

COMMITTENTE:  
CONSORZIO DI BONIFICA TEVERENERA

RESPONSABILE UNICO DI PROGETTO - R.U.P.:  
ing. Barbara Leli

LUOGO:  
COMUNE DI TERNI



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



**Regione Umbria**  
Giunta Regionale



PROGETTAZIONE: OPERA S.C.A.L. - Consorziata esecutrice ABACUS SRL

LAVORI: TROVATI SRL



**ABACUS**  
INGEGNERIA E ARCHITETTURA  
Via Campo di Marte, n. 8/a  
06124 - Perugia (PG)  
www.abacusprogetti.it - 075/5058180



Strada Pievaia, 211/C  
06132 - Perugia  
www.trovatisrl.it - 075 774262

## PROGETTISTI

## TIMBRI

Responsabile integrazione prestazioni specialistiche	ing. M. Serafini
Architettura ed urbanistica	arch./ing. C. Pimpinelli
Opere strutturali	ing. R. Pedicini - ing. Giampaolo Giacobbi
Idrologia e opere idrauliche	ing. S. Berretta
Progettazione geotecnica	ing. G. Fanelli
Paesaggio ed ambiente	ing. A. Milito
Responsabile sicurezza	ing. M. Serafini
Computi e capitoli	geom. S. Pifferi
Cantierizzazione e C.S.P.	ing. M. Serafini - ing. F. Tagliente
Building Information Modeling	ing. L. Serafini - arch. Rexhinald Petritaj



## CARTELLA G0 - GEOLOGIA E GEOTECNICA

### RELAZIONE GEOLOGICA

PER PRESA VISIONE

G0\_RRG01

COMMESSA				LIV.	CART.	TIPO	ELAB.	N.	SAVE	NOME FILE	SCALA
2	4	2	2	E	G0	R	RG	01	00	2422_E_G0_RRG01_00.xls	
REV.	DATA			REDAZIONE			VERIFICA		APPROVAZIONE	VISTO COMMITT.	DESCRIZIONE
0	Giugno 2024			C. Benetti M. Mazzocca			S. Berretta		M. Serafini		Consegna Progetto Esecutivo
1											
2											
3											

la riproduzione del presente disegno è vietata a termini di legge senza la espressa preventiva autorizzazione

***“PNRR - Missione 2. Componente 4. Sub - investimento  
2.1b. Misure per la gestione di rischio alluvione e per la  
riduzione del rischio idrogeologico. Mitigazione rischio  
idraulico bacino  
fosso Rivo in comune di Terni – 1° Stralcio”***

***RELAZIONE GEOLOGICA***

***PROGETTO ESECUTIVO***

# INDICE

<b>1.</b>	<b><u>PREMESSA .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>2.</b>	<b><u>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>3.</b>	<b><u>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO .....</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b>4.</b>	<b><u>IDROGEOLOGIA DELL'AREA .....</u></b>	<b><u>7</u></b>
<b>5.</b>	<b><u>INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</u></b>	<b><u>8</u></b>
5.1.	INDAGINI PFTE (2023) .....	8
5.2.	INDAGINI ESECUTIVO (2024) .....	9
5.3.	SONDAGGI GEOGNOSTICI .....	11
5.4.	PROVE LEFRANC .....	29
5.5.	SISMICA MASW 2D.....	30
5.6.	TOMOGRRAFIA ELETTRICA .....	34
<b>6.</b>	<b><u>CARATTERIZZAZIONE ORIZZONTE DI TERRENI COESIVI PER LA FORMAZIONE DEL</u></b>	
	<b><u>NUCLEO ARGINALE.....</u></b>	<b><u>39</u></b>
<b>7.</b>	<b><u>PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA .....</u></b>	<b><u>41</u></b>
<b>8.</b>	<b><u>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI.....</u></b>	<b><u>43</u></b>
8.1.	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	43
8.2.	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	45
8.3.	AZIONE SISMICA .....	45
8.4.	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....	46
<b>9.</b>	<b><u>STABILITÀ DEL SITO NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE .....</u></b>	<b><u>47</u></b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a corredo del progetto esecutivo relativo all'intervento **“PNRR - Missione 2. Componente 4. Sub - investimento 2.1b. Misure per la gestione di rischio alluvione e per la riduzione del rischio idrogeologico. Mitigazione rischio idraulico bacino**

**fosso Rivo in comune di Terni – 1° Stralcio”.**

La presente relazione riguarda in particolare lo studio geologico esecutivo e ha come base di partenza gli elaborati del Progetto Definitivo, al quale si rimanda per eventuali riscontri, che sono stati integrati, oltre che con i consueti rilievi geologici di superficie, con una approfondita campagna di indagini geognostiche e geofisiche, offerta dalla società esecutrice dei lavori in fase di gara, al fine di raggiungere una dettagliata conoscenza del modello geologico del sito.

Scopo della presente relazione è quello di:

- Ø *definire con dettaglio il quadro geologico nel quale si inserisce il sito di intervento;*
- Ø *accertare le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei terreni di fondazione;*
- Ø *caratterizzare i terreni che saranno interessati dalle opere ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto in ottemperanza alle “Norme tecniche per le costruzioni”, D.M. Ministero Infrastrutture e Trasporti del 17/01/2018.*

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il sito di intervento si inserisce nel ramo sud occidentale del Bacino Tiberino, un bacino distensivo intramontano che si è generato per effetto di una apertura della crosta legata alla distensione tirrenica.

I margini del bacino sono marcati dalla presenza di faglie dirette ed in particolare l'area si colloca ai piedi della faglia bordiera dei M.ti Martani.

Questo bacino noto anche come Lago Tiberino, si è colmato nel tempo con sedimenti di varia natura che ci forniscono informazioni sull'ambiente di sedimentazione nei quali si sono generati.

Si va da sedimenti argillosi, depositi in ambiente lacustre di bassa energia, a sedimenti sabbioso ghiaiosi dove l'energia di trasporto era maggiormente rilevante ed in particolare questo avveniva nei margini dei rilievi plioleistocenici con la formazione di conoidi alluvionali e di veri e propri apparati deltizi.

Via via che il bacino si andava colmando di sedimenti possiamo quindi trovare serie deposizionali caratterizzate da una spiccata variabilità e il sito in oggetto rispecchia proprio questa fattispecie di ambiente sedimentario.

Nell'ultima fase di sedimentazione si alternano sedimenti argillosi, tipici delle piane di inondazione con presenza di livelli di torbe, travertini sabbiosi, sabbie e ghiaie tipici di depositi di canale il tutto con geometrie di deposito irregolari e con andamenti lenticolari.

La stratigrafia del sito oggetto di intervento è caratterizzata dalla presenza di tre unità litostratigrafiche:

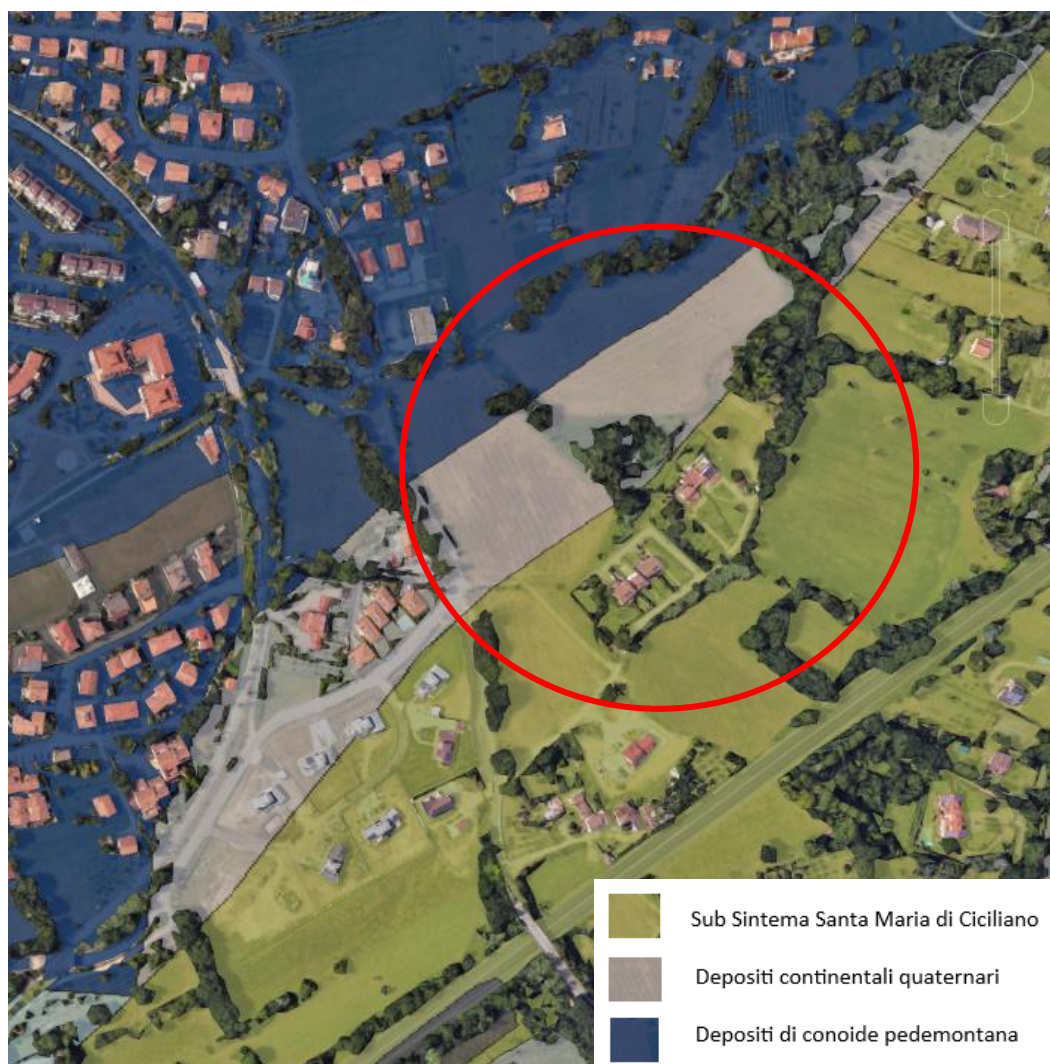
- Ø *depositi continentali quaternari (Pleistocene – Olocene) derivanti*

*essenzialmente dal disfacimento delle rocce e sedimentati sui versanti per*  
Geol. Claudio Bernetti; Geol. Massimiliano Mazzocca



ruscellamento diffuso del torrente Fosso Rivo. Essi sono distribuiti irregolarmente sul pendio con spessori variabili, ma sempre ridotti e si riconoscono nei sondaggi sia dalla colorazione che dalla composizione;

- Ø sedimenti ascrivibili al Sub Sintema di S. Maria di Ciciliano del Pleistocene inferiore (facente parte del Sintema di Todi) costituite da argille e limi argillosi di piana di inondazione alternate a lenti di sabbie fini e ghiaie. Questi sedimenti caratterizzano la gran parte del lotto di intervento;
- Ø Sedimenti ascrivibili al Sub Sintema di Viepri-Cesi del Pleistocene medio-superiore (Sintema di Todi costituiti da depositi di conoide alluvionale, non più in rapporto con l'attuale dinamica fluviale, prevalentemente ghiaiosi con clasti poco arrotondati per lo più centimetrici, in prevalenza calcarei, immersi in abbondante matrice limoso argillosa rossastra



Carta geologica del sito di intervento



Schema dei rapporti stratigrafici nell'area di intervento

### 3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO

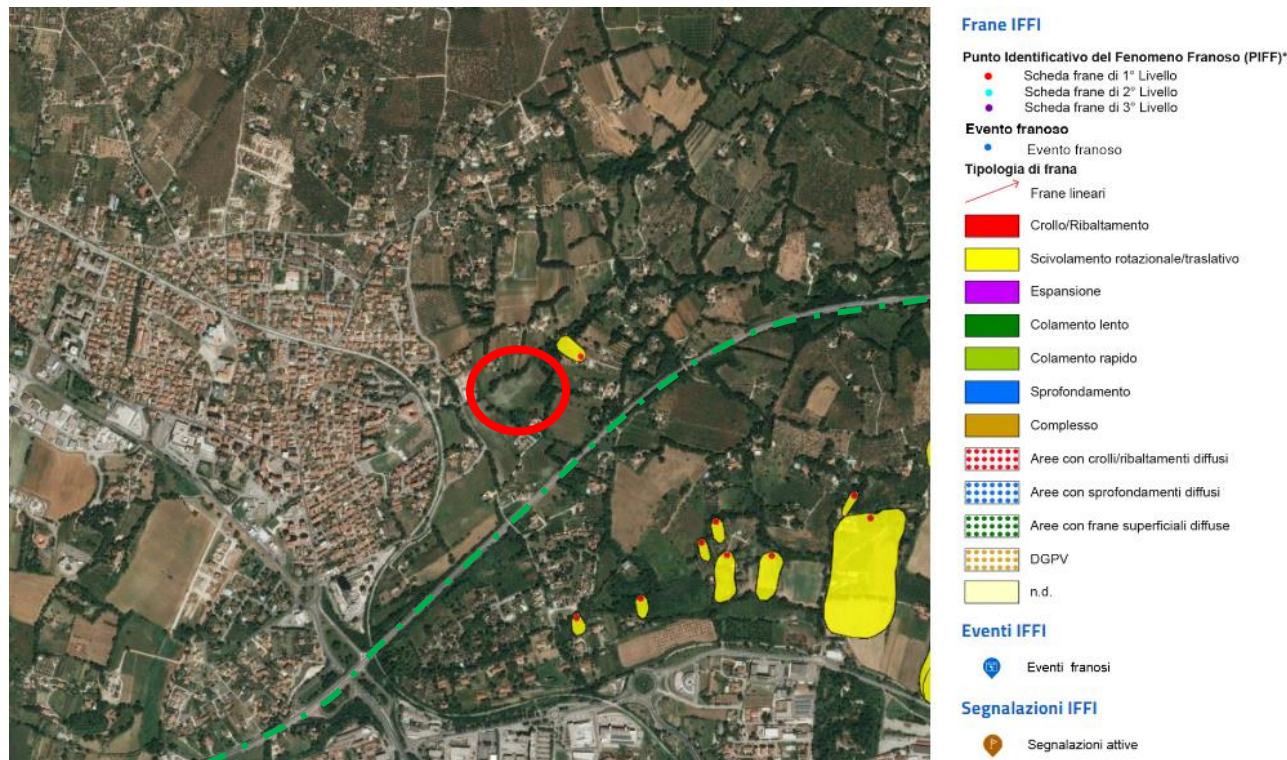
La geomorfologia dell'area oggetto di intervento è caratterizzata da una sostanziale stabilità e dalla assenza di forme che possano far pensare a movimenti franosi neppure potenziali.

Il sito è dominato dalla presenza a monte di una fascia pedemontana ove affiorano litotipi ben consolidati e stabili.

Nel sito stesso sono presenti a loro volta litotipi ben consolidati e dotati di una buona coesione.

Tale situazione rende il territorio sostanzialmente stabile come risulta dalla seguente immagine tratta dal catalogo IFFI.

Come si nota, a monte della superstrada, segnata con tratteggio in verde, la zona pedemontana si trova in condizioni di stabilità con assenza di fenomeni franosi.



Stralcio cartografia IFFI con area di intervento

L'unico fenomeno censito nella cartografia IFFI a nord est dell'area di intervento è un dissesto rotazionale traslativo (movimento del 1° livello, censito nel 1994 da foto



aerea e classificato come quiescente) del quale tuttavia in campagna non si riscontra alcuna evidenza.

Per quanto riguarda l'idrografia di superficie si nota che l'area ha una fitta rete di fosse e canali che sono distribuiti sostanzialmente lungo le direttrici della viabilità secondaria che risulta piuttosto articolata in virtù della urbanizzazione della zona con case sparse e variamente distribuite nel territorio.



*Presunta frana quiescente nei pressi dell'area di intervento stralcio cartografia IFFI*

Per quanto riguarda la pericolosità da frana definita dal PAI, nell'area di intervento non si riscontra alcuna interferenza.

Si nota che a valle del sito è presente rischio di inondazione elevato che è proprio il rischio che si intende mitigare con l'intervento in progetto.



*Stralcio pericolosità idrogeologica da PAI*

#### 4. IDROGEOLOGIA DELL'AREA

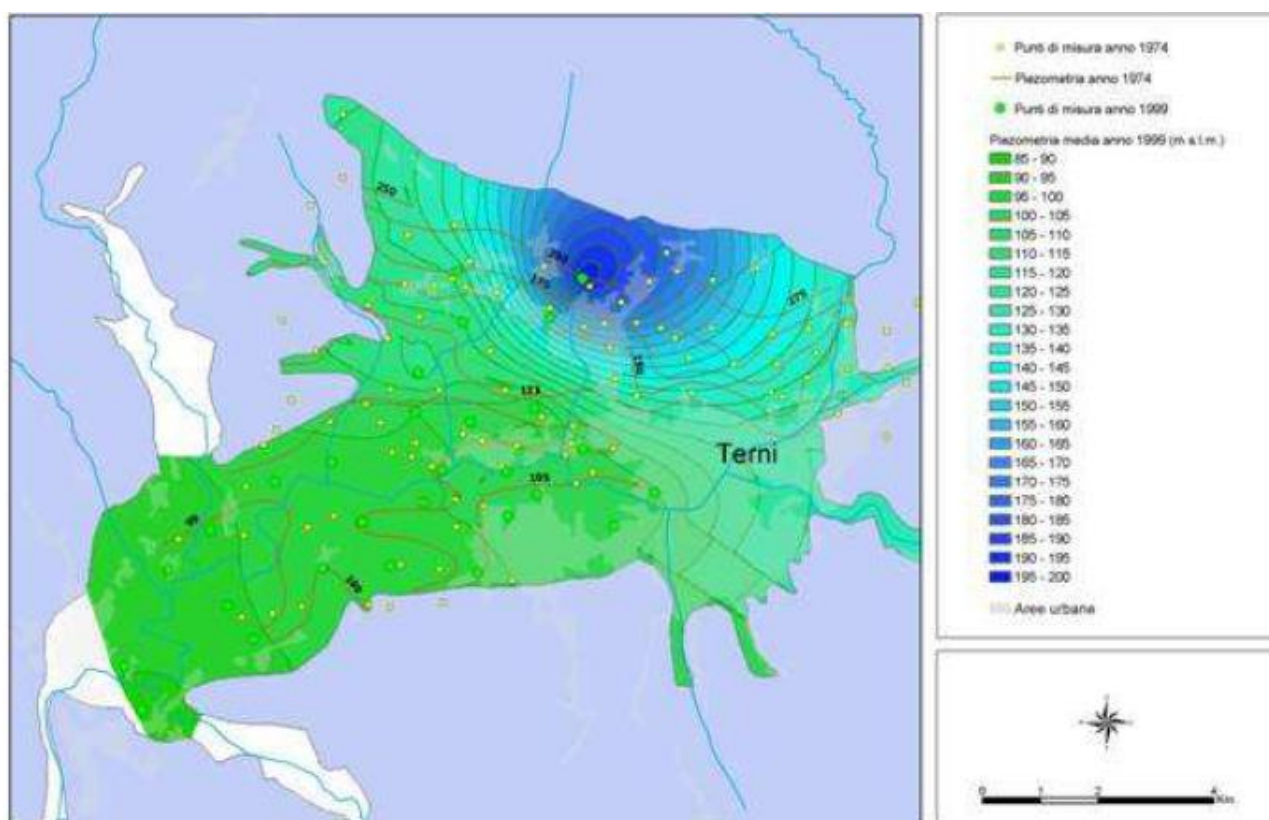
In generale, la pianura ternano-narnese, area di importanza strategica relativamente alle risorse idriche della regione ha una estensione di circa 40 chilometri quadrati ed è sede di un acquifero contenuto nei sedimenti alluvionali costituiti da sabbie e ghiaie in prevalenza.

Le alluvioni sono poggiate sui sedimenti villafranchiani costituiti sia da conglomerati che da depositi argillosi e limosi.

Per quanto riguarda la permeabilità nella conca ternana sono state effettuate prove infiltrometriche sulla porzione superficiale, in occasione dello studio sulla vulnerabilità degli acquiferi (Pubblicazione n° 1068 del GNDICI-CNR, 1995), che hanno dato permeabilità K comprese tra 10-2 e 10-3 cm/s.

L'andamento delle quote piezometriche denotano che l'alimentazione della falda di base non avviene tramite acquiferi presenti nelle dorsali montuose al contorno della pianura alluvionale basale.

In alcune porzioni della piana, monitoraggi condotti da Arpa Umbria denotano una alimentazione da parte del fiume Nera.



*Andamento piezometrico della conca ternana*

Il sito di intervento si inserisce nella zona di passaggio tra le formazioni calcaree dei rilievi bordieri e i depositi alluvionali di fondovalle.

In tale fascia affiorano sia coltri di copertura alluvionale recente, nelle aree limitrofe ai fossi principali, sia depositi fluvio lacustri antichi di varia granulometria con coefficienti di permeabilità assai variabili.

Proprio in virtù della variabilità granulometrica nel sito di intervento sono presenti sia falde libere che confinate nelle lenti sabbioso ghiaiose o conglomeratiche.

I tempi ristretti per eseguire la progettazione non hanno permesso di effettuare prove di emungimento della falda libera che su diversi sondaggi è stata riscontrata alla profondità di circa 3 metri ma in base all'esperienza si stima che tali falde abbiano modeste dimensioni e scarsa potenzialità.

Ad ogni buon conto si precisa che durante gli scavi per la realizzazione della vasca di laminazione, specialmente durante la sua realizzazione iniziale, sarà possibile intercettare fenomeni di filtrazione con ingresso di acqua nella vasca stessa.

Tale eventualità non era prevista nella progettazione relativa al progetto di fattibilità tecnico economica dell'intervento e occorrerà prevedere la possibilità di dover realizzare dei presidi per evacuare eventuali acque in ingresso durante gli scavi.

Al fine di accertare la effettiva interferenza della falda con lo scavo, si potrebbe realizzare dei pozzi della profondità poco superiore a quella prevista per la realizzazione della vasca per calcolare trasmissività e potenzialità della falda stessa.

Si specifica inoltre che alla profondità di 14 m circa, nel sondaggio S09 è stata intercettata una falda in pressione che con ogni probabilità è alimentata dai conglomerati di monte e che quindi ha una significativa potenzialità.

## 5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Partendo dall'esame delle indagini geognostiche eseguite a corredo della progettazione di Fattibilità dell'intervento, la campagna di indagini geognostiche eseguita, estesa per l'intera area del progetto, ha avuto l'obiettivo definire la geometria, in un modello tridimensionale, dei depositi argillosi presenti nel sottosuolo.

Tale risultato è stato possibile tramite l'integrazione tra i risultati delle indagini dirette, indirette e di laboratorio, finalizzate alla creazione di un modello concettuale multi-parametrico al di sotto dell'area interessata dal progetto di realizzazione della cassa di espansione.

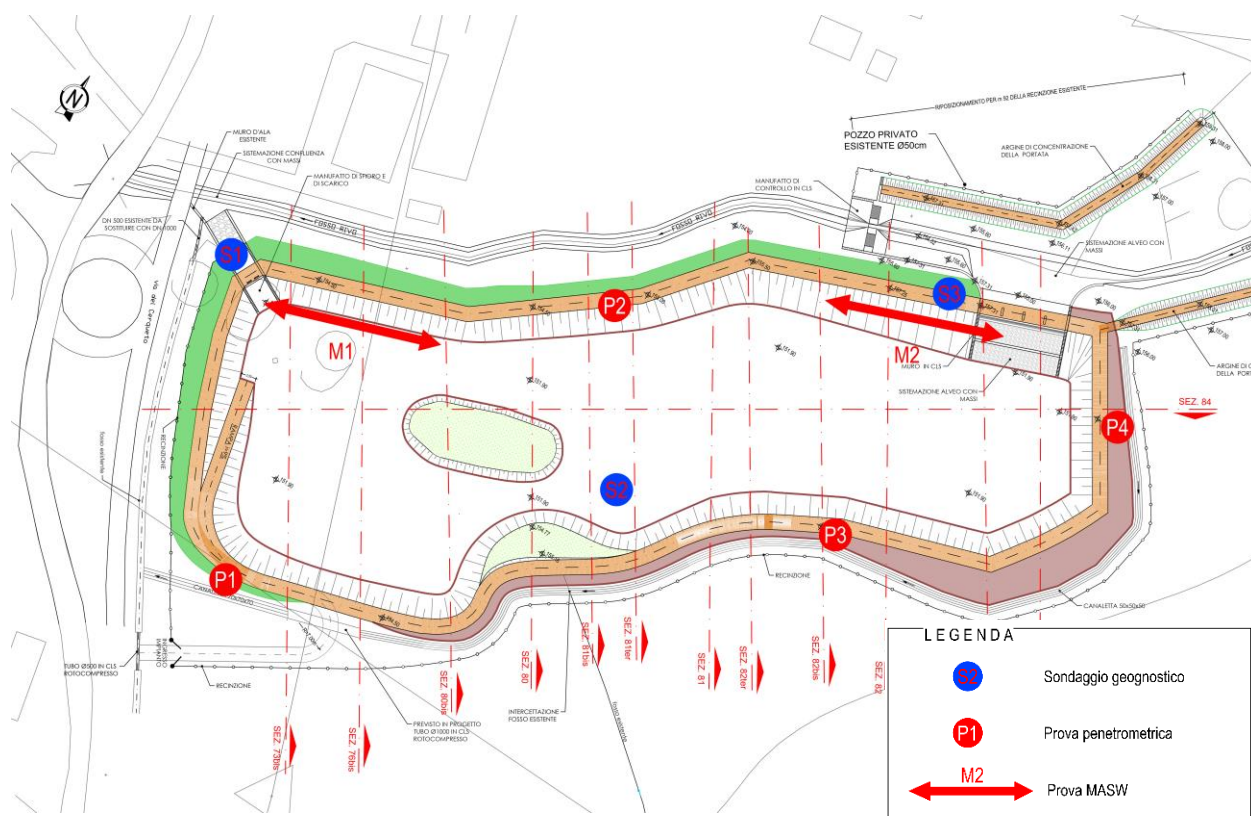
### 5.1. Indagini PFTE (2023)

A sostegno del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica sono state svolte nell'anno le seguenti indagini acquisite nel corso del 2023:

- Ø *N° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili, con annesse prove in foro S.P.T. per la caratterizzazione in situ dei terreni, realizzati come segue:*
  - *N° 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato S1 spinto fino alla profondità massima di 30.00 m dal p.c., per determinare il profilo stratigrafico dei terreni indagati, attrezzato con piezometro;*
  - *N° 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato S2 spinto fino alla profondità massima di 15.00 m dal p.c., per determinare il profilo stratigrafico dei terreni indagati;*
  - *N° 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato S3 spinto fino alla profondità massima di 10.00 m dal p.c., per determinare il profilo stratigrafico dei terreni indagati;*
- Ø *N° 6 prelievi di campioni indisturbati, per l'esecuzione di analisi e prove di caratterizzazione geotecnica in laboratorio;*
- Ø *N° 3 prove di permeabilità in foro nei sondaggi nell'intervallo 3.00 – 3.50 mt.*
- Ø *N° 8 prove penetrometriche dinamiche S.P.T., per la caratterizzazione geotecnica dei terreni ad integrazione dei sondaggi e delle prove di laboratorio.*



- Ø N° 4 prove penetrometriche super pesanti del tipo DPSH;
- Ø N° 2 prove MASW per la determinazione della categoria di sottosuolo.



Indagini PFTE (2023)

Il dettaglio delle indagini citate è consultabile nell'allegato 1

## 5.2. Indagini ESECUTIVO (2024)

Le finalità principali delle indagini sono state, di determinare il profilo litostratigrafico del volume significativo interessato dalle opere di progetto; di determinare le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni di sedime; di verificare il potenziale di liquefazione dei terreni; di valutare la permeabilità dei terreni.

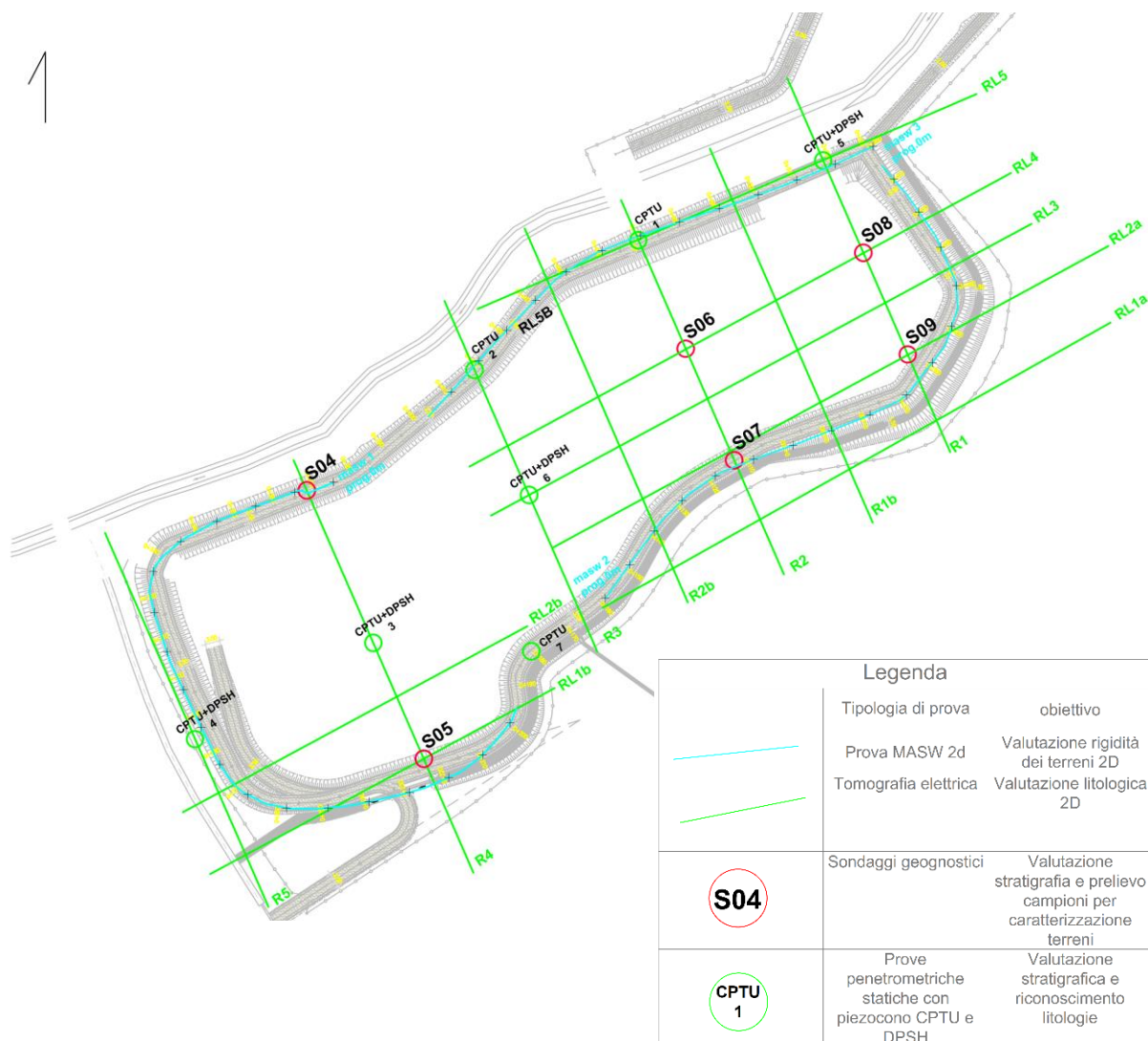
La strategia adottata ha permesso di individuare lo strato di argilla incontrato nel sondaggio S2 del progetto Preliminare e definirlo volumetricamente in modo analitico, caratterizzandolo in termini geometrici e geotecnici. È stato possibile anche delinare la geometria e le caratteristiche granulometriche degli altri corpi sedimentari più superficiali, permettendo di ottimizzare le previsioni di approvvigionamento e gestione dei materiali necessari alla formazione del nucleo impermeabile dell'argine e delle sue altre componenti.

Sono state eseguite le seguenti indagini e prove in sito:

- Ø • **N° 6 sondaggi geognostici** a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili, con annesse prove di infiltrazione in foro (S4; S9) ed il condizionamento di S06 a piezometro. per la caratterizzazione in situ della permeabilità dei terreni
- Ø • **N° 7 prelievi di campioni indisturbati**, per l'esecuzione di analisi e prove di caratterizzazione geotecnica in laboratorio;

- Ø • **N° 1 prelievi di campioni rimaneggiati**, per l'esecuzione di misura del consumo iniziale di calce (Norma ASTM D6279-99°) e Prova Proctor sul campione stabilizzato
- Ø • **N° 5 prove penetrometriche statiche CPTU con Piezocono.**, per la caratterizzazione geotecnica e idrogeologica dei terreni (Prove di dissipazione CPTU 7)
- Ø • **N° 4 prove penetrometriche super pesanti del tipo DPSH**;
- Ø • **N° 1 prove Mas2D continua lungo il profilo arginale (476m)** per la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione;
- Ø **N° 14 prove di Tomografia elettrica** per la caratterizzazione litologica dei terreni.

Per la ubicazione delle prove eseguite si rimanda all'apposito elaborato: 2422 E G0 D PD 01 00 (PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI)



Ubicazione indagini esecutivo (2024)

Le varie attività svolte nel corso della campagna di indagine prevista nel piano sono descritte di seguito.

### 5.3. Sondaggi geognostici

Nel corso della fase preliminare alla progettazione esecutiva sono stati perforati sei fori di sondaggio a carotaggio continuo, integrando le informazioni provenienti dai tre sondaggi effettuati nel corso della progettazione di fattibilità tecnico economica.

- Ø **S04** spinto fino a 12 m con prelievo di 2 campioni a 2 m e 5 m, in cui è stata individuata la falda a -2.8 m dal piano campagna;
- Ø **S05** spinto fino a 12 m con prelievo di 1 campione a 2 m
- Ø **S06** spinto fino a 25 m con prelievo di 1 campione a 8 m, in cui è stata individuata la falda a -2.6 m dal piano campagna);
- Ø **S07** spinto fino a 12 m con prelievo di 1 campione a 1.5 m, in cui è stata individuata la falda a -3.2 m dal piano campagna
- Ø **S08** spinto fino a 25 m con prelievo di 1 campione a 6.8 m
- Ø **S09** spinto fino a 25 m con prelievo di 3 campioni a 1.5 m, 3.5 m e 8 m, in cui è stata individuata la falda a -3.0 m dal piano campagna

I sondaggi effettuati attraverso una sequenza di terreni fluvio lacustri ,caratterizzati da una alternanza di termini a granulometria variabile dalle argille alle ghiaie. Al di sotto dei 7 - 8 m dal piano campagna si rinvencono orizzonti ricchi di materia organica che si alternano ciclicamente a litotipi limosi sabbiosi e argillosi. Si riconoscono all'interno dei depositi una serie di cicli a media scala che danno come evidenza la presenza di strati di spessore metrico, intercalati a sotto orizzonti che vanno dalle dimensioni centimetriche a decimetriche.

Questo rappresenta una spiccata variabilità litologica del deposito che mostra avere una limitata continuità laterale se analizzato alla Scala decimetrica e permette di riconoscere invece una continuità dei macro orizzonti con un ordine di grandezza delle decine di metri. la sequenza è rappresentativa di depositi fluvio lacustri depositi in ambienti che variano dalla deposizione prettamente lacustre ad una deposizione di ambienti di palude con intercalazioni gli eventi fluviali a maggiore energia.

La parte superiore del deposito è caratterizzata da eventi recenti che hanno deposto e/o rimaneggiato un detrito di versante costituito da ciottoli poligenici in matrice limo argillosa.



<div>GEOTECNICA LAVORI</div> <div>S.R.L.</div> <div>VIA DELLA SCIENZA 50</div> <div>- 06089 - PERUGIA (PG)</div> <div>P.I. e C.F. 01971610546</div> <div>geotecnicalavori@pec.it</div>				<div>Sonda Mori Mod.</div> <div>M40 Matr.101</div> <div>Coppia 850 kg/m</div> <div>Giri 750/min</div>				<div>SONDAGGIO : S 04</div> <div>Coordinate : wgs84/utm 305757,8041; 4717064,2406</div> <div>Quota m.l.m. : 152,5</div> <div>Profondità m. : 12</div> <div>Data inizio : 30/04/2024</div> <div>Data fine : 30/04/2024</div>											
COMMITTENTE : Trovati S.r.l.																			
CANTIERE : Cassa espansione Fosso Rivo - Terni (TR)																			
relativa m da p.c.	stratigrafia				H2O	POKET	vane test		SPT	%	Ø mm	Lefranc	R.Q.D.	attrezzatura	manovre	C.I.	note		
							max	res	m/n. colpi			rivest.	Rock Quality Designation %	in foro					
													10 30 50 70 90						
1,2	1	Ghiaia in abbondante matrice limo sabbiosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei poco evoluti e piccoli frammenti di travertino. (terreno agrario)																	
	2	Ghiaia in abbondante matrice limo argillosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei poco evoluti e piccoli frammenti di travertino.																	
	3					2.8											ind. C1 (m 2.0 - 2.3) Shelby		
	4	Ghiaia in matrice limo sabbiosa di colore avana,clasti costituiti da ciottoli calcarei da centimetrici a decimetrici. Orizzonti di sabbie travertinose a 3:50 e 4,80																	
	5																		
	6	Limi argillosi di colore avana, con subordinati trovanti centimetrici costituiti da clasti calcarei															ind. C2 (m 5.0 - 5.4) Shelby		
	7	Argilla, a tratti sabbiosa, di colore grigio avana.																	
7,5	8	Alternanza di Argilla (prevalente) di colore grigio e livelli centimetrici di sabbie, livelletti di torbe intorno ai 7,80; 8,60, 9,10 .																	
	9																		
	10																		
	11																		
11,2	11,2	Sabbie fini limose di colore grigio																	
	12	Argilla (prevalente) di colore grigio e livelli centimetrici di torbe																	



S04 Cassetta 1





S04 Cassetta 2



S04 Cassetta 3



<div>GEOTECNICA LAVORI</div> <div>S.R.L.</div> <div>VIA DELLA SCIENZA 50</div> <div>- 06089 - PERUGIA (PG)</div> <div>P.I. e C.F. 01971610546</div> <div>geotecnicalavori@pec.it</div>			<div>Sonda Mori Mod.</div> <div>M40 Matr.101</div> <div>Coppia 850 kg/m</div> <div>Giri 750/min</div>			<div>SONDAGGIO : S 05</div> <div>Coordinate : wgs84/utm 305785.9772; 47146999.7135</div> <div>Quota m.l.m. : 155.2</div> <div>Profondità m. : 12</div> <div>Data inizio : 30/04/2024</div> <div>Data fine : 30/04/2024</div>																	
COMMITTENTE : Trovati S.r.l.																							
CANTIERE : Cassa espansione Fosso Rivo - Terni (TR)																							
relativa m da p.c.	stratigrafia					H2O	POKET	vane test		SPT	%	Ø mm	Lefranc	rives.	R.Q.D. Rock Quality Designation %					altrezzaatura in foro	manovre	C.I.	note
								max	res	m/n. colpi					10	30	50	70	90				
0,75					Ghiaia in abbondante matrice limo argillosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei poco evoluti e piccoli frammenti di travertino. (terreno agrario)	NON RILEVATA																	
1					Ghiaia in abbondante matrice limo argillosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei poco evoluti e piccoli frammenti di travertino.																		
1,5					Limi debolmente sabbiosi con frequenti inclusioni travertinose, colore giallo - avana.																		
2																							
3																							
4					Sabbie fini limose, di colore avana.																		
5					Limi sabbioso argillosi di colore avana, con intercalazioni carboniose che diventano più frequenti con la profondità.																		
6					Argilla, limosa a tratti sabbiosa, di colore grigio- avana, con aumento della quantità di materia organica in profondità.																		
7																							
7,5					Alternanza di torba (prevalente) e livelli di argille brune ricche di materia organica.																		
8																							
9					Alternanza di Argilla (prevalente) di colore grigio e livelli centimetrici di torbe 11,40 e sabbie 11,70 .																		
10																							
11																							
11,2																							
12																							



S05 Cassetta 1

























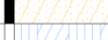

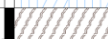









S05 Cassetta 2



S05 Cassetta 3

<div>GEOTECNICA LAVORI</div> <div>S.R.L.</div> <div>VIA DELLA SCIENZA 50</div> <div>- 06089 - PERUGIA (PG)</div> <div>P.I. e C.F. 01971610546</div> <div>geotecnicalavori@pec.it</div>			<div>Sonda Mori Mod.</div> <div>M40 Matr.101</div> <div>Coppia 850 kg/m</div> <div>Giri 750/min</div>			<div>SONDAGGIO : S 06-1</div> <div>Coordinate : wgs84/utm 305848.9100; 4717098.3140</div> <div>Quota m.l.m. : 154.6</div> <div>Profondità m. : 25</div> <div>Data inizio : 30/04/2024</div> <div>Data fine : 30/04/2024</div>													
COMMITTENTE : Trovati S.r.l.																			
CANTIERE : Cassa espansione Fosso Rivo - Terni (TR)																			
relativa m da p.c.	stratigrafia		H2O	POKET	vane test		SPT	%	Ø mm	Lefranc	rivest.	R.Q.D. Rock Quality Designation %				attrezzatura in foro	manovre	C.I.	note
					max	res	m/n. colpi					10	30	50	70	90			
0,6		Ghiaia in abbondante matrice limo sabbiosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei p. evoluti . (terreno agrario)																	
1		Ghiaia in abbondante matrice limo sabbiosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei p. evoluti .																	
1,7																			
2																			
3		Limi sabbiosi con trovanti calcarei centimetrici, colore marrone.																	
3,5		Ghiaia in abbondante matrice limo sabbiosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei p. evoluti .																	
4																			
4,3		Limi sabbioso argillosi con trovanti calcarei centimetrici mediamente evoluti, colore marrone.																	
5																			
6		Ghiaia costituita da ciottoli calcarei da centimetrici a decimetrici, mediamente evoluti, in matrice limoso sabbiosa grigio-avana con intercalazioni argillose a 6:50 e 7:40																	
7																			
7,8																			
8		Argilla, limosa a tratti sabbiosa, di colore da avana a grigio, con aumento della quantità di materia organica in profondità.																	
9																			ind. C1 (m 8.0 - 8.5) Shelby
9,2																			
10		Torbe prevalenti con intercalati orizzonti centimetrici di argille brune, 9.0 - 9.2.																	
11		Sabbie travetinose fini di colore da avana a grigio, con aumento della quantità di materia organica in profondità.																	
11,4																			
11,8		Torbe prevalenti con intercalati orizzonti centimetrici di argille .																	
12																			
13		Argilla, limosa a tratti sabbiosa, di colore da avana a grigio.																	
14																			
15		Argilla sabbiosa, di colore da avana a grigio.																	
16																			
17		Argilla, limosa a tratti sabbiosa, di colore da avana a grigio.																	
18																			
19		Alternanza di Argilla (prevalente) di colore da grigio a bruno e livelli centimetrici di torbe 17,00, 19,20, 23,70; 24,80.																	
20																			
21																			
22		Alternanza di Argilla (prevalente) di colore da grigio a bruno e livelli centimetrici di torbe 17,00, 19,20, 23,70; 24,80.																	
23																			
24																			
25																			





