



Committente

tecnici

Progetto definitivo

FRI-EL S.p.a.
Piazza della Rotonda 2
I-00186 Roma (RM)

committente

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina - Serra del Corvo" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili avente potenza pari a 200 MW nei Comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA)

progetto

contenuto Indagini geologiche e geotecniche e monitoraggi (con allegati). Prove in sito

redatto		modificato		scala	elaborato n.
gm		a			PD-R.20.1
controllato		b			
cl		c			
pagine	71	n. progetto	21-208	21_208_PSW_Gravina\einr1\text\PD-R.20_relazione_indagini_monitoraggi_01.docx	

GM

Studio di Geologia Applicata e Geofisica Applicata

Dott. Geol. Gianpiero Monti

Dott. Geol. Gianpiero Monti

Via C. Battisti 21 – 83053 Sant'Andrea di Conza (AV)

tel. +39 0827 35 247

gianpiero.monti@alice.it



BETTIOL ING. LINO SRL

Società di Ingegneria

S.L.: Via G. Marconi 7 - 31027 Spresiano (TV)

S.O.: Via Panà 56ter - 35027 Noventa Padovana (PD)

Tel. 049 7332277 - Fax. 049 7332273

E-mail: bettiolinglinosrl@legalmail.it

patscheiderpartner

E N G I N E E R S

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

i-39024 mals/malles (bz) - glurnserstraße 5/k via glorenza

i-39100 bozen/bolzano - negrellistraße 13/c via negrelli

a-6130 schwaz - mindelheimerstraße 6

tel. +39 0473 83 05 05 – fax +39 0473 83 53 01

info@ipp.bz.it – www.patscheiderpartner.it

Indice

1. PREMESSA	2
2. INDAGINI IN SITO E MONITORAGGI	3

1. PREMESSA

Il sottoscritto dott. Geologo Gianpiero Monti, debitamente abilitato ed iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n°935, con Studio Tecnico in Sant'Andrea di Conza al Corso C. Battisti n°21, su incarico della *FRI – EL S.p.A.* - Piazza della Rotonda n°2 - 00186 Roma, ha provveduto ad eseguire lo Studio di Geologico – Tecnico relativo alla realizzazione dell'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina – Serro del Corvo" e relative opere di connessione ed infrastrutture indispensabili avente potenza a 200 MW nei comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA). Il presente documento riporta tutte i monitoraggi/indagini geologiche, geotecniche e geofisiche effettuate in sito, relative al progetto di cui trattasi. In particolare sono state effettuate le seguenti indagini:

- N°5 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo, ognuno spinto a differente profondità dal p.c. attuale, per un totale di 210 m di perforazione;
- N°4 prospezioni sismiche con tecnica MASW effettuate con un sismografo digitale a 24 canali di acquisizione, utilizzando 24 geofoni equispaziati;
- N°4 prospezioni geoelettriche multielettrodo con tecnica TEV effettuate con un georesistivimetro digitale a 48 canali di acquisizione;
- N°13 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile in foro di sondaggio.

Tutte le indagini e prove in sito, sono state seguite (sondaggi ed altre prove in sito) direttamente dallo scrivente. Le indagini in sito sono state effettuate dalla ditta *Geoservice S.r.l.* via J.F. Kennedy, 36 - Lucera (FG).

Sant'Andrea di Conza, Roma, lì 22.12.2021

Il Tecnico

Dr. Geol. Gianpiero Monti



2. INDAGINI IN SITO E MONITORAGGI



GeoService

Servizi Geologici

GEOFISICA, GEOELETRICA, GEOTECNICA E PENETROMETRIA

LUCERA (FG)

Via Kennedy 36

tel. & fax. 0881 500025

tel. cell. 328/7178199

**PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO IDROELETTRICO IN AGRO DEL
COMUNE DI GRAVINA IN PUGLIA (BA)**

**SONDAGGIO GOGNOSTICO,
PROVE DI PERMEABILITA'
SONDAGGI SISMICI MASW**

LUCERA, OTTOBRE/NOVEMBRE 2021

IL COMMITTENTE

**FRI-EL S.P.A
DOTT. GEOL. G. MONTI**

GEOSERVICE S.a.s.

Il Responsabile Tecnico

Dott. S. Finamore

GEO SERVICE
di Finamore S. & C. s.a.s.
Via Kennedy, 36
71036 LUCERA (FG)
Partita IVA 03809040717

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le perforazioni sono state eseguita con una sonda cingolata CASAGRANDE C6, a carotaggio continuo, con un carotiere semplice del diametro di 101 mm, uso di camicie di rivestimento $\varnothing = 127$ mm. Sono stati eseguiti n. 5 sondaggi geognostici con differenti profondità

PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

Le prove di laboratorio sono state effettuate presso il Laboratorio Geotecnico *SOIL PROJECT S.a.s.* di Calvi (BN), autorizzato dal Ministero dell'Infrastrutture e dei Trasporti.

SONDAGGI SISMICI MASW

Per i sondaggi sismici di superficie MASW-SASW è stato utilizzato un sismografo a rifrazione PASI 16S24U a 24 canali, con le seguenti caratteristiche:

Numero canali	12 o 24
Hard-Disk	3.2 Gb o superiore
Risoluzione di acquisizione	16 bit
Intervallo di campionamento	32 - 2048 msec
Tempi di campionamento	16 μ s – 2 ms
Geofono Frequenza	4.5 Hz
Software acquisizione	SEISMO-SOFT
Software elaborazione	WINMASW

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: FRI-EL S.p.a.
Cantiere: Impianto Idroelettrico
Località: Gravina in Puglia (BA)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1,5 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

OPERATORE

RESPONSABILE

PROVA ...S1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
 26/10/2021 – 27/10/2021

Profondità (m)	Nr. Colpi
5,15	5
5,30	8
5,45	13
7,15	7
7,30	9
7,45	15
12,65	8
12,80	10
12,95	18
19,15	13
19,30	19
19,45	21

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	21	5,45	Terzaghi-Peck (1948)	1,00
Strato 2	24	7,45	Terzaghi-Peck (1948)	1,00
Strato 3	28	12,95	Terzaghi-Peck (1948)	1,00
Strato 4	40	19,45	Terzaghi-Peck (1948)	---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	21	5,45	Robertson (1983)	42,00
Strato 2	24	7,45	Robertson (1983)	48,00
Strato 3	28	12,95	Robertson (1983)	56,00
Strato 4	40	19,45	Robertson (1983)	80,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	21	5,45	Stroud e Butler (1975)	96,35
Strato 2	24	7,45	Stroud e Butler (1975)	110,11
Strato 3	28	12,95	Stroud e Butler (1975)	128,46
Strato 4	40	19,45	Stroud e Butler (1975)	183,52

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	21	5,45	Schultze	221,10
Strato 2	24	7,45	Schultze	255,60
Strato 3	28	12,95	Schultze	301,60
Strato 4	40	19,45	Schultze	439,60

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	21	5,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente
Strato 2	24	7,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente
Strato 3	28	12,95	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente
Strato 4	40	19,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Estrem. Consistente

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	21	5,45	Meyerhof ed altri	2,10
Strato 2	24	7,45	Meyerhof ed altri	2,11
Strato 3	28	12,95	Meyerhof ed altri	2,14
Strato 4	40	19,45	Meyerhof ed altri	2,53

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	21	5,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,12
Strato 2	24	7,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,20
Strato 3	28	12,95	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,31
Strato 4	40	19,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,74

Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 1 Prova n. 1 Data: 26/10/2021 ora: 11:29

Profondità fondo foro : 5,50 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

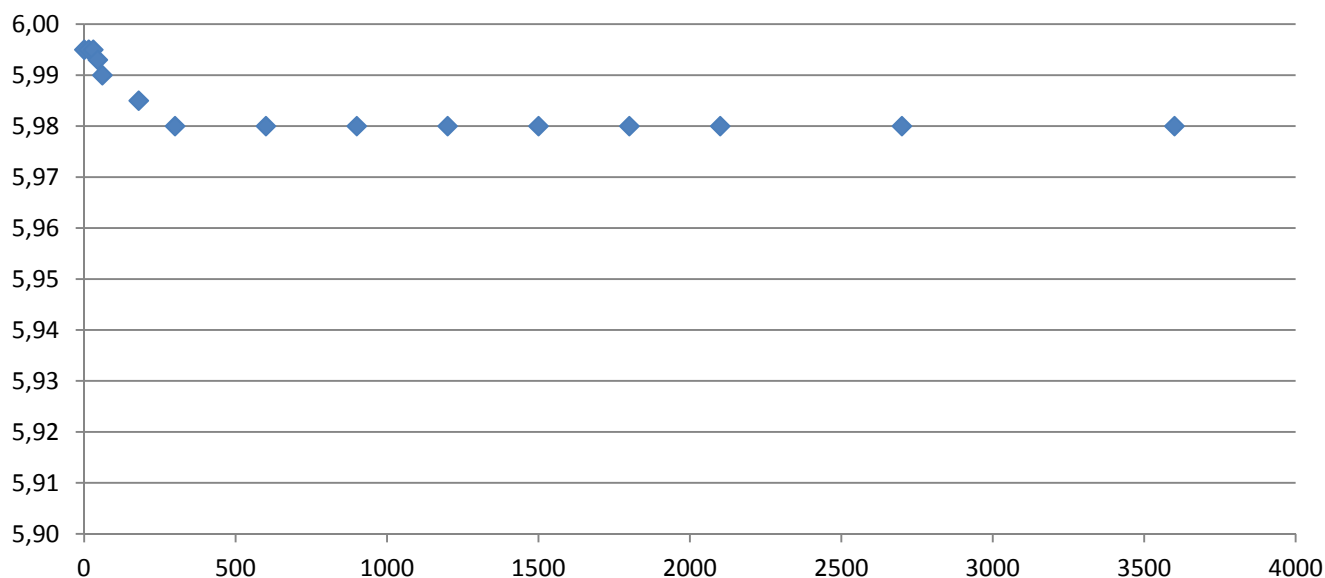
Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,50 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 13,16	0	0,025	6,00
Area di Filtrazione A= 0,537 m ²	15	0,025	6,00
Fattore di Forma F= 5,00 m	30	0,025	6,00
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,52 m	45	0,027	5,99
Profondità fondo foro Hf= 5,50 m	60	0,030	5,99
Carico Idrico Ci = 6,02 m	180	0,035	5,99
	300	0,040	5,98
	600	0,040	5,98
	900	0,040	5,98
	1200	0,040	5,98
	1500	0,040	5,98
	1800	0,040	5,98
	2100	0,040	5,98
	2700	0,040	5,98
	3600	0,040	5,98

Coefficiente di permeabilità: $K = 4,13E-07$ m/sec

Carico Idrico (m) - Tempo (sec)



Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 1 Prova n. 2 Data: 26/10/2021 ora: 13:45

Profondità fondo foro : 10,50 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

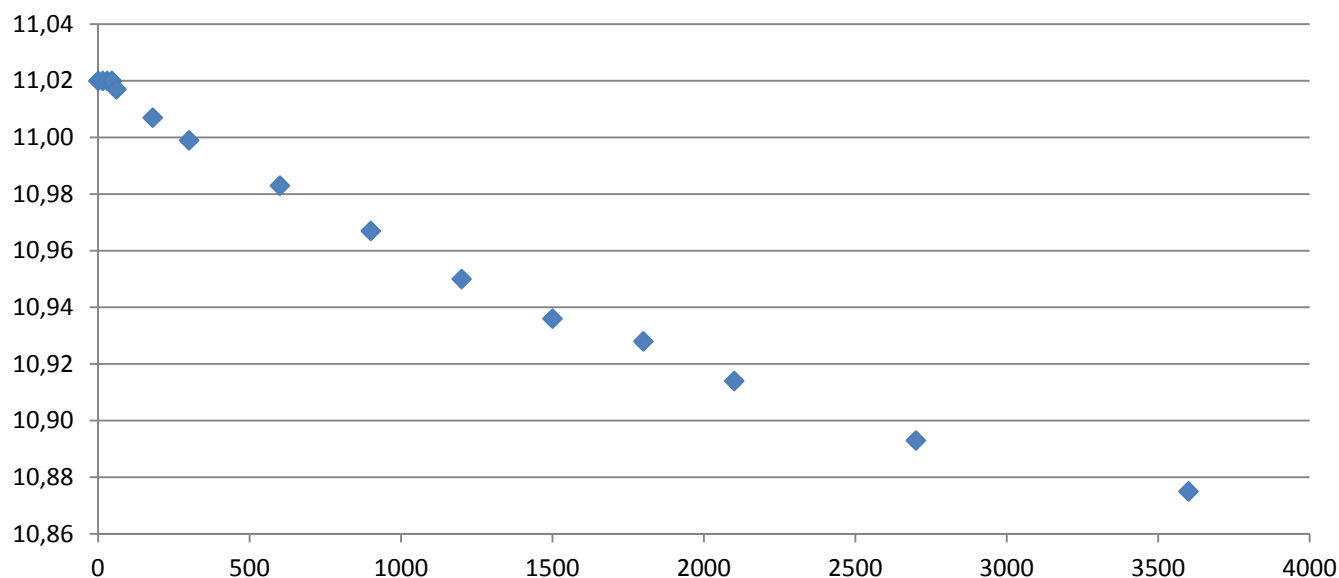
Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,50 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 13,16	0	0	11,02
Area di Filtrazione A= 0,537 m ²	15	0,000	11,02
Fattore di Forma F= 5,00 m	30	0,000	11,02
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,52 m	45	0,000	11,02
Profondità fondo foro Hf= 10,50 m	60	0,003	11,02
Carico Idrico Ci = 11,02 m	180	0,013	11,01
	300	0,021	11,00
	600	0,037	10,98
	900	0,053	10,97
	1200	0,070	10,95
	1500	0,084	10,94
	1800	0,092	10,93
	2100	0,106	10,91
	2700	0,127	10,89
	3600	0,145	10,88

Coefficiente di permeabilità: $K = 4,30E-07$ m/sec

Carico Idrico (m) - Tempo (sec)



Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 1 Prova n. 3 Data: 27/10/2021 ora: 10:51

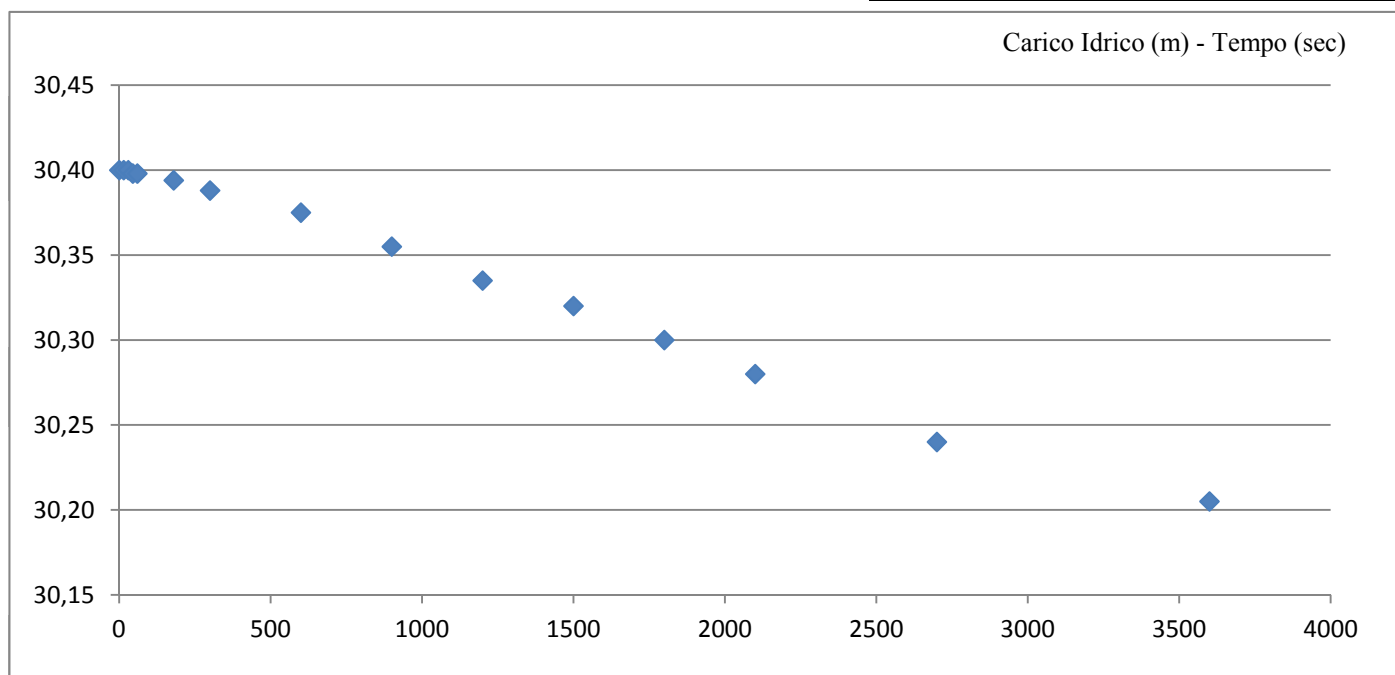
Profondità fondo foro : 30,00 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,50 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 13,16	0	0	30,40
Area di Filtrazione A= 0,537 m ²	15	0,000	30,40
Fattore di Forma F= 5,00 m	30	0,000	30,40
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,40 m	45	0,002	30,40
Profondità fondo foro Hf= 30,00 m	60	0,002	30,40
Carico Idrico Ci = 30,40 m	180	0,006	30,39
	300	0,012	30,39
	600	0,025	30,38
	900	0,045	30,36
	1200	0,065	30,34
	1500	0,080	30,32
	1800	0,100	30,30
	2100	0,120	30,28
	2700	0,160	30,24
	3600	0,195	30,21

Coefficiente di permeabilità: $K = 1,46E-07$ m/sec



Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 1 Prova n. 4 Data: 28/10/2021 ora: 11:41

