



COMMISSARIO DI GOVERNO

PER IL CONTRASTO DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO
NELLA REGIONE PUGLIA



INTERVENTO 16IR847/G1 "MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NELL'ABITATO DI SECLÌ - COMPLETAMENTO"

CUP: B27H21004930001
CIG 9101884848

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Raffaele SANNICANDRO

RTP INCARICATO

Capogruppo Mandatario



Dott. Ing.
Michele DE MARCO

Mandanti

Dott. Arch. Giampiero PORTULANO

Dott. Geol. Rita AMATI

CONSULENTI SPECIALISTICI

Dott. Agr. Saverio INTERNÒ

Dott. Patrizia GUASTELLA

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO N

R02a

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE SULLE
INDAGINI GEOGNOSTICHE

0	EMISSIONE	Dicembre 2023
Rev.	Descrizione	Data



INDICE

1. PREMESSA	2
2. PERFORAZIONE DI SONDAGGIO E PROVE DI PERMEABILITÀ	3
3. INDAGINI GEOFISICHE	9
4. INDAGINI DI LABORATORIO GEOTECNICO	11

Allegati:

ALLEGATO 1- Planimetria con ubicazione delle indagini

ALLEGATO 2- Stratigrafia della perforazione di sondaggio S1

ALLEGATO 3- documentazione fotografica sulle indagini

ALLEGATO 4- Relazione sulle indagini geofisiche

ALLEGATO 5- Certificati di Laboratorio geotecnico

ALLEGATO 6- Pozzi Ente irrigazione per lo sviluppo dell'Irrigazione e la trasformazione fondiaria in Puglia- Lucania e Irpinia-Bari

APPENDICE – Risultanze delle indagini geognostiche pregresse derivanti da :

- “Progetto per il risanamento idraulico della rete pluviale del centro abitato (importo lavori Euro 200.000,00)” – Studio geologico a firma del Dott. Geol. Donato A. Stifani (datato 2010) a corredo del Progetto Preliminare del II stralcio (Elaborato “ 446.34 -28 Studi di conoscenza”
- Progetto Esecutivo per “Interventi di Mitigazione del rischio idraulico dell’abitato di Seclì”cod. intervento LE045A/10 (campagna d’indagini, febbraio 2015- predisposta con tavolo tecnico del 7.10.2014 e approvata con nota del Commissario Delegato Straordinario n. 2983/14 del 17.11.2014)



1. PREMESSA

La presente relazione descrive gli esiti delle Indagini geognostiche eseguite relative al Progetto Definitivo affidato alla scrivente R.T.P. di Progettazione, il cui Mandatario è Ing. Michele De Marco, con Decreto Commissariale n. 113 del 15/02/2022 e relativo agli interventi di "mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì - Completamento" (Codice ReNDis 16IR847/G1), che prevede il **completamento** di un'opera già realizzata, denominata LE45A/10 (finanziata con i fondi dell'Accordo di Programma 2010 sottoscritto fra MATTM e la Regione Puglia), mediante la realizzazione di una **vasca di laminazione ed un sistema disperdente** in grado di contenere il volume di piena con un franco di sicurezza idraulico pari almeno ad 1 m, sia nella vasca di laminazione e sia nel Canale "Coltura", in corrispondenza del recapito finale nella vora "Le Rose".

Le indagini geognostiche hanno riguardato l'area di sedime della vasca di laminazione in progetto mediante approfondimenti di carattere stratigrafico, idrogeologico, geotecnico e geofisico al fine di definire il modello geologico del sito, i parametri geotecnici dei litotipi rinvenuti, la modellazione sismica del sito, nonché la determinazione della permeabilità dei terreni presenti negli strati superficiali di sottosuolo ai fini dello smaltimento delle acque piovane e per accertare l'eventuale presenza di una falda freatica.

La campagna geognostica è consistita nell'esecuzione di indagini di tipo diretto e indiretto, ubicate come in planimetria in ALLEGATO 1 e di seguito descritte:

- n. 1 perforazione di sondaggio geognostico eseguita nell'area di sedime della vasca di laminazione di nuova realizzazione, terebrato fino al rinvenimento del calcare costituente il substrato (stratigrafia del sondaggio e documentazione fotografica sulle indagini si riportano in ALLEGATO 2 ed ALLEGATO 3), con prelievo di n. 2 campioni indisturbati e uno rimaneggiato nel calare di base per le prove di laboratorio geotecnico (ALLEGATO 5);
- n. 2 prove di permeabilità in foro di sondaggio di tipo LeFranc, a carico variabile, a varie profondità per caratterizzare la permeabilità dei litotipi presenti ai fini dello smaltimento di acque piovane negli strati superficiali di sottosuolo;
- n. 1 stendimento di tomografia elettrica con misure multielettrodo di resistività, in configurazione dipolo-dipolo e Wenner, al fine di determinare le caratteristiche elettriche dei litotipi indagati e il loro stato di saturazione (ALLEGATO 4);
- n. 1 prospezione di sismica con tecnica MASW per la determinazione delle onde di taglio (S), ubicato lungo la tomografia elettrica; tale tecnica, che misura il tempo di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo, ha consentito di rilevare il dato sismico a maggiori profondità per la stima del $V_{s,eq}$ al fine di attribuire al sottosuolo in esame una delle categorie di suolo ai sensi delle NTC2018 (ALLEGATO 4).

La perforazione di sondaggio e le prove di laboratorio Geotecnico sui campioni sono state condotte dalla ditta Geoprove s.r.l di Ruffano (LE) mentre le indagini indirette a carattere geofisico dalla Laborgeo S.r.l. di Matera, e coadiuvate dalla scrivente Dott. Geol. Rita Amati, mandante dell'RTP incaricata per la Progettazione in oggetto.

In planimetria riportata in ALLEGATO 1 sono indicati i punti di indagine, mentre la stratigrafia, la documentazione fotografica, le risultanze delle indagini geofisiche ed i Certificati di Laboratorio Geotecnico sono esposti rispettivamente in ALLEGATO 2, ALLEGATO 3, ALLEGATO 4, ALLEGATO 5.

Si sono considerate, inoltre, le stratigrafie dei pozzi per acqua dell'Ente per lo sviluppo dell'Irrigazione e la trasformazione fondiaria in Puglia- Lucania e Irpinia-Bari nell'ambito delle ricerche delle acque sotterranee in Provincia di Lecce (ALLEGATO 6):

-Pozzo n. 2 de Progetto F.E.O.G.A 10

-Pozzo n. 7 de Progetto F.E.O.G.A 6

In APPENDICE alla presente relazione sono riportate stralci delle risultanze di indagini pregresse, prese in considerazione nel presente Progetto, eseguite nell'ambito del:

- "Progetto per il risanamento idraulico della rete pluviale del centro abitato (importo lavori Euro 200.000,00)" – Studio geologico a firma del Dott. Geol. Donato A. Stifani (datato 2010) a corredo del Progetto Preliminare del II stralcio (Elaborato "446.34 -28 Studi di conoscenza")



PROGETTO DEFINITIVO

- Progetto Esecutivo per "Interventi di Mitigazione del rischio idraulico dell'abitato di Seclì" cod. intervento LE045A/10 (campagna d'indagini, febbraio 2015- predisposta con tavolo tecnico del 7.10.2014 e approvata con nota del Commissario Delegato Straordinario n. 2983/14 del 17.11.2014)

2. PERFORAZIONE DI SONDAGGIO E PROVE DI PERMEABILITÀ

Nella planimetria dell' ALLEGATO 1, riportata anche qui di seguito (fig. 1), sono ubicati i punti indagati nell'area di sedime della vasca di laminazione in progetto e si riportano indagini pregresse e i n. 3 pozzi disperdenti realizzati nell'anno 2009 (collaudati il 05/06/2009) per il "Progetto per il risanamento idraulico della rete pluviale del centro abitato (importo lavori Euro 200.000,00), indagini riportate in APPENDICE.

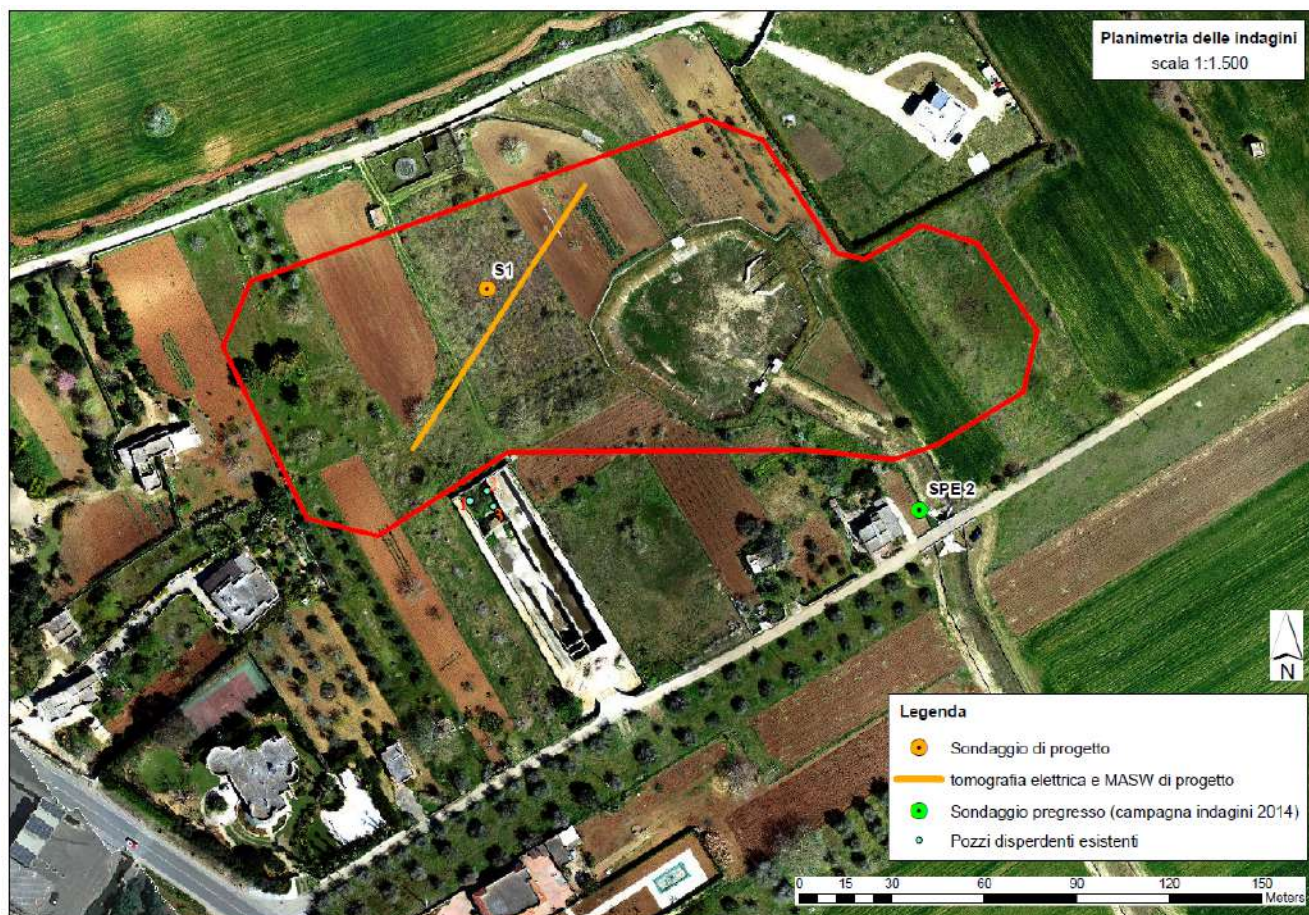


Figura 1 – Ubicazione delle indagini

La località "Le rose", individuata da Progetto Preliminare come area di intervento per la realizzazione di interventi per la mitigazione del Rischio idraulico del Comune di Seclì a completamento delle opere già realizzate (nel I Stralcio) è stata effettuata una perforazione di sondaggio di Profondità 10 m (fino al raggiungimento del Bedrock calcareo) con prelievo di campioni e n. 2 prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc, a carico variabile.

Nello specifico si sono prelevati n. 2 campioni indisturbati (C1 e C2) e n. 1 campione rimaneggiato nei calcari del substrato (CR1).

Le attività di campo sono state svolte dalla scrivente **Dott. Geol. R.Amati**, mandante dell'RTP di progettazione, mentre la ditta di trivellazione è la **Geoprove S.r.l** di Ruffano (LE).

Le carote ottenute sono state conservate in apposite cassette catalogatrici opportunamente compilate di dimensioni 1x5 metri e idonee alla conservazione di 5m di carotaggio ciascuna. Tale perforazione ad andamento verticale è stata eseguita con la tecnologia a rotazione mediante il metodo a carotaggio continuo con diametro di 101 mm (Allegato 2, Allegato 3).



Foto 1-Esecuzione del prelievo di campione indisturbato con campionatore Shelby

Le prove di permeabilità sono state eseguite secondo quanto stabilito dall'AGI- Roma 1977 " Raccomandazioni e prescrizioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche", a varie profondità (da 2 a 3 m di profondità dal p.c. e da 4 a 5,50 m di profondità dal p.c.).



Foto 2 e 3-Esecuzione della prova di permeabilità Lefranc nel tratto tra 2-3 m dal p.c.

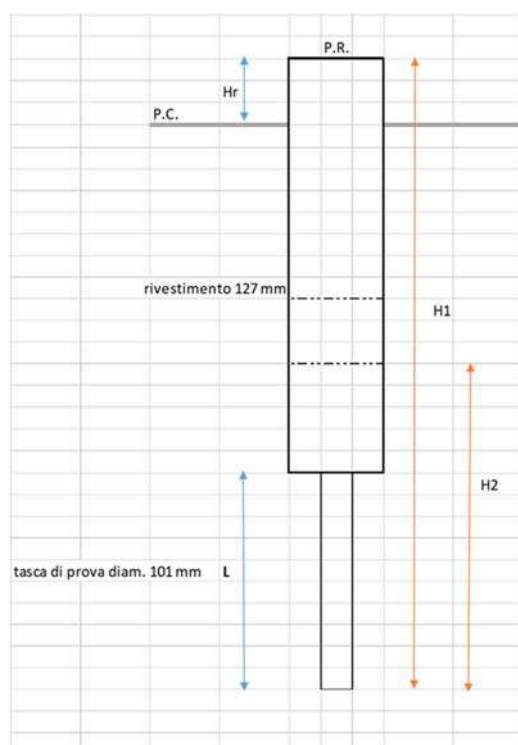


Grafico 1- schema tecnico



PROGETTO DEFINITIVO

La formula utilizzata per il calcolo della permeabilità (K) è la seguente:

$$K(m/s) = A / C(t_2 - t_1) * \ln (h_1 / h_2)$$

Dove :

A (m²) area di base del foro

t₁ (sec) tempi ai quali si misurano h₁ e h₂

t₂ (sec)

h₁ (m) altezza del carico applicato nel centro della tasca

h₂ (m) di prova rispetto al livello della falda o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂

C (m) Coefficiente di forma (Hvorslev et alii)

Il Coefficiente di forma dipende dall' area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto. Per il coefficiente C sono suggeriti i seguenti valori :

Se L >> Diametro foro C = L

Se L < Diametro del foro $C = (3\pi L) / \ln \{ (1,5 L/d_2) + [1 + (1,5 L/d_2)^2]^{0,5} \}$

Nel nostro caso il coefficiente di forma considerato è C=L

Le profondità indagate sono state le seguenti:

- da 2.00 a 3.00 m di profondità dal p.c.
- da 4 a 5.50 m di profondità dal p.c .

Qui di seguito i dati rilevati:



PROGETTO DEFINITIVO

PROVA LEFRANC - AGI 1977

Sondaggio **S1** Prova condotta in ABBASSAMENTO
 PROVA N. **1** P.P.1 da 2,00 m a 3,00 m dal p.c. LIVELLO

Data inizio prova 26/07/2023 Ora inizio 10:39
 Data fine prova 26/07/2023 Ora Fine 11:39

profondità perforo 300 cm
 Livello Falda da P.C. 63,50 m
 Altezza Riferimento Hr 45 cm
 H1 (carico idraulicoiniziale) 345 cm
 Diametro tasca prova 101 mm
 Area base tasca prova 80,0779 cm²
 Lunghezza tasca prova 100 cm
 Cf = L 100,0 cm

	ti	t(i+1)	Delta H	k	k
sec	min	min	cm	cm/sec	m/sec
0	0	0,25	0	0,00E+00	0,00E+00
15	0,25	0,50	12	1,89E-03	1,89E-05
30	0,50	1	17	4,04E-04	4,04E-06
60	1,00	2	21	1,64E-04	1,64E-06
120	2	4	27	1,25E-04	1,25E-06
240	4,00	6	36	1,92E-04	1,92E-06
360	6	8	46	2,20E-04	2,20E-06
480	8,00	10	49	6,73E-05	6,73E-07
600	10	15	55	5,47E-05	5,47E-07
900	15,00	20	67	1,13E-04	1,13E-06
1200	20	25	78	1,08E-04	1,08E-06
1500	25	30	88	1,02E-04	1,02E-06
1800	30	40	96	4,22E-05	4,22E-07
2400	40	50	113	9,44E-05	9,44E-07
3000	50	60	129	9,54E-05	9,54E-07
3600	60	70	141	7,63E-05	7,63E-07
			kmedio	2,34E-04	2,34E-06



PROGETTO DEFINITIVO

PROVA LEFRANC - AGI 1977

Sondaggio **S1** Prova condotta in ABBASSAMENTO
 PROVA N. **2** P.P.2 da 4,00 m a 5,50 m dal p.c. LIVELLO

Data inizio prova 26/07/2023 Ora inizio 12:35
 Data fine prova 26/07/2023 Ora Fine 13:35

profondità perforo 550 cm
 Livello Falda da P.C. 63,5 m
 Altezza Riferimento Hr 45 cm
 H1 (carico idraulicoiniziale) 595 cm
 Diametro tasca prova 101 mm
 Area base tasca prova 80,0779 cm²
 Lunghezza tasca prova 150 cm
 Cf = L 150,0 cm

	t _i	t _(i+1)	Delta H	k	k
sec	min	min	cm	cm/sec	m/sec
0	0	0,25	0	0,00E+00	0,00E+00
15	0,25	0,50	10	6,03E-04	6,03E-06
30	0,50	1	45	1,10E-03	1,10E-05
60	1,00	2	90	7,59E-04	7,59E-06
120	2	4	96	5,32E-05	5,32E-07
240	4,00	6	161	6,21E-04	6,21E-06
360	6	8	225	7,10E-04	7,10E-06
480	8,00	10	262	4,69E-04	4,69E-06
600	10	15	295	1,86E-04	1,86E-06
900	15,00	20	360	4,35E-04	4,35E-06
1200	20	25	410	4,26E-04	4,26E-06
1500	25	30	430	2,04E-04	2,04E-06
1800	30	40	442	6,72E-05	6,72E-07
2400	40	50	460	1,11E-04	1,11E-06
3000	50	60	473	9,01E-05	9,01E-07
3600	60	70	483	7,61E-05	7,61E-07
			kmedio	3,69E-04	3,69E-06



PROGETTO DEFINITIVO

In sintesi, le risultanze dei valori medi di permeabilità ottenuti sono :

Sondaggio	Profondità tratto di prova (m dal p.c.)	Litologia tasca di prova	Kmedio (m/s)
S1	PP1 2.00-3.00	SABBIA LIMOSA CON GHIAIA	$2,34 \times 10^{-6}$
S1	PP2 4.00-5.50	CALCARENITE A GRANA FINE POCO DIAGENIZZATA	$3,69 \times 10^{-6}$

Per cui la permeabilità degli strati superficiali di sottosuolo, nel sito di intervento, entro i primi 5 m di profondità risulta BASSA.

Per quanto riguarda invece la Permeabilità del Calcere costituente il substrato, fratturato a varie profondità, (rinvenuto a partire da 9.50 m dal p.c. nel S1), si riportano il valore di permeabilità ottenuto durante l'esecuzione dei n. 3 pozzi disperdenti dell'impianto di trattamento per le acque meteoriche Comunali ubicato in contrada "Le Rose", di profondità rispettivamente di 50 m, 45 m e 40 m (studio geologico pregresso a firma del Dott. Geol. Stifani). . Nell' anno 2009 (collaudo dei pozzi disperdenti 5/06/2009), sono state condotte prove di permeabilità di Tipo Le Franc a carico costante dalla ditta GEOPRO di Lecce, come da scheda dei certificati riportate in Appendice della "Relazione sulle Indagini" da cui si sono ottenuti i seguenti valori:

- pozzo n.1 $K = 8,7 \cdot 10^{-4}$ m/s;
- pozzo n.2 $K = 5,8 \cdot 10^{-4}$ m/s;
- pozzo n.3 $K = 7,0 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Le prove idrauliche eseguite, invece, nel pozzo anidro PAel per il Progetto Esecutivo (I Stralcio) alle profondità rispettivamente di -25, -35 e -45 m dal p.c. hanno fornito per il sito in esame (posto a sud dell'abitato di Seclì) un **k medio di $5,25E-06$ m/s** alla profondità di -25 m, un k medio di **$1,46E-04$ m/s** alla profondità di -35 m, un k medio di **$9,46E-05$ m/s** alla profondità di -45 m; Mediamente il pozzo anidro risulta avere una permeabilità pari a **Kmed = $8,20E-05$ m/s**.

3. INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di indagare il sottosuolo a maggiore profondità ed individuare zone a maggiore fratturazione nel basamento calcareo si è effettuata una Tomografia Elettrica e una prospezione sismica di tipo MASW per determinare la Vs equ ai sensi delle NTC2018.

L'ubicazione delle indagini sismiche effettuate è riportata in planimetria, ALLEGATO 1.

Per il dettaglio delle risultanze delle Indagini Geofisiche, l'apparecchiatura e le elaborazioni eseguite si rimanda all'elaborato dedicato, ALLEGATO 4- "Relazione sulle indagini geofisiche", a cura della Laborgeo S.r.l. di Matera, che fa parte integrante della presente relazione sulle Indagini.



Foto 4 e 5- Esecuzione della indagine Masw



Foto 6- Esecuzione della Tomografia elettrica



PROGETTO DEFINITIVO

4. INDAGINI DI LABORATORIO GEOTECNICO

Durante la perforazione di sondaggio sono stati prelevati n. 2 campioni indisturbati (C1 e C2) rispettivamente prelevati a profondità da 1.50 a 2.00 m dal p.c. e da 4.50 m a 5.00 m dal p.c. mediane fustella campionatrice Shelby (Foto3) e n. 1 campione rimaneggiato nei calcari del substrato (CR1) a profondità da 9.85 a 10.00 m dal p.c.. per le prove di laboratorio geotecnico.

Sulle Terre sono state effettuate prove di laboratorio consistite nella determinazione delle caratteristiche generali (caratteristiche fisiche, peso specifico dei grani o reale, granulometria per setacciatura e sedimentazione, parametri indice e limiti di Atterberg (LL e LP)), e prove meccaniche consistite nella esecuzione della prova di Taglio e nella esecuzione delle prove edometriche. Per il campione di Roccia (CR1) calcarea si è determinato il Peso di volume, il contenuto d'acqua, la massa volumica e la porosità e la Resistenza a compressione uniassiale.

Le analisi e le prove geotecniche di laboratorio, sui campioni prelevati, sono state effettuate presso il Laboratorio Geotecnico Geoprobe S.r.l. di Ruffano (LE), le risultanze delle prove sono riportate in ALLEGATO 5, nell'elaborato specifico riportante i certificati di analisi di laboratorio geotecnico, parte integrante della presente relazione.

Qui di seguito in tabella si riassumono tali risultati (per quanto non specificato si rimanda al singolo certificato di ciascuna prova):

QUADRO RIASSUNTIVO PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Taglio diretto		Edometrica					
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γsec kN/m³	γsat kN/m³	γs kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI	φ °	c kPa	25.0 kPa	50.0 kPa	100.0 kPa	200.0 kPa	400.0 kPa	
S1	C1	1.50 - 2.00	10.6	14.5	13.1	18.0	25.8	0.97	49.2	28.8	43.6	27.7	15.9	2.08	22.2	54.5	14.0	9.3	A2-7 - I.G. = 1	34.4	22.4	959	1232	1700	2577	4561	
S1	C2	4.50 - 5.00	8.3	15.4	14.2	18.6	25.8	0.81	44.8	26.7	39.3	27.8	11.5	2.70	27.0	55.4	7.4	10.2	A2-6 - I.G. = 0	36.6	12.5	2381	3207	4831	6918	10753	

Campione in roccia calcarea (CR1)

RIFERIMENTO:	Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.		
SONDAGGIO:	S1	CAMPIONE:	CR1
		PROFONDITA': m	9.85 - 10.00

MODULO RIASSUNTIVO

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Umidità media (%):	0.9
--------------------	-----

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Peso di volume (kg/m³):	2653.55
-------------------------	---------

MASSA VOLUMICA APPARENTE E REALE - POROSITA'

Massa volumica apparente (kg/m³):	2629.0
Massa volumica reale (kg/m³):	2735.8
Porosità aperta (%):	3.4
Porosità totale (%):	3.9

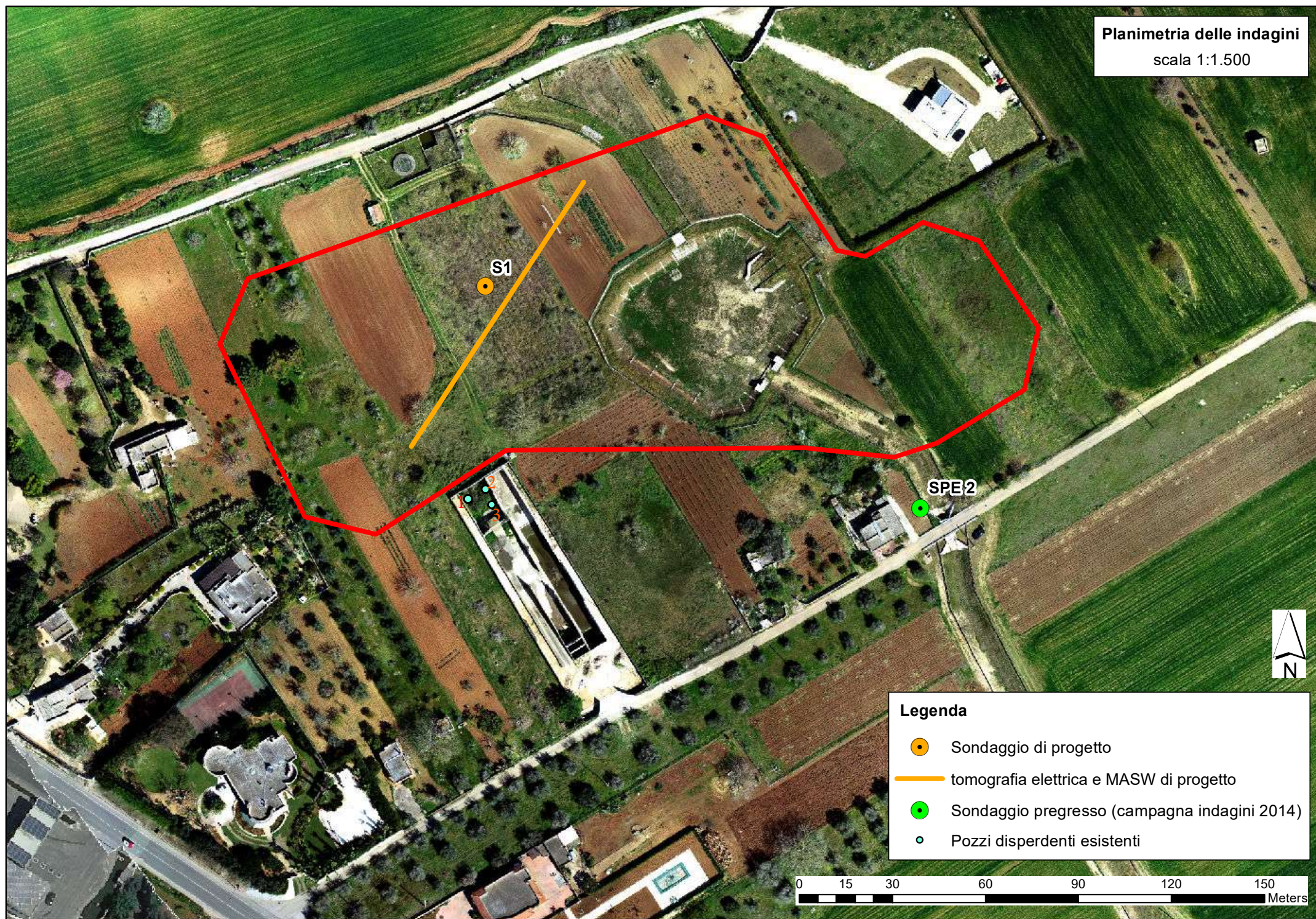
PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Resistenza a compressione (MPa):	28.23
----------------------------------	-------