S06 Cassetta 1

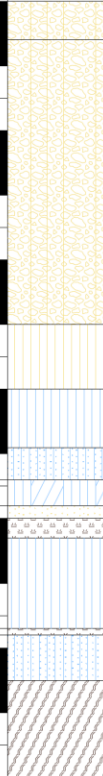


S06 Cassetta 2





S06 Cassetta 3

<div>GEOTECNICA LAVORI</div> <div>S.R.L.</div> <div>VIA DELLA SCIENZA 50</div> <div>- 06089 - PERUGIA (PG)</div> <div>P.I. e C.F. 01971610546</div> <div>geotecnicalavori@pec.it</div>			<div>Sonda Mori Mod.</div> <div>M40 Matr.101</div> <div>Coppia 850 kg/m</div> <div>Giri 750/min</div>			<div>SONDAGGIO : S 07</div> <div>Coordinate : wgs84/utm 305860.5992; 4717071.5033</div> <div>Quota m.l.m. : 155</div> <div>Profondità m. : 25</div> <div>Data inizio : 30/04/2024</div> <div>Data fine : 30/04/2024</div>														
COMMITTENTE : Trovati S.r.l.																				
CANTIERE : Cassa espansione Fosso Rivo - Terni (TR)																				
relativa m da p.c.		stratigrafia	H2O	POKET	vane test		SPT m/n. colpi	%	Ø mm	Lefranc	rivest.	R.Q.D. Rock Quality Designation %					attrezzatura in foro	manovre	C.I.	note
					max	res						10	30	50	70	90				
0,6		Ghiaia in abbondante matrice limo sabbiosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei p. evoluti . (terreno agrario)																		
1		Ghiaia in abbondante matrice limo argillosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei p. evoluti .																		
2																		ind.	C1 (m 1.5 - 1.8) Shelby	
3																				
4																				
5		Limi sabbioso argillosi con trovanti calcarei centimetrici mediamente evoluti, colore avana.																		
6		Limi argilloso sabbiosi di colore grigio.																		
7		Sabbie fini limose, di colore grigio.																		
7,4		Argilla, limosa a tratti sabbiosa, grigia.																		
7,8		Sabbie sciolte, di colore avana - grigio																		
8		Torbe .																		
8.3		Limi sabbiosi di colore avana con livelli cementati e presenza di piccoli gasteropodi.																		
9																				
9,8		Torbe.																		
10		Sabbie limose di colore grigio, a tratti sabbie, con frequenti livelli di materiale carbonioso.																		
10.5		Alternanza di Argilla (prevalente) di colore da grigio a bruno e livelli centimetrici di torbe e sabbie.																		
11																				
12																				



S07 Cassetta 1





S07 Cassetta 2



S07 Cassetta 3

<div>GEOTECNICA LAVORI</div> <div>S.R.L.</div> <div>VIA DELLA SCIENZA 50</div> <div>- 06089 - PERUGIA (PG)</div> <div>P.I. e C.F. 01971610546</div> <div>geotecnicilavori@pec.it</div>			<div>Sonda Mori Mod.</div> <div>M40 Matr.101</div> <div>Coppia 850 kg/m</div> <div>Giri 750/min</div>			<div>SONDAGGIO : S 08-1</div> <div>Coordinate : wgs84/utm 305891.6747; 4717121.3902</div> <div>Quota m.l.m. : 155,7</div> <div>Profondità m. : 25</div> <div>Data inizio : 30/04/2024</div> <div>Data fine : 30/04/2024</div>														
COMMITTENTE : Trovati S.r.l.																				
CANTIERE : Cassa espansione Fosso Rivo - Terni (TR)																				
relativa m da p.c.	stratigrafia		H2O	POKET	vane test		SPT m/n. colpi	%	Ø mm	Lefranc	rivest.	R.Q.D. Rock Quality Designation %					attrezzatura in foro	manovre	C.I.	note
					max	res						10	30	50	70	90				
1		Ghiaia in abbondante matrice limo sabbiosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei poco evoluti e piccoli frammenti di travertino. (terreno agrario)																		
1,4																				
2		Ghiaia in abbondante matrice limo argillosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei poco evoluti e piccoli frammenti di travertino.																		
3																				
4																				
4,4																				
5		sabbie limose di colore avana, con subordinati trovanti centimetrici costituiti da clasti calcarei																		
6		Argilla limosa di colore grigio.																		
7																				
7,5																				
8																				
9		Torbe prevalenti con intercalati orizzonti centimetrici di argille brune.																		
10																				
11		Sabbie fini limose di colore avana.																		
11,3		Torbe prevalenti con intercalati orizzonti centimetrici di argille brune.																		
12		Argilla (prevalente) di colore grigio e livelli centimetrici di torbe																		
13		Sabbie fini debolmente argillose di colore grigio, aumento della componente argillosa con la profondità																		
14																				
15		Sabbie grossolane di colore grigio, aumento della componente argillosa con la profondità																		
15,7																				
16		Sabbie grossolane di colore grigio, aumento della componente argillosa con la profondità																		
17																				
18		Sabbie argillose grigie con fiammate nerastre intorno a 21,40 , aumento della componente argillosa con la profondità																		
19																				
20																				
21		Sabbie argillose grigie, livello di torbe intorno a 21,40, aumento della componente argillosa con la profondità																		
21,4																				
22		Argille sabbiose di colore grigio con abbondante materia organica																		
22,3																				
22,5		Sabbie fini debolmente argillose di colore grigio																		
23		Argille sabbiose di colore grigio con abbondante materia organica																		
24																				
25		Torbe																		





S08 Cassetta 1



S08 Cassetta 2





S08 Cassetta 3



S08 Cassetta 4





S08 Cassetta 5

<div>GEOTECNICA LAVORI</div> <div>S.R.L.</div> <div>VIA DELLA SCIENZA 50</div> <div>- 06089 - PERUGIA (PG)</div> <div>P.I. e C.F. 01971610546</div> <div>geotecnicalavori@pec.it</div>			<div>Sonda Mori Mod.</div> <div>M40 Matr.101</div> <div>Coppia 850 kg/m</div> <div>Giri 750/min</div>			<div>SONDAGGIO : S 09-1</div> <div>Coordinate : wgs84/utm 305902.3325; 4717096.9451</div> <div>Quota m.l.m. : 155,7</div> <div>Profondità m. : 25</div> <div>Data inizio : 23/04/2024</div> <div>Data fine : 23/04/2024</div>														
COMMITTENTE : Trovati S.r.l.																				
CANTIERE : Cassa espansione Fosso Rivo - Terni (TR)																				
relativa m da p.c.		stratigrafia	H2O	POKET	vane test		SPT m/n. colpi	%	Ø mm	Lefranc	rivest.	R.Q.D. Rock Quality Designation %					attrezzatura in foro	manovre	C.I.	note
					max	res						10	30	50	70	90				
0.8		Ghiaia in abbondante matrice limo sabbiosa marrone, clasti costituiti da frammenti calcarei poco evoluti e piccoli frammenti di travertino. (terreno agrario)																		
1		Limi argillosi marrone, livelli sabbioso limosi ocra e concrezioni carbonatiche, molli.																ind.	C1 (m 1.5 - 2.0) Shelby	
2																				
3			3.0																	
3.3		Sabbie limose di colore avana, con subordinati trovanti centimetrici costituiti da concrezioni calcaree																ind.	C2 (m 3.5- 4.0) Shelby	
4		Sabbie sciolte, sature, di colore avana - grigio, con livelletti travertinosi, da 4,5 livelli di materiale carbonioso. (Acquifero confinato in pressione)																		
5		Limi argillosi grigi debolmente sabbiosi, da consistenti a mediamente consistenti, da 5,0 a 5,3 livelli carboniosi.																		
6																				
7																				
8																				
8.3		Torbe prevalenti con intercalati orizzonti centimetrici di argille brune.																ind.	C3 (m 8.0 - 8.5) Shelby	
9		Argille di colore grigio-bruno con abbondante materia organica.																		
10		Limi sabbiosi di colore grigio chiaro con livelli cementati e presenza di piccoli gasteropodi. Mediamente consistenti.																		
10.4		Torbe debolmente sature.																		
11		Argilla, limosa a tratti limo sabbiosa, di colore grigio, asciutte, consistenti.																		
12																				
12.3																				
13																				
13.8																				
14		Limi sabbiosi grigi, da 14 livelli carboniosi.																		
14.3																				
15		Sabbie sciolte, sature, di colore grigio, livelli di materiale carbonioso. (Acquifero confinato in pressione)																		
16																				
16.4																				
17		Sabbie limose grigio bruno, con livelli di materiale carbonioso a 16.6.																		
18		Argilla, limosa a tratti limo sabbiosa, di colore grigio, asciutte, consistenti.																		
18.2																				
19		Sabbie limose di colore grigio, a tratti sabbie, con livelli di materiale carbonioso.																		
20																				
20.6		Sabbie argillose grigie, aumento della componente argillosa con la profondità																		
21		Argille sabbiose di colore grigio con abbondante materia organica, livelli di torbe a 21.8 e 23.7																		
22																				
23																				
23.8																				
24		Sabbie fini debolmente argillose di colore grigio																		
25		Argille sabbiose di colore grigio con abbondante materia organica.																		





S09 Cassetta 1





S09 Cassetta 2



S09 Cassetta 3



S09 Cassetta 4





S09 Cassetta 5

## 5.4. Prove Lefranc

Lavoro							time (m)	time (s)	Δh (m)	h (m)	k (m/s)
Sondaggio	<b>S04</b>						0	0	0,00	7,00	
Prova Lefranc	<b>LF_S04</b>						0,25	15	0,10	6,90	1,54E-06
Data prova							0,5	30	0,20	6,80	1,55E-06
							1	60	0,25	6,75	9,71E-07
							2	120	0,36	6,64	7,05E-07
							4	240	0,47	6,53	4,64E-07
							8	480	0,95	6,05	4,87E-07
diametro foro	d	0,101	m				15	900	1,53	5,47	4,39E-07
area di base foro	A	8,01E-03	m <sup>2</sup>				20	1200	1,64	5,36	3,56E-07
lunghezza tratto di prova	L	5,00	m				25	1500	1,82	5,18	3,22E-07
coefficiente di forma	C	5,00	m				30	1800	2,05	4,95	3,08E-07
tempo totale misurazioni	t <sub>n</sub> -t <sub>0</sub>	105,00	min				45	2700	2,20	4,80	2,24E-07
lunghezza rivestimento	L <sub>r</sub>	7,00	m				60	3600	2,24	4,76	1,72E-07
altezza bocca foro dal p.c.	h <sub>b</sub>	0,00	m				75	4500	2,27	4,73	1,40E-07
prof. falda (m. dal p.c.)	h <sub>f</sub>	2,80	m				90	5400	2,28	4,72	1,17E-07
							105	6300	2,29	4,71	1,01E-07
Tratto prova (m) dal p.c.	Inizio	7,00	m								
	Fine	12,00	m								

$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

dove:

k = coefficiente di permeabilità in cm/s

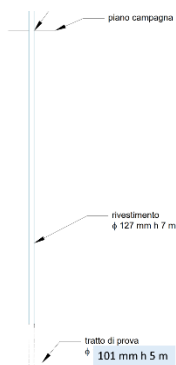
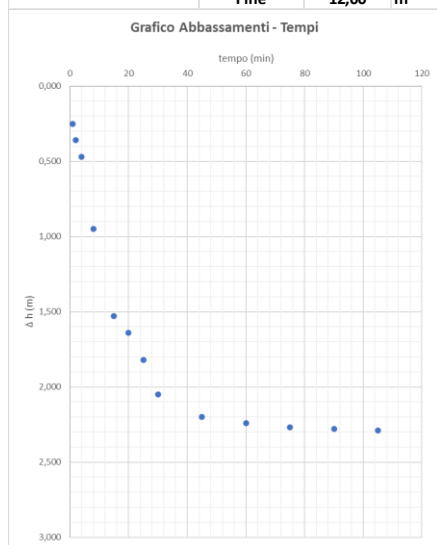
A = area di base del foro in cm

h<sub>1</sub> e h<sub>2</sub> = altezze dei livelli rispetto al fondo del foro negli istanti t<sub>1</sub> e t<sub>2</sub>

C = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per L >> D C=L

per L < D C=2πD+L

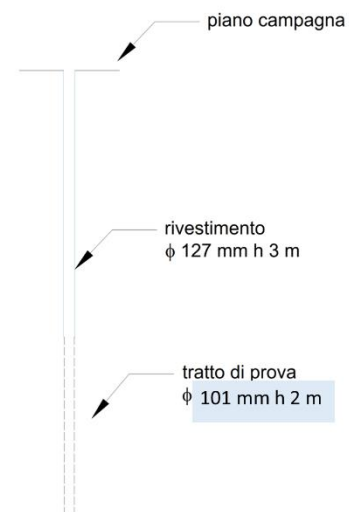
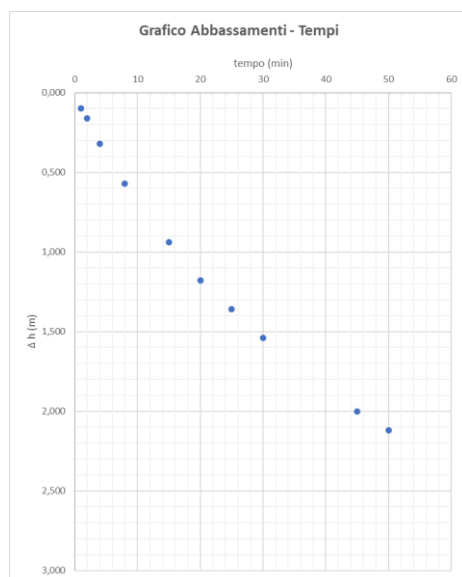


m	1,79E-04
k	2,87E-07 m/s

m	5,14E-06
k	8,23E-09 m/s

S04 prova Lefranc

Lavoro								time (m)	time (s)	Δh (m)	h (m)	k (m/s)
Sondaggio	<b>S09</b>							0	0	0,000	5,00	
Prova Lefranc	<b>LF_S09</b>							0,25	15	0,040	4,96	2,14E-06
Data prova								0,5	30	0,030	4,97	8,03E-07
								1	60	0,100	4,90	1,35E-06
								2	120	0,160	4,84	1,09E-06
								4	240	0,320	4,68	1,10E-06
diametro foro	d	0,101	m					8	480	0,570	4,43	1,01E-06
area di base foro	A	8,01E-03	m <sup>2</sup>	dove:				15	900	0,940	4,06	9,27E-07
lunghezza tratto di prova	L	2,00	m	k = coefficiente di permeabilità in cm/s				20	1200	1,180	3,82	8,98E-07
coefficiente di forma	C	2,00	m	A = area di base del foro in cm				25	1500	1,360	3,64	8,48E-07
tempo totale misurazioni	t <sub>n</sub> -t <sub>0</sub>	50,00	min	h <sub>1</sub> e h <sub>2</sub> = altezze dei livelli rispetto al fondo del foro negli istanti t <sub>1</sub> e t <sub>2</sub>				30	1800	1,540	3,46	8,19E-07
lunghezza rivestimento	L <sub>r</sub>	3,00	m	C = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;				45	2700	2,000	3,00	7,58E-07
altezza bocca foro dal p.c.	h <sub>a</sub>	0,00	m	per L>>D C=L				50	3000	2,120	2,88	7,36E-07
prof. falda (m. dal p.c.)	h <sub>f</sub>	3,00	m	per L<D C=2πD+L								
Tratto prova (m) dal p.c.	<b>Inizio</b>	<b>3,00</b>	<b>m</b>								<b>k<sub>media</sub> (m/s)</b>	<b>9,53E-07</b>
	<b>Fine</b>	<b>5,00</b>	<b>m</b>								<b>k<sub>media</sub> (cm/s)</b>	<b>9,53E-05</b>



S09 prova Lefranc

### 5.5. Sismica MASW 2D

Alfine di valutare in maniera continua le potenziali variazioni di consistenza e addensamento dei materiali presenti al di sotto della traccia dell'argine in progetto è stata effettuata una acquisizione Masw2D.

La suddetta metodica consente di ottenere dei profili di velocità verticali discreti Vs1D per ciascuna stazione, attraverso l'analisi della modalità di propagazione dei treni d'onda di Rayleigh. L'acquisizione dei dati viene eseguita mediante il trascinarsi di una catena di sensori i quali vengono energizzati a seguito di spostamenti successivi con interdistanza 3m, una distanza sufficiente a consentire parziali ricoprimenti dell'antenna di acquisizione ((almeno  $1/3-1/4$  array length) in maniera da rendere le variazioni rappresentate continue e progressive, seguendo cioè che abitualmente accade in natura. L'output grafico è rappresentato da una sezione 2D che rappresenta cromaticamente la variabilità verticolaterale delle Vs.

L'areale da investigare in questo frangente misura circa 14000 mq ed e' distribuito su una lunghezza subcircolare di circa 500m lineari (210mx70m); trattandosi di una geometria chiusa che ricorda un fagiolo presenta 6 tratti subrettilinei di estensione contenuta raccordati da curve di raggio mediostretto. L'esistenza di un canale afferente al Fosso Rivo, non attraversabile dai mezzi, rappresenta un impedimento per l'esecuzione di un rilievo in continuo cosi' come la geometria dell'angolo allo spigolo nordest ha costretto di interrompere le fasi di acquisizione costringendo ad un riallineamento dell'array di acquisizione. Per questo motivo il rilievo risultante ha prodotto 3 sezioni di velocita' delle onde di taglio per complessivi 467m lineari (MAsw1 185m -settore ovest-, MAsw2 154m -settore sudest ed est-e MAsw3 128m -settore nord e

nordest). I profili continui MASW 2D sono stati acquisiti lungo il percorso dell'argine permettono di ottenere indicazioni sulle proprietà del terreno, come la rigidità e l'addensamento. I dati potranno essere

integrati nella interpretazione congiunta con i risultati della tomografia elettrica per definire spessore e caratteristiche dei corpi geologici al fine di consentire una più precisa valutazione progettuale finalizzata alla definizione dell'esatta geometria del nucleo impermeabile dell'argine e delle sue altre componenti.

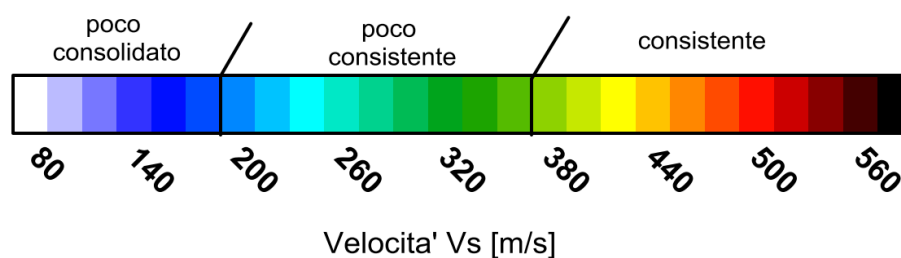
Per il trascinamento dello streamer stradale si è utilizzato un fuoristrada ancorando l'array al gancio traino; lo streamer consta di un array a 23 canali attivi con interspaziatura 0,5m e 24esimo geofono a 1.5m dal primo attivo (offset) utilizzato per il triggering degli eventi registrati.

La sorgente è costituita da un martello da 10kg che impatta su una piastra vincolata allo streamer.

Il centro di indagine di ciascun stazionamento è idealmente posizionato nel punto mediano dell'array di acquisizione ed è stato fisicamente registrato da un rover GPS Rtk collocato al 12° canale ad altezza piano campagna.

Per l'acquisizione dei dati si era infatti programmato di adottare

un rilievo mediante streamer che consente di alloggiare i geofoni a bassa frequenza su apposite piastrine tra loro vincolate da una fettuccia ad alta resistenza rinforzata in kevlar. Ciò offre un duplice vantaggio: da un lato si permette di mantenere fissi i parametri legati all'array geometrico (numero di canali e spaziatura vengono spostati in blocco) e dall'altro con piccoli spostamenti si consente un rilievo di elevata risoluzione laterale.



La scala di velocità delle onde di taglio dei modelli presentati in allegato è di tipo lineare e si estende in un range compreso tra 50 e 500m/s con intervalli di 20m/s e isolinea tracciata a Vs di 180m/s e a Vs di 360m/s.

Queste tre classi di addensamento che possono essere indicate sulla scorta delle velocità osservate, non necessariamente sono da attribuire ad uno specifico materiale deposizionale: è oggettivo che alternanze metriche o submetriche di sabbie e torbe possano non venire isolate e risolte da questa metodica e che nel peso della definizione della velocità media di un certo volume target sottili livelli di torba possano contribuire a grandi decrementi globali delle velocità Vs.

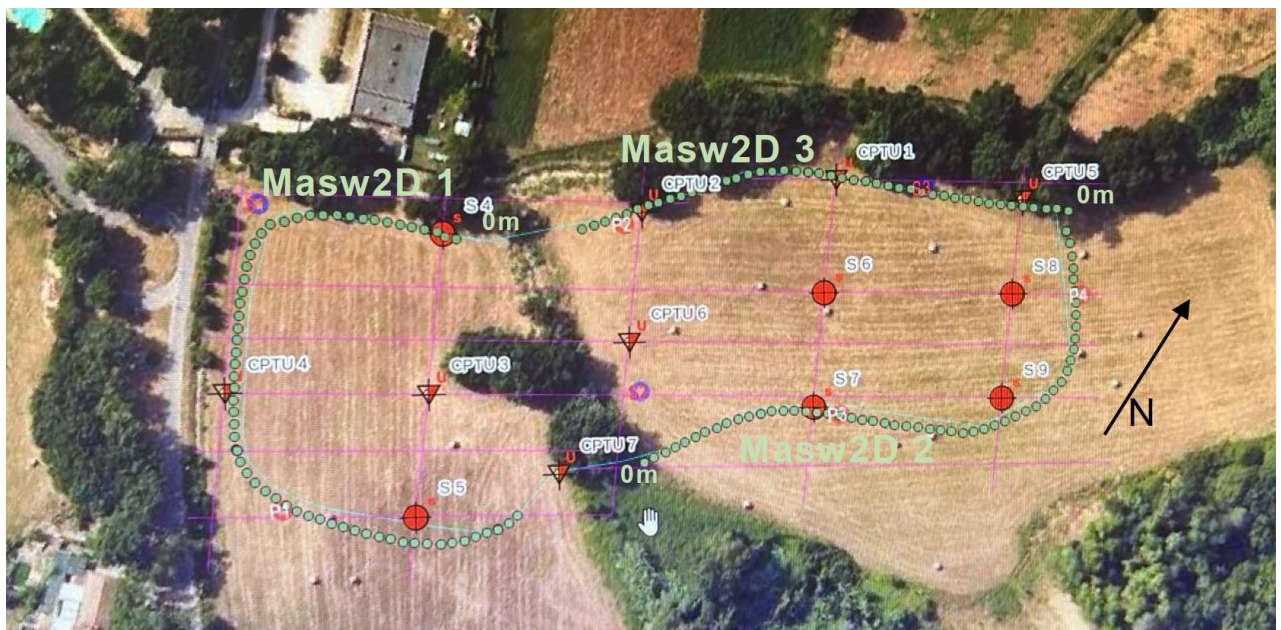
Le sezioni vanno quindi interpretate osservandole più qualitativamente che quantitativamente demandando alle prove dirette e puntuali la parametrizzazione geotecnica dei singoli materiali riconosciuti.

A grande scala, considerando anche la visualizzazione quasi tridimensionale della rappresentazione a recinto fornita in tavola 2, l'analisi estensiva eseguita su quasi la totalità dell'impronta arginale del bacino in progetto mostra chiaramente che la fascia di terreno prossima al fosso (parte iniziale di Masw 1 e la totalità di Masw3) gode di migliori proprietà di addensamento (maggiore Vs media accoppiata forse anche ad una maggiore eterogeneità deposizionale).

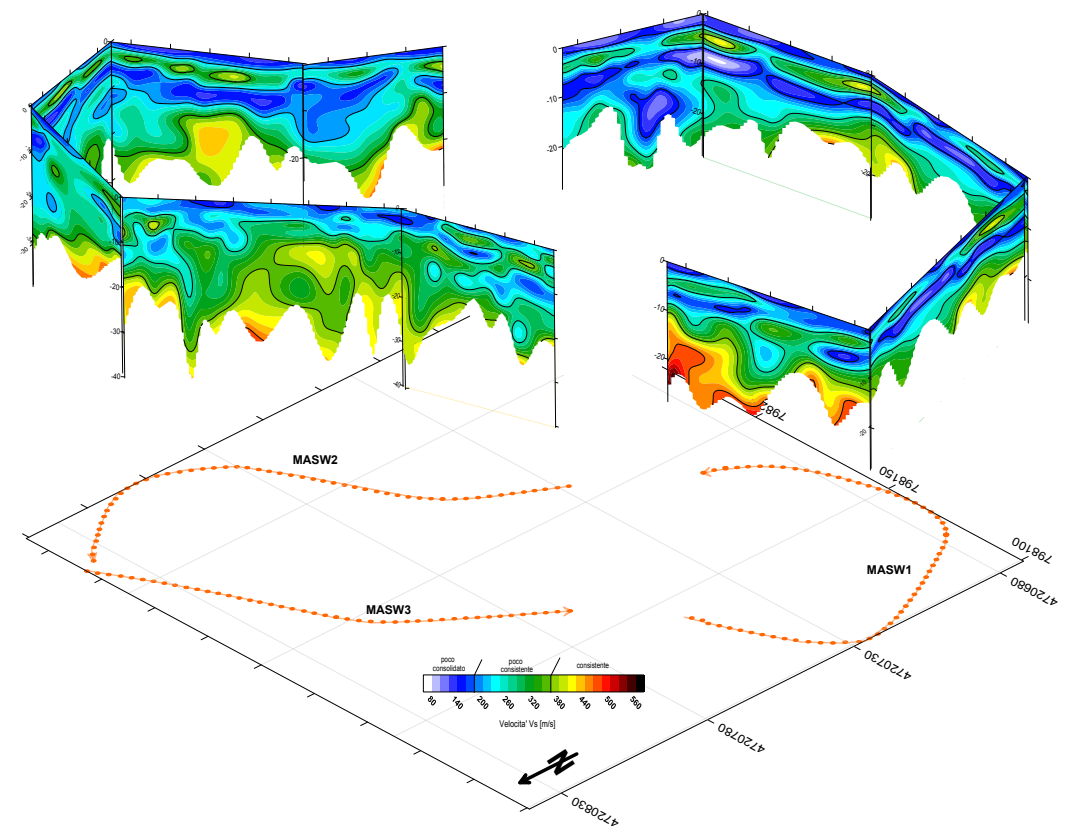
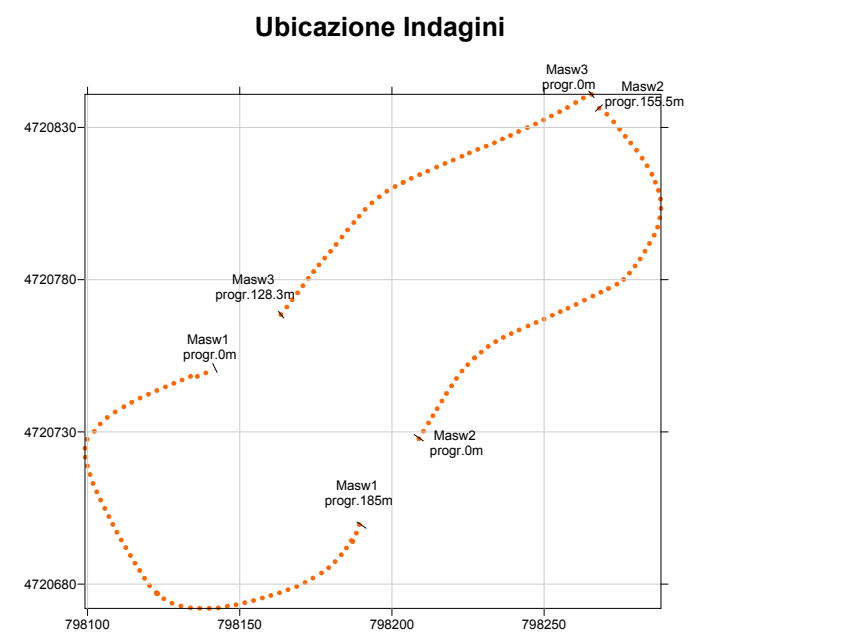
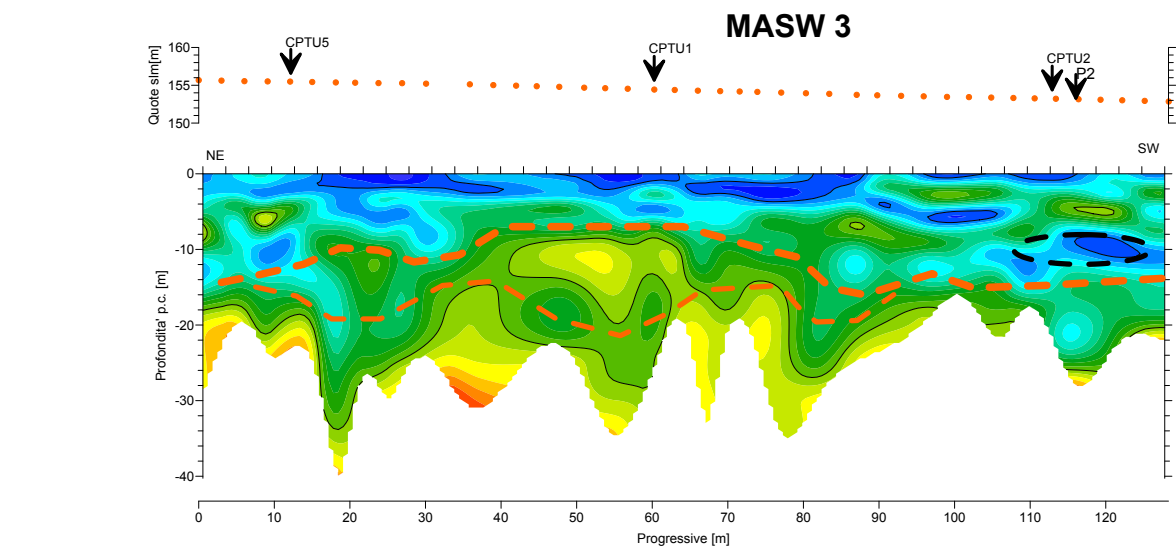
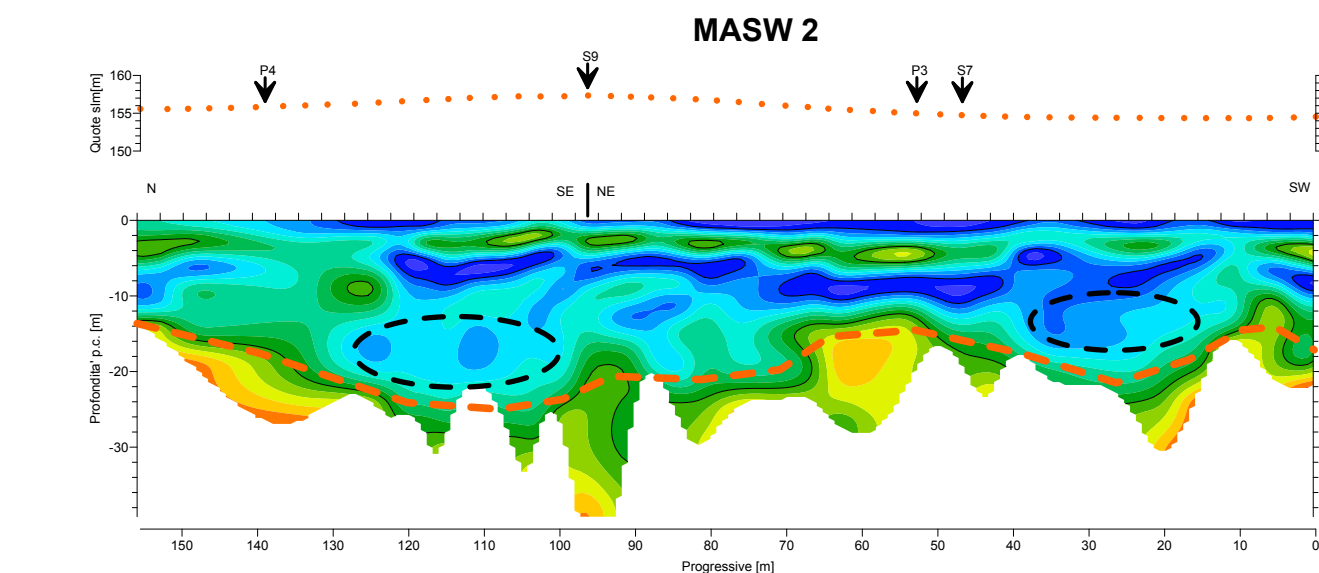
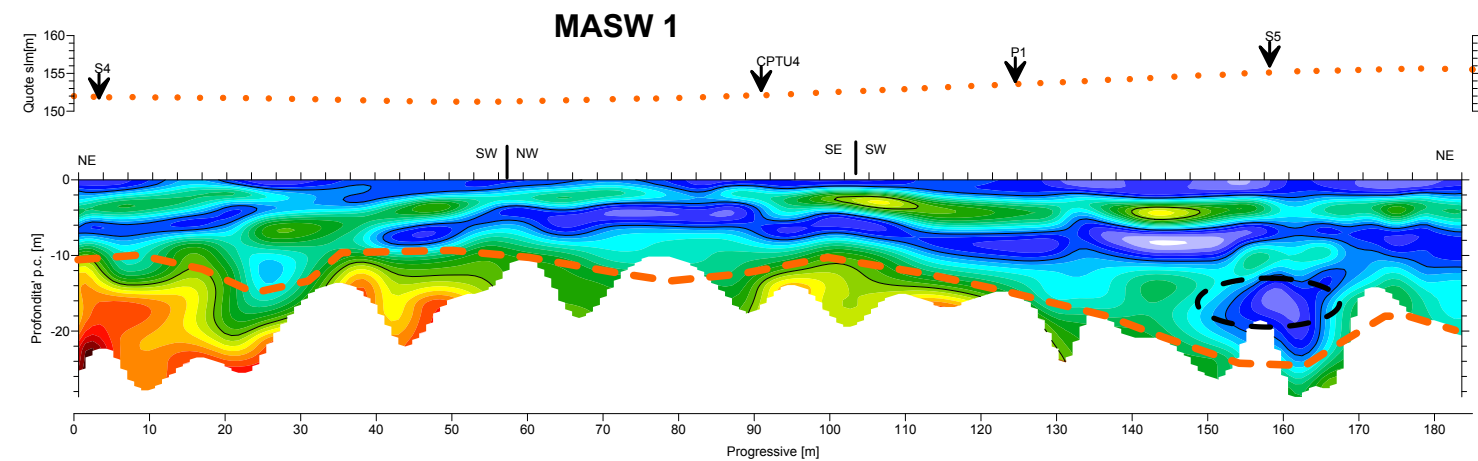
Nella parte topograficamente più rilevata al di sotto di un sottile orizzonte più consistente tra 3 e 7m, che è dotato di una significativa continuità, si rilevano gli



spessori piu' elevati di terreni di bassa consistenza (qualche metro di spessore, secondo un orizzonte continuo in Masw1 e piu' interrotto e discontinuo in Masw2).



Ubicazione delle stazioni di misura Masw (Punti verdi)



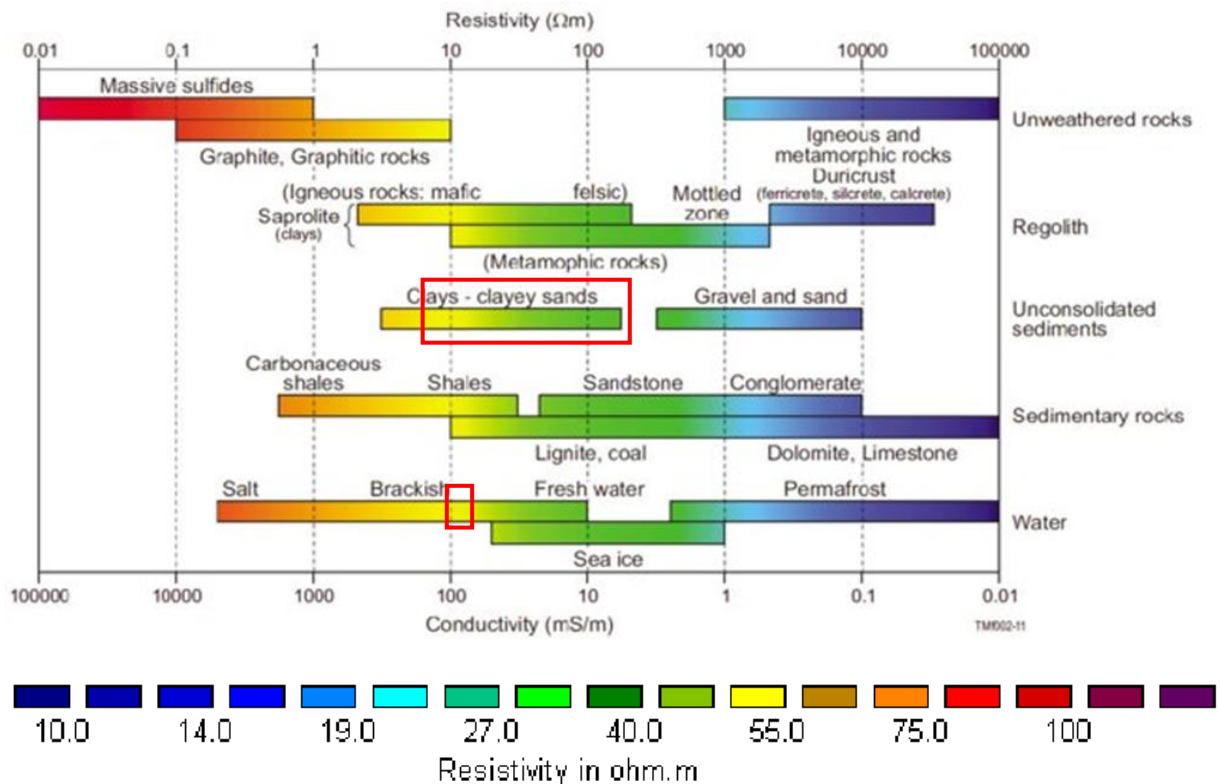
Rappresentazione grafica risultati della prova MASW2d

## 5.6. Tomografia elettrica

I profili di tomografia elettrica sono stati acquisiti secondo due direzioni pseudo ortogonali seguendo come asse longitudinale quello del fosso rivo. Sono stati acquisiti dapprima i profili trasversali dal R1 al R 5, permettendo di riconoscere l'andamento generale degli orizzonti che caratterizzano il sito e conseguentemente sono state riarrangiate le previsioni del piano di indagine offerto in fase di gara privilegiando la zona nord est del sito dove si è riconosciuta l'evidenza della presenza dei terreni coesivi necessari alla formazione del nucleo arginale. La elaborazione lungo sezioni bidimensionali e la successiva interpretazione in termini sia areali che volumetrici ha permesso di ricostruire l'estensione della lente di argille riconosciuta tramite le indagini effettuate nel progetto di fattibilità tecnico economica e conseguentemente di valutarne la volumetria escavabile.

I profili di tomografia elettrica sono stati interpretati in termini litologici utilizzando i dati acquisiti tramite le perforazioni di sondaggio permettendo così di discriminare tra i diversi litotipi attraversati. E' stato anche prelevato un campione di acqua di falda sul quale è stata valutata la conducibilità e questo ha permesso di affinare l'interpretazione in considerazione della presenza di una falda che si attesta mediamente intorno ai 3 m di profondità influenzando con la sua resistività di circa 10 Ohm/m l'assetto generale della elettro stratigrafia.

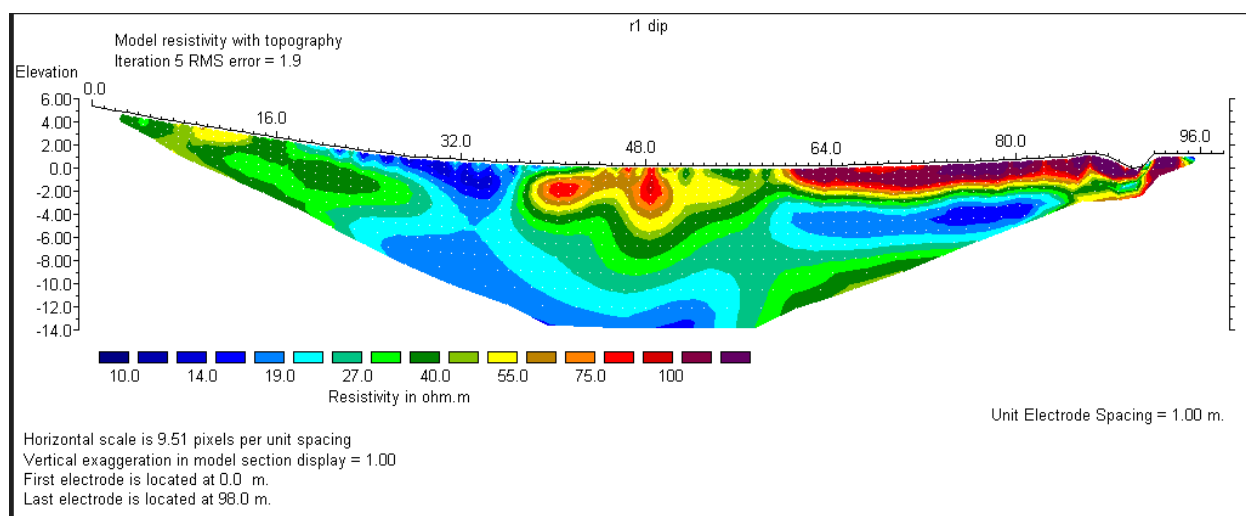
La figura seguente mostra i valori di resistività caratteristici per i sedimenti non consolidati, i quali nelle aree alluvionali del centro Italia, spaziano in un intervallo compreso tra i pochi Ohm/m per le argille e alcune centinaia di Ohm/m per le ghiaie pulite. Al contributo dovuto alla matrice solida dei sedimenti bisogna comunque sommare quello derivante dalla presenza di quantità variabili di acque di falda all'interno dei sedimenti. I valori tipici per la resistività delle acque che si incontrano all'interno dei sedimenti, alle profondità di indagine di questo progetto, variano in un intervallo tra i 30 Ohm/m e i 70 Ohm/m.