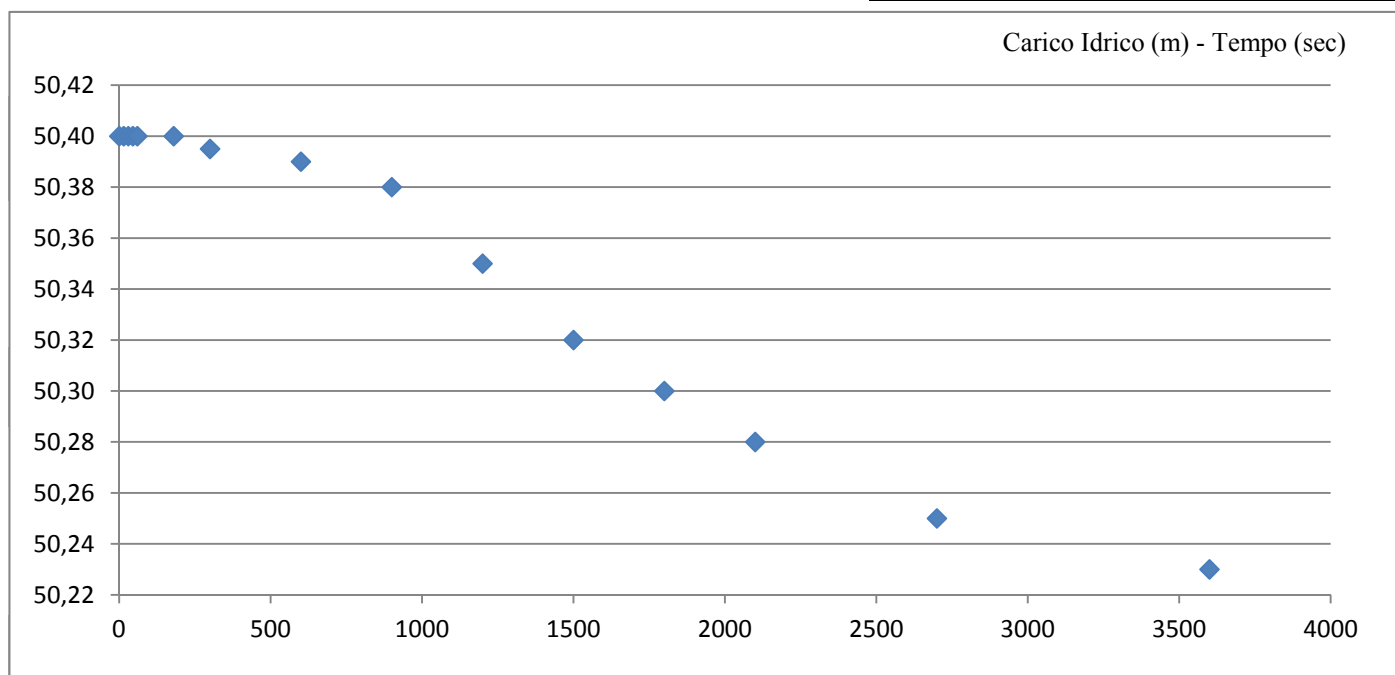
Profondità fondo foro : 50,00 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

Parametri di Prova

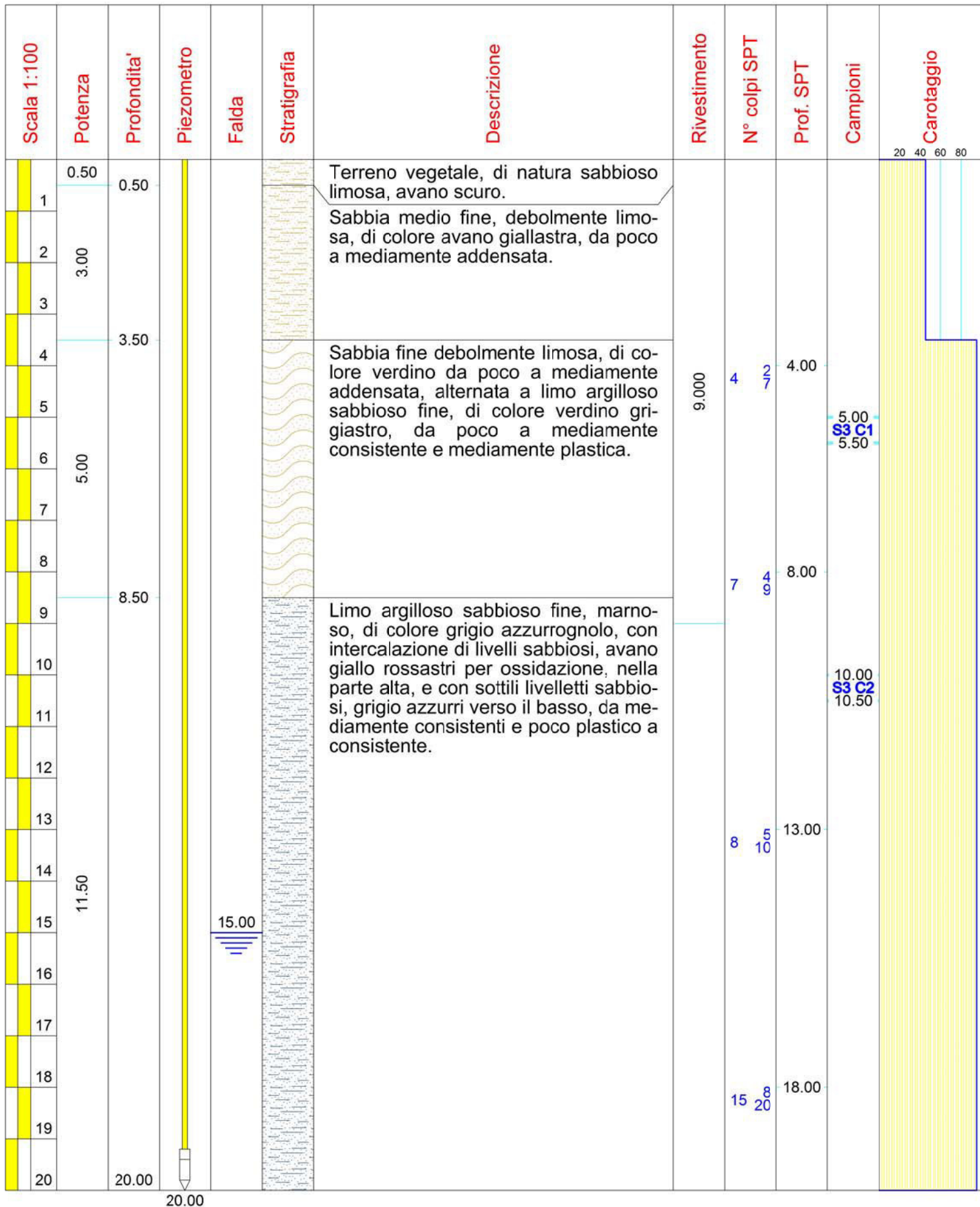
Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77	0	0	50,40
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²	15	0,000	50,40
Fattore di Forma F= 5,00 m	30	0,000	50,40
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,40 m	45	0,000	50,40
Profondità fondo foro Hf= 50,00 m	60	0,000	50,40
Carico Idrico Ci = 50,40 m	180	0,000	50,40
	300	0,005	50,40
	600	0,010	50,39
	900	0,020	50,38
	1200	0,050	50,35
	1500	0,080	50,32
	1800	0,100	50,30
	2100	0,120	50,28
	2700	0,150	50,25
	3600	0,170	50,23

Coefficiente di permeabilità: $K = 3,72E-08$ m/sec



Committente	FRI-EL S. r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	Impianto Idroelettrico	3	
Località	Gravina di Puglia (BA)	Il geologo	
Data Inizio	03/11/2021	Data Fine	04/11/2021
		Dott. S. Finamore	



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: FRI-EL S.p.a
Cantiere: Impianto Idroelettrico
Località: Gravina in Puglia (BA)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1,5 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

OPERATORE

RESPONSABILE

PROVA ...S3

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
 04/11/2021

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,15	2
4,30	4
4,45	7
8,15	4
8,30	7
8,45	9
13,15	5
13,30	8
13,45	10
18,15	8
18,30	15
18,45	20

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S3**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	11	4,45	11	Gibbs & Holtz 1957	83,25

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	11	4,45	11	Owasaki & Iwasaki	29,83

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	11	4,45	11	Bowles (1982) Sabbia Media	130,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	11	4,45	11	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	87,06

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	11	4,45	11	Classificazione A.G.I. 1977	Moder. Addensato

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	11	4,45	11	Meyerhof ed altri	1,76

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	11	4,45	11	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	11	4,45	11	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	541,00

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	11	4,45	11	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	11	4,45	11	Navfac 1971-1982	2,31

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	11	4,45	11	Robertson 1983	22,00

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	16	8,45	Terzaghi-Peck (1948)	1,00
Strato 3	18	13,45	Terzaghi-Peck (1948)	1,00
Strato 4	35	18,45	Terzaghi-Peck (1948)	---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 2	16	8,45	Robertson (1983)	32,00
Strato 3	18	13,45	Robertson (1983)	36,00
Strato 4	35	18,45	Robertson (1983)	70,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	16	8,45	Stroud e Butler (1975)	73,41
Strato 3	18	13,45	Stroud e Butler (1975)	82,58
Strato 4	35	18,45	Stroud e Butler (1975)	160,58

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 2	16	8,45	Schultze	163,60
Strato 3	18	13,45	Schultze	186,60
Strato 4	35	18,45	Schultze	382,10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 2	16	8,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente
Strato 3	18	13,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente
Strato 4	35	18,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Estrem. Consistente

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	16	8,45	Meyerhof ed altri	2,08
Strato 3	18	13,45	Meyerhof ed altri	2,09
Strato 4	35	18,45	Meyerhof ed altri	2,28

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	16	8,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 3	18	13,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 4	35	18,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,54

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: FRI-EL S.p.a
 Cantiere: Impianto Idroelettrica
 Località: Gravina in Puglia (BA)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1,5 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

OPERATORE

RESPONSABILE

PROVA ...S4

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 22/10/2021

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	7
3,30	17
3,45	39
9,15	6
9,30	8
9,45	10
15,65	6
15,80	8
15,95	11
19,15	6
19,30	9
19,45	11
26,15	10
26,30	18
26,45	16

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S4**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 3	19	15,95	Terzaghi-Peck (1948)	1,00
Strato 4	20	19,45	Terzaghi-Peck (1948)	1,00
Strato 5	34	26,45	Terzaghi-Peck (1948)	---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 3	19	15,95	Robertson (1983)	38,00
Strato 4	20	19,45	Robertson (1983)	40,00
Strato 5	34	26,45	Robertson (1983)	68,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 3	19	15,95	Stroud e Butler (1975)	87,17
Strato 4	20	19,45	Stroud e Butler (1975)	91,76
Strato 5	34	26,45	Stroud e Butler (1975)	155,99

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 3	19	15,95	Schultze	198,10
Strato 4	20	19,45	Schultze	209,60
Strato 5	34	26,45	Schultze	370,60

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 3	19	15,95	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente
Strato 4	20	19,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente
Strato 5	34	26,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Estrem. Consistente

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	19	15,95	Meyerhof ed altri	2,10
Strato 4	20	19,45	Meyerhof ed altri	2,10
Strato 5	34	26,45	Meyerhof ed altri	2,25

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	19	15,95	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 4	20	19,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 5	34	26,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,51

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	56	3,45	56	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 2	18	9,45	18	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	56	3,45	56	Owasaki & Iwasaki	48,47
Strato 2	18	9,45	18	Owasaki & Iwasaki	33,97

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	56	3,45	56	Bowles (1982) Sabbia Media	355,00
Strato 2	18	9,45	18	Bowles (1982) Sabbia Media	165,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	56	3,45	56	Menzenbach e Malcev (Sabbia)	287,76

				media)	
Strato 2	18	9,45	18	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	118,28

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	56	3,45	56	Classificazione A.G.I. 1977	Molto Addensato
Strato 2	18	9,45	18	Classificazione A.G.I. 1977	Moderatamente Addensato

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	56	3,45	56	Meyerhof ed altri	2,26
Strato 2	18	9,45	18	Meyerhof ed altri	1,95

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	56	3,45	56	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 2	18	9,45	18	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	56	3,45	56	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1462,36
Strato 2	18	9,45	18	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	730,94

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	56	3,45	56	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0.35
Strato 2	18	9,45	18	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	56	3,45	56	Navfac 1971-1982	9,13
Strato 2	18	9,45	18	Navfac 1971-1982	3,69

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	56	3,45	56	Robertson 1983	112,00
Strato 2	18	9,45	18	Robertson 1983	36,00

Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 4 Prova n. 1 Data: 21/10/2021 ora: 09:13

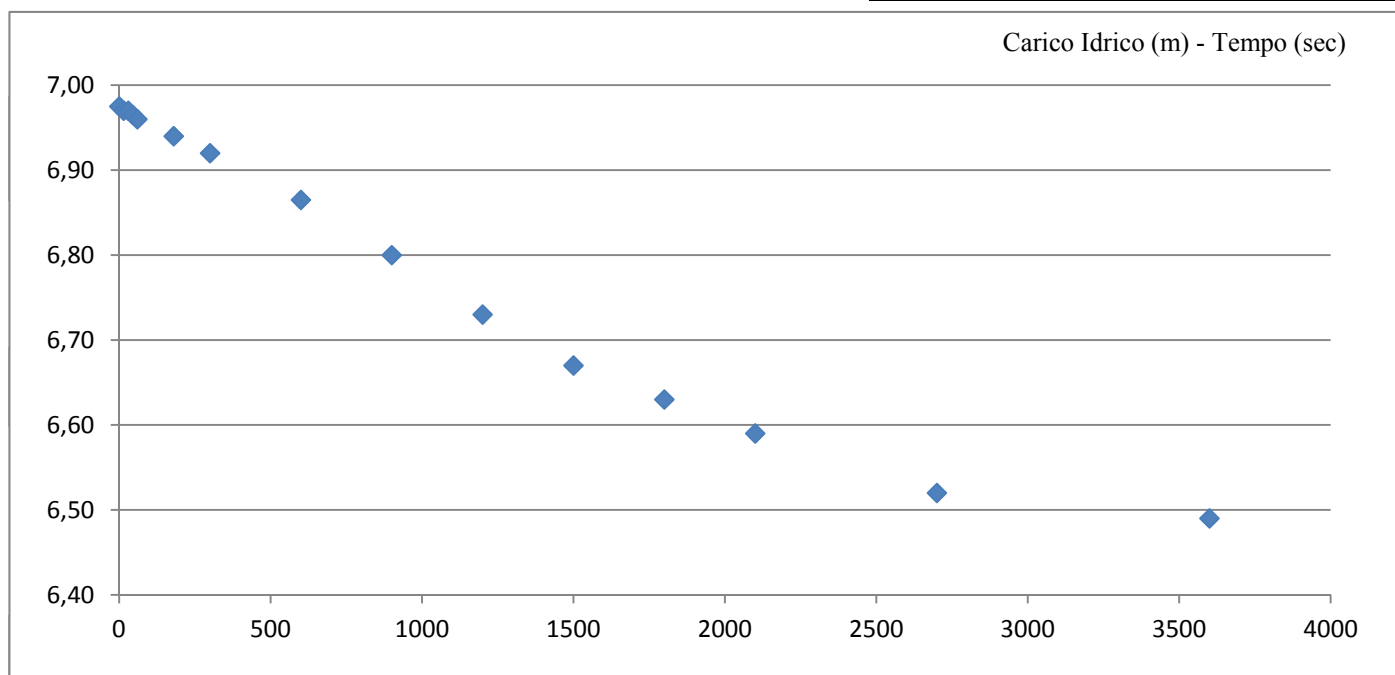
Profondità fondo foro : 6,50 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m	Abbassamento (m)
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77	Carico Idrico Ci (m)
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²	0
Fattore di Forma F= 3,00 m	15
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,49 m	30
Profondità fondo foro Hf= 6,50 m	45
Carico Idrico Ci = 6,99 m	60
	180
	300
	600
	900
	1200
	1500
	1800
	2100
	2700
	3600

Coefficiente di permeabilità: $K = 3,28E-06$ m/sec



Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 4 Prova n. 2 Data: 21/10/2021 ora: 10:54