Allegati

ALLEGATO 1



Legenda

- Sondaggio di progetto
- tomografia elettrica e MASW di progetto
- Sondaggio pregresso (campagna indagini 2014)
- Pozzi disperdenti esistenti

0 15 30 60 90 120 150
Meters

ALLEGATO 2

Stratigrafia Sondaggio S1

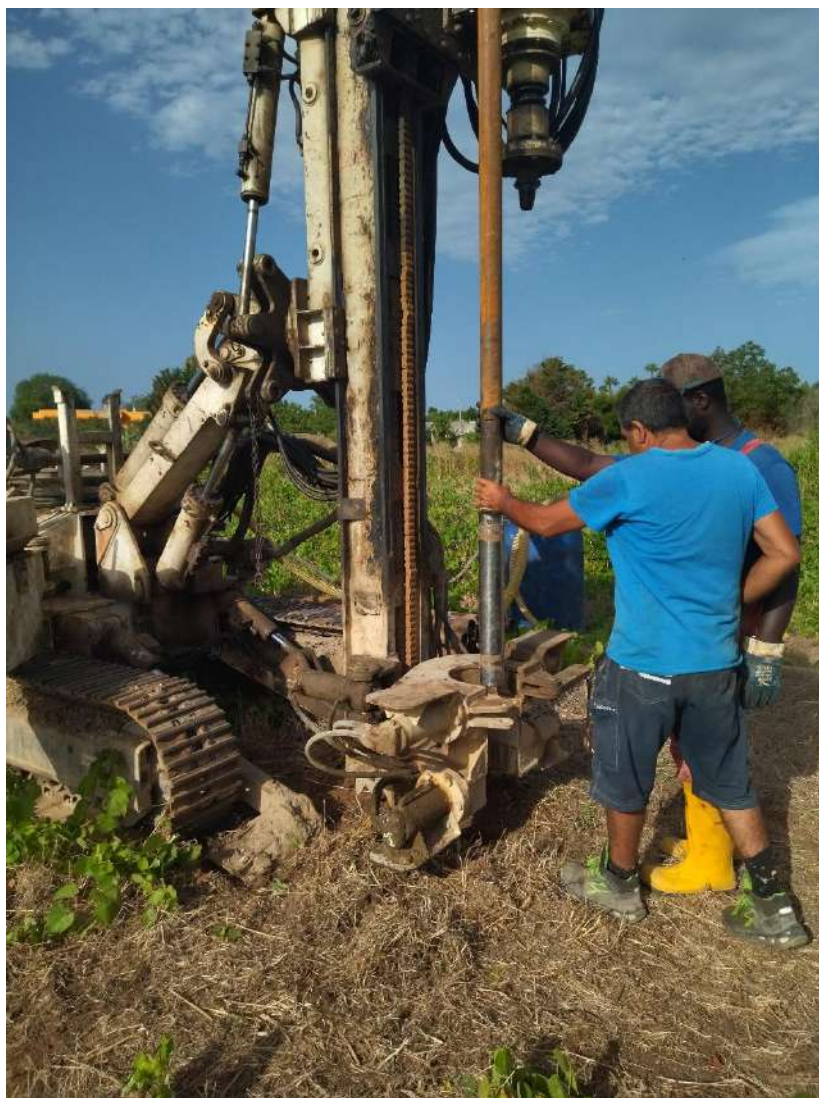
(da 0 m a 10,00 m)

Responsabile del cantiere: Dott. Geol. Rita Amati	Regione: PUGLIA Comune: Secli (Le)
Oggetto: Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Secli (Le)-completamento	Ubicazione: Località La rosa
	Coord. geografiche: 33T 763689.823 m E, 4447476.097 m N
	Metodo di perforazione: rotazione a carotaggio continuo
	Diametro di perforazione: 101 mm
Ditta esecutrice: GEOPROVE S.r.l.	Quota media: 66,62 m s.l.m.
Redattore Stratigrafia: Dott. Geol Rita Amati	Data: 26/07/2023

p.c	Profondità (metri da p.c.)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carotaggio (ROD)	Tendenza a franare	Falda (da p.c. attuale)	Campioni geotecnici	Prove di permeabilità (PP)	Rivestimento provvisorio	NOTE
0	0,40		0.4	Terreno vegetale		NO					utilizzo del carotiere semplice PP1 da 2 a 3 m PP2 da 4 a 5,50 m
1	1,30		0.9	Limo marroncino molto consistente con pochi ciottoletti calcarenitici		NO					
2			2,1	Sabbia debolmente cementata alternata al limo marroncino con ciottoli calcarenitici		NO		C1 da 1,50 m a 2,00 m			
3	3,40										
4								C2 da 4,50 m a 5,00 m			
5											
6			5.0	Calcarenite a grana fine giallastra debolmente cementata							
7						NO					
8											
9	8,50		1.0	Breccia calcarea in matrice limoso-sabbiosa		NO		CR1 da 9,85 m a 10,00 m			
10	9,50		0.5	calcare debolmente fratturato con riempimento di calcite spatica		NO					
	10,00										

FONDO FORO 10 m

ALLEGATO 3



Esecuzione del sondaggio S1 nel Comune di Seclì (Le) località “Le Rose”



Campione S1 C1 prelevato



Cassetta catalogatrice n.1 da 0.00 m a 5.00 m (sondaggio S1)



Cassetta catalogatrice n.2 da 5.00 m a 10.00 m (sondaggio S1)



Dettagli della carota estratta



Predisposizione del piezometro



Esecuzione indagini geofisiche (località "Le Rose" Comune di Seclì (LE))

ALLEGATO 4

RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOFISICHE

- Tomografica elettrica**
- Indagine Masw**

Laborgeo s.r.l.
Via dei Mestieri n. 16 – 75100 Matera – Tel. 0835-387641

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento



Committente: RTP di progettazione
Capogruppo mandatario Dott. Ing. M. De Marco

RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOFISICHE

○ **Tomografia elattrica**

Luglio 2023

PREMESSA

Il presente studio geofisico riguarda le indagini di tomografia elettrica eseguite in agro del Comune di Seclì in provincia di Lecce.

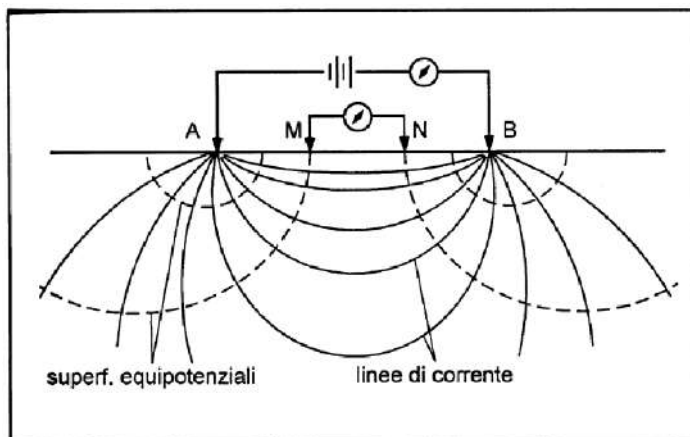
In particolare è stata condotta n° 1 tomografia elettrica (profilo elettrico dipolare), denominata T1, disposta come da ubicazione indicata dal Direttore dei lavori delle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche.

1. TOMOGRAFIA ELETTRICA

I metodi di tomografia elettrica consistono nella determinazione sperimentale dei valori di resistività elettrica che caratterizzano il sottosuolo. Mediante l'utilizzo di appropriate strumentazioni si immette corrente elettrica nel terreno e si esegue una successione di misure in superficie con una serie di elettrodi opportunamente posizionati e infissi nel terreno.

L'apparecchiatura per la misura della resistività è formata schematicamente da:

- un sistema per l'immissione di corrente nel terreno (batteria o generatore di corrente);
- una serie di elettrodi (minimo quattro: A e B elettrodi di corrente, M e N elettrodi di potenziale).



- strumenti per la misura dell'intensità di corrente immessa nel terreno mediante gli elettrodi A e B e della differenza di potenziale tra i due elettrodi M e N.

Per la maggior parte degli impieghi vengono utilizzate apparecchiature a corrente alternata a bassa frequenza (60-120Hz): ciò elimina la necessità di impiegare elettrodi non polarizzabili o di misurare o annullare i potenziali spontanei. La resistività è alquanto più bassa di quella misurata con l'impiego di corrente continua.

Gli elettrodi sono usualmente dei picchetti di bronzo, rame o acciaio di lunghezza da 45-50cm, con collegamenti a mezzo di spinotti. Gli elettrodi vengono conficcati nel terreno in modo da produrre un buon contatto. In caso di suoli secchi o a granulometria grossolana, si può migliorare il contatto con l'uso di soluzioni saline o versando semplicemente acqua attorno agli elettrodi.

Occorre aver cura di non dare corrente agli elettrodi quando sono ancora maneggiati dagli operatori, poiché in caso di alti potenziali c'è rischio di elettrocuzioni potenzialmente letali.

I dati dei rilievi geoelettrici sono usualmente presentati in forma di valori di resistività apparente: questa è definita come la resistività di un semispazio elettricamente omogeneo ed isotropo che presenti gli stessi rapporti misurati tra la corrente applicata e la differenza di potenziale per una data disposizione e spaziatura degli elettrodi.

Un'equazione che dia la resistività apparente in funzione di corrente applicata, distribuzione del potenziale e disposizione degli elettrodi può essere sviluppata attraverso l'esame della distribuzione di potenziale dovuta ad un singolo elettrodo di corrente; da questa, per sovrapposizione, può essere ricostruito l'effetto di una coppia di elettrodi o di ogni altra combinazione.

Si consideri un elettrodo puntiforme in un mezzo semi-infinito elettricamente omogeneo, che rappresenta un ipotetico terreno omogeneo: se questo porta corrente, il potenziale in ogni punto del mezzo o sulla superficie limite del semispazio è dato da:

$$U = \rho \frac{I}{2\pi r} \quad (1)$$

dove

U = potenziale in Volt;

ρ = resistività del mezzo in Ohm·m;

r = distanza dall'elettrodo in m;

I = intensità di corrente immessa in Ampere.

Per una coppia di elettrodi, con corrente I nell'elettrodo A e corrente -I nell'elettrodo B, il potenziale in un punto è dato dalla somma algebrica dei singoli contributi:

$$U = \rho \frac{I}{2\pi r_A} - \rho \frac{I}{2\pi r_B} = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right] \quad (2)$$

Dove r_A e r_B sono le distanze del punto dagli elettrodi A e B. In aggiunta agli elettrodi di corrente, la figura precedente mostra una coppia di elettrodi M e N, tra i quali viene misurata la differenza di potenziale V. Seguendo l'equazione (2), la differenza di potenziale risulta così definita:

$$V = U_M - U_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} - \frac{1}{AN} \right] \quad (3)$$

Dove U_M e U_N sono i potenziali in M e N; AM, BM, BN e AN sono le distanze effettive tra gli elettrodi.

La quantità tra parentesi quadra, funzione della spaziatura tra gli elettrodi, può essere indicata con la notazione 1/K, il che permette di riscrivere l'equazione come:

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \frac{1}{K} \quad (4)$$

E risolvendo per la resistività:



LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborgeo@tin.it

RTP di progettazione

Capogruppo mandatario: Dott. Ing. M. De Marco

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento

$$\rho = 2\pi K \frac{V}{I} \quad (5)$$

La resistività del mezzo può quindi essere ricavata dai valori misurati di V, I e dal fattore geometrico K, funzione unicamente della disposizione elettrodoica. Nelle misure reali sul terreno, la notazione ρ relativa ad un mezzo fittizio è sostituita da ρ_a o resistività apparente. Il rilevamento geoelettrico consiste nell'uso dei valori di resistività apparente derivati da misure di campo in vari punti e con diverse configurazioni per stimare la vera resistività dei diversi strati e ricostruire spazialmente i loro limiti al di sotto della superficie topografica.

Una configurazione di elettrodi con spaziatura costante viene utilizzata per riconoscere variazioni laterali di resistività apparente che possono riflettere variazioni litologiche. Per indagare sui cambiamenti in profondità, si aumenta la spaziatura degli elettrodi.

1.1 Proprietà elettriche di rocce e sedimenti

La maggior parte delle rocce presenta caratteri di conducibilità di tipo elettrolitico dato che, con le eccezioni di alcuni minerali metallici, quasi tutti i minerali sono isolanti. La conducibilità è dovuta quindi essenzialmente all'acqua interstiziale ed è in larga misura funzione della porosità, del contenuto d'acqua e della quantità di sali disciolti nell'acqua. La presenza di fluidi nel sottosuolo fa sì che rocce e terreni, attraversati dalla corrente, si comportino relativamente come dei buoni conduttori di elettricità; al contrario le strutture con scarso contenuto di fluidi come rocce asciutte non fratturate e cavità naturali o di natura antropica si comportano come dei cattivi conduttori di calore, se non addirittura come degli isolanti.

Pertanto le geometrie sepolte rispondono al flusso di corrente artificiale, immessa con diverse modalità, in funzione del parametro fisico che regola tale comportamento: la resistività elettrica ρ (Ohm·m).

La resistività è pertanto una proprietà assai variabile, anche all'interno della stessa formazione: ciò è particolarmente vero per i materiali poco consolidati prossimi alla superficie, come detriti e regolite.

<i>Tipo di roccia o terreno</i>	<i>Intervallo di resistività (ohm.m)</i>
Granito	$3 \cdot 10^2 \div 10^6$
Sienite	$10^2 \div 10^6$
Diorite	$10^4 \div 10^5$
Quarzodiorite	$2 \cdot 10^4 \div 2 \cdot 10^6$ (umida); $1,8 \cdot 10^5$ (secca)
Dacite	$2 \cdot 10^4$ (umida)
Andesite	$4,5 \cdot 10^4$ (umida); $1,7 \cdot 10^2$ (secca)
Diabase	$20 \div 5 \cdot 10^7$
Lava	$10^2 \div 5 \cdot 10^4$
Gabbro	$10^3 \div 10^6$
Basalto	$10 \div 1,3 \cdot 10^7$ (secco)
Scisti	$20 \div 10^4$
Tufo	$2 \cdot 10^3$ (umido) $\div 10^5$ (secco);
Slate	$6 \cdot 10^2 \div 4 \cdot 10^7$
Gneiss	$7 \cdot 10$ (umido) $\div 3 \cdot 10^6$ (secco)
Marmo	$10^2 \div 2,5 \cdot 10^8$ (secco)
Quarzite	$10 \div 2 \cdot 10^8$
Argillite consolidata	$20 \div 2 \cdot 10^3$
Argillite	$10 \div 8 \cdot 10^2$
Conglomerato	$2 \cdot 10^3 \div 10^4$
Arenaria	$1 \div 6 \cdot 10^8$
Calcere	$50 \div 10^7$
Dolomite	$3,5 \cdot 10^2 \div 5 \cdot 10^3$
Argilla non consolidata	20 (umida)
Argilla	1-20
Sabbia, da umida a bagnata	20-200
Marna	$3 \div 70$
Alluvioni sabbiose	$10 \div 800$
Arenarie e marna (alternanze)	$30 \div 50$
Calcere poroso	100-1.000
Calcere micritico	1.000-1.000.000
Rocce metamorfiche	50-1.000.000
Rocce ignee	100-1.000.000

Tab. 1 – Valori indicativi di resistività (Ohm·m) di alcuni litotipi.

Nella tabella sono forniti alcuni valori indicativi della resistività di rocce e sedimenti, valori che vanno utilizzati con le limitazioni suddette.

Le prospezioni di resistività e di polarizzazione indotta (IP, Induced Polarization), più comunemente nota col nome di caricabilità, vengono generalmente eseguite con lo stesso dispositivo e la stessa strumentazione; si tratta di tecniche di indagine di tipo geoelettrico che permettono di evidenziare situazioni elettricamente anomale nel sottosuolo, mediante l'analisi della distribuzione della resistività elettrica e mediante l'analisi di un particolare comportamento di alcuni terreni: l'effetto "capacitivo". In entrambi i casi si studia l'andamento di un campo elettrico in superficie, con la differenza che, nel caso della resistività, si studia il campo generato dalla circolazione della corrente nel sottosuolo, durante i periodi di invio della corrente stessa; per le misure di IP, invece, si studia la variazione del campo elettrico dopo l'interruzione di corrente o in seguito a variazioni delle caratteristiche del segnale elettrico inviato.



LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborgeo@tin.it

RTP di progettazione

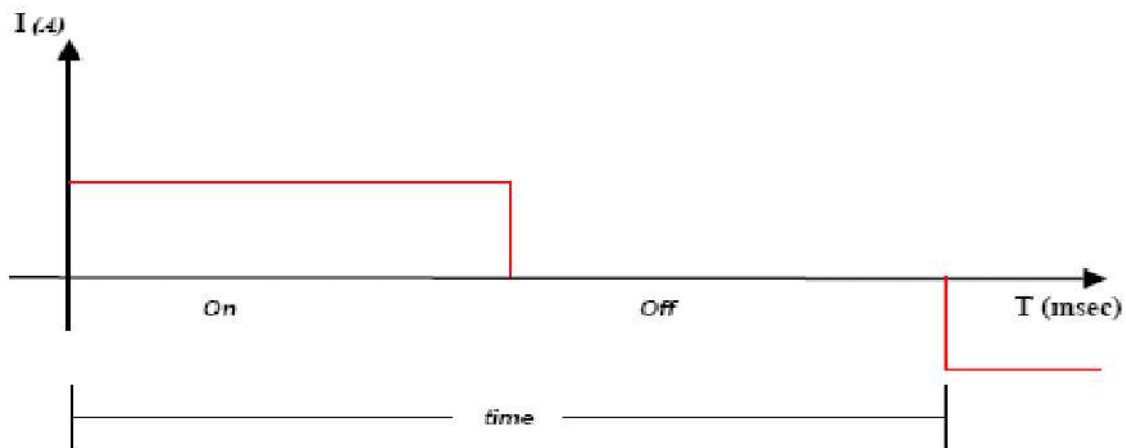
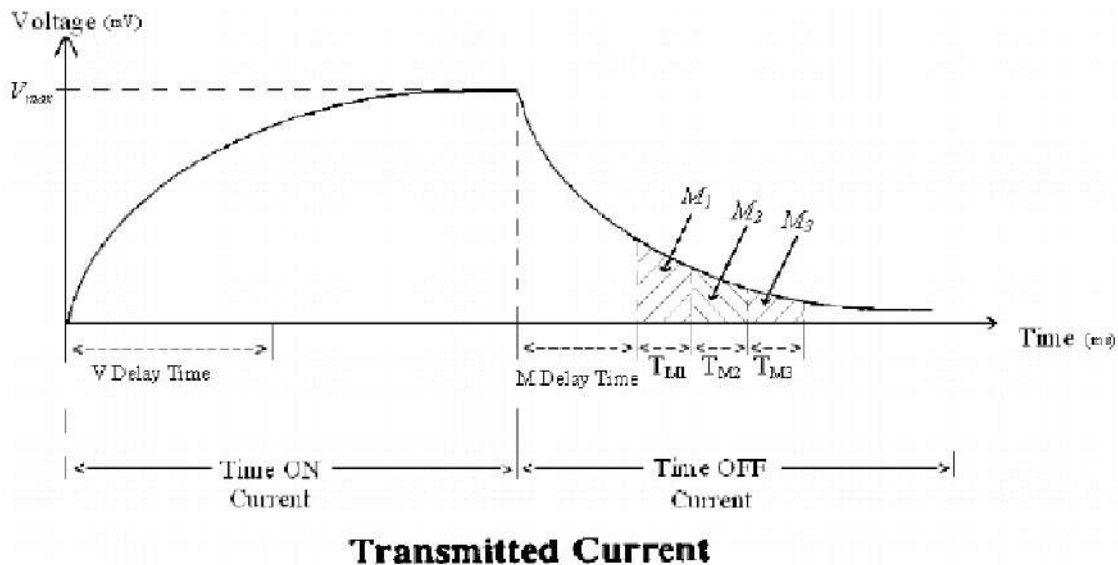
Capogruppo mandatario: Dott. Ing. M. De Marco

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento

Per quanto riguarda l'effetto capacitivo, si può dire che esso rappresenta l'attitudine di un determinato materiale ad accumulare cariche elettriche di polarità opposta (cioè a "caricarsi" come un condensatore elettrico) lungo la superficie di discontinuità tra mezzi a resistività diversa, durante l'invio di corrente nel sottosuolo, ed a permettere la "scarica" negli istanti immediatamente successivi all'interruzione della corrente. In termini pratici i terreni che presentano i maggiori effetti capacitivi, cioè una elevata caricabilità, sono quelli in cui si ha la contemporanea presenza di parti molto conduttive, affiancate ad altre molto resistenti, senza che si verifichi una marcata continuità delle prime. Tra queste situazioni sono da segnalare le zone con mineralizzazioni metalliche conduttive (es. solfuri) diffuse in rocce compatte e resistenti, le alluvioni a granulometria grossolana con abbondante matrice fine, ed anche i contesti tipo discarica dove i liquami percolanti la massa di rifiuti, generalmente molto conduttivi, possono localmente esser confinati in zone elettricamente isolate o contenere barriere isolanti che, sebbene facilmente bypassabili, costituiscono zone di momentaneo accumulo di cariche elettriche.

Il metodo di polarizzazione indotta del terreno è stato sviluppato per la prospezione di piccole concentrazioni di elementi metallici, non individuabili con indagini di resistività perché, ad esempio, disseminati in materiali non conduttori come silicati. Il metodo di IP, dapprima utilizzato in ambito minerario, fu applicato all'ambito ambientale nei primi anni '70 (Angoran et al., 1974).

La polarizzazione indotta è un fenomeno generato dalla stimolazione di una corrente elettrica, che viene osservata dopo l'applicazione di una tensione nel terreno. Il metodo consiste nell'osservazione della curva di decadimento del potenziale, susseguentemente all'interruzione della corrente immessa, cioè dalla misura della "Caricabilità residua" trattenuta dal terreno sottoposto ad indagine, come mostrato in figura:



Tali misure vengono fatte dopo un tempo di ritardo (Delay Time) di qualche decina di millisecondi, preferibilmente un secondo (M Delay Time), in modo da lasciare che gli effetti di accoppiamento tra i cavi e altri effetti parassiti si siano esauriti o che almeno siano trascurabili. Le misurazioni della caricabilità apparente parziale (M_i) e una media globale dedotta (M_a) danno qualche informazione riguardante la capacità del suolo ad essere caricato da un flusso di corrente.

La caricabilità parziale (mV/V) di una singola finestra dell'intervallo di tempo T_{Mi} è dato dalla formula:

$$M_i = \int_{T_{Mi}} V dt / (T_{Mi} \cdot V_{Max}) \quad (6)$$

dove V è la tensione istantanea misurata nell'intervallo di tempo T_{Mi} (msec) mostrata in Figura 7 e V_{Max} è il valore massimo della tensione di carica. In Fig. 4 si nota che gli intervalli di tempo presi in considerazione sono tre (T_{M1} , T_{M2} , T_{M3}); gli intervalli di tempo disponibili per le misurazioni dipendono dalla corrente iniettata e dal metodo di IP utilizzato.



LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborgeo@tin.it

RTP di progettazione

Capogruppo mandatario: Dott. Ing. M. De Marco

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento

La caricabilità apparente globale (mV/V), cioè la caricabilità apparente di un singolo punto della pseudosezione, è data dalla formula:

$$M_a = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i \cdot T_{Mi})}{\sum_{i=1}^n (T_{Mi})} \quad (7)$$

Dove n è il numero di finestre IP, nel nostro caso n = 3 (M1, M2, M3). Il fenomeno di carica e scarica può essere descritto secondo la curva di figura.

In alcuni trattati la caricabilità viene misurata in millisecondi, attraverso la relazione:

$$M_a = \frac{1}{1000} \cdot \sum_{i=1}^n (M_i \cdot T_{Mi}) \quad (8)$$

Per un terreno omogeneo di dimensioni infinite, il tempo di decadimento è funzione della resistività del terreno e non cambia al variare della coppia dei punti tra i quali si misura la differenza di potenziale. Se nel terreno è incluso un corpo metallico o un corpo con proprietà analoghe a quelle di un corpo metallico, si verificano anomalie nel decadimento elettrico in funzione del tempo. Lo stesso fenomeno si osserva anche per la polarizzazione di contaminanti organici, che possono eventualmente trovarsi nel terreno di un sito contaminato.

I fenomeni che avvengono a livello microscopico nel materiale sottoposto ad una corrente I, sono globalmente di due tipi:

1) Polarizzazione elettrodica: è la tipica polarizzazione dei metalli, dove le cariche sono libere di migrare; quindi esse si disporranno in modo da avere le cariche positive da un lato e le cariche negative dall'altro. Questo tipo di polarizzazione è tipica nelle indagini minerarie.

2) Polarizzazione a membrana: dovuta a sali disciolti in liquidi che producono una selettiva membrana elettrolitica, che funge da divisione tra le cariche negative e le cariche positive. Questo tipo di polarizzazione è particolarmente importante nelle rocce porose, contenenti una bassa percentuale di argilla, ed è particolarmente riscontrata nelle indagini in discarica.

Di seguito si riporta la Tab. 2 con alcuni valori tipici di caricabilità.



LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborgeo@tin.it

RTP di progettazione

Capogruppo mandatario: Dott. Ing. M. De Marco

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento

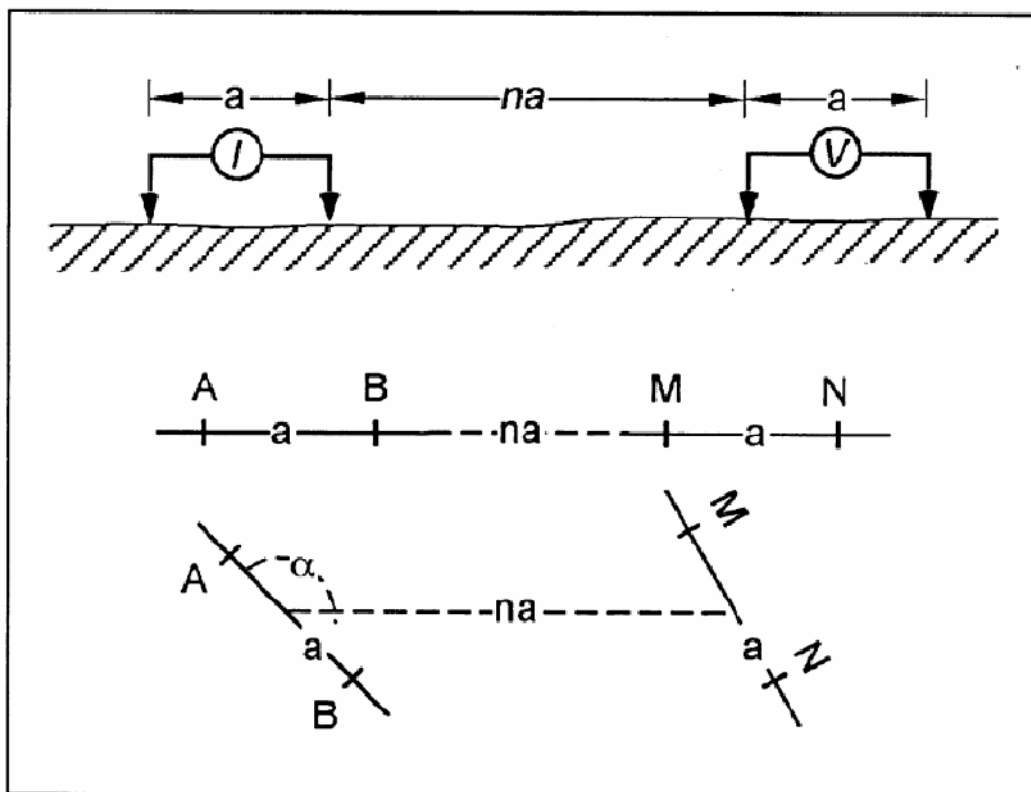
Materiali e Minerali	Caricabilità (msec)
Pirite	13,4
Galena (solfuro di Piombo)	3,7
Rocce con il 20% di solfuri	2000-3000
Rocce con l'8-20% di solfuri	1000-2000
Rocce con l'2-8% di solfuri	500-1000
Magnetite	2,2
Arenarie e Siltiti	100-500
Tufi	300-800
Marne e Argilliti	50-100
Calcari e Dolomie	10-20
Rocce vulcaniche compatte	100-500
Graniti	10-50
Acque sotterranee	0
Materiale alluvionale	1-4
Ghiaia	3-9

Tab. 2 - Intervalli tipici di caricabilità di alcuni terreni, rocce e minerali (da Telford 1990 e Keller 1966).