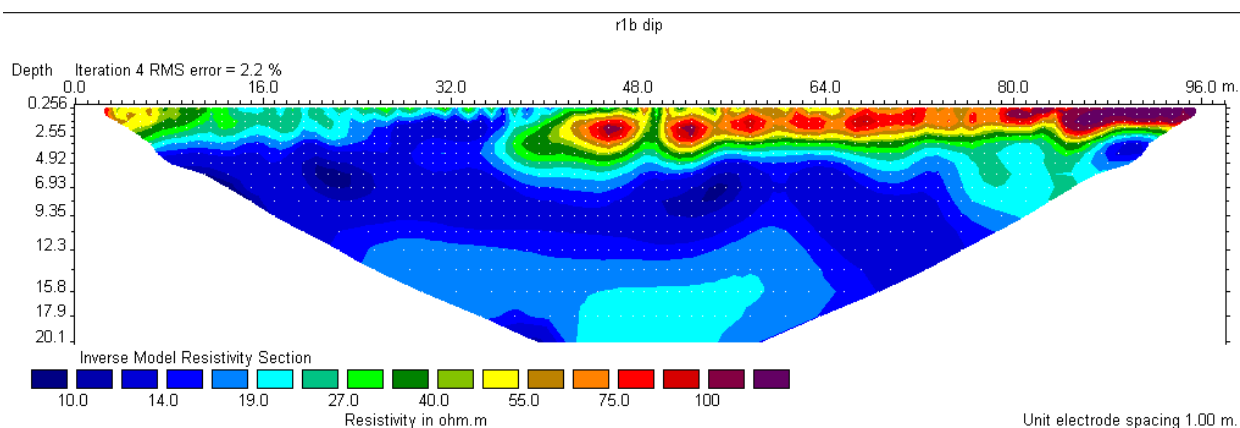
La metodologia di indagine Geoelettrica che si prevede di utilizzare è quella delle misure di Resistività apparente in corrente alternata con frequenze variabili dai 2Hz ai 25hz, eseguite mediante un dispositivo multi elettrodo, (Tomografia) utilizzando uno stendimento lineare di elettrodi, equidistanti. La prospezione multi elettrodo ottiene come risultato da una sezione di valori di resistività apparente, realizzata tramite una serie di misure eseguite a profondità crescente lungo il profilo prestabilito, sfruttando lo stendimento di elettrodi infissi nel terreno. Questo tipo di prospezione consente una ricostruzione dell'andamento della resistività apparente lungo una sezione orizzontale (Tomografia elettrica).

Si può riconoscere un carattere generale all'interno delle sezioni rappresentato dalla presenza di un orizzonte superficiale maggiormente resistivo che si attesta al di sopra dei 5 m di profondità ed è interpretabile come rappresentativo della presenza di un orizzonte superficiale di terreni a granulometria grossolana che nella loro porzione superficiale al di sopra dei circa 3 m risultano essere asciutti. Al di sotto dei 3 m si ha un cambiamento di resistività abbastanza netto imputabile alla presenza di una falda freatica caratterizzata da valori di resistività intorno ai 10 ohm/m, da considerarsi quindi leggermente salina, la quale va ad interessare dei depositi a granulometria inferiore rispetto ai soprastanti terreni ricchi di ghiaia e che in profondità tende a d'essere caratterizzato da terreni fini i quali, intorno alla profondità di circa 12 m ritornano ad essere maggiormente grossolani con terreni ascrivibili all'intervallo tra i limi e le sabbie.

La presenza dell'orizzonte superficiale ghiaie è evidente nella porzione più prossima al corso del fosso Rivo e poi in corrispondenza del sondaggio S 9 dove si evidenzia la presenza di un'altra lente di ghiaie superficiali.

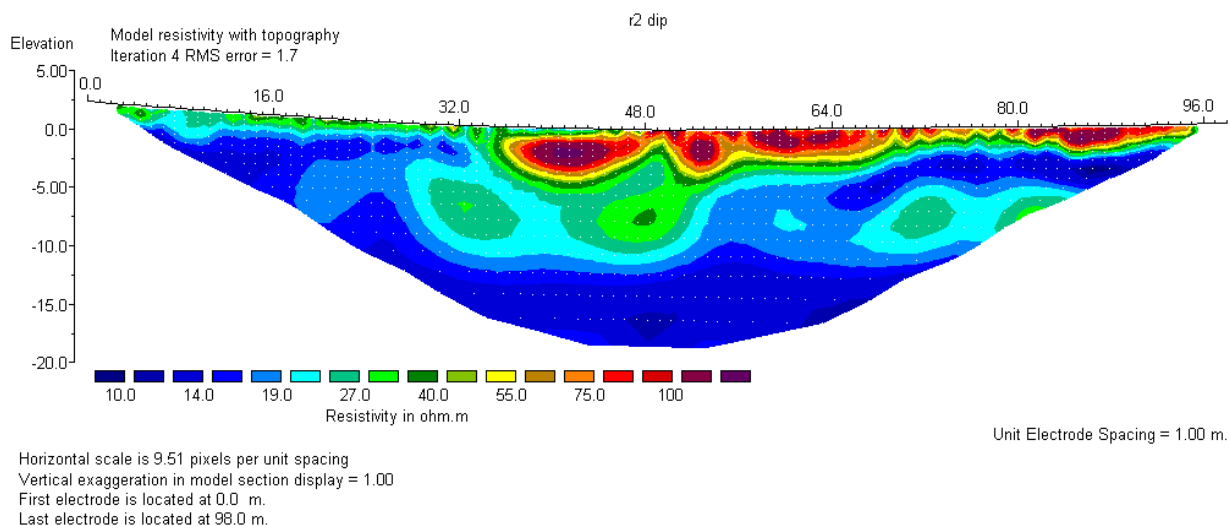


Sezione R1

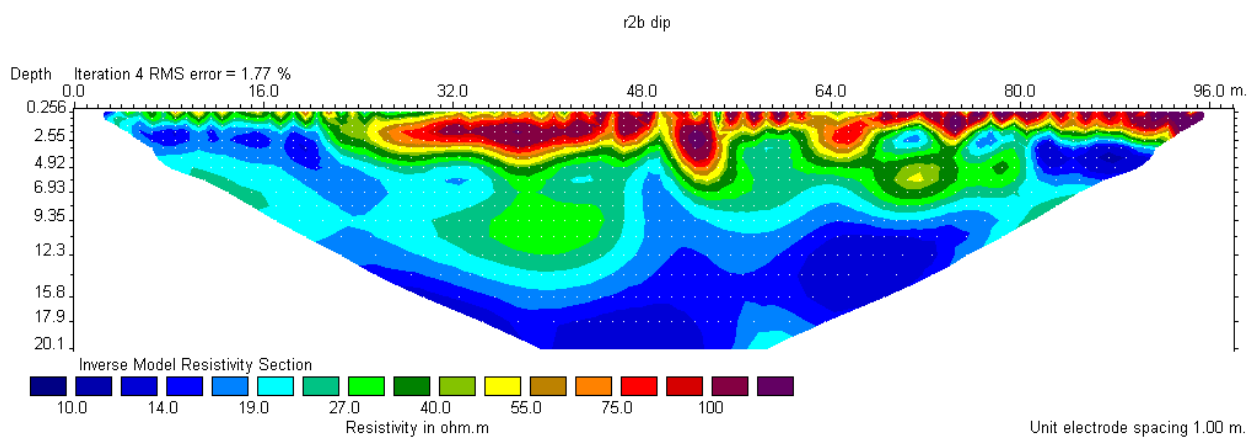




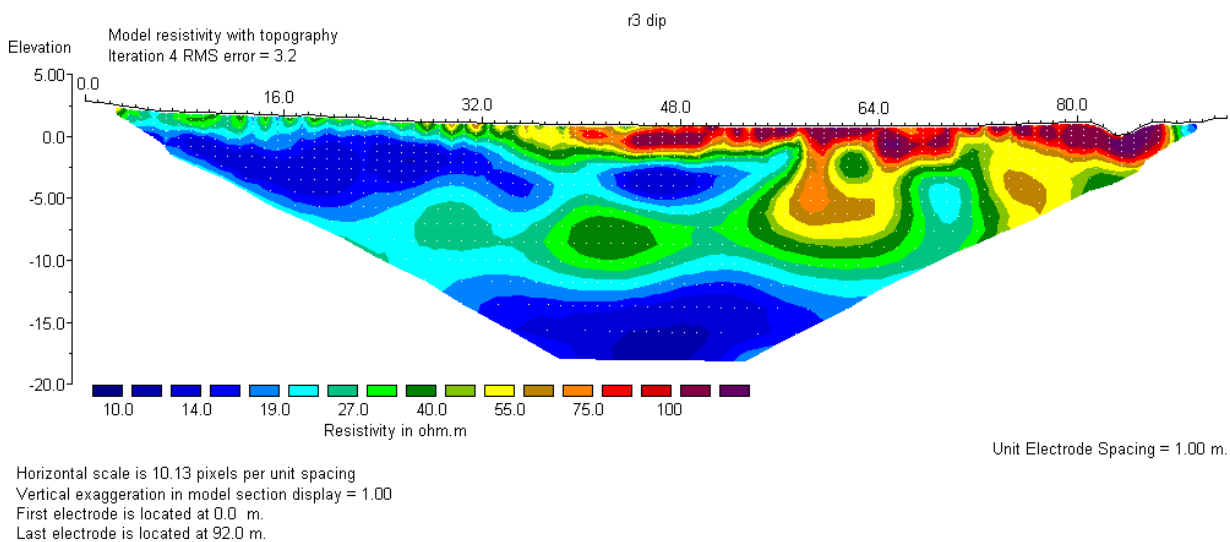
### Sezione R1b



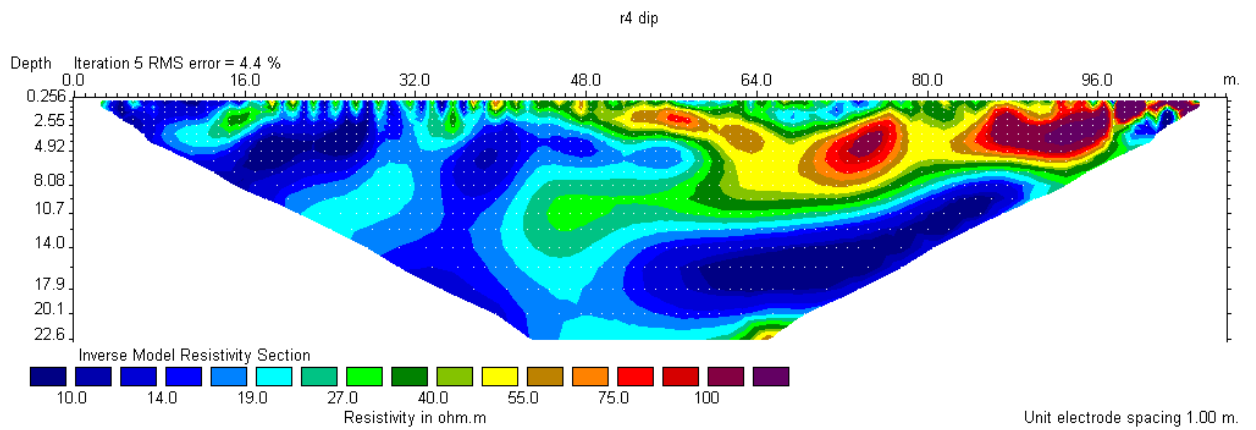
### Sezione R2



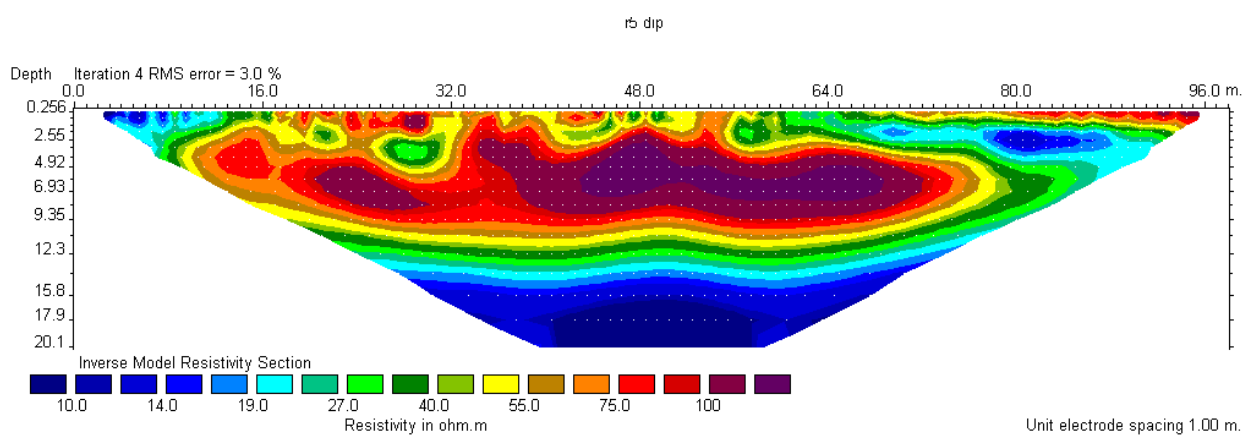
### Sezione R2b



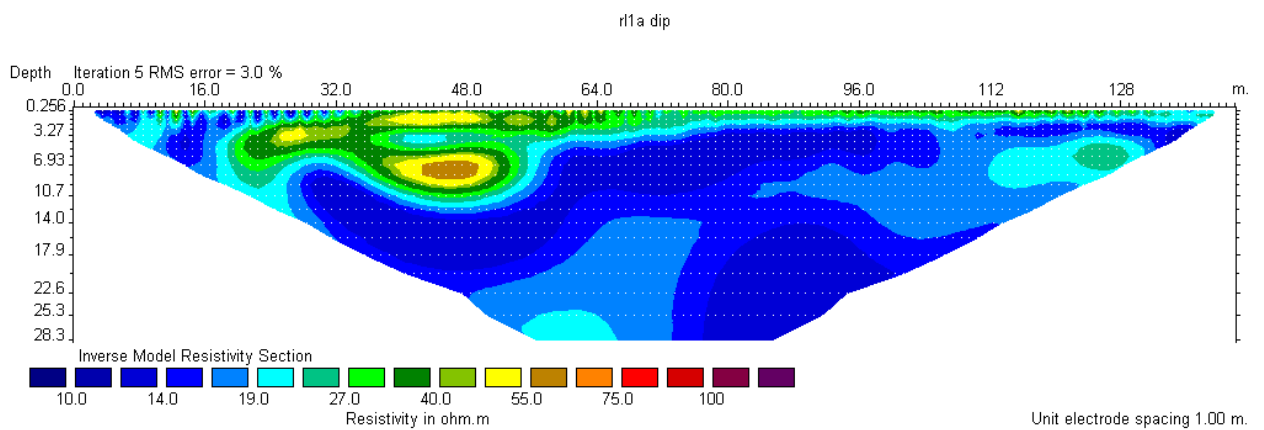
### Sezione R3



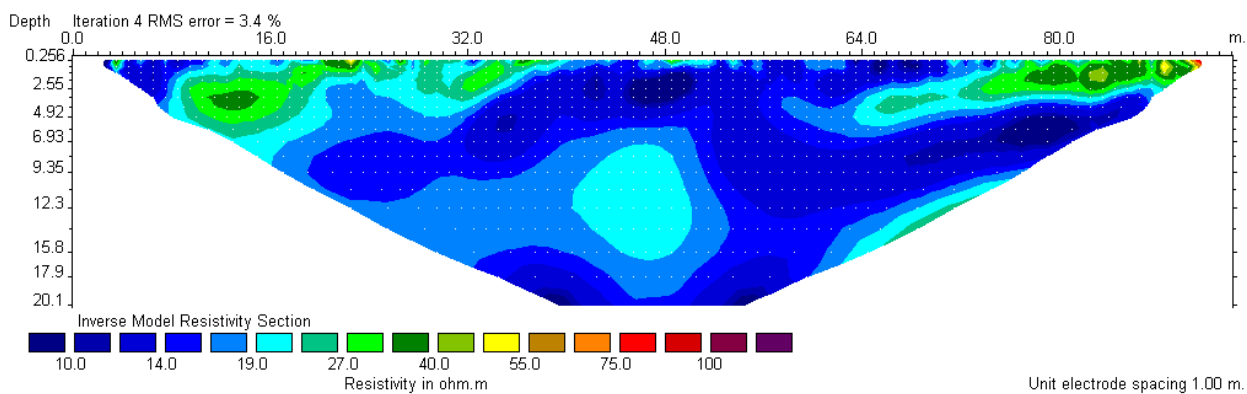
Sezione R4



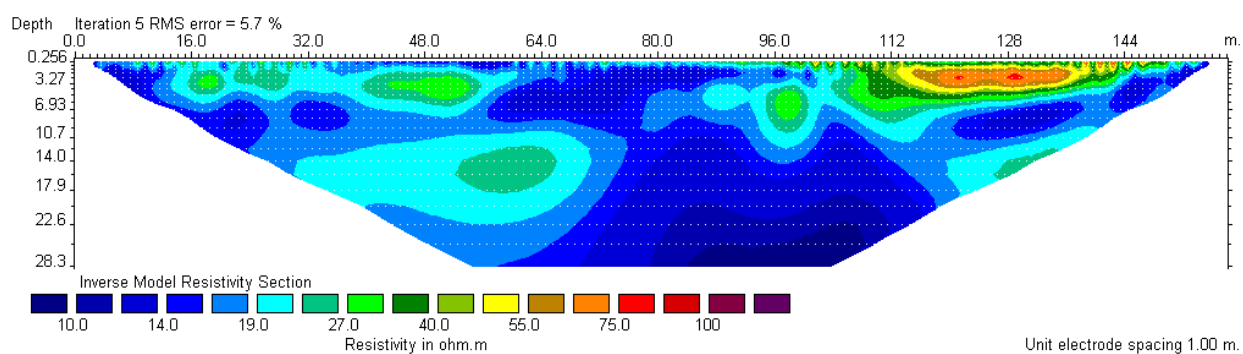
Sezione R5



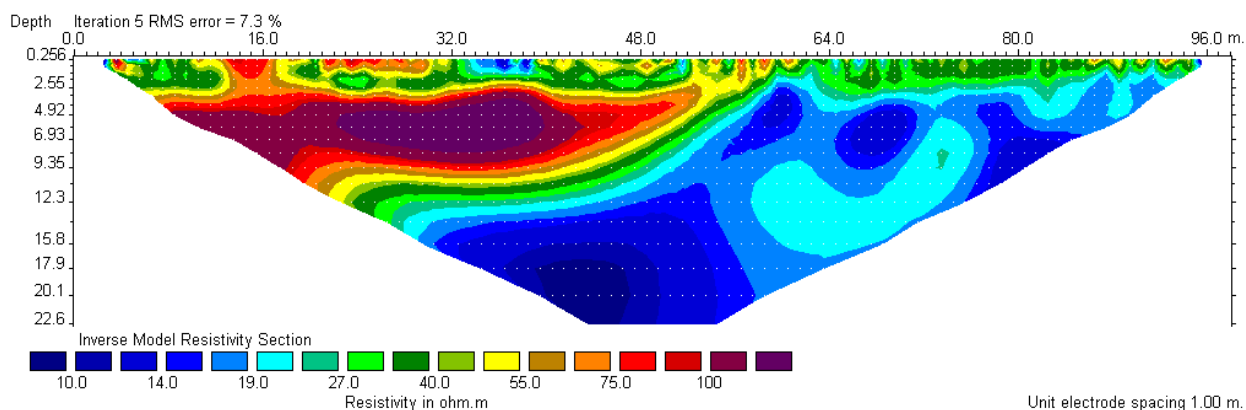
Sezione RL1a



Sezione RL1b

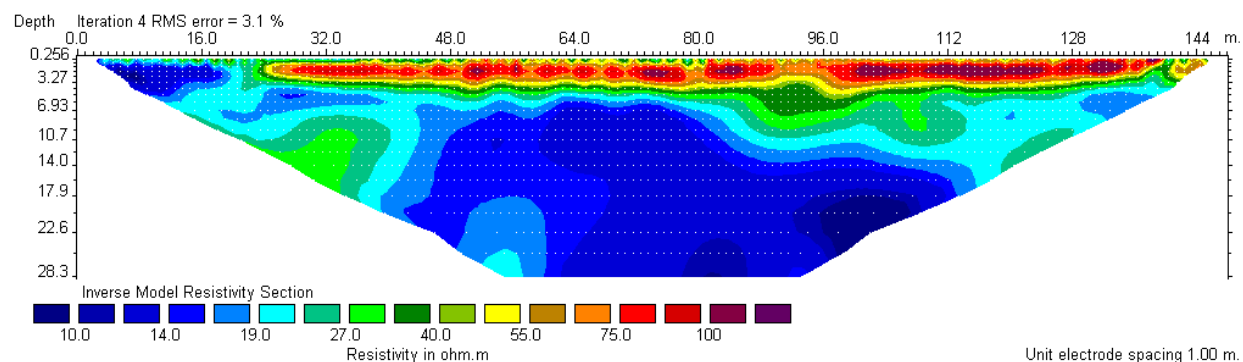


Sezione RL2a

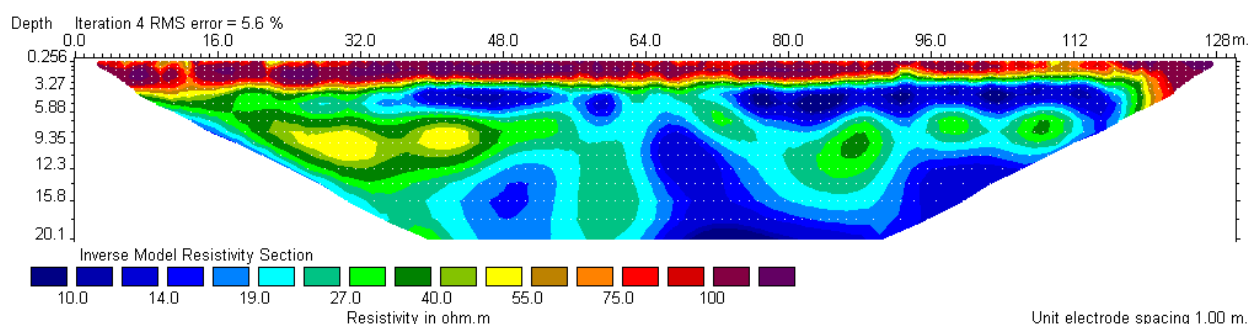
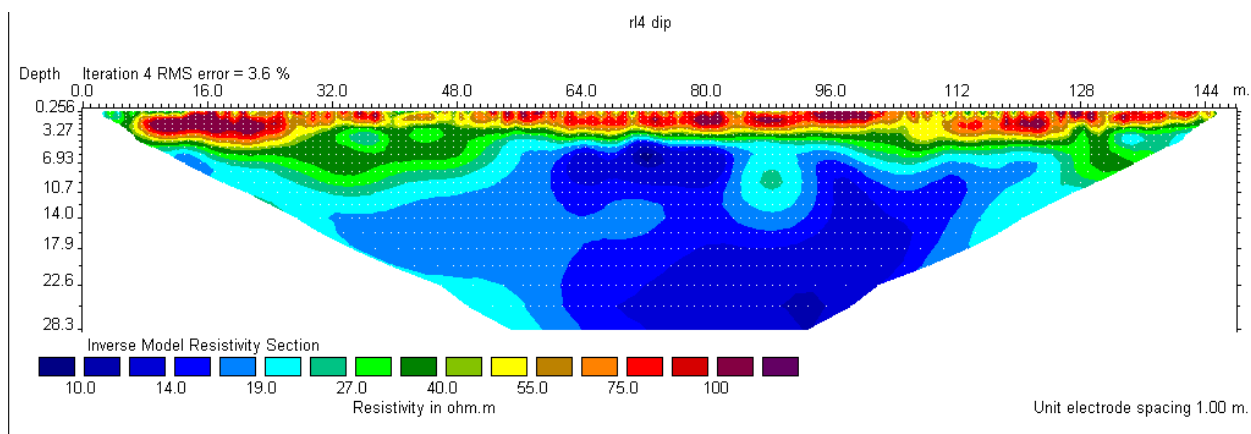


Sezione RL2b

r13 dip



Sezione RL3








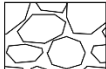
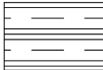
## 6. CARATTERIZZAZIONE ORIZZONTE DI TERRENI COESIVI PER LA FORMAZIONE DEL NUCLEO ARGINALE

Come precedentemente esposto grazie all'interpretazione delle tomografie elettriche acquisite nel sito ed alla loro interpretazione guidata dalle prove dirette dai sondaggi e dalle analisi di laboratorio ha permesso di individuare in maniera analitica la reale e la profondità di affioramento sia della lente di argilla individuata nelle previsioni del progetto di fattibilità tecnico economica sia l'orizzonte superficiale di ghiaie affiorante nella restante porzione del sito

la superficie di scavo coincidente con l'affioramento delle argille è di circa 6000 metri quadri che in considerazione di una profondità media di scavo prossima ai 3 m permette di raggiungere un volume di approvvigionamento in grado di sostenere interamente le richieste progettuali per la formazione del nucleo arginale.



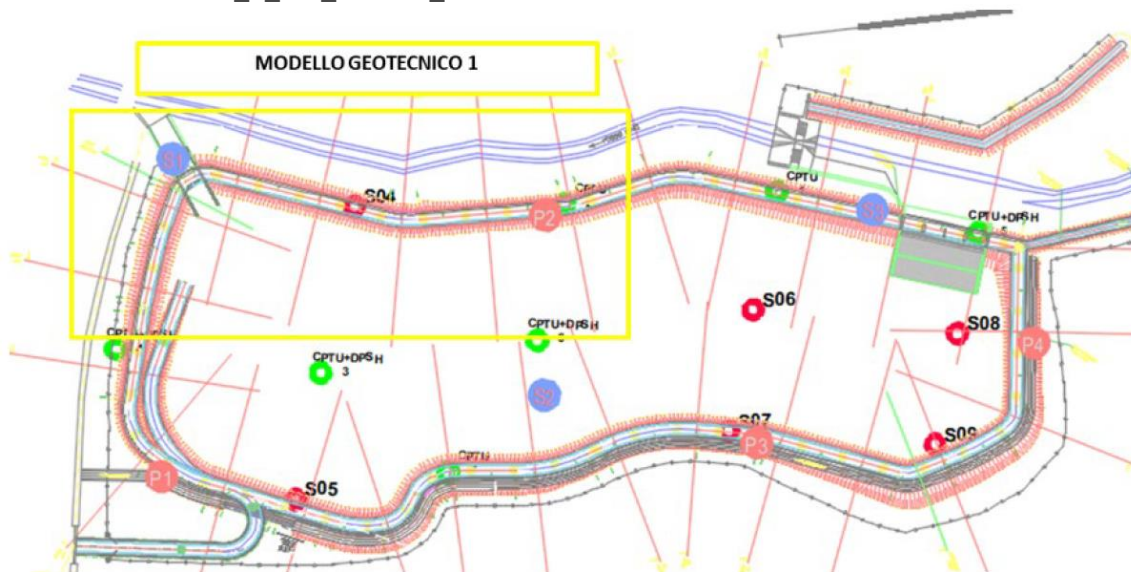


Legenda		
	Tipologia di prova	obiettivo
	Prova MASW 2d	Valutazione rigidità dei terreni 2D
	Tomografia elettrica	Valutazione litologica 2D
	Sondaggi geognostici	Valutazione stratigrafia e prelievo campioni per caratterizzazione terreni
	Prove penetrometriche statiche con piezometro CPTU e DPSH	Valutazione stratigrafica e riconoscimento litologie
	Limite di affioramento Nord occidentale della lente di argille come prevista dal PFTE	
	Area di affioramento dei terreni ghiaiosi in matrice limo-argillosa	
	Area di affioramento dei terreni limo-argillosi utilizzabili per la formazione del nucleo arginale	

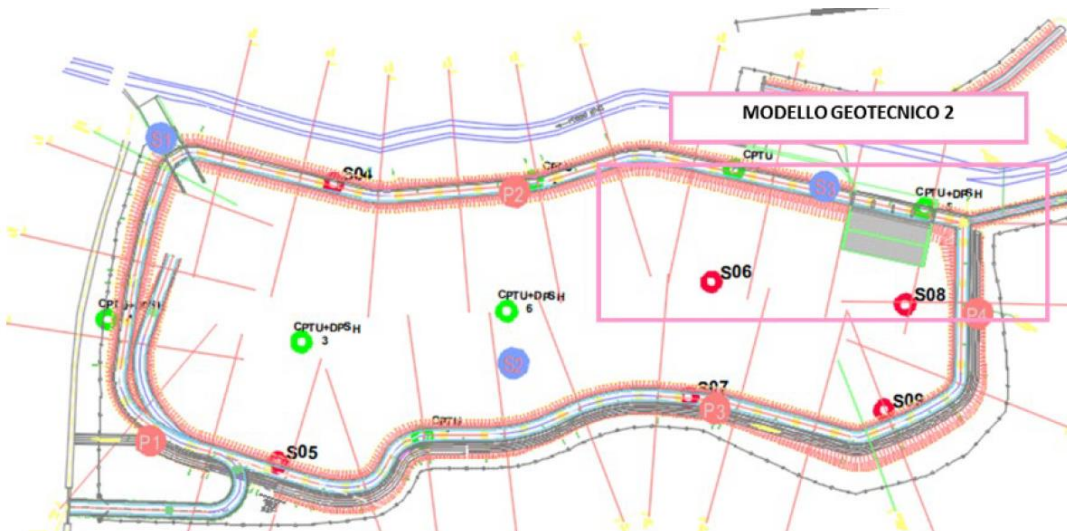
## 7. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base delle indagini appositamente effettuate per la stesura del presente progetto e di quelle effettuate nel corso della progettazione di fattibilità tecnico economica, è stato possibile caratterizzare da un punto di vista geotecnico l'intera area interessata dalla realizzazione delle opere e degli scavi.

In virtù della variabilità dei parametri ottenuti attraverso le prove effettuate e della distribuzione areale dei litotipi associati, è stata suddivisa l'area in tre sotto aree omogenee. Per le quali sono stati individuati i parametri caratteristici da utilizzare nelle valutazioni geotecniche che vengono riportate con maggior dettaglio all'interno dell'elaborato 2422\_E\_G0\_RRG02\_00 Relazione Geotecnica.

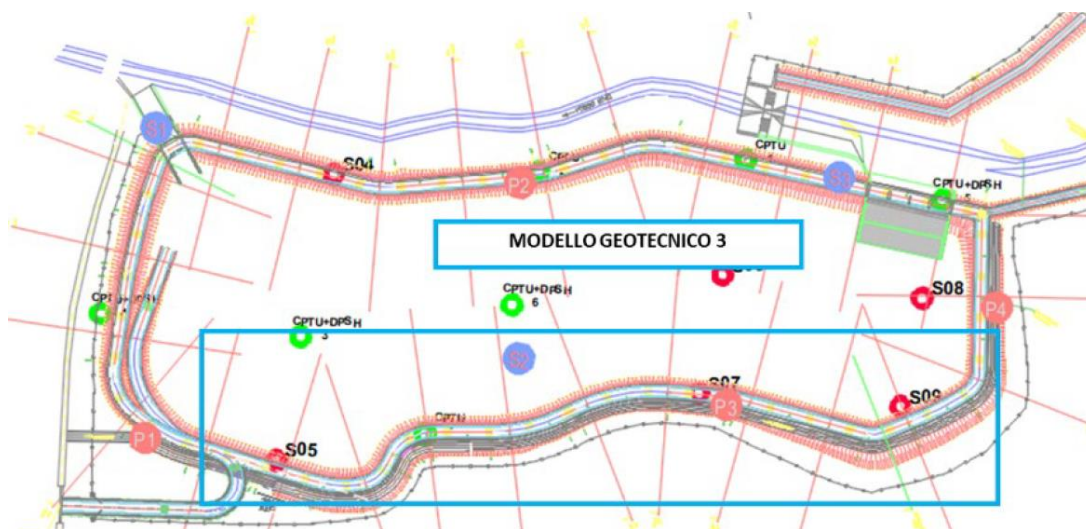


*Area di pertinenza del modello geotecnico uno*



*Area di pertinenza del modello geotecnico due*





area di pertinenza del modello geotecnico tre

MODELLO GEOTECNICO 1						
	z (m),	gamma (kN/mc)	c' (kPa)	phi (°)	E (MPa)	k (m/s)
ghiaie limose	0-5	19	0	32	60	5,00E-05
limi sabbiosi	5 - 11	18,5	20	27	7	4,93E-07
limi argillosi	11 - 30	19,5	0	25	10	1,00E-08

MODELLO GEOTECNICO 2					
	z (m),	gamma (kN/mc)	c' (kPa)	phi (°)	E (MPa)
ghiaie limose	0-6,5	20	0	27	60
argilla limosa	6,5 -10	19,8	35	23,5	40

MODELLO GEOTECNICO 3					
	z (m),	gamma (kN/mc)	c' (kPa)	phi (°)	k (m/s)
ghiaie limose	0-2	20	0	27	5,00E-05
limi argillosi	2-10	19,1	20	26	9,50E-07



## 8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. L'azione sismica sulle costruzioni è quindi valutata da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

L'azione sismica così individuata viene poi variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

### 8.1. Categoria di sottosuolo

In base a quanto attualmente esposto delle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. 17 gennaio 2018, che aggiornano e sostituiscono il precedente D.M. del 14 gennaio 2008, è necessario determinare le azioni sismiche di progetto tramite specifiche analisi di sito o mediante un approccio semplificato che si basa sul calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{seq}$ ) partendo dal piano di posa delle fondazioni.

Il valore di  $V_{seq}$  (in m/s) viene calcolato secondo la seguente espressione:

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

con:

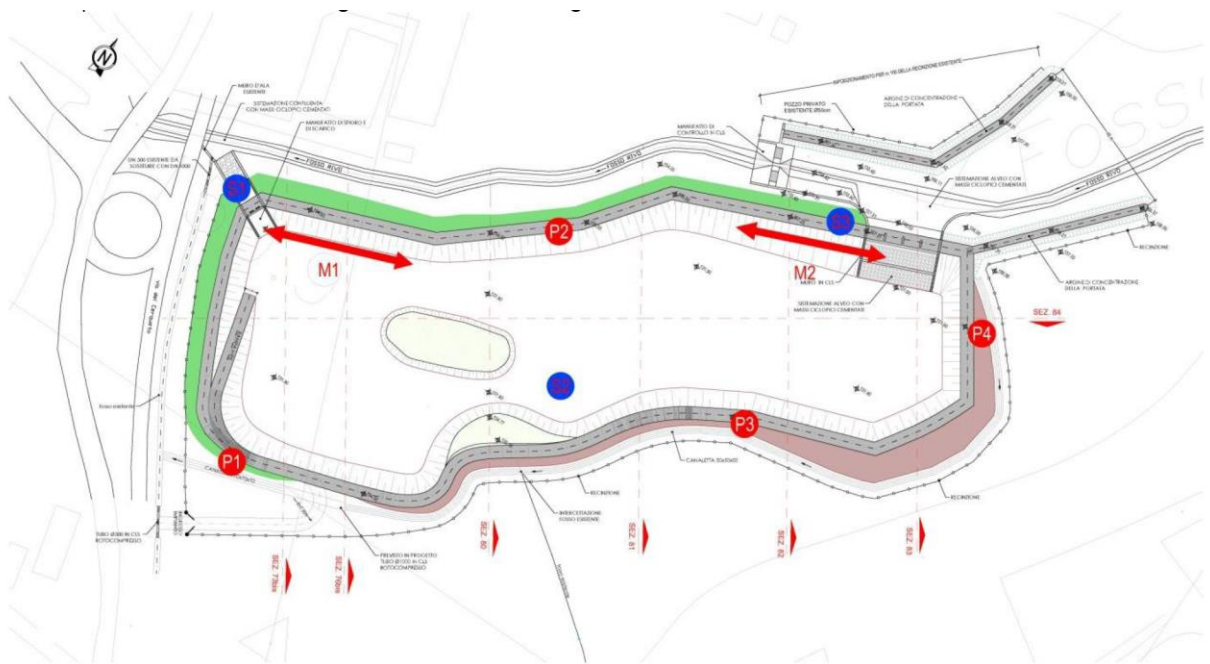
$h_i$ , lo spessore (m) dell'  $i$ -esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo;

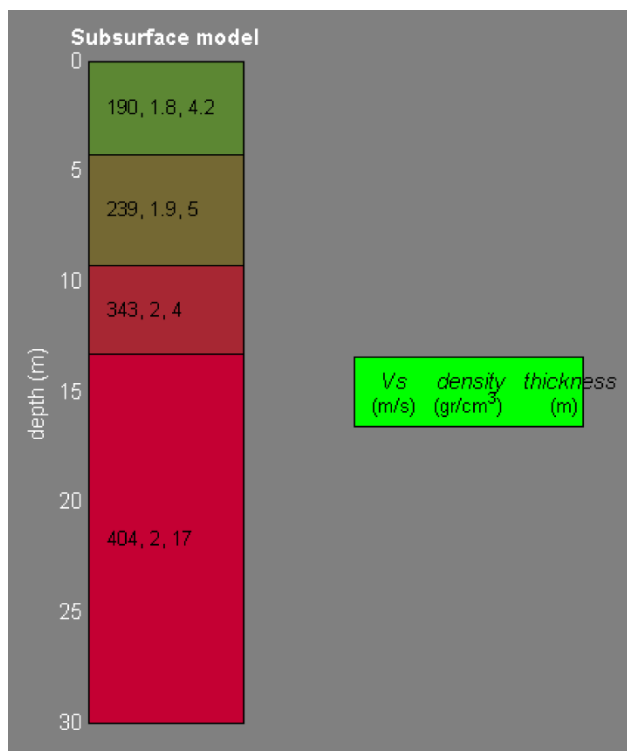
$N$  numero di strati;

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

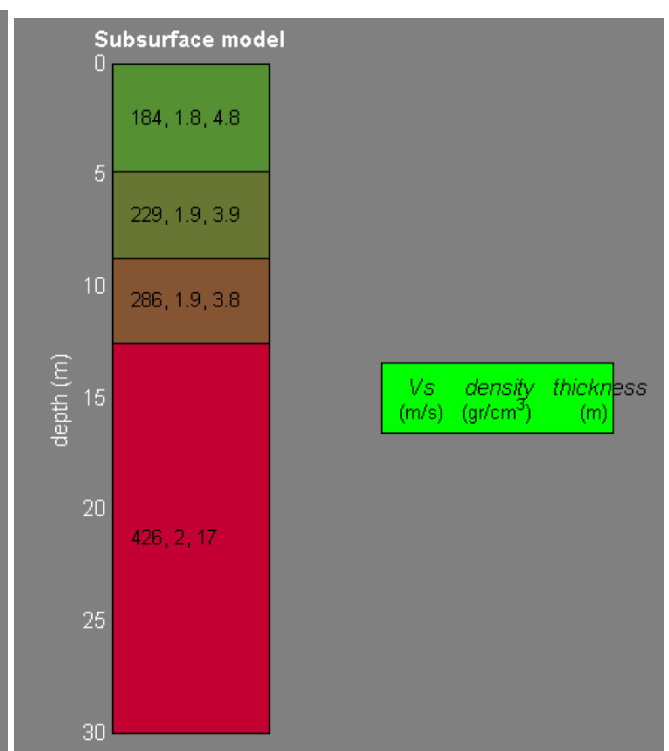
L'indagine sismica effettuata tramite due prove MASW acquisite nel corso della progettazione preliminare e ubicate in corrispondenza delle opere d'arte principali, ha permesso quindi di ricostruire i seguenti profili sismostratigrafici necessari per il calcolo delle  $V_{seq}$ :



Ubicazione delle indagini pregresse



Masw 01



Masw 02

elaborazione MASW

Dai i dati sopra elencati si evince l'assenza di un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) affiorante entro i primi 30.0 m di profondità e quindi, visto l'aumento delle velocità con la profondità e considerando in via cautelativa il piano di posa delle fondazioni coincidente con il piano campagna, sono stati ricavati i seguenti valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio riferiti ai primi 30 m di profondità ( $H = 30$  nella precedente espressione):

**MASW 01  $V_{seq}(Vs30) = 311$  m/s - MASW 02  $V_{seq}(Vs30) = 307$  m/s**



Pertanto, sulla base di questo valore e secondo quanto stabilito dal DM del 17 gennaio 2018, è possibile assegnare al terreno di progetto la seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

**“C” Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

## 8.2. Condizioni topografiche

Il sito in esame si trova in corrispondenza di una superficie pianeggiante e pertanto, in conformità a quanto previsto dal DM del 17 gennaio 2018, l'area può essere classificata nella seguente categoria topografica:

**Categoria topografica “T1”**

## 8.3. Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento  $c$  che si ricava moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$  (§2.4.3 NTC 2018). Nel caso specifico risulta:

**$V_N = 50$  anni** (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

**$C_U = 1.0$  anni** (Classe d'uso II §2.4.2 NTC 2018)

**$V_R = 50$  anni**

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

### **Stati limite di esercizio**

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

### **Stati limite ultimi**

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$  (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di  $P_{V_R}$  viene calcolato il periodo di ritorno medio  $T_R$  di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	$P_{V_R}$ [%]	$T_R$ [anni]
SLO	81	30
SLD	63	50
SLV	10	475
SLC	5	975

Tabella - Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento  $V_R$ .