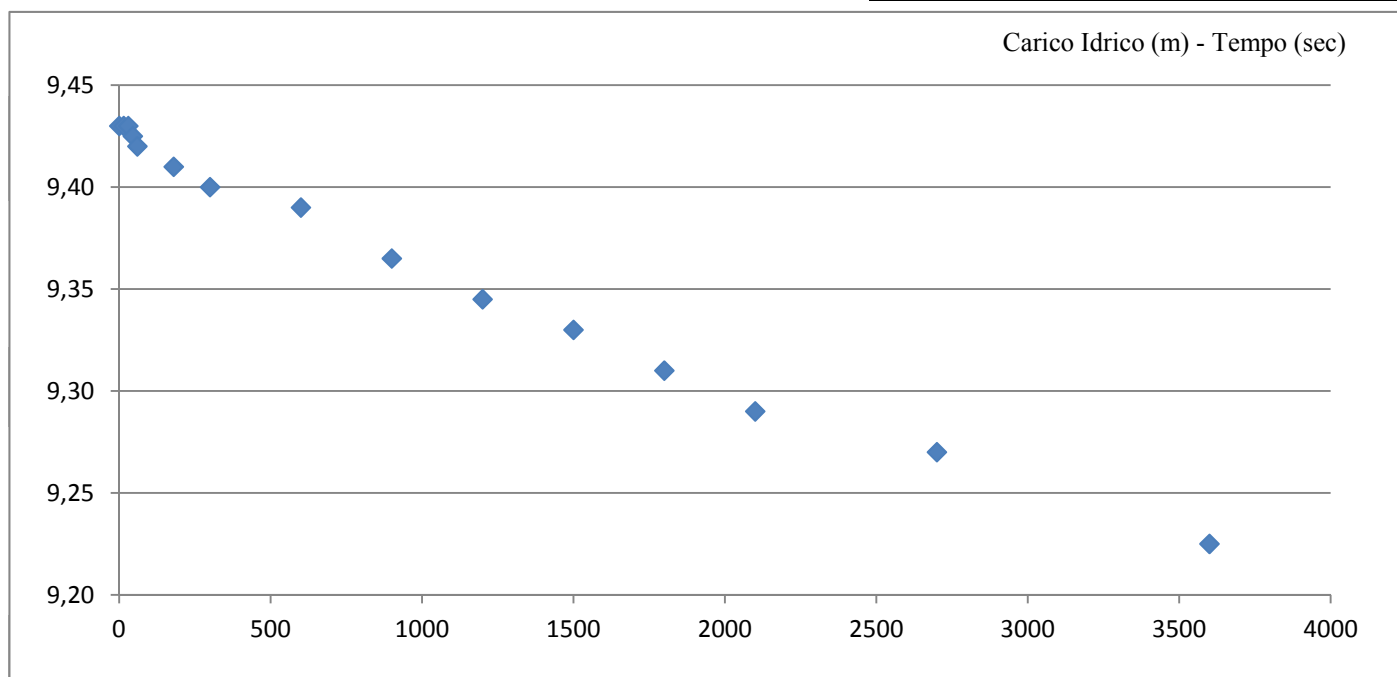
Profondità fondo foro : 9,00 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77	0	0	9,43
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²	15	0,000	9,43
Fattore di Forma F= 3,00 m	30	0,000	9,43
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,43 m	45	0,005	9,43
Profondità fondo foro Hf= 9,00 m	60	0,010	9,42
Carico Idrico Ci = 9,43 m	180	0,020	9,41
	300	0,030	9,40
	600	0,040	9,39
	900	0,065	9,37
	1200	0,085	9,35
	1500	0,100	9,33
	1800	0,120	9,31
	2100	0,140	9,29
	2700	0,160	9,27
	3600	0,205	9,23

Coefficiente di permeabilità: $K = 9,20E-07$ m/sec



Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 4 Prova n. 3 Data: 21/10/2021 ora: 12:33

Profondità fondo foro : 12,50 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

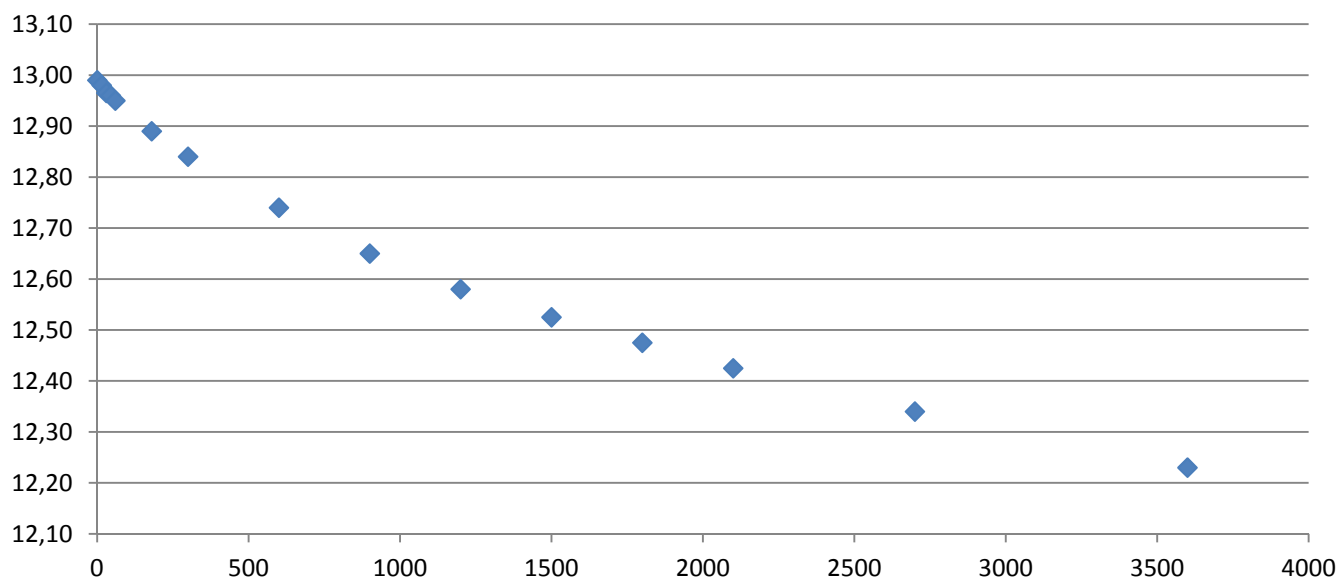
Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77	0	0	12,99
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²	15	0,010	12,98
Fattore di Forma F= 3,00 m	30	0,025	12,97
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,49 m	45	0,030	12,96
Profondità fondo foro Hf= 12,50 m	60	0,040	12,95
Carico Idrico Ci = 12,99 m	180	0,100	12,89
	300	0,150	12,84
	600	0,250	12,74
	900	0,340	12,65
	1200	0,410	12,58
	1500	0,465	12,53
	1800	0,515	12,48
	2100	0,565	12,43
	2700	0,650	12,34
	3600	0,760	12,23

Coefficiente di permeabilità: $K = 3,98E-06$ m/sec

Carico Idrico (m) - Tempo (sec)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: FRI-EL S.r.l.
Cantiere: Impianto Idroelettrico
Località: Gravina di Puglia (BA)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094			
Peso Massa battente	63,5	Kg		
Altezza di caduta libera	0,76	m		
Peso sistema di battuta	4,2	Kg		
Diametro punta conica		50,46	mm	
Area di base punta	20	cm ²		
Lunghezza delle aste	1,5	m		
Peso aste a metro	7	Kg/m		
Profondità giunzione prima asta		0,80	m	
Avanzamento punta	0,30	m		
Numero colpi per punta	N(30)			
Coeff. Correlazione	1			
Rivestimento/fanghi	No			

SONDAGGIO ...S5

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 14/10/2021 -15/10/2021

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,65	7
4,80	8
4,95	34
11,65	12
11,80	15
11,95	14
15,65	12
15,80	11
15,95	15
20,15	7
20,30	11
20,45	16
27,65	12
27,80	14
27,95	18

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S5**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 4	27	20,45	Terzaghi-Peck (1948)	1,00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 4	27	20,45	Robertson (1983)	54,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 4	27	20,45	Stroud e Butler (1975)	123,88

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 4	27	20,45	Schultze	290,10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 4	27	20,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 4	27	20,45	Meyerhof ed altri	2,13

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 4	27	20,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,28

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	42	4,95	42	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 2	29	11,95	29	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 3	26	15,95	26	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 5	32	27,95	23,5	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	42	4,95	42	Owasaki & Iwasaki	43,98
Strato 2	29	11,95	29	Owasaki & Iwasaki	39,08
Strato 3	26	15,95	26	Owasaki & Iwasaki	37,8
Strato 5	32	27,95	23,5	Owasaki & Iwasaki	36,68

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	42	4,95	42	Bowles (1982) Sabbia Media	285,00
Strato 2	29	11,95	29	Bowles (1982) Sabbia Media	220,00
Strato 3	26	15,95	26	Bowles (1982) Sabbia Media	205,00
Strato 5	32	27,95	23,5	Bowles (1982) Sabbia Media	192,50

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	42	4,95	42	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	225,32
Strato 2	29	11,95	29	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	167,34
Strato 3	26	15,95	26	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	153,96
Strato 5	32	27,95	23,5	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	142,81

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	42	4,95	42	Classificazione A.G.I. 1977	Addensato
Strato 2	29	11,95	29	Classificazione A.G.I. 1977	Mod. Addensato
Strato 3	26	15,95	26	Classificazione A.G.I. 1977	Mod. Addensato
Strato 5	32	27,95	23,5	Classificazione A.G.I. 1977	Addensato

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	42	4,95	42	Meyerhof ed altri	2,21
Strato 2	29	11,95	29	Meyerhof ed altri	2,13
Strato 3	26	15,95	26	Meyerhof ed altri	2,09
Strato 5	32	27,95	23,5	Meyerhof ed altri	2,05

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	42	4,95	42	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1226,63
Strato 2	29	11,95	29	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	978,22
Strato 3	26	15,95	26	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	915,08
Strato 5	32	27,95	23,5	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	860,27

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	42	4,95	42	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0.35
Strato 2	29	11,95	29	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.10-0.35
Strato 3	26	15,95	26	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.10-0.35
Strato 5	32	27,95	23,5	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	42	4,95	42	Navfac 1971-1982	7,14
Strato 2	29	11,95	29	Navfac 1971-1982	5,47
Strato 3	26	15,95	26	Navfac 1971-1982	5,03
Strato 5	32	27,95	23,5	Navfac 1971-1982	4,64

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	42	4,95	42	Robertson 1983	84,00
Strato 2	29	11,95	29	Robertson 1983	58,00
Strato 3	26	15,95	26	Robertson 1983	52,00
Strato 5	32	27,95	23,5	Robertson 1983	47,00

Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 5 Prova n. 1 Data: 14/10/2021 ora: 10:30

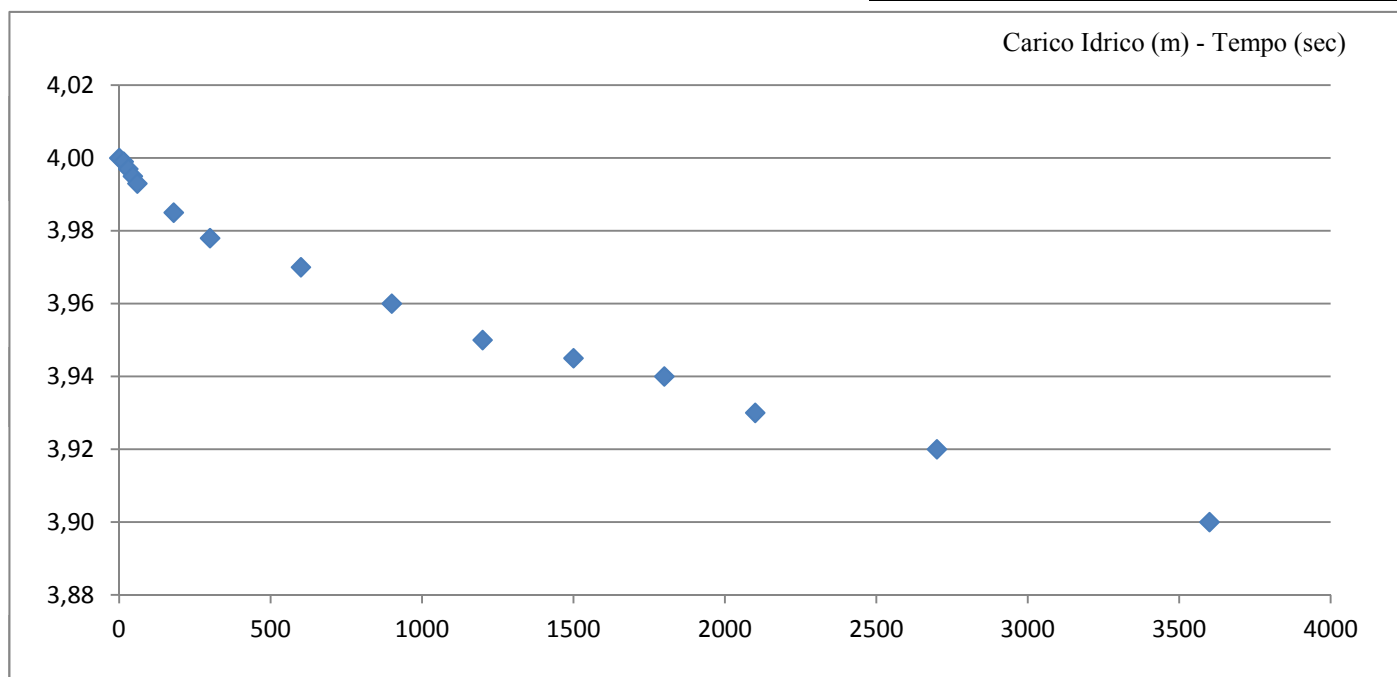
Profondità fondo foro : 3,50 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77	0	0	4,00
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²	15	0,001	4,00
Fattore di Forma F= 3,00 m	30	0,003	4,00
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,50 m	45	0,005	4,00
Profondità fondo foro Hf= 3,50 m	60	0,007	3,99
Carico Idrico Ci = 4,00 m	180	0,015	3,99
	300	0,022	3,98
	600	0,030	3,97
	900	0,040	3,96
	1200	0,050	3,95
	1500	0,055	3,95
	1800	0,060	3,94
	2100	0,070	3,93
	2700	0,080	3,92
	3600	0,100	3,90

Coefficiente di permeabilità: $K = 1,74E-06$ m/sec



Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 5 Prova n. 2 Data: 14/10/2021 ora: 12:35

Profondità fondo foro : 6,50 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

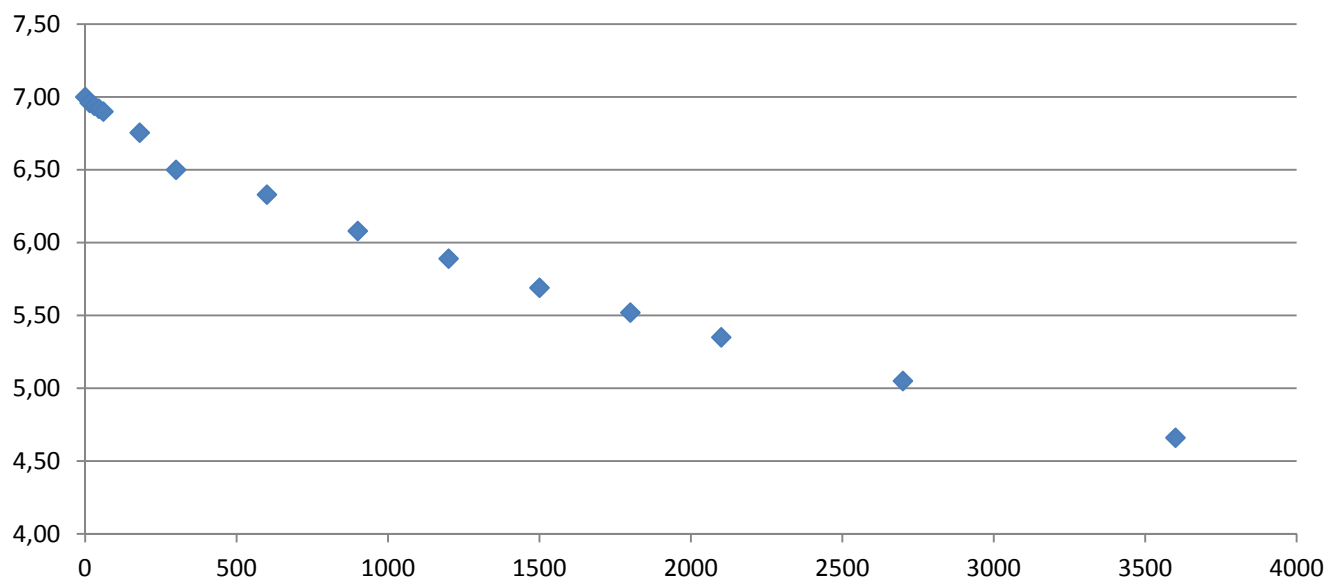
Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m	Abbassamento (m)
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77	Carico Idrico Ci (m)
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²	0
Fattore di Forma F= 3,00 m	15
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,50 m	30
Profondità fondo foro Hf= 6,50 m	45
Carico Idrico Ci = 7,00 m	60
	180
	300
	600
	900
	1200
	1500
	1800
	2100
	2700
	3600

Coefficiente di permeabilità: $K = 2,15E-05$ m/sec

Carico Idrico (m) - Tempo (sec)



Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



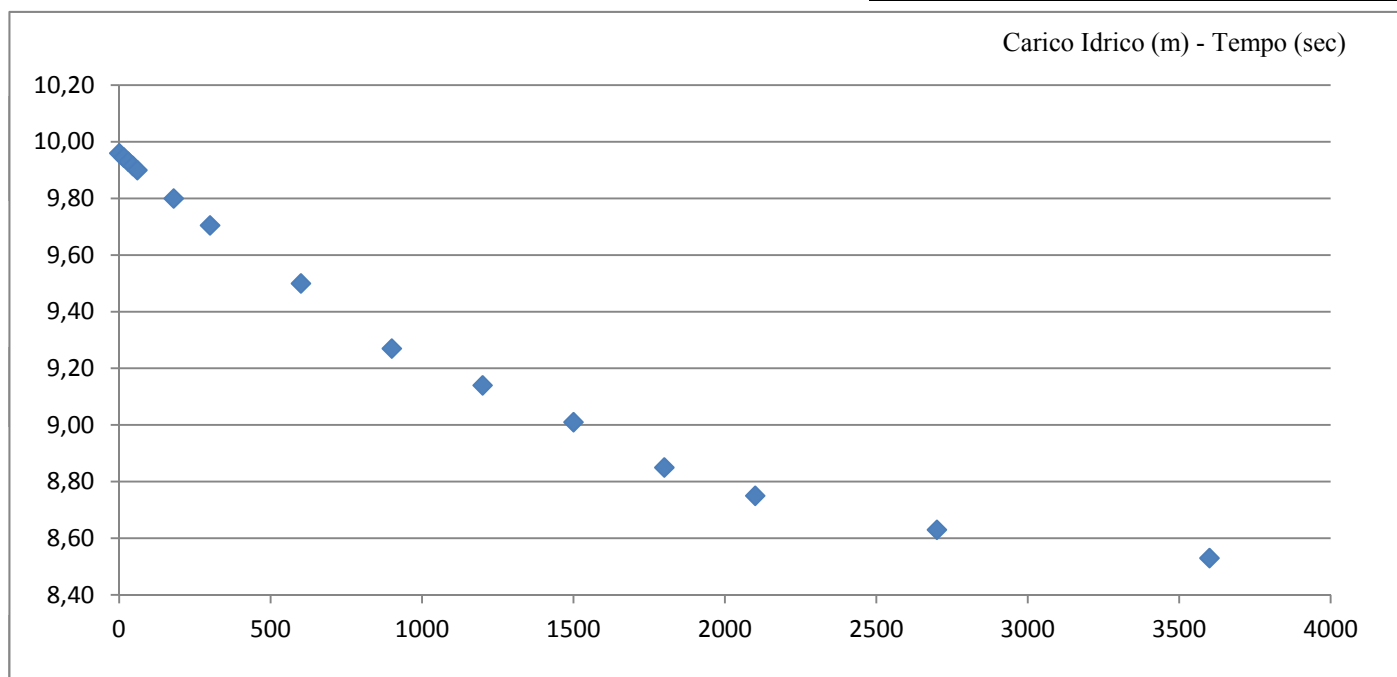
Committente: FRI-EL S.r.l.		Località: Gravina di Puglia (BA)	
Cantiere: Impianto Idroelettrico			
Sondaggio: 5	Prova n. 3	Data: 14/10/2021	ora: 14:25
Profondità fondo foro :	9,50	m. dal p.c.	Livello statico della falda: - m. dal p.c.

Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Diametro foro D= 0,114 m				
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m				
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77		0	0,04	9,96
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²		15	0,055	9,95
Fattore di Forma F= 3,00 m		30	0,070	9,93
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,50 m		45	0,085	9,92
Profondità fondo foro Hf= 9,50 m		60	0,100	9,90
Carico Idrico Ci = 10,00 m		180	0,200	9,80
		300	0,295	9,71
		600	0,500	9,50
		900	0,730	9,27
		1200	0,860	9,14
		1500	0,990	9,01
		1800	1,150	8,85
		2100	1,250	8,75
		2700	1,370	8,63
		3600	1,470	8,53

Coefficiente di permeabilità: $K = 8,94E-06$ m/sec



Committente FRI-EL S. r.l.

Cantiere Impianto Idroelettrico

Località Gravina di Puglia (BA)

Data Inizio 18/10/2021

Data Fine 20/10/2021

SONDAGGIO FOGLIO

6

Il geologo
Dott. S. Finamore

Scala 1:200	Potenza	Profondita'	Falda	Stratigrafia	Descrizione	Rivestimento	N° colpi SPT	Prof. SPT	Campioni	Carotaggio
1	1.50	1.50			Terreno vegetale, sabbioso fine debolmente limoso, di colore grigio nerastro.					
2	1.50	3.00			Sabbia medio-fine, debolmente limosa, molto addensata, di colore avano brunastro, con presenza di ciottoli minuti in dispersione al tetto e flocculi farinosi biancastri di alterazione.					
3	4.80	4.80			Sabbia media e fine, debolmente limosa, di colore avano-giallastra, da mediamente addensata a molto addensata. Tra 7.80 e 10.50, alternanza di sabbia medio fine, avano giallastra, e limo sabbioso fine, avano giallastro, consistente,	13.500	22 15 32 32	5.00	S6 C1 4.00 4.50	
4	2.70	7.80								
5	2.70	10.50					15 12 36 36	10.00	S6 C2 9.50 10.00	
6	6.50	17.00					11 10 27 27	15.00	S6 C3 15.00 15.50	
7	3.50	20.50	18.00		Sabbia medio fine, debolmente limosa, di colore avano-giallastra, con sporadici livelletti arenacei intercalati, addensata, alternata a limo sabbioso fine, di colore avano gverdino, mediamente consistente e poco plastico.		18 35 16 16	20.00		
8	6.50	27.00			Limo argilloso sabbioso fine, di colore grigio azzurrognolo, mediamente consistente e poco plastico, alternato a sabbia media e fine, di colore grigio azzurra, mediamente addensata.		10 7 14 14	25.00	S6 C4 21.50 22.00	
9	3.30	30.30			Sabbia media e fine, debolmente limosa, di colore verde oliva chiaro, alternata a limo argilloso sabbioso fine, addensata. avano giallastra, addensata, alternata a limo argilloso-sabbioso fine, di colore avano verdino, mediamente consistente.					
10	7.20	37.50			Sabbia media e fine, di colore verdino giallastro con venature giallo rossastre, molto addensata, talora con intercalazioni di livelletti arenacei.					
11	2.50	40.00			Sabbia media e fine, debolmente limosa, di colore verde oliva chiaro, alternata a limo argilloso sabbioso fine, addensata.					

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: FRI-EL S.p.a
Cantiere: Impianto Idroelettrica
Località: Gravina in Puglia (BA)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1,5 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

OPERATORE

RESPONSABILE

PROVA ...S6

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 19/10/2021-20/10/2021

Profondità (m)	Nr. Colpi
5,15	15
5,30	22
5,45	32
10,15	12
10,30	15
10,45	36
15,15	10
15,30	11
15,45	27
20,15	35
20,30	18
20,45	16
25,15	7
25,30	10
25,45	14

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S6**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 3	38	15,45	Terzaghi-Peck (1948)	---
Strato 4	34	20,45	Terzaghi-Peck (1948)	---
Strato 5	24	25,45	Terzaghi-Peck (1948)	1,00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 3	38	15,45	Robertson (1983)	76,00
Strato 4	34	20,45	Robertson (1983)	68,00
Strato 5	24	25,45	Robertson (1983)	48,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 3	38	15,45	Stroud e Butler (1975)	174,34
Strato 4	34	20,45	Stroud e Butler (1975)	155,99
Strato 5	24	25,45	Stroud e Butler (1975)	110,11

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 3	38	15,45	Schultze	416,60
Strato 4	34	20,45	Schultze	370,60
Strato 5	24	25,45	Schultze	255,60

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 3	38	15,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Estrem. Consistente

Strato 4	34	20,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Estrem. Consistente
Strato 5	24	25,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	38	15,45	Meyerhof ed altri	2,41
Strato 4	34	20,45	Meyerhof ed altri	2,25
Strato 5	24	25,45	Meyerhof ed altri	2,11

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	38	15,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,65
Strato 4	34	20,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,51
Strato 5	24	25,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,20

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	54	5,45	54	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 2	51	10,45	51	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	54	5,45	54	Owasaki & Iwasaki	47,86
Strato 2	51	10,45	51	Owasaki & Iwasaki	46,94

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	54	5,45	54	Bowles (1982) Sabbia Media	345,00
Strato 2	51	10,45	51	Bowles (1982) Sabbia Media	330,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	54	5,45	54	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	278,84
Strato 2	51	10,45	51	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	265,46

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	54	5,45	54	Classificazione A.G.I. 1977	Molto Addensato
Strato 2	51	10,45	51	Classificazione A.G.I. 1977	Molto Addensato

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	54	5,45	54	Meyerhof ed altri	2,25
Strato 2	51	10,45	51	Meyerhof ed altri	2,24

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	54	5,45	54	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 2	51	10,45	51	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	54	5,45	54	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1430,22
Strato 2	51	10,45	51	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1381,13

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	54	5,45	54	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0.35
Strato 2	51	10,45	51	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0.35

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	54	5,45	54	Navfac 1971-1982	8,79
Strato 2	51	10,45	51	Navfac 1971-1982	8,32

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	54	5,45	54	Robertson 1983	108,00
Strato 2	51	10,45	51	Robertson 1983	102,00

Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 6 Prova n. 1 Data: 18/10/2021 ora: 13:47

Profondità fondo foro : 5,00 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

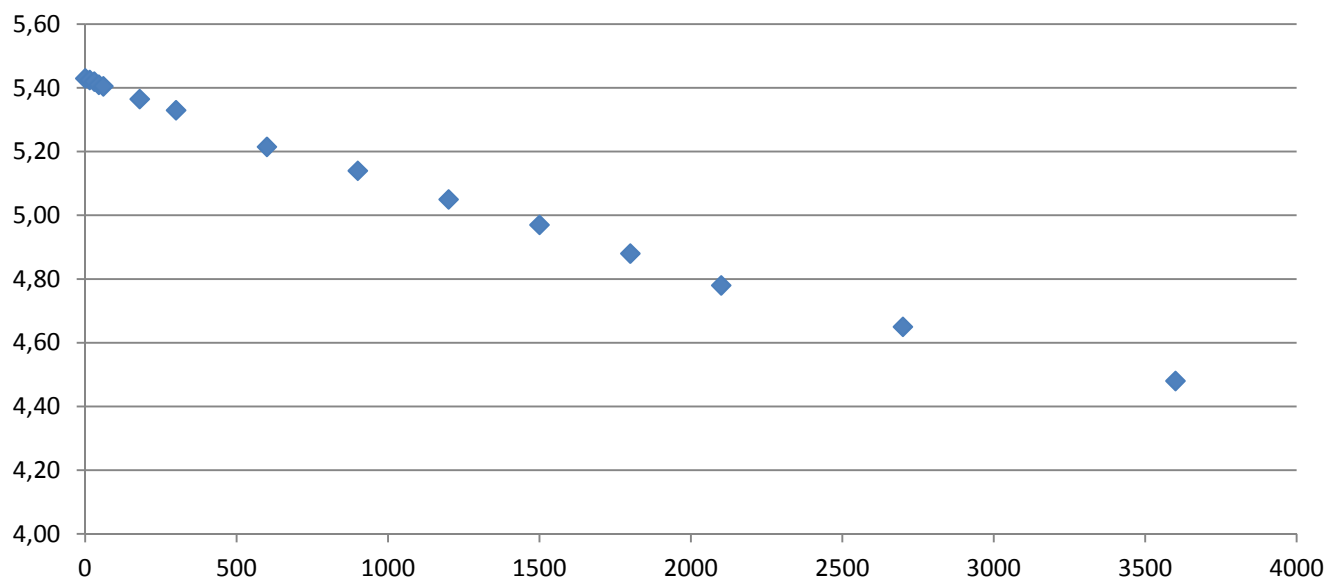
Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77	0	0	5,43
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²	15	0,005	5,43
Fattore di Forma F= 3,00 m	30	0,010	5,42
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,43 m	45	0,020	5,41
Profondità fondo foro Hf= 5,00 m	60	0,025	5,41
Carico Idrico Ci = 5,43 m	180	0,065	5,37
	300	0,100	5,33
	600	0,215	5,22
	900	0,290	5,14
	1200	0,380	5,05
	1500	0,460	4,97
	1800	0,550	4,88
	2100	0,650	4,78
	2700	0,780	4,65
	3600	0,950	4,48

Coefficiente di permeabilità: $K = 7,32E-06$ m/sec

Carico Idrico (m) - Tempo (sec)



Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 6 Prova n. 2 Data: 19/10/2021 ora: 09:28

Profondità fondo foro : 8,20 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

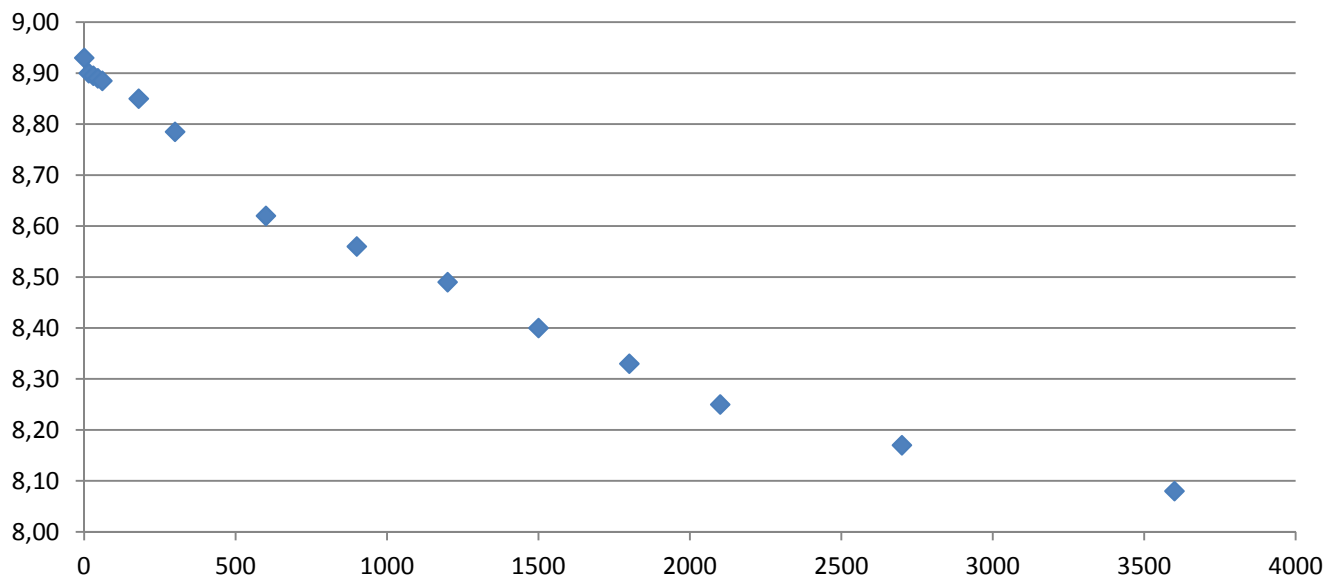
Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77	0	0	8,93
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²	15	0,030	8,90
Fattore di Forma F= 3,00 m	30	0,035	8,90
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,73 m	45	0,040	8,89
Profondità fondo foro Hf= 8,20 m	60	0,045	8,89
Carico Idrico Ci = 8,93 m	180	0,080	8,85
	300	0,145	8,79
	600	0,310	8,62
	900	0,370	8,56
	1200	0,440	8,49
	1500	0,530	8,40
	1800	0,600	8,33
	2100	0,680	8,25
	2700	0,760	8,17
	3600	0,850	8,08

Coefficiente di permeabilità: $K = 7,31E-06$ m/sec

Carico Idrico (m) - Tempo (sec)



Geoservice s.a.s.

Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc
(a carico variabile)



Committente: FRI-EL S.r.l.

Località: Gravina di Puglia (BA)

Cantiere: Impianto Idroelettrico

Sondaggio: 6 Prova n. 3 Data: 19/10/2021 ora: 11:30

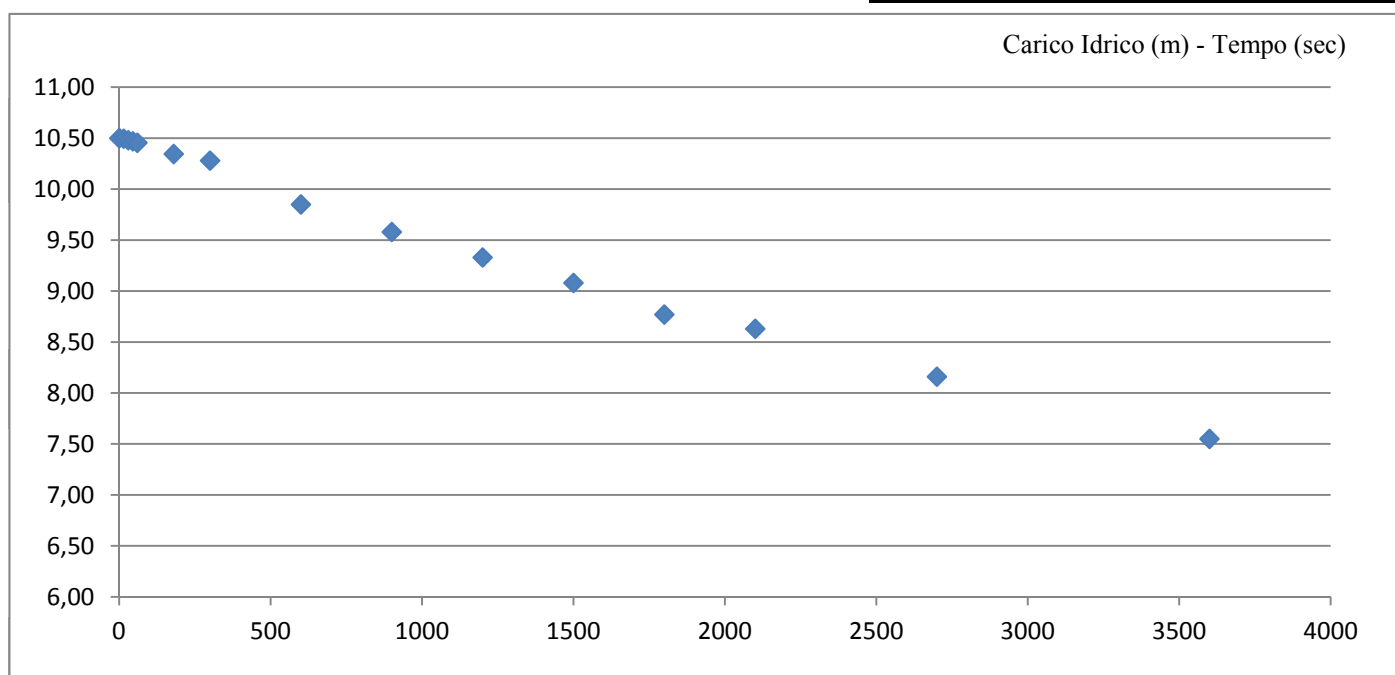
Profondità fondo foro : 10,00 m. dal p.c. Livello statico della falda: - m. dal p.c.