1.2 Stendimento dipolo-dipolo

Questo tipo di stendimento, detto anche doppio dipolo, è comunemente usato nelle indagini di strutture profonde, dove gli altri metodi quadripolari (Schlumberger, Wenner) prevedono stendimenti molto lunghi, a volte di difficile esecuzione per ostacoli ambientali.

Nel doppio dipolo la distanza tra gli elettrodi di misura può essere aumentata fino al limite di sensibilità strumentale.



Il calcolo della resistività apparente si ottiene applicando alla formula comune della resistività ($\rho = KV/I$) il seguente fattore geometrico di stendimento K:

$$K = \frac{2\pi \cdot^2}{a \cos \alpha} \quad (15)$$

Dove

a = distanza tra gli elettrodi AB o MN;

$r = na$ (distanza tra i centri dei dipoli);

α = angolo in AB della congiungente i centri dei dipoli.

1.3 Indagine geoelettrica

E' stata effettuata n° 1 tomografia elettrica con misure multielettrodo di resistività al fine di determinare le caratteristiche elettriche dei litotipi indagati e il loro stato di saturazione.

In particolare, l'indagine geoelettrica è stata effettuata con acquisizione multielettrodo in configurazione dipolo-dipolo e Wenner e ubicata come da ortofoto allegata.

L'indagine è stata effettuata con GEORESISTIVIMETRO MAE A6000E, acquisitore digitale modulare per prospezione geoelettrica multielettrodo.



Il georesistivimetro della MAE A6000E è uno strumento compatto e versatile e viene utilizzato per indagini geoelettriche dettagliate con molteplici possibilità di impiego:

- misure multielettrodo per tomografie 2D e 3D di resistività elettrica, con configurazioni di acquisizione di tipo Dipolo-dipolo/Wenner/Wenner-Schlumberger, per ricerche di cavità naturali o antropiche, geoarcheologia, corpi e strutture sepolti, ricerche d'acqua;
- misure quadripolari per SEV - Sondaggi elettrici verticali, con stendimenti elettrodi di tipo Wenner/Schlumberger, per ricerche d'acqua;
- misure multielettrodo per tomografie 2D e 3D di polarizzazione indotta (caricabilità) con configurazioni di acquisizione di tipo Dipolo-dipolo/Wenner/Wenner-Schlumberger, per ricerca plume inquinanti e fattori metallici;
- misure dei potenziali spontanei per localizzazione di perdite dalla geomembrana (berma impermeabile) in aree di discarica e per la definizione della geometria del corpo della discarica.

Per lo stendimento elettrodo effettuato sono stati utilizzati dei box di espansione per misure multielettrodo con un massimo di 96 canali (6 box - N.16 canali cad.) e connettori con cavi per collegamenti fra box e georesistivimetro e fra box e box in cascata.



Le misure di resistività e di polarizzazione indotta acquisite sono state elaborate tramite software di inversione RES2DINV della GEOTOMO INTERNATIONAL.

La strumentazione utilizzata è conforme alle seguenti norme:

DIRETTIVE

Compatibilità elettromagnetica: 89/336/CE

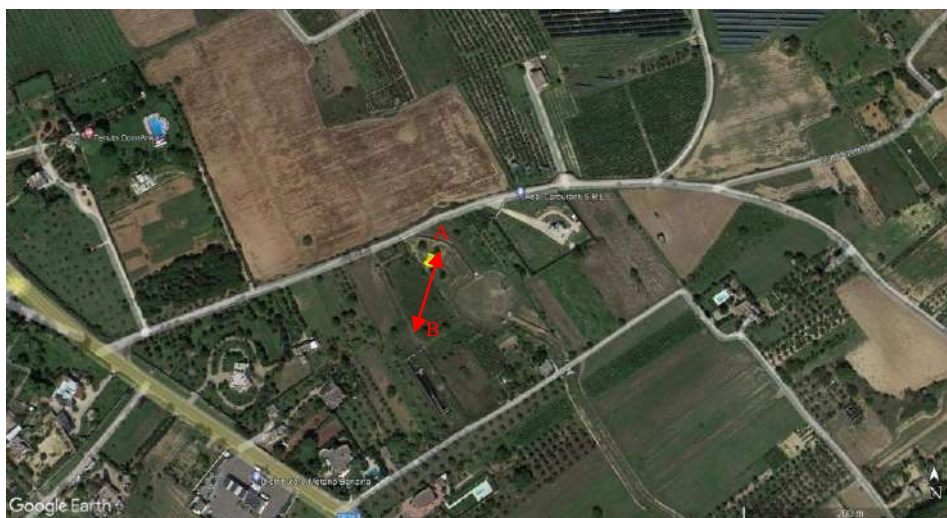
Direttiva bassa tensione: 73/23/CE

Pertanto la strumentazione è stata dotata di marcatura CE

1.4 Interpretazione della tomografia elettrica T1

Si riporta l'elaborato (tomografia 2D di resistività elettrica) relativo all'indagine geoelettrica eseguita con misure multielettrodo di resistività denominata T1.

La tomografia è stata effettuata mediante una spaziatura elettrodo di 2.00 m lungo un profilo avente una lunghezza complessiva di 94 m. Si è ottenuta, così, una profondità di investigazione pari a circa 14.30 m.





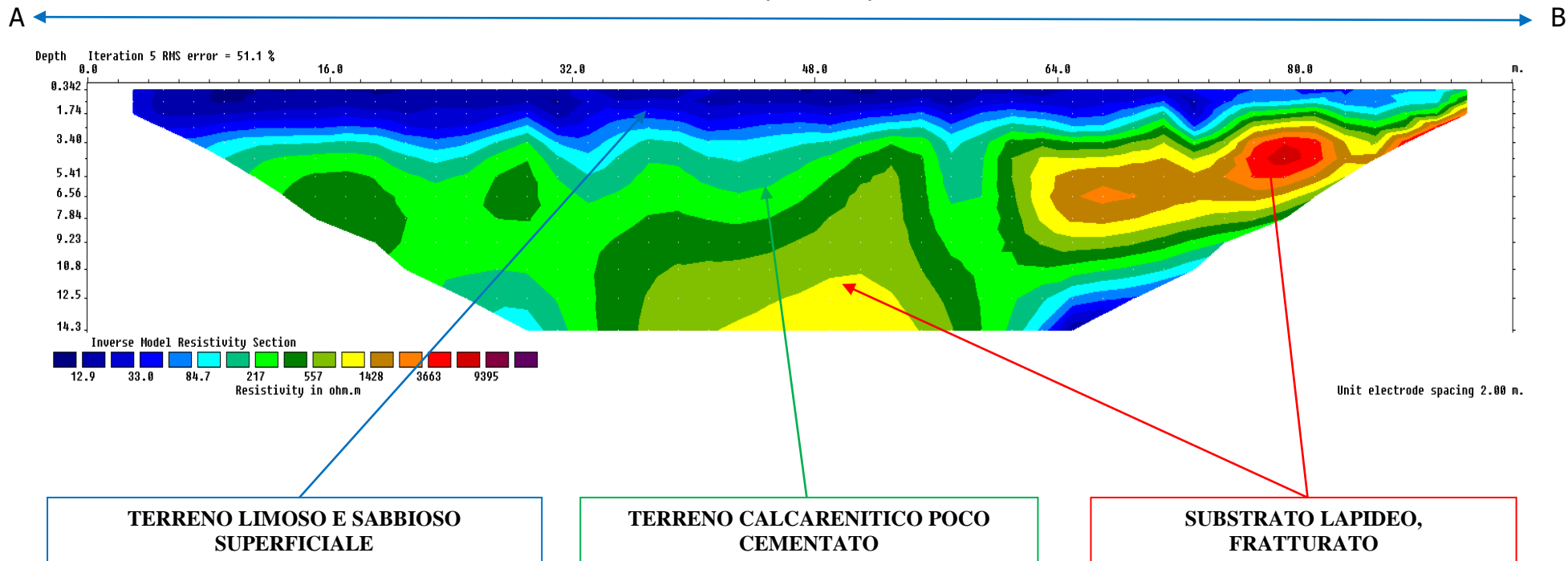
LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborgео@tin.it

RTP di progettazione

Capogruppo mandatario: Dott. Ing. M. De Marco

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento

Metodo Dipolo – Dipolo





LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborgео@tin.it

RTP di progettazione

Capogruppo mandatario: Dott. Ing. M. De Marco

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento

Dall'analisi della sezione, ottenuta secondo il metodo dipolo-dipolo, risulta che i valori di resistività misurati variano prevalentemente in un intervallo, compreso fra 10 – 3000 Ohm*m; l'elaborazione della tomografia, mette in risalto, la presenza di una zona conduttiva superficiale, caratterizzata da valori di resistività compresi fra 10 e 30 ohm*m (colore blu intenso), associabile a terreno limoso e sabbioso non consolidato (talora umido).

A circa 3.40 m di profondità si riscontrano valori di resistività superiori ai 100 ohm*m (colore verde chiaro), associabili a terreno sabbioso incoerente fino a circa 12.5 m di profondità, evidente nella parte centrale della sezione.

Infine, si osserva un zona resistiva, di spessore non definibile, con valori di resistività maggiori di 500 ohm*m, associabile alla presenza del substrato lapideo costituito da rocce calcaree, talora fratturate. Nella parte destra della sezione è ben evidente una zona molto resistiva, caratterizzata da valori di resistività superiori ai 3000 ohm*m, associabile o 1) alla presenza del substrato roccioso o 2) ad eventuali sottoservizi presenti al di sotto della coltre limo-sabbiosa superficiale.

Matera, Luglio 2023

Dr. Geol. Angelo Capodilupo
LABORGEO S.R.L.



Laborgeo s.r.l.
Via dei Mestieri n. 16 – 75100 Matera – Tel. 0835-387641

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento



Committente: RTP di progettazione
Capogruppo mandatario Dott. Ing. M. De Marco

RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOFISICHE

○ **Indagine MASW**

Luglio 2023

1. PREMESSA

Il presente studio geofisico riguarda il progetto di "Mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Seclì in provincia di Lecce"; pertanto, si è reso necessario effettuare n° 1 un rilievo sismico di superficie tipo MASW, per la misura della velocità delle onde S nei vari strati di terreno, fino a circa 30 m di profondità, in modo da calcolare la categoria di suolo sismico ai sensi delle norme tecniche NTC 2018.



Foto n° 1 – Ubicazione indagine geofisica masw

1.1 Prospezione sismica masw e determinazione della $V_{s,eq}$

La Normativa sismica nazionale (OPCM 3274 del 2003 e successive modifiche ed integrazioni, il DM 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 ed, infine, le nuove Norme Tecniche "NTC 2018" entrate in vigore il 22 Marzo 2018 a seguito del D.M. 17.01.2018), impone che ai fini della definizione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel paragrafo 7.11.3 del D.M. 17.01.2018. In alternativa, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . Nel caso in esame i valori di V_s sono stati ottenuti attraverso una prospezione sismica del tipo masw eseguita in loco; quindi, la classificazione del sottosuolo è stata effettuata in base alle condizioni

stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (m/s), attraverso l'espressione:

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

Con

H_i = spessore dell' i -esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

Il metodo di prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) consente di ottenere un modello verticale delle V_s , a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh, e non attraverso quelle di volume come invece accade per i metodi propri della sismica più tradizionale.

In particolare osservando le caratteristiche dispersive del sito e applicando opportune tecniche di inversione è possibile stimare alcune proprietà meccaniche del sottosuolo in condizioni di sollecitazione sismica.

E' noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione, a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito *dispersione in frequenza* ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poichè sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie, si basano su modelli fisicomatematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari. Per ogni strato si devono definire quattro parametri: lo spessore, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità; la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s al suo interno; il coefficiente di Poisson.



LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborggeo@tin.it

RTP di progettazione

Capogruppo mandatario:

Dott. Ing. M. De Marco

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio
idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per un determinato sito.

Quanto detto rappresenta il *problema diretto*: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno ci permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh. Nella prospezione occorre invece affrontare il *problema inverso*: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

1. **Acquisizione:** registrazione e osservazione dei dati sismici contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
2. **Elaborazione:** trattamento dei dati finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza;
3. **Inversione:** uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità. Tutto ciò è quindi possibile sfruttando le relazioni che legano le proprietà meccaniche alla dispersione frequenziale.

La metodologia MASW viene presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey (Park et al., 1999).

L'acquisizione simultanea di molti canali, che aumentano la ridondanza statistica, insieme alla semplicità delle operazioni, permettono al MASW, di superare pienamente le limitazioni incontrate con precedenti metodi.

Normalmente si accetta l'approssimazione secondo cui la massima profondità di indagine MASW per la quale calcolare il valore VS, può essere paragonato alla metà della lunghezza d'onda λ_{max} misurata dai ricevitori (Park et al., 1999), quest'ultima in generale è considerata circa pari alla lunghezza L dello stendimento.

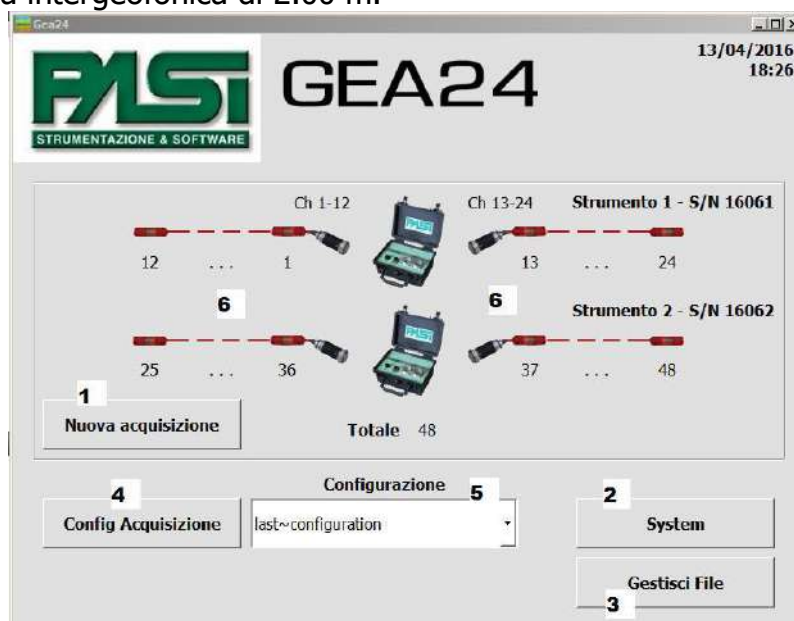
1.2 Acquisizione dati

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di un sismografo marca PASI modello GEA 24, costituito da una centralina di controllo e da due cavi sismici a 12 canali, dotati di 12 takeout singoli e terminati con connettori standard Cannon NK2721C. La strumentazione si compone delle seguenti parti:

- Centralina Gea24
- Cavo USB per collegamento a PC
- Sistema di trigger (geofono o piezoelettrico)
- Chiavetta USB Gea24 contenente manuale e software
- Scheda di registrazione



Nel caso specifico sono stati impiegati 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz con distanza intergeofonica di 2.00 m.



Il tempo di acquisizione è stato impostato a 1 secondo.

Come energizzatore è stato adoperato un martello (Hammer blow) di massa 8.00 Kg.

Lo stendimento sismico masw realizzato, ha avuto lunghezza massima 52.00 m, così suddivisa:

- 46.00 m stendimento geofonico;
- energizzazioni eseguite a 2.0 m, 4.0 m e 6.0 m dal primo geofono.



LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborgео@tin.it

RTP di progettazione

Capogruppo mandatario:

Dott. Ing. M. De Marco

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio
idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento

Per migliorare la qualità del segnale per ogni offset si è proceduto con la tecnica di stacking, sommando cioè algebricamente i segnali di successive energizzazioni.

1.3 Elaborazione masw

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è stata effettuata con il software winMASW 2018 Standard della EliaSoft.

Il software *winMASW* consente di analizzare dati sismici per ricavare il profilo verticale della VS (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato viene ottenuto tramite modellazione o inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh. Per quanto riguarda la determinazione del profilo verticale della VS la procedura *classica* si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità sul quale l'utente deve identificare la curva di dispersione (Picking);
- 2) inversione o modellazione della/e curva/e di dispersione.



LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborgeo@tin.it

RTP di progettazione
Capogruppo mandatario:
Dott. Ing. M. De Marco
Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio
idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento

1.4 Risultati MASW

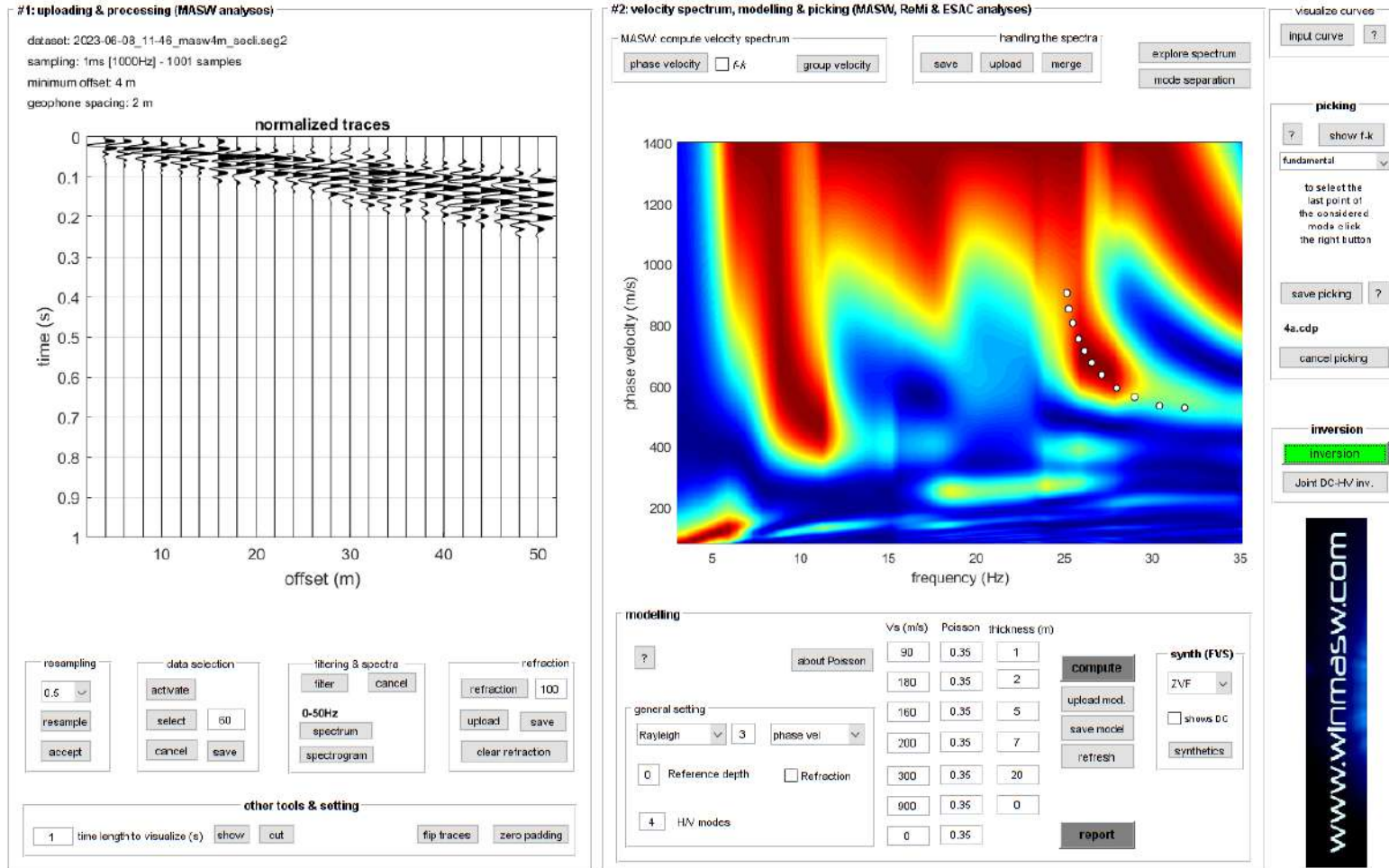


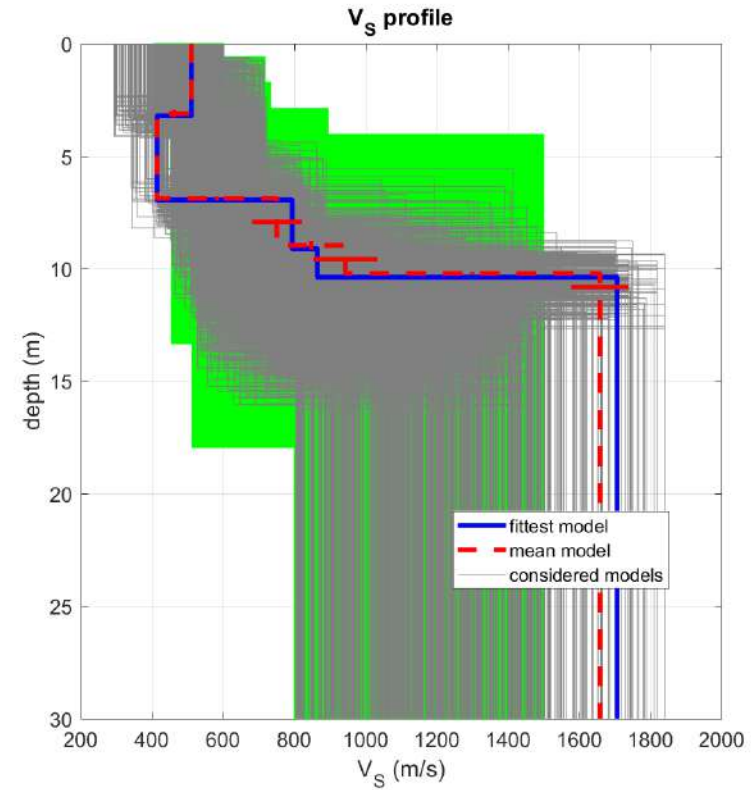
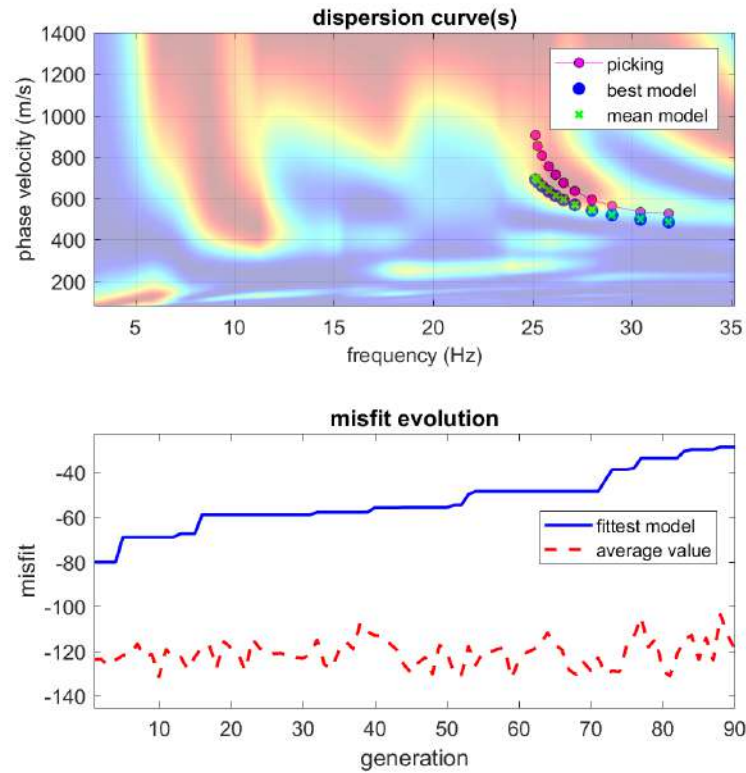
Fig. 1 – Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità con la curva di dispersione



LABORGEO srl
via dei Mestieri n° 16
75100 MATERA
Tel: 0835-387641
e-mail: laborgeo@tin.it

RTP di progettazione
Capogruppo mandatario:
Dott. Ing. M. De Marco

Intervento 16IR847/G1-Mitigazione del rischio
idraulico nell'abitato di Seclì (LE)-Completamento



dataset: 2023-06-08_11-46_masw/ seclì.seg2

dispersion curve: 4a.cdp

Vs30 & VsE (best model): 967 505 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 961 499 m/s

www.winmasw.com

Fig. 2 - In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato

Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore (m)	Densità (g/cm ³)	Poisson	Modulo di Young (MPa)
510	1062	3.2	2.07	0.35	538
414	862	3.7	2.02	0.35	346
794	1653	2.2	2.18	0.35	1372
864	1799	1.3	2.20	0.35	1640
1707	3194	semispazio	2.34	0.30	6809

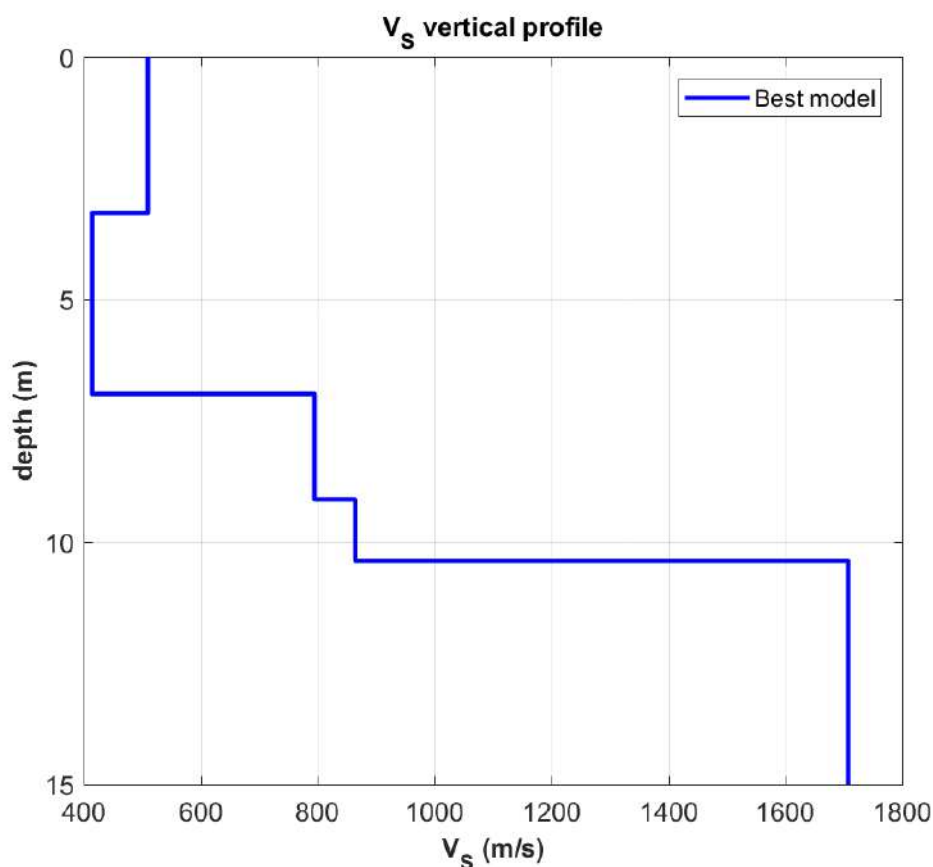


Fig. 3 Profilo verticale delle Vs

Nel nostro caso le caratteristiche geofisiche del sito, in termini di velocità delle onde S, sono tali da dedurre che il substrato si trova ad una profondità inferiore a 30 m (a circa 9.10 m), pertanto, la velocità equivalente Vs,eq delle onde di taglio non coincide con la velocità delle stesse onde definita dal parametro Vs,30.

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

:

dove:

h_i è lo spessore dello strato i -esimo

V_i è la velocità dello strato i -esimo

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

Il valore calcolato della V_{seq} è pari a 505 m/s, cui corrisponde una categoria di suolo di fondazione di tipo B.

Tabella 3.2.II Categorie di sottosuolo NTC 2018 (approccio semplificato)

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 m/s 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 30m.

