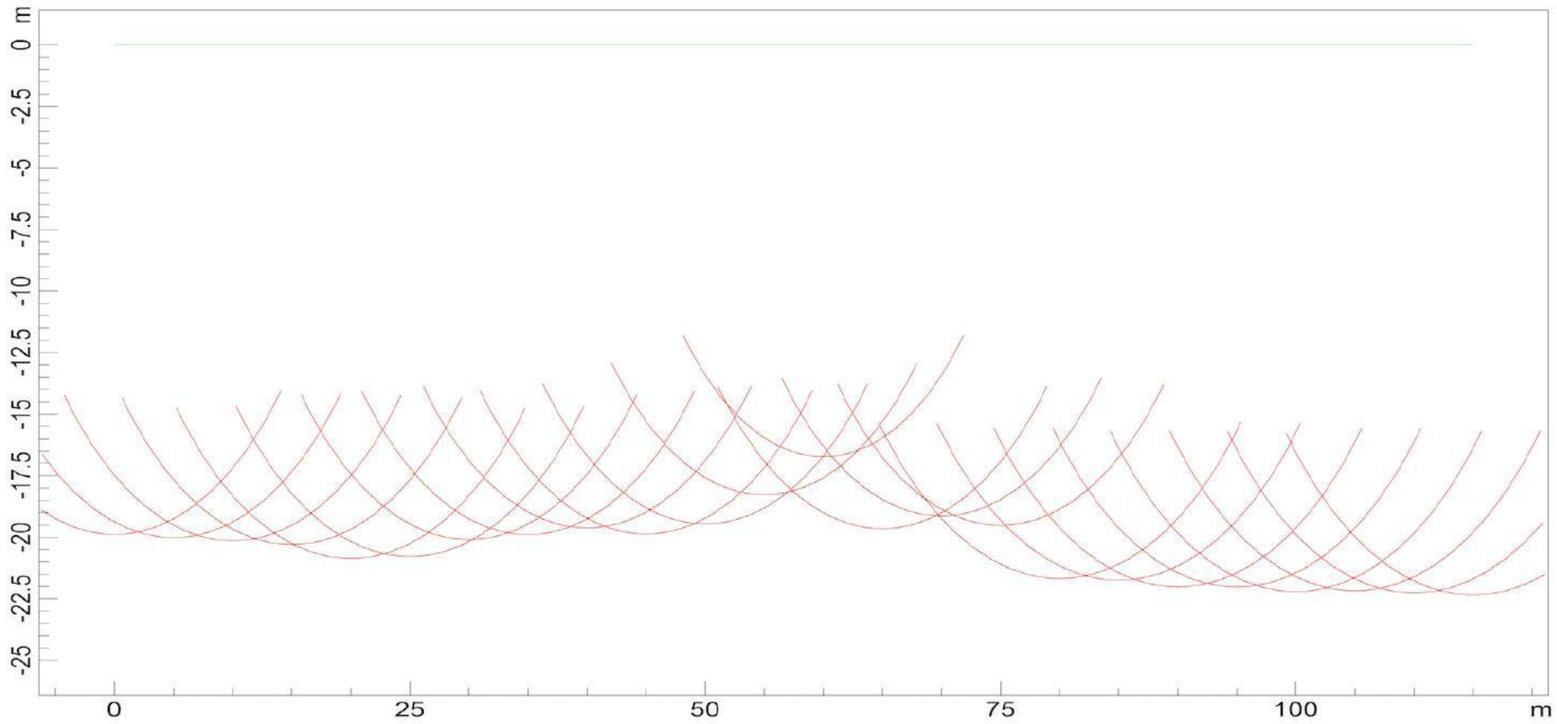
SISMICA A RIFRAZIONE RF1
ONDE S



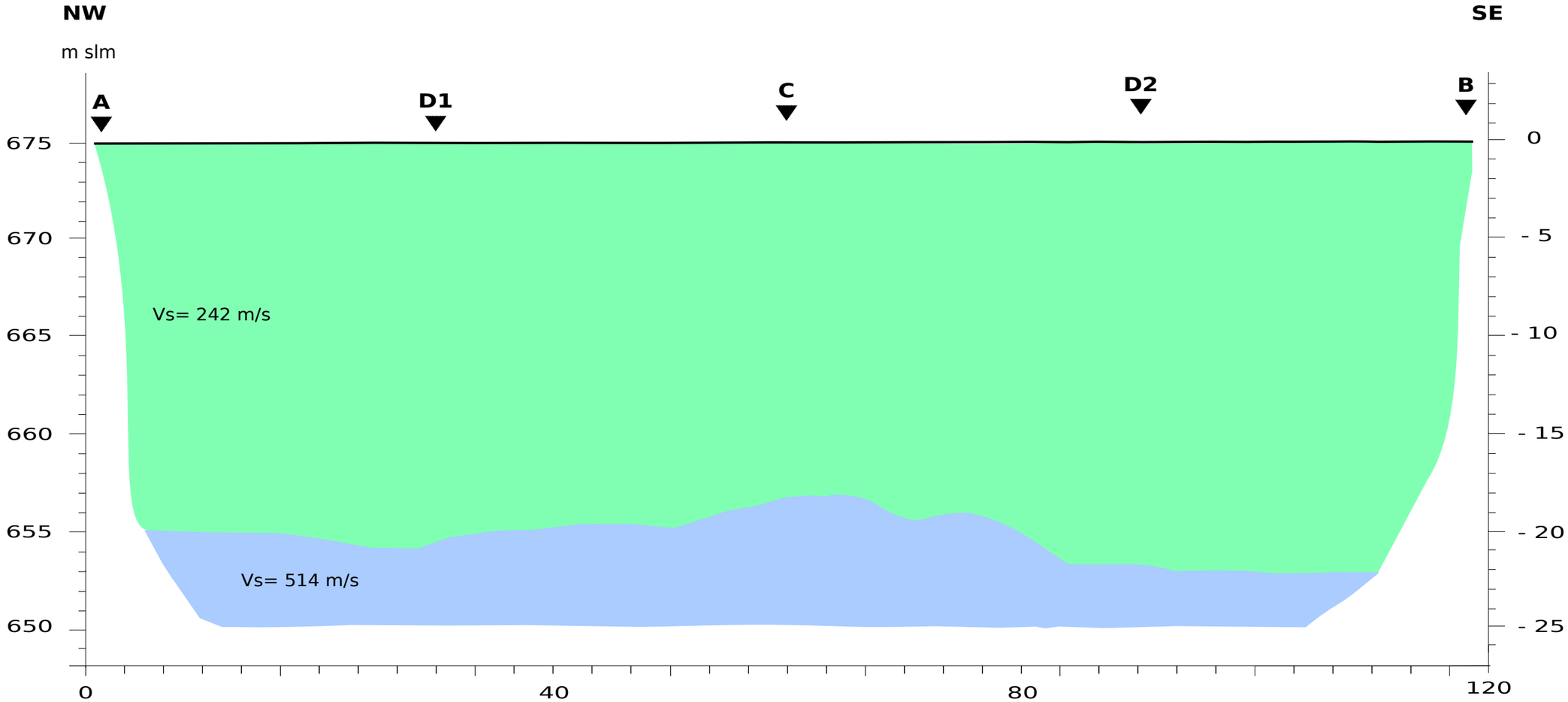


www.geoandsoft.com

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE INTERPRETATA



AURELI SOIL Srl

GEOTECHNICAL - GEOPHYSICS - STRUCTURAL HEALTH MONITORING - CONSOLIDATIONS - GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DI L'AQUILA
COMUNE DI
AIELLI
Località La Stanga

RF1

SEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE S (120 m)

Rev.	Data	Committente	Direttore Tecnico
0	30/04/2019	Torelli Dottori SpA	Dott. Geol. Michele Aureli

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

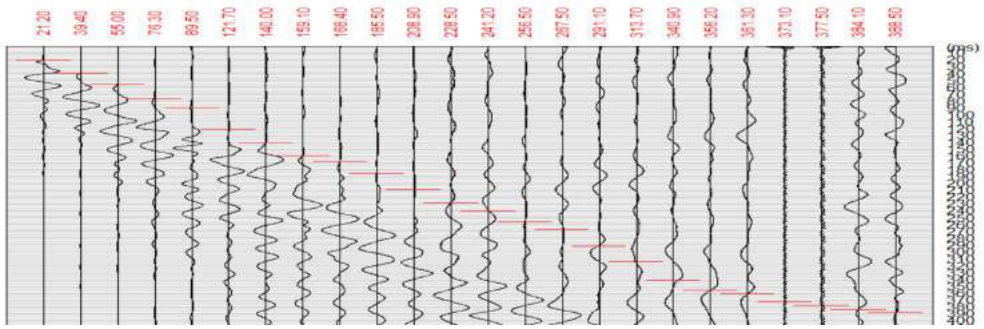
SISMICA A RIFRAZIONE RF1

ONDE S

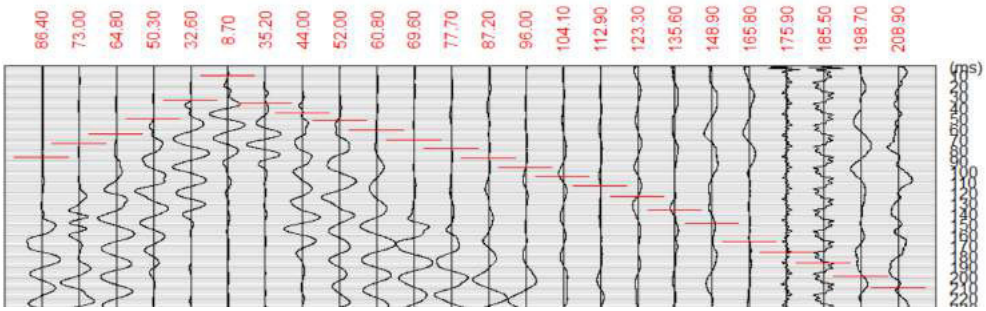
POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da -2.5 [ms]	FBP da 27.5 [ms]	FBP da 57.5 [ms]	FBP da 87.5 [ms]	FBP da 117.5 [ms]
1	0.00	0.00	21.20	86.40	135.61	201.60	388.50
2	5.00	0.00	39.40	73.00	129.75	195.70	377.50
3	10.00	0.00	55.00	64.80	125.35	192.10	369.50
4	15.00	0.00	76.30	50.30	115.84	188.40	354.10
5	20.00	0.00	89.50	32.60	99.71	181.10	333.50
6	25.00	0.00	121.70	8.70	88.70	171.50	323.30
7	30.00	0.00	140.00	35.20	73.98	167.10	310.10
8	35.00	0.00	159.10	44.00	66.05	162.70	303.50
9	40.00	0.00	168.40	52.00	55.04	156.10	283.70
10	45.00	0.00	185.50	60.80	45.44	148.10	253.60
11	50.00	0.00	208.90	69.60	27.14	136.30	226.60
12	55.00	0.00	228.50	77.70	19.84	120.20	218.50
13	60.00	0.00	241.20	87.20	22.02	112.20	217.70
14	65.00	0.00	256.50	96.00	38.14	98.20	197.90
15	70.00	0.00	267.50	104.10	46.21	91.60	191.40
16	75.00	0.00	291.10	112.90	65.97	71.10	182.50
17	80.00	0.00	313.70	123.30	79.17	51.30	167.20
18	85.00	0.00	340.90	135.60	100.43	34.50	162.70
19	90.00	0.00	356.20	148.90	115.09	12.90	153.20
20	95.00	0.00	361.30	165.80	127.55	26.00	134.10
21	100.00	0.00	373.10	175.90	142.94	41.10	115.10
22	105.00	0.00	377.50	185.50	159.80	51.70	90.90
23	110.00	0.00	384.10	198.70	175.20	63.10	55.70
24	115.00	0.00	388.50	208.90	188.39	74.50	25.00

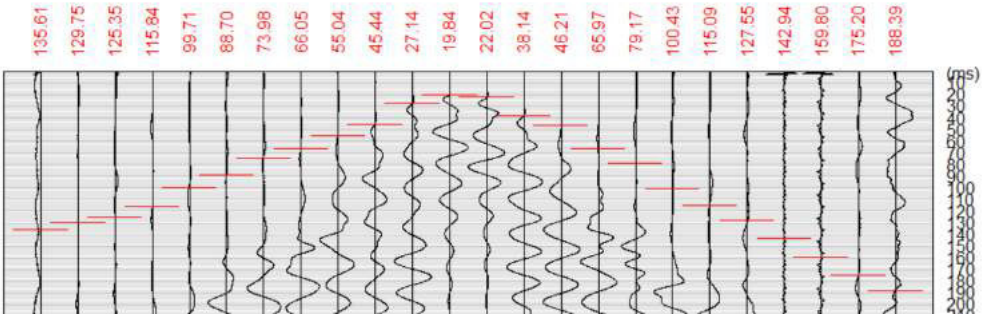
SPARI CON TEMPI DI PRIMO ARRIVO ONDE S



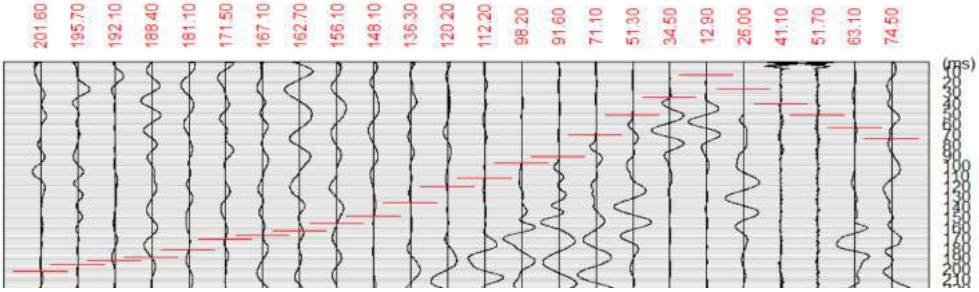
Sparo A



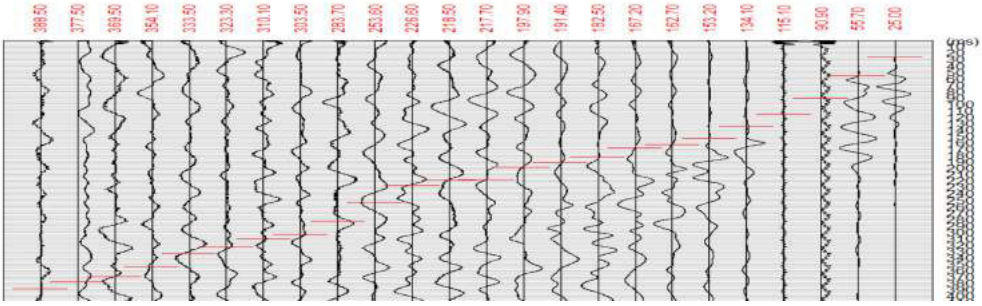
Sparo D1



Sparo C



Sparo D2



Sparo B

ALLEGATO 3

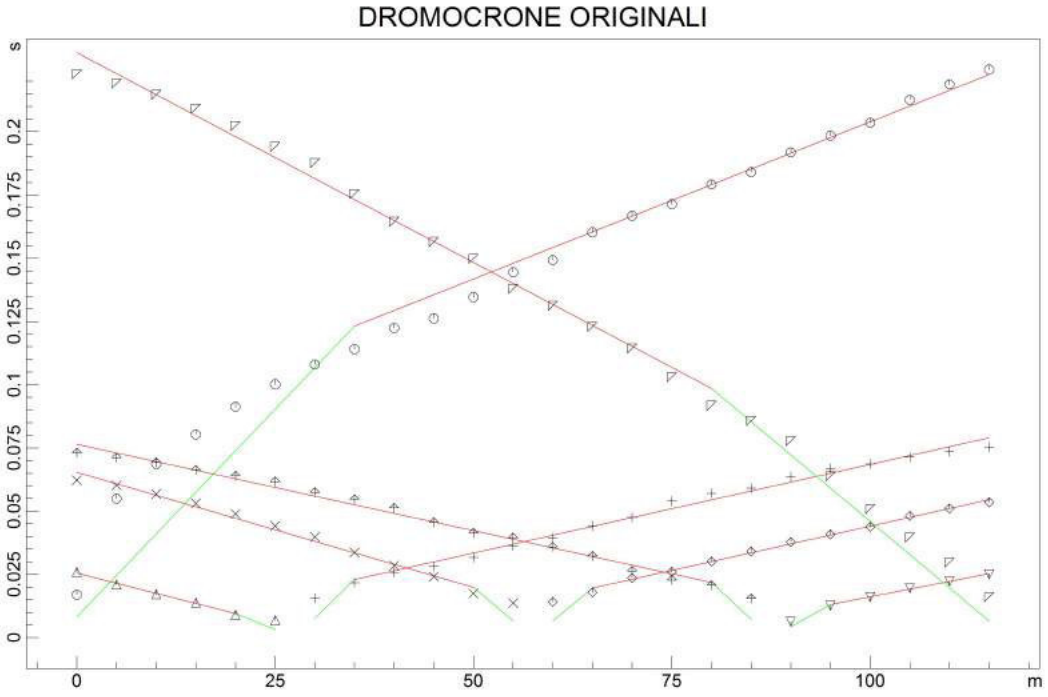
PROVA SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P

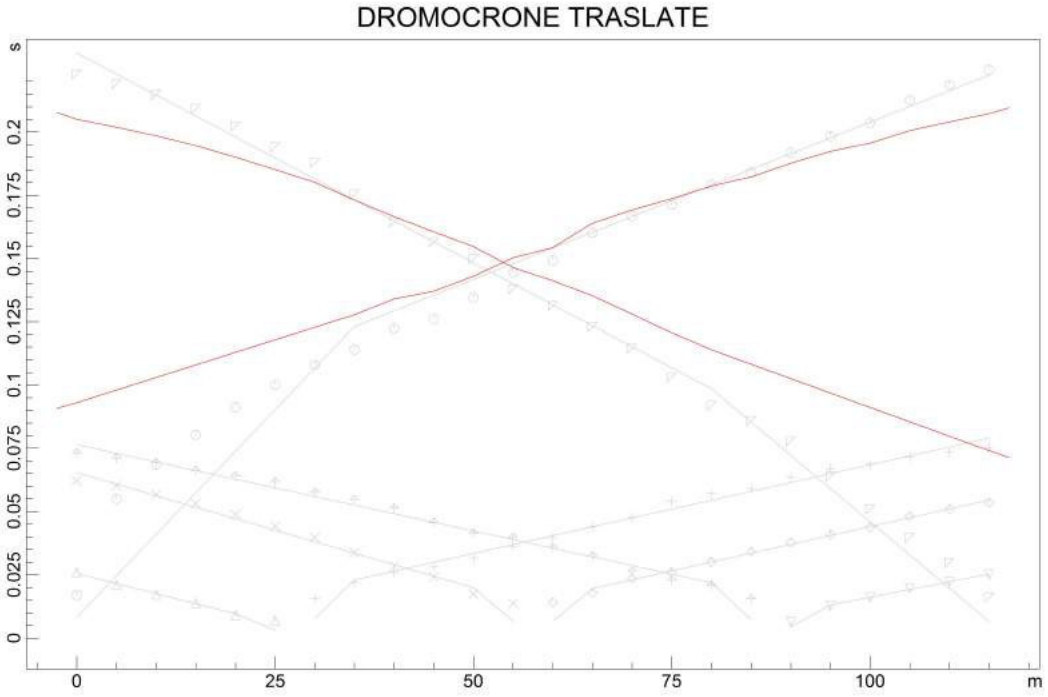
RF2
120 m

Aielli (AQ)
Loc. La Stanga

- DROMOCRONE ONDE P
- SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE P
- TABELLA DEI PRIMI ARRIVI
- SISMOGRAMMI DI CAMPAGNA CON TEMPI DI PRIMO ARRIVO

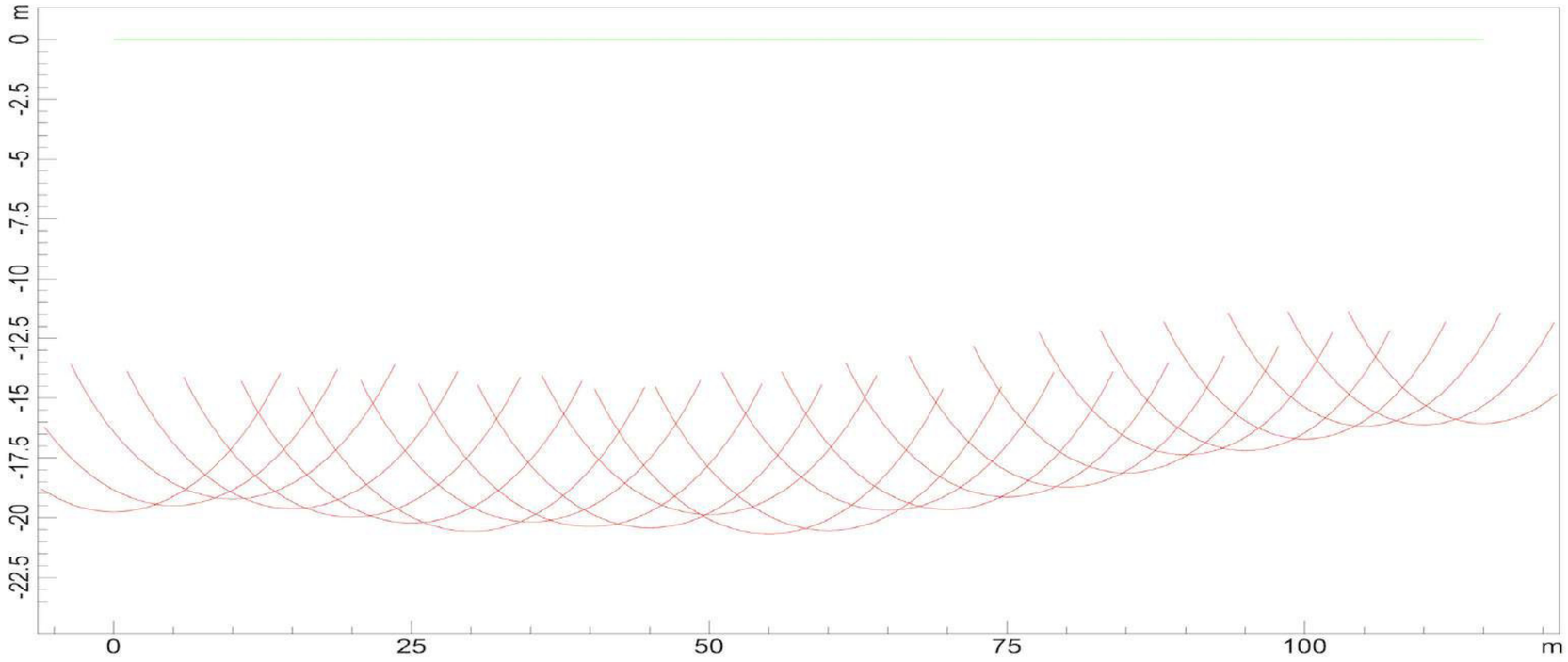
SISMICA A RIFRAZIONE RF2
ONDE P





www.geoandsoft.com

PROFONDITA' RIFRATTORI



AURELI SOIL Srl

GEOTECHNICAL - GEOPHYSICS - STRUCTURAL HEALTH MONITORING - CONSOLIDATIONS - GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

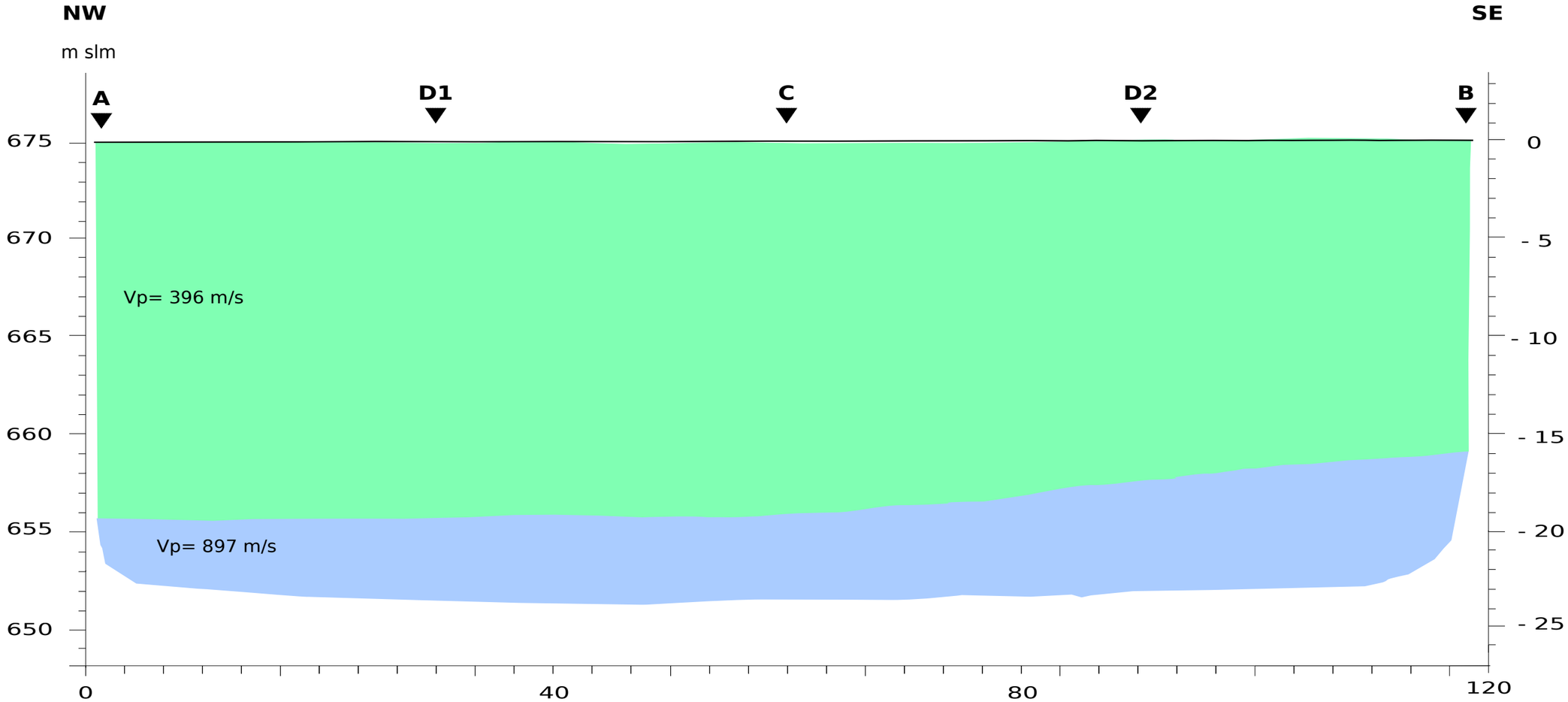
REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DI L'AQUILA
COMUNE DI
AIELLI
Località La Stanga

RF2

SEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P (120 m)

Rev.	Data	Committente	Direttore Tecnico
0	30/04/2019	Torelli Dottori SpA	Dott. Geol. Michele Aureli

SEZIONE INTERPRETATA



ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

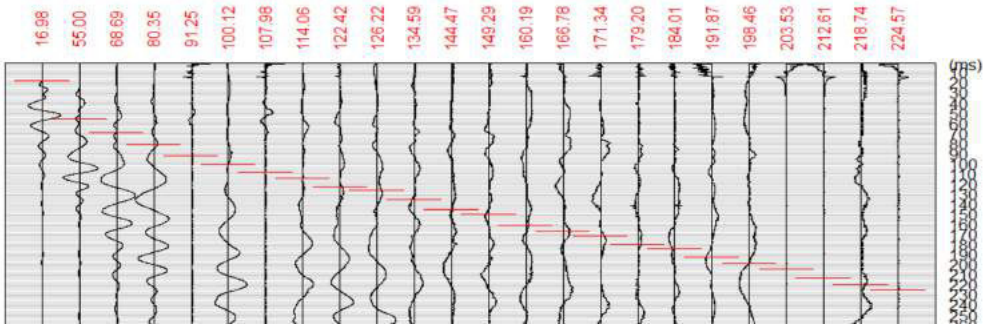
SISMICA A RIFRAZIONE RF2

ONDE P

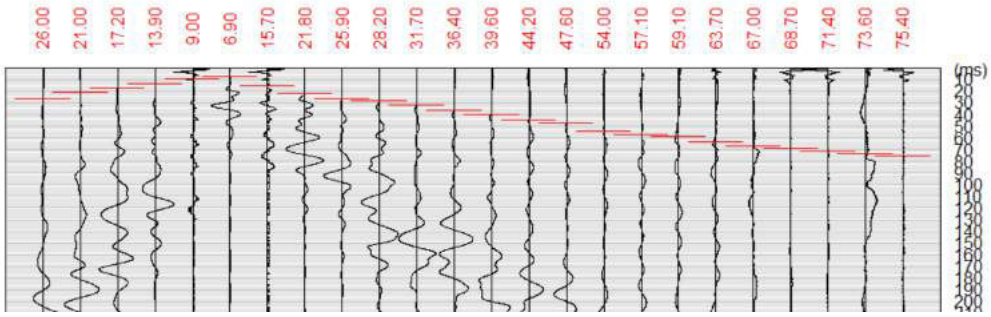
POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da -2.5 [ms]	FBP da 27.5 [ms]	FBP da 57.5 [ms]	FBP da 87.5 [ms]	FBP da 117.5 [ms]
1	0.00	0.00	16.98	26.00	62.20	73.10	222.72
2	5.00	0.00	55.00	21.00	60.20	71.20	219.01
3	10.00	0.00	68.69	17.20	56.80	69.30	214.66
4	15.00	0.00	80.35	13.90	53.10	66.30	209.15
5	20.00	0.00	91.25	9.00	48.90	64.00	202.24
6	25.00	0.00	100.12	6.90	44.20	61.70	194.05
7	30.00	0.00	107.98	15.70	39.80	57.50	187.65
8	35.00	0.00	114.06	21.80	33.70	54.70	175.36
9	40.00	0.00	122.42	25.90	28.50	51.30	164.35
10	45.00	0.00	126.22	28.20	24.20	45.60	156.42
11	50.00	0.00	134.59	31.70	17.50	41.40	149.76
12	55.00	0.00	144.47	36.40	13.70	39.60	137.86
13	60.00	0.00	149.29	39.60	14.12	35.90	131.20
14	65.00	0.00	160.19	44.20	17.93	32.30	122.88
15	70.00	0.00	166.78	47.60	23.61	26.40	114.30
16	75.00	0.00	171.34	54.00	26.03	22.80	103.04
17	80.00	0.00	179.20	57.10	30.12	20.80	91.65
18	85.00	0.00	184.01	59.10	34.13	15.50	85.76
19	90.00	0.00	191.87	63.70	37.80	6.40	77.70
20	95.00	0.00	198.46	67.00	40.85	12.70	63.74
21	100.00	0.00	203.53	68.70	43.83	16.10	50.82
22	105.00	0.00	212.61	71.40	48.12	19.60	39.55
23	110.00	0.00	218.74	73.60	51.10	22.30	29.70
24	115.00	0.00	224.57	75.40	53.59	25.10	16.00

