



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7619/STC del 08/09/2010  
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ Decreto n° 4894 del 28/04/12

## COMUNE DI ROVIANO

PROVINCIA DI ROMA

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.P.A.

OGGETTO: Indagini geognostiche finalizzate alla progettazione del Nuovo Acquedotto  
Marcio  
**SONDAGGIO S3**

LOCALITA': COMUNE DI ROVIANO (RM)

TECNOGEO GROUP SRL

Data: DICEMBRE 2020

---

## INDICE

<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>6</b>
<b>CERTIFICATI STRATIGRAFICI .....</b>	<b>9</b>
<b>CERTIFICATI DI LABORATORIO.....</b>	<b>16</b>
<b>INDAGINI GEOFISICHE.....</b>	<b>75</b>

## **PREMESSA**

Nell'ambito del contratto quadro (n.3900006745 per le prestazioni finalizzate alla caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica per la progettazione di opere idriche, fognarie ed elettriche) e sulla base dell'Ordine di Servizio n.30/2020 emesso da Acea Elabiori Spa sono state realizzate le seguenti indagini:

- N. 1 Sondaggio geognostico (S3) a -30,00m con esecuzione di n.2 SPT in foro, prelievo di n.4 campioni indisturbati, N.1 campione disturbato ed installazione di piezometro a tubo aperto;
- N.5 prove di laboratorio geotecnico;
- N.2 prospezioni sismiche MASW;
- N.1 misura di frequenza naturale del terreno HVSR.

I sondaggi geognostici sono stati realizzati utilizzando la macchina di perforazione Fraste MITO 8 con matricola 854073.

I campioni prelevati sono stati inviati presso il laboratorio geotecnico certificato (Geores Srl).

Le prospezioni sismiche masw sono state realizzate utilizzando il sismografo DoReMi della SARA electronic instruments.

Per le indagini HVSR è stato utilizzato il sismografo SR04 GeoBox della SARA electronic instruments.

Si allegano i seguenti elaborati:

1. Certificato Stratigrafico
2. Certificati di laboratorio
3. Prospezione sismica MASW
4. Indagine geofisica HVSR

## **INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**

L'area dell'indagine è sita nel Comune di Roviano (RM) ad una quota di circa 320 metri s.l.m. e riportata nella Carta Geologica 1:50.000 Foglio 366 Palombara Sabina.

Da un punto di vista geologico l'area in esame può essere inquadrata all'interno dell'ampia struttura dei Simbruini-Ernici, costituita prevalentemente da rocce calcaree e/o dolomitiche appartenenti alla successione Laziale-Abruzzese ed attribuibile ad ambiente di piattaforma fino al Cretaceo superiore. Ai sedimenti di piattaforma carbonatica fanno seguito, dopo la cosiddetta "Lacuna Paleogenica", i Calcari di rampa carbonatica del Miocene medio, riferibili ai calcari a Briozoi e Litotamni, e le marne ed argille emipelagiche del Miocene medio superiore (Marne a Orbulina). A queste ultime segue il passaggio alla sedimentazione silico-clastica, rappresentata da livelli arenacei di età Tortoniano sup.-Messiniano tipici dell'area in esame. Più specificatamente l'area rientra nella dorsale dei Monti Affilani, separati dai Simbruini, dai monti Ruffi e dai "pre-Ernici" da importanti elementi tettonici e da ampi settori vallivi. In corrispondenza delle vallate affiorano diffusamente depositi silico-clastici torbiditici alto miocenici. L'assetto tettonico è quello tipico delle catene dell'Appennino centrale, caratterizzate da uno stile a thrusts con monoclinali embricate sul fronte orientale, ed importanti elementi distensivi lungo il margine sud-occidentale. Studi recenti hanno evidenziato un quadro strutturale più complesso, con componenti trascorrenti ed accavallamenti del tipo younger-on-older e back-thrust.

Le informazioni ricavate dalla Carta Geologica 366 Palombara Sabina e le risultanze delle indagini eseguite hanno messo in evidenza che nel sito in esame affiorano alternanze di limi sabbiosi e brecce calcaree di dimensioni centimetriche.

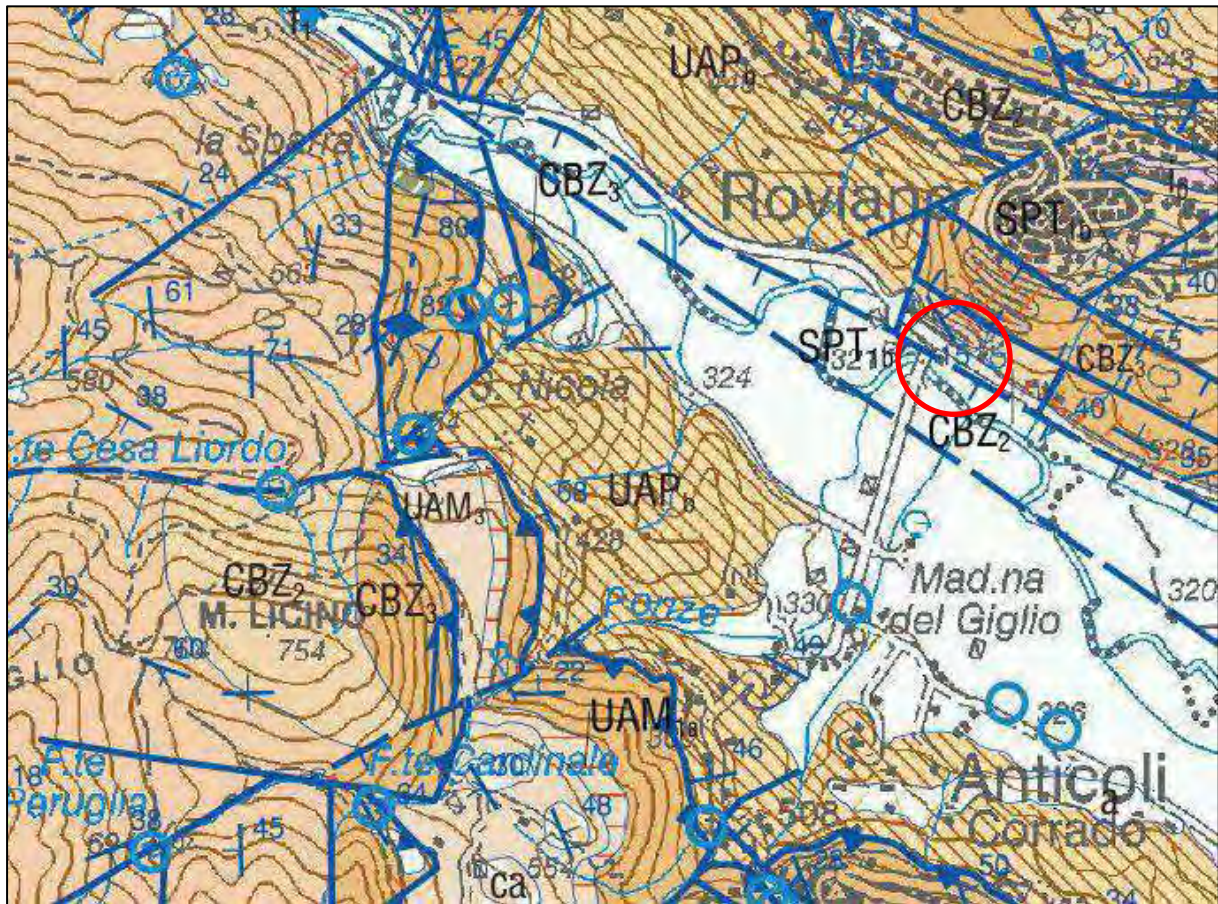


Fig.1 – Stralcio Carta Geologica 366 Palombara Sabina (scala 1:50.000)

Legenda:



Depositi fluviali e di conoide alluvionale costituiti da conglomerati ben arrotondati, alternati a livelli sabbiosi e siltosi, con livelli e lenti di argille.  
**OLOCENE**



**Calcareni a punti rossi (CBZ<sub>2</sub>)**

Calcareni fini, a luoghi bioclastiche, di colore avana e nocciola, con punti di ossidazione, di colore rosso: sono disposte prevalentemente in banchi e caratterizzate da strutture a losanga. Localmente si rinvencono intercalazioni di marne. Lo spessore è di circa 90-100 metri.



**Membro di Guadagnolo, litofacies marnosa (SPT<sub>1b</sub>)**

Alternanze di marne, marne calcaree e marne argillose a luoghi più calcaree, di colore grigio, avana chiaro, giallastro e bruno in potenti bancate. Si intercalano livelli di calcareniti con punti rossi, più abbondanti nella parte alta (sc).

Lo spessore è di circa 500-600 metri.  
**RURDIGALIANO P.P. - LANGHANO P.P.**

## SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI

	SONDAGGIO - CAMPIONE				
	S3C1	S3C2	S3C3	S3C4	S3C5
<b><u>PROFONDITÀ (m)</u></b>	6.0 - 6.50	9.00 – 9.50	15.00–15.50	18.80 – 19.00	26.70 – 27.00
<b><u>Descrizione</u></b>	Argilla con limo e sabbia	Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso	Argilla con limo debolmente sabbiosa	Argilla con limo sabbiosa	Argilla con limo debolmente sabbiosa

<b><u>CARATTERISTICHE FISICHE</u></b>					
<b>Umidità naturale (%)</b>	24.9	24.0	27.2	29.0	27.1
<b>Peso di volume (KN/m<sup>3</sup>)</b>	19.3	19.4	18.6	18.6	18.5
<b>Peso di volume secco (KN/m<sup>3</sup>)</b>	15.5	15.7	14.7	14.4	14.6
<b>Peso di volume saturo (KN/m<sup>3</sup>)</b>	19.5	19.5	18.9	18.8	18.8
<b>Peso specifico</b>	2.66	2.64	2.63	2.66	2.63
<b>Indice dei vuoti</b>	0.685	0.653	0.763	0.808	0.772
<b>Porosità (%)</b>	40.6	39.5	43.3	44.7	43.6
<b>Grado di saturazione (%)</b>	96.5	96.9	94.0	95.3	92.5
<b>Limite di liquidità</b>	37.9	39.7	57.5	50.8	56.2
<b>Limite di plasticità</b>	23.8	22.0	36.0	25.7	26.5
<b>Indice di plasticità</b>	14.1	17.7	21.5	25.1	29.7
<b>Indice di consistenza</b>	0.92	0.89	1.41	0.87	0.98
<b>Passante al set. n°40</b>	SI	SI	SI	SI	SI

<b><u>ANALISI GRANULOMETRICA</u></b>					
<b>Ghiaia (%)</b>	-	8.2	0.2	-	1.0
<b>Sabbia (%)</b>	27.0	19.1	7.3	11.0	9.6
<b>Limo (%)</b>	34.9	38.7	26.3	34.5	35.8
<b>Argilla (%)</b>	38.1	34.0	66.2	54.5	53.6
<b><u>COMPRESSIONE</u></b>					
<b>σ (kPa)</b>	86	75	141	-	69
<b>Cu (kPa)</b>	43	37	70	-	34

**TAGLIO DIRETTO**

<b>c' (kPa)</b>	5.9	3.9	16.5	-	7.7
<b><math>\phi'</math> (°)</b>	26.6	25.6	26.8	-	26.2

**PROVA EDOMETRICA**

<b><math>\sigma</math> (kPa)</b>	<b>E (kPa)</b>				
<b>6,3÷12,5</b>	1866	1026	-	-	2016
<b>12,5÷25,0</b>	2451	1982	3623	-	3731
<b>25÷50,0</b>	2083	2370	4386	-	3520
<b>50,0÷100,0</b>	2841	3559	7143	-	3390
<b>100,0÷200,0</b>	3810	4515	7299	-	3425
<b>200,0÷400</b>	8097	6107	9112	-	5242
<b>400÷800,0</b>	14679	8999	15717	-	9292
<b>800,0÷1600,0</b>	28219	22130	21080	-	18203
<b>1600,0÷3200,0</b>	50000	46767	36158	-	40973

## UBICAZIONE INDAGINI



● Sondaggio geognostico e piezometro a tubo aperto

↕ Indagine sismica MASW

▲ Indagine HVSR



# ALLEGATO 1

## Sondaggi Geognostici

Caratteristiche tecniche generali "Fraste MITO 8" con matricola 854073

Carro:

Lunghezza min/max: 1600-2200 mm

Larghezza pattino: 400 mm

Passo cingolo: 1925 mm

Pendenza max. superabile: 50%

Motore diesel:

Potenza: 106 – 110 Kw

Capacità serbatoio gasolio: 150 l

Antenna:

Corsa testa di rotazione: 1300 - 3800mm

Tiro: 7000 daN

Spinta: 7000 daN

Velocità salita – discesa: 40m/min

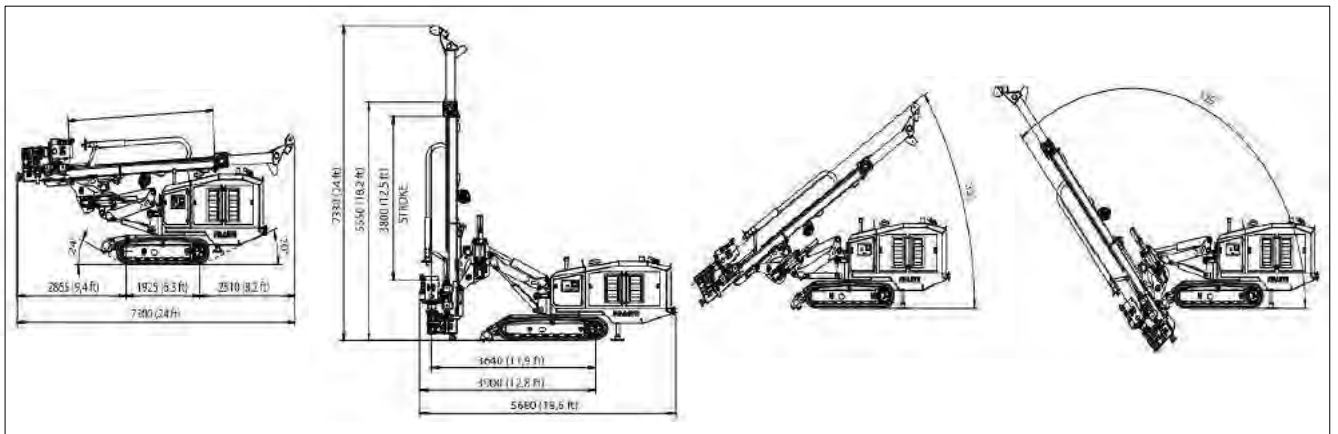
Testa rotante:

Coppia max: 2400 daNm

Velocità max: 1220 rpm

Morsa di bloccaggio: Ø 48-360 mm

Peso: 9900 kg

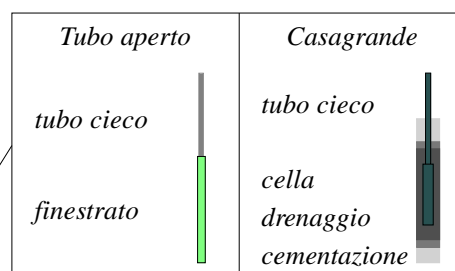


<b>Certificato n° 438 del 2020</b>	<b>Verbale di accett n° 30 del 03/08/2020</b>	<b>Commessa: 00160</b>
Committente: ACEA ELABORI spa		Sondaggio: S3
Riferimento: Progettazione del Nuovo Acquedotto Marcio		Data: 06/08/2020
Coordinate: Lat. 42.022202° Long. 12.990627°		Quota: 320 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo		

## LEGENDA STRATIGRAFIA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Standard Penetration Test			14	15
										m	S.P.T.	N Pt		

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 4) Simbolo litologico
- 5) Profondità della base dello strato (m)
- 6) Descrizione della litologia dello strato
- 7) Piezometri
- 8) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 9) Simbolo del campione
- 10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N<sub>spt</sub>
- 13) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 14) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 15) Cassette catalogatrici



*She = Shelby*  
*Den = Denison*  
*Ost = Osterberg*  
*Maz = Mazier*  
*Crp = Craps*  
*nk3 = NK3*  
*Ind = Indisturbato*  
*Dis = Disturbato*  
*SDi = Semi disturbato*  
*SPT = SPT*

<b>Certificato n° 438 del 2020</b>	<b>Verbale di accett n° 30 del 03/08/2020</b>	<b>Commessa: 00160</b>
Committente: ACEA ELABORI spa		Sondaggio: S3
Riferimento: Progettazione del Nuovo Acquedotto Marcio		Data: 06/08/2020
Coordinate: Lat. 42.022202° Long. 12.990627°		Quota: 320 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo		

Ø mm	R batt.	metri	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	Piez.	Campioni	Standard Penetration Test		N	Pt	Prel. % 0 --- 100	Cass.	
								m	S.P.T.					
		1		1.0	Terreno di riporto costituito da breccia calcarea e sabbia limosa									
		2			Alternanze di limi sabbiosi e breccie calcaree di dimensioni centimetriche								1	
		3												
		4												
		5		4.8					4.5	1-1-1	2	C		
		6			Argilla con limo debolmente sabbiosa, a tratti debolmente ghiaiosa da poco a mediamente consistente di colore marroncino		C1) Ind < 6,00 6,50							2
		7												
		8												
		9												
		10						C2) Ind < 9,00 9,50						
		11												
		12						12,0	5-8-7	15	C		3	
		13												
		14												
		15					C3) Ind < 15,00 15,50							
		16												
		17												
		18		18,0									4	
		19			Argilla con limo sabbiosa da poco consistente a molle di colore marrone scuro		C4) Dis < 18,80 19,00							
		20												
		21												
		22												
		23												
		24												
		25												
		26												
		27		27,0			C5) Ind < 26,70 27,00							
		28			Calcarenite molto fratturata di colore marroncino/avana									
		29												
		30		30,0										6

Il foro è stato allestito con piezometro in pvc da 2"

Il Direttore  
 Geol. Norman Abballe

Il Responsabile di sito  
 Geol. Norman Abballe



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7619/STC del 08/09/2010  
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ  
Decreto n° 4894 del 28/04/12

<b>Certificato n° 438 del 2020</b>	<b>Verbale di accett n° 30 del 03/08/2020</b>	<b>Commessa: 00160</b>
Committente: ACEA ELABORI spa		Sondaggio: S3
Riferimento: Progettazione del Nuovo Acquedotto Marcio		Data: 06/08/2020
Coordinate: Lat. 42.022202° Long. 12.990627°		Quota: 320 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo		

SCALA 1:160

## **STRATIGRAFIA**

Pagina 2/2

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	06/08/20									
Ora	Mattina									
Livello dell'acqua (m)	2,70									
Prof. perforazione(m)										
Prof. rivestimento(m)										

Il Direttore  
Geol. Norman Abballe

Il Responsabile di sito  
Geol. Norman Abballe



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00



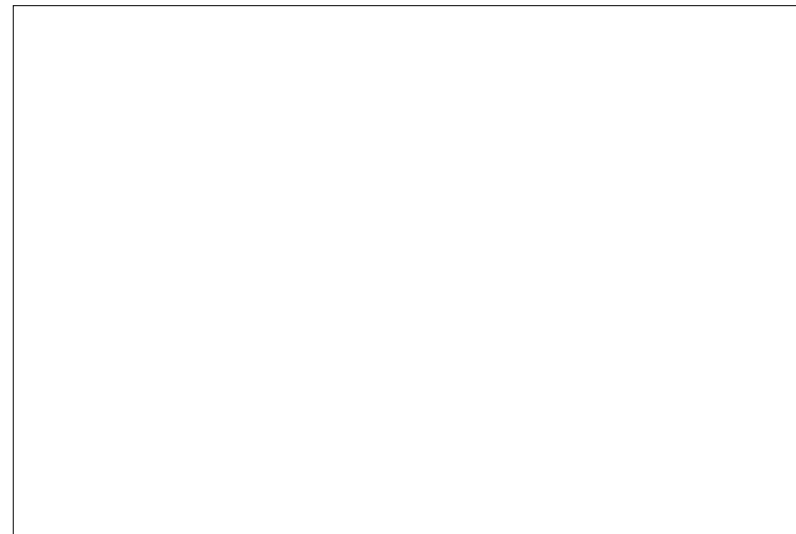
Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 30,00



Postazione sonda



**Certificato n° 438 del 2020**      **Verbale di accett n° 30 del 03/08/2020**      **Commessa: 00160**

Committente: ACEA ELABORI spa      Sondaggio: S3  
Riferimento: Progettazione del Nuovo Acquedotto Marcio      Data: 06/08/2020  
Coordinate: Lat. 42.022202° Long. 12.990627°      Quota: 320 m s.l.m.  
Perforazione: Carotaggio continuo