Parametri di Prova

Misure di Prova

Parametri di Prova	Misure di Prova		
Diametro foro D= 0,114 m	Tempo (sec)	Abbassamento (m)	Carico Idrico Ci (m)
Lunghezza tratto interessato dalla prova L= 1,00 m			
Rapporto Lunghezza/Diametro L/D= 8,77	0	0	10,50
Area di Filtrazione A= 0,358 m ²	15	0,005	10,50
Fattore di Forma F= 3,00 m	30	0,020	10,48
Altezza testa tubo dal p.c. Hi= 0,50 m	45	0,030	10,47
Profondità fondo foro Hf= 10,00 m	60	0,045	10,46
Carico Idrico Ci = 10,50 m	180	0,155	10,35
	300	0,220	10,28
	600	0,650	9,85
	900	0,920	9,58
	1200	1,170	9,33
	1500	1,420	9,08
	1800	1,730	8,77
	2100	1,870	8,63
	2700	2,340	8,16
	3600	2,950	7,55

Coefficiente di permeabilità: $K = 9,80E-06$ m/sec



Sondaggio Geonostico S1



Sondaggio S1



S1 0.00-5.00 m



S1 5.00-10.00 m



S1 10.00-15.00 m



S1 15.00-20.00 m



S1 20.00-25.00 m



S1 25.00-30.00 m



S1 30.00-35.00 m



S1 35.00-40.00 m



S1 40.00-45.00 m



S1 45.00-50.00 m



S1 50.00-55.00 m



S1 55.00-60.00 m



S1 60.00-65.00 m



S1 65.00-70.00 m



S1 Pieziometro

Sondaggio Geonostico S3



Sondaggio S3



S3 0.00-5.00 m



S3 5.00-10.00 m



S3 10.00-15.00 m



S3 15.00-20.00 m



S3 Pieziometro

Sondaggio Geognostico S 4



Sondaggio S4



S4 0.00-5.00 m



S4 5.00-10.00 m



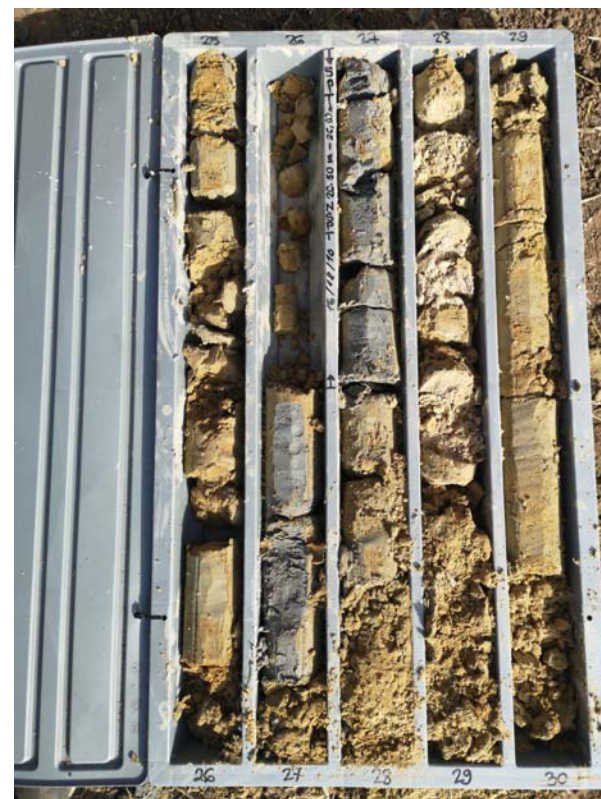
S4 10.00-15.00 m



S4 15.00-20.00 m



S4 20.00-25.00 m



S4 25.00-30.00 m



S4 30.00-35.00 m



S4 35.00-40.00 m

Sondaggio Geognostico S 5



Sondaggio S5



S5 0.00-5.00 m



S5 5.00-10.00 m



S5 10.00-15.00 m



S5 15.00-20.00 m



S5 20.00-25.00 m



S5 25.00-30.00 m



S5 30.00-35.00 m

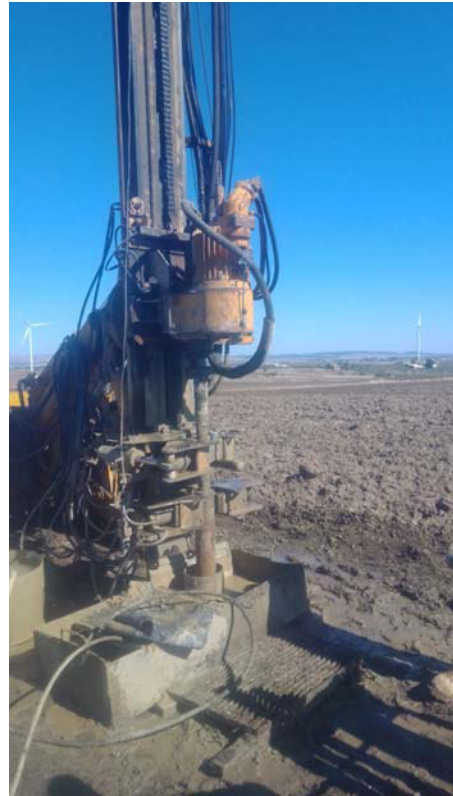


S5 35.00-40.00 m



S5 Pieziometro

Sondaggio Geognostico S 6



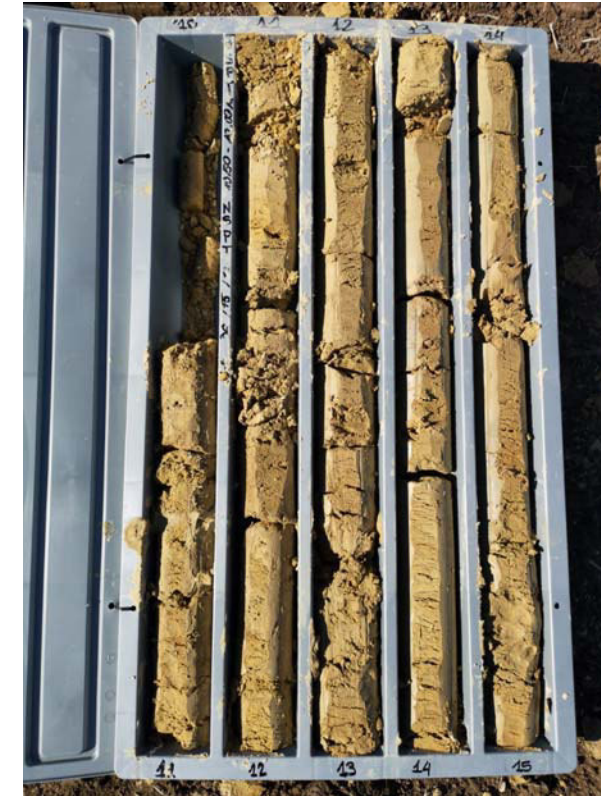
Sondaggio S6



S6 0.00-5.00 m



S6 5.00-10.00 m



S6 10.00-15.00 m



S6 15.00-20.00 m



S6 20.00-25.00 m



S6 25.00-30.00 m



S6 30.00-35.00 m

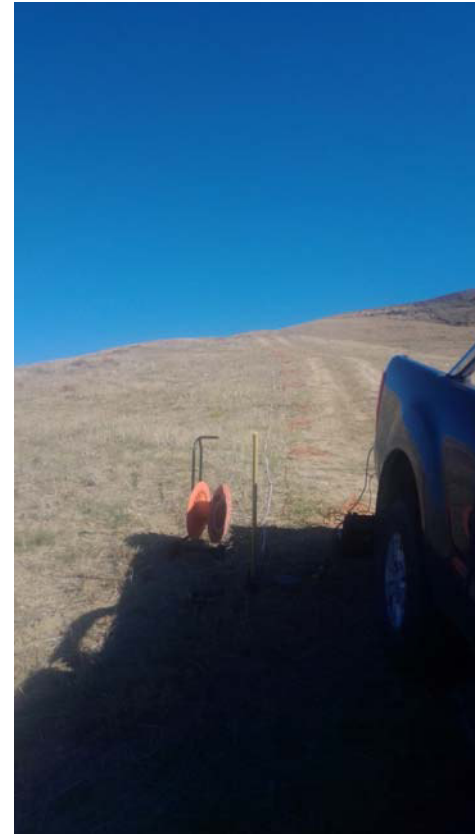


S6 35.00-40.00 mm

Sondaggio Sismici Masw



Sondaggio MASW1



Sondaggio MASW2

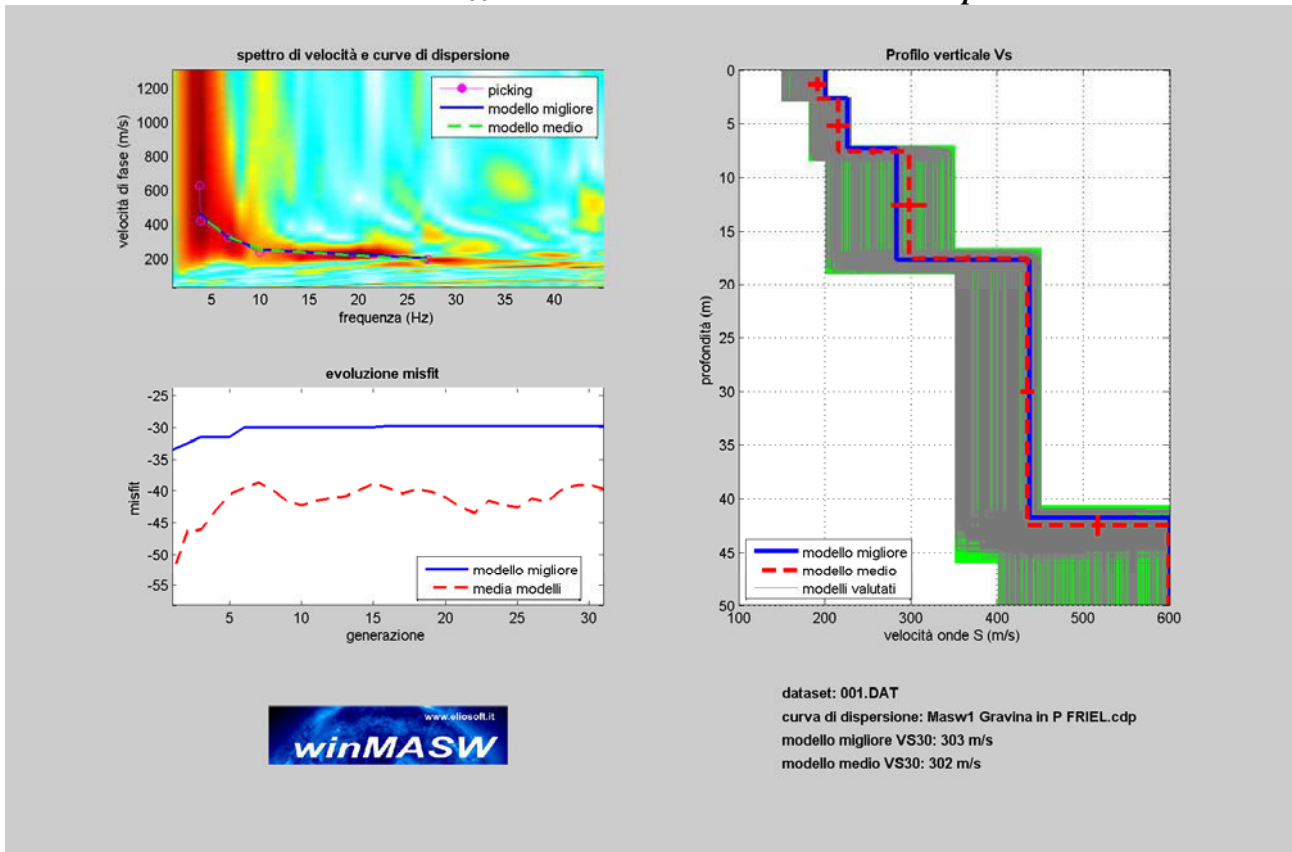


Sondaggio MASW3



Sondaggio MASW4

Curva analizzata: Masw1 Gravina in P FRIEL.cdp



Modello medio

VS (m/s): 191, 215, 297, 434, 598

Deviazioni Standard (m/s): 11, 13, 20, 8, 6

Spessori (m): 2.8, 4.9, 9.9, 24.9

Deviazioni Standard (m): 0.1, 0.3, 0.3, 0.9

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 428, 482, 769, 953, 1278

Stima densità (gr/cm³): 1.85, 1.88, 1.99, 2.04, 2.11

Stima modulo di Poisson: 0.38, 0.38, 0.41, 0.37, 0.36

Stima modulo di taglio (MPa): 67, 87, 176, 385, 756

Stima modulo di compressione (MPa): 249, 320, 943, 1342, 2444

Stima modulo di Young (MPa): 186, 239, 496, 1053, 2055

Stima modulo di Lamé (MPa): 204, 263, 826, 1085, 1940

Veq (m/s): 302 **Possibile Tipo di Suolo: C** **(dal piano campagna)**

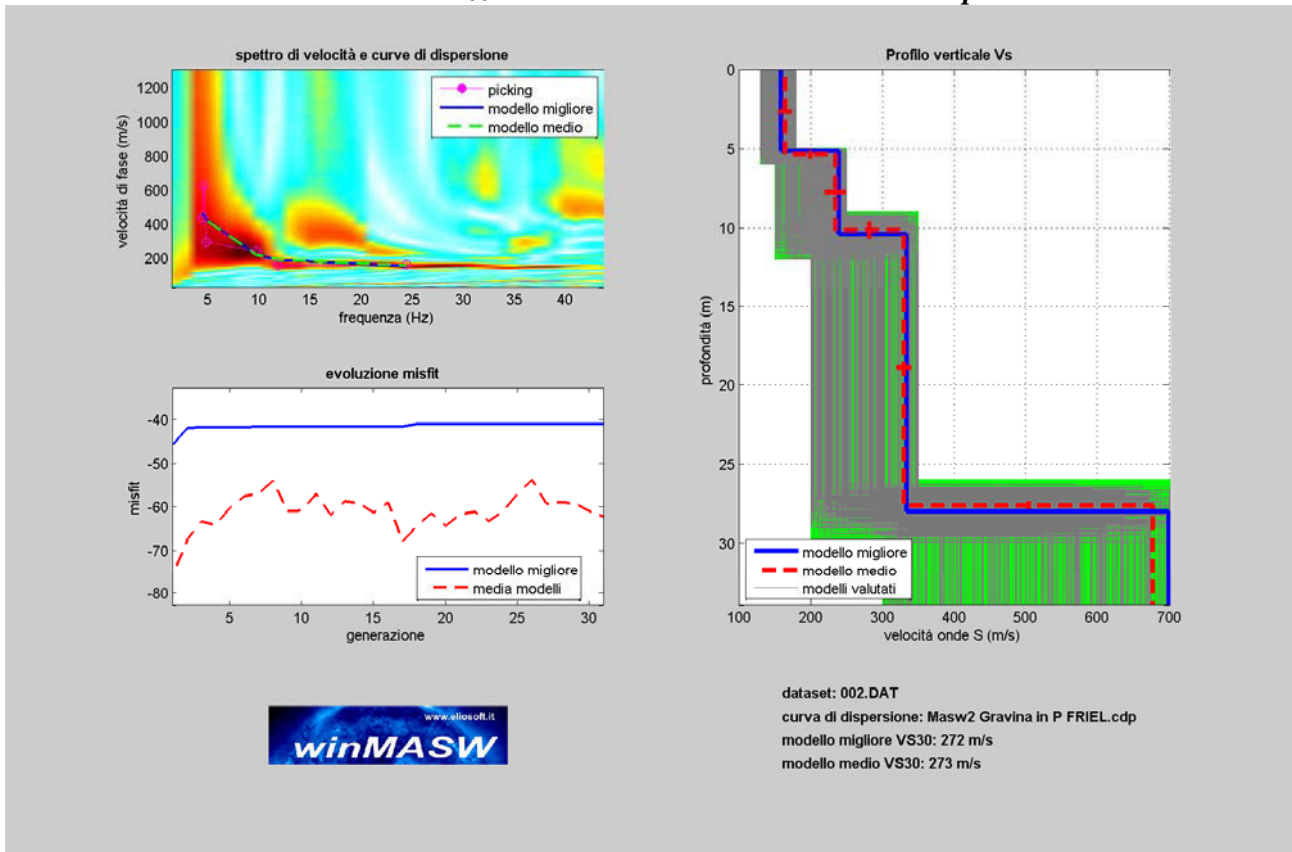
Dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del T.U. D.M. 17/01/18 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018):

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

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.