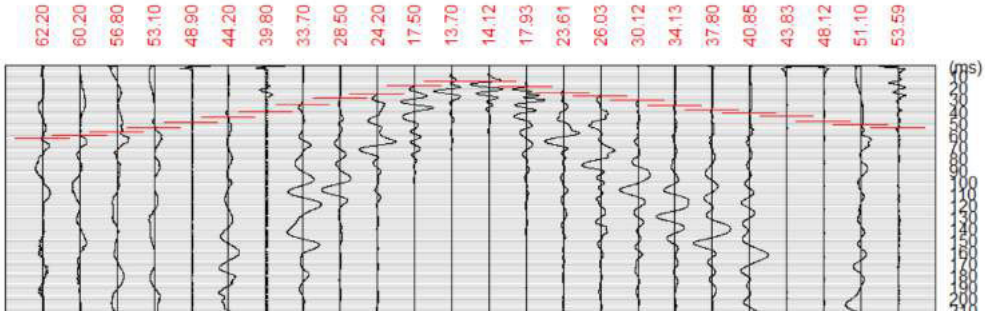
SPARI CON TEMPI DI PRIMO ARRIVO ONDE P



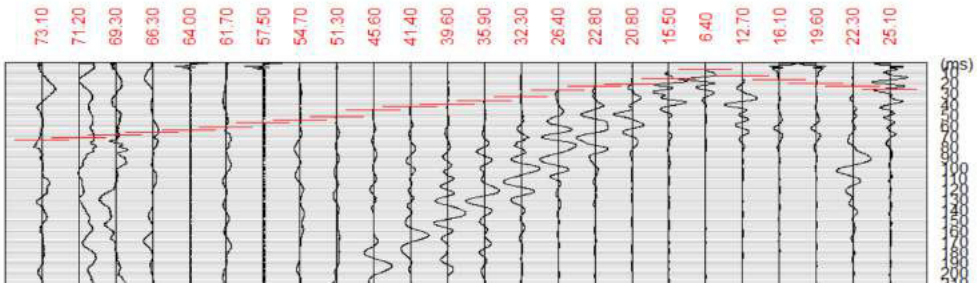
SPARO A



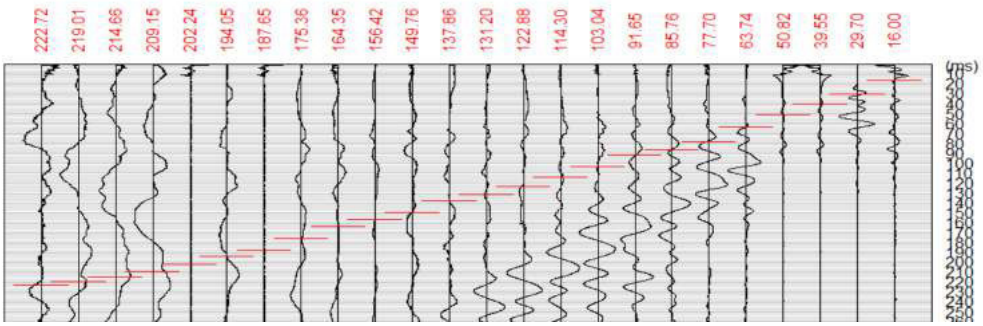
SPARO D1



SPARO C



SPARO D2



SPARO B

ALLEGATO 4

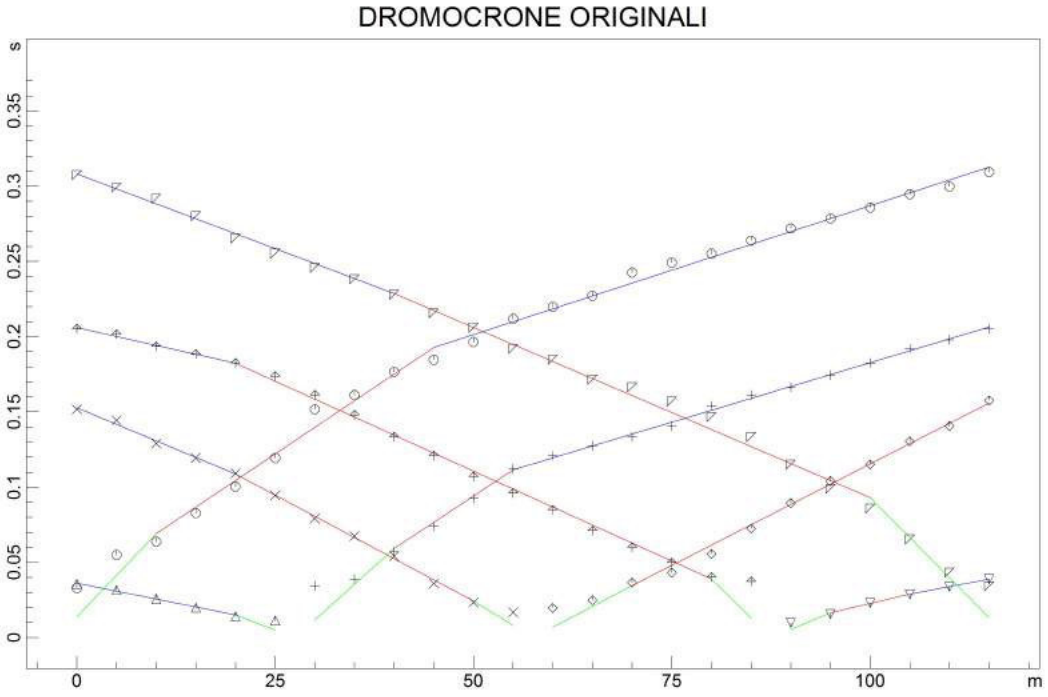
PROVA SISMICA A RIFRAZIONE ONDE S

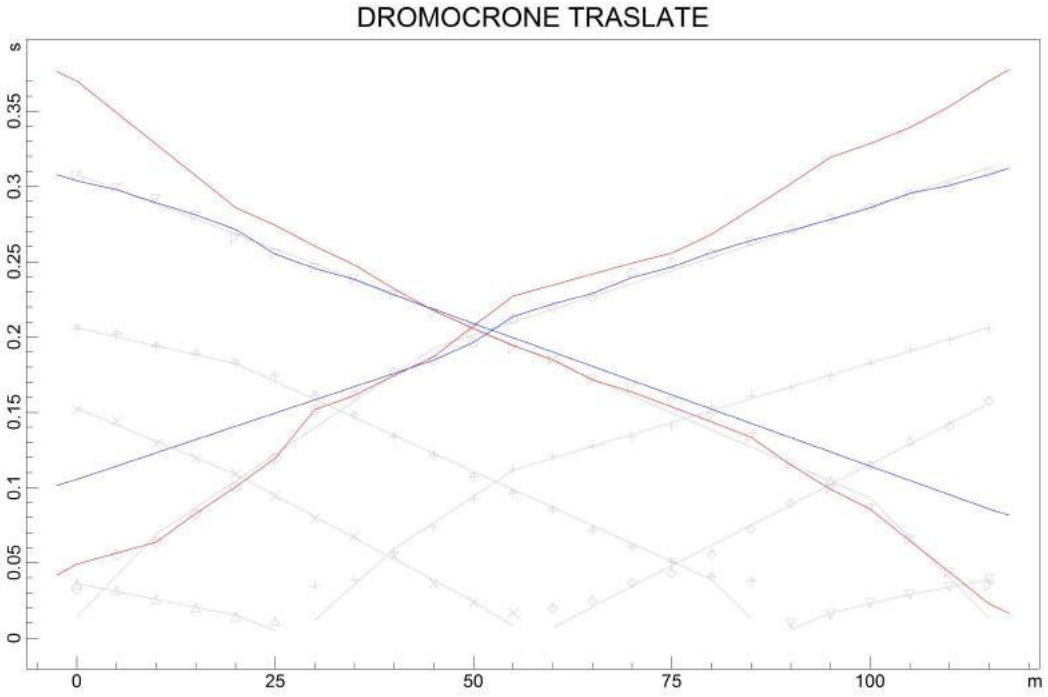
RF2
120 m

Aielli (AQ)
Loc. La Stanga

- DROMOCRONE ONDE S
- SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE S
- TABELLA DEI PRIMI ARRIVI
- SISMOGRAMMI DI CAMPAGNA CON TEMPI DI PRIMO ARRIVO

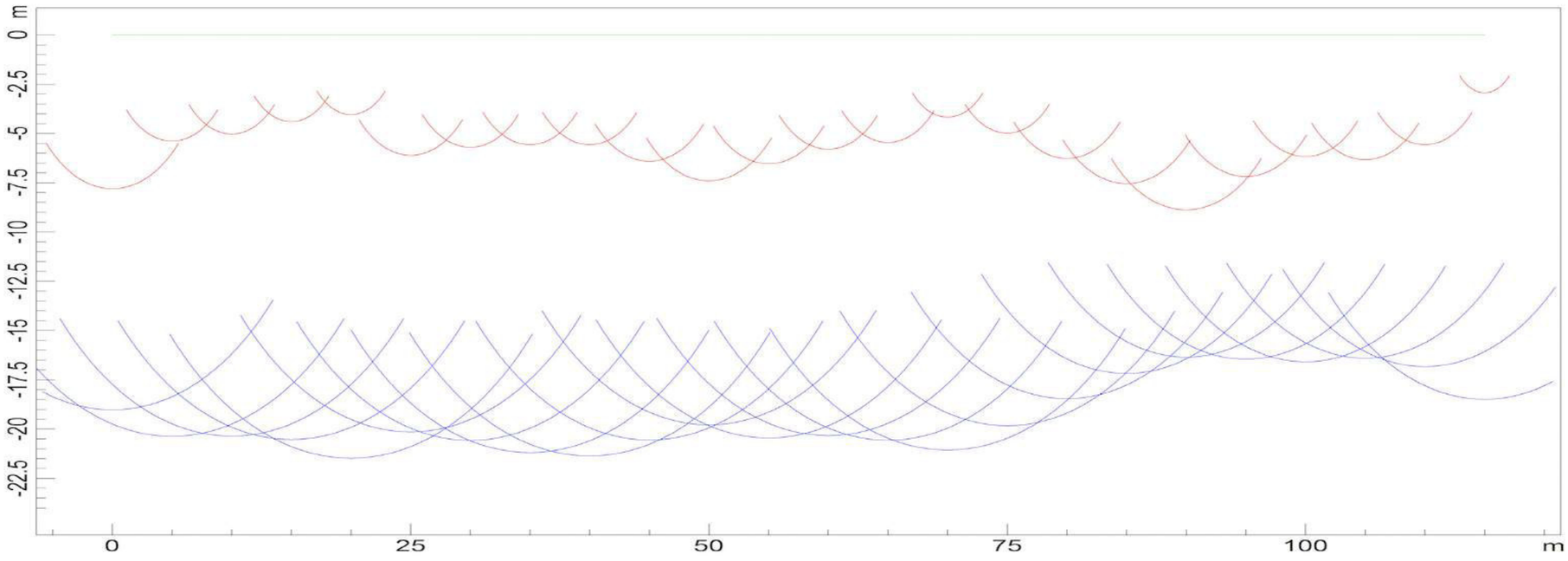
SISMICA A RIFRAZIONE RF2
ONDE S





www.geoandsoft.com

PROFONDITA' RIFRATTORI



AURELI SOIL Srl

GEOTECHNICAL - GEOPHYSICS - STRUCTURAL HEALTH MONITORING - CONSOLIDATIONS - GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

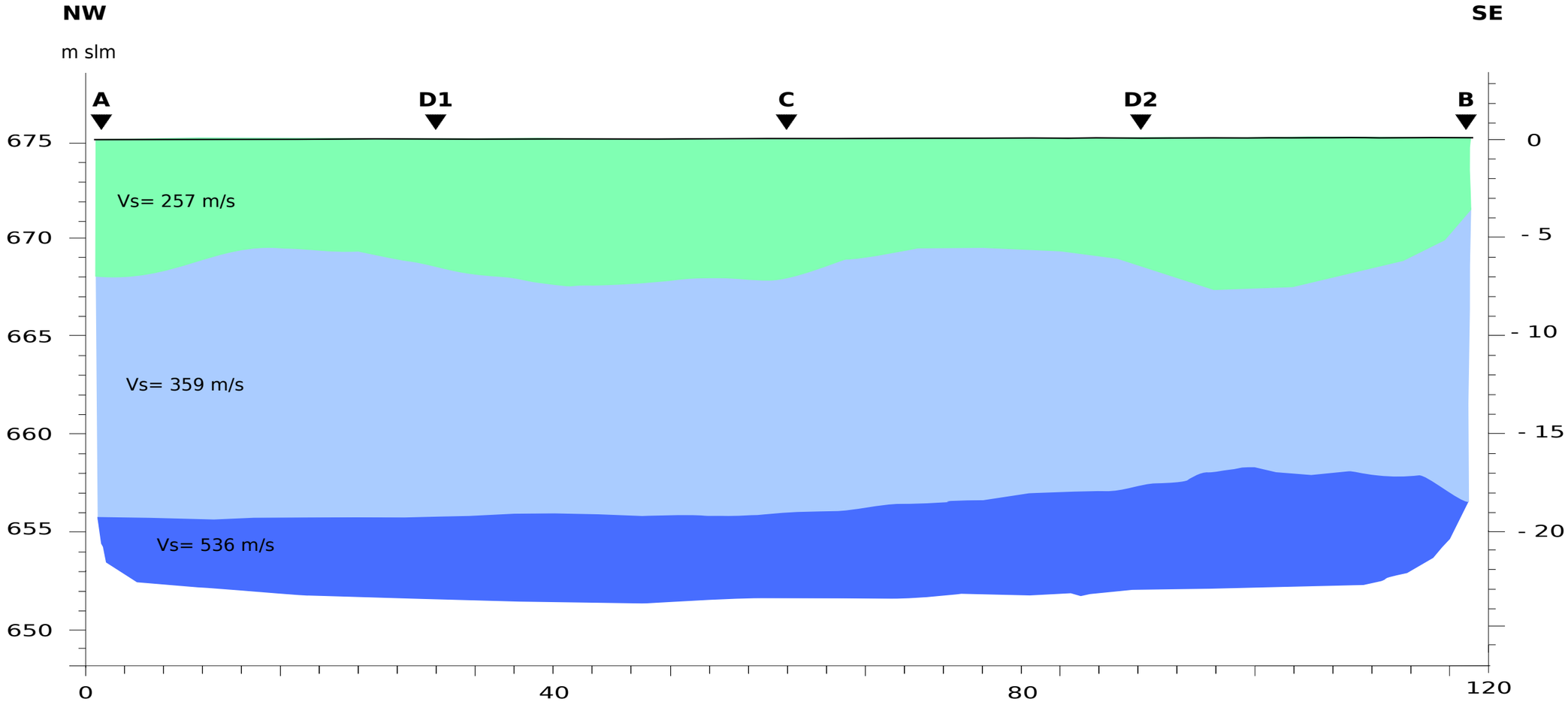
REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DI L'AQUILA
COMUNE DI
AIELLI
Località La Stanga

RF2

SEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE S (120 m)

Rev.	Data	Committente	Direttore Tecnico
0	30/04/2019	Torelli Dottori SpA	Dott. Geol. Michele Aureli

SEZIONE INTERPRETATA



ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

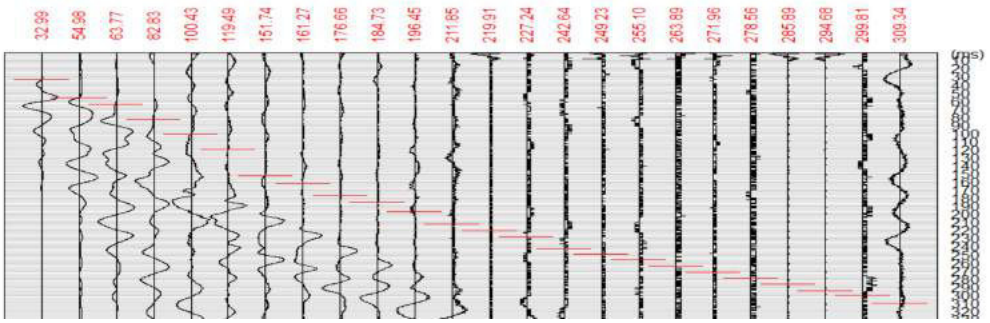
SISMICA A RIFRAZIONE RF2

ONDE S

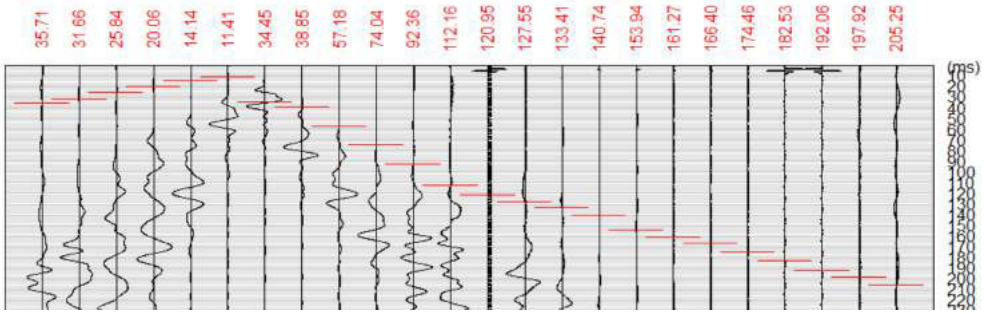
POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da -2.5 [ms]	FBP da 27.5 [ms]	FBP da 57.5 [ms]	FBP da 87.5 [ms]	FBP da 117.5 [ms]
1	0.00	0.00	32.99	35.71	151.74	205.25	307.37
2	5.00	0.00	54.98	31.66	144.41	201.59	299.14
3	10.00	0.00	63.77	25.84	129.01	193.52	291.71
4	15.00	0.00	82.83	20.06	119.49	188.39	280.06
5	20.00	0.00	100.43	14.14	109.22	182.53	265.34
6	25.00	0.00	119.49	11.41	94.56	173.73	255.10
7	30.00	0.00	151.74	34.45	79.17	161.27	245.63
8	35.00	0.00	161.27	38.85	67.44	148.07	238.21
9	40.00	0.00	176.66	57.18	54.24	133.41	227.97
10	45.00	0.00	184.73	74.04	35.92	120.95	215.55
11	50.00	0.00	196.45	92.36	23.46	107.02	205.95
12	55.00	0.00	211.85	112.16	16.86	96.03	192.00
13	60.00	0.00	219.91	120.95	19.79	85.03	184.70
14	65.00	0.00	227.24	127.55	24.92	71.10	171.52
15	70.00	0.00	242.64	133.41	36.65	60.11	166.40
16	75.00	0.00	249.23	140.74	43.25	49.85	156.93
17	80.00	0.00	255.10	153.94	55.71	40.32	146.56
18	85.00	0.00	263.89	161.27	72.57	37.39	133.38
19	90.00	0.00	271.96	166.40	89.43	9.95	115.07
20	95.00	0.00	278.56	174.46	104.09	15.76	98.94
21	100.00	0.00	285.89	182.53	115.09	23.01	85.76
22	105.00	0.00	294.68	192.06	130.48	28.89	65.28
23	110.00	0.00	299.81	197.92	140.74	33.92	43.26

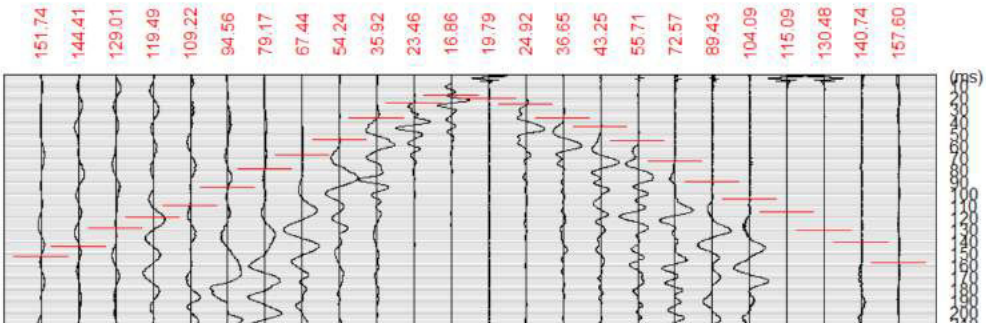
SPARI CON TEMPI DI PRIMO ARRIVO ONDE S



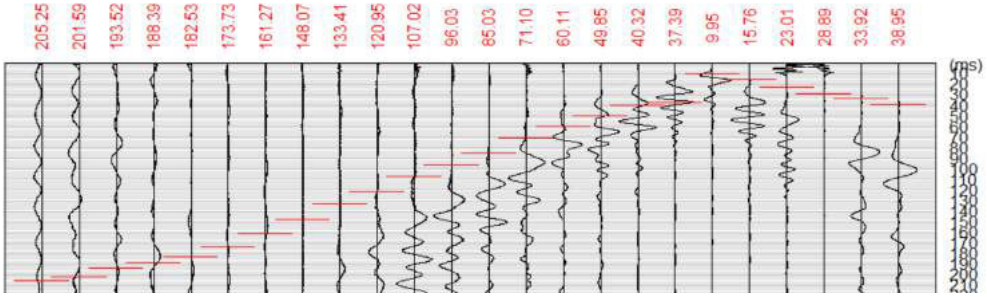
SPARO A



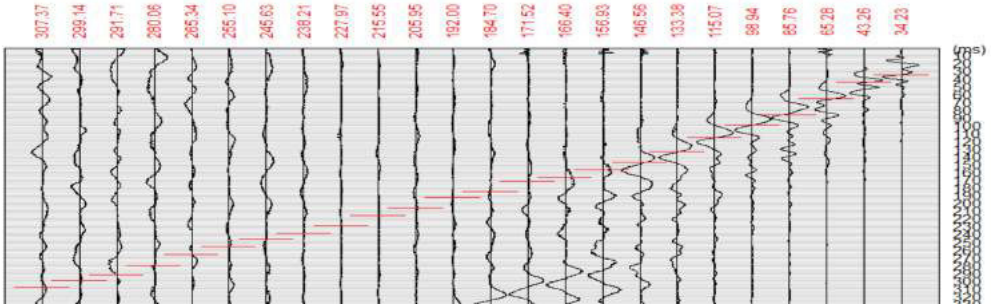
SPARO D1



SPARO C



SPARO D2



SPARO B

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)
SONDAGGIO: C1	CAMPIONE: CI1 — PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	29.8	%
Peso di volume	18.9	kN/m³
Peso di volume secco	14.6	kN/m³
Peso di volume saturo	18.7	kN/m³
Peso specifico	25.1	kN/m³
Indice dei vuoti	0.717	
Porosità	41.8	%
Grado di saturazione	100.0	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	4.3	%
Limo	26.0	%
Argilla	69.7	%
D 10	0.000139	mm
D 50	0.001459	mm
D 60	0.002625	mm
D 90	0.034606	mm
Passante set. 10	100.0	%
Passante set. 42	99.9	%
Passante set. 200	95.7	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	13.5	kPa	ϕ'	22.9	°
c' Res		kPa	ϕ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

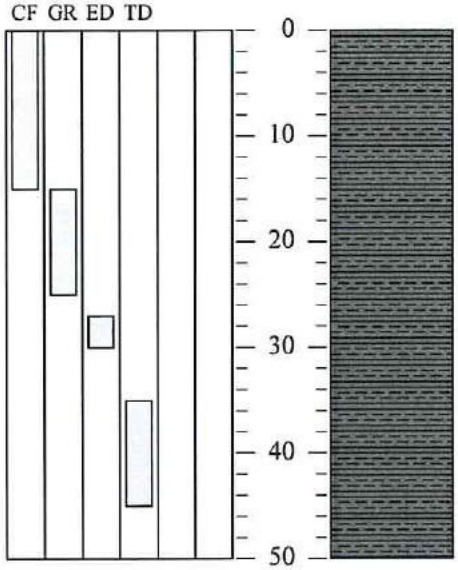
σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12.3 ÷ 24.5	1634	0.001765	1.06E-07
24.5 ÷ 49.0	2335	0.001014	4.26E-08
49.0 ÷ 98.1	2884	0.001143	3.89E-08
98.1 ÷ 196.1	4359	0.000692	1.56E-08
196.1 ÷ 392.3	6649	0.000469	6.92E-09
392.3 ÷ 784.5	11208	0.000293	2.56E-09
784.5 ÷ 1569.1	19491	0.000638	3.21E-09

ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.		
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)		
SONDAGGIO: C1	CAMPIONE: CI1	PROFONDITA': m 8.50 - 9.00



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
			ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.
	20		
	20		MUNSELL SOIL COLOR: 5Y 5/1 Gray
	25		
		50	

TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e cave in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/gr/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	09/05/19	Inizio analisi:	26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	26/04/19	Fine analisi:	29/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

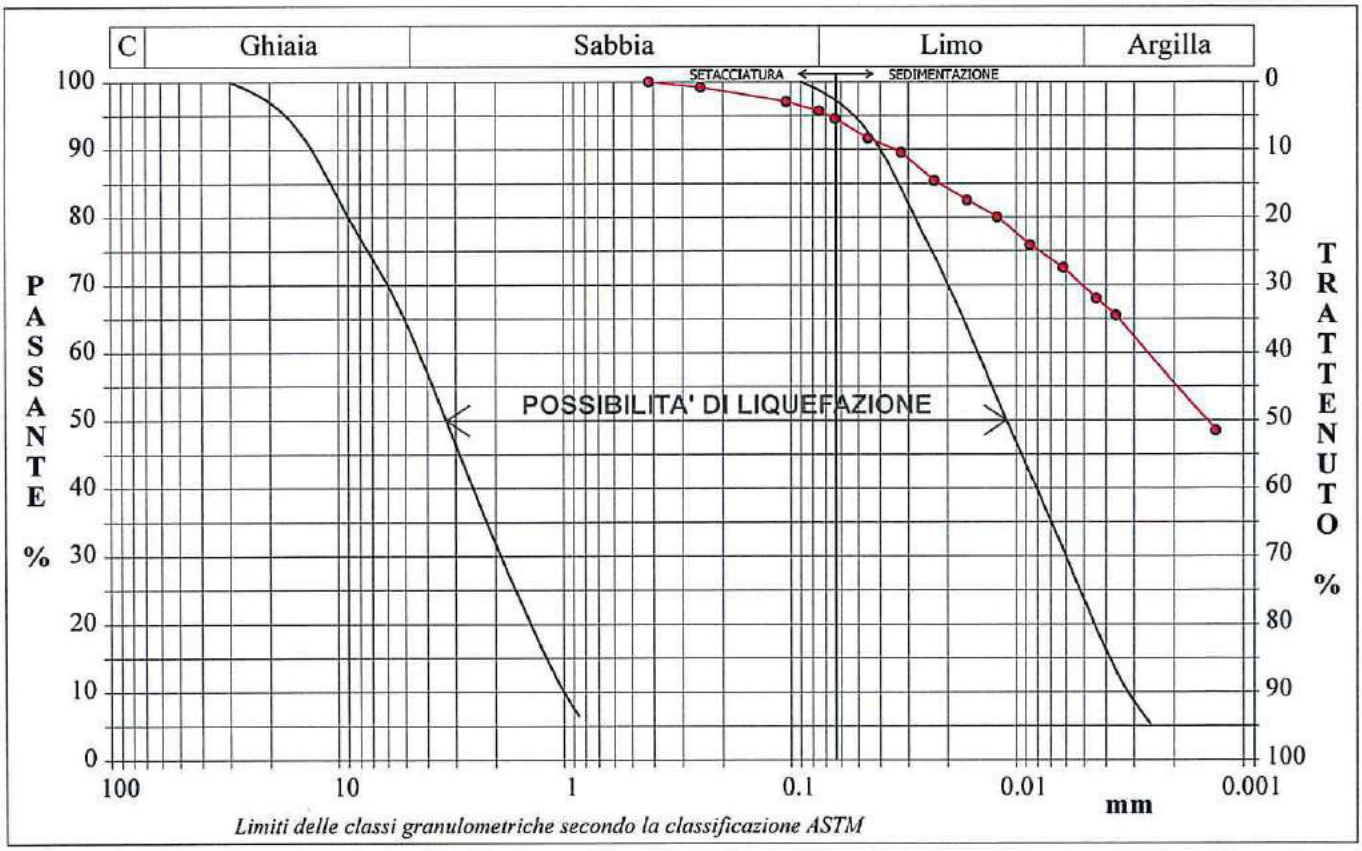
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D_{10}	0.00014 mm
Sabbia	4.3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99.9 %	D_{30}	--- mm
Limo	26.0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	95.7 %	D_{50}	0.00146 mm
Argilla	69.7 %			D_{60}	0.00262 mm
Coefficiente di uniformità	18.84	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	0.03461 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0.4200	100.00	0.0454	91.65	0.0087	75.89				
0.2500	99.19	0.0323	89.58	0.0062	72.57				
0.1050	97.09	0.0231	85.43	0.0044	68.01				
0.0750	95.71	0.0165	82.53	0.0036	65.52			Setacci	3
0.0636	94.55	0.0121	80.04	0.0013	48.52			Punti sediment.	11

ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

GEOPROVE S.R.L. TECNICO DI LABORATORIO RUFFANO - LE

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/gr/19	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE:	09/05/19	Inizio analisi:	26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	26/04/19	Fine analisi:	29/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

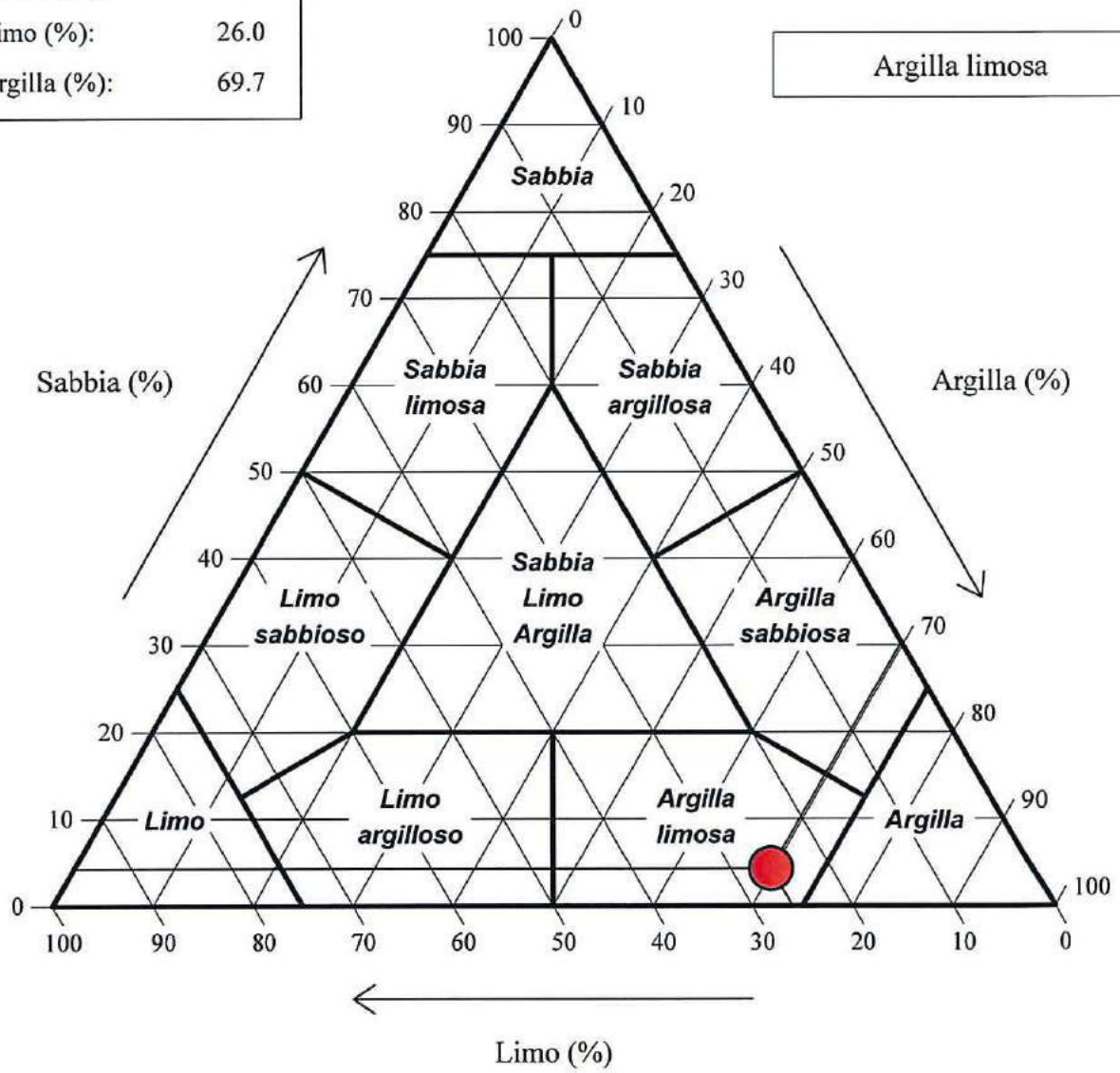
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Sabbia (%):	4.3
Limo (%):	26.0
Argilla (%):	69.7

Diagramma di Shepard

Argilla limosa



ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 273 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 273 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/u/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	09/05/19	Inizio analisi:	26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	26/04/19	Fine analisi:	27/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 29.8 %

Struttura del materiale:
- ☒ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.42 mm

ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO DI LABORATORIO RUFFANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e pavre in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2016.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/pdv/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	09/05/19	Inizio analisi:	26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	26/04/19	Fine analisi:	26/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T15/D

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18.9 kN/m³

ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/ps/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	09/05/19	Inizio analisi:	27/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	26/04/19	Fine analisi:	27/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 25.1 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 25.0 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 30.0 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.42 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO - LE

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2010.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/ed/19	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 09/05/19	Inizio analisi: 26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione: 26/04/19	Fine analisi: 04/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	18.94
Umidità (%)	29.8
Peso specifico (kN/m³)	25.06
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	16.41
Indice dei vuoti	0.72
Porosità (%)	41.78
Saturazione (%)	100.0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