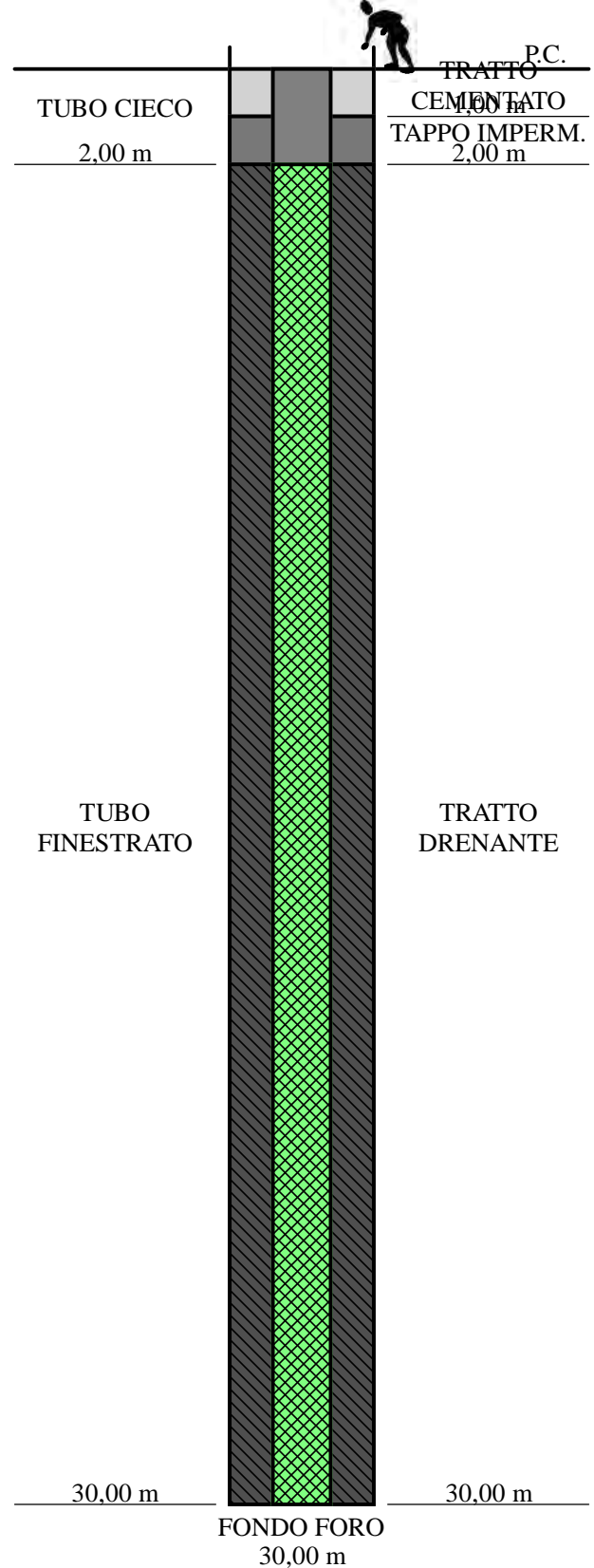
**SCHEMA PIEZOMETRO**

Tipo di piezometro	Tubo Aperto
Denominazione	pz1
Data di installazione	06/08/2020
Lunghezza del tubo (m)	30,00
Diametro del tubo (mm)	50,8
Tubo finestrato (m)	Da 2,00 a 30,00
Tratto cementato (m)	Da 0,00 a 1,00
Tappo impermeabile (m)	Da 1,00 a 2,00
Tratto filtrante (m)	Da 2,00 a 30,00
Tipo di filtro	ghiaietto
Tipo di chiusino	pvc
Spurgo eseguito	

**RILIEVO DEL LIVELLO DELL'ACQUA**

Data	Prof. (m)	Data	Prof. (m)
Settembre 2020	3,00		

**SCHEMA PIEZOMETRO**



Il Direttore  
Geol. Norman Abballe

Il Responsabile di sito  
Geol. Norman Abballe

## **ALLEGATO 2**

**Certificati di Laboratorio**



COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 6.0-6.5

**MODULO RIASSUNTIVO**
**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	24.9	%
Peso di volume	19.3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15.5	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19.5	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2.66	
Indice dei vuoti	0.685	
Porosità	40.6	%
Grado di saturazione	96.5	%
Limite di liquidità	37.9	%
Limite di plasticità	23.8	%
Indice di plasticità	14.1	%
Indice di consistenza	0.92	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	27.0	%
Limo	34.9	%
Argilla	38.1	%
D 10		mm
D 50	0.006670	mm
D 60	0.014722	mm
D 90	0.752514	mm
Passante set. 10	100.0	%
Passante set. 42	83.4	%
Passante set. 200	73.7	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k cm/sec

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	86	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$C_U$	43	kPa	$C_U$ Rim	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	5.9	kPa	$\phi'$ 26.6 °
$c'$ 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
6.3 ÷ 12.5	1866	---	---
12.5 ÷ 25.0	2451	---	---
25.0 ÷ 50.0	2083	---	---
50.0 ÷ 100.0	2841	---	---
100.0 ÷ 200.0	3810	---	---
200.0 ÷ 400.0	8097	---	---
400.0 ÷ 800.0	14679	---	---
800.0 ÷ 1600.0	28219	---	---
1600.0 ÷ 3200.0	50000	---	---

Argilla con limo e sabbia di colore grigiastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: <b>05488</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 10/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 11/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 6.0-6.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 24.9 %**

Struttura del materiale:  Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla con limo e sabbia di colore grigiastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: <b>05489</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 10/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 10/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 6.0-6.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19.3 kN/m<sup>3</sup>**

Argilla con limo e sabbia di colore grigiastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: <b>05490</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 15/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 16/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 6.0-6.5

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = **2.66**

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = **2.65**

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 26.5 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla con limo e sabbia di colore grigiastro



**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05492 Pagina 1/1

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 16/09/20

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

Apertura campione: 10/09/20

Fine analisi: 19/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

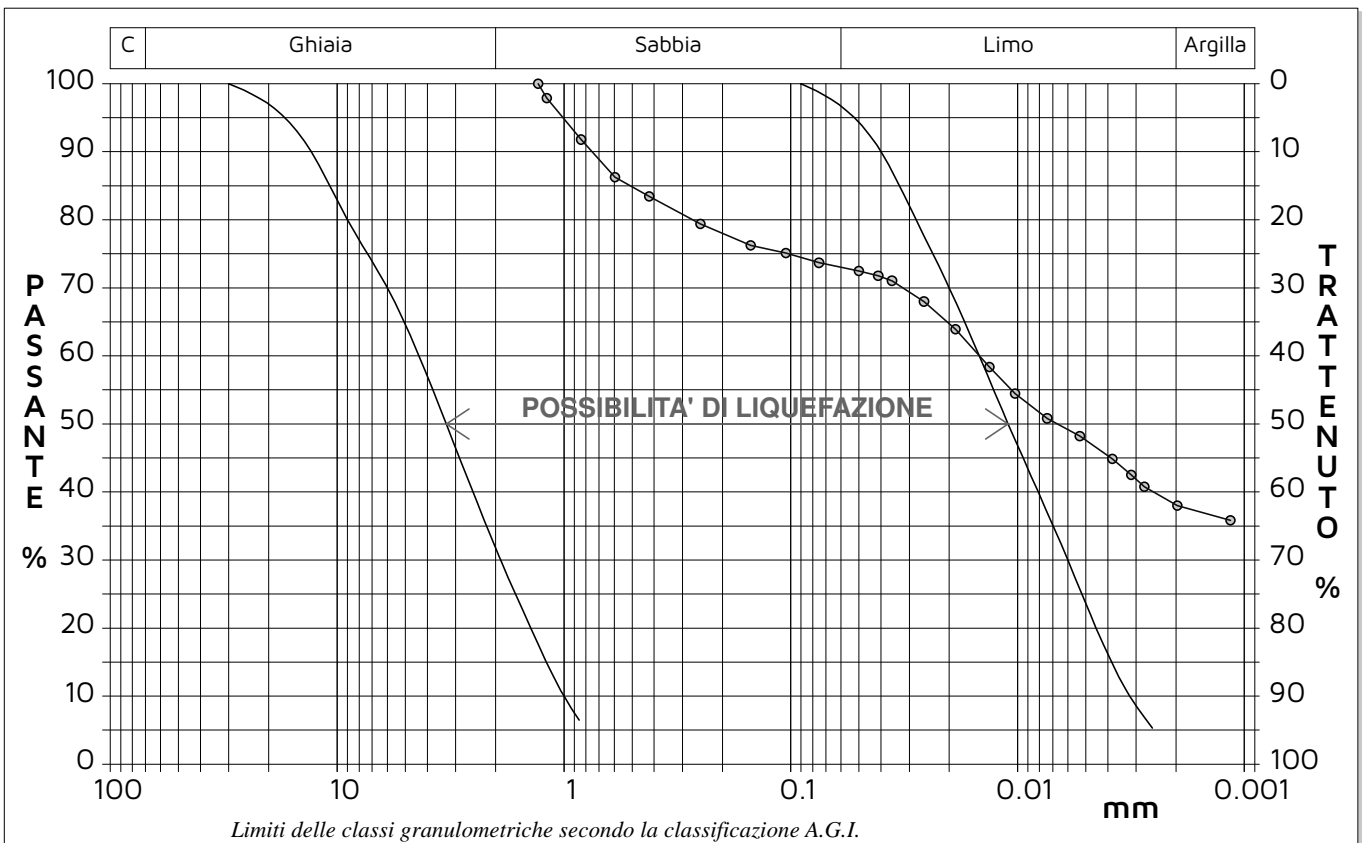
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 6.0-6.5

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D10	---	mm		
Sabbia	27.0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	83.4 %	D30	---	mm		
Limo	34.9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	73.7 %	D50	0.00667	mm		
Argilla	38.1 %			D60	0.01472	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0.75251	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
1.3000	100.00	0.2500	79.41	0.0411	71.76	0.0103	54.45	0.0028	40.78
1.1900	97.86	0.1500	76.22	0.0358	71.03	0.0074	50.82	0.0020	38.02
0.8410	91.78	0.1050	75.11	0.0258	67.98	0.0053	48.20	0.0012	35.83
0.5950	86.24	0.0750	73.68	0.0188	63.91	0.0038	44.85		
0.4200	83.43	0.0501	72.49	0.0133	58.38	0.0032	42.52		

Argilla con limo e sabbia di colore grigiastro

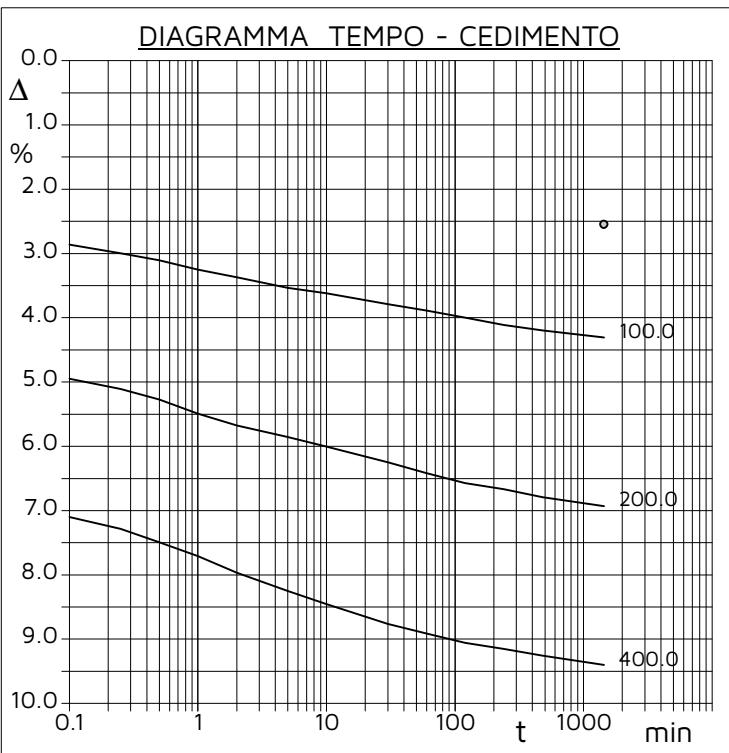
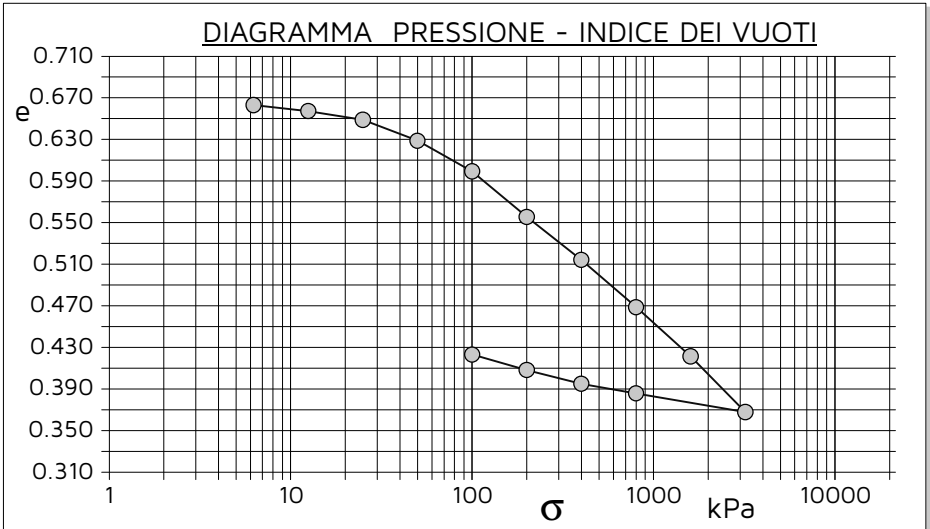
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05493</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 10/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 25/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 6.0-6.5

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	19.38
Umidità (%)	24.3
Peso specifico	2.66
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.05
Sezione provino (cm <sup>2</sup> )	20.00
Volume provino (cm <sup>3</sup> )	40.00
Volume dei vuoti (cm <sup>3</sup> )	16.07
Indice dei vuoti	0.67
Porosità (%)	40.17
Saturazione (%)	96.2



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
6.3	10.0	0.663	
12.5	16.7	0.657	0.019
25.0	26.9	0.649	0.028
50.0	50.9	0.629	0.067
100.0	86.1	0.599	0.098
200.0	138.6	0.555	0.146
400.0	188.0	0.514	0.137
800.0	242.5	0.469	0.151
1600.0	299.2	0.421	0.157
3200.0	363.2	0.368	0.178
800.0	341.7	0.386	
400.0	330.6	0.395	
200.0	314.8	0.408	
100.0	297.0	0.423	

Argilla con limo e sabbia di colore grigiastro









<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05495</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 10/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 11/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 6.0-6.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

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 (%):	24.9    21.4	25.9    23.0	24.8    17.5
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	19.6	19.4	19.3
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0.020 mm / min	

DIAGRAMMA  
Tensione  
Deformazione orizzontale

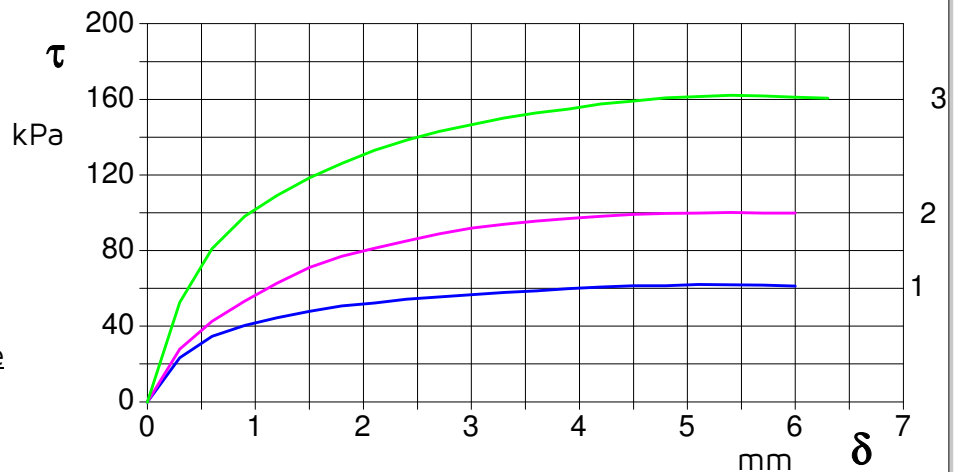
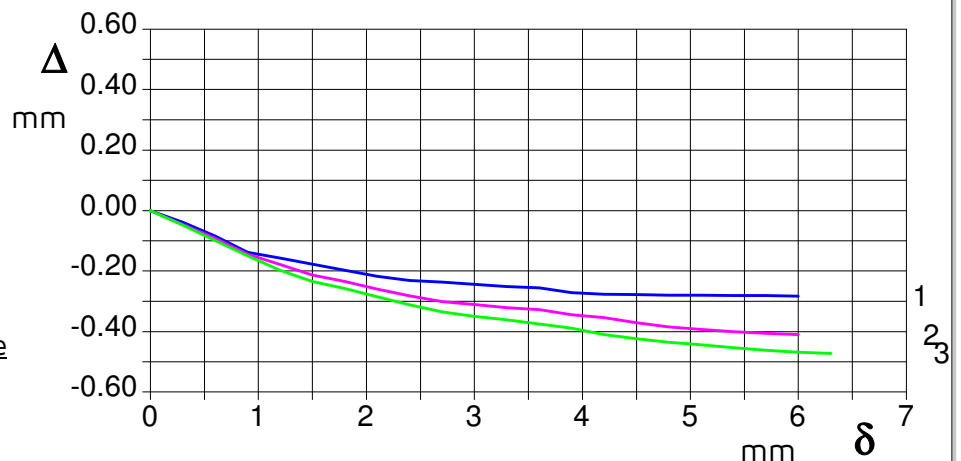


DIAGRAMMA  
Deformazione verticale  
Deformazione orizzontale



Argilla con limo e sabbia di colore grigiastro



ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 10/09/20

Apertura campione: 10/09/20

Fine analisi: 11/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 6.0-6.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Tensione a rottura (kPa):	62		100		162	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	5.10	-0.28	5.40	-0.40	5.40	-0.45
Umidità iniziale e umidità finale (%):	24.9	21.4	25.9	23.0	24.8	17.5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m <sup>3</sup> ):	19.6	19.0	19.4	19.0	19.3	18.1
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	99.8	85.9	99.9	88.5	95.7	67.7

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 5.9 kPa  
Angolo di attrito interno: 26.6 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
Velocità di deformazione: 0.020 mm / min  
Tempo di consolidazione (ore): 24

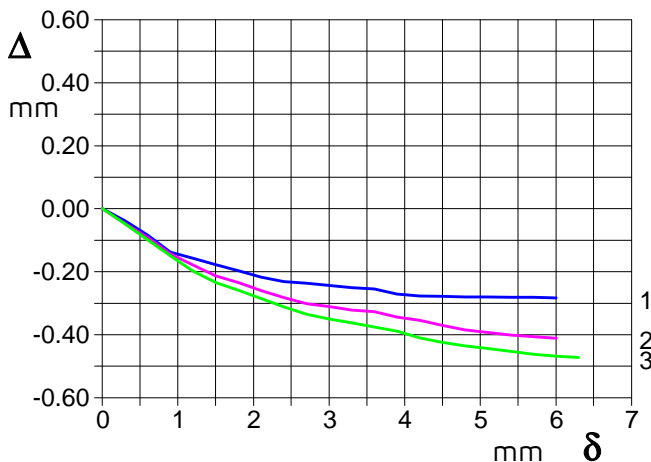
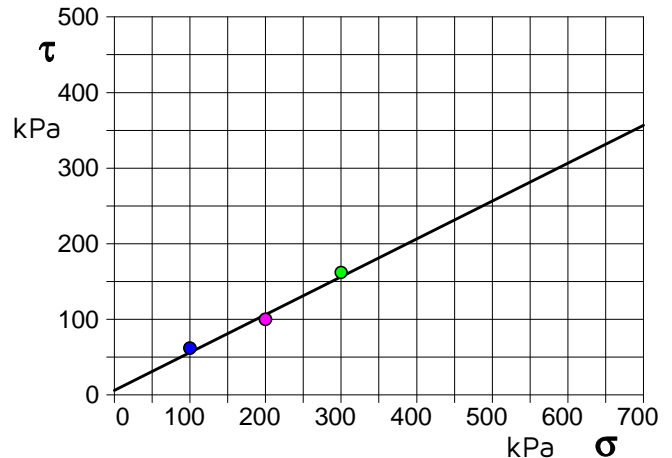


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

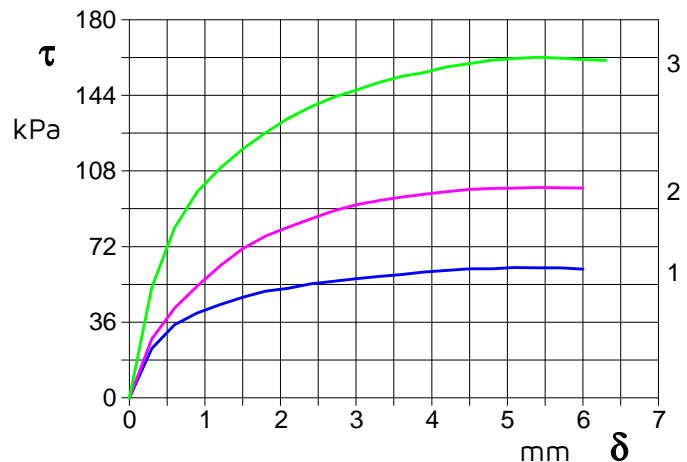


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Argilla con limo e sabbia di colore grigiastro

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 9.0-9.5

**MODULO RIASSUNTIVO**
**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	24.0	%
Peso di volume	19.4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15.7	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19.5	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2.64	
Indice dei vuoti	0.653	
Porosità	39.5	%
Grado di saturazione	96.9	%
Limite di liquidità	39.7	%
Limite di plasticità	22.0	%
Indice di plasticità	17.7	%
Indice di consistenza	0.89	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	8.2	%
Sabbia	19.1	%
Limo	38.7	%
Argilla	34.0	%
D 10		mm
D 50	0.009284	mm
D 60	0.018434	mm
D 90	1.214973	mm
Passante set. 10	91.8	%
Passante set. 42	86.1	%
Passante set. 200	74.7	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k cm/sec