## 8.4. Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento  $P_{VR}$  in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **C**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

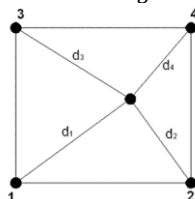
- $a_g$  : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno  $T_R$ , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- $p$  : generico parametro ( $a_g, F_0, T_C^*$ ) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- $d_i$  : distanza tra il punto oggetto di studio e l' $i$ -esimo punto della maglia;
- $p_i$  : valore del generico parametro ( $a_g, F_0, T_C^*$ ) nell' $i$ -esimo punto della maglia.



Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 42,582667

Longitudine (ED50): 12,634240

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	25406	42,581510	12,607320	2207,8
Sito 2	25407	42,582020	12,675220	3355,9
Sito 3	25185	42,632020	12,674600	6405,2
Sito 4	25184	42,631510	12,606670	5881,1

Tabella



	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,058	2,504	0,270
Danno (SLD)	63	50	0,071	2,490	0,281
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,168	2,449	0,321
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,210	2,479	0,332

Tabella Parametri sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,620	1,000	0,017	0,009	0,848	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,021	0,011	1,048	0,200
SLV	1,450	1,530	1,000	0,058	0,029	2,389	0,240
SLC	1,390	1,510	1,000	0,082	0,041	2,866	0,280

Tabella coefficienti sismici **Stabilità dei pendii**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,620	1,000	0,000	--	0,848	--
SLD	1,500	1,600	1,000	0,050	0,025	1,048	0,470
SLV	1,450	1,530	1,000	0,093	0,046	2,389	0,380
SLC	1,390	1,510	1,000	0,000	--	2,866	--

Tabella coefficienti sismici **Fronti di scavo e rilevati**

## 9. Stabilità del sito nei confronti della liquefazione

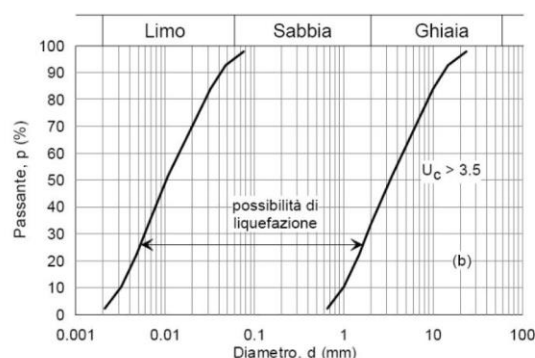
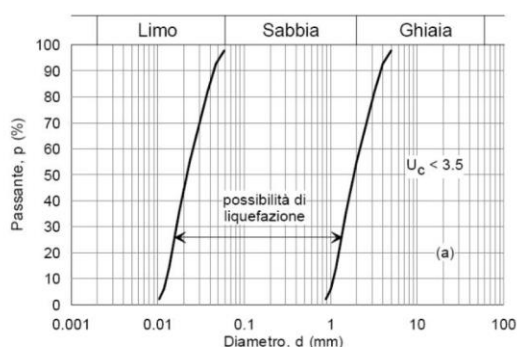
La liquefazione del suolo è il fenomeno per il quale i suoli, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido a uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante. La liquefazione avviene più frequentemente in depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi. Durante la fase di carico, le sollecitazioni indotte nel terreno, quali possono essere

quelle derivanti da un evento sismico, possono causare un aumento delle pressioni interstiziali fino a eguagliare la tensione soprastante. Viene così annullata la resistenza al taglio del terreno secondo il principio delle pressioni efficaci di Terzaghi, e si assiste così a un fenomeno di fluidificazione del suolo. In pratica, si può osservare che gli edifici costruiti al di sopra di un terreno soggetto a tale fenomeno subiscono affondamenti e ribaltamenti, in quanto il terreno non è più in grado di opporre resistenza alla spinta proveniente dall'alto. I depositi più soggetti a liquefazione sono sabbie e limi la cui deposizione è avvenuta nell'Olocene (si tratta cioè di terreni generalmente non più antichi di 10 mila anni) a granulometria uniforme (ben classati) che si trovano in strati con spessori nell'ordine dei metri e in condizioni sature. Questi depositi possono trovarsi lungo letti fluviali, spiagge, dune e altre aree di accumulo di sabbie e silt di trasporto eolico (Loess). Fenomeni di liquefazione sono le sabbie mobili, quickclay, correnti di torbida e liquefazioni da terremoti. Dai dati di Letteratura tali fenomeni risultano assenti nel territorio in esame. Per contro, è importante evidenziare che all'epoca dei grandi terremoti che hanno interessato l'Appennino Meridionale, l'urbanizzazione era limitata e quindi anche le osservazioni di tali fenomeni erano circoscritte in aree ristrette. Studi recenti (Galli, 2000) rilevano come in Italia siano pochi i casi reali verificatisi di fenomeni di liquefazione. Difatti con il termine di Liquefazione si intende riferirsi alla perdita di

resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella delle masse viscose. Ciò avviene solitamente nei depositi di sabbie sciolte fini quando sotto l'azione di sollecitazioni esterne, la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducano a zero (per profondità comprese tra 0,00 metri e 15,00 metri dal p.c.). Generalmente risultano maggiormente suscettibili di liquefazione i terreni monogranulari (cioè con buona classazione del sedimento), aventi dimensioni comprese tra 1 mm e 0,01 mm, con coefficiente di uniformità compreso tra 2 e 10, bassa densità relativa e bassa resistenza penetrometrica.

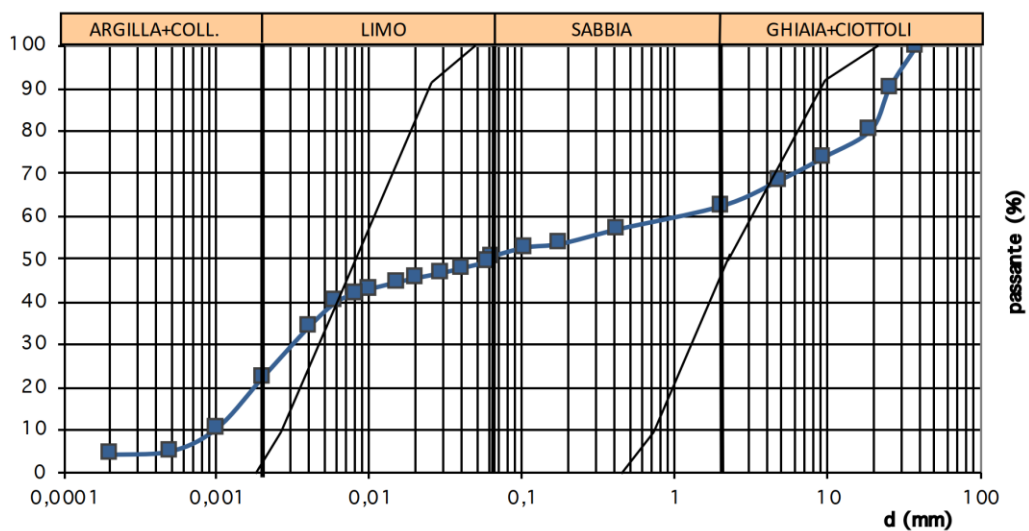
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- Ø Accelerazioni massime attese al p.c. in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g
- Ø Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal p.c., per p.c. sub- orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.
- Ø Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1n} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 Kpa e  $q_{c1n}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 Kpa.
- Ø Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure seguenti, nel caso rispettivamente di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c$  minore e maggiore di 3,5.

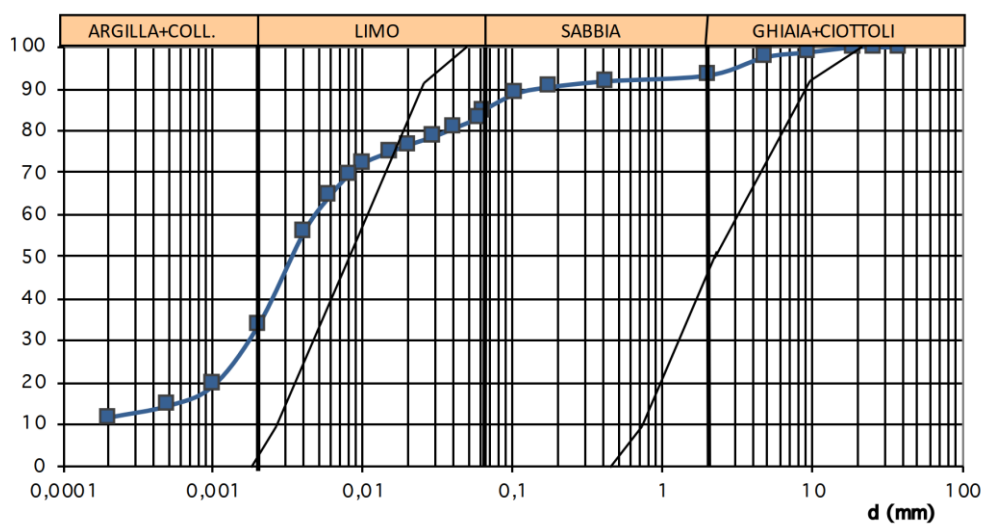


In virtù della litostratigrafia, ricostruita grazie alle indagini effettuate ed alle informazioni reperite in bibliografia, si evidenzia che nei primi 15 metri dal piano campagna, sono presenti circolazioni idriche ma le curve granulometriche analizzate risultano avere distribuzioni esterne ai fusi critici e le limitate lenti di sabbie prevalenti, risultano essere al di sotto dei 15 metri di profondità o limitate come spessore ed estensione, non presentando una continuità areale. In virtù di ciò si ritiene di non sottoporre il sito ad una verifica numerica e si ritiene di poter affermare che il sito non è potenzialmente soggetto a fenomeni di liquefazione.

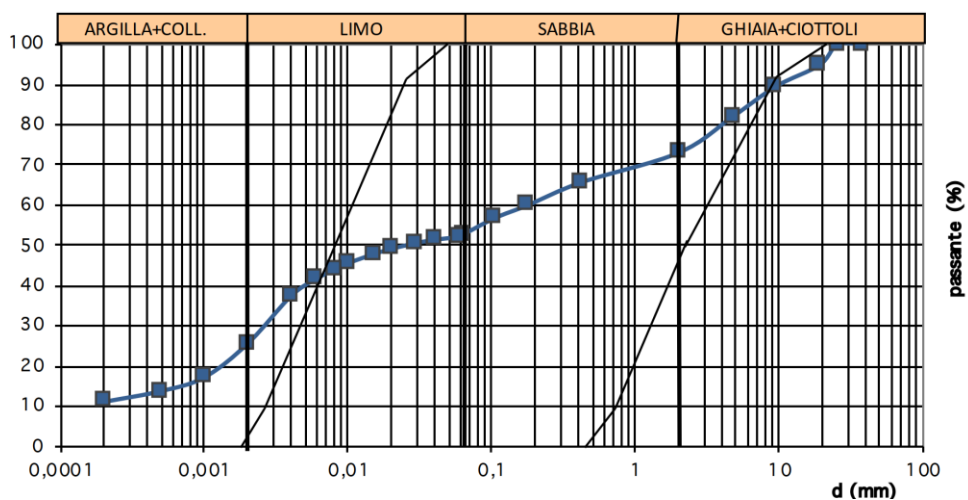




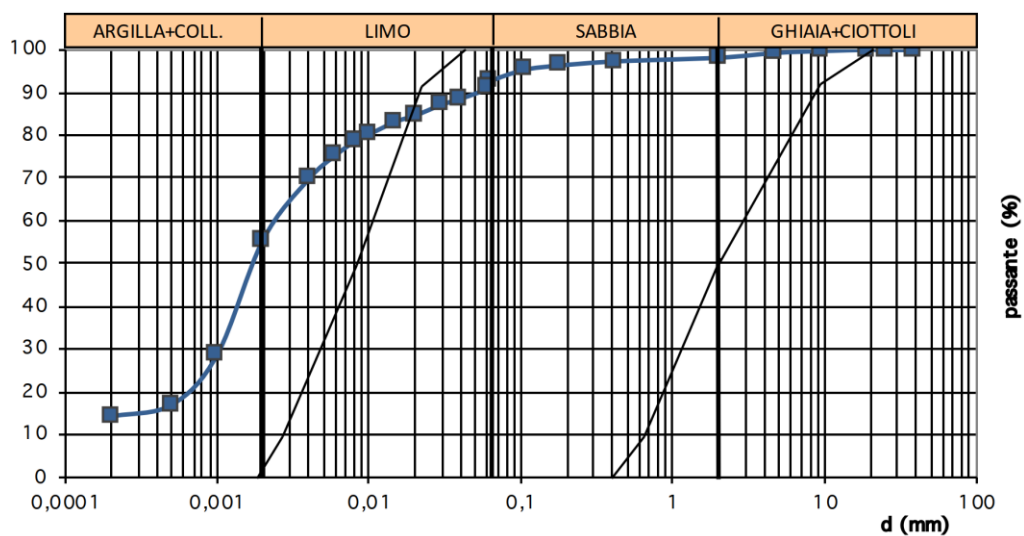
S04 2.0-2.25 C01



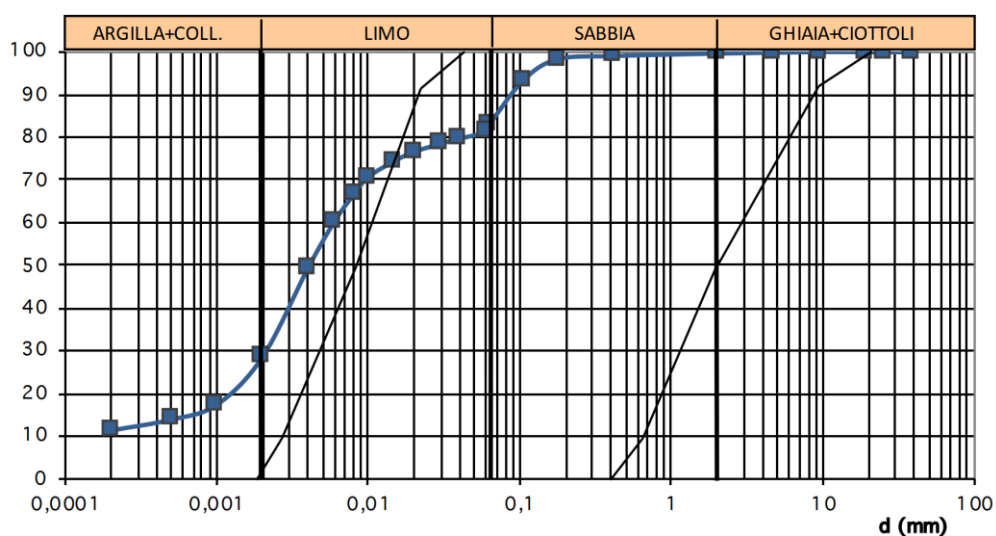
S04 5.4 - 5.9 C02



S07 1.5 - 1.8 C01



S08 6.8 - 7.3 C01



S09 1.5 - 2.0 C01

Perugia  
Giugno 2024

Geol.  
Claudio Bernetti  
Massimiliano Mazzocca



# Allegato 1

## Indagini PFTE (2023)

# **MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO BACINI FOSSI RIVO, CALCINARE E LAGARELLO NEL COMUNE DI TERNI**

**Ubicazione: ZONA CERQUETO**

**Committente: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE NERA**

**DOTT. GEOL LUCA LATELLA**

**SOC<sup>ETÀ</sup>  
GEOLOGICA** s.r.l.  
*Indagini geognostiche e  
geofisiche  
Studi geologici*  
Via G. di Vitalone 18 - 05100  
Terni  
P.I / C.F : 01374990552  
SDI : M5UXCR1

## **RESOCONTO INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Nel sito in studio sono state eseguite nella totalità le indagini geotecniche e geofisiche:

- n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui rispettivamente profondi 30 - 15 e 10 metri dal piano attuale di campagna, di cui n° 1 attrezzato a piezometro; n° 9 SPT e prelievo di n° 6 indisturbati e rispettive analisi di laboratorio;
- n° 3 prove LE FRANC per la determinazione della permeabilità dei depositi.

**In allegato si riportano tutti i risultati delle suddette indagini.**

# SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

LOCALITA': ZONA CERQUETO – TERNI

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE  
NERA

OPERA: MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO BACINI  
FOSSI RIVO, CALCINARE E LAGARELLO NEL  
COMUNE DI TERNI









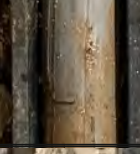



Committente: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE NERA	Profondità raggiunta: 30 metri	Quota Ass. P.C.: 153 m	
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 1	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.581465 Lng 12.632539
Progetto e Località: <b>Mitigazione del rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello nel Comune di Terni</b>			

	Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
		Terreno vegetale	0.20	0.20								
1		Brecce in matrice limo argillosa di colore marrone scuro rossastro con clasti di origine calcarea anche > 5 cm sub arrotondati										
2			2.80									
3				3.00								
4		Limi sabbiosi, debolmente argillosi di colore marrone sono presenti elementi ghiaiosi di natura calcarea e silicea								S1C1 3.00- 3.50		
5						PC 13 11 7	5.00 5.15 5.30 5.54					
6			8.00									
7												
8												
9						PC 4 4 7	9.00 9.15 9.30 9.54			S1C2 8.50- 9.00		
10				11.0								

PIEZOMETRO

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA - Tubo Aperto TF (Tubo Filtro) - TC (Tubo Cieco), GSG - Casagrande  
Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

Committente: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE NERA	Profondità raggiunta: 30 metri	Quota Ass. P.C.: 153 m	
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 1	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.581465 Lng 12.632539
Progetto e Località: <b>Mitigazione del rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello nel Comune di Terni</b>			

	Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
11		Limi sabbiosi, debolmente argillosi di colore marrone sono presenti elementi ghiaiosi di natura calcareo e silicea	8.00	11.0								
12		Limi argillosi debolmente sabbiosi con ciottoli sparsi da poco a molto compatte di colore grigio chiaro con livello a 16.50 m di materiale organico	6.00			PC 4 14.5 6 14.65 5 14.80 14.95		CS (T1) per tutto il sondaggio con uso di acqua per la perforazione	Uso di Rivestimenti Metallici (RM) fino a 20 metri di profondità			PIEZOMETRO
13												
14												
15		Sabbie limose di colore giallo ocre tendenti al marrone poco consistenti. sono presenti livelli di ghiaietto sparso.	2.40	17.0								
16												
17												
18												
19												
20												

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA - Tubo Aperto, GSG - Casagrande  
Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Cardaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
-----------	-------------	-------------	-------------	-----------------------	----------------------	-------------	---------------------------	------------------------------	----------	-------	-------------------------

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA - Tubo Aperto, GSG - Casagrande  
Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PIAZZAMENTO S1



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S1 0-5.00



Cassetta S1 5.00-10.00

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



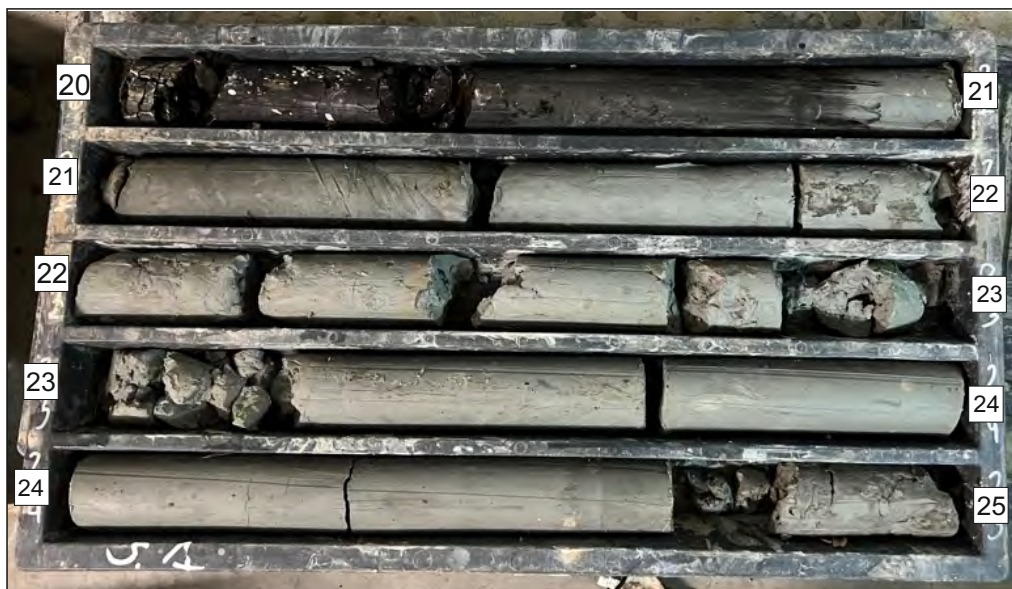
Cassetta S1 10.00-15.00



Cassetta S1 15.00-20.00



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S1 20.00-25.00






Cassetta S1 25.00-30.00

Committente: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE NERA	Profondità raggiunta: 15 metri	Quota Ass. P.C.: 155 m	
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 2	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.581354 Lng 12.633880
Progetto e Località: <b>Mitigazione del rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello nel Comune di Terni</b>			

	Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
		Terreno vegetale	0.20	0.20								
1		Argilla con limo, debolmente sabbiosa di colore nocciola ocracea	2.30	2.50		5 9 9	PC 2.50 2.65 2.80 2.95	CS (T1) per tutto il sondaggio con uso di acqua per la perforazione	Uso di Rivestimenti Metallici (RM) fino a 10 metri di profondità	S2C1 1.50- 2.00		
2												
3												
4		Limi argillosi e argille limose di colore grigio chiaro a grigio scuro con livelli anossici di colore nero con materiale organico da moderatamente a molto compatte	6.70									
5												
6												
7												
8												
9		Sabbie limose di colore giallo ocre tendenti al marrone poco consistenti	3.00	12.2		4 4 7	PC 9.00 9.15 9.30 9.54			S2C2 8.00- 8.50		
10												

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA - Tubo Aperto TF (Tubo Filtro) - TC (Tubo Cieco), GSG - Casagrande  
Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

Committente: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE NERA	Profondità raggiunta: 15 metri	Quota Ass. P.C.: 155 m	
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 2	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.581354 Lng 12.633880
Progetto e Località: <b>Mitigazione del rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello nel Comune di Terni</b>			

	Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
11		Sabbie limose di colore giallo ocre tendenti al marrone poco consistenti	3.00			PC 1 3 3	11.9 12.05 12.20 12.35	CS (T1) per tutto il sondaggio con uso di acqua per la perforazione	Uso di Rivestimenti Metallici (RM) fino a 10 metri di profondità			
12		Livello di limi argillosi debolmente sabbiosi con materiale organico moderatamente compatti	12.2	1.00								
13		limi argillosi di colore grigio e argille limose molto compatte	13.2	6.00								
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA - Tubo Aperto, GSG - Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PIAZZAMENTO S2



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S2 0-5.00



Cassetta S2 5.00-10.00




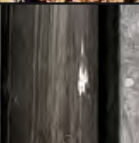





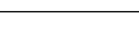
# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S2 10.00-15.00



Committente: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE NERA	Profondità raggiunta: 10 metri	Quota Ass. P.C.: 154 m	
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 3	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.582214 Lng 12.634083
Progetto e Località: <b>Mitigazione del rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello nel Comune di Terni</b>			

	Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
1		Brecce e ghiaie in matrice limo argillosa di colore bruno con clasti calcarei sub angolare	2.00									
2		Argilla debolmente sabbiosa limosa di colore marrone con abbondanti elementi detritici di natura calcarea e silicea	2.00									
3		Ghiaie e brecce in matrice limo sabbiosa con clasti poco arrotondati >5 cm	1.60							S3C1 2.00-2.50		
4		Limi argillosi di colore grigiastro	3.60									
5		Livello anossico con frustoli di legno e materiale organico prevalentemente limo argilloso	1.40									
6		Limi argillosi e argille limose di colore grigio chiaro e grigio scuro molto compatte	5.00							S3C2 5.00-5.90		
7			0.90									
8			5.90									
9			1.00									
10			6.90									
			3.10									
			10.0									

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA - Tubo Aperto TF (Tubo Filtro) - TC (Tubo Cieco), GSG - Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PIAZZAMENTO S3



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S3 0-5.00



Cassetta S3 5.00-10.00





# RISULTATI CAMPIONI INDISTURBATI

LOCALITA': ZONA CERQUETO – TERNI

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE  
NERA

OPERA: MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO BACINI  
FOSSI RIVO, CALCINARE E LAGARELLO NEL  
COMUNE DI TERNI



COMMITTENTE:	Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera		
RIFERIMENTO:	Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni		
SONDAGGIO:	S1	CAMPIONE:	C1
		PROFONDITA': m	3.00-3.50

## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	23,0	%
Peso di volume	19,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,62	
Indice dei vuoti	0,660	
Porosità	39,8	%
Grado di saturazione	91,4	%
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	5,6	%
Sabbia	34,6	%
Limo	39,9	%
Argilla	19,9	%
D 10		mm
D 50	0,040933	mm
D 60	0,076428	mm
D 90	1,965400	mm
Passante set. 10	90,1	%
Passante set. 42	80,0	%
Passante set. 200	59,8	%

### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	8,3	kPa	$\phi'$ 31,7 °
$c'_{Res}$		kPa	$\phi'_{Res}$ °

### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$ °
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$ °
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$ °
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$ °

### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
50,0 ÷ 100,0	9182	0,000336	3,59E-09
100,0 ÷ 200,0	6776	0,001514	2,19E-08
200,0 ÷ 400,0	6432	0,001565	2,39E-08
400,0 ÷ 800,0	10301	---	---
800,0 ÷ 1600,0	20077	---	---
1600,0 ÷ 3200,0	43485	---	---

Limo sabbioso, debolmente argilloso, di colore marrone ( $R_p = 290-310$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea e silicea.

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05631</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 26/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 27/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

### **CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 23,0 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo  
☐ Stratificato  
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo sabbioso, debolmente argilloso, di colore marrone ( $R_p = 290-310$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea e silicea.

1  
40719

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05630</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 26/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 26/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,0 kN/m³**

Limo sabbioso, debolmente argilloso, di colore marrone ( $R_p = 290-310$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea e silicea.

1  
40719



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05629</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 29/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 29/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,62

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,62

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 20,1 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Limo sabbioso, debolmente argilloso, di colore marrone ( $R_p = 290-310$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea e silicea.

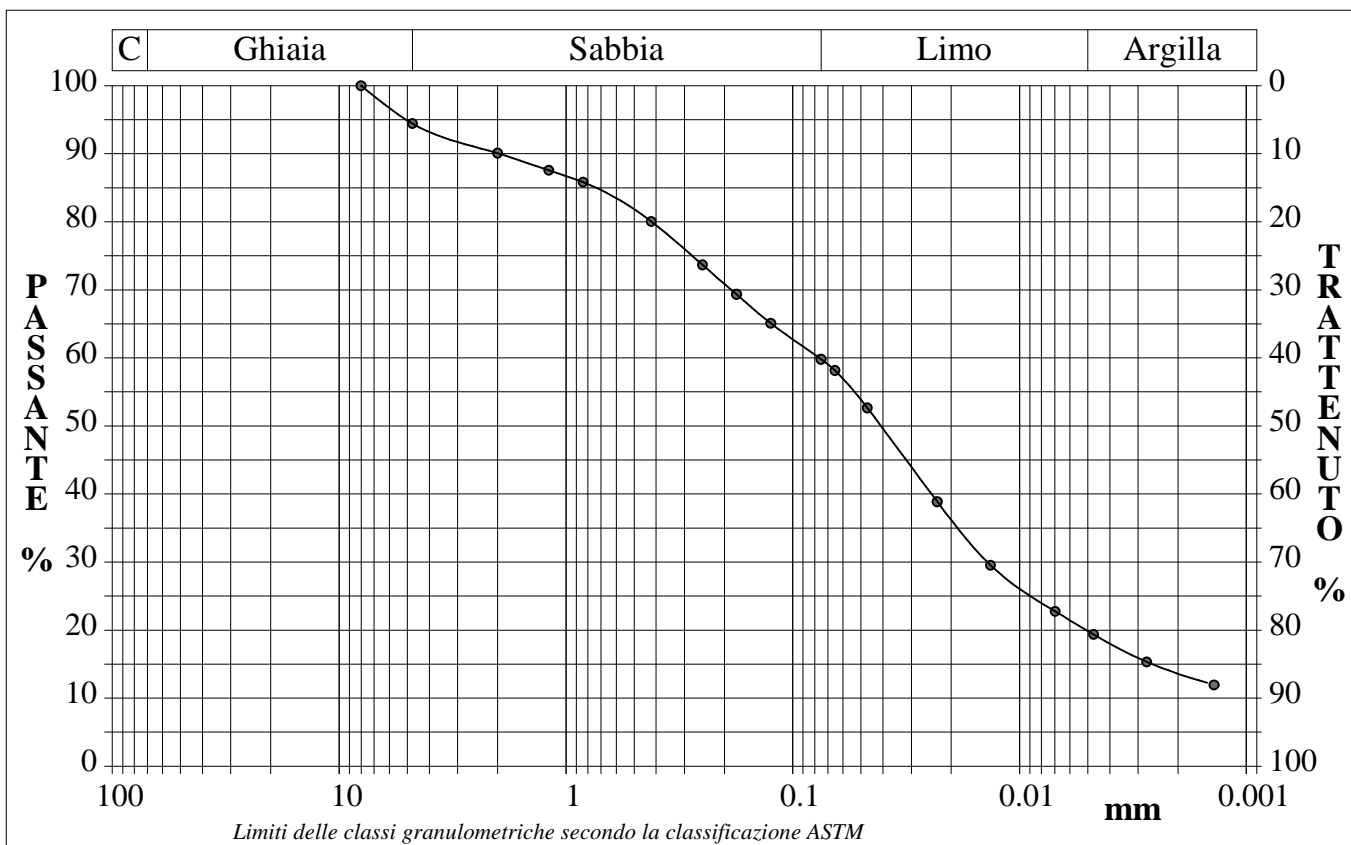
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05628</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 02/10/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	5,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	90,1 %	D10	---	mm
Sabbia	34,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	80,0 %	D30	0,01380	mm
Limo	39,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	59,8 %	D50	0,04093	mm
Argilla	19,9 %			D60	0,07643	mm
				D90	1,96540	mm
Coefficiente di uniformità ---		Coefficiente di curvatura ---				



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
8,0000	100,00	0,4200	80,04	0,0652	58,16	0,0047	19,37		
4,7500	94,44	0,2500	73,68	0,0469	52,65	0,0028	15,34		
2,0000	90,08	0,1770	69,34	0,0231	38,87	0,0014	11,95		
1,1900	87,57	0,1250	65,10	0,0134	29,54			Setacci	9
0,8410	85,84	0,0750	59,80	0,0070	22,76			Punti sediment.	8

Limo sabbioso, debolmente argilloso, di colore marrone ( $R_p = 290-310$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea e silicea.

1  
40719

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05627** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23

DATA DI EMISSIONE: 05/10/23

Inizio analisi: 26/09/23

Apertura campione: 26/09/23

Fine analisi: 05/10/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.00-3.50

## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

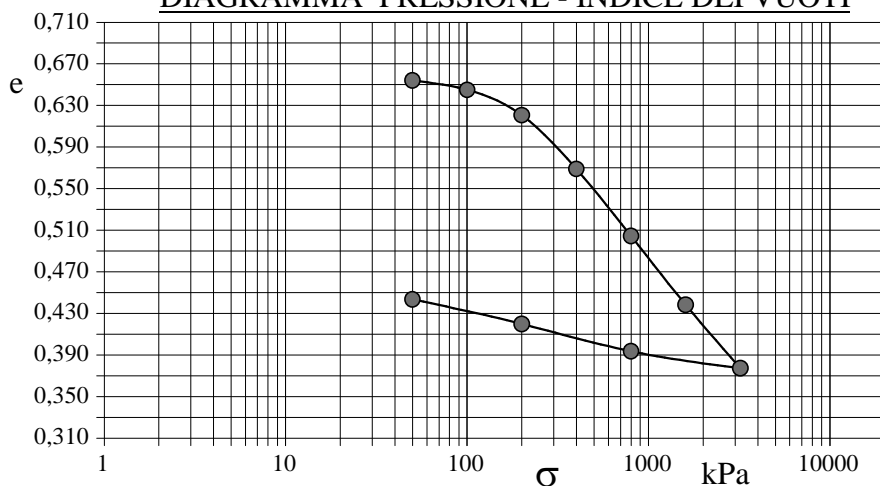
### Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³) 19,04  
Umidità (%) 23,0  
Peso specifico 2,62

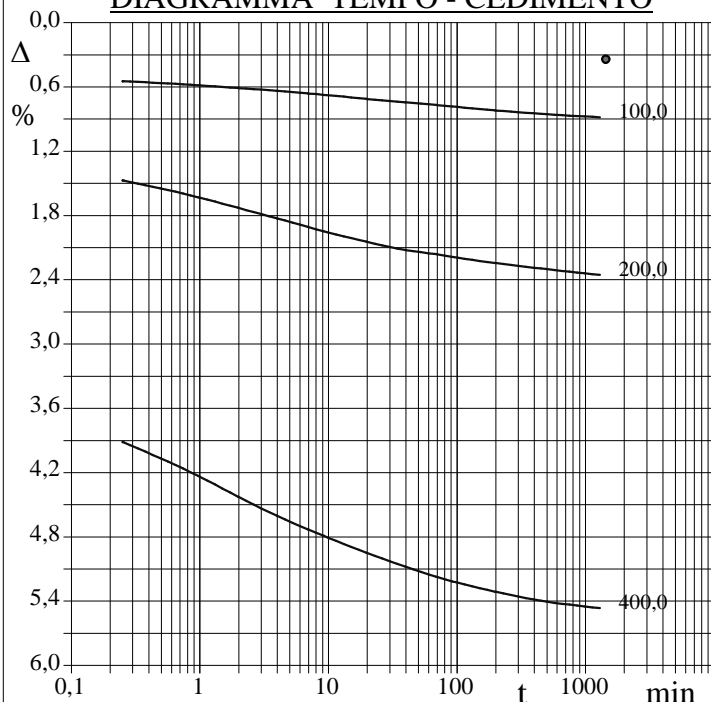
Altezza provino (cm) 1,97  
Diametro provino (cm) 5,03  
Sezione provino (cm²) 19,89  
Volume provino (cm³) 39,08

Volume dei vuoti (cm³) 15,53  
Indice dei vuoti 0,66  
Porosità (%) 39,75  
Saturazione (%) 91,4

### DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



### DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
50,0	6,7	0,654	
100,0	17,4	0,645	0,030
200,0	46,4	0,621	0,081
400,0	107,5	0,569	0,171
800,0	183,8	0,505	0,214
1600,0	262,1	0,438	0,220
3200,0	334,4	0,377	0,203
800,0	315,2	0,394	
200,0	284,0	0,420	
50,0	256,0	0,444	

Limo sabbioso, debolmente argilloso, di colore marrone ( $R_p = 290-310$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea e silicea.



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05627</b>	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 26/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 05/10/23

<b>COMMITTENTE:</b> Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
<b>RIFERIMENTO:</b> Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
<b>SONDAGGIO:</b> S1	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m	3.00-3.50

## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

## LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 100,0 kPa		Pressione 200,0 kPa		Pressione 400,0 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	6,7	0,00	17,4	0,00	46,4		
0,25	10,7	0,25	28,9	0,25	76,9		
1,00	11,5	1,00	32,1	1,00	83,3		
2,00	12,0	2,00	34,0	2,00	87,0		
4,00	12,5	4,00	35,9	4,00	90,5		
7,00	13,0	7,00	37,5	7,00	93,0		
10,00	13,3	10,00	38,5	10,00	94,5		
20,00	14,0	20,00	40,2	20,00	97,3		
40,00	14,6	40,00	41,7	40,00	99,8		
70,00	15,1	70,00	42,5	70,00	101,7		
100,00	15,5	100,00	43,1	100,00	102,7		
200,00	16,1	200,00	44,1	200,00	104,4		
500,00	16,8	500,00	45,2	500,00	106,2		
1440,00	17,4	1440,00	46,4	1440,00	107,5		

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05626</b>	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 29/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 30/09/23

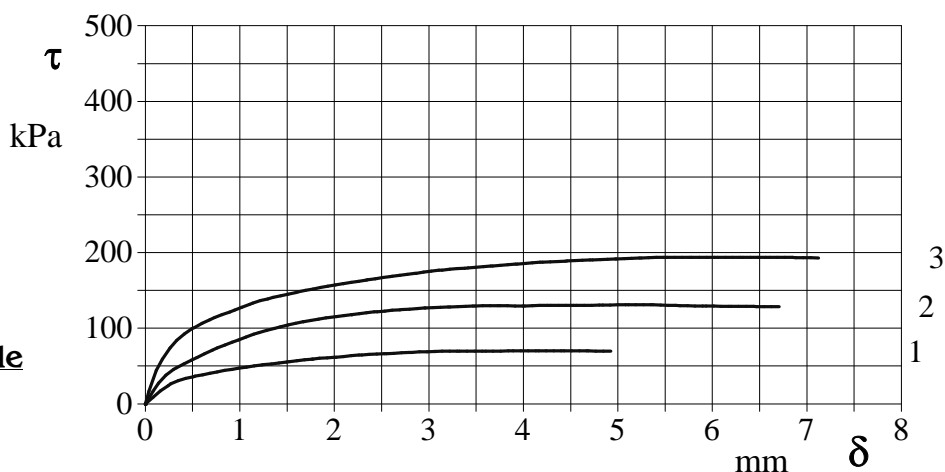
COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

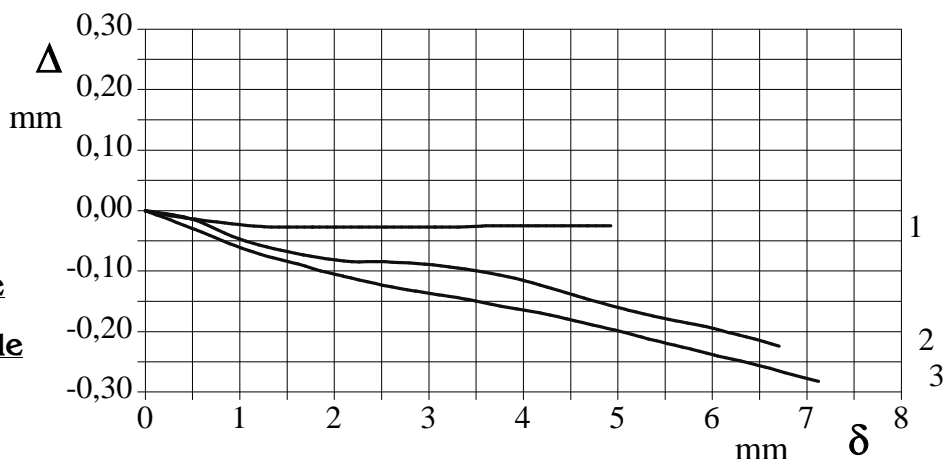
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	24,0 24,0	22,0 24,6	21,5 20,4
Peso di volume (kN/m³):	19,0	19,0	18,9
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0,056 mm / min		

**DIAGRAMMA**  
**Tensione**  
**Deformazione orizzontale**



**DIAGRAMMA**  
**Deformazione verticale**  
**Deformazione orizzontale**



Limo sabbioso, debolmente argilloso, di colore marrone ( $R_p = 290-310$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea e silicea.

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05626</b>	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 29/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 30/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera				
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni				
SONDAGGIO:	S1	CAMPIONE:	C1	PROFONDITA': m 3.00-3.50

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]



CERTIFICATO DI PROVA N°: 05626 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23

DATA DI EMISSIONE: 05/10/23

Inizio analisi: 29/09/23

Apertura campione: 26/09/23

Fine analisi: 30/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.00-3.50

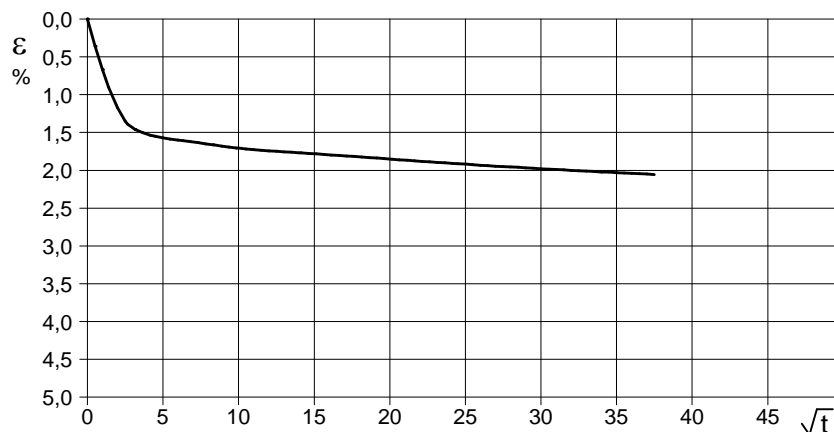
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 1

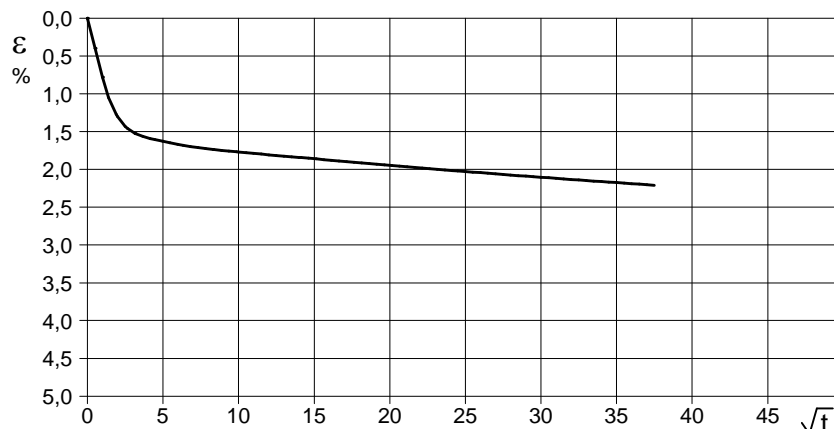
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,559
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	9,5
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,053



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 2

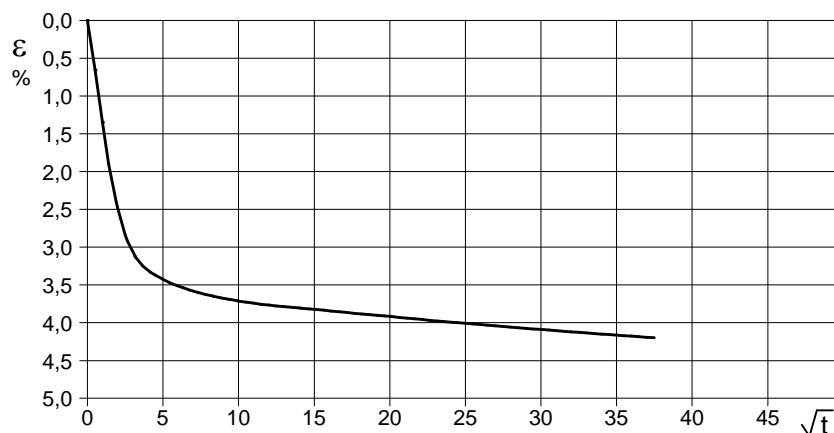
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,556
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	8,0
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,062



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 3

Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,516
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	9,7
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,051



1  
40719

Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 10 x T<sub>100</sub>

Vs = Df / tf

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05626</b>	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 29/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 30/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera				
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni				
SONDAGGIO:	S1	CAMPIONE:	C1	PROFONDITA': m 3.00-3.50

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05625</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 29/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 8.50-9.00

### **CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 33,2 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo  
☐ Stratificato  
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla limoso sabbiosa di colore marrone con screziature nerastre (Rp = 140-160 kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea.