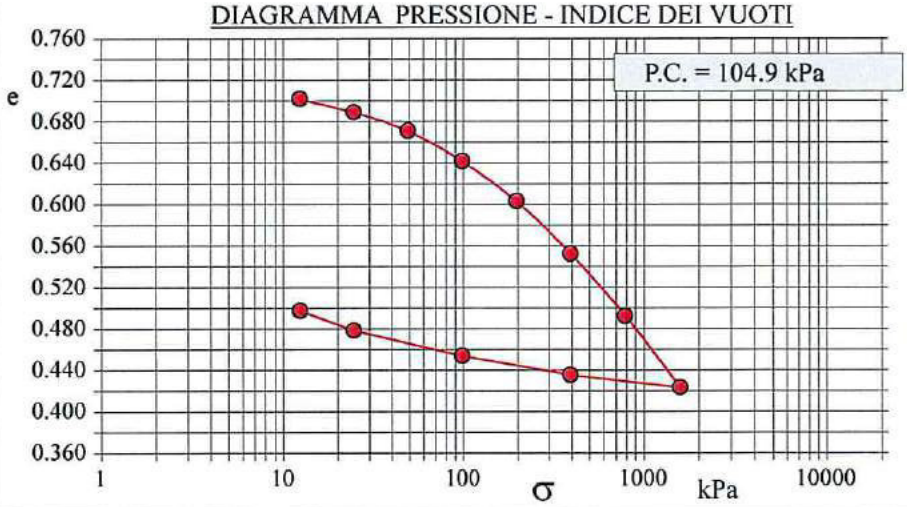
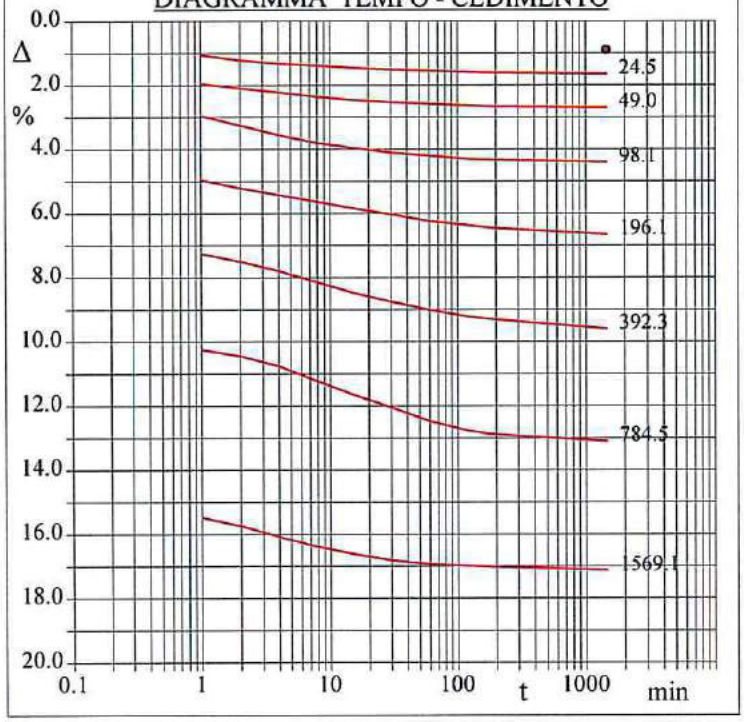


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.3	18.0	0.702	
24.5	33.0	0.689	0.043
49.0	54.0	0.671	0.060
98.1	88.0	0.642	0.097
196.1	133.0	0.603	0.128
392.3	192.0	0.553	0.168
784.5	262.0	0.493	0.200
1569.1	342.5	0.423	0.230
392.3	328.5	0.435	
98.1	306.7	0.454	
24.5	278.2	0.479	
12.3	255.9	0.498	

ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO - LE

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/ed/19	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	09/05/19	Inizio analisi:	26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	26/04/19	Fine analisi:	04/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24.5 kPa		Pressione 49.0 kPa		Pressione 98.1 kPa		Pressione 196.1 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	18.0	0.00	33.0	0.00	54.0	0.00	88.0
1.00	21.0	1.00	39.0	1.00	59.0	1.00	99.0
2.00	24.3	2.00	41.8	2.00	65.0	2.00	104.0
4.00	26.4	4.00	44.4	4.00	71.0	4.00	108.5
8.00	27.7	8.00	47.2	8.00	76.0	8.00	112.7
15.00	28.9	15.00	49.1	15.00	79.0	15.00	116.6
30.00	30.0	30.00	50.5	30.00	82.0	30.00	120.5
60.00	30.9	60.00	51.6	60.00	83.9	60.00	124.6
120.00	31.6	120.00	52.5	120.00	85.8	120.00	127.3
180.00	32.0	180.00	53.1	180.00	86.3	180.00	128.8
1440.00	33.0	1440.00	54.0	1440.00	88.0	1440.00	133.0

Pressione 392.3 kPa		Pressione 784.5 kPa		Pressione 1569.1 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	133.0	0.00	192.0	0.00	262.0		
1.00	145.0	1.00	205.0	1.00	309.7		
2.00	150.0	2.00	208.9	2.00	315.0		
4.00	156.0	4.00	215.4	4.00	321.9		
8.00	162.9	8.00	224.6	8.00	328.1		
15.00	169.4	15.00	233.0	15.00	332.4		
30.00	175.1	30.00	241.0	30.00	336.4		
60.00	180.0	60.00	249.5	60.00	338.7		
120.00	184.1	120.00	255.3	120.00	339.7		
180.00	185.9	180.00	257.5	180.00	340.4		
1440.00	192.0	1440.00	262.0	1440.00	342.5		

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 273 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/td/19	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 09/05/19	Inizio analisi: 26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione: 26/04/19	Fine analisi: 30/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

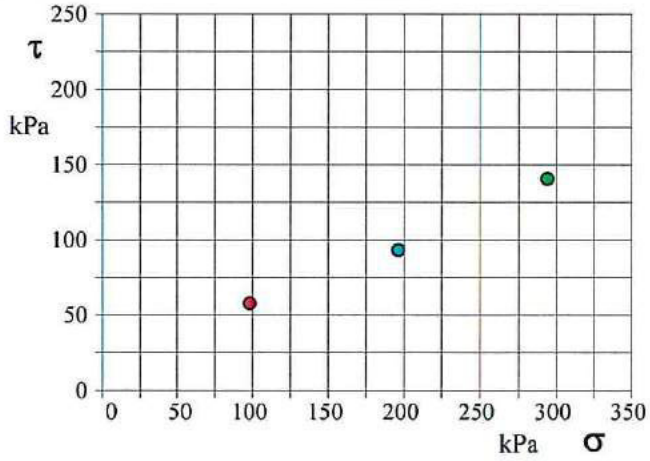
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	58		93		141	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	4.50	-0.22	4.50	-0.20	5.00	-0.25
Umidità iniziale e umidità finale (%):	29.7	24.2	29.6	24.1	29.1	24.3
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18.9	19.0	18.9	19.4	18.9	19.7
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100.0	97.1	100.0	100.0	100.0	100.0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

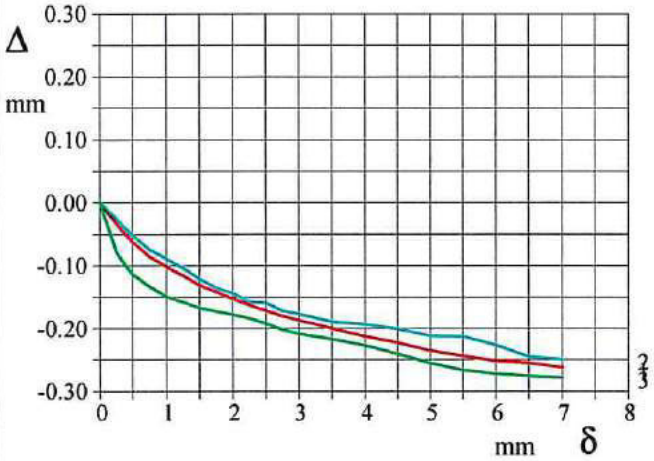


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

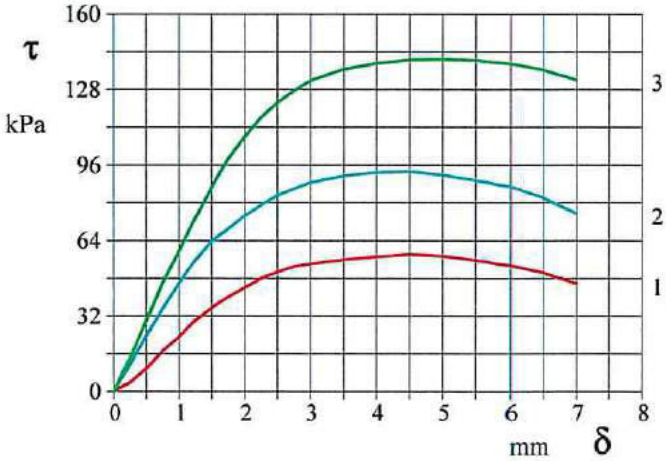


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/td/19 Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 09/05/19	Inizio analisi:	26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19	Apertura campione: 26/04/19	Fine analisi:	30/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.250	3.8	-0.03	0.250	11.7	-0.03	0.250	14.3	-0.08
0.500	9.8	-0.06	0.500	23.7	-0.05	0.500	30.3	-0.11
0.750	17.3	-0.09	0.750	35.4	-0.07	0.750	46.6	-0.13
1.000	23.1	-0.10	1.000	45.9	-0.09	1.000	59.4	-0.15
1.250	30.0	-0.12	1.250	55.5	-0.10	1.250	73.2	-0.16
1.500	35.6	-0.13	1.500	63.8	-0.12	1.500	86.5	-0.17
1.750	40.0	-0.14	1.750	68.8	-0.14	1.750	98.3	-0.17
2.000	44.1	-0.15	2.000	74.5	-0.14	2.000	107.9	-0.18
2.250	48.0	-0.16	2.250	79.0	-0.16	2.250	116.1	-0.18
2.500	50.7	-0.17	2.500	83.1	-0.16	2.500	122.3	-0.19
2.750	53.0	-0.18	2.750	86.0	-0.17	2.750	127.4	-0.20
3.000	54.1	-0.19	3.000	88.6	-0.18	3.000	131.7	-0.21
3.500	55.9	-0.20	3.500	91.5	-0.19	3.500	136.6	-0.22
4.000	57.1	-0.21	4.000	92.9	-0.19	4.000	139.2	-0.23
4.500	57.9	-0.22	4.500	93.3	-0.20	4.500	140.6	-0.24
5.000	57.3	-0.24	5.000	91.9	-0.21	5.000	140.7	-0.25
5.500	55.6	-0.24	5.500	89.5	-0.21	5.500	140.4	-0.27
6.000	53.2	-0.25	6.000	86.9	-0.23	6.000	138.9	-0.27
6.500	50.3	-0.26	6.500	82.3	-0.24	6.500	136.4	-0.27
7.000	45.6	-0.26	7.000	75.5	-0.25	7.000	132.1	-0.28

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/td/19	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE:	09/05/19	Inizio analisi:	26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	26/04/19	Fine analisi:	30/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.909
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	8.3
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.012

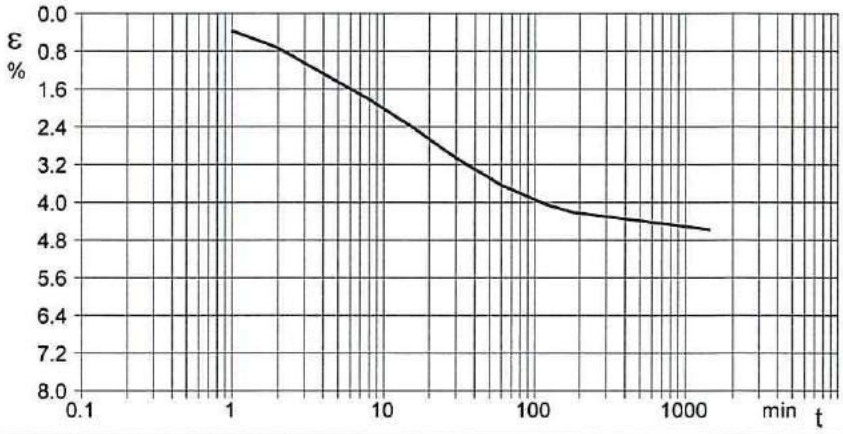


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.874
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	11.7
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.009

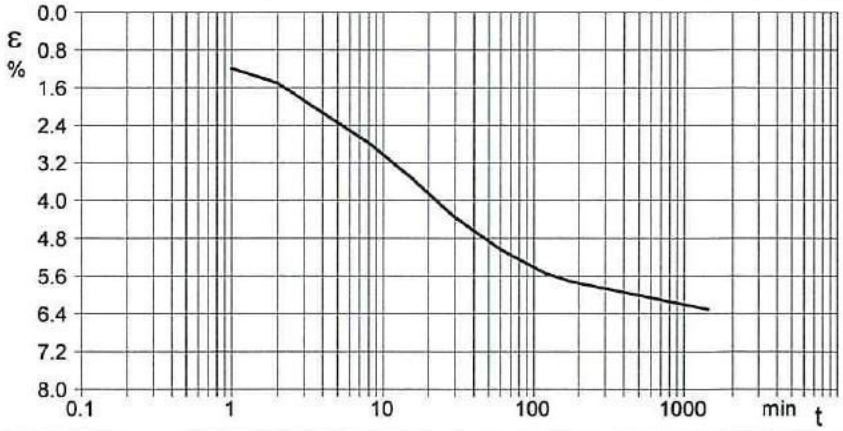
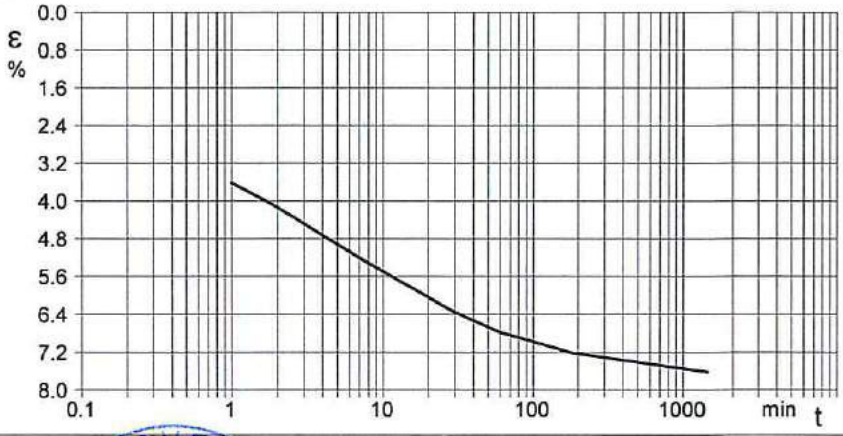


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.848
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	4.9
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.020



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 539/td/19	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE:	09/05/19	Inizio analisi:	26/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	26/04/19	Fine analisi:	30/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %
0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	0.60	0.00	0.00	0.00
1.00	7.29	0.36	1.00	23.90	1.20	1.00	72.36	3.62
2.00	14.64	0.73	2.00	30.16	1.51	2.00	82.82	4.14
8.00	36.45	1.82	8.00	55.57	2.78	8.00	106.54	5.33
15.00	47.58	2.38	15.00	69.76	3.49	15.00	116.22	5.81
30.00	61.20	3.06	30.00	87.25	4.36	30.00	127.30	6.36
60.00	72.74	3.64	60.00	100.82	5.04	60.00	135.69	6.78
120.00	81.05	4.05	120.00	111.04	5.55	120.00	141.13	7.06
180.00	84.21	4.21	180.00	114.46	5.72	180.00	144.29	7.21
1440.00	91.48	4.57	1440.00	126.15	6.31	1440.00	152.43	7.62

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.	
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)	
SONDAGGIO: C1	CAMPIONE: CI1	PROFONDITA': m 8.50 - 9.00

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Argilla con limo

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	MH o OH - Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 0.00

Fluido Plastica	Molle Plastica	Plastica	Solido Plastica	Semisolida - Solida

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0.00

Non Attiva	Normale	Attiva

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = = 0 kPa

1	2	3	Compatto	Molto compatto	Duro

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 kPa

1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 163.5kPa
Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 104.9kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.64

Normal Consolidato	Debolmente Sovraconsolidato	Sovraconsolidato	Fortemente Sovraconsolidato

0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0

ARGILLA CON LIMO DI COLORE GRIGIO.

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 270 del 14 giugno 2018
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)
SONDAGGIO: C1	CAMPIONE: CI2 — PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	30.8	%
Peso di volume	17.3	kN/m³
Peso di volume secco	13.2	kN/m³
Peso di volume saturo	17.4	kN/m³
Peso specifico	22.9	kN/m³
Indice dei vuoti	0.727	
Porosità	42.1	%
Grado di saturazione	98.9	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Indice di liquidità		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	3.2	%
Limo	24.1	%
Argilla	72.7	%
D 10		mm
D 50	0.001695	mm
D 60	0.002695	mm
D 90	0.025342	mm
Passante set. 10	100.0	%
Passante set. 42	99.0	%
Passante set. 200	96.8	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	10.2	kPa	ϕ'	19.2	°
c' Res		kPa	ϕ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

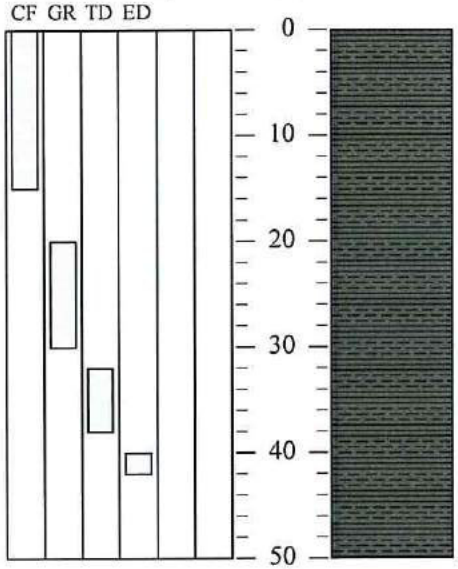
σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12.3 ÷ 24.5	2711	0.001067	3.86E-08
24.5 ÷ 49.0	2008	0.001369	6.69E-08
49.0 ÷ 98.0	3213	0.001523	4.65E-08
98.0 ÷ 196.0	5277	0.001970	3.66E-08
196.0 ÷ 392.3	8598	0.001216	1.39E-08
392.3 ÷ 784.5	14288	0.001092	7.50E-09
784.5 ÷ 1569.1	25147	0.001184	4.62E-09

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.	
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)	
SONDAGGIO: C1	CAMPIONE: CI2	PROFONDITA': m 18.00 - 18.50



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	25		ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.
	30		MUNSELL SOIL COLOR: 5YR 4/1 Dark gray
	30	50	

TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/gr/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	29/04/19	Fine analisi:	02/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

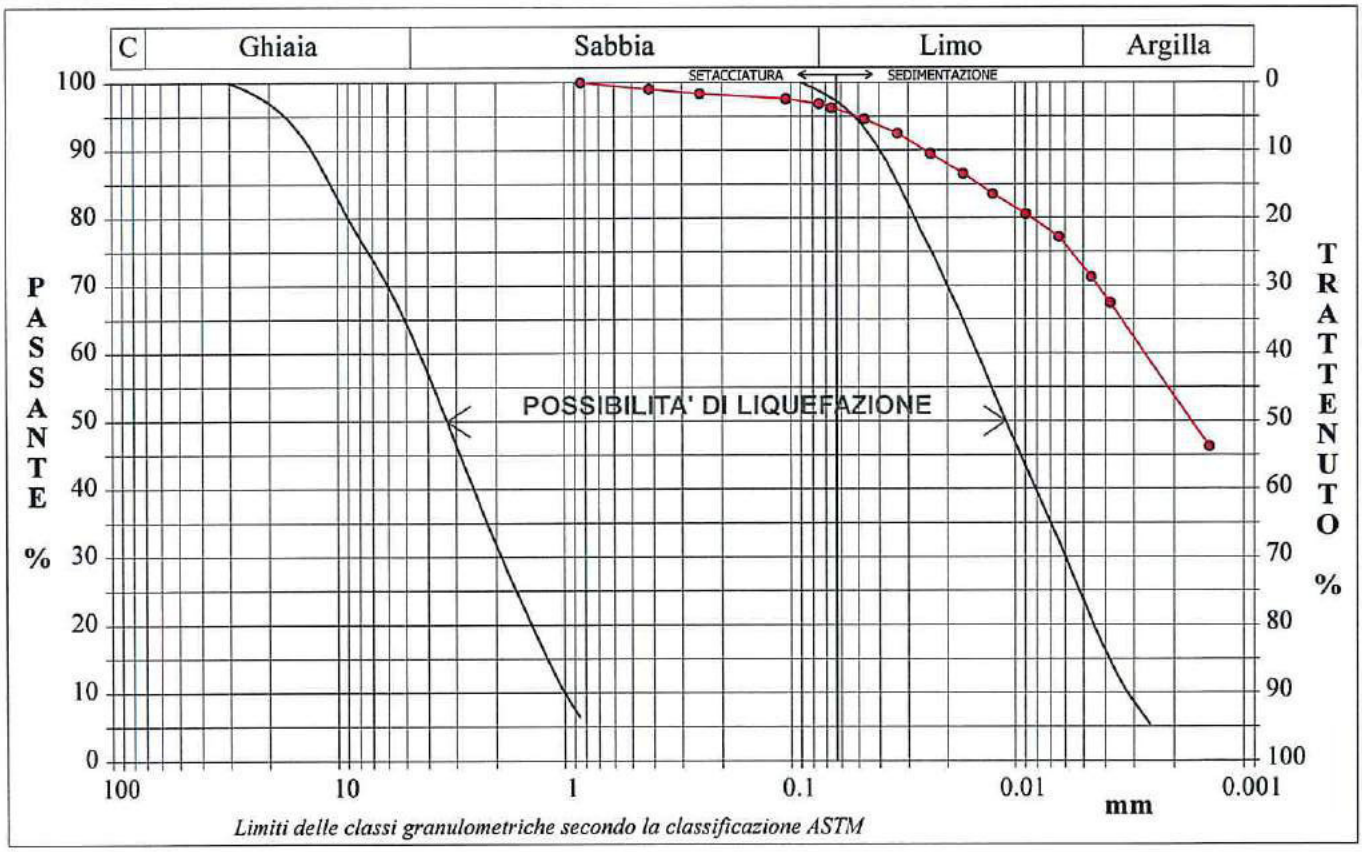
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D_{10}	0.00026 mm
Sabbia	3.2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99.0 %	D_{30}	--- mm
Limo	24.1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	96.8 %	D_{50}	0.00169 mm
Argilla	72.7 %			D_{60}	0.00270 mm
Coefficiente di uniformità	10.17	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	0.02534 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0.8400	100.00	0.0661	96.27	0.0126	83.54	0.0014	46.23		
0.4200	99.02	0.0470	94.57	0.0090	80.58				
0.2500	98.34	0.0335	92.45	0.0064	77.18				
0.1050	97.57	0.0239	89.48	0.0046	71.25			Setacci	4
0.0750	96.84	0.0171	86.51	0.0038	67.43			Punti sediment.	11

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terme e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/gr/19	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	29/04/19	Fine analisi:	02/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

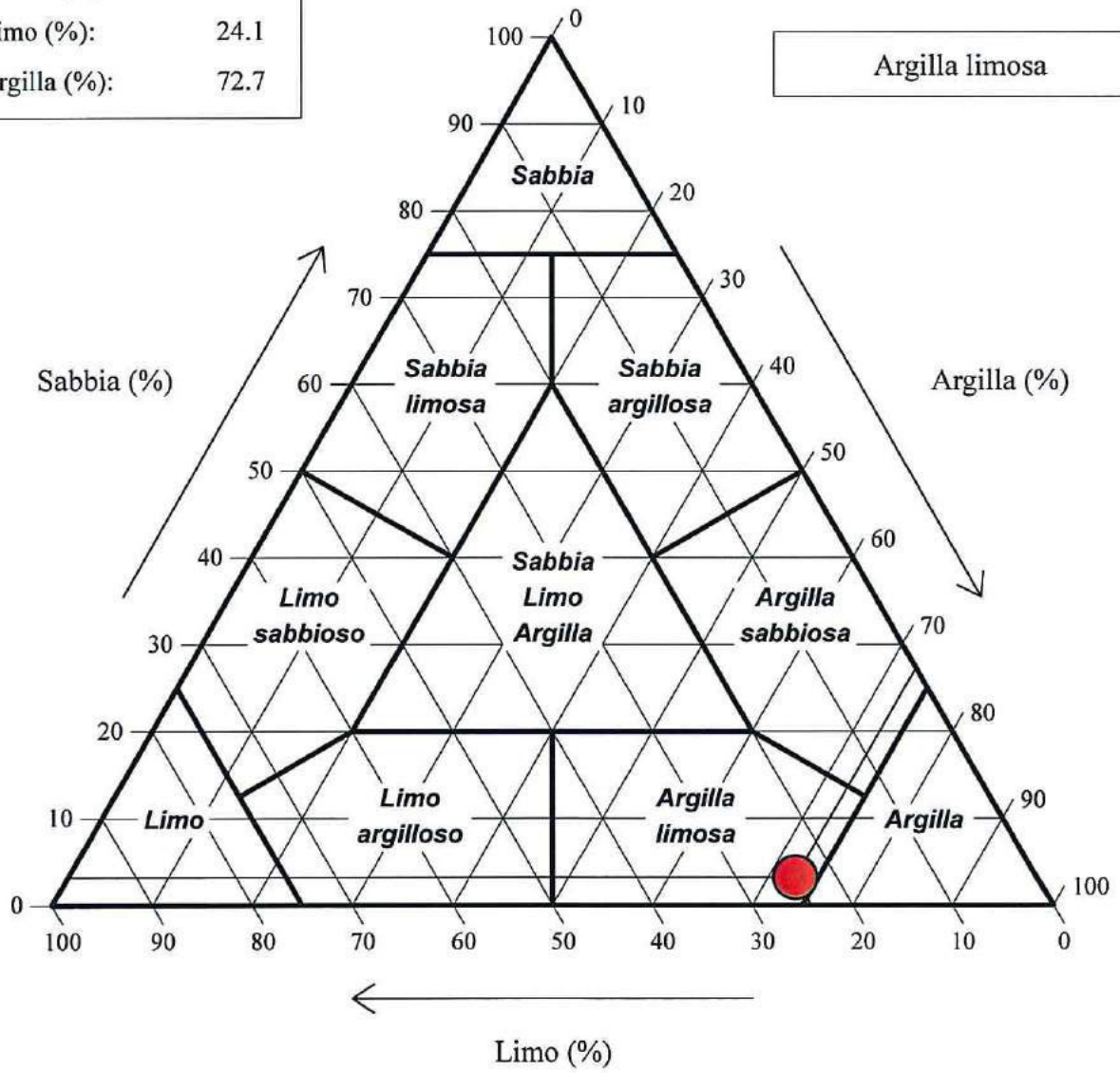
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Sabbia (%):	3.2
Limo (%):	24.1
Argilla (%):	72.7

Diagramma di Shepard

Argilla limosa



ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/u/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	29/04/19	Fine analisi:	30/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 30.8 %

Struttura del materiale:
- ☒ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.25 mm

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di Laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 71049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/pdv/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	29/04/19	Fine analisi:	29/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T15/D

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 17.3 kN/m³

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/ps/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	30/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	29/04/19	Fine analisi:	30/04/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-3

γ_S = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 22.9 kN/m³

γ_{SC} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 22.8 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 24.0 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.25 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L.
Direttore del laboratorio
Dott.Marcello De Donatis
DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazioni ministeriali ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/ed/19	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	29/04/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	17.31
Umidità (%)	30.8
Peso specifico (kN/m³)	22.85
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	16.53
Indice dei vuoti	0.73
Porosità (%)	42.10
Saturazione (%)	98.9

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

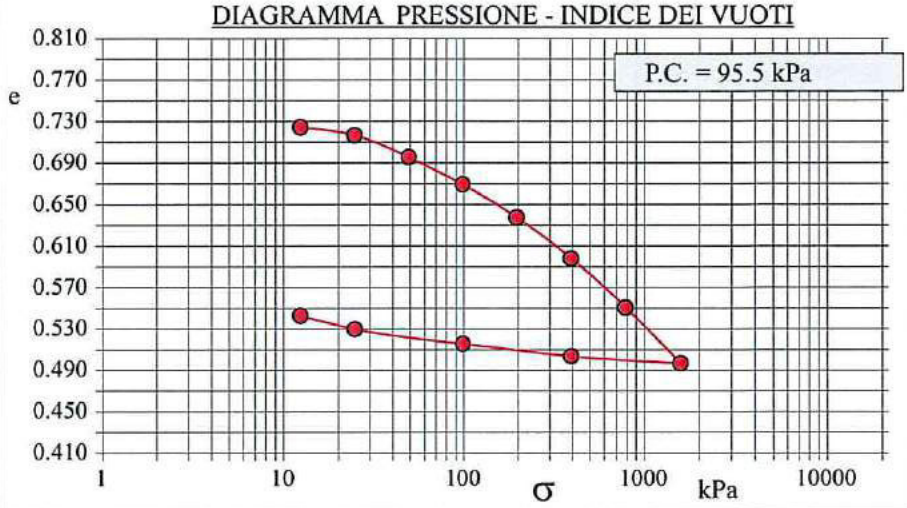
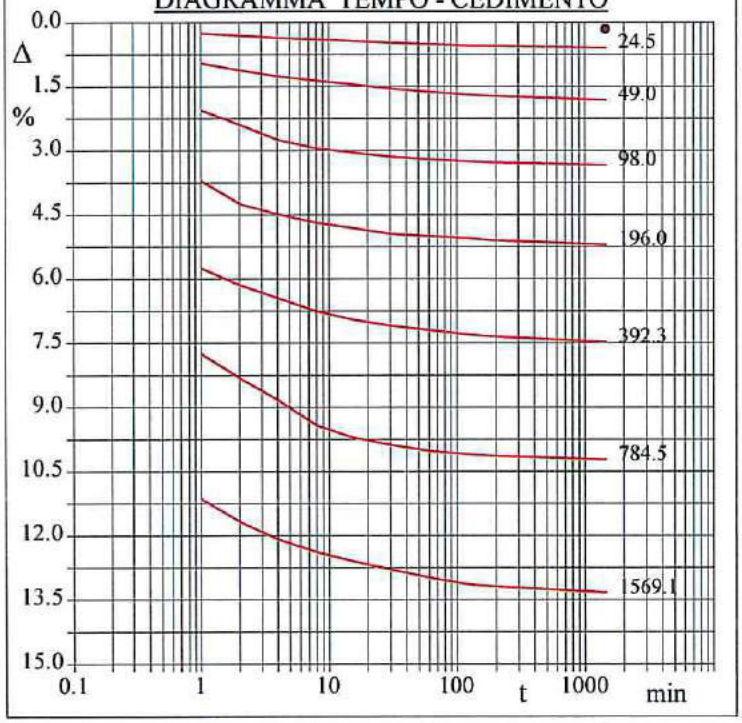


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.3	3.0	0.725	
24.5	12.0	0.717	0.026
49.0	36.4	0.696	0.070
98.0	66.9	0.669	0.087
196.0	104.0	0.637	0.107
392.3	149.7	0.598	0.131
784.5	204.6	0.551	0.157
1569.1	267.0	0.497	0.179
393.6	259.0	0.504	
98.4	245.0	0.516	
24.6	228.4	0.530	
12.3	213.5	0.543	

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.