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	75	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$C_u$	37	kPa	$C_u$ Rim	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	3.9	kPa	$\phi'$ 25.6 °
$c'$ 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
6.3 ÷ 12.5	1026	---	---
12.5 ÷ 25.0	1982	---	---
25.0 ÷ 50.0	2370	---	---
50.0 ÷ 100.0	3559	---	---
100.0 ÷ 200.0	4515	---	---
200.0 ÷ 400.0	6107	---	---
400.0 ÷ 800.0	8999	---	---
800.0 ÷ 1600.0	22130	---	---
1600.0 ÷ 3200.0	49767	---	---

Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso di colore marrone

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: <b>05496</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 31/08/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 01/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.0-9.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 24.0 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso di colore marrone

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: <b>05497</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 31/08/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 31/08/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.0-9.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19.4 kN/m<sup>3</sup>**

Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso di colore marrone



**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: <b>05498</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 15/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 16/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.0-9.5

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

$\gamma_s$  = 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: 26.5 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso di colore marrone



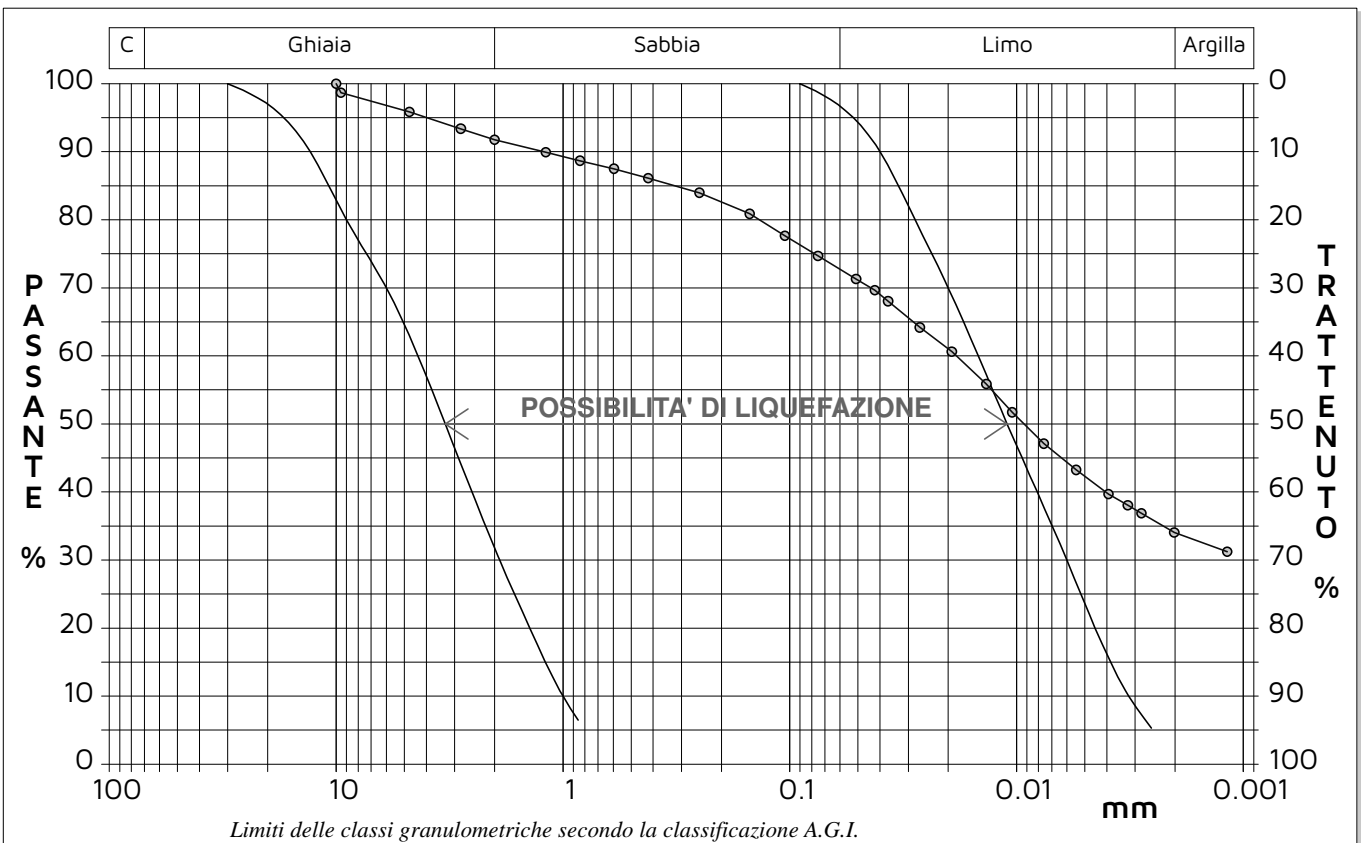
CERTIFICATO DI PROVA N°: 05500	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 15/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 18/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.0-9.5

### ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	8.2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	91.8 %	D10	---	mm		
Sabbia	19.1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	86.1 %	D30	---	mm		
Limo	38.7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	74.7 %	D50	0.00928	mm		
Argilla	34.0 %			D60	0.01843	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	1.21497	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
10.0000	100.00	1.1900	89.93	0.1500	80.88	0.0368	68.03	0.0076	47.10
9.5200	98.68	0.8410	88.68	0.1050	77.65	0.0267	64.17	0.0055	43.25
4.7500	95.85	0.5950	87.50	0.0750	74.71	0.0193	60.61	0.0039	39.68
2.8200	93.38	0.4200	86.10	0.0510	71.30	0.0136	55.86	0.0032	38.05
2.0000	91.76	0.2500	83.97	0.0421	69.66	0.0105	51.71	0.0028	36.86

Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso di colore marrone

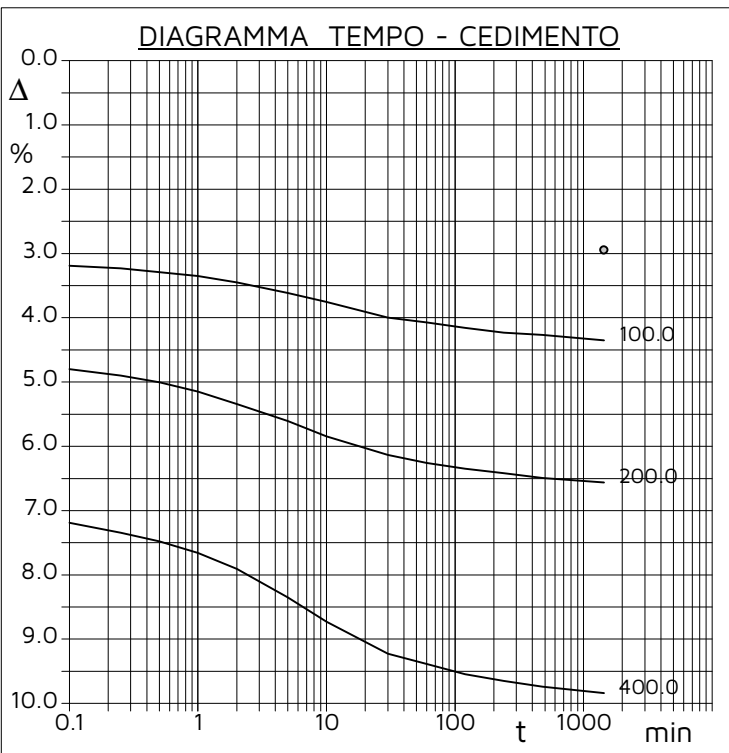
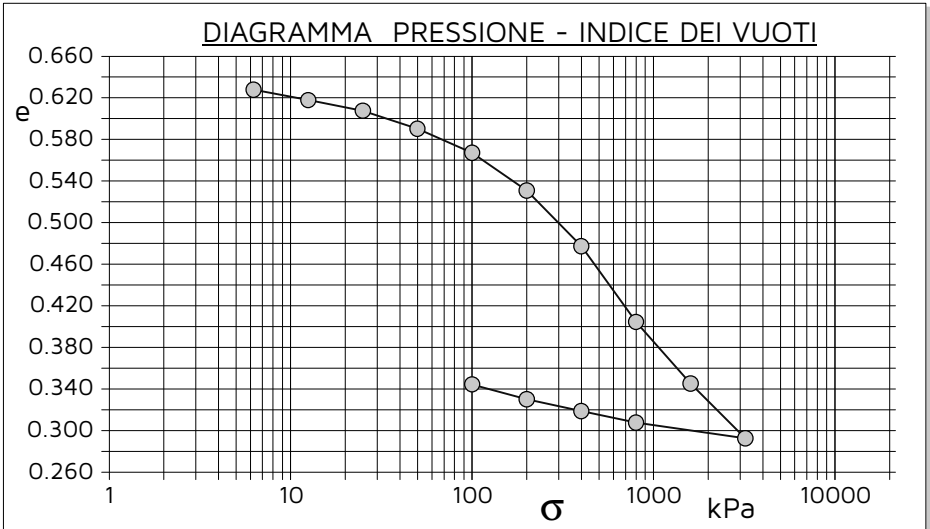
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05501</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 31/08/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 15/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.0-9.5

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	19.52
Umidità (%)	23.5
Peso specifico	2.64
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.05
Sezione provino (cm <sup>2</sup> )	20.01
Volume provino (cm <sup>3</sup> )	40.01
Volume dei vuoti (cm <sup>3</sup> )	15.59
Indice dei vuoti	0.64
Porosità (%)	38.97
Saturazione (%)	97.1



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
6.3	13.0	0.628	
12.5	25.2	0.618	0.033
25.0	37.8	0.608	0.034
50.0	58.9	0.590	0.057
100.0	87.0	0.567	0.076
200.0	131.3	0.531	0.121
400.0	196.8	0.477	0.178
800.0	285.7	0.404	0.242
1600.0	358.0	0.345	0.197
3200.0	422.3	0.293	0.175
800.0	403.9	0.308	
400.0	390.4	0.319	
200.0	376.4	0.330	
100.0	359.0	0.344	

Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso di colore marrone



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05502** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 23/09/20

Apertura campione: 31/08/20

Fine analisi: 24/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

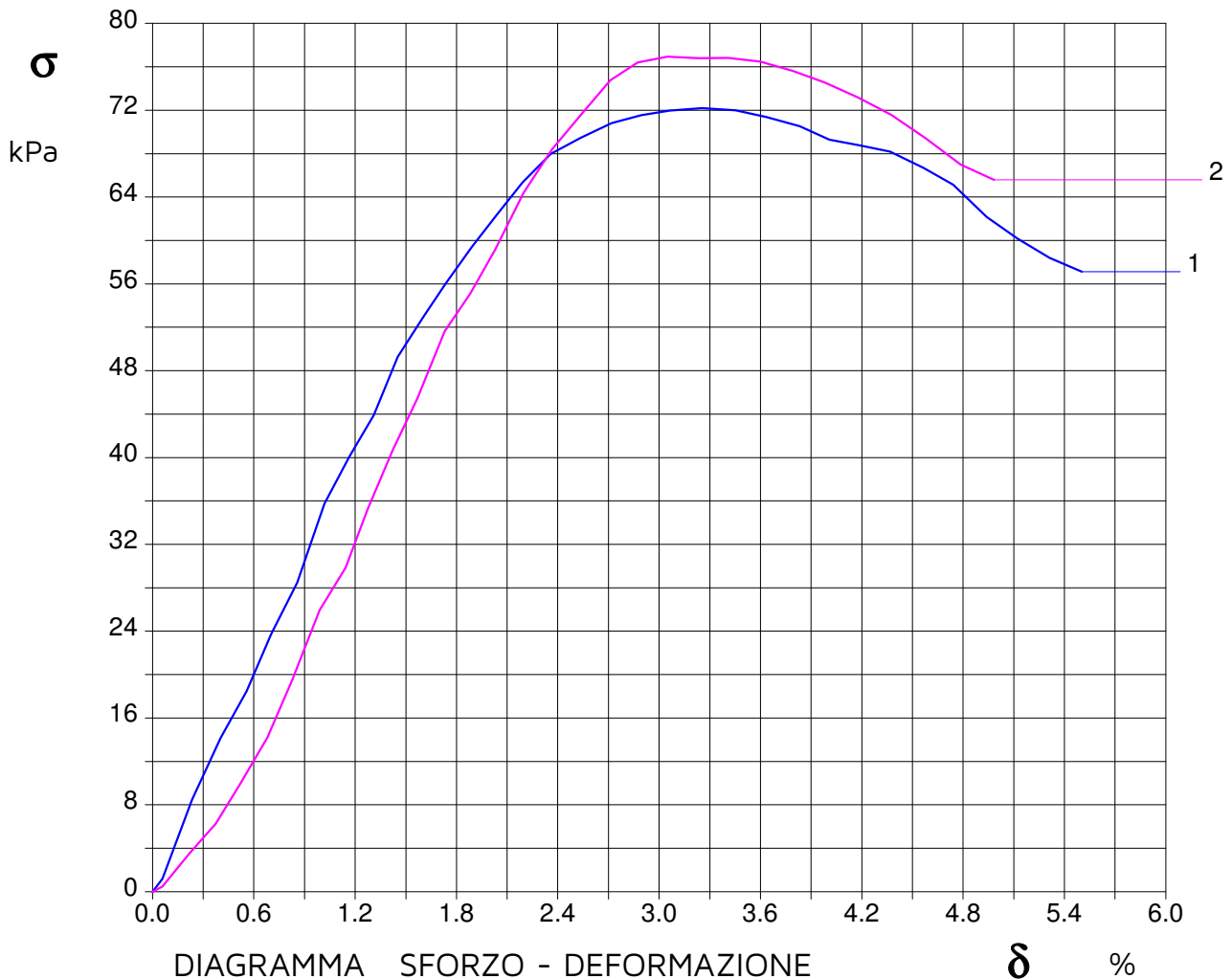
CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 9.0-9.5

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D2166

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	0.500	0.500	-----
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	19.4	19.3	-----
Umidità naturale (%):	-----	-----	-----



Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso di colore marrone



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05503** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 21/09/20

Apertura campione: 31/08/20

Fine analisi: 23/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 9.0-9.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

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 (%):	24.6    20.3	25.7    23.0	24.1    16.6
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	19.4	19.4	19.4
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0.008 mm / min		

DIAGRAMMA  
Tensione  
Deformazione orizzontale

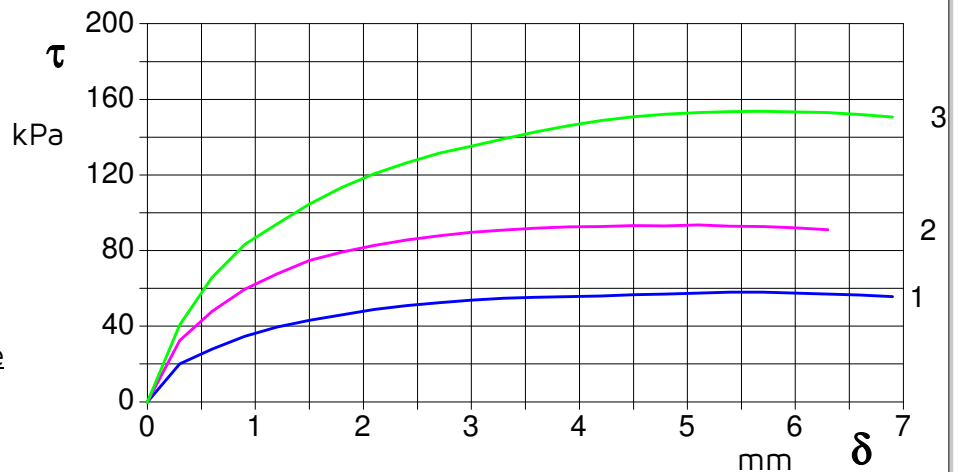
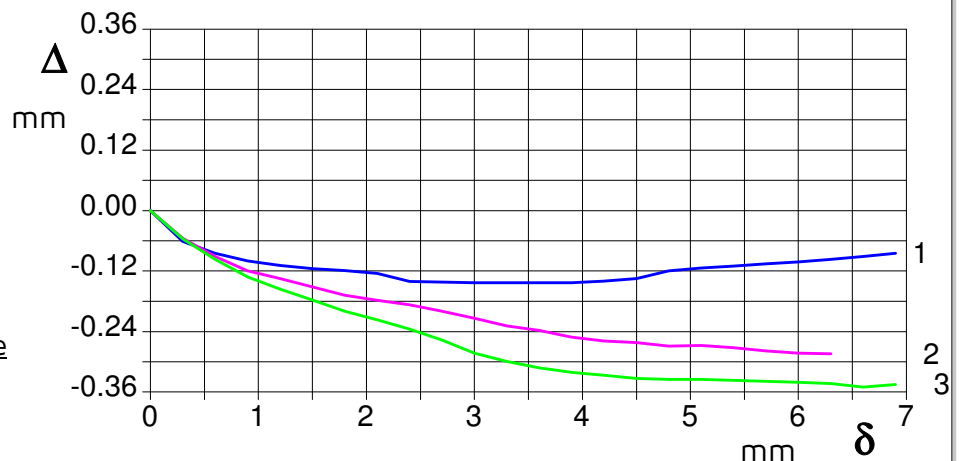


DIAGRAMMA  
Deformazione verticale  
Deformazione orizzontale



Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso di colore marrone





<b>ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO</b> Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 21/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20	Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 23/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 9.0-9.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Tensione a rottura (kPa):	58		94		154	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	5.70	-0.11	5.10	-0.27	5.70	-0.34
Umidità iniziale e umidità finale (%):	24.6	20.3	25.7	23.0	24.1	16.6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19.4	18.8	19.4	19.0	19.4	18.2
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	98.4	81.5	99.7	89.2	96.6	66.4

**DIAGRAMMA**

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	3.9 kPa
Angolo di attrito interno:	25.6 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.008 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

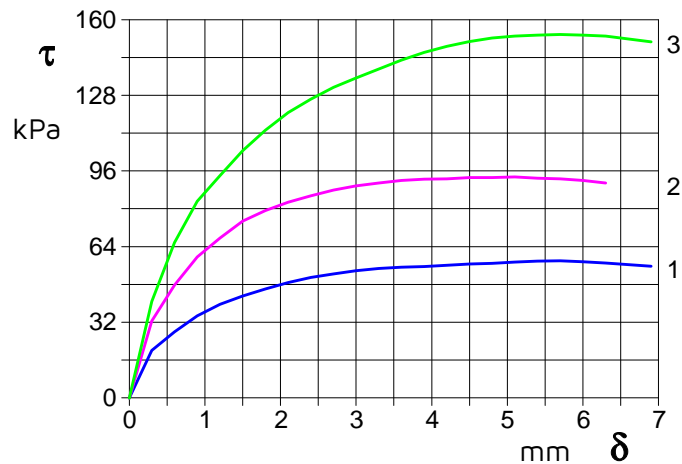
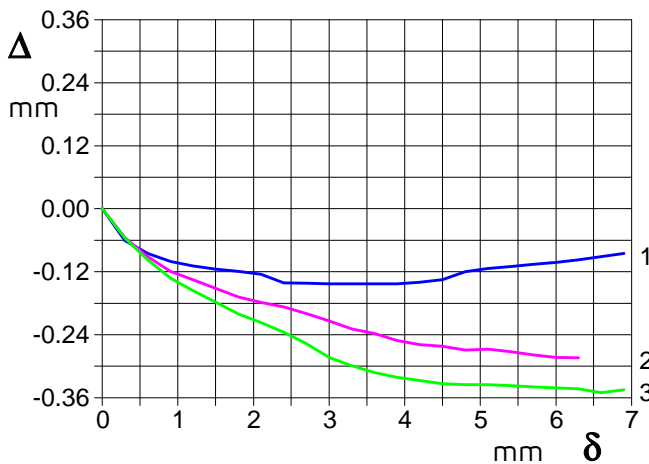
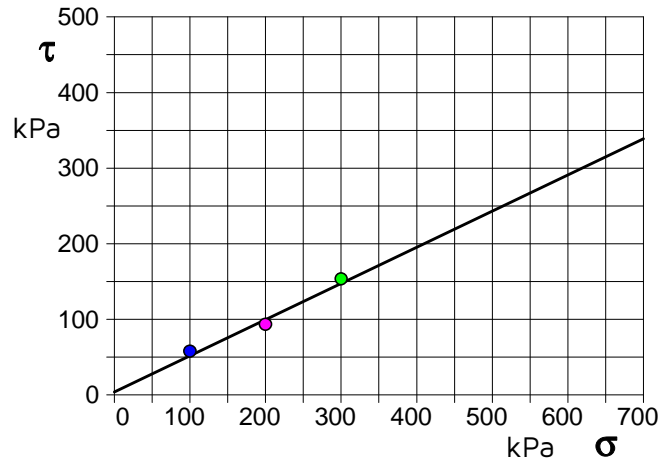


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso di colore marrone

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C3

PROFONDITA': m 15.0-15.5

**MODULO RIASSUNTIVO**
**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	27.2	%
Peso di volume	18.6	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	14.7	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	18.9	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2.63	
Indice dei vuoti	0.763	
Porosità	43.3	%
Grado di saturazione	94.0	%
Limite di liquidità	57.5	%
Limite di plasticità	36.0	%
Indice di plasticità	21.5	%
Indice di consistenza	1.41	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	0.2	%
Sabbia	7.3	%
Limo	26.3	%
Argilla	66.2	%
D 10		mm
D 50		mm
D 60		mm
D 90	0.044261	mm
Passante set. 10	99.8	%
Passante set. 42	97.2	%
Passante set. 200	93.8	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k cm/sec