2  
40720

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05624</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 28/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 8.50-9.00

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 18,5 kN/m³**

Argilla limoso sabbiosa di colore marrone con screziature nerastre ( $R_p = 140-160$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea.

2  
40720

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05623</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 29/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 29/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 8.50-9.00

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,58

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,58

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 19,3 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla limoso sabbiosa di colore marrone con screziature nerastre ( $R_p = 140-160$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea.

2  
40720



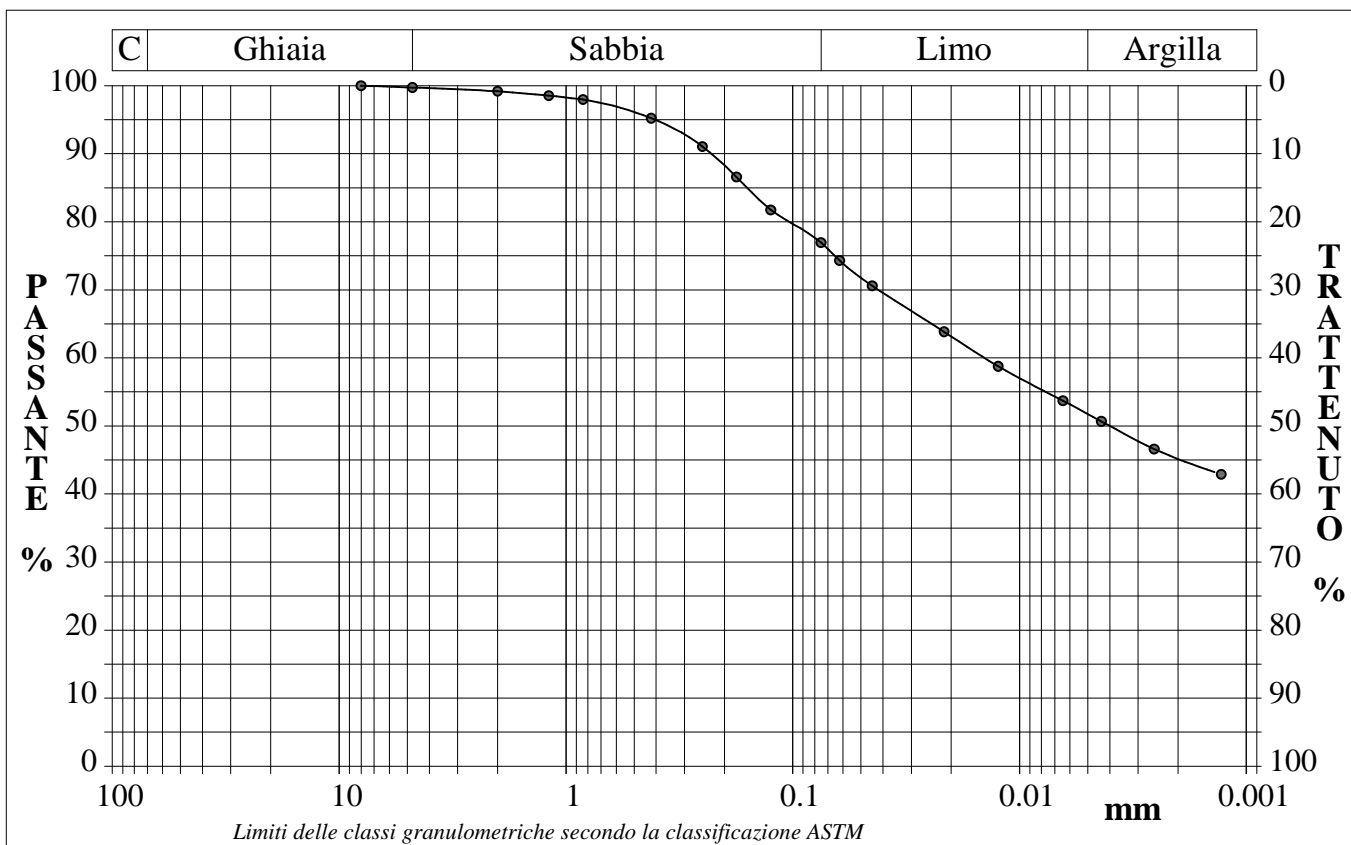
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05622</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 02/10/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 8.50-9.00

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,2 %	D10	---	mm
Sabbia	22,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95,2 %	D30	---	mm
Limo	25,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	76,9 %	D50	0,00399	mm
Argilla	51,7 %			D60	0,01419	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,23022	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
8,0000	100,00	0,4200	95,23	0,0622	74,31	0,0044	50,67		
4,7500	99,73	0,2500	91,07	0,0446	70,60	0,0025	46,61		
2,0000	99,17	0,1770	86,59	0,0215	63,84	0,0013	42,90		
1,1900	98,53	0,1250	81,76	0,0124	58,77			Setacci	9
0,8410	97,95	0,0750	76,93	0,0064	53,71			Punti sediment.	8

Argilla limoso sabbiosa di colore marrone con screziature nerastre ( $R_p = 140-160$  kPa); sono presenti rari elementi ghiaiosi di natura calcarea.

2  
40720

COMMITTENTE:	Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera		
RIFERIMENTO:	Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni		
SONDAGGIO:	S2	CAMPIONE:	C1
		PROFONDITA': m	1.50-2.00

## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	28,0	%
Peso di volume	19,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	14,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,64	
Indice dei vuoti	0,739	
Porosità	42,5	%
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	5,3	%
Limo	46,1	%
Argilla	48,6	%
D 10		mm
D 50	0,005628	mm
D 60	0,011734	mm
D 90	0,054330	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	99,4	%
Passante set. 200	94,7	%

### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	7,8	kPa	$\phi'$ 24,1 °
$c'_{Res}$		kPa	$\phi'_{Res}$ °

### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$ °
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$ °
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$ °
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$ °

### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
25,0 ÷ 50,0	4686	0,000470	9,84E-09
50,0 ÷ 100,0	4796	0,001673	3,42E-08
100,0 ÷ 200,0	6009	0,001525	2,49E-08
200,0 ÷ 400,0	9329	---	---
400,0 ÷ 800,0	14212	---	---
800,0 ÷ 1600,0	23687	---	---
1600,0 ÷ 3200,0	38547	---	---

Argilla con limo, debolmente sabbiosa, di colore nocciola ocraceo ( $R_p = 150-160$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05621</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 26/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 27/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.50-2.00

### **CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 28,0 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo  
☐ Stratificato  
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla con limo, debolmente sabbiosa, di colore nocciola ocraceo (Rp = 150-160 kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05620</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 26/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 26/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.50-2.00

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,1 kN/m³**

Argilla con limo, debolmente sabbiosa, di colore nocciola ocraceo ( $R_p = 150-160$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05619</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 29/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 29/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S2                                      CAMPIONE: C1                                      PROFONDITA': m 1.50-2.00

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,64

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,64

Metodo: ☒ A      ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,2 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla con limo, debolmente sabbiosa, di colore nocciola ocraceo ( $R_p = 150-160$  kPa).

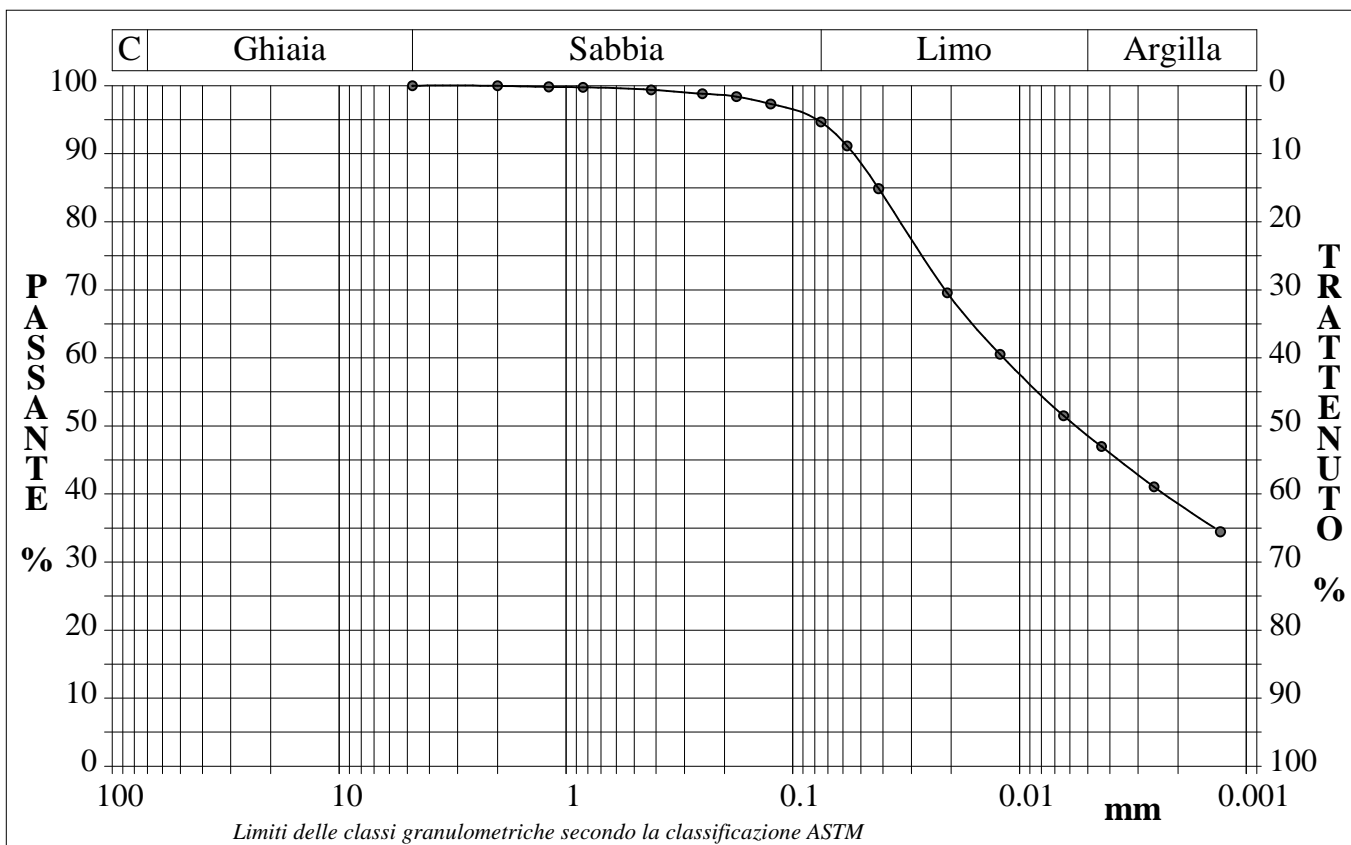
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05618</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 02/10/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.50-2.00

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	5,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,4 %	D30	---	mm
Limo	46,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,7 %	D50	0,00563	mm
Argilla	48,6 %			D60	0,01173	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,05433	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,2500	98,83	0,0418	84,88	0,0026	41,05		
2,0000	99,98	0,1770	98,40	0,0208	69,57	0,0013	34,44		
1,1900	99,83	0,1250	97,32	0,0122	60,53				
0,8410	99,76	0,0750	94,66	0,0064	51,48			Setacci	8
0,4200	99,40	0,0576	91,14	0,0043	46,96			Punti sediment.	8

Argilla con limo, debolmente sabbiosa, di colore nocciola ocraceo ( $R_p = 150-160$  kPa).



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05617** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23

DATA DI EMISSIONE: 05/10/23

Inizio analisi: 26/09/23

Apertura campione: 26/09/23

Fine analisi: 05/10/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.50-2.00

## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

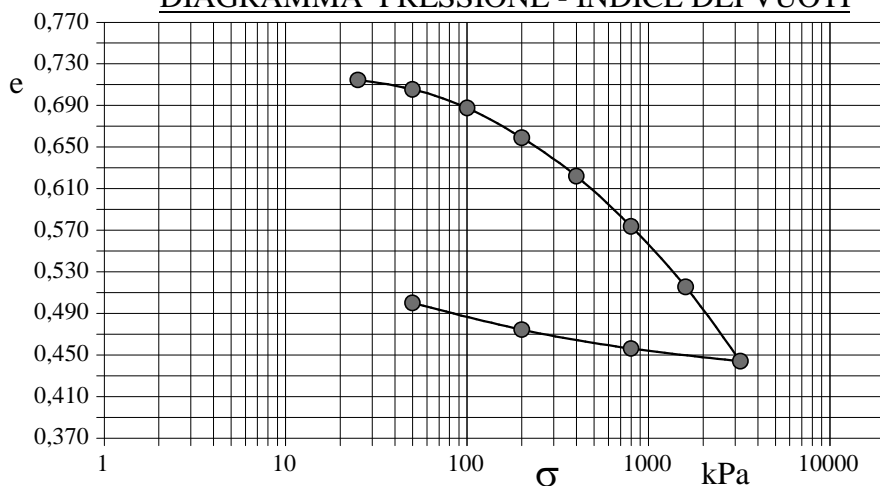
### Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³) 19,05  
Umidità (%) 28,0  
Peso specifico 2,64

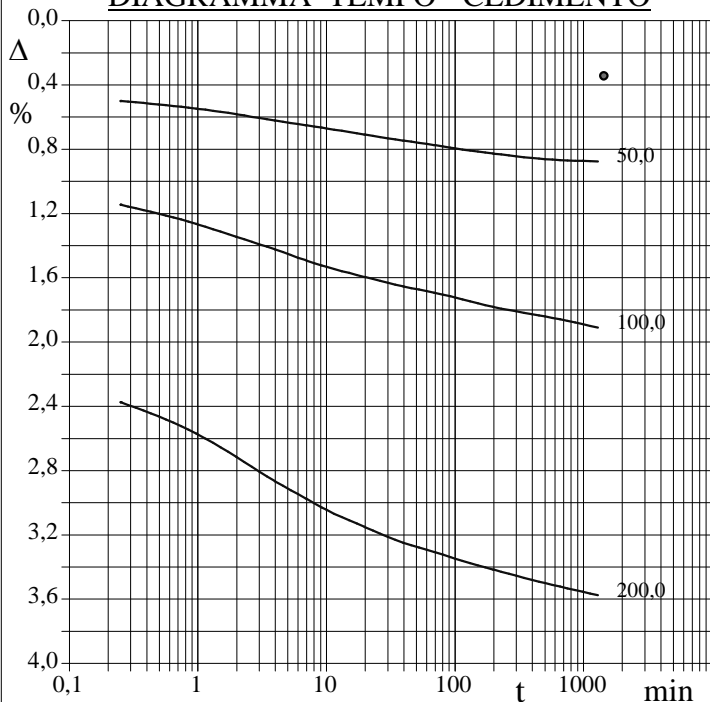
Altezza provino (cm) 2,04  
Diametro provino (cm) 5,02  
Sezione provino (cm²) 19,79  
Volume provino (cm³) 40,44

Volume dei vuoti (cm³) 17,18  
Indice dei vuoti 0,74  
Porosità (%) 42,48  
Saturazione (%) 100,0

### DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



### DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
25,0	7,0	0,715	
50,0	17,9	0,706	0,030
100,0	39,2	0,688	0,060
200,0	73,2	0,659	0,095
400,0	117,0	0,622	0,123
800,0	174,5	0,574	0,161
1600,0	243,5	0,516	0,193
3200,0	328,3	0,444	0,237
800,0	313,9	0,456	
200,0	292,4	0,474	
50,0	261,8	0,500	

Argilla con limo, debolmente sabbiosa, di colore nocciola ocraceo ( $R_p = 150-160$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05617</b>	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 26/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 05/10/23

<b>COMMITTENTE:</b> Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
<b>RIFERIMENTO:</b> Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
<b>SONDAGGIO:</b> S2	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m	1.50-2.00

## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

## LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 50,0 kPa		Pressione 100,0 kPa		Pressione 200,0 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	7,0	0,00	17,9	0,00	39,2		
0,25	10,2	0,25	23,4	0,25	48,5		
1,00	11,2	1,00	25,9	1,00	52,6		
2,00	11,9	2,00	27,5	2,00	55,5		
4,00	12,7	4,00	29,1	4,00	58,6		
7,00	13,3	7,00	30,5	7,00	60,8		
10,00	13,7	10,00	31,3	10,00	62,2		
20,00	14,5	20,00	32,6	20,00	64,4		
40,00	15,2	40,00	33,8	40,00	66,4		
70,00	15,8	70,00	34,6	70,00	67,6		
100,00	16,2	100,00	35,2	100,00	68,4		
200,00	16,9	200,00	36,4	200,00	69,8		
500,00	17,6	500,00	37,6	500,00	71,5		
1440,00	17,9	1440,00	39,2	1440,00	73,2		

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100

3  
40221

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05616** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23

DATA DI EMISSIONE: 05/10/23

Inizio analisi: 26/09/23

Apertura campione: 26/09/23

Fine analisi: 27/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

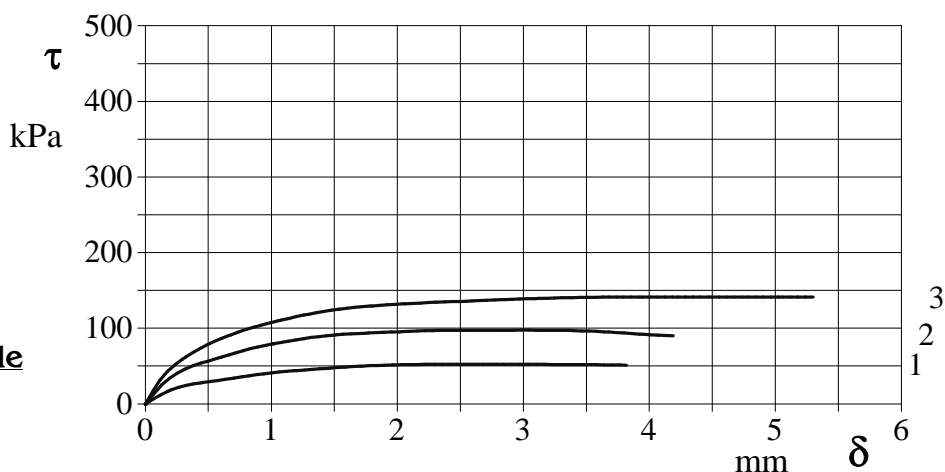
PROFONDITA': m 1.50-2.00

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

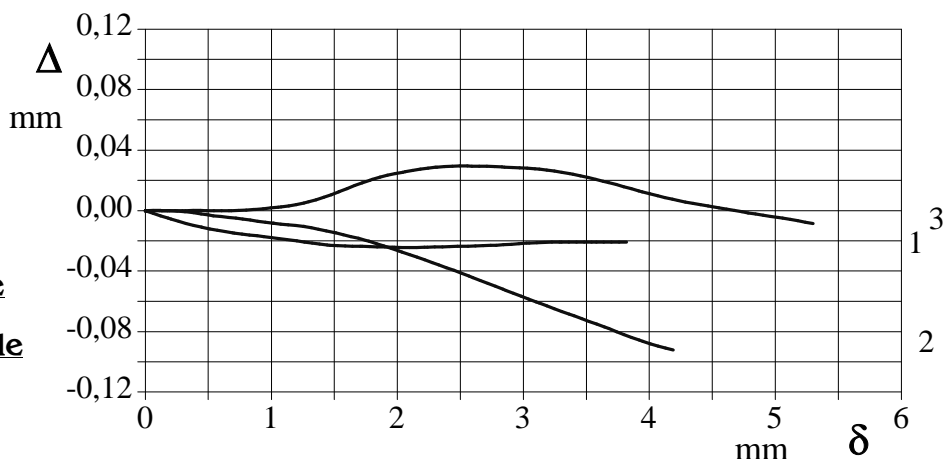
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	27,7 28,3	27,8 27,7	27,3 26,9
Peso di volume (kN/m³):	19,2	19,2	19,3
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0,062 mm / min		

**DIAGRAMMA**  
**Tensione**  
**Deformazione orizzontale**



**DIAGRAMMA**  
**Deformazione verticale**  
**Deformazione orizzontale**



Argilla con limo, debolmente sabbiosa, di colore nocciola ocraceo ( $R_p = 150-160$  kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05616</b>	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 26/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 27/09/23

<b>COMMITTENTE:</b> Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
<b>RIFERIMENTO:</b> Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
<b>SONDAGGIO:</b> S2	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m	1.50-2.00

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05616** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23

DATA DI EMISSIONE: 05/10/23

Inizio analisi: 26/09/23

Apertura campione: 26/09/23

Fine analisi: 27/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.50-2.00

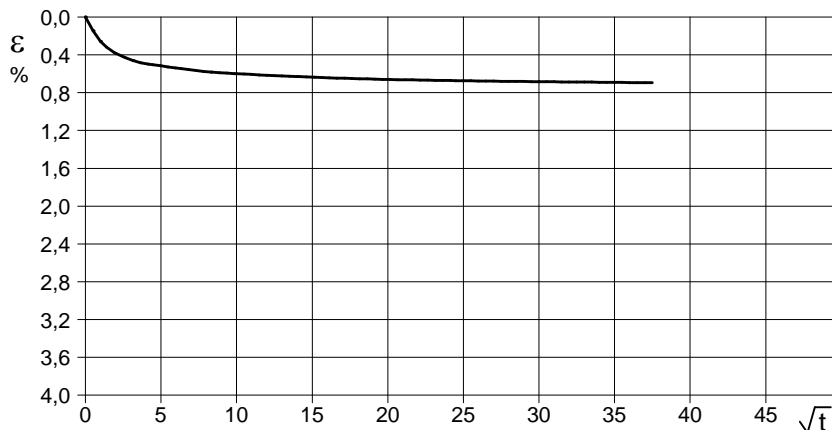
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 1

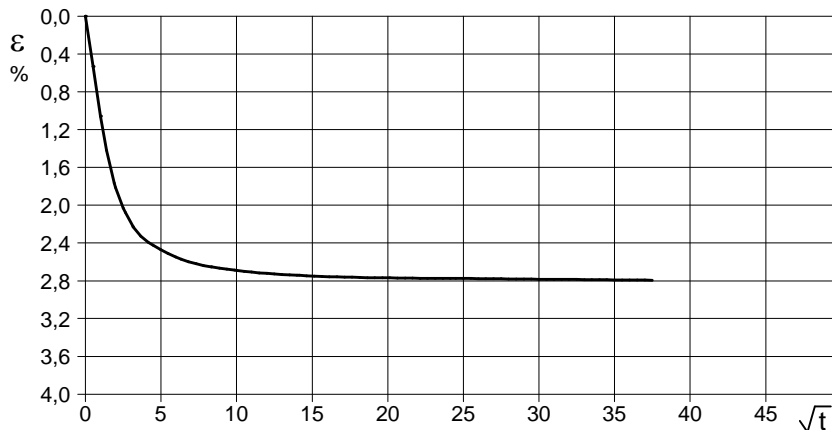
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,586
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	9,5
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,052



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 2

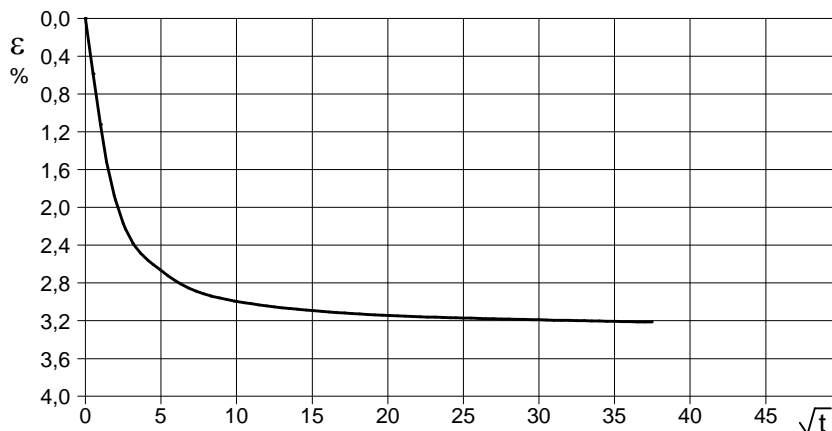
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,544
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	7,0
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,071



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 3

Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,536
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	8,2
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,061



3  
40221

Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 10 x T<sub>100</sub>

Vs = Df / tf

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05616</b>	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 26/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 26/09/23	Fine analisi: 27/09/23

<b>COMMITTENTE:</b> Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
<b>RIFERIMENTO:</b> Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
<b>SONDAGGIO:</b> S2	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m	1.50-2.00

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]



COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 8.00-8.50

## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	24,0	%
Peso di volume	19,7	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,7	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,65	
Indice dei vuoti	0,638	
Porosità	38,9	%
Grado di saturazione	99,8	%
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	1,1	%
Limo	69,5	%
Argilla	29,4	%
D 10		mm
D 50	0,015703	mm
D 60	0,023577	mm
D 90	0,051202	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	100,0	%
Passante set. 200	98,9	%

### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'_{Res}$	kPa	$\phi'_{Res}$	°

### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Limo argilloso di colore grigiastro ( $R_p = 360-380$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05615</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 29/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S2                                      CAMPIONE: C2                                      PROFONDITA': m 8.00-8.50

### **CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 24,0 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo  
☐ Stratificato  
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo argilloso di colore grigiastro (Rp = 360-380 kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05614</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 28/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S2                                      CAMPIONE: C2                                      PROFONDITA': m 8.00-8.50

## **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,7 kN/m³**

Limo argilloso di colore grigiastro ( $R_p = 360-380$  kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05613</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 29/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 29/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S2                                      CAMPIONE: C2                                      PROFONDITA': m 8.00-8.50

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,65

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,65

Metodo: ☒ A      ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,1 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Limo argilloso di colore grigiastro ( $R_p = 360-380$  kPa).

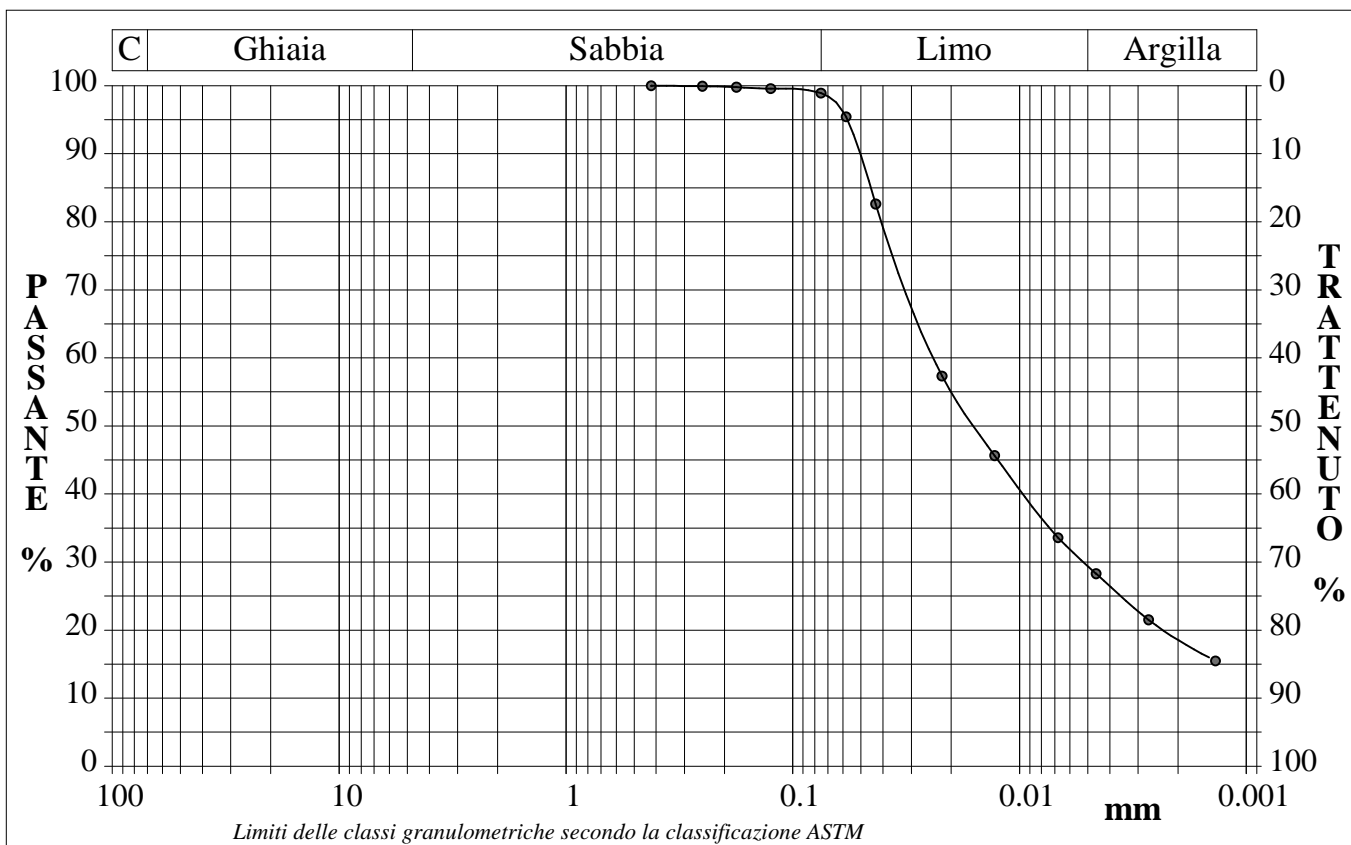
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05612</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 02/10/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 8.00-8.50

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	1,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D30	0,00521	mm
Limo	69,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	98,9 %	D50	0,01570	mm
Argilla	29,4 %			D60	0,02358	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,05120	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,4200	100,00	0,0582	95,44	0,0046	28,29				
0,2500	99,93	0,0430	82,61	0,0027	21,50				
0,1770	99,79	0,0220	57,34	0,0014	15,47				
0,1250	99,58	0,0129	45,64					Setacci	4
0,0750	98,91	0,0068	33,57					Punti sediment.	8

Limo argilloso di colore grigiastro ( $R_p = 360-380$  kPa).

COMMITTENTE:	Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera		
RIFERIMENTO:	Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni		
SONDAGGIO:	S3	CAMPIONE:	C1
		PROFONDITA': m	2.00-2.50

## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	20,7	%
Peso di volume	19,2	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,61	
Indice dei vuoti	0,608	
Porosità	37,8	%
Grado di saturazione	89,0	%
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	1,5	%
Sabbia	19,7	%
Limo	16,2	%
Argilla	62,6	%
D 10		mm
D 50		mm
D 60	0,003301	mm
D 90	0,759162	mm
Passante set. 10	94,5	%
Passante set. 42	87,4	%
Passante set. 200	78,8	%

### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	37,9	kPa	$\phi'$ 18,6 °
$c'_{Res}$		kPa	$\phi'_{Res}$ °

### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$ °
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$ °
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$ °
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$ °

### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
200,0 ÷ 400,0	22458	0,000736	3,21E-09
400,0 ÷ 800,0	12331	0,001915	1,52E-08
800,0 ÷ 1600,0	20252	0,000310	1,50E-09
1600,0 ÷ 3200,0	46273	---	---

Argilla debolmente sabbioso limosa di colore marrone con abbondanti elementi detritici di natura calcarea e silicea ( $R_p > 500$  kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05611</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 27/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 27/09/23	Fine analisi: 28/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

### **CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 20,7 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo  
☐ Stratificato  
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla debolmente sabbioso limosa di colore marrone con abbondanti elementi detritici di natura calcarea e silicea ( $R_p > 500$  kPa).

5  
40723

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05610</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 27/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 27/09/23	Fine analisi: 27/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	2.00-2.50

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,2 kN/m³**

Argilla debolmente sabbioso limosa di colore marrone con abbondanti elementi detritici di natura calcarea e silicea ( $R_p > 500$  kPa).

5  
40723

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05609</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 27/09/23	Fine analisi: 28/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,61

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,61

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 20,6 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla debolmente sabbioso limosa di colore marrone con abbondanti elementi detritici di natura calcarea e silicea ( $R_p > 500$  kPa).

5  
40723



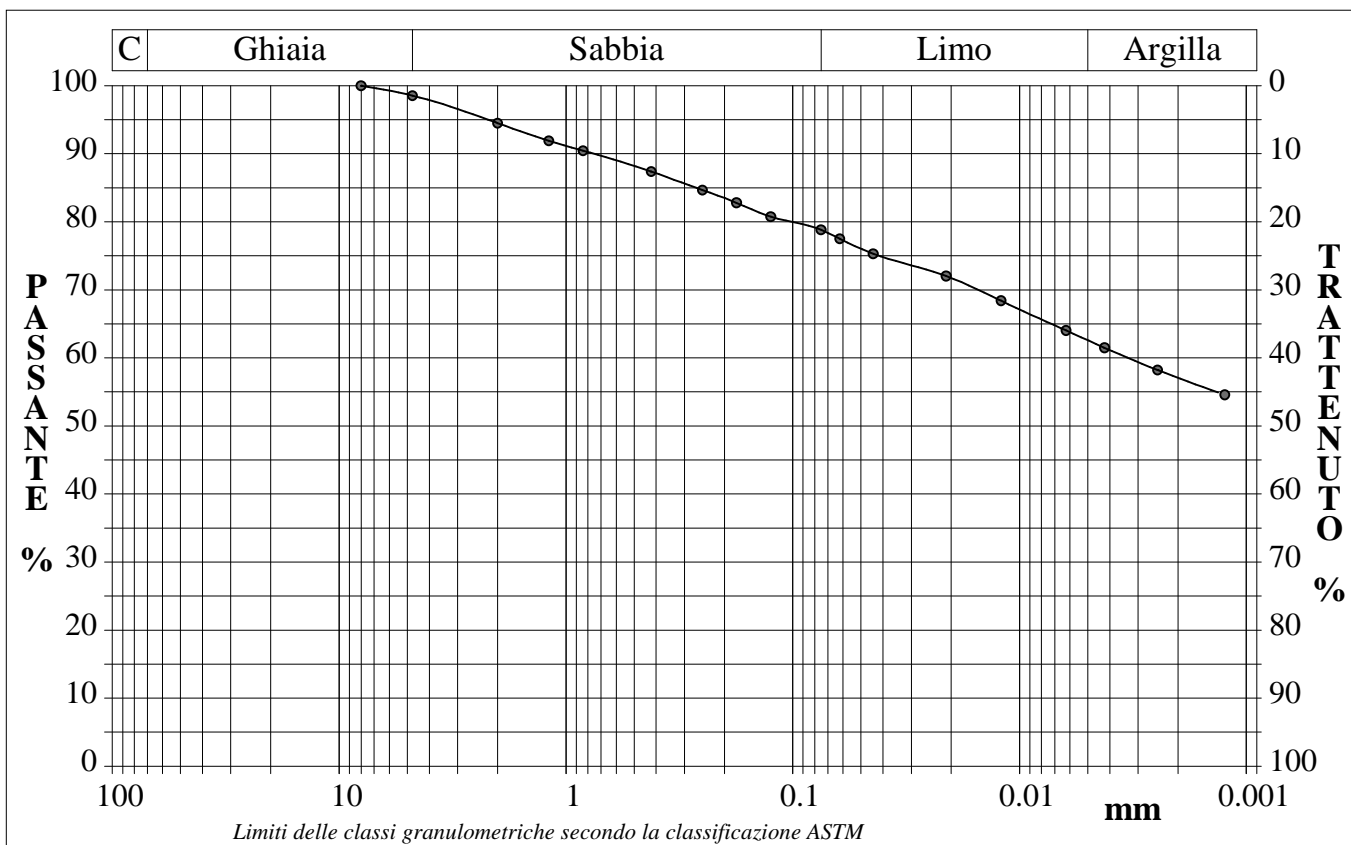
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05608</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 27/09/23	Fine analisi: 02/10/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	1,5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	94,5 %	D10	---	mm
Sabbia	19,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	87,4 %	D30	---	mm
Limo	16,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	78,8 %	D50	---	mm
Argilla	62,6 %			D60	0,00330	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,75916	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
8,0000	100,00	0,4200	87,38	0,0620	77,50	0,0042	61,49		
4,7500	98,54	0,2500	84,66	0,0442	75,32	0,0025	58,22		
2,0000	94,50	0,1770	82,79	0,0211	72,04	0,0012	54,58		
1,1900	91,91	0,1250	80,75	0,0121	68,40			Setacci	9
0,8410	90,45	0,0750	78,81	0,0062	64,04			Punti sediment.	8

Argilla debolmente sabbioso limosa di colore marrone con abbondanti elementi detritici di natura calcarea e silicea ( $R_p > 500$  kPa).

5  
40723

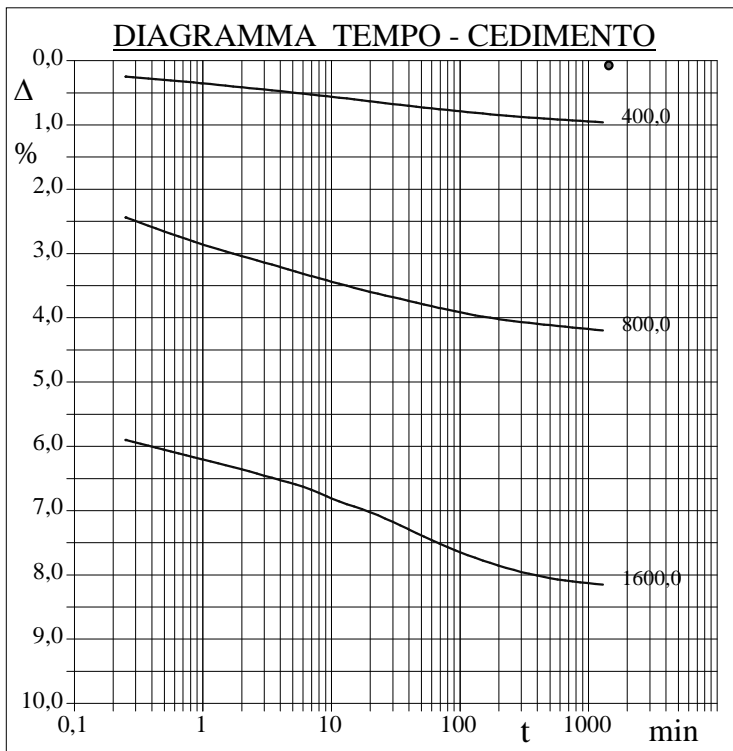
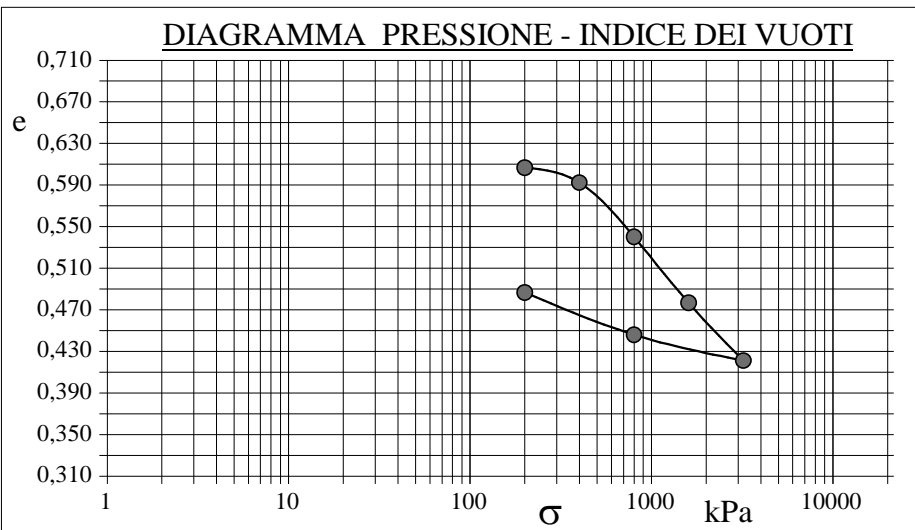
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05607</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 27/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 27/09/23	Fine analisi: 03/10/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	2.00-2.50

## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	19,24
Umidità (%)	20,7
Peso specifico	2,61
Altezza provino (cm)	2,01
Diametro provino (cm)	5,03
Sezione provino (cm²)	19,89
Volume provino (cm³)	39,99
Volume dei vuoti (cm³)	15,12
Indice dei vuoti	0,61
Porosità (%)	37,81
Saturazione (%)	89,0



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
200,0	1,5	0,607	
400,0	19,4	0,592	0,048
800,0	84,6	0,540	0,173
1600,0	164,0	0,477	0,211
3200,0	233,5	0,421	0,185
800,0	202,4	0,446	
200,0	151,6	0,487	

Argilla debolmente sabbioso limosa di colore marrone con abbondanti elementi detritici di natura calcarea e silicea ( $R_p > 500$  kPa).

