

## Sogliano Ambiente S.p.A

Piazza Garibaldi, 12  
47030 Sogliano al Rubicone (FC)  
Tel. 0541 948910  
Fax 0541 948909  
e-mail: info@soglianoambiente.it  
sito web: www.soglianoambiente.it



Sogliano  
Ambiente

# DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI DENOMINATA "GINESTRETO 3"

Località Ginestreto - Comune di Sogliano al Rubicone (FC)

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale

L.R. 4/18 e D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

## PROGETTO DEFINITIVO

### RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Allegato:

3

Elaborato:

1

#### Progettazione:

ing. Maurizio Carbone - Sogliano Ambiente S.p.A.

#### Collaboratori alla progettazione:

dott. Nicholas Lazzarini - Sogliano Ambiente S.p.A.  
ing. Maurizio Migliori - Sogliano Ambiente S.p.A.


#### Timbro e firma:


#### Consulenti per la progettazione:

ing. F. Forlani - Studio Sgai s.r.l., Morciano di R. (RN)  
dott. geol. A. Ricci - S. Piero in Bagno (FC)  
geom. R. Galeotti - Studio Geo-exe, Forlì (FC)  
ing. D. Neri - Ingegneria ambientale, Forlì (FC)  
dott. for. G. Grapeggia - Studio Verde, Forlì (FC)  
ing. M. Orlati - Studio Tema, Forlì (FC)  
ing. S. Bagli - Gecosistema, Rimini (RN)  
ing. P. Bernabini - Cober S.r.l., S. Piero in Bagno (FC)

Codice documento: Ara G3 PD RG 03.01

Rev.	Data	Redatto	Controllato	Approvato
0	set-22	FF	MC	MC

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3 -</b> <b>Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 1 of 145	

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 2 of 145	


Client	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>
Project	<b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b>
Title	<b>Relazione Geotecnica</b>
Date	
Document code	<b>Ara G3 PD RG 03.01</b>
Tipo/Scale	
Emission/Revision of Date	2 of Settembre-22
Internal Revision	L

## **SGAI srl di E.Forlani & C.**

Via Mariotti 18 - 47833 Morciano di R. (RN), Italy – phone: +39-0541988277 - <http://www.sgai.com>  
email: [sgai@sgai.com](mailto:sgai@sgai.com)

R.E.A. n. 226314 - Capitale sociale i.v. € 51.480,00 –C.F. e Iscrizione alla C.C.I.A.A. di Rimini n. 00772250411 - P.IVA. 01894420403

The information contained in this document are properties of SGA I which reserves all rights.  
Questo documento è proprietà SGA I srl che se ne riserva i diritti.

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 3 of 145	

## CONTENTS

1.	Premessa .....	5
1.1.	Scopo .....	5
2.	Riferimenti normative e dati di base .....	6
2.1.	Normativa di riferimento .....	6
2.2.	Dati di base .....	6
3.	Indagini in sito .....	8
3.1.	Ginestreto 3.....	9
3.1.1	<i>Campagna di indagini del 2006</i> .....	9
3.1.2	<i>Campagna di indagini del 2008</i> .....	11
3.1.3	<i>Campagna di indagini del 2021</i> .....	14
3.2.	Ginestreto 4.....	24
3.2.1	<i>Campagna geognostica del 2006</i> .....	24
3.2.2	<i>Campagna geognostica del 2007</i> .....	27
3.2.3	<i>Campagna geognostica del 2014</i> .....	29
3.2.4	<i>Prove in sito integrative del 2014</i> .....	37
3.3.	Ginestreto 2.....	41
3.3.1	<i>Campagna geognostica del 2001</i> .....	41
3.3.2	<i>Campagna geognostica del 2002</i> .....	42
3.3.3	<i>Campagna geognostica del 2003</i> .....	42
3.3.4	<i>Campagna geognostica del 2007</i> .....	43
4.	Caratterizzazione Geotecnica.....	44
5.	Correlazioni impiegate per l'interpretazione delle prove .....	45
5.1.	Prove di laboratorio .....	45
5.1.1	<i>Caratteristiche Fisiche</i> .....	45
5.1.2	<i>Caratteristiche di Resistenza</i> .....	45
5.1.3	<i>Caratteristiche di Deformabilità</i> .....	45
5.1.4	<i>Stato tensionale in sito</i> .....	46
5.1.5	<i>Caratteristiche idrauliche</i> .....	46
5.2.	Prove CPT e CPTu .....	46
5.2.1	<i>Caratteristiche Fisiche</i> .....	46
5.2.2	<i>Caratteristiche di Resistenza</i> .....	48
5.2.3	<i>Caratteristiche di Deformabilità</i> .....	49
5.2.4	<i>Stato tensionale in sito</i> .....	50
5.3.	Prove Geofisiche.....	52
6.	Modello Geotecnico di Riferimento .....	53
6.1.	Unità Geotecnica RAI.....	53
6.1.1	<i>Caratteristiche Fisiche</i> .....	53



**Sogliano Ambiente S.p.A.**

**Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune  
di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica**

**Doc.no.**


**Ara G3 PD RG 03.01**

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 4 of 145

6.1.2	<i>Caratteristiche di Resistenza</i>	58
6.1.3	<i>Caratteristiche di Deformabilità</i>	64
6.1.4	<i>Stato tensionale in sito</i>	68
6.1.5	<i>Caratteristiche Idrauliche</i>	71
6.2.	Unità Geotecnica RAa	72
6.2.1	<i>Caratteristiche Fisiche</i>	72
6.2.2	<i>Caratteristiche di Resistenza</i>	75
6.2.3	<i>Caratteristiche di Deformabilità</i>	79
6.2.4	<i>Stato tensionale in sito</i>	84
6.2.5	<i>Caratteristiche Idrauliche</i>	85
6.3.	Unità Geotecnica RPi	86
6.3.1	<i>Caratteristiche Fisiche</i>	86
6.3.2	<i>Caratteristiche di Resistenza</i>	91
6.3.3	<i>Caratteristiche di Deformabilità</i>	97
6.3.4	<i>Stato tensionale in sito</i>	102
6.3.5	<i>Caratteristiche Idrauliche</i>	105
6.4.	Unità Geotecnica RPa	106
6.4.1	<i>Caratteristiche Fisiche</i>	106
6.4.2	<i>Caratteristiche di Resistenza</i>	110
6.4.3	<i>Caratteristiche di Deformabilità</i>	115
6.4.4	<i>Stato tensionale in sito</i>	122
6.4.5	<i>Caratteristiche Idrauliche</i>	124
6.5.	Unità Geotecnica DepFr, DetRip e All	125
6.5.1	<i>Caratteristiche Fisiche</i>	125
6.5.2	<i>Caratteristiche di Resistenza</i>	131
6.5.3	<i>Caratteristiche di Deformabilità</i>	135
6.5.4	<i>Stato tensionale in sito</i>	141
6.5.5	<i>Caratteristiche Idrauliche</i>	144
6.6.	Unità Geotecnica Ril	145
6.7.	Sintesi delle Caratterizzazioni per Unità Geotecnica di riferimento	145

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 5 of 145	

## 1. Premessa


### 1.1. Scopo

La presente relazione Geotecnica, redatta in ottemperanza alle Leggi vigenti in materia (in particolare DM 14.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”), si pone l’obiettivo di definire il modello geotecnico di riferimento per la progettazione definitiva di una discarica di rifiuti non pericolosi, situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC).

La caratterizzazione geotecnica è avvenuta sulla base delle risultanze delle indagini eseguite, estratte dalla relazione geologica e dagli specifici elaborati contenenti i report di prova. I dati raccolti sulla natura ed assetto del sottosuolo, di cui alla Relazione Geologica di progetto, hanno permesso di:

- determinare il modello geotecnico del sottosuolo;
- definire i valori caratteristici  $f_k$  dei parametri geotecnici.

Per la definizione della condizione sismica del sito si rimanda alla “Relazione Geologica” che definisce le categorie di sottosuolo riferibili al sito e alla “Relazione tecnica analisi risposta sismica locale”.

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 6 of 145	

## 2. Riferimenti normative e dati di base

### 2.1. Normativa di riferimento

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009
- Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI
- Decreto legislativo 3 settembre 2020, n. 121

### 2.2. Dati di base

Doc. 1 - Elaborato 3 – Carta geologica in scala 1:5000

Doc. 2 - Elaborato 6 – Ubicazione generale prove disponibili in scala 1:2000

Doc. 3 - Elaborato 12 – Ubicazione prove e sezioni geologiche G3 stato attuale in scala 1:1000

Doc. 4 - Elaborato 13a – Sezioni geologiche G3 longitudinali stato attuale in scala 1:1000

Doc. 5 - Elaborato 13b – Sezioni geologiche G3 longitudinali stato attuale in scala 1:1000

Doc. 6 - Elaborato 14 – Sezioni geologiche G3 trasversali stato attuale in scala 1:1000

Doc. 7 - Elaborato 15 – Sezioni geologiche G3 trasversali stato attuale in scala 1:1000

Doc. 8 - Elaborato 16 – Prove di archivio aree limitrofe (Vallecola G2, Vallecola G4)

Doc. 9 - Elaborato 17 – Prove di archivio Vallecola G3

Doc. 10 - Elaborato 18 – Indagine geofisica 2021

Doc. 11 - Elaborato 19 – Sondaggi 2021

Doc. 12 - Elaborato 20 – Prove di laboratorio e permeabilità in sito 2021

Doc. 13 - Elaborato 21 – Down Hole 2021


Doc. 14 - Elaborato 22 – Relazione tecnica analisi risposta sismica locale

Doc. 15 - Elaborato 23 – Prove penetrometriche 2021

Doc. 16 - All.D Elaborato 1 – Relazione geologica - Discarica per rifiuti non pericolosi Denominata Ginestreto 4 – Progetto di ampliamento della discarica per rifiuti non pericolosi denominata "Ginestreto 2" fino ad una potenzialità di 2.500.000 mc.

Doc. 17 - E19 – prove di archivio aree limitrofe (Vallecola G3 e strada comunale del crinale) - Discarica per rifiuti non pericolosi Denominata Ginestreto 4

Doc. 18 \_1\_Relazione Stabilità G2 – Progetto per la costruzione di una discarica controllata per rifiuti urbani e speciali non pericolosi con una potenzialità di 1500000m<sup>3</sup> Località Ginestreto – Sito denominato G2.

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 7 of 145	

Doc. 19 \_ Relazione tecnica - Progetto per la costruzione di una discarica controllata per rifiuti urbani e speciali non pericolosi con una potenzialità di 1500000m<sup>3</sup> Località Ginestreto – Sito denominato G2. Integrazione richiesta dall'Amministrazione Provinciale FC.



### 3. Indagini in sito

Per definire la stratigrafia locale dell'area di studio e per acquisire i parametri fisico-meccanici dei terreni in esame sono state condotte sull'area interessata dall'intervento di progetto (vallecola Ginestreto 3) diverse campagne geognostiche, di seguito elencate:

- Campagna di indagine del 2006;
- Campagna di indagine del 2008;
- Campagna di indagine del 2021.

A supporto caratterizzazione geotecnica, sono state considerate anche le risultanze ritenute di interesse delle campagne di indagine eseguite nelle zone limitrofe (vallecola Ginestreto 2 e 4) che sono caratterizzate dalla medesima natura geologica. Nello specifico si sono considerate le seguenti campagne di indagine:

- Campagna di indagine del 2006, 2007 e 2014 per la vallecola Ginestreto 4;
- Campagna di indagine del 2001, 2002, 2003 e 2007 per la vallecola Ginestreto 2.

In Figura 3-1 si riporta l'ubicazione planimetrica delle indagini in sito relative a tutte le campagne effettuate relativamente alla vallecola Ginestreto 3 e a quelle adiacenti (G2 e G4); per i dettagli si rimanda ai relativi elaborati indicati al par. 2.2.

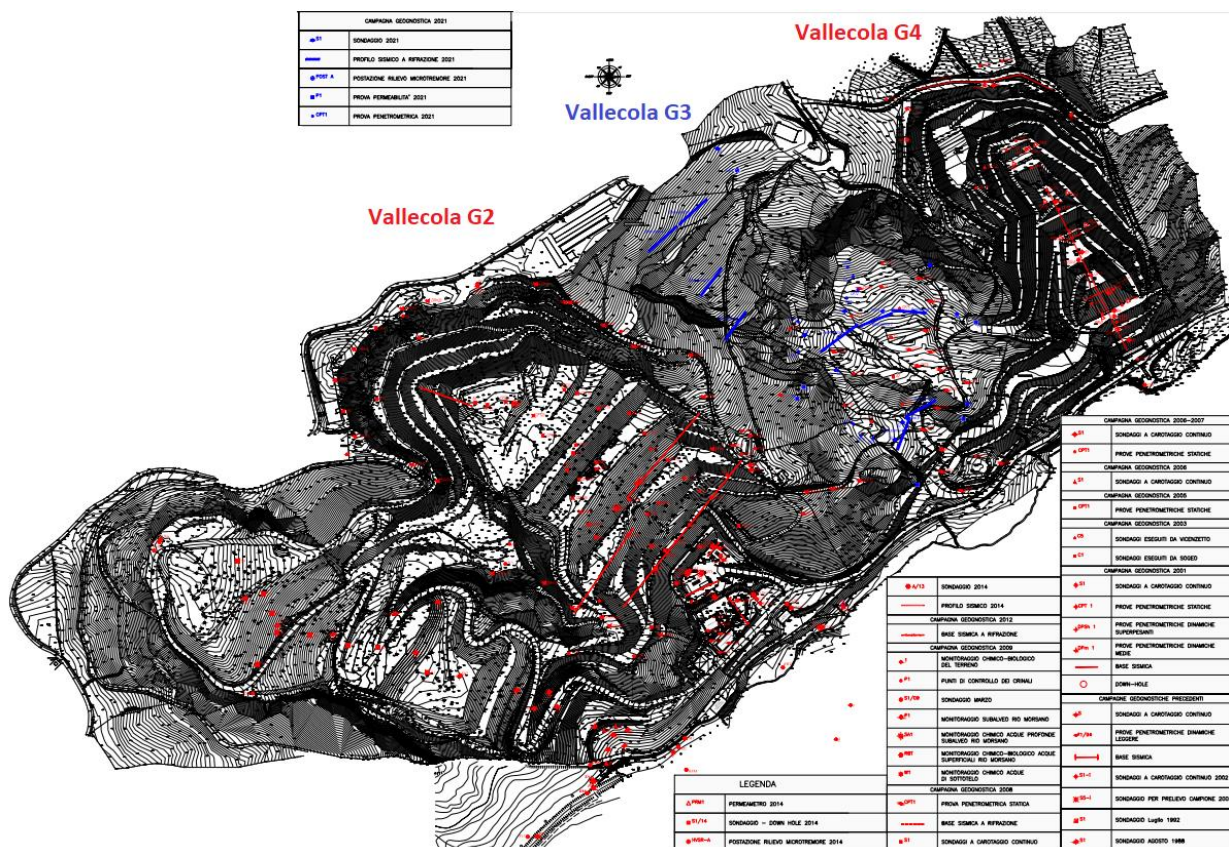



Figura 3-1 Planimetria Indagini eseguite in corrispondenza della Vallecola G3 (di progetto) e della G2 e G4 considerate nella caratterizzazione

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 9 of 145	

### 3.1. Ginestreto 3

#### 3.1.1 Campagna di indagini del 2006

In tale sede si è realizzata una campagna geognostica preliminare eseguita dall'Impresa SOGEO snc di Lugo, che ha visto la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo e l'installazione di un sistema di monitoraggio mediante piezometri, e dall'Impresa GEO LOG di Ravenna, che si è occupata delle prove penetrometriche statiche. Il Laboratorio Tecnogeo di Cattolica ha eseguito le prove di laboratorio sui campioni prelevati dalle verticali di prova.

Nello specifico sono stati realizzati:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1) spinto fino a 25m di profondità;
- installazione nel foro di sondaggio di n. 1 piezometro a tubo aperto tipo Norton;
- n. 8 prove penetrometriche statiche (CPT1-CPT8) spinte fino a profondità comprese tra 7.6 e 13.8m.


Durante l'esecuzione del sondaggio sono state inoltre effettuate le seguenti attività:

- rilievo della stratigrafia;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test) nei livelli coesivi;
- Rilievo dei livelli di falda durante le fasi di perforazione;
- Prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- Esecuzione di prove di permeabilità a carico variabile con il metodo Lefranc.

Nella tabella che segue si riporta la descrizione delle indagini eseguite con particolare riferimento a sondaggi geognostici e CPT, con l'indicazione della tipologia di indagine, la profondità raggiunta, strumentazioni installate (piezometro) e ulteriori prove eseguite (Lefranc) e campioni prelevati (CI campioni indisturbati e CD campioni rimaneggiati).

**Tabella 3-1 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite**

Sigla	Tipologia prova [-]	Profondità [m]	Strumenti installati [-]	Prove di permeabilità [-]	n. CI [-]	n. CD [-]
S1	Sondaggio a carotaggio continuo	25	Piezometro Norton	Lefranc	2	2
CPT1	Penetrometrica statica	13.8	-		-	-
CPT2	Penetrometrica statica	10.4	-		-	-
CPT3	Penetrometrica statica	7.6	-		-	-
CPT4	Penetrometrica statica	12	-		-	-
CPT5	Penetrometrica statica	15	-		-	-
CPT6	Penetrometrica statica	12.4	-		-	-

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>
	Rev. 2	Date: Settembre-22
Pag. 10 of 145		

Sigla	Tipologia prova [-]	Profondità [m]	Strumenti installati [-]	Prove di permeabilità [-]	n. CI [-]	n. CD [-]
CPT7	Penetrometrica statica	11.8	-		-	-
CPT8	Penetrometrica statica	12.6	-		-	-

### 3.1.1.1 Misure piezometriche

In corrispondenza del Piezometro tipo Norton installato nel sondaggio S1, sono state eseguite le seguenti letture dei livelli di falda mediante freatimetro (per i dettagli si rimanda a quanto indicato in relazione geologica):

**Tabella 3-2 – Riepilogo delle misure piezometriche**

Piezometro	Fine perforazione	Letture			
		29-09-06	03-10-06	09-10-06	13-10-06
S1	13/09/2006	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

In generale, durante le fasi di perforazione non sono state rilevate né perdite di acqua di circolazione, né venute d'acqua.

### 3.1.1.2 Prove di permeabilità in sito

È stata realizzata una prova di permeabilità a carico variabile con metodo Lefranc nel foro di sondaggio S1 alle profondità indicate nella tabella che segue, che evidenzia che non si rilevano assorbimenti di acqua.

**Tabella 3-3 – Riepilogo delle prove di permeabilità**

Sondaggio	Profondità della prova [m]	Litotipo interessato
S1	23-24	Formazione Arenacea Pelitica intatta

### 3.1.1.3 Prove di laboratorio

Sui campioni prelevati dal sondaggio della campagna geognostica in esame sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione del peso di volume (naturale, secco e specifico);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- analisi granulometriche;
- prove di taglio diretto (TD);
- Prove di permeabilità con permeametro a carico variabile.



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3 - Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 11 of 145

**Tabella 3-4 – Tabella laboratorio campagna 2006 – Prove Fisiche**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecnica	Profondità		Umidità	Pesi di volume			Granulometria				
			Da [m]	A [m]	W [%]	G <sub>specifico</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>secco</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>naturale</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Ghiaia (G) [%]	Sabbia (S) [%]	Limo (L) [%]	Argilla (A) [%]	L+A [%]
S1-G3(2006)	C1	DepFr	4.40	5.00	14.80	26.28	17.75	20.40	0.00	48.00	40.00	12.00	52.00
S1-G3(2006)	C2	DepFr	8.60	9.20	21.80	26.77	16.48	20.10	0.00	11.00	58.00	31.00	89.00
S1-G3(2006)	Cd1	RAi	16.50	16.80	15.40	26.77	18.63	21.48	0.00	0.00	52.00	48.00	100.00
S1-G3(2006)	Cd2	RAi	23.00	23.30	14.90	26.97	18.83	21.58	0.00	1.00	50.00	49.00	99.00

**Tabella 3-5 – Tabella laboratorio campagna 2006 – Prove di resistenza**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecnica	Pocket Penetrometer	Vane Test	Taglio Casagrande	
			qc [kPa]	cu [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]
S1-G3(2006)	C1	DepFr	490.34	196.14	9.81	29.00
S1-G3(2006)	C2	DepFr	269.70	127.49	17.65	23.00
S1-G3(2006)	Cd1	RAi	490.34	196.14	88.26	20.00
S1-G3(2006)	Cd2	RAi	490.34	196.14	75.51	21.00

**Tabella 3-6 – Tabella laboratorio campagna 2006 – permeabilità con permeametro a carico variabile**

sondaggio	Campione	Profondità campione		K media	Unità
n.	n.	da (m)	a (m)	(m/s)	
S1(2006)-G3	CD1	16.5	16.8	2.80E-11	RAi
S1(2006)-G3	CD2	23	23.3	2.30E-11	RAi

### 3.1.2 Campagna di indagini del 2008

In tale sede si è realizzata una campagna geognostica preliminare eseguita dall'Impresa SOGEO snc di Lugo, che ha visto la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo e l'installazione di un sistema di monitoraggio mediante piezometri e inclinometri, e dall'Impresa GEO LOG di Ravenna, che si è occupata delle prove penetrometriche statiche. Il Laboratorio Tecnogeo di Cattolica ha eseguito le prove di laboratorio sui campioni prelevati dalle verticali di prova.

Nello specifico sono stati realizzati:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo (S1-S4) spinti fino a profondità variabili da 20m a 30m;
- installazione nel foro di sondaggio di n. 1 piezometro a tubo aperto tipo Norton;
- installazione di n. 3 inclinometri;
- n. 16 prove penetrometriche statiche (CPT1-CPT16) spinte fino a profondità comprese tra 5.2 e 19.8m.

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state inoltre effettuate le seguenti attività:

- rilievo della stratigrafia;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test) nei livelli coesivi;
- Rilievo dei livelli di falda durante le fasi di perforazione;
- Prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;

Nella tabella che segue si riporta la descrizione delle indagini eseguite con particolare riferimento a sondaggi geognostici e CPT, con l'indicazione della tipologia di indagine, la profondità raggiunta, strumentazioni installate (piezometro e inclinometro) e campioni prelevati (CI campioni indisturbati e CD campioni rimaneggiati).



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2


Date: Settembre-22

Pag. 12 of 145

**Tabella 3-7 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite**

Sigla	Tipologia prova [-]	Profondità [m]	Strumenti installati [-]	n. CI [-]	n. CD [-]
S1	Sondaggio a carotaggio continuo	20	Piezometro Norton	2	2
S2	Sondaggio a carotaggio continuo	30	Inclinometro	1	2
S3	Sondaggio a carotaggio continuo	30	Inclinometro	2	2
S4	Sondaggio a carotaggio continuo	20	Inclinometro	2	2
CPT1	Penetrometrica statica	12.4	-	-	-
CPT2	Penetrometrica statica	19.8	-	-	-
CPT3	Penetrometrica statica	17.6	-	-	-
CPT4	Penetrometrica statica	18.4	-	-	-
CPT5	Penetrometrica statica	6.6	-	-	-
CPT6	Penetrometrica statica	9.2	-	-	-
CPT7	Penetrometrica statica	12.6	-	-	-
CPT8	Penetrometrica statica	18.0	-	-	-
CPT9	Penetrometrica statica	9.6	-	-	-
CPT10	Penetrometrica statica	9.8	-	-	-
CPT11	Penetrometrica statica	12.0	-	-	-
CPT12	Penetrometrica statica	15.0	-	-	-
CPT13	Penetrometrica statica	8.0	-	-	-
CPT14	Penetrometrica statica	5.2	-	-	-
CPT15	Penetrometrica statica	10.0	-	-	-
CPT16	Penetrometrica statica	15.2	-	-	-



	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
	<b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3 - Progettazione definitiva</b>	<b>Rev. 2</b>	<b>Date: Settembre-22</b>
	<b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Pag. 13 of 145</b>	

### 3.1.2.1 Misure piezometriche

Non sono state eseguite letture piezometriche in corrispondenza del piezometro installato.

Durante le fasi di perforazione dei sondaggi, non sono state rilevate né perdite di acqua di circolazione, né venute d'acqua.

### 3.1.2.2 Prove di laboratorio

Sui campioni prelevati dal sondaggio della campagna geognostica in esame sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:


- determinazione del peso di volume (naturale, secco e specifico);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- analisi granulometriche;
- prove di compressione triassiale (del tipo CID e UU);
- prove di taglio diretto (TD).
- prove di compressibilità edometrica.

**Tabella 3-8 – Tabella laboratorio campagna 2008 – Prove Fisiche**

Sondaggio	Campioni	Unità Geotecn	Profondità		Umidità	Pesi di volume			Granulometria				
			Da [m]	A [m]	W [%]	G <sub>specifico</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>secco</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>naturale</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Ghiaia (G) [%]	Sabbia (S) [%]	Limo (L) [%]	Argilla (A) [%]	L+A [%]
S1-G3(2008)	C1	DepFr	2.5	3	21.4	26.68	16.18	19.61	0	3	64	33	97
S1-G3(2008)	C2	DepFr	5	5.5	17.5	26.28	16.97	19.91	0	49	38	13	51
S1-G3(2008)	Cd1	RAi	15	15.3	14.2	26.87	17.55	20.1	0	0	53	47	100
S1-G3(2008)	Cd2	RAi	19.5	19.8	16.5	26.68	17.85	20.89	0	0	56	44	100
S2-G3(2008)	C1	DepFr	2.4	2.7	15	26.48	17.75	20.5	0	21	45	34	79
S2-G3(2008)	Cd1	RPa	7	7.4	14.7	26.58	18.05	20.69	0	12	56	32	88
S2-G3(2008)	Cd2	RPI	17.4	17.8	14	26.77	18.24	20.79	0	4	60	36	96
S3-G3(2008)	C1	DepFr	4	4.5	19	26.28	16.48	19.61	0	23	53	24	77
S3-G3(2008)	C2	DepFr	8	8.5	19.7	26.18	16.67	19.9	0	43	45	12	57
S3-G3(2008)	Cd1	RPI	14	14.4	13.7	26.38	18.54	21.09	0	22	54	24	78
S3-G3(2008)	Cd2	RPI	22	22.5	10.8	26.48	18.63	20.69	0	24	50	26	76
S4-G3(2008)	C1	DepFr	2.5	3.1	21.5	26.38	16.18	19.71	0	24	50	26	76
S4-G3(2008)	C2	DepFr	6	6.5	19.1	26.38	16.97	20.1	0	26	53	21	74
S4-G3(2008)	Cd1	RPI	10.5	11	12.1	26.28	18.24	20.5	0	50	36	14	50
S4-G3(2008)	Cd2	RPI	15.5	15.9	11.5	26.18	18.05	20.1	0	53	33	14	47

**Tabella 3-9 – Tabella laboratorio campagna 2008 – Prove di Resistenza e edometrie**

Sondaggio	Campioni	Unità Geotecn	Pocket Penetrometer	Vane Test	Taglio Casagrande		Triassiale CID		Triassiale UU		Edometria		
			qc [kPa]	cu [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]	c' [kPa]	φ' [°]	cu [kPa]	φu [°]	Eoed [kPa]	Permeabilità k [m/s]	σ'p [kPa]
S1-G3(2008)	C1	DepFr	318.72	127.49							5687.95	6.21E-11	340
S1-G3(2008)	C2	DepFr	220.65	73.55					64.73	0	906.81	1.44E-10	280
S1-G3(2008)	Cd1	RAi	490.34	196.14					178.48	0			
S1-G3(2008)	Cd2	RAi	490.34	196.14	32.36	21.00							
S2-G3(2008)	C1	DepFr	490.34	196.14	35.31	25.00							
S2-G3(2008)	Cd1	RPa	490.34	196.14							12650.78	6.56E-11	570
S2-G3(2008)	Cd2	RPI	490.34	196.14					318.72	0			
S3-G3(2008)	C1	DepFr	171.62	68.65							4609.2	1.43E-10	160
S3-G3(2008)	C2	DepFr	318.72	122.59	4.90	31.00			147.1	0			
S3-G3(2008)	Cd1	RPI	490.34	196.14	36.29	29.00							
S3-G3(2008)	Cd2	RPI	490.34	196.14					735.51	0	19613.61	1.98E-11	730
S4-G3(2008)	C1	DepFr	220.65	78.46	18.63	27.00							
S4-G3(2008)	C2	DepFr	318.72	98.07					85.32	0			
S4-G3(2008)	Cd1	RPI	490.34	196.14	29.42	31.00					13827.6	8.76E-11	410
S4-G3(2008)	Cd2	RPI	490.34	196.14			22.56	31			10885.56	1.01E-10	380

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 14 of 145	

### 3.1.3 Campagna di indagini del 2021

In tale sede si è realizzata una campagna geognostica preliminare eseguita dall'Impresa SOGEO snc di Lugo, che ha visto la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo e l'installazione di un sistema di monitoraggio mediante piezometri e predisposizione per prove Down Hole.

Le indagini penetrometriche sono state eseguite dal Geol. Maurizio Moroni, mentre quelle geofisiche sono state realizzate dal Geol. Francesco Stragapede.

Il Laboratorio Orazi di Pesaro ha eseguito le prove di laboratorio sui campioni prelevati dalle verticali di prova.

Nello specifico sono stati realizzati:

- n. 9 sondaggi a carotaggio continuo (S1-S9) spinti fino a profondità variabili da 10 a 30m. Di questi gli ultimi 3 (S7-S9) sono stati realizzati per l'esecuzione;
- installazione nel foro di sondaggio di n. 8 piezometri a tubo aperto tipo Norton;
- strumentazione di n. 1 sondaggio per esecuzione della prova Down Hole fino alla profondità di 30m
- n. 9 prove penetrometriche statiche (CPT1-CPT9) spinte fino a profondità comprese tra 4.8 e 10.6m;
- prove sismiche consistenti in n. 1 Down Hole, rilievo microsismico a rifrazione, n. 9 MASW e 7 Re.Mi., prospezione sismica HVSR;
- Esecuzione di prove di permeabilità nel substrato, attraverso trincee eseguite con escavatore, mediante l'uso del Double Stage Boutwell Permeameter (TSB).

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state inoltre effettuate le seguenti attività:

- rilievo della stratigrafia con esecuzione di fotografie a colori del materiale depositato in cassetta;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test) nei livelli coesivi;
- Prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- Esecuzione di prove di permeabilità a carico variabile con il metodo Lefranc;
- Esecuzione di prove di filtrazione.

Nella tabella che segue si riporta la descrizione delle indagini eseguite con particolare riferimento a sondaggi geognostici e CPT, con l'indicazione della tipologia di indagine, la profondità raggiunta, strumentazioni installate (piezometro e tubo Down Hole) e ulteriori prove eseguite (Lefranc con indicazione della profondità e prove di filtrazione) e campioni prelevati (CI campioni indisturbati e CD campioni rimaneggiati).

**Tabella 3-10 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite**

Sigla	Tipologia prova [-]	Profondità [m]	Strumenti installati [-]	Prove permeabilità [-]	n. CI [-]	n. CD [-]
S1	Sondaggio a carotaggio continuo	30	Piezometro Norton	Lefranc	1	4
S2	Sondaggio a carotaggio continuo	30	Down Hole Prof,tà 30 m	-	1	4



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22


Pag. 15 of 145

Sigla	Tipologia prova [-]	Profondità [m]	Strumenti installati [-]	Prove permeabilità [-]	n. CI [-]	n. CD [-]
S3	Sondaggio a carotaggio continuo	25	Piezometro Norton	Lefranc	1	4
S4	Sondaggio a carotaggio continuo	20	Piezometro Norton	Lefranc	0	3
S5	Sondaggio a carotaggio continuo	20	Piezometro Norton	Lefranc	1	4
S6	Sondaggio a carotaggio continuo	20	Piezometro Norton	Lefranc	1	4
S7	Sondaggio a carotaggio continuo	15	Piezometro Norton	Prove di Filtrazione	-	-
S8	Sondaggio a carotaggio continuo	10	Piezometro Norton	Prove di Filtrazione	-	-
S9	Sondaggio a carotaggio continuo	10	Piezometro Norton	Prove di Filtrazione	-	-
CPT1	Penetrometrica statica	7.4	-		-	-
CPT2	Penetrometrica statica	8.8	-		-	-
CPT3	Penetrometrica statica	10.6	-		-	-
CPT4	Penetrometrica statica	9.0	-		-	-
CPT5	Penetrometrica statica	5.4	-		-	-
CPT6	Penetrometrica statica	6.6	-		-	-
CPT7	Penetrometrica statica	8.6	-		-	-
CPT8	Penetrometrica statica	7.2	-		-	-
CPT9	Penetrometrica statica	4.8	-		-	-

### 3.1.3.1 Misure piezometriche

In corrispondenza dei Piezometri tipo Norton installati nei sondaggi S1, S3, S4, S5 e S6, sono state eseguite le seguenti letture dei livelli di falda in corrispondenza del substrato (per i dettagli si rimanda a quanto indicato in relazione geologica)::



	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 16 of 145	

**Tabella 3-11 – Riepilogo delle misure piezometriche**

Piezometro	Letture					
	17-05-21	24-05-21	31-05-21	07-06-21	14-06-21	21-06-21
S1	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
S3	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
S4	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
S5	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
S6	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

In generale, durante le fasi di perforazione non sono state rilevate né perdite di acqua di circolazione, né venute d'acqua.

### 3.1.3.2 Prove di permeabilità in sito


Sono state eseguite le seguenti prove di permeabilità per definirne il valore in sito della Formazione:

- Lefranc nei fori di sondaggio S1-S6;
- Prove TSB (Double Stage Boutwell Permeameter) secondo gli standard ASTM 6391 che permettono di studiare il flusso tridimensionale, permettendo la determinazione delle permeabilità orizzontali e verticali. Tali prove sono state eseguite su trincee eseguite appositamente con escavatore;
- Prove di Filtrazione nei tre sondaggi appositamente eseguiti S7, S8 e S9.

Nel seguito si riportano delle tabelle riepilogative dei risultati delle varie prove di permeabilità eseguite, discriminando il litotipo interessato da tali prove; per un maggior dettaglio in merito alla tipologia di indagine si rimanda alla relazione geotecnica.

**Tabella 3-12 – Riepilogo delle prove di permeabilità Lefranc**

Sondaggio	Profondità della prova [m]	Litotipo interessato	Coeff. di permeabilità k [m/s]
S1	14.5-15.5	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$3.18 \cdot 10^{-9}$
S2	20.5-21.0	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$1.43 \cdot 10^{-9}$
S3	10.2-11.2	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$2.94 \cdot 10^{-9}$
S4	8.5-9.0	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$2.67 \cdot 10^{-9}$
S5	4.5-6.0	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$3.35 \cdot 10^{-9}$
S6	10.0-10.5	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$4.62 \cdot 10^{-9}$

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 17 of 145	

**Tabella 3-13 – Riepilogo delle prove TSB**

Sondaggio	Litotipo interessato	Coeff. di permeabilità k verticale [m/s]	Coeff. di permeabilità k orizzontale [m/s]
P1	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$6.5 \cdot 10^{-11}$	$1.1 \cdot 10^{-10}$
P2	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$4.7 \cdot 10^{-11}$	$1.2 \cdot 10^{-10}$
P3	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$4.9 \cdot 10^{-11}$	$9.8 \cdot 10^{-11}$
P4	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$9.2 \cdot 10^{-11}$	$3.1 \cdot 10^{-10}$
P5	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$6.8 \cdot 10^{-11}$	$1.3 \cdot 10^{-10}$
P6	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$8.3 \cdot 10^{-11}$	$1.9 \cdot 10^{-10}$
P7	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$5.5 \cdot 10^{-11}$	$9.6 \cdot 10^{-11}$
P8	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$7.3 \cdot 10^{-11}$	$1.8 \cdot 10^{-10}$

**Tabella 3-14 – Riepilogo delle prove di filtrazione**

Sondaggio	Litotipo interessato	Coeff. di permeabilità k [m/s]
S7	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$2 \cdot 10^{-8}$
S8	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$4 \cdot 10^{-10}$
S9	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$3 \cdot 10^{-9}$

### 3.1.3.3 Prove di laboratorio

Sui campioni prelevati dal sondaggio della campagna geognostica in esame sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione del peso di volume (naturale, secco e specifico);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- analisi granulometriche;
- limiti di Atterberg
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test);
- prove ad espansione laterale libera (ELL)
- prove di taglio diretto (TD);
- prove di compressione triassiale (del tipo CID, CIU e UU);



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3 - Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 18 of 145

- prove di taglio anulare;
- prove di compressibilità Edometrica
- Prove di permeabilità in cella triassiale.

Tabella 3-15 – Tabella laboratorio campagna 2021 – Prove Fisiche

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	Profondità		Umidità	Pesi di volume			Granulometria				
			Da [m]	A [m]	W [%]	G <sub>specifico</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>secco</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>naturale</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Ghiaia (G) [%]	Sabbia (S) [%]	Limo (L) [%]	Argilla (A) [%]	L+A [%]
S1-G3(2021)	CI1	DepFr	2.5	3	21.9	26.77	16.38	19.91	0	8	62.6	29.4	92
S1-G3(2021)	CR2	RAi	11.6	12									
S1-G3(2021)	CR3	RAi	17.6	18	17.4	26.68	17.85	20.99	0	6.8	59.6	33.6	93.2
S1-G3(2021)	CR4	RAi	23	23.4	17.3	26.97	18.14	21.28					
S1-G3(2021)	CR5	RAi	25.7	25.9	18	27.07	17.85	21.09					
S2-G3(2021)	CI1	DepFr	2.2	2.7					0	5.7	66	28.3	94.3
S2-G3(2021)	CR1	RAa	11.8	12									
S2-G3(2021)	CR2	RAi	17.3	17.5	17.4	26.77	17.75	20.89					
S2-G3(2021)	CR3	RAi	21	21.3	18.1	26.87	17.65	20.89	0	2.1	58.7	39.2	97.9
S2-G3(2021)	CR4	RAi	28.7	29	18.2	36.97	17.55	20.79					
S3-G3(2021)	CI1	DepFr	2	2.5	20.7	26.87	16.87	20.4	0	5.9	58.3	35.8	94.1
S3-G3(2021)	CR2	RPI	9	9.3									
S3-G3(2021)	CR3	RPI	15.7	16	17.7	26.68	17.95	21.09					
S3-G3(2021)	CR4	RPI	18.7	19									
S3-G3(2021)	CR5	RPI	21.5	21.8	16.3	26.77	18.24	21.18	0	5.6	64.2	30.2	94.4
S4-G3(2021)	CR2	RPI	10.6	11	17.3	26.87	17.95	21.09	0	1.7	59	39.3	98.3
S4-G3(2021)	CR4	RPI	18.6	19	18.4	36.97	17.65	20.89					
S5-G3(2021)	CI1	DepFr	2	2.5	17.8	26.58	17.85	20.99	0	6.5	63.6	29.9	93.5
S5-G3(2021)	CR1	RPI	3.8	4.2									
S5-G3(2021)	CR2	RPI	8.4	8.8	17.1	26.68	18.14	21.28	0	8.1	57	34.9	91.9
S5-G3(2021)	CR3	RPI	11.1	11.5	12.7	26.28	18.83	21.18					
S5-G3(2021)	CR4	RPI	18.5	18.8									
S6-G3(2021)	CI1	DetRip	1.5	1.8	15.5	27.07	18.54	21.38					
S6-G3(2021)	CR1	RAi	3.3	3.6	17.4	26.97	17.75	20.79	0	7.7	62.8	29.5	92.3
S6-G3(2021)	CR3	RAi	9	9.3	17.4	26.87	17.85	20.99	0	4.7	59.1	36.2	95.3
S6-G3(2021)	CR4	RAi	15.5	15.8									
S6-G3(2021)	CR5	RAi	19	19.4	15.7	26.97	18.44	21.38	0	5.5	62.4	32.1	94.5
S4-G3(2021)	CR3	RPI	15.5	15.7	16		18.4	21.4					

Tabella 3-16 – Tabella laboratorio campagna 2021 – Prove di Resistenza

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	Pocket Penetrometer	Vane Test	ELL		Taglio Casagrande		Triassiale CID		Triassiale CIU			
			qc [kPa]	cu [kPa]	σ <sub>c</sub> [kPa]	E secante [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]	c' [kPa]	φ' [°]	c' [kPa]	φ' [°]	cu [kPa]	φ <sub>u</sub> [°]
S1-G3(2021)	CI1	DepFr	375.00	150.00			18.00	26.00						
S1-G3(2021)	CR2	RAi	600.00											
S1-G3(2021)	CR3	RAi	600.00											
S1-G3(2021)	CR4	RAi	600.00				105.00	21.00						
S1-G3(2021)	CR5	RAi	600.00											
S2-G3(2021)	CI1	DepFr	375.00	150.00	337.00	4320.51								
S2-G3(2021)	CR1	RAa												
S2-G3(2021)	CR2	RAi	375.00	150.00			82.00	20.00						
S2-G3(2021)	CR3	RAi	600.00								79.4	21	110	18.2
S2-G3(2021)	CR4	RAi	600.00											
S3-G3(2021)	CI1	DepFr	600.00		464.00	11600.00	27.00	25.00						
S3-G3(2021)	CR2	RPI	600.00				53.00	24.00						
S3-G3(2021)	CR3	RPI	600.00								73.5	22.5	150	16
S3-G3(2021)	CR4	RPI	600.00											
S3-G3(2021)	CR5	RPI	600.00											
S4-G3(2021)	CR2	RPI	600.00						92	23.9				
S4-G3(2021)	CR4	RPI	600.00								93.9	20.8	130	17.7
S5-G3(2021)	CI1	DepFr	600.00		487.00	8116.67								
S5-G3(2021)	CR1	RPI	600.00											
S5-G3(2021)	CR2	RPI	600.00				61.00	22.00						
S5-G3(2021)	CR3	RPI									18	28.3	41.6	23.86
S5-G3(2021)	CR4	RPI	600.00				72.00	20.00						
S6-G3(2021)	CI1	DetRip	600.00		537.00	17900.00								
S6-G3(2021)	CR1	RAi	600.00				31.00	23.00						
S6-G3(2021)	CR3	RAi	600.00											
S6-G3(2021)	CR4	RAi	600.00						118	21.3				
S6-G3(2021)	CR5	RAi	600.00											
S4-G3(2021)	CR3	RPI												



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 19 of 145

Tabella 3-17 – Tabella laboratorio campagna 2021 – Prove di Resistenza ed edometrie

Sondaggio	Campione	Unità Geotecnica	Triassiale UU		Taglio Anulare		Edometria		
			cu [kPa]	$\phi_u$ [°]	Cresiduo [kPa]	$\phi_{residuo}$ [°]	Eoed [kPa]	Permeabilità k [m/s]	$\sigma'_p$ [kPa]
S1-G3(2021)	CI1	DepFr							
S1-G3(2021)	CR2	RAi	412.5	0					
S1-G3(2021)	CR3	RAi			3	12			
S1-G3(2021)	CR4	RAi					22989		700
S1-G3(2021)	CR5	RAi					12698		400
S2-G3(2021)	CI1	DepFr							
S2-G3(2021)	CR1	RAa			4	12			
S2-G3(2021)	CR2	RAi							
S2-G3(2021)	CR3	RAi							
S2-G3(2021)	CR4	RAi					9615		400
S3-G3(2021)	CI1	DepFr							
S3-G3(2021)	CR2	RPi							
S3-G3(2021)	CR3	RPi			2	12			
S3-G3(2021)	CR4	RPi	463.67	0					
S3-G3(2021)	CR5	RPi							
S4-G3(2021)	CR2	RPi							
S4-G3(2021)	CR4	RPi							
S5-G3(2021)	CI1	DepFr							
S5-G3(2021)	CR1	RPi	386.67	0					
S5-G3(2021)	CR2	RPi							
S5-G3(2021)	CR3	RPi							
S5-G3(2021)	CR4	RPi							
S6-G3(2021)	CI1	DetRip							
S6-G3(2021)	CR1	RAi							
S6-G3(2021)	CR3	RAi							
S6-G3(2021)	CR4	RAi							
S6-G3(2021)	CR5	RAi	434.5	0					
S4-G3(2021)	CR3	RPi							

Tabella 3-18 – Tabella laboratorio campagna 2021 – Permeabilità da celle triassiali

sondaggio	Campione	Profondità campione		K media	Unità
n.	n.	da (m)	a (m)	(m/s)	
S1(2021)-G3	CR3	17.6	18	6.50E-11	RAi
S1(2021)-G3	CR4	23	23.4	2.20E-11	RAi
S2(2021)-G3	CR2	17.3	17.5	7.60E-11	RAi
S6(2021)-G3	CR3	9	9.3	1.30E-10	RAi
S6(2021)-G3	CR5	19	19.4	8.20E-11	RAi
S3(2021)-G3	CR2	9	9.3	1.20E-10	RPi
S3(2021)-G3	CR5	21.5	21.8	4.30E-11	RPi
S4(2021)-G3	CR2	10.6	11	1.10E-10	RPi
S4(2021)-G3	CR3	15.5	15.7	8.10E-11	RPi
S5(2021)-G3	CR4	18.5	18.8	8.70E-11	RPi

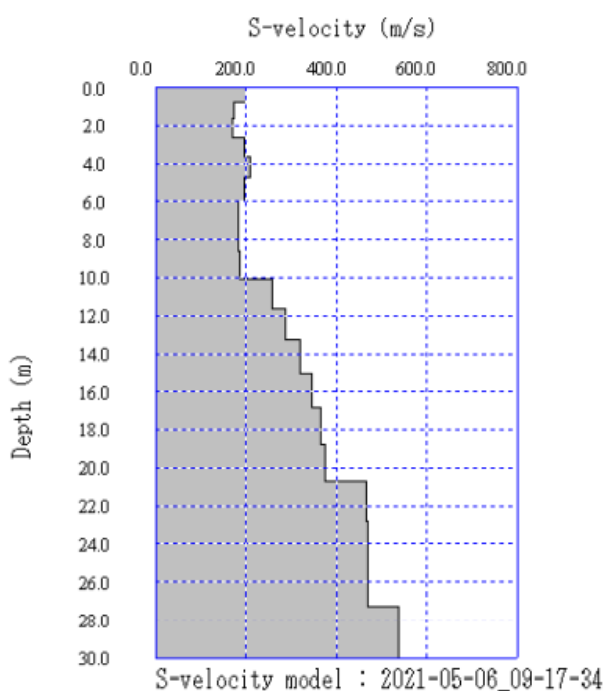
### 3.1.3.4 Indagini sismiche

Sono state eseguite le seguenti indagini sismiche:

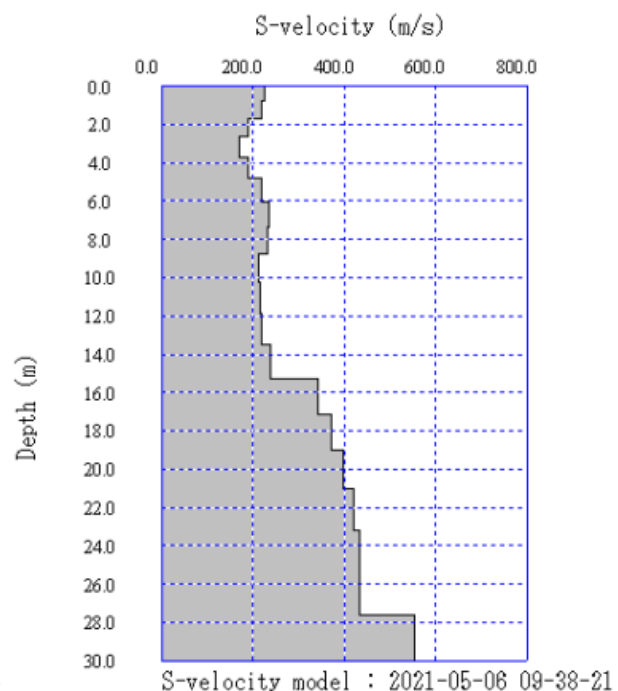
- n.1 prova Down-Hole nel foro di sondaggio S2 (DH-S2);
- rilievo microsismico a rifrazione, eseguito su n. 5 sezioni.
- n. 9 prove sismiche di tipo MASW (MASW 1A, 2A, 3A, 4A, 3R, 4R, 6A, 6R e 7R) finalizzate alla definizione dei valori di  $V_{s,30}$  e classificazione della categoria di sottosuolo sismica;
- n. 7 prove sismiche di tipo Re.Mi. (demonimate Re.Mi. 1, 2, 3, 4, 7, 8 e 9), eseguite sui medesimi arrays geofonici già impiegati per il rilievo a rifrazione e MASW, anch'esse per la definizione del profilo sismo-stratigrafico caratteristico del sito;
- Prospezione sismica HVSR eseguita su 3 postazioni (A, B e C).

Per maggiori dettagli relativamente a tali prove si rimanda agli specifici elaborati ("Elaborato 18 – Indagini Geofisiche 2021", "Elaborato 21 – Down Hole 2021").