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	141	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$C_U$	70	kPa	$C_U$ Rim	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	16.5	kPa	$\phi'$ 26.8 °
$c'$ 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
12.5 ÷ 25.0	3623	---	---
25.0 ÷ 50.0	4386	---	---
50.0 ÷ 100.0	7143	---	---
100.0 ÷ 200.0	7299	---	---
200.0 ÷ 400.0	9112	---	---
400.0 ÷ 800.0	15717	---	---
800.0 ÷ 1600.0	21080	---	---
1600.0 ÷ 3200.0	36158	---	---

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05504	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 31/08/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 01/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m 15.0-15.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 27.2 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05505	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 08/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 08/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m 15.0-15.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 18.6 kN/m<sup>3</sup>**

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05506</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 15/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 16/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.			
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m	15.0-15.5

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = **2.63**

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = **2.63**

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 26.5 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05507</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 23/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 24/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio
SONDAGGIO: S3                                      CAMPIONE: C3                                      PROFONDITA': m 15.0-15.5

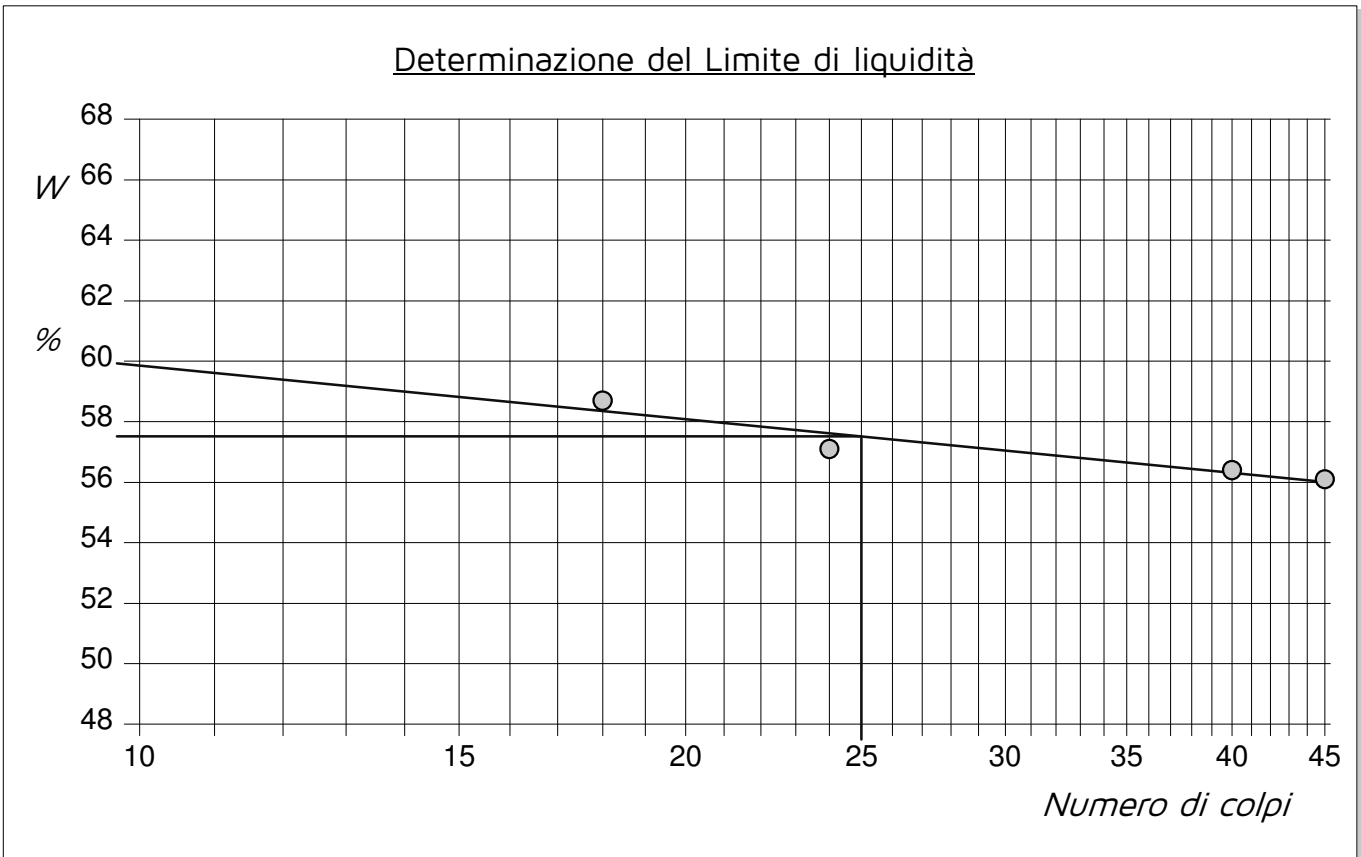
LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318

Limite di liquidità	57.5 %
Limite di plasticità	36.0 %
Indice di plasticità	21.5 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	18	24	40	45	Umidità (%)	36.1	35.9
Umidità (%)	58.7	57.1	56.4	56.1	Umidità media	36.0	



Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05508** Pagina 1/1

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 16/09/20

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

Apertura campione: 31/08/20

Fine analisi: 19/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

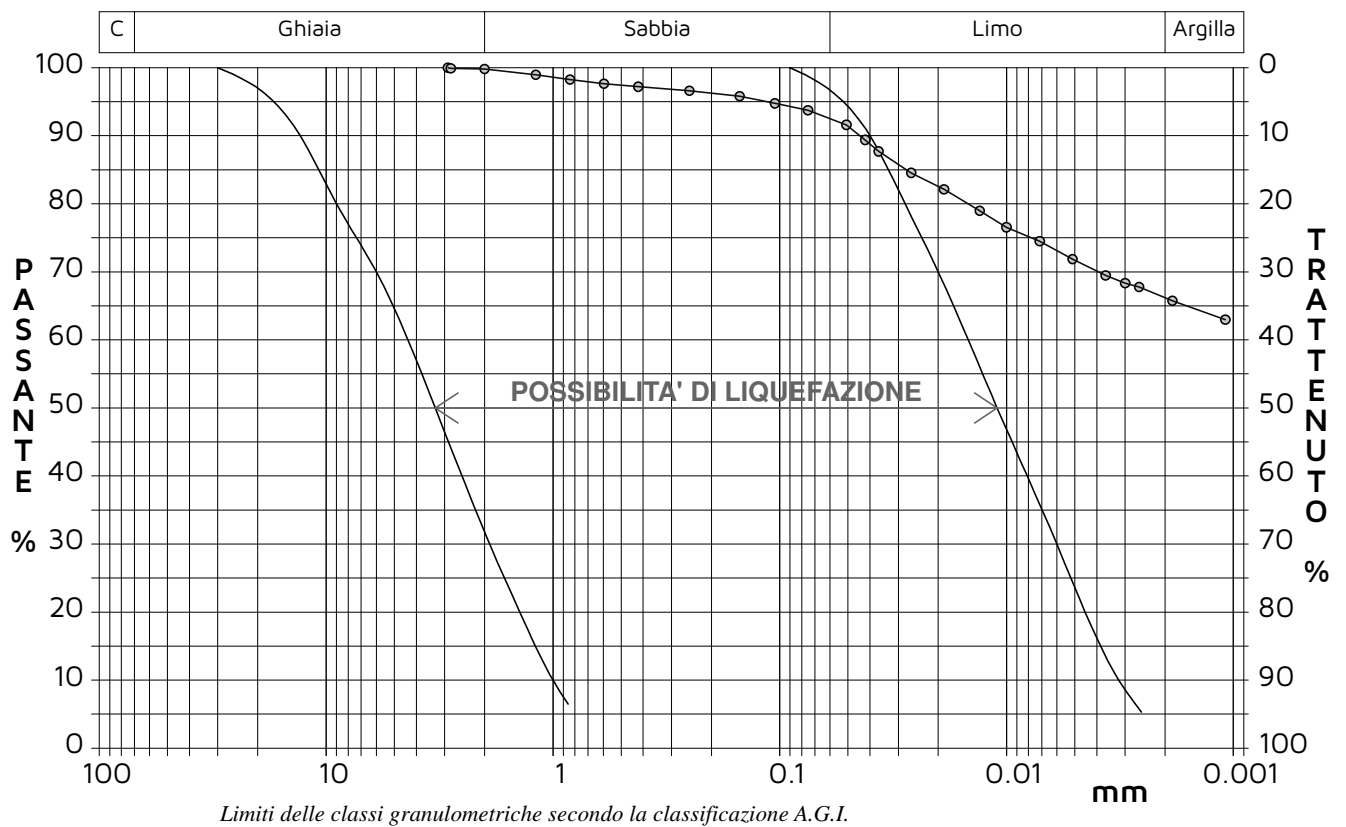
CAMPIONE: C3

PROFONDITA': m 15.0-15.5

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0.2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99.8 %	D10	---	mm
Sabbia	7.3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97.2 %	D30	---	mm
Limo	26.3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	93.8 %	D50	---	mm
Argilla	66.2 %			D60	---	mm
				D90	0.04426	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2.9000	100.00	0.5950	97.65	0.0750	93.75	0.0189	82.11	0.0037	69.46
2.8200	99.90	0.4200	97.20	0.0507	91.60	0.0131	78.95	0.0030	68.35
2.0000	99.80	0.2500	96.60	0.0419	89.37	0.0100	76.53	0.0026	67.79
1.1900	98.95	0.1500	95.80	0.0366	87.69	0.0071	74.49	0.0019	65.74
0.8410	98.25	0.1050	94.75	0.0263	84.53	0.0051	71.88	0.0011	62.95

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05509** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 08/09/20

Apertura campione: 31/08/20

Fine analisi: 25/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C3

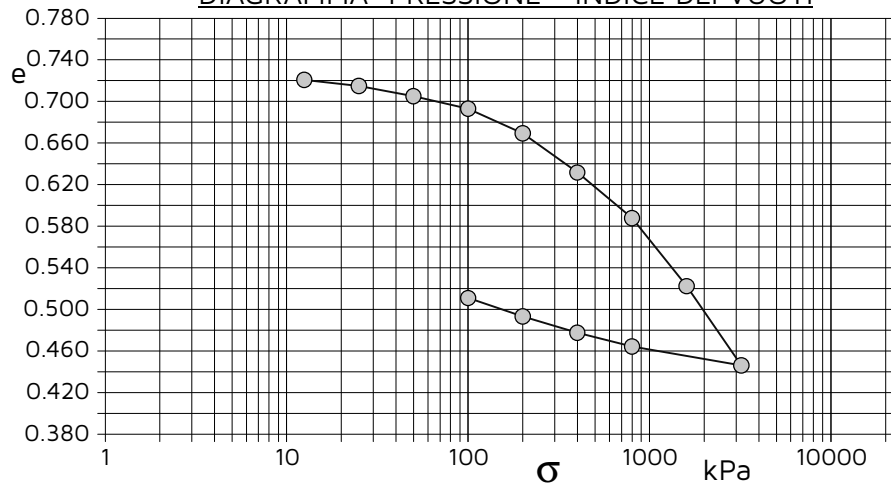
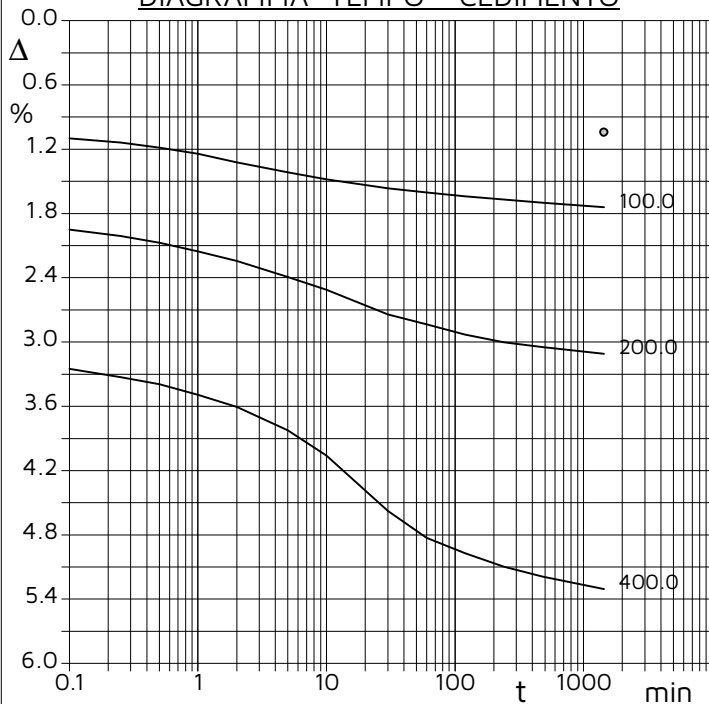
PROFONDITA': m 15.0-15.5

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	19.02
Umidità (%)	26.8
Peso specifico	2.63
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.05
Sezione provino (cm <sup>2</sup> )	20.01
Volume provino (cm <sup>3</sup> )	40.01
Volume dei vuoti (cm <sup>3</sup> )	16.79
Indice dei vuoti	0.72
Porosità (%)	41.96
Saturazione (%)	97.8

**DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI**

**DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**


Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.5	2.5	0.721	
25.0	9.4	0.715	0.020
50.0	20.8	0.705	0.033
100.0	34.8	0.693	0.040
200.0	62.2	0.669	0.078
400.0	106.1	0.632	0.126
800.0	157.0	0.588	0.146
1600.0	232.9	0.522	0.217
3200.0	321.4	0.446	0.253
800.0	300.4	0.464	
400.0	285.0	0.477	
200.0	266.7	0.493	
100.0	246.2	0.511	

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro



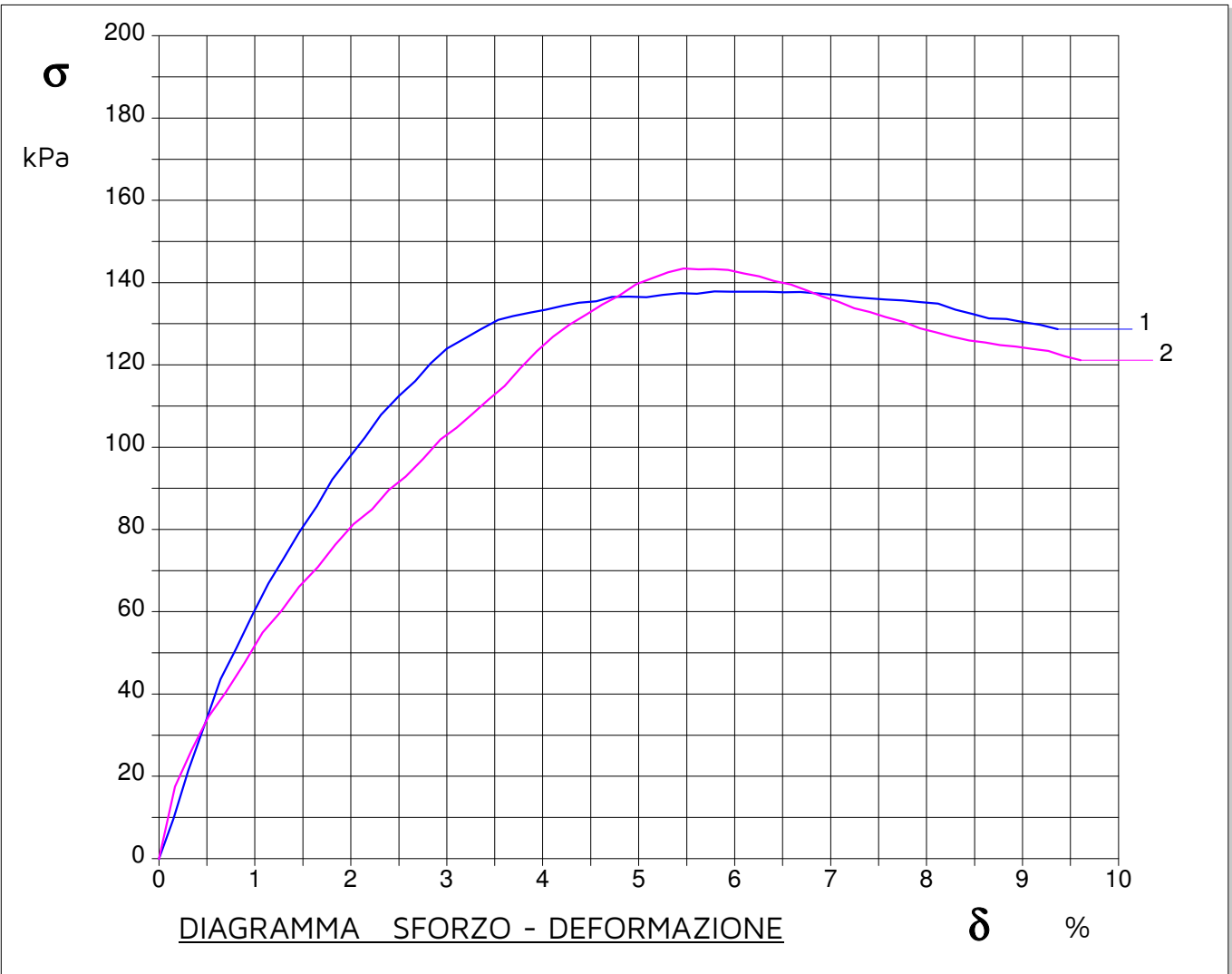
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05510</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 24/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 25/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.			
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m 15.0-15.5	

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D2166

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	0.500	0.500	-----
Peso di volume (kN/m³):	19.0	18.9	-----
Umidità naturale (%):	-----	-----	-----



Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05510 Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 24/09/20

Apertura campione: 31/08/20

Fine analisi: 25/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C3

PROFONDITA': m 15.0-15.5

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D2166

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0.15	9.7	6.68	137.7	0.17	17.5	6.74	138.3				
0.31	21.4	6.87	137.4	0.34	26.3	6.91	136.7				
0.48	33.0	7.04	137.0	0.51	34.4	7.08	135.3				
0.64	43.6	7.22	136.5	0.70	40.4	7.25	133.8				
0.81	51.1	7.41	136.2	0.89	47.5	7.41	132.8				
0.97	59.3	7.57	135.9	1.08	54.9	7.57	131.6				
1.14	66.9	7.75	135.7	1.27	60.0	7.76	130.4				
1.30	73.0	7.94	135.2	1.46	66.1	7.93	128.9				
1.46	79.3	8.12	134.9	1.65	70.8	8.10	127.9				
1.64	85.7	8.30	133.4	1.84	76.3	8.27	126.8				
1.81	92.1	8.48	132.3	2.03	81.3	8.44	125.9				
1.98	97.5	8.65	131.3	2.22	84.9	8.61	125.5				
2.14	102.3	8.83	131.2	2.40	89.6	8.77	124.8				
2.32	107.9	9.01	130.4	2.57	92.9	8.93	124.5				
2.50	112.4	9.18	129.7	2.76	97.2	9.10	123.9				
2.67	116.1	9.37	128.7	2.93	101.9	9.27	123.4				
2.83	120.3			3.10	104.7	9.44	122.2				
3.00	123.9			3.26	108.0	9.61	121.2				
3.18	126.3			3.43	111.6						
3.34	128.6			3.60	114.8						
3.53	130.9			3.76	119.1						
3.69	131.8			3.94	123.3						
3.87	132.7			4.11	126.9						
4.03	133.4			4.28	129.7						
4.22	134.4			4.45	132.2						
4.38	135.1			4.62	134.7						
4.56	135.5			4.79	136.8						
4.72	136.5			4.98	139.6						
4.90	136.6			5.14	141.1						
5.08	136.4			5.31	142.5						
5.25	137.0			5.47	143.4						
5.43	137.4			5.62	143.2						
5.61	137.3			5.78	143.3						
5.79	137.9			5.93	143.1						
5.96	137.8			6.09	142.2						
6.15	137.8			6.25	141.5						
6.32	137.8			6.41	140.4						
6.51	137.7			6.59	139.5						

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05511** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 21/09/20