5  
40723

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05607</b>	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 27/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 27/09/23	Fine analisi: 03/10/23

<b>COMMITTENTE:</b> Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
<b>RIFERIMENTO:</b> Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
<b>SONDAGGIO:</b> S3	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m	2.00-2.50

## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

## LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 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	1,5	0,00	19,4	0,00	84,6		
0,25	5,0	0,25	49,0	0,25	118,6		
1,00	7,1	1,00	57,5	1,00	124,7		
2,00	8,3	2,00	61,1	2,00	127,8		
4,00	9,5	4,00	64,5	4,00	131,2		
7,00	10,6	7,00	67,4	7,00	134,2		
10,00	11,3	10,00	69,1	10,00	136,9		
20,00	12,7	20,00	72,3	20,00	141,2		
40,00	14,1	40,00	75,1	40,00	146,6		
70,00	15,2	70,00	77,4	70,00	151,1		
100,00	15,8	100,00	78,7	100,00	153,7		
200,00	17,0	200,00	80,8	200,00	157,9		
500,00	18,2	500,00	82,7	500,00	161,8		
1440,00	19,4	1440,00	84,6	1440,00	164,0		

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100

5  
40723



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05606** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23

DATA DI EMISSIONE: 05/10/23

Inizio analisi: 28/09/23

Apertura campione: 27/09/23

Fine analisi: 29/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C1

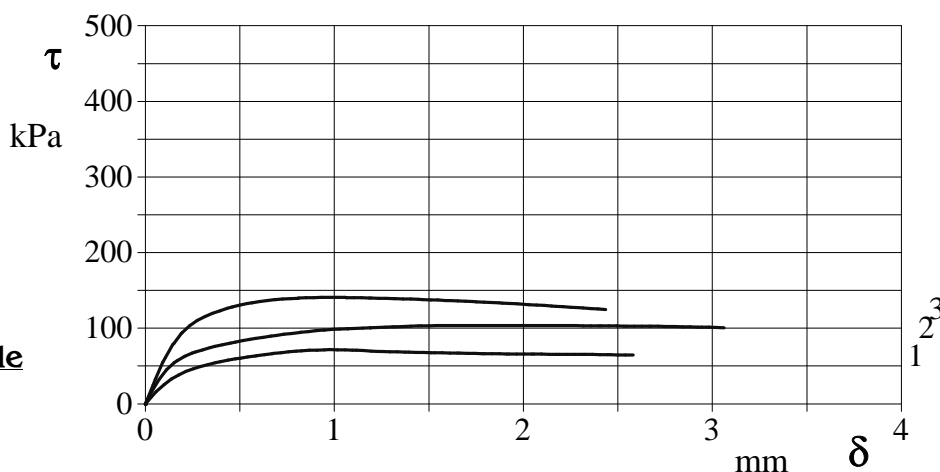
PROFONDITA': m 2.00-2.50

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

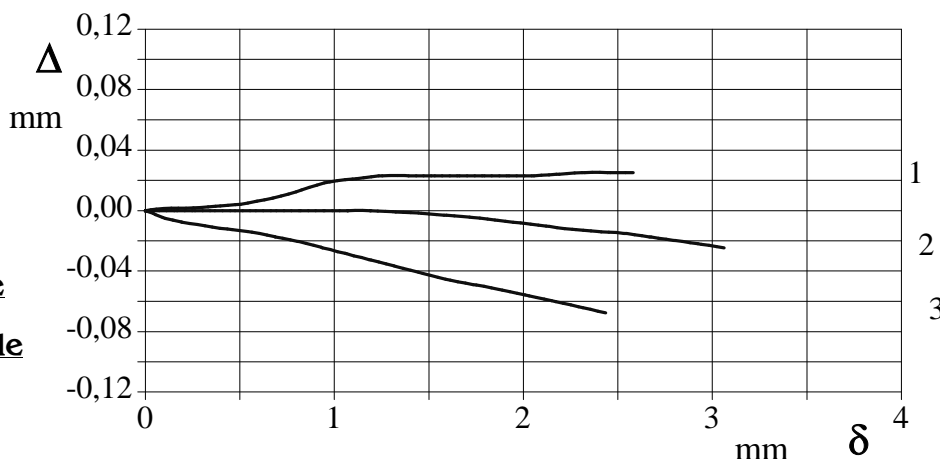
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	19,3    26,4	22,0    29,7	23,7    31,7
Peso di volume (kN/m³):	19,2	18,9	18,6
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0,012 mm / min		

**DIAGRAMMA**  
**Tensione**  
**Deformazione orizzontale**



**DIAGRAMMA**  
**Deformazione verticale**  
**Deformazione orizzontale**



Argilla debolmente sabbioso limosa di colore marrone con abbondanti elementi detritici di natura calcarea e silicea ( $R_p > 500$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05606</b>	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 27/09/23	Fine analisi: 29/09/23

<b>COMMITTENTE:</b> Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
<b>RIFERIMENTO:</b> Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
<b>SONDAGGIO:</b> S3	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m	2.00-2.50

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05606 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23

DATA DI EMISSIONE: 05/10/23

Inizio analisi: 28/09/23

Apertura campione: 27/09/23

Fine analisi: 29/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C1

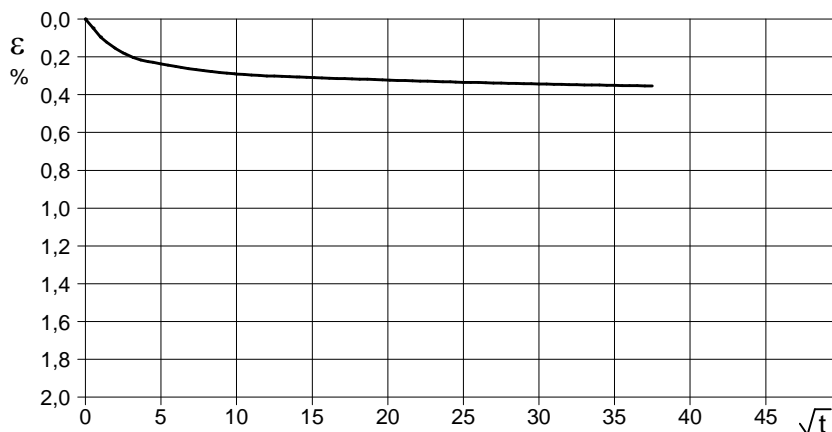
PROFONDITA': m 2.00-2.50

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

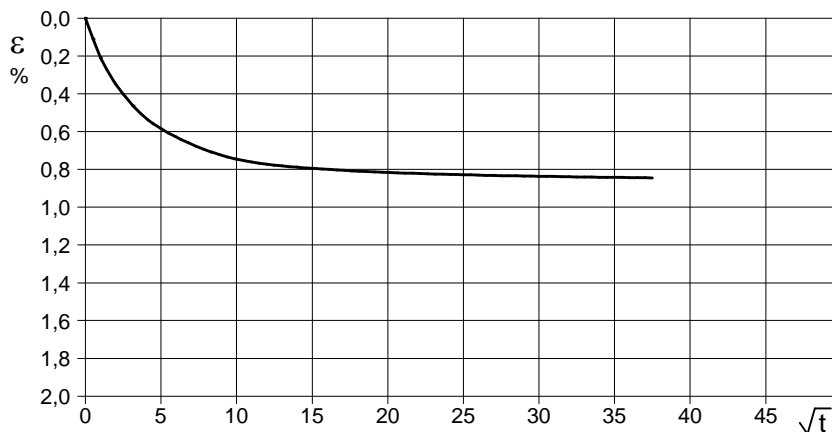
### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,593
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	14,1
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,035



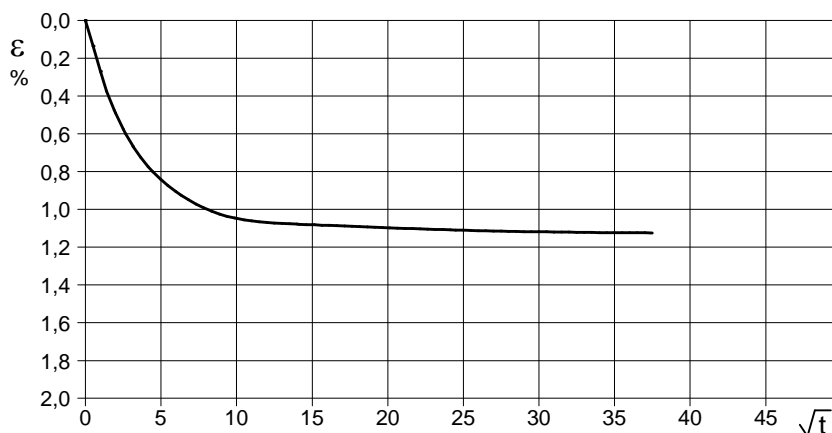
### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,583
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	16,4
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,030



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,578
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	17,3
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,029



5  
40723

Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 10 x T<sub>100</sub>

Vs = Df / tf



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05606</b>	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 27/09/23	Fine analisi: 29/09/23

<b>COMMITTENTE:</b> Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
<b>RIFERIMENTO:</b> Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
<b>SONDAGGIO:</b> S3	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m	2.00-2.50

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 8.50-9.00

## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	24,9	%
Peso di volume	19,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,68	
Indice dei vuoti	0,687	
Porosità	40,7	%
Grado di saturazione	97,2	%
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	4,8	%
Limo	55,7	%
Argilla	39,5	%
D 10		mm
D 50	0,009123	mm
D 60	0,015232	mm
D 90	0,047670	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	99,8	%
Passante set. 200	95,2	%

### PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'_{Res}$	kPa	$\phi'_{Res}$	°

### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Limo argilloso di colore grigiastro ( $R_p = 360-390$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05605</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 29/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 8.50-9.00

### **CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 24,9 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo  
☐ Stratificato  
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo argilloso di colore grigiastro (Rp = 360-390 kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05604</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 28/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m	8.50-9.00

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,5 kN/m³**

Limo argilloso di colore grigiastro ( $R_p = 360-390$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05603</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 28/09/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S3                                      CAMPIONE: C2                                      PROFONDITA': m 8.50-9.00

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = **Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,68**

$\gamma_{sc}$  = **Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,68**

Metodo: ☒ A      ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 19,2 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Limo argilloso di colore grigiastro ( $R_p = 360-390$  kPa).

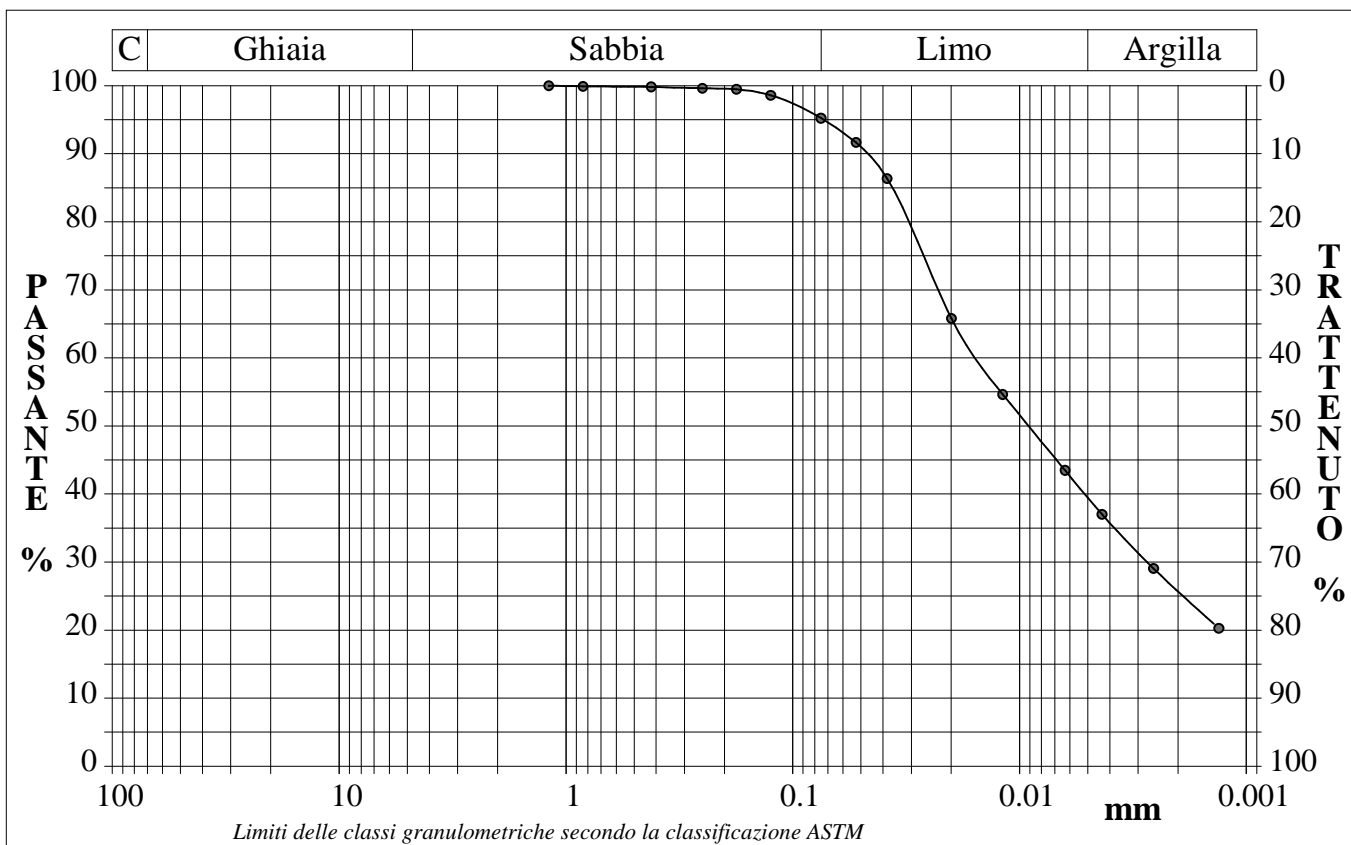
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05602</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/10/23	Inizio analisi: 28/09/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 309 del 26/09/23		Apertura campione: 28/09/23	Fine analisi: 02/10/23

COMMITTENTE: Società Geologica srl - Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Bacini Fossi Rivo Calcinare e Lagarello - Comune di Terni
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C2 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 %	D10	---	mm
Sabbia	4,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,8 %	D30	0,00273	mm
Limo	55,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	95,2 %	D50	0,00912	mm
Argilla	39,5 %			D60	0,01523	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,04767	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
1,1900	100,00	0,1250	98,60	0,0119	54,63				
0,8410	99,91	0,0750	95,23	0,0063	43,47				
0,4200	99,82	0,0526	91,64	0,0043	37,01				
0,2500	99,63	0,0383	86,36	0,0026	29,08			Setacci	6
0,1770	99,47	0,0200	65,79	0,0013	20,27			Punti sediment.	8

Limo argilloso di colore grigiastro ( $R_p = 360-390$  kPa).

# RISULTATI PROVE LE FRANC

LOCALITA': ZONA CERQUETO – TERNI

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE  
NERA

OPERA: MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO BACINI  
FOSSI RIVO, CALCINARE E LAGARELLO NEL  
COMUNE DI TERNI





*Società Geologica Srl*  
Via G. Vitalone 18 - 05100 Terni  
Cod. Fisc./P.IVA 01374990552

***Committente: CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE NERA***

***Cantiere: STRADA DEL CERQUETO***

## **PROVE DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE TIPO "LEFRANC"**

**IL DIRETTORE DEL LABORATORIO**

**Dott. Geol. Luca Latella**

**IL RESPONSABILE DI SITO**



## PROVE DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC (AGI, 1977)

All'interno dell'area di interesse del Consorzio di Bonifica TEVERE NERA in località Strada del Cerqueto, sono state realizzate n°3 prove di permeabilità di tipo Lefranc per la determinazione del coefficiente di permeabilità  $k$  dei terreni, in particolare:

- prova n°1 all'interno del foro di sondaggio S1 a quota (-3.50 – 4.00) m dal piano campagna)
- prova n°2 all'interno del foro di sondaggio S2 a quota (-3.00 – 3.50) m dal piano campagna)
- prova n°3 all'interno del foro di sondaggio S3 a quota (-3.50 – 4.00) m dal piano campagna)
- 

Le prove Lefranc permettono di conoscere la permeabilità al di sopra o al di sotto del livello di falda. Per le prove sono state rispettate le seguenti prescrizioni:

- le pareti della perforazione sono state rivestite per tutto il tratto non interessato dalla prova;
- il tratto di prova, tasca, è stato riempito con materiale filtrante;

Entrambe le prove, sono state effettuate a carico variabile.

Quindi, i coefficienti di permeabilità  $k$  per le prove a carico variabile si ricavano da:

$$k = \frac{A}{C_L \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Dove:

$A$  è l'area di base del foro di sondaggio;

$h_1$  è l'altezza del livello dell'acqua nel foro rispetto al fondo del foro stesso al tempo  $t_1$ ;

$h_2$  è l'altezza del livello dell'acqua nel foro rispetto al fondo del foro stesso al tempo  $t_2$ ;

$t_1$  e  $t_2$  sono i tempi di misurazione di  $h_1$  e  $h_2$ ;

$C_L$  è il coefficiente di forma dipendente dall'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto, che vale:

$L \gg d \quad C_L = L$

$L \leq d \quad C_L = 2\pi d + L$ , dove  $L$  è la lunghezza del tratto di foro scoperto e  $d$  il diametro del foro.

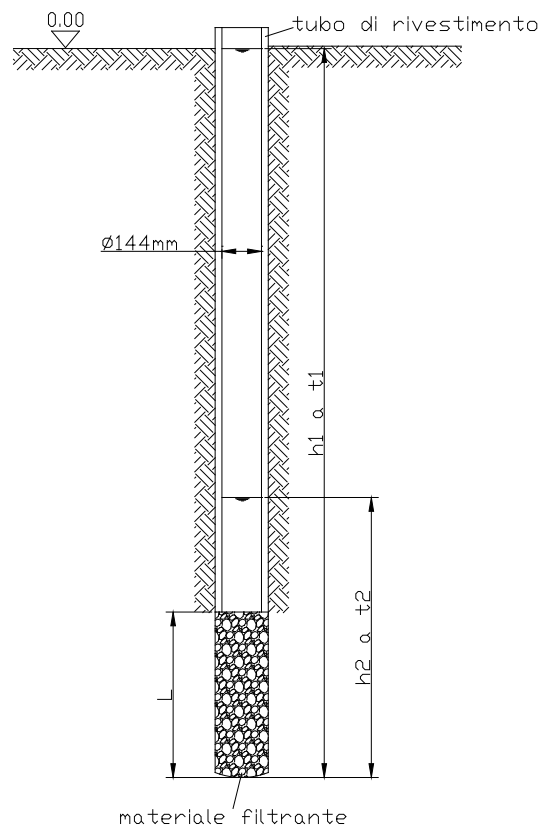
Per la prova n° 1, 2 e 3 il tratto in esame  $L$  (tasca) è stato pari a 0,5 m

Valori di permeabilità

k (cm/s)	10 <sup>3</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
k (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa			BB	Impermeabile			
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie			Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte	
Determinazione diretta di K	Prove dirette in situ mediante pompaggio											
	Infiltrometri – Permeametri a carico costante											
Determinazione indiretta di K	Permeametri a carico variabile											
	Analisi granulometrica (applicabile a sabbie e ghiaie pulite)						Prove di consolidamento					

fig. 1

## SCHEMA PROVA A CARICO VARIABILE

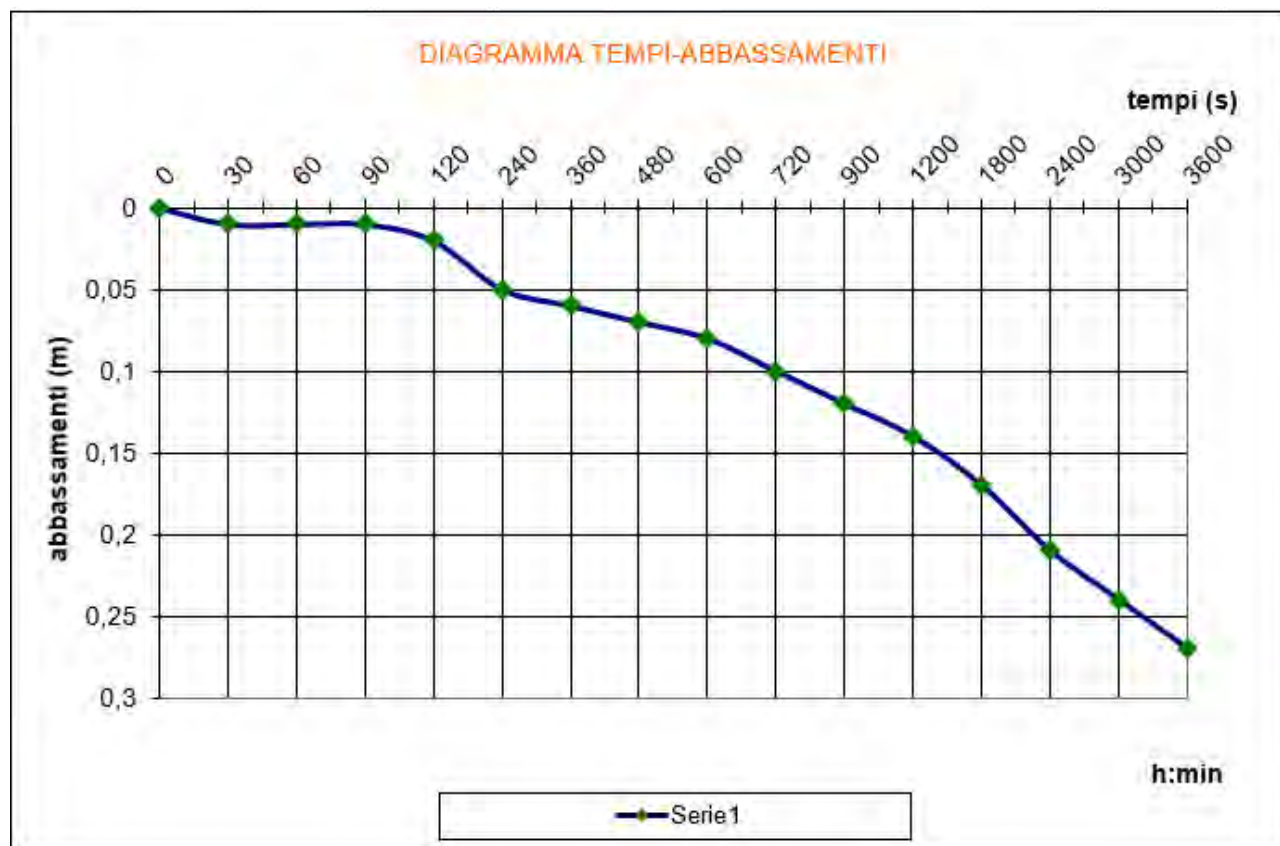


## RISULTATI DELLE PROVE ESEGUITE

### PROVA N° 1

<u>TEMPI</u>	<u>ABBASSAMENTI</u>
0	0
30	0.01
60	0.01
90	0.01
120	0.02
240	0.05
360	0.06
480	0.07
600	0.08
720	0.1
900	0.12
1200	0.14
1800	0.17
2400	0.21
3000	0.24
3600	0.27

Il valore medio di K per la prova n°1 è :  $4.93 \cdot 10^{-7}$

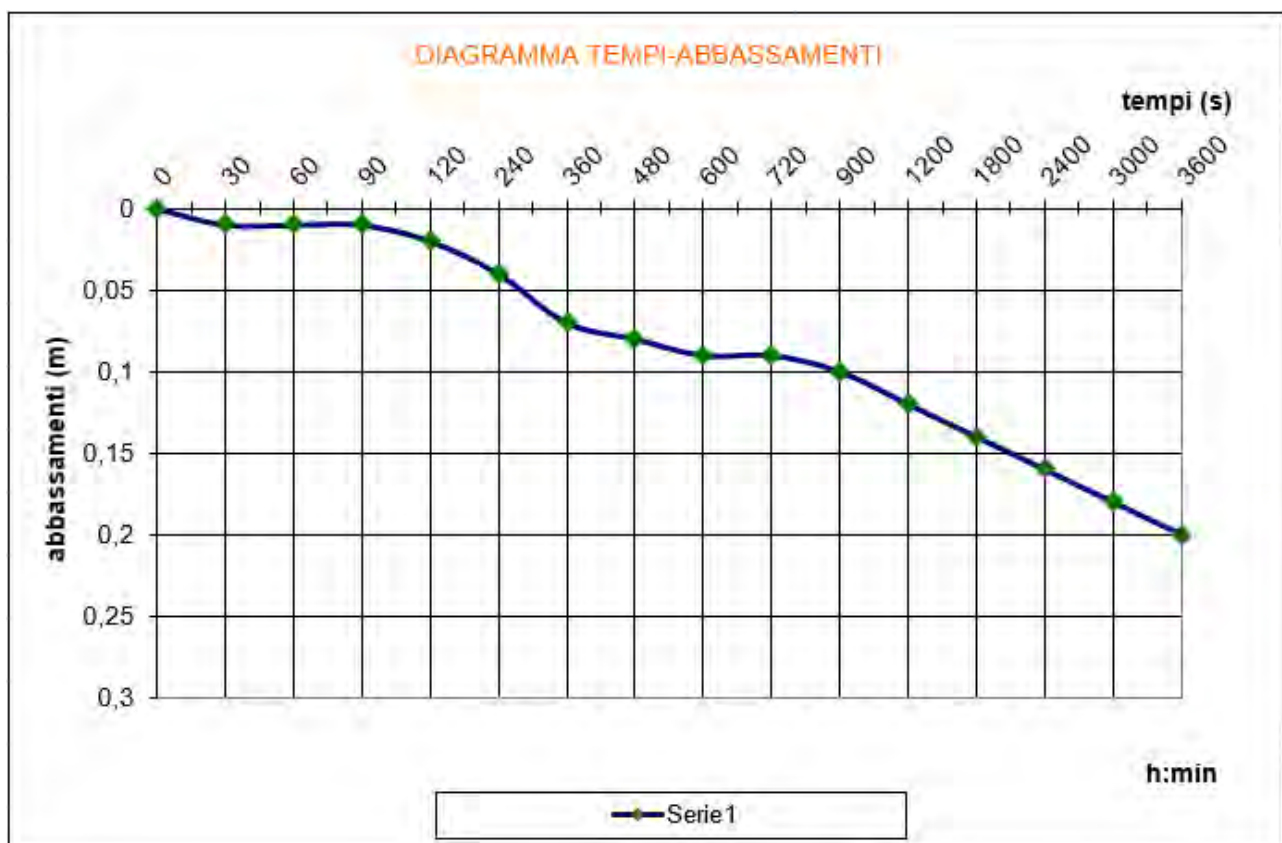




## PROVA N° 2

TEMPI	ABBASSAMENTI
0	0
30	0.01
60	0.01
90	0.01
120	0.02
240	0.05
360	0.06
480	0.07
600	0.08
720	0.1
900	0.12
1200	0.14
1800	0.17
2400	0.21
3000	0.24
3600	0.27

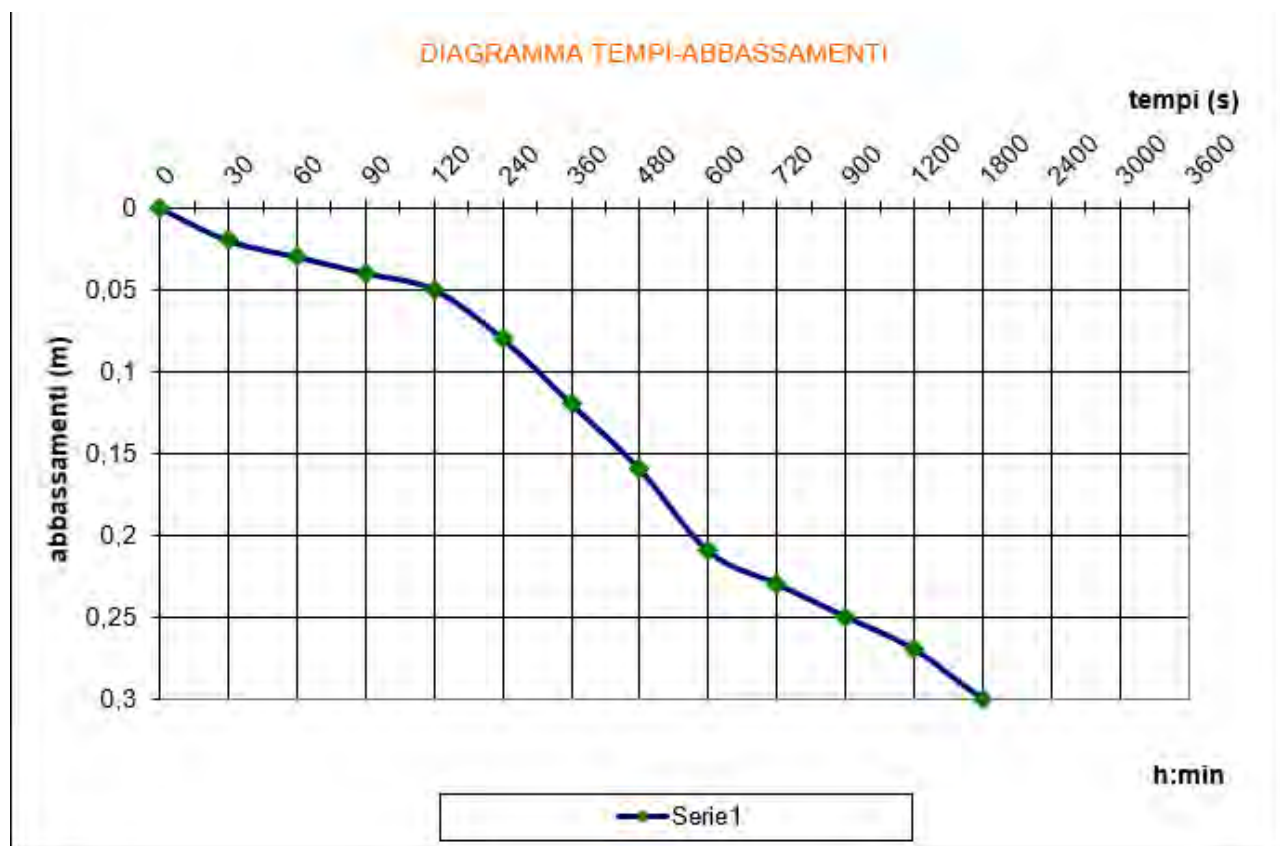
Il valore medio di K per la prova n°2 è :  $4.15 \cdot 10^{-7}$



### PROVA N° 3

TEMPI	ABBASSAMENTI
0	0
30	0,02
60	0,03
90	0,04
120	0,05
240	0,08
360	0,12
480	0,16
600	0,21
720	0,23
900	0,25
1200	0,27
1800	0,3
2400	0,32
3000	0,35
3600	0,38

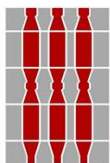
Il valore medio di K per la prova n°1 è :  $7.04 \cdot 10^{-7}$



# UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE SU BASE ORTOFOTO



Sondaggio geognostico



---

## 6.2 Report DPSH

---



# REPORT

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

**MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO BACINI FOSSI  
RIVO, CALCINARE E LAGARELLO NEL COMUNE DI TERNI**  
**PFTE vasca RIV. A sul fosso Rivo**

Committente:

**CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE-NERA**

Piazza E. Fermi, 5 - 05100 Terni (TR)  
C.F. 80000110553

Dott. Geol. Giuseppe Caracciolo  
Ordine Geologi Regione Umbria n°360

OTTOBRE 2023

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Consorzio di Bonifica Tevere – Nera

Cantiere: PFTE vasca RIV. A sul fosso Rivo

Località: Cerqueto del Comune di Terni

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	72,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	6 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
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	1,15
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

Signature 1

Signature 2

## **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**

### **(DYNAMIC PROBING)**

#### **DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

#### **Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

### penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\delta = 30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A = 20.27 \text{ cm}^2$  rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente  $M = 63.5$  kg, altezza caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\delta = 20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20 \text{ cm}^2$ , rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.



## Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

## Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao \text{ e } Whitman \ 1986)$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

$ER/60$  rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

$C_S$  parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

$C_d$  funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

$C_r$  parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

## Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,

- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

## **Valutazioni statistiche e correlazioni**

### **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### ***Media***

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media minima***

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Massimo***

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Minimo***

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Scarto quadratico medio***

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media deviata***

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media (+ s)***

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media (– s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti****Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta



possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### ***Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda***

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### ***Angolo di Attrito***

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

#### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

#### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.

- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

#### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .



- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$ .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 29/09/2023

Profondità prova 3,60 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	9	0,847	58,58	69,16	2,93	3,46
0,90	24	0,742	126,41	170,47	6,32	8,52
1,20	24	0,736	125,51	170,47	6,28	8,52
1,50	21	0,731	109,07	149,16	5,45	7,46
1,80	20	0,776	110,29	142,06	5,51	7,10
2,10	36	0,672	159,66	237,72	7,98	11,89
2,40	49	0,617	199,69	323,56	9,98	16,18
2,70	56	0,613	226,61	369,79	11,33	18,49
3,00	39	0,609	146,45	240,60	7,32	12,03
3,30	51	0,605	190,26	314,63	9,51	15,73
3,60	55	0,601	203,88	339,31	10,19	16,97

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**
**TERRENI COESIVI**
**Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	0,38	0,75	0,25	0,24	0,59	1,27	0,54	0,88	0,30	0,99	0,75
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	1,89	3,50	1,00	1,06	2,78	5,22	2,29	2,88	1,40	4,68	3,50
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	3,85	7,13	0,00	1,95	5,71	9,53	4,05	6,44	2,85	9,54	7,13

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	Robertson (1983)	12,00
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	Robertson (1983)	56,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	Robertson (1983)	114,00

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	27,53	--	62,99	75,00
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	128,46	--	287,38	280,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	261,52	--	583,16	570,00

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	48,60	60,00
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	301,60	280,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	635,10	570,00

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	Meyerhof	1,81
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	Meyerhof	2,14
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	Meyerhof	2,50

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	Meyerhof	1,89
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	Meyerhof	2,31
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	Meyerhof	2,50

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	Ohta & Goto (1978) Limi	73,93
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	Ohta & Goto (1978) Limi	129,01
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	Ohta & Goto (1978) Limi	168,53

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	29,39	59,23	86,46	23,45
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	59,87	100	100	61,41
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	71,84	100	100	86,81



**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	28,71	21,71	29,68	34,23	32,09	0	<30	24,49	28,8	34,44	25,95
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	35	28	35,84	33,25	39,21	42	32-35	35,49	35,4	47,07	38,66
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	43,29	36,29	43,96	32,6	42,69	42	>38	44,24	44,1	51,95	48,76

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	---	48,00	---	---	---
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	377,70	224,00	331,10	390,00	215,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	538,90	456,00	673,30	607,50	360,00

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	---	39,79	42,60	64,76
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	168,00	84,98	198,80	162,88
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	342,00	144,54	404,70	292,22

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	Meyerhof ed altri	1,58
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	Meyerhof ed altri	2,11
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	Meyerhof ed altri	2,27

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,03
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,16

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	(A.G.I.)	0,34
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	(A.G.I.)	0,3
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	(A.G.I.)	0,24

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	350,25	373,56
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	1490,19	957,47
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	2906,94	1478,26

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	Ohta & Goto (1978) Limi	73,93
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	Ohta & Goto (1978) Limi	129,01
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	Ohta & Goto (1978) Limi	168,53

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	Navfac 1971-1982	1,22
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	Navfac 1971-1982	5,33
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	Navfac 1971-1982	9,31

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Terreno vegetale	6	0,60	6	Robertson 1983	12,00
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	28	2,10	28	Robertson 1983	56,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	57	3,60	57	Robertson 1983	114,00

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Consorzio di Bonifica Tevere - Nera  
Cantiere: PFTE vasca RIV. A sul fosso Rivo  
Località: Cerqueto del Comune di Terni

Data: 29/09/2023

Scala 1:15



## PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 29/09/2023  
 Profondità prova 3,00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	18	0,797	110,24	138,32	5,51	6,92
0,90	24	0,742	126,41	170,47	6,32	8,52
1,20	21	0,736	109,82	149,16	5,49	7,46
1,50	9	0,831	53,14	63,93	2,66	3,20
1,80	18	0,776	99,26	127,85	4,96	6,39
2,10	45	0,622	184,72	297,15	9,24	14,86
2,40	55	0,617	224,14	363,18	11,21	18,16
2,70	60	0,613	242,80	396,20	12,14	19,81
3,00	70	0,609	262,86	431,85	13,14	21,59

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	0,19	0,38	0,15	0,12	0,29	0,69	0,27	0,66	0,15	0,50	0,38
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	1,35	2,50	1,00	0,78	1,98	3,90	1,70	2,08	1,00	3,30	2,50
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	4,46	8,25	0,00	2,18	6,62	11,16	4,47	7,76	3,30	11,25	8,25

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	Robertson (1983)	6,00
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	Robertson (1983)	40,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	Robertson (1983)	132,00

#### Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	13,76	45,00	32,39	37,50
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	91,76	--	205,78	200,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	302,81	--	674,95	660,00



**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	14,10	30,00
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	209,60	200,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	738,60	660,00

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	Meyerhof	1,63
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	Meyerhof	2,10
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	Meyerhof	2,50

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	Meyerhof	1,86
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	Meyerhof	2,31
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	Meyerhof	2,50

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	Ohta & Goto (1978) Limi	57,37
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	Ohta & Goto (1978) Limi	115,95
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	Ohta & Goto (1978) Limi	167,22

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	17,23	42,73	76,51	15,3
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	52,72	98,64	100	51,23
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	78,53	100	100	97,73

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	27,86	20,86	28,84	34,84	30,81	0	<30	21,71	27,9	28,5	22,75
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	32,71	25,71	33,6	33,28	37,07	41,81	30-32	32,32	33	44,37	35
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	45,86	38,86	46,48	33,23	42,41	42	>38	46,46	46,8	53,62	51,33

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	---	24,00	---	---	---
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	319,22	160,00	236,70	330,00	175,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	579,89	528,00	779,50	675,00	405,00

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	---	33,63	21,30	51,38
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	120,00	68,55	142,00	127,20
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	396,00	163,03	468,60	332,36

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	Meyerhof ed altri	1,45
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	Meyerhof ed altri	1,99
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	Meyerhof ed altri	2,34

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,98
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,18

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	(A.G.I.)	0,35
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	(A.G.I.)	0,31
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	(A.G.I.)	0,22

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	182,56	244,59
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	1086,13	779,54
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	3336,45	1616,78

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	Ohta & Goto (1978) Limi	57,37
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	Ohta & Goto (1978) Limi	115,95
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	Ohta & Goto (1978) Limi	167,22

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	Navfac 1971-1982	0,51
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	Navfac 1971-1982	4,05
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	Navfac 1971-1982	11,45

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Terreno vegetale	3	0,30	3	Robertson 1983	6,00
[2] - Breccie in matrice limo argillosa	20	1,80	20	Robertson 1983	40,00
[3] - Breccie in matrice limo argillosa compatte	66	3,00	66	Robertson 1983	132,00

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Consorzio di Bonifica Tevere - Nera  
Cantiere: PFTE vasca RIV. A sul fosso Rivo  
Località: Cerqueto del Comune di Terni

Data: 29/09/2023

Scala 1:13





### PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 29/09/2023  
 Profondità prova 9,60 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)
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	8	0,847	52,07	61,48	2,60	3,07
0,90	12	0,842	71,73	85,24	3,59	4,26
1,20	14	0,786	78,19	99,44	3,91	4,97
1,50	12	0,831	70,85	85,24	3,54	4,26
1,80	9	0,826	52,82	63,93	2,64	3,20
2,10	5	0,822	27,13	33,02	1,36	1,65
2,40	11	0,817	59,35	72,64	2,97	3,63
2,70	30	0,713	141,21	198,10	7,06	9,90
3,00	12	0,809	59,87	74,03	2,99	3,70
3,30	4	0,805	19,86	24,68	0,99	1,23
3,60	6	0,801	29,65	37,02	1,48	1,85
3,90	12	0,797	55,38	69,47	2,77	3,47
4,20	14	0,744	60,27	81,04	3,01	4,05
4,50	11	0,790	50,33	63,68	2,52	3,18
4,80	9	0,787	41,01	52,10	2,05	2,60
5,10	9	0,784	38,47	49,07	1,92	2,45
5,40	6	0,781	25,55	32,72	1,28	1,64
5,70	17	0,728	67,50	92,69	3,37	4,63
6,00	11	0,775	43,96	56,69	2,20	2,83
6,30	11	0,773	43,81	56,69	2,19	2,83
6,60	10	0,770	39,70	51,53	1,98	2,58
6,90	11	0,768	41,27	53,73	2,06	2,69
7,20	20	0,716	69,92	97,70	3,50	4,88
7,50	27	0,663	87,50	131,89	4,38	6,59
7,80	23	0,661	74,30	112,35	3,71	5,62
8,10	24	0,659	73,47	111,44	3,67	5,57
8,40	25	0,657	76,30	116,08	3,81	5,80
8,70	34	0,605	95,57	157,87	4,78	7,89
9,00	42	0,553	102,85	185,83	5,14	9,29
9,30	55	0,552	134,25	243,34	6,71	12,17
9,60	60	0,550	145,99	265,47	7,30	13,27

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

#### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	0,31	0,63	0,25	0,20	0,49	1,15	0,45	0,81	0,25	0,82	0,63
[2] - Limi argillosi	12	5,40	0,81	1,50	0,50	0,48	1,18	2,10	1,05	1,37	0,60	1,36	1,50
[3] - Limi argillosi mediamenti e compatti	22	8,70	1,49	2,75	1,00	0,85	2,18	2,83	1,85	2,27	1,10	2,62	2,75
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	4,05	7,50	0,00	2,03	6,02	6,95	4,20	6,87	3,00	9,00	7,50

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	Robertson (1983)	10,00
[2] - Limi argillosi	12	5,40	Robertson (1983)	24,00
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	Robertson (1983)	44,00
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	Robertson (1983)	120,00

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	22,94	75,00	52,79	62,50
[2] - Limi argillosi	12	5,40	55,06	--	124,19	120,00
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	100,94	--	226,18	220,00
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	275,28	--	613,76	600,00

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	37,10	50,00
[2] - Limi argillosi	12	5,40	117,60	120,00
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	232,60	220,00
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	669,60	600,00

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Limi argillosi	12	5,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	Meyerhof	1,76
[2] - Limi argillosi	12	5,40	Meyerhof	2,02
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	Meyerhof	2,11
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	Meyerhof	2,50

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	Meyerhof	1,88
[2] - Limi argillosi	12	5,40	Meyerhof	2,22
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	Meyerhof	2,14
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	Meyerhof	2,50