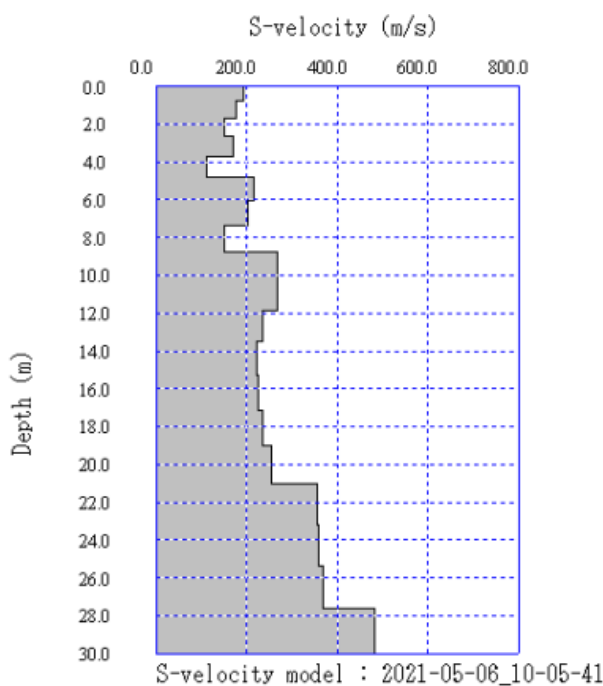
Nelle immagini seguenti si riportano i risultati di MASW e Re.Mi. e Down Hole:



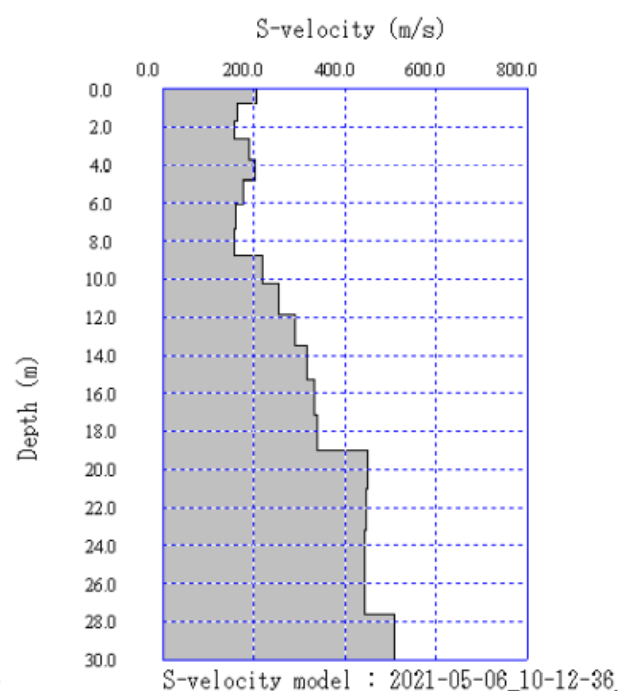
**Figura 3-2 Profilo delle velocità MASW\_1A**



**Figura 3-3 Profilo delle velocità MASW\_2A**



**Figura 3-4 Profilo delle velocità MASW\_3A**



**Figura 3-5 Profilo delle velocità MASW\_3R**

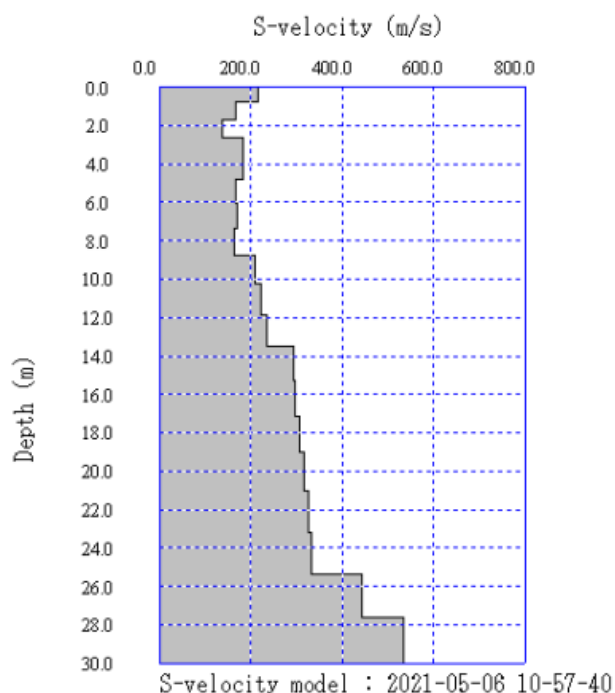


Figura 3-6 Profilo delle velocità MASW\_4A

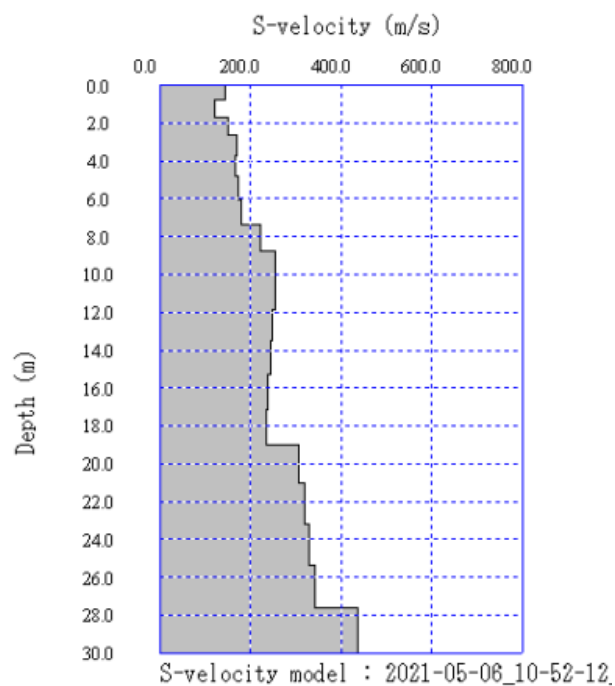


Figura 3-7 Profilo delle velocità MASW\_4R

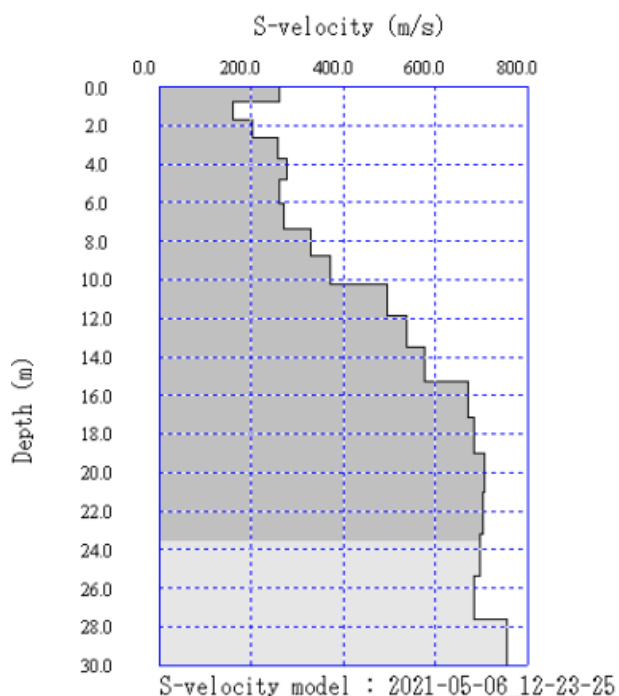


Figura 3-8 Profilo delle velocità MASW\_6A

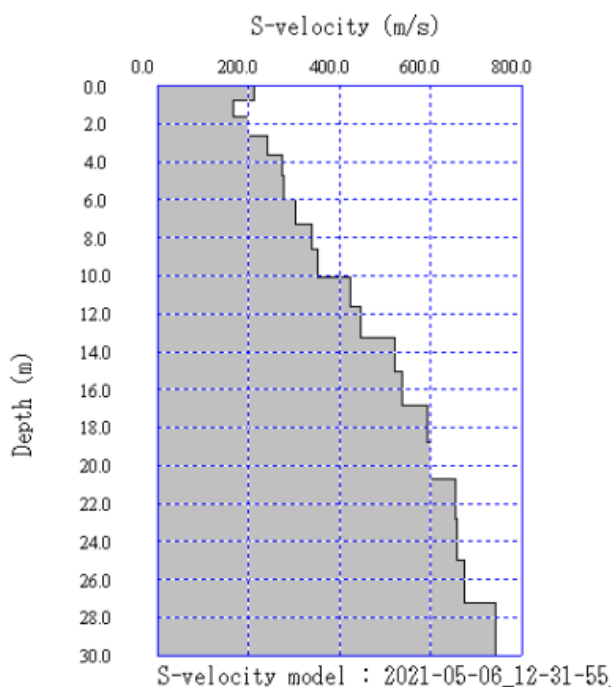


Figura 3-9 Profilo delle velocità MASW\_6R



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 22 of 145

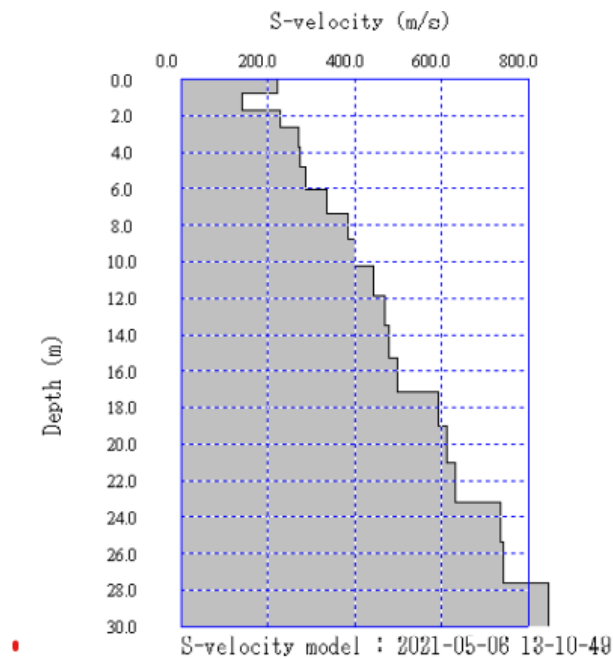


Figura 3-10 Profilo delle velocità MASW\_7R

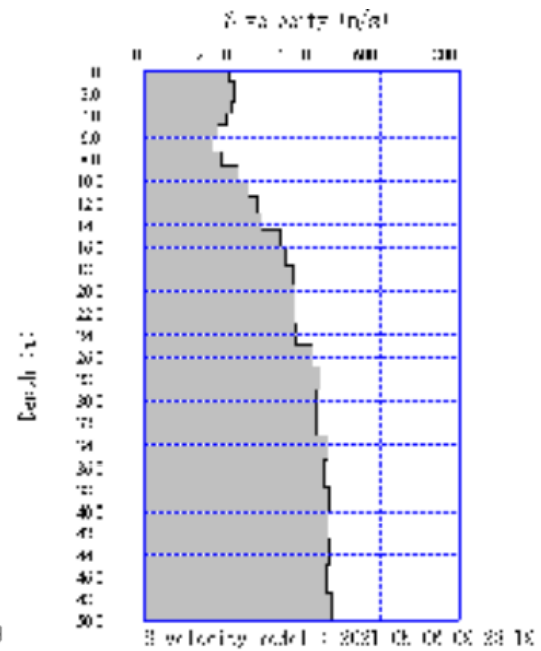


Figura 3-11 Profilo delle velocità Re.Mi\_1

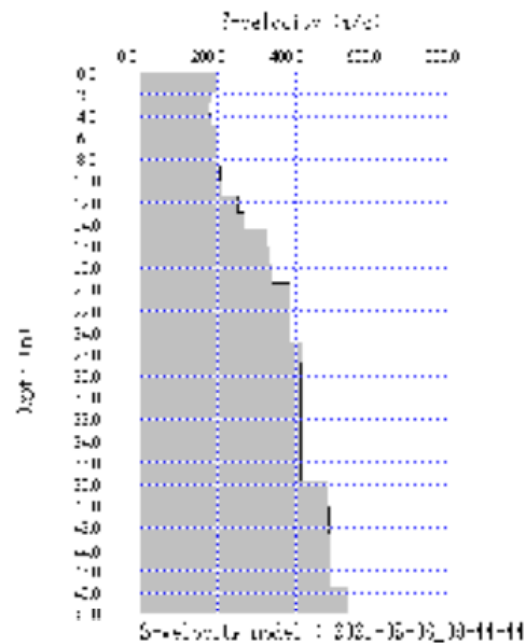


Figura 3-12 Profilo delle velocità Re.Mi\_2

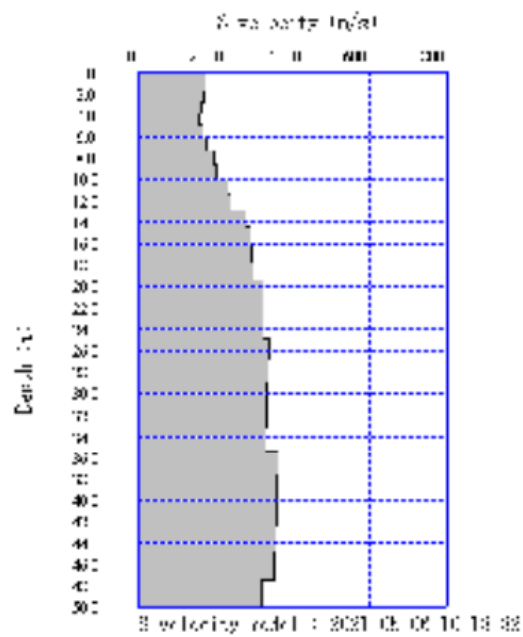


Figura 3-13 Profilo delle velocità Re.Mi\_3

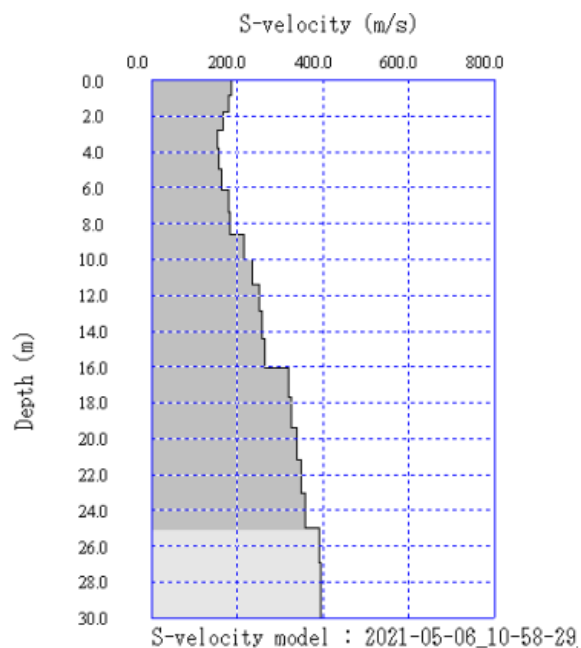


Figura 3-14 Profilo delle velocità Re.Mi\_4

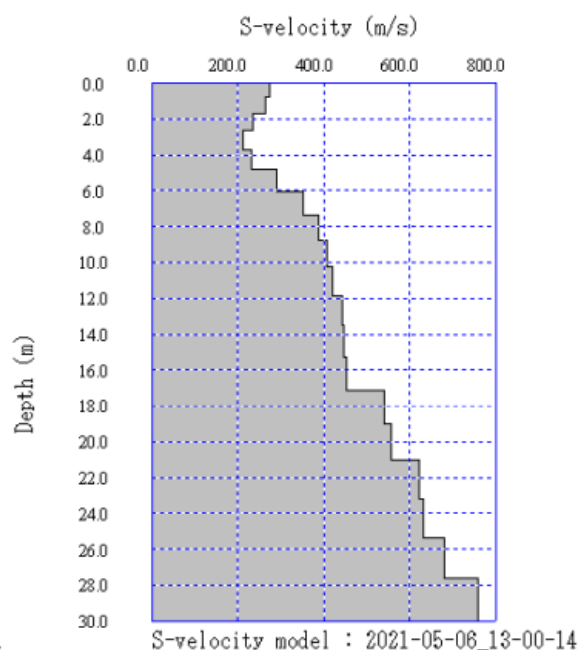


Figura 3-15 Profilo delle velocità Re.Mi\_7

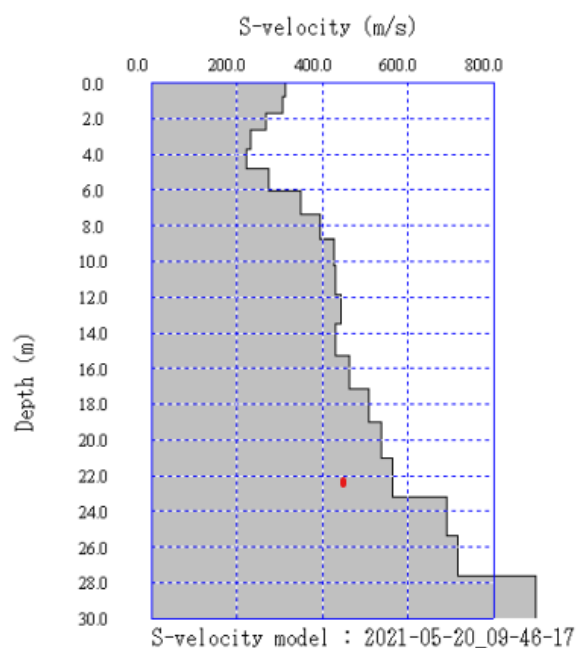


Figura 3-16 Profilo delle velocità Re.Mi\_8

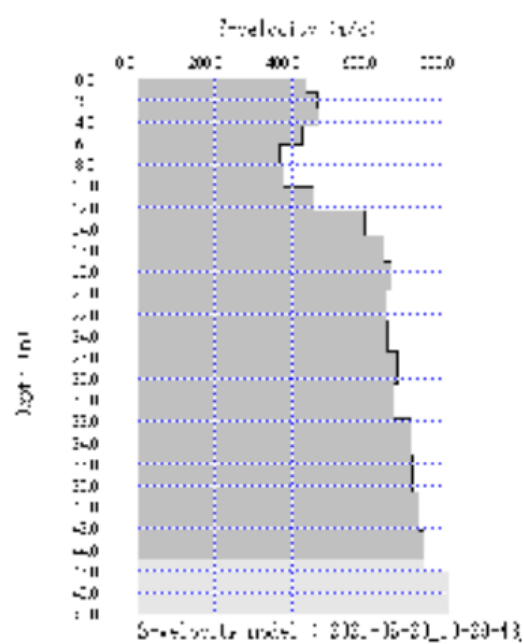
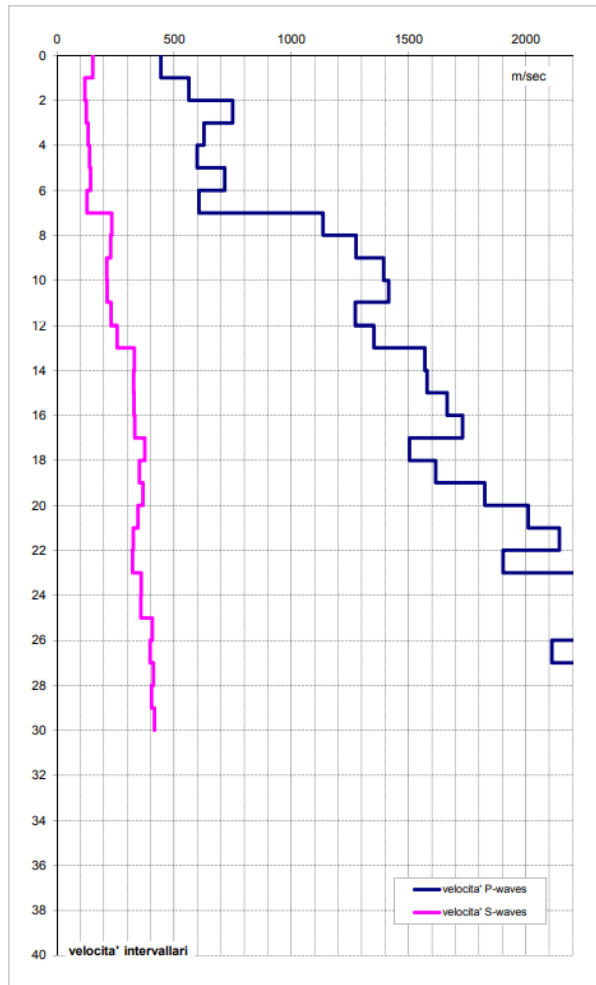


Figura 3-17 Profilo delle velocità Re.Mi\_9




**Figura 3-18 Profilo delle velocità Down Hole 1**

## 3.2. Ginestreto 4

### 3.2.1 Campagna geognostica del 2006

In tale sede si è realizzata una campagna geognostica preliminare eseguita dall'Impresa SOGEO snc di Lugo, che ha visto la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo e l'installazione di un sistema di monitoraggio mediante piezometri, e dall'Impresa GEO LOG di Ravenna, che si è occupata delle prove penetrometriche statiche. Il Laboratorio Tecnogeo di Cattolica ha eseguito le prove di laboratorio sui campioni prelevati dalle verticali di prova.

Nello specifico sono stati realizzati:

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo (S1-S3) spinti dai 15 ai 20m di profondità;
- installazione in ciascun foro di sondaggio di un piezometro a tubo aperto tipo Norton;
- n. 9 prove penetrometriche statiche (CPT1-CPT9) spinte fino a profondità comprese tra 5.8 e 13.8m.

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state inoltre effettuate le seguenti attività:

- rilievo della stratigrafia;



**Sogliano Ambiente S.p.A.**

**Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica**

**Doc.no.**

**Ara G3 PD RG 03.01**

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 25 of 145

- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test) nei livelli coesivi;
- Rilievo dei livelli di falda durante le fasi di perforazione;
- Prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- Esecuzione di prove di permeabilità a carico variabile con il metodo Lefranc.


Nella tabella che segue si riporta la descrizione delle indagini eseguite con particolare riferimento a sondaggi geognostici e CPT, con l'indicazione della tipologia di indagine, la profondità raggiunta, strumentazioni installate (piezometro) e ulteriori prove eseguite (Lefranc con indicazione della profondità) e campioni prelevati (CI campioni indisturbati e CD campioni rimaneggiati).

**Tabella 3-19 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite**

<b>Sigla</b>	<b>Tipologia prova [-]</b>	<b>Profondità [m]</b>	<b>Strumenti installati [-]</b>	<b>Prove di permeabilità [-]</b>	<b>n. CI [-]</b>	<b>n. CD [-]</b>
S1	Sondaggio a carotaggio continuo	20	Piezometro Norton	Lefranc	1	1
S2	Sondaggio a carotaggio continuo	18	Piezometro Norton	-	1	1
S3	Sondaggio a carotaggio continuo	15	Piezometro Norton	Lefranc	1	1
CPT1	Penetrometrica statica	6.4	-	-	-	-
CPT2	Penetrometrica statica	13.8	-	-	-	-
CPT3	Penetrometrica statica	8.6	-	-	-	-
CPT4	Penetrometrica statica	5.8	-	-	-	-
CPT5	Penetrometrica statica	9.8	-	-	-	-
CPT6	Penetrometrica statica	12.6	-	-	-	-
CPT7	Penetrometrica statica	13.4	-	-	-	-
CPT8	Penetrometrica statica	11.6	-	-	-	-
CPT9	Penetrometrica statica	9.4	-	-	-	-

### **3.2.1.1 Misure piezometriche**

In corrispondenza dei Piezometri tipo Norton installati nei sondaggi S1, S2 e S3, sono state eseguite le seguenti letture dei livelli di falda mediante freatimetro (per i dettagli si rimanda a quanto indicato in relazione geologica):

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 26 of 145	

**Tabella 3-20 – Riepilogo delle misure piezometriche**

Piezometro	Fine perforazione	Lecture					
		20-09-06	29-09-06	03-10-06	09-10-06	13-10-06	20-10-06
S1	15/09/2006	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
S2	14/09/2006	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
S3	14/09/2006	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

In generale, durante le fasi di perforazione non sono state rilevate né perdite di acqua di circolazione, né venute d'acqua.

### **3.2.1.2 Prove di permeabilità in sito**

Sono state realizzate due prove di permeabilità a carico variabile con metodo Lefranc nei fori di sondaggio S1 e S3 alle profondità indicate nella tabella che segue, che evidenzia che non si rilevano assorbimenti di acqua.

**Tabella 3-21 – Riepilogo delle prove di permeabilità**

Sondaggio	Profondità della prova [m]	Litotipo interessato
S1	9.0-12.0	Formazione Pelitico Arenacea intatta
S3	10.5-12.0	Formazione Pelitico Arenacea intatta

### **3.2.1.3 Prove di laboratorio**

Sui campioni prelevati dal sondaggio della campagna geognostica in esame sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione del peso di volume (naturale, secco e specifico);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- analisi granulometriche;
- limiti di Atterberg;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test);
- prove ad espansione laterale libera (ELL)
- prove di taglio diretto (TD);
- Prove di permeabilità con permeametro.



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 27 of 145

**Tabella 3-22 – Tabella laboratorio campagna 2006 – Prove Fisiche**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	Profondità		Umidità	Pesi di volume			Granulometria				
			Da [m]	A [m]	W [%]	G <sub>specifico</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>secco</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>naturale</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Ghiaia (G) [%]	Sabbia (S) [%]	Limo (L) [%]	Argilla (A) [%]	L+A [%]
S1-G4(2006)	C1	DepFr	7.20	7.70	23.40	26.67	15.69	19.32	0.00	14.00	52.00	34.00	86.00
S1-G4(2006)	Cd1	RPI	17.30	17.70	15.30	26.87	18.44	21.28	0.00	1.00	52.00	47.00	99.00
S2-G4(2006)	C1	DepFr	6.20	6.70	22.20	26.58	16.08	19.71	0.00	27.00	45.00	28.00	73.00
S2-G4(2006)	Cd1	RPI	15.00	15.40	15.60	26.77	18.24	21.09	0.00	2.00	59.00	39.00	98.00
S3-G4(2006)	C1	DepFr	6.50	7.00	22.70	26.68	16.08	19.71	0.00	6.00	58.00	36.00	94.00
S3-G4(2006)	Cd1	RPI	14.00	14.40	12.40	26.28	18.14	20.40	0.00	31.00	53.00	16.00	69.00

**Tabella 3-23 – Tabella laboratorio campagna 2006 – Prove di resistenza**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	Pocket Penetrometer	Vane Test	ELL		Taglio Casagrande	
			qc [kPa]	cu [kPa]	σ <sub>c</sub> [kPa]	E secante [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]
S1-G4(2006)	C1	DepFr	98.10	58.84			9.81	23.00
S1-G4(2006)	Cd1	RPI	490.34	196.14	612.14	10048.39	53.94	21.00
S2-G4(2006)	C1	DepFr	127.49	68.65			15.69	26.00
S2-G4(2006)	Cd1	RPI	490.34	196.14	428.00	8074.07	61.78	23.00
S3-G4(2006)	C1	DepFr	225.00	117.68			26.48	23.00
S3-G4(2006)	Cd1	RPI	490.34	196.14			4.90	30.00
T6-G4(2014)	BT6	RAI					124.20	21.40
T8-G4(2014)	T8-2	RAI						
T8-G4(2014)	BT8	RAI					121.50	20.80

### 3.2.2 Campagna geognostica del 2007

In tale sede si è realizzata una campagna geognostica preliminare eseguita dall'Impresa SOGEO snc di Lugo, che ha visto la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo e l'installazione di un sistema di monitoraggio mediante piezometri e inclinometri, e dall'Impresa GEO LOG di Ravenna, che si è occupata delle prove penetrometriche statiche. Il Laboratorio Tecnogeo di Cattolica ha eseguito le prove di laboratorio sui campioni prelevati dalle verticali di prova.


Nello specifico sono stati realizzati:

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo (S4-S6) spinti dai 10 ai 30m di profondità;
- installazione di n. 2 piezometri a tubo aperto tipo Norton;
- n. 6 prove penetrometriche statiche (CPT10-CPT15) spinte fino a profondità comprese tra 6.8 e 10.6m.

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state inoltre effettuate le seguenti attività:

- rilievo della stratigrafia;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer) nei livelli coesivi;
- Rilievo dei livelli di falda durante le fasi di perforazione;
- Prelievo di campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio;

Nella tabella che segue si riporta la descrizione delle indagini eseguite con particolare riferimento a sondaggi geognostici e CPT, con l'indicazione della tipologia di indagine, la profondità raggiunta, strumentazioni installate (piezometro) e campioni prelevati (CI campioni indisturbati e CD campioni rimaneggiati).

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>		Doc.no.	Ara G3 PD RG 03.01
			Rev. 2	Date: Settembre-22
	Pag. 28 of 145			

**Tabella 3-24 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite**

Sigla	Tipologia prova [-]	Profondità [m]	Strumenti installati [-]	n. CI [-]	n. CD [-]
S4	Sondaggio a carotaggio continuo	30	Piezometro Norton	8	-
S5	Sondaggio a carotaggio continuo	10	Piezometro Norton	3	-
S6	Sondaggio a carotaggio continuo	20	-	-	-
CPT10	Penetrometrica statica	7.0	-	-	-
CPT11	Penetrometrica statica	10.6	-	-	-
CPT12	Penetrometrica statica	10.4	-	-	-
CPT13	Penetrometrica statica	10.4	-	-	-
CPT14	Penetrometrica statica	10.6	-	-	-
CPT15	Penetrometrica statica	6.8	-	-	-

### **3.2.2.1 Misure piezometriche**

In corrispondenza dei Piezometri tipo Norton installati nei sondaggi S4 e S5 è stato rilevato un livello di falda rispettivamente pari a 14.35 e 1.9 m da quota boccaforo.

### **3.2.2.2 Prove di laboratorio**

Sui campioni prelevati dal sondaggio della campagna geognostica in esame sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione del peso di volume (naturale, secco e specifico);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- analisi granulometriche;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test);
- prove di taglio diretto (TD);
- Prove di compressibilità edometrica.



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3 - Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 29 of 145

Tabella 3-25 – Tabella laboratorio campagna 2007 – Prove Fisiche

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn.	Profondità		Umidità	Pesi di volume			Granulometria				
			Da [m]	A [m]	W [%]	G <sub>specifico</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>secco</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>naturale</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Ghiaia (G) [%]	Sabbia (S) [%]	Limo (L) [%]	Argilla (A) [%]	L+A [%]
S4-G4(2007)	C0	RPI	14.00	14.30	14.70	26.68	18.93	21.67	0.00	0.00	61.00	39.00	100.00
S4-G4(2007)	C1	RPI	16.50	16.80	15.40	26.77	18.24	21.09	0.00	1.00	59.00	40.00	99.00
S4-G4(2007)	C2	RPI	19.00	19.40	15.50	26.87	18.54	21.38	0.00	0.00	58.00	42.00	100.00
S4-G4(2007)	C3	RPI	21.00	21.40	14.10	26.77	18.93	21.58					
S4-G4(2007)	C4	RPI	23.00	23.30	14.20	26.68	19.03	21.67	0.00	0.00	60.00	40.00	100.00
S4-G4(2007)	C5	RPI	25.00	25.40	14.40	26.58	18.83	21.48					
S4-G4(2007)	C6	RPI	27.00	27.30	15.20	26.58	18.44	21.18	0.00	0.00	64.00	36.00	100.00
S4-G4(2007)	C7	RPI	29.00	29.40	13.10	26.77	19.22	21.77					
S5-G4(2007)	C1	RPI	3.20	3.60	12.90	26.89	18.93	21.38	0.00	1.00	58.00	41.00	99.00
S5-G4(2007)	C2	RPI	5.00	5.40	13.50	26.68	19.03	21.58					
S5-G4(2007)	C3	RPI	8.00	8.40	13.60	26.77	19.03	21.58	0.00	0.00	60.00	40.00	100.00

Tabella 3-26 – Tabella laboratorio campagna 2007 – Prove di Resistenza ed edometrie

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn.	Pocket Penetrometer	Vane Test	Taglio Casagrande		Edometria		
			qc [kPa]	cu [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]	E <sub>oed</sub> [kPa]	Permeabilità k [m/s]	σ'p [kPa]
S4-G4(2007)	C0	RPI	490.34	196.14	142.20	23.00	24517.01	9.88E-12	680
S4-G4(2007)	C1	RPI	490.34	196.14	109.84	22.00	20594.29	1.27E-11	500
S4-G4(2007)	C2	RPI	490.34	196.14			27949.4	6.91E-12	610
S4-G4(2007)	C3	RPI	490.34	196.14	161.81	23.00			
S4-G4(2007)	C4	RPI	490.34	196.14	176.52	24.00			
S4-G4(2007)	C5	RPI	490.34	196.14	147.10	24.00			
S4-G4(2007)	C6	RPI	490.34	196.14	171.62	25.00			
S4-G4(2007)	C7	RPI	490.34	196.14	184.37	23.00			
S5-G4(2007)	C1	RPI	490.34	196.14	186.33	22.00			
S5-G4(2007)	C2	RPI	490.34	196.14	166.72	24.00			
S5-G4(2007)	C3	RPI	490.34	196.14	181.43	23.00			

### 3.2.3 Campagna geognostica del 2014


In tale sede si è realizzata una campagna geognostica integrativa consistita in:

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo (S7-S9) spinti dai 20 ai 30m di profondità;
- installazione di n. 3 piezometri a tubo aperto tipo Norton;
- n. 5 trincee esplorative (T1 - T8) in alcune delle quali sono stati estratti campioni sui quali eseguire prove di laboratorio.
- prove sismiche consistenti in MASW/Re.Mi. eseguite su 9 basi sismiche, rilievo microsismico a rifrazione, prospezione sismica HVSr.

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state inoltre effettuate le seguenti attività:

- rilievo della stratigrafia;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test) nei livelli coesivi;
- Esecuzione di prove di permeabilità a carico variabile con il metodo Lefranc;
- Prelievo di campioni rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio.

Nella tabella che segue si riporta la descrizione dei sondaggi geognostici eseguiti, con l'indicazione della profondità raggiunta, strumentazioni installate (piezometro) e campioni prelevati (CI campioni indisturbati e CD campioni rimaneggiati).

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 30 of 145	

**Tabella 3-27 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite**

Sigla	Tipologia prova [-]	Profondità [m]	Strumenti installati [-]	Prove permeabilità [-]	n. CI [-]	n. CD [-]
S7	Sondaggio a carotaggio continuo	20	Piezometro Norton	Lefranc	-	2
S8	Sondaggio a carotaggio continuo	30	Piezometro Norton	Lefranc	-	3
S9	Sondaggio a carotaggio continuo	30	Piezometro Norton	Lefranc	-	3

### 3.2.3.1 Misure piezometriche


In corrispondenza dei Piezometri tipo Norton installati nei sondaggi S7, S8 e S9, sono state eseguite le seguenti letture dei livelli di falda (per i dettagli si rimanda a quanto indicato in relazione geologica):

**Tabella 3-28 – Riepilogo delle misure piezometriche**

Piezometro	Prof.tà tratto fenestrato [m]	Litotipo interessato	Letture				
			22-01-14 [m]	31-01-14 [m]	07-02-14 [m]	24-02-14 [m]	24-03-14 [m]
S7	3-20	Deposito alluvionale	-3.28	-3.20	-3.00	-2.28	-2.87
S8	6-30	Formazione Pelitico Arenacea	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
S9	6-30	Formazione Pelitico Arenacea	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

Letture								
28-04-14	27-05-14	09-06-14	20-06-14	01-07-14	08-07-14	15-04-14	31-07-14	18-08-14
-2.70	-3.24	-3.62	-3.78	-3.82	-3.85	-3.90	-3.95	-4.12
asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

Letture								
25-08-14	01-09-14	15-09-14	01-10-14	13-10-14	27-10-14	10-11-14	18-11-14	01-12-14
-4.30	-4.45	-4.5	-4.40	-4.42	-4.46	-4.40	-4.00	-3.90
asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 31 of 145	

asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Letture							
10-12-14	22-12-14	13-01-15	22-01-15	30-01-15	06-02-15	13-02-15	13-03-15
-3.95	-3.80	-3.15	-3.20	-3.00	-2.80	-2.82	-2.75
asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

### 3.2.3.1 Prove di permeabilità in sito

Sono state realizzate 3 prove di permeabilità a carico variabile con metodo Lefranc nei fori di sondaggio S7, S8 e S9 alle profondità indicate nella tabella che segue, di cui si riportano i risultati:

**Tabella 3-29 – Riepilogo delle prove di permeabilità**

Sondaggio	Profondità della prova [m]	Litotipo interessato	Coeff. di permeabilità k [m/s]
S7	9.0-10.0	Formazione Pelitico Arenacea	$6.23 \cdot 10^{-8}$
S7	12.0-13.0	Formazione Pelitico Arenacea	$3.49 \cdot 10^{-8}$
S8	3.0-4.0	Formazione Pelitico Arenacea	$3.96 \cdot 10^{-9}$
S8	6.0-7.0	Formazione Pelitico Arenacea	$5.79 \cdot 10^{-9}$
S9	3.0-4.0	Formazione Pelitico Arenacea	$3.96 \cdot 10^{-9}$
S9	6.0-7.0	Formazione Pelitico Arenacea	$2.98 \cdot 10^{-8}$

### 3.2.3.2 Prove di laboratorio


Sui campioni prelevati dai sondaggio della campagna geognostica in esame sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione del peso di volume (naturale, secco e specifico);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- analisi granulometriche;
- limiti di Atterberg;
- prove ad espansione laterale libera (ELL)
- prove di taglio diretto (TD);
- prove di compressione triassiale (del tipo CIU e UU).

Sui campioni prelevati dalle trincee sono state eseguite le seguenti prove:

- determinazione del peso di volume (naturale e secco);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- prove di taglio diretto (TD);



	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
	<b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3 - Progettazione definitiva</b>	<b>Rev. 2</b>	<b>Date: Settembre-22</b>
	<b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Pag. 32 of 145</b>	

- prove di compressione triassiale (del tipo CIU e UU).

**Tabella 3-30 – Tabella laboratorio campagna 2007 – Prove Fisiche**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	Profondità		Umidità	Pesi di volume			Granulometria				
			Da [m]	A [m]	W [%]	G <sub>specifico</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>secco</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>naturale</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Ghiaia (G) [%]	Sabbia (S) [%]	Limo (L) [%]	Argilla (A) [%]	L+A [%]
S7-G4(2014)	C1	RPa	7.10	7.50	16.90	26.58	18.05	21.09	0.00	4.50	48.90	46.60	95.50
S7-G4(2014)	C2	RPi	13.00	13.40	12.80	26.77	18.14	20.50	0.00	4.50	48.70	46.80	95.50
S8-G4(2014)	C1	RPa	3.40	3.80	13.30	26.87	18.05	20.50	0.00	4.10	51.20	44.70	95.90
S8-G4(2014)	C2	RPi	8.00	8.40	16.00	26.58	17.26	20.00	0.00	4.20	54.70	41.10	95.80
S8-G4(2014)	C3	RPi	12.20	12.50	13.40	27.27	17.55	19.91	0.00	4.80	44.60	50.60	95.20
S9-G4(2014)	C1	RPa	2.10	2.40	16.10	26.87	17.36	20.10	0.00	3.70	61.00	35.30	96.30
S9-G4(2014)	C2	RPi	9.60	10.00	19.40	27.27	16.77	20.01	0.00	4.40	40.60	55.00	95.60
S9-G4(2014)	C3	RPi	11.50	11.80	21.50	27.17	16.18	19.61	0.00	3.70	40.90	55.40	96.30

**Tabella 3-31 – Tabella laboratorio campagna 2007 – Prove di Resistenza**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	ELL		Taglio Casagrande		Triassiale CIU		Triassiale UU	
			σ <sub>c</sub> [kPa]	E secante [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]	c' [kPa]	φ' [°]	c <sub>u</sub> [kPa]	φ <sub>u</sub> [°]
S7-G4(2014)	C1	RPa			42.00	21.10				
S7-G4(2014)	C2	RPi	512.00	16000.00						
S8-G4(2014)	C1	RPa	530.00	11521.74	52.10	22.20				
S8-G4(2014)	C2	RPi	432.00	8640.00						
S8-G4(2014)	C3	RPi			46.00	20.00				
S9-G4(2014)	C1	RPa	634.00	15095.24	57.80	22.10				
S9-G4(2014)	C2	RPi								
S9-G4(2014)	C3	RPi			20.60	24.20				

### 3.2.3.3 Indagini sismiche

Sono state eseguite le seguenti indagini sismiche:

- rilievo microsismico a rifrazione, eseguito su n. 4 sezioni.
- prove sismiche di tipo MASW/Re.Mi su n.9 basi sismiche (MASW 1-2 profilo di andata e ritorno);
- Prospezione sismica HVSr eseguita su 3 postazioni (A, B e C).

Per maggiori dettagli relativamente a tali prove si rimanda agli specifici elaborati (“Elaborato 16 – Prove di archivio aree limitrofe (Vallecola G2, Vallecola G4)”).

Nelle immagini seguenti si riportano i profili delle velocità delle MASW/Re.Mi.:

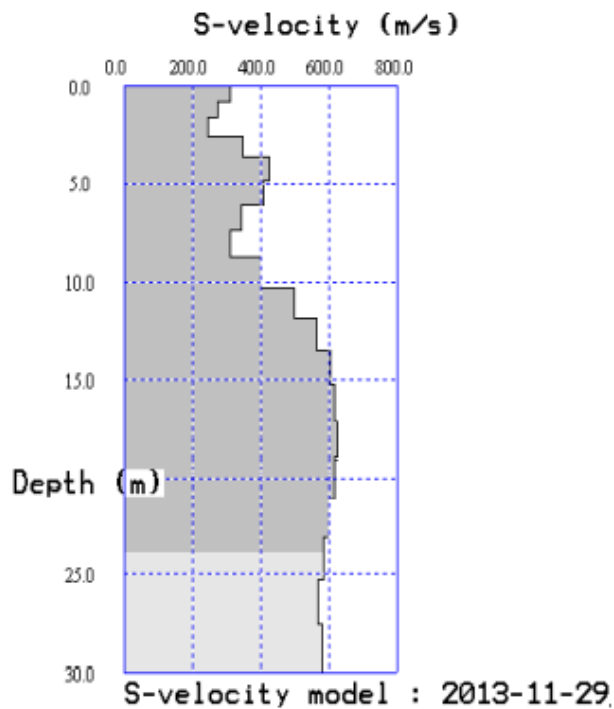


Figura 3-19 MASW\_1 Base sismica andata

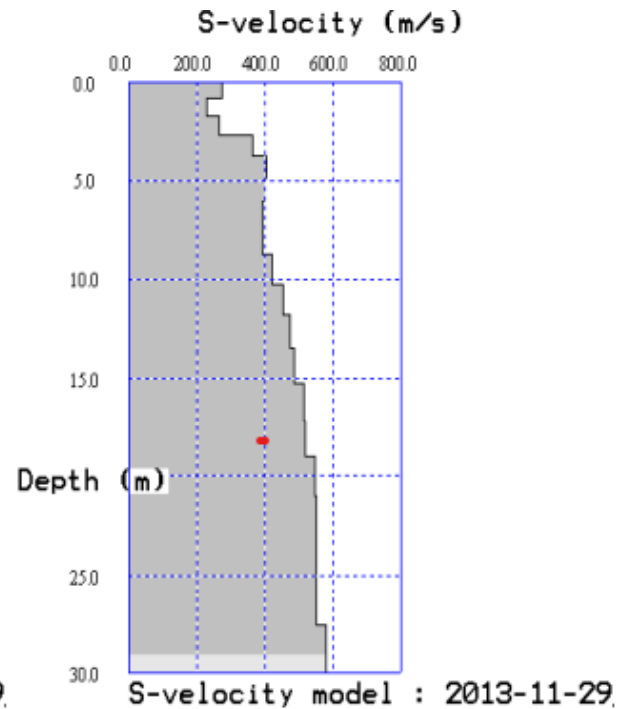


Figura 3-20 MASW\_1 Base sismica ritorno

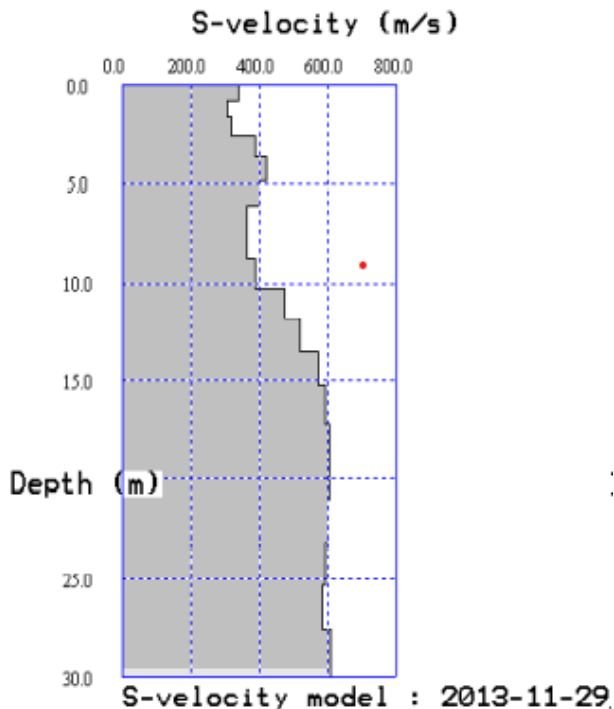


Figura 3-21 MASW\_2 Base sismica andata

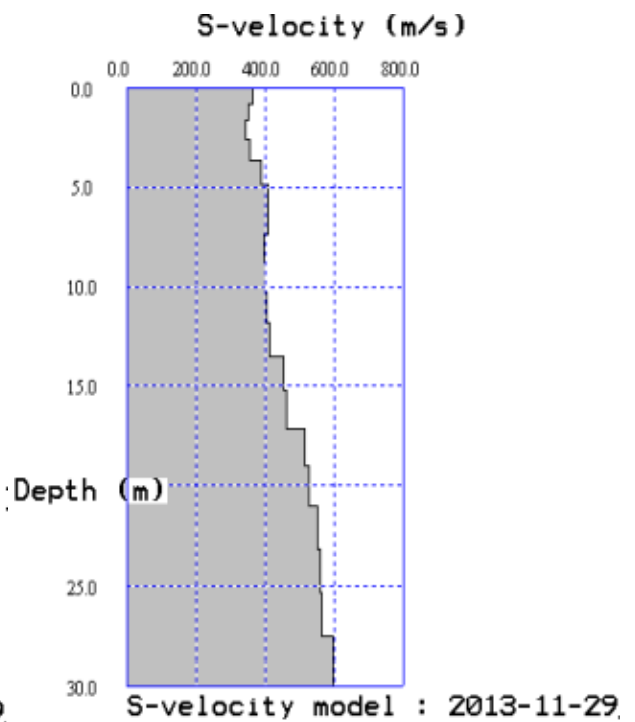


Figura 3-22 MASW\_2 Base sismica ritorno

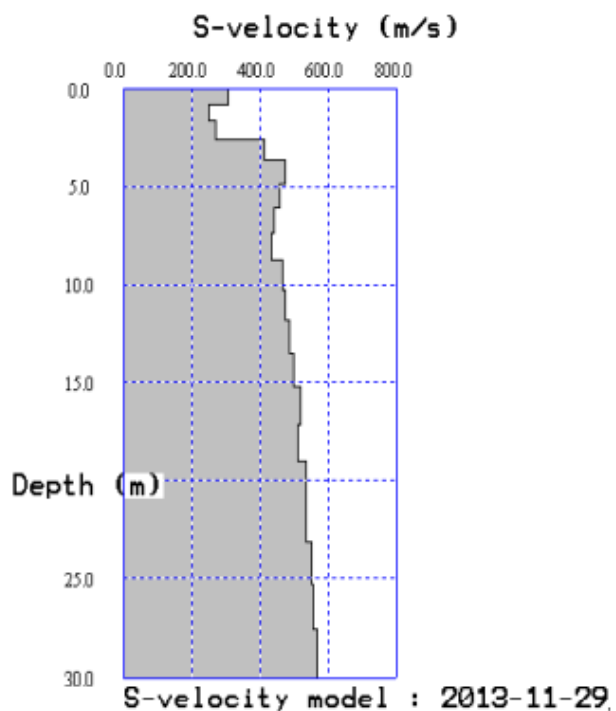


Figura 3-23 MASW\_3 Base sismica andata

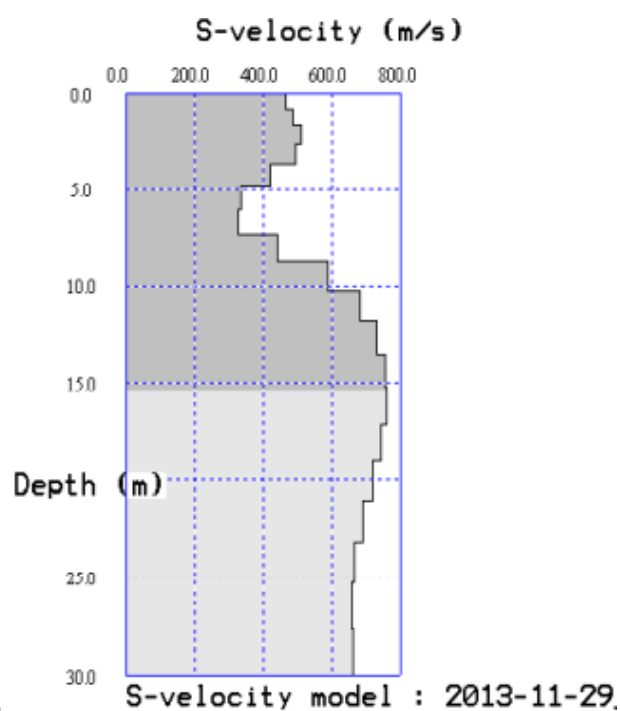


Figura 3-24 MASW\_3 Base sismica ritorno

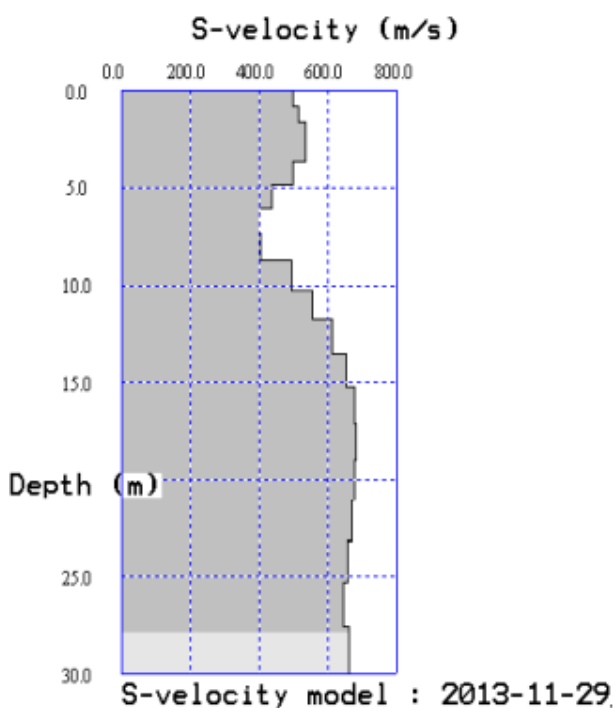


Figura 3-25 MASW\_4 Base sismica andata

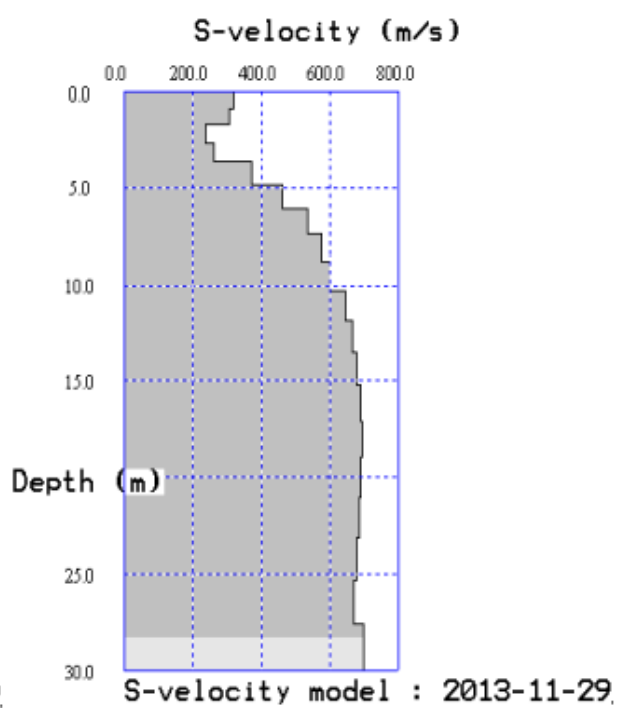


Figura 3-26 MASW\_4 Base sismica ritorno

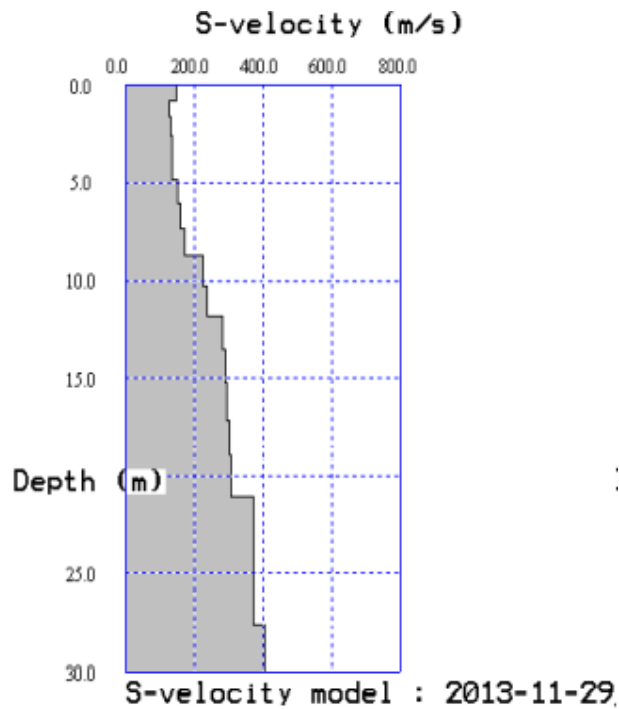


Figura 3-27 MASW\_5 Base sismica andata

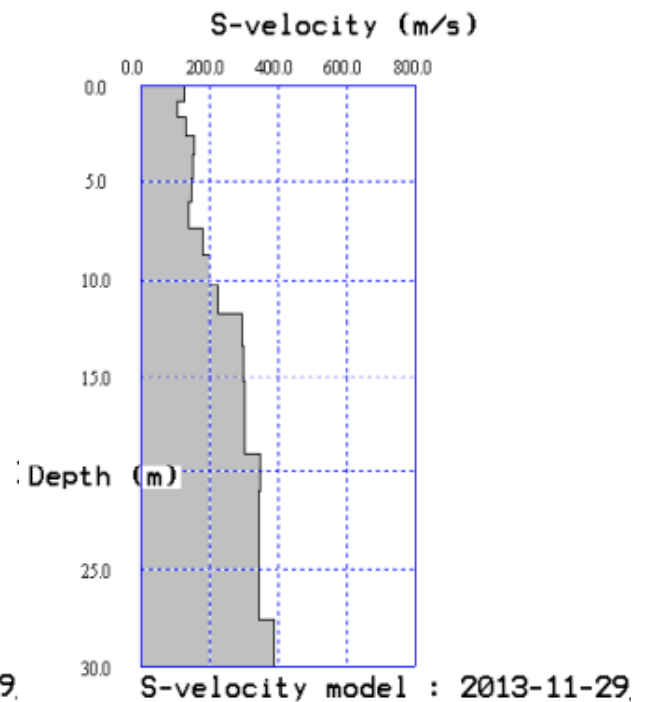


Figura 3-28 MASW\_5 Base sismica ritorno

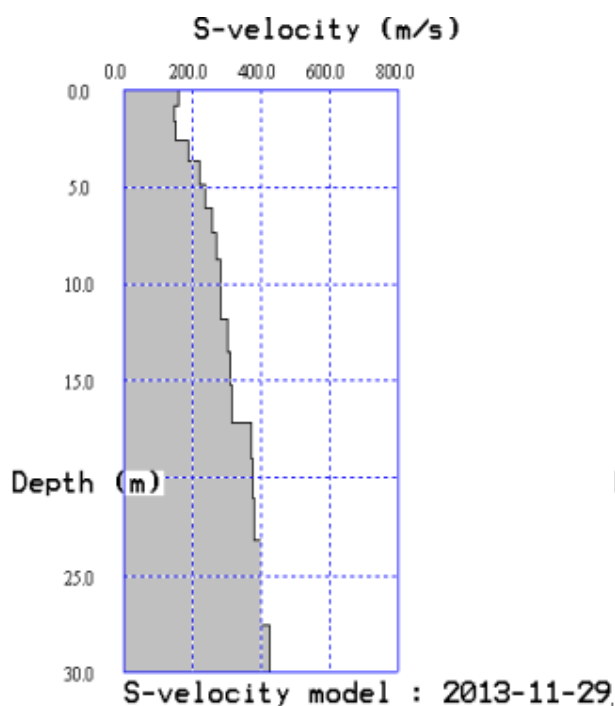


Figura 3-29 MASW\_6 Base sismica andata

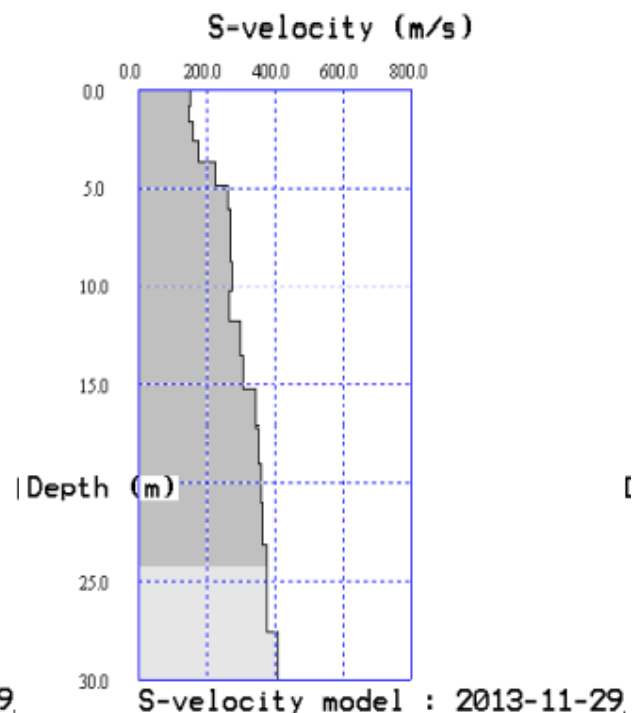


Figura 3-30 MASW\_6 Base sismica ritorno

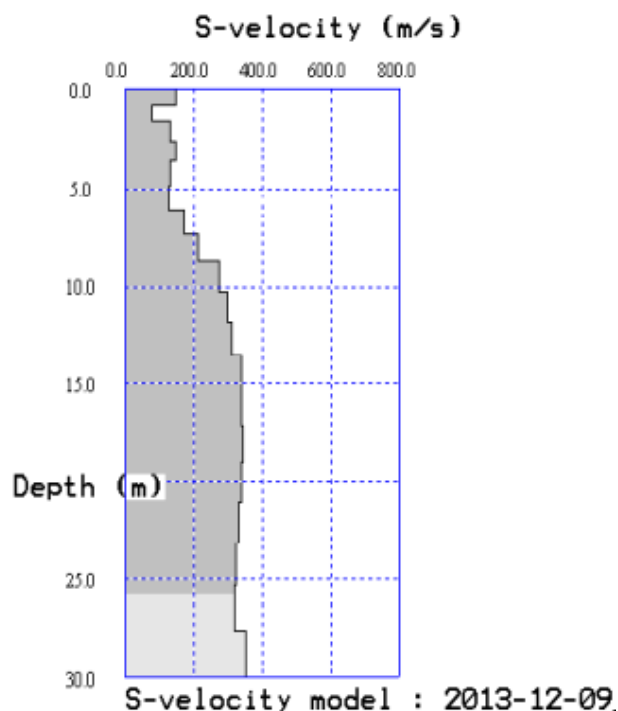


Figura 3-31 MASW\_7 Base sismica andata

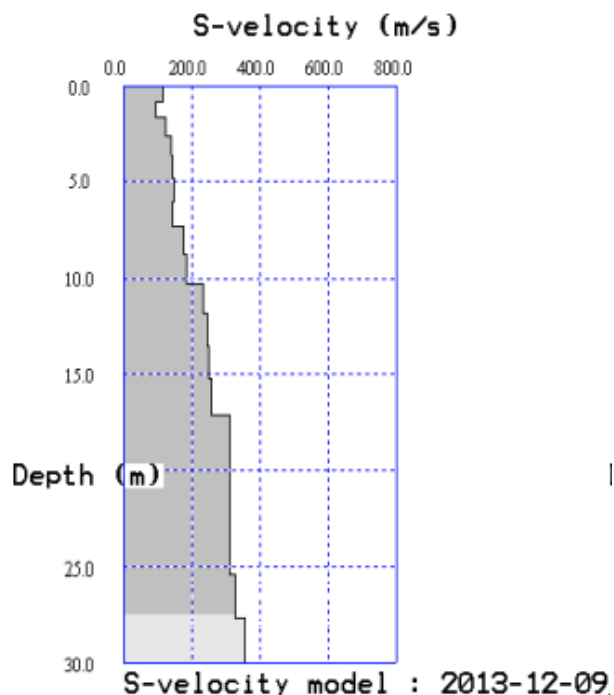


Figura 3-32 MASW\_7 Base sismica ritorno

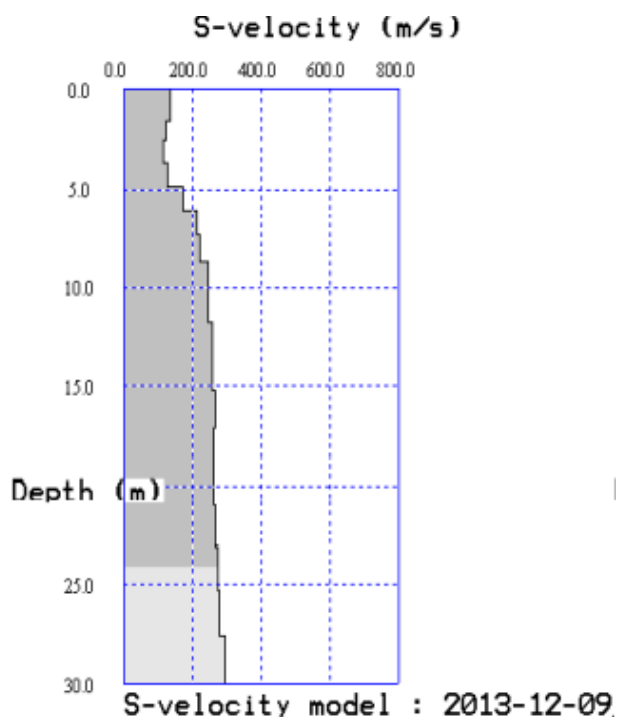


Figura 3-33 MASW\_8 Base sismica andata

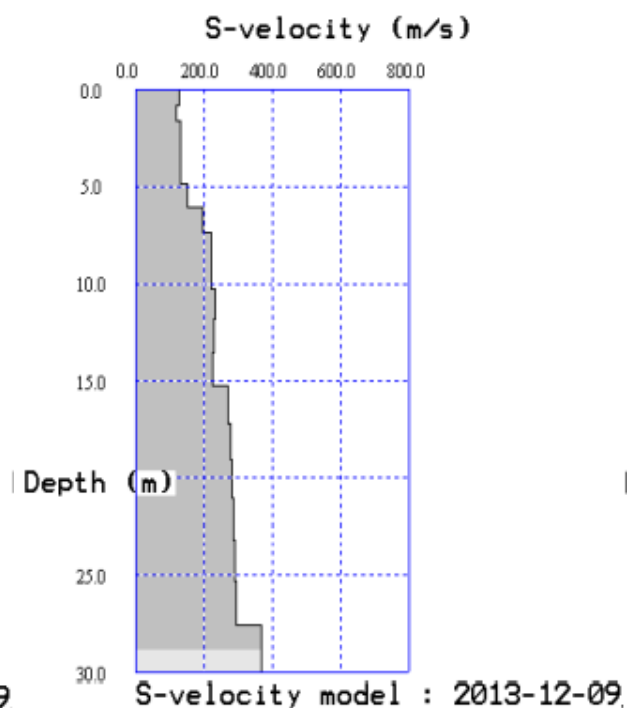


Figura 3-34 MASW\_8 Base sismica ritorno

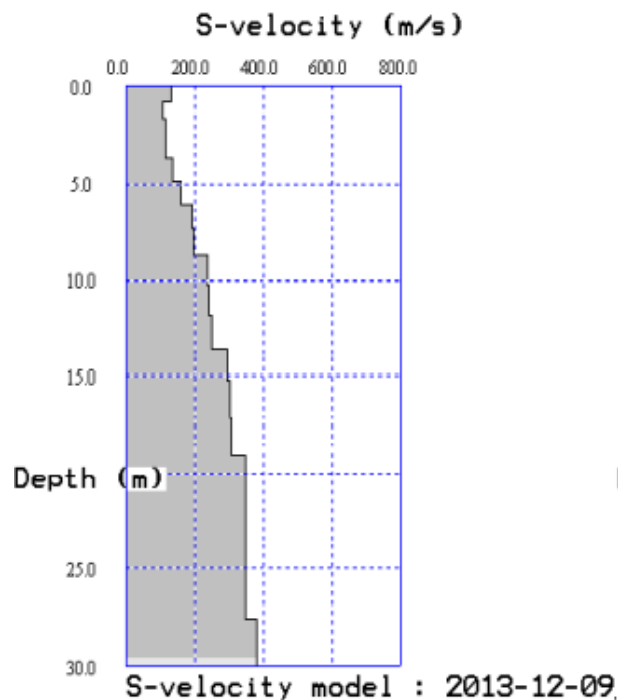


Figura 3-35 MASW\_9 Base sismica andata

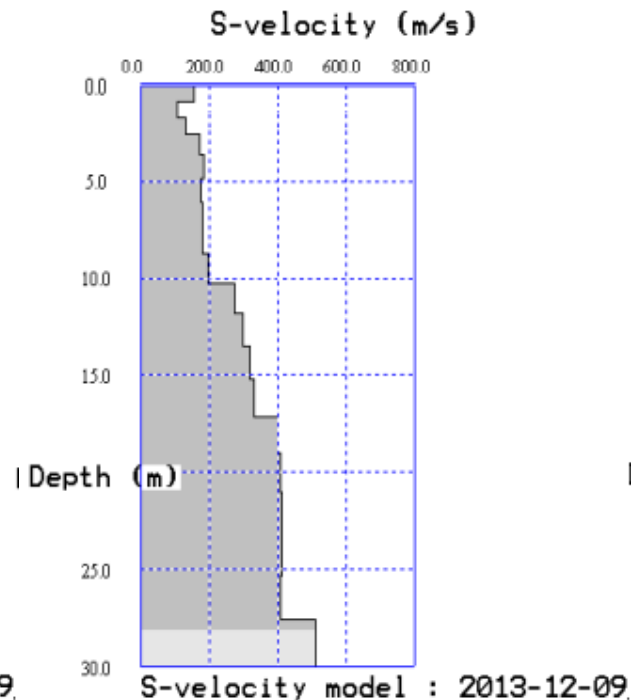


Figura 3-36 MASW\_9 Base sismica ritorno

### 3.2.4 Prove in sito integrative del 2014


In tale sede si sono realizzate le seguenti indagini:

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo (S10 - S12) spinti fino a 40m di profondità;
- esecuzione di n. 2 piezometri perforati a distruzione a tubo aperto tipo Norton (S13 e S14);
- strumentazione di tutti e 3 i fori di sondaggio per esecuzione delle prova Down Hole fino alla profondità di 40m;
- n. 8 prove di permeabilità nelle trincee esplorative già indicate (T1, T8), sulle quali sono state eseguite prove di permeabilità mediante il metodo Double Stage Boutwell Permeameter (TSB);
- prove sismiche consistenti in n. 3 Down Hole.