Apertura campione: 31/08/20

Fine analisi: 23/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

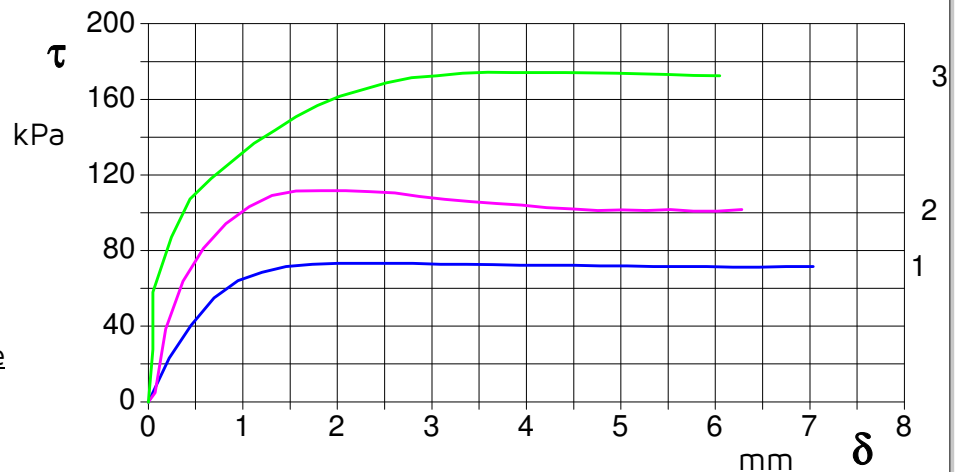
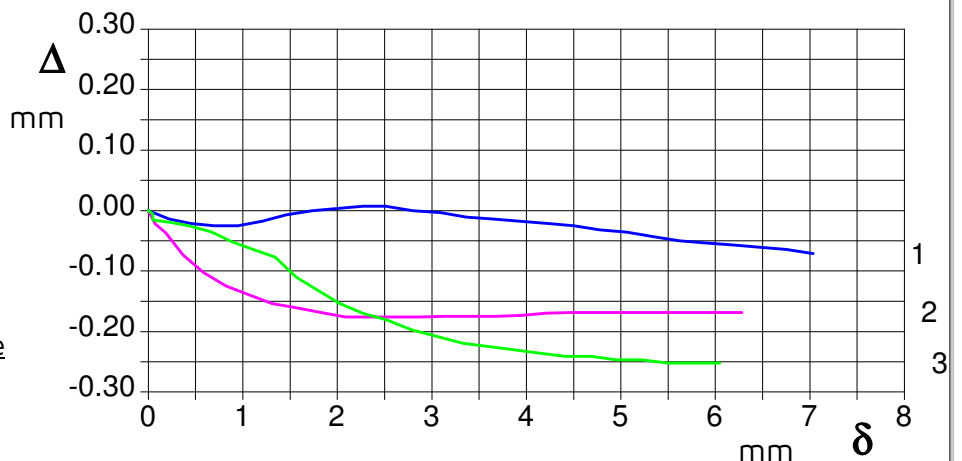
CAMPIONE: C3

PROFONDITA': m 15.0-15.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

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 (%):	31.1 30.0	28.3 27.5	28.2 24.1
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	18.2	17.9	17.9
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0.008 mm / min		

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale


Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro



ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 21/09/20

Apertura campione: 31/08/20

Fine analisi: 23/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C3

PROFONDITA': m 15.0-15.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Tensione a rottura (kPa):	73		112		174	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2.00	0.00	1.83	-0.17	3.59	-0.22
Umidità iniziale e umidità finale (%):	31.1	30.0	28.3	27.5	28.2	24.1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m <sup>3</sup> ):	18.2	18.1	17.9	17.8	17.9	17.3
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	95.6	92.3	87.4	85.0	87.0	74.2

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: **16.5 kPa**  
Angolo di attrito interno: **26.8 °**

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
Velocità di deformazione: 0.008 mm / min  
Tempo di consolidazione (ore): 24

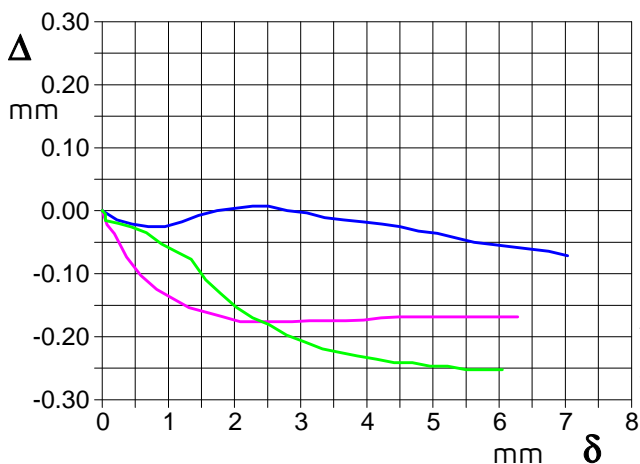
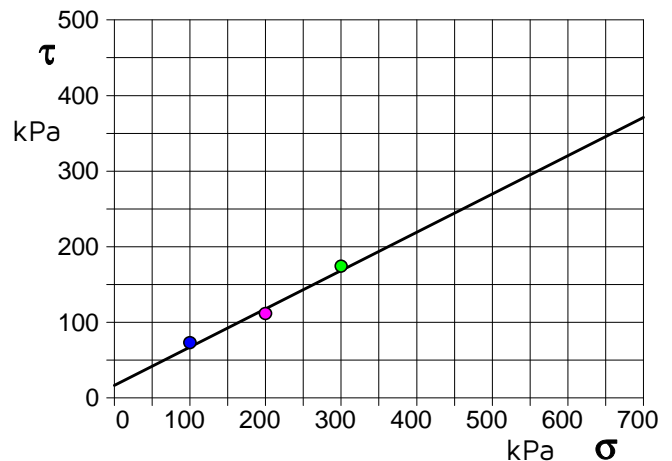


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

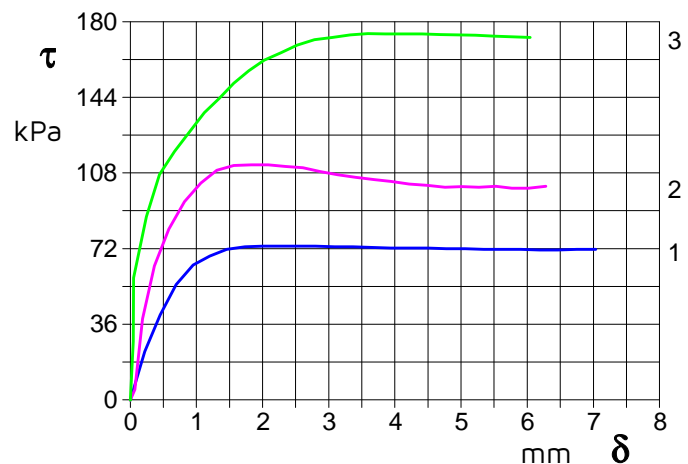


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C4

PROFONDITA': m 18.8-19.0

**MODULO RIASSUNTIVO**
**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	29.0	%
Peso di volume	18.6	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	14.4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	18.8	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2.66	
Indice dei vuoti	0.808	
Porosità	44.7	%
Grado di saturazione	95.3	%
Limite di liquidità	50.8	%
Limite di plasticità	25.7	%
Indice di plasticità	25.1	%
Indice di consistenza	0.87	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	11.0	%
Limo	34.5	%
Argilla	54.5	%
D 10		mm
D 50		mm
D 60	0.003709	mm
D 90	0.083658	mm
Passante set. 10	100.0	%
Passante set. 42	96.9	%
Passante set. 200	89.6	%

**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 con limo sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro



**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05512	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 31/08/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 01/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C4	PROFONDITA': m 18.8-19.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 29.0 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla con limo sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05513	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 31/08/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 31/08/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C4	PROFONDITA': m 18.8-19.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 18.6 kN/m<sup>3</sup>**

Argilla con limo sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05514	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 10/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 31/08/20	Fine analisi: 11/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C4	PROFONDITA': m 18.8-19.0

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2.66

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2.65

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 25.9 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla con limo sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro



**GEORES srl**

Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: **05515** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 15/09/20

Apertura campione: 31/08/20

Fine analisi: 16/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C4

PROFONDITA': m 18.8-19.0

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318

Limite di liquidità **50.8 %**

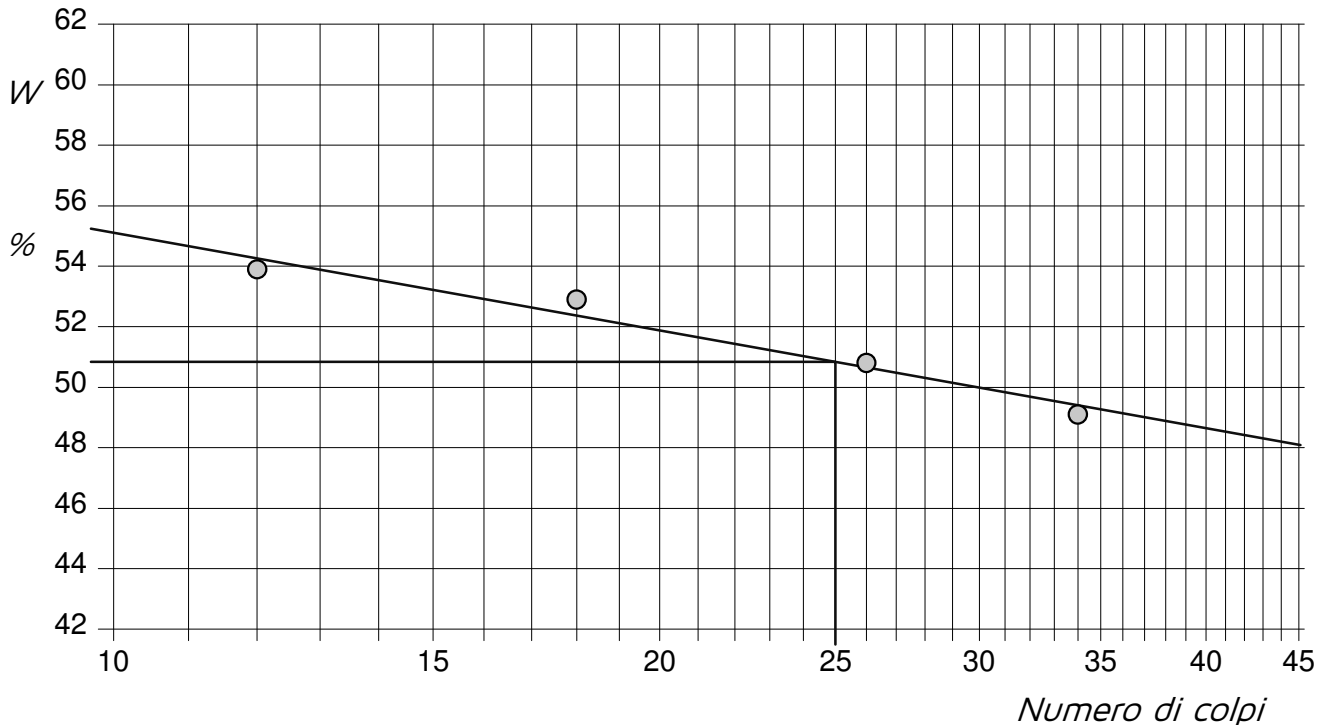
Limite di plasticità **25.7 %**

Indice di plasticità **25.1 %**

La prova è stata eseguita sulla frazione  
granulometrica passante al setaccio  
n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	12	18	26	34	Umidità (%)	25.5	25.9
Umidità (%)	53.9	52.9	50.8	49.1	Umidità media	25.7	

Determinazione del Limite di liquidità



Argilla con limo sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05516** Pagina 1/1

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 15/09/20

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

Apertura campione: 31/08/20

Fine analisi: 18/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

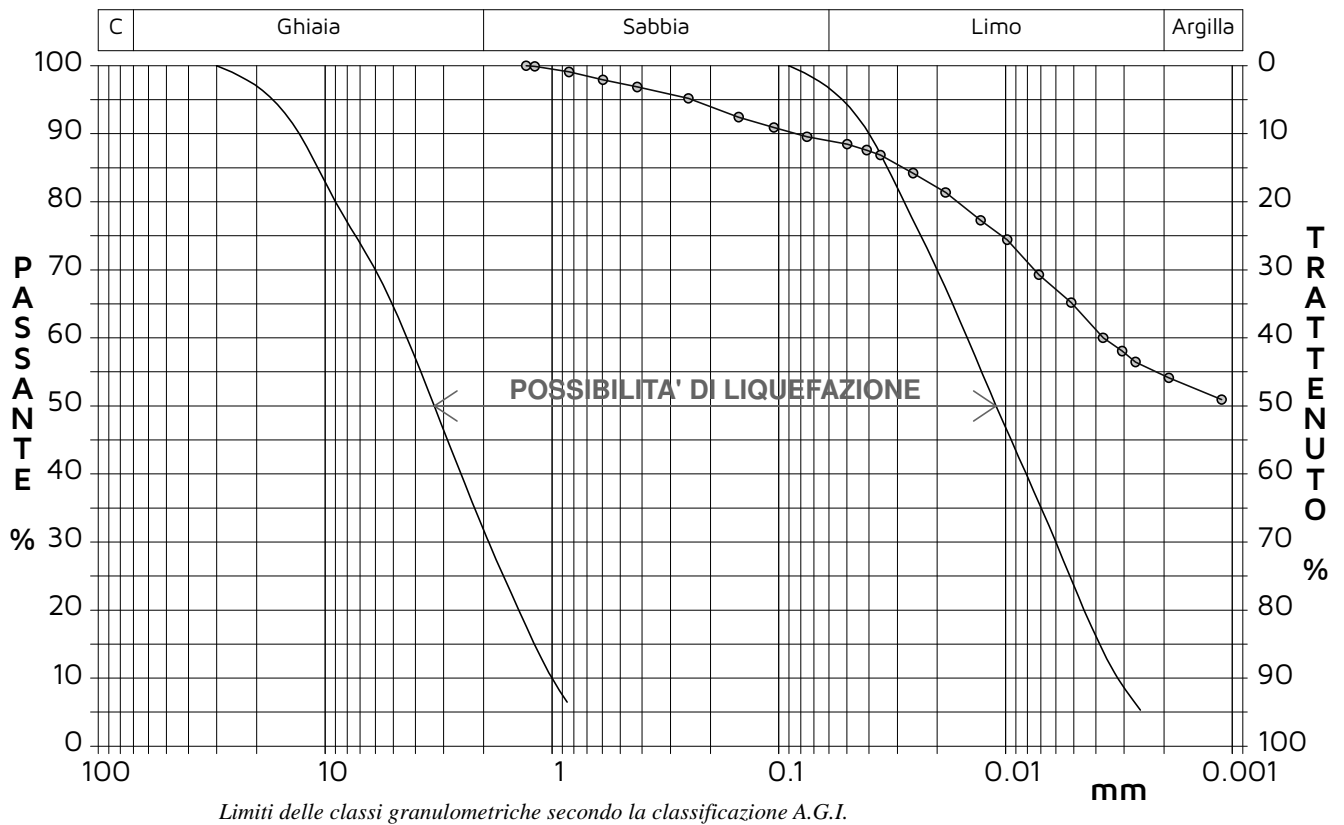
CAMPIONE: C4

PROFONDITA': m 18.8-19.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D10	---	mm		
Sabbia	11.0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96.9 %	D30	---	mm		
Limo	34.5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	89.6 %	D50	---	mm		
Argilla	54.5 %			D60	0.00371	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0.08366	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
1.3000	100.00	0.2500	95.18	0.0410	87.59	0.0098	74.42	0.0027	56.46
1.1900	99.91	0.1500	92.44	0.0356	86.88	0.0071	69.27	0.0019	54.15
0.8410	99.07	0.1050	90.93	0.0256	84.21	0.0051	65.17	0.0011	50.94
0.5950	97.93	0.0750	89.55	0.0184	81.36	0.0037	60.02		
0.4200	96.88	0.0499	88.48	0.0129	77.27	0.0031	58.06		

Argilla con limo sabbiosa di colore marrone scuro-nerastro

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C5

PROFONDITA': m 26.7-27.0

**MODULO RIASSUNTIVO**
**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	27.1	%
Peso di volume	18.5	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	14.6	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	18.8	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2.63	
Indice dei vuoti	0.772	
Porosità	43.6	%
Grado di saturazione	92.5	%
Limite di liquidità	56.2	%
Limite di plasticità	26.5	%
Indice di plasticità	29.7	%
Indice di consistenza	0.98	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	1.0	%
Sabbia	9.6	%
Limo	35.8	%
Argilla	53.6	%
D 10		mm
D 50		mm
D 60	0.003573	mm
D 90	0.064865	mm
Passante set. 10	99.0	%
Passante set. 42	95.7	%
Passante set. 200	91.1	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k cm/sec

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	69	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$C_u$	34	kPa	$C_u$ Rim	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	7.7	kPa	$\phi'$ 26.2 °
$c'$ 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
6.3 ÷ 12.5	2016	---	---
12.5 ÷ 25.0	3731	---	---
25.0 ÷ 50.0	3520	---	---
50.0 ÷ 100.0	3390	---	---
100.0 ÷ 200.0	3425	---	---
200.0 ÷ 400.0	5242	---	---
400.0 ÷ 800.0	9292	---	---
800.0 ÷ 1600.0	18203	---	---
1600.0 ÷ 3200.0	40973	---	---

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05517	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 10/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 11/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C5	PROFONDITA': m 26.7-27.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 27.1 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05518	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 10/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 10/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C5	PROFONDITA': m 26.7-27.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 18.5 kN/m<sup>3</sup>**

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro



**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05519	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 21/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 22/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C5	PROFONDITA': m 26.7-27.0

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = **2.63**

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = **2.63**

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 25.9 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05520</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 22/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 23/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C5	PROFONDITA': m 26.7-27.0

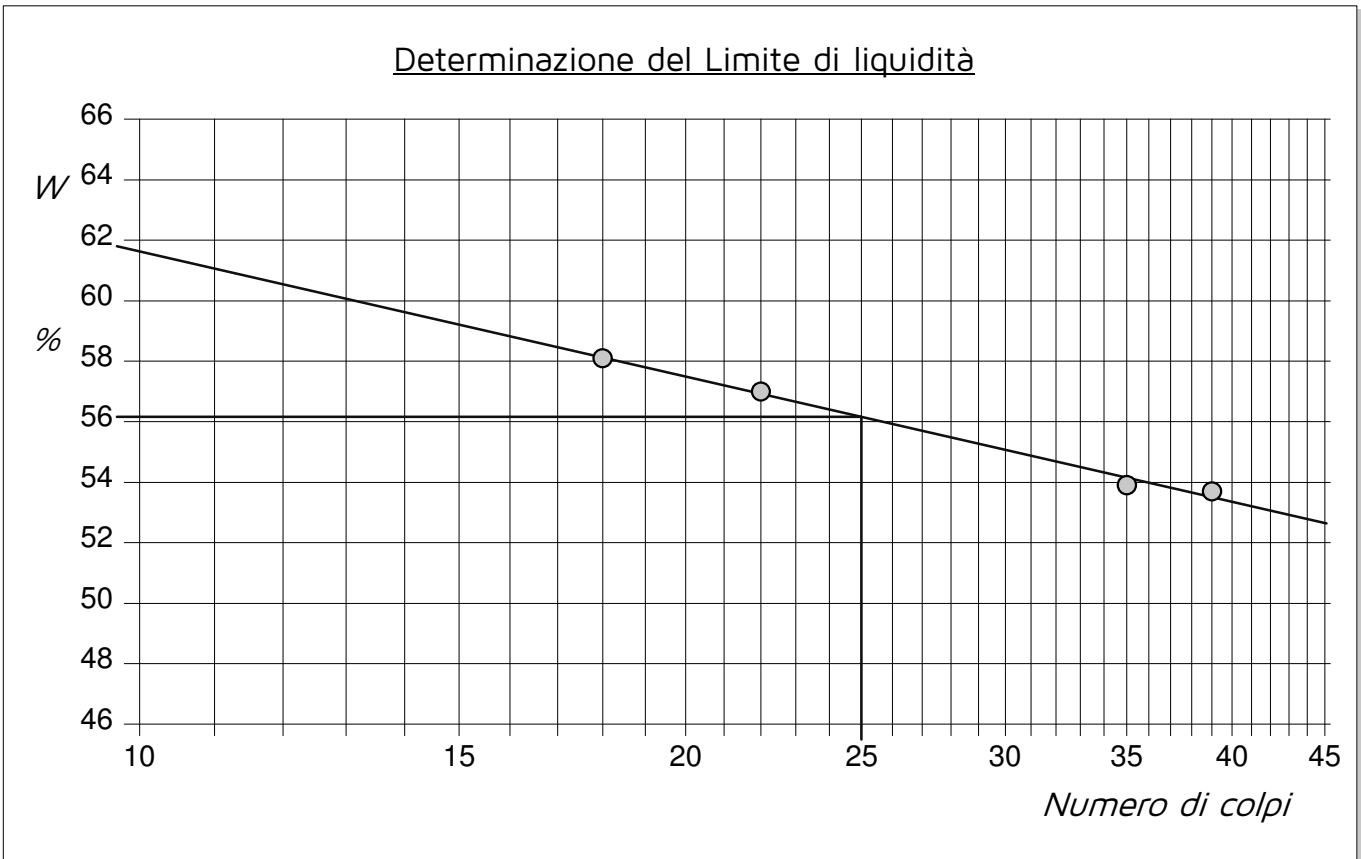
**LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO**

Modalità di prova: Norma ASTM D4318

Limite di liquidità	<b>56.2 %</b>
Limite di plasticità	<b>26.5 %</b>
Indice di plasticità	<b>29.7 %</b>

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	18	22	35	39	Umidità (%)	26.3	26.7
Umidità (%)	58.1	57.0	53.9	53.7	Umidità media	26.5	



Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05521** Pagina 1/1

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 21/09/20

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

Apertura campione: 10/09/20

Fine analisi: 24/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

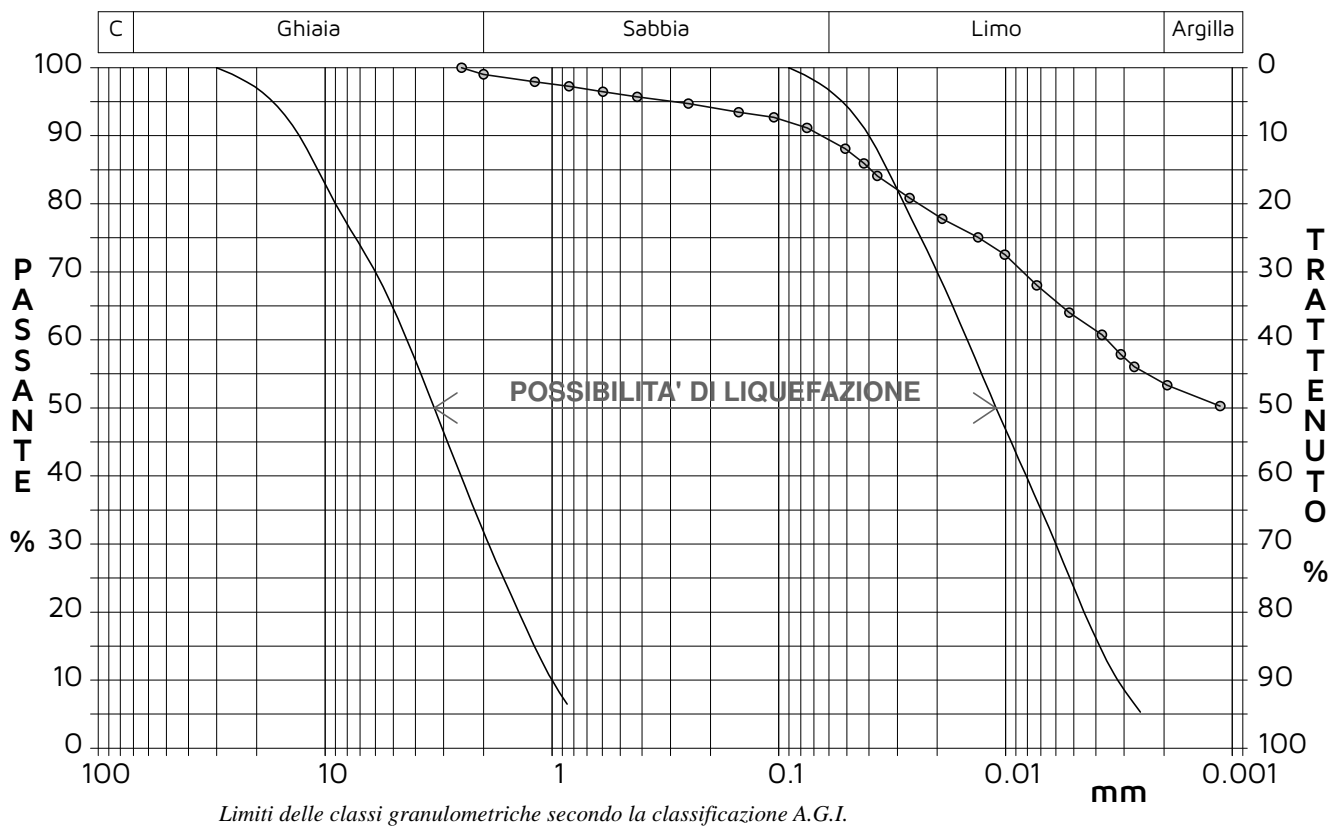
CAMPIONE: C5

PROFONDITA': m 26.7-27.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	1.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99.0 %	D10	---	mm	
Sabbia	9.6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95.7 %	D30	---	mm	
Limo	35.8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	91.1 %	D50	---	mm	
Argilla	53.6 %			D60	0.00357	mm	
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0.06487



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2.5000	100.00	0.4200	95.71	0.0509	88.09	0.0132	75.06	0.0031	57.86
2.0000	99.02	0.2500	94.74	0.0421	85.92	0.0101	72.52	0.0027	56.05
1.1900	97.92	0.1500	93.46	0.0368	84.11	0.0073	68.00	0.0019	53.33
0.8410	97.29	0.1050	92.71	0.0265	80.85	0.0052	64.01	0.0011	50.25
0.5950	96.47	0.0750	91.14	0.0190	77.77	0.0038	60.75		

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05522** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 10/09/20

Apertura campione: 10/09/20

Fine analisi: 25/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C5

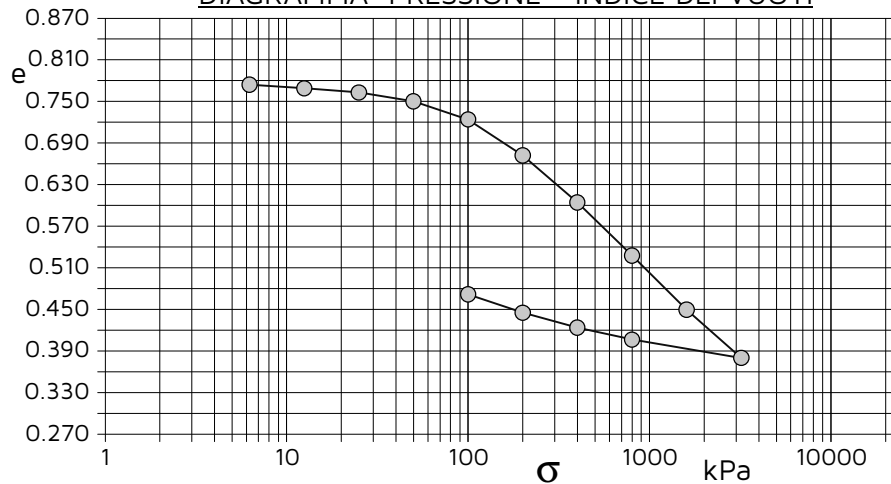
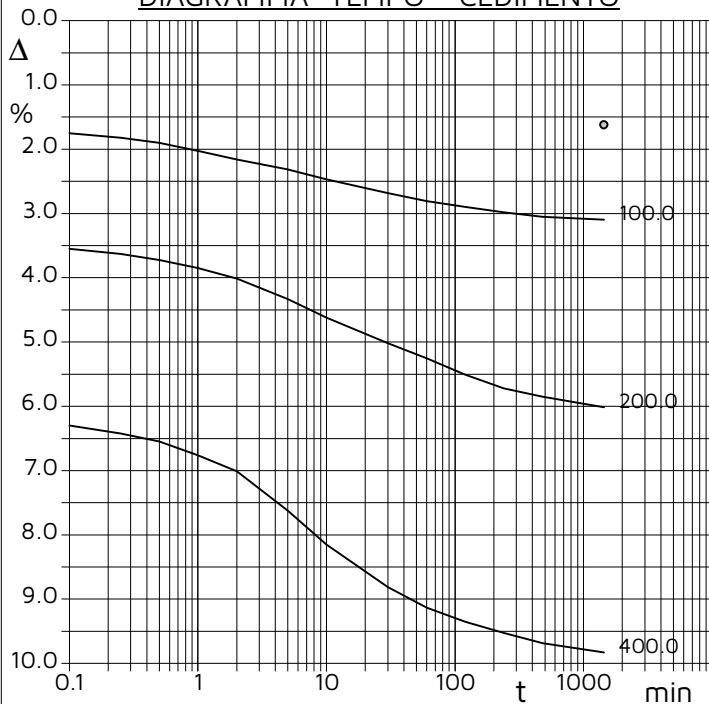
PROFONDITA': m 26.7-27.0

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	18.41
Umidità (%)	26.9
Peso specifico	2.63
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.05
Sezione provino (cm <sup>2</sup> )	20.00
Volume provino (cm <sup>3</sup> )	40.00
Volume dei vuoti (cm <sup>3</sup> )	17.52
Indice dei vuoti	0.78
Porosità (%)	43.79
Saturazione (%)	90.9

**DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI**

**DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**


Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
6.3	5.3	0.774	
12.5	11.5	0.769	0.018
25.0	18.2	0.763	0.020
50.0	32.4	0.750	0.042
100.0	61.9	0.724	0.087
200.0	120.3	0.672	0.173
400.0	196.6	0.604	0.225
800.0	282.7	0.528	0.254
1600.0	370.6	0.449	0.260
3200.0	448.7	0.380	0.231
800.0	418.9	0.406	
400.0	399.5	0.424	
200.0	375.4	0.445	
100.0	345.7	0.472	

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro



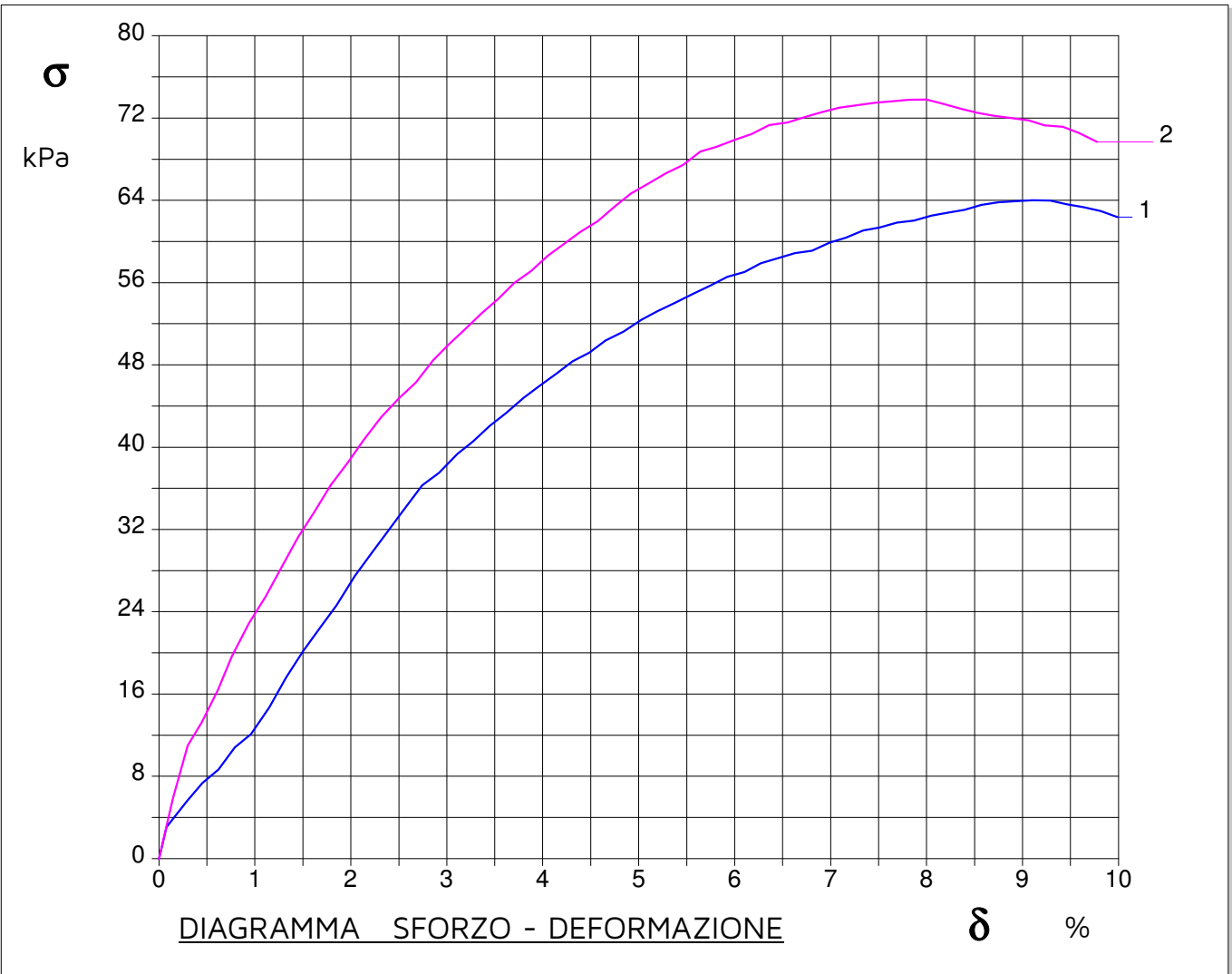
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05523</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 24/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20		Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 25/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.			
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C5	PROFONDITA': m 26.7-27.0	

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D2166

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	0.500	0.500	-----
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	18.9	18.3	-----
Umidità naturale (%):	-----	-----	-----



Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone  
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685  
laboratorio@geores.itAZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 150/15-06-2016 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05523 Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 24/09/20

Apertura campione: 10/09/20

Fine analisi: 25/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C5

PROFONDITA': m 26.7-27.0

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D2166

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0.08	3.1	6.81	59.1	0.15	5.9	6.73	72.1				
0.29	5.6	6.99	59.9	0.30	11.0	6.90	72.5				
0.45	7.4	7.16	60.4	0.45	13.2	7.09	73.0				
0.62	8.7	7.34	61.1	0.61	16.4	7.27	73.2				
0.79	10.8	7.51	61.4	0.76	19.7	7.46	73.5				
0.96	12.1	7.69	61.9	0.94	22.9	7.64	73.6				
1.15	14.7	7.87	62.0	1.11	25.5	7.81	73.8				
1.32	17.6	8.05	62.5	1.28	28.4	8.00	73.8				
1.50	20.2	8.22	62.8	1.45	31.2	8.17	73.4				
1.68	22.4	8.39	63.1	1.62	33.8	8.36	72.9				
1.85	24.6	8.57	63.6	1.79	36.3	8.53	72.5				
2.04	27.5	8.75	63.8	1.97	38.5	8.70	72.2				
2.22	29.7	8.94	63.9	2.14	40.7	8.88	72.0				
2.39	31.9	9.10	64.0	2.31	42.9	9.07	71.8				
2.57	34.1	9.29	64.0	2.50	44.7	9.23	71.3				
2.74	36.3	9.46	63.6	2.68	46.3	9.42	71.2				
2.92	37.5	9.64	63.3	2.85	48.4	9.59	70.6				
3.11	39.4	9.81	63.0	3.02	50.0	9.78	69.7				
3.27	40.6	9.99	62.4	3.19	51.5						
3.45	42.1			3.36	53.0						
3.62	43.3			3.54	54.5						
3.80	44.8			3.70	56.0						
3.97	46.0			3.88	57.1						
4.14	47.2			4.05	58.6						
4.31	48.3			4.23	59.8						
4.49	49.2			4.39	60.9						
4.65	50.4			4.57	62.0						
4.84	51.2			4.75	63.4						
5.03	52.4			4.92	64.6						
5.20	53.2			5.11	65.7						
5.38	54.1			5.28	66.6						
5.56	54.9			5.46	67.4						
5.74	55.7			5.64	68.8						
5.92	56.5			5.81	69.2						
6.10	57.0			6.00	69.9						
6.27	57.9			6.18	70.4						
6.45	58.4			6.36	71.3						
6.63	58.9			6.55	71.6						

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05524** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20

DATA DI EMISSIONE: 25/09/20

Inizio analisi: 11/09/20

Apertura campione: 10/09/20

Fine analisi: 15/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.

RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C5

PROFONDITA': m 26.7-27.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

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 (%):	25.7 19.0	26.9 24.8	26.9 25.6
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	18.2	18.4	18.5
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0.008 mm / min		

DIAGRAMMA  
Tensione  
Deformazione orizzontale

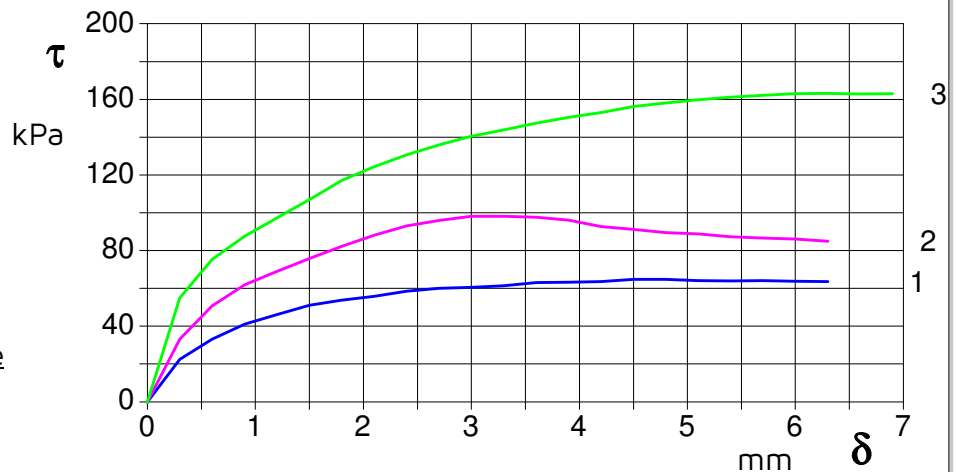
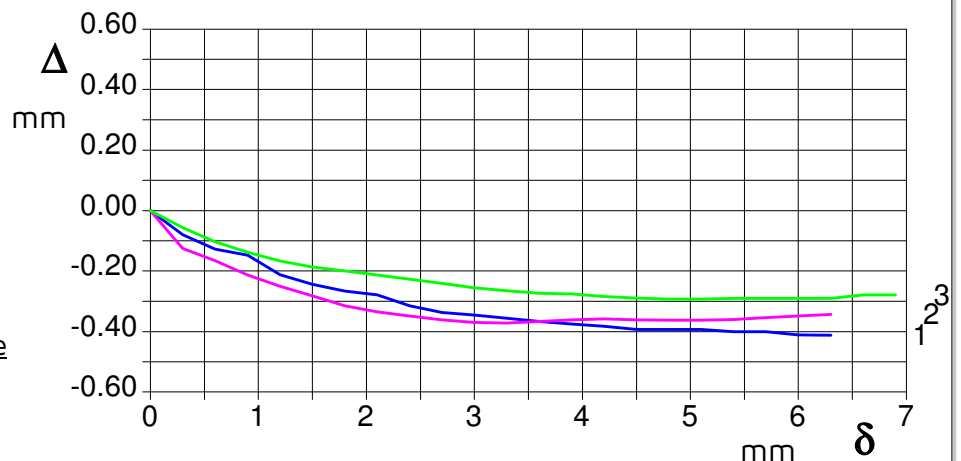


DIAGRAMMA  
Deformazione verticale  
Deformazione orizzontale



Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro





<b>ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO</b> Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/09/20	Inizio analisi: 11/09/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 602 del 25/08/20	Apertura campione: 10/09/20	Fine analisi: 15/09/20

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.p.A.		
RIFERIMENTO: Nuovo Acquedotto Marcio		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C5	PROFONDITA': m 26.7-27.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Tensione a rottura (kPa):	65		98		163	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	4.50	-0.39	3.00	-0.37	6.30	-0.29
Umidità iniziale e umidità finale (%):	25.7	19.0	26.9	24.8	26.9	25.6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m <sup>3</sup> ):	18.2	17.2	18.4	18.1	18.5	18.3
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	86.1	63.7	90.9	83.9	92.3	87.6

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	7.7 kPa
Angolo di attrito interno:	26.2 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.008 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

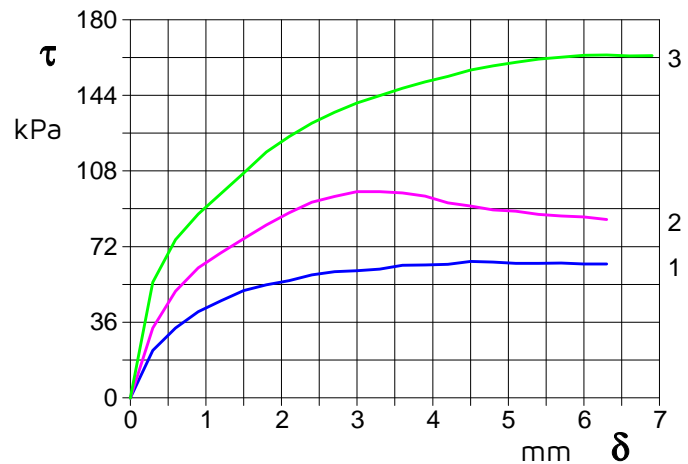
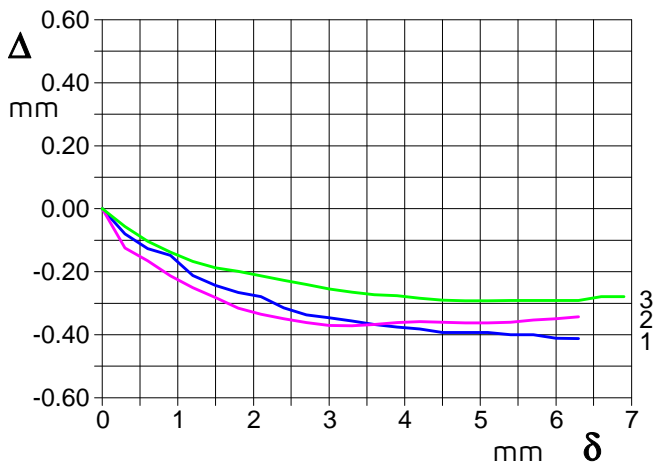
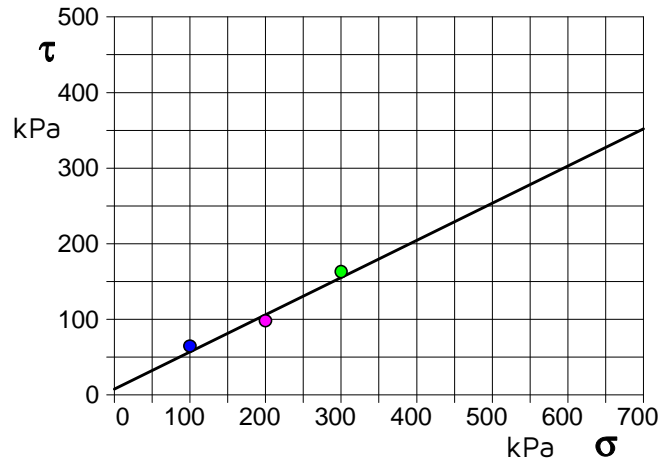


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro-grigiastro

# ALLEGATO 3

## Indagine Geofisica - MASW

Caratteristiche tecniche generali "Sismografo DoReMi":

<i>Classe strumentale:</i>	<i>sismografo multicanale per geofisica</i>
<i>Topologia:</i>	<i>rete differenziale RS485 half-duplex multipunto</i>
<i>Lunghezza max rete:</i>	<i>virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori</i>
<i>N. max canali per tratta:</i>	<i>255</i>
<i>Dimensioni elemento:</i>	<i>80x55x18 mm</i>
<i>Peso:</i>	<i>250 g (per elemento con cavo di 5 metri)</i>
<i>Cavo:</i>	<i>per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato</i>
<i>Memoria:</i>	<i>60 kBytes (30000 campioni)</i>
<i>Frequenze selezionabili:</i>	<i>da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)</i>
<i>Convertitore:</i>	<i>tipo SAR a 16 bit (96 dB)</i>
<i>Amplificatore:</i>	<i>ultra-low noise con ingresso differenziale</i>
<i>Banda passante:</i>	<i>2Hz - 200Hz</i>
<i>Reiezione modo comune:</i>	<i>&gt;80dB</i>
<i>Diafonia (crosstalk):</i>	<i>zero, la trasmissione è digitale</i>
<i>Dinamica del sistema:</i>	
<i>Risoluzione:</i>	<i>7.6 <math>\mu</math>V @ 27dB; 0.076 <math>\mu</math>V @ 60dB</i>
<i>Dinamica di base:</i>	<i>96dB (16 bit)</i>
<i>S/N ratio fra 0.5 e 30Hz:</i>	<i>&gt;94dB (&gt; 150dB con l'uso del PGA)</i>
<i>Alimentazione:</i>	
<i>Alimentazione:</i>	<i>batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc</i>
<i>Consumo di energia:</i>	<i>Interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: &lt; 500mA</i>



REGIONE LAZIO  
PROVINCIA DI ROMA

RELAZIONE GEOFISICA

**DETERMINAZIONE  $V_{sh}$  CON METODOLOGIA MASW**

Riferimento: Nuovo Acquedotto Marcio – S3 (Roviano)

Dicembre 2020

## RELAZIONE GEOFISICA

### Premessa

Nell'ambito del contratto quadro (n. 3900006745 per le prestazioni finalizzate alla caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica per la progettazione di opere idriche, fognarie ed elettriche), è stata eseguita un'indagine geofisica al fine di determinare la velocità delle onde sismiche.