GEOPROVE S.R.L. TECNICO LABORATORIO RUFFANO (LE)

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ri/Iano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/ed/19	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	29/04/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24.5 kPa		Pressione 49.0 kPa		Pressione 98.0 kPa		Pressione 196.0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	3.0	0.00	12.0	0.00	36.4	0.00	66.9
1.00	5.0	1.00	19.0	1.00	41.0	1.00	74.0
2.00	6.0	2.00	22.3	2.00	48.0	2.00	85.0
4.00	7.0	4.00	25.2	4.00	55.0	4.00	89.8
8.00	7.9	8.00	27.2	8.00	59.0	8.00	93.8
15.00	8.7	15.00	29.0	15.00	61.0	15.00	96.2
30.00	9.5	30.00	31.1	30.00	62.8	30.00	99.0
60.00	10.2	60.00	32.6	60.00	64.0	60.00	100.0
120.00	10.8	120.00	33.9	120.00	65.0	120.00	101.0
180.00	11.0	180.00	34.4	180.00	65.5	180.00	102.0
1440.00	12.0	1440.00	36.4	1440.00	66.9	1440.00	104.0

Pressione 392.3 kPa		Pressione 784.5 kPa		Pressione 1569.1 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	104.0	0.00	149.7	0.00	204.6		
1.00	115.0	1.00	155.0	1.00	223.0		
2.00	122.8	2.00	166.6	2.00	233.7		
4.00	129.0	4.00	176.7	4.00	241.9		
8.00	135.1	8.00	188.6	8.00	247.9		
15.00	139.0	15.00	194.2	15.00	252.2		
30.00	142.0	30.00	197.7	30.00	256.2		
60.00	144.0	60.00	200.5	60.00	259.9		
120.00	146.0	120.00	202.1	120.00	263.0		
180.00	147.0	180.00	202.8	180.00	264.0		
1440.00	149.7	1440.00	204.6	1440.00	267.0		

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUTIGANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/Td/19 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19	Apertura campione: 29/04/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

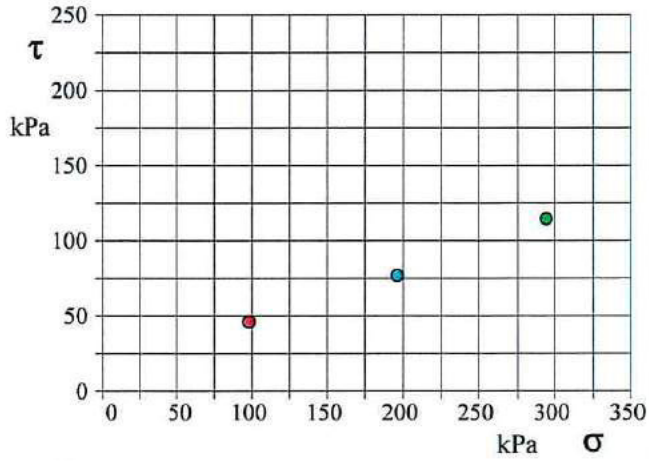
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	46		77		115	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	4.50	-0.30	4.00	-0.34	4.50	-0.41
Umidità iniziale e umidità finale (%):	30.5	26.5	30.0	26.3	30.4	26.9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17.3	17.4	17.3	17.7	17.3	18.1
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	98.4	93.1	97.0	97.4	98.2	100.0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

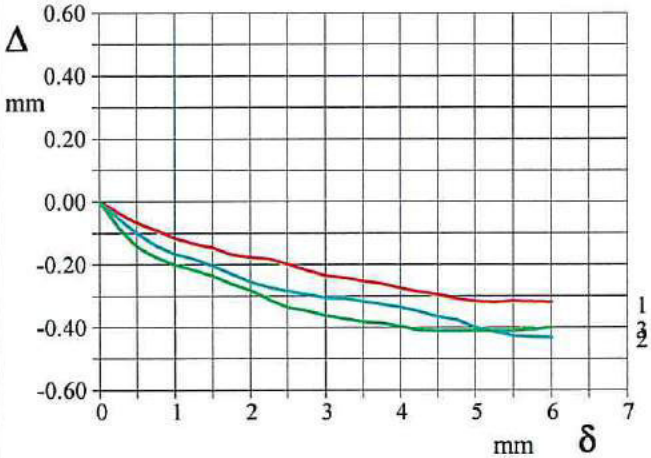


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

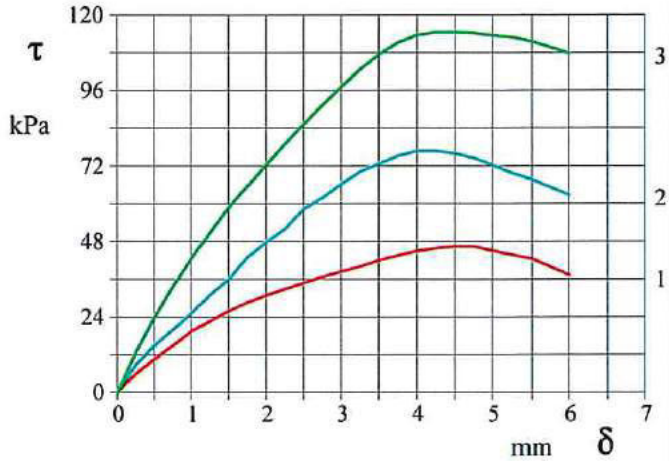


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/Td/19 Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19	Apertura campione: 29/04/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.250	5.7	-0.04	0.250	9.0	-0.05	0.250	13.1	-0.08
0.500	10.4	-0.07	0.500	15.2	-0.10	0.500	24.1	-0.14
0.750	14.7	-0.09	0.750	20.2	-0.14	0.750	34.0	-0.18
1.000	19.2	-0.12	1.000	25.4	-0.17	1.000	42.8	-0.20
1.250	22.5	-0.14	1.250	31.2	-0.18	1.250	51.0	-0.22
1.500	25.6	-0.15	1.500	36.1	-0.20	1.500	58.9	-0.24
1.750	28.4	-0.17	1.750	43.1	-0.23	1.750	65.6	-0.26
2.000	30.6	-0.18	2.000	47.8	-0.26	2.000	72.4	-0.28
2.250	32.6	-0.18	2.250	52.1	-0.27	2.250	79.2	-0.31
2.500	34.6	-0.20	2.500	58.4	-0.28	2.500	85.4	-0.34
2.750	36.4	-0.22	2.750	61.9	-0.29	2.750	91.4	-0.35
3.000	38.2	-0.24	3.000	66.3	-0.31	3.000	97.2	-0.36
3.250	39.8	-0.24	3.250	70.3	-0.31	3.250	102.9	-0.37
3.500	41.8	-0.26	3.500	72.7	-0.32	3.500	107.5	-0.38
3.750	43.2	-0.26	3.750	75.3	-0.33	3.750	111.3	-0.39
4.000	44.7	-0.28	4.000	76.8	-0.34	4.000	113.7	-0.40
4.240	45.5	-0.29	4.240	76.8	-0.35	4.240	114.5	-0.41
4.500	46.2	-0.30	4.500	76.0	-0.37	4.500	114.5	-0.41
4.750	46.2	-0.31	4.750	74.6	-0.38	4.750	114.3	-0.41
5.000	44.8	-0.32	5.000	72.3	-0.40	5.000	113.5	-0.41
5.250	43.5	-0.32	5.250	69.8	-0.41	5.250	113.0	-0.41
5.500	42.2	-0.32	5.500	67.7	-0.43	5.500	111.5	-0.41
6.000	36.9	-0.32	6.000	62.8	-0.43	6.000	107.8	-0.40

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO (LE)

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/Td/19	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	29/04/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.931
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	3.8
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.026

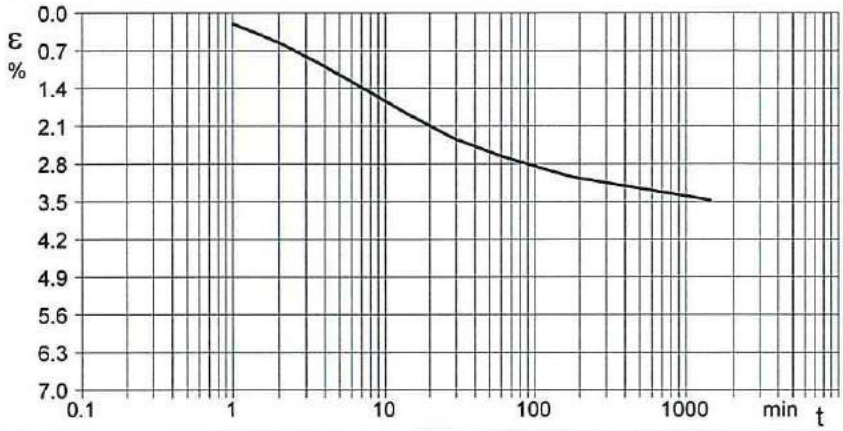


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.893
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	3.2
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.031

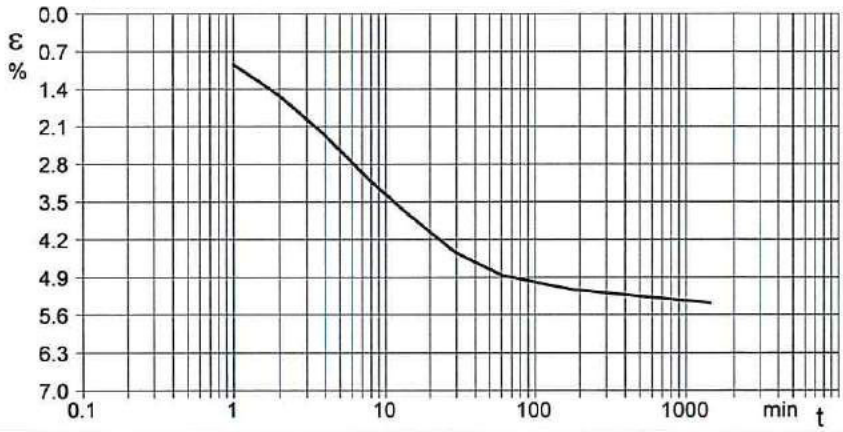
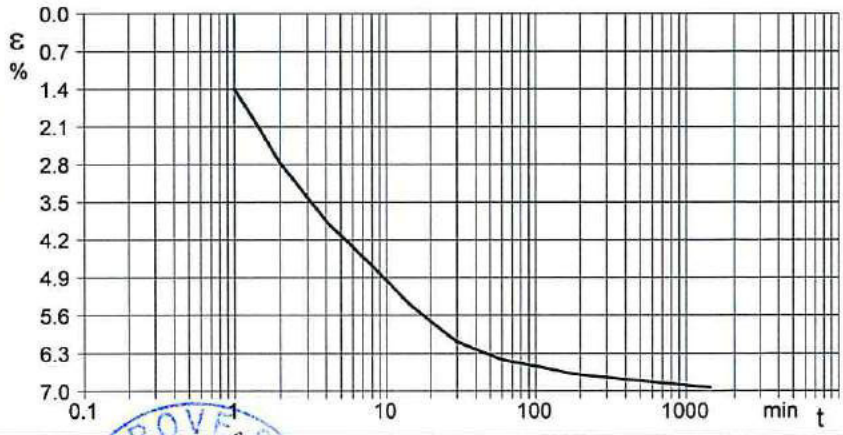


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.861
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	1.9
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.052



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 540/Td/19	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	29/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	29/04/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C1 CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	4.00	0.20	1.00	19.00	0.95	1.00	28.00	1.40
2.00	10.97	0.55	2.00	30.64	1.53	2.00	55.66	2.78
4.00	19.75	0.99	4.00	45.30	2.26	4.00	76.98	3.85
8.00	29.56	1.48	8.00	62.46	3.12	8.00	93.63	4.68
15.00	38.22	1.91	15.00	75.78	3.79	15.00	108.91	5.45
30.00	46.99	2.35	30.00	89.07	4.45	30.00	121.76	6.09
60.00	53.15	2.66	60.00	97.24	4.86	60.00	128.41	6.42
120.00	58.14	2.91	120.00	100.78	5.04	120.00	131.64	6.58
180.00	60.98	3.05	180.00	102.66	5.13	180.00	133.69	6.68
1440.00	69.38	3.47	1440.00	107.46	5.37	1440.00	138.82	6.94

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO DI LABORATORIO LECCE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 273 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.	
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)	
SONDAGGIO: C1	CAMPIONE: CI2	PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Argilla limosa

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 0.00

Fluido Plastica	Molle Plastica	Plastica	Solido Plastica	Semisolida - Solida

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0.00

Non Attiva	Normale	Attiva

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = = 0 kPa

1	2	3	Compatto	Molto compatto	Duro

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 kPa

1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 310.7kPa
Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 95.5kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.31

Normal Consolidato	Debolmente Sovraconsolidato	Sovraconsolidato	Fortemente Sovraconsolidato

0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GRIGIO-SCURO.

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.		
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)		
SONDAGGIO: C2+DH	CAMPIONE: CR1	PROFONDITA': m 7.15 - 7.30

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	26.1	%
Peso di volume	18.3	kN/m³
Peso di volume secco	14.5	kN/m³
Peso di volume saturo	18.4	kN/m³
Peso specifico	23.8	kN/m³
Indice dei vuoti	0.639	
Porosità	39.0	%
Grado di saturazione	99.2	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Indice di liquidità		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	22.2	%
Limo	30.1	%
Argilla	47.7	%
D 10		mm
D 50	0.006154	mm
D 60	0.018599	mm
D 90	0.154413	mm
Passante set. 10	100.0	%
Passante set. 42	100.0	%
Passante set. 200	77.8	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c' Res	kPa	ϕ' Res	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

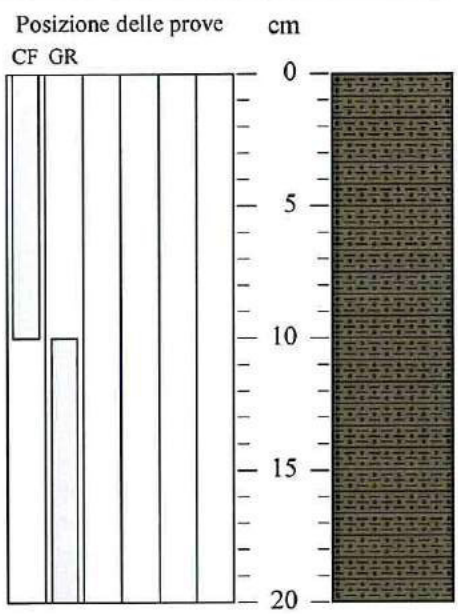
σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO-OLIVASTRO.

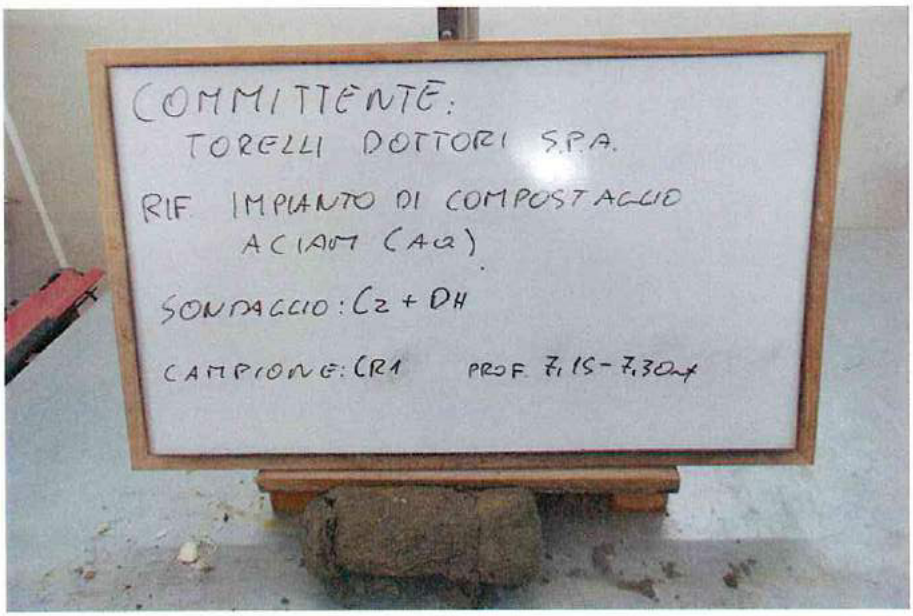
GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 279 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.		
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)		
SONDAGGIO: C2+DH	CAMPIONE: CR1	PROFONDITA': m 7.15 - 7.30



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	15		ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO-OLIVASTRO.
	20	20	MUNSELL SOIL COLOR: 5Y 4/2 Olive gray



TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO-OLIVASTRO.

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e geosintetici in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 541/gr/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	06/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

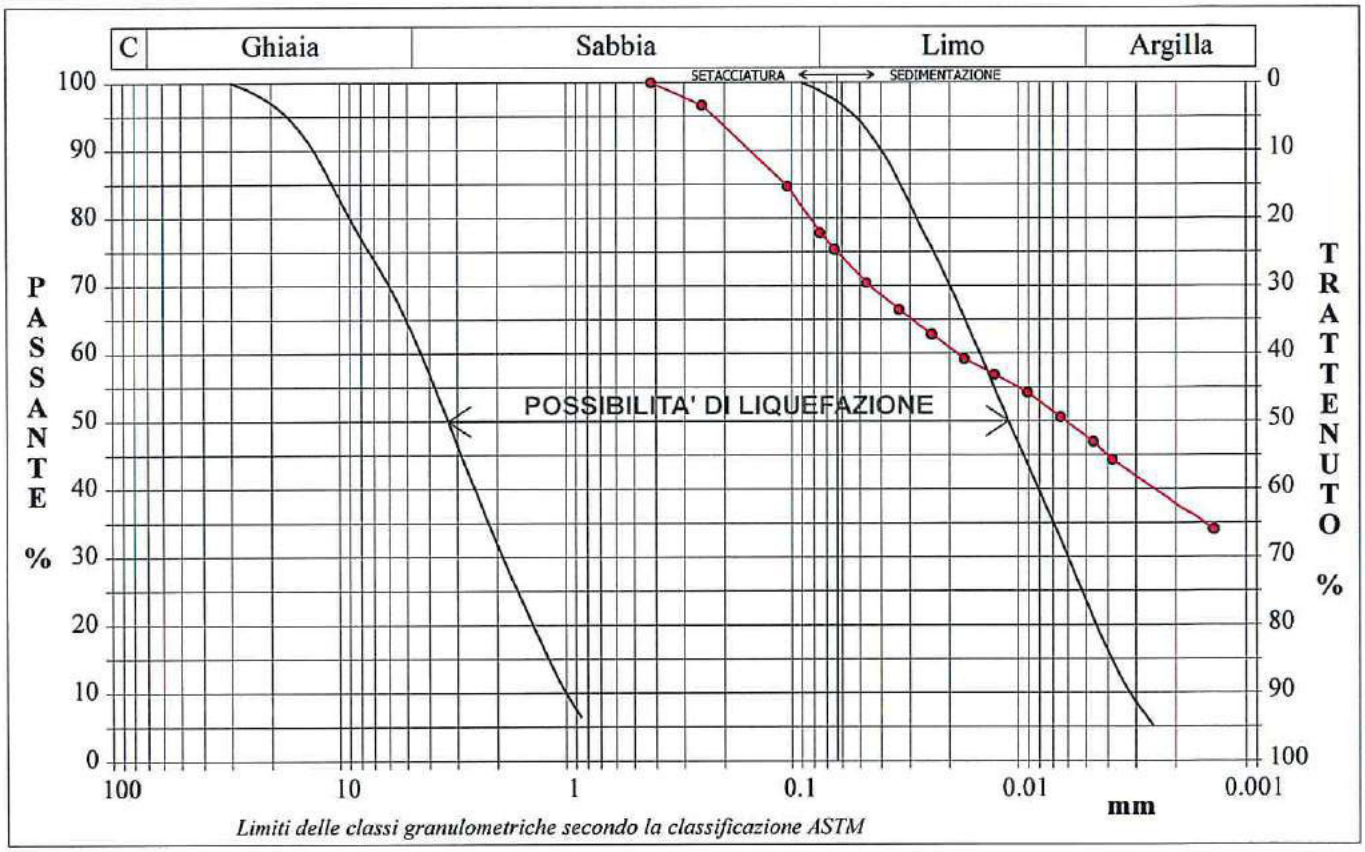
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 7.15 - 7.30

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D_{10}	0.00013 mm
Sabbia	22.2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100.0 %	D_{30}	--- mm
Limo	30.1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	77.8 %	D_{50}	0.00615 mm
Argilla	47.7 %			D_{60}	0.01860 mm
Coefficiente di uniformità	141.41	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	0.15441 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0.4200	100.00	0.0467	70.41	0.0091	54.21				
0.2500	96.65	0.0335	66.44	0.0065	50.57				
0.1050	84.68	0.0240	62.80	0.0046	46.94				
0.0750	77.82	0.0172	59.17	0.0038	44.29			Setacci	3
0.0647	75.36	0.0127	56.85	0.0014	34.05			Punti sediment.	11

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO-OLIVASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e pietre in sito DM 279 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 541/gr/19	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	06/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 7.15 - 7.30

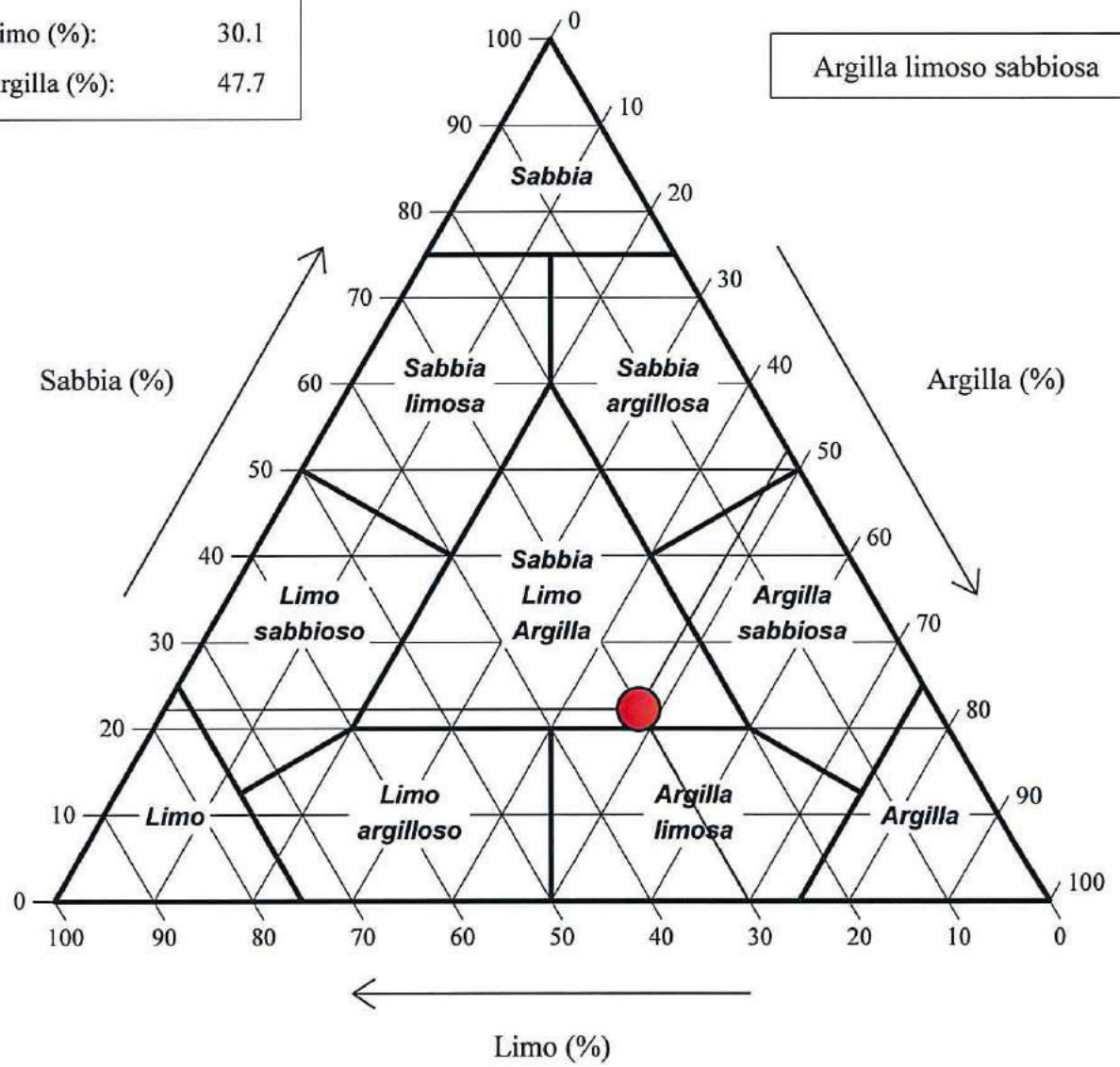
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Sabbia (%):	22.2
Limo (%):	30.1
Argilla (%):	47.7

Diagramma di Shepard

Argilla limoso sabbiosa



ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO-OLIVASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 541/u/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 7.15 - 7.30

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 26.1 %

Struttura del materiale:
- ☒ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.42 mm

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO-OLIVASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 541/pdv/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	02/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 7.15 - 7.30

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T15/D

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18.3 kN/m³

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO-OLIVASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO RUFFANO (LE)

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 541/ps/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	03/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 7.15 - 7.30

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 23.8 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 23.8 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 30.0 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.42 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO-OLIVASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.	
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)	
SONDAGGIO: C2+DH	CAMPIONE: CR1	PROFONDITA': m 7.15 - 7.30

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Argilla con limo sabbiosa

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 0.00

Fluido Plastica	Molle Plastica	Plastica	Solido Plastica	Semisolida - Solida

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0.00

Non Attiva	Normale	Attiva

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = = 0 kPa

1	2	3	Compatto	Molto compatto	Duro

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 kPa

1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0.0kPa
Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0.0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.00

Normal Consolidato	Debolmente Sovraconsolidato	Sovraconsolidato	Fortemente Sovraconsolidato

0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO-OLIVASTRO.

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)
SONDAGGIO: C2+DH	CAMPIONE: CI1 — PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	31.6	%
Peso di volume	18.3	kN/m³
Peso di volume secco	13.9	kN/m³
Peso di volume saturo	18.4	kN/m³
Peso specifico	25.4	kN/m³
Indice dei vuoti	0.822	
Porosità	45.1	%
Grado di saturazione	99.6	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	12.0	%
Limo	18.8	%
Argilla	69.2	%
D 10		mm
D 50		mm
D 60	0.001684	mm
D 90	0.090539	mm
Passante set. 10	100.0	%
Passante set. 42	99.4	%
Passante set. 200	88.0	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	15.1	kPa	ϕ'	24.1	°
c' Res		kPa	ϕ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12.3 ÷ 24.5	1886	0.001918	9.97E-08
24.5 ÷ 49.0	2715	0.001490	5.38E-08
49.0 ÷ 98.1	4706	0.001693	3.53E-08
98.1 ÷ 196.1	6307	0.001359	2.11E-08
196.1 ÷ 392.3	6683	0.001534	2.25E-08
392.3 ÷ 784.5	11112	0.000912	8.05E-09
784.5 ÷ 1569.1	19937	0.000630	3.10E-09

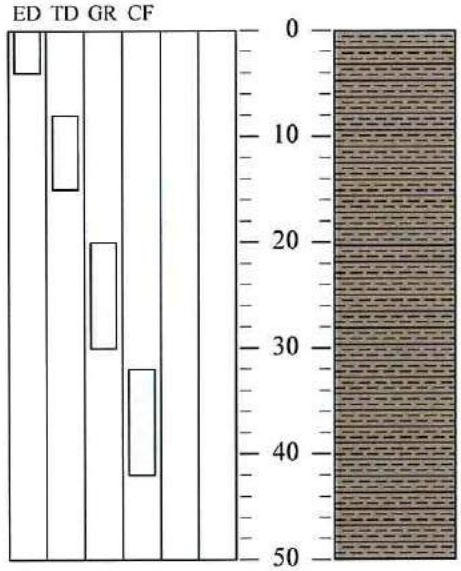
ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940380750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e cave in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)
SONDAGGIO: C2+DH	CAMPIONE: CI1 — PROFONDITA': m 7.50 - 8.00



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	25		ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.
	30		MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 5/2 Grayish brown
	30	50	

TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Roccia Via il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 273 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/gr/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	06/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

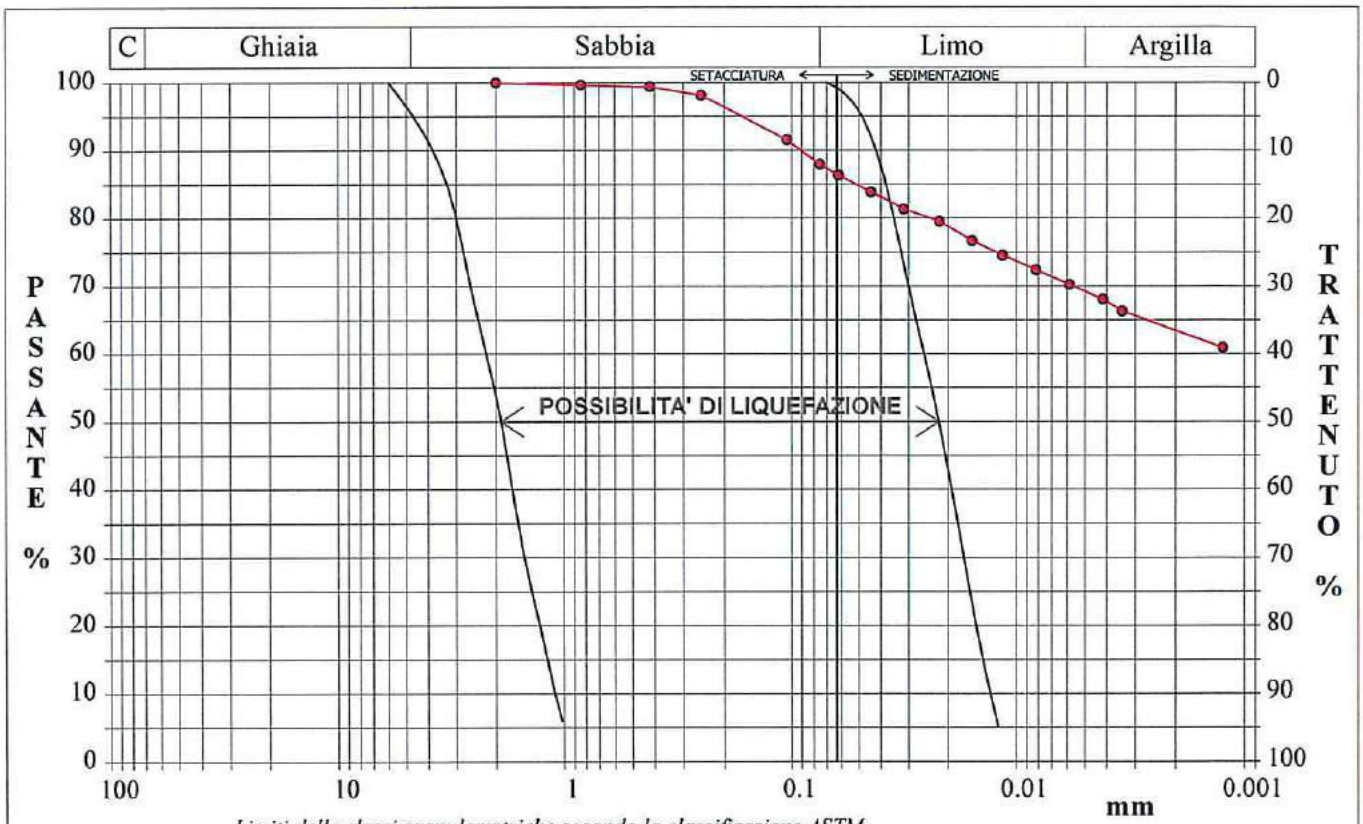
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D_{10}	---	mm
Sabbia	12.0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99.4 %	D_{30}	---	mm
Limo	18.8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	88.0 %	D_{50}	---	mm
Argilla	69.2 %			D_{60}	---	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	0.09054	mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2.0000	100.00	0.0750	87.97	0.0156	76.68	0.0034	66.29		
0.8410	99.67	0.0619	86.35	0.0115	74.53	0.0013	60.91		
0.4200	99.37	0.0442	83.85	0.0082	72.38				
0.2500	98.14	0.0315	81.34	0.0058	70.23			Setacci	5
0.1050	91.60	0.0219	79.55	0.0042	68.08			Punti sediment.	11

ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e cave in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/gr/19	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	06/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

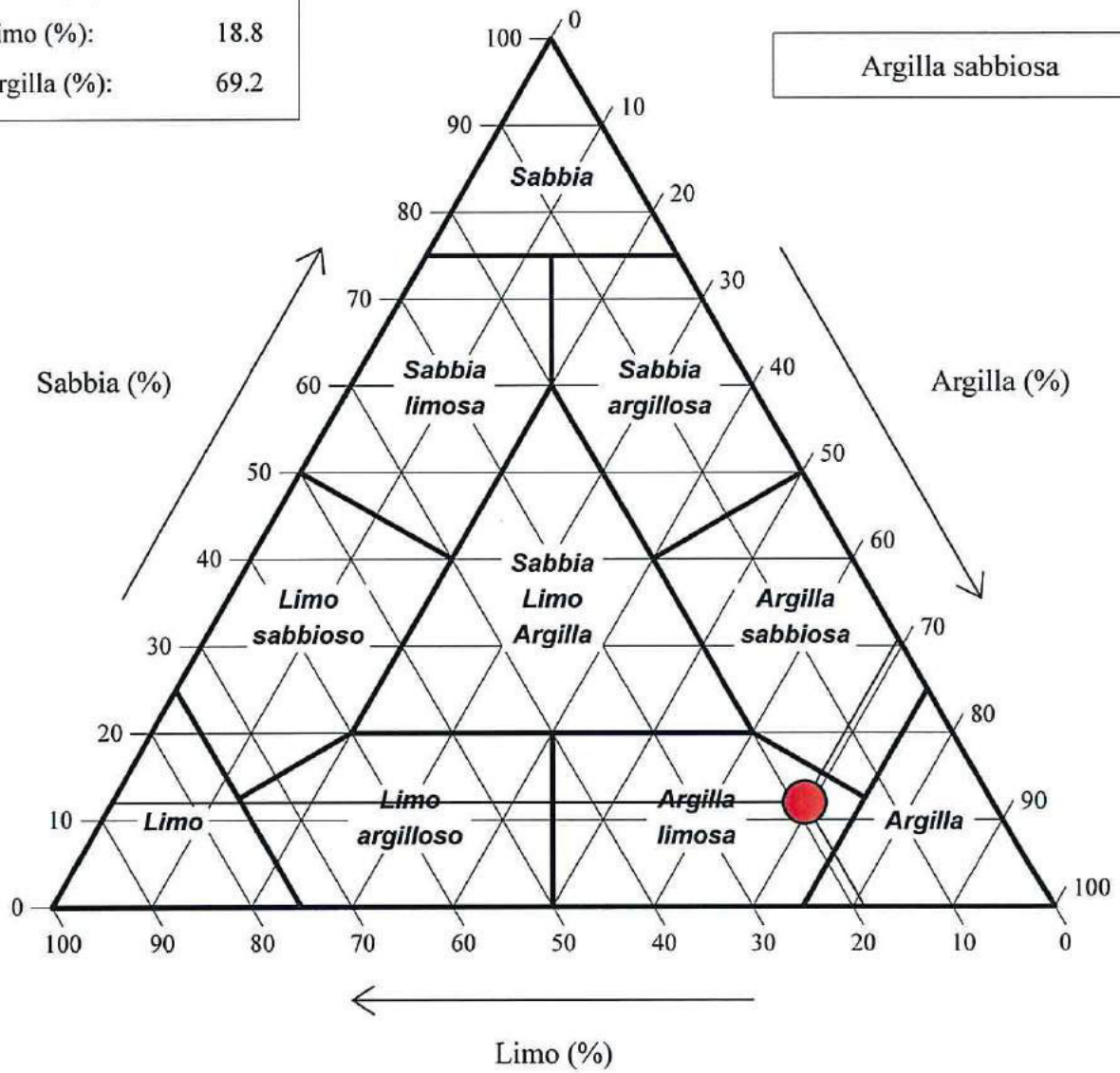
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Sabbia (%):	12.0
Limo (%):	18.8
Argilla (%):	69.2

Diagramma di Shepard

Argilla sabbiosa



ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 7, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell: 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 273 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/u/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 31.6 %

Struttura del materiale:
- ■ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 1.00 mm

ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 7, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/pdv/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	02/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T15/D

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18.3 kN/m³

ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 279 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/ps/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	02/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 25.4 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 25.3 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 28.0 °C

Dimensione massima delle particelle: 1.00 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DEL LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/ED/19	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	10/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	18.35
Umidità (%)	31.5
Peso specifico (kN/m³)	25.39
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	17.68
Indice dei vuoti	0.82
Porosità (%)	45.02
Saturazione (%)	99.5

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

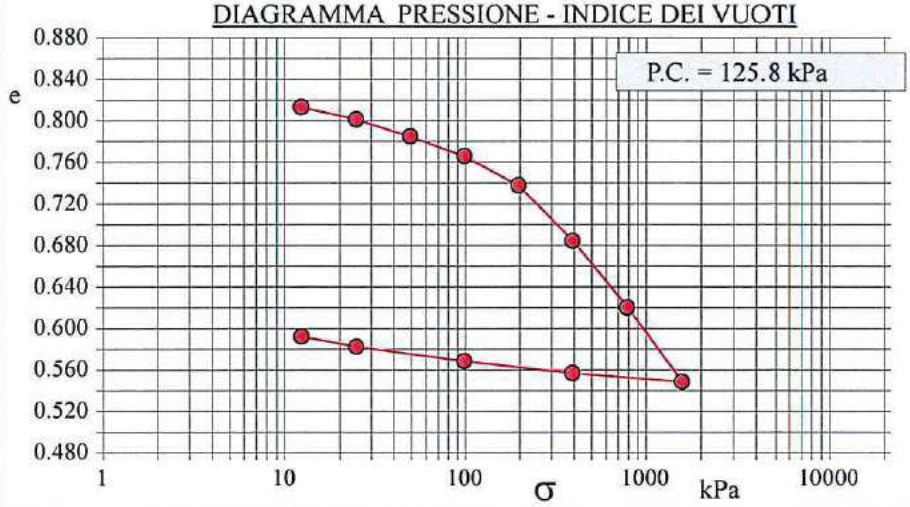
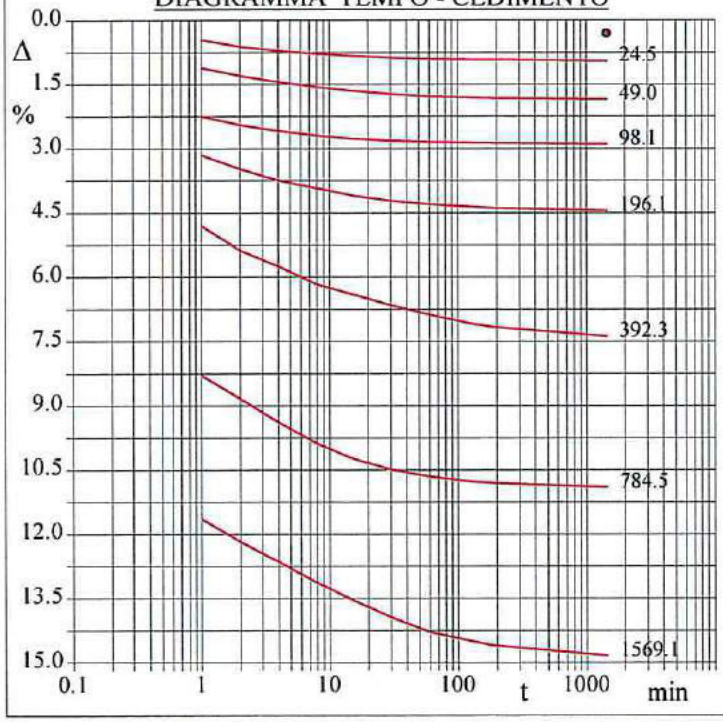


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.3	6.0	0.813	
24.5	19.0	0.802	0.039
49.0	37.1	0.785	0.055
98.1	57.9	0.766	0.063
196.1	89.0	0.738	0.094
392.3	147.7	0.685	0.177
784.5	218.3	0.620	0.213
1569.1	297.0	0.549	0.238
392.3	288.0	0.557	
98.1	275.1	0.569	
24.5	259.8	0.583	
12.3	249.0	0.592	

ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE LECCE

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/ED/19	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	10/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24.5 kPa		Pressione 49.0 kPa		Pressione 98.1 kPa		Pressione 196.1 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	6.0	0.00	19.0	0.00	37.1	0.00	57.9
1.00	9.0	1.00	22.3	1.00	45.0	1.00	63.0
2.00	12.3	2.00	26.0	2.00	49.0	2.00	69.5
4.00	14.3	4.00	28.7	4.00	51.7	4.00	74.8
8.00	15.6	8.00	31.1	8.00	53.8	8.00	78.6
15.00	16.6	15.00	32.9	15.00	55.4	15.00	82.0
30.00	17.4	30.00	34.5	30.00	56.3	30.00	84.4
60.00	18.0	60.00	35.7	60.00	56.8	60.00	85.9
120.00	18.2	120.00	36.2	120.00	57.2	120.00	87.1
180.00	18.4	180.00	36.4	180.00	57.4	180.00	87.7
1440.00	19.0	1440.00	37.1	1440.00	57.9	1440.00	89.0

Pressione 392.3 kPa		Pressione 784.5 kPa		Pressione 1569.1 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	89.0	0.00	147.7	0.00	218.3		
1.00	96.0	1.00	166.0	1.00	233.0		
2.00	107.7	2.00	177.0	2.00	244.0		
4.00	115.0	4.00	188.0	4.00	253.1		
8.00	123.5	8.00	197.9	8.00	263.1		
15.00	128.2	15.00	205.0	15.00	271.1		
30.00	133.2	30.00	210.0	30.00	279.3		
60.00	137.7	60.00	213.3	60.00	286.1		
120.00	141.6	120.00	215.5	120.00	290.0		
180.00	143.2	180.00	216.3	180.00	292.1		
1440.00	147.7	1440.00	218.3	1440.00	297.0		

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE LECCE

Tecnico del laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/td/19	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

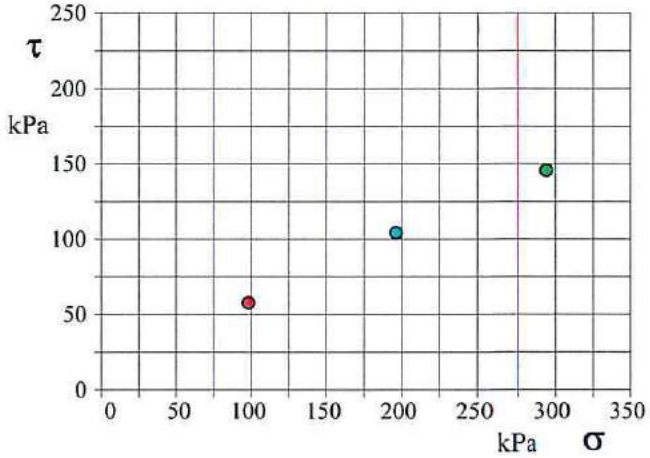
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	58		104		146	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	4.50	-0.32	5.25	-0.56	5.00	-0.49
Umidità iniziale e umidità finale (%):	31.1	27.0	31.3	26.3	31.9	26.3
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18.4	2.1	18.4	2.2	18.4	18.7
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	94.8

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

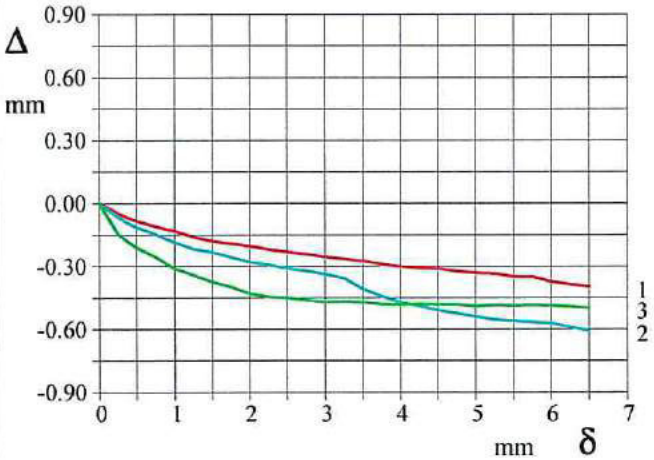


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

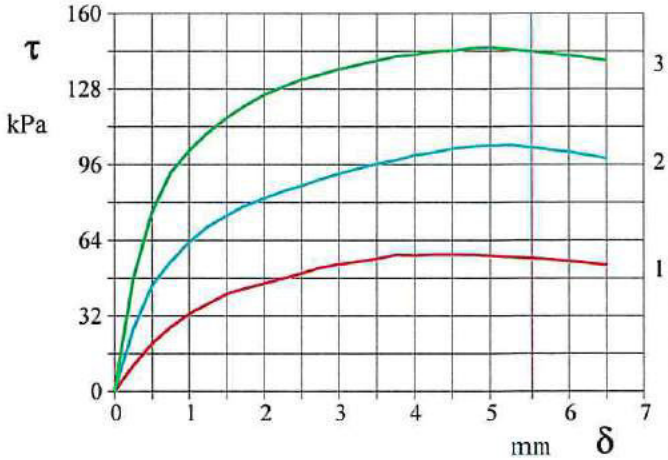


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/td/19	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.250	10.8	-0.05	0.250	26.2	-0.07	0.250	47.7	-0.15
0.500	20.2	-0.09	0.500	44.9	-0.11	0.500	76.0	-0.21
0.750	27.3	-0.11	0.750	55.0	-0.15	0.750	92.6	-0.26
1.000	32.7	-0.13	1.000	63.2	-0.19	1.000	101.7	-0.31
1.250	36.9	-0.16	1.250	69.8	-0.22	1.250	109.4	-0.34
1.500	41.0	-0.18	1.500	74.2	-0.23	1.500	115.6	-0.37
1.750	43.5	-0.19	1.750	78.7	-0.26	1.750	121.0	-0.40
2.000	45.6	-0.21	2.000	81.6	-0.28	2.000	125.5	-0.43
2.250	47.7	-0.22	2.250	84.6	-0.29	2.250	128.9	-0.45
2.500	49.8	-0.23	2.500	87.0	-0.31	2.500	131.9	-0.45
2.750	52.3	-0.24	2.750	89.8	-0.32	2.750	134.1	-0.46
3.000	53.6	-0.26	3.000	92.1	-0.34	3.000	136.2	-0.47
3.250	54.8	-0.27	3.250	94.3	-0.36	3.250	138.2	-0.47
3.500	56.0	-0.28	3.500	96.3	-0.41	3.500	140.0	-0.47
3.750	57.5	-0.29	3.750	97.8	-0.45	3.750	141.7	-0.48
4.000	57.3	-0.30	4.000	100.0	-0.47	4.000	142.5	-0.48
4.250	57.7	-0.31	4.250	101.1	-0.49	4.250	143.9	-0.48
4.500	57.7	-0.32	4.500	102.7	-0.51	4.500	144.1	-0.48
4.750	57.6	-0.33	4.750	103.6	-0.52	4.750	145.1	-0.48
5.000	57.2	-0.33	5.000	104.0	-0.54	5.000	145.5	-0.49
5.250	56.6	-0.34	5.250	104.2	-0.56	5.250	144.5	-0.49
5.500	56.1	-0.35	6.000	101.3	-0.57	5.500	143.9	-0.49
5.750	55.6	-0.35	6.500	98.7	-0.61	5.750	143.0	-0.49
6.000	54.9	-0.38				6.000	142.2	-0.49
6.500	53.2	-0.40				6.500	140.1	-0.50

GEOPROVE S.R.L. TECNICO LABORATORIO RUFFANO - LE

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/td/19	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.941
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	4.2
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.024

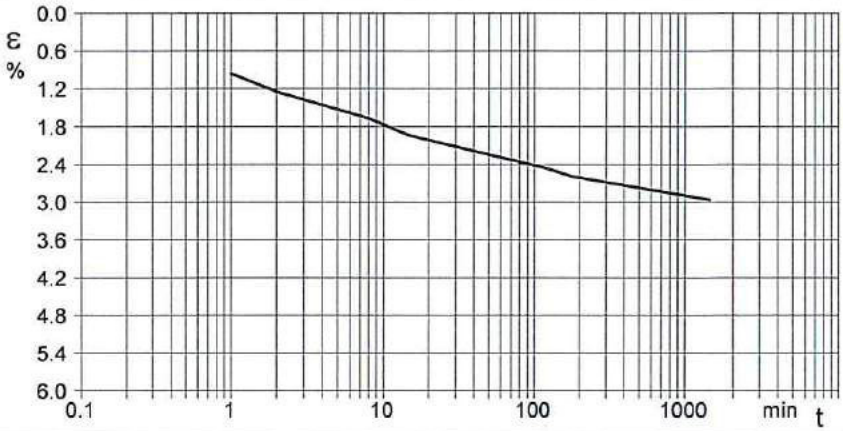


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.909
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	3.7
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.027

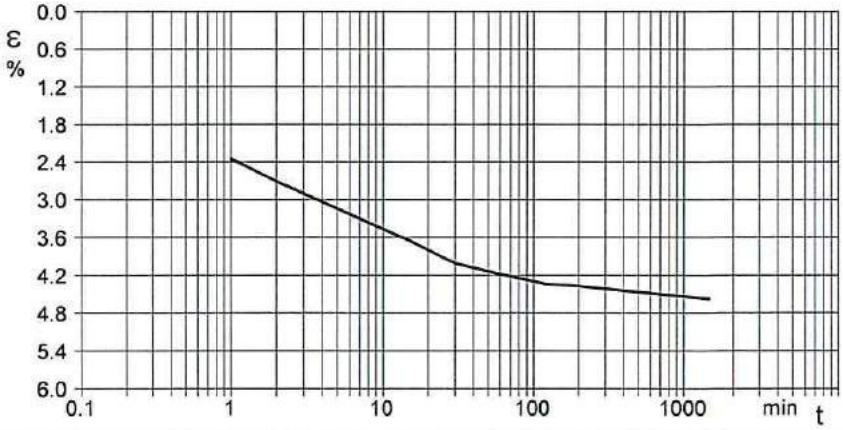
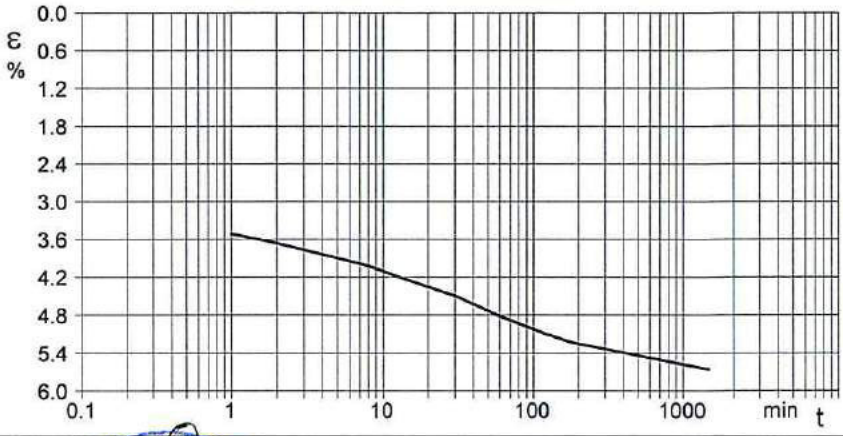


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.887
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	2.9
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.034



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 542/td/19	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	19.20	0.96	1.00	46.96	2.35	1.00	70.27	3.51
2.00	24.95	1.25	2.00	54.21	2.71	2.00	73.18	3.66
8.00	33.40	1.67	8.00	67.29	3.36	8.00	80.45	4.02
15.00	38.95	1.95	15.00	72.99	3.65	15.00	85.05	4.25
30.00	42.34	2.12	30.00	80.15	4.01	30.00	89.89	4.49
60.00	45.79	2.29	60.00	83.66	4.18	60.00	96.37	4.82
120.00	49.25	2.46	120.00	86.76	4.34	120.00	101.90	5.10
180.00	51.88	2.59	180.00	87.30	4.36	180.00	104.68	5.23
1440.00	59.18	2.96	1440.00	91.44	4.57	1440.00	113.15	5.66

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)
SONDAGGIO: C2+DH	CAMPIONE: CI1 — PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Argilla limosa e sabbiosa

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	MH o OH - Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 0.00

Fluido Plastica	Molle Plastica	Plastica	Solido Plastica	Semisolida - Solida

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0.00

Non Attiva	Normale	Attiva

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = = 0 kPa

1	2	3	Compatto	Molto compatto	Duro

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 kPa

1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 140.3kPa
Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 125.8kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.90

Normal Consolidato	Debolmente Sovraconsolidato	Sovraconsolidato	Fortemente Sovraconsolidato

0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0

ARGILLA LIMOSA E SABBIOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940380750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.		
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)		
SONDAGGIO: C2+DH	CAMPIONE: CI2	PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	26.8	%
Peso di volume	18.1	kN/m³
Peso di volume secco	14.3	kN/m³
Peso di volume saturo	18.1	kN/m³
Peso specifico	23.5	kN/m³
Indice dei vuoti	0.643	
Porosità	39.1	%
Grado di saturazione	100.0	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Indice di liquidità		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	11.6	%
Limo	31.5	%
Argilla	56.9	%
D 10		mm
D 50	0.003089	mm
D 60	0.005836	mm
D 90	0.089160	mm
Passante set. 10	100.0	%
Passante set. 42	99.2	%
Passante set. 200	88.4	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	12.3	kPa	ϕ'	23.0	°
c' Res		kPa	ϕ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

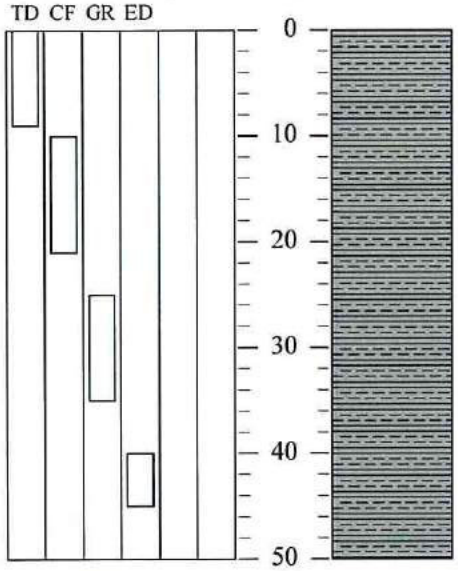
σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12.3 ÷ 24.5	4067	0.001592	3.84E-08
24.5 ÷ 49.0	4667	0.002049	4.31E-08
49.0 ÷ 98.0	5632	0.001594	2.78E-08
98.0 ÷ 196.0	8270	0.000943	1.12E-08
196.0 ÷ 392.0	9825	0.001456	1.45E-08
392.0 ÷ 784.0	13876	0.000464	3.28E-09
784.0 ÷ 1568.0	22725	0.000551	2.38E-09

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO.

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 279 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.		
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)		
SONDAGGIO: C2+DH	CAMPIONE: CI2	PROFONDITA': m 19.50 - 20.00



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	55		ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO.
	55		MUNSELL SOIL COLOR: 5Y 6/1 Gray
	60	50	

TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO.

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via 11 Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692092 • Cell 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/gr/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	06/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

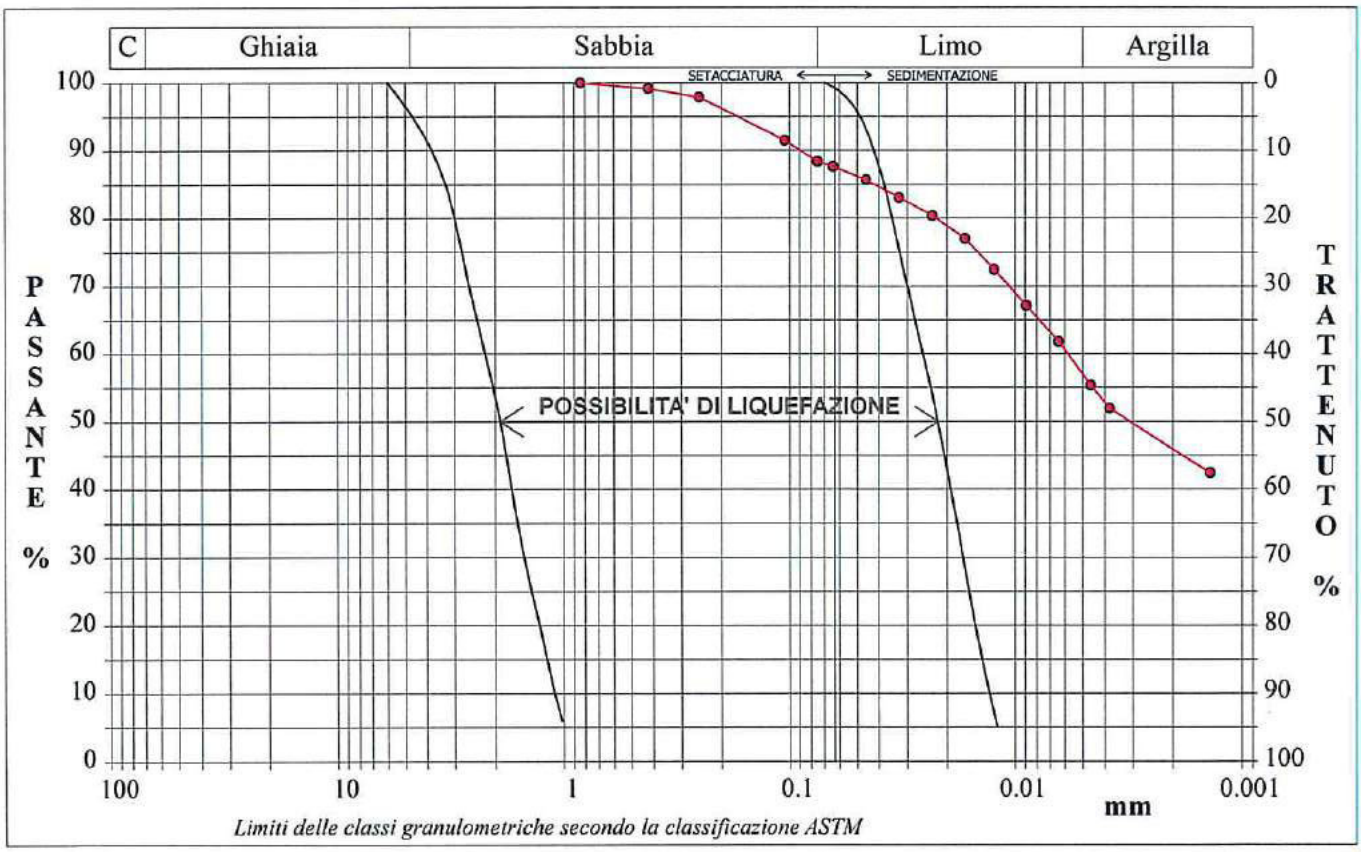
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D_{10}	---	mm
Sabbia	11.6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99.2 %	D_{30}	---	mm
Limo	31.5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	88.4 %	D_{50}	0.00309	mm
Argilla	56.9 %			D_{60}	0.00584	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	0.08916	mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0.8410	100.00	0.0642	87.61	0.0124	72.44	0.0014	42.48		
0.4200	99.16	0.0457	85.72	0.0089	67.13				
0.2500	97.87	0.0326	83.06	0.0064	61.82				
0.1050	91.52	0.0233	80.41	0.0046	55.38			Setacci	4
0.0750	88.39	0.0167	76.99	0.0038	51.96			Punti sediment.	11

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO RUFFANO - LE

GEOPROVE S.R.L.
Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis
DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 7, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce o prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/gr/19	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	06/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

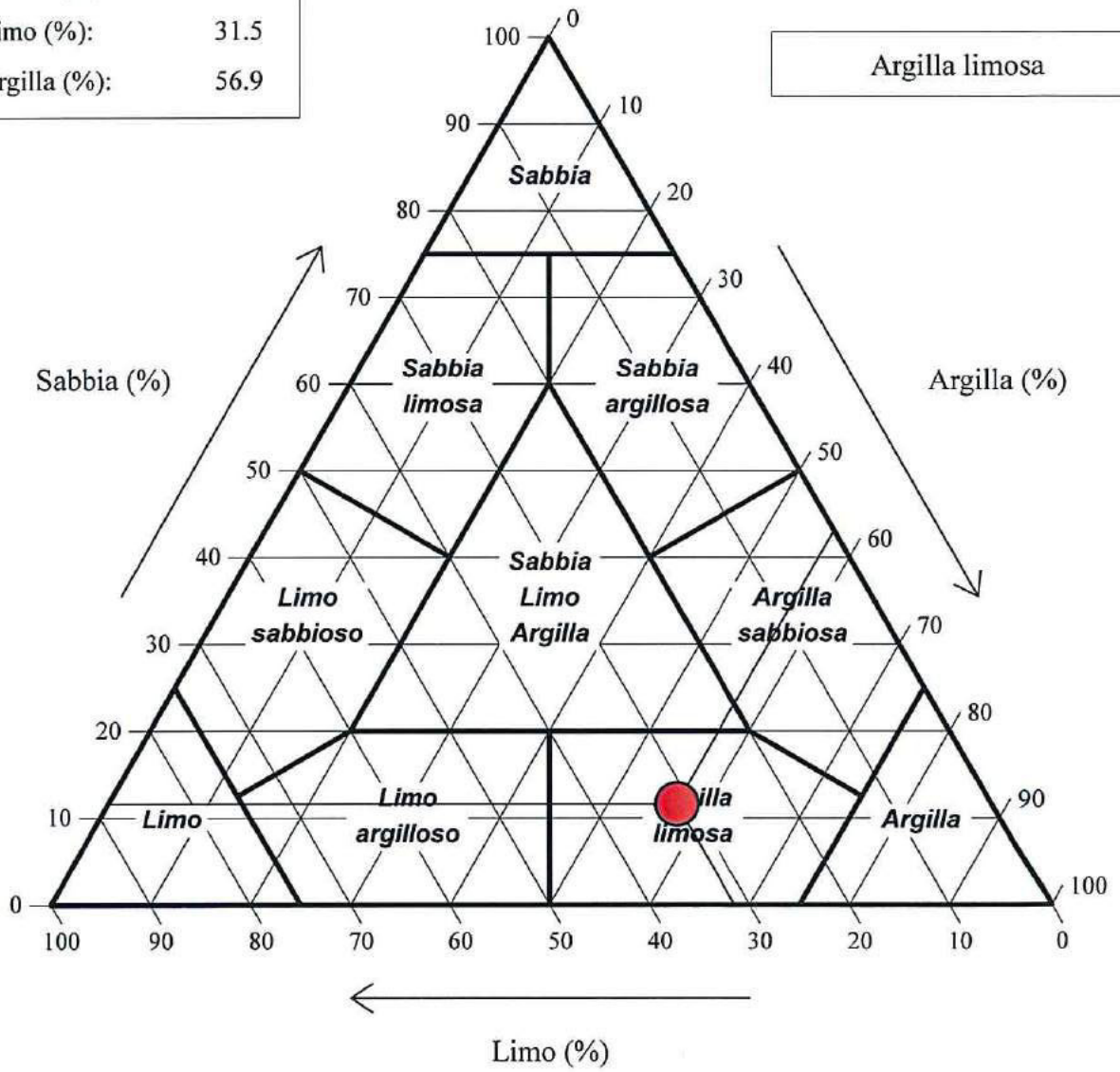
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Sabbia (%):	11.6
Limo (%):	31.5
Argilla (%):	56.9

Diagramma di Shepard

Argilla limosa



ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/u/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 26.8 %

Struttura del materiale:
- ◉ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.42 mm

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 298 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/pdv/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	02/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T15/D

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18.1 kN/m³

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/ps/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	03/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-3

γ_S = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 23.5 kN/m³

γ_{SC} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 23.4 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 29.5 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.42 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/ED/19	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	10/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	18.14
Umidità (%)	26.9
Peso specifico (kN/m³)	23.50
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	15.37
Indice dei vuoti	0.64
Porosità (%)	39.13
Saturazione (%)	100.0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

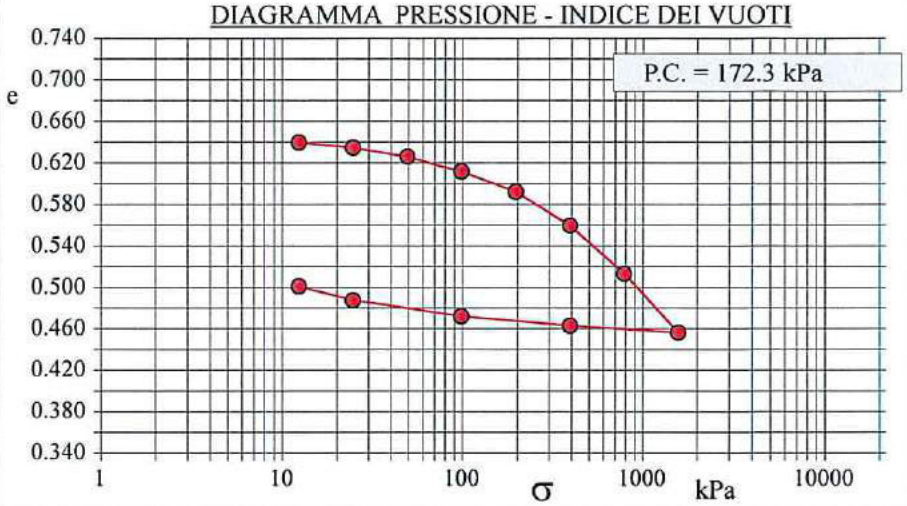
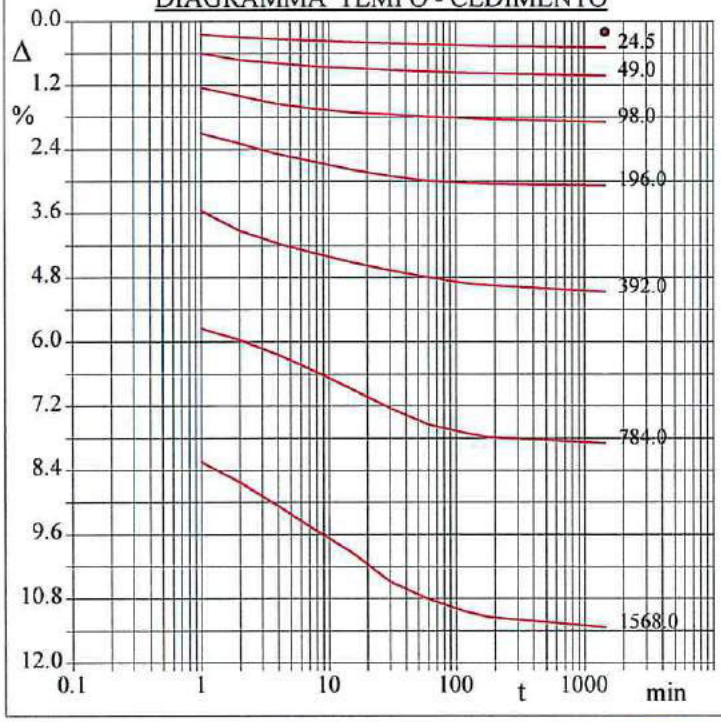


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.3	4.0	0.640	
24.5	10.0	0.635	0.016
49.0	20.5	0.626	0.029
98.0	37.9	0.612	0.047
196.0	61.6	0.592	0.065
392.0	101.5	0.560	0.109
784.0	158.0	0.513	0.154
1568.0	227.0	0.456	0.188
392.0	219.0	0.463	
98.0	207.8	0.472	
24.5	189.1	0.488	
12.3	172.7	0.501	

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO.