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state inoltre effettuate le seguenti attività:

- rilievo della stratigrafia;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test) nei livelli coesivi.

Nella tabella che segue si riporta la descrizione dei sondaggi geognostici eseguiti, con l'indicazione della profondità raggiunta, strumentazioni installate (piezometro) e campioni prelevati (CI campioni indisturbati e CD campioni rimaneggiati).

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>		Doc.no.	<b>Ara G3 PD RG 03.01</b>
			Rev. 2	Date: Settembre-22
	Pag. 38 of 145			

**Tabella 3-32 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite**

Sigla	Tipologia prova [-]	Profondità [m]	Strumenti installati [-]	n. CI [-]	n. CD [-]
S10	Sondaggio a carotaggio continuo	40	Down Hole	-	-
S11	Sondaggio a carotaggio continuo	40	Down Hole	-	-
S12	Sondaggio a carotaggio continuo	40	Down Hole	-	-
S13	Sondaggio a distruzione di nucleo	20	Piezometro Norton	-	-
S14	Sondaggio a distruzione di nucleo	20	Piezometro Norton	-	-

#### 3.2.4.1 Misure piezometriche


In corrispondenza dei Piezometri tipo Norton installati nei sondaggi S13 e S14, sono state eseguite le seguenti letture dei livelli di falda (per i dettagli si rimanda a quanto indicato in relazione geologica)::

**Tabella 3-33 – Riepilogo delle misure piezometriche**

Piezometro	Prof.tà tratto fenestrato [m]	Litotipo interessato	Letture				
			09-06-14 [m]	20-06-14 [m]	01-07-14 [m]	08-07-14 [m]	15-07-14 [m]
S13	12-20	Formazione Arenaceo Pelitica	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
S14	12-30	Formazione Pelitico Arenacea	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

Letture								
31-07-14	18-08-14	25-08-14	01-09-14	15-09-14	01-10-14	13-10-14	27-10-14	10-11-14
asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

Letture								
18-11-14	01-12-14	10-12-14	22-12-14	13-01-15	22-01-15	30-01-15	06-02-15	13-02-15
asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 39 of 145	

<b>Lecture</b>
<b>13-03-15</b>
asciutto
asciutto

### 3.2.4.2 Prove di permeabilità in sito

Sono state realizzate delle prove di permeabilità di tipo TSB (Double Stage Boutwell Permeameter) nelle trincee esplorative T1 – T8.

Nel seguito si riportano delle tabelle riepilogative dei risultati delle varie prove di permeabilità eseguite, discriminando il litotipo interessato da tali prove; per un maggior dettaglio in merito alla tipologia di indagine si rimanda alla relazione geotecnica.

**Tabella 3-34 – Riepilogo delle prove TSB**

<b>Sondaggio</b>	<b>Litotipo interessato</b>	<b>Coeff. di permeabilità k verticale [m/s]</b>	<b>Coeff. di permeabilità k orizzontale [m/s]</b>
T1	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$7.9 \cdot 10^{-10}$	$9.7 \cdot 10^{-10}$
T2	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$6.5 \cdot 10^{-10}$	$9.0 \cdot 10^{-10}$
T3	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$9.5 \cdot 10^{-11}$	$1.8 \cdot 10^{-10}$
T4	Formazione Pelitico Arenacea intatta	$6.6 \cdot 10^{-10}$	$9.9 \cdot 10^{-10}$
T5	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$2.6 \cdot 10^{-10}$	$6.4 \cdot 10^{-10}$
T6	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$5.0 \cdot 10^{-10}$	$9.0 \cdot 10^{-10}$
T7	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$3.2 \cdot 10^{-10}$	$7.3 \cdot 10^{-10}$
T8	Formazione Arenaceo Pelitica intatta	$3.8 \cdot 10^{-10}$	$6.4 \cdot 10^{-10}$

### 3.2.4.3 Indagini sismiche

Sono state eseguite le seguenti indagini sismiche:

- n.3 prova Down-Hole nei fori di sondaggio S10-S11-S12 (DH1, DH2 e DH3).

Per maggiori dettagli relativamente a tali prove si rimanda agli specifici elaborati (“Elaborato 16 – Prove di archivio aree limitrofe (Vallecola G2, Vallecola G4)”).





Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 40 of 145

Nelle immagini seguenti si riportano i risultati delle Down Hole:

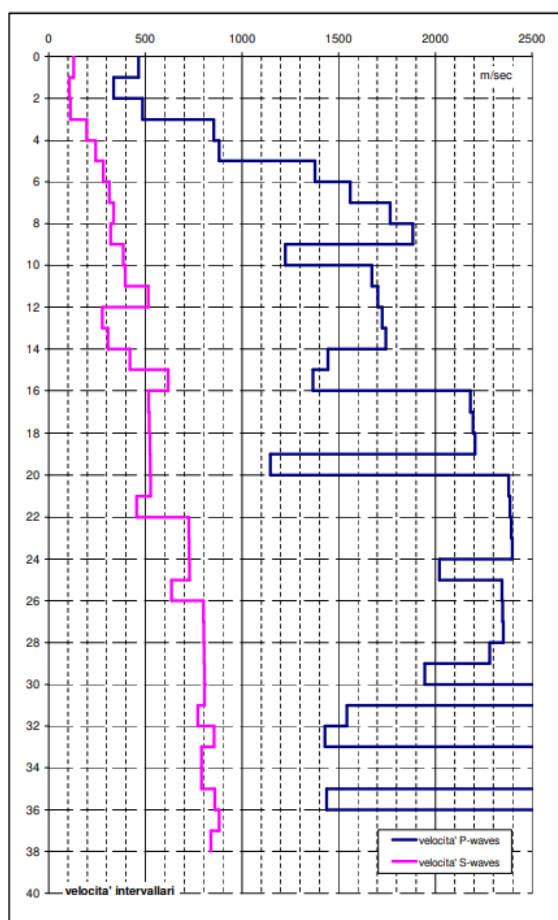


Figura 3-37 Profilo delle velocità DH1

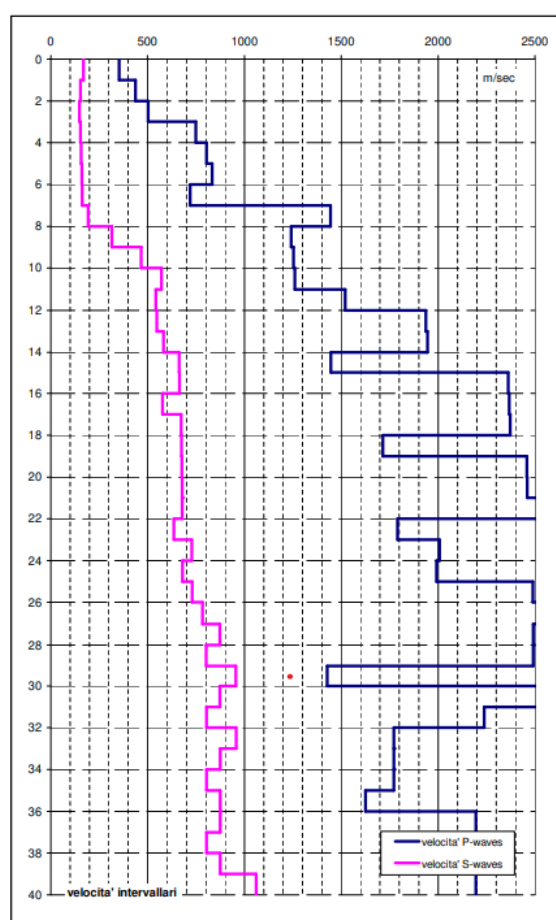
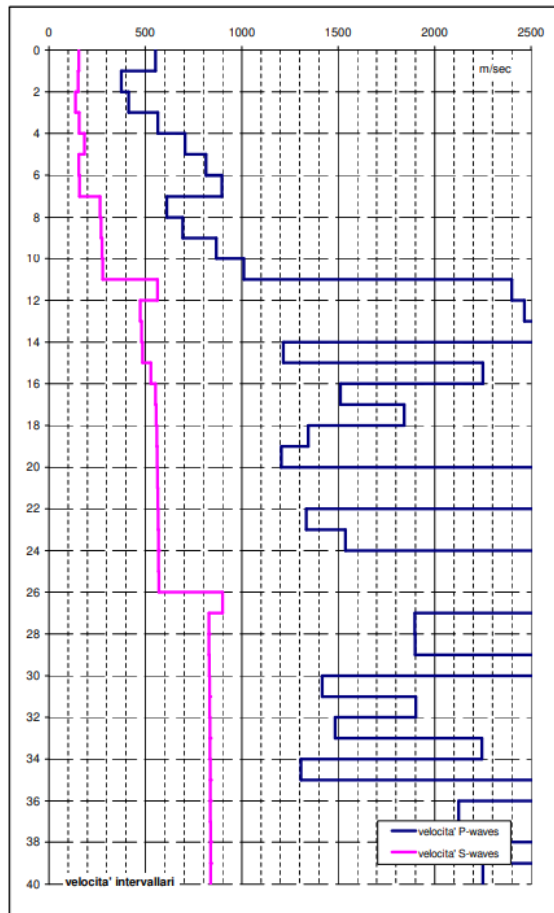


Figura 3-38 Profilo delle velocità DH2



**Figura 3-39 Profilo delle velocità DH3**

### 3.3. Ginestreto 2


Della Vallecchia Ginestreto 2 si riportano le sole informazioni relative alle campagne di indagine che sono state prese in considerazione in quanto interessanti i litotipi indagati.

Tale area è, infatti, interessata da una formazione di base costituita in parte da argille varicolori e dalle Argille Azzurre prevalentemente di Litofacies Arenaceo-Pelitica.

#### 3.3.1 Campagna geognostica del 2001

Tale campagna geognostica ha previsto l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche statiche, prove penetrometriche dinamiche superpesanti, prove penetrometriche dinamiche medie, basi sismiche a rifrazione e prospezioni sismiche in foro.

Per la caratterizzazione del terreno interessato, si è fatto riferimento al sondaggio n. 9 nel quale sono stati prelevati n. 2 campioni in corrispondenza della formazione Pelitico Arenacea, sui quali si sono eseguite delle prove di taglio diretto.

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3 - Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>		Doc.no.	<b>Ara G3 PD RG 03.01</b>
			Rev. 2	Date: Settembre-22
	Pag. 42 of 145			

**Tabella 3-35 – Tabella laboratorio campagna 2001 – Prove di Resistenza**

Taglio Casagrande				
Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	c' [kPa]	φ' [°]
S9-G2(2001)	C1	RPi	92.21	22.00
S9-G2(2001)	C3	RPi	85.35	23.00

### 3.3.2 Campagna geognostica del 2002

Tale campagna geognostica ha previsto l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche dinamiche medie e prove penetrometriche statiche.

Per la caratterizzazione del terreno interessato, si è fatto riferimento ai sondaggi n. 2i, 5i e 6i in corrispondenza dei quali è stato prelevato 1 campione ciascuno in corrispondenza della formazione Arenaceo Pelitica, sui quali si sono eseguite le seguenti prove:

- determinazione del peso di volume (naturale, secco e specifico);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- analisi granulometriche;
- prove di taglio diretto (TD).

**Tabella 3-36 – Tabella laboratorio campagna 2002 – Prove Fisiche**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	Profondità		Umidità	Pesi di volume			Granulometria				
			Da [m]	A [m]	W [%]	G <sub>specifico</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>secco</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>naturale</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Ghiaia (G) [%]	Sabbia (S) [%]	Limo (L) [%]	Argilla (A) [%]	L+A [%]
S2i-G2(2002)	CD1	RAi	7.5	7.7	22.3	26.39	18.34	15		70	24	6	30
S5i-G2(2002)	CD1	RAi	3	3.3	25.6	26.48	18.83	15		62	30	8	38
S6i-G2(2002)	CD1	RAi	4	4	27.9	26.58	14.62	18.64		73	18	9	27

**Tabella 3-37 – Tabella laboratorio campagna 2002 – Prove di Resistenza**


Taglio Casagrande				
Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	c' [kPa]	φ' [°]
S2i-G2(2002)	CD1	RAi	0.00	32.00
S5i-G2(2002)	CD1	RAi	0.00	30.00
S6i-G2(2002)	CD1	RAi	4.90	33.00

### 3.3.3 Campagna geognostica del 2003

Tale campagna geognostica ha previsto l'esecuzione di trincee esplorative (T1, T2 e T3) in corrispondenza della formazione delle Argille Azzurre litofacies arenaceo pelitica e l'esecuzione di prove di taglio diretto.

**Tabella 3-38 – Tabella laboratorio campagna 2003 – Prove di Resistenza**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn	Profondità		Taglio Casagrande	
			Da [m]	A [m]	c' [kPa]	φ' [°]
T1-G2(2003)	1	RAi	3		110.00	39.80
T2-G2(2003)	2	RAi	1.5		158.00	37.90
T3-G2(2003)	3	RAi	2		124.00	26.90

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
	<b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 43 of 145	

### 3.3.4 Campagna geognostica del 2007

Tale campagna geognostica ha previsto l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, di cui uno in corrispondenza della formazione delle Argille Azzurre litofacies arenaceo pelitica dal quale sono stati prelevati 7 campioni su cui si sono eseguiti le seguenti prove:


- determinazione del peso di volume (naturale, secco e specifico);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- analisi granulometriche;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test) nei livelli coesivi;
- prove di taglio diretto (TD);
- prove di compressione triassiale (del tipo CID);
- prove di compressibilità Edometrica.

**Tabella 3-39 – Tabella laboratorio campagna 2007 – Prove Fisiche**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn.	Profondità		Umidità	Pesi di volume			Granulometria				
			Da [m]	A [m]	W [%]	G <sub>specifico</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>secco</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>naturale</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Ghiaia (G) [%]	Sabbia (S) [%]	Limo (L) [%]	Argilla (A) [%]	L+A [%]
S2-G2(2007)	CD1	RAi	2.5	3.1	8.5	26.48	20.4	22.17		21	60	19	79
S2-G2(2007)	CD2	RAi	3.4	4	9.4	26.58	20	21.87		14	64	22	86
S2-G2(2007)	CD5	RAi	6.6	7	8.3	26.39	20.7	22.37		19	62	19	81
S2-G2(2007)	CD7	RAi	9.6	10	8.8	26.48	20	21.68		14	64	22	86
S2-G2(2007)	CD8	RAi	10.6	1	9.1	26.39	19.81	21.58		11	70	19	89
S2-G2(2007)	CD9	RAi	12.6	13	9.5	26.48	20.4	22.36		11	70	19	89
S2-G2(2007)	CD10	RAi	14	14.35	7.6	26.29	20.89	22.46		18	66	16	82

**Tabella 3-40 – Tabella laboratorio campagna 2007 – Prove di Resistenza**

Sondaggio	Campione	Unità Geotecn.	Pocket Penetro	Vane Test	Taglio Casagrande		Triassiale CID	
			qc [kPa]	cu [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]	c' [kPa]	φ' [°]
S2-G2(2007)	CD1	RAi	490.50	196.20	73.57	27.00		
S2-G2(2007)	CD2	RAi					68.67	26
S2-G2(2007)	CD5	RAi	490.50	196.20				
S2-G2(2007)	CD7	RAi			53.95	26.00		
S2-G2(2007)	CD8	RAi					63.76	26
S2-G2(2007)	CD9	RAi	490.50	196.20				
S2-G2(2007)	CD10	RAi	490.50	196.20				

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 44 of 145	

## 4. Caratterizzazione Geotecnica


Le conoscenze acquisite sulla base dei risultati delle indagini eseguite nell'area oggetto di studio, unite alle informazioni fornite dalle campagne geognostiche relative alle discariche adiacenti, hanno consentito di delineare un quadro stratigrafico, caratterizzato da un primo strato di depositi alluvionali, deposito di frana, coltri detritiche e riporti sovrastante le formazioni del substrato costituito da argille azzurre di carattere pelitico e arenaceo.

La caratterizzazione geotecnica dei litotipi individuati è stata effettuata sulla base dei risultati delle prove in sito e in laboratorio.

In particolare, sono stati distinti 8 terreni tipo:

- depositi di frana (Unità **DepFr**): deposito gravitativo costituito da litotipi eterogenei, la cui tessitura è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente. La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in matrice pelitica e/o sabbiosa;
- coltri detritiche e Riporti (Unità **DepRip**): coltre di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione di acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati;
- deposito alluvionale (Unità **All**): costituito da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, sabbie e limi argillosi) di origine fluviale;
- Rilevati (Unità **Ril**): trattasi dei rilevati in terra battuta per la ricostruzione e del consolidamento della pendice;
- Argille Azzurre – Arenarie di Borello – litofacies pelitico arenacea, distinte nella parte intatta e in quella alterata (rispettivamente Unità **RPI**, **RPa**): prevalenti argille ed argille marnose grigio-azzurre, siltose, fossilifere, in strati molto sottili e sottili, con sottilissimi livelli di sabbie fini; rari intervalli pelitico-arenacei, con arenarie giallastre, molto sottili.
- Argille Azzurre – Arenarie di Borello – litofacies arenaceo pelitica, distinte nella parte intatta e in quella alterata (rispettivamente Unità **RAi**, **RAa**): alternanza di peliti e peliti sabbiose grigie, localmente marnose, fortemente fossilifere e arenarie grigio-giallastre in livelli sottili e medi, per lo più poco cementate; talora arenarie prevalenti in strati da spessi a molto spessi, mal definiti, a laminazione inclinata e con livelli di tritume conchigliare, o livelli siltosi.

I valori dei parametri fisici e meccanici, in termini caratteristici, sono discussi di seguito per ciascuna unità geotecnica e riassunti in Tabella 6-1.

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
	<b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 45 of 145	

## 5. Correlazioni impiegate per l'interpretazione delle prove

La caratterizzazione geologico-tecnica delle unità geotecniche individuate si basa sulle prove geotecniche in sito e laboratorio realizzate nelle varie campagne geognostiche, in sintesi:

- Sondaggi geognostici con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio eseguite sui campioni;
- Prove speditive sui sondaggi geognostici (Pocket Penetrometer e Vane Tests);
- Prove penetrometriche statiche di tipo CPT;
- Indagini sismiche (prove Down-Hole, MASW, Re.Mi., HVSR e Rilievi microsismici a rifrazione);
- Prove di permeabilità (in foro e in laboratorio)

La parametrizzazione geotecnica è avvenuta a seguito dell'elaborazione delle prove della discarica G3, oggetto del presente studio, e delle prove delle discariche adiacenti G2 e G4, così da avere un quadro della realtà geotecnica della zona di interesse. Nelle elaborazioni presentate, pertanto, saranno riportati i risultati di tutte le prove eseguite, ma si farà riferimento a quelli della Vallecchia G3.

Di seguito si riportano le correlazioni e gli approcci teorici utilizzati per giungere alla definizione dei parametri geologico tecnici di riferimento.

### 5.1. Prove di laboratorio

#### 5.1.1 Caratteristiche Fisiche

Per la classificazione dei terreni e la determinazione delle caratteristiche fisiche si sono eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche;
- pesi di volume naturale;
- contenuti d'acqua naturale;
- limiti di Atterberg.

#### 5.1.2 Caratteristiche di Resistenza

Le caratteristiche di resistenza in termini di tensioni efficaci (coesione e angolo di attrito) sono state desunte dalle prove di laboratorio di taglio diretto, triassiale consolidata drenata e triassiale consolidata non drenata.

La coesione non drenata è stata desunta dalle prove di espansione laterale libera (assumendola pari a metà della tensione di compressione a rottura) o triassiali non consolidate e non drenate e dalle prove speditive sul sondaggio quali pocket penetrometer e vane test.

La coesione non drenata è stata determinata solo per i litotipi superficiali; per le rocce, quali le unità geotecniche RAI, RAa, RPI e RPa, si ritiene adeguata una caratterizzazione in soli parametri drenati.

#### 5.1.3 Caratteristiche di Deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità sono state stimate sulla base delle prove edometriche di laboratorio e delle prove ELL.

Dalle queste ultime si è calcolato un modulo elastico pari ad un 50% delle deformazioni a rottura.

La correlazione impiegata per determinare il modulo elastico a partire da quello edometrico, e viceversa, è la seguente:



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 46 of 145

$$E_{oed} = E \cdot \left[ \frac{(1 - \nu)}{1 - \nu - 2\nu^2} \right]$$

dove  $\nu$  è stato assunto cautelativamente pari a 0.3 per le formazioni rocciose e 0.35 per depositi e alluvioni.

Il modulo di deformazione in condizioni non drenate ( $E_u$ ), invece, è stato valutato mediante la correlazione di Tomlinson secondo la quale tale grandezza è legata alla  $c_u$  in funzione del grado di sovraconsolidazione del terreno (OCR) e del suo indice plastico:

$$E_{ur} = \alpha \cdot c_u$$

OCR	Eu/Su		
	IP<30	30<IP<50	IP>50
<3	800	400	200
3--5	500	300	150
>5	300	200	100

Così come indicato in per i parametri di resistenza, il modulo di deformazione in condizioni non drenate è stato determinato solo per i litotipi superficiali; per le rocce, quali le unità geotecniche RAi, RAa, RPi e RPa, si ritiene adeguata una caratterizzazione in soli parametri drenati.

#### 5.1.4 Stato tensionale in sito

Lo stato tensionale in sito è valutato mediante la stima del grado di sovraconsolidazione (OCR) e della tensione di preconsolidazione ( $\sigma'_p$ ) dalle prove edometriche disponibili.

Lo stato tensionale in sito è stato implementato in plaxis mediante il parametro definito dal software stesso POP, che consiste nella differenza tra la tensione di preconsolidazione e quella litostatica. Pertanto nella caratterizzazione verrà restituito anche questo parametro.

#### 5.1.5 Caratteristiche idrauliche

Le caratteristiche di permeabilità sono state stimate in laboratorio mediante le prove edometriche, laddove disponibili, e con permeametro a carico variabile.

### 5.2. Prove CPT e CPTu

#### 5.2.1 Caratteristiche Fisiche

La litologia nonché, il peso di volume naturale, sono stati stimati mediante l'interpretazione delle prove CPT, impiegando rispettivamente la formulazione di Robertson (2010) e quella proposta da Mayne, Peuchen e Bouwmeester [ISFOG, 2010]:

##### **SBT Charts (Robertson, 2010)**

L'interpretazione litologica delle unità geotecniche, mediante CPT, è avvenuta mediante le interpretazioni di Robertson (2010) che si basano sul SBTn (Soil Behaviour Type normalizzato), ovvero sul comportamento meccanico in situ del terreno.

Le più recenti espressioni, si basano su un criterio di normalizzazione ad esponente ( $n$ ), variabile in funzione del tipo di terreno identificato dall'indice del materiale ( $I_c$ ) e dalla resistenza alla punta normalizzata ( $Q_{tn}$ ). Le formulazioni impiegate sono le seguenti:

Indice di comportamento del terreno (Robertson & Wride, 1998):

$$I_c = \sqrt{(3.47 - \log Q)^2 + (\log F + 1.22)^2}$$

Resistenza alla punta normalizzata (Robertson 2004):

$$Q = Q_{tn} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{p_{atm}} \cdot \left( \frac{p_{atm}}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

Esponente determinato iterativamente (Robertson 2009 CGJ):

$$n = 0.381 \cdot I_c + 0.05(\sigma'_{v0}/p_{atm})$$

Dove:

$q_t$ : resistenza alla punta corretta in funzione delle pressioni interstiziali. Nel caso di CPT senza piezocono è uguale alla  $q_c$

$F = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}}$ : rapporto di attrito normalizzato

$\sigma_{v0}$  e  $\sigma'_{v0}$ : tensione litostatica totale ed efficace

$p_{atm}$  pressione atmosferica

$Q = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{p_a}$ : resistenza alla punta calcolata per la prima iterazione.

La classe di comportamento è pertanto identificata dall'indice  $I_c$ , in base alla tabella e grafico che seguono.

$I_c$	Zona SBT <sup>(*)</sup>	Terreno
< 1,31	7	Sabbie ghiaiose e sabbie addensate
1,31-2,05	6	Sabbie da pulite a limose
2,05-2,60	5	Sabbie limose e/o limi sabbiosi
2,60-2,95	4	Limi argillosi e/o argille limose
2,95-3,60	3	Argille
> 3,60	2	Suoli organici, torbe

(\*) SBT = soil behaviour type = identificativo della zona nel grafico.

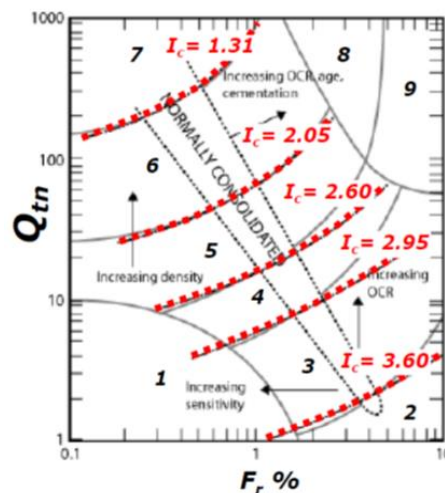


Figura 5-1 - SBT (Robertson, 2009)

Per le ulteriori elaborazioni sulle CPT con distinzione tra la tipologia dei materiali, si considera un  $I_c > 2.6$  come limite per la definizione di un materiale come coesivo.

### **Peso di volume del terreno**



Si è eseguita una stima del peso di volume totale del terreno impiegando la seguente correlazione proposta da Mayne, Peuchen [2012]:

$$\gamma_t = 26 - \frac{14}{1 + [0.5 \cdot \log(f_s + 1)]^2}$$

Trattandosi di una formula ricorsiva, si fa una prima stima mediante la relazione:

$$\gamma_t = 12 + 1.5 \cdot \ln(f_s + 1)$$

Nella figura seguente si illustrano le formulazioni di cui sopra comparate con i valori di peso di volume per vari tipi di terreno. Come è evidente, la dispersione dei dati è tale da non ritenere necessariamente attendibile il valore restituito dalla formulazione; pertanto esso sarà riportato come quadro comparativo rispetto ai valori restituiti dalle prove di laboratorio.

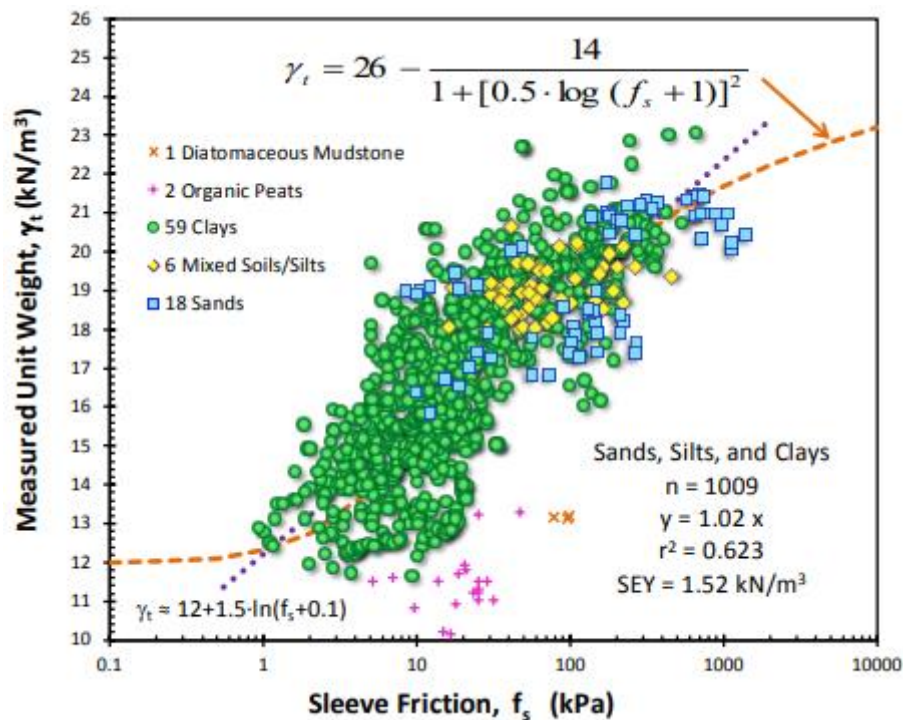


Figura 5-2 - Peso di volume naturale del terreno, Mayne et al., 2010

## 5.2.2 Caratteristiche di Resistenza

Le CPT si possono impiegare per stimare la coesione non drenata e l'angolo di attrito efficace rispettivamente nei terreni coesivi e incoerenti.

Interessando, i litotipi in questione, terreni di tipo coesivo, le CPT sono state impiegate per la determinazione della sola  $c_u$ .

### 5.2.2.1 Terreni a grana fine

Nei terreni coesivi il valore della pressione alla punta ( $q_t$ ) può essere messo in relazione con la pressione totale litostatica ( $\sigma_{v0}$ ) alla profondità della punta e con la coesione non drenata:

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_k}$$

Il coefficiente  $N_k$  è un fattore di portanza che ha valori compresi tra 10 e 25.

Nel caso specifico è stato considerato un valore pari a 15, che corrisponde al valore medio considerabile per la generalità dei terreni, come illustrato nella figura che segue.

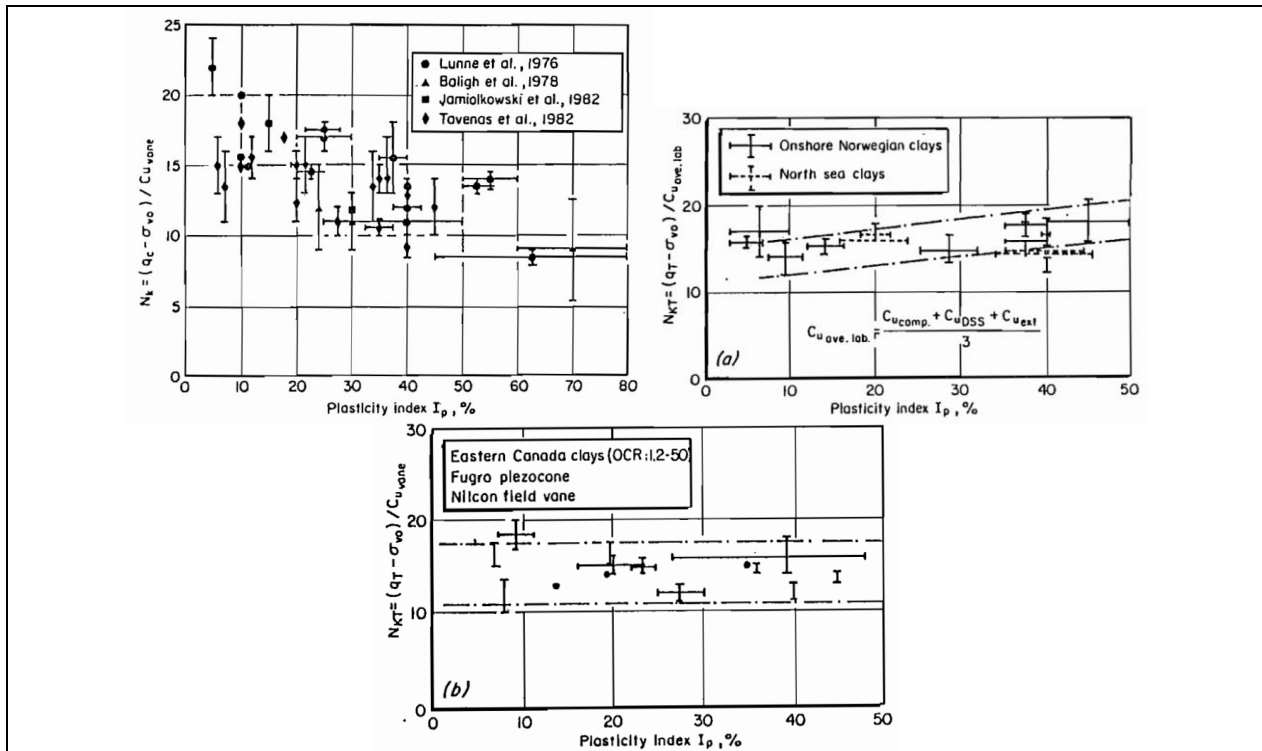


Figura 5-3 – Fattore Nk ottenuto sperimentalmente, Tavenas and Leroueil, 1986

### 5.2.2.2 Terreni a grana grossa

Nei terreni incoerenti si stima l'angolo di resistenza al taglio con le seguenti formulazioni:

**Robertson e Campanella [1983, 1990]:**

$$\varphi' = \tan^{-1} \left[ 0.1 + 0.38 \cdot \log \left( \frac{qt}{\sigma_v'} \right) \right]$$

**Kulhawwy e Mayne [1990]:**

$$\varphi' = 17.6 + 11 \cdot \log \left[ \frac{qt}{(\sigma_v' \cdot pa)^{0.5}} \right]$$


### 5.2.3 Caratteristiche di Deformabilità

La stima del modulo è avvenuta con formule differenti in funzione della natura coesiva o incoerente del materiale. Come indicato al par. 5.2.1, si identifica un terreno coesivo dai valori di  $I_c$  superiori a 2.6; in caso contrario si avrà a che fare con un terreno di tipo incoerente.

#### 5.2.3.1 Terreni a grana fine

È stato stimato il modulo edometrico mediante la formulazione di Sanglerat (1972) per la quale il modulo  $E_{oed}$  è funzione della resistenza alla punta per mezzo di un coefficiente  $\alpha$  il cui valore dipende dalla natura del terreno.

$$E_{oed} = \alpha \cdot q_c$$

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3 - Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 50 of 145	

Il valore impiegato di  $\alpha$  è quello riportato nella tabella che segue.

Tabella 5-1 – Stima del modulo edometrico in terreni a grana fine da CPT

Argille di bassa plasticità (CL)	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 8$
	$0,7 < q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 5$
Limi di bassa plasticità (ML)	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 2,5$
	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 6$
Argille e limi di elevata plasticità (CH, MH)	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 3$
	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 6$
Limi organici (OL)	$q_c < 1,2 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 8$
	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	
Torbe e argille organiche ( $P_u$ , OH)	$50 < w < 100$	$1,5 < \alpha < 4$
	$100 < w < 200$	$1 < \alpha < 1,5$
	$w > 200$	$0,4 < \alpha < 1$

\*w = contenuto in acqua (%)

### 5.2.3.2 Terreni a grana grossa

È stato stimato il modulo edometrico ( $E_{oed}$ ) mediante la relazione di Lunne & Christophersen (1983) valida per sabbie, secondo la quale:

Per Sabbie Normal Consolidate

$$E_{oed} = 4 \cdot q_c \rightarrow \text{per } q_c < 10 \text{ MPa}$$

$$E_{oed} = 2 \cdot q_c + 20 \text{ MPa} \rightarrow \text{per } 10 \text{ MPa} \leq q_c < 50 \text{ MPa}$$

$$E_{oed} = 120 \text{ MPa} \rightarrow \text{per } q_c \geq 50 \text{ MPa}$$

Per Sabbie Sovraconsolidate

$$E_{oed} = 5 \cdot q_c \rightarrow \text{per } q_c \leq 50 \text{ MPa}$$

$$E_{oed} = 250 \text{ MPa} \rightarrow \text{per } q_c > 50 \text{ MPa}$$

### 5.2.4 Stato tensionale in sito

Per grado di sovraconsolidazione è dato dal rapporto della massima pressione a cui è stato soggetto il terreno in sito (definita pressione di preconsolidazione  $\sigma'_p$ ) e l'attuale pressione verticale ( $\sigma'_v$ ) in termini efficaci:

$$OCR = \frac{\sigma'_p}{\sigma'_v}$$

Partendo da tale presupposto, la tensione di preconsolidazione può essere desunta dall'elaborazione dei dati CPT mediante la formula sperimentale di Mayne (2009), riportata nella figura che segue:

$$\sigma'_p = 0.33 \cdot (q_t - \sigma_{v0})^{m'} (p_{atm}/100)^{1-m'}$$

Le seguenti immagini mostrano la dipendenza della tensione di preconsolidazione dalla resistenza alla punta e del coefficiente  $m'$  dal tipo di materiale.

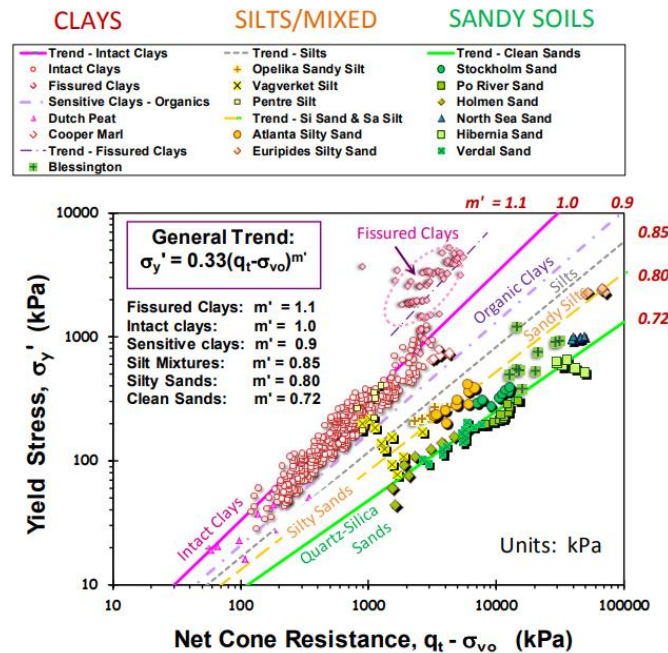


Figura 5-4 - Tensione di preconsolidazione vs. trend della resistenza alla punta per argille, limi, sabbie, limi e terreni mixati.

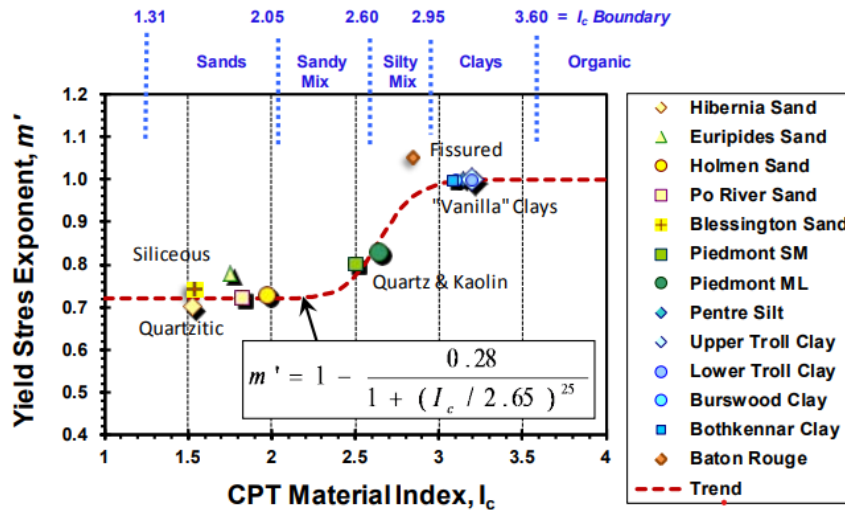



Figura 5-5 - Trend osservato per l'esponente  $m'$  con l'indice  $I_c$  da CPT

Dalla tensione di preconsolidazione è stato determinato, inoltre, il POP (Pre-Overburden Pressure) utilizzato dal software di modellazione numerica per tenere conto dello stato di sovraconsolidazione del terreno; tale parametro è definito dalla differenza tra la pressione di preconsolidazione e la pressione litostatica efficace:

$$POP = \sigma'_p - \sigma'_v$$

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 52 of 145	

### 5.3. Prove Geofisiche

Le prove geofisiche sono state impiegate per la determinazione della velocità delle onde di taglio  $v_s$ , dalla quale si può determinare il Modulo dinamico  $G_0$ , ovvero il di Rigidezza a Taglio per piccolissime deformazioni, e del Modulo di Young  $E_0$  a piccolissime deformazioni.

La relazione tra la velocità delle onde di taglio e il modulo dinamico  $G_0$  è la seguente:

$$G_0 = \rho t \cdot V_s^2 = \frac{\gamma t}{g} \cdot V_s^2$$

Dove  $\rho t$  è la densità del terreno, ovvero il peso per unità di volume ( $\gamma t$ ) normalizzato all'accelerazione di gravità ( $g$ ).

Per la determinazione di tale modulo, si è assunto un peso per unità di volume medio, pari a 20kN/m<sup>3</sup> per il peso per unità di volume.


Dal modulo di taglio iniziale si è determinato il modulo  $E_0$  mediante la seguente relazione:

$$E_0 = G_0 \cdot 2(1 + \nu)$$

dove  $\nu$  è il coefficiente di poisson.

Per la valutazione dei profili di velocità e dei moduli dinamici si sono considerate le risultanze delle MASW, della Down-Hole.

Dal modulo dinamico  $E_0$  è stato stimato il modulo operativo, valutabile in questo tipo di analisi come  $E_0/5$ .

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 53 of 145	

## 6. Modello Geotecnico di Riferimento

Nel seguito si riporta la definizione delle caratteristiche fisiche, meccaniche, (di resistenza e deformabilità), e idrauliche relative ai litotipi individuati nel volume significativo.

Per la caratterizzazione si è anche fatto uso delle campagne geognostiche precedenti e limitrofe all'area (discariche G4 e G2) in particolare per la connotazione degli ammassi rocciosi (litotipi RAa, Rai, RPa e RPi) dove per le problematiche di ottenimento di campioni in qualità Q5, spesso si hanno a disposizione solo risultati diretti per "campioni campionabili" tralasciando le restanti parti. Allo scopo si è anche fatto riferimento a determinazioni indirette "di ammasso" cioè riferite alla complessità litologica nel suo insieme.

Nelle indagini in area G3 i campioni in qualità inferiore a Q5 sono stati impiegati in laboratorio per sole prove su ricostituito, (della porzione più argillosa solitamente), la loro rappresentatività non è dell'assetto d'ammasso in sito ma indicativa sulle condizioni a questi riferibili.

Terreni della medesima natura, infatti, caratterizzano anche il terreno di fondazione delle adiacenti discariche G4 e G2; in quel contesto, per la valutazione delle relative proprietà meccaniche sono stati eseguiti, oltre a sondaggi, anche delle trincee dalle quali si sono potuti estrarre campioni indisturbati dai quali valutare le proprietà meccaniche dei terreni. I risultati ottenuti mediante tali prove hanno fornito valori di resistenza maggiori e più rappresentativi della natura litoide del materiale.

Per tale motivo, trattandosi dei medesimi materiali, per la caratterizzazione delle proprietà di resistenza dei litotipi indicati della discarica G3, si è fatto riferimento alle prove sui provini intatti eseguiti sulle discariche adiacenti a Nord e a Sud, confermando un medesimo comportamento meccanico.

Questo approccio risulta preferibile e cautelativo rispetto a derivazioni dei parametri meccanici di ammasso mediante classificazione a indice, tipo GSI (Geological Strength Index), che forniscono comunque utili indicazioni sul comportamento meccanico di un ammasso roccioso in assenza di prove in scala dirette.

### 6.1. Unità Geotecnica RAi

#### 6.1.1 Caratteristiche Fisiche

L'unità geotecnica RAi rappresenta la parte intatta della formazione di base costituita dalle Argille Azzurre – litofacies arenaceo pelitica, composta da terreni di tipo coesivo, ovvero limi con argilla debolmente sabbiosi (Figura 6-2-Figura 6-4).

Il contenuto di umidità naturale e l'indice plastico hanno valori compresi rispettivamente tra il 14 e il 18% e tra il 27 e il 40% (Figura 6-5, Figura 6-6).

Dalla carta di plasticità di Casagrande, il materiale ricade nella zona delle argille inorganiche/organiche ad elevata plasticità (CH o OH), vedasi Figura 6-8.

L'indice di consistenza è maggiore dell'unità, indicando un terreno di consistenza solida (Figura 6-6).

Il peso di volume è stato stimato dalle prove di laboratorio e risulta compreso nel range 20.1-22 e mediamente pari a 20.7kN/m<sup>3</sup> (Figura 6-1).

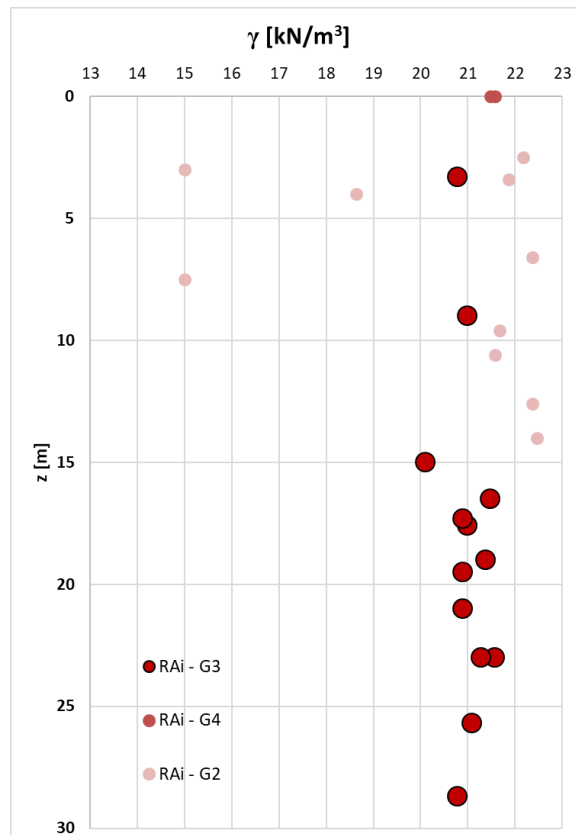


Figura 6-1 – Peso per unità di volume da prove di laboratorio

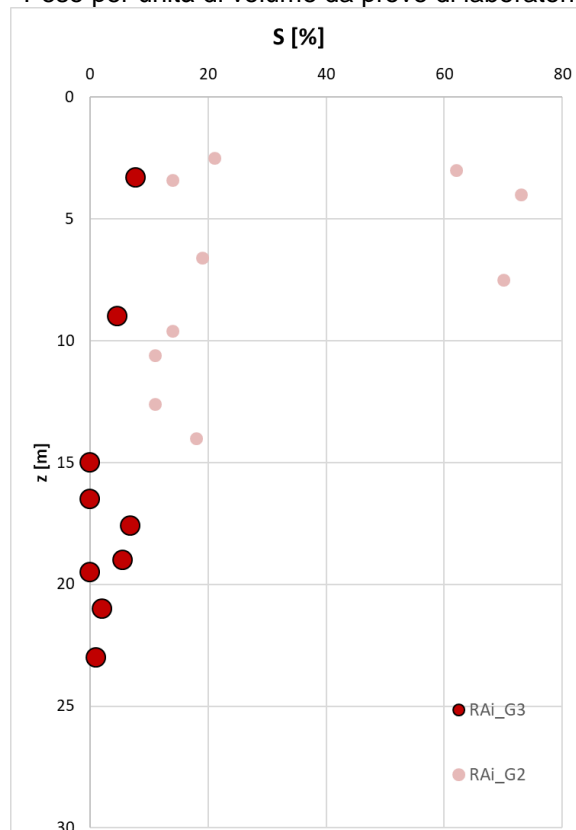


Figura 6-2 – Contenuto di sabbia da granulometria

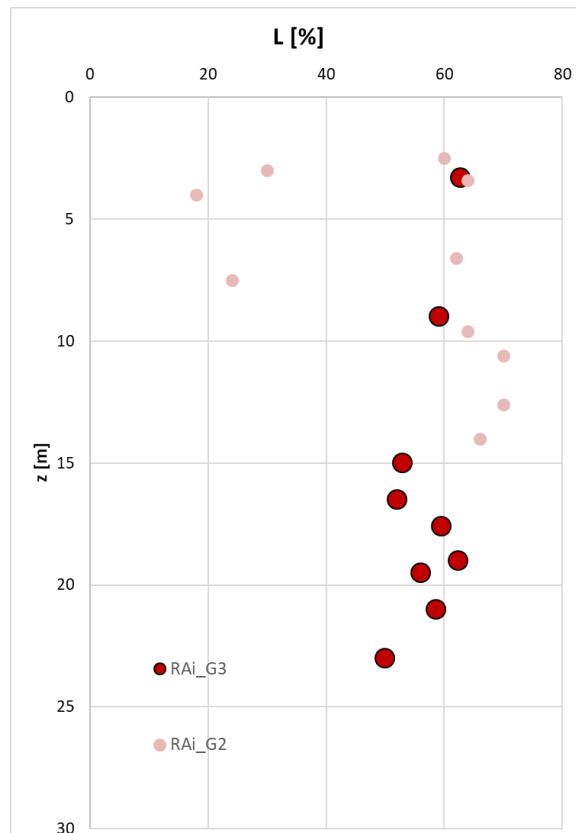


Figura 6-3 – Contenuto di limo da granulometria

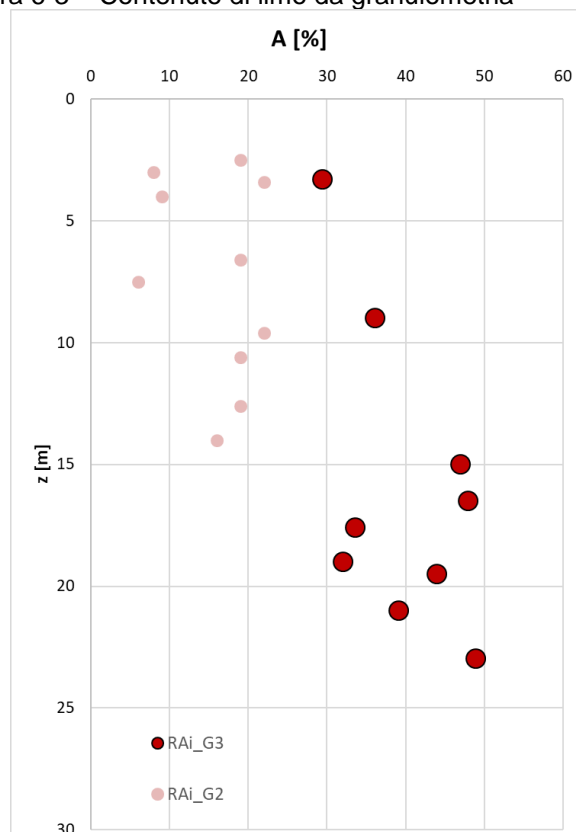


Figura 6-4 – Contenuto di argilla da granulometria



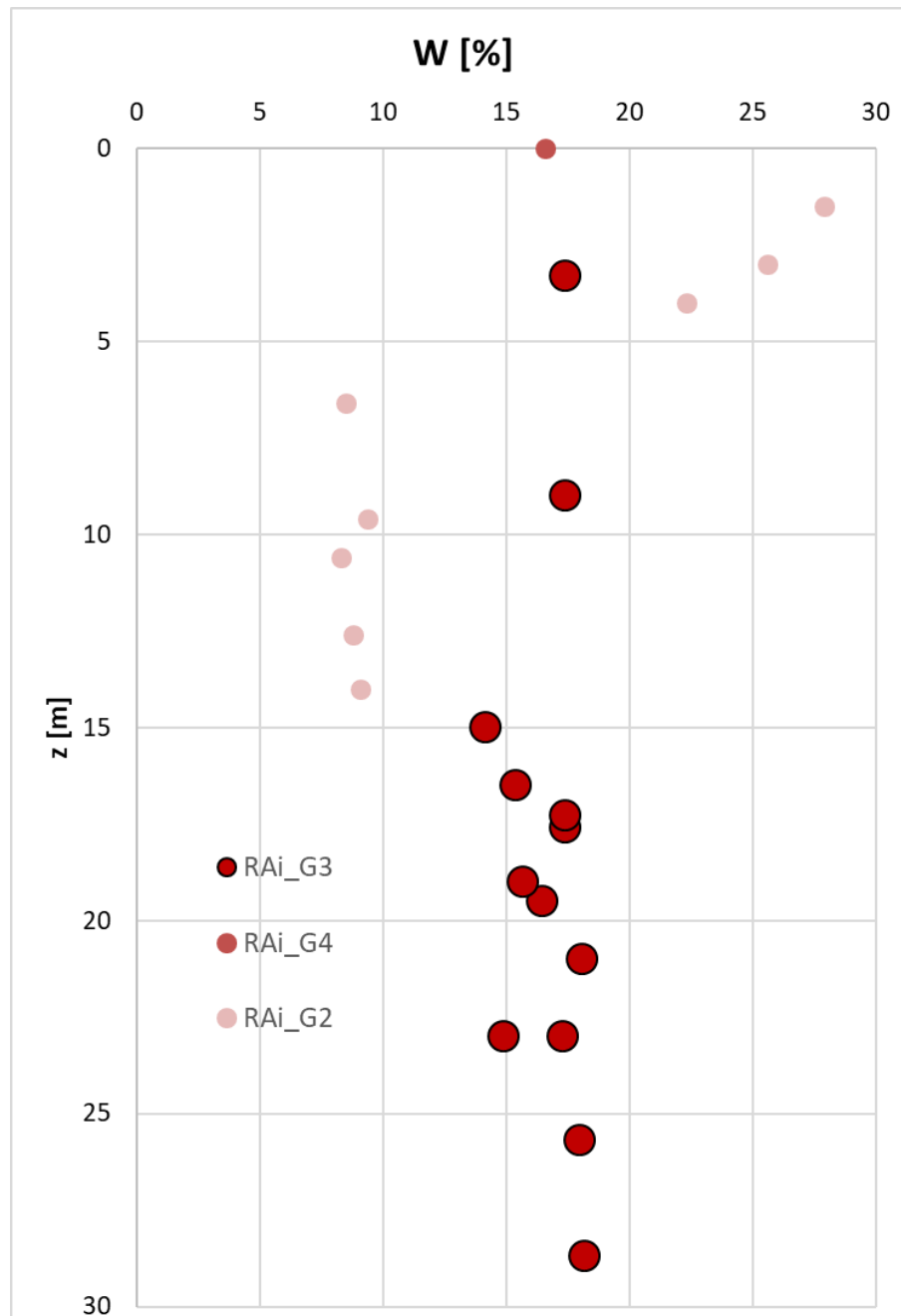


Figura 6-5 – Contenuto in acqua da prove di laboratorio

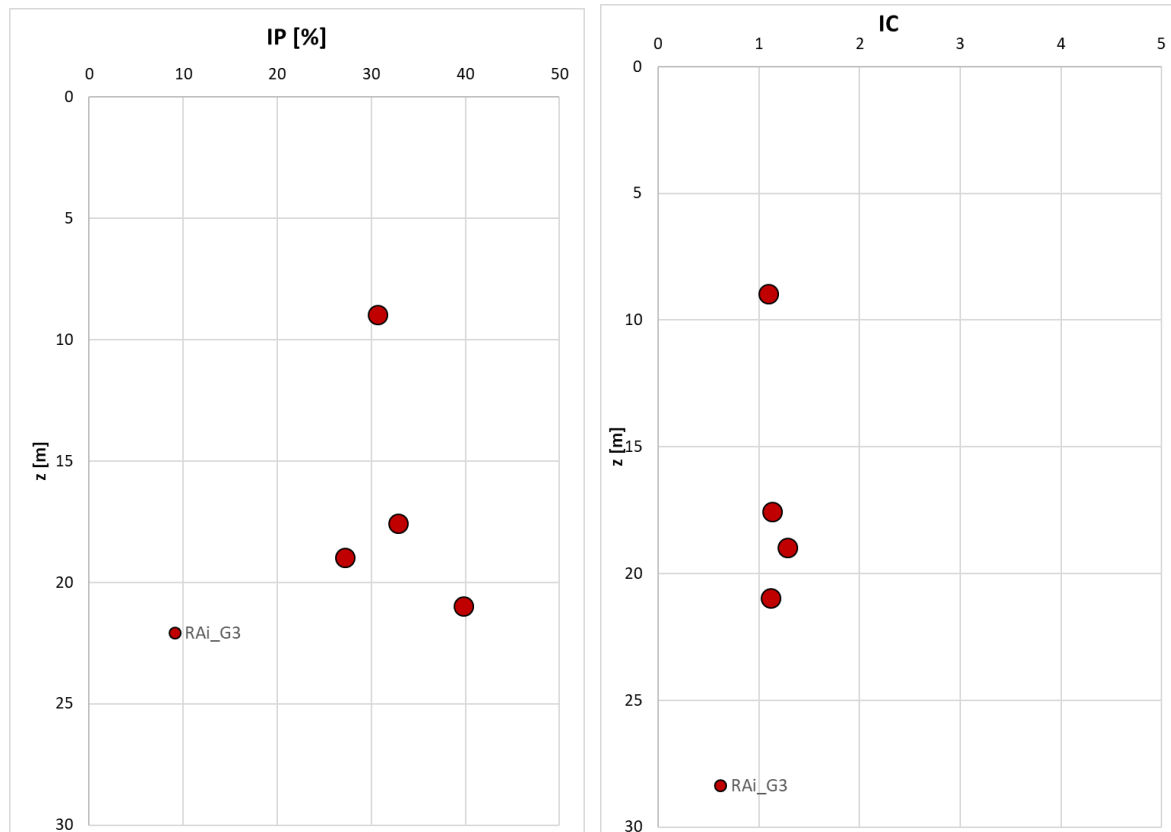


Figura 6-6 – Indice Plastico e di Consistenza da prove di laboratorio

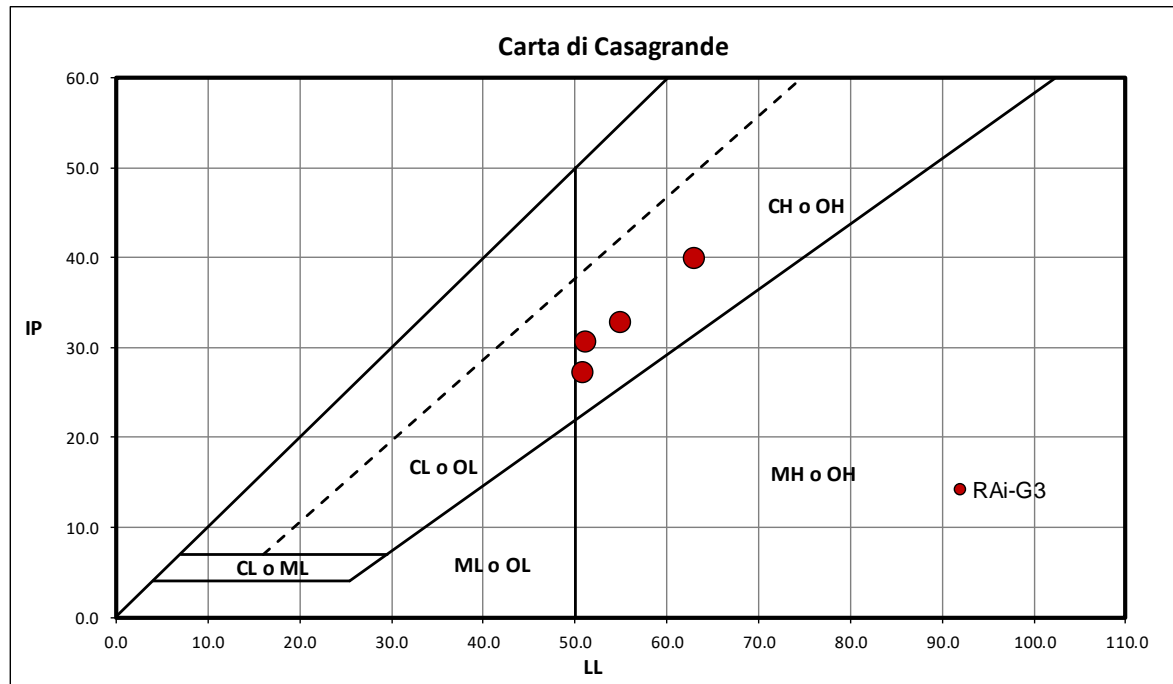
**CARATTERISTICHE DI PLASTICITÀ**

Indice Plastico IP	Caratteristiche di plasticità del terreno
$0 < IP \leq 5$	Non plastico
$5 < IP \leq 15$	Poco plastico
$15 < IP \leq 40$	Plastico
$IP > 40$	Molto plastico

**CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA**

Indice di Consistenza IC	Condizione	Caratteristiche di consistenza del terreno
$IC < 0$	$W_n > W_{ll}$	Fluida
$0.00 < IC \leq 0.25$	$W_n < W_{ll}$	Fluidoplastica
$0.25 < IC \leq 0.50$		Molle-plastica
$0.50 < IC \leq 0.75$		Plastica
$0.75 < IC \leq 1.00$		Solidoplastica
$IC > 1$	$W_n > W_{lr}$	Semisolida
$IC > 1$	$W_n < W_{lr}$	Solida

Figura 6-7 – Caratteristiche di consistenza e plasticità ( $W_{ll}$  è il limite liquido,  $W_{lr}$  è il limite di ritiro)


**Legenda**

<b>ML</b>	Limi inorganici da bassa a media plasticità
<b>CL</b>	Argille inorganiche da bassa a media plasticità
<b>OL</b>	Limi e argille organiche di bassa plasticità
<b>MH</b>	Limi inorganici di alta plasticità
<b>CH</b>	Argille inorganiche di alta plasticità
<b>OH</b>	Argille organiche da media a alta plasticità

**M = Limi**  
**C = Argille**  
**O = Sostanze organiche**  
  
**L = bassa plasticità**  
**H = alta plasticità**

Figura 6-8 – Carta di plasticità di Casagrande

## 6.1.2 Caratteristiche di Resistenza

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate sono state eseguite prove di laboratorio di taglio e triassiali.

Tali prove, però, non sono risultate significative ai fini della valutazione dei corretti parametri geotecnici, in quanto eseguiti su campioni rimaneggiati e non rappresentativi della roccia (si veda quanto premesso all'inizio del capitolo). Pertanto, ai soli fini di completezza, se ne riportano le grandezze ricavate in Figura 6-9 e Figura 6-10.

Le effettive caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate sono state valutate, pertanto, a partire dalle prove di laboratorio di taglio e triassiali eseguite sui campioni indisturbati a disposizione (si vedano Figura 6-11, Figura 6-12). Non si hanno prove relative alla parte intatta della fondazione, ma solo relativa alla parte alterata; sono stati presi a riferimento, quindi, tali valori, rappresentando una scelta cautelativa. I valori di angolo di attrito e di coesione efficace sono compresi nei seguenti range:

$$c'=103-125\text{kPa}$$

$$\phi'=20.8-24^\circ$$

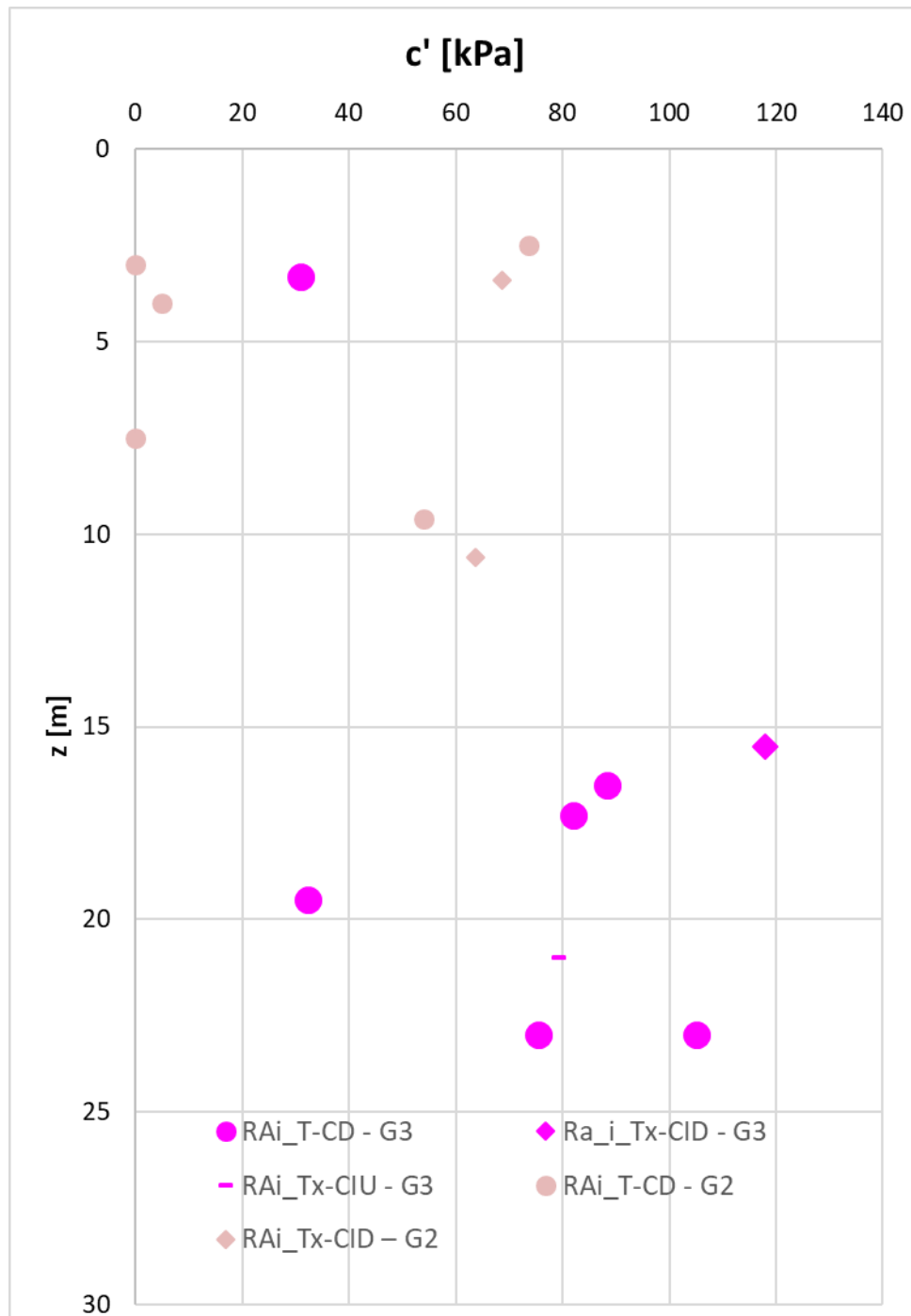


Figura 6-9 – Coesione efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – Su tutti i campioni a disposizione, anche rimaneggiati

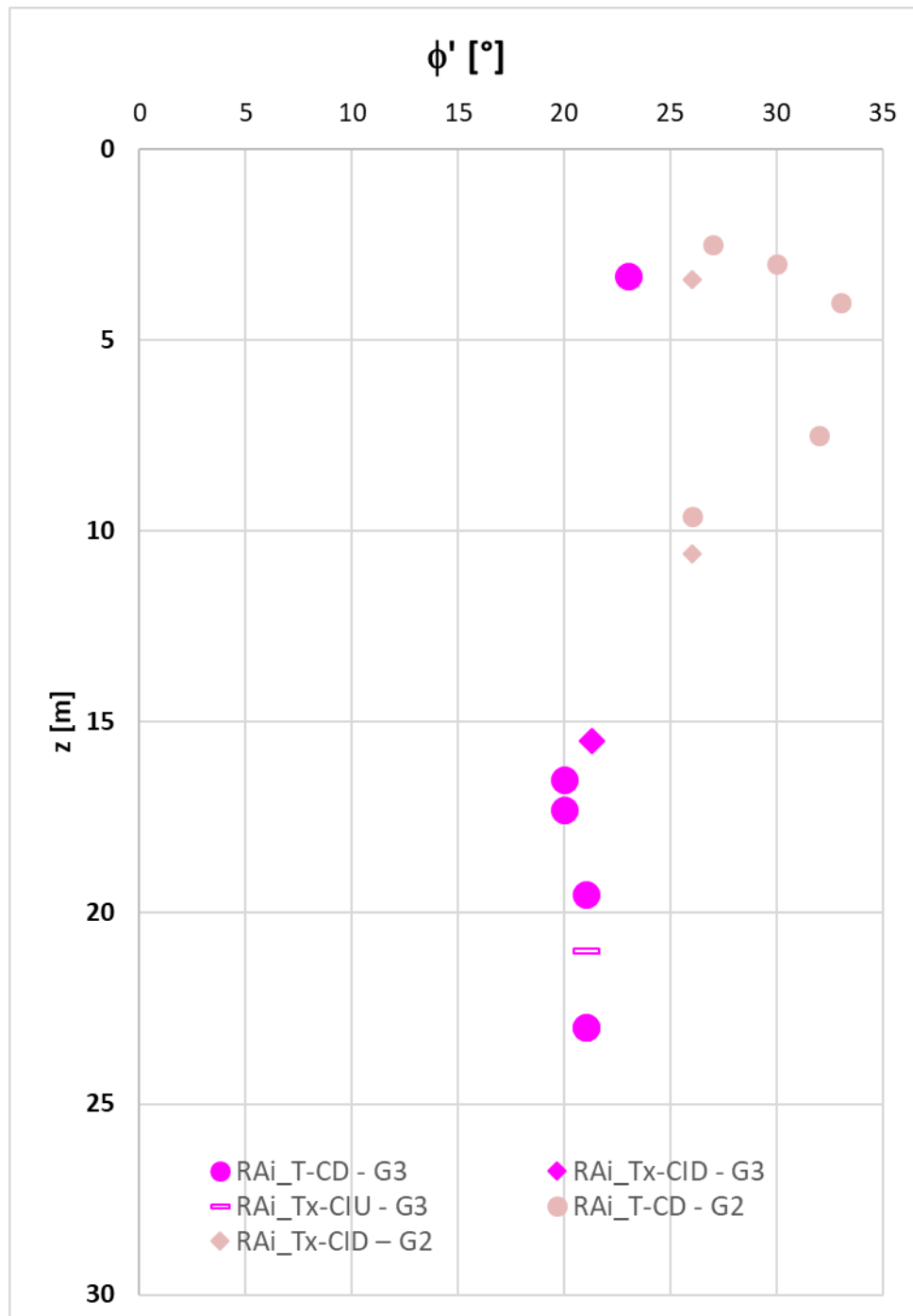


Figura 6-10 – Angolo di attrito efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – Su tutti i campioni a disposizione, anche rimaneggiati

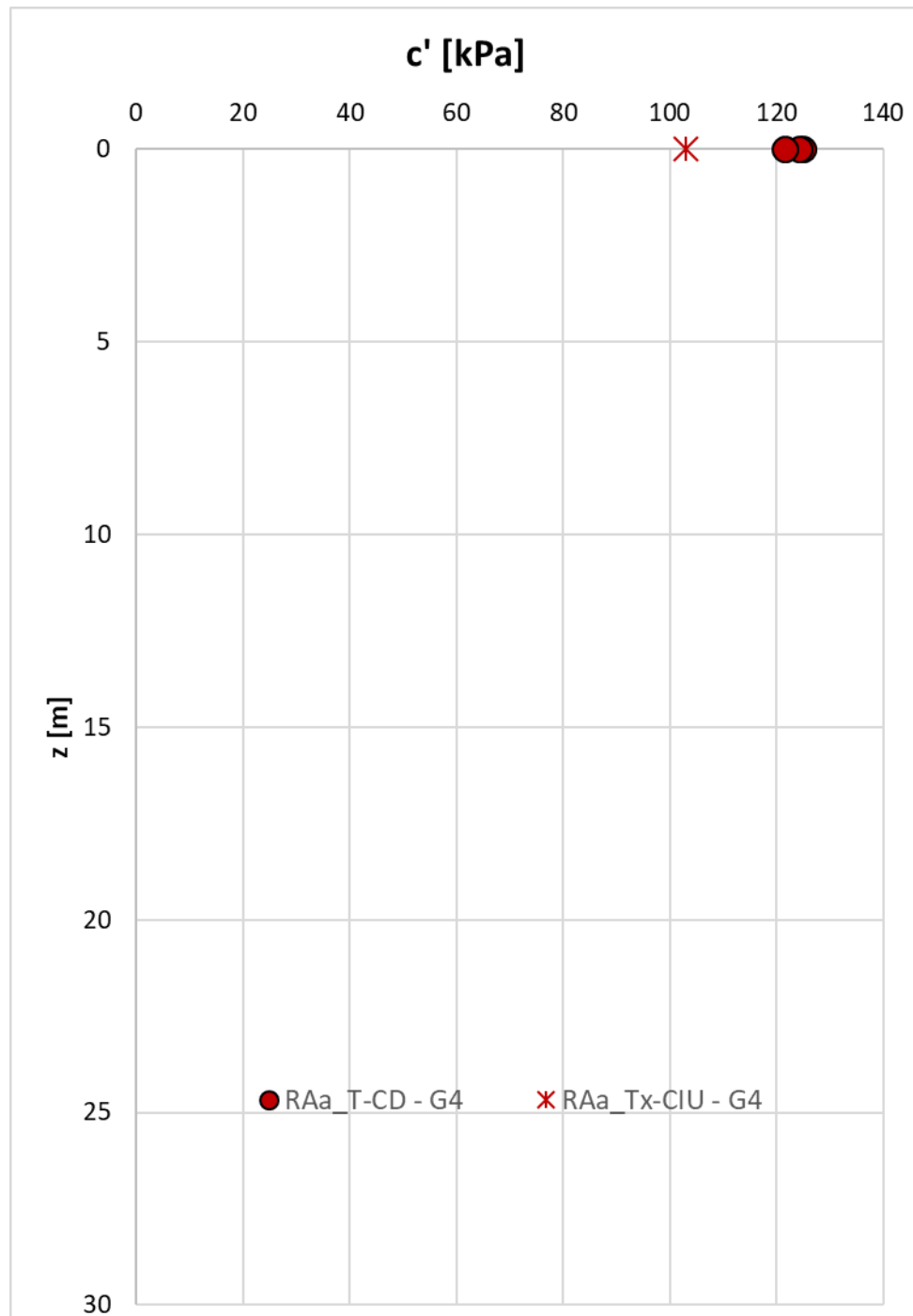


Figura 6-11 – Coesione efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – su campioni indisturbati

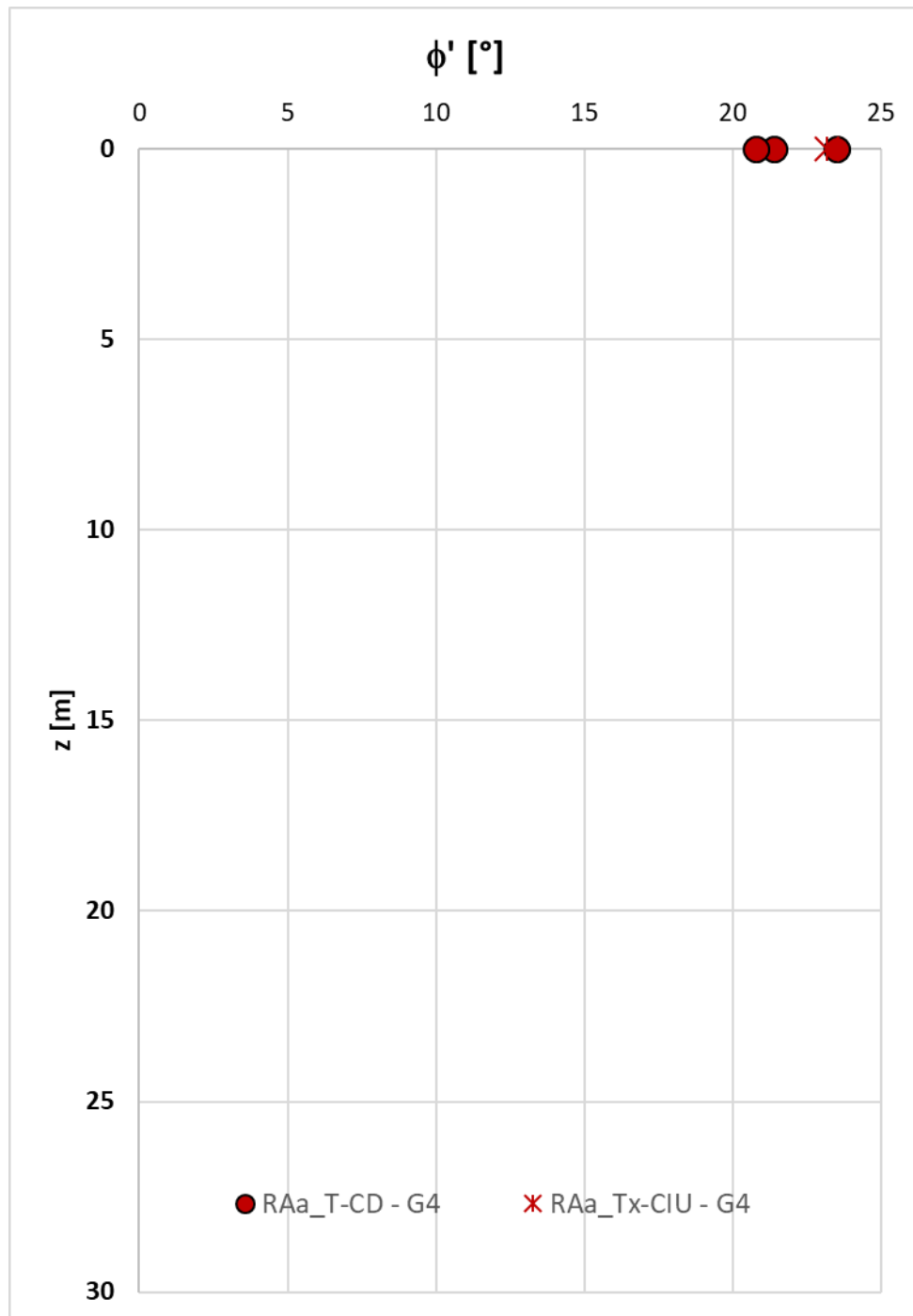


Figura 6-12 – Angolo di attrito efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – su campioni indisturbati

Il grafico seguente illustra le coppie  $c'$  e  $\phi'$  derivanti dalle prove di laboratorio e i relativi inviluppi sulla parte alterata della formazione, in quanto non hanno dati su quella intatta.

La retta nera tratteggiata mostra l'inviluppo ottenuto con i parametri di progetto scelti.

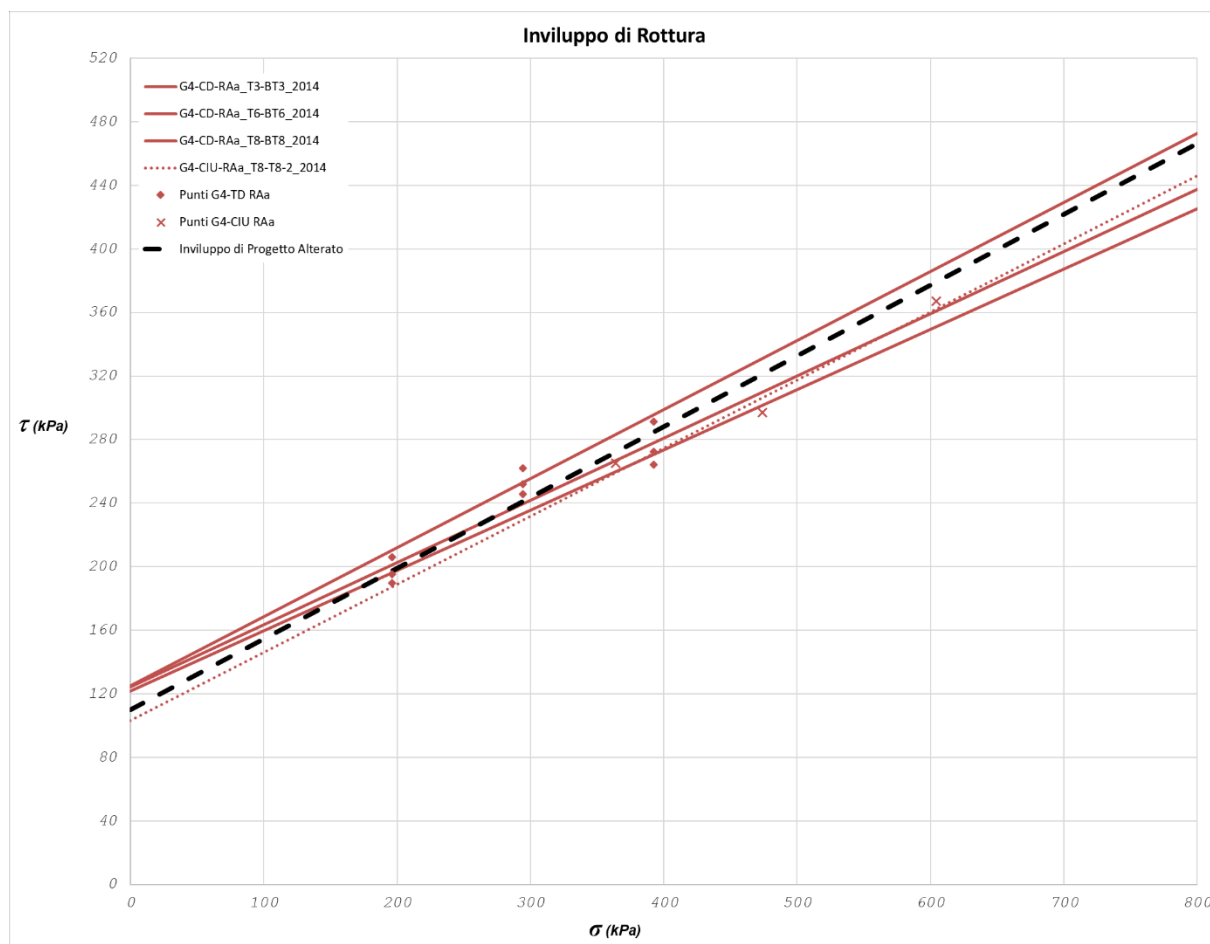



Figura 6-13 – Risultati delle prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – confronto con parametri di inviluppo.

Nella tabella che segue si riassumono gli ambiti di variabilità dei parametri ed i relativi valori caratteristici adottati per le analisi.

	Parametri di resistenza	
	Tensioni efficaci	
	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
Range	103-125	20.8-24°
Valori caratteristici	110	24



	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 64 of 145	

### 6.1.3 Caratteristiche di Deformabilità

Per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità sono state eseguite delle prove edometriche. Come per le prove di resistenza al taglio, anche in questo caso sono stati impiegati campioni rimaneggiati che conducono, pertanto, a risultati non significativi. Come illustrato in Figura 6-14 i moduli derivanti dalle prove edometriche forniscono valori compresi tra 9.5 e 23 MPa.

Nello stesso grafico sono riportati i valori di moduli edometrici stimati dalle prove CPT eseguite in corrispondenza della parte alterata della formazione che dovrebbe essere caratterizzata da proprietà meccaniche meno prestanti. I valori restituiti dalle CPT in tale strato risultano nettamente superiori a quelli derivanti dalle prove edometriche.

I moduli di deformazione sono stati, pertanto, valutati considerando le prove sismiche, ovvero determinando il modulo di deformazione iniziale  $E_0$  e derivandone il modulo operativo come indicato al paragrafo 5.3.

Il modulo di deformazione a piccoli spostamenti  $G_0$  è stato valutato, per l'unità in esame dalle seguenti prove: la Down Hole eseguita nel sondaggio S2 e le Masw 4A-4R, 6A-6R, 7R. In Figura 6-15 sono riportate le velocità delle onde di taglio e in Figura 6-16 i moduli da esse derivati, confrontate con quelle derivanti dalle sismiche eseguite nella discarica G4.

I relativi parametri sono crescenti con la profondità; nelle medesime immagini di cui sopra è riportata la retta che linearizza mediamente tale andamento (prendendo a riferimento la MASW 6R), individuabile mediante le seguenti relazioni:

$$V_s = 330 + z \cdot 16 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 220 + z \cdot 33 \text{ MPa}$$

dove  $z$  è la profondità rispetto alla quota iniziale dell'unità considerata.

In Figura 6-17 sono riportati i moduli operativi impiegati a partire dalle considerazioni fatte per i  $G_0$ ; si considera un range di valori compresi tra 60 e 300MPa

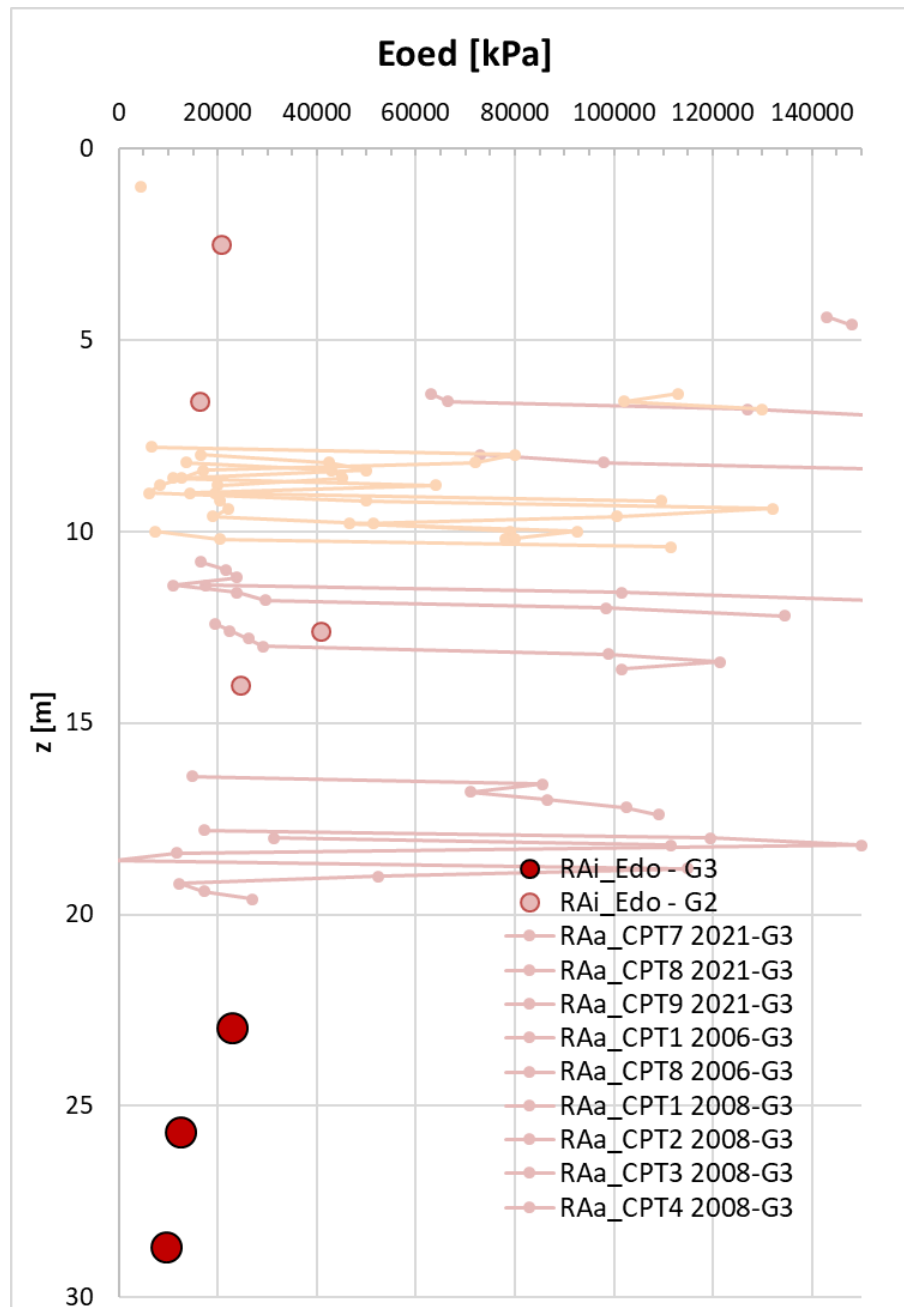


Figura 6-14 – Moduli edometrici da prove di laboratorio (Edo) e da CPT

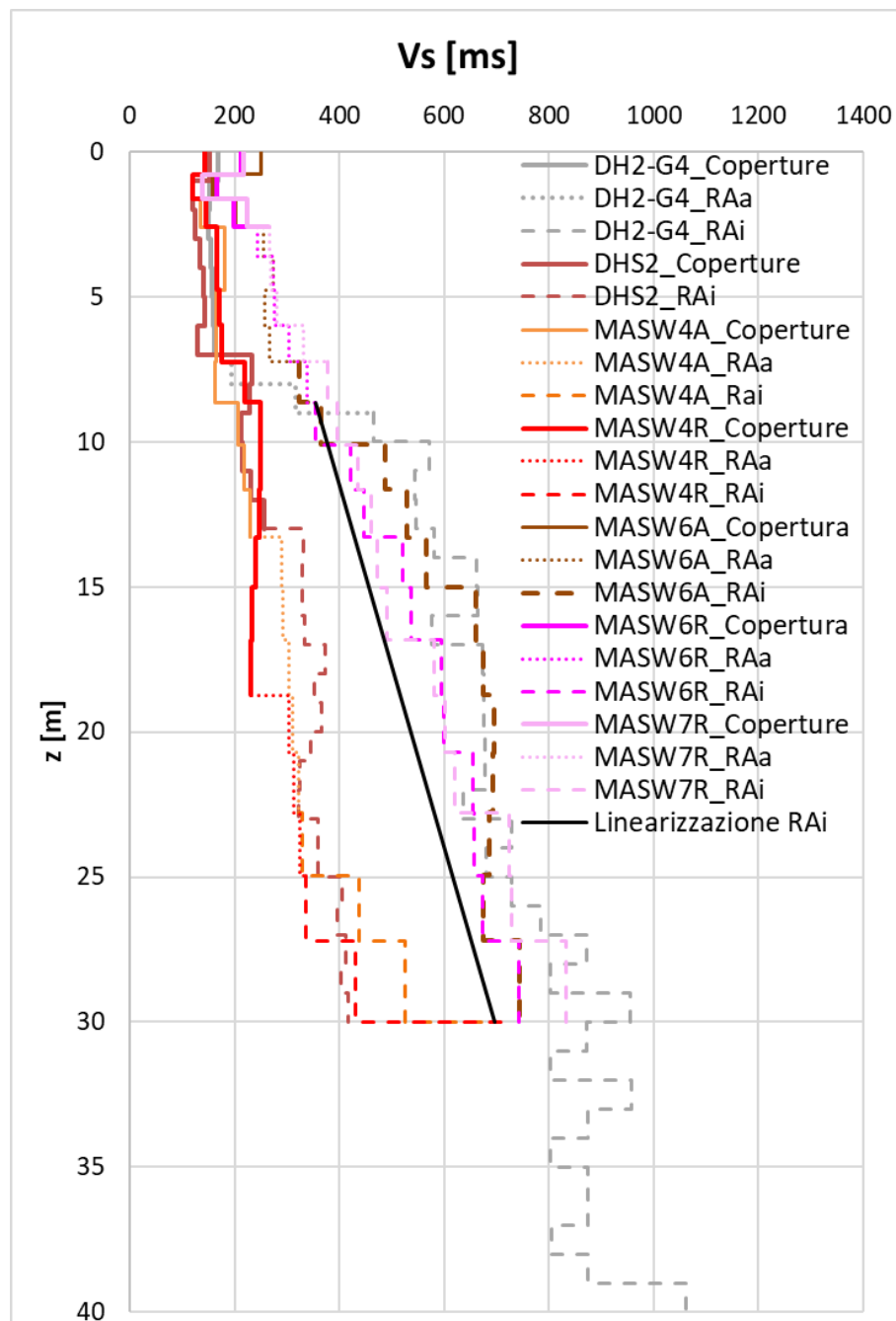


Figura 6-15 – Velocità delle onde di taglio Vs

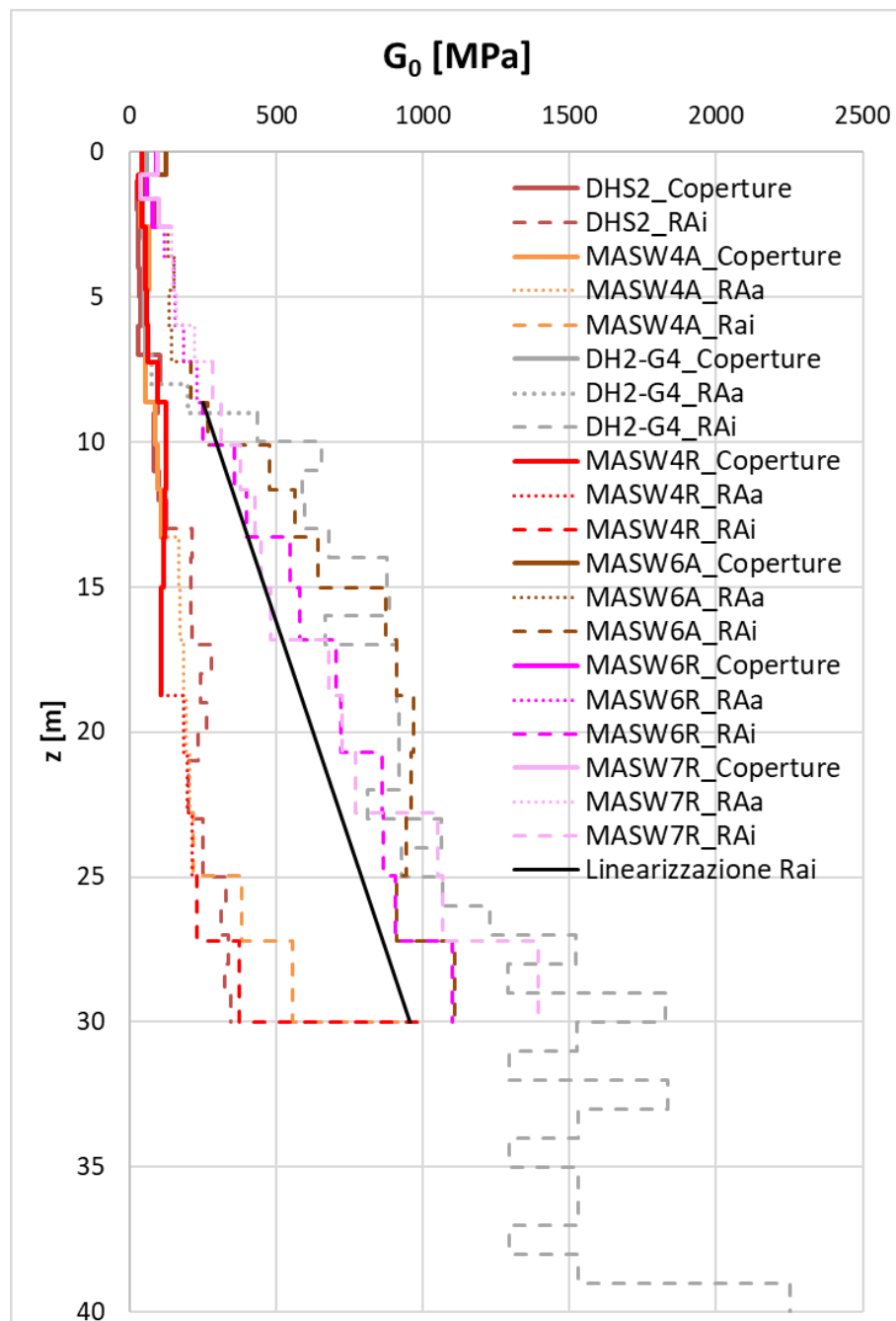


Figura 6-16 – Moduli di taglio iniziale  $G_0$

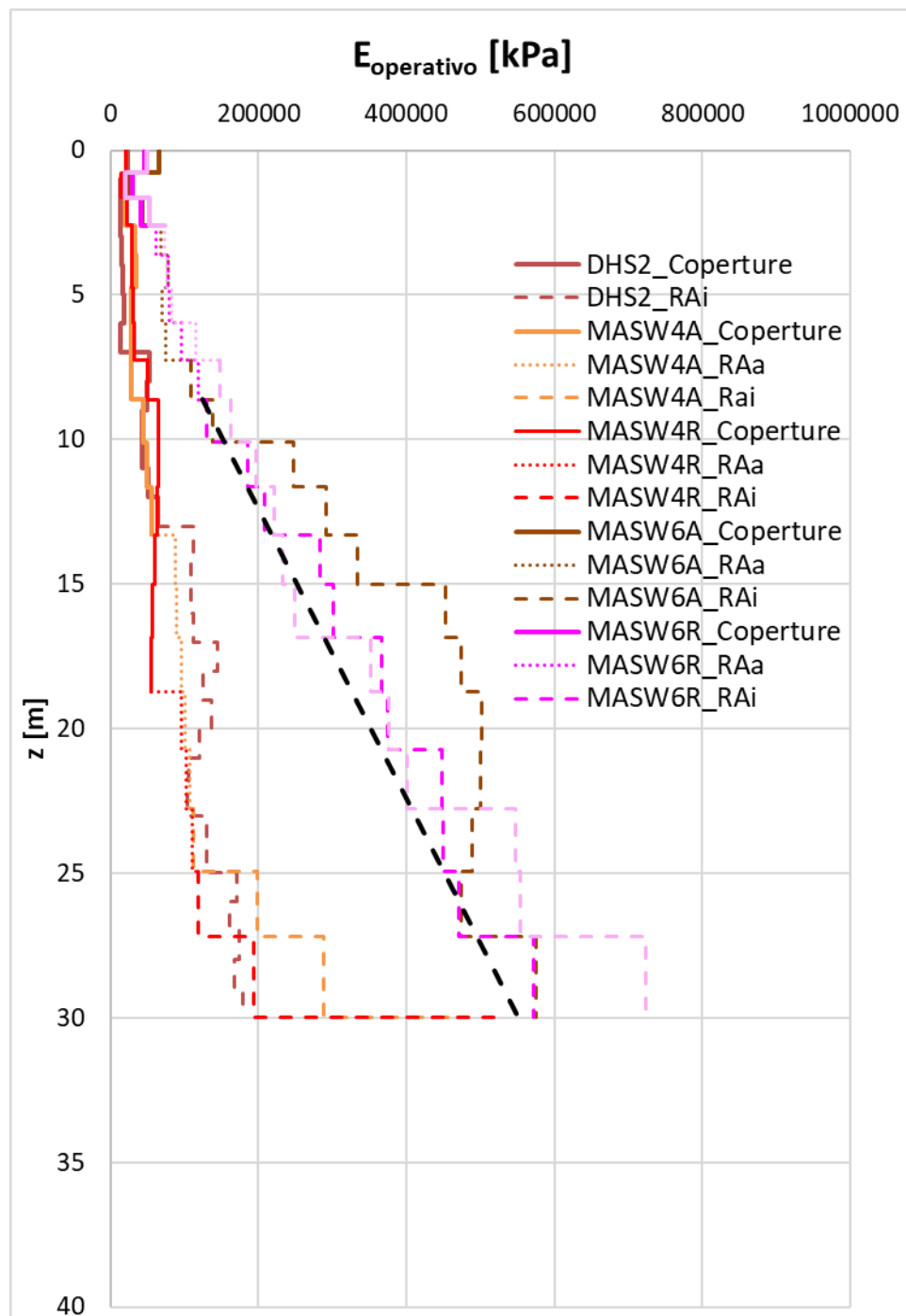


Figura 6-17 – Moduli Operativi

#### 6.1.4 Stato tensionale in sito

Il grado di sovraconsolidazione e il POP sono state stimate dalle prove edometriche e dalle CPT.

Queste ultime sono eseguite nella porzione alterata della formazione, ma i risultati in termini di POP si considerano attribuibili anche alla sua parte intatta.

L'OCR dalle prove di laboratorio ha valori compresi tra 1.1 e 2.5; mentre dalle prove CPT eseguite sulla parte alterata si hanno valori maggiori, compresi mediamente tra 1.8 e 5.

Si considera, pertanto, un range che va da 1.1 a 5.

Le edometrie definiscono valori per il POP compresi tra 55 e 424 kPa, mentre le CPT individuano valori compresi tra 120 e 600 kPa.

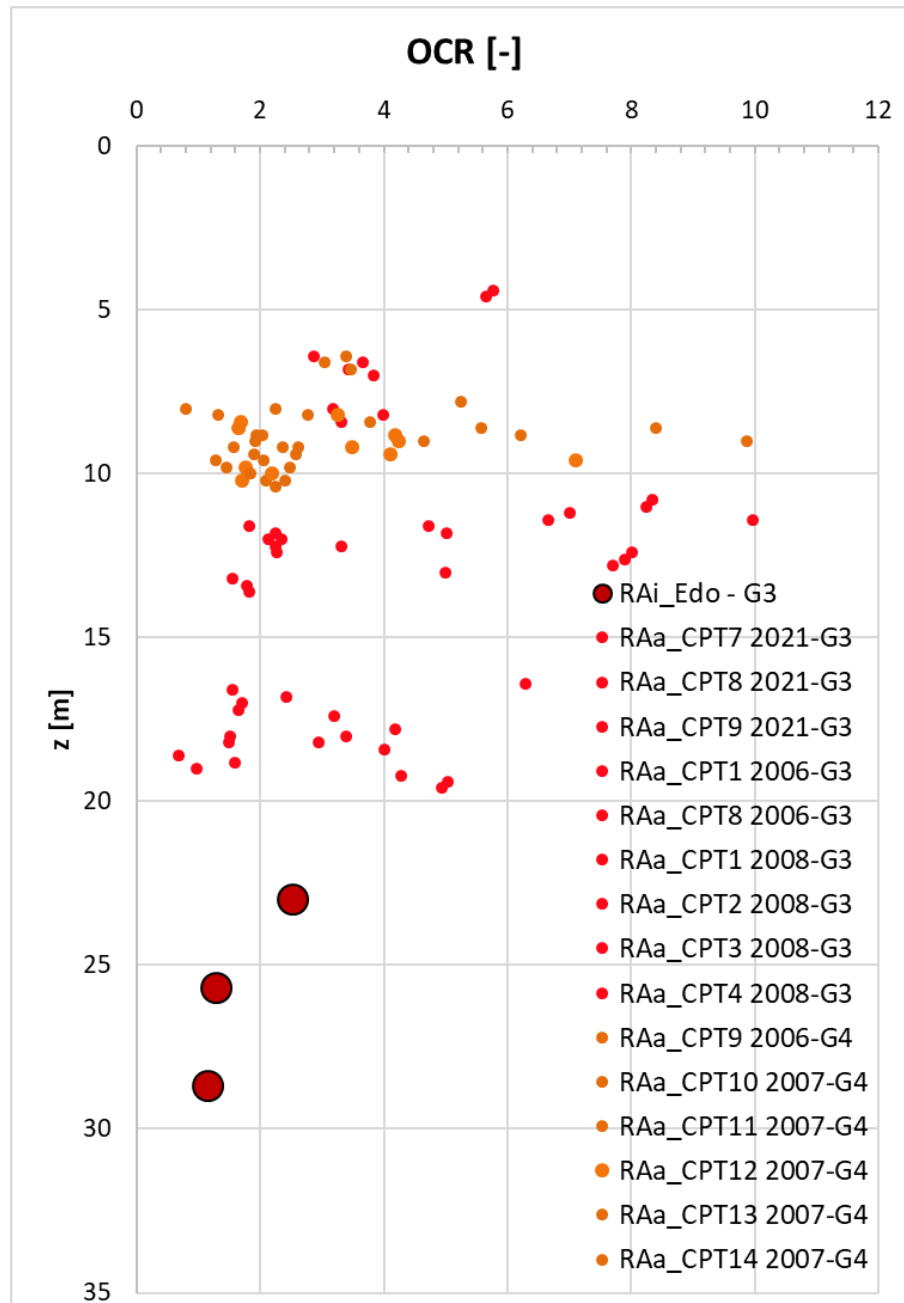


Figura 6-18 – OCR da edometrie e CPT

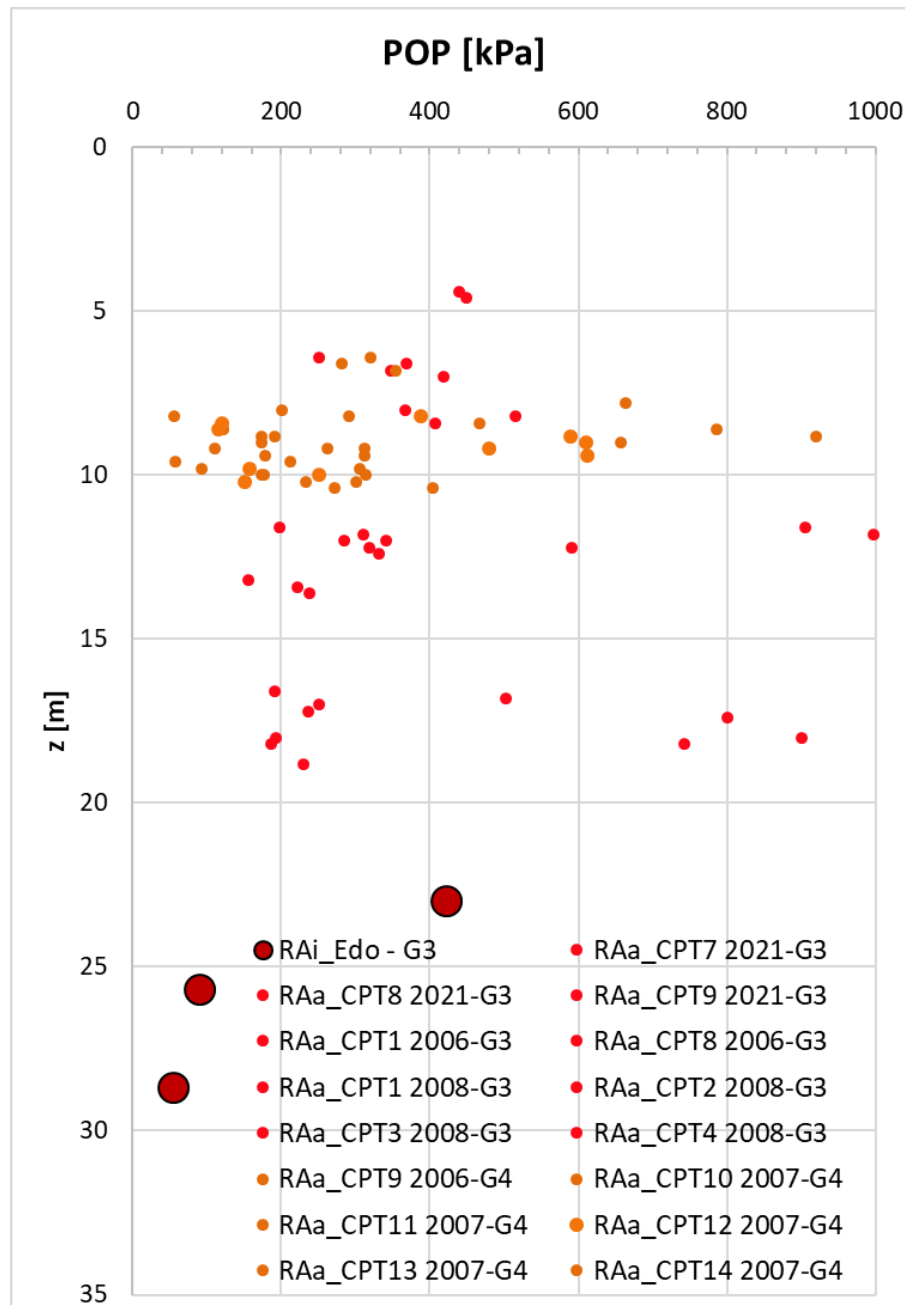


Figura 6-19 – POP da edometrie e CPT

### 6.1.5 Caratteristiche Idrauliche

Le caratteristiche di permeabilità sono state desunte da prove di laboratorio e prove in foro. Nello specifico si sono considerate le prove edometriche (Edo), prove di laboratorio con permeametro a carico variabile, TSB (orizz\_TSB per la permeabilità orizzontale e vert\_TSB per quella verticale), prove Le Franc e prove di filtrazione.

Tali prove evidenziano valori di permeabilità comprese tra  $2.3 \cdot 10^{-11}$  e  $4.62 \cdot 10^{-9}$  m/s. Si può assumere cautelativamente un valore di permeabilità di  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s; in taluni casi le prove Lefranc hanno fornito valori maggiori.

È stata inoltre eseguita una prova di permeabilità a carico variabile con il metodo Lefranc nel sondaggio S1 alla profondità di 23-24m che non ha mostrato assorbimenti di acqua, individuando un substrato impermeabile.