L'indagine è consistita nella realizzazione di n.2 sezioni sismiche a 12 canali con acquisizione dei dati ottimizzata per elaborazione mediante analisi "MASW", ovvero Multichannel Analysis of Surface Waves, consentendo la determinazione delle  $V_{SH}$  dell'area in esame.

### Metodologia d'indagine

Il sistema Masw consiste nel misurare le velocità delle onde superficiali a differenti frequenze, la variazione delle quali viene chiamata dispersione, dovuta alla stratificazione delle velocità delle onde S nella determinazione dello spettro di velocità. Grazie ad un metodo di inversione della curva di dispersione con software Easy Masw, le misure permettono di determinare il profilo verticale delle  $V_{SH}$  che rappresenta un valore medio della velocità delle onde S fino alla profondità del substrato rigido.

Lo strumento è composto da una sorgente di onde sismiche, da 12 geofoni con frequenza 4,5 Hz posti a 3,0 metri di distanza, per la misurazione dell'intensità e dei tempi di arrivo del treno di onde e da un dispositivo hardware di registrazione dei dati.

La sorgente delle onde sismiche è costituita dall'impatto di un martello di 8 Kg su una piastra posizionata perpendicolarmente al terreno, in grado di generare un treno di onde sismiche, i cui tempi di arrivo e l'intensità delle stesse vengono registrate dai geofoni ed inviate al sismografo centrale di acquisizione.

Si eseguono diverse energizzazioni e si misura l'attenuazione del segnale sismico lungo la stessa.

I risultati delle prove consistono in una curva di dispersione ed in uno spettro di velocità, con un profilo verticale delle onde S.

La velocità di propagazione media delle onde di taglio o "S" calcolata fino alla profondità del substrato rigido, dei terreni in oggetto è stata determinata utilizzando i dati del modello medio ottenuto dall'inversione delle curve di dispersione e risulta pari a:

**MASW 1 –  $V_{SH}$  del modello medio: 200.98 m/s**

**MASW 2 –  $V_{SH}$  del modello medio: 186.10 m/s**

Dai dati ottenuti si può affermare che la categoria di suolo di fondazione del sito esaminato è:

### **Tipo di suolo : C**

(sulla base del modello medio)

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008; successivo aggiornamento approvato con Decreto Ministeriale del 17/01/2018 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8).

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

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

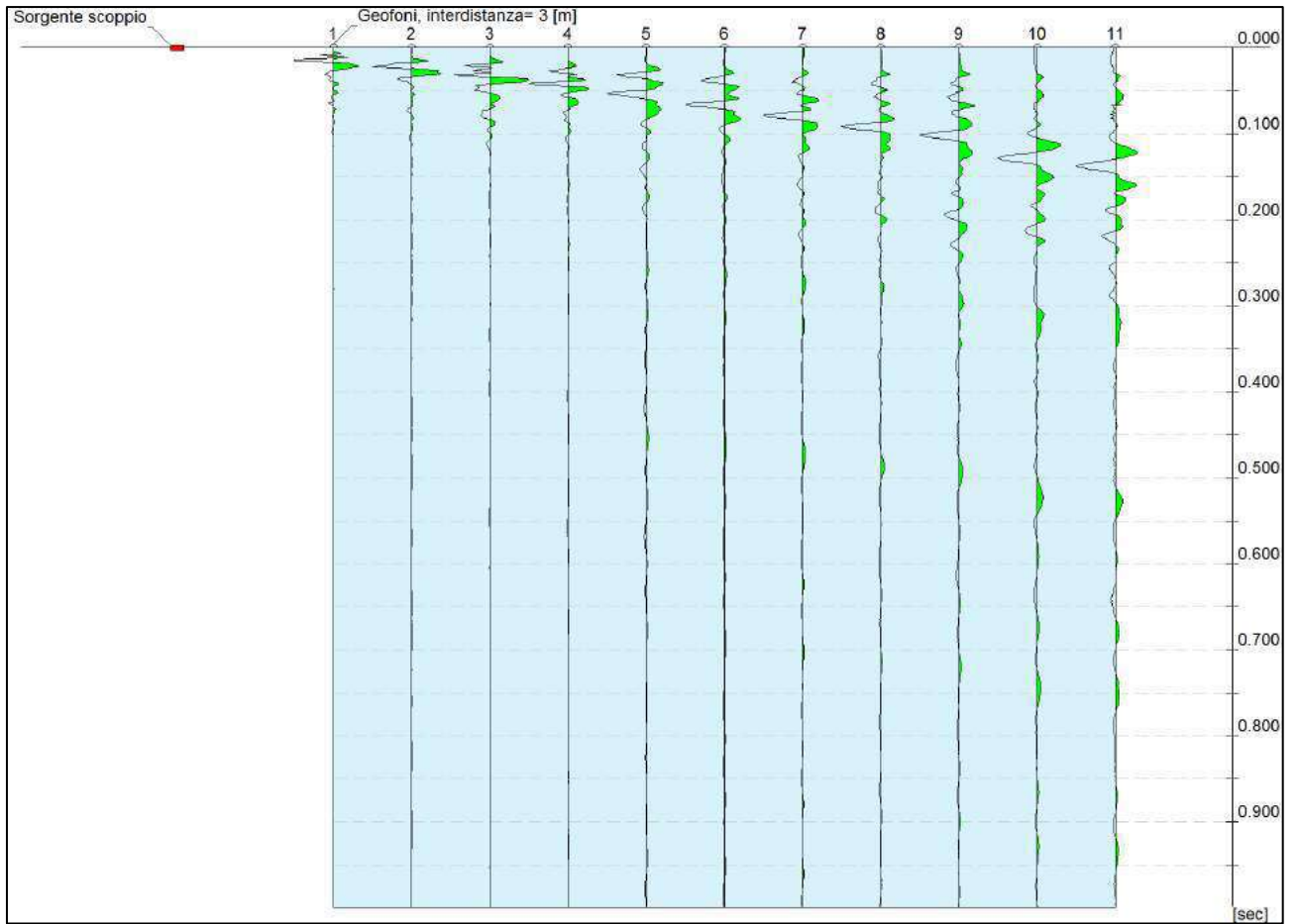
**C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s

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

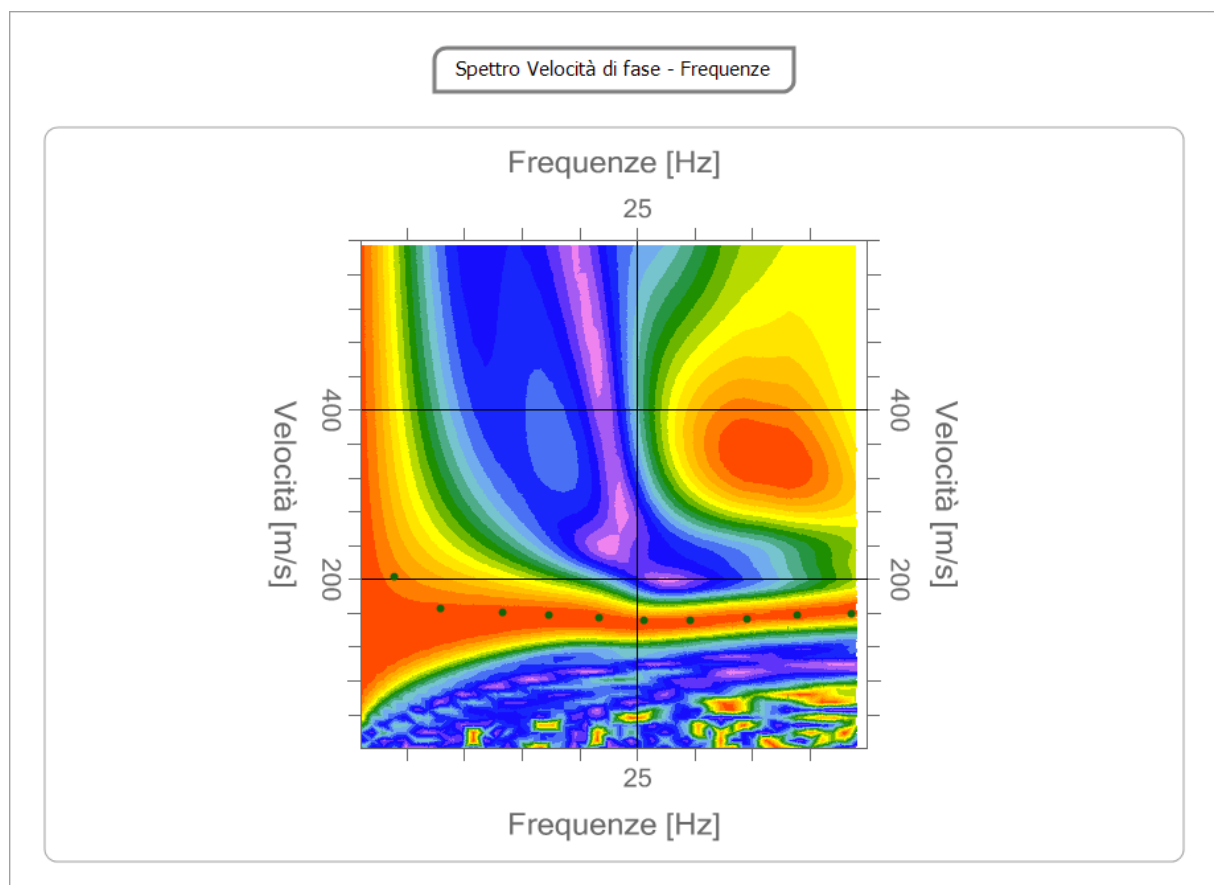
## ELABORAZIONE ANALISI MASW - 1

Tracce



### Curva di dispersione

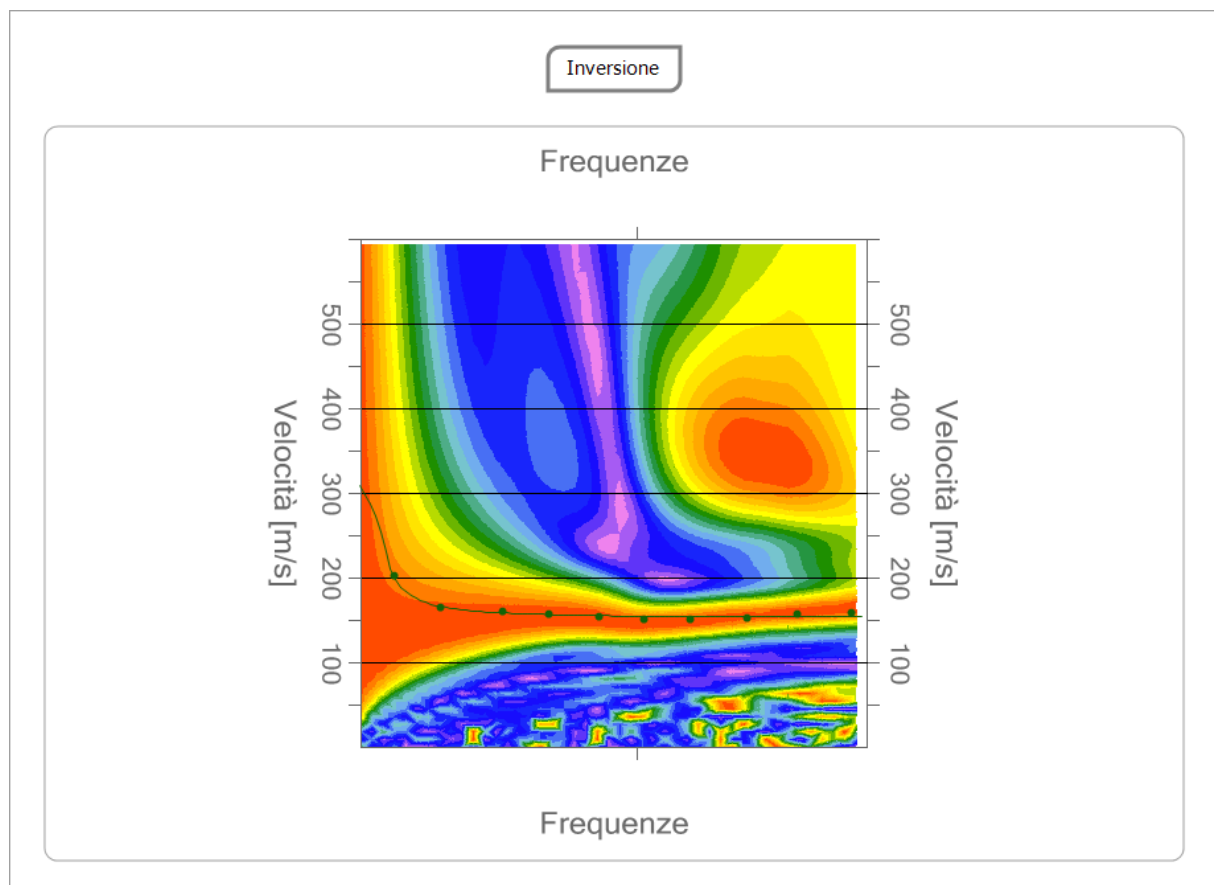
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.9	202.3	0
2	7.9	166.0	0
3	13.4	161.1	0
4	17.3	157.3	0
5	21.7	155.1	0
6	25.6	150.7	0
7	29.6	150.7	0
8	34.5	152.8	0
9	38.9	157.3	0
10	43.6	159.5	0



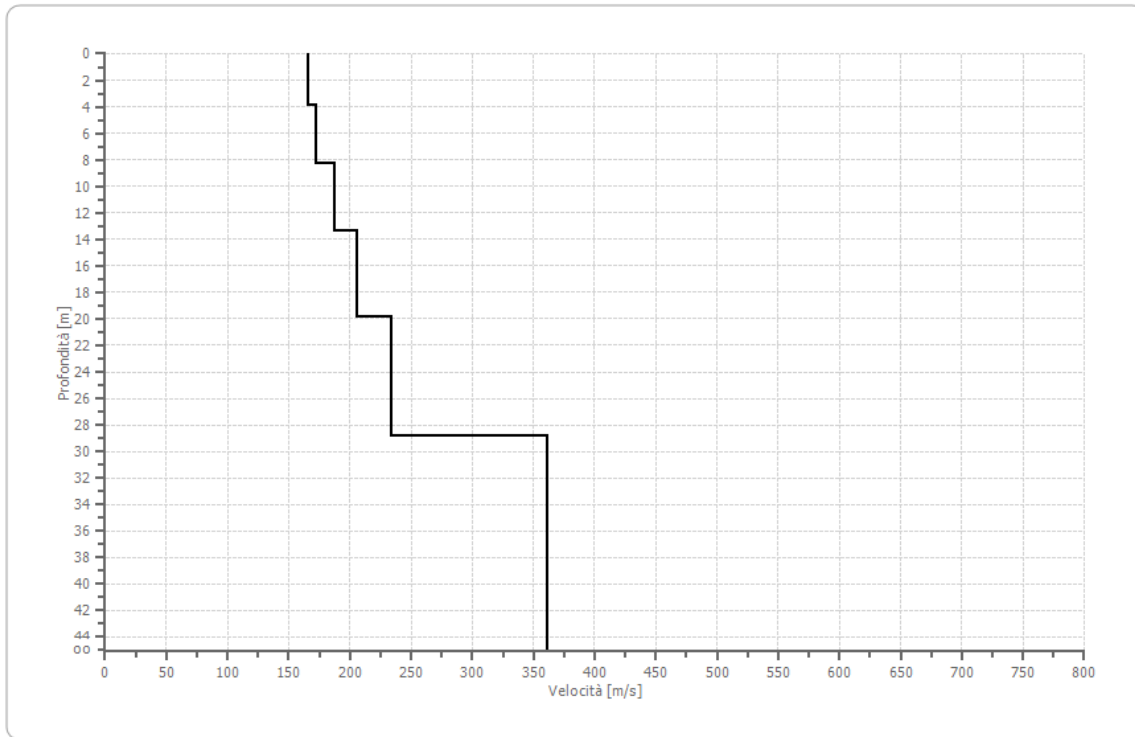


## Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.93	3.93	1800.0	0.3	No	310.1	165.8
2		8.24	4.31	1800.0	0.3	No	322.3	172.3
3		13.41	5.17	1800.0	0.3	No	350.2	187.2
4		19.87	6.46	1800.0	0.3	No	384.2	205.4
5		28.81	8.94	1800.0	0.3	No	438.2	234.2
6		oo	oo	1800.0	0.3	No	675.0	360.8



Profilo di velocità



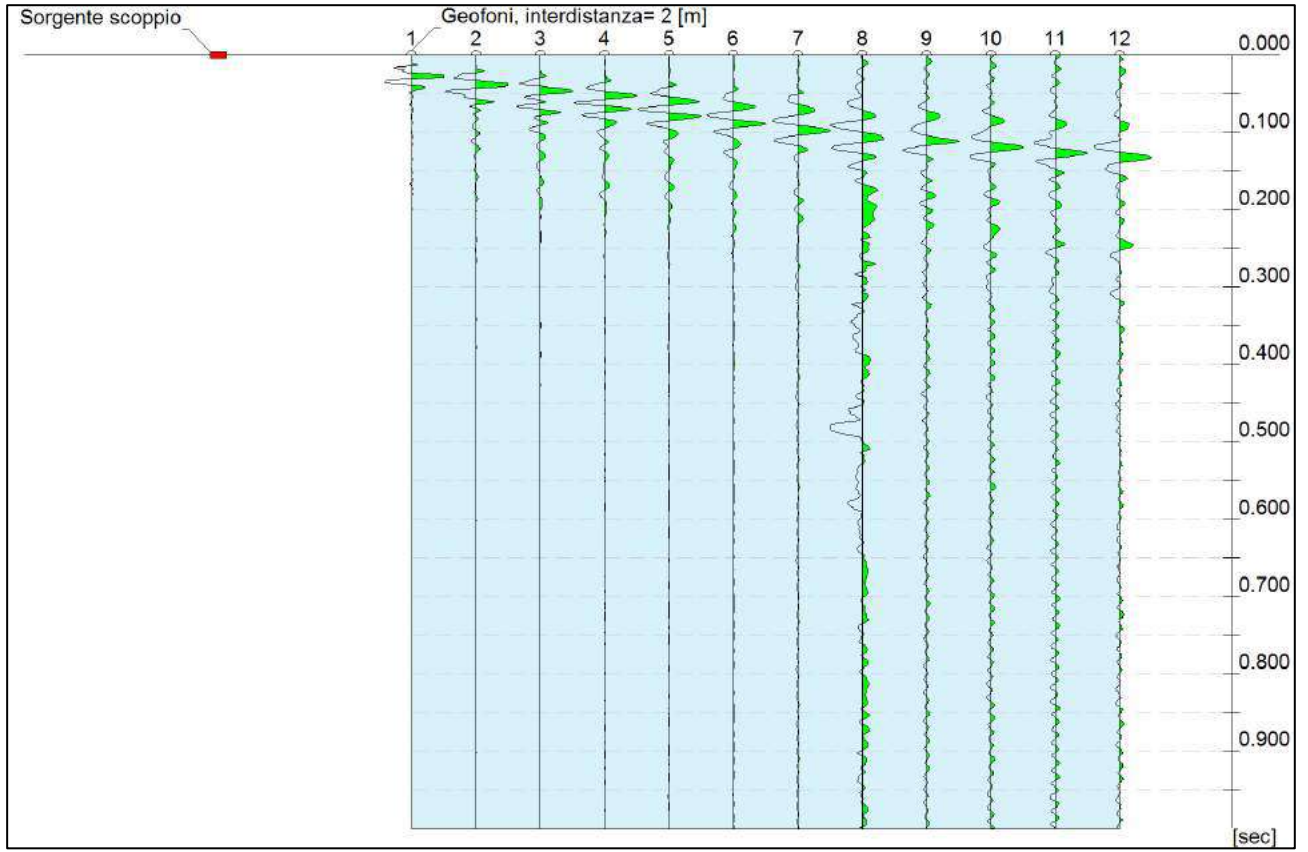
## Risultati

<b>Vs,eq [m/sec]</b> <b>(H=30.00 m)</b>	200.98
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo 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.