Curva analizzata: Masw2 Gravina in P FRIEL.cdp



Modello medio

VS (m/s): 164, 234, 329, 676

Deviazioni Standard (m/s): 9, 14, 10, 23

Spessori (m): 5.4, 4.8, 17.4

Deviazioni Standard (m): 0.2, 0.5, 0.2

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 328, 502, 709, 1484

Stima densità (gr/cm³): 1.78, 1.89, 1.97, 2.15

Stima modulo di Poisson: 0.33, 0.36, 0.36, 0.37

Stima modulo di taglio (MPa): 48, 103, 213, 982

Stima modulo di compressione (MPa): 128, 338, 706, 3424

Stima modulo di Young (MPa): 128, 281, 581, 2690

Stima modulo di Lamé (MPa): 96, 269, 564, 2770

Ve_q (m/s): 273

Possibile Tipo di Suolo: C

(dal piano campagna)

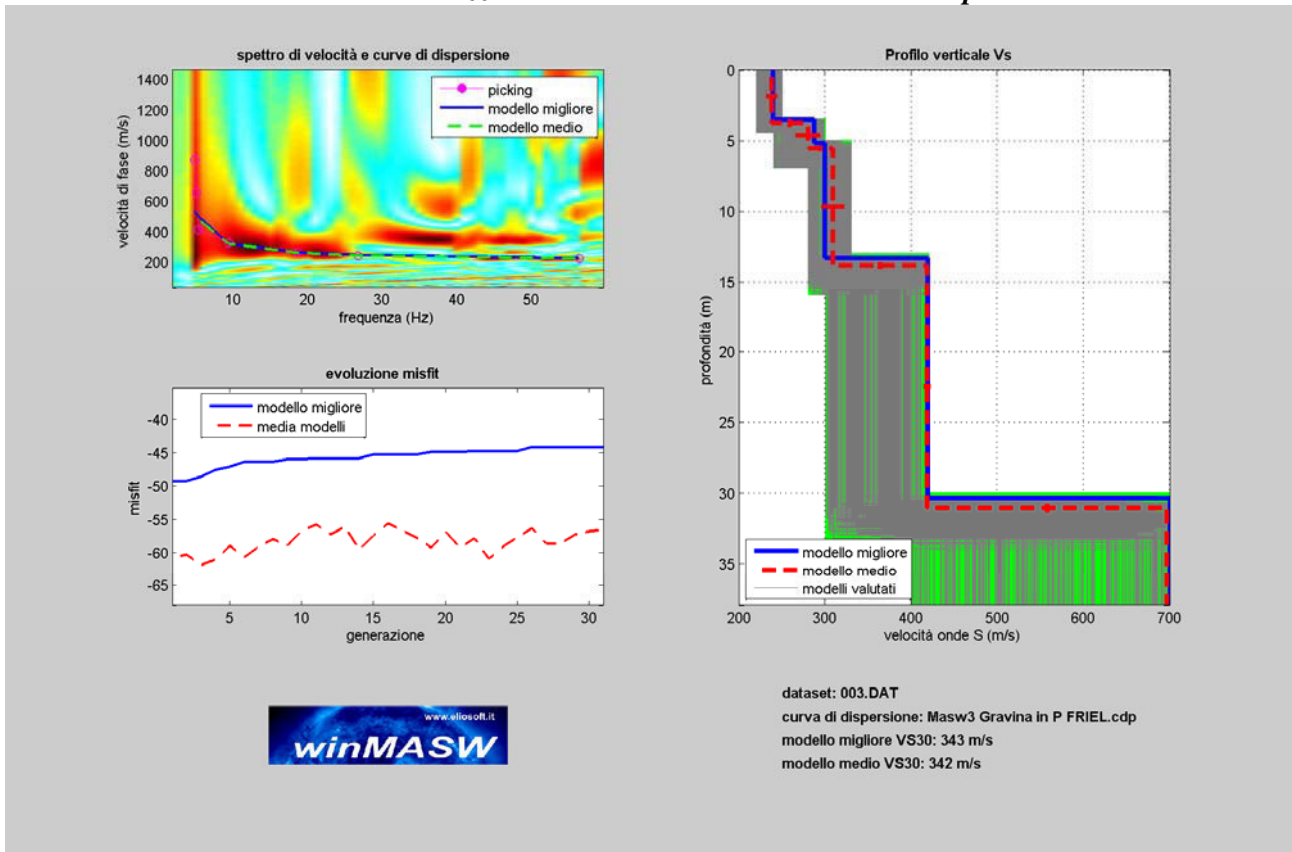
Dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del T.U. D.M. 17/01/18 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018):

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

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.

Curva analizzata: Masw3 Gravina in P FRIEL.cdp



Modello medio

VS (m/s): 238, 280, 309, 418, 696

Deviazioni Standard (m/s): 6, 14, 13, 4, 9

Spessori (m): 3.8, 1.8, 8.3, 17.2

Deviazioni Standard (m): 0.3, 0.2, 0.2, 0.3

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 516, 611, 657, 931, 1508

Stima densità (gr/cm³): 1.89, 1.93, 1.95, 2.04, 2.15

Stima modulo di Poisson: 0.36, 0.37, 0.36, 0.37, 0.36

Stima modulo di taglio (MPa): 107, 152, 186, 356, 1043

Stima modulo di compressione (MPa): 361, 520, 594, 1291, 3507

Stima modulo di Young (MPa): 293, 415, 506, 978, 2847

Stima modulo di Lamé (MPa): 290, 419, 470, 1053, 2811

Veq (m/s): 342

Possibile Tipo di Suolo: C

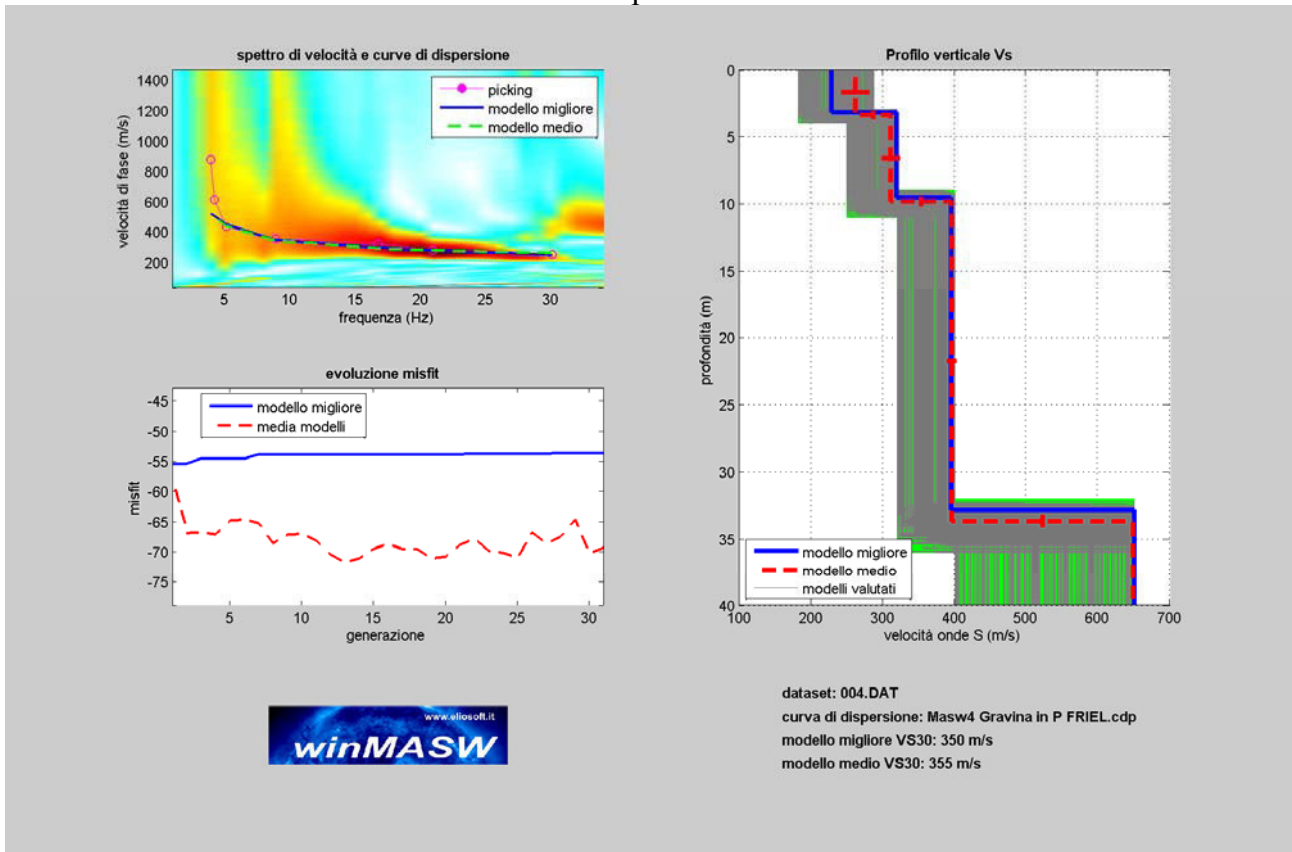
(dal piano campagna)

Dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del T.U. D.M. 17/01/18 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018):

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

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.



Modello medio

VS (m/s): 262, 311, 396, 648
 Deviazioni Standard (m/s): 20, 13, 6, 4
 Spessori (m): 3.4, 6.4, 23.9
 Deviazioni Standard (m): 0.3, 0.3, 0.5

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 491, 692, 879, 1414
 Stima densità (gr/cm3): 1.88, 1.96, 2.02, 2.14
 Stima modulo di Poisson: 0.30, 0.37, 0.37, 0.37
 Stima modulo di taglio (MPa): 129, 190, 317, 898
 Stima modulo di compressione (MPa): 281, 687, 1140, 3078
 Stima modulo di Young (MPa): 336, 522, 871, 2455
 Stima modulo di Lamé (MPa): 195, 561, 928, 2479

Ve_q (m/s): 355 Possibile Tipo di Suolo: C (dal piano campagna)

Dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del T.U. D.M. 17/01/18 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018):

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

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.



GeoService

Servizi Geologici

GEOFISICA, GEOELETRICA, GEOTECNICA E PENETROMETRIA

LUCERA (FG)

Via Kennedy 36

tel. & fax. 0881 500025

tel. cell. 328/7178199

**PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO IDROELETTRICO IN AGRO DEL
COMUNE DI GRAVINA IN PUGLIA (BA)**

SONDAGGI TOMOGRAFICI GEOELETRICI

LUCERA, OTTOBRE/NOVEMBRE 2021

IL COMMITTENTE

**FRI-EL S.P.A
DOTT. GEOL. G. MONTI**

GEOSERVICE S.a.s.

Il Responsabile Tecnico

Dott. S. Finamore

GEO SERVICE
di Finamore Sesto & C. s.a.s.
Via Kennedy, 36
71036 LUCERA (FG)
Partita IVA 03809040717

PREMESSA

Nel sito in oggetto sono state condotte le indagini geoelettriche ad accoppiamento galvanico la cui ubicazione è riportata nella figura seguente. In totale 4 linee geoelettriche a 48 elettrodi spaziate 5 m per una lunghezza totale di 240 m per ciascuna linea.

Per le linee TEV 1 e TEV 2 la posizione del primo elettrodo (e quindi lo zero nelle sezioni tomografiche è a sud ossia verso valle) invece per le linee Tev 3 e TEV 4 la posizione del primo elettrodo (e quindi lo zero nelle sezioni tomografiche è ad ovest).



Figura 1: ubicazione delle tomografie elettriche galvaniche: con le linee rosse gli stendimenti di 240 m, il simbolo gra_TEV indica il centro di ciascuna linea, l'icona P indica le posizioni delle perforazioni di sondaggio usate per vincolare l'inversione dei dati.

Referimenti Normativi

ASTM D 5777 - 95 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation

ASG (San Giovanni Valdarno) Linee guida per indagini geofisiche

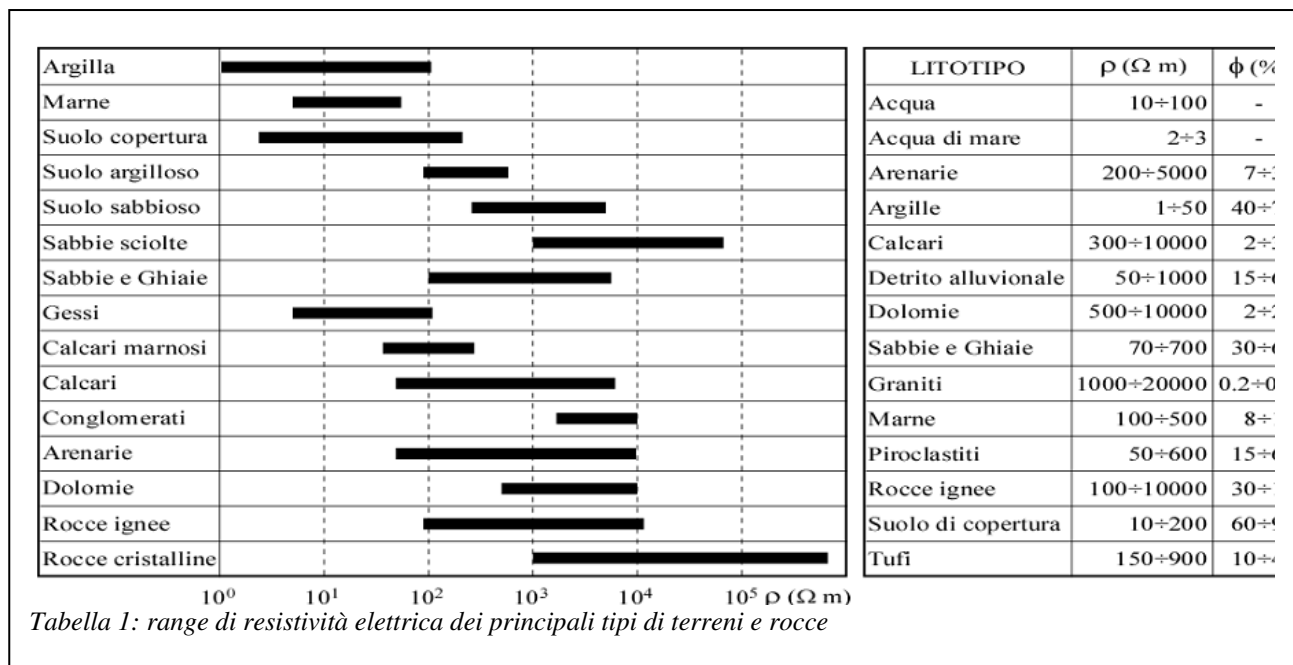
IL METODO GEOELETRICO

Il metodo geoelettrico si basa sulla misura della differenza di potenziale in alcune zone del terreno, con l'obiettivo di ricostruire modelli di resistività attraverso un processo d'inversione. 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 ed 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 inox di lunghezza da 45-50 cm, con collegamenti a mezzo di spinotti. Gli elettrodi vengono conficcati nel terreno in modo da produrre un buon contatto. In presenza di suoli secchi od a granulometria grossolana, si può migliorare il contatto con l'uso di soluzioni saline irroranti o semplicemente acqua salata. Nel caso di pavimentazioni stradali si possono utilizzare speciali elettrodi costituiti da piastre in acciaio inox poggiate sul pavimento; il contatto elettrodo-pavimentazione è assicurato dall'utilizzo di soluzioni saline. 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. La resistività del mezzo può quindi essere ricavata dai valori misurati di V , I e dal fattore geometrico K , funzione unicamente della disposizione elettrodica. 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. 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 quindi 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. Nelle tabelle precedenti sono forniti alcuni valori indicativi della resistività di rocce e sedimenti, valori che vanno utilizzati con le limitazioni

suddette. La prima mostra gli intervalli di resistività per alcuni litotipi e come si può osservare spesso questi valori si sovrappongono rendendo problematica la fase di identificazione dei litotipi. La Tabella più a destra associa gli intervalli di resistività (ρ) a quelli di porosità (ϕ).

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'indagine geoelettrica è stata effettuata con un acquirente multielettrodo in configurazione dipolo-dipolo a 48 elettrodi della M.A.E.

La ditta produce diversi tipi di strumenti per la tomografia elettrica, quello che è stato usato nel presente studio è il modello X612EM Georesistivimetro multicanale VHR 48-72-96 canali integrati.

Specifiche tecniche:

X612EM+ rappresenta la risposta MAE alle nuove esigenze di alta risoluzione ed analisi 3D delle misure geoelettriche. La strumentazione integra al suo interno tutto il necessario per effettuare prospezione geoelettrica SEV e multielettrodo con 48, 72 o 96 elettrodi integrati. Caratteristica principale di questa strumentazione è l'altissima velocità di esecuzione dei sondaggi, sia 2D che 3D, resa possibile dall'adozione di una nuova ed innovativa piattaforma di acquisizione dati che rende possibile l'acquisizione dati simultanea sulla quasi totalità dei canali che equipaggiano la strumentazione. La X612EM+ è dotata della funzione "preview" che consente all'utente di visualizzare una anteprima della pseudosezione derivata dal treno di dati appena acquisiti direttamente in campagna. L'utilizzo di questa funzione consente all'operatore la verifica immediata dei dati registrati. La strumentazione effettua la misura oppure il ciclo di misura impostato dall'utente in modalità automatica. Una volta concluso il ciclo di misura i dati acquisiti possono essere immediatamente visualizzati tramite la funzione "preview", il cui utilizzo consente all'operatore la verifica immediata dei dati registrati, e processati con i relativi software di elaborazione dati. La registrazione e il salvataggio dei dati avviene su memoria Disk on Module interna o su disk on key USB. L'unità è totalmente computerizzata e tutte le funzioni operative vengono selezionate toccando semplicemente il menù corrispondente sul monitor LCD a colori transflettivo 12,2" con touch screen integrato.

Dettagli:

- Parallelizzazione delle misure per polo-dipolo, polo-polo, dipolo-dipolo e configurazioni tridimensionali
- Risoluzione 24 bit
- Pseudosezione in tempo reale
- Scalabilità (aumentando il numero di elettrodi, aumenta anche il numero dei canali di misura)
- CPU e display integrati
- Drastica riduzione del tempo necessario per portare al termine un sondaggio. Ad esempio un set di 2709 misure con configurazione polo-dipolo viene eseguito in circa 5 minuti, contro i 150 minuti necessari per completarla con strumentazione a singolo canale di misura
- Possibilità di affrontare indagini prima improponibili, a causa dell'elevato numero di misure richieste
- Possibilità di ripetere più volte le misure per minimizzarne l'incertezza, a parità di tempo impiegato
- Minore consumo di energia
- Un aumento del numero degli elettrodi, e quindi delle misure possibili, è automaticamente compensato dal contemporaneo aumento del numero di canali, garantendo uniformità di prestazioni.

Le moderne tecniche di tomografia geoelettrica 2D e 3D ad elevata risoluzione richiedono una quantità di misure che può essere di due ordini di grandezza superiore rispetto alle tecniche tradizionali. A differenza degli strumenti finora utilizzati, caratterizzati al massimo da qualche decina di canali di misura, X612-EM+ può eseguire contemporaneamente le misure di potenziale tra due qualsiasi degli elettrodi collegati (eccetto la coppia utilizzata per l'immissione di corrente). In generale, in una configurazione con N elettrodi lo strumento ha N-2 canali di acquisizione. Ad esempio, con una configurazione di 48 elettrodi, avendo a disposizione 46 canali indipendenti, si può arrivare ad effettuare 1035 misure contemporanee, con una sola immissione di corrente!

La qualità delle misure è garantita anche dalla risoluzione di ben 24 bit dei convertitori A/D utilizzati, tra le più alte della categoria. Un altro aspetto importante del processo di acquisizione dei dati geoelettrici è il controllo della loro coerenza e stabilità. Con X612EM+ questo diventa particolarmente semplice grazie a:

- Registrazione della deviazione standard per ogni misura
- Rappresentazione grafica con barre di errore dei punti di misura

- Visualizzazione in tempo reale della pseudo-sezione di resistività
- Disponibilità di una funzione di ripetizione automatica delle misure con percentuale di errore maggiore di una soglia configurabile.