Matera, Luglio 2023

Dr. Geol. Angelo Capodilupo
Laborggeo S.R. L



ALLEGATO 5

CERTIFICATI DI LABORATORIO GEOTECNICO

COMUNE DI TARANTO

PROVINCIA DI TARANTO

COMMITTENTE: RTP di Progettazione ing. M. De Marco

**Interventi di “Mitigazione del rischio idraulico
nell’abitato di Seclì - Completamento”
(Codice ReNDis 16IR847/G1)**

ANALISI DI LABORATORIO

Ruffano, LUGLIO 2023

IL DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Marcello DE DONATIS



Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



ISO 14001:2015, n. SA 00014/19
OHSAS 18001:2007, n. SA 00015/19



SOA 05208 II Livello

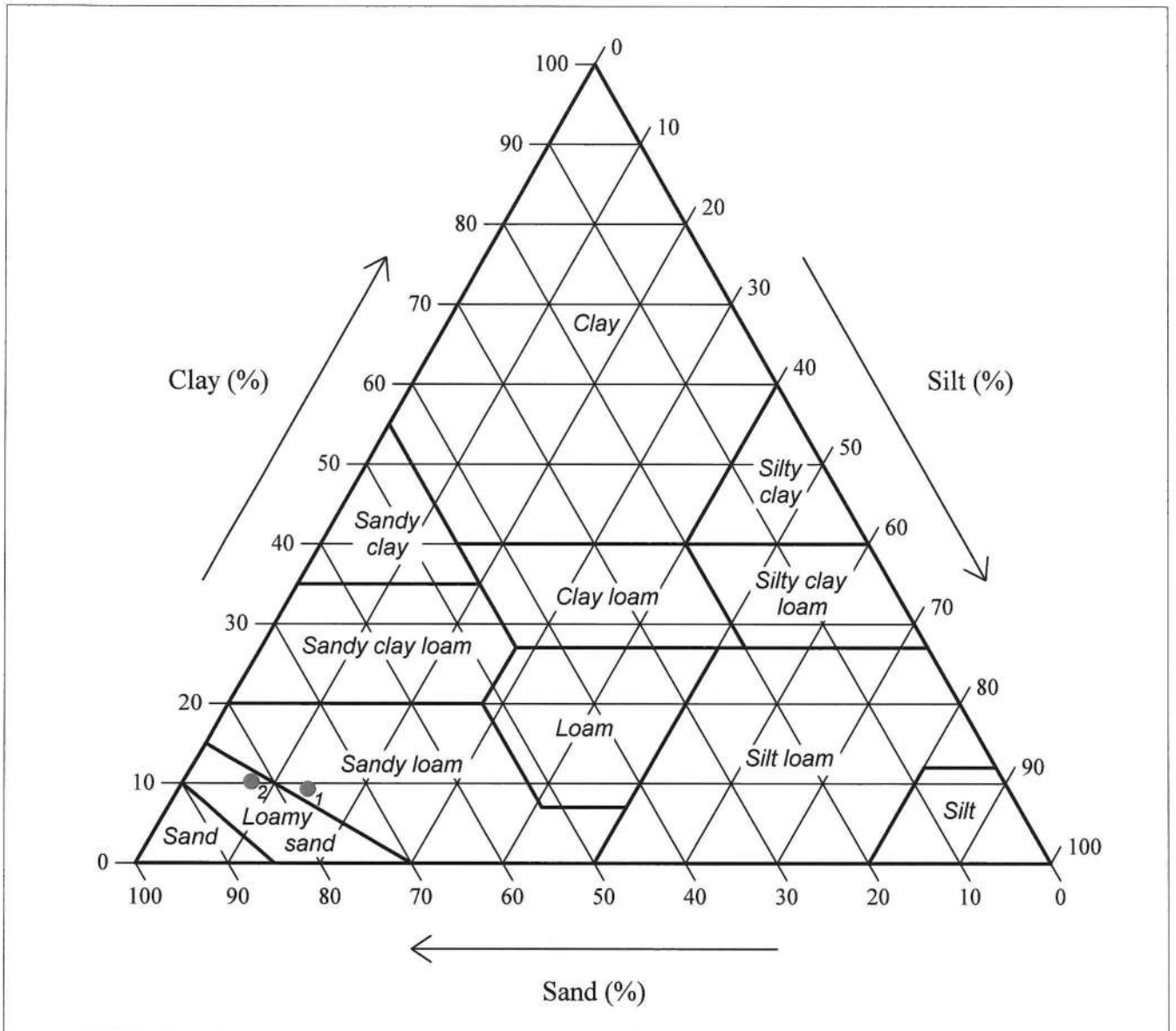


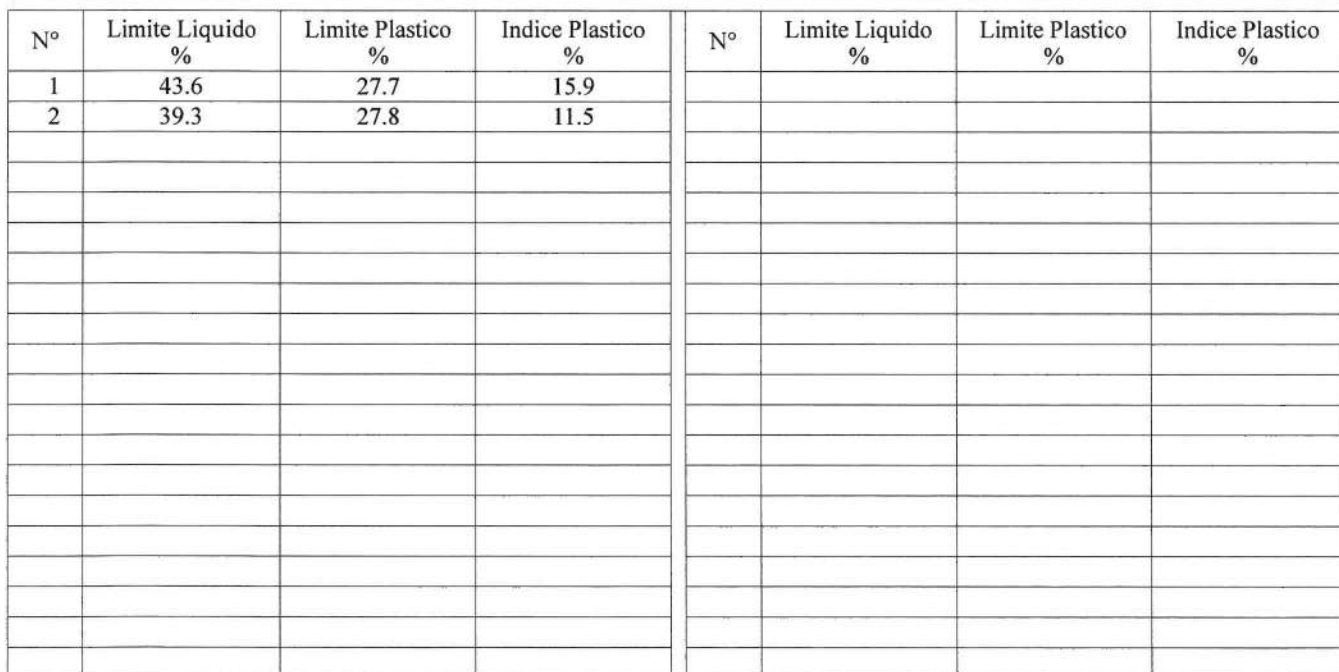
Organismo di Certificazione
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE CERTIFICATO
UNI EN ISO 9001

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

[illegible]



COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.

SONDAGGIO: S1 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA':** m 1.50 - 2.00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	10.6	%
Peso di volume	14.5	kN/m ³
Peso di volume secco	13.1	kN/m ³
Peso di volume saturo	18.0	kN/m ³
Peso specifico	25.8	kN/m ³
Indice dei vuoti	0.969	
Porosità	49.2	%
Grado di saturazione	28.8	%

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
12.5 ÷ 25.0	959	0.001043	1.07E-07
25.0 ÷ 50.0	1232	0.001009	8.04E-08
50.0 ÷ 100.0	1700	0.000827	4.77E-08
100.0 ÷ 200.0	2577	0.001161	4.42E-08
200.0 ÷ 400.0	4561	0.001065	2.29E-08
400.0 ÷ 800.0	8024	0.000829	1.01E-08
800.0 ÷ 1600.0	15043	0.000997	6.50E-09

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	43.6	%
Limite di plasticità	27.7	%
Indice di plasticità	15.9	%
Indice di consistenza	2.08	
Passante al set. n° 40	SI	

ANALISI GRANULOMETRICA

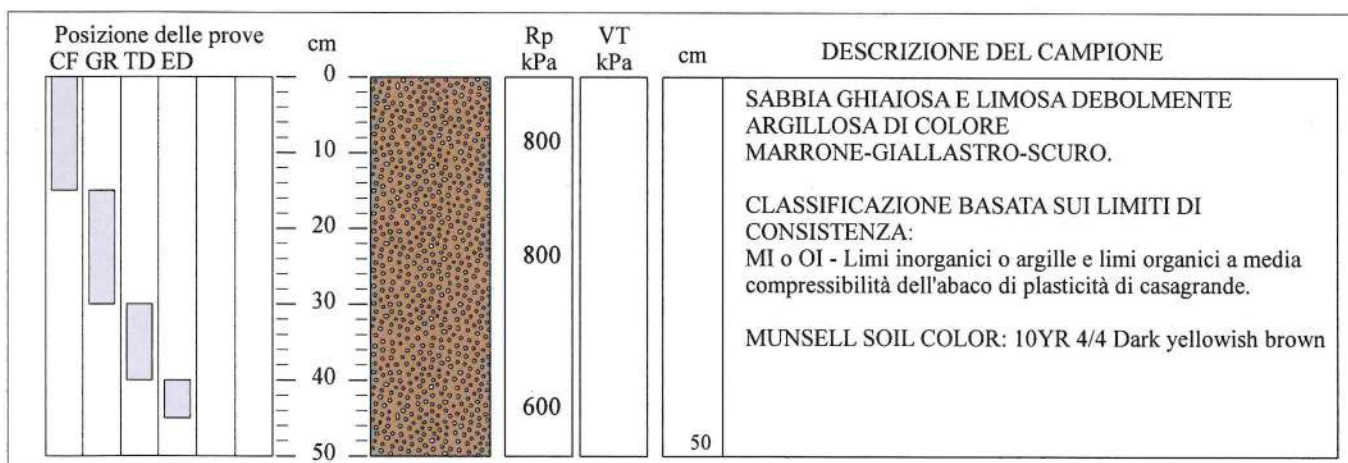
Ghiaia	22.2	%
Sabbia	54.5	%
Limo	14.0	%
Argilla	9.3	%

CLASSIFICAZIONE

CNR-UNI 10006/00	A2-7	I.G. = 1
------------------	------	----------

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	22.4	kPa
Angolo di attrito interno:	34.4	°



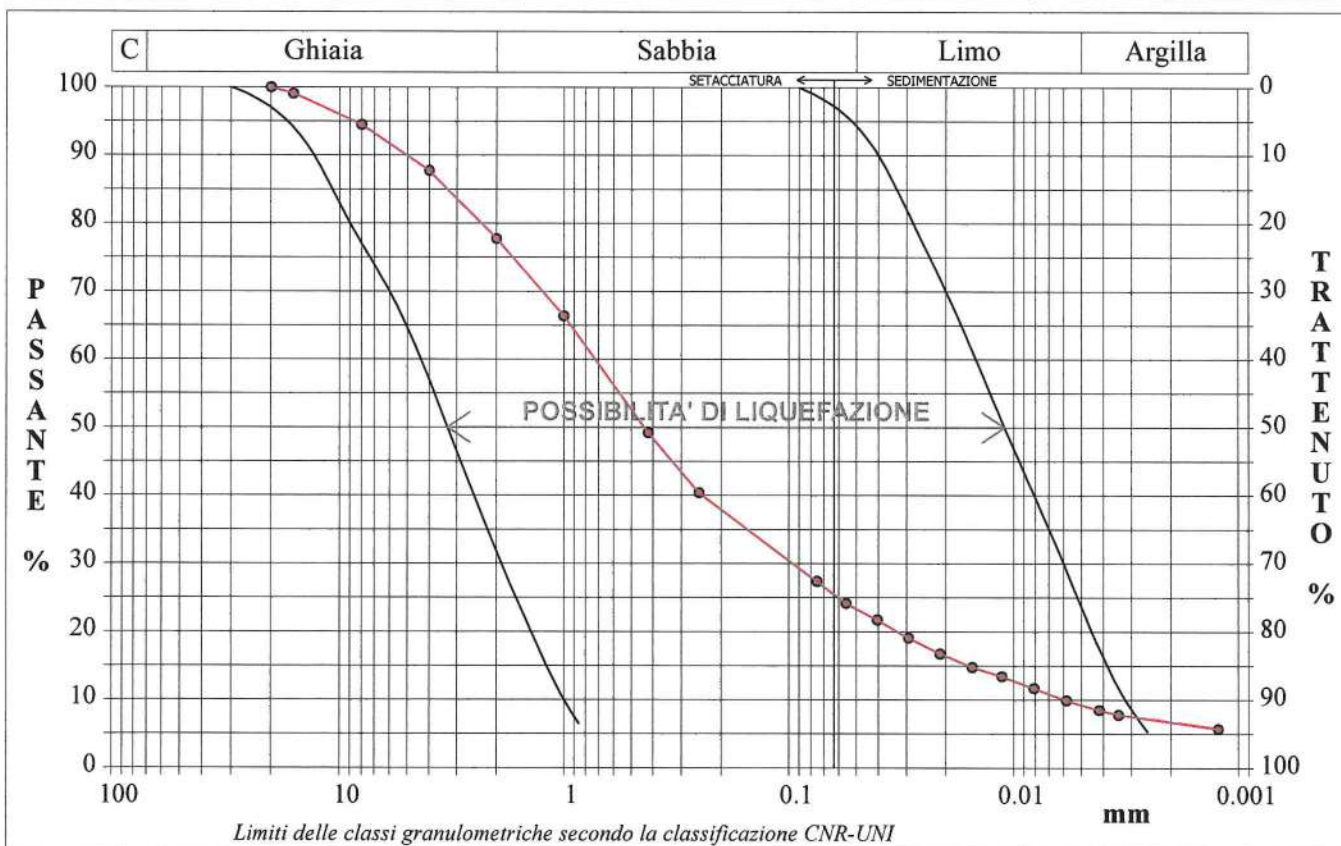
CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/g/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.50 - 2.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-4

Ghiaia	22.2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	77.8 %	D10	0.00591 mm	
Sabbia	54.5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	49.2 %	D30	0.09548 mm	
Limo	14.0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	27.4 %	D50	0.43695 mm	
Argilla	9.3 %			D60	0.72494 mm	
Coefficiente di uniformità		122.58	Coefficiente di curvatura	2.13	D90	5.04436 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
20.0000	100.00	1.0000	66.35	0.0404	21.74	0.0081	11.70		
16.0000	99.08	0.4200	49.22	0.0294	19.09	0.0058	9.93		
8.0000	94.50	0.2500	40.41	0.0213	16.77	0.0042	8.50		
4.0000	87.74	0.0750	27.39	0.0153	14.79	0.0034	7.83		
2.0000	77.76	0.0557	24.17	0.0113	13.46	0.0012	5.74		

SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/g/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

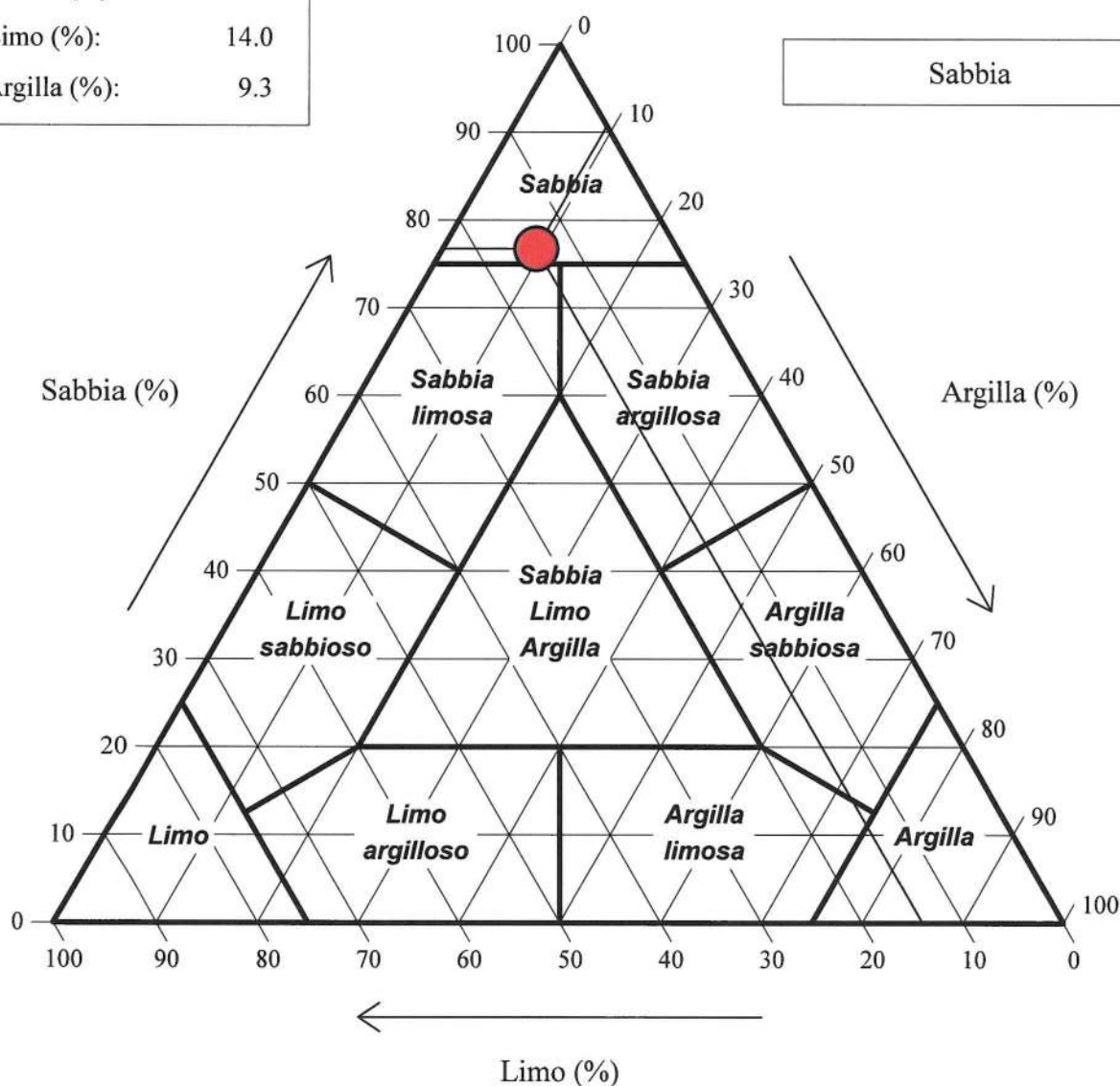
COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.50 - 2.00

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-4

Sabbia (%):	76.7
Limo (%):	14.0
Argilla (%):	9.3

Diagramma di Shepard



SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/u/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 01/08/23
COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO		
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 1.50 - 2.00
<u>CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE</u>		
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-1		

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 10.6 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/pdv/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 31/07/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO		
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 1.50 - 2.00

<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>
--

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-2
--

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 14.5 kN/m³
--

SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/ps/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 01/08/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 01/08/23
COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO		
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 1.50 - 2.00
PESO SPECIFICO DEI GRANULI		
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-3		

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 25.8 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 25.8 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 23.2 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/lc/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 02/08/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.50 - 2.00

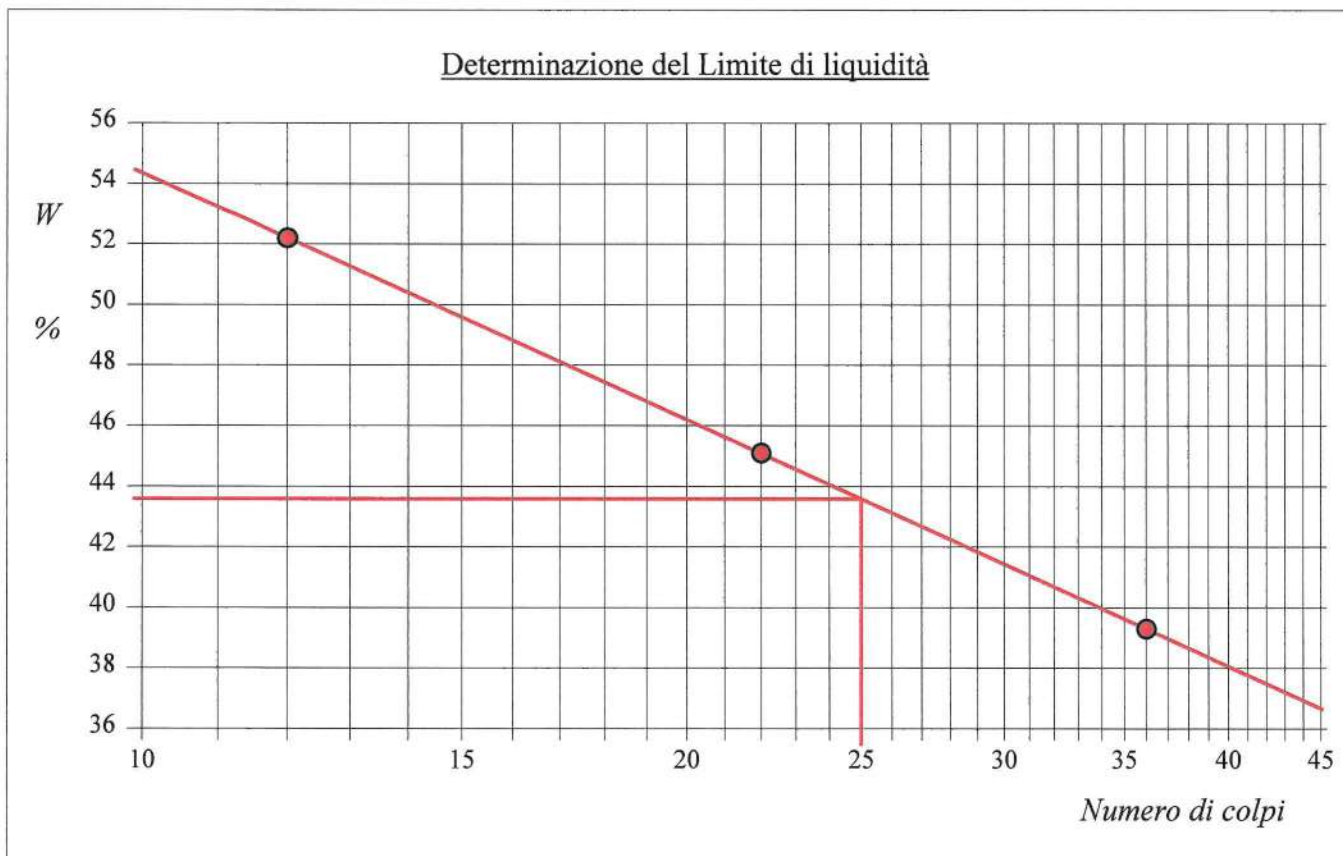
LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	43.6 %
Limite di plasticità	27.7 %
Indice di plasticità	15.9 %

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	22	36		Umidità (%)	27.5	27.9
Umidità (%)	52.2	45.1	39.3		Umidità media	27.7	

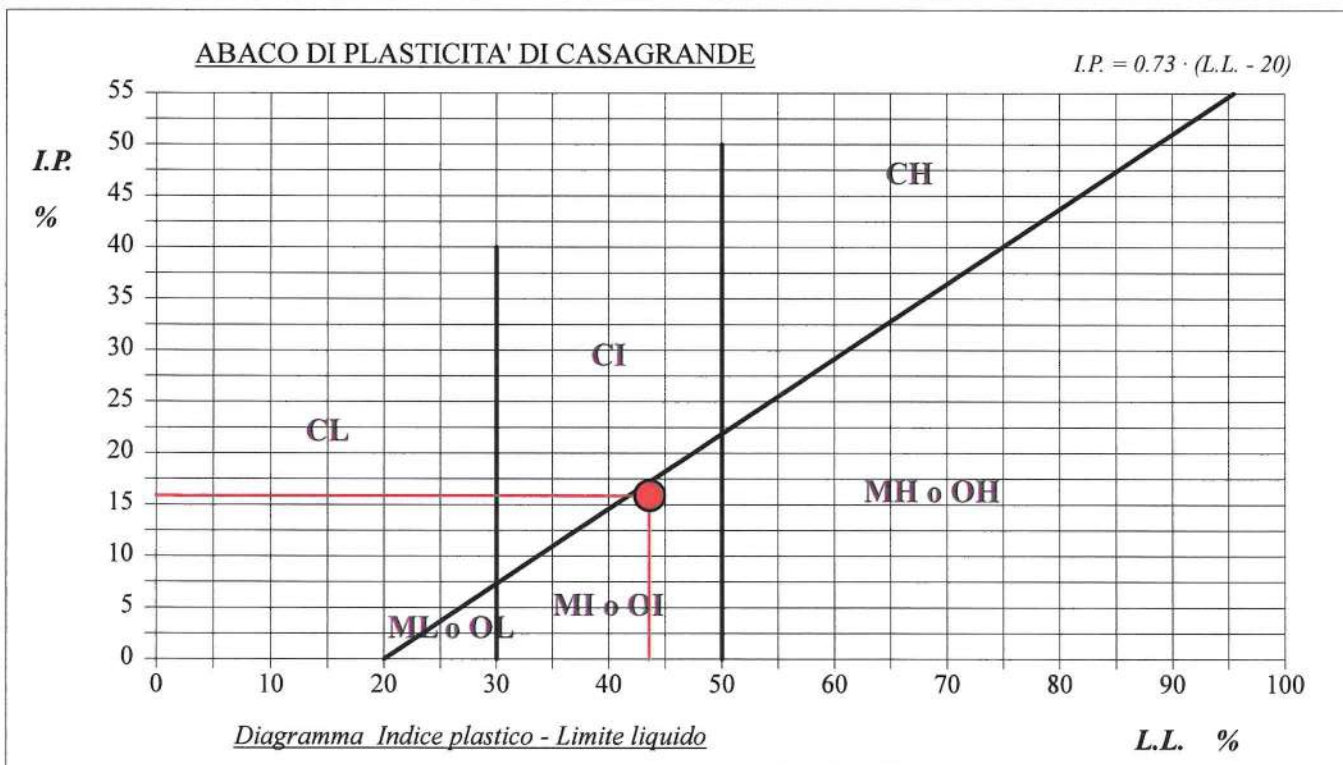
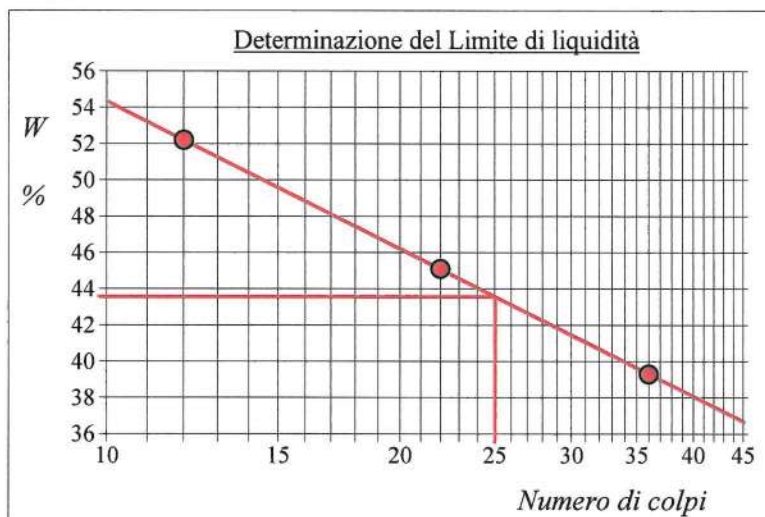


SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.
--

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/lc/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 02/08/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23
COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO		
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 1.50 - 2.00
ABACO DI CASAGRANDE		
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12		

Limite di liquidità	43.6	%
Limite di plasticità	27.7	%
Indice di plasticità	15.9	%
Indice di consistenza	2.08	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/g/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.50 - 2.00

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	77.8	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	49.2	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	27.4	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	43.6	%
Limite di plasticità	27.7	%
Indice di plasticità	15.9	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-7	INDICE DI GRUPPO: 1
--	----------------------------

Tipi usuali dei materiali principali: Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