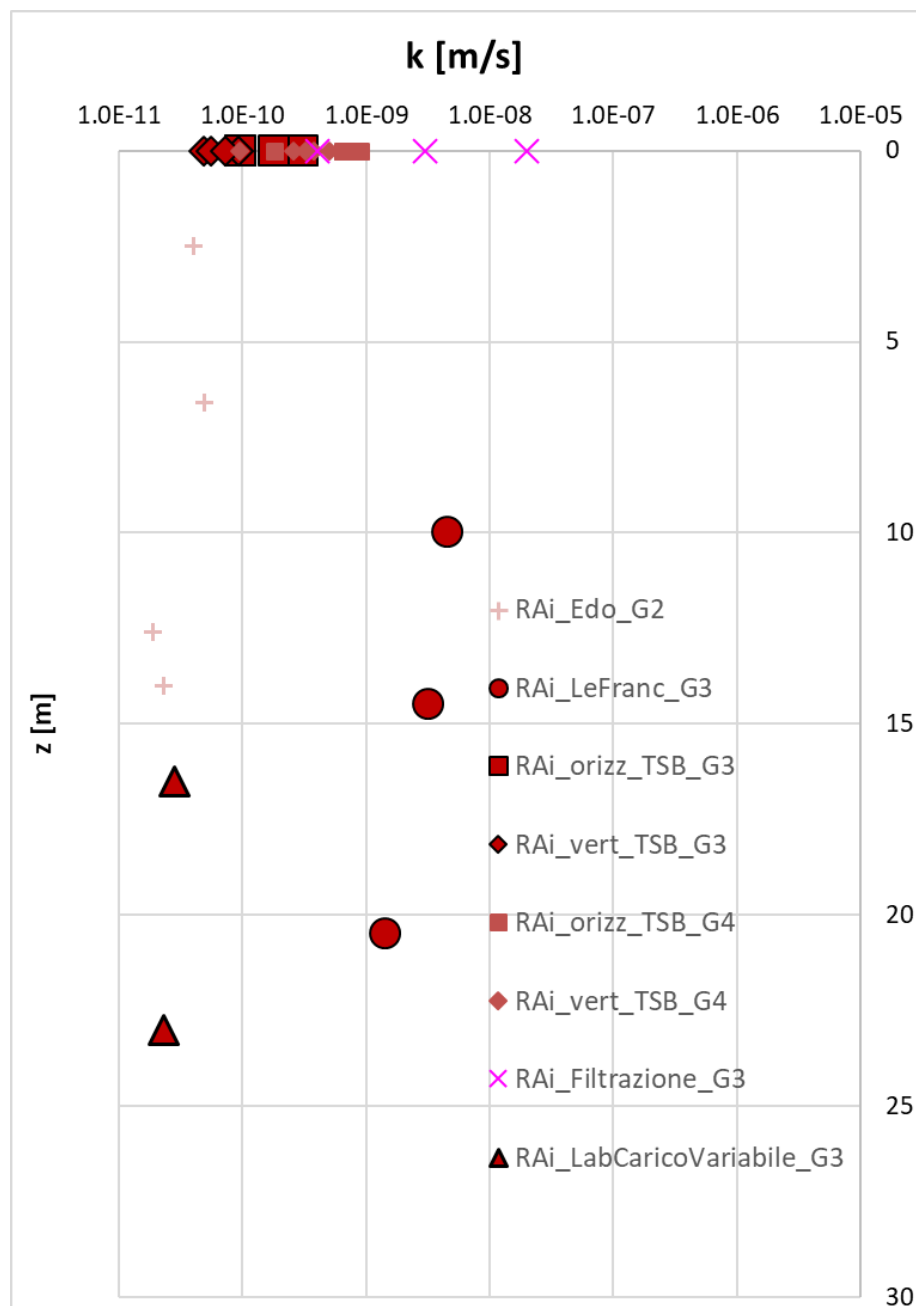



Figura 6-20 – Permeabilità da prove in foro e laboratorio



	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 72 of 145	

## 6.2. Unità Geotecnica RAa

L'unità geotecnica RAa rappresenta la parte alterata della formazione di base costituita dalle Argille Azzurre – litofacies arenaceo pelitica.

In corrispondenza di tale unità geotecnica sono state eseguite poche prove di laboratorio ma diverse prove CPT; in ogni caso, trattandosi dell'alterazione della formazione di base RAi, si può considerare caratterizzata dal medesimo comportamento. Per lo stato di alterazione dell'unità, i parametri geotecnici vengono pertanto assunti i considerando i valori minori dei range individuati per la parte intatta.

Nel seguito saranno, pertanto, graficate le grandezze ricavate dall'elaborazione delle prove CPT che verranno considerate a completamento/conferma della caratterizzazione.

### 6.2.1 Caratteristiche Fisiche

L'unità geotecnica RAa costituisce la parte sommitale della formazione di base ed è costituita da terreni di tipo coesivo, ovvero limi con argilla debolmente sabbiosi (Figura 6-2-Figura 6-4).

Dalle prove CPT si è determinato l'indice di comportamento  $I_c$  che identifica la natura del materiale; Per l'unità in esame tale indice è compreso mediamente tra 2.05 e 2.95, indicando limi sabbiosi/sabbie limose e Limi argillosi/Argille limose.

Il peso di volume stimato dalle prove di laboratorio per l'unità Rai è compreso mediamente tra 20.1 e 21.5 kN/m<sup>3</sup>, range confermato anche dalle prove CPT (si veda figura seguente) eseguite nell'unità RAa. Si ha un valore medio di 20.5 kN/m<sup>3</sup>.

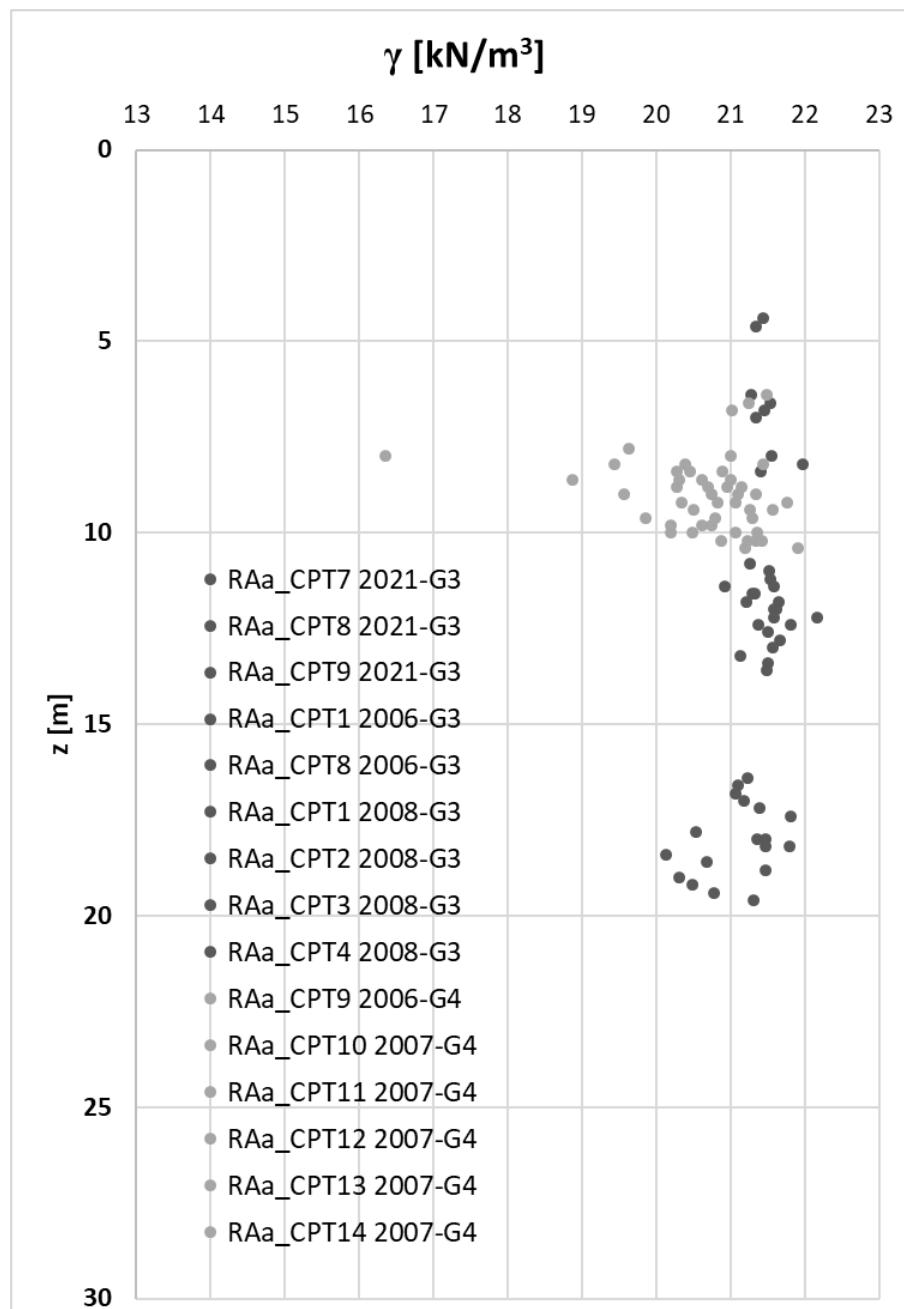


Figura 6-21 – Peso per unità di volume da CPT

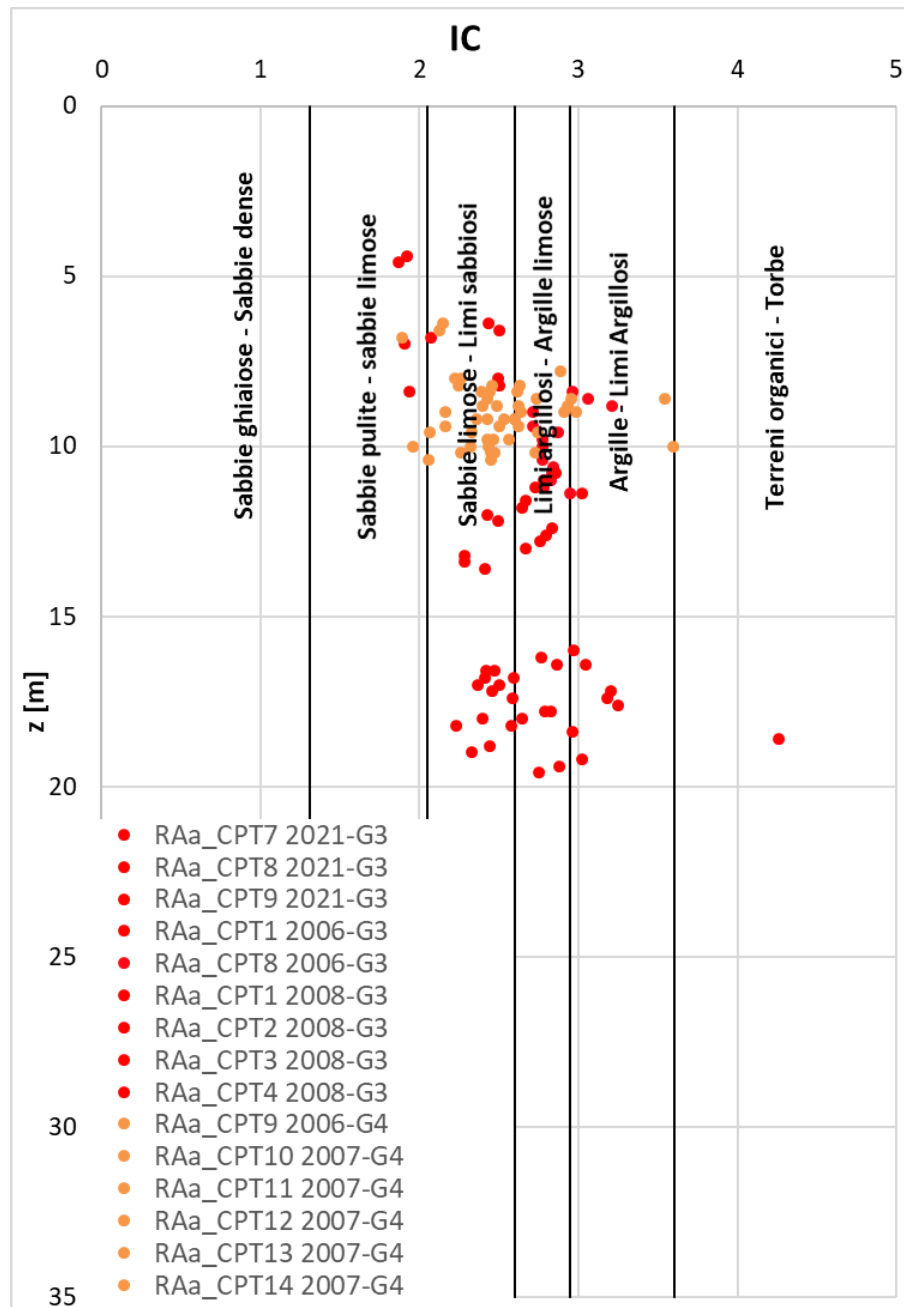



Figura 6-22 – Indice di Comportamento da CPT

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 75 of 145	

## 6.2.2 Caratteristiche di Resistenza

Le caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate sono state valutate a partire dalle prove di laboratorio di taglio e triassiali (si vedano Figura 6-23 e Figura 6-24) eseguite sui campioni indisturbati a disposizione (si veda quanto premesso all'inizio del capitolo).

Le caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate della formazione sono comprese nei seguenti range (come indicato in Figura 6-11 e Figura 6-12):  $c'=103-125\text{kPa}$  e  $\varphi'=20.8-24^\circ$

Cautelativamente si sono assunti parametri di progetto assimilabili alla parte alterata della formazione pelitica, che hanno valori inferiori e compresi nei seguenti range  $c'=42-158\text{kPa}$  e  $\varphi'=20.1-39.8^\circ$  (si veda relativo paragrafo 6.4.2).

Il grafico seguente illustra le coppie  $c'$  e  $\varphi'$  derivanti dalle prove di laboratorio e i relativi involuppi.



Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune  
di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 76 of 145

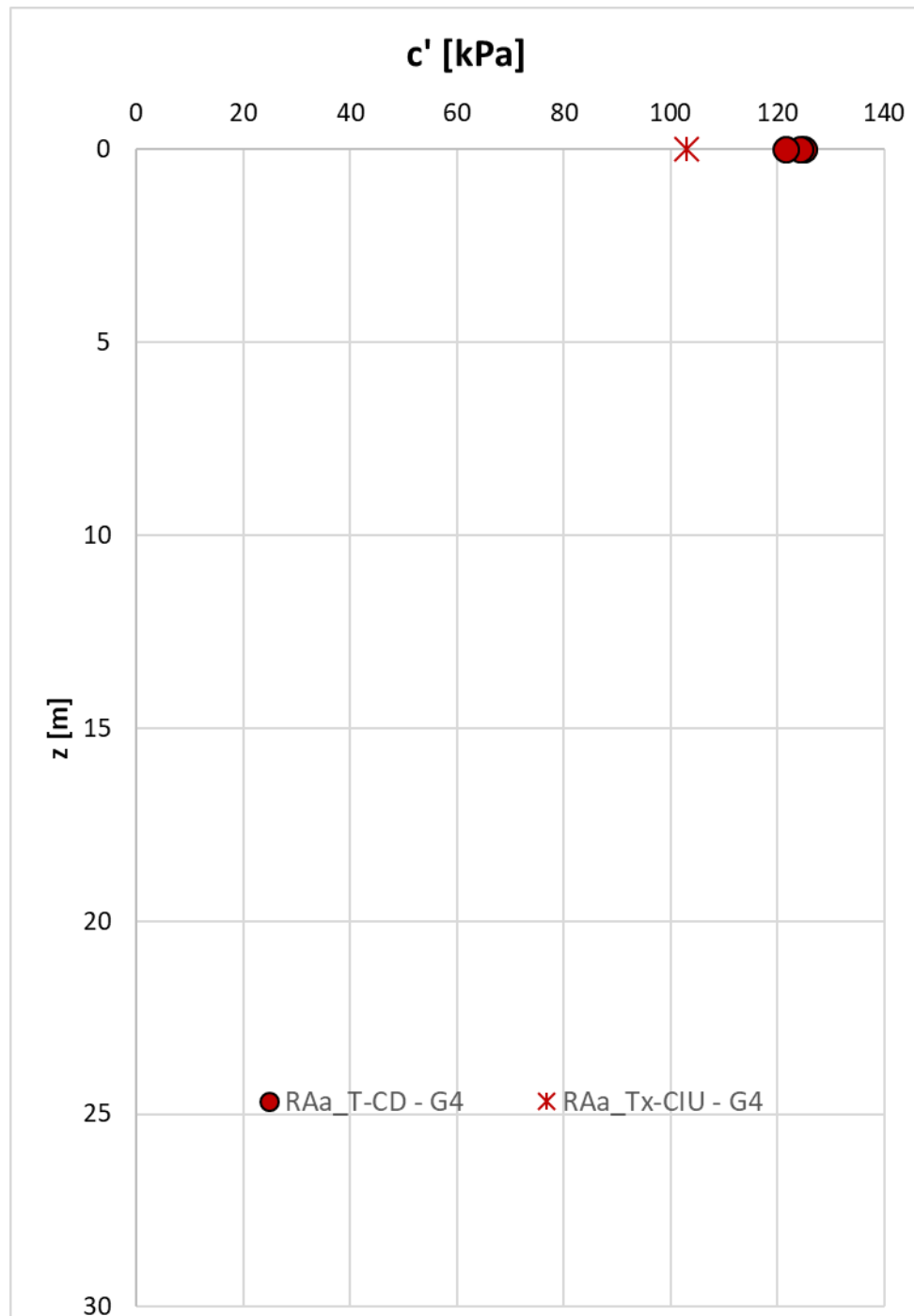


Figura 6-23 – Coesione efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – su campioni indisturbati

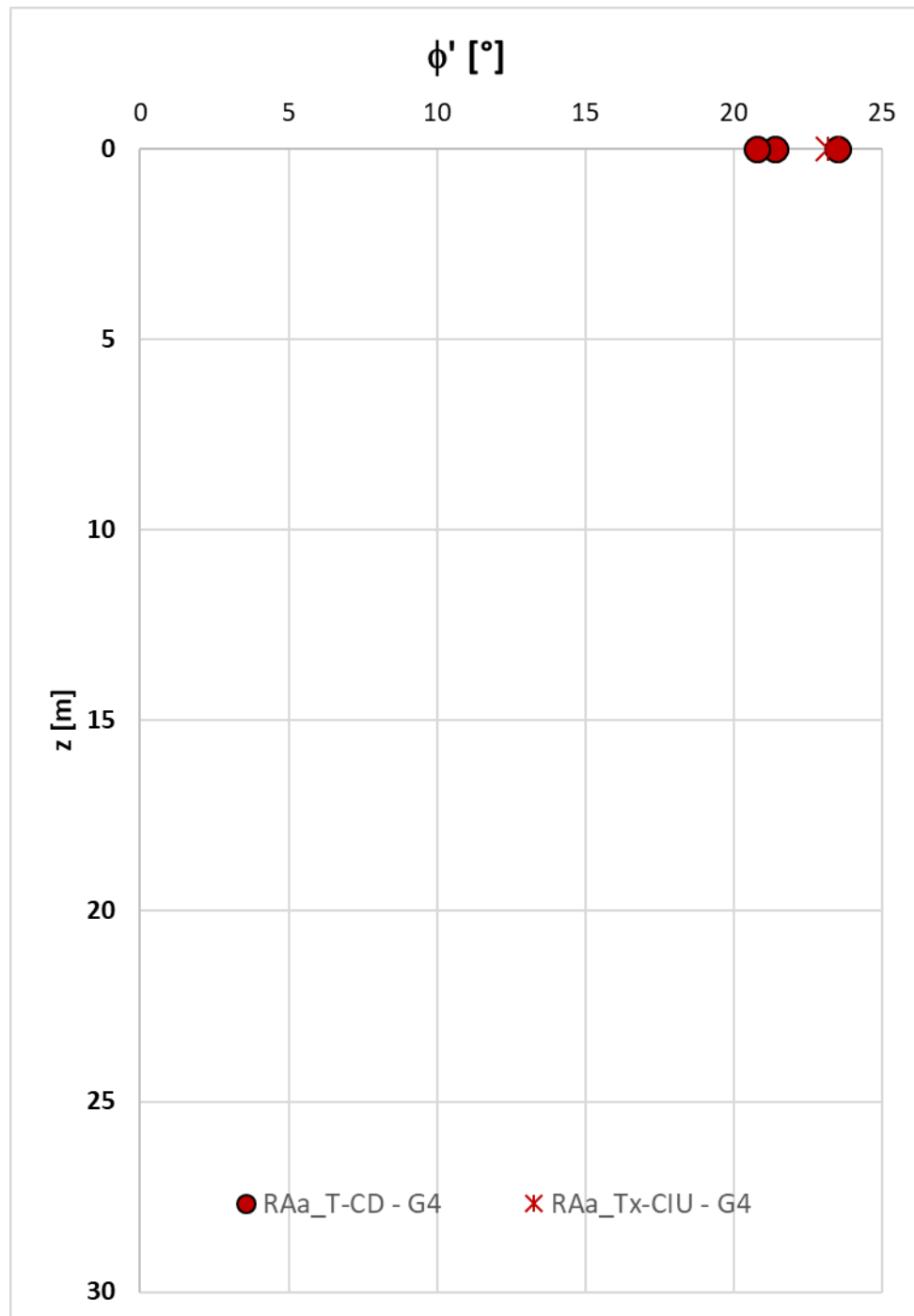


Figura 6-24 – Angolo di attrito efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – su campioni indisturbati

Il grafico seguente illustra le coppie  $c'$  e  $\phi'$  derivanti dalle prove di laboratorio e i relativi inviluppi. La retta nera tratteggiata mostra l'inviluppo ottenuto con i parametri di progetto scelti.

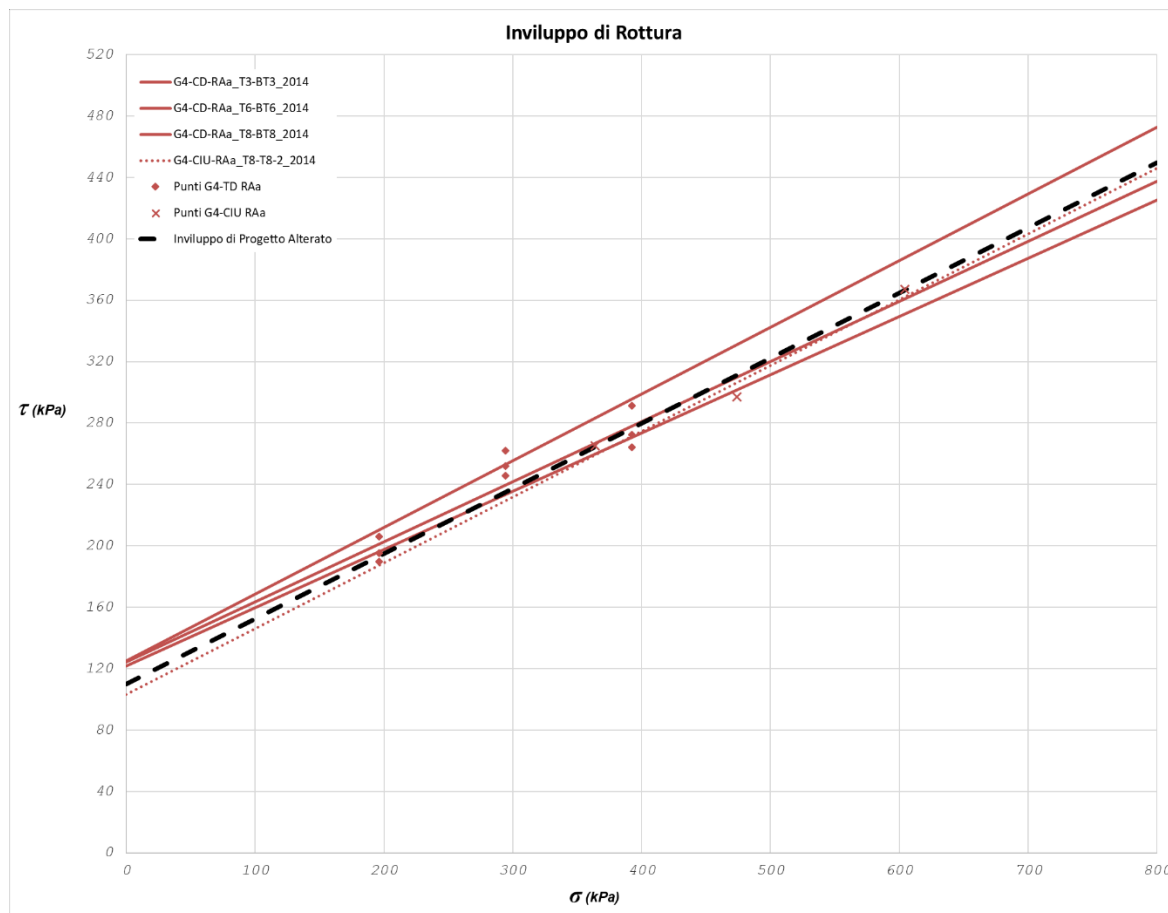



Figura 6-25 – Risultati delle prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – confronto con parametri di inviluppo.

Nella tabella che segue si riassumono gli ambiti di variabilità dei parametri considerati per il litotipo in esame ed i relativi valori caratteristici adottati per le analisi.

	Parametri di resistenza	
	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
Range	42-158	20.8-23.2°
Valori di inviluppo	50	21

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 79 of 145	

### 6.2.3 Caratteristiche di Deformabilità

I moduli di deformazione sono stati valutati considerando le prove sismiche, ovvero determinando il modulo di deformazione iniziale  $E_0$  e derivandone il modulo operativo come indicato al paragrafo 5.3.

A titolo esaustivo, si è valutato il modulo edometrico ottenuto dall'elaborazione delle prove CPT, eseguite in corrispondenza della sola parte alterata, che mostrano valori maggiori (si veda Figura 6-30) che partono da un minimo pari a circa 8 MPa ad un massimo superiore ai 100MPa.

Il modulo di deformazione a piccoli spostamenti  $G_0$  è invece determinato dalle indagini sismiche. Per l'unità in esame sono state considerate la Down Hole eseguita nel sondaggio S2 e le Masw 4A-4R, 6A-6R, 7R. In Figura 6-27 sono riportate le velocità delle onde di taglio e in Figura 6-28 i moduli da esse derivati, confrontati con quelle derivanti dalle sismiche eseguite nella discarica G4.

I relativi parametri sono crescenti con la profondità; nelle medesime immagini di cui sopra è riportata la retta che linearizza mediamente tale andamento (prendendo a riferimento la MASW 4A), individuabile mediante le seguenti relazioni:

$$V_s = 250 + z \cdot 3.8 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 120 + z \cdot 4.5 \text{ MPa}$$

dove  $z$  è la profondità rispetto alla quota iniziale dell'unità considerata.

In Figura 6-29 sono riportati i moduli operativi impiegati a partire dalle considerazioni fatte per i  $G_0$ ; si considera un range di valori compresi tra 30 e 60MPa.



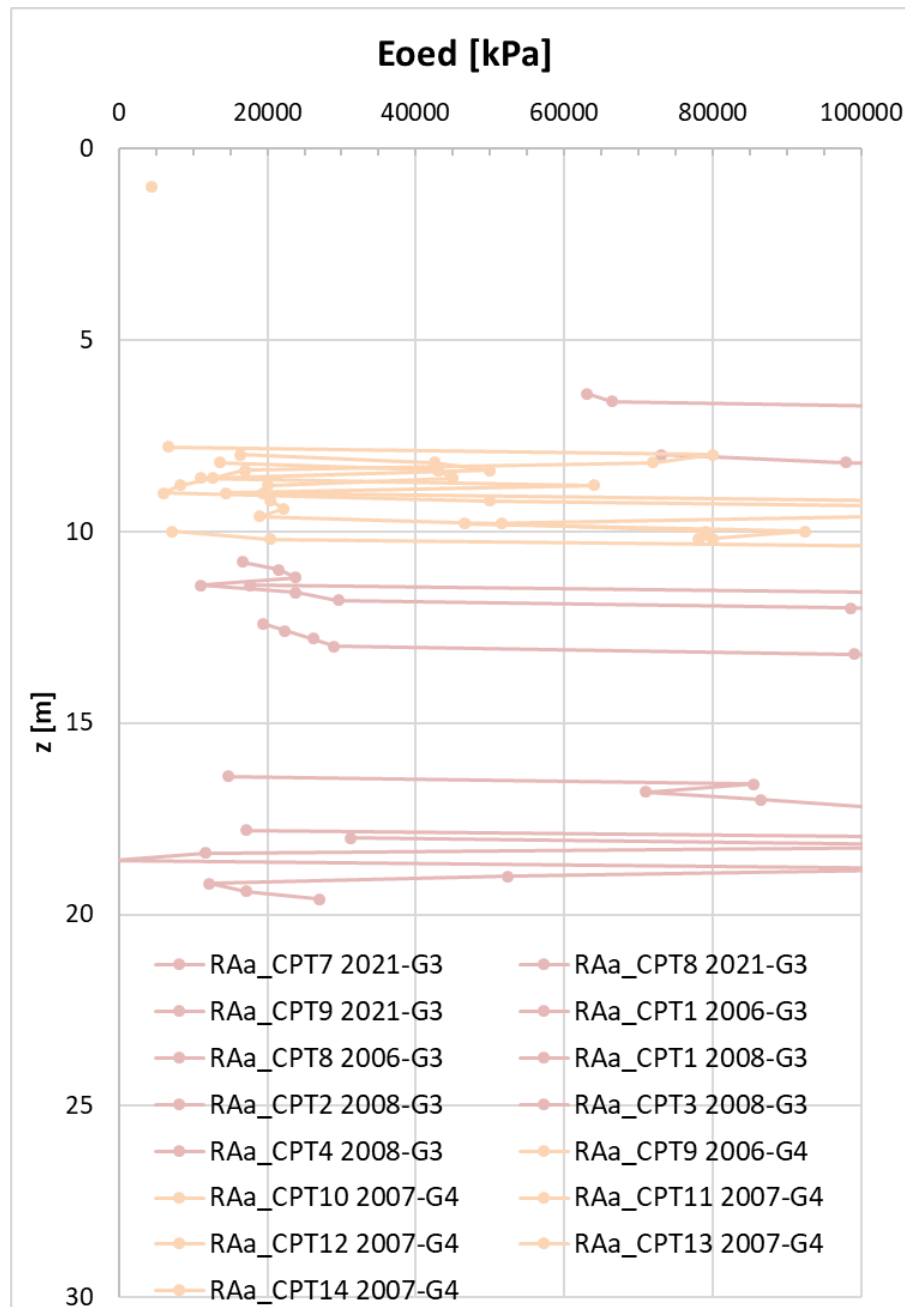


Figura 6-26 – Moduli edometrici da CPT

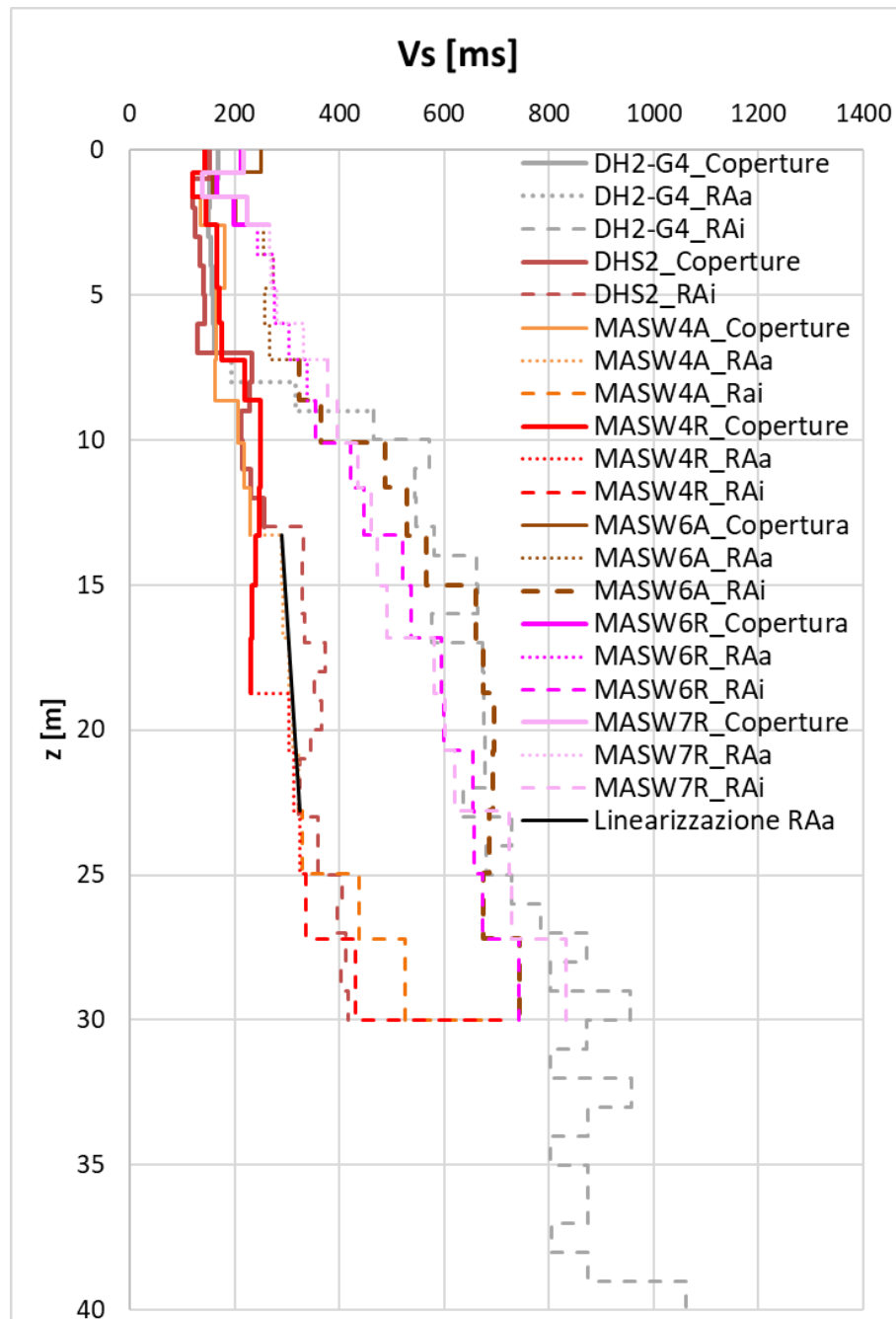


Figura 6-27 – Velocità delle onde di taglio  $V_s$

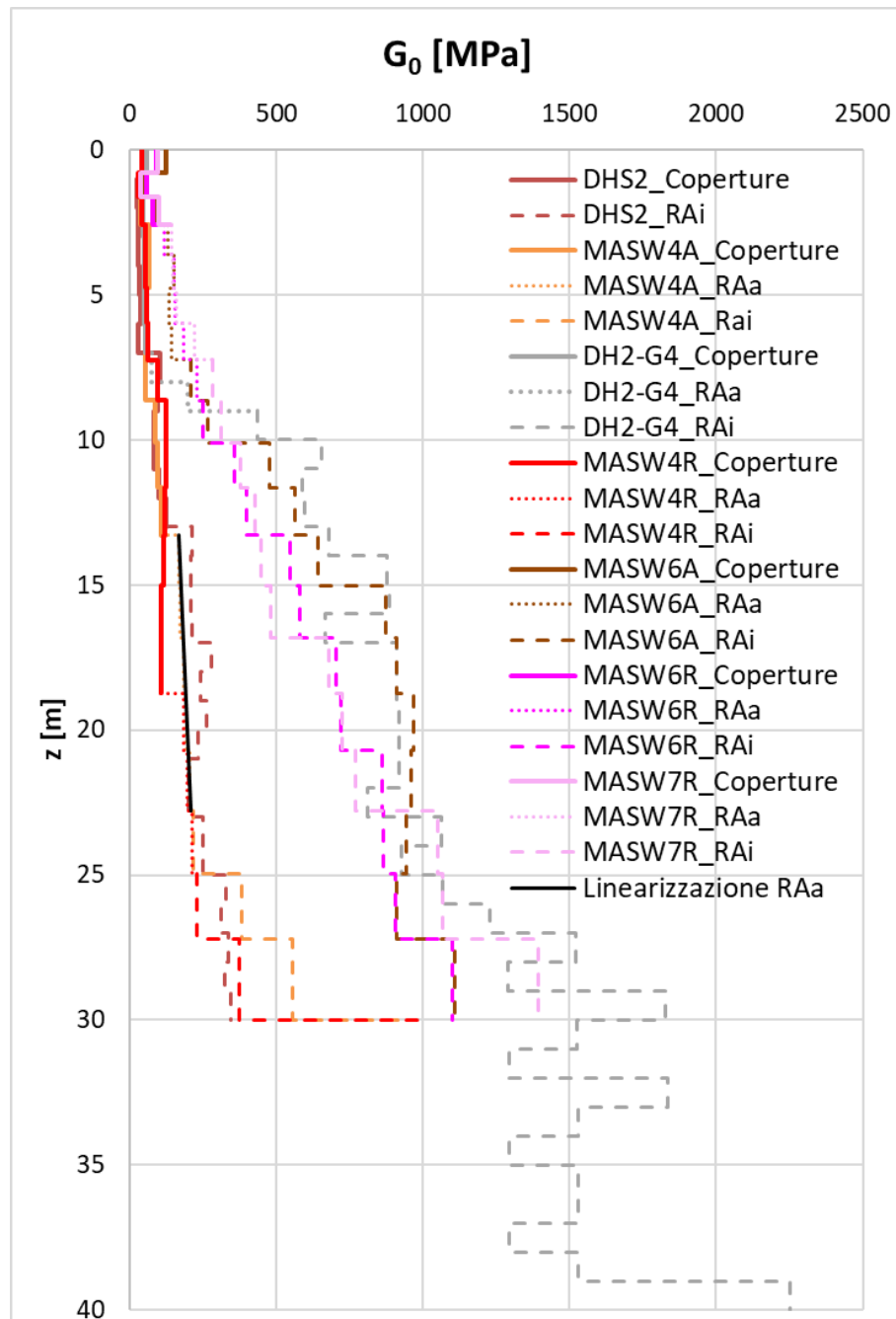


Figura 6-28 – Moduli di taglio iniziale  $G_0$

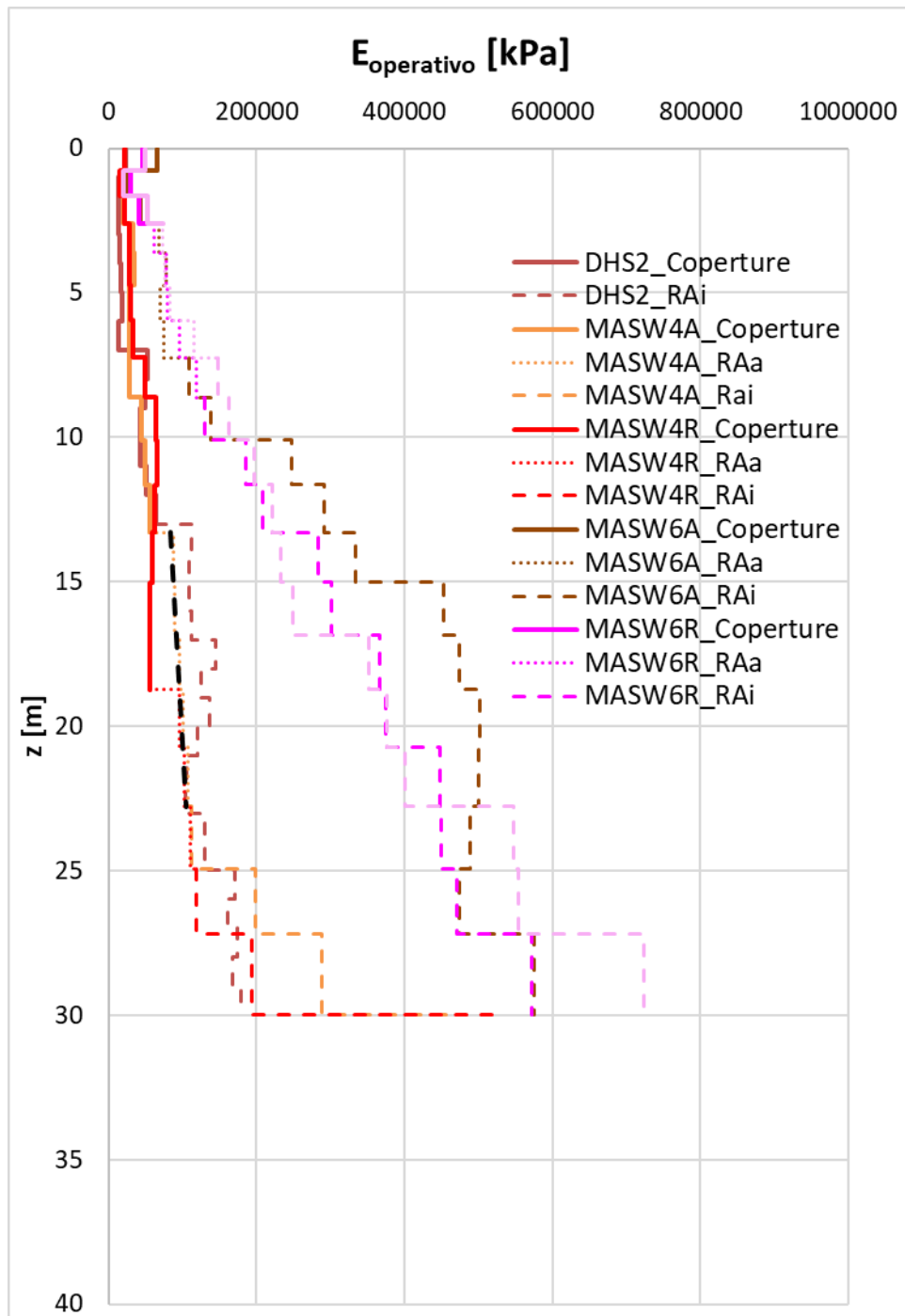


Figura 6-29 – Moduli Operativi

#### 6.2.4 Stato tensionale in sito

Il grado di sovraconsolidazione e il POP sono state stimate a partire dalle prove CPT.

L'OCR mostra valori compresi mediamente tra 1.8 e 5; mentre il POP ha valori compresi tra 120 e 600 kPa.

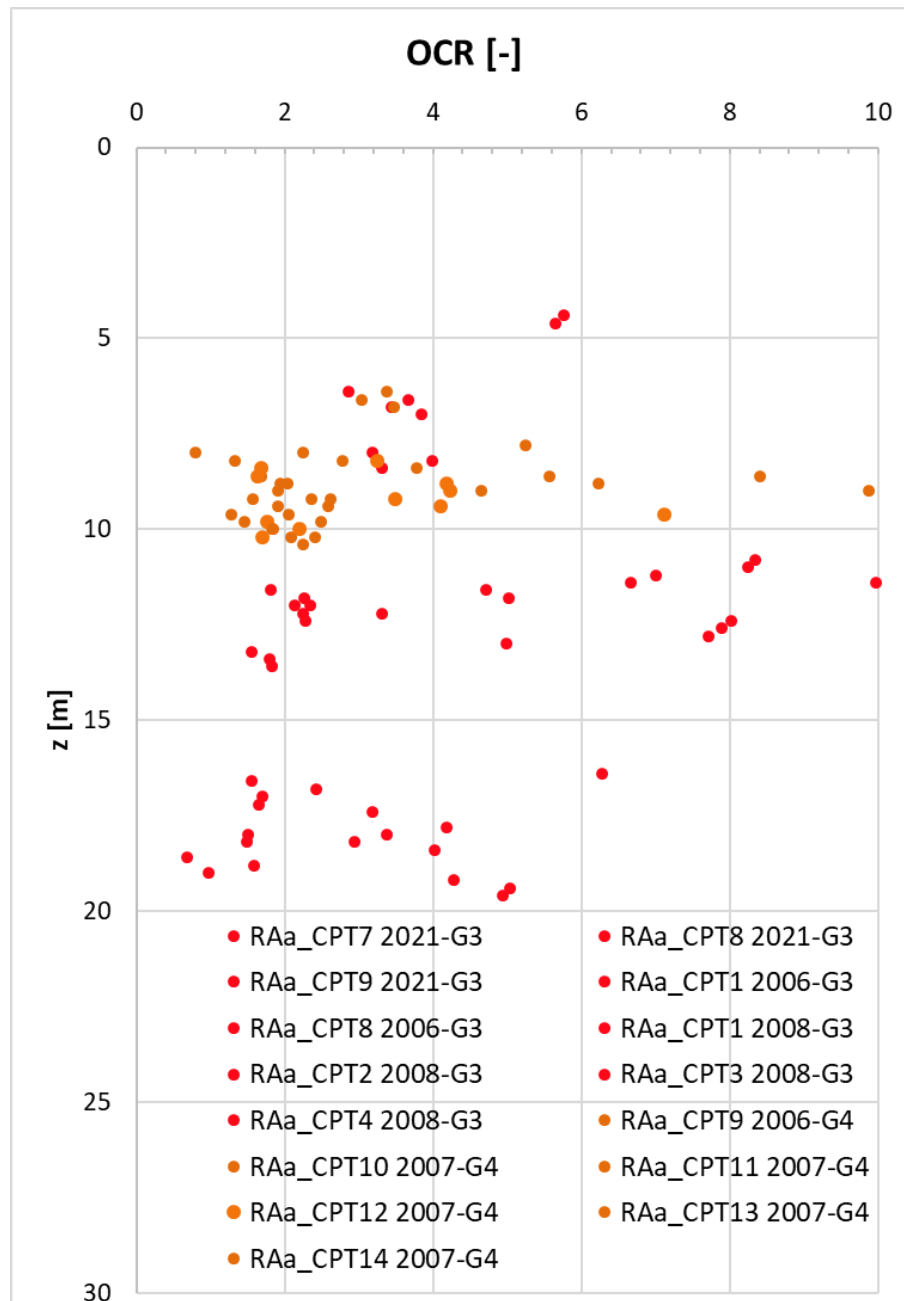


Figura 6-30 – OCR da CPT

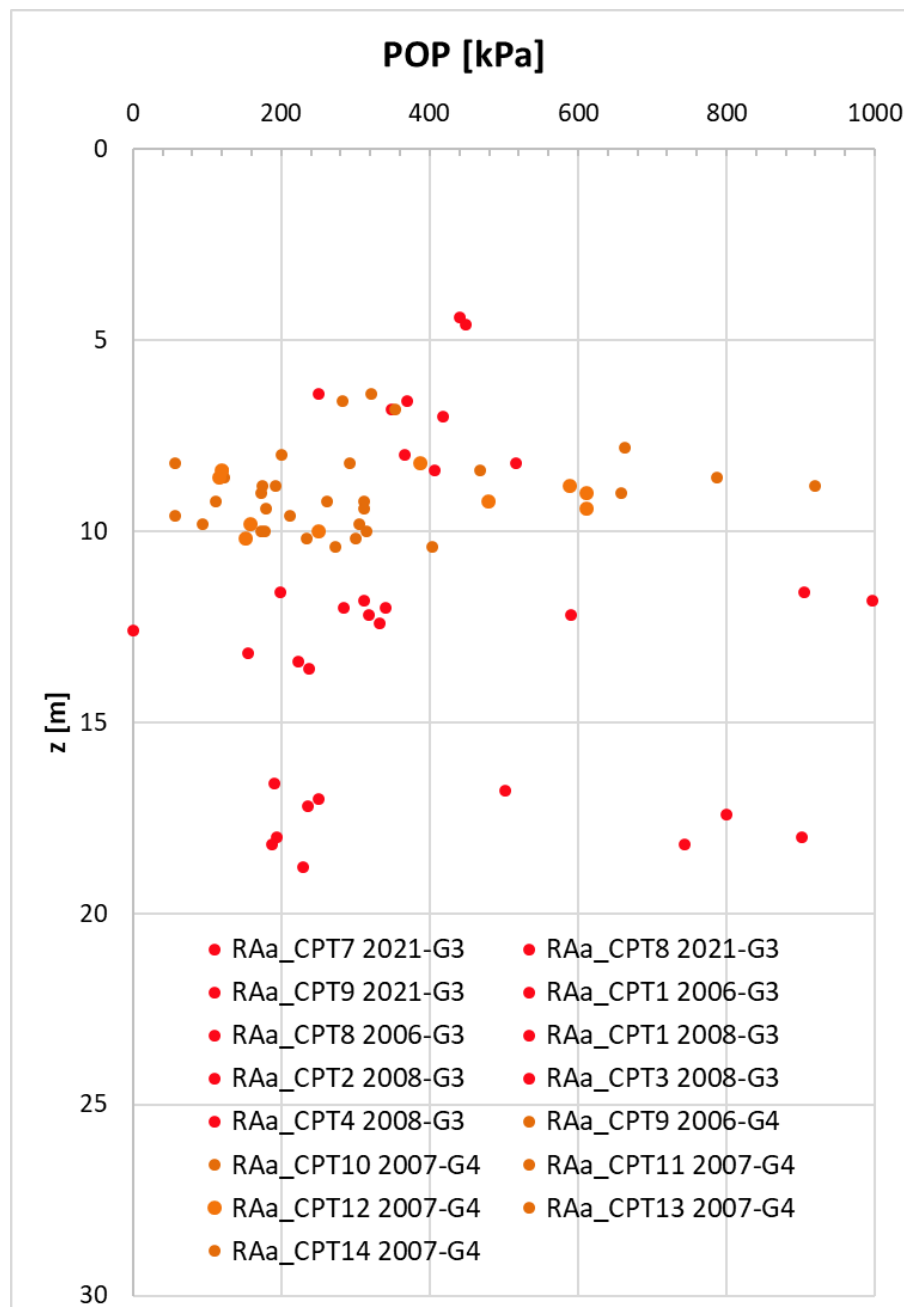


Figura 6-31 – POP da CPT

### 6.2.5 Caratteristiche Idrauliche

Per le caratteristiche di permeabilità della formazione alterata si assume il maggiore dei valori riscontrati in quella intatta pari a circa  $4.6 \cdot 10^{-9}$  m/s. Si fa presente, in ogni caso, che la parte alterata delle formazioni che interessa lo strato fondante della discarica verrà rimossa o trattata a calce. Pertanto tale valore non sarà significativo ai fini del progetto.

## 6.3. Unità Geotecnica RPi

### 6.3.1 Caratteristiche Fisiche

L'unità geotecnica RPi rappresenta la parte intatta della formazione di base costituita dalle Argille Azzurre – litofacies pelitico arenacea, composta da terreni di tipo coesivo, ovvero limo argilloso sabbiosi (Figura 6-33 - Figura 6-35).

Il contenuto di umidità naturale e l'indice plastico hanno valori compresi rispettivamente tra il 11 e il 18% e tra il 15 e il 38% (Figura 6-36, Figura 6-37).

Dalla carta di plasticità di Casagrande, il materiale ricade nella zona delle argille inorganiche/organiche e limi organici ad elevata plasticità (CH o OH, CL o OL), vedasi Figura 6-39.

L'indice di consistenza è maggiore dell'unità, indicando un terreno di consistenza solida (Figura 6-37).

Il peso di volume è stato stimato dalle prove di laboratorio e risulta compreso nel range 20.5-21.7 e mediamente pari a 20.7kN/m<sup>3</sup> (Figura 6-32).