La prospezione geoelettrica multielettrodo ad accoppiamento galvanico si basa sul ricavo della resistività dalle misure di d.d.p. (differenza di potenziale) nel terreno. Il metodo si basa sull'immissione di un campo elettrico nel terreno tramite degli elettrodi (di immissione o di corrente), e la misura della d.d.p. in altri elettrodi (di misura). Dalla misura della d.d.p. sarà possibile tramite la seconda legge di Ohm risalire al valore di resistività che è caratteristica peculiare di tutti i materiali. Poiché le rocce sono materiali resistivi per natura, le variazioni di resistività sono da attribuire quasi esclusivamente alla presenza in varie quantità di acqua all'interno dei meati. La tomografia elettrica 2D - 3D si realizza infiggendo nel terreno maglie di elettrodi (16, 32, 64, 128....) a passo costante. Tutti sono collegati a dei "box" che consentono la commutazione tra loro definendo di volta in volta ed in automatico quali sono gli elettrodi di misura e quali quelli di corrente. Il sistema provvederà in automatico ad eseguire tutte le combinazioni possibili. Alla fine si otterranno una serie di misure (tante quante sono le possibili combinazioni), in base a: numero di elettrodi e tipo di configurazione geometrica utilizzata. L'inversione tomografica dei dati ottenuti in campagna genera in "output" una ricostruzione bidimensionale o tridimensionale del terreno laddove è possibile individuare eventuali anomalie dovute a cavità, corpi idrici ecc, e riconoscerne forme, dimensioni e distribuzione spaziale.

La fase di acquisizione è stata preceduta dalla verifica dell'assenza di resistenze di contatto, ovvero quel valore di resistenza proprio non del mezzo da investigare ma dell'interferenza elettrica data da uno scadente contatto elettrodo-terreno. Dopo aver verificato il buon contatto elettrico tra gli elettrodi ed il mezzo da investigare (pavimentazione) si è proceduto alla fase di acquisizione.

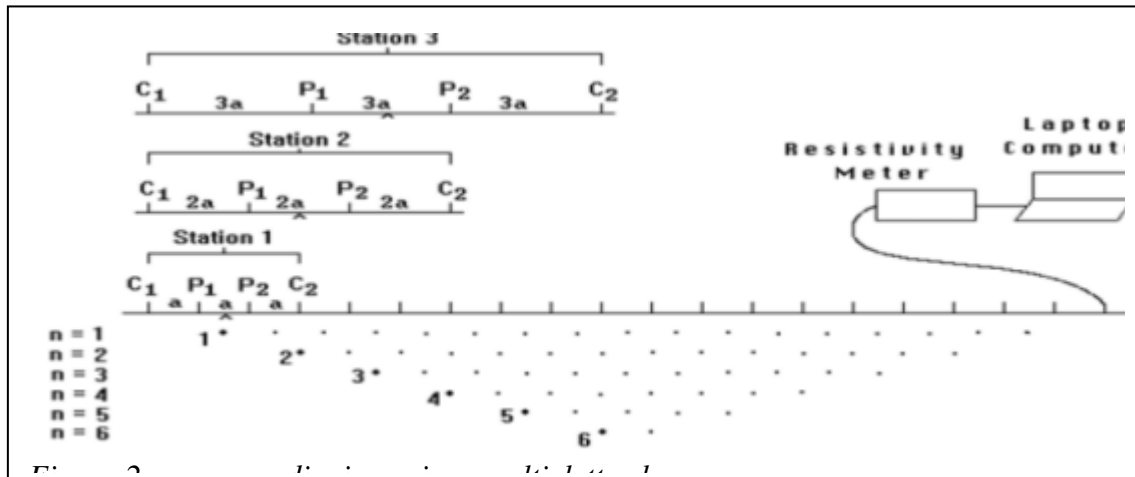
Il software che utilizza lo strumento, permette di fare delle tomografie elettriche automatizzate. Questo tipo di tomografie sono anche dette TES (Tomografia Elettrica di Superficie). Esse si basano sull'acquisizione di un'elevata quantità di misure elettriche, effettuate su un discreto numero di elettrodi posizionati sul terreno, lungo il profilo da investigare. La ricostruzione tomografica della sezione verticale del profilo di terreno si effettua tramite appositi software di elaborazione che utilizzano generalmente il Metodo degli Elementi Finiti (FEM). Il terreno al di sotto degli elettrodi viene così suddiviso idealmente in un numero finito di maglie o celle (i cosiddetti "elementi finiti"), ciascuna di resistività omogenea ed incognita. La forma degli elementi è generalmente quadrata o rettangolare e le loro dimensioni sono determinate in base alla distanza tra gli elettrodi (metà della spaziatura tra due elettrodi adiacenti). Nella ricostruzione tomografica l'incognita è costituita dalla distribuzione della resistività nel sottosuolo, mentre le misure elettriche effettuate sul terreno rappresentano i termini noti. Questa apparecchiatura è stata studiata e progettata per eliminare i tempi morti che erano dovuti al fatto che l'operatore era costretto a spostare gli elettrodi al termine di ogni singola acquisizione. Con questo nuovo tipo di strumento il modo di procedere risulta nettamente più rapido, efficace e può essere così sintetizzato:

- gli elettrodi vengono tutti infissi nel suolo prima di iniziare l'esecuzione del sondaggio;
- si seleziona il tipo di configurazione (array) più adatto per la particolare applicazione;
- si impostano i parametri di acquisizione (durata dell'impulso di energizzazione, durata pausa di interciclo, numero di misure e corrente di energizzazione, ecc);
- si dà quindi inizio all'acquisizione automatica. A questo punto è lo strumento che attiva il ciclo di acquisizione programmato dall'utente e comunica continuamente con i Link Box, inviando loro le informazioni necessarie per cambiare la funzione dei vari elettrodi.

Ogni picchetto infisso nel terreno si "trasforma" quindi di volta in volta in elettrodo A, M, N, B o scollegato, a seconda della misura effettuata e del tipo di sondaggio scelto. I valori via via acquisiti vengono visualizzati in tabelle per la verifica immediata dell'andamento della misura e sono contemporaneamente memorizzati (salvataggio automatico, il file è identificato da: data, ora ed un'eventuale nota) su l'Hard Disk interno e i dati vengono poi esportati dal computer di campo mediante una chiavetta USB per poi essere elaborati ed interpretati. Lo strumento comunica continuamente anche con l'energizzatore P300-T fornendogli le specifiche programmate e ricevendo informazioni sulla corrente erogata. Per ogni sondaggio viene visualizzato il tempo (minimo e massimo) necessario per completare la sessione di misura. Questo tempo è in funzione non solo dei tempi impostati per la creazione dell'onda di energizzazione, dal numero di cicli e di elettrodi, ma anche dal tipo di valori acquisiti (lo strumento effettua l'autoranging in automatico). Pertanto il tempo minimo corrisponde al caso in cui tutti i valori acquisiti richiedano una sola lettura (valori elevati), mentre il tempo massimo corrisponde al caso in cui tutti i valori richiedano 3 letture (valori molto bassi). Anche se lo strumento è nato per gestire i metodi in modo automatico, possono essere realizzati dei sondaggi in modalità interattiva (metodi non automatici).

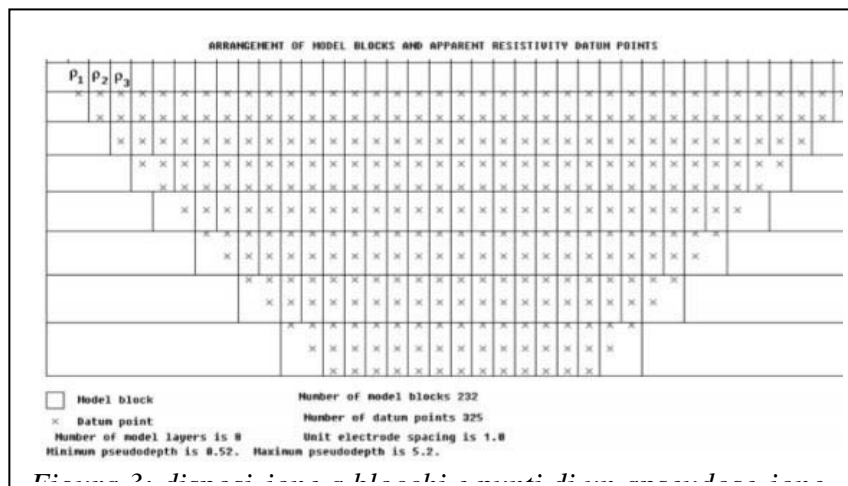
ELABORAZIONE E RISULTATI

I dati raccolti sono stati scaricati su p.c. ed elaborati con il software Res2Dinv, un programma di inversione di dati geoelettrici. Il risultato finale per ciascun rilievo è sintetizzato da una tomografia geoelettrica, che rappresenta un modello 2D della resistività del sottosuolo. In questo processo è possibile trasformare i file binari in formato ASCII. Il software permette di elaborare i dati mediante l'inserimento delle informazioni geometriche dei differenti percorsi, la correzione dei versi di percorrenza e della posizione dei marker ed il filtraggio dei dati con operazioni di despiking e smoothing. Oltre alla visualizzazione classica con la quale vengono rappresentati la disposizione dei marker e la lunghezza dei profili, il programma consente di visualizzare le misure di resistenza elettrica [$\mu\text{V}/\text{mA}$] in funzione dell'istante di acquisizione.



Lo studio di questo grafico è importante per individuare eventuali segnali spuri o assenze di segnale che in fase di inversione introdurrebbero degli errori nella formazione dei modelli di resistività. La differenza di potenziale misurata dal ricevitore dipende non solo dalla resistività dei materiali presenti nel sottosuolo, ma anche dalla loro disposizione spaziale: è necessaria pertanto una serie di elaborazioni matematiche che permetta di creare modelli di resistività ipotizzando determinate geometrie nel sottosuolo. Questo processo, che prende il nome di inversione, normalmente viene eseguito dopo aver acquisito i dati in campagna e costituisce la principale attività di elaborazione in laboratorio. Nel nostro caso il software Res2Dinv utilizza un algoritmo di inversione basato sui minimi quadrati che permette di determinare un modello bidimensionale di resistività del sottosuolo. Il Res2Dinv, dopo aver compiuto un numero di iterazioni successive che possono essere stabilite dall'utente, visualizza una tomografia elettrica che rappresenta il miglior compromesso tra le misure fatte e il modello calcolato: l'accordo (o il disaccordo) tra essi è sintetizzato dal parametro RMS (Root Means Square error) espresso in percentuale. Anche se un valore elevato di RMS può essere letto come un'incapacità del programma ad invertire i dati (e quindi creare un buon modello di resistività), non bisogna dimenticare che gli algoritmi utilizzati dal Res2Dinv si basano su ipotesi di carattere geologico. Tali algoritmi, pertanto, tendono a creare una modellazione geologicamente coerente del sottosuolo e non tengono conto dell'eventuale presenza di strutture antropiche che introducono variazioni artificiali al naturale andamento della resistività del terreno: per questo motivo, in presenza di un sottosuolo fortemente antropizzato, si hanno spesso valori di RMS molto elevati. In tali casi, l'utente consapevole può utilizzare il metodo di inversione robust per "segnalare" al software la presenza di forti variazioni di resistività in spazi ridotti (caso tipico delle indagini archeologiche); questo metodo di

inversione (detto anche “a blocchi”) permette di accentuare le variazioni orizzontali enfatizzando i contorni netti e gli spigoli vivi delle zone con forti variazioni di resistività.



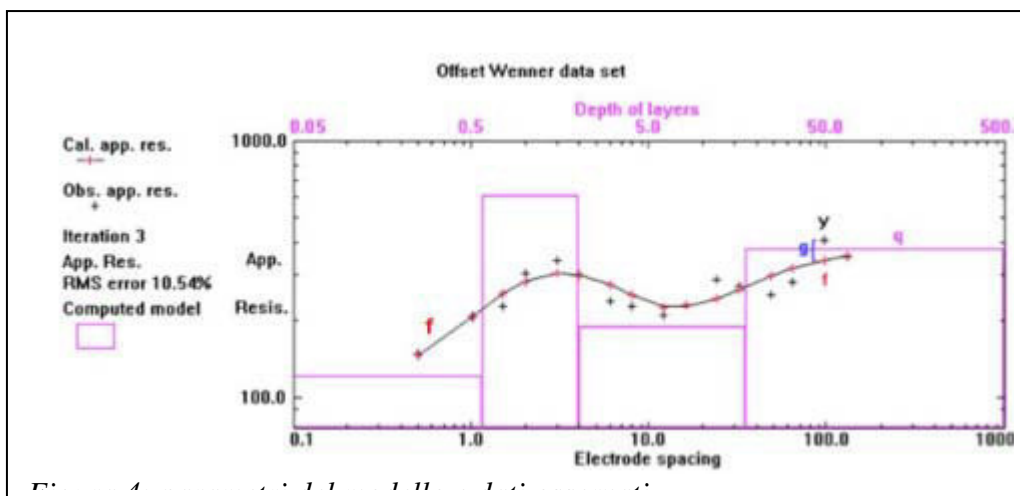
Un altro dei parametri modificabili per la creazione di un buon modello teorico è la larghezza delle celle con cui si rappresenta il sottosuolo, la quale normalmente è pari alla minima spaziatura tra le antenne; dimezzare questo parametro (model refinement) significa ottenere un modello più dettagliato e raffinato. Considerata l’attendibilità delle misure compiute in situ e l’alto numero di dati rilevati, nel nostro caso si è fatto uso di questa opzione nell’elaborare alcune tomografie.

La pseudosezione è una rappresentazione che ci fornisce un’idea della distribuzione delle resistività reali nel sottosuolo e permette di evidenziare delle anomalie locali determinate da valori troppo alti o troppo bassi rispetto ai valori limitrofi che saranno poi eliminati prima di procedere all’inversione dei dati stessi. Attualmente le immagini 2D sono ampiamente utilizzate per mappare le aree geologiche moderatamente complesse dove un’indagine 1D convenzionale risulta essere inadeguata. I risultati degli studi vengono inseriti sotto forma di una pseudosezione che conferisce un quadro approssimativo ma distorto della geologia del sottosuolo. Questo programma può essere utilizzato con diversi tipi di configurazioni (array): Wenner, Dipolo-Dipolo, Wenner-Schlumberger e Polo-Polo. Il metodo di ottimizzazione, è utilizzato per interpretare i dati provenienti da uno strumento multielettrodo e sostanzialmente si propone di ridurre la differenza tra i valori di resistività apparente calcolata e misurata (reale), regolando la resistività dei blocchi del modello. Una misura di questa differenza è data dall’errore di root-meansquared (RMS). Tuttavia il modello con l’errore più basso possibile a volte può mostrare grandi e irrealistiche variazioni nei valori di resistività del modello che potrebbe non essere sempre il modello “migliore” dal punto di vista geologico. In generale, l’approccio più prudente è quello di utilizzare il modello con 3-5 iterazioni dopo che l’errore RMS non cambia più significativamente (per ulteriori informazioni è disponibile un tutorial sul sito web www.goelectrical.com). Il programma

sceglie automaticamente i parametri ottimali per l'inversione per un particolare insieme di dati, tuttavia, questi parametri possono anche essere modificati dall'utente (Loke and Barker, 1996a). L'utente può essere guidato nelle scelte dei parametri ottimali per l'inversione, valendosi di informazioni come quelle ottenute dalle trivellazioni o da altre fonti che possono essere incluse nel modello. Tutti i metodi d'inversione cercano di determinare un modello per il sottosuolo la cui risposta sia in accordo con i dati misurati. I PARAMETRI (Q) sono i valori di resistività delle celle del modello, mentre i DATI osservati (y) sono i valori di resistività apparente misurati. Un modello iniziale, solitamente omogeneo, viene modificato in modo iterativo, facendo in modo che la differenza

$$g = y - f$$

□ tra i valori di resistività apparente misurati (y) e calcolati (f) si riduca ad ogni iterazione

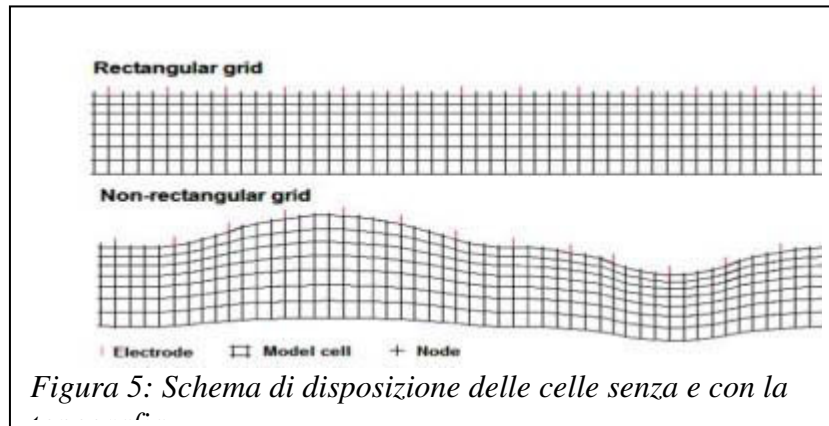


Il software utilizza due metodi per l'elaborazione dei dati, quello delle DIFFERENZE FINITE e quello degli ELEMENTI FINITI. Entrambi i metodi devono risolvere la seguente equazione di Poisson:

$$I_c = -\nabla \left[\frac{1}{\rho(x,y)} \nabla \phi(x,y,z) \right]$$

dove: I_c è la corrente;
 $\rho(x,y)$ è la resistività;
 $\phi(x,y,z)$ è il potenziale nei nodi che deve essere calcolato.