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO - LE

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 273 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/ED/19	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	10/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24.5 kPa		Pressione 49.0 kPa		Pressione 98.0 kPa		Pressione 196.0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	4.0	0.00	10.0	0.00	20.5	0.00	37.9
1.00	5.0	1.00	12.0	1.00	25.0	1.00	42.0
2.00	6.0	2.00	14.5	2.00	28.0	2.00	45.8
4.00	6.8	4.00	15.9	4.00	31.0	4.00	49.8
8.00	7.4	8.00	17.0	8.00	33.0	8.00	53.0
15.00	7.9	15.00	17.7	15.00	34.2	15.00	55.7
30.00	8.3	30.00	18.4	30.00	35.0	30.00	58.0
60.00	8.8	60.00	18.9	60.00	35.9	60.00	59.8
120.00	9.2	120.00	19.4	120.00	36.4	120.00	60.6
180.00	9.4	180.00	19.6	180.00	36.8	180.00	60.9
1440.00	10.0	1440.00	20.5	1440.00	37.9	1440.00	61.6

Pressione 392.0 kPa		Pressione 784.0 kPa		Pressione 1568.0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	61.6	0.00	101.5	0.00	158.0		
1.00	71.0	1.00	115.0	1.00	165.0		
2.00	78.5	2.00	119.4	2.00	172.7		
4.00	83.3	4.00	124.8	4.00	181.6		
8.00	87.1	8.00	131.4	8.00	190.9		
15.00	90.3	15.00	137.7	15.00	199.0		
30.00	93.3	30.00	145.0	30.00	210.0		
60.00	95.9	60.00	151.0	60.00	216.4		
120.00	98.2	120.00	154.2	120.00	221.1		
180.00	99.0	180.00	155.9	180.00	223.1		
1440.00	101.5	1440.00	158.0	1440.00	227.0		

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 273 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 273 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/td/19 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19	Apertura campione: 02/05/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

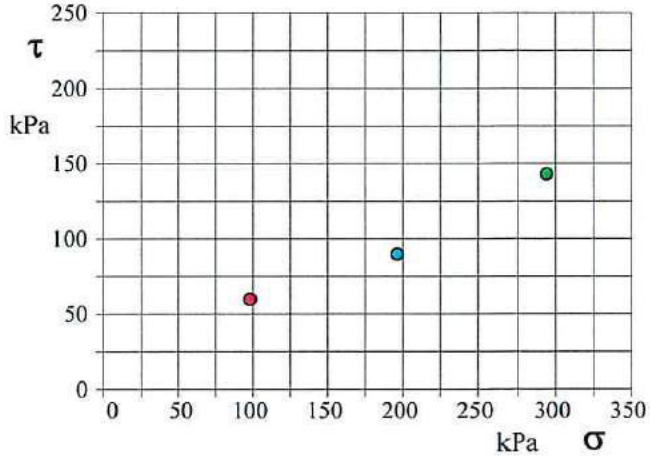
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	60		90		143	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	3.50	-0.10	6.00	-0.11	6.00	-0.13
Umidità iniziale e umidità finale (%):	26.3	24.6	26.2	24.3	26.1	24.8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18.1	18.3	18.1	18.5	18.1	18.8
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	99.1	97.7	98.7	100.0	98.8	100.0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

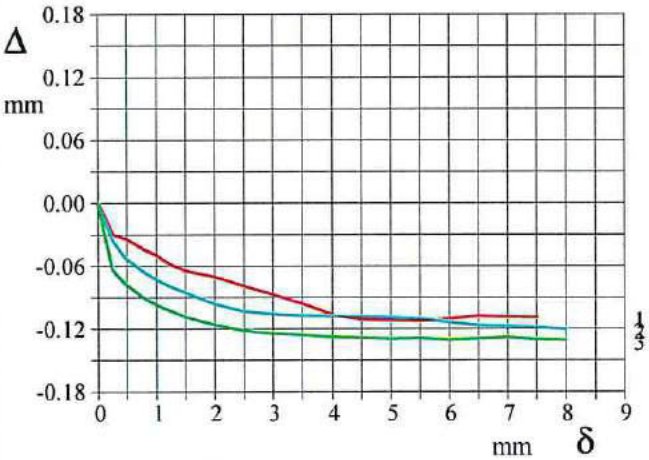


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

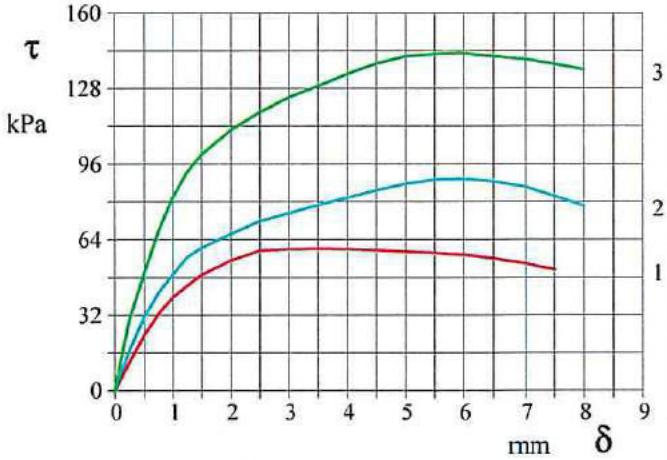


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/td/19	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.250	11.8	-0.03	0.250	16.9	-0.03	0.250	29.8	-0.06
0.500	23.5	-0.04	0.500	31.2	-0.05	0.500	49.6	-0.08
0.750	32.6	-0.04	0.750	41.7	-0.06	0.750	67.8	-0.09
1.000	39.4	-0.05	1.000	49.2	-0.07	1.000	81.9	-0.10
1.250	44.2	-0.06	1.250	56.5	-0.08	1.250	92.4	-0.10
1.500	49.0	-0.07	1.500	60.6	-0.09	1.500	99.9	-0.11
2.000	54.9	-0.07	2.000	66.6	-0.10	2.000	110.4	-0.12
2.500	59.2	-0.08	2.500	72.0	-0.10	2.500	117.9	-0.12
3.000	59.7	-0.09	3.000	75.3	-0.11	3.000	124.3	-0.12
3.500	59.8	-0.10	3.500	78.9	-0.11	3.500	129.1	-0.13
4.000	59.7	-0.11	4.000	81.9	-0.11	4.000	134.2	-0.13
4.500	59.4	-0.11	4.500	84.9	-0.11	4.500	138.6	-0.13
5.000	58.7	-0.11	5.000	87.7	-0.11	5.000	141.7	-0.13
5.500	58.2	-0.11	5.500	89.5	-0.11	5.500	142.8	-0.13
6.000	57.3	-0.11	6.000	89.8	-0.11	6.000	143.0	-0.13
6.500	55.8	-0.11	6.500	88.8	-0.12	7.000	140.5	-0.13
7.000	53.5	-0.11	7.000	86.4	-0.12	7.500	138.5	-0.13
7.500	51.0	-0.11	8.000	78.4	-0.12	8.000	136.0	-0.13

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/td/19	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.960
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	18.9
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.005

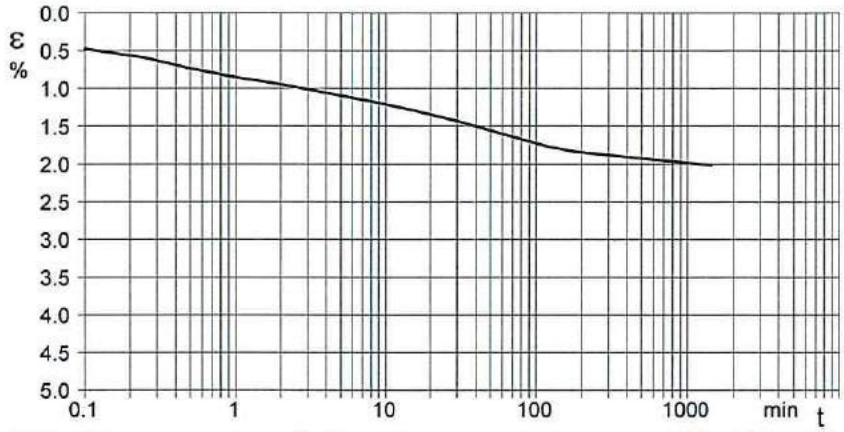


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.935
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	0.3
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.347

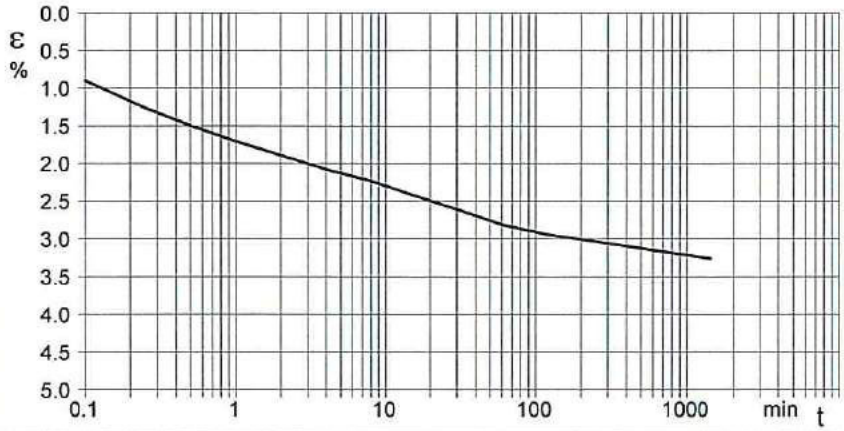
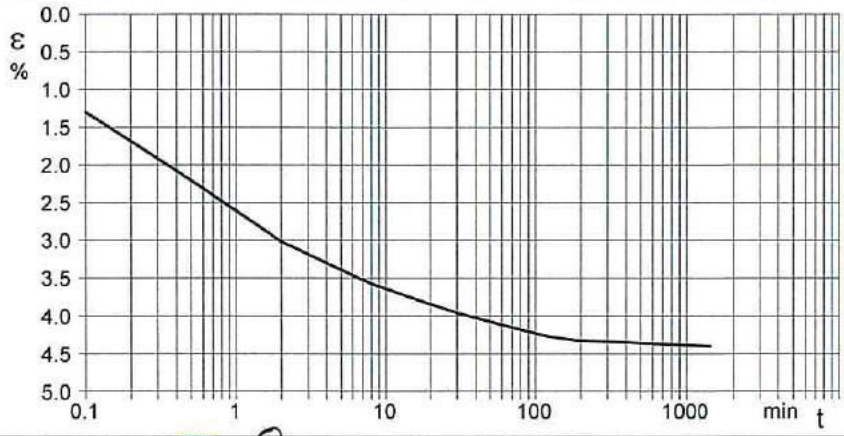


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.912
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	0.5
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.193



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 279 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 543/td/19	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	07/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C2+DH CAMPIONE: CI2 PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	9.51	0.48	0.10	17.96	0.90	0.10	26.00	1.30
0.25	11.82	0.59	0.25	25.26	1.26	0.25	36.31	1.82
0.50	14.74	0.74	0.50	29.95	1.50	0.50	44.20	2.21
1.00	17.02	0.85	1.00	34.15	1.71	1.00	52.19	2.61
2.00	18.89	0.94	2.00	37.82	1.89	2.00	60.37	3.02
4.00	21.18	1.06	4.00	41.56	2.08	4.00	66.00	3.30
8.00	23.38	1.17	8.00	44.68	2.23	8.00	71.53	3.58
15.00	25.63	1.28	15.00	48.29	2.41	15.00	75.22	3.76
30.00	28.66	1.43	30.00	52.18	2.61	30.00	79.22	3.96
60.00	31.99	1.60	60.00	56.29	2.81	60.00	82.33	4.12
120.00	35.43	1.77	120.00	58.89	2.94	120.00	85.43	4.27
180.00	36.76	1.84	180.00	59.90	3.00	180.00	86.45	4.32
1440.00	40.29	2.01	1440.00	65.19	3.26	1440.00	88.00	4.40

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)
SONDAGGIO: C2+DH	CAMPIONE: CI2 — PROFONDITA': m 19.50 - 20.00

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Argilla con limo sabbiosa

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 0.00

Fluido Plastica	Molle Plastica	Plastica	Solido Plastica	Semisolida - Solida

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0.00

Non Attiva	Normale	Attiva

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = = 0 kPa

1	2	3	Compatto	Molto compatto	Duro

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 kPa

1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 352.3kPa
Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 172.3kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.49

Normal Consolidato	Debolmente Sovraconsolidato	Sovraconsolidato	Fortemente Sovraconsolidato

0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0

ARGILLA CON LIMO SABBIOSA DI COLORE GRIGIO.

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)
SONDAGGIO: C3	CAMPIONE: CI1 — PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	37.4	%
Peso di volume	17.7	kN/m³
Peso di volume secco	12.9	kN/m³
Peso di volume saturo	17.7	kN/m³
Peso specifico	25.4	kN/m³
Indice dei vuoti	0.969	
Porosità	49.2	%
Grado di saturazione	99.9	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Indice di liquidità		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	1.1	%
Limo	19.6	%
Argilla	79.3	%
D 10		mm
D 50	0.001419	mm
D 60	0.002287	mm
D 90	0.010768	mm
Passante set. 10	100.0	%
Passante set. 42	100.0	%
Passante set. 200	98.9	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	32.5	kPa	ϕ'	18.4	°
c' Res		kPa	ϕ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

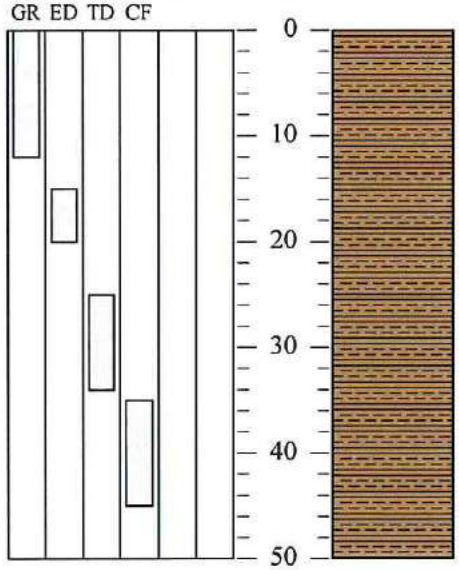
σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12.3 ÷ 24.5	4067	0.001122	2.71E-08
24.5 ÷ 49.0	2450	0.001782	7.13E-08
49.0 ÷ 98.0	2649	0.000831	3.08E-08
98.0 ÷ 196.0	5444	0.001766	3.18E-08
196.0 ÷ 392.0	8731	0.001634	1.84E-08
392.0 ÷ 784.0	13494	0.000782	5.69E-09
784.0 ÷ 1568.0	25537	0.001213	4.66E-09

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.		
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)		
SONDAGGIO: C3	CAMPIONE: CI1	PROFONDITA': m 6.00 - 6.50



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	100		ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.
	95		MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/6 Olive yellow
	95	50	

TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Tricase e Racce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 279 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/gr/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	06/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

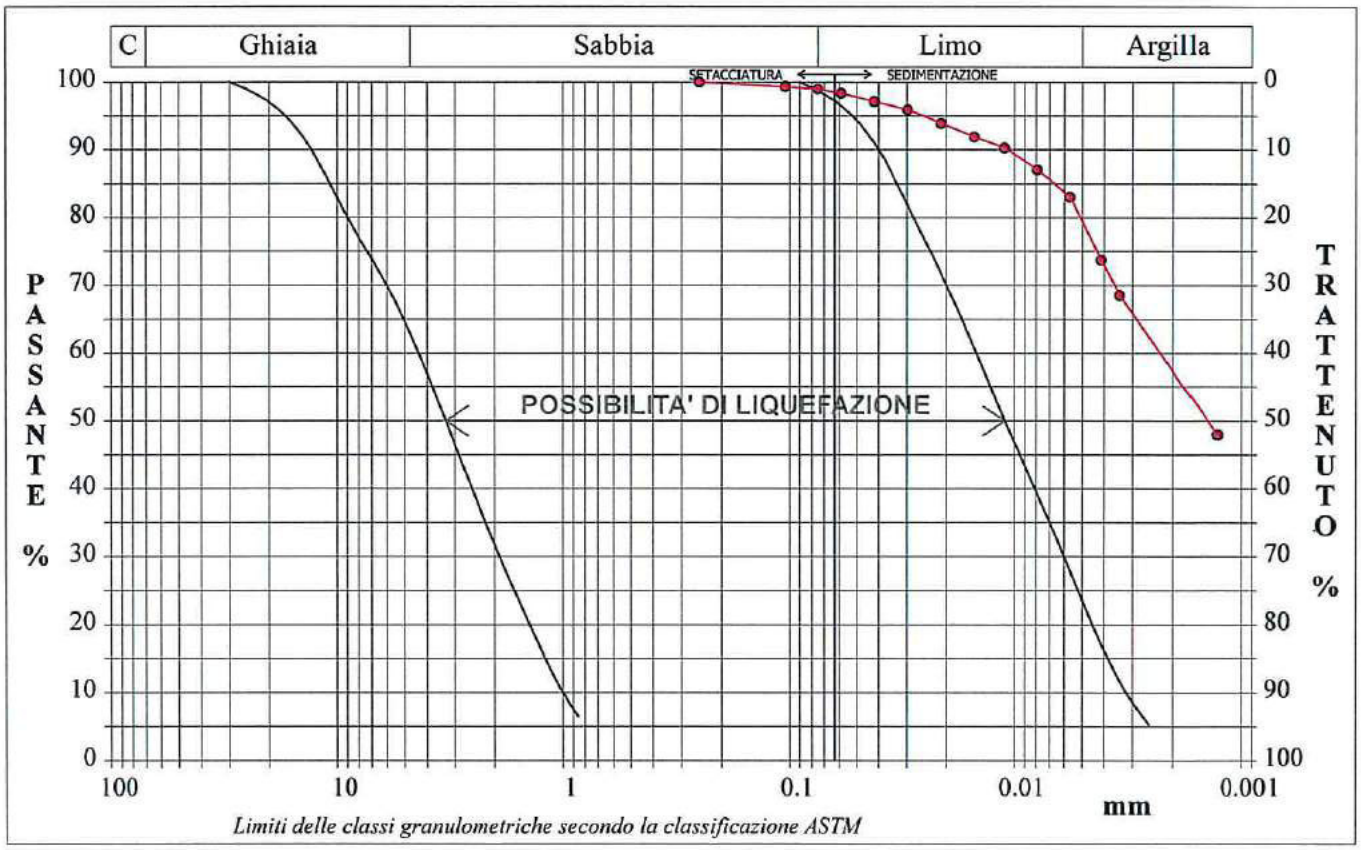
RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D_{10}	0.00021 mm
Sabbia	1.1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100.0 %	D_{30}	--- mm
Limo	19.6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	98.9 %	D_{50}	0.00142 mm
Argilla	79.3 %			D_{60}	0.00229 mm
Coefficiente di uniformità	10.88	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	0.01077 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0.2500	100.00	0.0298	95.93	0.0057	83.03				
0.1050	99.35	0.0212	93.91	0.0041	73.76				
0.0750	98.95	0.0151	91.89	0.0034	68.52				
0.0590	98.34	0.0111	90.28	0.0013	47.96			Setacci	2
0.0419	97.13	0.0079	87.06					Punti sediment.	11

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO RESPONSABILE RUFFANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terra e Facce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prova in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/gr/19	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	06/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

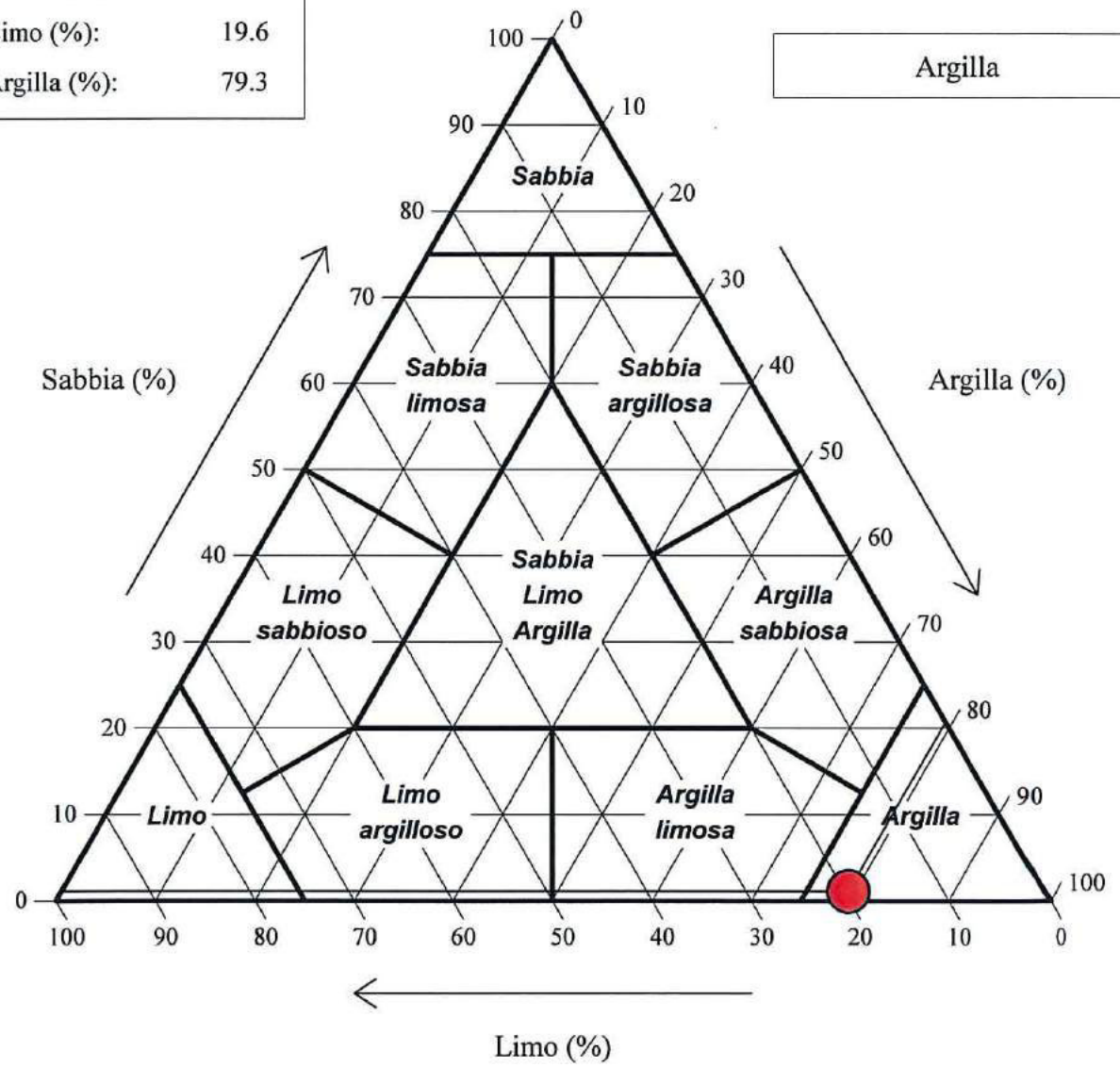
SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Sabbia (%):	1.1
Limo (%):	19.6
Argilla (%):	79.3

Diagramma di Shepard



ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in situ DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/u/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 37.4 %

Struttura del materiale:
- ■ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.25 mm

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.

Tecnico di laboratorio:
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO DI LABORATORIO RUFFANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/pdv/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	02/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T15/D

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 17.7 kN/m³

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO - LE

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/ps/19	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	03/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	03/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 25.4 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 25.4 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 22.0 °C

Dimensione massima delle particelle: 0.25 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell 329 359 9043
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/ED/19	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	10/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	17.71
Umidità (%)	37.3
Peso specifico (kN/m³)	25.39
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	19.32
Indice dei vuoti	0.97
Porosità (%)	49.20
Saturazione (%)	99.7

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

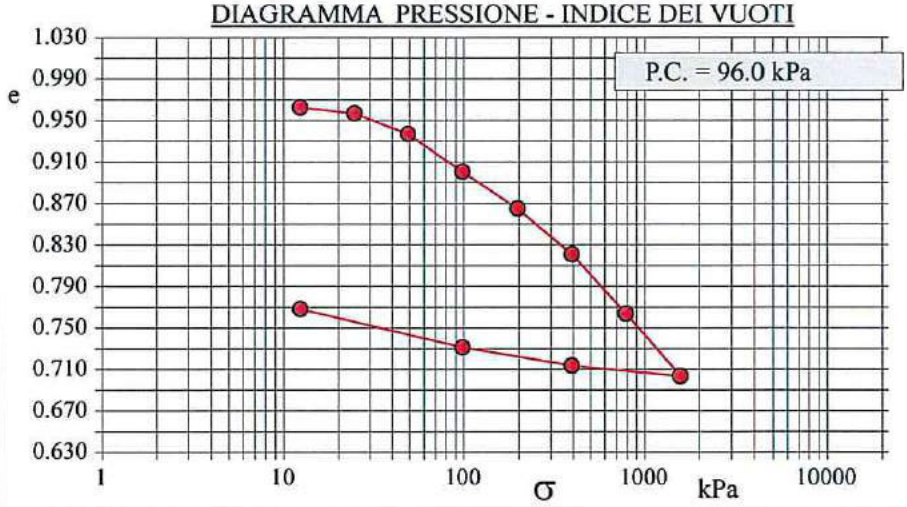
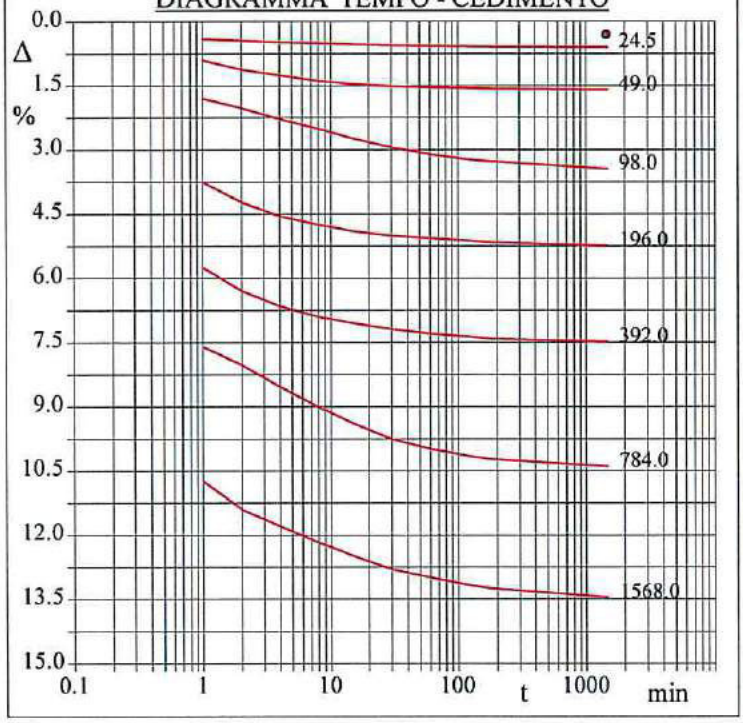


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.3	6.0	0.963	
24.5	12.0	0.957	0.020
49.0	32.0	0.937	0.065
98.0	69.0	0.901	0.121
196.0	105.0	0.865	0.118
392.0	149.9	0.821	0.147
784.0	208.0	0.764	0.190
1568.0	269.4	0.703	0.201
392.0	259.0	0.714	
98.0	241.0	0.731	
12.3	203.6	0.768	

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.

GEOPROVE S.R.L. TECNICO RUFFANO - LE

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/ED/19	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	02/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	10/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24.5 kPa		Pressione 49.0 kPa		Pressione 98.0 kPa		Pressione 196.0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	6.0	0.00	12.0	0.00	32.0	0.00	69.0
1.00	8.0	1.00	18.0	1.00	36.0	1.00	75.0
2.00	8.8	2.00	22.3	2.00	40.4	2.00	84.4
4.00	9.5	4.00	25.0	4.00	45.5	4.00	91.0
8.00	10.0	8.00	27.8	8.00	50.2	8.00	95.0
15.00	10.5	15.00	29.2	15.00	54.6	15.00	98.0
30.00	11.0	30.00	30.1	30.00	58.8	30.00	100.1
60.00	11.3	60.00	30.7	60.00	62.1	60.00	101.4
120.00	11.6	120.00	31.1	120.00	64.5	120.00	102.5
180.00	11.7	180.00	31.3	180.00	65.5	180.00	103.2
1440.00	12.0	1440.00	32.0	1440.00	69.0	1440.00	105.0

Pressione 392.0 kPa		Pressione 784.0 kPa		Pressione 1568.0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	105.0	0.00	149.9	0.00	208.0		
1.00	115.0	1.00	152.0	1.00	215.0		
2.00	126.0	2.00	160.6	2.00	228.3		
4.00	133.0	4.00	170.8	4.00	236.0		
8.00	138.0	8.00	180.3	8.00	243.7		
15.00	141.0	15.00	187.9	15.00	249.9		
30.00	143.8	30.00	195.3	30.00	256.1		
60.00	145.9	60.00	199.8	60.00	260.1		
120.00	147.2	120.00	203.2	120.00	263.5		
180.00	148.3	180.00	204.6	180.00	265.2		
1440.00	149.9	1440.00	208.0	1440.00	269.4		

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/td/19	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	04/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	09/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

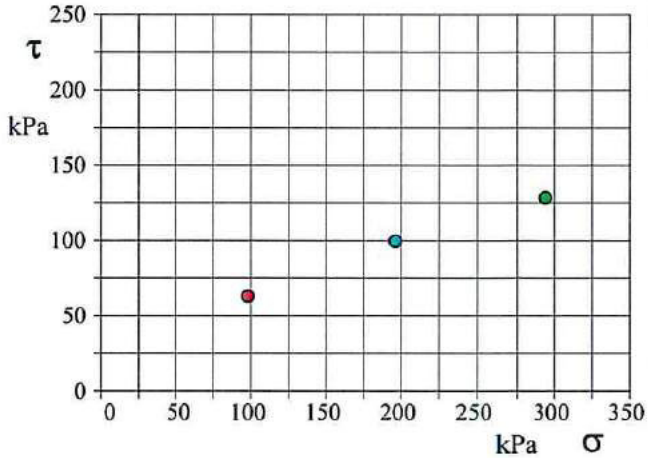
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	63		100		128	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	3.25	-0.36	4.00	-0.41	4.75	-0.49
Umidità iniziale e umidità finale (%):	37.0	31.4	37.3	31.8	37.2	31.6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17.7	17.6	17.7	18.0	17.7	18.2
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	99.4	91.0	99.8	95.5	99.5	97.4

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

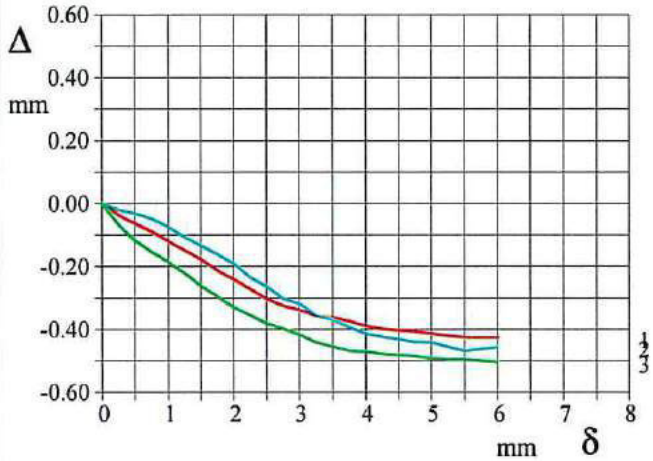


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

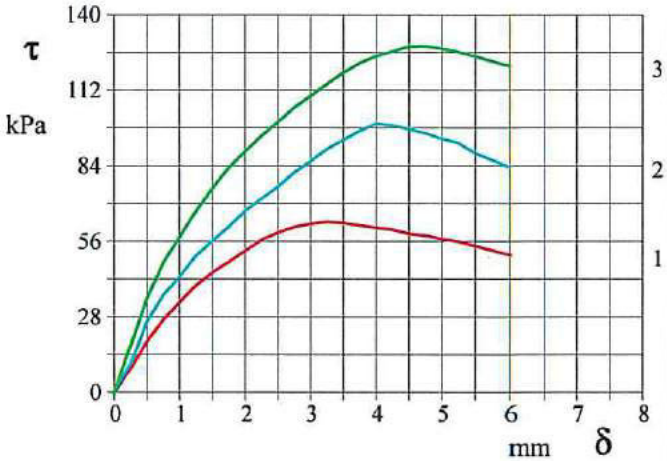


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/td/19	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	04/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	09/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.250	8.9	-0.04	0.250	10.4	-0.02	0.250	17.0	-0.07
0.500	19.1	-0.06	0.500	26.3	-0.03	0.500	34.9	-0.12
0.750	27.1	-0.09	0.750	36.3	-0.05	0.750	48.3	-0.15
1.000	33.4	-0.12	1.000	42.7	-0.07	1.000	57.5	-0.19
1.250	39.6	-0.15	1.250	50.5	-0.11	1.250	66.8	-0.22
1.500	44.5	-0.18	1.500	56.2	-0.13	1.500	75.5	-0.26
1.750	48.3	-0.21	1.750	61.3	-0.16	1.750	83.1	-0.30
2.000	52.5	-0.24	2.000	67.3	-0.19	2.000	89.3	-0.33
2.250	56.6	-0.27	2.250	72.0	-0.23	2.250	95.1	-0.35
2.500	59.3	-0.31	2.500	76.4	-0.26	2.500	100.3	-0.38
2.750	61.3	-0.33	2.750	81.7	-0.30	2.750	105.6	-0.40
3.000	62.5	-0.34	3.000	85.7	-0.32	3.000	110.0	-0.42
3.250	63.1	-0.36	3.250	90.3	-0.35	3.250	114.3	-0.44
3.500	62.7	-0.36	3.500	93.8	-0.37	3.500	118.6	-0.45
3.750	61.7	-0.38	3.750	97.1	-0.39	3.750	122.2	-0.47
4.000	60.9	-0.39	4.000	99.7	-0.41	4.000	124.7	-0.47
4.240	60.2	-0.40	4.240	99.1	-0.42	4.240	126.4	-0.48
4.500	58.6	-0.40	4.500	97.7	-0.43	4.500	128.2	-0.48
4.750	58.0	-0.41	4.750	96.1	-0.44	4.750	128.4	-0.49
5.000	56.8	-0.41	5.000	94.0	-0.44	5.000	127.4	-0.49
5.250	55.9	-0.42	5.250	92.5	-0.45	5.250	126.3	-0.50
5.500	54.2	-0.43	5.500	88.7	-0.47	5.500	124.6	-0.50
6.000	50.8	-0.43	6.000	83.6	-0.46	6.000	121.0	-0.50

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L.
Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/td/19	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	04/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	09/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.929
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	3.3
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.030

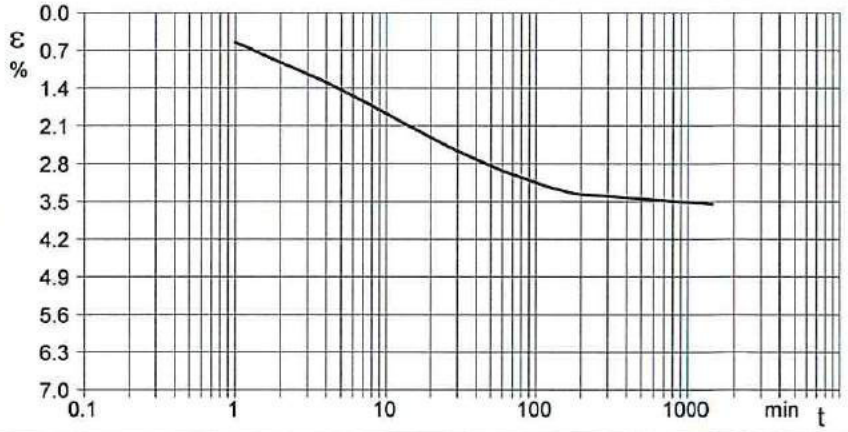


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.891
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	1.2
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.082

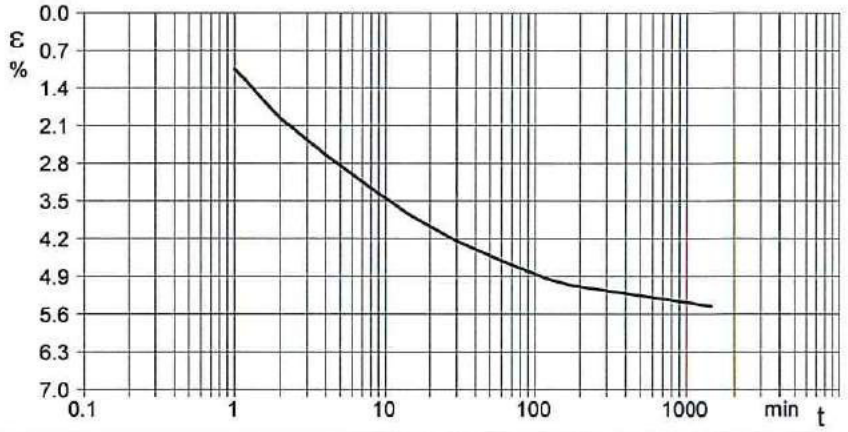
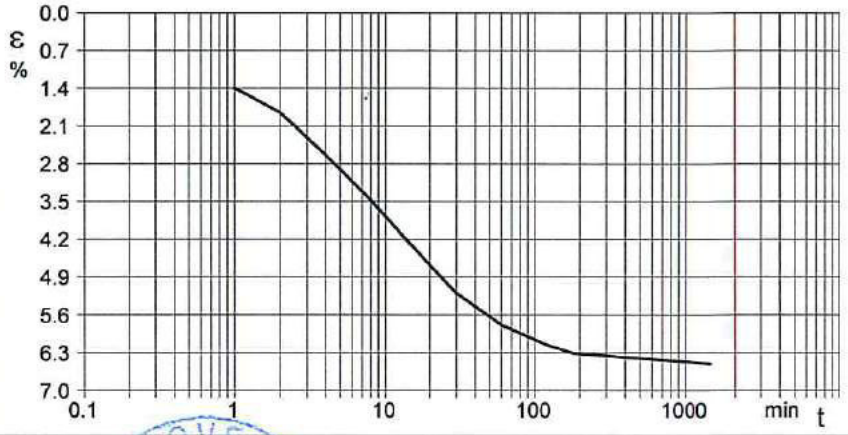


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.870
Sezione (cm²):	19.63
T_{50} (min)	1.0
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.098



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 544/td/19	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE:	10/05/19	Inizio analisi:	04/05/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 63 del 24/04/19		Apertura campione:	02/05/19	Fine analisi:	09/05/19

COMMITTENTE: TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.