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	Ohta & Goto (1978) Limi	71,64
[2] - Limi argillosi	12	5,40	Ohta & Goto (1978) Limi	129,99
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	Ohta & Goto (1978) Limi	170,24
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	Ohta & Goto (1978) Limi	212,96

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	25,88	54,12	79,83	20,83
[2] - Limi argillosi	12	5,40	33,69	64,04	64,45	37,24
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	36,23	67,6	68,38	54,08
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	55	100	100	90,05

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thornbu- rn- Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmert mann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi- Fukuni 1982 (ROAD BRIDG E SPECIF ICATIO N)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	28,43	21,43	29,4	33,99	31,67	0	<30	23,66	28,5	32,85	25
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	30,43	23,43	31,36	30,17	34,41	36,97	<30	28,42	30,6	38,45	30,49
[3] - Limi argillosi mediament e compatti	22	8,70	22	33,29	26,29	34,16	29,24	37,65	37,46	30-32	33,17	33,6	40,58	35,98
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	44,14	37,14	44,8	30,26	42,67	42	>38	45	45	47,58	49,64

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	---	40,00	---	---	---
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	247,26	96,00	142,30	270,00	135,00
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	334,80	176,00	260,30	345,00	185,00
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	552,90	480,00	708,70	630,00	375,00

**Modulo Edometrico (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	---	37,73	35,50	60,30
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	72,00	52,11	85,20	91,52
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	132,00	72,65	156,20	136,12
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	360,00	150,71	426,00	305,60

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	Meyerhof ed altri	1,54
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	Meyerhof ed altri	1,79
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	Meyerhof ed altri	2,03
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	Meyerhof ed altri	2,29

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,99
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,17

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	(A.G.I.)	0,34
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	(A.G.I.)	0,33
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	(A.G.I.)	0,31
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	(A.G.I.)	0,23

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	295,08	334,18
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	671,96	570,54
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	1187,93	826,29
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	3050,53	1525,32

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	Ohta & Goto (1978) Limi	71,64
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	Ohta & Goto (1978) Limi	129,99
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	Ohta & Goto (1978) Limi	170,24
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	Ohta & Goto (1978) Limi	212,96



**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_{vh}/P_0$** 

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	Navfac 1971-1982	0,99
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	Navfac 1971-1982	2,52
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	Navfac 1971-1982	4,39
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	Navfac 1971-1982	9,92

 **$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

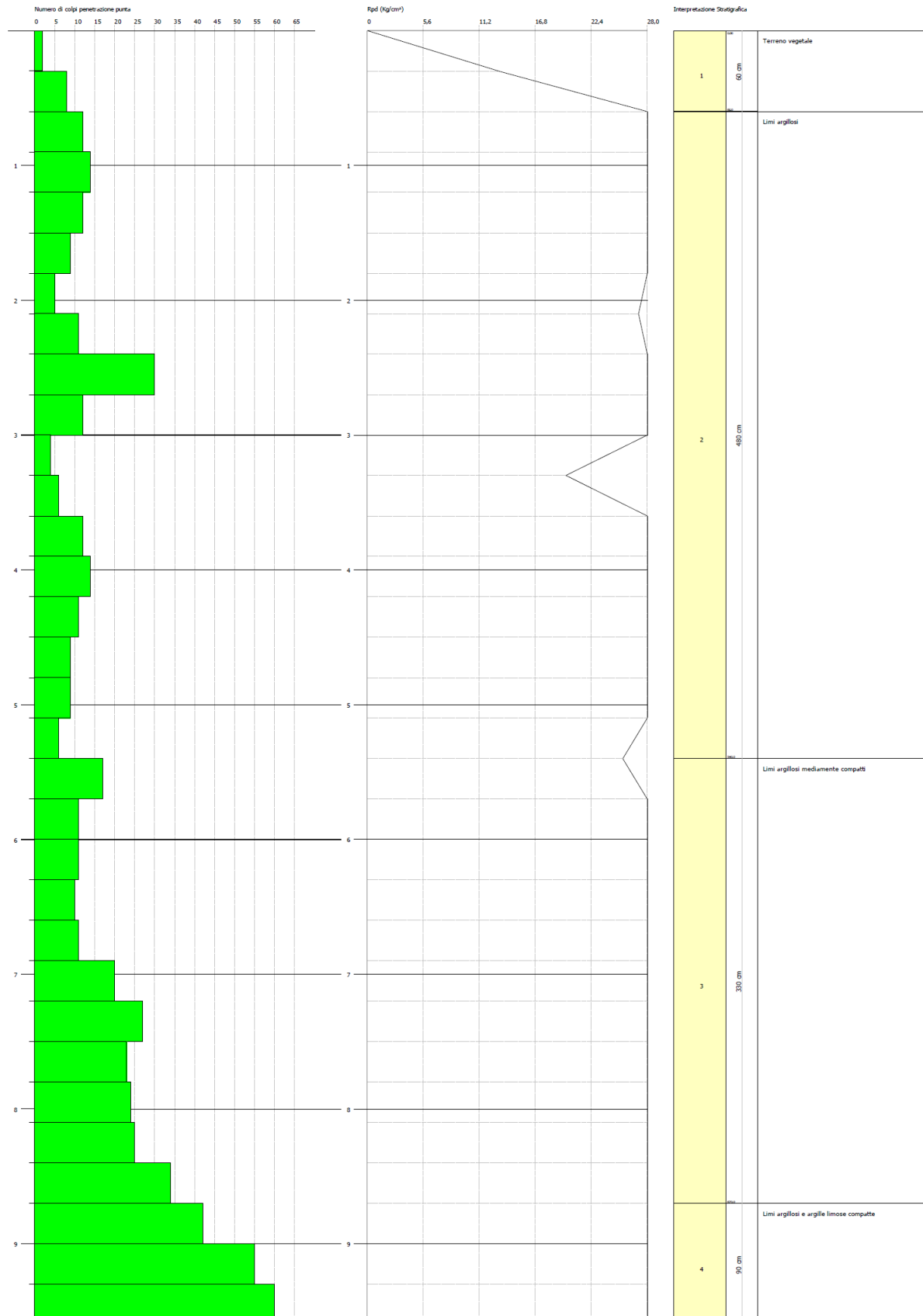
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	5	0,60	5	Robertson 1983	10,00
[2] - Limi argillosi	12	5,40	12	Robertson 1983	24,00
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	22	8,70	22	Robertson 1983	44,00
[4] - Limi argillosi e argille limose compatte	60	9,60	60	Robertson 1983	120,00

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Consorzio di Bonifica Tevere - Nera  
Cantiere: PFTE vasca RIV. A sul fosso Rivo  
Località: Cerqueto del Comune di Terni

Data: 29/09/2023

Scala 1:39



## PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 29/09/2023  
 Profondità prova 9,90 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	14	0,797	85,75	107,58	4,29	5,38
0,90	16	0,792	89,96	113,65	4,50	5,68
1,20	22	0,736	115,05	156,27	5,75	7,81
1,50	19	0,781	105,43	134,96	5,27	6,75
1,80	14	0,776	77,20	99,44	3,86	4,97
2,10	12	0,822	65,11	79,24	3,26	3,96
2,40	9	0,817	48,56	59,43	2,43	2,97
2,70	3	0,813	16,10	19,81	0,81	0,99
3,00	4	0,809	19,96	24,68	1,00	1,23
3,30	14	0,755	65,18	86,37	3,26	4,32
3,60	2	0,801	9,88	12,34	0,49	0,62
3,90	2	0,797	9,23	11,58	0,46	0,58
4,20	3	0,794	13,78	17,37	0,69	0,87
4,50	18	0,740	77,14	104,20	3,86	5,21
4,80	15	0,737	64,00	86,83	3,20	4,34
5,10	6	0,784	25,65	32,72	1,28	1,64
5,40	5	0,781	21,29	27,26	1,06	1,36
5,70	5	0,778	21,22	27,26	1,06	1,36
6,00	4	0,775	15,98	20,61	0,80	1,03
6,30	10	0,773	39,83	51,53	1,99	2,58
6,60	11	0,770	43,67	56,69	2,18	2,83
6,90	20	0,718	70,14	97,70	3,51	4,88
7,20	38	0,616	114,28	185,63	5,71	9,28
7,50	21	0,663	68,06	102,58	3,40	5,13
7,80	20	0,711	69,49	97,70	3,47	4,88
8,10	22	0,659	67,34	102,15	3,37	5,11
8,40	30	0,657	91,56	139,30	4,58	6,96
8,70	32	0,605	89,95	148,59	4,50	7,43
9,00	37	0,603	98,79	163,70	4,94	8,19
9,30	54	0,552	131,81	238,92	6,59	11,95
9,60	55	0,550	133,83	243,34	6,69	12,17
9,90	58	0,548	134,36	245,07	6,72	12,25

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

#### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	1,08	2,00	1,00	0,63	1,58	3,03	1,38	1,71	0,80	2,55	2,00
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	0,44	0,88	0,25	0,28	0,68	1,22	0,63	0,96	0,35	0,45	0,88
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	1,82	3,38	1,00	1,02	2,68	3,44	2,22	2,77	1,35	3,45	3,38
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	4,32	8,00	0,00	2,13	6,42	7,27	4,39	7,46	3,20	9,66	8,00

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	Robertson (1983)	32,00
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	Robertson (1983)	14,00
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	Robertson (1983)	54,00
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	Robertson (1983)	128,00

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	73,41	--	164,98	160,00
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	32,12	--	73,19	87,50
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	123,88	--	277,18	270,00
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	293,63	--	654,55	640,00

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	163,60	160,00
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	60,10	70,00
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	290,10	270,00
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	715,60	640,00

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	Meyerhof	2,08
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	Meyerhof	1,86
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	Meyerhof	2,13
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	Meyerhof	2,50

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	Meyerhof	2,29
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	Meyerhof	1,90
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	Meyerhof	2,28
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	Meyerhof	2,50



**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	Ohta & Goto (1978) Limi	111,56
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	Ohta & Goto (1978) Limi	125,48
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	Ohta & Goto (1978) Limi	178,5
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	Ohta & Goto (1978) Limi	216,69

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	46,99	87,65	95,96	44,79
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	20,53	45,37	46,01	25,97
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	40,1	73,88	74,62	60,3
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	56,35	100	100	94,97

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	31,57	24,57	32,48	32,8	35,81	40,27	30-32	30,49	31,8	42,37	32,89
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	29	22	29,96	28,64	32,49	0	<30	25,25	29,1	32,95	26,83
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	34,71	27,71	35,56	29,49	38,97	38,34	32-35	35,12	35,1	42,14	38,24
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	45,29	38,29	45,92	30,33	42,53	42	>38	45,98	46,2	48,03	50,78

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	285,52	128,00	189,50	300,00	155,00
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	---	56,00	---	---	---
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	370,90	216,00	319,30	382,50	210,00
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	571,03	512,00	755,90	660,00	395,00

**Modulo Edometrico (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	96,00	60,33	113,60	109,36
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	---	41,84	49,70	69,22
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	162,00	82,92	191,70	158,42
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	384,00	158,92	454,40	323,44

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	Meyerhof ed altri	1,91
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	Meyerhof ed altri	1,62
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	Meyerhof ed altri	2,10
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	Meyerhof ed altri	2,32

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,02
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,18

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	(A.G.I.)	0,32
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	(A.G.I.)	0,34
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	(A.G.I.)	0,3
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	(A.G.I.)	0,22

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	880,62	680,19
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	404,86	410,45
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	1440,11	936,43
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	3241,32	1586,67

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	Ohta & Goto (1978) Limi	111,56
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	Ohta & Goto (1978) Limi	125,48
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	Ohta & Goto (1978) Limi	178,5
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	Ohta & Goto (1978) Limi	216,69

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	Navfac 1971-1982	3,32
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	Navfac 1971-1982	1,44
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	Navfac 1971-1982	5,18
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	Navfac 1971-1982	10,88

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

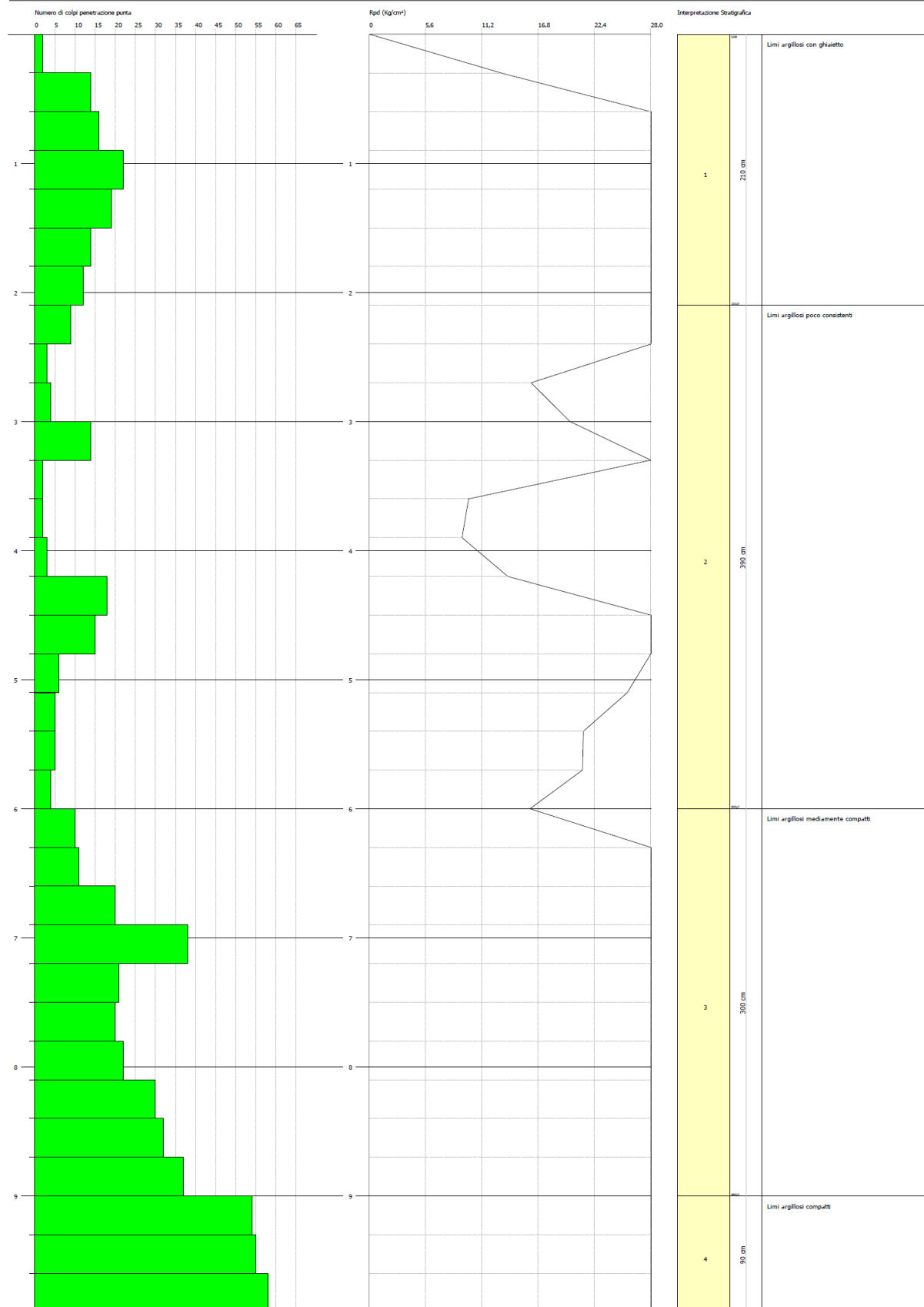
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limi argillosi con ghiaietto	16	2,10	16	Robertson 1983	32,00
[2] - Limi argillosi poco consistenti	7	6,00	7	Robertson 1983	14,00
[3] - Limi argillosi mediamente compatti	27	9,00	27	Robertson 1983	54,00
[4] - Limi argillosi compatti	64	9,90	64	Robertson 1983	128,00

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Consorzio di Bonifica Tevere - Nera  
Cantiere: PFTE vasca RIV. A sul fosso Rivo  
Località: Cerqueto del Comune di Terni

Data: 29/09/2023

Scala 1:41





## **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'ESECUZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH**



*Foto esecuzione prova DPSH n°1*





*Foto esecuzione prova DPSH n°2*



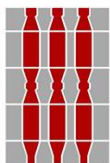
*Foto esecuzione prova DPSH n°3*





*Foto esecuzione prova DPHS n°4*





---

## 6.3 Relazione MASW

---

## RELAZIONE INDAGINE MASW

### MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO BACINI FOSSI RIVO, CALCINARE E LAGARELLO NEL COMUNE DI TERNI PFTE vasca RIV. A sul fosso Rivo

Committente:

**CONSORZIO DI BONIFICA TEVERE-NERA**

Piazza E. Fermi, 5 - 05100 Terni (TR)  
C.F. 80000110553

Dott. Geol. Giuseppe Caracciolo  
Ordine Geologi Regione Umbria n°360

OTTOBRE 2023

## **PREMESSA**

Nel mese di SETTEMBRE 2023 sono state eseguite n° 2 indagini di tipo MASW (*Multi-Channel Analysis of Surface Waves*) all'interno del territorio del Comune di Terni.

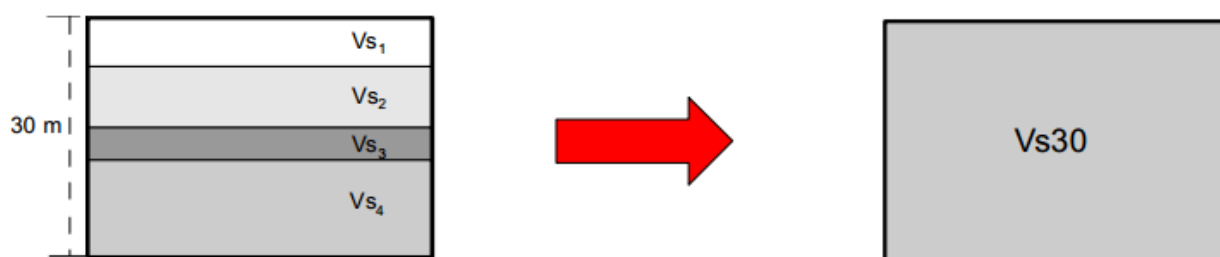
Le indagini sono consistite nell'esecuzione di n. 2 stendimenti di lunghezza pari a 46.00 metri e le acquisizioni sono state effettuate utilizzando il Sismografo a 24 canali 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino; come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta su piastra in alluminio, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software WinMASW, della EliaSoft.

## **NOTE TEORICHE**

A cosa serve sapere la  $V_s$ ?

La questione della conoscenza della velocità delle onde S,  $V_s$ , è venuta alla ribalta in relazione alle novità normative in materia antisismica, in quanto utile a stimare l'effetto di sito (amplificazione litologica). La recente normativa (D.M. 14.01.2018) ha introdotto la definizione dell'azione sismica di progetto per diverse categorie di suolo di fondazione, sulla base del parametro  $V_{seq}$ , definito come la media equivalente delle velocità delle onde S al di sopra del bedrock fino a 30 metri di profondità, secondo la relazione:

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



Le categorie di suolo descritte dal D.M. 17.01.2018 e classificate in base al parametro  $V_{seq}$  sono le seguenti:

**Tab. 3.2.II –** *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

La  $V_s$  ha un notevole valore anche dal punto di vista dell'ingegneria civile (ricordiamo ad esempio che il *modulo di taglio* è dato dal prodotto della densità per il quadrato della  $V_s$ ) e, in generale, la conoscenza di  $V_s$  e  $V_p$  consente di effettuare una serie di considerazioni sulle caratteristiche geofisiche geomeccaniche e litologiche.

Si ricordi, giusto per dare un motivo di riflessione, come la  $V_p$  sia fortemente influenzata dalla presenza di acqua (le rifrazioni in  $V_p$  fatte in pianura alluvionale forniscono  $V_p$  attorno a 1500 m/s a pochissimi metri di profondità proprio a causa della "tavola d'acqua") mentre la  $V_s$  ne sia solo modestamente influenzata.

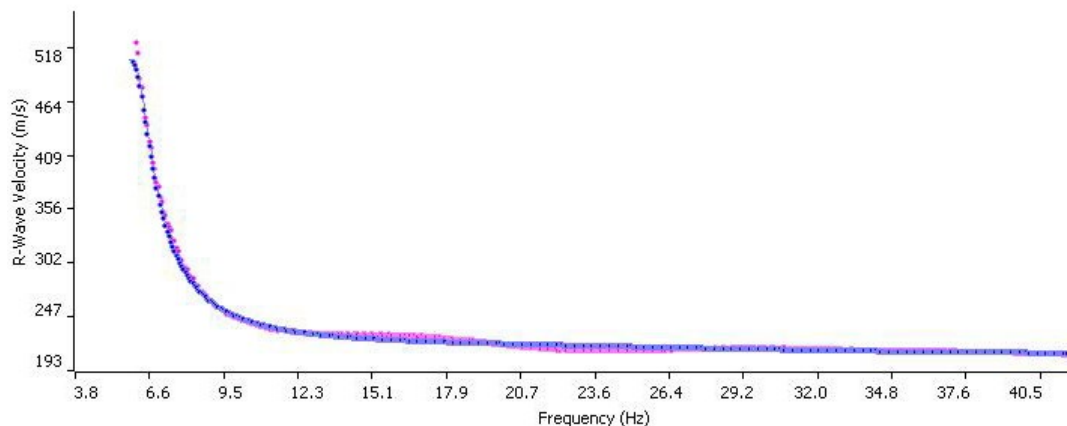
### Cos'è una misura MASW

MASW è l'acronimo di *Multi-Channel Analysis of Surface Waves* (*Analisi Multi-canale di Onde di Superficie*); il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie, prodotte attraverso una sorgente.

Più precisamente si analizza la **dispersione** delle onde di superficie (il particolare fenomeno in base al quale onde caratterizzate da diverse frequenze viaggiano a profondità diverse); il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè dell'onda sismica che si propaga) viaggiano a profondità diverse, attraverso mezzi con caratteristiche meccaniche, e quindi velocità, diverse; dall'interpretazione delle indagini è



possibile ottenere *una curva di dispersione*, che mostra la velocità corrispondente a diverse frequenze e, quindi, a diverse profondità, secondo l'esempio mostrato in figura 1.



**Figura 1: Esempio di curva di dispersione**

Lunghezze d'onda più ampie (corrispondenti a frequenze più basse) viaggiano più in profondità (in altri termini *sentono* gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (corrispondenti alle frequenze più alte) si concentrano nella parte più superficiale; poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, le frequenze più basse viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte. Tradizionalmente le MASW sono effettuate tramite analisi delle onde di Rayleigh (che vengono registrate tramite i comuni geofoni a componente verticale e prodotte attraverso una comunissima sorgente ad impatto verticale, cioè la classica martellata).

Questo avviene per almeno 2 motivi:

1. tali geofoni (e tale modalità di acquisizione) sono sicuramente i più semplici e comuni.
2. la propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica senza problemi anche in presenza di canali a bassa velocità (inversioni di velocità) che, come sappiamo, risultano invisibili per la rifrazione.

In sintesi, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo (dalle sue variazioni verticali), dalla determinazione delle curve di dispersione è possibile ricavare le caratteristiche del mezzo (i parametri fondamentali sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore degli strati).

**PROFILO MASW 1**

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2 e 5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

L'interpretazione dei dati ha permesso di individuare il seguente risultato:

$$V_{s \text{ eq}} \text{ (m/s)} = 311$$

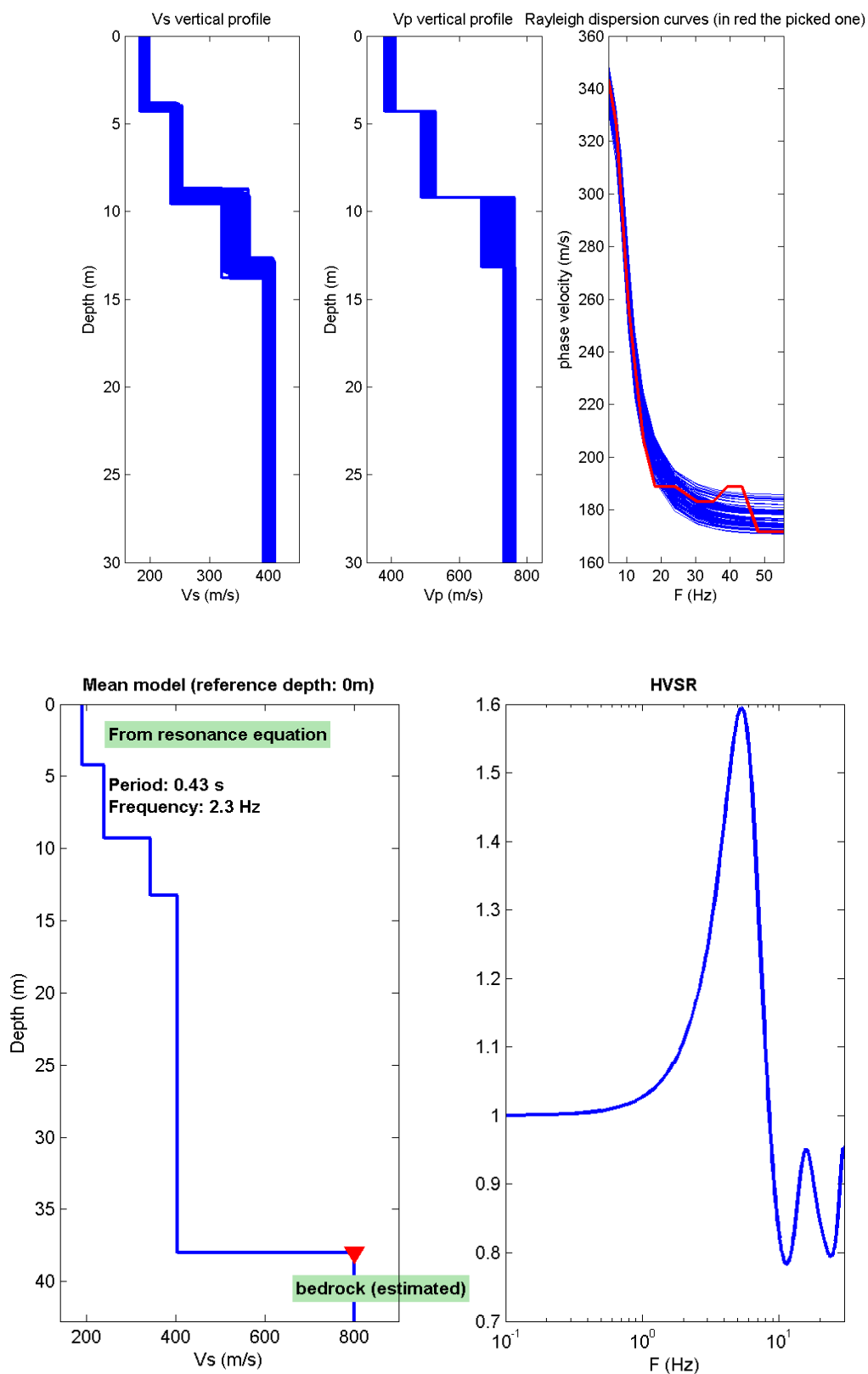
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

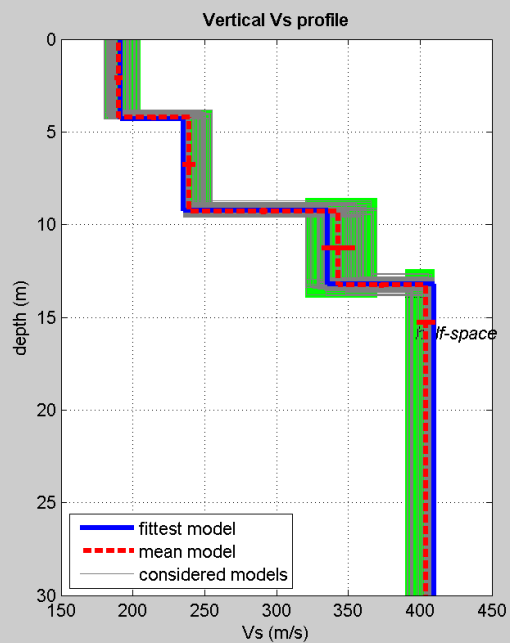
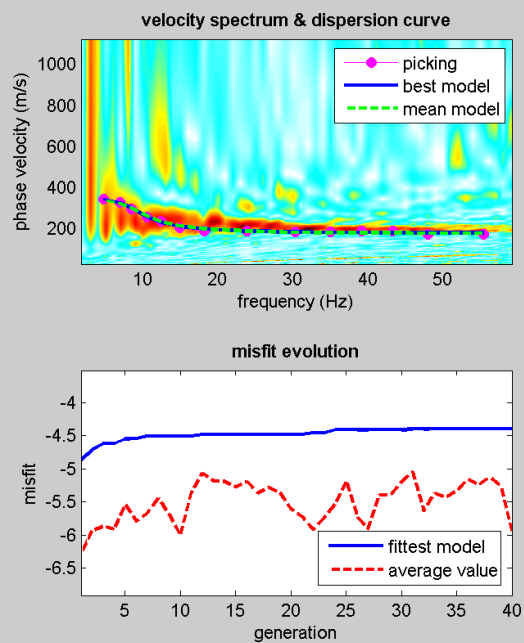
**"C" Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	190	4.2
2	239	5.0
3	343	4.0
4	404	--

È da tener presente, tuttavia, che le  $V_{seq}$ , e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock sismico.

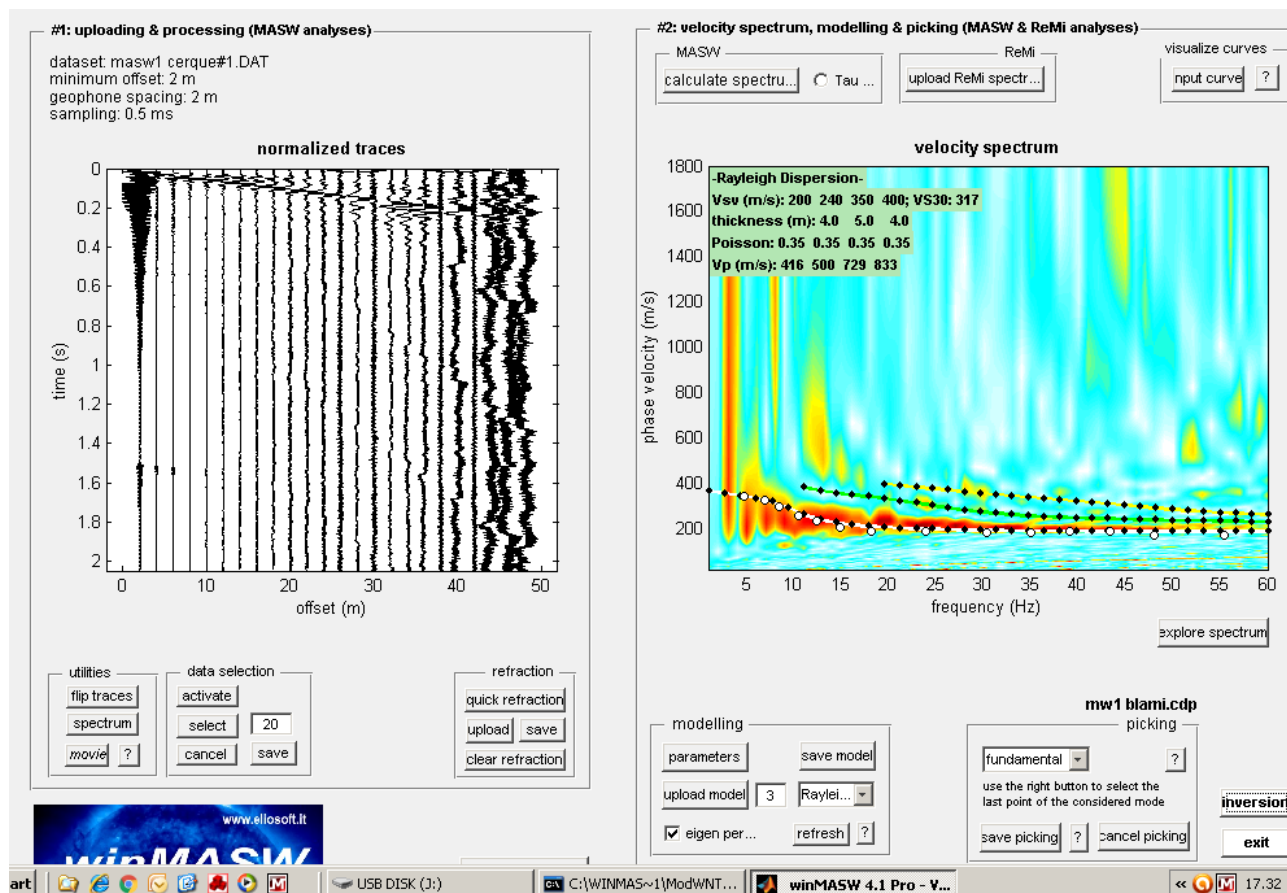
## ALLEGATI

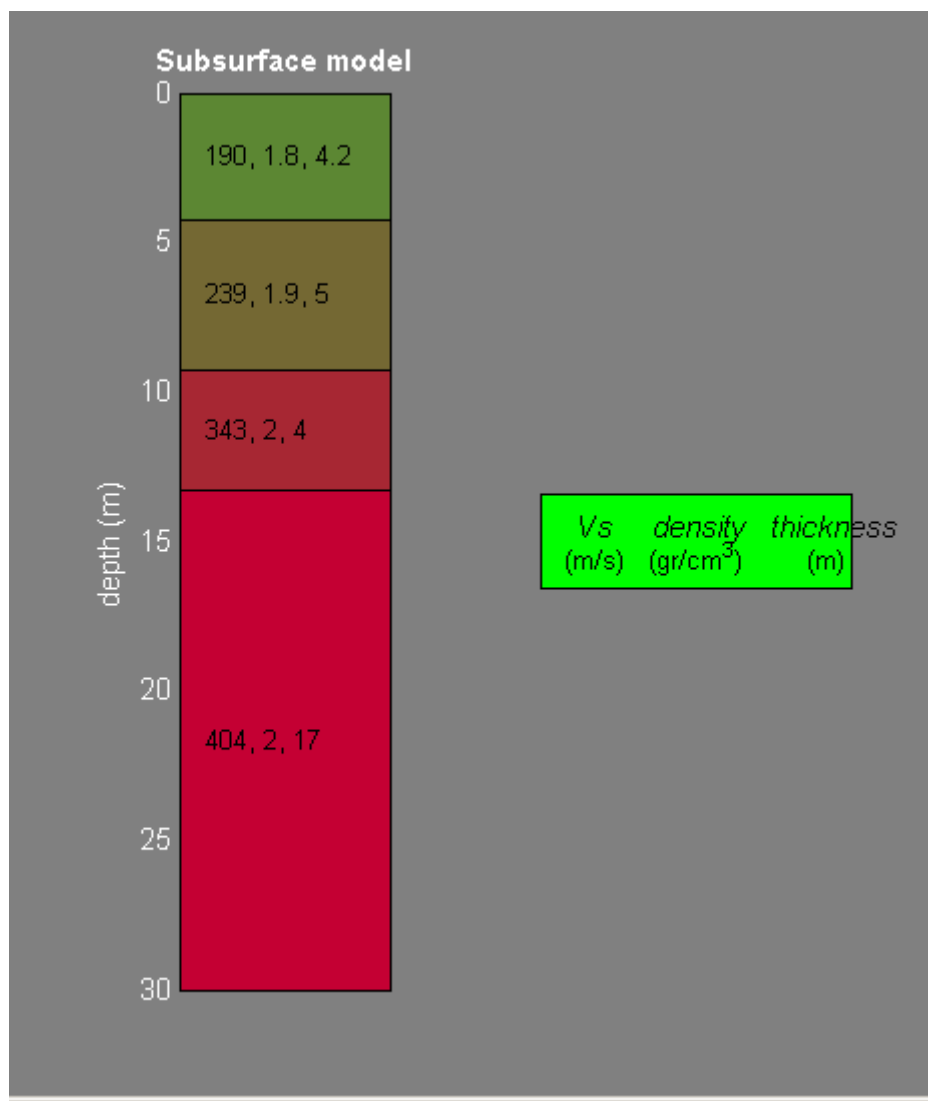




dataset: masw1 cerque#1.DAT  
dispersion curve: mw1 blami.cdp  
VS30 (best model): 312 m/s  
VS30 (mean model): 311 m/s







## **PROFILO MASW 2**

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2 e 5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

L'interpretazione dei dati ha permesso di individuare il seguente risultato:

$$V_{s\ eq} \text{ (m/s)} = 307$$

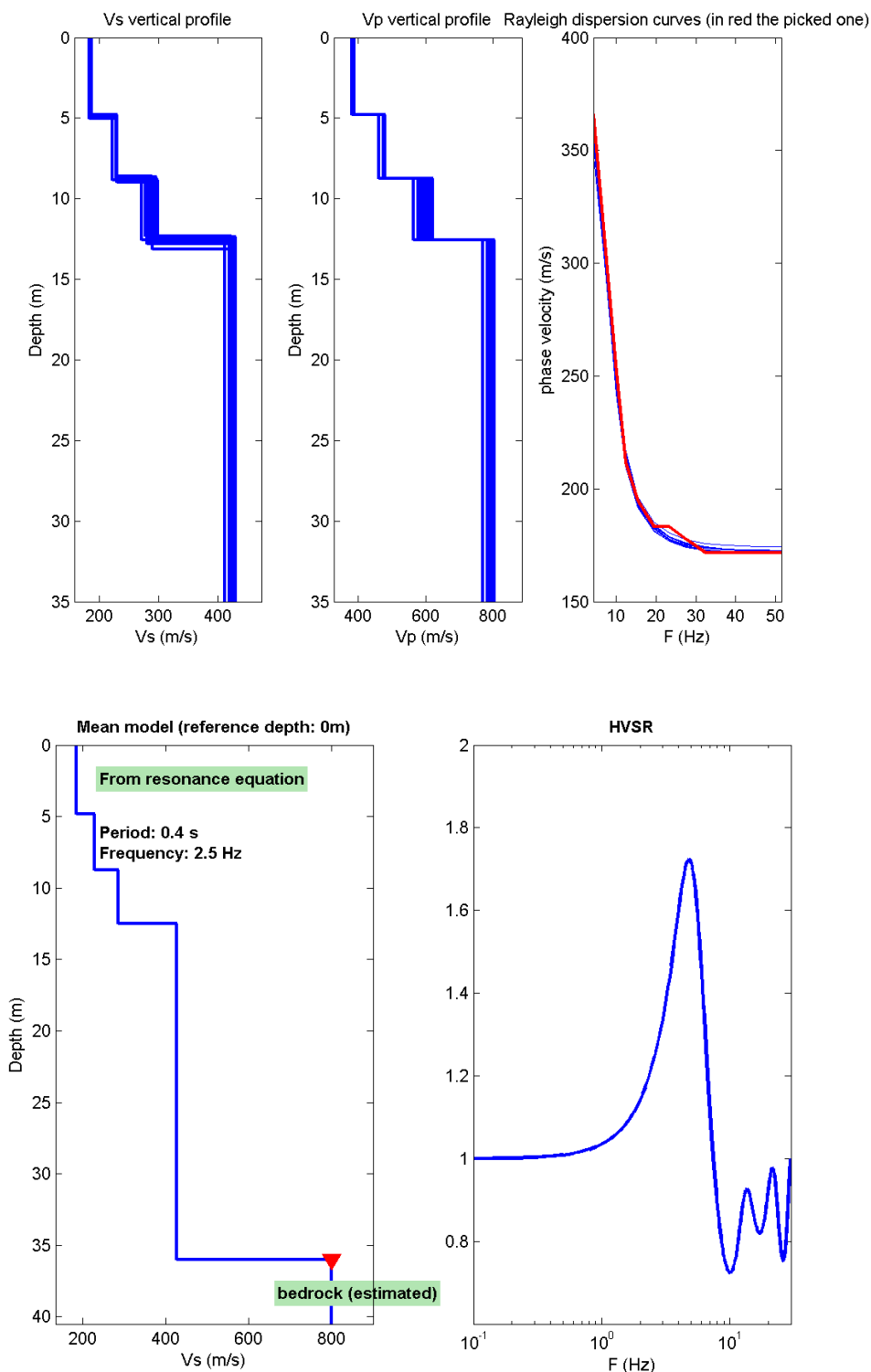
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

**“C” Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

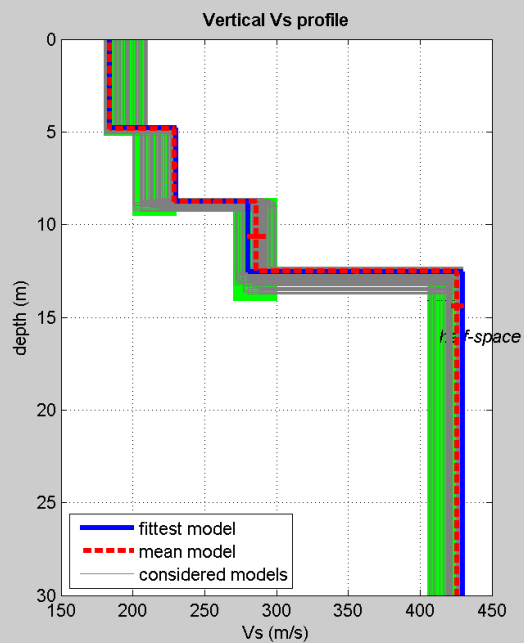
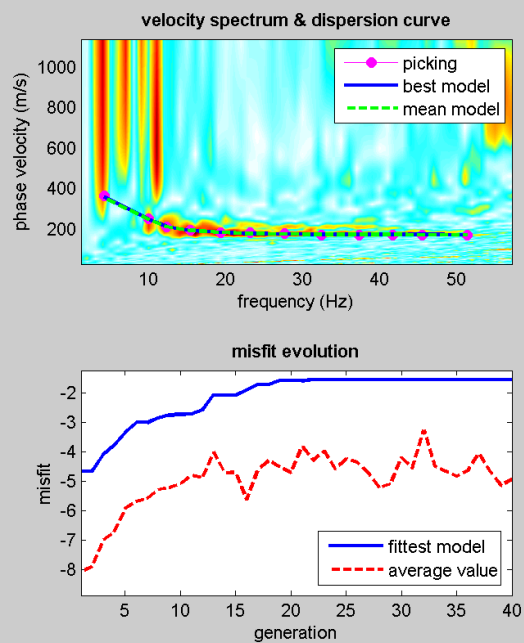
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	184	4.8
2	229	3.9
3	286	3.5
4	426	--

È da tener presente, tuttavia, che le Vseq, e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock sismico.