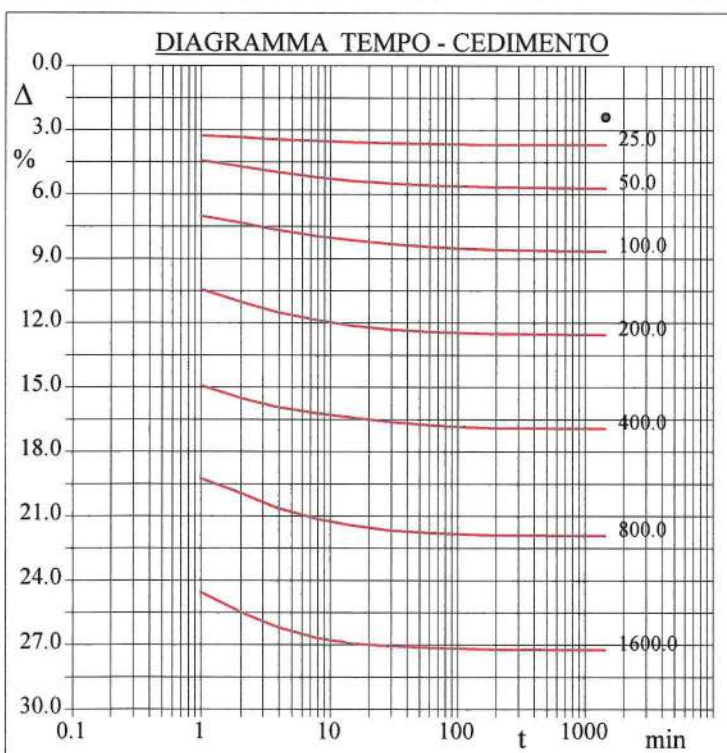
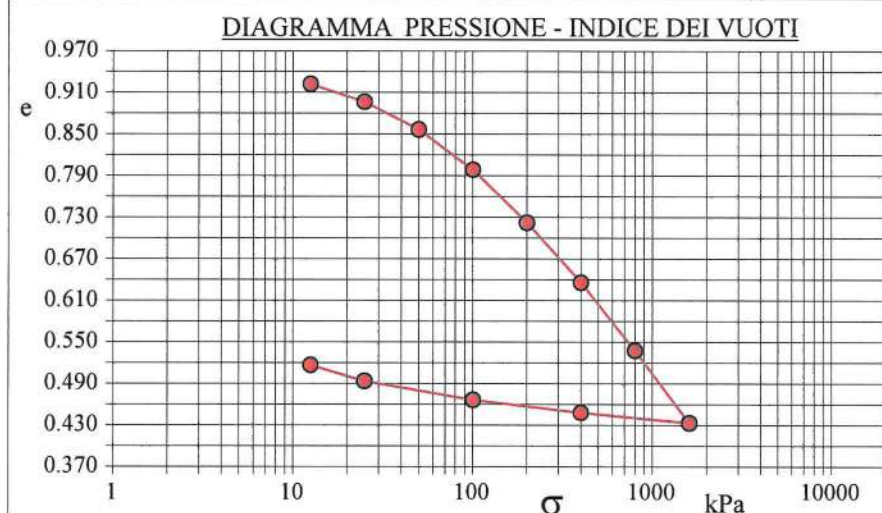
CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/ed/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 05/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.50 - 2.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	14.51
Umidità (%)	10.6
Peso specifico (kN/m³)	25.84
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	19.33
Indice dei vuoti	0.97
Porosità (%)	49.22
Saturazione (%)	28.8



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.5	47.7	0.922	
25.0	73.8	0.897	0.085
50.0	114.4	0.857	0.133
100.0	173.2	0.799	0.192
200.0	250.8	0.722	0.254
400.0	338.5	0.636	0.287
800.0	438.2	0.538	0.326
1600.0	544.6	0.433	0.348
400.0	529.3	0.448	
100.0	510.6	0.466	
25.0	483.0	0.494	
12.5	459.5	0.517	

SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

[illegible]

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/Td/23 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 04/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.50 - 2.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	93	158	229
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	3.56 -0.17	5.10 -0.26	4.92 -0.30
Umidità iniziale e umidità finale (%):	10.3 19.0	10.7 19.1	10.2 19.1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	14.5 16.1	14.5 17.3	14.5 17.7
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	28.2 55.0	63.2 80.9	63.7 85.5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

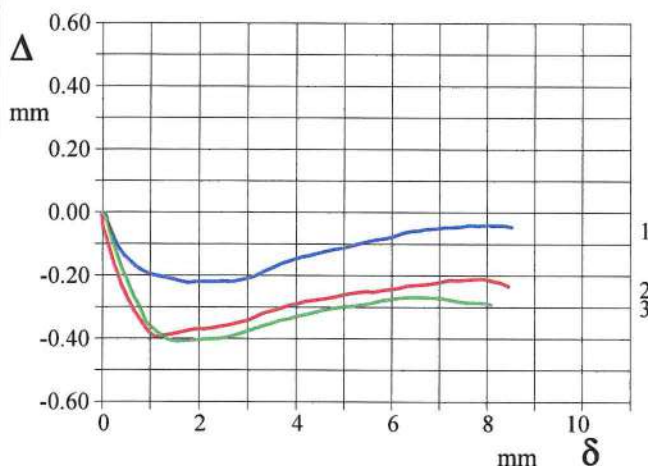
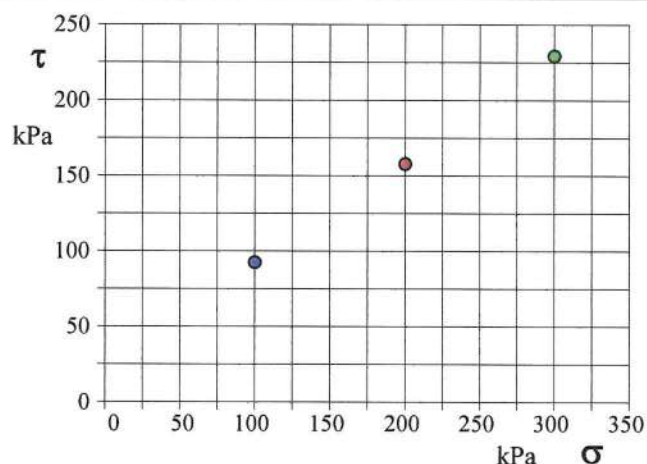


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

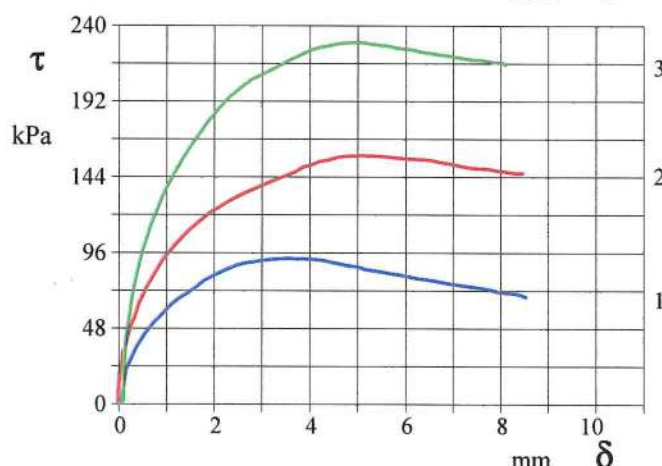


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1221/Td/23 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23

DATA DI EMISSIONE: 05/08/23

Inizio analisi: 31/07/23

Apertura campione: 31/07/23

Fine analisi: 04/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.50 - 2.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.948
Sezione (cm²):	36.00
T ₅₀ (min)	6.9
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.014

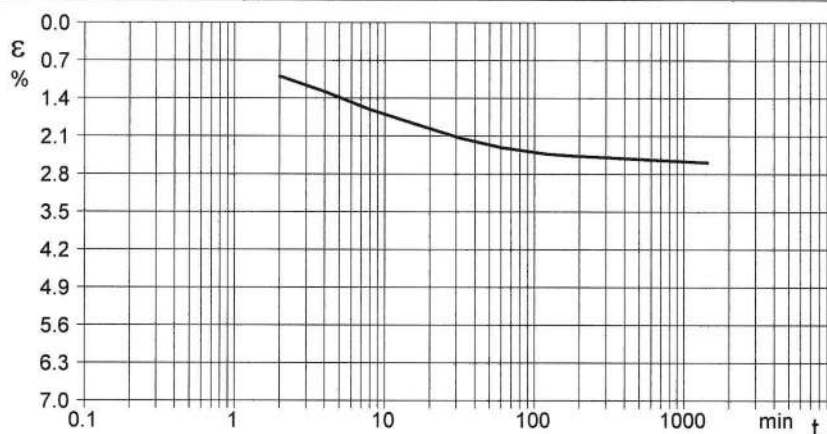


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.918
Sezione (cm²):	36.00
T ₅₀ (min)	3.5
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.029

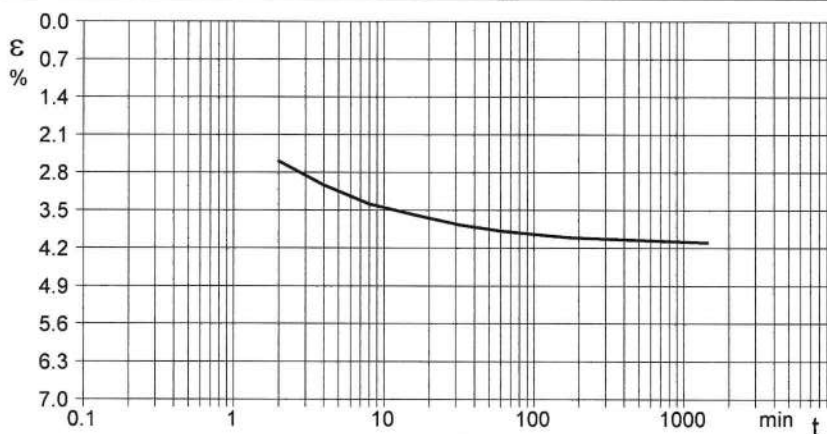
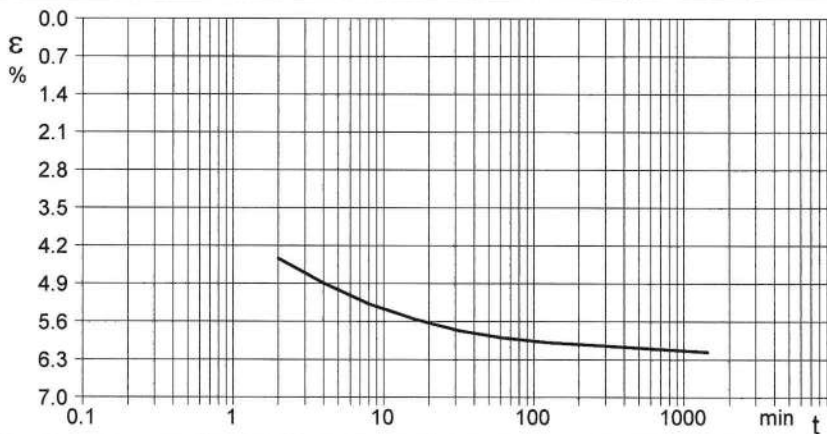


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.877
Sezione (cm²):	36.00
T ₅₀ (min)	3.6
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.028



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

tf = 50 x T₅₀ Vs = Df / tf

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.50 - 2.00

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

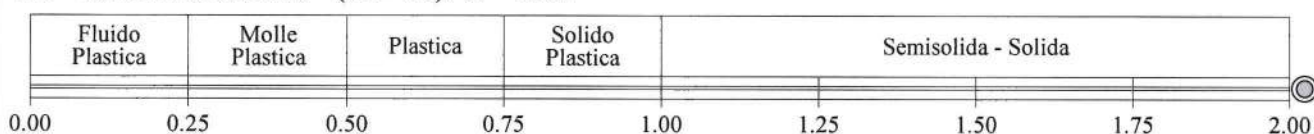
Sabbia ghiaiosa e limosa debolmente argillosa

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

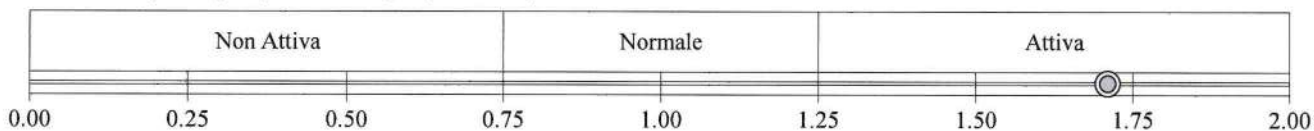
Abaco di plasticità di Casagrande

MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 2.08$

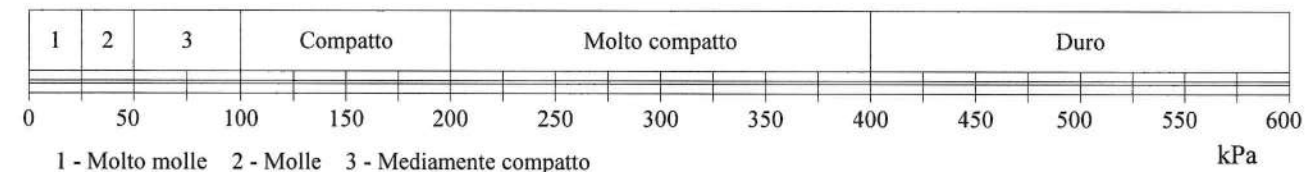


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 1.71



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa

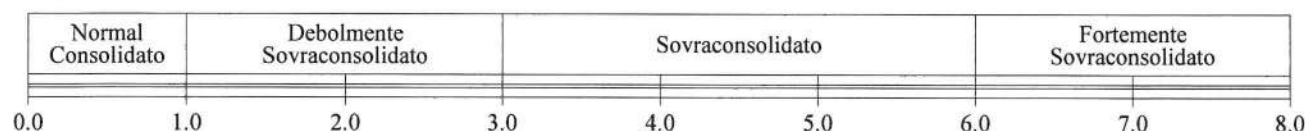


CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0.0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0.0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.00



SABBIA GHIAIOSA E LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GIALLASTRO-SCURO.

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	8.3	%
Peso di volume	15.4	kN/m ³
Peso di volume secco	14.2	kN/m ³
Peso di volume saturo	18.6	kN/m ³
Peso specifico	25.8	kN/m ³
Indice dei vuoti	0.813	
Porosità	44.8	%
Grado di saturazione	26.7	%

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
12.5 ÷ 25.0	2381	0.000890	3.67E-08
25.0 ÷ 50.0	3207	0.001350	4.13E-08
50.0 ÷ 100.0	4831	0.000609	1.24E-08
100.0 ÷ 200.0	6918	0.000860	1.22E-08
200.0 ÷ 400.0	10753	0.000826	7.54E-09
400.0 ÷ 800.0	15720	0.000538	3.36E-09
800.0 ÷ 1600.0	22537	0.001011	4.40E-09

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	39.3	%
Limite di plasticità	27.8	%
Indice di plasticità	11.5	%
Indice di consistenza	2.70	
Passante al set. n° 40	SI	

ANALISI GRANULOMETRICA

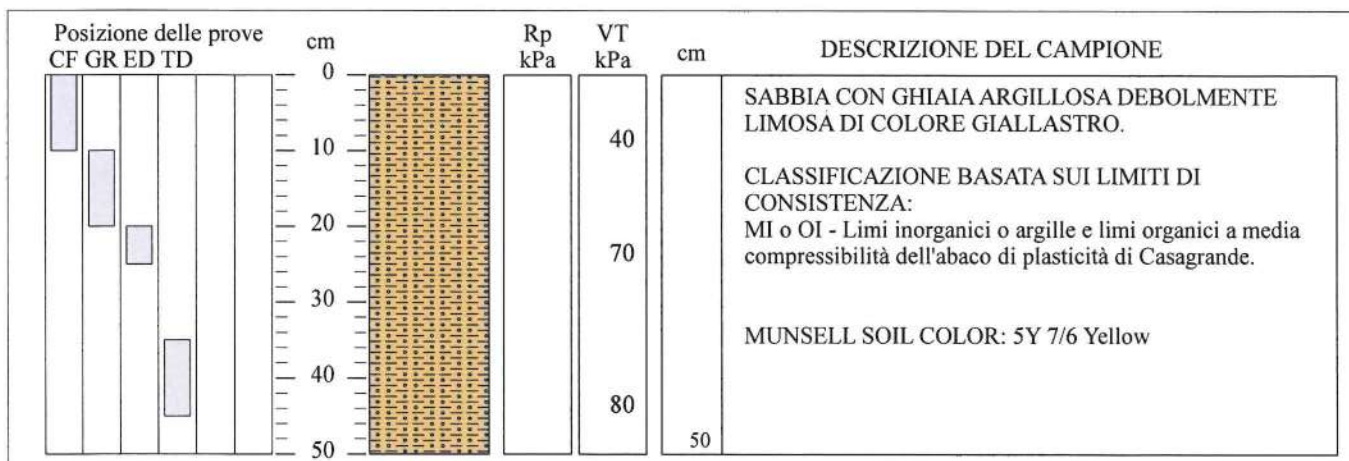
Ghiaia	27.0	%
Sabbia	55.4	%
Limo	7.4	%
Argilla	10.2	%

CLASSIFICAZIONE

CNR-UNI 10006/00	A2-6	I.G. = 0
------------------	------	----------

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	12.5	kPa
Angolo di attrito interno:	36.6	°



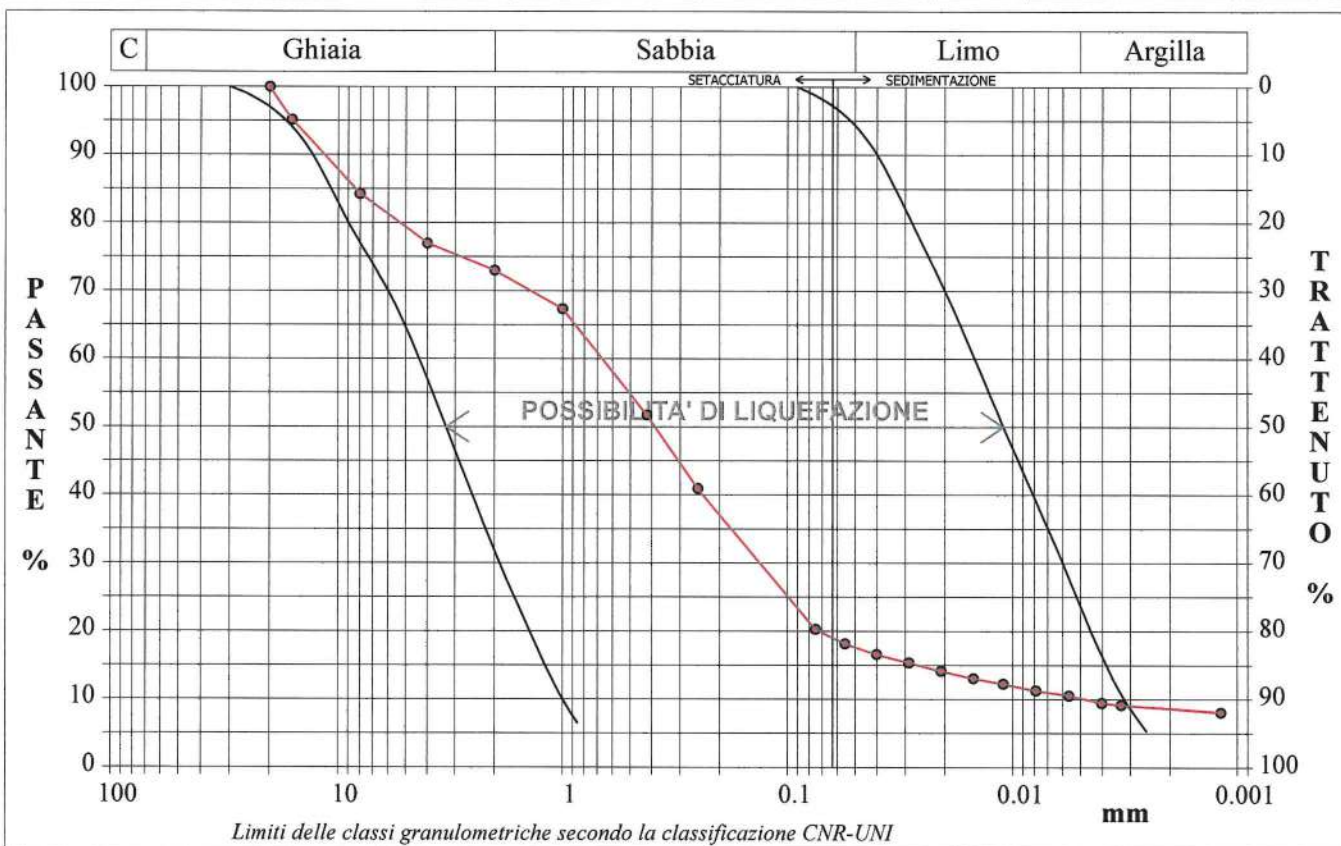
CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/Gr/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO				
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.				
SONDAGGIO: S1		CAMPIONE: C2		PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Ghiaia	27.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	73.0 %	D10	0.00475 mm	
Sabbia	55.4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	51.7 %	D30	0.13223 mm	
Limo	7.4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	20.3 %	D50	0.38637 mm	
Argilla	10.2 %			D60	0.66477 mm	
Coefficiente di uniformità		140.05	Coefficiente di curvatura	5.54	D90	11.52618 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
20.0000	100.00	1.0000	67.35	0.0402	16.59	0.0079	11.28		
16.0000	95.16	0.4200	51.74	0.0290	15.37	0.0056	10.54		
8.0000	84.26	0.2500	40.94	0.0208	14.14	0.0040	9.48		
4.0000	76.98	0.0750	20.26	0.0149	13.08	0.0033	9.15		
2.0000	72.99	0.0556	18.15	0.0110	12.26	0.0012	8.09		

SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/Gr/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

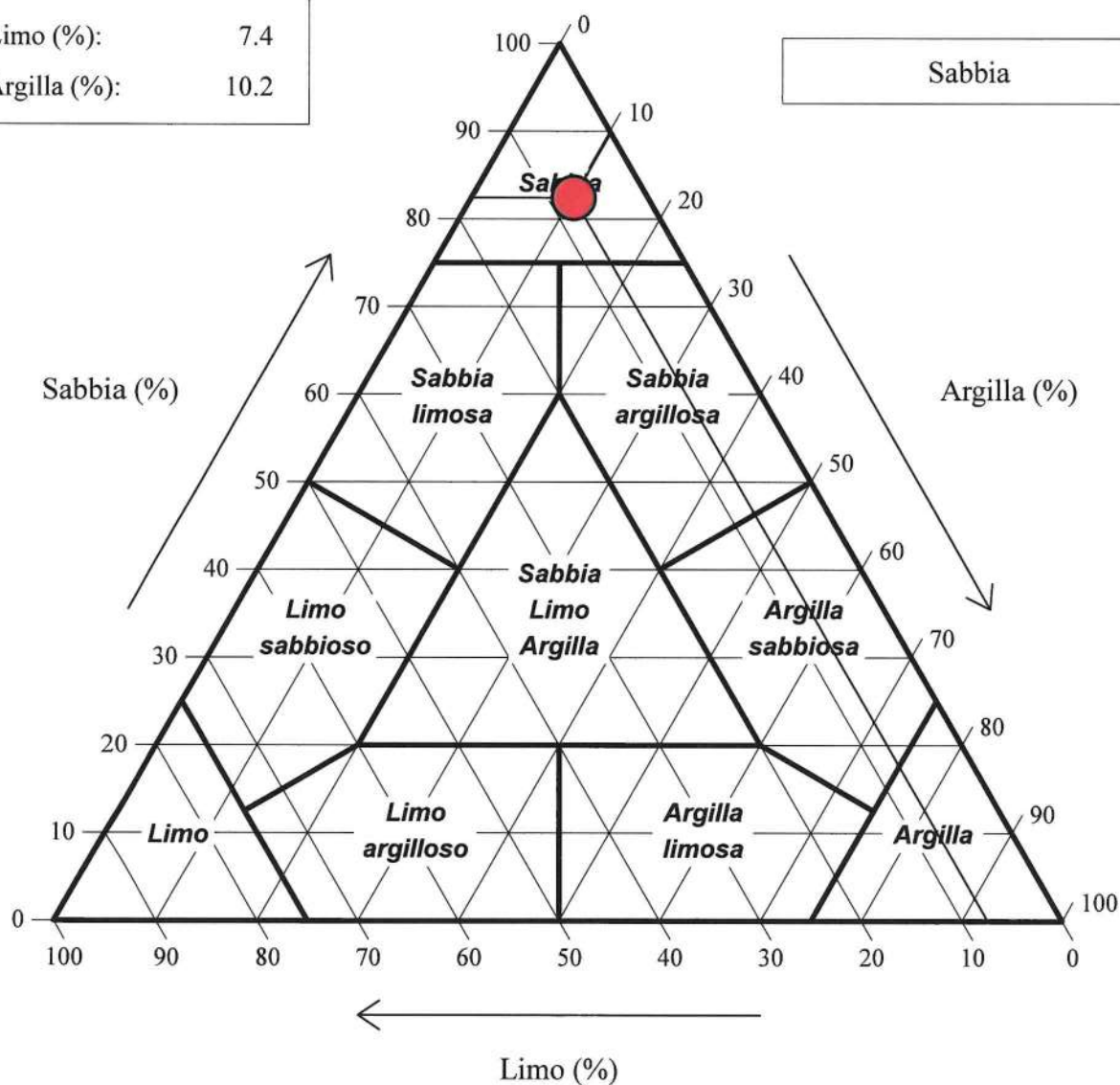
COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Sabbia (%):	82.4
Limo (%):	7.4
Argilla (%):	10.2

Diagramma di Shepard



SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/U/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 01/08/23
COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO		
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 4.50 - 5.00
CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE		
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-1		

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 8.3 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/Pdv/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 31/07/23
COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO		
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 4.50 - 5.00
PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE		
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-2		

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 15.4 kN/m³

SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/Ps/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 01/08/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 01/08/23
COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO		
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 4.50 - 5.00
PESO SPECIFICO DEI GRANULI		
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-3		

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 25.8 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 25.8 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 23.4 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/Lc/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 02/08/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

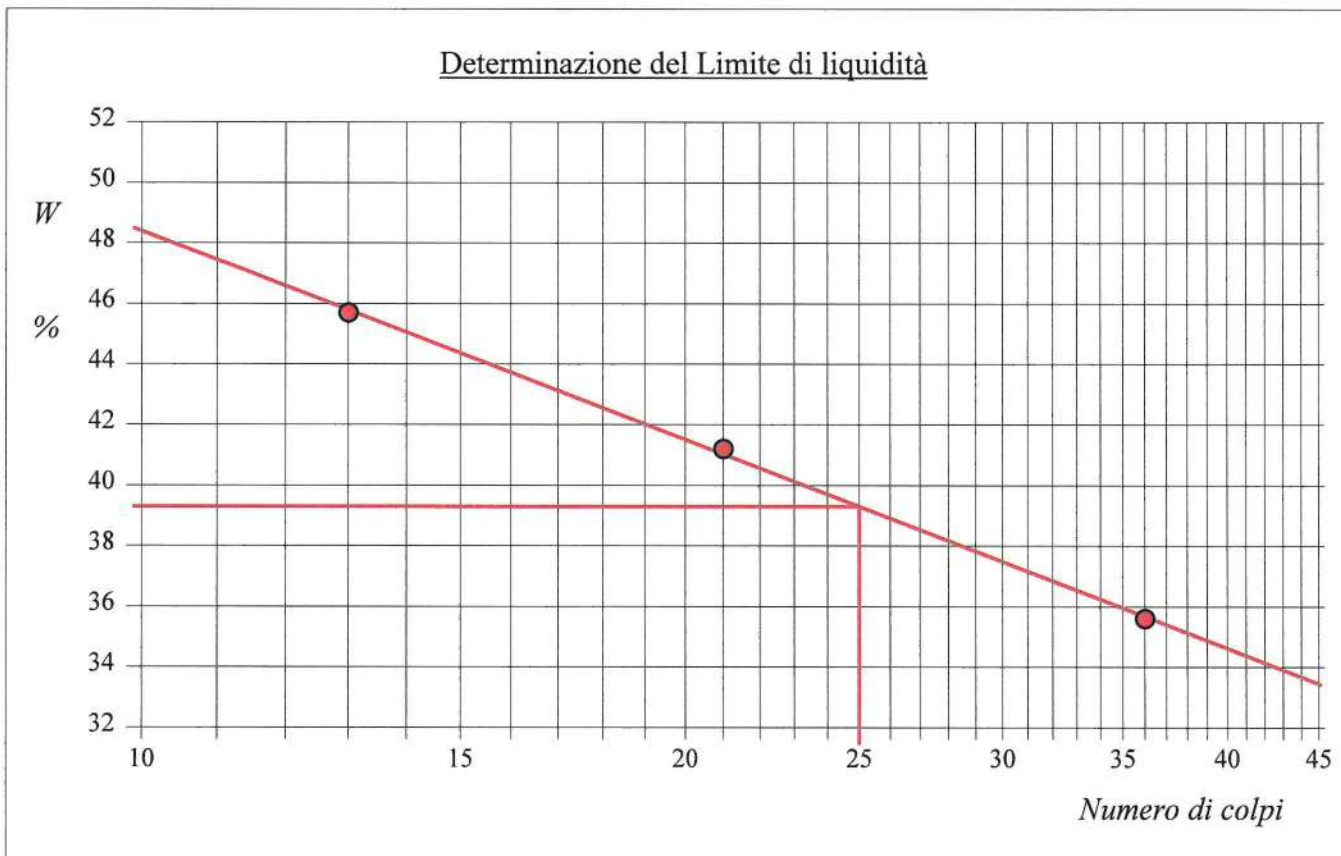
LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	39.3 %
Limite di plasticità	27.8 %
Indice di plasticità	11.5 %

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	13	21	36		Umidità (%)	27.9	27.7
Umidità (%)	45.7	41.2	35.6		Umidità media	27.8	



SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/Lc/23 Allegato I
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23

DATA DI EMISSIONE: 05/08/23 **Inizio analisi:** 02/08/23
Apertura campione: 31/07/23 **Fine analisi:** 03/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.