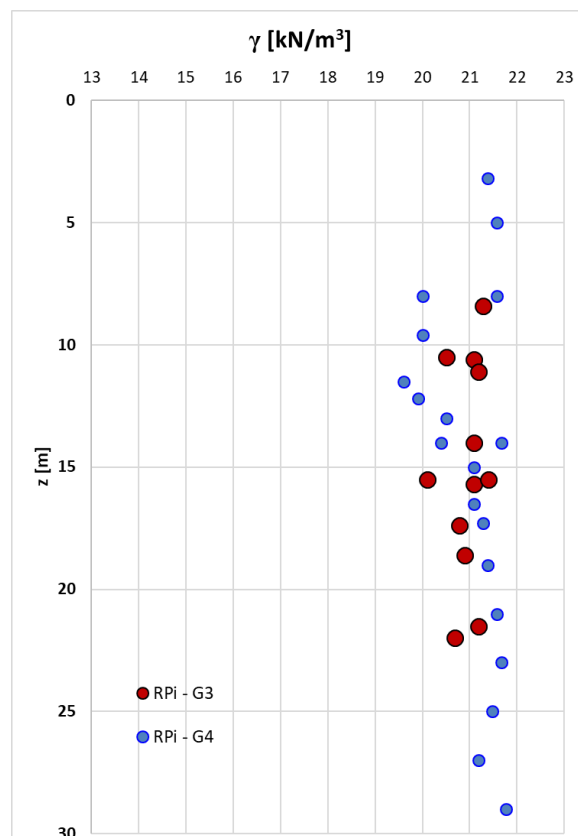


Figura 6-32 – Peso per unità di volume da prove di laboratorio

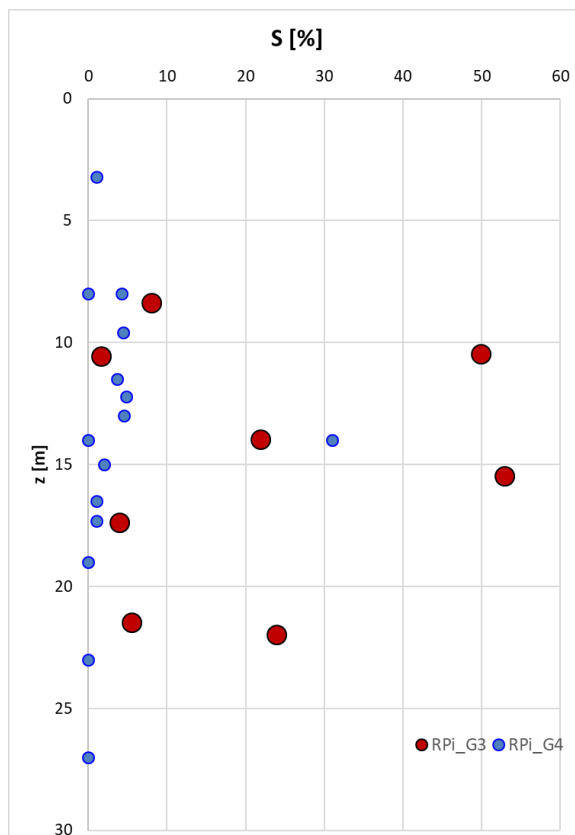


Figura 6-33 – Contenuto di sabbia da granulometria

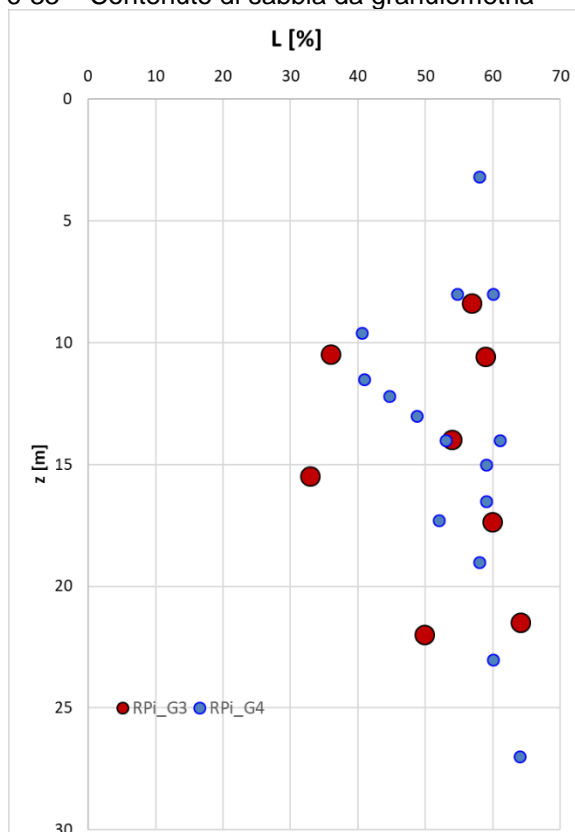


Figura 6-34 – Contenuto di limo da granulometria



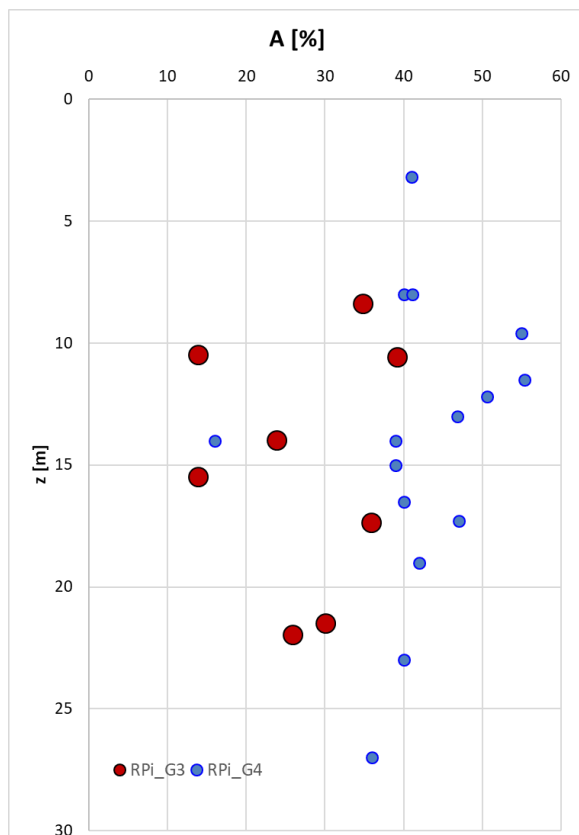


Figura 6-35 – Contenuto di argilla da granulometria

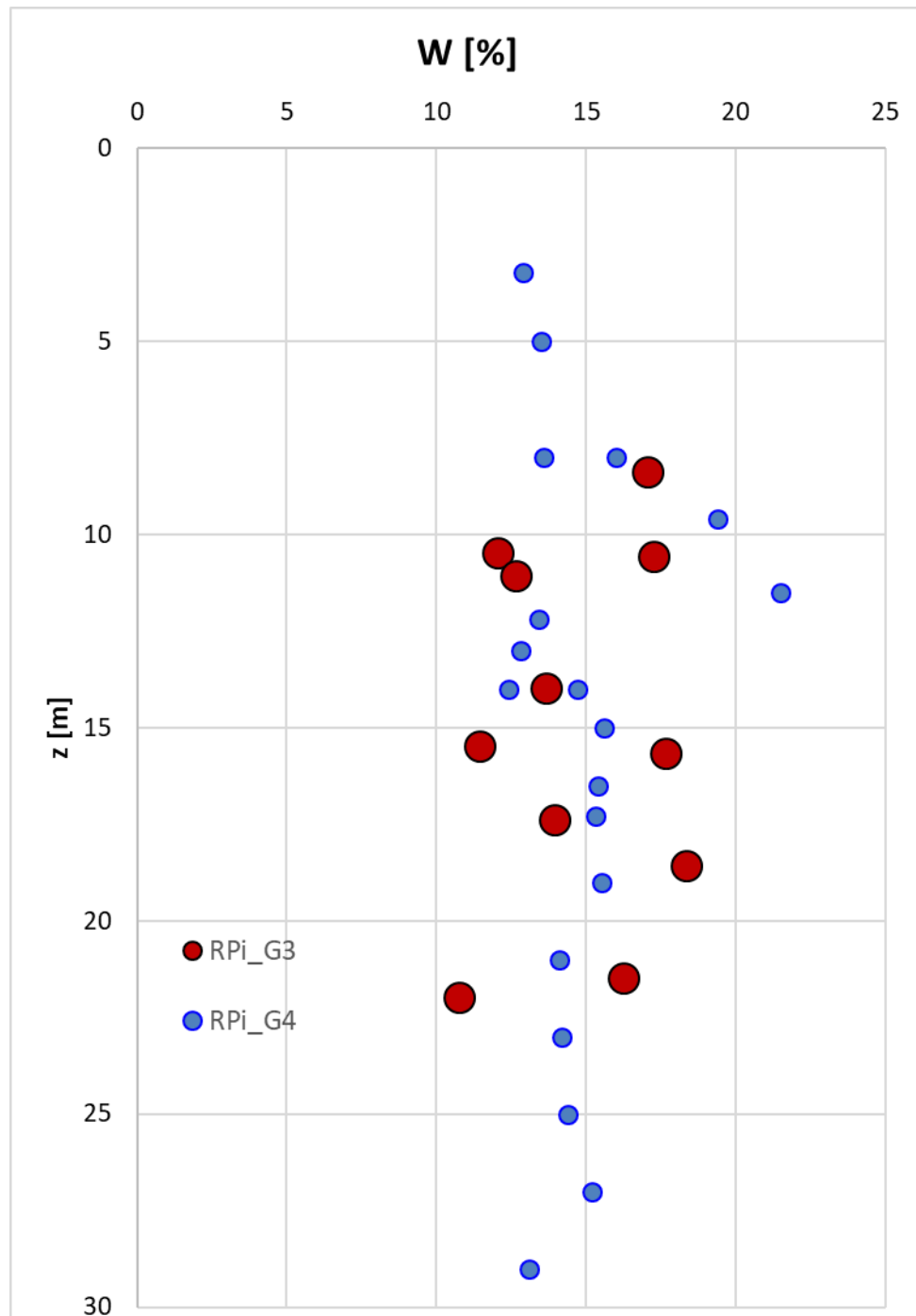


Figura 6-36 – Contenuto in acqua da prove di laboratorio

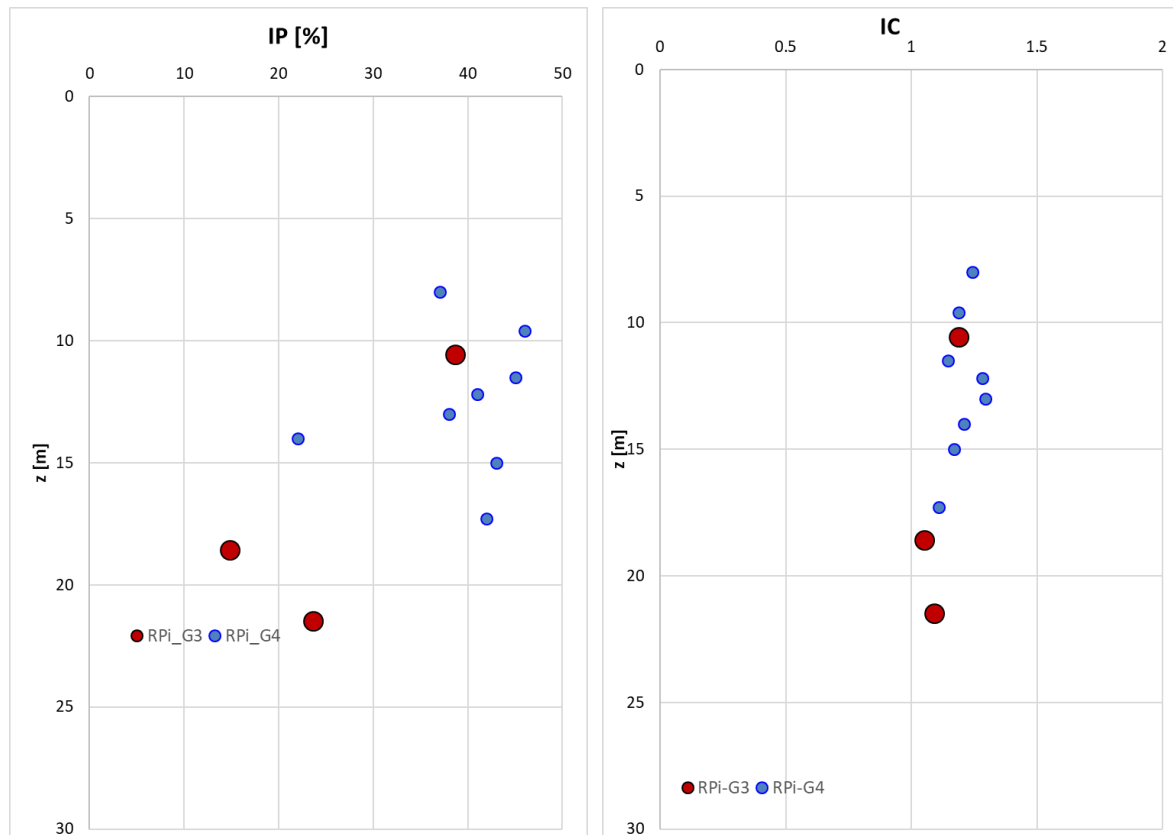


Figura 6-37 – Indice Plastico e di Consistenza da prove di laboratorio

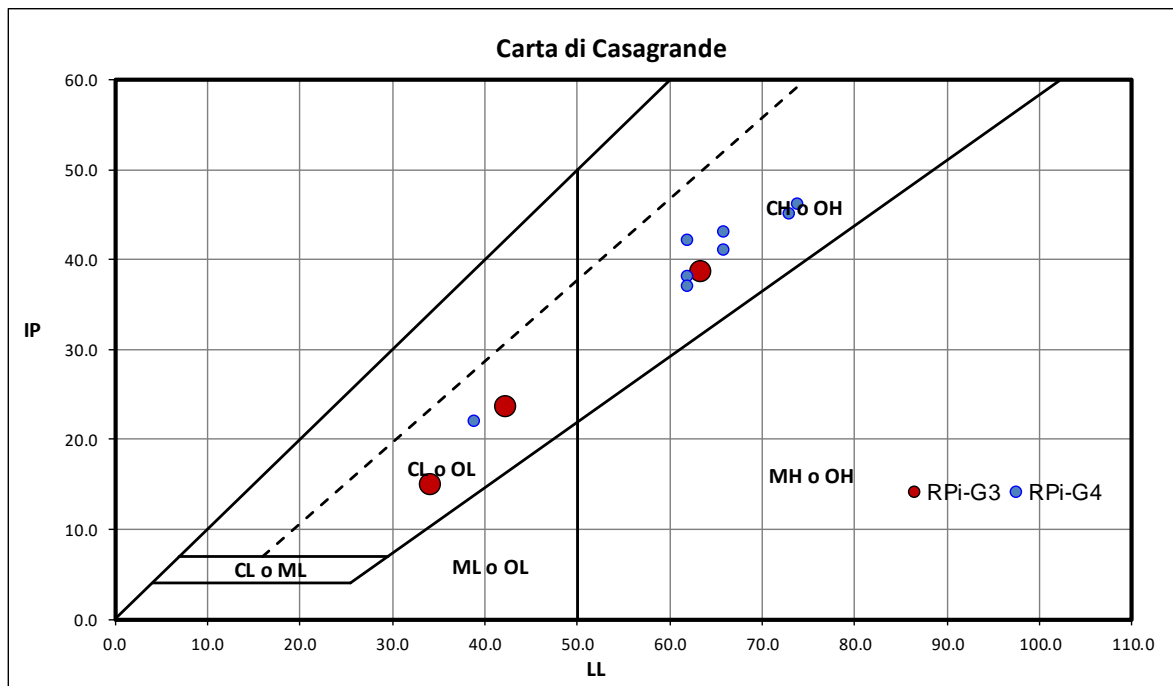
**CARATTERISTICHE DI PLASTICITÀ**

Indice Plastico IP	Caratteristiche di plasticità del terreno
$0 < IP \leq 5$	Non plastico
$5 < IP \leq 15$	Poco plastico
$15 < IP \leq 40$	Plastico
$IP > 40$	Molto plastico

**CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA**

Indice di Consistenza IC	Condizione	Caratteristiche di consistenza del terreno
$IC < 0$	$W_n > W_{ll}$	Fluida
$0.00 < IC \leq 0.25$	$W_n < W_{ll}$	Fluido-plastica
$0.25 < IC \leq 0.50$		Molle-plastica
$0.50 < IC \leq 0.75$		Plastica
$0.75 < IC \leq 1.00$		Solido-plastica
$IC > 1$	$W_n > W_{lr}$	Semisolida
$IC > 1$	$W_n < W_{lr}$	Solida

Figura 6-38 – Caratteristiche di consistenza e plasticità ( $W_{ll}$  è il limite liquido,  $W_{lr}$  è il limite di ritiro)


**Legenda**

<b>ML</b>	Limi inorganici da bassa a media plasticità
<b>CL</b>	Argille inorganiche da bassa a media plasticità
<b>OL</b>	Limi e argille organiche di bassa plasticità
<b>MH</b>	Limi inorganici di alta plasticità
<b>CH</b>	Argille inorganiche di alta plasticità
<b>OH</b>	Argille organiche da media a alta plasticità

**M = Limi**  
**C = Argille**  
**O = Sostanze organiche**

**L = bassa plasticità**  
**H = alta plasticità**

Figura 6-39 – Carta di plasticità di Casagrande

### 6.3.2 Caratteristiche di Resistenza

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate sono state eseguite prove di laboratorio di taglio e triassiali di tipo drenate.

Tali prove, però, non sono risultate significative ai fini della valutazione dei corretti parametri geotecnici, in quanto eseguiti su campioni rimaneggiati e non rappresentativi della roccia (si veda quanto premesso all'inizio del capitolo). Pertanto, ai soli fini di completezza, se ne riportano le grandezze ricavate in Figura 6-40 e Figura 6-41.

Le effettive caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate sono state valutate a partire dalle prove di laboratorio di taglio e triassiali (si vedano Figura 6-42, Figura 6-43) eseguite sui campioni indisturbati a disposizione. I valori di angolo di attrito e di coesione efficace, così ottenuti, sono compresi nei seguenti range:

$$c' = 110-186 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 22-25^\circ$$

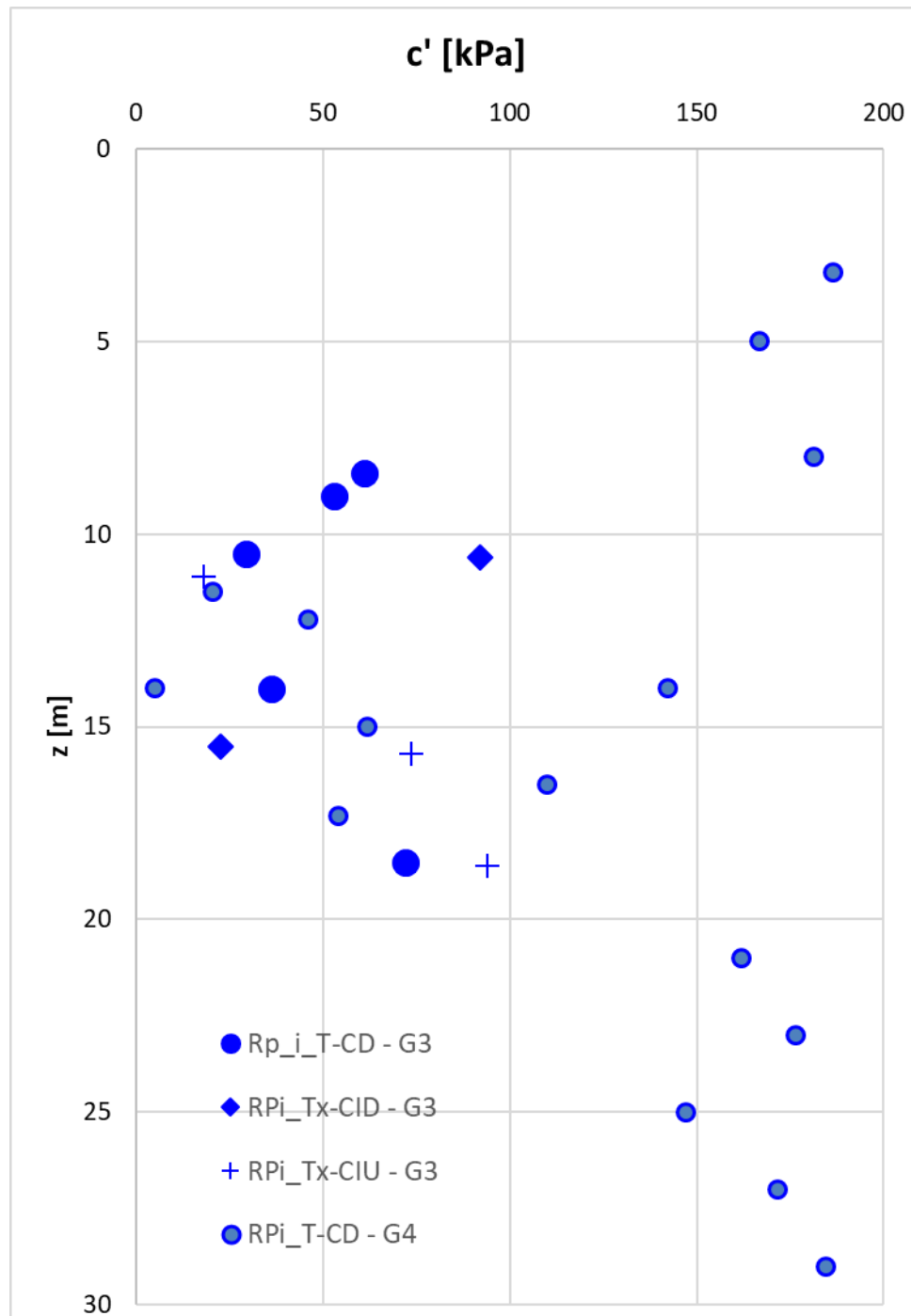


Figura 6-40 – Coesione efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – Su tutti i campioni a disposizione, anche rimaneggiati

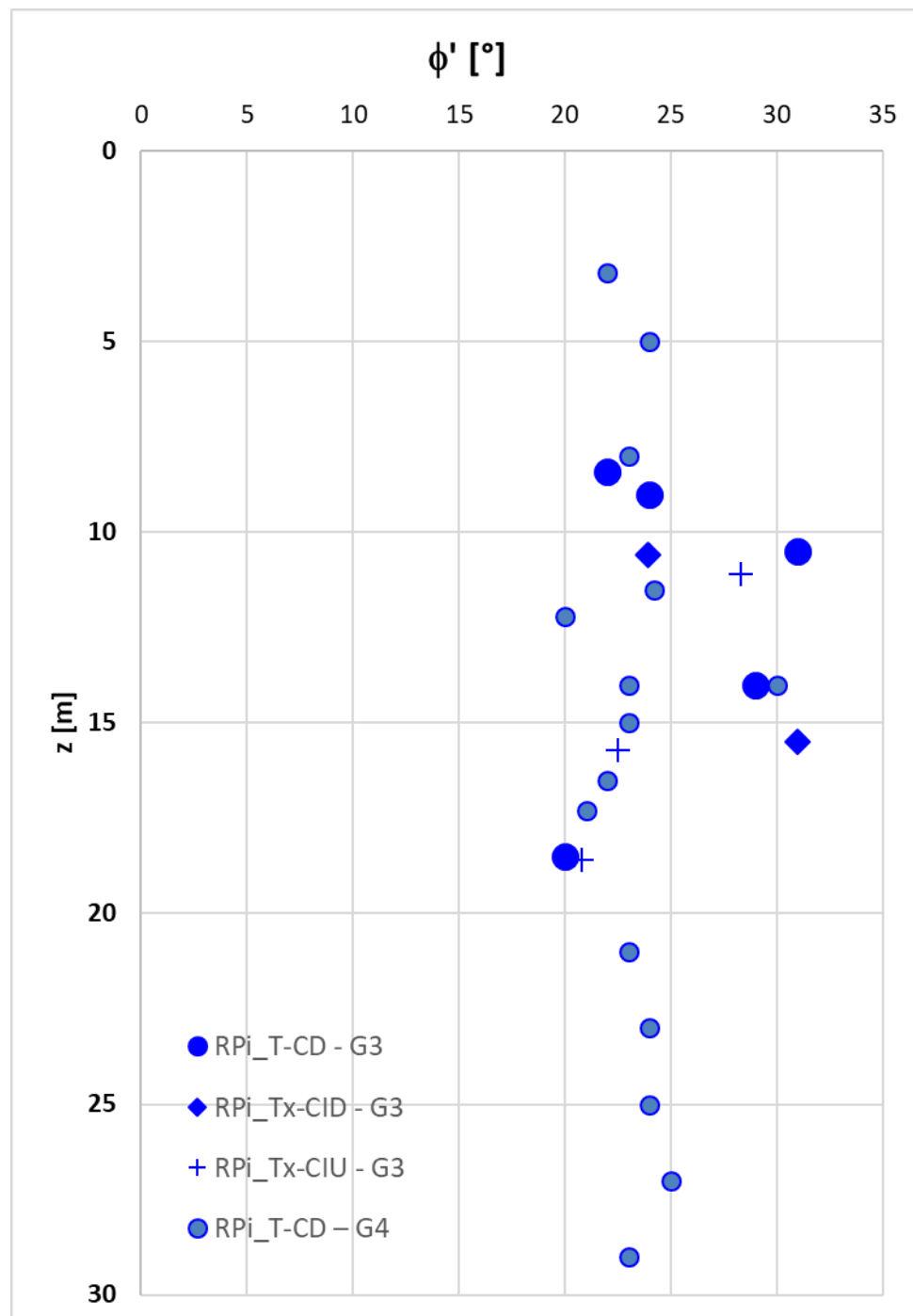


Figura 6-41 – Angolo di attrito efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – Su tutti i campioni a disposizione, anche rimaneggiati

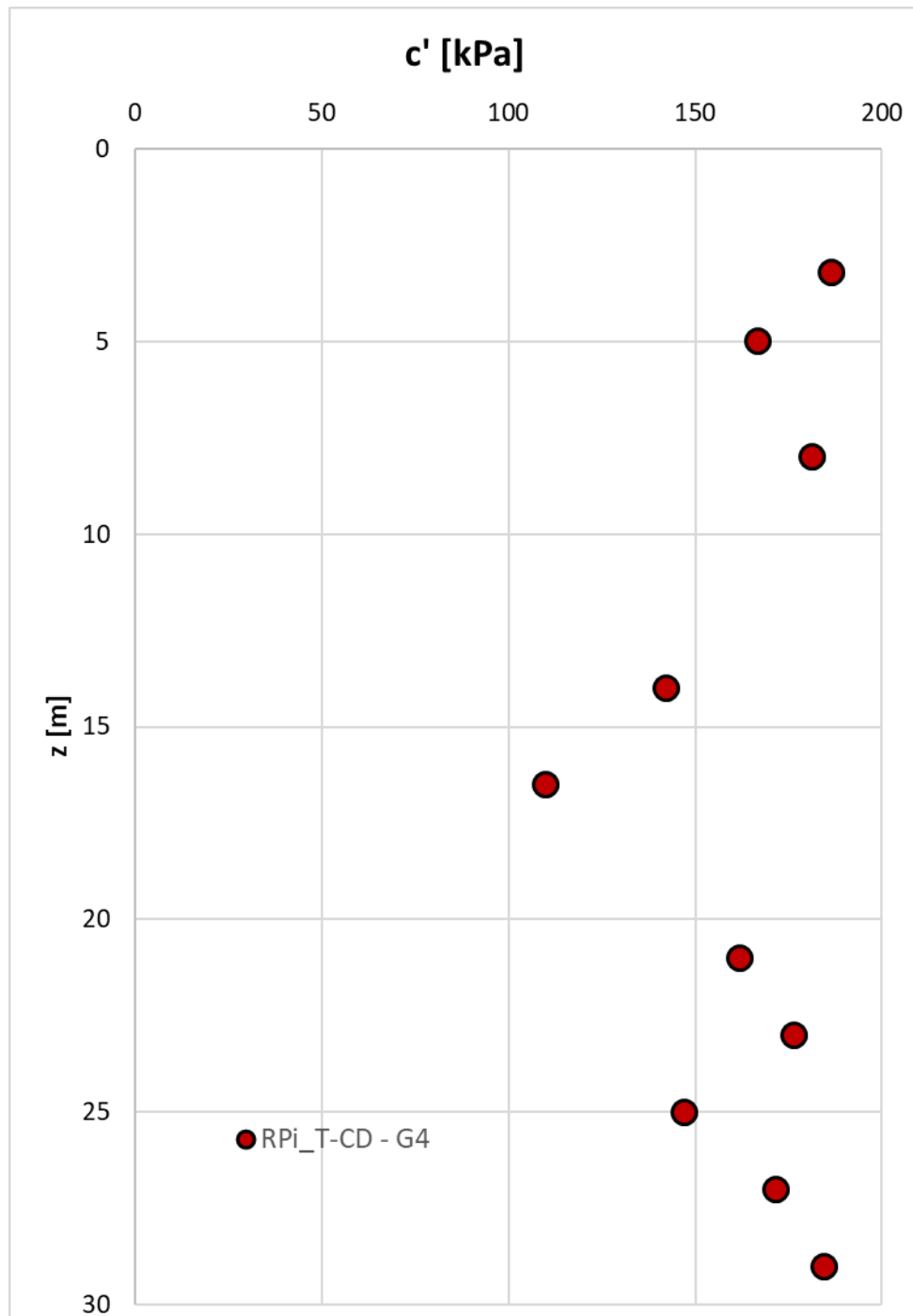


Figura 6-42 – Coesione efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – su campioni indisturbati

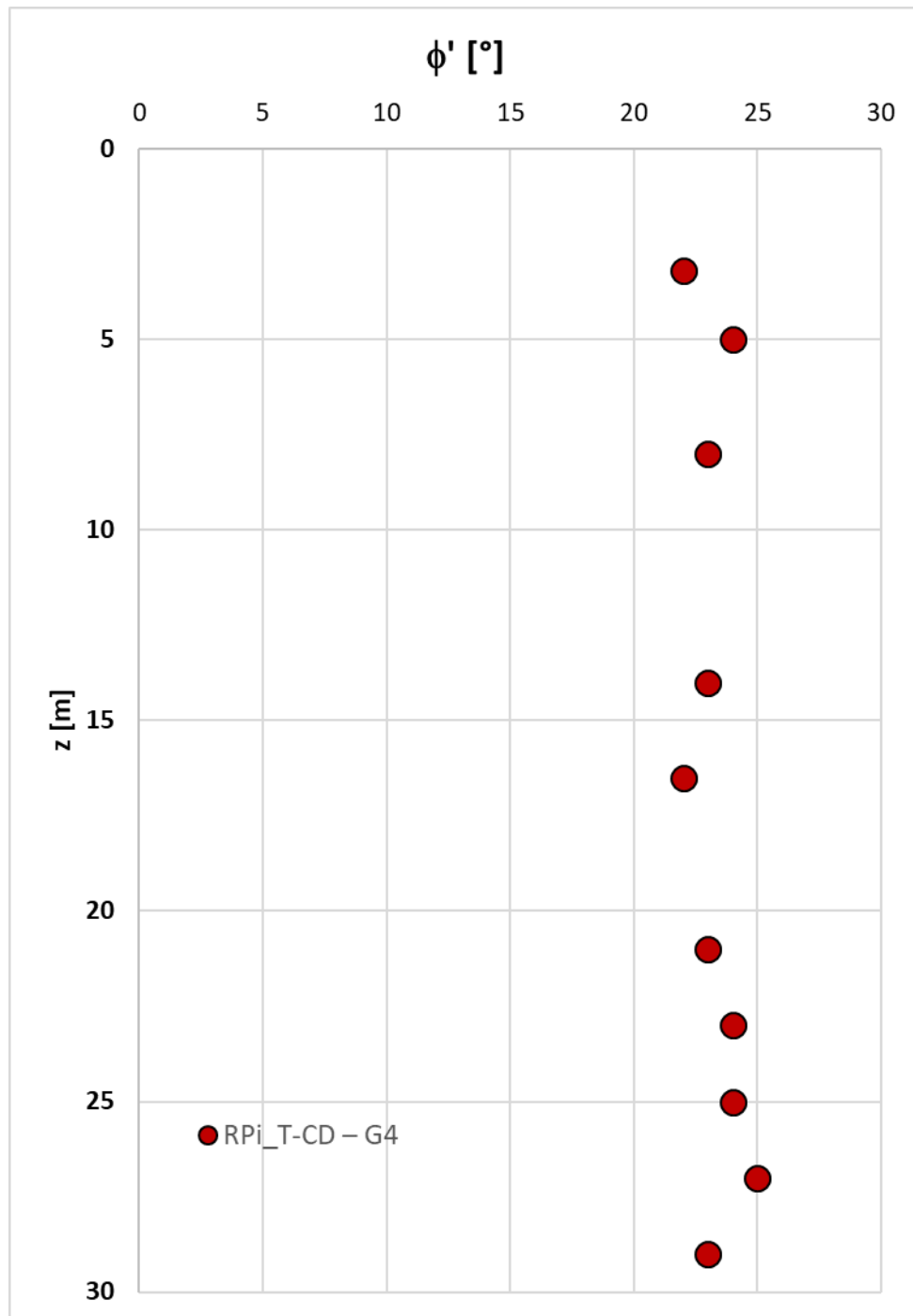


Figura 6-43 – Angolo di attrito efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – su campioni indisturbati



Il grafico seguente illustra le coppie  $c'$  e  $\varphi'$  derivanti dalle prove di laboratorio e i relativi inviluppi.

La retta nera tratteggiata mostra l'inviluppo ottenuto con i parametri di progetto scelti.

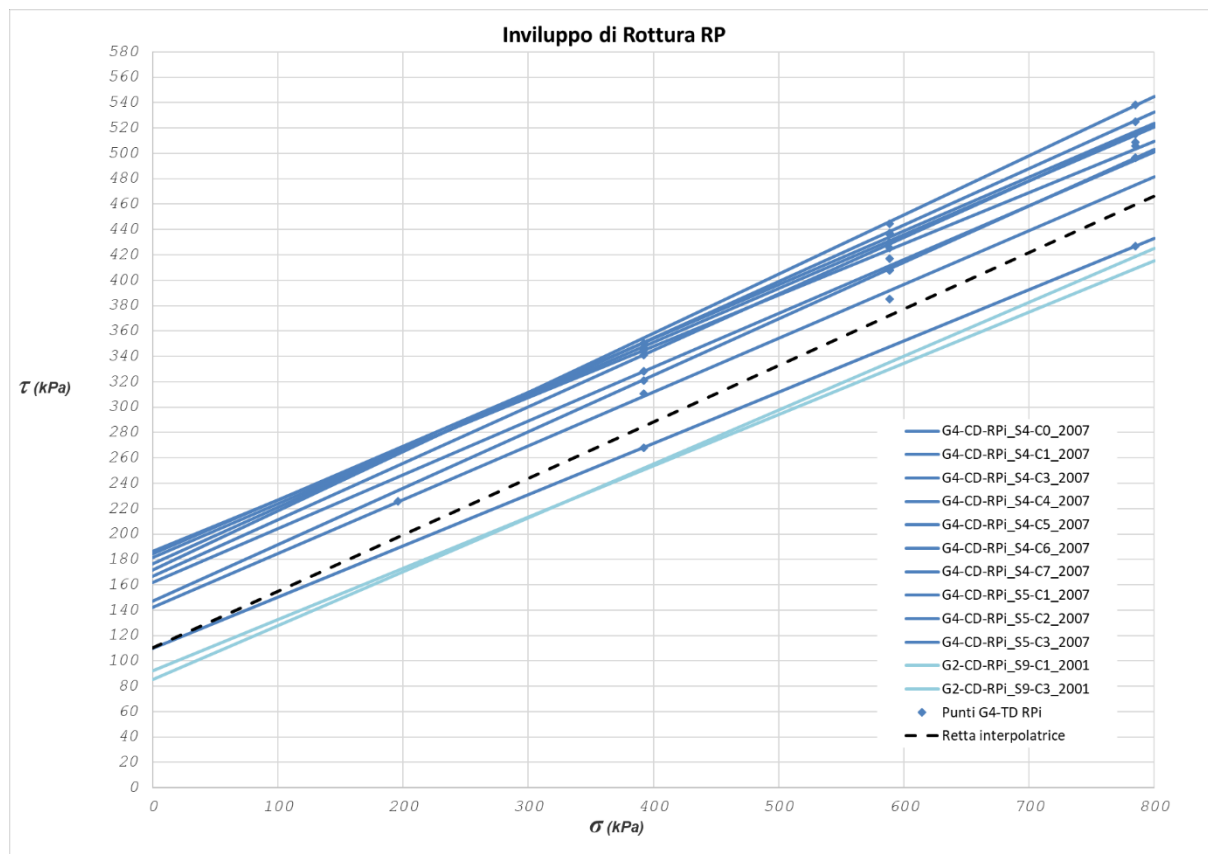



Figura 6-44 – Risultati delle prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – confronto con parametri di inviluppo.

Nella tabella che segue si riassumono gli ambiti di variabilità dei parametri ed i relativi valori caratteristici adottati per le analisi.

	<b>Parametri di resistenza</b>	
	<b>In tensioni efficaci</b>	
	<b><math>c'</math> [kPa]</b>	<b><math>\varphi'</math> [°]</b>
<b>Range</b>	110-186	22-25°
<b>Valori di inviluppo</b>	110	24

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 97 of 145	

### 6.3.3 Caratteristiche di Deformabilità

Per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità sono state eseguite delle prove edometriche, messe in relazione con le prove ELL disponibili per la sola discarica G4 (determinando il rispettivo modulo di Young mediante la correlazione indicata al paragrafo 0). Come per le prove di resistenza al taglio, anche in questo caso sono stati impiegati campioni rimaneggiati, che conducono, pertanto a risultati non significativi. Come illustrato in Figura 6-45 e Figura 6-46, infatti, i moduli derivanti dalle prove edometriche forniscono valori bassi per appartenere all'unità in esame, compresi tra 10.9 e 19.6 MPa.

Nello stesso grafico sono riportati i valori di moduli edometrici stimati dalle prove CPT eseguite in corrispondenza della parte alterata della formazione che dovrebbe essere caratterizzata da proprietà meccaniche meno prestanti. I valori restituiti dalle CPT in tale strato risultano nettamente superiori a quelli derivanti dalle prove edometriche.

I moduli di deformazione sono stati, pertanto, valutati considerando le prove sismiche, ovvero determinando il modulo di deformazione iniziale  $E_0$  e derivandone il modulo operativo come indicato al paragrafo 5.3.

Il modulo di deformazione a piccoli spostamenti  $G_0$  è invece determinato dalle indagini sismiche. Per l'unità in esame sono state considerate le Masw 1A, 2A, 3A-3R. In Figura 6-47 sono riportate le velocità delle onde di taglio e in Figura 6-48 i moduli da esse derivati, confrontate con quelle derivanti dalle sismiche eseguite nella discarica G4.

I relativi parametri sono crescenti con la profondità; nelle medesime immagini di cui sopra è riportata la retta che linearizza mediamente tale andamento (prendendo a riferimento la MASW1A), individuabile mediante le seguenti relazioni:

$$V_s = 350 + z \cdot 12.5 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 240 + z \cdot 22.5 \text{ MPa}$$

dove  $z$  è la profondità rispetto alla quota iniziale dell'unità considerata.

In Figura 6-49 sono riportati i moduli operativi impiegati a partire dalle considerazioni fatte per i  $G_0$ ; si considera un range di valori compresi tra 60 e 300MPa.

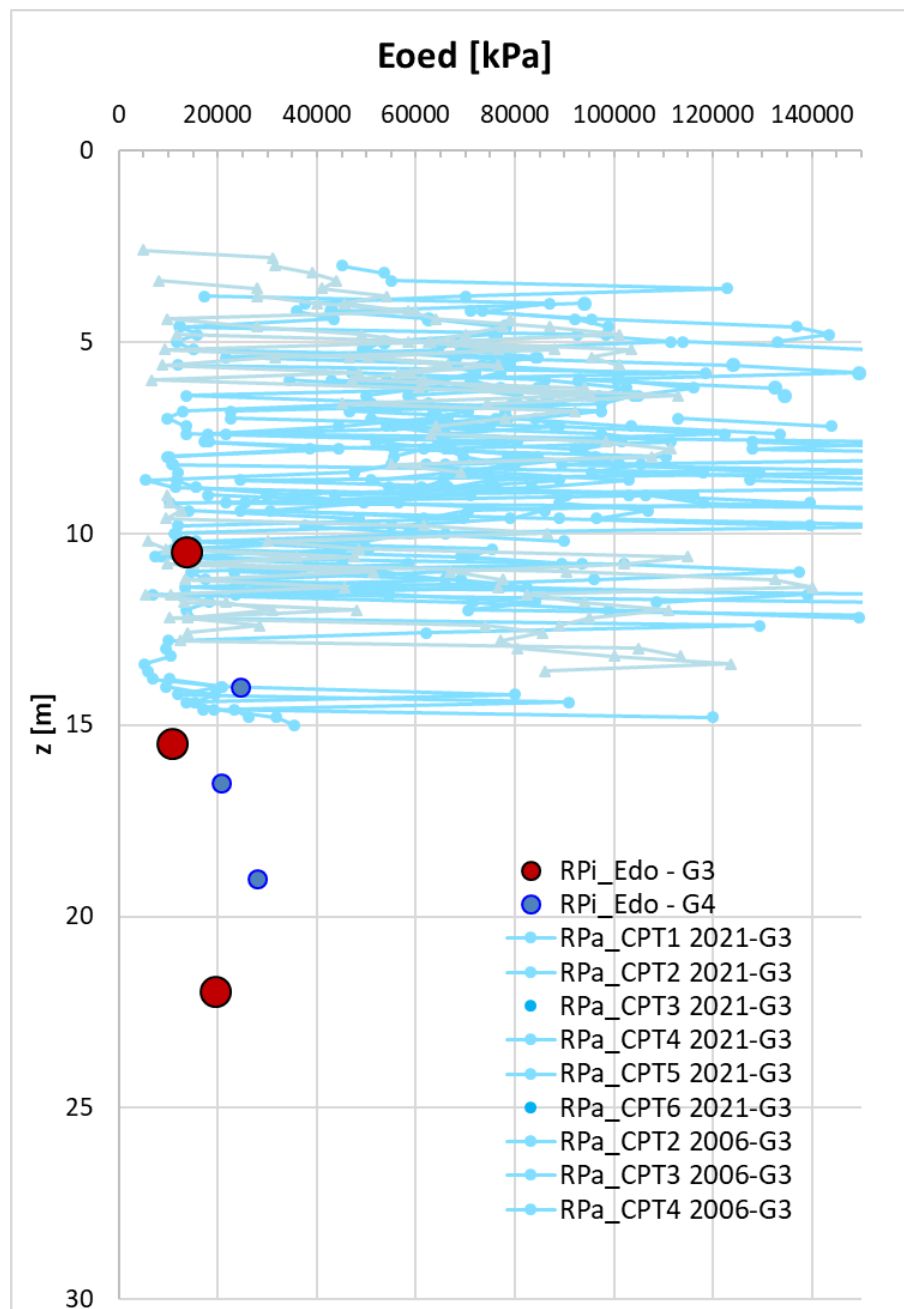


Figura 6-45 – Moduli edometrici da prove di laboratorio (Edo) e da CPT

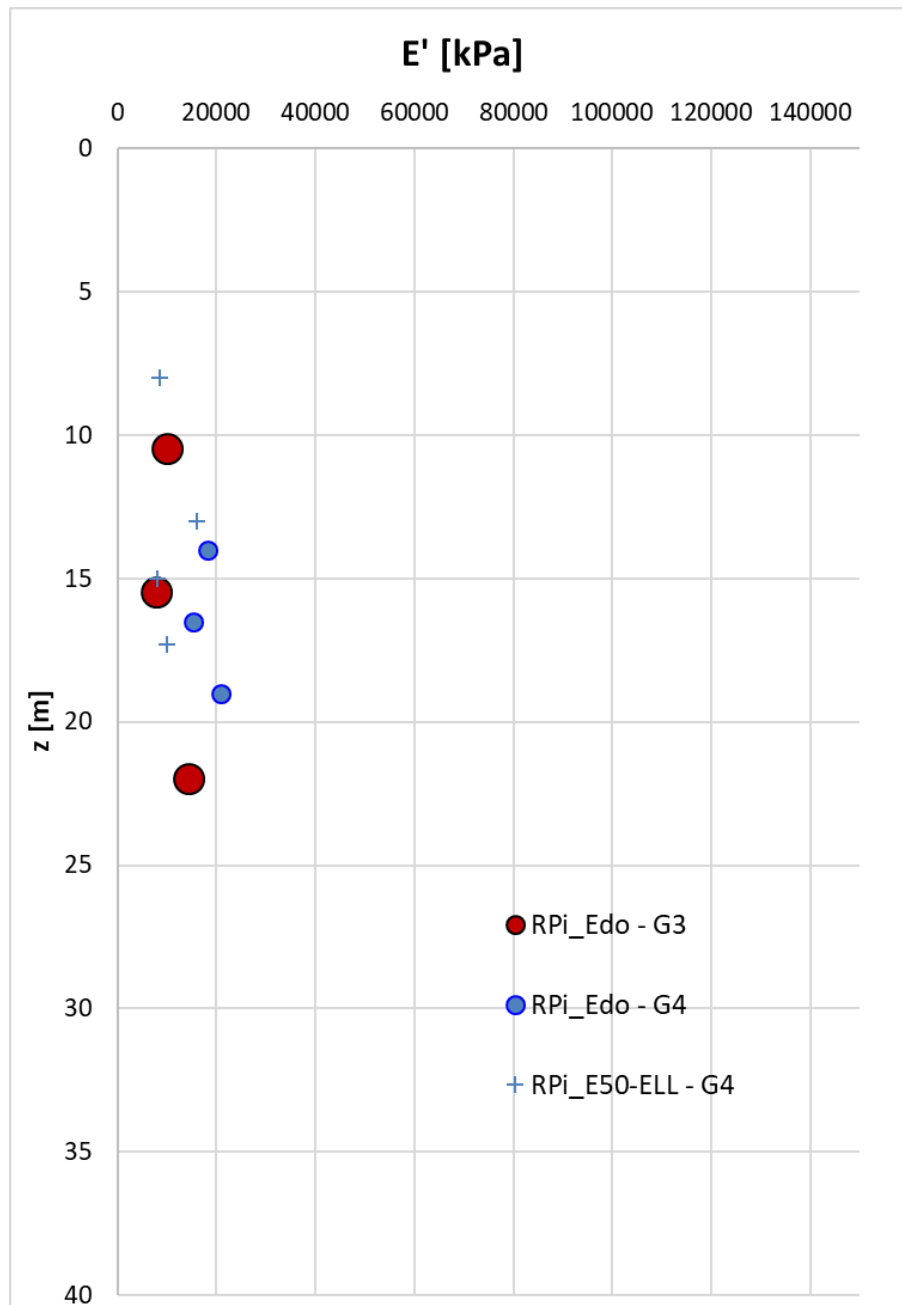


Figura 6-46 – Moduli elastici da prove di laboratorio (Edo) e ELL

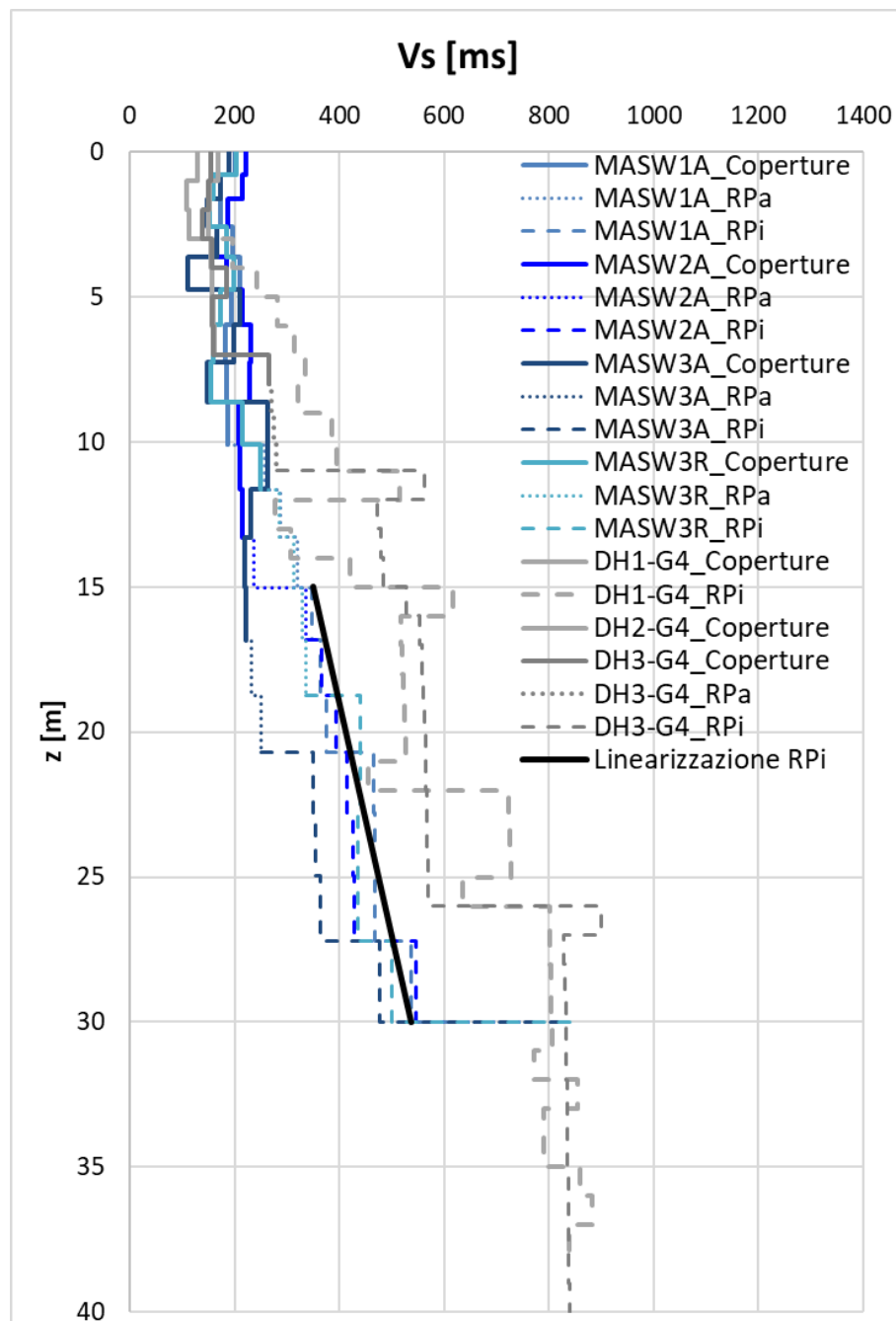


Figura 6-47 – Velocità delle onde di taglio  $V_s$

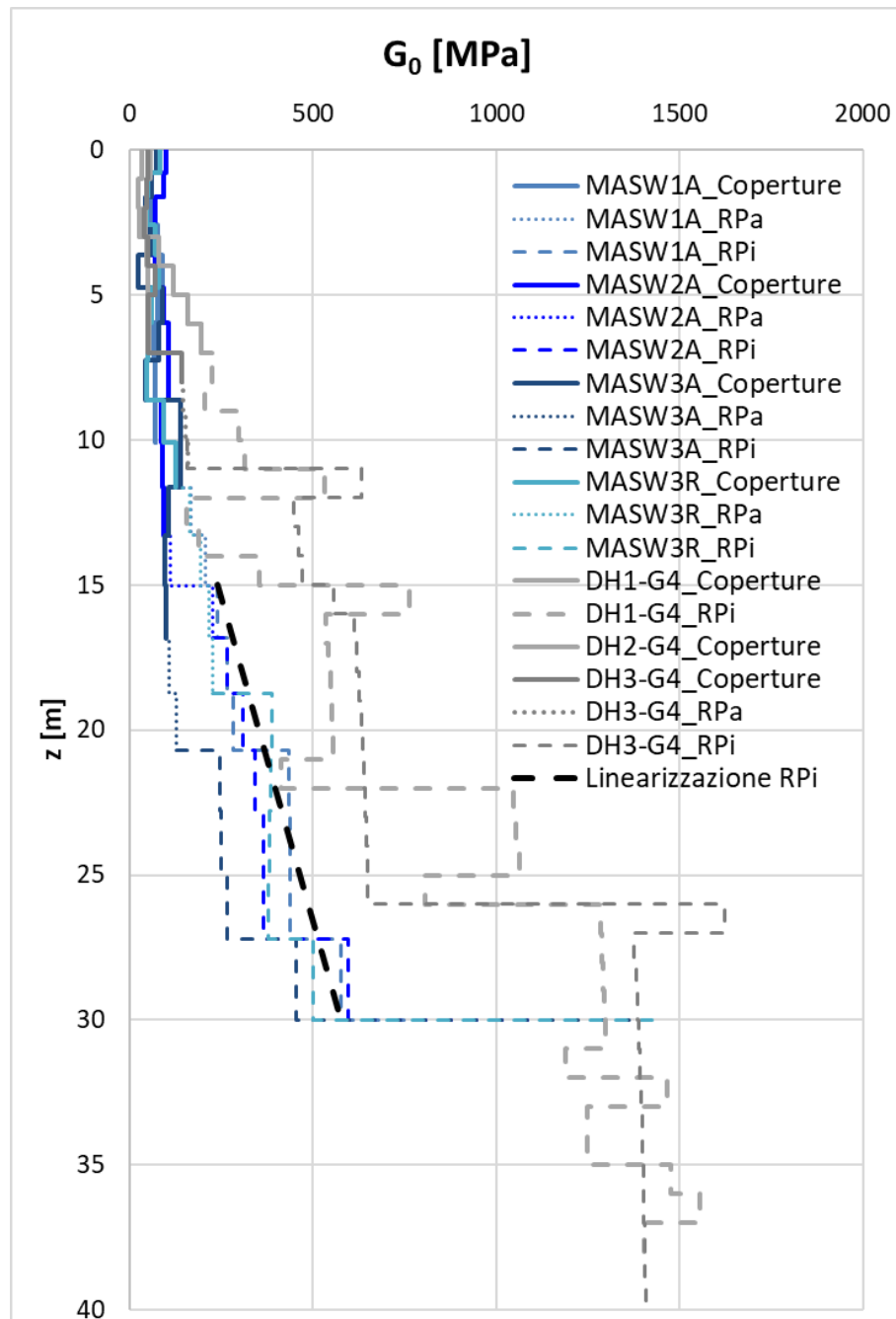


Figura 6-48 – Moduli di taglio iniziale  $G_0$

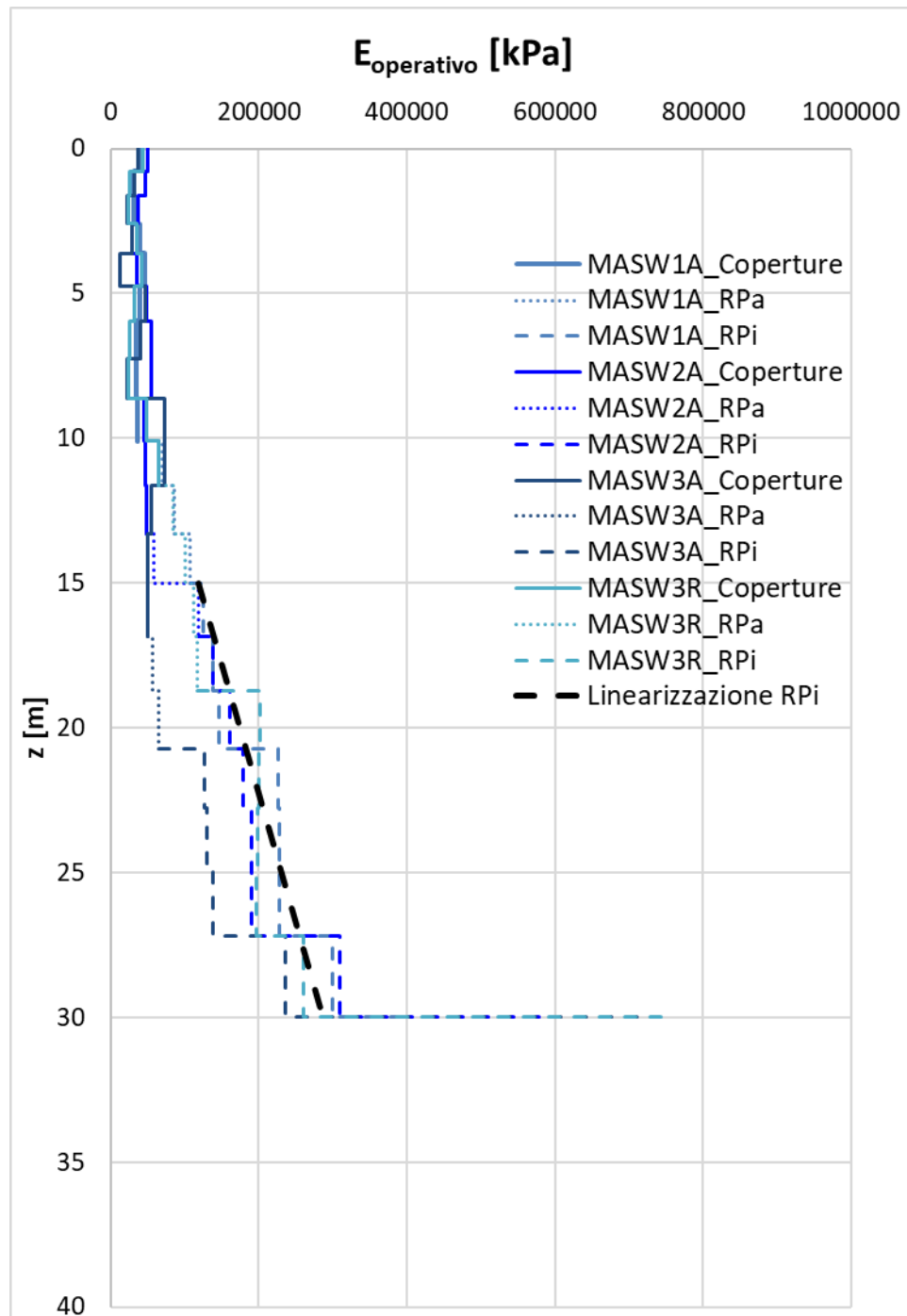


Figura 6-49 – Moduli Operativi

#### 6.3.4 Stato tensionale in sito

Il grado di sovraconsolidazione e il POP sono stati stimati dalle prove edometriche e dalle CPT.

Queste ultime sono eseguite nella porzione alterata della formazione, ma i risultati in termini di POP si considerano attribuibili anche alla sua parte intatta.

L'OCR dalle prove di laboratorio ha valori compresi tra 2 e 3.25; mentre dalle prove CPT eseguite sulla parte alterata si hanno valori maggiori, che sono variabili tra 5 ed il valore minimo di 1.2 andando dai 3m ai 10 m di profondità, oltre la quale hanno valori compresi tra 1.2 e 2.5.

Le edometrie definiscono valori per il POP compresi tra 194 e 466 kPa, mentre le CPT individuano valori compresi tra 80 e 480 kPa. Tale valore risulta pertanto compreso tra 80-480.