RIFERIMENTO: Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)

SONDAGGIO: C3 CAMPIONE: CI1 PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %
0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	0.55	0.00	0.00	0.00
1.00	11.00	0.55	1.00	21.00	1.05	1.00	28.00	1.40
2.00	18.52	0.93	2.00	39.29	1.96	2.00	37.08	1.85
4.00	25.86	1.29	4.00	52.88	2.64	4.00	52.77	2.64
8.00	34.44	1.72	8.00	65.32	3.27	8.00	69.62	3.48
15.00	42.63	2.13	15.00	75.62	3.78	15.00	86.23	4.31
30.00	51.33	2.57	30.00	84.87	4.24	30.00	104.00	5.20
60.00	58.62	2.93	60.00	92.26	4.61	60.00	115.77	5.79
120.00	64.49	3.22	120.00	98.96	4.95	120.00	123.15	6.16
180.00	67.07	3.35	180.00	101.45	5.07	180.00	126.23	6.31
1440.00	71.00	3.55	1440.00	109.00	5.45	1440.00	130.00	6.50

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	TORELLI DOTTORI S.P.A - GEOLOGO FERRUCCIO LORENZINI.	
RIFERIMENTO:	Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica impianto ACIAM di Aielli (Aq)	
SONDAGGIO: C3	CAMPIONE: CI1	PROFONDITA': m 6.00 - 6.50

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Argilla limosa

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	CI - Argille inorganiche a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 0.00

Fluido Plastica	Molle Plastica	Plastica	Solido Plastica	Semisolida - Solida

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0.00

Non Attiva	Normale	Attiva

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00

CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = = 0 kPa

1	2	3	Compatto	Molto compatto	Duro

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 kPa

1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 111.2kPa
Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 96.0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.86

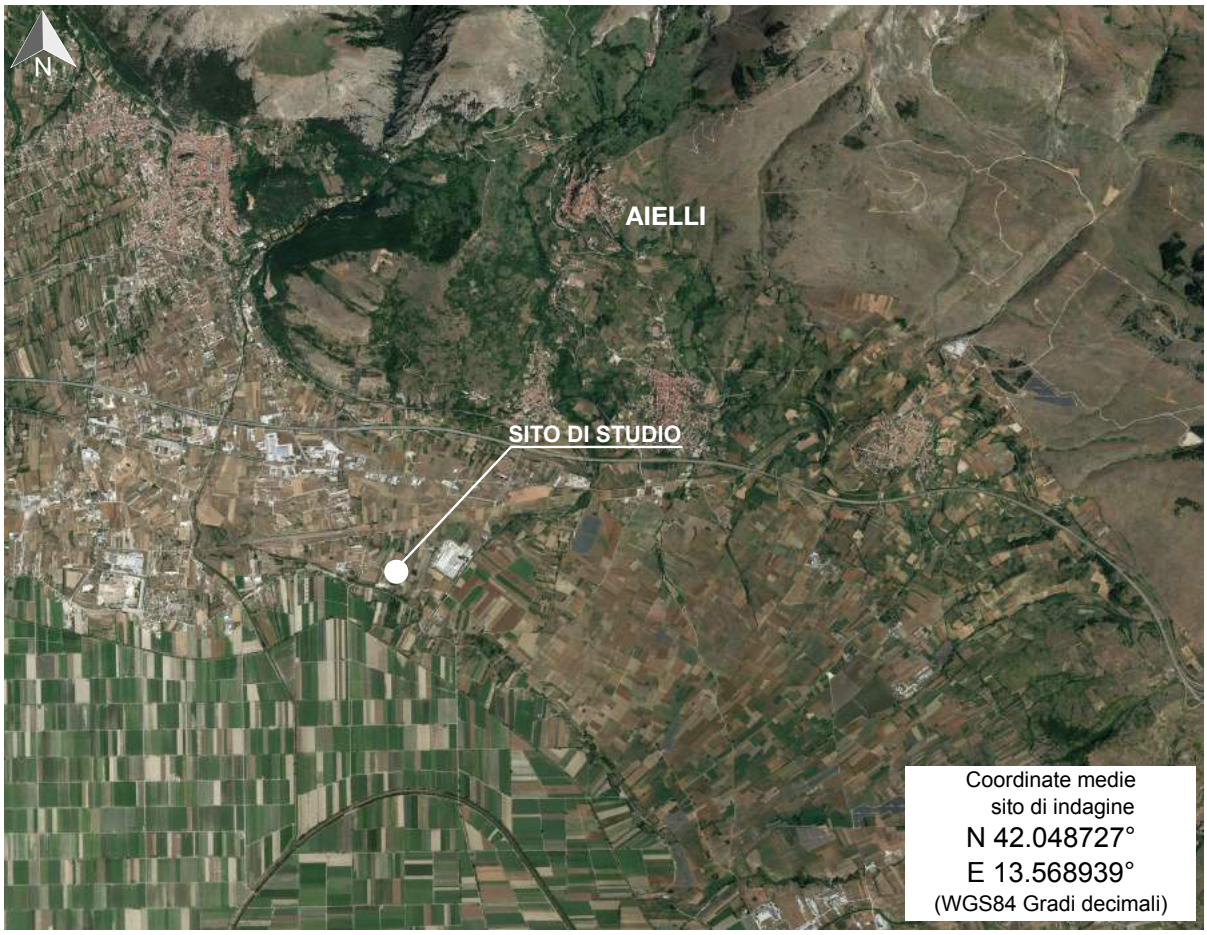
Normal Consolidato	Debolmente Sovraconsolidato	Sovraconsolidato	Fortemente Sovraconsolidato

0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0

ARGILLA LIMOSA DI COLORE GIALLO-OLIVASTRO.

REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DI L'AQUILA
COMUNE DI AIELLI

RAPPORTO INDAGINI GEOTECNICHE INTEGRATIVE



Località La Stanga

REV.	DATA	COMMITTENTE	DIRETTORE TECNICO
0	14/06/2019	Torelli Dottori SpA	DIRETTORE TECNICO Dott. Geol. Michele Aureli
PER PRESA VISIONE			
PROGETTISTA		D.L. STRUTTURALE	GEOLOGO
			Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini

AURELI SOIL Srl
GEOTECHNICAL · GEOPHYSICS · STRUCTURAL HEALTH MONITORING · CONSOLIDATIONS · GEOTHERMAL & WATER RESEARCH

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 - 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 - Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 - info@aurelisoil.it - aurelisoilpec.aurelisoil.it

AURELI SOIL srl

RAPPORTO INDAGINI GEOTECNICHE INTEGRATIVE

Sommario

1. PREMESSA 2

2. PROVA PENETROMETRICA STATICA - CPT 3
2.1 ELABORAZIONE PROVA CPT3 3
2.2 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT3 9
2.3 ELABORAZIONE PROVA CPT4 10
2.4 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT4 16
2.5 ELABORAZIONE PROVA CPT5 17
2.6 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT5 23
2.7 ELABORAZIONE PROVA CPT6 24
2.8 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT6 29
2.9 ELABORAZIONE PROVA CPT7 30
2.10 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT7 36

Allegati:

- **All.1** Ubicazione indagini e documentazione fotografica;

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

1. PREMESSA

In data **07 giugno 2019** è stata condotta una campagna d'indagini geotecniche su incarico del **Geol. Ferruccio Lorenzini** e per conto di **Torelli Dottori S.p.A.**, in località **La Stanga**, ***Comune di Aielli*** (***AQ***), per il progetto ***"Ampliamento impianto di selezione RSU e stabilizzazione della frazione organica"***.

Le indagini sono state condotte al fine di definire i caratteri geotecnici del terreno interessato dall'opera in progetto. Di seguito vengono elencate le indagini eseguite:

TIPOLOGIA DI INDAGINE	OBIETTIVO	DATA	QUANTITA'	PROVA/ PROFONDITA'/ LUNGHEZZA
Prova Penetrometrica statica - CPT	Caratterizzazione geotecnica del sito	07/06/2019	N°5	**CPT3 – 10,0 m** **CPT4– 10,0 m** **CPT5– 10,0 m** **CPT6– 10,0 m** **CPT7– 10,0 m**

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2. PROVA PENETROMETRICA STATICA - CPT

Committente: **Torelli Dottori S.p.A.** Località: **La Stanga – Aielli (AQ)**	

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

2.1 ELABORAZIONE PROVA CPT3

Committente: Torelli Dottori SpA
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 07/06/2019
Profondità prova: 10.00 mt
Località: Aielli (AQ) - La Stanga

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	18.00	25.0	18.0	0.533	33.771	3.0
0.40	20.00	28.0	20.0	1.267	15.785	6.3
0.60	23.00	42.0	23.0	1.933	11.899	8.4
0.80	16.00	45.0	16.0	3.267	4.897	20.4
1.00	23.00	72.0	23.0	1.2	19.167	5.2
1.20	75.00	93.0	75.0	2.733	27.442	3.6
1.40	102.00	143.0	102.0	2.133	47.82	2.1
1.60	123.00	155.0	123.0	2.4	51.25	2.0
1.80	85.00	121.0	85.0	1.933	43.973	2.3
2.00	90.00	119.0	90.0	2.667	33.746	3.0
2.20	51.00	91.0	51.0	3.467	14.71	6.8
2.40	30.00	82.0	30.0	1.133	26.478	3.8
2.60	56.00	73.0	56.0	3.467	16.152	6.2
2.80	35.00	87.0	35.0	3.4	10.294	9.7
3.00	29.00	80.0	29.0	1.133	25.596	3.9
3.20	34.00	51.0	34.0	2.6	13.077	7.6
3.40	55.00	94.0	55.0	2.8	19.643	5.1
3.60	30.00	72.0	30.0	0.6	50.0	2.0
3.80	26.00	35.0	26.0	1.133	22.948	4.4
4.00	22.00	39.0	22.0	1.267	17.364	5.8
4.20	14.00	33.0	14.0	1.133	12.357	8.1
4.40	14.00	31.0	14.0	1.333	10.503	9.5
4.60	14.00	34.0	14.0	0.867	16.148	6.2
4.80	19.00	32.0	19.0	1.4	13.571	7.4
5.00	18.00	39.0	18.0	1.0	18.0	5.6
5.20	111.00	126.0	111.0	1.133	97.97	1.0
5.40	61.00	78.0	61.0	1.533	39.791	2.5

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

5.60	115.00	138.0	115.0	3.2	35.938	2.8
5.80	135.00	183.0	135.0	4.867	27.738	3.6
6.00	131.00	204.0	131.0	4.533	28.899	3.5
6.20	127.00	195.0	127.0	1.8	70.556	1.4
6.40	65.00	92.0	65.0	4.333	15.001	6.7
6.60	35.00	100.0	35.0	0.533	65.666	1.5
6.80	64.00	76.0	64.0	2.4	26.667	3.8
7.00	16.00	52.0	16.0	0.733	21.828	4.6
7.20	13.00	24.0	13.0	0.467	27.837	3.6
7.40	13.00	20.0	13.0	0.533	24.39	4.1
7.60	10.00	18.0	10.0	0.6	16.667	6.0
7.80	10.00	19.0	10.0	0.6	16.667	6.0
8.00	9.00	18.0	9.0	0.533	16.886	5.9
8.20	9.00	17.0	9.0	0.533	16.886	5.9
8.40	9.00	17.0	9.0	0.667	13.493	7.4
8.60	8.00	18.0	8.0	0.467	17.131	5.8
8.80	9.00	16.0	9.0	0.467	19.272	5.2
9.00	10.00	17.0	10.0	0.533	18.762	5.3
9.20	10.00	18.0	10.0	2.333	4.286	23.3
9.40	199.00	234.0	199.0	4.8	41.458	2.4
9.60	101.00	173.0	101.0	3.533	28.588	3.5
9.80	23.00	76.0	23.0	1.267	18.153	5.5
10.00	36.00	55.0	36.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.00	20.0	1.64	2.1	Incoerente-Coesivo	Strato 1
2.00	95.0	2.373	2.1	Incoerente-Coesivo	Strato 2
5.00	29.8	1.782	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 3
6.60	97.5	2.608	2.1	Incoerente-Coesivo	Strato 4
9.20	14.615	0.836	1.9	Incoerente-Coesivo	Strato 5
10.00	89.75	2.4	2.1	Incoerente-Coesivo	Strato 6

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	0.8
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Rolf Larsson SGI 1995	4.1
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Rolf Larsson SGI 1995	1.2
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Rolf Larsson SGI 1995	4.2
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Rolf Larsson SGI 1995	0.5
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Rolf Larsson SGI 1995	3.8

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Metodo generale del modulo Edometrico	42.0
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Metodo generale del modulo Edometrico	190.0
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Metodo generale del modulo Edometrico	59.6
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Metodo generale del modulo Edometrico	195.0
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Metodo generale del modulo Edometrico	48.4
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Metodo generale del modulo Edometrico	179.5

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Meyerhof	2.0
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Meyerhof	2.2
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Meyerhof	2.0
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Meyerhof	2.2
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Meyerhof	1.9
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Meyerhof	2.2

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Meyerhof	2.3
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Meyerhof	2.1
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Meyerhof	2.3
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Meyerhof	2.0
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Meyerhof	2.3

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Harman	70.9
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Harman	98.0
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Harman	44.8
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Harman	76.9
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Harman	6.1
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Harman	64.8

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Meyerhof 1951	26.0
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	De Beer	35.0
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Meyerhof 1951	30.4
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	De Beer	30.8
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Meyerhof 1951	23.6
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	De Beer	28.6

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Corr. empiriche	38.8
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Corr. empiriche	57.3
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Corr. empiriche	29.7
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Corr. empiriche	48.5
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Corr. empiriche	11.8
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Corr. empiriche	50.8

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	59.1
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Robertson & Campanella da Schmertmann	85.5
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Robertson & Campanella da Schmertmann	40.9
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Robertson & Campanella da Schmertmann	72.4
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Robertson & Campanella da Schmertmann	16.0
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Robertson & Campanella da Schmertmann	65.9

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	174.6
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Imai & Tomauchi	452.4
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Imai & Tomauchi	222.8
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Imai & Tomauchi	459.7
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Imai & Tomauchi	144.2
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Imai & Tomauchi	437.0

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Meyerhof	1.8
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Meyerhof	1.8
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Meyerhof	1.8
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Meyerhof	1.8
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1.00	20.0	1.64	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 2	2.00	95.0	2.373	0.3	0.3	Meyerhof	2.1
Strato 3	5.00	29.8	1.782	0.7	0.6	Meyerhof	2.1
Strato 4	6.60	97.5	2.608	1.2	0.8	Meyerhof	2.1
Strato 5	9.20	14.615	0.836	1.6	1.0	Meyerhof	2.1
Strato 6	10.00	89.75	2.4	1.9	1.2	Meyerhof	2.1

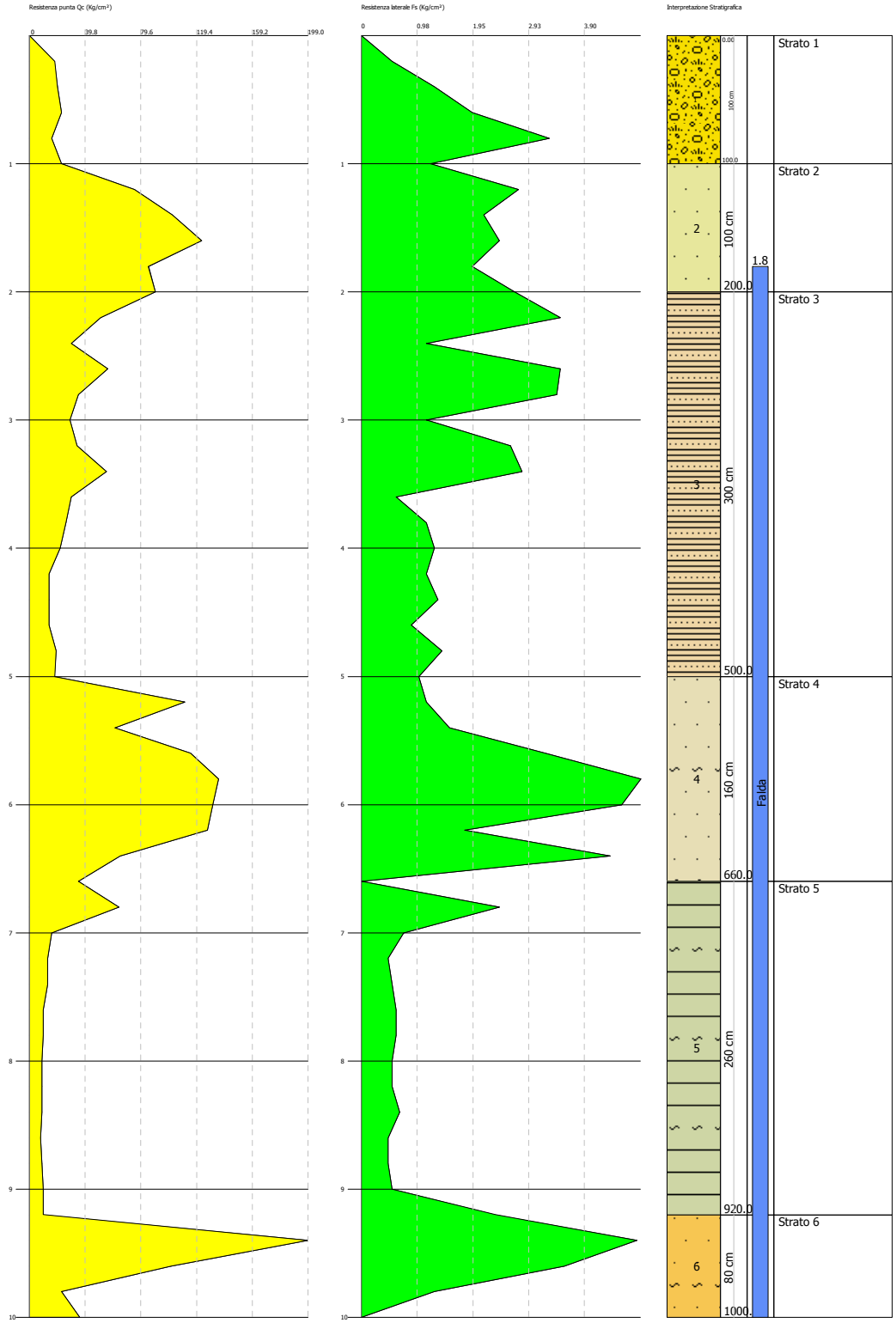
AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.2 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT3

Probe CPT - Cone Penetration CPT3
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 07/06/2019



AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.3 ELABORAZIONE PROVA CPT4

Committente: Torelli Dottori SpA
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 07/06/2019
Profondità prova: 10.00 mt
Località: Aielli (AQ) – La Stanga

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	12.00	18.0	12.0	0.4	30.0	3.3
0.40	18.00	24.0	18.0	0.6	30.0	3.3
0.60	11.00	20.0	11.0	0.533	20.638	4.8
0.80	12.00	20.0	12.0	0.933	12.862	7.8
1.00	13.00	27.0	13.0	0.933	13.934	7.2
1.20	17.00	31.0	17.0	1.2	14.167	7.1
1.40	17.00	35.0	17.0	1.2	14.167	7.1
1.60	17.00	35.0	17.0	0.733	23.192	4.3
1.80	31.00	42.0	31.0	1.933	16.037	6.2
2.00	67.00	96.0	67.0	2.933	22.844	4.4
2.20	126.00	170.0	126.0	1.133	111.209	0.9
2.40	35.00	52.0	35.0	2.133	16.409	6.1
2.60	25.00	57.0	25.0	1.533	16.308	6.1
2.80	22.00	45.0	22.0	1.067	20.619	4.9
3.00	24.00	40.0	24.0	1.133	21.183	4.7
3.20	31.00	48.0	31.0	1.467	21.132	4.7
3.40	38.00	60.0	38.0	1.4	27.143	3.7
3.60	27.00	48.0	27.0	1.067	25.305	4.0
3.80	25.00	41.0	25.0	0.2	125.0	0.8
4.00	39.00	42.0	39.0	1.333	29.257	3.4
4.20	20.00	40.0	20.0	1.0	20.0	5.0
4.40	20.00	35.0	20.0	1.0	20.0	5.0
4.60	18.00	33.0	18.0	1.0	18.0	5.6
4.80	24.00	39.0	24.0	1.333	18.005	5.6
5.00	22.00	42.0	22.0	1.4	15.714	6.4
5.20	19.00	40.0	19.0	1.733	10.964	9.1
5.40	25.00	51.0	25.0	1.067	23.43	4.3
5.60	63.00	79.0	63.0	2.2	28.636	3.5
5.80	135.00	168.0	135.0	4.667	28.927	3.5
6.00	81.00	151.0	81.0	2.2	36.818	2.7
6.20	42.00	75.0	42.0	2.733	15.368	6.5
6.40	39.00	80.0	39.0	1.2	32.5	3.1
6.60	25.00	43.0	25.0	3.133	7.98	12.5
6.80	40.00	87.0	40.0	1.8	22.222	4.5
7.00	25.00	52.0	25.0	1.067	23.43	4.3
7.20	84.00	100.0	84.0	1.667	50.39	2.0
7.40	95.00	120.0	95.0	2.733	34.76	2.9
7.60	16.00	57.0	16.0	0.733	21.828	4.6
7.80	16.00	27.0	16.0	0.933	17.149	5.8
8.00	14.00	28.0	14.0	0.533	26.266	3.8
8.20	11.00	19.0	11.0	0.6	18.333	5.5
8.40	10.00	19.0	10.0	0.4	25.0	4.0
8.60	12.00	18.0	12.0	0.467	25.696	3.9
8.80	11.00	18.0	11.0	0.467	23.555	4.2

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

9.00	11.00	18.0	11.0	0.4	27.5	3.6
9.20	10.00	16.0	10.0	0.467	21.413	4.7
9.40	11.00	18.0	11.0	0.4	27.5	3.6
9.60	10.00	16.0	10.0	0.333	30.03	3.3
9.80	11.00	16.0	11.0	0.4	27.5	3.6
10.00	11.00	17.0	11.0	0.0	--	0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.80	16.444	0.941	1.9	Incoerente-Coesivo	Strato 1
2.40	76.0	2.066	2.1	Incoerente-Coesivo	Strato 2
5.40	25.267	1.169	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 3
7.40	62.9	1.62	2.1	Incoerente-Coesivo	Strato 4
10.00	11.846	0.472	1.9	Incoerente-Coesivo	Strato 5

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Rolf Larsson SGI 1995	0.7
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Rolf Larsson SGI 1995	3.3
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Rolf Larsson SGI 1995	1.0
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Rolf Larsson SGI 1995	2.6
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Rolf Larsson SGI 1995	0.4

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	47.7
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Metodo generale del modulo Edometrico	152.0
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Metodo generale del modulo Edometrico	50.5
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Metodo generale del modulo Edometrico	125.8
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Metodo generale del modulo Edometrico	46.6

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Meyerhof	1.9
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Meyerhof	2.2
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Meyerhof	2.0
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Meyerhof	2.2
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Meyerhof	1.9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Meyerhof	2.0
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Meyerhof	2.3
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Meyerhof	2.1
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Meyerhof	2.2
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Meyerhof	1.9

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Harman	52.5
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Harman	86.8
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Harman	39.2
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Harman	61.2
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Harman	5.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Meyerhof 1951	24.4
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	De Beer	33.3
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Meyerhof 1951	28.3
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	De Berr	28.6
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Meyerhof 1951	22.3

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Corr. empiriche	29.0
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Corr. empiriche	55.7
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Corr. empiriche	24.3
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Corr. empiriche	43.0
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Corr. empiriche	10.8

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Robertson & Campanella da Schmertmann	43.7
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Robertson & Campanella da Schmertmann	75.9
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Robertson & Campanella da Schmertmann	36.1
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Robertson & Campanella da Schmertmann	58.4
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Robertson & Campanella da Schmertmann	16.4

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	154.9
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Imai & Tomauchi	394.8
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Imai & Tomauchi	201.4
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Imai & Tomauchi	351.7
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Imai & Tomauchi	126.8

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Meyerhof	1.8
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Meyerhof	1.8
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Meyerhof	1.8
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Meyerhof	1.8
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1.80	16.444	0.941	0.2	0.2	Meyerhof	2.1
Strato 2	2.40	76.0	2.066	0.4	0.4	Meyerhof	2.1
Strato 3	5.40	25.267	1.169	0.8	0.5	Meyerhof	2.1
Strato 4	7.40	62.9	1.62	1.3	0.8	Meyerhof	2.1
Strato 5	10.00	11.846	0.472	1.7	1.0	Meyerhof	2.1

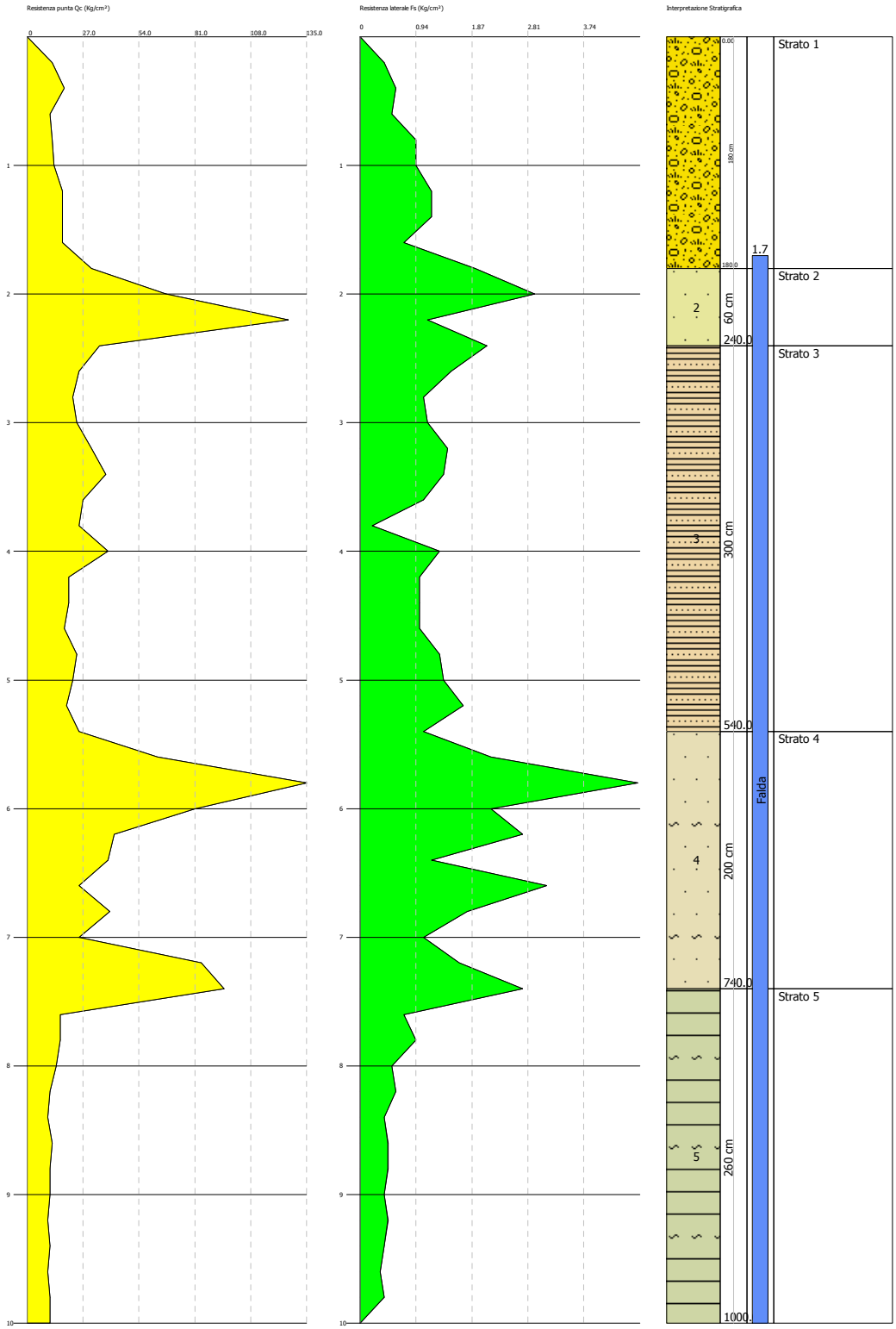
AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.4 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT4

Probe CPT - Cone Penetration CPT4
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 07/06/2019



AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.5 ELABORAZIONE PROVA CPT5

Committente: Torelli Dottori SpA
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 07/05/2019
Profondità prova: 10.00 mt
Località: Aielli (AQ) – La Stanga