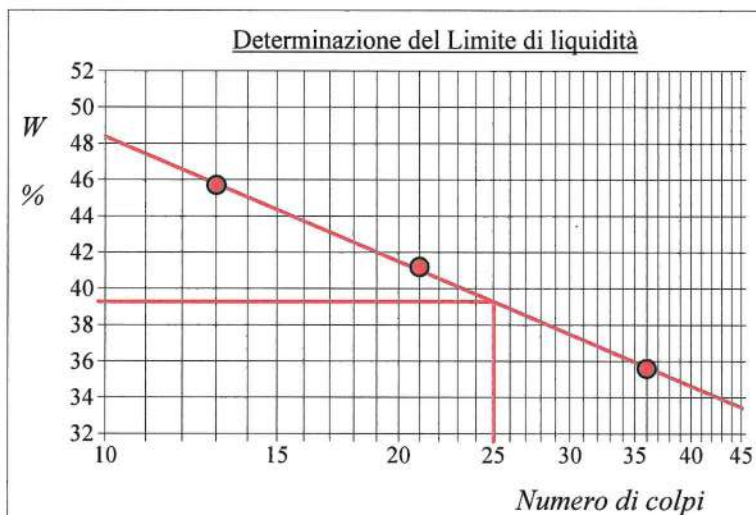
SONDAGGIO: S1 **CAMPIONE:** C2 **PROFONDITA':** m 4.50 - 5.00

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

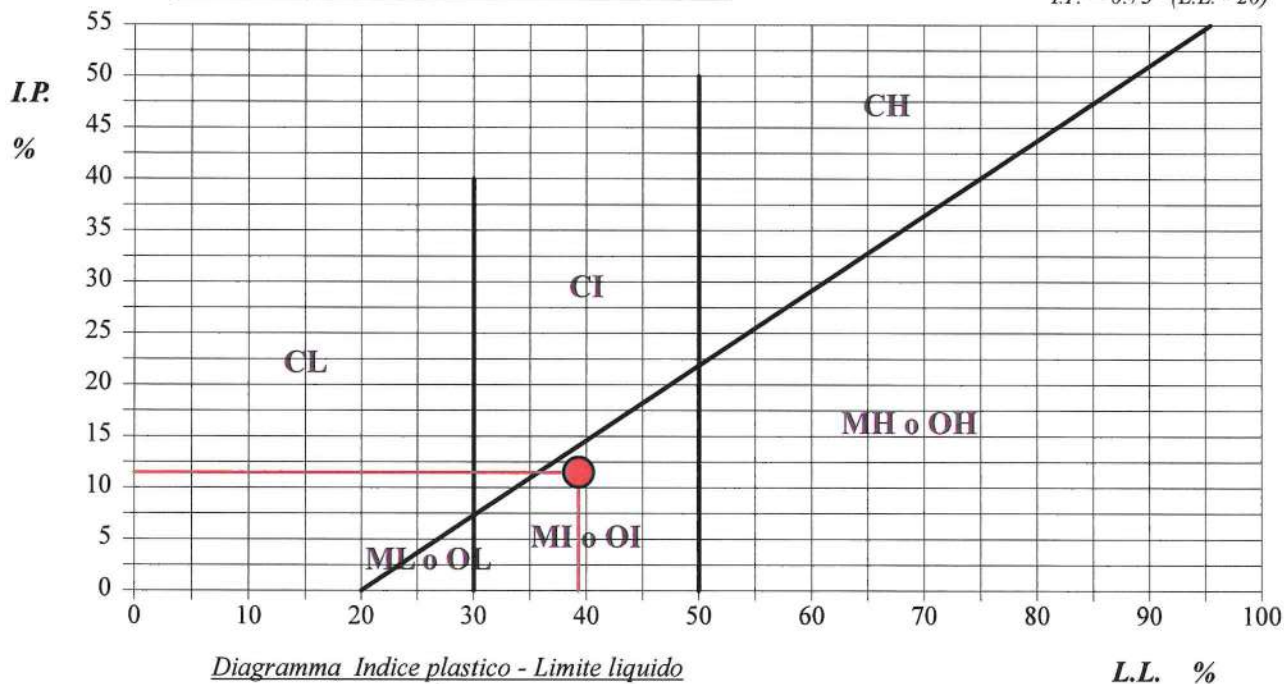
Limite di liquidità	39.3	%
Limite di plasticità	27.8	%
Indice di plasticità	11.5	%
Indice di consistenza	2.70	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/Gr/23 Allegato I	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	73.0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	51.7	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	20.3	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	39.3	%
Limite di plasticità	27.8	%
Indice di plasticità	11.5	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-6	INDICE DI GRUPPO: 0
--	----------------------------

Tipi usuali dei materiali principali: Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

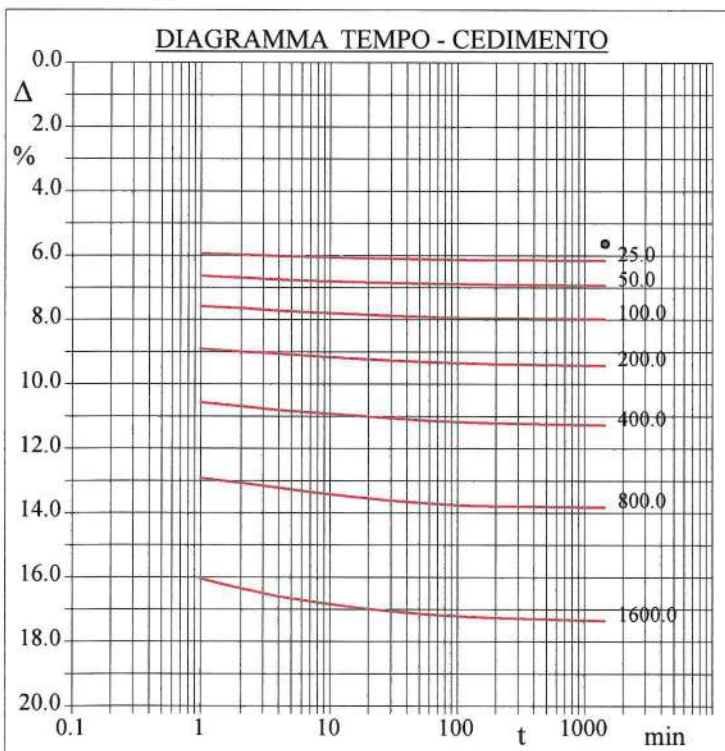
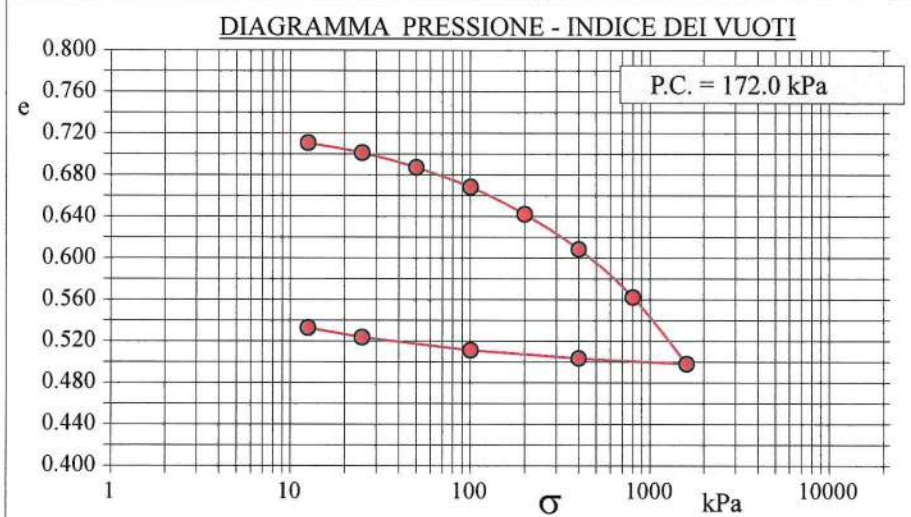
CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/Ed/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 05/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	15.40
Umidità (%)	8.3
Peso specifico (kN/m³)	25.79
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	17.61
Indice dei vuoti	0.81
Porosità (%)	44.84
Saturazione (%)	26.7



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.5	112.6	0.711	
25.0	123.1	0.701	0.032
50.0	138.7	0.687	0.047
100.0	159.4	0.668	0.062
200.0	188.3	0.642	0.087
400.0	225.5	0.609	0.112
800.0	276.4	0.562	0.153
1600.0	347.4	0.498	0.214
400.0	341.4	0.503	
100.0	332.8	0.511	
25.0	319.2	0.524	
12.5	308.9	0.533	

SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/Ed/23 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 05/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 25.0 kPa		Pressione 50.0 kPa		Pressione 100.0 kPa		Pressione 200.0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	112.6	0.00	123.1	0.00	138.7	0.00	159.4
1.00	118.6	1.00	132.5	1.00	151.5	1.00	178.0
2.00	119.4	2.00	133.9	2.00	152.8	2.00	179.8
4.00	120.3	4.00	135.0	4.00	154.2	4.00	181.1
8.00	120.9	8.00	135.8	8.00	155.5	8.00	182.6
15.00	121.4	15.00	136.5	15.00	156.3	15.00	184.0
30.00	121.9	30.00	137.0	30.00	157.4	30.00	185.2
60.00	122.2	60.00	137.4	60.00	158.2	60.00	186.1
120.00	122.5	120.00	137.9	120.00	158.9	120.00	187.0
180.00	122.7	180.00	138.0	180.00	159.0	180.00	187.3
1440.00	123.1	1440.00	138.7	1440.00	159.4	1440.00	188.3

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	188.3	0.00	225.5	0.00	276.4		
1.00	211.2	1.00	258.3	1.00	321.0		
2.00	213.7	2.00	261.3	2.00	327.3		
4.00	216.0	4.00	264.3	4.00	332.1		
8.00	217.8	8.00	267.5	8.00	335.8		
15.00	219.3	15.00	269.9	15.00	338.9		
30.00	221.0	30.00	272.3	30.00	341.4		
60.00	222.6	60.00	274.0	60.00	343.5		
120.00	223.7	120.00	275.4	120.00	344.9		
180.00	224.1	180.00	275.7	180.00	345.5		
1440.00	225.5	1440.00	276.4	1440.00	347.4		

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/td/23 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23

DATA DI EMISSIONE: 05/08/23

Inizio analisi: 31/07/23

Apertura campione: 31/07/23

Fine analisi: 04/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	92	156	240
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	4.00 -0.24	2.75 -0.26	3.50 -0.35
Umidità iniziale e umidità finale (%):	8.4 14.5	8.1 14.2	8.5 14.1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	15.4 16.8	15.4 17.0	15.4 17.3
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	27.0 50.0	26.4 51.2	27.4 52.9

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0.004 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

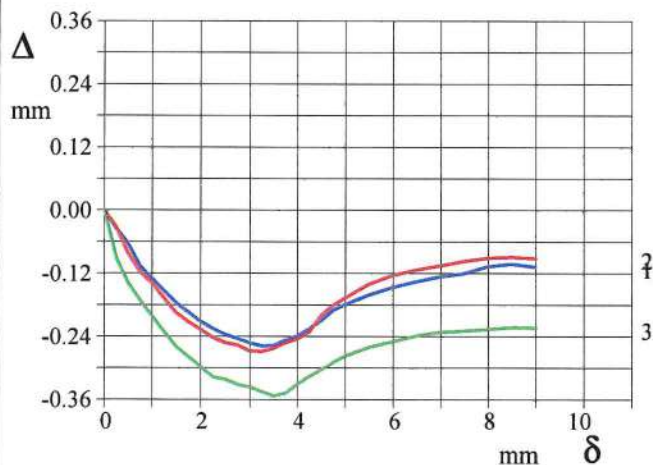
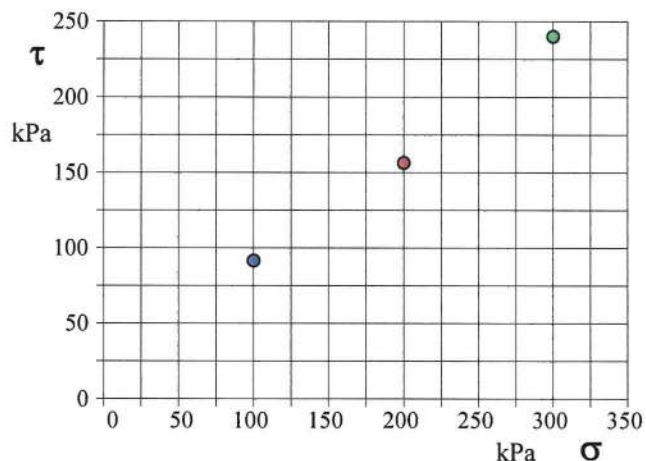


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

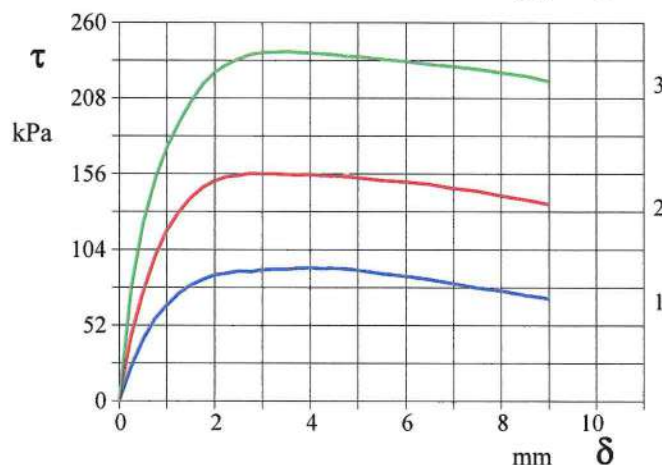


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1222/td/23 Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 31/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 04/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO				
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.				
SONDAGGIO: S1		CAMPIONE: C2		PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.941
Sezione (cm²):	36.00
T ₅₀ (min)	3.7
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.027

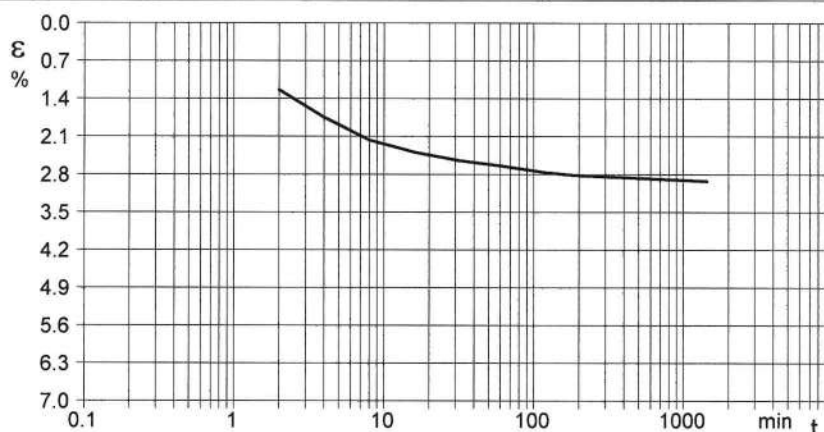


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.910
Sezione (cm²):	36.00
T ₅₀ (min)	4.8
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.021

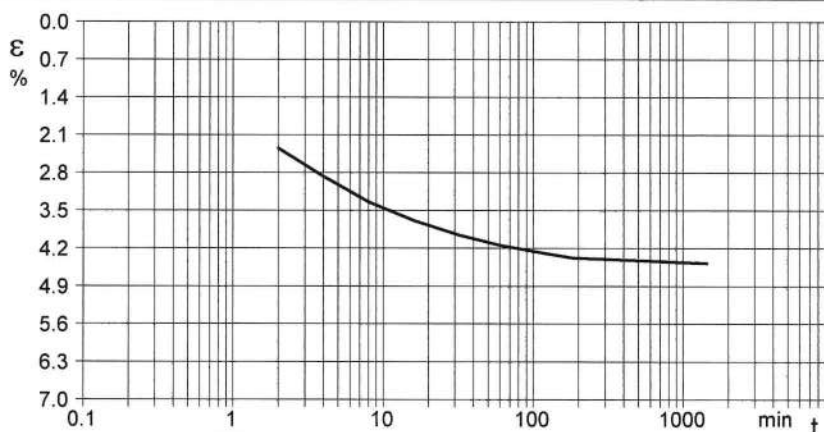
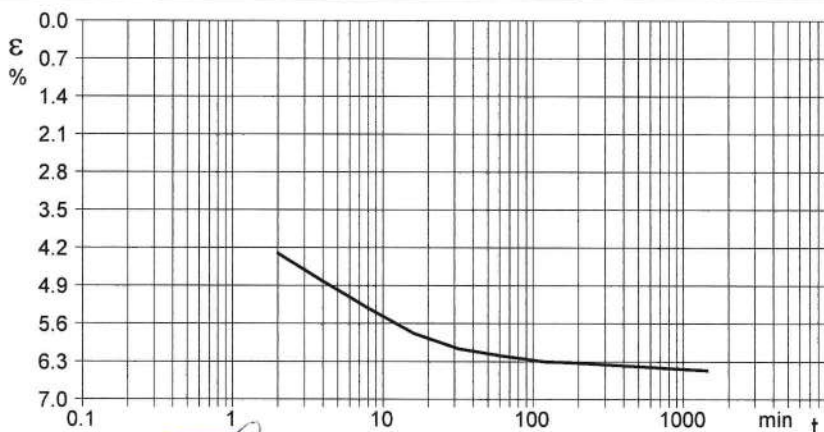


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.871
Sezione (cm²):	36.00
T ₅₀ (min)	4.8
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.021



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

tf = 50 x T₅₀ Vs = Df / tf

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 4.50 - 5.00

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

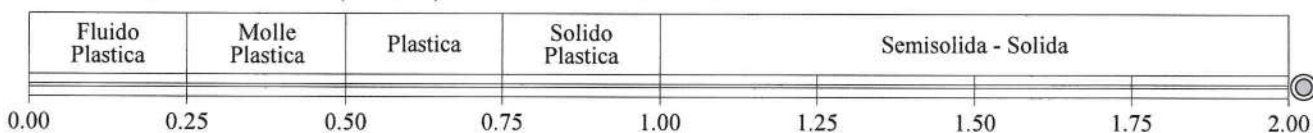
Sabbia con ghiaia argillosa debolmente limosa

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

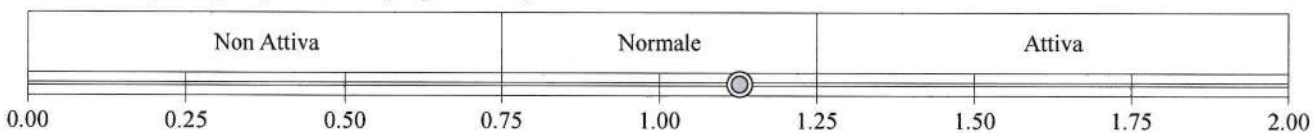
Abaco di plasticità di Casagrande

MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 2.70$



A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 1.13



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa

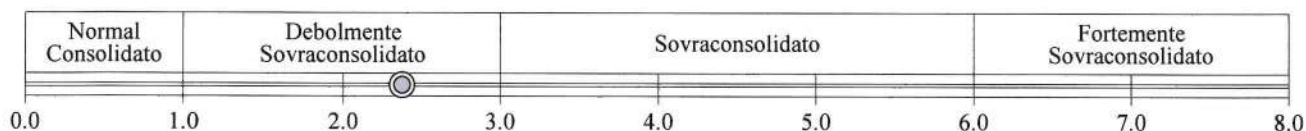


CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 72.5kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 172.0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 2.37



SABBIA CON GHIAIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO.

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: CR1

PROFONDITA': m 9.85 - 10.00

MODULO RIASSUNTIVO

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Umidità media (%):

0.9

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Peso di volume (kg/m³):

2653.55

MASSA VOLUMICA APPARENTE E REALE - POROSITA'

Massa volumica apparente (kg/m³):

2629.0

Massa volumica reale (kg/m³):

2735.8

Porosità aperta (%):

3.4

Porosità totale (%):

3.9

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Resistenza a compressione (MPa):

28.23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO

RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: CR1

PROFONDITA': m 9.85 - 10.00



ROTTURA DEL CAMPIONE SOTTOPOSTO A PROVA.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1223/U/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 02/08/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 9.85 - 10.00

<u>CONTENUTO D'ACQUA</u>

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-1

Umidità media 0.9 %

Temperatura di essiccazione: 110 °C

--	--	--

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1223/MV/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 01/08/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 01/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: CRI PROFONDITA': m 9.85 - 10.00

MASSA VOLUMICA NATURALE

Modalità di prova: Norma RACCOMANDAZIONI ISRM
--

Peso di volume allo stato naturale = 2653.55 kg/m³

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1223/For/23 pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 02/08/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 03/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 9.85 - 10.00

MASSA VOLUMICA APPARENTE E REALE - POROSITA'

Modalità di prova: Norma UNI EN 1936:2007

Massa provino essiccato g	Massa provino immerso g	Massa provino saturato g	Massa volumica apparente kg/m ³	Massa volumica reale kg/m ³	Porosità aperta %	Porosità totale %
1010.6	639.2	1023.6	2629.0	2735.8	3.4	3.9

Massa volumica apparente (kg/m³):	2629.0
Massa volumica reale (kg/m³):	2735.8
Porosità aperta (%):	3.4
Porosità totale (%):	3.9

Massa volumica reale determinata con Picnometro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1223/CS/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/23	Inizio analisi: 02/08/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 31/07/23	Apertura campione: 31/07/23	Fine analisi: 02/08/23

COMMITTENTE: INGEGNERE MICHELE DE MARCO
RIFERIMENTO: Progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento - Mitigazione del rischio idraulico.
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 9.85 - 10.00

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Modalità di prova: Norma ASTM-D 7012 method C
--

Provino n°:	1
Velocità di deformazione (MPa/sec):	0.20
Altezza (cm):	8.34
Diametro (cm):	7.65
Sezione (cm²)	45.96
Peso di volume (kN/m³):	26.0
Resistenza a compressione (MPa):	28.23

ALLEGATO 6



Planimetria con ubicazione dei pozzi Ente Irrigazione

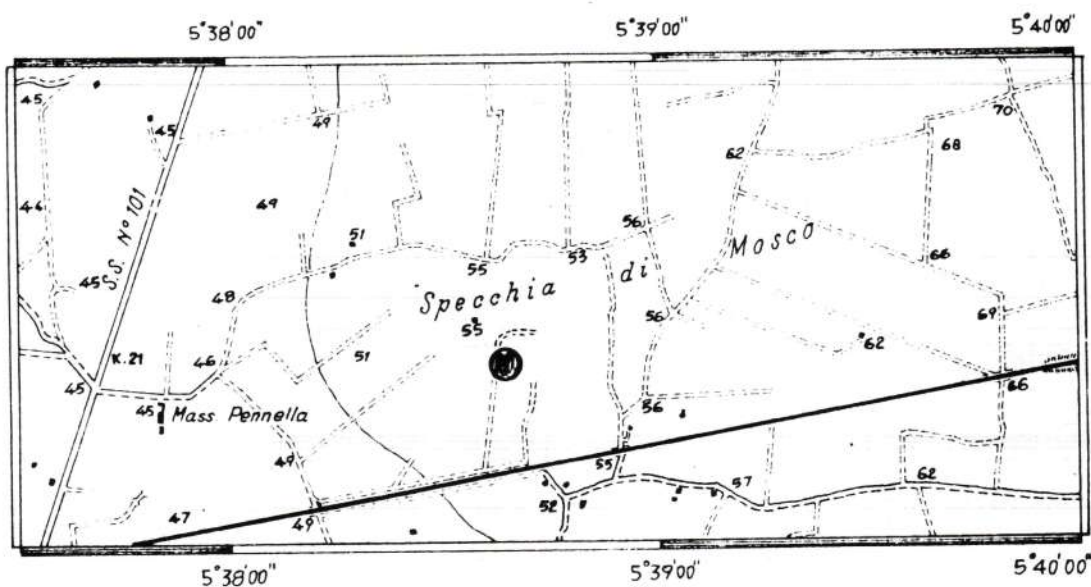
RICERCHE DI ACQUE SOTTERRANEE in provincia di **LECCE**

POZZO n° 2 (Progetto F.E.O.G.A. n° 10)

Posizione topografica

Foglio I.G.M. n° 214 - **IV** S.E. (Galatina)

Scala 1:25.000



Il pozzo è stato eseguito in località "Specchia di Mosco" in agro di Galatina (Lecce), nel punto di coordinate geografiche $40^{\circ}10'19''$ di latitudine e $5^{\circ}38'38''$ di longitudine.

Trovasi a Nord-Est dell'abitato di Galatone e dista dal mare Jonio circa Km. 10.

La quota altimetrica del caposaldo, corrispondente al p.c. adiacente al boccapozzo, è di mt. 52,964 sul livello del mare.

Il caposaldo è costituito da una borchia in ottone dello Ente Irrigazione contraddistinta col n. B/95.

SEZIONE STRATIGRAFICA DEL POZZO n° 2 / PROGETTO F.E.O.G.A. n° 10

località "SPECCHIA DI MOSCO", - AGRO DI GALATINA (LECCE)

a quota + 52,964

s. l. m.