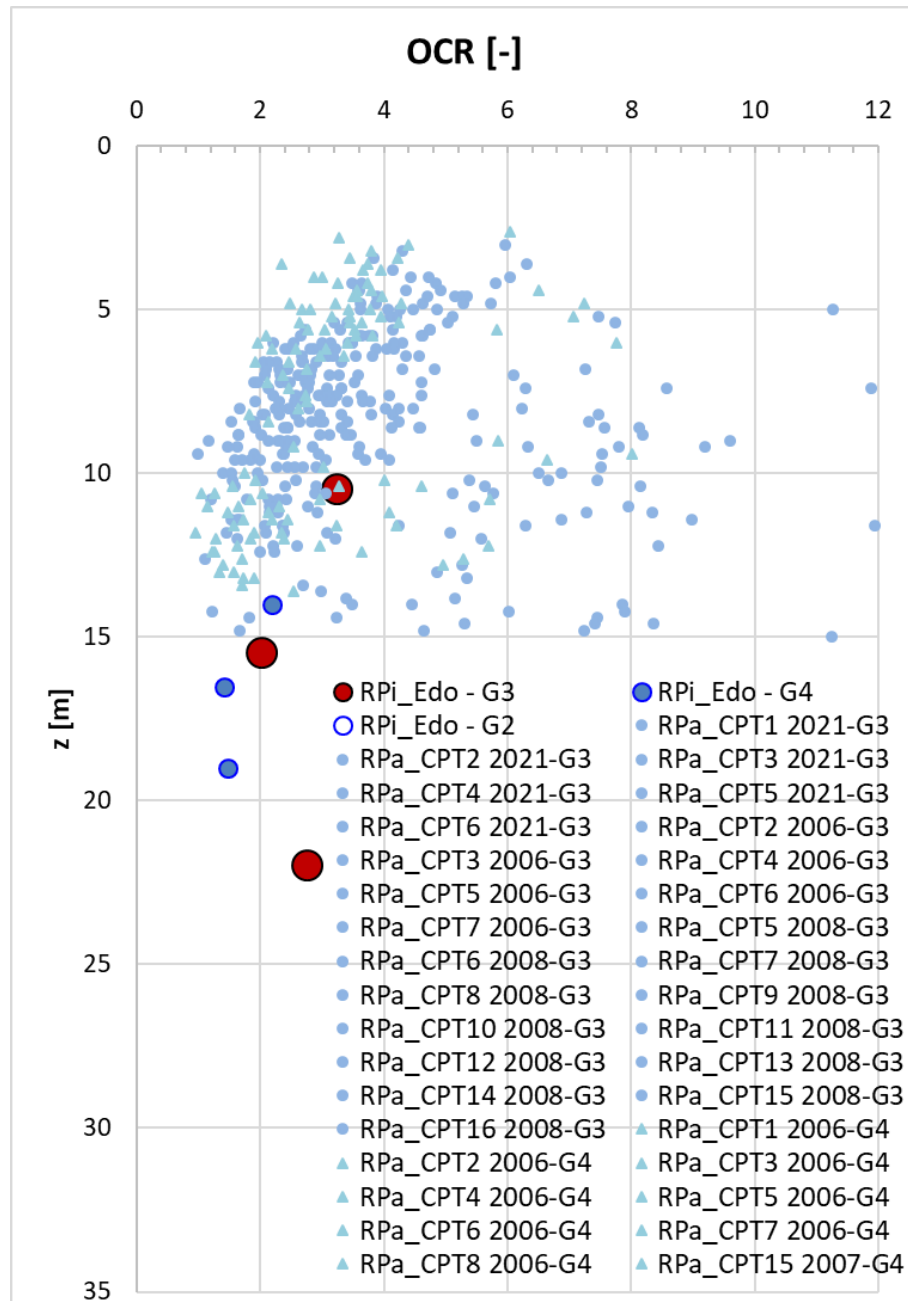


Figura 6-50 – OCR da edometrie e CPT



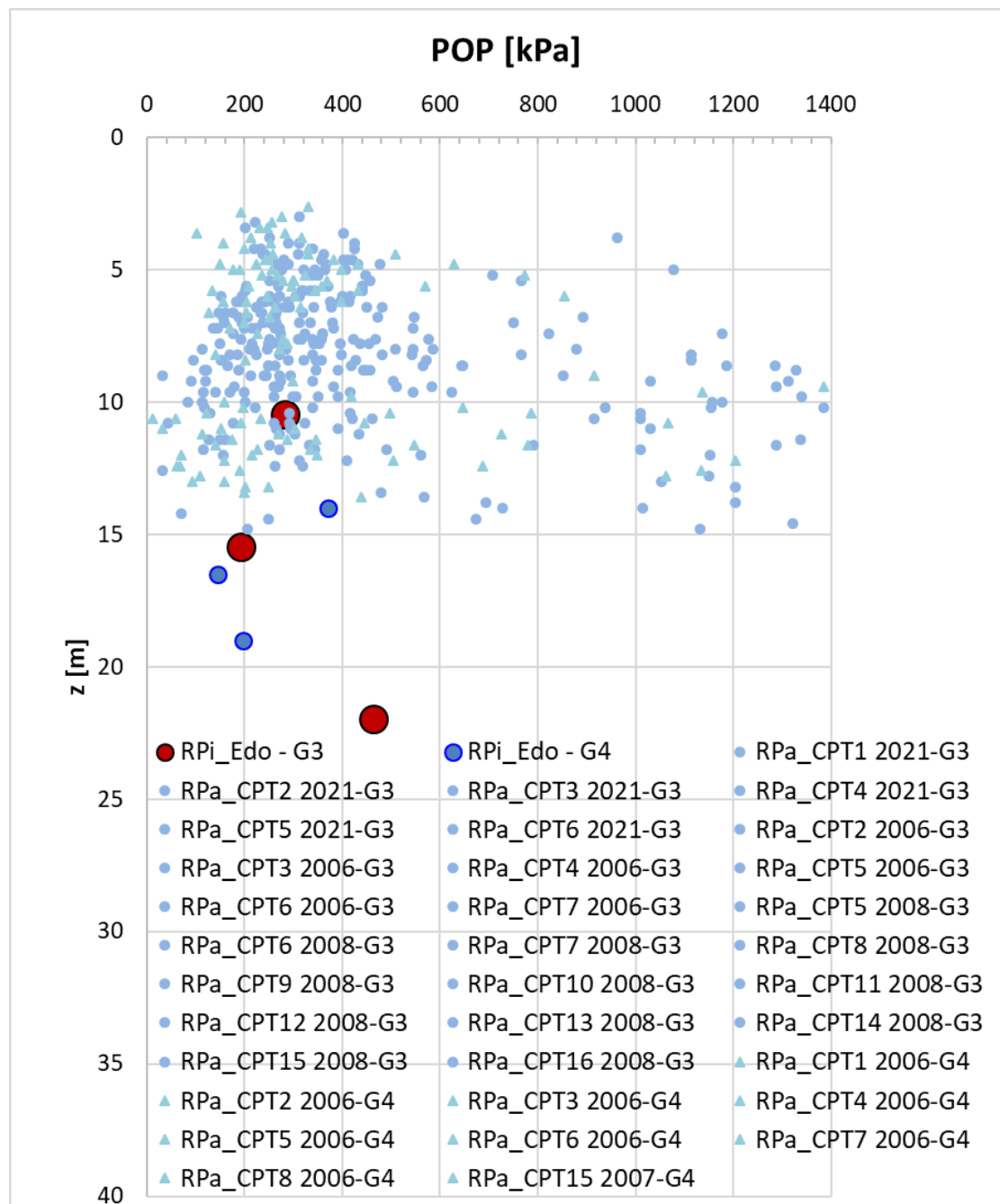


Figura 6-51 – POP da edometrie e CPT

### 6.3.5 Caratteristiche Idrauliche

Le caratteristiche di permeabilità sono state desunte da prove di laboratorio e prove in foro. Nello specifico si sono considerate le prove edometriche (Edo), prove di laboratorio con permeametro a carico variabile, TSB (orizz\_TSB per la permeabilità orizzontale e vert\_TSB per quella verticale) e prove Le Franc.

Tali prove evidenziano valori di permeabilità comprese tra  $6.5 \cdot 10^{-10}$  e  $3.3 \cdot 10^{-9}$  m/s. Si può assumere cautelativamente un valore di permeabilità di  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s; in taluni casi le prove Lefranc hanno fornito valori maggiori.

Sono state inoltre eseguite prove di permeabilità a carico variabile con il metodo Lefranc nei sondaggi S1 e S3 della discarica G4 alle profondità di 9-13m e 10.5-12m che non ha mostrato assorbimenti di acqua, individuando un substrato impermeabile.

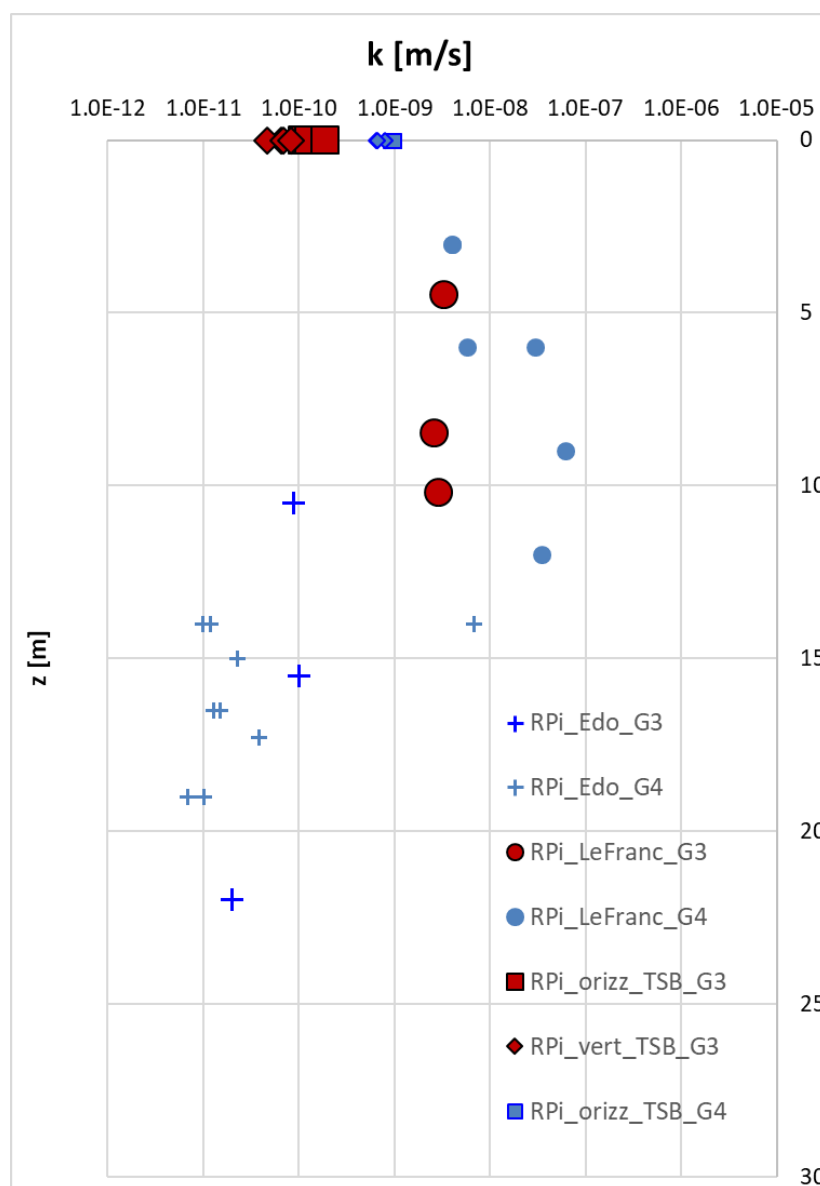



Figura 6-52 – Permeabilità da prove in foro e laboratorio

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 106 of 145	

## 6.4. Unità Geotecnica RPa

L'unità geotecnica RPa rappresenta la parte alterata della formazione di base costituita dalle Argille Azzurre – litofacies pelitico arenacea.

In corrispondenza di tale unità geotecnica sono state eseguite poche prove di laboratorio e diverse prove CPT; in ogni caso, trattandosi dell'alterazione della formazione di base RAi, si può considerare caratterizzata dal medesimo comportamento. Pertanto, laddove non ci siano prove specifiche, per lo strato di alterazione dell'unità vengono assunti, per i parametri geotecnici, i valori minori dei range individuati per la parte intatta.

Nel seguito saranno graficate, pertanto, oltre alle prove di laboratorio specifiche, le grandezze ricavate dall'elaborazione delle prove CPT che verranno considerate a completamento/conferma della caratterizzazione.

### 6.4.1 Caratteristiche Fisiche

L'unità geotecnica RPa costituisce la parte sommitale della formazione di base ed è costituita da terreni di tipo coesivo, ovvero limo argilloso sabbiosi (Figura 6-54-Figura 6-56).

Il contenuto di umidità naturale ha valore pari a 14.7% che rientra nel range definito per la relativa unità intatta (Figura 6-57).

Il peso di volume è stato stimato dalle prove di laboratorio e risulta, considerando data la scarsità di dati anche le prove relative a G4, compreso tra 20.1 e 21.1; le prove CPT confermano tale range. Si ha un valore medio pari a circa 20.5kN/m<sup>3</sup> (Figura 6-53).

Dalle prove CPT si è determinato l'indice di comportamento I<sub>c</sub> che identifica la natura del materiale; Per l'unità in esame tale indice è compreso mediamente tra 2.05 e 2.95, indicando limi sabbiosi/sabbie limose e Limi argillosi/Argille limose.

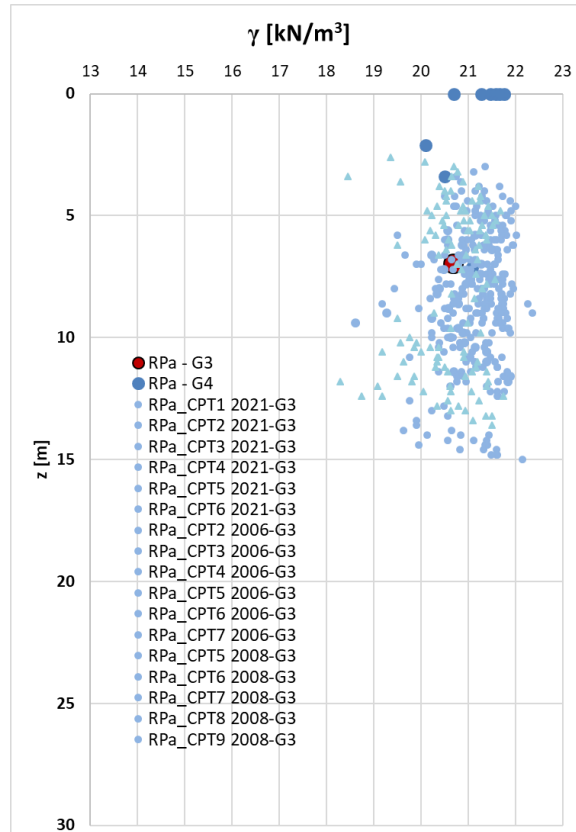


Figura 6-53 – Peso per unità di volume da CPT

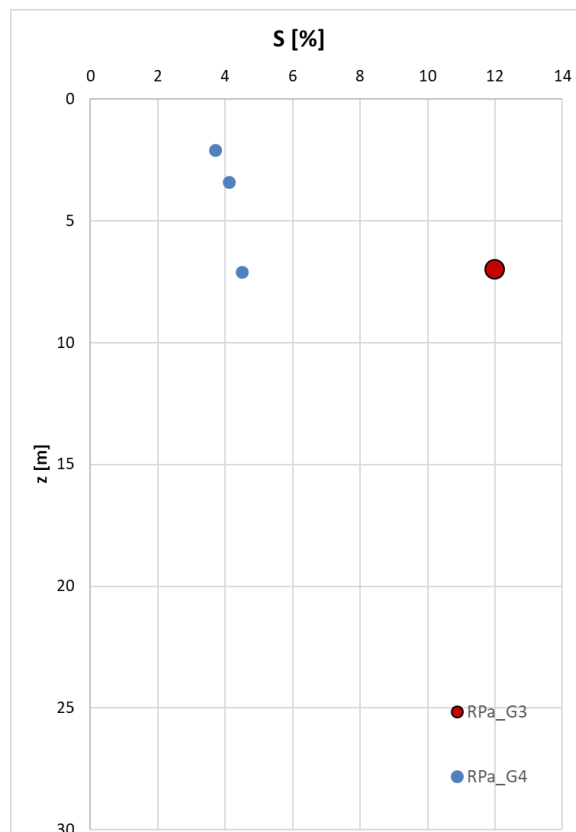


Figura 6-54 – Contenuto di sabbia da granulometria

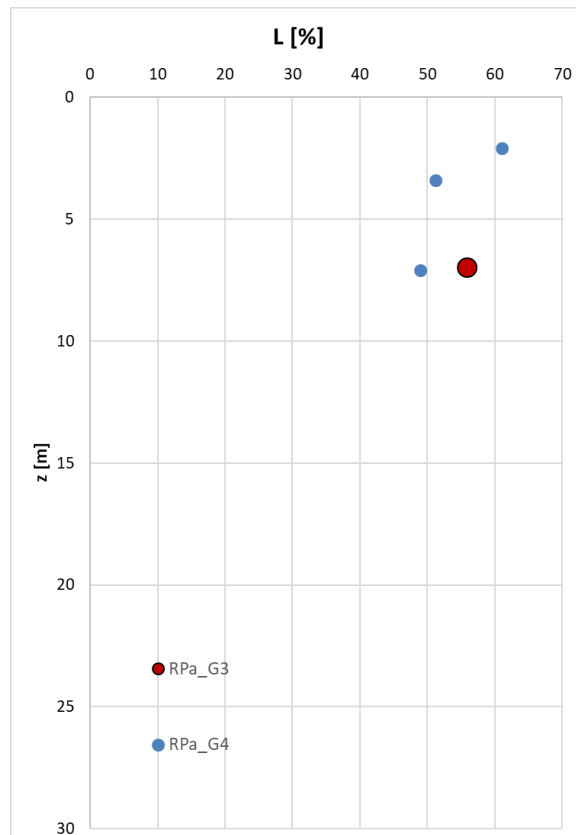


Figura 6-55 – Contenuto di limo da granulometria

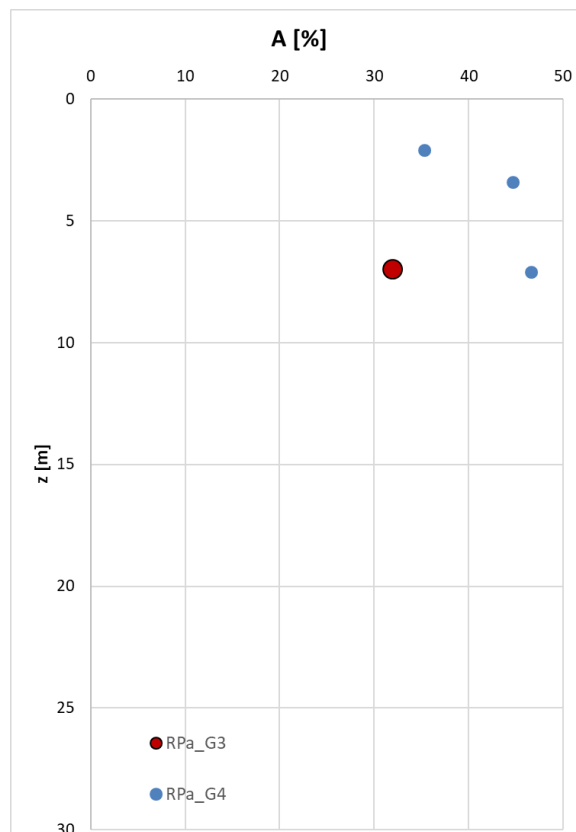


Figura 6-56 – Contenuto di argilla da granulometria

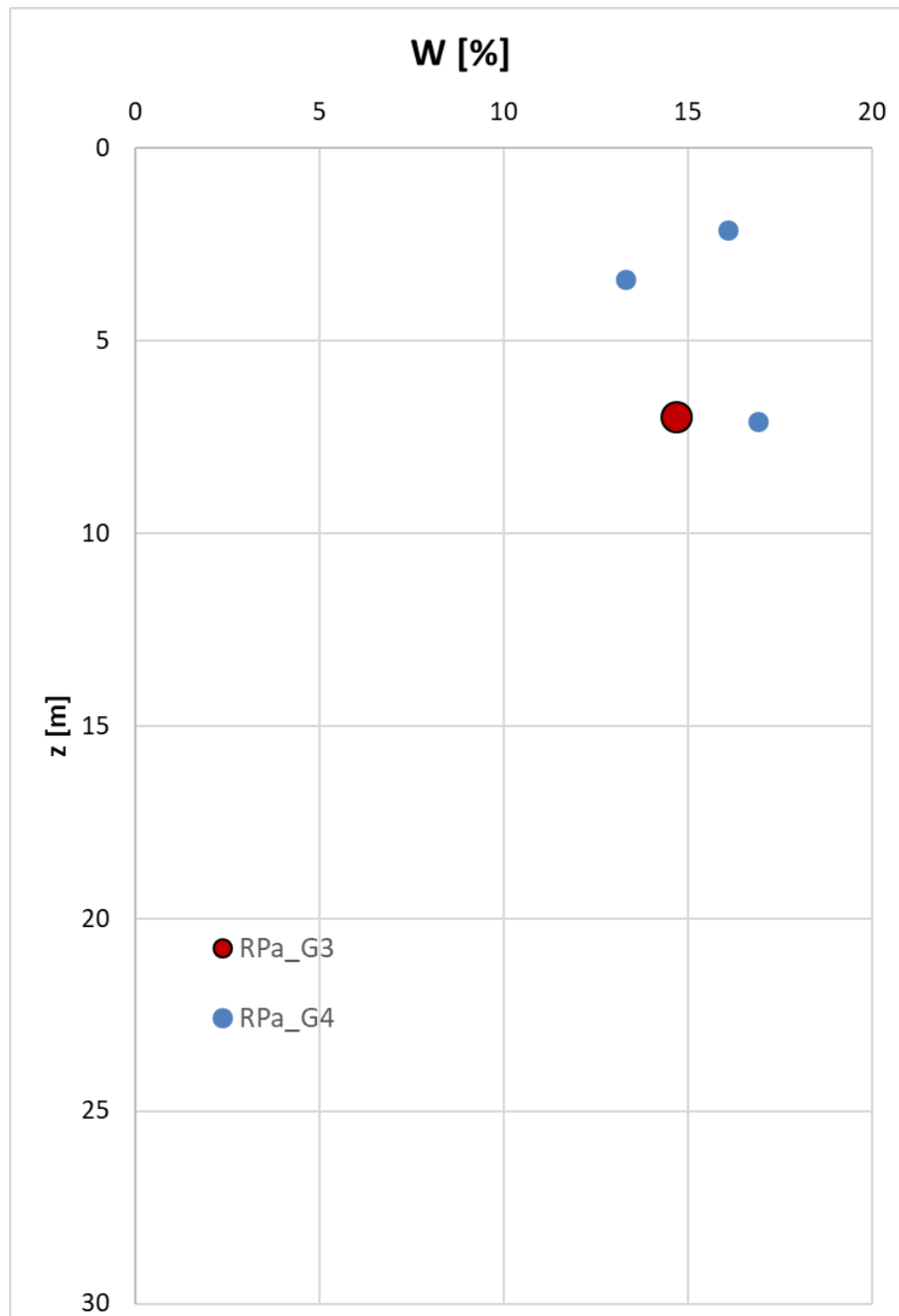


Figura 6-57 – Contenuto in acqua da prove di laboratorio

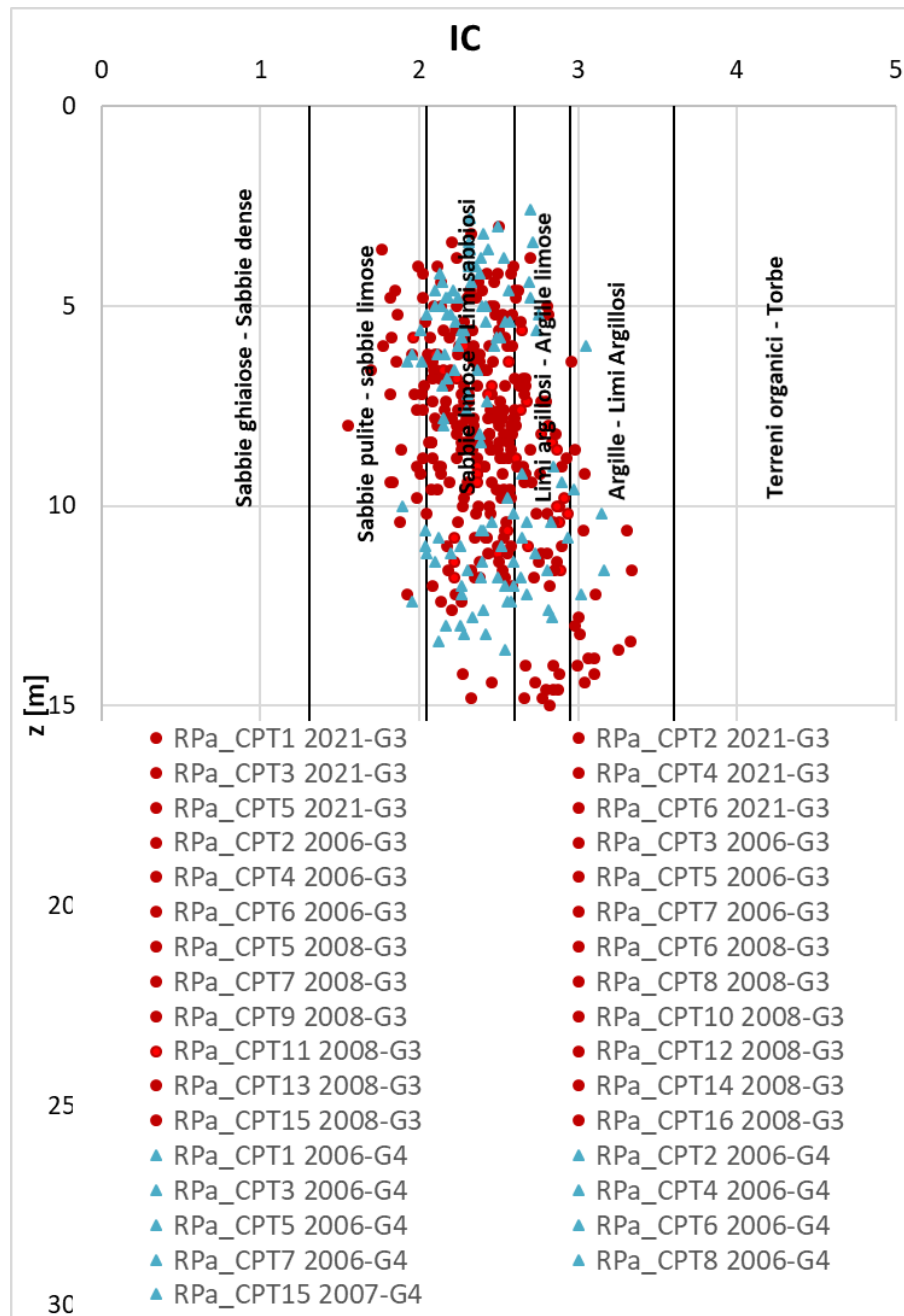


Figura 6-58 – Indice di Comportamento da CPT

#### 6.4.2 Caratteristiche di Resistenza

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate sono state eseguite prove di laboratorio di taglio e triassiali.

Tali prove, però, non sono risultate significative ai fini della valutazione dei corretti parametri geotecnici, in quanto eseguiti su campioni rimaneggiati e non rappresentativi della roccia (si veda quanto premesso all'inizio del capitolo). Pertanto, ai soli fini di completezza, se ne riportano le grandezze ricavate in Figura 6-59 e Figura 6-60.

Le effettive caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate sono state valutate, pertanto, a partire dalle prove di laboratorio di taglio e triassiali (si vedano Figura 6-42, Figura 6-62) eseguite sui

campioni indisturbati a disposizione. I valori di angolo di attrito e di coesione efficace sono compresi nei seguenti range:

$c' = 42-158 \text{ kPa}$

$\phi' = 20.1-39.8^\circ$ .

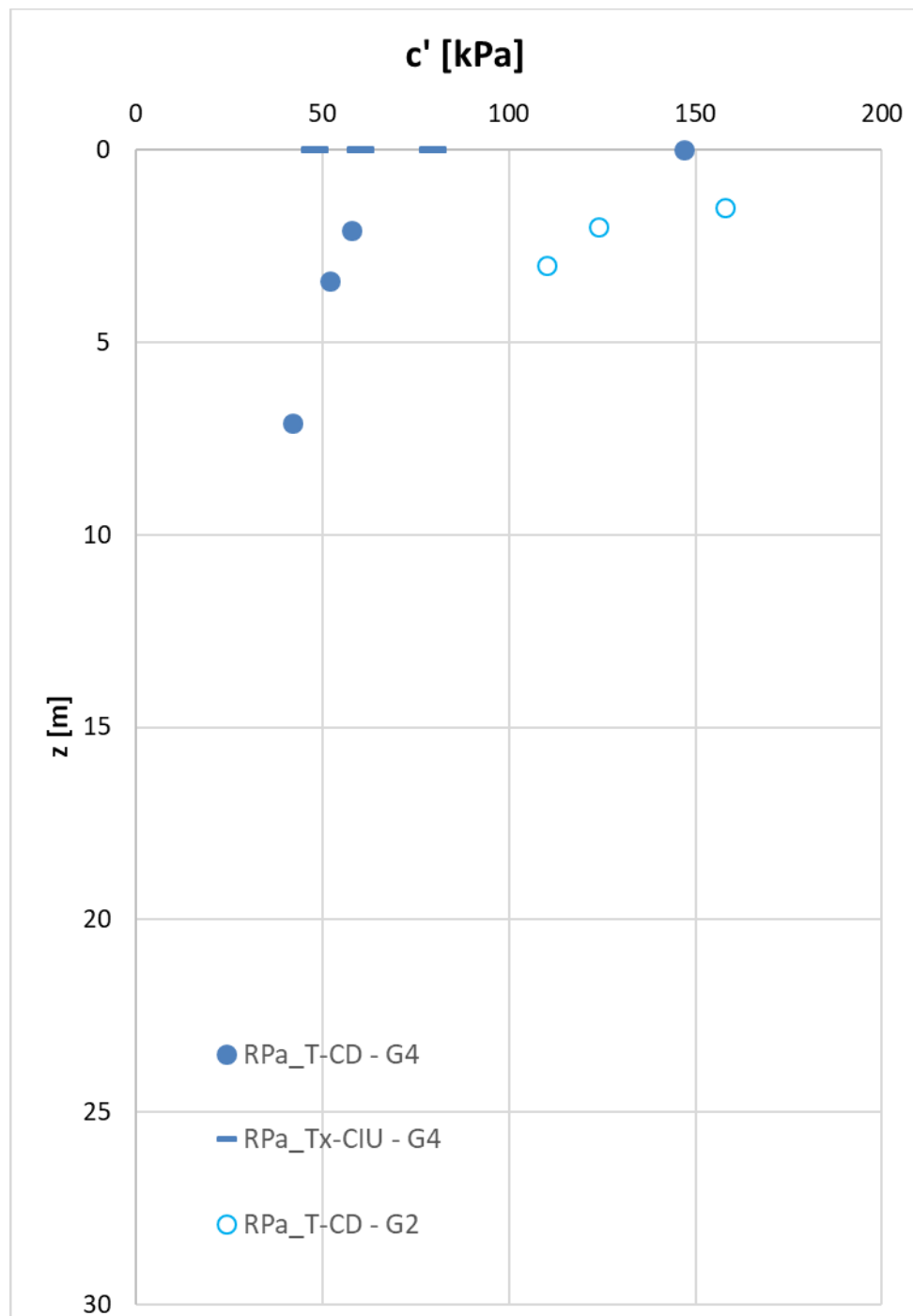


Figura 6-59 – Coesione efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – Su tutti i campioni a disposizione, anche rimaneggiati



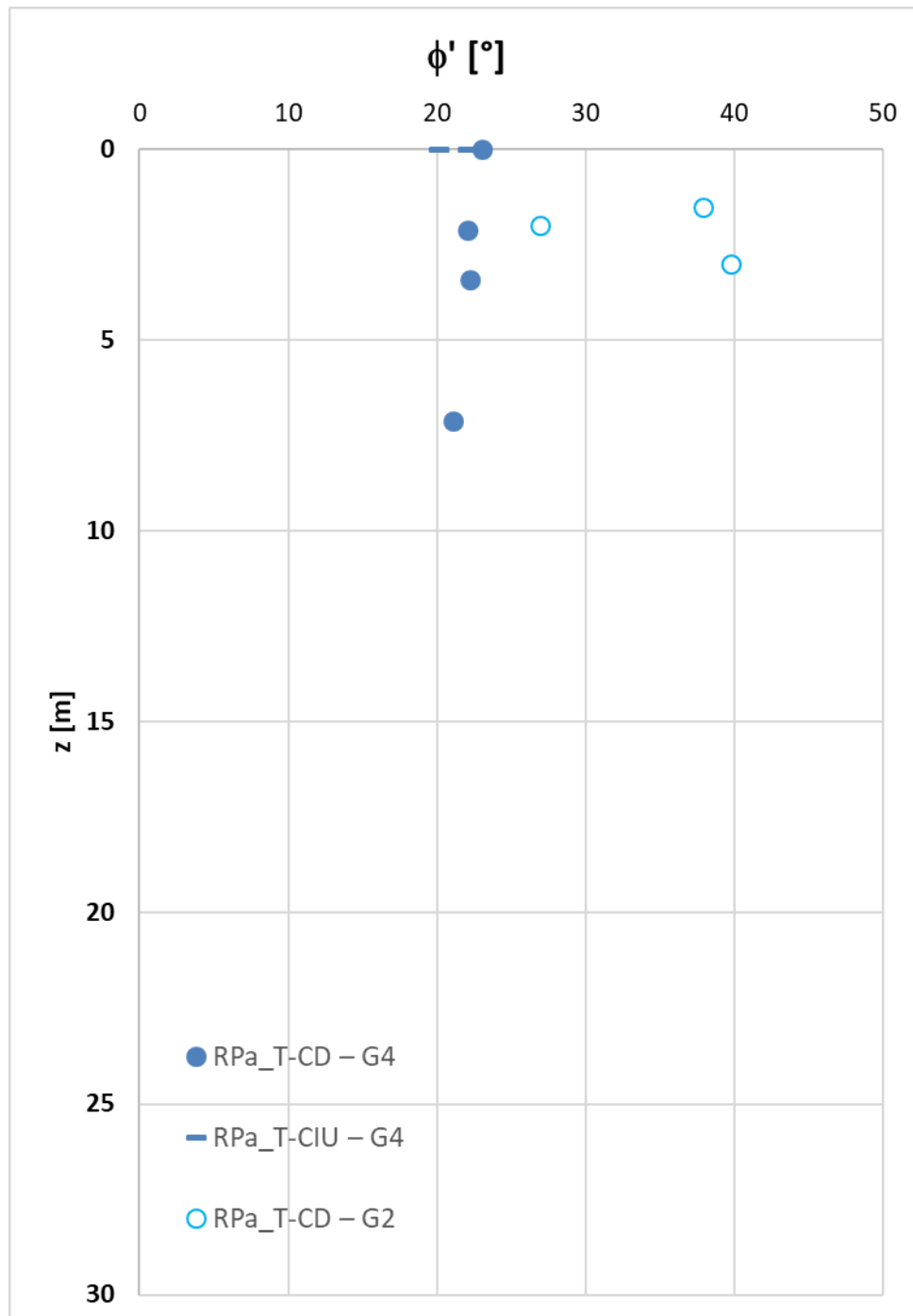


Figura 6-60 – Angolo di attrito efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – Su tutti i campioni a disposizione, anche rimaneggiati

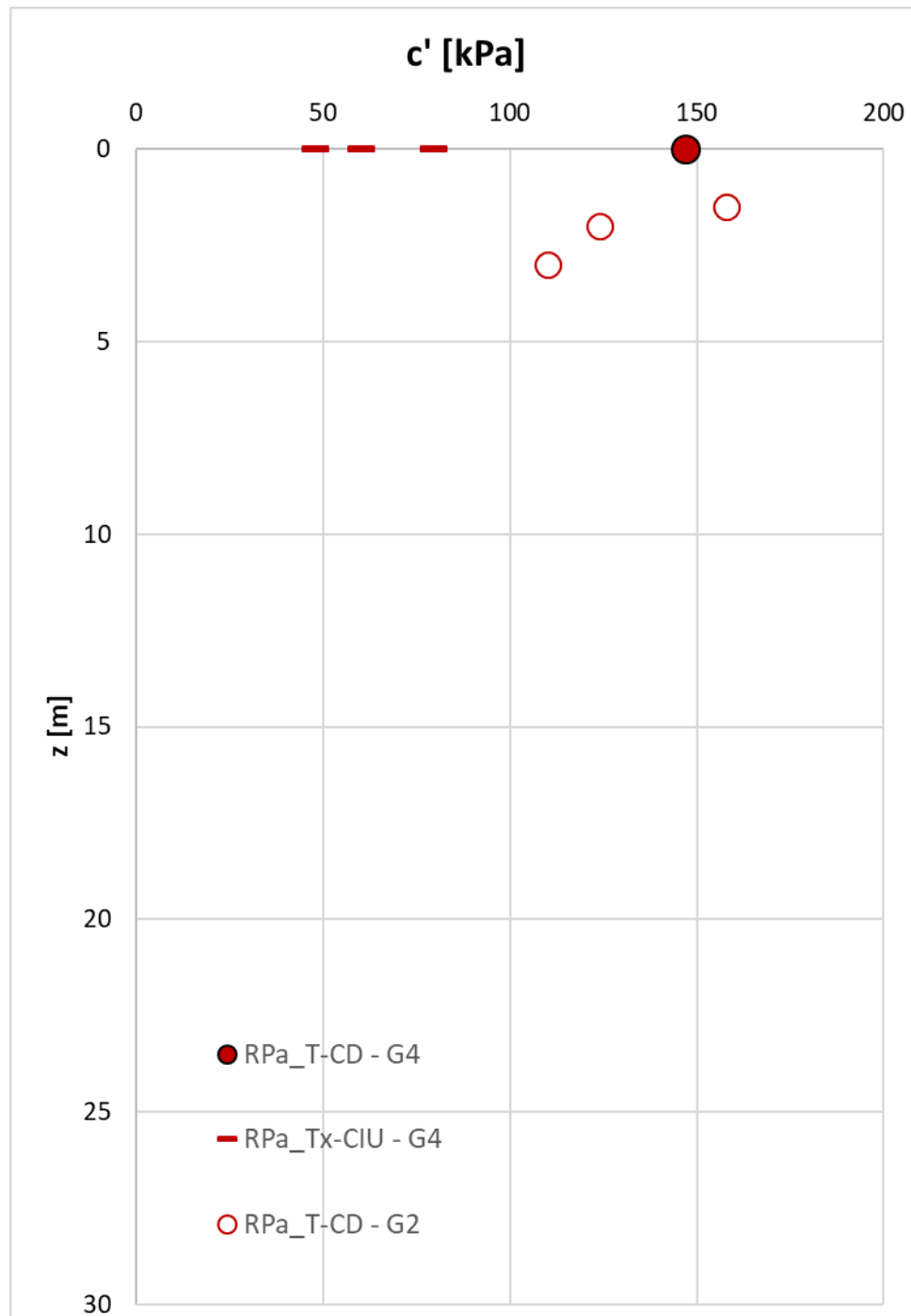


Figura 6-61 – Coesione efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – su campioni indisturbati

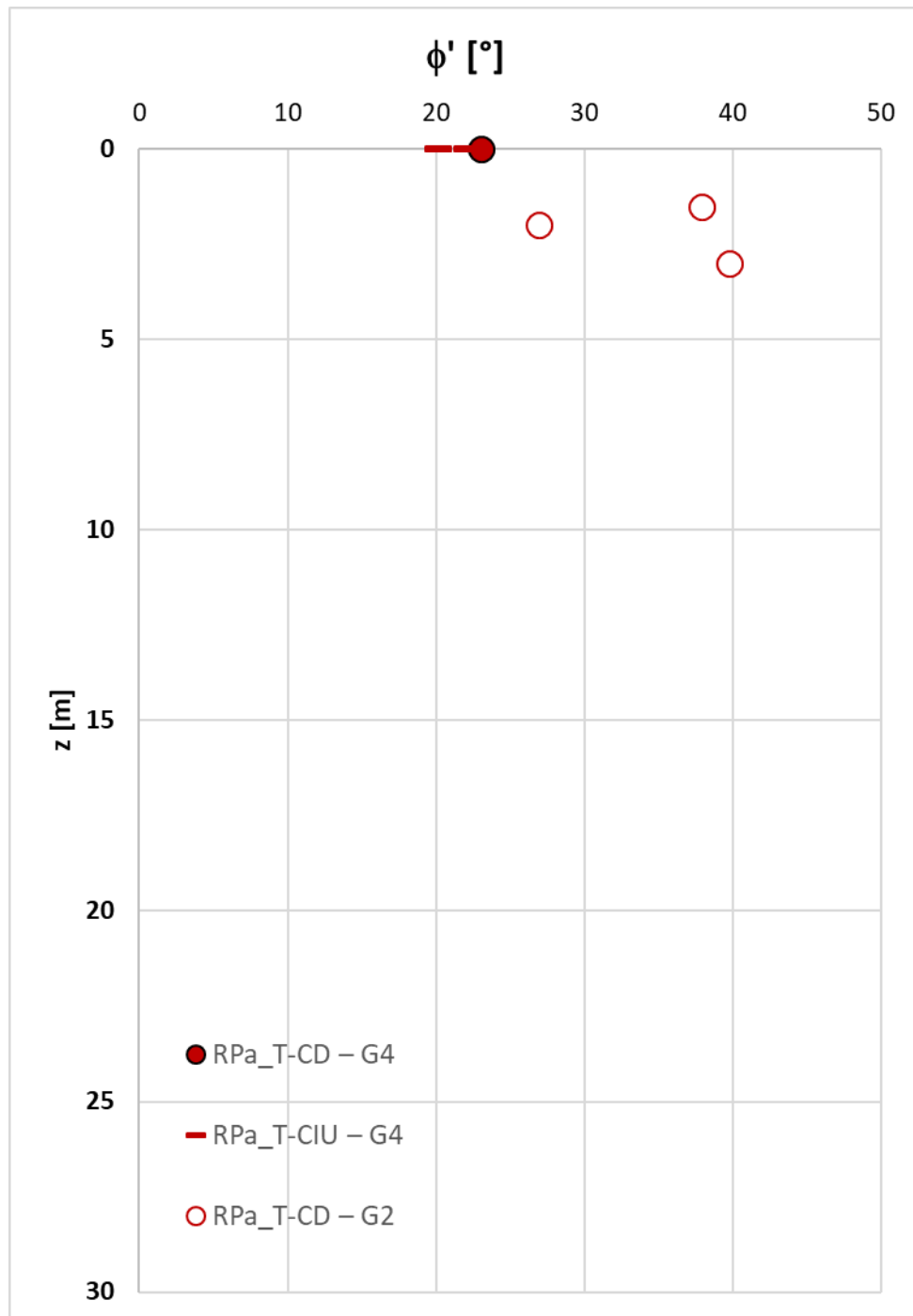


Figura 6-62 – Angolo di attrito efficace da prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – su campioni indisturbati

Il grafico seguente illustra le coppie  $c'$  e  $\phi'$  derivanti dalle prove di laboratorio e i relativi inviluppi.

La retta nera tratteggiata mostra l'involuppo ottenuto con i parametri di progetto scelti.

Come si può notare in figura, la retta nera tratteggiata che rappresenta l'involuppo ottenuto con i parametri di progetto scelti, corrisponde al limite inferiore dei valori ottenuti dalle prove di laboratorio.

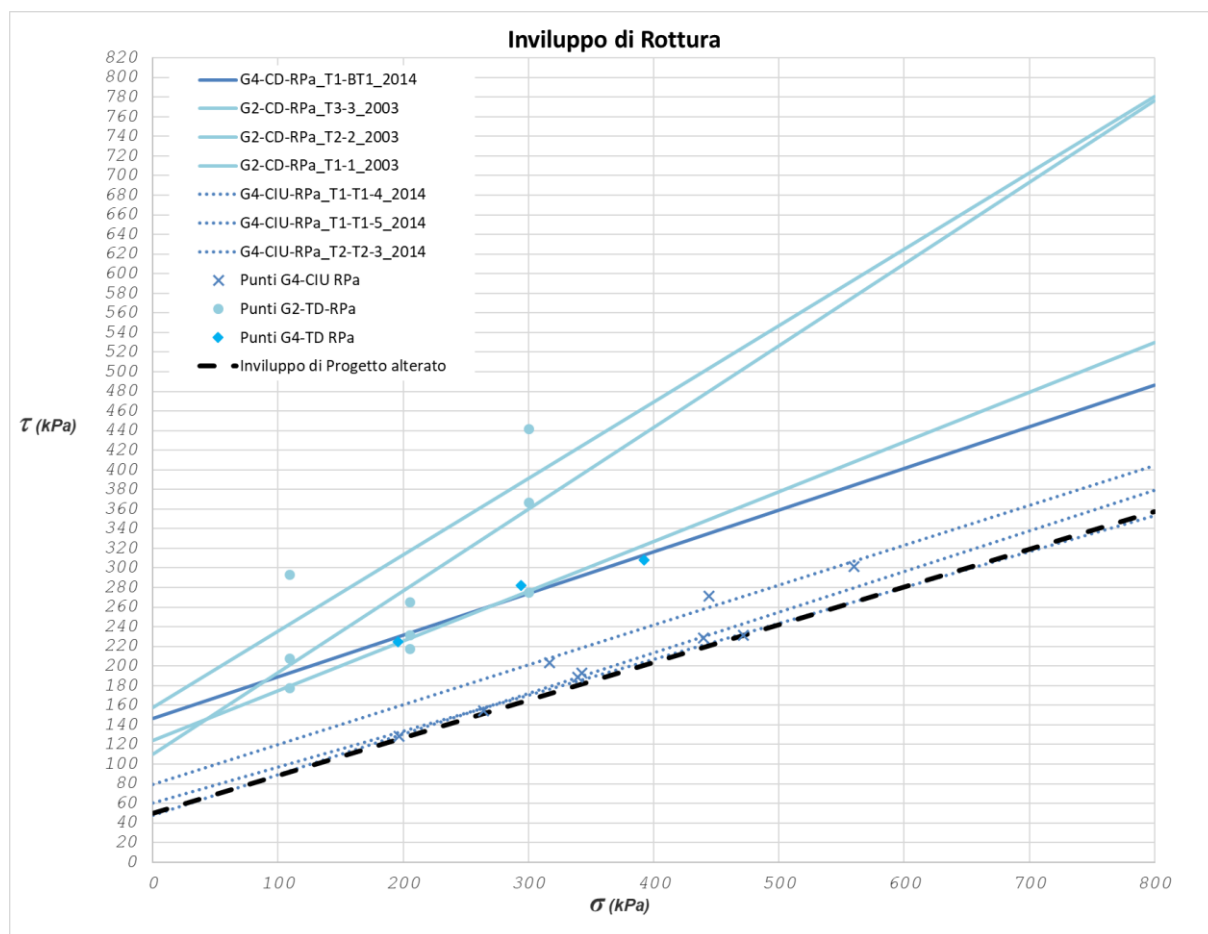



Figura 6-63 – Risultati delle prove di taglio (TD) e triassiali (Tx CID e Tx CIU) – confronto con parametri di progetto (Inviluppo di progetto Alterato).

Nella tabella che segue si riassumono gli ambiti di variabilità dei parametri ed i relativi valori caratteristici adottati per le analisi.

	Parametri di resistenza	
	c' [kPa]	φ' [°]
<b>Range</b>	42-158	20.1-39.8°
<b>Valori di inviluppo</b>	50	21

### 6.4.3 Caratteristiche di Deformabilità

Per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità è stata eseguita una prova edometrica, che fornisce un valore pari a 12.65 MPa (si veda Figura 6-64) e messa in relazione con le prove ELL disponibili per la sola discarica G4, determinando il rispettivo modulo di Young mediante la correlazione indicata al paragrafo 0 (si veda Figura 6-65). Come per le prove di resistenza al taglio, anche in questo caso sono stati impiegati campioni rimaneggiati che conducono, pertanto, a risultati non significativi.

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b>	
		<b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 116 of 145	

In Figura 6-64 sono riportati i valori di moduli edometrici stimati dalle prove CPT eseguite in corrispondenza della parte alterata della formazione che dovrebbe essere caratterizzata da proprietà meccaniche meno prestanti. I valori restituiti dalle CPT in tale strato risultano nettamente superiori a quelli derivanti dalle prove edometriche.

I moduli di deformazione sono stati, pertanto, valutati considerando le prove sismiche, ovvero determinando il modulo di deformazione iniziale  $E_0$  e derivandone il modulo operativo come indicato al paragrafo 5.3.

Il modulo di deformazione a piccoli spostamenti  $G_0$  è invece determinato dalle indagini sismiche. Per l'unità in esame sono state considerate le Masw 1A, 2A, 3A-3R. In Figura 6-66 sono riportate le velocità delle onde di taglio e in Figura 6-67Figura 6-16 i moduli da esse derivati, confrontate con quelle derivanti dalle sismiche eseguite nella discarica G4; per l'unità in oggetto si faccia riferimento alla linea puntinata.

I relativi parametri sono crescenti con la profondità; nelle medesime immagini di cui sopra è riportata la retta che linearizza mediamente tale andamento (prendendo a riferimento la MASW1A), individuabile mediante le seguenti relazioni:

$$V_s = 240 + z \cdot 12.5 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 110 + z \cdot 14.5 \text{ MPa}$$

dove  $z$  è la profondità rispetto alla quota iniziale dell'unità considerata.

In Figura 6-68 sono riportati i moduli operativi impiegati a partire dalle considerazioni fatte per i  $G_0$ ; si considera un range di valori compresi tra 30 e 60MPa.