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	9.00	12.0	9.0	0.2	45.0	2.2
0.40	10.00	13.0	10.0	0.667	14.993	6.7
0.60	10.00	20.0	10.0	0.533	18.762	5.3
0.80	13.00	21.0	13.0	0.667	19.49	5.1
1.00	15.00	25.0	15.0	0.333	45.045	2.2
1.20	13.00	18.0	13.0	0.867	14.994	6.7
1.40	18.00	31.0	18.0	1.467	12.27	8.2
1.60	16.00	38.0	16.0	1.2	13.333	7.5
1.80	19.00	37.0	19.0	1.533	12.394	8.1
2.00	78.00	101.0	78.0	0.067	1164.179	0.1
2.20	121.00	130.0	121.0	1.8	67.222	1.5
2.40	111.00	138.0	111.0	2.267	48.963	2.0
2.60	33.00	67.0	33.0	2.0	16.5	6.1
2.80	18.00	48.0	18.0	1.267	14.207	7.0
3.00	21.00	40.0	21.0	0.733	28.649	3.5
3.20	37.00	48.0	37.0	1.933	19.141	5.2
3.40	42.00	71.0	42.0	0.8	52.5	1.9
3.60	28.00	40.0	28.0	1.467	19.087	5.2
3.80	19.00	41.0	19.0	0.4	47.5	2.1
4.00	31.00	37.0	31.0	1.4	22.143	4.5
4.20	19.00	40.0	19.0	1.0	19.0	5.3
4.40	22.00	37.0	22.0	0.8	27.5	3.6
4.60	19.00	31.0	19.0	0.867	21.915	4.6
4.80	25.00	38.0	25.0	1.333	18.755	5.3
5.00	21.00	41.0	21.0	1.533	13.699	7.3
5.20	18.00	41.0	18.0	1.867	9.641	10.4
5.40	22.00	50.0	22.0	0.6	36.667	2.7
5.60	72.00	81.0	72.0	2.6	27.692	3.6
5.80	91.00	130.0	91.0	4.067	22.375	4.5
6.00	79.00	140.0	79.0	2.533	31.188	3.2
6.20	33.00	71.0	33.0	2.667	12.373	8.1
6.40	35.00	75.0	35.0	0.933	37.513	2.7
6.60	27.00	41.0	27.0	3.067	8.803	11.4
6.80	38.00	84.0	38.0	1.267	29.992	3.3
7.00	31.00	50.0	31.0	0.933	33.226	3.0
7.20	19.00	33.0	19.0	3.067	6.195	16.1
7.40	33.00	79.0	33.0	2.333	14.145	7.1
7.60	15.00	50.0	15.0	0.667	22.489	4.4
7.80	16.00	26.0	16.0	0.8	20.0	5.0
8.00	13.00	25.0	13.0	0.467	27.837	3.6
8.20	12.00	19.0	12.0	0.467	25.696	3.9
8.40	11.00	18.0	11.0	0.267	41.199	2.4
8.60	13.00	17.0	13.0	0.533	24.39	4.1
8.80	11.00	19.0	11.0	0.4	27.5	3.6

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

9.00	11.00	17.0	11.0	0.467	23.555	4.2
9.20	11.00	18.0	11.0	0.467	23.555	4.2
9.40	10.00	17.0	10.0	0.133	75.188	1.3
9.60	16.00	18.0	16.0	0.267	59.925	1.7
9.80	15.00	19.0	15.0	0.4	37.5	2.7
10.00	12.00	18.0	12.0	0.0	--	0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.80	13.667	0.83	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 1
2.40	103.333	1.333	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 2
5.40	25.0	1.2	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 3
7.00	50.75	2.258	2.1	Incoerente-Coesivo	Strato 4
9.20	15.0	0.903	1.9	Incoerente-Coesivo	Strato 5
10.00	13.25	0.2	1.8	Incoerente-Coesivo	Strato 6

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Rolf Larsson SGI 1995	0.5
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Rolf Larsson SGI 1995	4.5
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Rolf Larsson SGI 1995	1.0
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Rolf Larsson SGI 1995	2.1
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Rolf Larsson SGI 1995	0.5
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Rolf Larsson SGI 1995	0.4

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	48.2
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Metodo generale del modulo Edometrico	206.7
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Metodo generale del modulo Edometrico	50.0
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Metodo generale del modulo Edometrico	101.5
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Metodo generale del modulo Edometrico	48.4
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Metodo generale del modulo Edometrico	48.0

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Meyerhof	1.9
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Meyerhof	2.2
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Meyerhof	2.0
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Meyerhof	2.1
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Meyerhof	1.9
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Meyerhof	1.9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Meyerhof	2.0
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Meyerhof	2.3
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Meyerhof	2.1
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Meyerhof	2.2
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Meyerhof	2.0
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Meyerhof	2.0

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Harman	44.9
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Harman	96.4
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Harman	38.3
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Harman	54.1
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Harman	7.2
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Harman	5.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Meyerhof 1951	23.1
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	De Beer	34.5
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Meyerhof 1951	28.2
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	De Beer	27.6
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Meyerhof 1951	23.7
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Meyerhof 1951	23.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Corr. empiriche	24.9
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Corr. empiriche	63.1
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Corr. empiriche	23.6
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Corr. empiriche	37.8
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Corr. empiriche	10.1
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Corr. empiriche	12.6

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Robertson & Campanella da Schmertmann	37.3
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Robertson & Campanella da Schmertmann	85.0
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Robertson & Campanella da Schmertmann	35.4
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Robertson & Campanella da Schmertmann	51.9
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Robertson & Campanella da Schmertmann	15.9
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	17.4

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	138.4
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Imai & Tomauchi	476.3
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Imai & Tomauchi	200.1
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Imai & Tomauchi	308.4
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Imai & Tomauchi	146.5
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Imai & Tomauchi	135.8

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Meyerhof	1.8
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Meyerhof	1.9
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Meyerhof	1.8
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Meyerhof	1.8
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Meyerhof	1.8
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Meyerhof	1.9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1.80	13.667	0.83	0.2	0.2	Meyerhof	2.1
Strato 2	2.40	103.333	1.333	0.4	0.4	Meyerhof	2.2
Strato 3	5.40	25.0	1.2	0.8	0.6	Meyerhof	2.1
Strato 4	7.00	50.75	2.258	1.2	0.8	Meyerhof	2.1
Strato 5	9.20	15.0	0.903	1.6	1.0	Meyerhof	2.1
Strato 6	10.00	13.25	0.2	1.9	1.1	Meyerhof	2.2

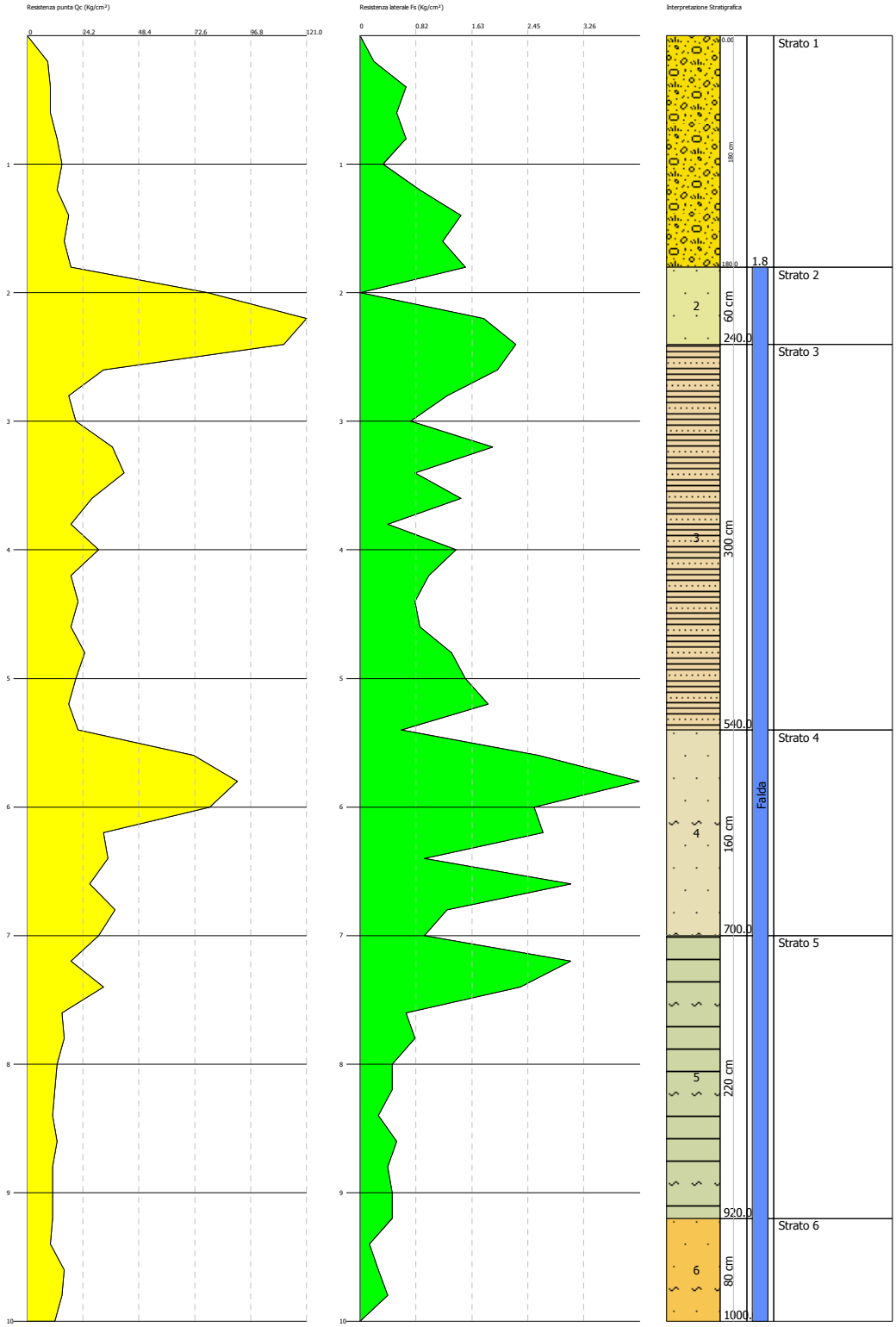
AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.6 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT5

Probe CPT - Cone Penetration CPT5
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 07/05/2019



AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.7 ELABORAZIONE PROVA CPT6

Committente:
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 07/06/2019
Profondità prova: 10.00 mt
Località: Aielli (AQ) – La Stanga

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	18.00	24.0	18.0	0.333	54.054	1.9
0.40	25.00	30.0	25.0	0.867	28.835	3.5
0.60	36.00	49.0	36.0	1.867	19.282	5.2
0.80	27.00	55.0	27.0	1.8	15.0	6.7
1.00	29.00	56.0	29.0	1.467	19.768	5.1
1.20	26.00	48.0	26.0	1.867	13.926	7.2
1.40	24.00	52.0	24.0	2.2	10.909	9.2
1.60	23.00	56.0	23.0	1.933	11.899	8.4
1.80	22.00	51.0	22.0	2.267	9.704	10.3
2.00	26.00	60.0	26.0	1.267	20.521	4.9
2.20	32.00	51.0	32.0	1.867	17.14	5.8
2.40	43.00	71.0	43.0	0.6	71.667	1.4
2.60	24.00	33.0	24.0	1.733	13.849	7.2
2.80	26.00	52.0	26.0	1.2	21.667	4.6
3.00	22.00	40.0	22.0	1.133	19.417	5.2
3.20	25.00	42.0	25.0	0.533	46.904	2.1
3.40	29.00	37.0	29.0	0.933	31.083	3.2
3.60	21.00	35.0	21.0	1.4	15.0	6.7
3.80	27.00	48.0	27.0	1.533	17.613	5.7
4.00	26.00	49.0	26.0	0.6	43.333	2.3
4.20	28.00	37.0	28.0	1.4	20.0	5.0
4.40	30.00	51.0	30.0	1.4	21.429	4.7
4.60	27.00	48.0	27.0	1.4	19.286	5.2
4.80	22.00	43.0	22.0	1.6	13.75	7.3
5.00	23.00	47.0	23.0	0.867	26.528	3.8
5.20	22.00	35.0	22.0	1.067	20.619	4.9
5.40	22.00	38.0	22.0	1.0	22.0	4.5
5.60	20.00	35.0	20.0	1.133	17.652	5.7
5.80	14.00	31.0	14.0	0.2	70.0	1.4
6.00	49.00	52.0	49.0	3.733	13.126	7.6
6.20	45.00	101.0	45.0	0.733	61.392	1.6
6.40	95.00	106.0	95.0	1.8	52.778	1.9
6.60	45.00	72.0	45.0	0.867	51.903	1.9
6.80	26.00	39.0	26.0	0.333	78.078	1.3
7.00	35.00	40.0	35.0	1.6	21.875	4.6
7.20	37.00	61.0	37.0	1.867	19.818	5.0
7.40	56.00	84.0	56.0	1.667	33.593	3.0
7.60	20.00	45.0	20.0	0.933	21.436	4.7
7.80	22.00	36.0	22.0	0.6	36.667	2.7
8.00	22.00	31.0	22.0	0.667	32.984	3.0
8.20	11.00	21.0	11.0	0.4	27.5	3.6
8.40	14.00	20.0	14.0	1.067	13.121	7.6

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

8.60	27.00	43.0	27.0	1.0	27.0	3.7
8.80	18.00	33.0	18.0	0.533	33.771	3.0
9.00	14.00	22.0	14.0	0.533	26.266	3.8
9.20	15.00	23.0	15.0	2.4	6.25	16.0
9.40	23.00	59.0	23.0	0.8	28.75	3.5
9.60	12.00	24.0	12.0	0.6	20.0	5.0
9.80	13.00	22.0	13.0	0.733	17.735	5.6
10.00	12.00	23.0	12.0	0.0	--	0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
5.60	25.893	1.331	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 1
8.00	38.833	1.25	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 2
10.00	15.9	0.807	1.9	Incoerente-Coesivo	Strato 3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Rolf Larsson SGI 1995	1.1
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Rolf Larsson SGI 1995	1.6
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Rolf Larsson SGI 1995	0.6

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Metodo generale del modulo Edometrico	51.8
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Metodo generale del modulo Edometrico	77.7
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Metodo generale del modulo Edometrico	48.1

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Meyerhof	2.0
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Meyerhof	2.1
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Meyerhof	1.9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Meyerhof	2.1
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Meyerhof	2.2
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Meyerhof	2.0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Harman	39.5
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Harman	38.3
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Harman	5.0

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Meyerhof 1951	28.6
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	De Beer	25.0
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Meyerhof 1951	24.1

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Corr. empiriche	24.3
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Corr. empiriche	30.4
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Corr. empiriche	12.8

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Robertson & Campanella da Schmertmann	36.5
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	41.0
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Robertson & Campanella da Schmertmann	19.2

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Imai & Tomauchi	204.5
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Imai & Tomauchi	261.9
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Imai & Tomauchi	151.8

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Meyerhof	1.8
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Meyerhof	1.8
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	5.60	25.893	1.331	0.6	0.6	Meyerhof	2.1
Strato 2	8.00	38.833	1.25	1.4	1.1	Meyerhof	2.1
Strato 3	10.00	15.9	0.807	1.8	1.3	Meyerhof	2.1

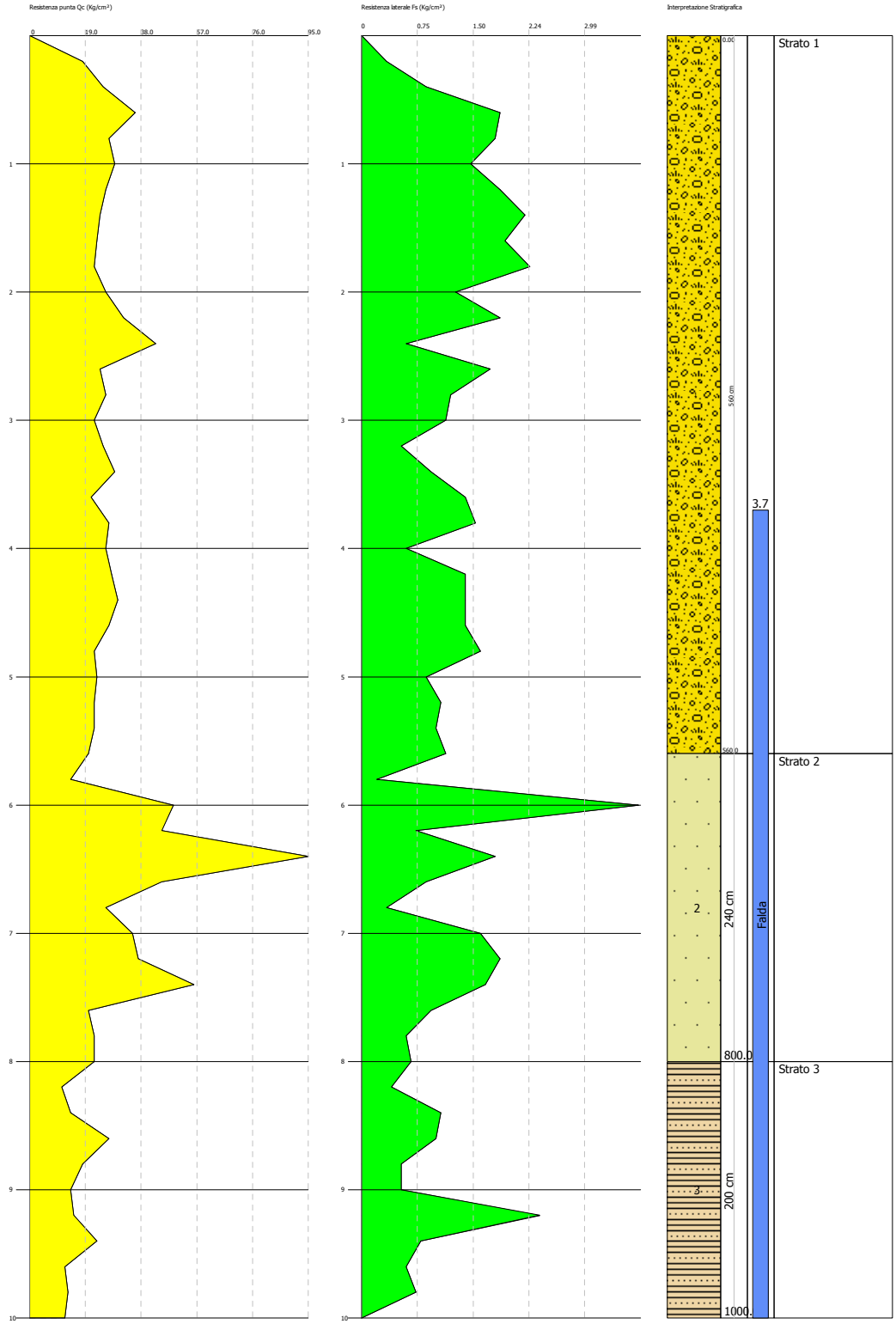
AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.8 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT6

Probe CPT - Cone Penetration CPT6
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 07/06/2019



AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.9 ELABORAZIONE PROVA CPT7

Committente: Torelli Dottori SpA
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 07/06/2019
Profondità prova: 10.00 mt
Località: Aielli (AQ) – La Stanga

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	12.00	19.0	12.0	0.6	20.0	5.0
0.40	14.00	23.0	14.0	0.667	20.99	4.8
0.60	20.00	30.0	20.0	0.467	42.827	2.3
0.80	18.00	25.0	18.0	0.867	20.761	4.8
1.00	18.00	31.0	18.0	1.467	12.27	8.2
1.20	25.00	47.0	25.0	0.2	125.0	0.8
1.40	58.00	61.0	58.0	2.8	20.714	4.8
1.60	43.00	85.0	43.0	1.533	28.05	3.6
1.80	38.00	61.0	38.0	1.733	21.927	4.6
2.00	33.00	59.0	33.0	2.267	14.557	6.9
2.20	24.00	58.0	24.0	0.6	40.0	2.5
2.40	28.00	37.0	28.0	0.533	52.533	1.9
2.60	23.00	31.0	23.0	0.6	38.333	2.6
2.80	26.00	35.0	26.0	1.133	22.948	4.4
3.00	51.00	68.0	51.0	1.467	34.765	2.9
3.20	33.00	55.0	33.0	1.933	17.072	5.9
3.40	36.00	65.0	36.0	1.533	23.483	4.3
3.60	37.00	60.0	37.0	1.533	24.136	4.1
3.80	27.00	50.0	27.0	1.0	27.0	3.7
4.00	23.00	38.0	23.0	0.867	26.528	3.8
4.20	21.00	34.0	21.0	1.0	21.0	4.8
4.40	22.00	37.0	22.0	1.0	22.0	4.5
4.60	19.00	34.0	19.0	0.6	31.667	3.2
4.80	21.00	30.0	21.0	0.667	31.484	3.2
5.00	19.00	29.0	19.0	1.2	15.833	6.3
5.20	18.00	36.0	18.0	1.267	14.207	7.0
5.40	18.00	37.0	18.0	1.267	14.207	7.0
5.60	18.00	37.0	18.0	1.333	13.503	7.4
5.80	19.00	39.0	19.0	1.467	12.952	7.7
6.00	109.00	131.0	109.0	1.467	74.301	1.3
6.20	162.00	184.0	162.0	1.133	142.983	0.7
6.40	100.00	117.0	100.0	0.6	166.667	0.6
6.60	81.00	92.0	81.0	2.467	32.833	3.0
6.80	24.00	61.0	24.0	1.467	16.36	6.1
7.00	27.00	49.0	27.0	1.867	14.462	6.9
7.20	31.00	59.0	31.0	2.533	12.238	8.2
7.40	29.00	67.0	29.0	4.467	6.492	15.4
7.60	54.00	121.0	54.0	2.6	20.769	4.8
7.80	27.00	66.0	27.0	2.2	12.273	8.1
8.00	21.00	54.0	21.0	1.6	13.125	7.6
8.20	18.00	42.0	18.0	1.133	15.887	6.3
8.40	38.00	55.0	38.0	1.267	29.992	3.3

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

8.60	37.00	56.0	37.0	2.4	15.417	6.5
8.80	22.00	58.0	22.0	2.533	8.685	11.5
9.00	19.00	57.0	19.0	2.2	8.636	11.6
9.20	18.00	51.0	18.0	2.533	7.106	14.1
9.40	16.00	54.0	16.0	1.933	8.277	12.1
9.60	22.00	51.0	22.0	1.733	12.695	7.9
9.80	25.00	51.0	25.0	1.733	14.426	6.9
10.00	29.00	55.0	29.0	0.0	--	0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.00	27.9	1.26	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 1
3.00	30.4	0.867	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 2
5.80	23.643	1.191	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 3
6.60	113.0	1.117	2.1	Incoerente-Coesivo	Strato 4
10.00	26.882	2.012	2.0	Incoerente-Coesivo	Strato 5

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Rolf Larsson SGI 1995	1.2
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Rolf Larsson SGI 1995	1.3
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Rolf Larsson SGI 1995	0.9
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Rolf Larsson SGI 1995	4.8
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Rolf Larsson SGI 1995	1.0

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	55.8
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Metodo generale del modulo Edometrico	60.8
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Metodo generale del modulo Edometrico	47.3
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Metodo generale del modulo Edometrico	226.0
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Metodo generale del modulo Edometrico	53.8

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Meyerhof	2.0
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Meyerhof	2.0
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Meyerhof	2.0
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Meyerhof	2.3
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Meyerhof	2.0

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Meyerhof	2.1
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Meyerhof	2.1
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Meyerhof	2.1
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Meyerhof	2.3
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Meyerhof	2.1

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Harman	66.9
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Harman	47.8
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Harman	31.0
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Harman	79.2
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Harman	24.6

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Meyerhof 1951	29.5
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	De Beer	27.4
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Meyerhof 1951	27.6
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	De Beer	28.9
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Meyerhof 1951	29.1

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Corr. empiriche	37.8
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Corr. empiriche	31.9
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Corr. empiriche	20.2
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Corr. empiriche	55.7
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Corr. empiriche	19.5

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Robertson & Campanella da Schmertmann	56.4
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Robertson & Campanella da Schmertmann	43.0
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Robertson & Campanella da Schmertmann	30.7
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Robertson & Campanella da Schmertmann	75.8
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	29.6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	214.0
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	225.5
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Imai & Tomauchi	193.4
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Imai & Tomauchi	503.0
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Imai & Tomauchi	209.2

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Meyerhof	1.8
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Meyerhof	1.8
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Meyerhof	1.8
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Meyerhof	1.9
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	2.00	27.9	1.26	0.2	0.2	Meyerhof	2.1
Strato 2	3.00	30.4	0.867	0.5	0.5	Meyerhof	2.1
Strato 3	5.80	23.643	1.191	0.9	0.7	Meyerhof	2.1
Strato 4	6.60	113.0	1.117	1.2	0.9	Meyerhof	2.2
Strato 5	10.00	26.882	2.012	1.7	1.1	Meyerhof	2.1

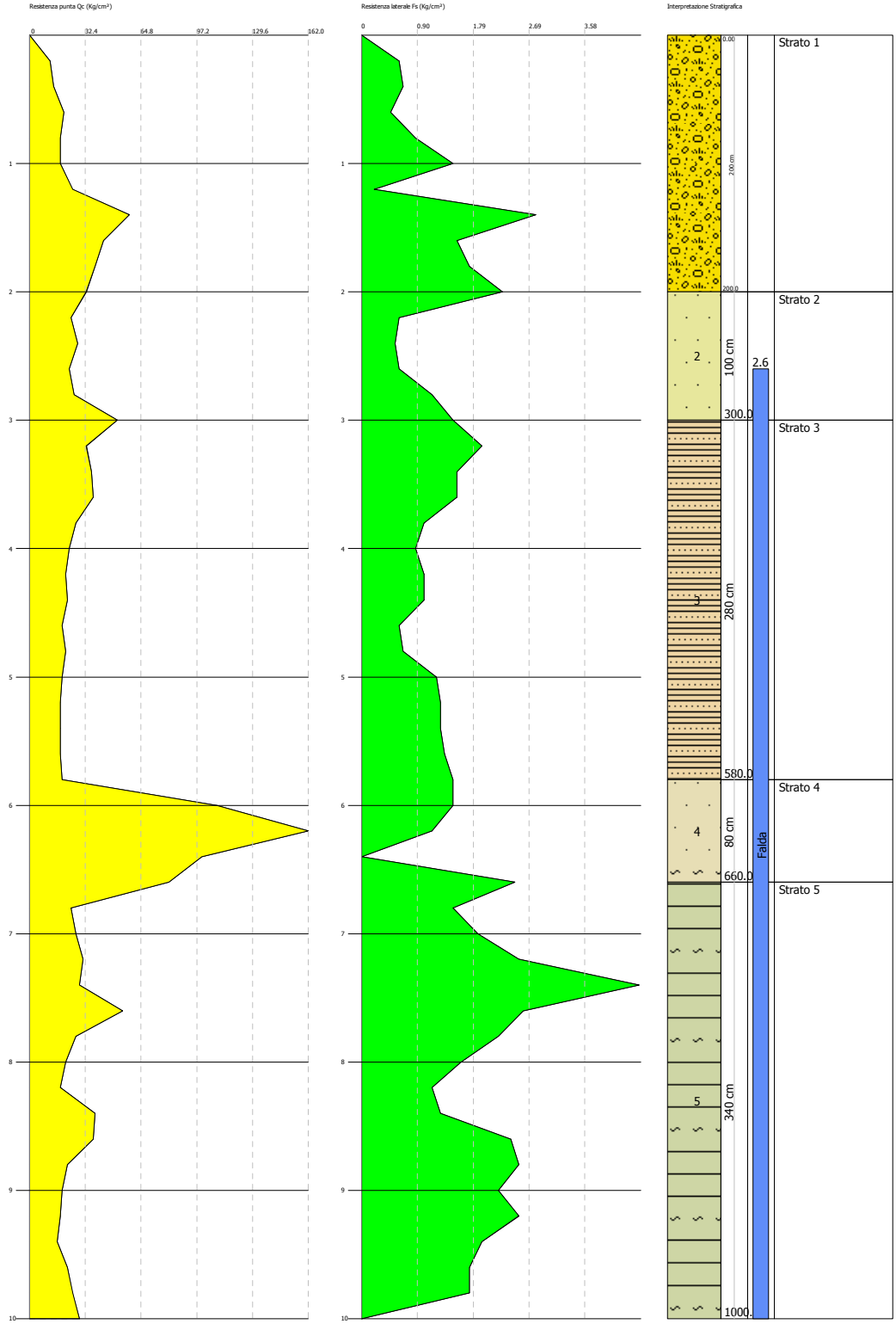
AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

2.10 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPT7

Probe CPT - Cone Penetration CPT7
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 07/06/2019



AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

Gioia dei Marsi, giugno 2019

Il Direttore Tecnico
Dott. Michele Aureli

DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Michele Aureli

AURELI SOIL Srl - Via Lamarmora, 77 – 67055 Gioia dei Marsi (AQ)
C.F. e P.IVA 01700060666 – Cap. Sociale 90.000,00 € i.v.
tel: 0863.88464 – info@aurelisoil.it – aurelisoil@pec.aurelisoil.it

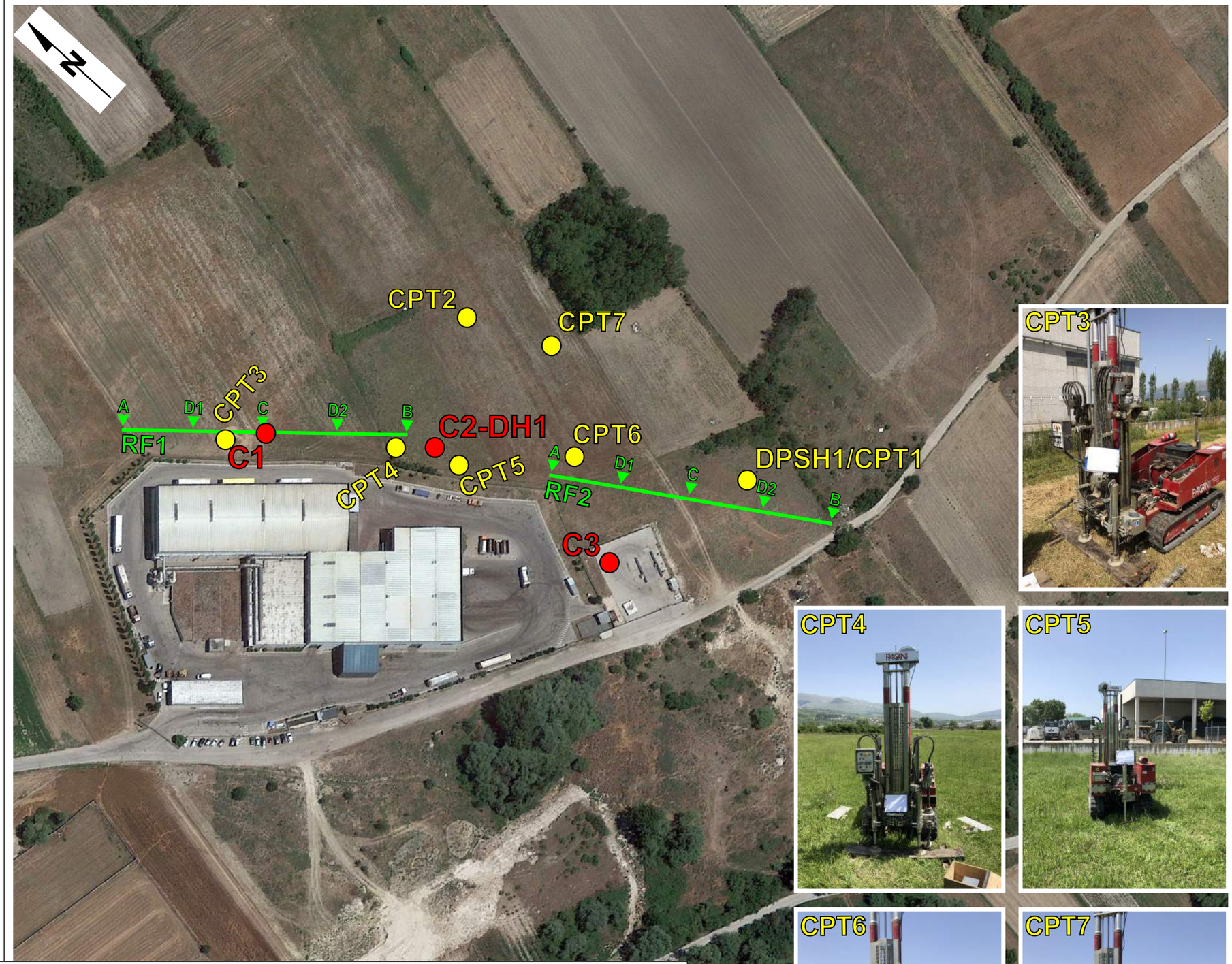
AURELI SOIL Srl

UBICAZIONE DELLE INDAGINI CON DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DELL'AQUILA
COMUNE DI AIELLI
Località La Stanga

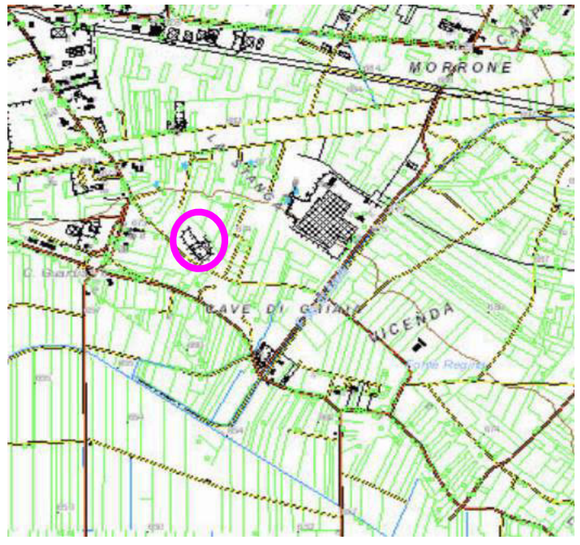
Coordinate medie del sito d'indagine
WGS84 gradi decimali

N 42.048727°
E 13.568939°



LEGENDA

C-DH	Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato a Down-Hole
C	Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
CPT	Prova penetrometrica statica di tipo CPT
DPSH	Prova penetrometrica dinamica superpesante di tipo DPSH
A D1 C D2 B RF	Prova sismica a rifrazione in onde P ed Sh



Stralcio Carta Tecnica Regionale CTR 1:5.000