Livelli d'Acqua				Caratteristiche della Trivellazione						Rivestimento						
falda di fondo	acque superficiali	Riferimento		Sistema	Calibro	Quote metri		parziali	Sezione	Stratigrafia	Campioni	Zona cement.	Descrizione elementi	Diametri	Quota rit.	
		livello mare	piano campag			livello mare	piano campag								livello mare	piano campag

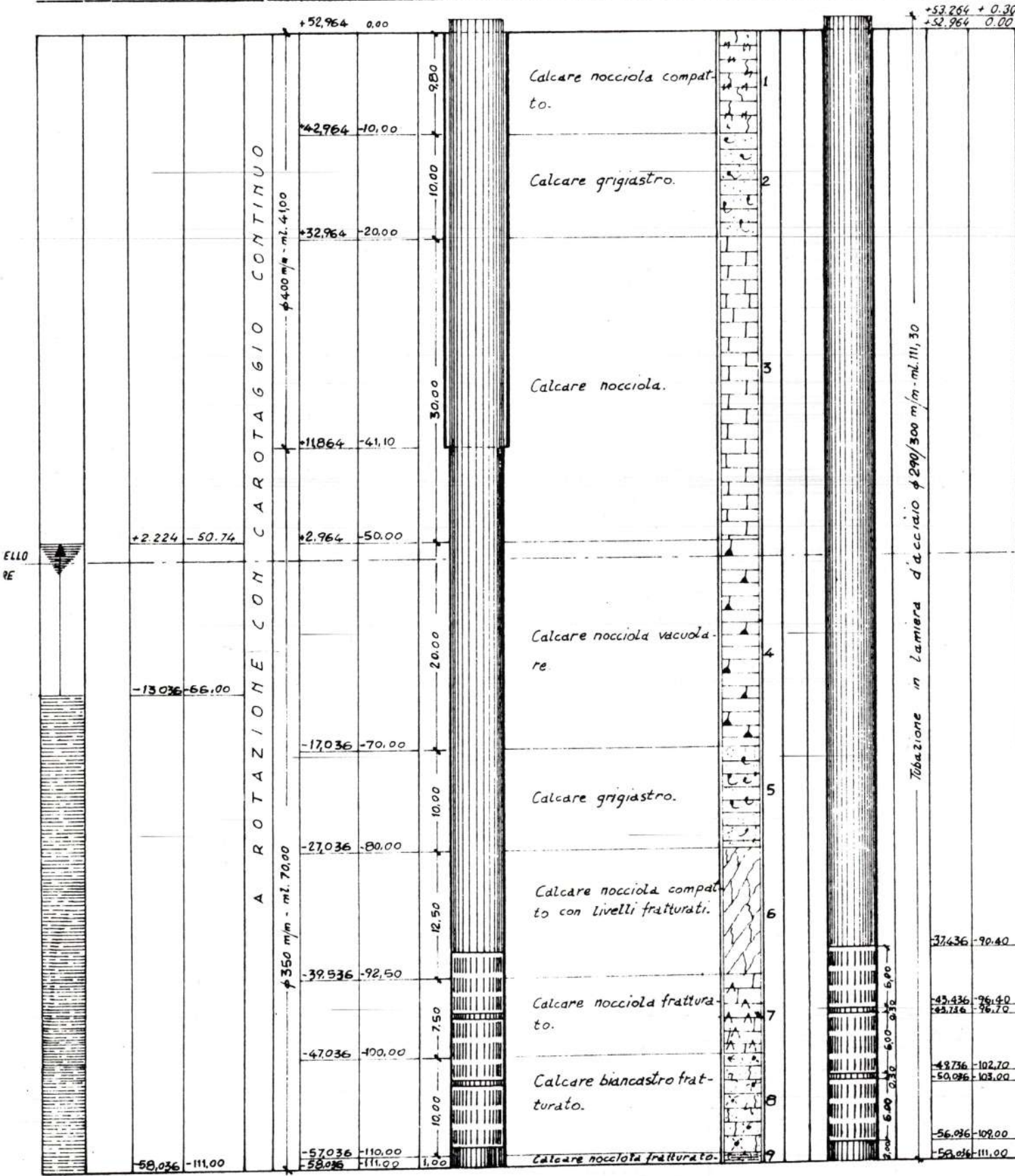
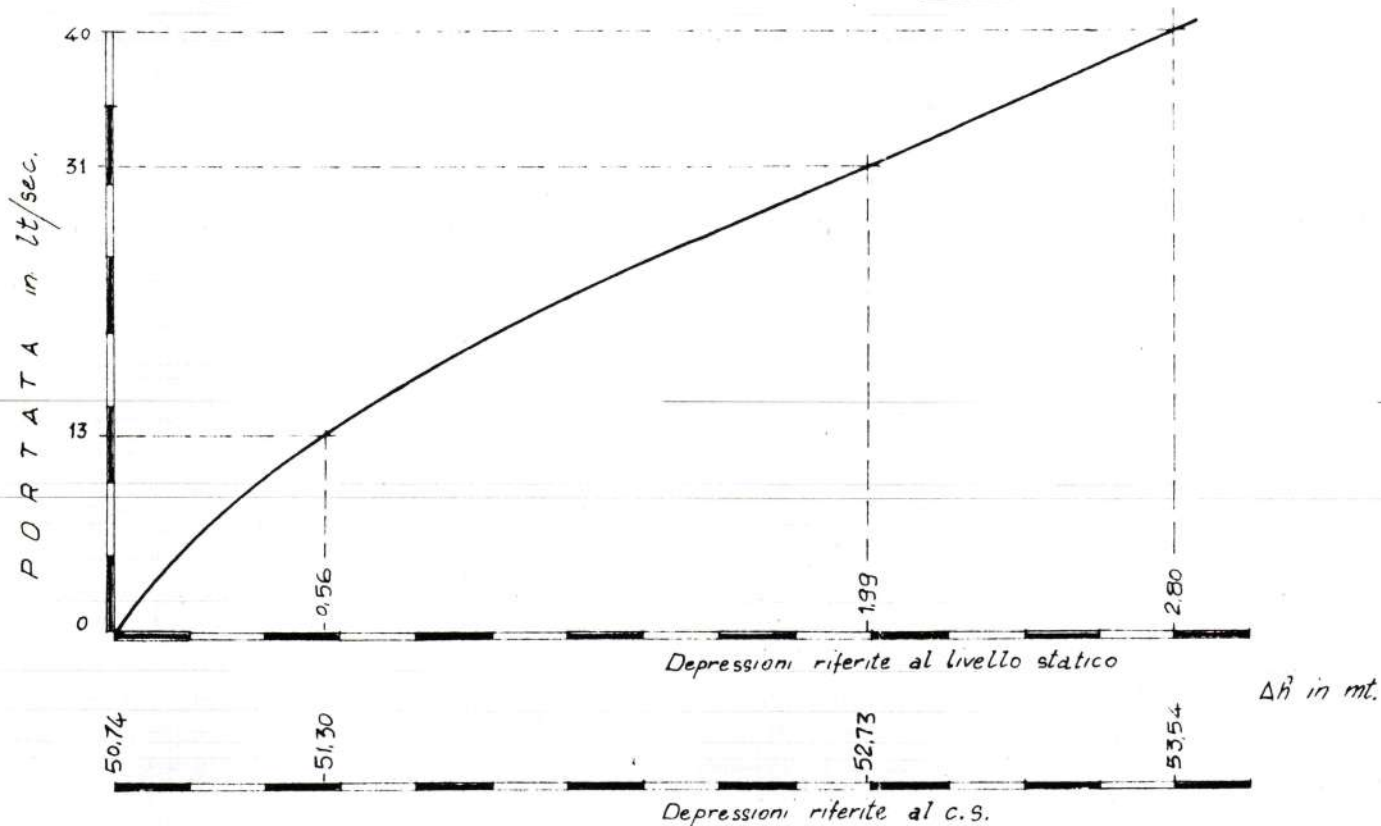


DIAGRAMMA : PORTATE - DEPRESSIONI



RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI D'ACQUA

Eseguite dall'ISTITUTO DI GEOLOGIA APPLICATA - BARI

CAMPIONE N.	PRELEVAMENTO		Residuo salino Totale a 110° C (g/l)	Cloroione (g/l)	NOTE
	DATA	ORA			
1	16-12-69	9,15	0,512	0,115	
2	16-12-69	12,30	0,504	0,109	
3/2	16-12-69	17,15	0,496	0,100	

Eseguita dall'ISTITUTO DI CHIMICA AGRARIA - BARI

CAMPIONE N.	Prelevamento		Residuo salino totale (g/l)		pH	I O N E						Non determ. e perdite (g/l)	
	data	ora	110° C	180° C		Sodio (Na ⁺) (g/l)	Potassio (K ⁺) (g/l)	Calcio (Ca ⁺⁺) (g/l)	Magnesio (Mg ⁺⁺) (g/l)	Cloro (Cl ⁻) (g/l)	Idrocarb. (HCO ₃ ⁻) (g/l)		Solfonico (SO ₄ ⁻) (g/l)
3/B	16-12-69	17.15	0,490	0,466	7,80	0,061	0,006	0,066	0,041	0,117	0,342	0,024	

ENTE PER LO SVILUPPO DELL'IRRIGAZIONE E LA TRASFORMAZIONE FONDIARIA
IN PUGLIA - LUCANIA E IRPINIA - BARI

RICERCHE DI ACQUE SOTTERRANEE in provincia di LECCE

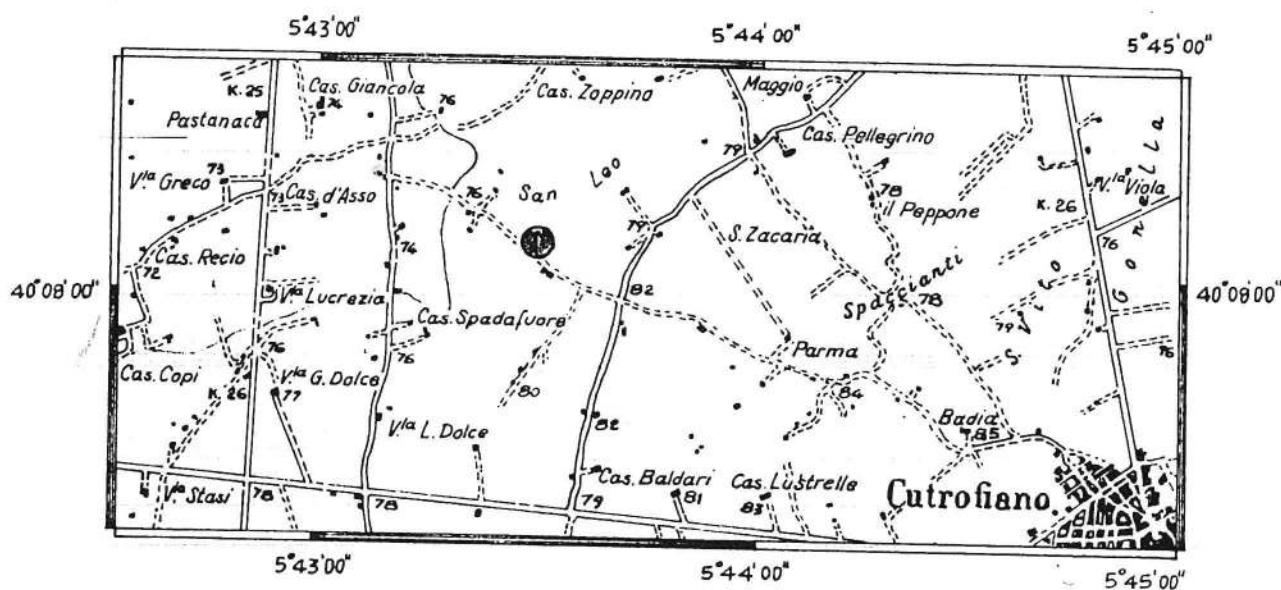
Progetto FEOGA n°6

POZZO n° 7

Posizione topografica

Foglio IGM n°214-III-NE(Neviano)

Scala 1:25.000



Il pozzo è stato eseguito in località "S. Leo" in agro di Cutrofiano (Lecce), nel punto di coordinate geografiche $40^{\circ}08'03''$ di latitudine e $5^{\circ}43'31''$ di longitudine.

Trovasi a 2 Km. a Nord-Ovest dell'abitato di Cutrofiano e dista dal mare Jonio circa Km. 14,5.

La quota altimetrica del caposaldo, corrispondente al p.c. adiacente al boccapozzo, è di mt. 77,807 sul livello del mare.

Il caposaldo è costituito da una borchia in ottone dell'Ente Irrigazione contraddistinta col n. B/96.

SEZIONE STRATIGRAFICA DEL POZZO

n° 7-PROGETTO F.E.O.G.A. n° 6

Località "SAN LEO", IN AGRO DI CUTROFANO

(LECCE)

a quota +77.807

s. l. m.

Livelli d'Acqua				Caratteristiche della Trivellazione							Campioni	Zona cement.	Rivestimento			
falda di fondo	acque superficiali	Riferiti		Sistema	Calibro	Quote riferite		parziali	Sezione	Stratigrafia			Descrizione elementi	Diametri	Quote riferite	
		livello mare	piano campagna			livello mare	piano campagna								livello mare	piano campagna

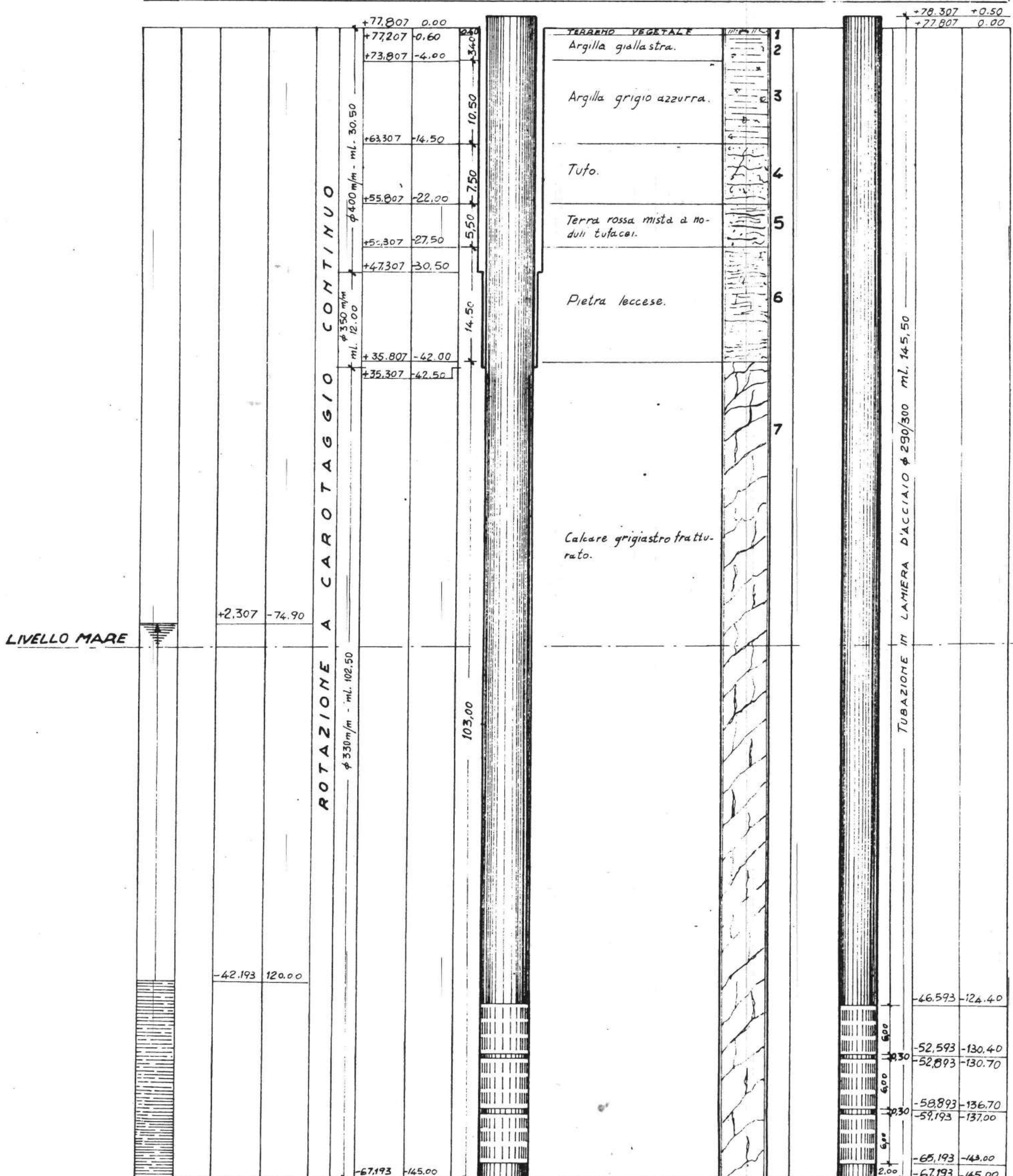
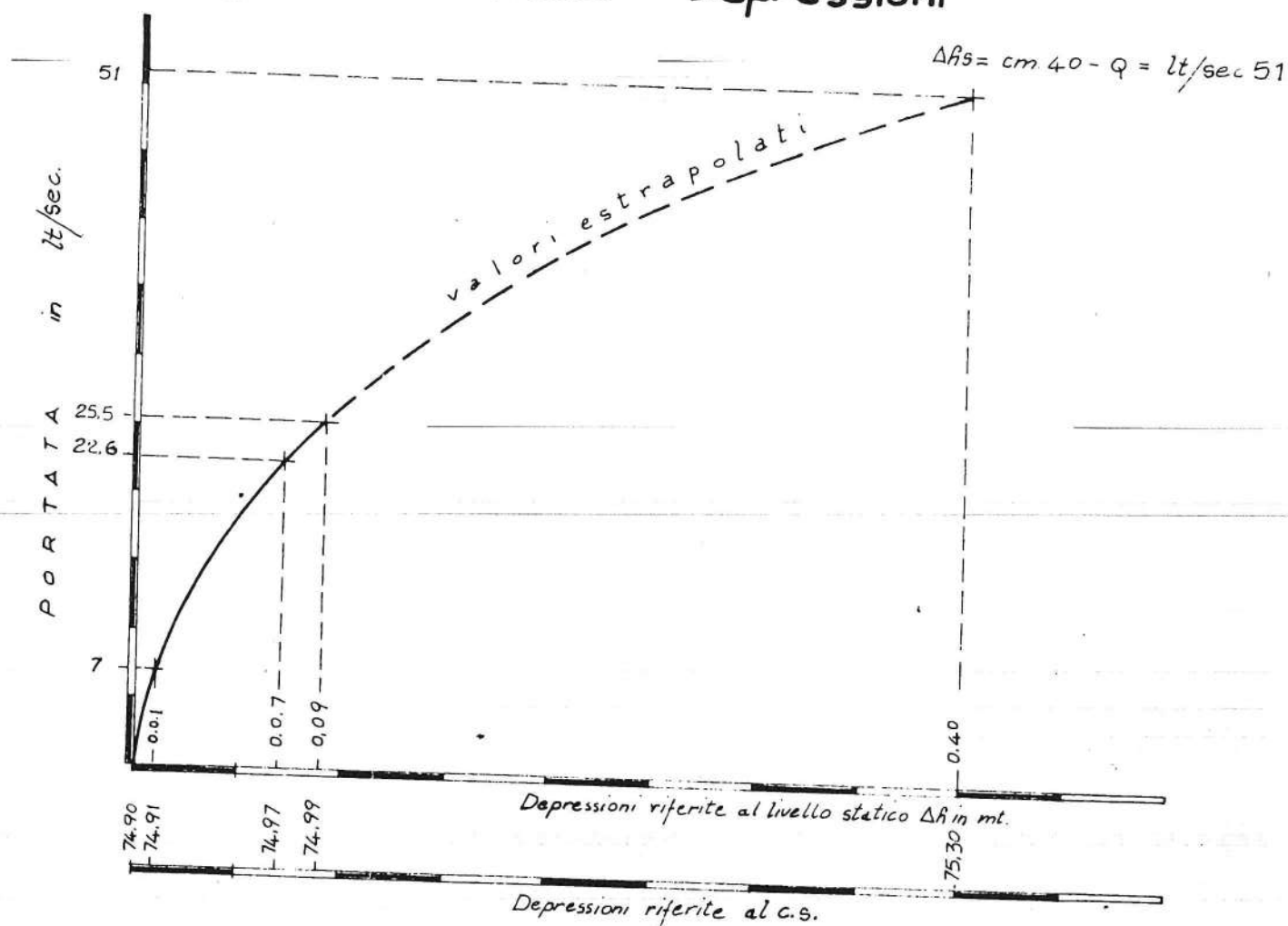


Diagramma: Portate - Depressioni



RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI D'ACQUA

Eseguite dall'ISTITUTO DI GEOLOGIA APPLICATA - BARI

CAMPIONE N.	PRELEVAMENTO		Residuo salino Totale a 110°C (g/l)	Cloroione (g/l)	NOTE
	DATA	ORA			
1	26-11-69	9,00	0,455	0,092	
2	26-11-69	12,00	0,450	0,092	
3/a	26-11-69	16,15	0,447	0,092	

Eseguita dall'ISTITUTO DI CHIMICA AGRARIA - BARI

CAMPIONE N.	Prelevamento		Residuo salino totale (g/l)		pH	J O N E							Non determ. e perdite (g/l)
	data	ora	110°C	180°C		Sodio (Na ⁺) (g/l)	Potassio (K ⁺) (g/l)	Calcio (Ca ⁺⁺) (g/l)	Magnesio (Mg ⁺⁺) (g/l)	Cloro (Cl ⁻) (g/l)	Idrocarb. (HCO ₃ ⁻) (g/l)	Solfonico (SO ₄ ⁻) (g/l)	
/B	26-11-69	16,15	0,520	0,504	7,60	0,106	0,006	0,046	0,035	0,117	0,384	0,016	

APPENDICE

STRALCIO DELLA RELAZIONE RELATIVA A : “Progetto per il risanamento idraulico della rete pluviale del centro abitato (importo lavori Euro 200.000,00)” – Studio geologico a firma del Dott. Geol. Donato A. Stifani (datato 2010) a corredo del Progetto Preliminare del II stralcio (Elaborato “ 446.34 -28 Studi di conoscenza” (studio geologico pregresso a firma del Dott. Geol. Stifani).



Dott. geologo Donato A. STIFANI

Viale della Libertà n.55 - 73040 ARADEO (LE)
tel. 0836.553116 - cell: 339.1297767 - e-mail: geosalento@virgilio.it

COMUNE DI SECLÌ
Provincia di Lecce

Progetto di risanamento idraulico della rete pluviale del
centro abitato (importo lavori € 200.000,00).

Relazione illustrativa per la richiesta dell'autorizzazione allo
scarico delle acque meteoriche provenienti dalla fognatura
bianca del Comune di Seclì.

Committente: Amministrazione Comunale di Seclì



Il Tecnico:

Dr. Geol. Donato STIFANI

Aradeo, aprile 2010

Geologia tecnica e ambientale - Idrogeologia - Indagini geognostiche

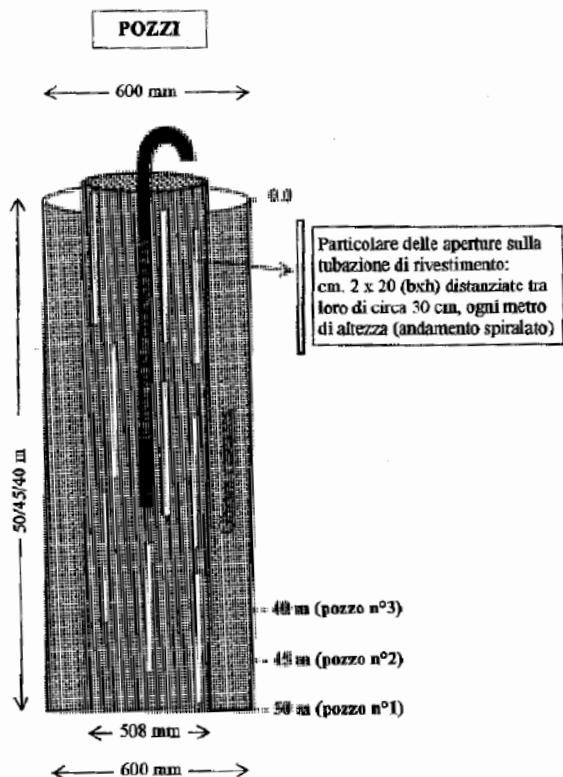
P.IVA: 01876670751 - Cod. Fisc.: STFDTN57P15A350U

Sono state condotte prove di permeabilità di Tipo Le Franc a carico costante dalla ditta GEOPRO di Lecce, come da scheda dei certificati qui di seguito riportati

- pozzo n.1 $K = 8,7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s;}$
- pozzo n.2 $K = 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s;}$
- pozzo n.3 $K = 7,0 \cdot 10^{-4} \text{ m/s.}$

Stratigrafia		Litologia	Spessore strati	Ø Perforazione	Ø Rivestimento
Q. p.c. 0.0 m (70 m s.l.m.)					
-9 m		Calcarei (Pliocene)	9 m		
		Calcarei dolomitici anidri poco fratturati (Cretaceo)	41/56/31 m	Ø 600 mm	
-50/45/40m					tubo sfinestrato in acciaio Ø 508 mm - spessore 11 mm

L'Impresa:



Il tecnico:
Donato Stifani

COMMITTENTE:	Amministrazione Comunale Seclì (LE)		
PROVA N°:	P1		
POZZO	1	CANTIERE:	Recapito finale acque bianche loc. "Le rose" - Seclì (LE)
DATA:	05/06/2009		

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

Immissione



estrazione



Fondo foro -45,0 m dal fondo vasca

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime. Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_f \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$] (3,0 l/s)

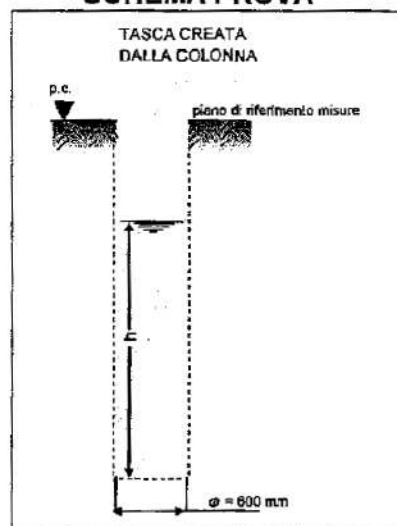
h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso). h = 2,0 m

d = diametro del foro [m] (600 mm)

Cf = 2,85 (coeff. di forma).

$$k \approx 8,7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

SCHEMA PROVA



COMMITTENTE: **Amministrazione Comunale Secli (LE)**

PROVA N°: **P2**

POZZO **2**

DATA: **05/06/2009**

CANTIERE: **Recapito finale acque bianche
loc. "Le rose" - Secli (LE)**

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

immissione



estrazione



Fondo foro **-40,0 m dal fondo vasca**

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime.

Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_F \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

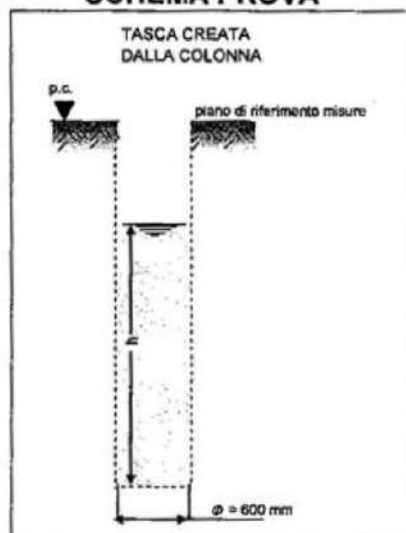
q = portata immessa [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$] (**3,0 l/s**)

h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso). **h = 3,0 m**

d = diametro del foro [m] (**600 mm**)

Cf = 2,85 (coeff. di forma).

SCHEMA PROVA



$$k \approx 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

COMMITTENTE: **Amministrazione Comunale Seclì (LE)**

PROVA N°: **P3**

POZZO **3**

DATA: **05/06/2009**

CANTIERE: **Recapito finale acque bianche
loc. "Le rose" - Seclì (LE)**

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

Immissione



estrazione



Fondo foro **-35,0 m dal fondo vasca**

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime.

Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_f \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$] (**3,0 l/s**)

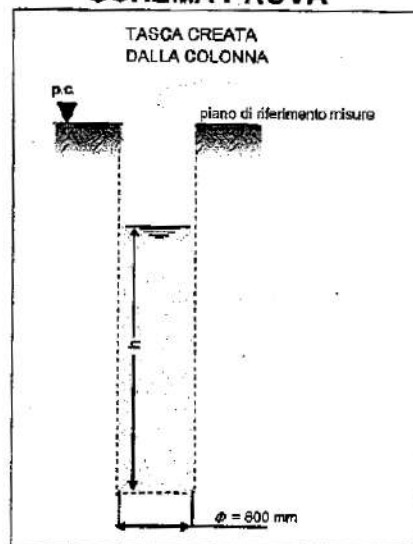
h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso). **h = 2,5 m**

d = diametro del foro [m] (**600 mm**)

Cf = 2,85 (coeff. di forma).

$$k \approx 7,0 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

SCHEMA PROVA



STRALCIO DELLA RELAZIONE RELATIVA A : “ Progetto Esecutivo per “Interventi di Mitigazione del rischio idraulico dell’abitato di Seclì”cod. intervento LE045A/10 (campagna d’indagini, febbraio 2015- predisposta con tavolo tecnico del 7.10.2014 e approvata con nota del Commissario Delegato Straordinario n. 2983/14 del 17.11.2014)



COMMISSARIO STRAORDINARIO DELEGATO

"per l'attuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico nella Regione Puglia previsti nell'Accordo di Programma siglato il 25.11.2010"



INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'ABITATO DI SECLI'

Cod. Intervento LE045A/10

CUP J25D12000040001

CIG 5473994230

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione lavori sulla base del progetto definitivo redatto da soc. INVITALIA Attività Produttive via P.Boccanelli, 30 - Roma

Progetto esecutivo di ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni



Progettista esecutivo



Studio FC & RR Associati
SOCIETA' CONSORZIATA LEONARDO

Appaltatore



Catifra s.r.l.

Risultati e report indagini geognostiche ed idrauliche del progetto esecutivo

STUDIO FC & RR ASSOCIATI S.r.l.

Via Palermo n. 332

91012 MESSINA



revisi			verifiche			sommari		
0	0	5	4	4	6			
a. red.			progett.			d. ing. progett.		
			d. ing. sp.			d. ing. sp.		