Ogni cella del modello in cui è suddiviso il sottosuolo può avere un valore di resistività diversa. Questo secondo metodo degli Elementi Finiti, può avere delle celle non regolari e per questo motivo è il più utilizzato quando siamo in presenza di topografia



Mentre il programma per l'inversione dei dati si basa sul smoothnessconstrained metodo dei minimi quadrati (Degroot-Hedlin and Constable, 1990; Sasaki, 1992). Questo metodo deve risolvere la seguente equazione:

$$(J^T J + u F) d = J^T g$$

dove:

- $F = f_x f_x^T + f_z f_z^T$;
- f_x = filtro di planarità orizzontale;
- f_z = filtro di planarità verticale;
- J = matrice delle derivate parziali;
- u = Damping Factor (fattore di smorzamento);
- d = modello perturbazione vettore;
- g = vettore di discrepanza.

Un vantaggio di questo metodo è che i filtri, fattore di smorzamento e di planarità possono essere regolati per adattarsi ai diversi tipi di dati. Una descrizione dettagliata delle diverse varianti del metodo dei minimi quadrati di scorrevolezza con i limiti, si può trovare nelle note tutoriali fornite da Loke (2001)

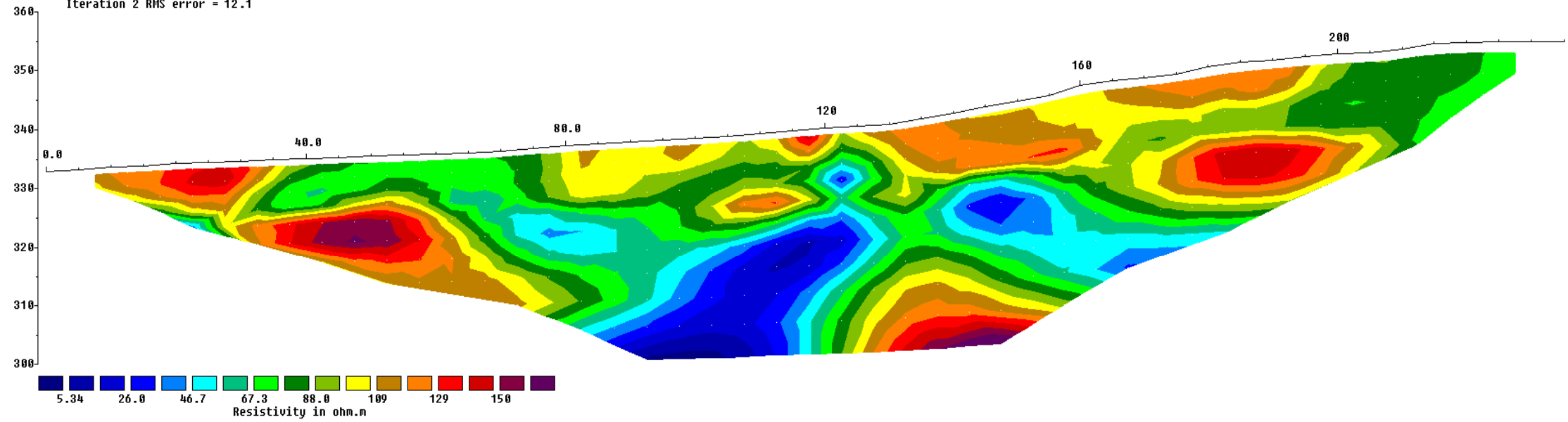
I risultati delle tomografie sono restituiti nelle Tavole allegate.

Le sezioni mostrano tutte l'influenza della falda freatica a partire da circa 15-16m (compresa la frangia capillare) inoltre le alternanze ed interdigitazioni tra limi sabbie. In TEV 1 e 2 i valori di resistività sono più bassi che in TEV3 e 4 perché prevale la componente limosa.

Sondaggio Geoelettrico TEV1

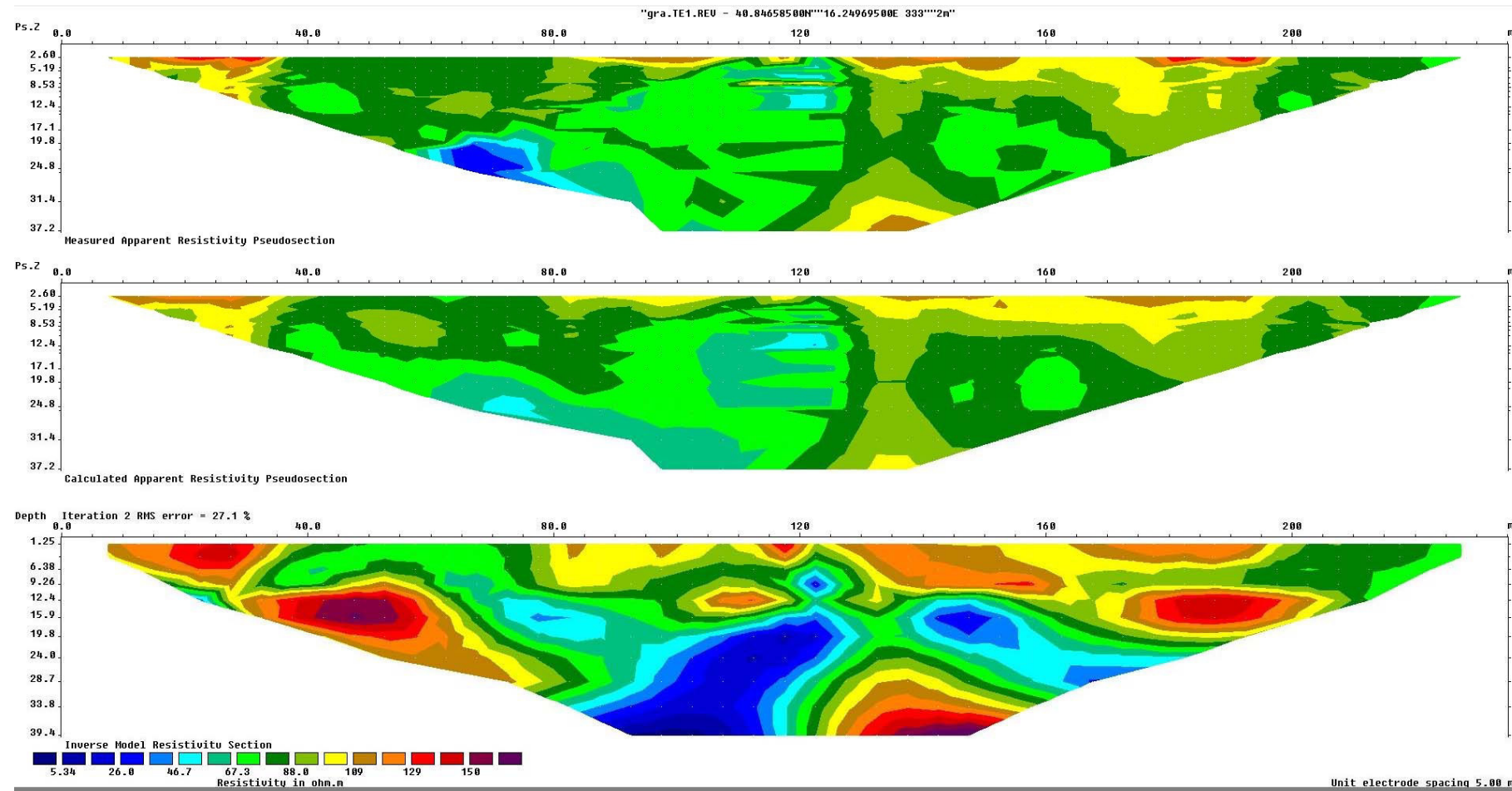
"gra.TE1.REV - 40.84658500N""16.24969500E 333""2m"

Elevation Model resistivity with topography
Iteration 2 RMS error = 12.1



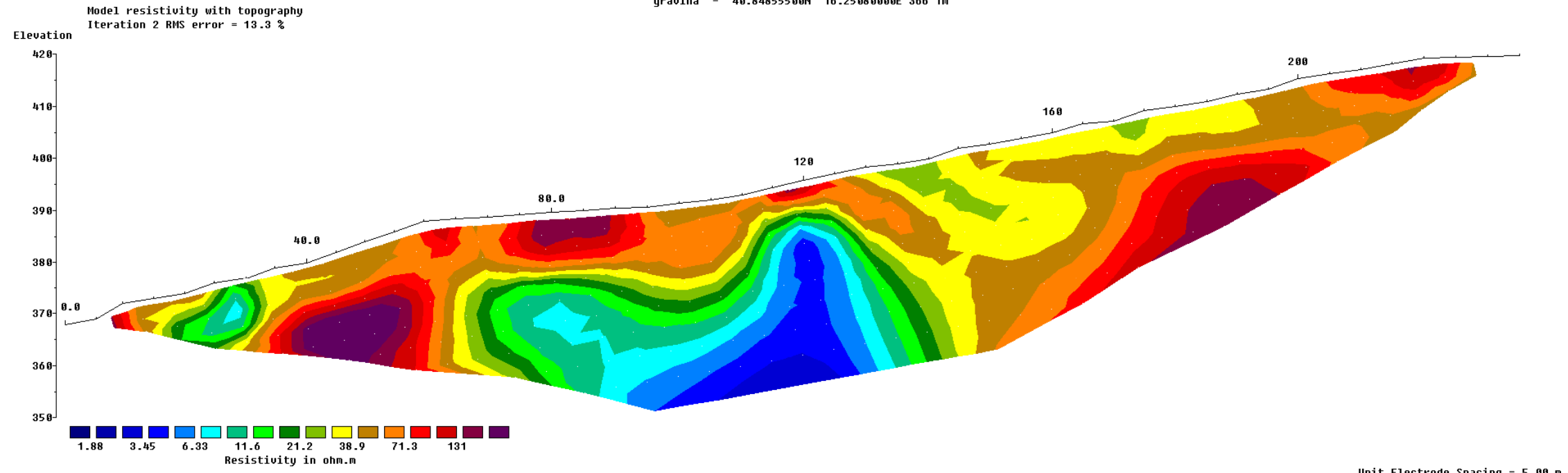
Unit Electrode Spacing = 5.00 m.

Horizontal scale is 39.13 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.81
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 235.0 m.



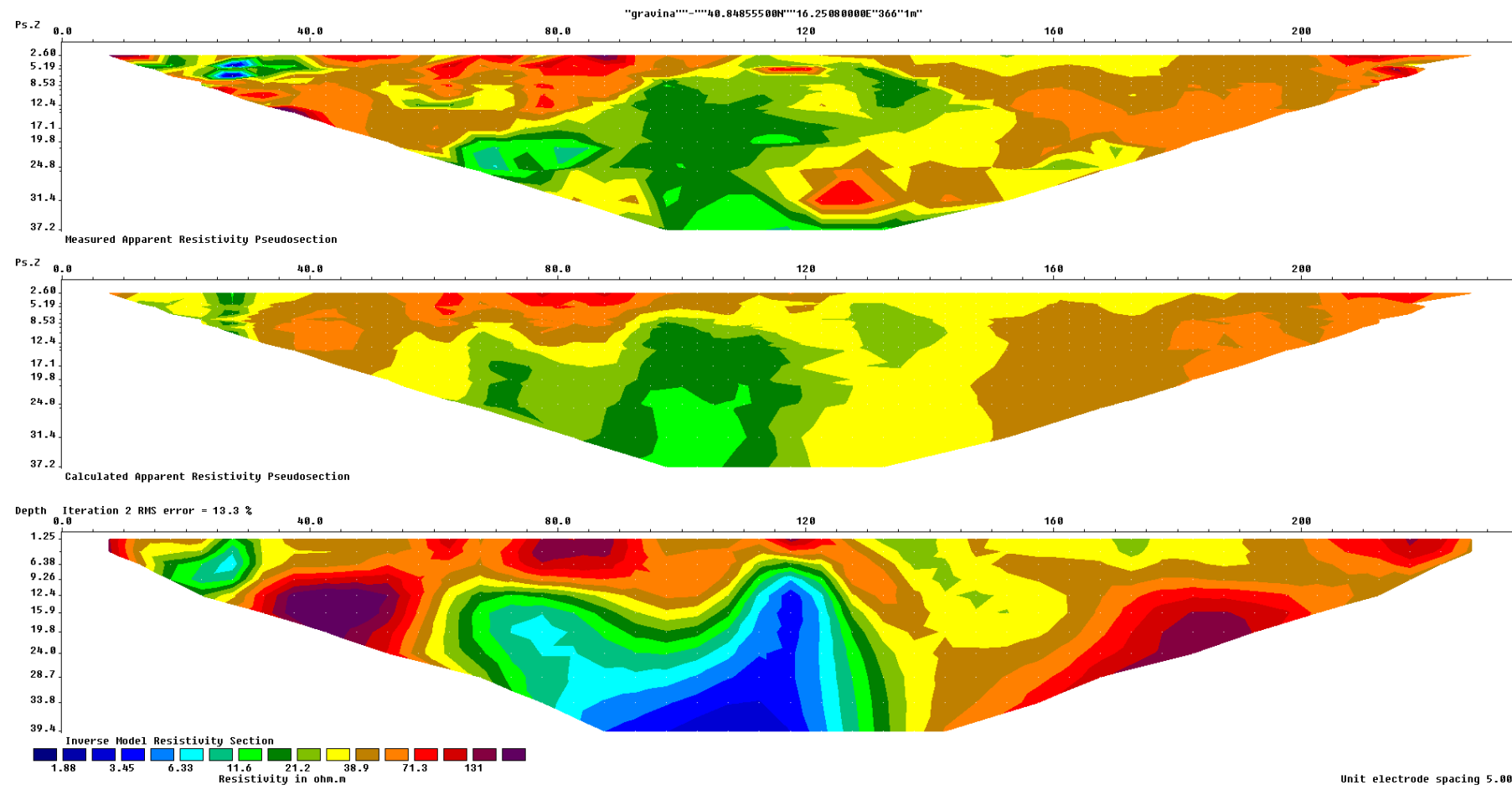
Sondaggio Geoelettrico TEV2

"gravina"-----40.84855500N"16.25080000E"366"1m"



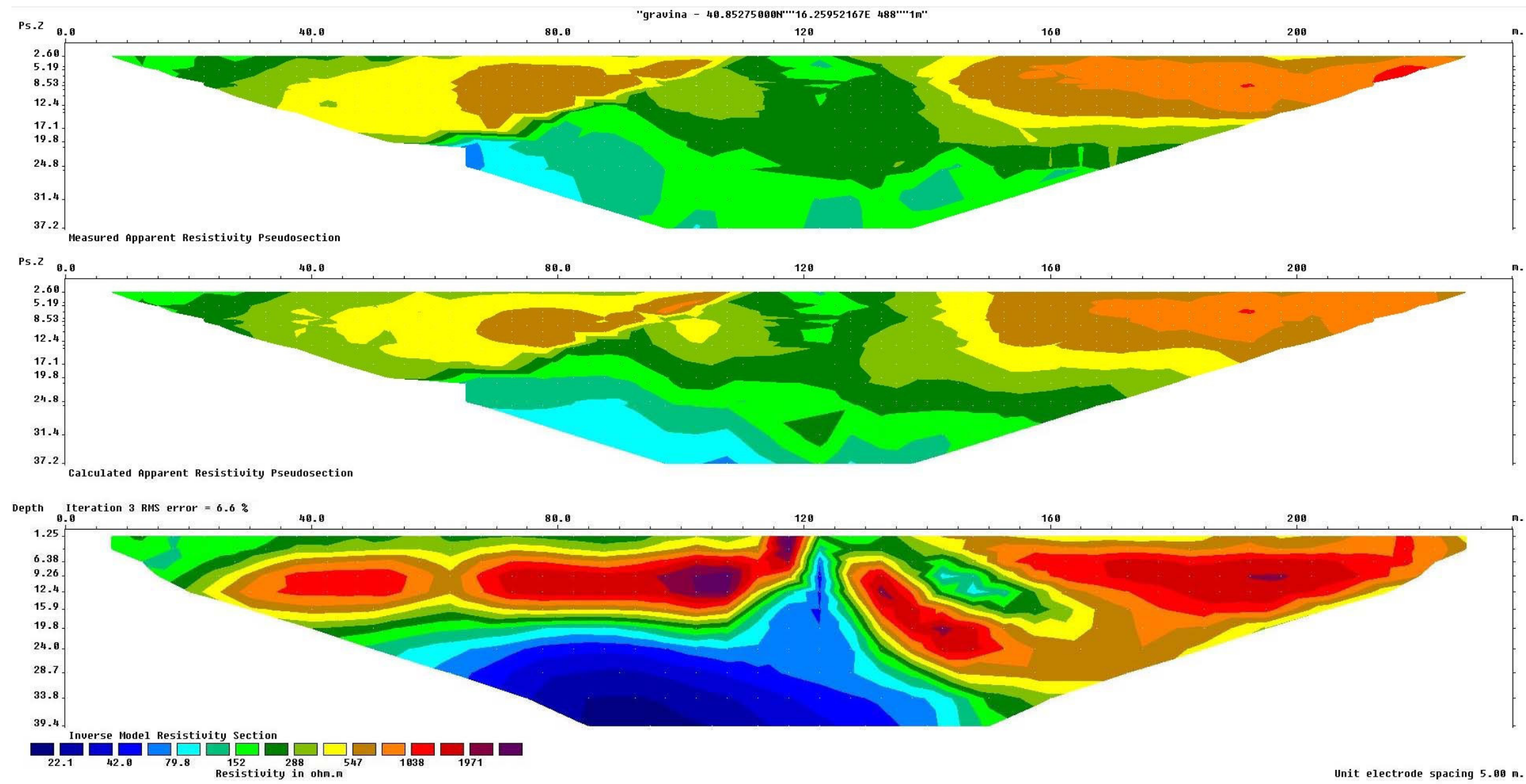
Horizontal scale is 39.13 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.81
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 235.0 m.

Unit Electrode Spacing = 5.00 m.



Unit electrode spacing 5.00 m.

Sondaggio Geoelettrico TEV3



Sondaggio Geoelettrico TEV4