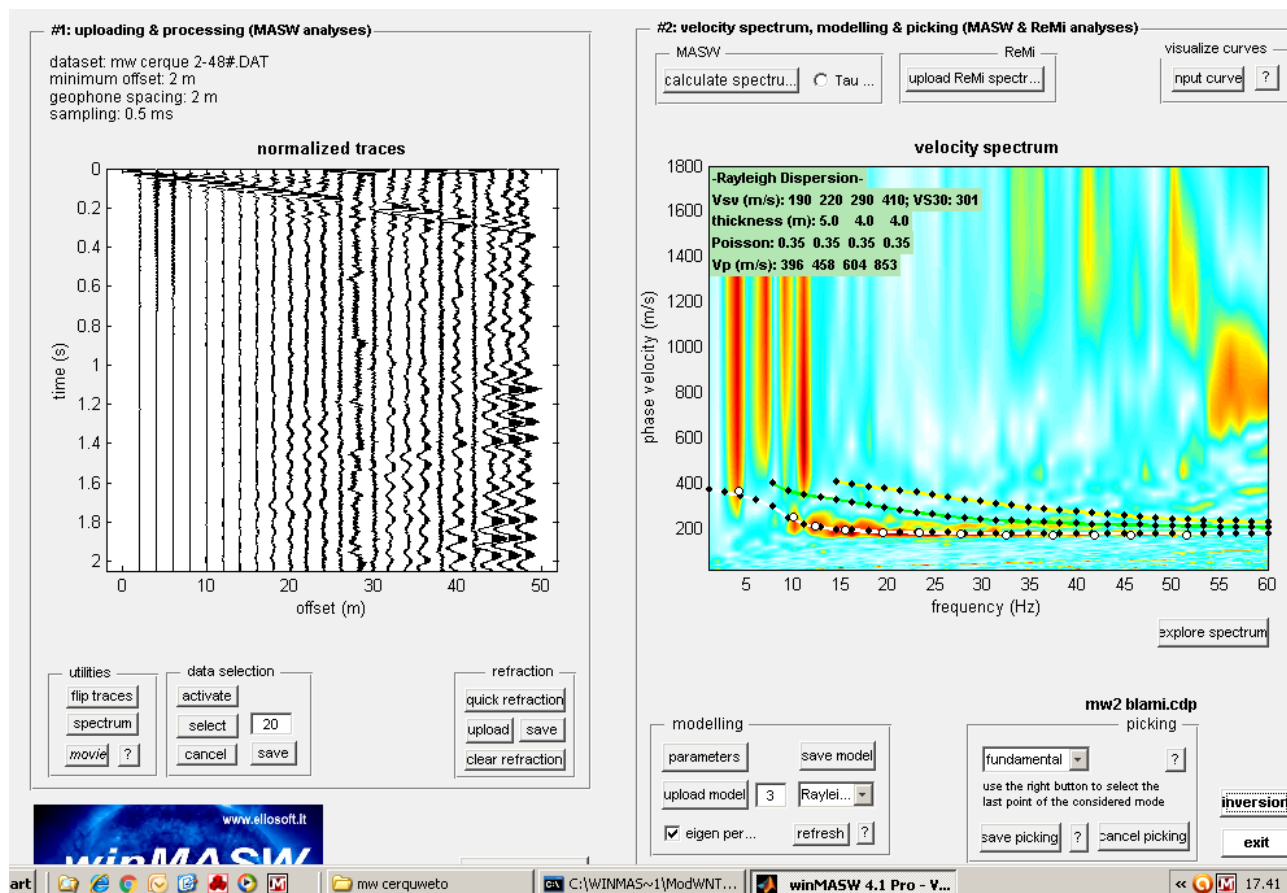
## ALLEGATI

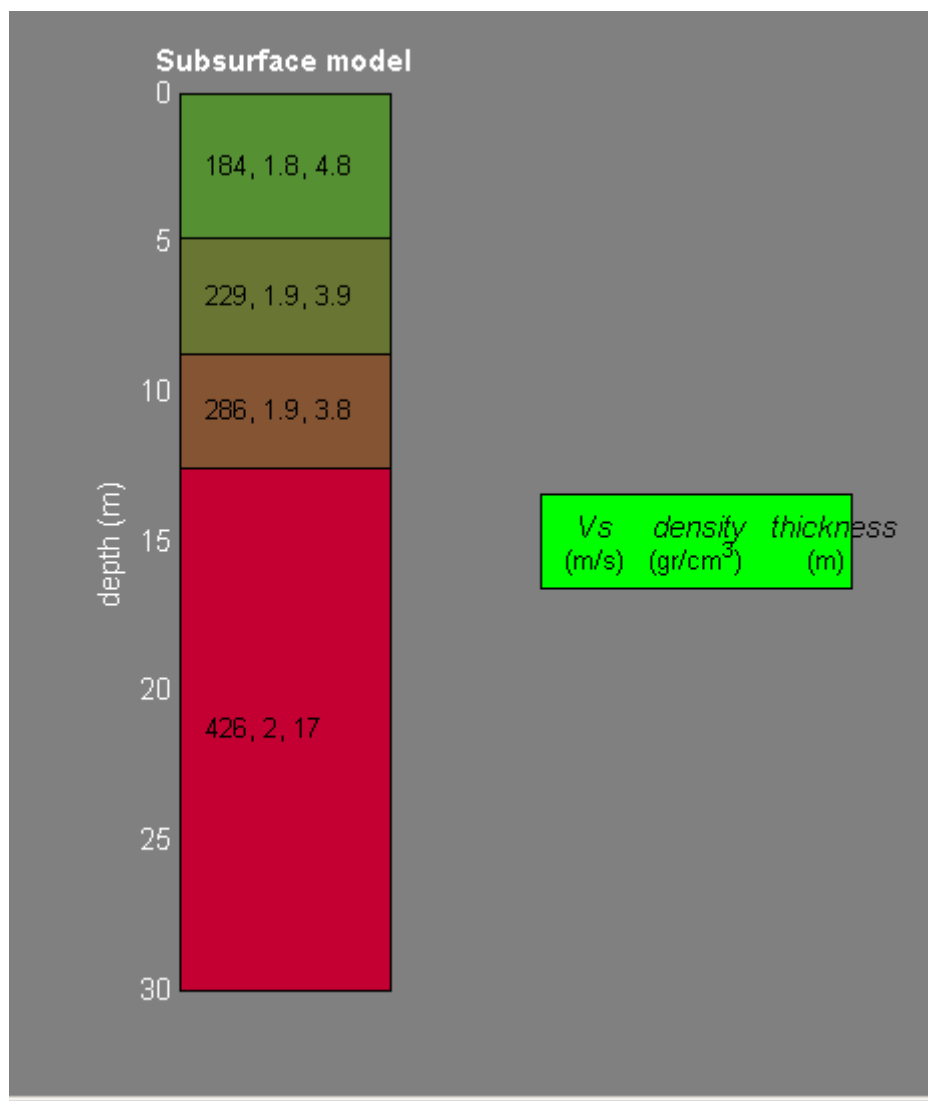






dataset: mw cerque 2-48#.DAT  
dispersion curve: mw2 blami.cdp  
VS30 (best model): 308 m/s  
VS30 (mean model): 307 m/s





## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

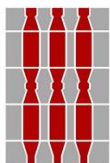
### MASW 1





## MASW 2





---

## 6.4 Certificati di prova

---

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 0.0-0.3

## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	16,8 kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,64
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	30,1 %
Limite di plasticità	Non plastico
Indice di plasticità	
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	SI
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	A2-4 I.G. = 0

### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	15,2	%
Sabbia	54,1	%
Limo	19,5	%
Argilla	11,2	%
D 10	0,003384	mm
D 50	0,391483	mm
D 60	0,853453	mm
D 90	6,477910	mm
Passante set. 10	71,6	%
Passante set. 42	51,0	%
Passante set. 200	30,7	%

### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u\ Rim}$	kPa

### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'_{Res}$	kPa	$\phi'_{Res}$	°

### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Sabbia debolmente limoso argillosa di colore marrone con abbondanti elementi ghiaiosi calcarei.

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06529</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 03/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 03/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	0.0-0.3

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 16,8 kN/m³**

Sabbia debolmente limoso argillosa di colore marrone con abbondanti elementi ghiaiosi calcarei.



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06528</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 06/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,64

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,64

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,4 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Sabbia debolmente limoso argillosa di colore marrone con abbondanti elementi ghiaiosi calcarei.

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06527</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 03/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 04/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

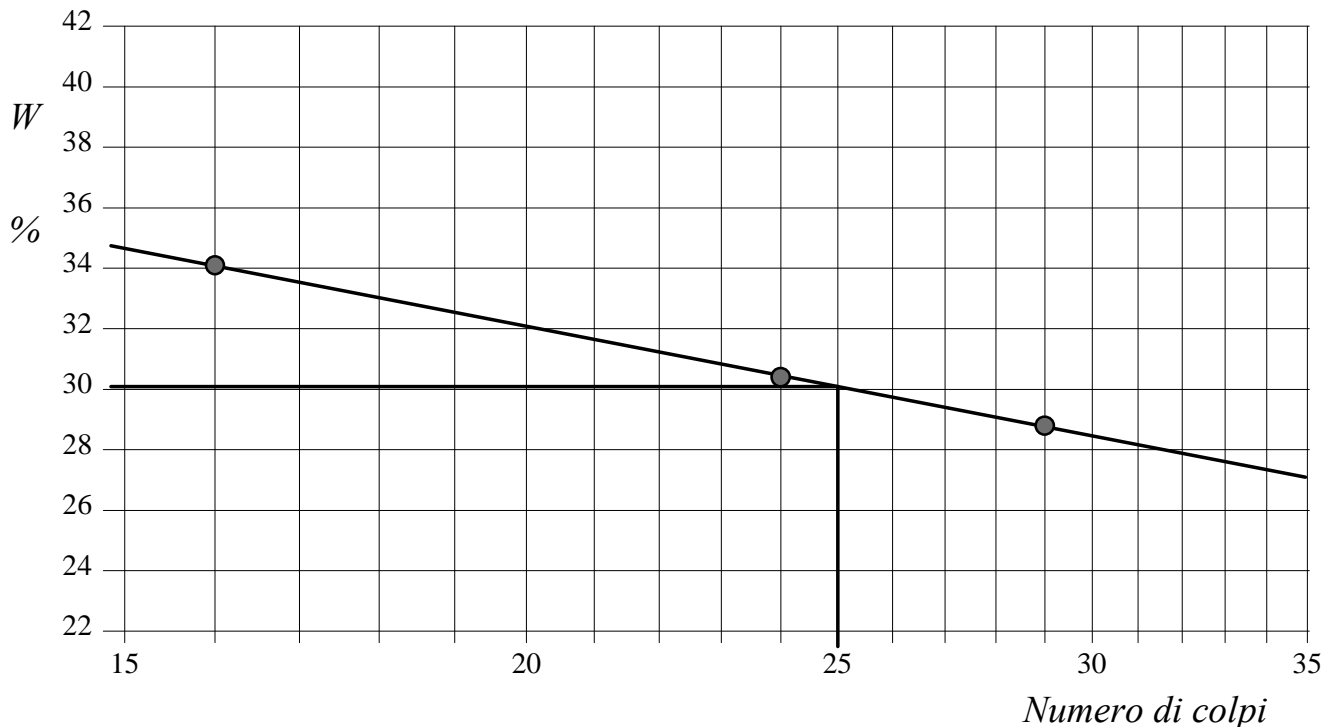
### LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	30,1 %	La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)
Limite di plasticità	Non plastico	
Indice di plasticità	- - -	

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	16	24	29			Umidità (%)		
Umidità (%)	34,1	30,4	28,8			Umidità media		

### Determinazione del Limite di liquidità



Sabbia debolmente limoso argillosa di colore marrone con abbondanti elementi ghiaiosi calcarei.

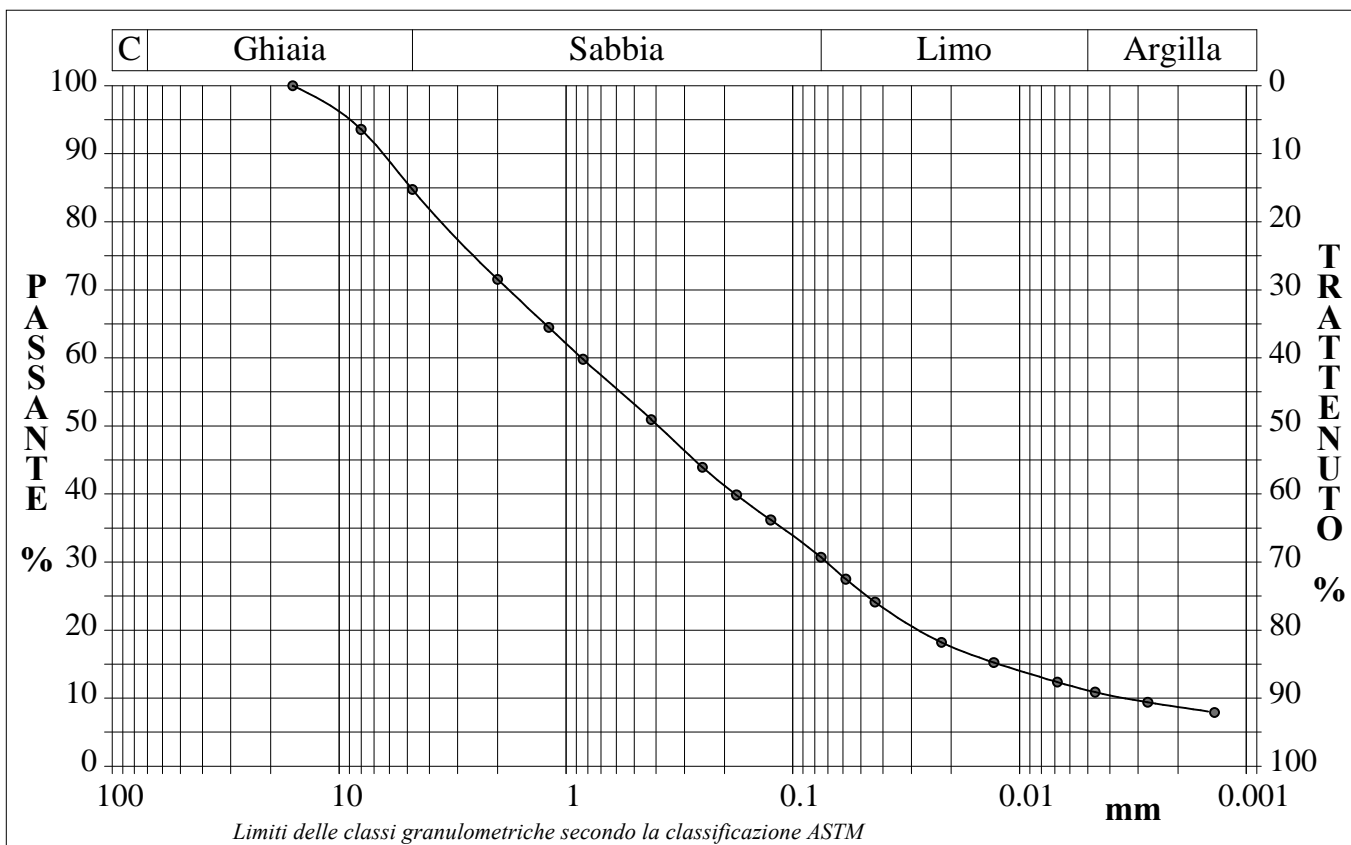
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06526</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 03/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 06/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	15,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	71,6 %	D10	0,00338 mm
Sabbia	54,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	51,0 %	D30	0,07101 mm
Limo	19,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	30,7 %	D50	0,39148 mm
Argilla	11,2 %			D60	0,85345 mm
				D90	6,47791 mm
Coefficiente di uniformità		252,20	Coefficiente di curvatura		1,75



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
16,0000	100,00	0,8410	59,80	0,0750	30,69	0,0068	12,36		
8,0000	93,57	0,4200	50,95	0,0583	27,49	0,0046	10,88		
4,7500	84,76	0,2500	43,93	0,0433	24,13	0,0027	9,39		
2,0000	71,55	0,1770	39,85	0,0221	18,20	0,0014	7,91	Setacci	10
1,1900	64,50	0,1250	36,19	0,0130	15,23			Punti sediment.	8

Sabbia debolmente limoso argillosa di colore marrone con abbondanti elementi ghiaiosi calcarei.

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera

RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 0.0-0.3

## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale		%
Peso di volume	20,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco		kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo		kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,61	
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità	45,4	%
Limite di plasticità	29,6	%
Indice di plasticità	15,8	%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 11

### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	1,0	%
Sabbia	23,6	%
Limo	33,1	%
Argilla	42,3	%
D 10		mm
D 50	0,009761	mm
D 60	0,023712	mm
D 90	0,664416	mm
Passante set. 10	95,6	%
Passante set. 42	87,7	%
Passante set. 200	75,4	%

### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u\ Rim}$	kPa

### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'_{Res}$	kPa	$\phi'_{Res}$	°

### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Argilla limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06525</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 06/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	0.0-0.3

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 20,0 kN/m³**

Argilla limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).

2  
41033

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06524</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 06/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S2                                      CAMPIONE: C1                                      PROFONDITA': m 0.0-0.3

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,61

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,61

Metodo: ☒ A      ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,5 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06523</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 07/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

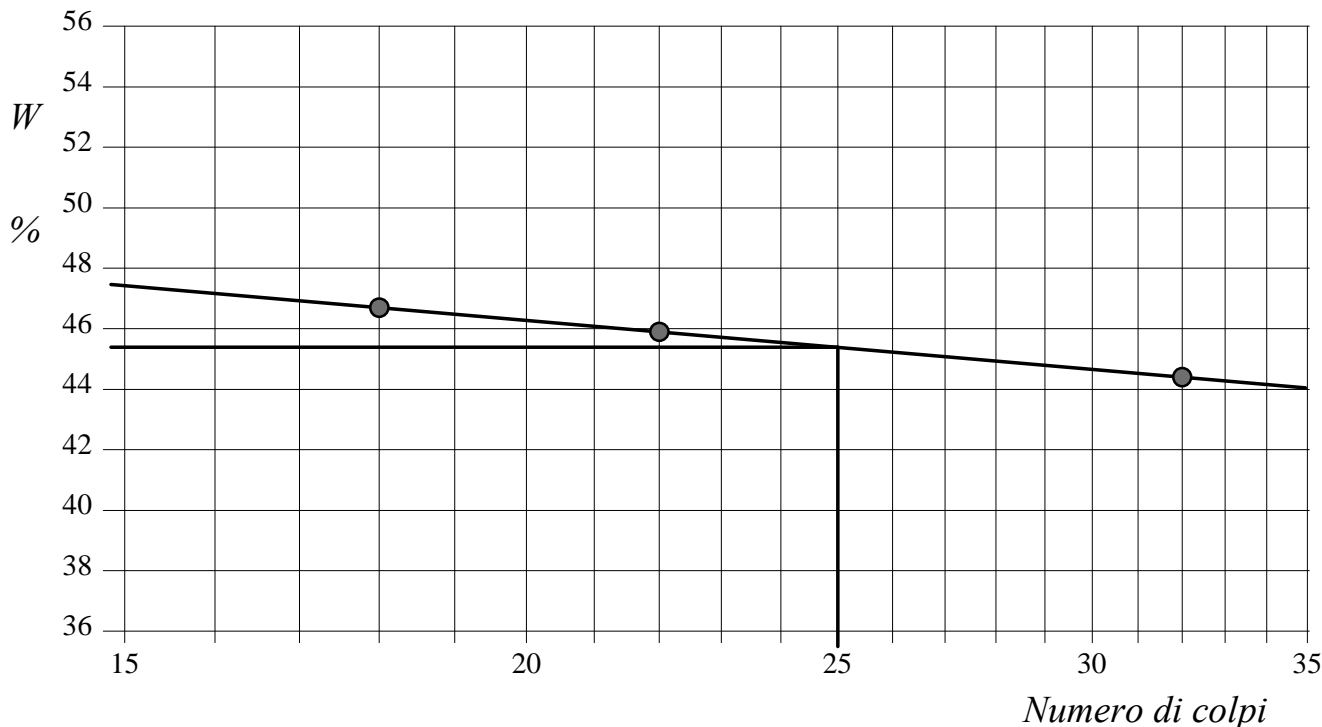
### LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	45,4 %	La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)
Limite di plasticità	29,6 %	
Indice di plasticità	15,8 %	

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	18	22	32			Umidità (%)	29,4	29,7
Umidità (%)	46,7	45,9	44,4			Umidità media	29,6	

### Determinazione del Limite di liquidità



Argilla limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).

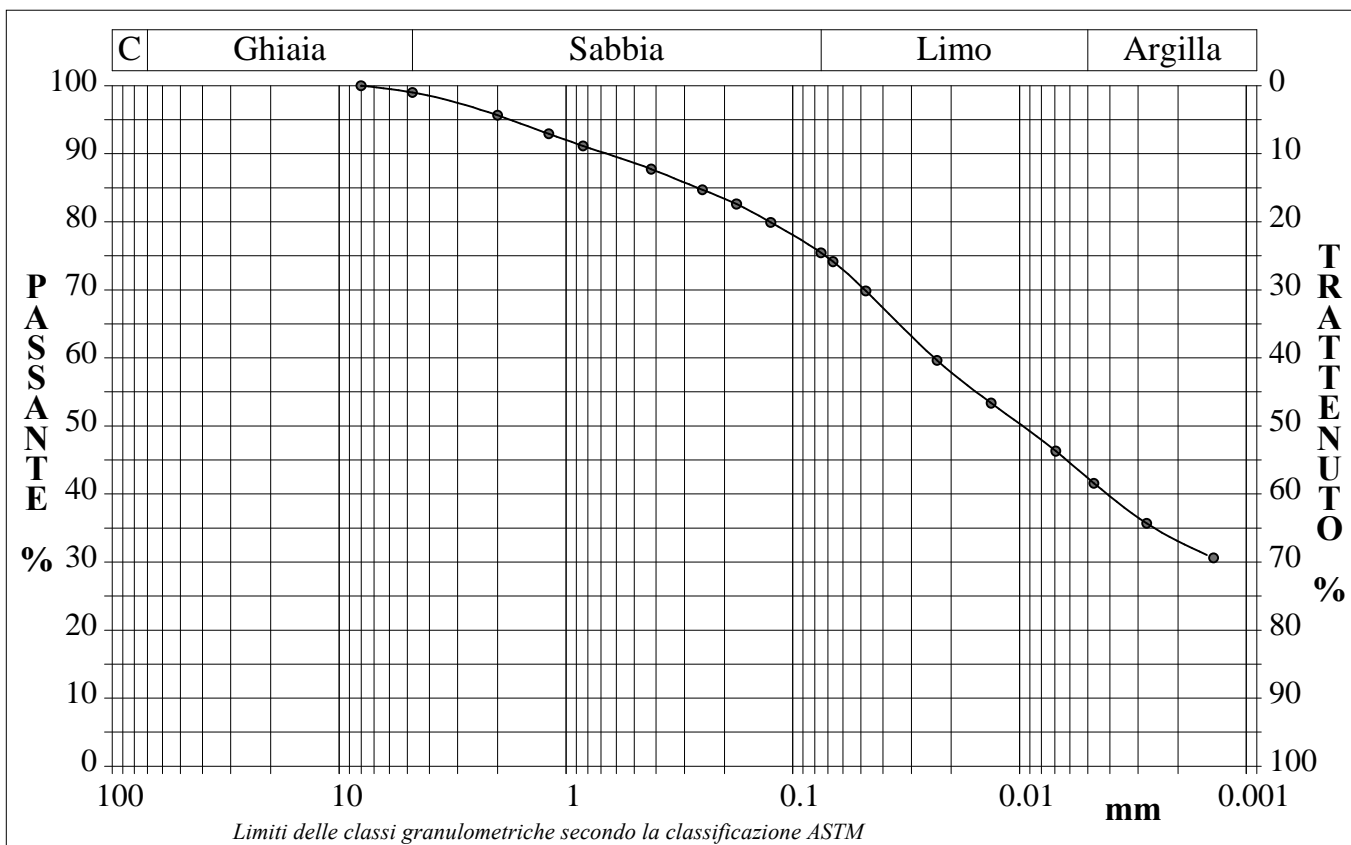
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06522</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 03/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 06/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S2                                      CAMPIONE: C1                                      PROFONDITA': m 0.0-0.3

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	1,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	95,6 %	D10	---	mm
Sabbia	23,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	87,7 %	D30	---	mm
Limo	33,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	75,4 %	D50	0,00976	mm
Argilla	42,3 %			D60	0,02371	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,66442



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
8,0000	100,00	0,4200	87,73	0,0664	74,15	0,0047	41,58		
4,7500	99,01	0,2500	84,70	0,0476	69,83	0,0028	35,70		
2,0000	95,64	0,1770	82,62	0,0231	59,63	0,0014	30,60		
1,1900	92,93	0,1250	79,91	0,0133	53,35			Setacci	9
0,8410	91,17	0,0750	75,44	0,0069	46,29			Punti sediment.	8

Argilla limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06521</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 07/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	0.0-0.3

### **CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2974

**Contenuto in sostanza organica: 59,85 g/Kg**

Analisi eseguita per calcinazione

Argilla limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).

2  
41033

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06520</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 07/11/23

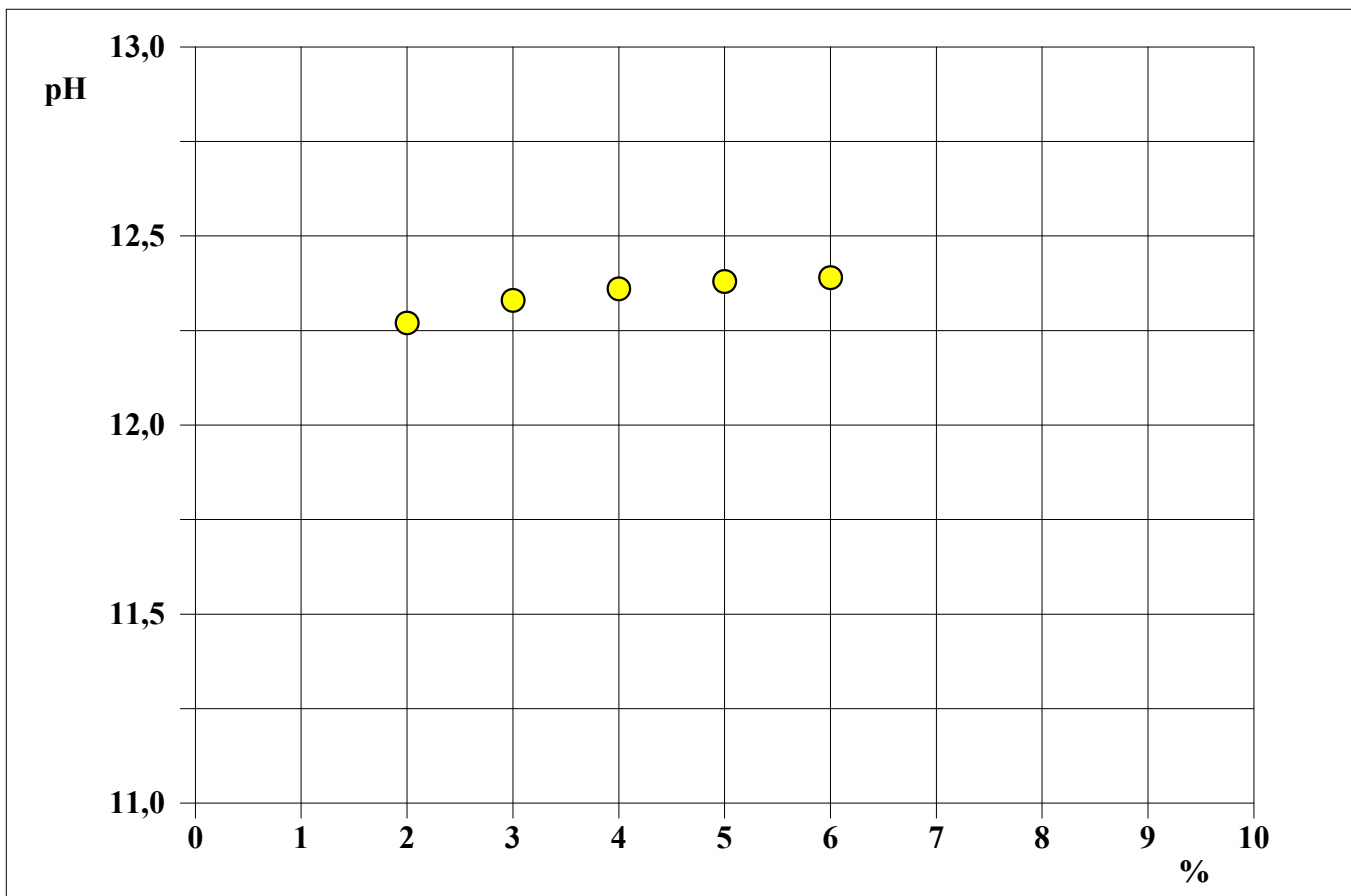
COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

### CONSUMO INIZIALE DI CALCE

Modalità di prova: Norma ASTM D 6276-99a

**Consumo iniziale di calce: 4 %**

Contenuto di calce	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0		
Valore di pH:	12,3	12,3	12,4	12,4	12,4		



Argilla limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06519</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 06/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 2.4-3.5

## **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,2 kN/m³**

Argilla debolmente limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06518</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 07/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 07/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S3                                      CAMPIONE: C2                                      PROFONDITA': m 2.4-3.5

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,61

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,61

Metodo: ☒ A      ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 19,7 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla debolmente limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06517</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 07/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 2.4-3.5

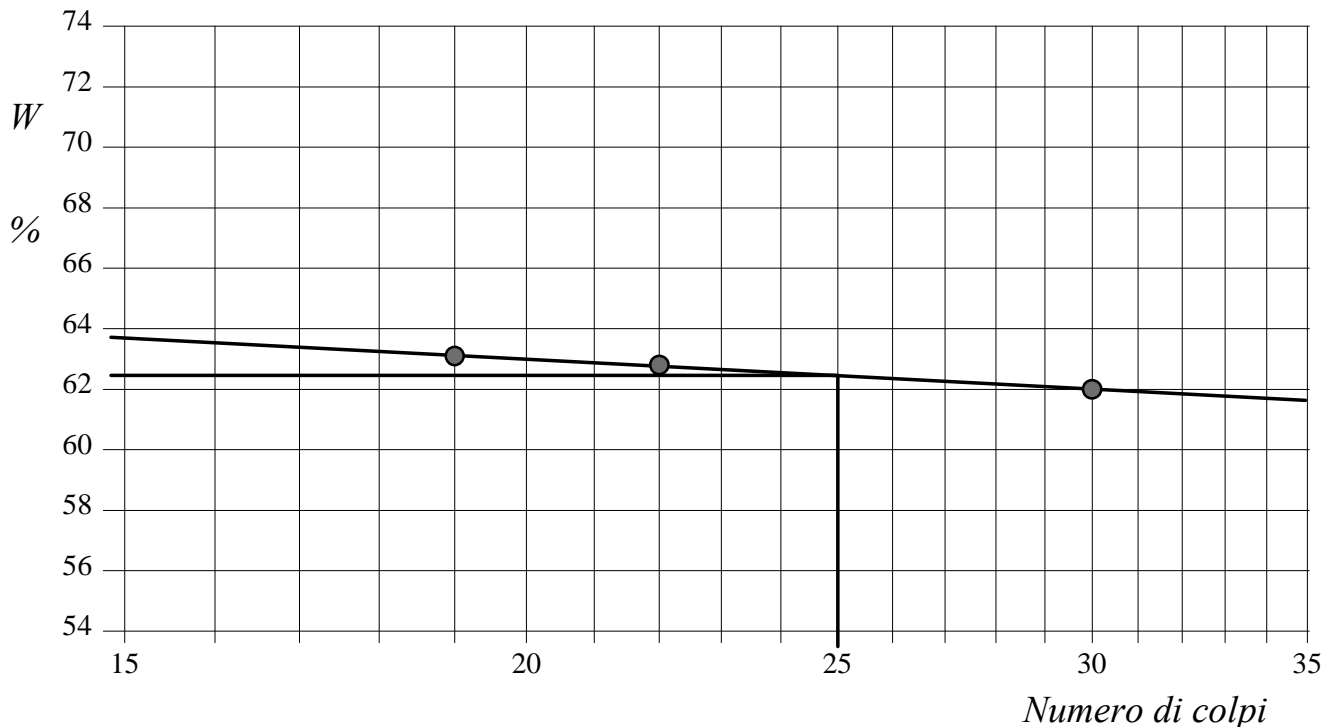
## LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	62,5 %
Limite di plasticità	33,5 %
Indice di plasticità	29,0 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	19	22	30			Umidità (%)	34,4	32,5
Umidità (%)	63,1	62,8	62,0			Umidità media	33,5	

### Determinazione del Limite di liquidità



Argilla debolmente limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).

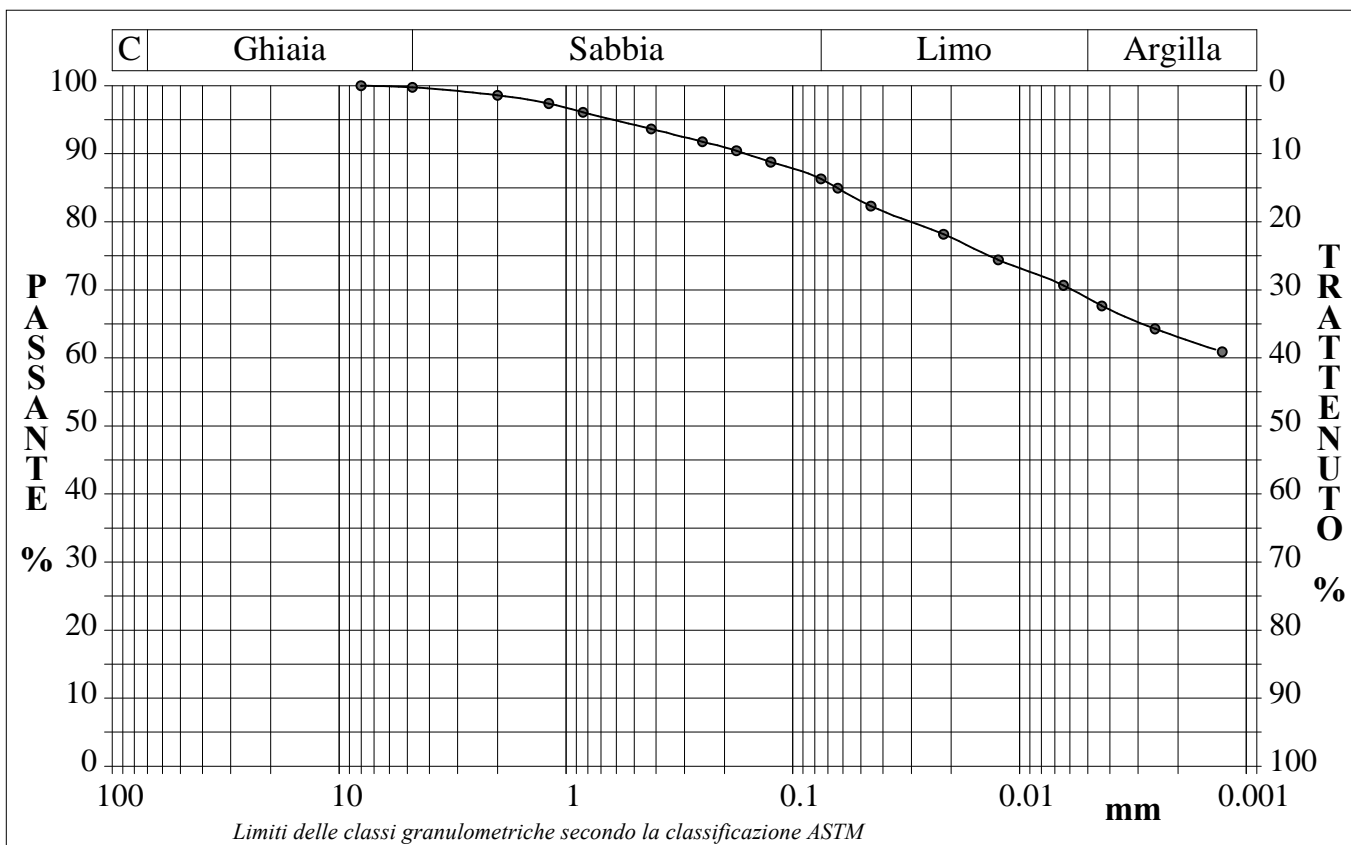
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06516</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 03/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 06/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 2.4-3.5

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,6 %	D10	---	mm
Sabbia	13,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,6 %	D30	---	mm
Limo	17,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	86,3 %	D50	---	mm
Argilla	68,8 %			D60	---	mm
				D90	0,16116	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
8,0000	100,00	0,4200	93,65	0,0633	84,94	0,0043	67,65		
4,7500	99,75	0,2500	91,77	0,0452	82,31	0,0025	64,27		
2,0000	98,59	0,1770	90,45	0,0216	78,17	0,0013	60,88		
1,1900	97,38	0,1250	88,78	0,0124	74,41			Setacci	9
0,8410	96,11	0,0750	86,31	0,0064	70,66			Punti sediment.	8

Argilla debolmente limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06515</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 07/11/23

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera			
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m	2.4-3.5

### **CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2974

**Contenuto in sostanza organica: 81,13 g/Kg**

Analisi eseguita per calcinazione

Argilla debolmente limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).

3  
41034

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06514</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/11/23	Inizio analisi: 06/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 363 del 01/11/23		Apertura campione: 03/11/23	Fine analisi: 07/11/23

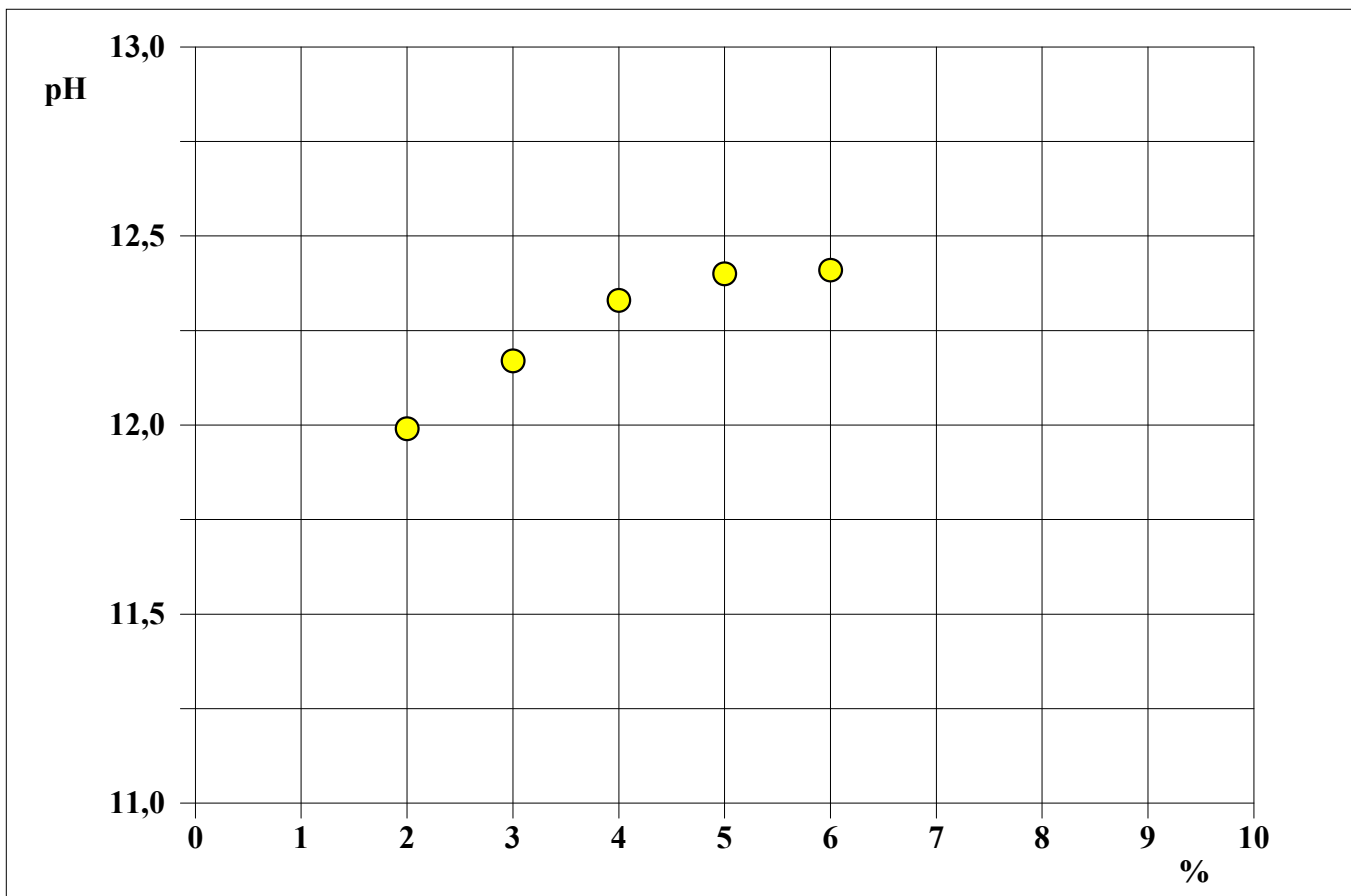
COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Tevere Nera
RIFERIMENTO: Mitigazione rischio idraulico bacini fossi Rivo, Calcinare e Lagarello
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 2.4-3.5

### CONSUMO INIZIALE DI CALCE

Modalità di prova: Norma ASTM D 6276-99a

**Consumo iniziale di calce: 5 %**

Contenuto di calce	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0		
Valore di pH:	12,0	12,2	12,3	12,4	12,4		



Argilla debolmente limoso sabbiosa di colore marrone ( $R_p > 500$  kPa).