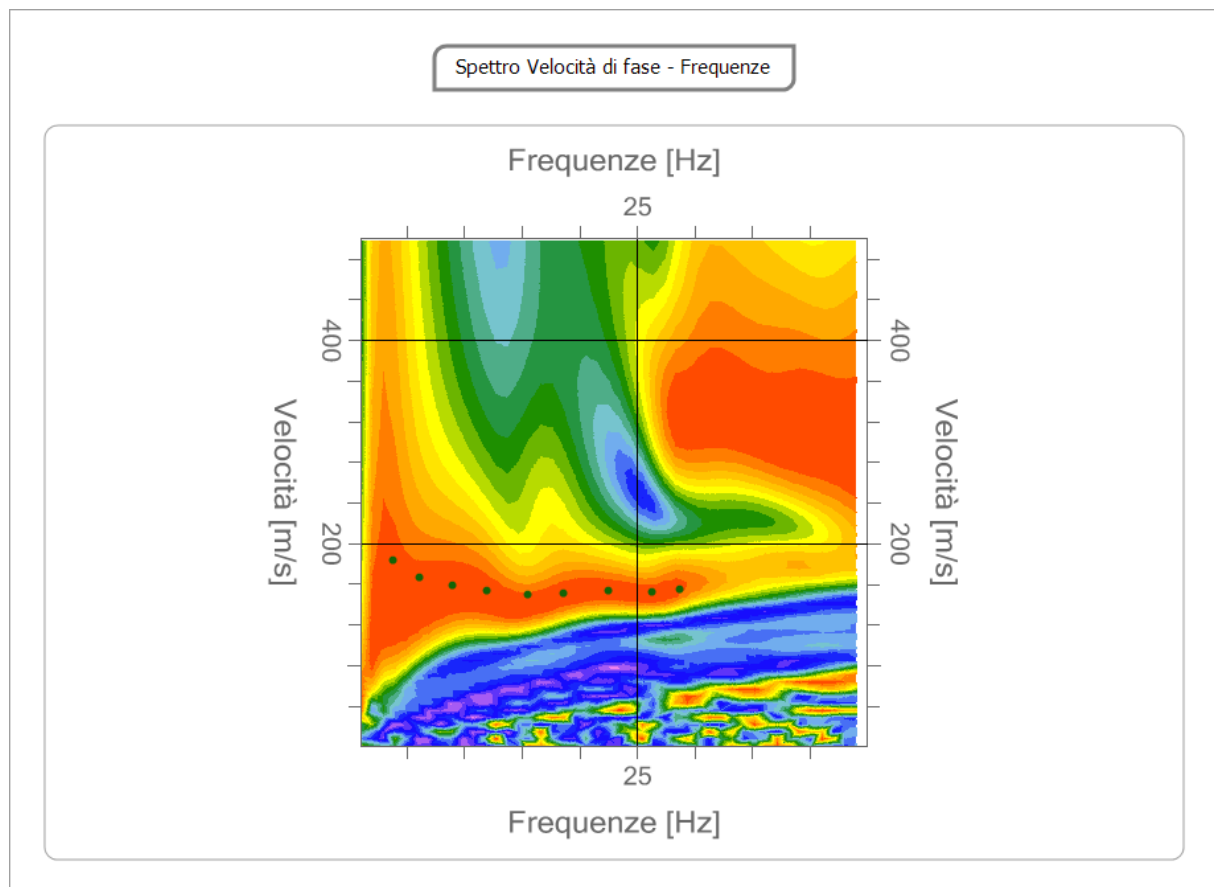
## ELABORAZIONE ANALISI MASW - 2

### Tracce



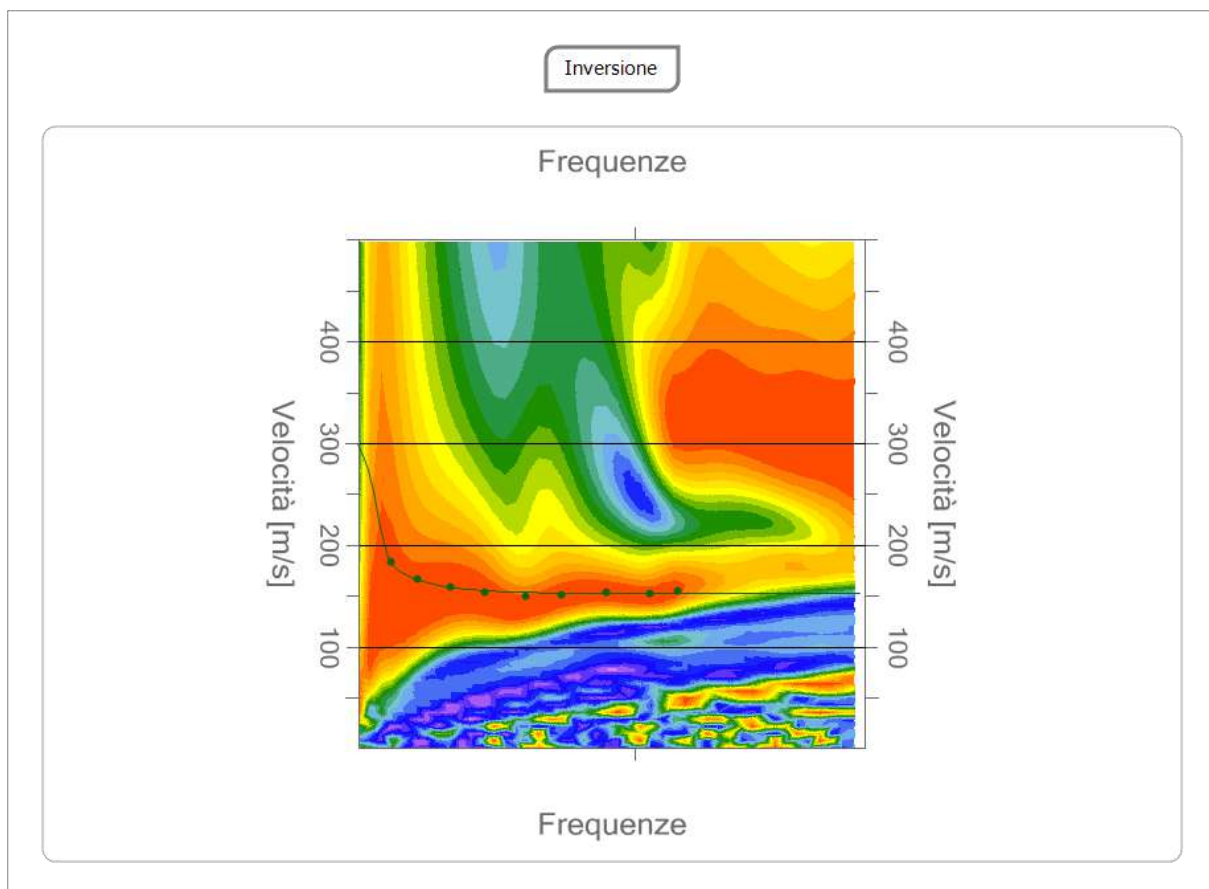
### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.8	183.8	0
2	6.1	166.0	0
3	9.0	159.1	0
4	11.9	153.6	0
5	15.6	149.5	0
6	18.6	150.8	0
7	22.5	153.6	0
8	26.3	152.2	0
9	28.7	155.0	0

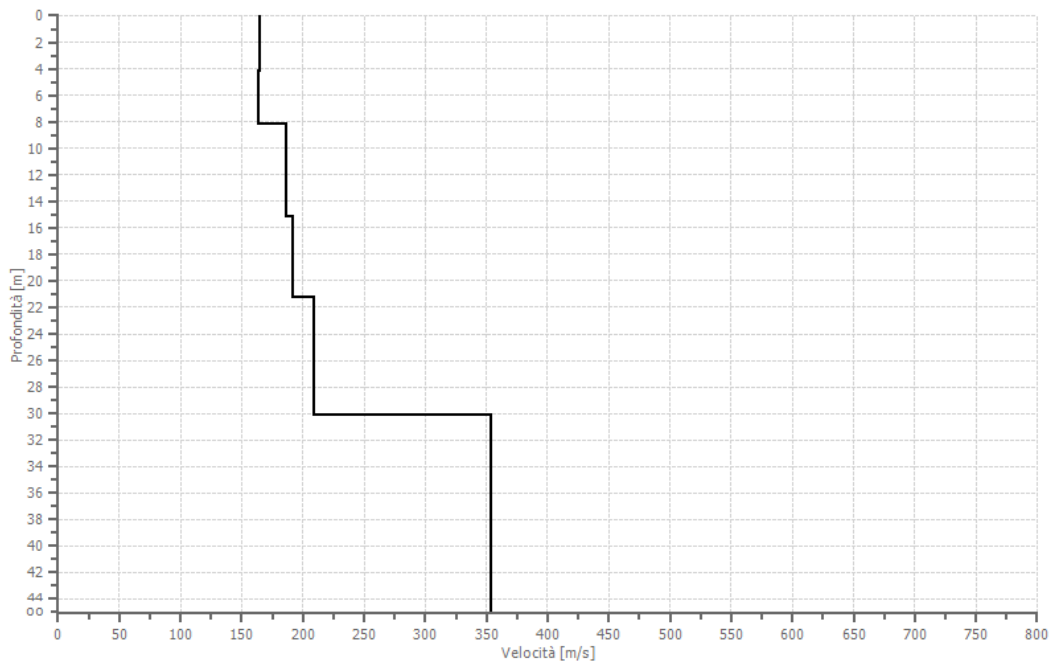


## Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.17	4.17	1800.0	0.3	No	307.0	164.1
2		8.20	4.03	1800.0	0.3	No	305.6	163.4
3		15.20	7.00	1800.0	0.3	No	347.5	185.8
4		21.24	6.05	1800.0	0.3	No	359.1	192.0
5		30.16	8.92	1800.0	0.3	No	390.4	208.7
6		oo	oo	1800.0	0.3	No	662.4	354.0



Profilo di velocità



## Risultati

**Vs,eq [m/sec]** | 186.10  
**(H=30.00 m)**

**Categoria del suolo** | C

Suolo di tipo 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.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



## ALLEGATO 4

### Misura di frequenza fondamentale del terreno

#### HVSR

Caratteristiche tecniche generali "Sismografo GEOBOX":

<i>Alimentazione:</i>	<i>batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W</i>
<i>Numero canali ed a/d converter:</i>	<i>3 (SD) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)</i>
<i>Sensibilità: con velocimetri da 4.5Hz:</i>	<i>&lt; 1 nanometro/secondo per count</i>
<i>Campionamento:</i>	<i>simultaneo sui tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,480,600Hz</i>
<i>Real Time Clock:</i>	<i>Sincronizzato da GPS via PPS modulato (su richiesta)</i>
<i>Precisione RTC:</i>	<i>+/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40ms rispetto ad UTC)</i>
<i>Antenna GPS:</i>	<i>esterna con 10mt di cavo e connettore BNC</i>
<i>Interfaccia dati:</i>	<i>RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione</i>
<i>Contenitore:</i>	<i>Monoblocco in alluminio IP66</i>
<i>Dimensioni e peso:</i>	<i>155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz</i>
<i>Temperatura operativa:</i>	<i>-20/+50°C</i>
<i>Conformità:</i>	<i>CE</i>





REGIONE LAZIO  
PROVINCIA DI ROMA

RELAZIONE GEOFISICA

**MISURA DI FREQUENZA FONDAMENTALE DEL TERRENO  
HVSr**

LOCALITA': Comune di Roviano (RM)

Dicembre 2020

## RELAZIONE GEOFISICA

### Premessa

È stata eseguita un'indagine geofisica nel comune di Roviano (RM) al fine di determinare le frequenze caratteristiche di risonanza di sito mediante lo spettro H/V.

La caratterizzazione sismica dei terreni è avvenuta tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura).

L'indagine ha previsto la realizzazione di:

- n. 1 analisi HVSR

### Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo  $V_{sh}$  attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo  $V_{sh}$ .

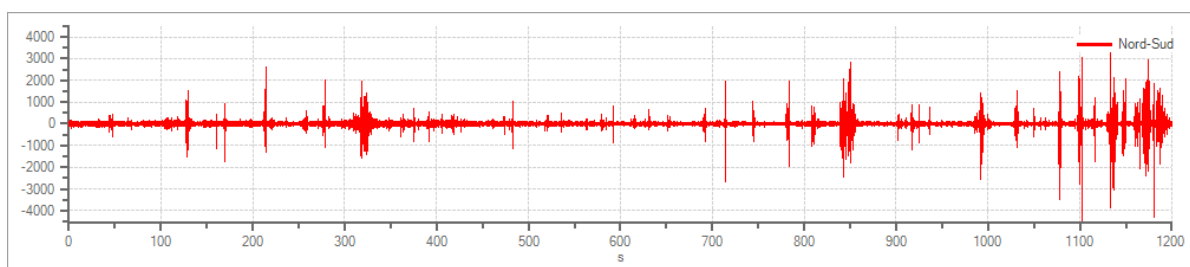
## ELABORAZIONE ANALISI HVSR-3

### Tracce in input

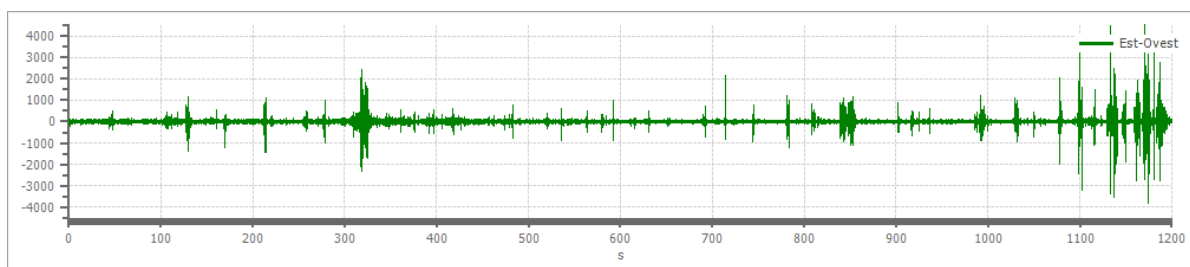
#### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1200 s  
Frequenza di campionamento: 300.00 Hz  
Numero campioni: 360000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

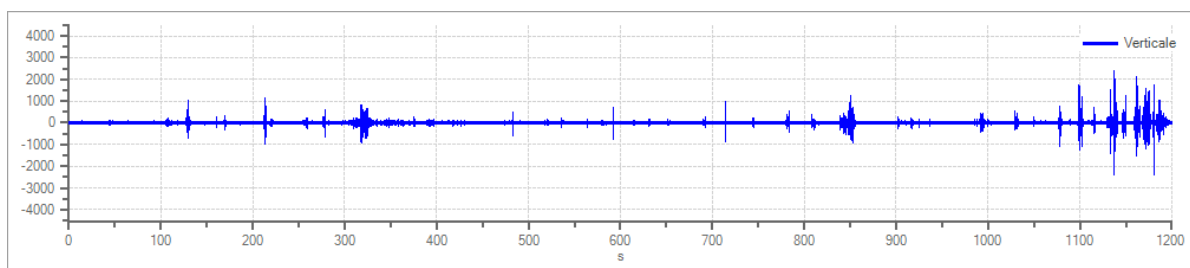
#### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

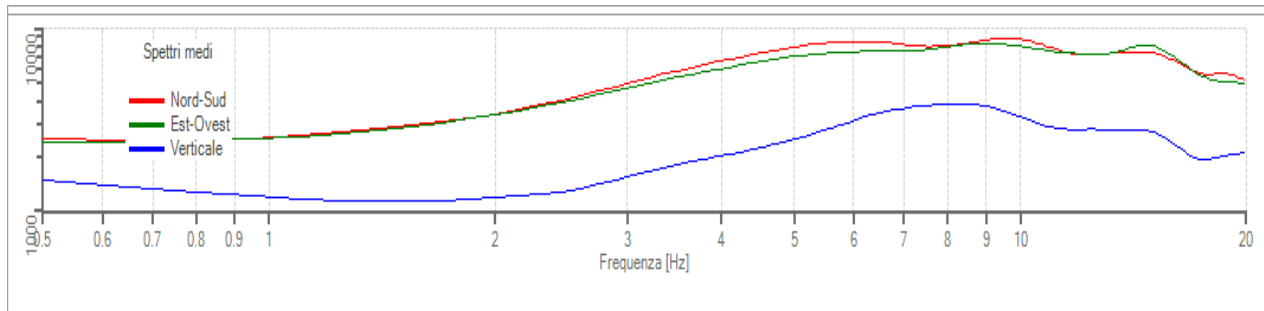
### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 32  
Numero finestre incluse nel calcolo: 32  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamento: Triangolare costante  
Percentuale di lisciamento: 10.00 %

### Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	340	360	Inclusa
15	360	380	Inclusa
16	380	400	Inclusa
17	420	440	Inclusa
18	440	460	Inclusa
19	460	480	Inclusa
20	480	500	Inclusa
21	500	520	Inclusa
22	520	540	Inclusa
23	540	560	Inclusa
24	560	580	Inclusa
25	580	600	Inclusa
26	600	620	Inclusa
27	620	640	Inclusa
28	640	660	Inclusa
29	660	680	Inclusa
30	720	740	Inclusa
31	760	780	Inclusa
32	800	820	Inclusa

## Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni

## Rapporto spettrale H/V

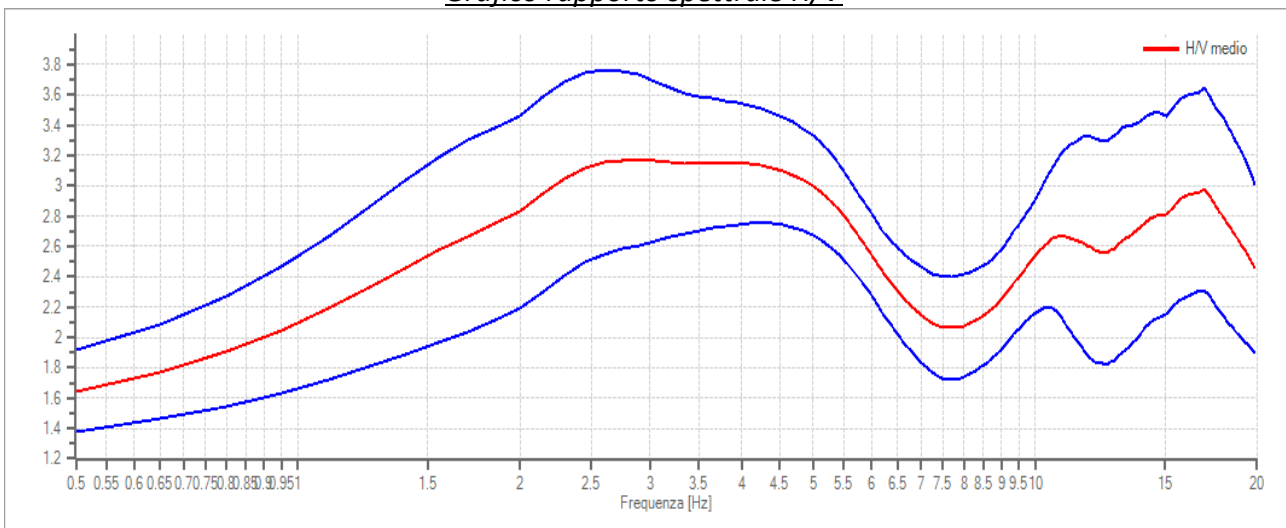
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	20.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare costante
Percentuale di lisciamento:	10.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: **2.90 Hz  $\pm$ 0.18 Hz**

## Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ :	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$ :	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_D > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7619/STC del 08/09/2010  
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ Decreto n° 4894 del 28/04/12

## **COMUNE DI ANTICOLI CORRADO**

PROVINCIA DI ROMA

COMMITTENTE: ACEA ELABORI S.P.A.

OGGETTO: Indagini geognostiche finalizzate alla progettazione del Nuovo Acquedotto  
Marcio  
**SONDAGGI S4, S6, S8, S12, S13**

LOCALITA': VIA DELLA VECCHIA FERROVIA - COMUNE DI ANTICOLI CORRADO (RM)

TECNOGEO GROUP SRL

Data: GENNAIO 2021