03 Luglio 2016

1 PREMESSA

Con la presente s'intende restituire i risultati della campagna d'indagini preliminari predisposta con tavolo tecnico del 7.10.2014 e approvata con nota del Commissario Delegato Straordinario n. 2983/14 del 17.11.2014 e relativa ai lavori di "Mitigazione del rischio idraulico dell'abitato di Seclì (LE)" – Cod. interv. LE045A/10 - di cui il *Commissario Straordinario Delegato per l'attuazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico nella Regione Puglia – ex. DPCM 10/12/2010* è soggetto proponente e del quale l'Impresa Ca.Ti.Fra. S.r.l. di Barcellona P.G. (ME) è risultata aggiudicataria dell'appalto integrato.

In sede del succitato tavolo tecnico è infatti emersa la criticità in merito alla capacità di assorbimento dei terreni costituenti il fondo della vasca di progetto e per questo motivo è stato realizzato, in anticipazione al cronoprogramma di progetto e nel rispetto della tempistica dichiarata in occasione del citato tavolo tecnico dal rappresentante dell'impresa affidataria, uno dei previsti tre pozzi anidri disperdenti per consentire in esso l'esecuzione delle occorrenti prove di assorbimento.

Su richiesta del progettista sono state inoltre realizzate opportune prove idrauliche a carico variabile su fori di sondaggio, oltre a prove SPT, prove MASW ed analisi di laboratorio.

Le attività di cui sopra sono state realizzate nei giorni dal 03.02.2015 al 05.02.2015 come previsto dal cronoprogramma esecutivo trasmesso in data 21.01.2015. e sono consistite in:

- Esecuzione di prove di permeabilità a carico variabile (prove Lefranc) eseguite nel corso di sondaggi a rotazione e prove di immissione eseguite nel corso della perforazione del pozzo anidro;
- Esecuzione di prove SPT;
- Esecuzione di prove MASW;
- Prelievo di campioni rimaneggiati ed analisi di laboratorio eseguite sugli stessi;

Nei paragrafi a seguire sono riportate le modalità di esecuzione delle prove di cui sopra, la validazione delle stesse e l'interpretazione dei risultati.

2 PROVE IDRAULICHE

I sondaggi interessati dall'esecuzione delle prove idrauliche sono riportati nella figura 1 e nella planimetria allegata (allegato 1); in tabella 1 per gli stessi sono riportate le coordinate Gauss Boaga.

....omissis..

Lo schema geometrico utilizzato per l'interpretazione delle prove di immissione nel pozzo anidro a carico variabile è di seguito riportato:

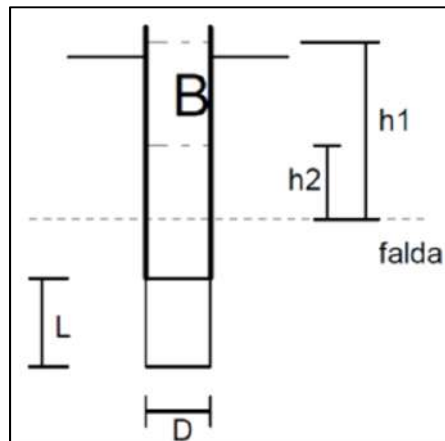


Fig.12 – schema geometrico interpretazione prove

Il calcolo della permeabilità è stato eseguito applicando la seguente relazione:

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

dove:

k [ms^{-1}] coefficiente di permeabilità

A [m^2] area filtrante del foro di sondaggio

h_1 e h_2 [m] altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello del fondo foro agli istanti t_1 e t_2

t_1 e t_2 [s] tempi ai quali si misurano h_1 e h_2

C_L [m] coefficiente di forma dipendente dall' area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

Per il coefficiente C_L sono suggeriti i seguenti valori :

Se $L \gg D$ $C_L = L$

Se $L < D$ $C_L = 2 \cdot \pi \cdot d + L$

Per le prove di immissione a carico variabile effettuate sul pozzo anidro i dati utilizzati per il calcolo della permeabilità sono riportati di seguito:

prova di immissione a -25 m				
r	11	cm	0,11	m
h	500	cm	5	m
A(laterale)	34540	cmq	3,454	mq
A(base)	379,94	cmq	0,037994	mq
A (tot)	34919,94	cmq	3,491994	mq
L	500	cm	5	m
Cl	500	cm	5	m
distanza BF/PC	80	cm	0,8	m
livello i da BF	2580	cm	25,8	m
livello f da BF	1714	cm	17,14	m
h(dislivello)	866	cm	8,66	m

Tabella 22 – input prova di immissione a profondità -25 metri

prova di immissione a -35 m				
r	11	cm	0,11	m
h	1500	cm	15	m
A(laterale)	103620	cmq	10,362	mq
A(base)	379,94	cmq	0,037994	mq
A (tot)	103999,94	cmq	10,399994	mq
L	1500	cm	15	m
Cl	1500	cm	15	m
distanza BF/PC	25	cm	0,25	m
livello i da BF	3525	cm	35,25	m
livello f da BF	1810	cm	18,1	m
h(dislivello)	1715	cm	17,15	m

Tabella 23 – input prova di immissione a profondità -35 metri

DATI prova di immissione a -45 m				
r	11	cm	0,11	m
h	1500	cm	15	m
A(laterale)	103620	cmq	10,362	mq
A(base)	379,94	cmq	0,037994	mq
A (tot)	103999,94	cmq	10,399994	mq
L	1500	cm	15	m
Cl	1500	cm	15	m
distanza BF/PC	25	cm	0,25	m
livello i da BF	3525	cm	35,25	m
livello f da BF	1810	cm	18,1	m
h(dislivello)	1715	cm	17,15	m

Tabella 24 – input prova di immissione a profondità -45 metri

I dati registrati durante le prove sono:

prova a -25 metri (A)		
Intervallo	t(sec)	Δh(cm)
0	0	866
15"	15	865,7
30"	30	864,8
1'	60	864,8
2'	120	864,8
4'	240	864,2
8'	480	864,2
15'	900	864
30'	1800	864
45'	2700	864
60'	3600	864

Tabella 25 – dati registrati prima prova di immissione a profondità -25 metri

prova a -25 metri (B)		
Intervallo	t(sec)	Δh(cm)
0	0	867
15"	15	866,7
30"	30	866
1'	60	865,6
2'	120	865,6
4'	240	865
8'	480	865
15'	900	864,4
30'	1800	864
45'	2700	864
60'	3600	864

Tabella 26 – dati registrati seconda prova di immissione a profondità -25 metri

prova a -35 metri (A)		
Intervallo	t(sec)	Δh(cm)
0	0	1685
15"	15	1675
30"	30	1665
1'	60	1647
2'	120	1617
4'	240	1483
8'	480	1309
15'	900	1245
30'	1800	1189
45'	2700	1180
60'	3600	1176

Tabella 27 – dati registrati prima prova di immissione a profondità -35 metri

prova a -35 metri (B)		
Intervallo	t(sec)	Δh(cm)
0	0	1715
15"	15	1705
30"	30	1692
1'	60	1673
2'	120	1657
4'	240	1604
8'	480	1322
15'	900	1256
30'	1800	1196
45'	2700	1184
60'	3600	1177

Tabella 28 – dati registrati seconda prova di immissione a profondità -35 metri

prova a -45 metri (A)		
Intervallo	t(sec)	$\Delta h(\text{cm})$
0	0	2555
15"	15	2535
30"	30	2525
1'	60	2508
2'	120	2485
4'	240	2465
8'	480	2354
15'	900	2235
30'	1800	2176
45'	2700	2109
60'	3600	2096

Tabella 29 – dati registrati prima prova di immissione a profondità -45 metri

prova a -45 metri (B)		
Intervallo	t(sec)	$\Delta h(\text{cm})$
0	0	2705
15"	15	2690
30"	30	2668
1'	60	2636
2'	120	2618
4'	240	2556
8'	480	2264
15'	900	2200
30'	1800	2123
45'	2700	2095
60'	3600	2081

Tabella 30 – dati registrati seconda prova di immissione a profondità -45 metri

Applicando le opportune relazioni è stato possibile ricavare i valori di permeabilità:

prova a -25 m (A)							
Intervallo	t(sec)	t2-t1(sec)	$\Delta h(\text{cm})$	$\Delta h(\text{cm})(\text{ass})$	h1/h2()	kv(cm/sec)	kv(m/sec)
0	0	15	866	0	1,000347	1,61E-03	1,61E-05
15"	15	15	865,7	0,3	1,001041	4,84E-03	4,84E-05
30"	30	30	864,8	1,2	1	0,00E+00	0,00E+00
1'	60	60	864,8	1,2	1	0,00E+00	0,00E+00
2'	120	120	864,8	1,2	1,000694	4,04E-04	4,04E-06
4'	240	240	864,2	1,8	1	0,00E+00	0,00E+00
8'	480	420	864,2	1,8	1,000231	3,85E-05	3,85E-07
15'	900	900	864	2	1	0,00E+00	0,00E+00
30'	1800	900	864	2	1	0,00E+00	0,00E+00
45'	2700	900	864	2	1	0,00E+00	0,00E+00
60'	3600		864	2			
						kmedia	6,90E-06

Tabella 31 – risultati prima prova a - 25 metri

prova a -25 m (B)							
Intervallo	t(sec)	t2-t1(sec)	$\Delta h(\text{cm})$	$\Delta h(\text{cm})(\text{ass})$	h1/h2()	k(cm/sec)	k(m/sec)
0	0	15	867	0	1,000346	7,85E-04	7,85E-06
15"	15	15	866,7	0,3	1,000808	1,83E-03	1,83E-05
30"	30	30	866	1	1,000462	5,24E-04	5,24E-06
1'	60	60	865,6	1,4	1	0,00E+00	0,00E+00
2'	120	120	865,6	1,4	1,000694	1,97E-04	1,97E-06
4'	240	240	865	2	1	0,00E+00	0,00E+00
8'	480	420	865	2	1,000694	5,62E-05	5,62E-07
15'	900	900	864,4	2,6	1,000463	1,75E-05	1,75E-07
30'	1800	900	864	3	1	0,00E+00	0,00E+00
45'	2700	900	864	3	1	0,00E+00	0,00E+00
60'	3600	48600	864	3	2,16	5,39E-04	5,39E-06
14h 30'	52200		400	467		kmedia	3,59E-06

Tabella 32 – risultati seconda prova a – 25 metri

prova a -35 m (A)							
Intervallo	t(sec)	t2-t1(sec)	$\Delta h(\text{cm})$	$\Delta h(\text{cm})(\text{ass})$	h1/h2()	k(cm/sec)	k(m/sec)
0	0	15	1685	0			
15"	15	15	1675	10	1,00597	2,75E-02	2,75E-04
30"	30	30	1665	20	1,006006	2,77E-02	2,77E-04
1'	60	60	1647	38	1,010929	2,51E-02	2,51E-04
2'	120	120	1617	68	1,018553	2,12E-02	2,12E-04
4'	240	240	1483	202	1,090357	5,00E-02	5,00E-04
8'	480	420	1309	376	1,132926	3,61E-02	3,61E-04
15'	900	900	1245	440	1,051406	8,28E-03	8,28E-05
30'	1800	900	1189	496	1,047098	3,55E-03	3,55E-05
45'	2700	900	1180	505	1,007627	5,85E-04	5,85E-06
60'	3600		1176	509	1,003401	2,62E-04	2,62E-06
						kmedia	2,00E-04

Tabella 33 – risultati prima prova a – 35 metri

prova a -35 m (B)							
Intervallo	t(sec)	t2-t1(sec)	$\Delta h(\text{cm})$	$\Delta h(\text{cm})(\text{ass})$	h1/h2()	k(cm/sec)	k(m/sec)
0	0	15	1715	0			
15"	15	15	1705	10	1,005865	1,33E-02	1,33E-04
30"	30	30	1692	23	1,007683	1,74E-02	1,74E-04
1'	60	60	1673	42	1,011357	1,28E-02	1,28E-04
2'	120	120	1657	58	1,009656	5,45E-03	5,45E-05
4'	240	240	1604	111	1,033042	9,22E-03	9,22E-05
8'	480	420	1322	393	1,213313	2,74E-02	2,74E-04
15'	900	900	1256	459	1,052548	4,15E-03	4,15E-05
30'	1800	900	1196	519	1,050167	1,85E-03	1,85E-05
45'	2700	900	1184	531	1,010135	3,81E-04	3,81E-06
60'	3600		1177	538	1,005947	2,24E-04	2,24E-06
						kmedia	9,21E-05

Tabella 34 – risultati seconda prova a – 35 metri

prova a -45 m (A)							
Intervallo	t(sec)	t2-t1(sec)	$\Delta h(cm)$	$\Delta h(cm)(ass)$	$h1/h2()$	k(cm/sec)	k(m/sec)
0	0	15	2555	0			
15"	15	15	2535	20	1,00789	3,63E-02	3,63E-04
30"	30	30	2525	30	1,00396	1,82E-02	1,82E-04
1'	60	60	2508	47	1,006778	1,56E-02	1,56E-04
2'	120	120	2485	70	1,009256	1,06E-02	1,06E-04
4'	240	240	2465	90	1,008114	4,66E-03	4,66E-05
8'	480	420	2354	201	1,047154	1,33E-02	1,33E-04
15'	900	900	2235	320	1,053244	8,55E-03	8,55E-05
30'	1800	900	2176	379	1,027114	2,06E-03	2,06E-05
45'	2700	900	2109	446	1,031769	2,41E-03	2,41E-05
60'	3600		2096	459	1,006202	4,76E-04	4,76E-06
						kmedia	1,12E-04

Tabella 35 – risultati prima prova a – 45 metri

prova a -45 m (B) (carico variabile)							
Intervallo	t(sec)	t2-t1(sec)	$\Delta h(cm)$	$\Delta h(cm)(ass)$	$h1/h2()$	k(cm/sec)	k(m/sec)
0	0	15	2705	0			
15"	15	15	2690	15	1,005576	1,26E-02	1,26E-04
30"	30	30	2668	37	1,008246	1,86E-02	1,86E-04
1'	60	60	2636	69	1,01214	1,37E-02	1,37E-04
2'	120	120	2618	87	1,006875	3,88E-03	3,88E-05
4'	240	240	2556	149	1,024257	6,79E-03	6,79E-05
8'	480	420	2264	441	1,128975	1,72E-02	1,72E-04
15'	900	900	2200	505	1,029091	2,32E-03	2,32E-05
30'	1800	900	2123	582	1,036269	1,35E-03	1,35E-05
45'	2700	900	2095	610	1,013365	5,02E-04	5,02E-06
60'	3600		2081	624	1,006728	2,53E-04	2,53E-06
						kmedia	7,72E-05

Tabella 36 – risultati seconda prova a – 45 metri

Nota la permeabilità media derivante dalle prove di immissione a carico variabile e calcolatane la media pari a

$$k_{media} = 8,2E-05$$

3 PROVE SPT

I sondaggi interessati dall'esecuzione delle prove SPT sono riportati nella figura a seguire e nella planimetria allegata; in tabella 1 per gli stessi sono riportate le coordinate Gauss Boaga.



Fig.13 - Planimetria ubicazione indagini

sondaggio	E	N
SPE1	2784138,14738000000	4447107,08744000000
SPE2	2783849,19538000000	4447407,31220000000

Tabella 37 – coordinate gauss boaga ubicazione sondaggi

3.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE

Generalità

Nella totalità sono state eseguite 4 prove SPT, due per ciascun sondaggio, alle profondità rispettivamente di - 2,50 m e 5,50 metri dal piano di campagna.

La prova penetrometrica dinamica SPT è consistita nell'infissione (a percussione) di un campionatore a partire da fondo foro. Il peso del maglio utilizzato è pari a 63.5 kg, mentre l'altezza di caduta è di 76 cm. Lo schema rappresentante l'esecuzione della prova è riportato nella figura a seguire:

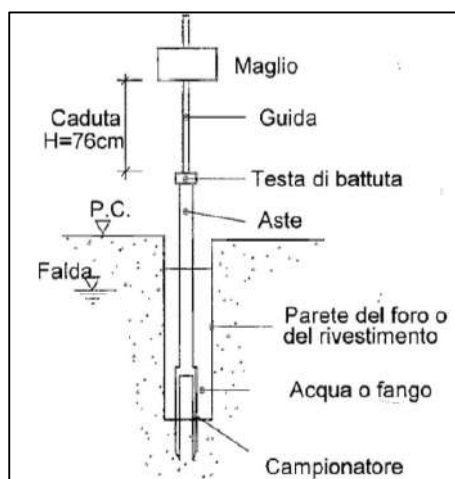


Fig.14 – Schema realizzazione prove SPT

Durante ciascuna prova è stata compiuta una infissione per 3 tratti profondi 15 cm per un totale di 45 cm e per ciascuna di esse è stato misurato il numero di colpi necessario, definendo resistenza dinamica il numero di colpi necessario all'infissione relativa agli ultimi 30 cm.

L'infissione relativa ai primi 15 cm a partire da fondo foro non è stata considerata ai fini del calcolo del numero di colpi in quanto tale tratto viene considerato caratterizzato da disturbo legato alla perforazione.

Nella tabella a seguire si riportano i risultati ottenuti:

sondaggio	prova	profondità	N1	N2	N3	Nspt/30 cm
(-)	(-)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)
SPE1	SPT	2,5	8	13	15	28
		5,5	10	18	20	38
SPE2	SPT	2,5	13	15	18	33
		5,5	7	13	13	26

Tabella 38 – risultati prove SPT

Attrezzature

L'attrezzatura utilizzata per la realizzazione delle prove SPT di cui alla presente è di seguito riportata:

- ✓ carotiere;
- ✓ campionatore;
- ✓ maglio di peso pari a 63,5 kg;

3.2 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE

Generalità

Considerando la natura coesiva dei terreni attraversati con la presente s'intende restituire i parametri geotecnici quali

- coesione non drenata c_u
- modulo edometrico M
- modulo di resistenza al taglio G_0

Per cercare di uniformare e standardizzare i risultati delle prove SPT è stata adottata la formulazione di Skempton (1986) che propone una serie di fattori di correzione da applicare al valore di N misurato in sito, riportando lo stesso valore di N a un'energia standardizzata al 60% secondo la seguente equazione:

$$N_{60} = N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R$$

Dove N = numero dei colpi per l'affondamento di 30 cm misurato nella prova

N_{60} = valore di N corretto per un'efficienza del 60%

C_E = correzione per il rapporto di energia

C_B = correzione per il diametro del foro

C_S = correzione per il metodo di campionamento

C_R = correzione per la lunghezza delle aste

E_R = rendimento del sistema di battitura secondo la norma ASTM D-4633-86.

La correzione per il rapporto di energia è stata calcolata come

$$C_E = \frac{E_R}{60}$$

Gli altri fattori correttivi sono valutati utilizzando i valori elencati nelle tabelle seguenti:

Diametro del sondaggio (mm)	C_B
65 + 115	1,00
150	1,05
200	1,15

Campionatore	C_S
Standard	1,00
Con portacampioni (sabbie dense)	0,8
Con portacampioni (sabbie sciolte)	0,9

Lunghezza delle aste sotto la testa di battuta (m)	C_R
3 + 4	0,75
4 + 6	0,85
6 + 10	0,95
> 10	1,00

Tabella 39 – coefficienti di normalizzazione di N_{spt}

Il valore di N_{60} così ottenuto è stato normalizzato per la pressione litostatica efficace, al fine di poter comparare prove eseguite a profondità diverse.

Per la valutazione di C_N è stata utilizzata la soluzione proposta da Liao e Whitman (esprimendo la tensione litostatica efficace σ'_v in KPa):

$$C_N = \sqrt{\frac{9,81}{\sigma'_v}}$$

Si noti che il valore di C_N nell'applicazione pratica non può essere superiore a 2,0 e preferibilmente non deve essere superiore a 1,5. La resistenza normalizzata è stata allora la seguente

$$N_{1(60)} = C_N \cdot N_{60}$$

dove $N_{1(60)}$ rappresenta il valore di N_{60} corretto per la tensione litostatica

Per la determinazione della coesione non drenata è stata adottata la relazione di Terzaghi e Peck:

$$c_u = 0,067 \cdot N_{SPT}$$

espressa in kg/cm²

Per la determinazione del modulo edometrico è stata adottata invece la formulazione di Stroud, valida per argille di media plasticità:

$$M = 5 \cdot N_{spt}$$

espressa in kg/cm²

Per il calcolo del modulo di taglio è stata invece adottata la formulazione di Ohsaki

$$G_0 = a \cdot N_{spt}^b$$

espressa in t/m²

Dove

a=1400

b=0,78

Risultati ottenuti

Con riferimento alle formulazioni precedentemente esposte si è ricavato quanto riportato nelle tabelle a seguire:

COESIONE NON DRENATA			
SPE1		SPE2	
Profondità prova		Profondità prova	
2,50 m	5,5 m	2,5 m	5,5 m
Cu (KPa)		Cu (KPa)	
258	254,6	221,1	174,2

Tabella 40 – valori di coesione non drenata

MODULO EDOMETRICO			
SPE1		SPE2	
Profondità prova		Profondità prova	
2,50 m	5,5 m	2,5 m	5,5 m
M (MPa)		M (MPa)	
20	19	16,5	13

Tabella 41 – valori di modulo edometrico

MODULO DI RESISTENZA AL TAGLIO			
SPE1		SPE2	
Profondità prova		Profondità prova	
2,50 m	5,5 m	2,5 m	5,5 m
G0 (MPa)		G0 (MPa)	
24,9	23,9	21,4	17,8

Tabella 42 – valori di modulo di resistenza al taglio

4 PROVE MASW

Il piano di indagini preliminari di cui in premessa ha previsto, fra le altre l'esecuzione di n. 2 prove MASW realizzate in corrispondenza dei sondaggi SPE1 ed SPE2.

Per l'esattezza gli stendimenti sono stati realizzati rispettivamente nei punti individuati dalle coordinate:

- 1) Latitudine: 40° 07' 57" N
Longitudine : 18° 06' 01" E
- 2) Latitudine : 40° 08' 06" ' N
Longitudine: 18° 05' 49" E

Gli stessi punti sono riportati nella figura seguente:



Fig.15 – ubicazione prove MASW

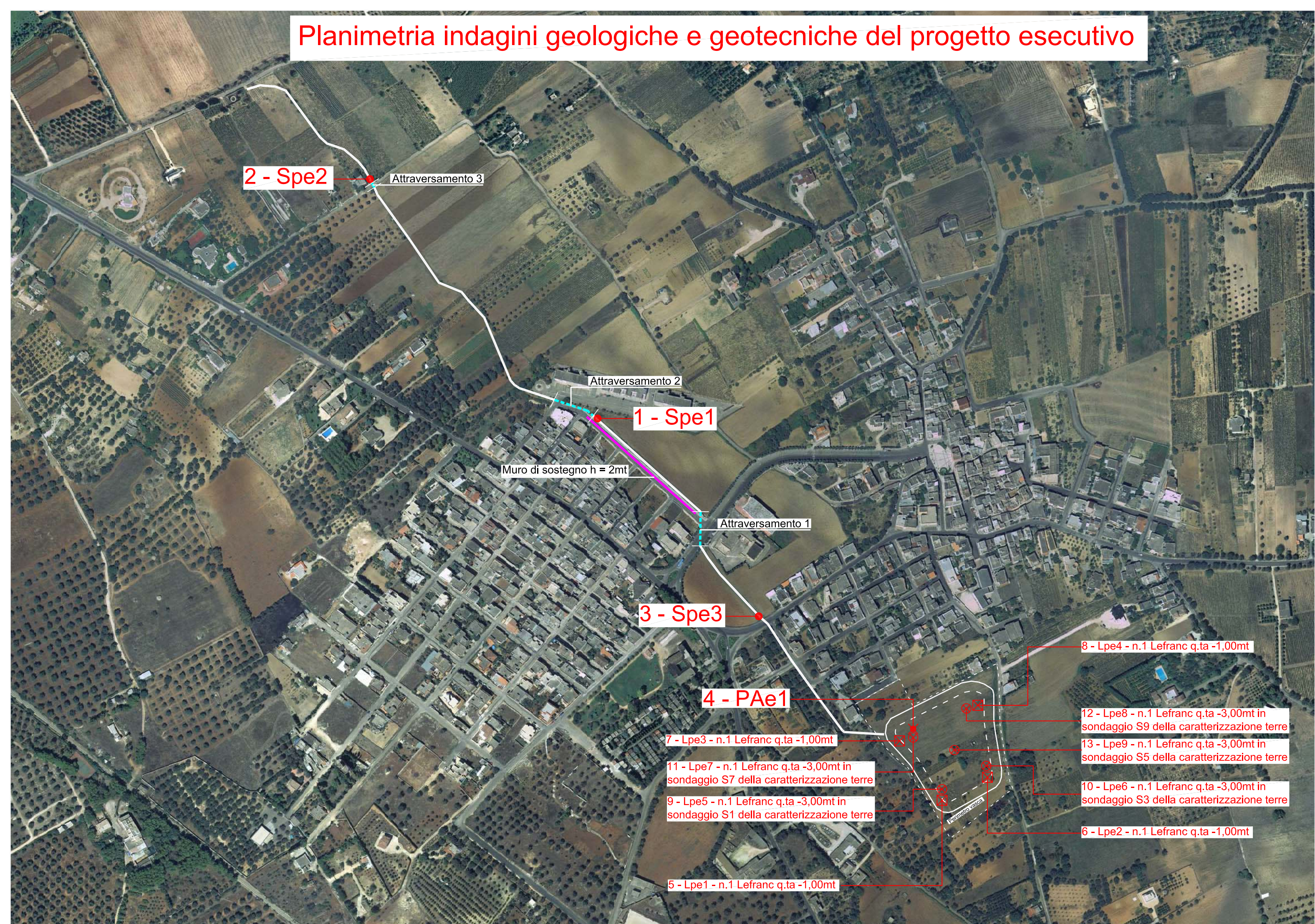
Per i dettagli relativi alle modalità di esecuzione delle prove di cui sopra si rimanda all'allegato 2.

Il profilo sismico con metodologia MASW n.1 ha messo in evidenza un valore di **Vs30** pari a **491 m/s**, mentre il profilo n.2 ha messo in evidenza un valore di **Vs30** pari a **512 m/s**. Con tali valori di velocità, secondo le direttive del Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante le "Norme Tecniche per le costruzioni", la categoria di suolo individuata per i terreni esaminati in entrambi i profili sismici, é **categoria B**.

ALLEGATO 1

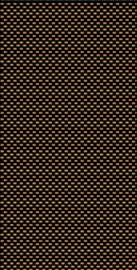
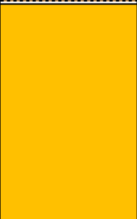
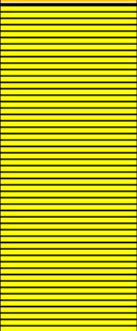
Planimetria ubicazione sondaggi

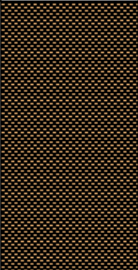

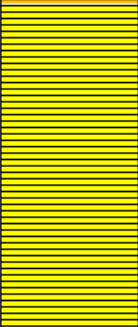
Planimetria indagini geologiche e geotecniche del progetto esecutivo



ALLEGATO 4

Stratigrafie sondaggi

SONDAGGIO SPE1				
Metri Batt.	Litologia	Prof. M	Spess. M	Descrizione
0		1	1	Terreno vegetale dal colore bruno-tabacco -marrone, a granulometria limo-argillosa contenente clasti carbonatici sub-angolari di dimensioni millimetrici a centimetrici.
1				
2		2,8	1,8	Sabbia Limosa di colore bruno tabacco. Sono presenti evidenti tracce di ossidazione di colore rossastro ed abbondanti nuclei carboniosi di dimensioni millimetrici.
3				
4		10	7,2	Argille limose di colore gialla. Si evidenziano la presenza di alternanze <u>decimetriche</u> di limi e sabbie, con livelli carbonatici sub centimetrici.
5				
6				
7				
8				
9				
10				

SONDAGGIO SPE2				
Metri Batt.	Litologia	Prof. M	Spess. M	Descrizione
0		1	1	Terreno vegetale dal colore bruno-tabacco -marrone, a granulometria limo-argillosa contenente clasti carbonatici sub-angolari di dimensioni millimetrici a centimetrici.
1				
2		4,8	3,8	Limo argilloso-sabbioso dal colore bruno tabacco. Sono presenti evidenti tracce di ossidazione di colore rossastro ed abbondanti nuclei carboniosi di dimensioni millimetrici.
3				
4				
5				
6		9,5	4,7	Argille limose di colore gialla con livelli di ossidazione color rossastro. Sono presenti alternanze <u>decimetriche</u> di limi e sabbie, con livelli carbonatici sub centimetrici misti ad inclusi arenacei.
7				
8				
9				
10				