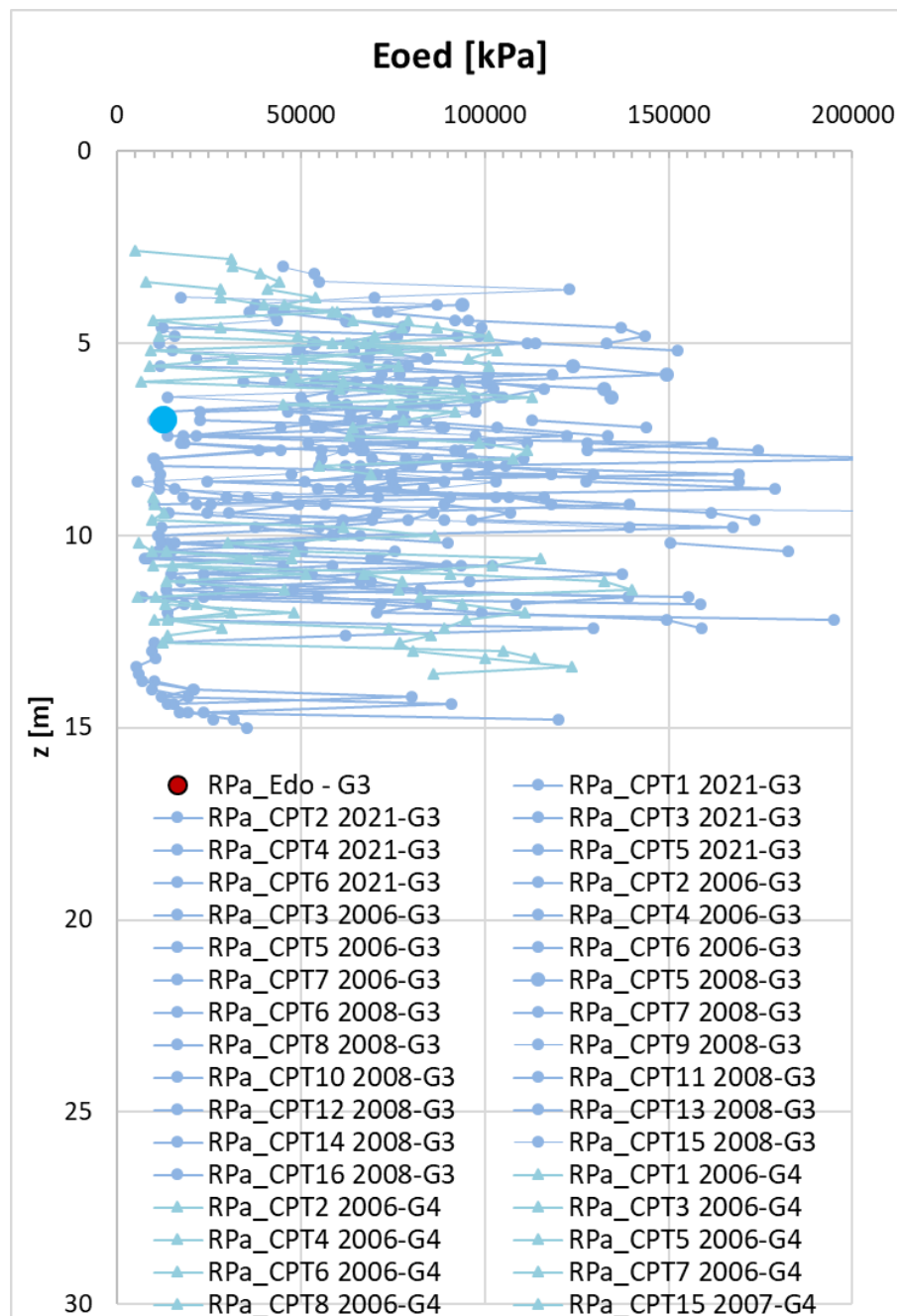


Figura 6-64 – Moduli edometrici da CPT

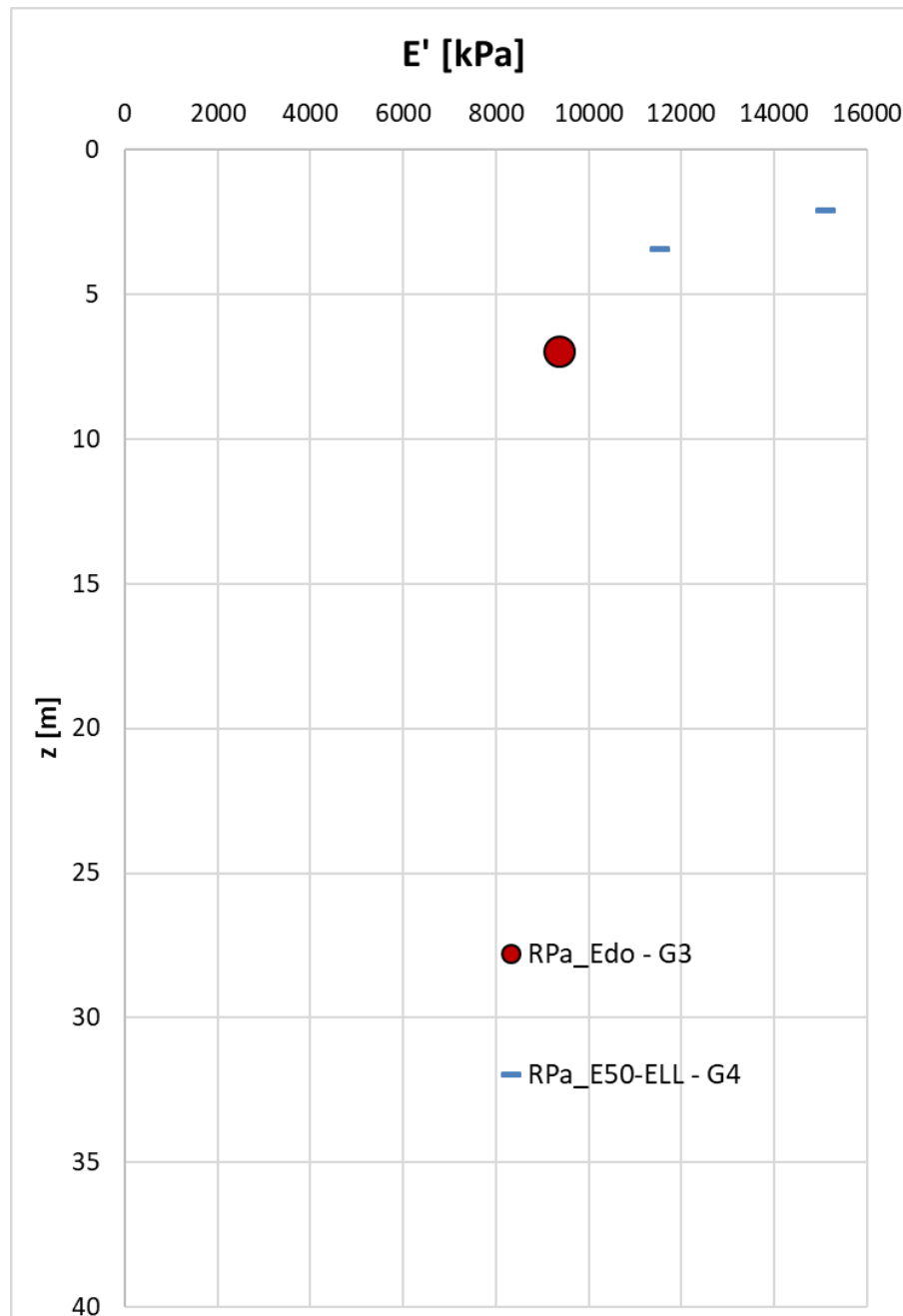


Figura 6-65 – Moduli elastici da prove di laboratorio (Edo) e ELL

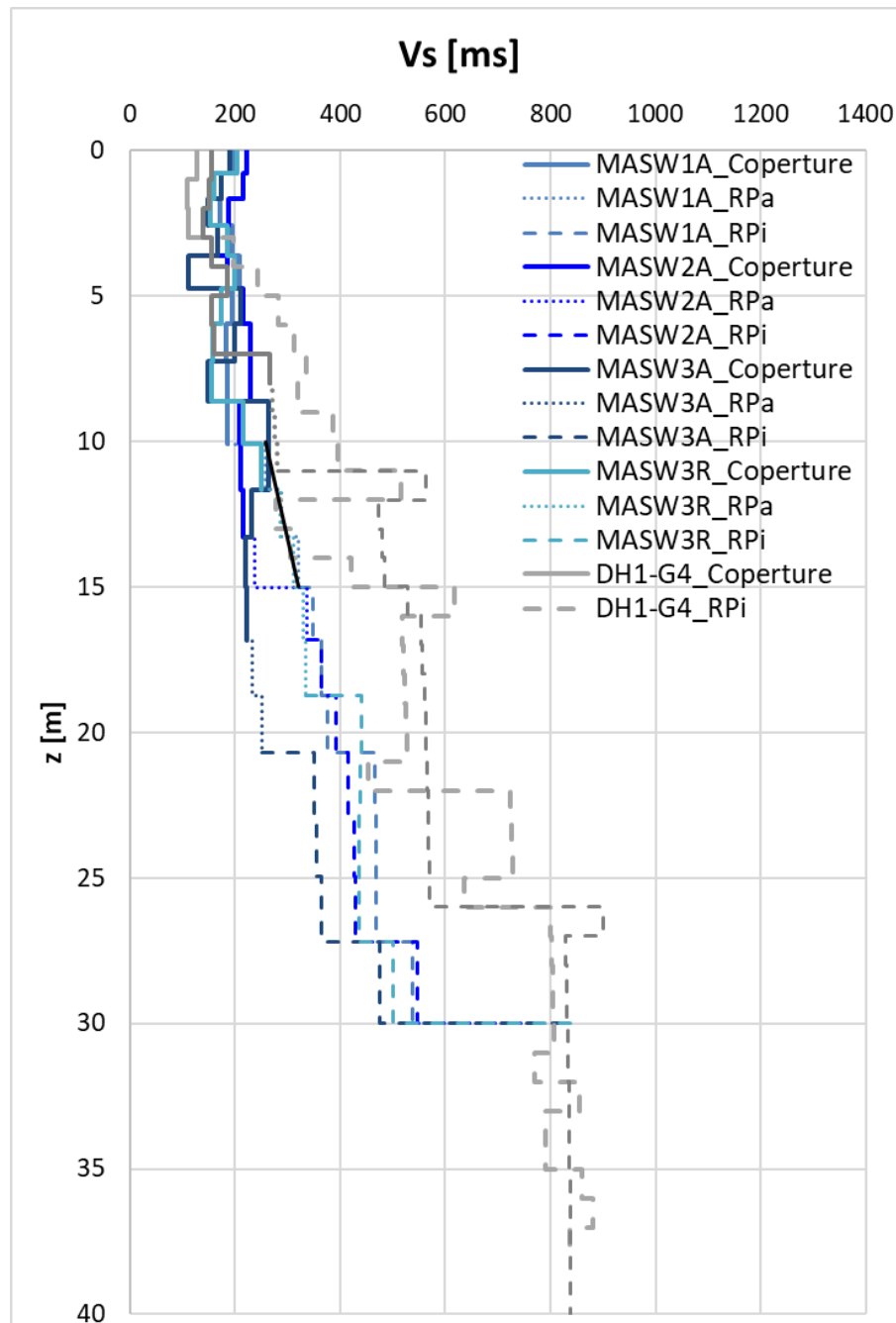


Figura 6-66 – Velocità delle onde di taglio Vs



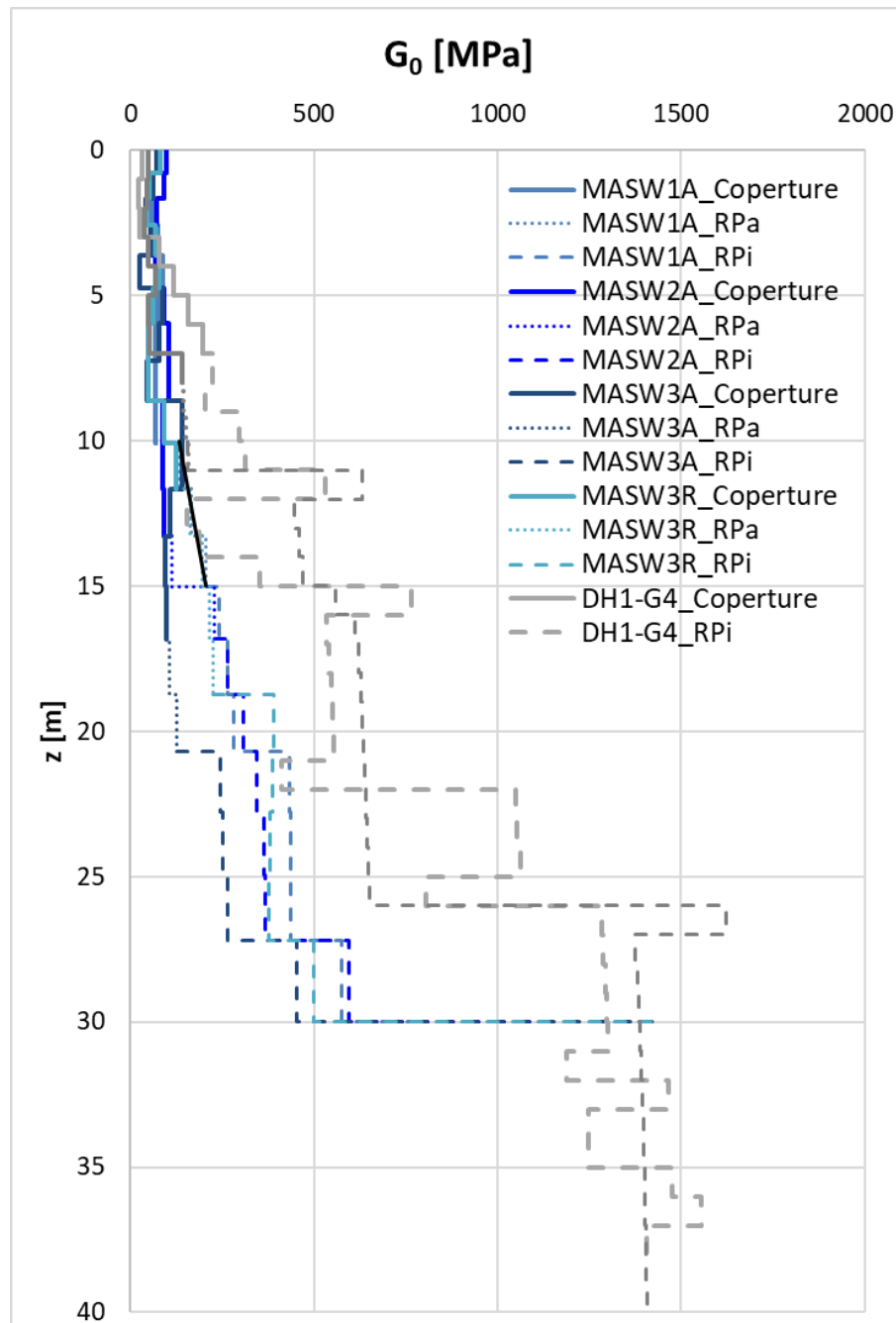


Figura 6-67 – Moduli di taglio iniziale  $G_0$

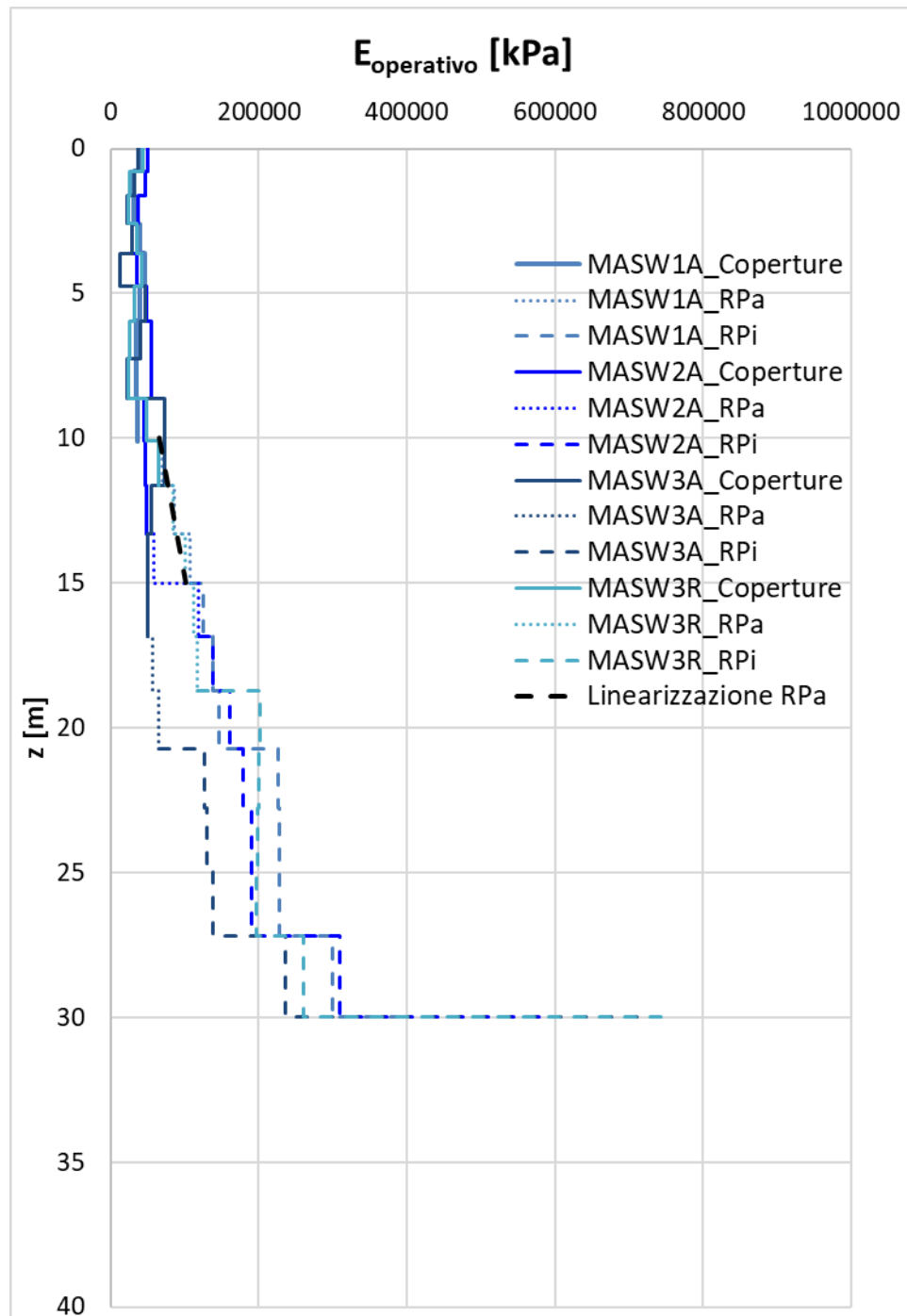


Figura 6-68 – Moduli Operativi

#### 6.4.4 Stato tensionale in sito

Il grado di sovraconsolidazione e il POP sono state stimate dalle prove CPT e da un'unica prova edometrica eseguita in questo litotipo.

La prova edometrica indica un valore di OCR pari a 3.8; mentre da CPT i valori si possono considerare compresi mediamente tra 1.6 a 5; mentre il POP ha un valore pari a 420 kPa da prove edometriche e valori compresi tra 120 e 500 kPa da CPT.

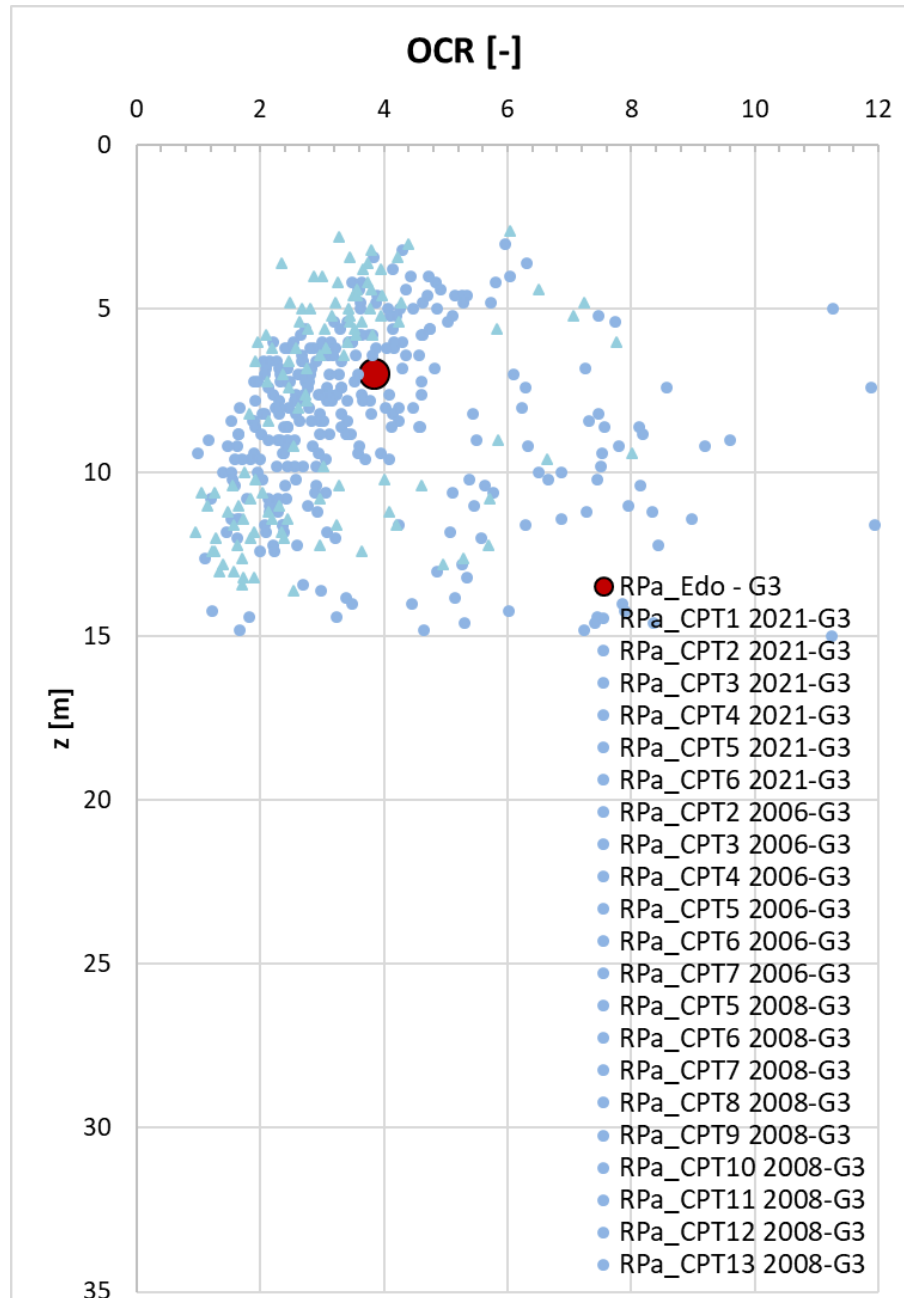


Figura 6-69 – OCR da Edometria e CPT

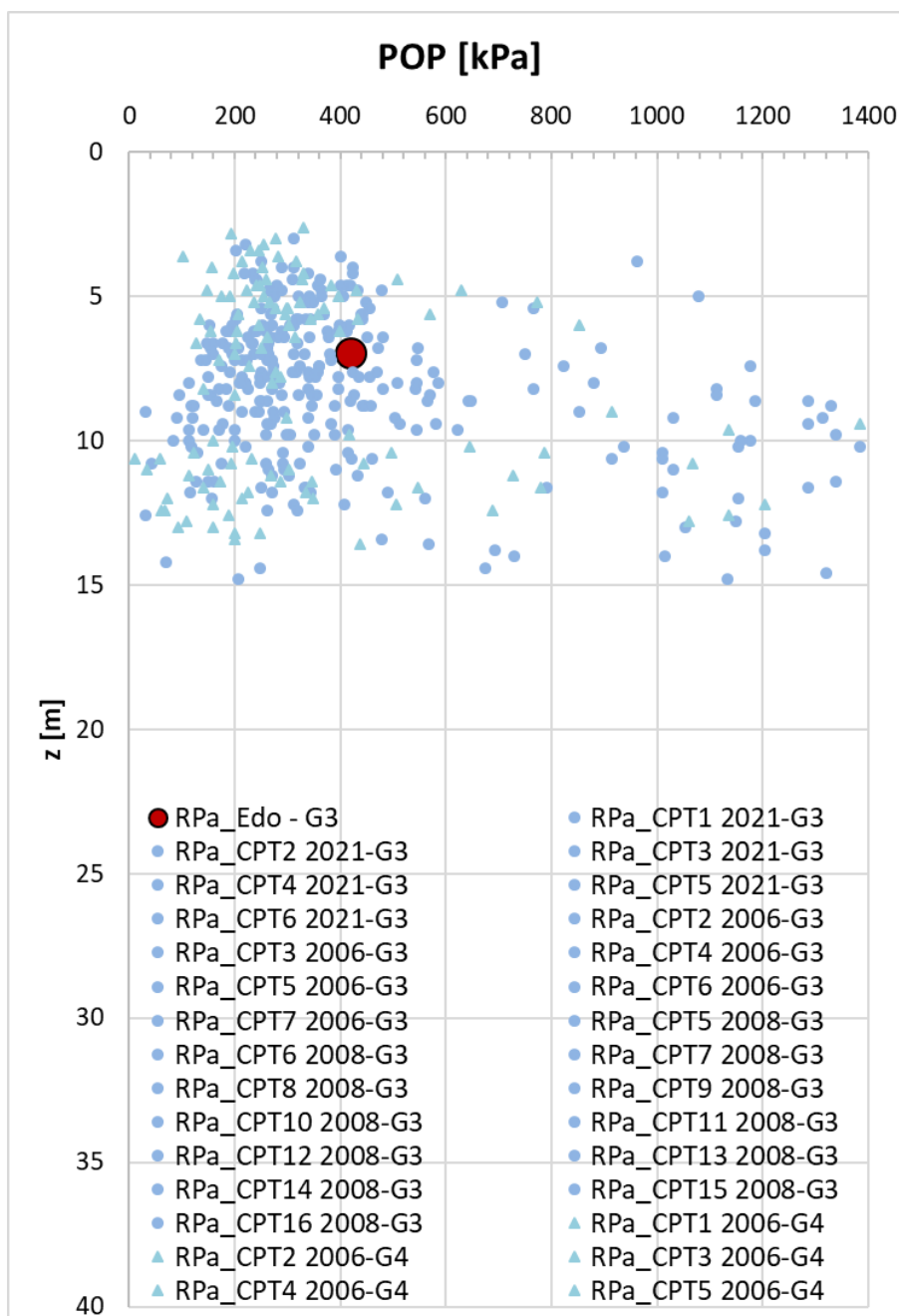


Figura 6-70 – POP da edometria e CPT

#### 6.4.5 Caratteristiche Idrauliche

Le caratteristiche di permeabilità sono state desunte dall'unica prova edometrica eseguita che indica un valore di  $6.6 \cdot 10^{-11}$  m/s.

Si fa presente, in ogni caso, che la parte alterata delle formazioni che interessa lo strato fondante della discarica verrà rimossa o trattata a calce. Pertanto tale valore non sarà significativo ai fini del progetto.

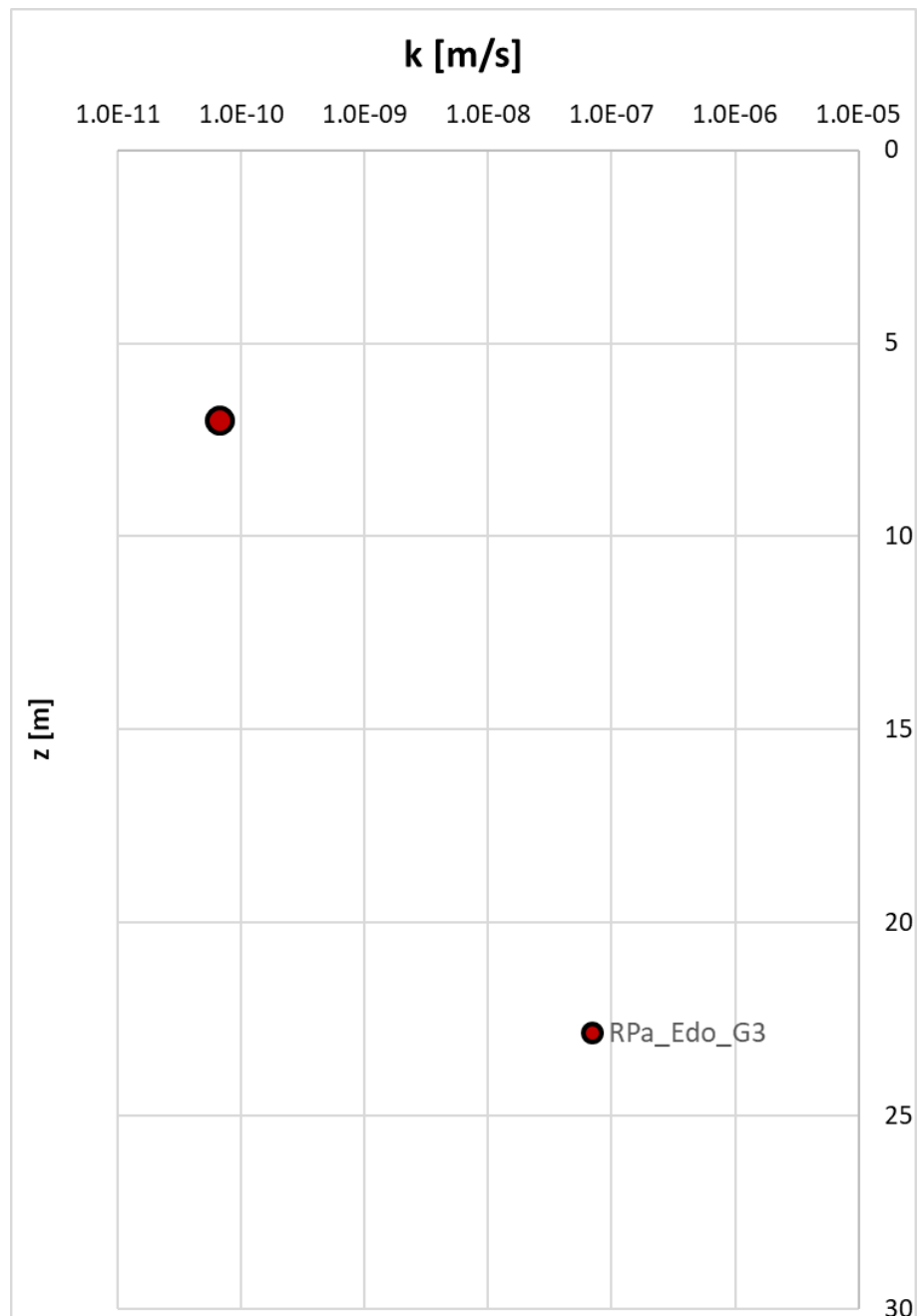



Figura 6-71 – Permeabilità da prove CPT

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no.</b> <b>Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 125 of 145	

## 6.5. Unità Geotecnica DepFr, DetRip e All

Nel presente paragrafo si riportano le risultanze relative alle unità: depositi di frana (DepFr); coltri detritiche e Riporti (DetRip) e deposito alluvionale (All). Data la dominanza dei depositi di frana rispetto alle altre unità, verranno trattate contestualmente e verranno attribuite alle unità DetRip e All le medesime caratteristiche geotecniche.

### 6.5.1 Caratteristiche Fisiche

Le unità geotecniche in oggetto rappresentano gli strati superficiali, che laddove interferenti con la discarica verranno opportunamente rimossi. Trattasi di terreni di tipo coesivo, ovvero limi con argilla da sabbiosi a debolmente sabbiosi (Figura 6-73 - Figura 6-75).

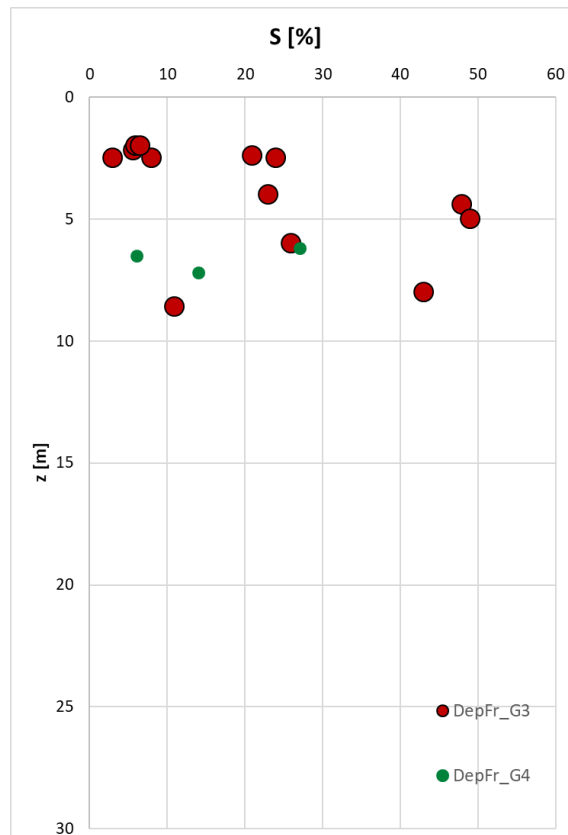
Il contenuto di umidità naturale e l'indice plastico hanno valori compresi rispettivamente tra il 14.8 e il 21.9% e tra il 24.3 e il 26.7% (Figura 6-77, Figura 6-77).

Dalla carta di plasticità di Casagrande, il materiale ricade a cavallo della zona delle argille inorganiche/organiche e limi organici ad elevata plasticità (CH o OH, CL o OL), vedasi Figura 6-79.

L'indice di consistenza è maggiore dell'unità, indicando un terreno di consistenza solida (Figura 6-77).

Il peso di volume è stato stimato dalle prove di laboratorio e risulta compreso tra 19.5-20.2 kN/m<sup>3</sup>; con un valore medio di circa 19.7kN/m<sup>3</sup>; in Figura 6-72 sono illustrate le risultanze delle prove di laboratorio confrontate con i dati ottenuti dalle CPT.







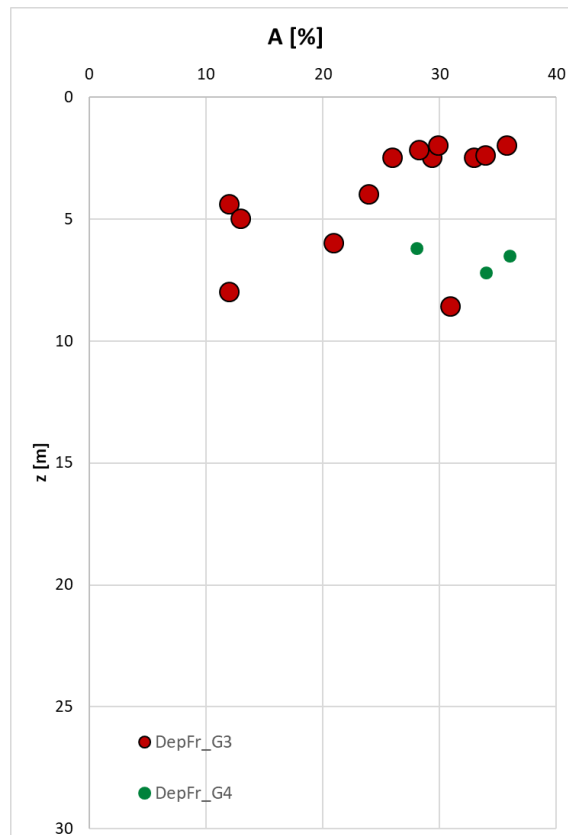
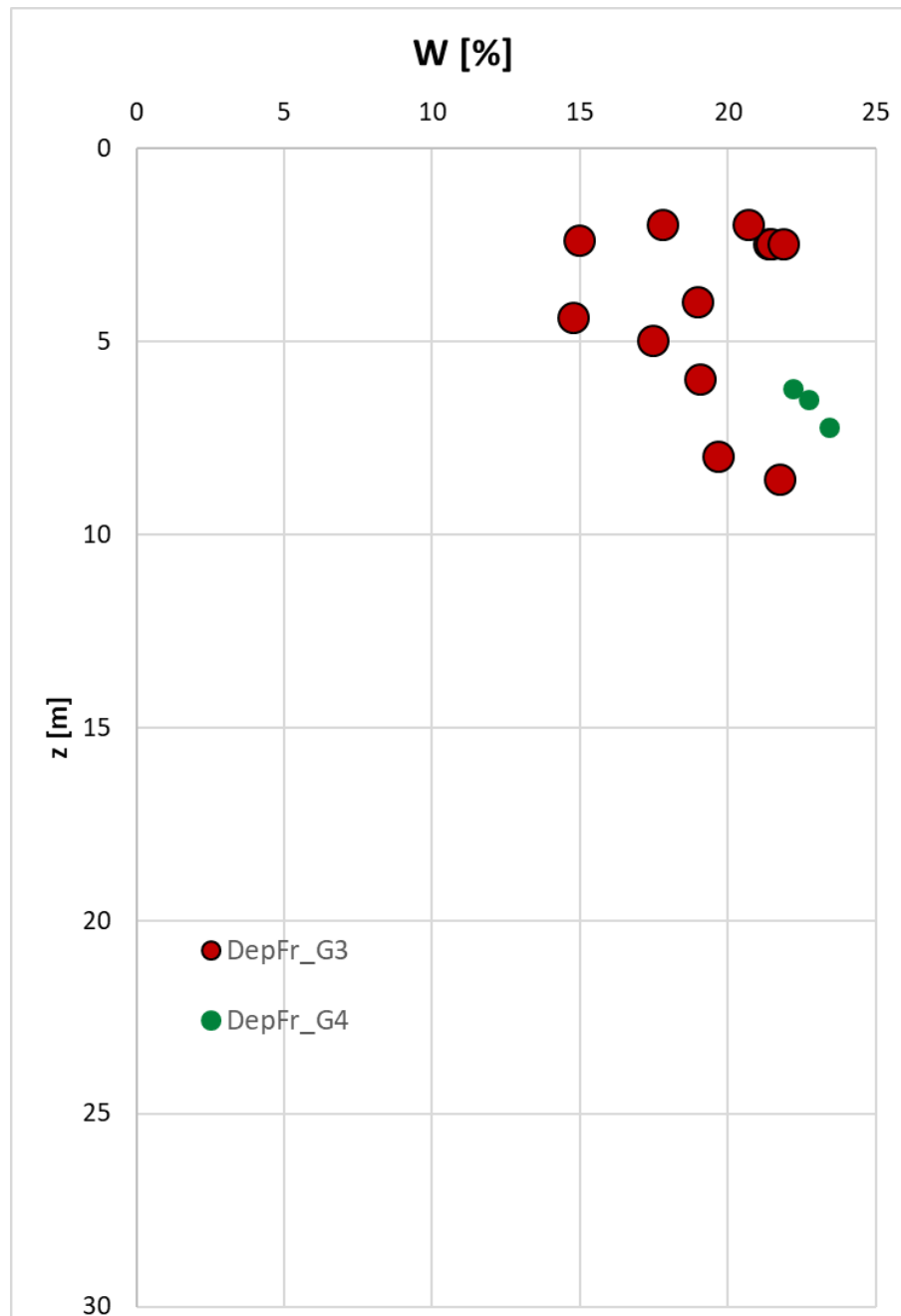


Figura 6-75 – Contenuto di argilla da granulometria





Sogliano Ambiente S.p.A.

Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3 - Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica

Doc.no.

Ara G3 PD RG 03.01

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 130 of 145

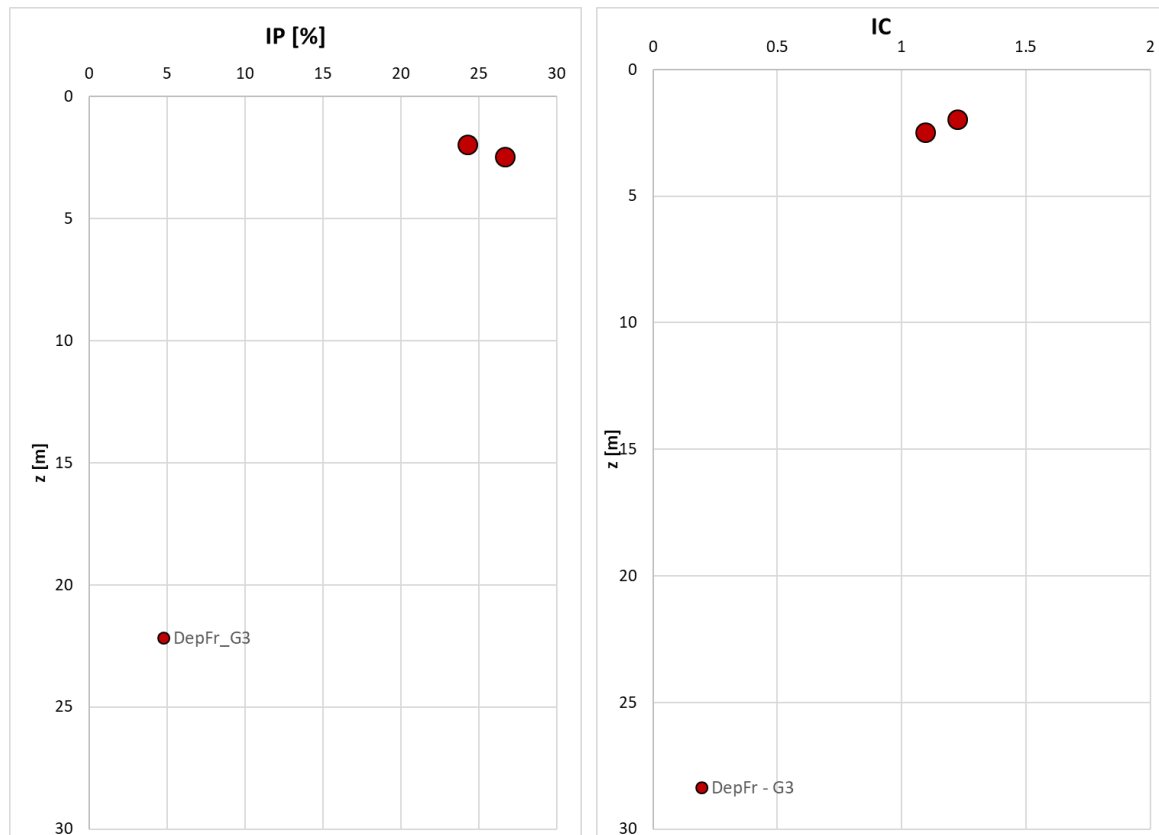


Figura 6-77 – Indice Plastico e di Consistenza da prove di laboratorio

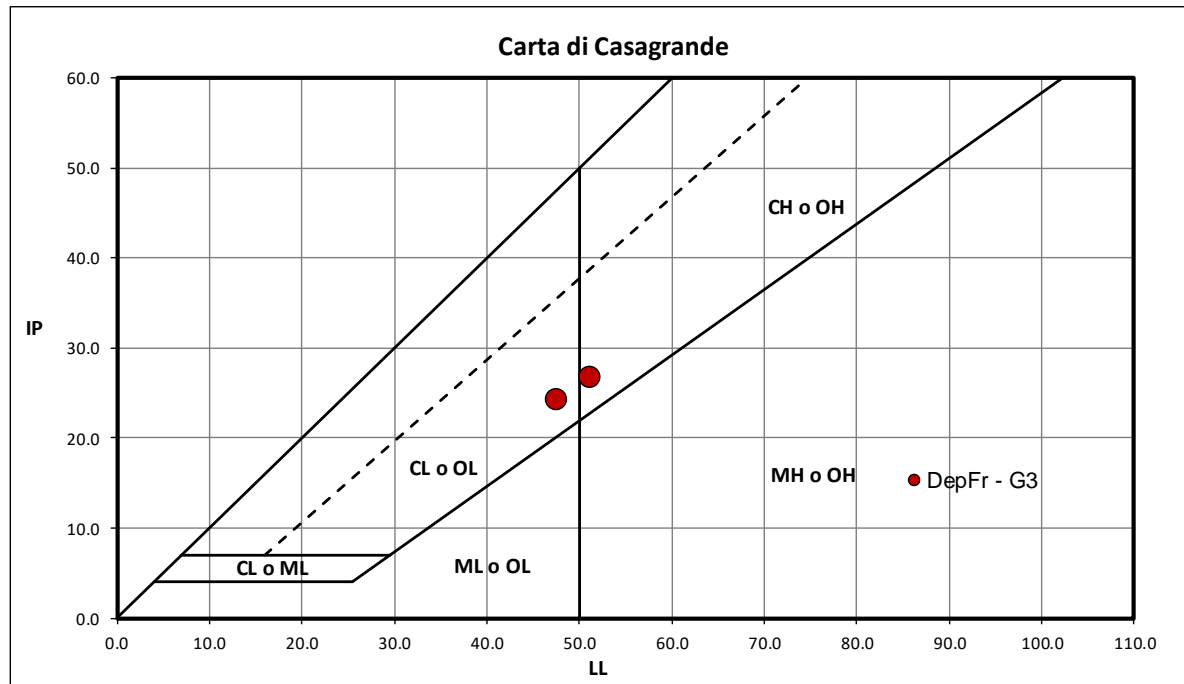
#### CARATTERISTICHE DI PLASTICITÀ

Indice Plastico IP	Caratteristiche di plasticità del terreno
$0 < IP \leq 5$	Non plastico
$5 < IP \leq 15$	Poco plastico
$15 < IP \leq 40$	Plastico
$IP > 40$	Molto plastico

#### CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

Indice di Consistenza IC	Condizione	Caratteristiche di consistenza del terreno
$IC < 0$	$W_n > W_{ll}$	Fluida
$0.00 < IC \leq 0.25$	$W_n < W_{ll}$	Fluidoplastica
$0.25 < IC \leq 0.50$		Molle-plastica
$0.50 < IC \leq 0.75$		Plastica
$0.75 < IC \leq 1.00$		Solidoplastica
$IC > 1$	$W_n > W_{lr}$	Semisolida
$IC > 1$	$W_n < W_{lr}$	Solida

Figura 6-78 – Caratteristiche di consistenza e plasticità ( $W_{ll}$  è il limite liquido,  $W_{lr}$  è il limite di ritiro)


**Legenda**

<b>ML</b>	Limi inorganici da bassa a media plasticità
<b>CL</b>	Argille inorganiche da bassa a media plasticità
<b>OL</b>	Limi e argille organiche di bassa plasticità
<b>MH</b>	Limi inorganici di alta plasticità
<b>CH</b>	Argille inorganiche di alta plasticità
<b>OH</b>	Argille organiche da media a alta plasticità

**M = Limi**  
**C = Argille**  
**O = Sostanze organiche**  
  
**L = bassa plasticità**  
**H = alta plasticità**

Figura 6-79 – Carta di plasticità di Casagrande

## 6.5.2 Caratteristiche di Resistenza

Le caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate sono state valutate a partire dalle prove di laboratorio di taglio diretto (si vedano Figura 6-80, Figura 6-81 e Figura 6-82). I valori di angolo di attrito e di coesione efficace sono compresi nei seguenti range:

$$c' = 5 - 35 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 23 - 29^\circ$$

Le caratteristiche di resistenza al taglio non drenata sono state valutate a partire dalle prove triassiali non consolidate non drenate e dalle ELL e confrontate con i valori determinati mediante le prove speditive di Pocket Penetrometer e Vane test eseguite sulle carote e con quelli di CPT. I valori derivanti dalle prove triassiali sono compresi tra 64 e 150 kPa, quelli derivanti da ELL sono compresi tra 168.5 e 232 kPa, quelli derivanti da pocket penetrometer, vane test hanno valori dispersi compresi tra 50 kPa e 300 kPa (limite strumentale), mentre quelli delle CPT hanno valori crescenti da 50 a 300 kPa circa da 0 a 15m dal p.c..

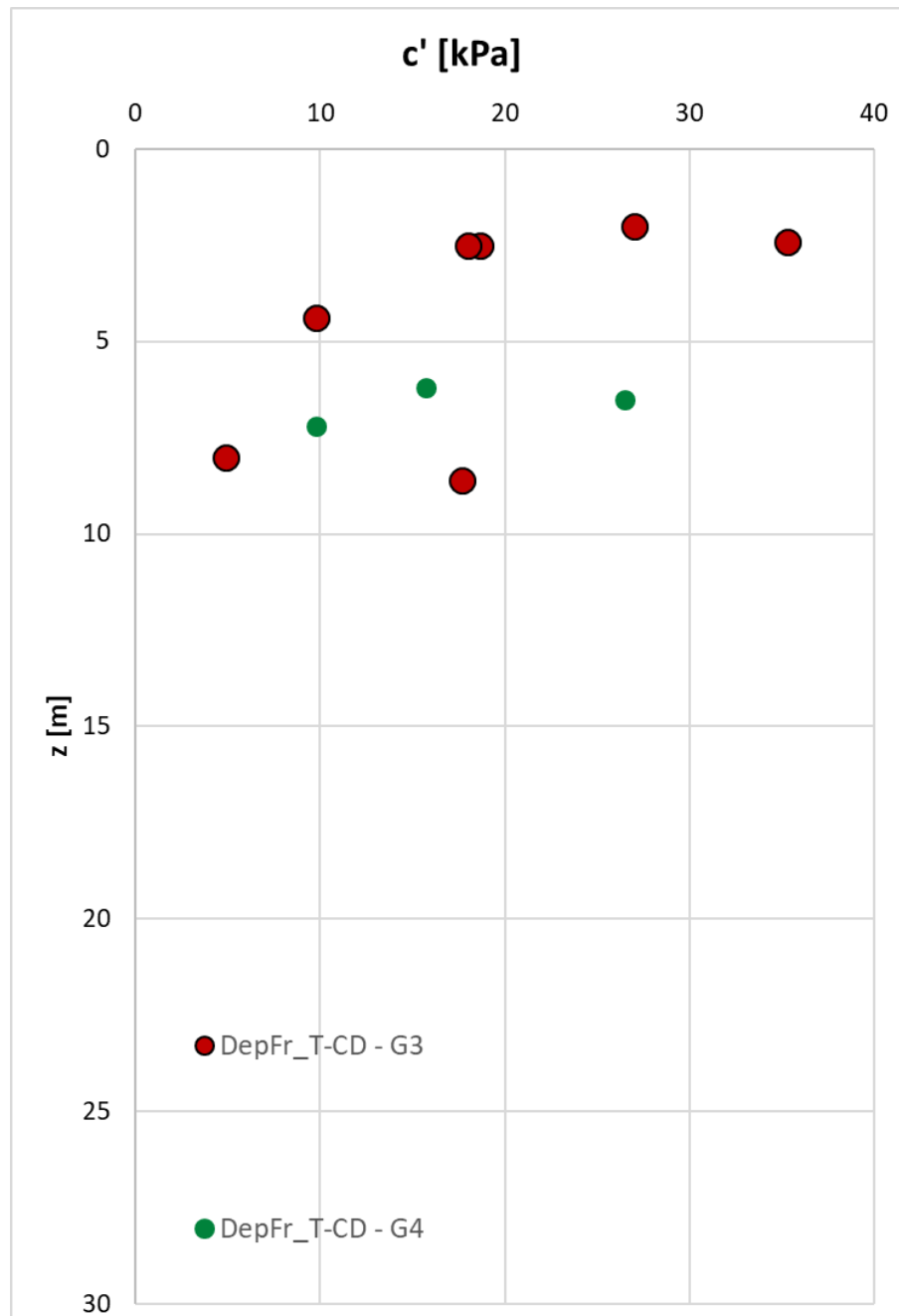


Figura 6-80 – Coesione efficace da prove di taglio (TD)

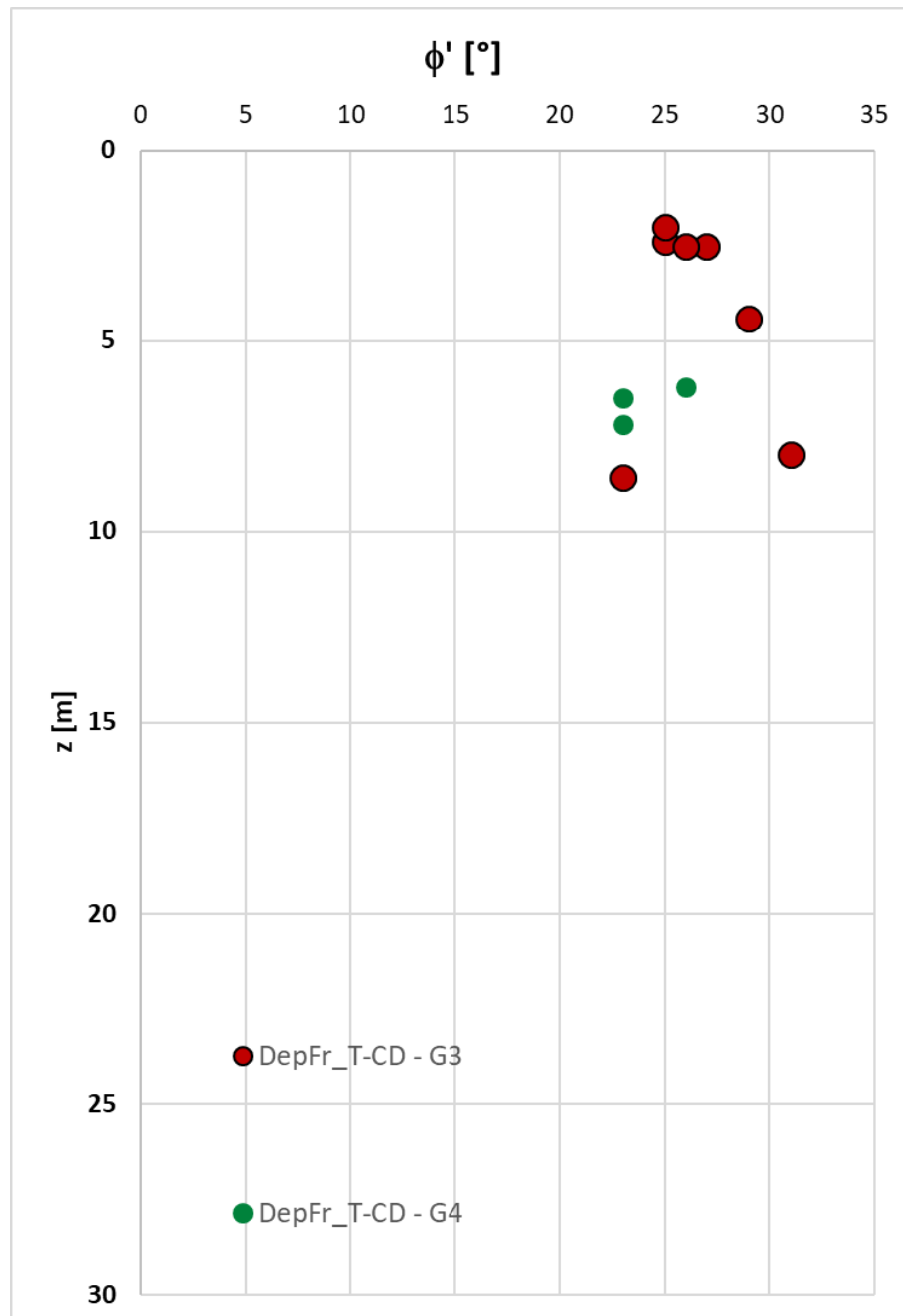


Figura 6-81 – Angolo di attrito efficace da prove di taglio (TD)

Il grafico seguente illustra le coppie  $c'$  e  $\phi'$  derivanti dalle prove di laboratorio e i relativi inviluppi.

La retta nera tratteggiata mostra l'inviluppo ottenuto con i parametri di progetto scelti.

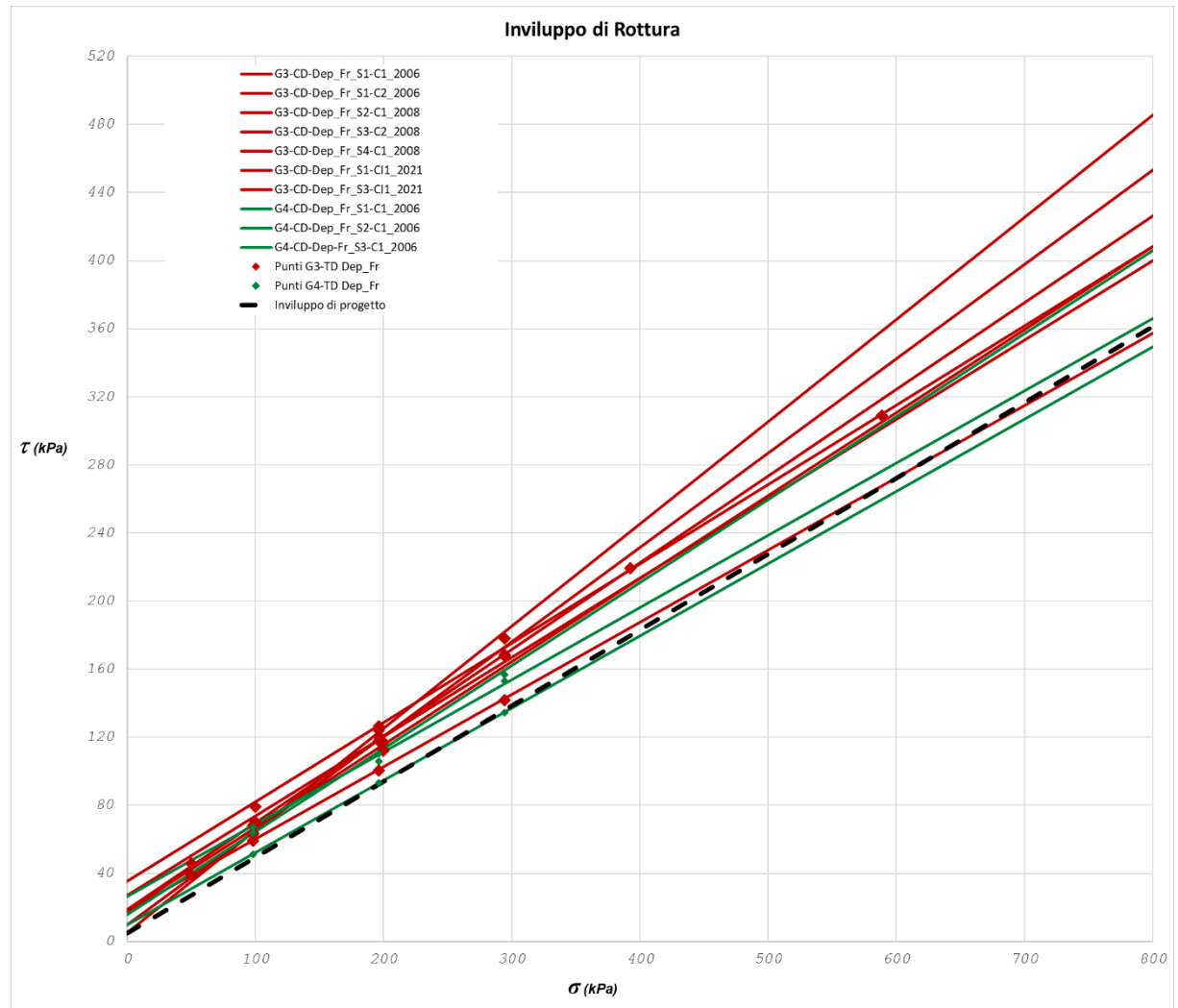


Figura 6-82 – Risultati delle prove di taglio (TD) – confronto con parametri di progetto (Inviluppo di progetto).

Nella tabella che segue si riassumono gli ambiti di variabilità dei parametri ed i relativi valori caratteristici adottati per le analisi.

	Parametri di resistenza	
	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
<b>Range</b>	5 - 35	23-29°
<b>Valori di inviluppo</b>	5	24

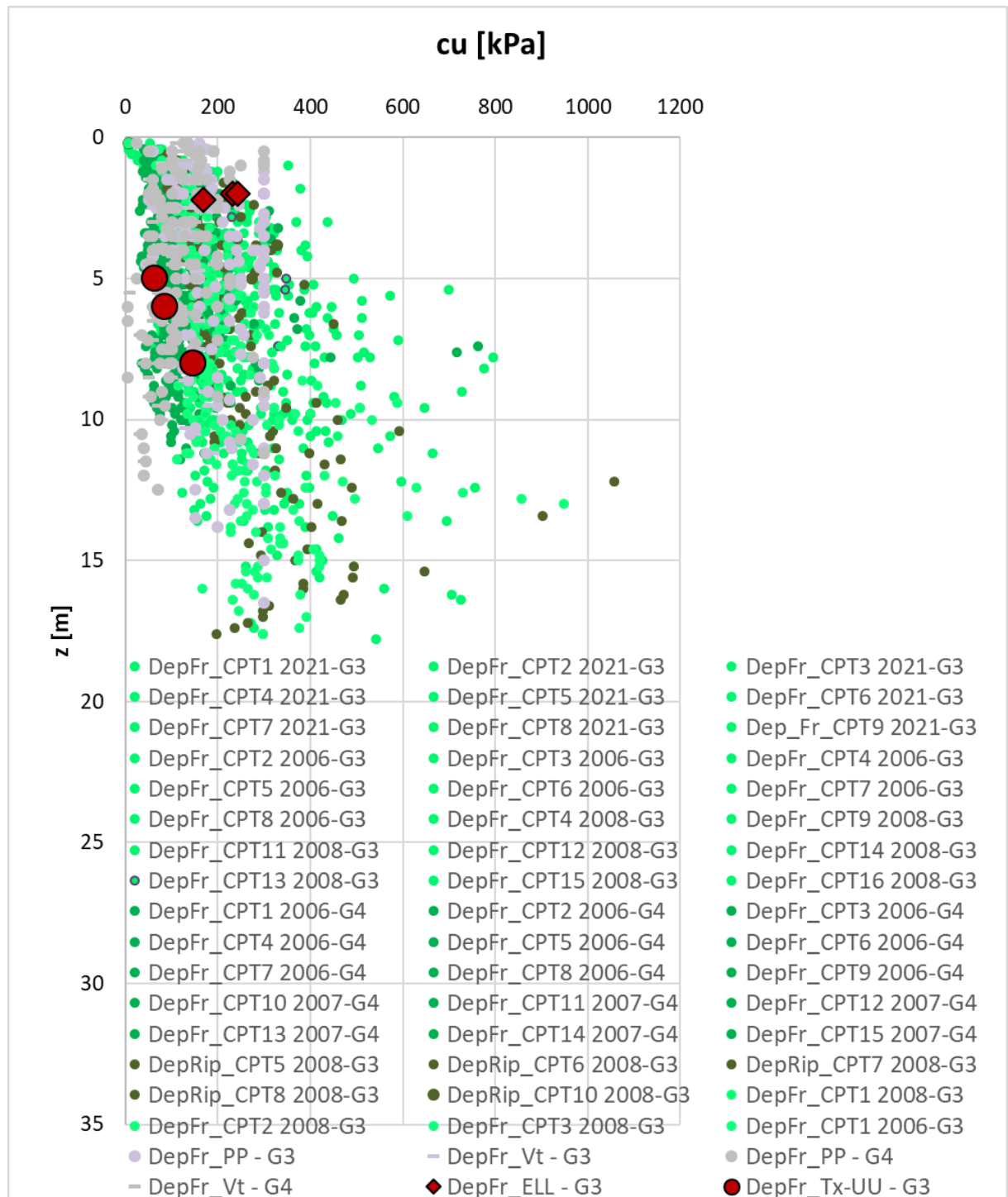


Figura 6-83 – Coesione non drenata da triassiale (Tx-UU), ELL, Pocket Penetrometer (PP) e Vane test (VT)

### 6.5.3 Caratteristiche di Deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità per il litotipo in oggetto sono state stimate dalle prove edometriche.

Come illustrato in Figura 6-84, i moduli derivanti dalle prove edometriche forniscono valori compresi tra 4.5 e 5.7 MPa; mentre dalle prove CPT si ha un andamento crescente dei moduli variabili da 4.5 a 10 MPa andando da 0 a 17.5m dal p.c..





**Sogliano Ambiente S.p.A.**

**Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune  
di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3  
- Progettazione definitiva  
Relazione Geotecnica**

**Doc.no.**

**Ara G3 PD RG 03.01**

Rev. 2

Date: Settembre-22

Pag. 136 of 145

In Figura 6-85 sono riportati i moduli elastici ricavati dalle prove di laboratorio mediante la correlazione indicata al paragrafo 0 e quelli derivati dalle prove ELL disponibili che riguardano la sola discarica G4.

Il modulo elastico non drenato è stato valutato mediante la correlazione che lo lega alla coesione non drenata ed al grado di sovraconsolidazione (si veda il paragrafo 0); pertanto dai valori di  $c_u$  determinati dalle prove triassiali non consolidate e non drenate (Tx-UU) e dai valori derivanti dalle ELL.

Relativamente all'OCR, come indicato nel paragrafo che segue, tenendo conto delle edometrie e dei valori ricavati da CPT, si ha una dispersione di valori, ma cautelativamente si considerano superiori a 5. Per l'indice plastico si considera, a favore di sicurezza, un IP compreso tra 30 e 50. Pertanto per la valutazione del modulo non drenato, si considera tale coefficiente moltiplicativo delle  $c_u$ :

OCR	Eu/Su		
	IP<30	30<IP<50	IP>50
<3	800	400	200
3--5	500	300	150
>5	300	200	100

I valori di modulo non drenato ha valori compresi tra 12.9 e 48.7 MPa.

Il modulo di deformazione a piccoli spostamenti  $G_0$  è invece determinato dalle indagini sismiche. Per l'unità in esame sono state considerate tutte le Masw e Down Hole impiegate per caratterizzare gli altri litotipi. In Figura 6-87 sono riportate le velocità delle onde di taglio e in Figura 6-88 i moduli da esse derivati, confrontate con quelle derivanti dalle sismiche eseguite nella discarica G4 e per semplicità di lettura sono state indicate solo le grandezze attribuite al litotipo in esame.

I parametri sono compresi all'interno del seguente range:

$$V_s = 125 \div 230 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 30 \div 107 \text{ MPa}$$

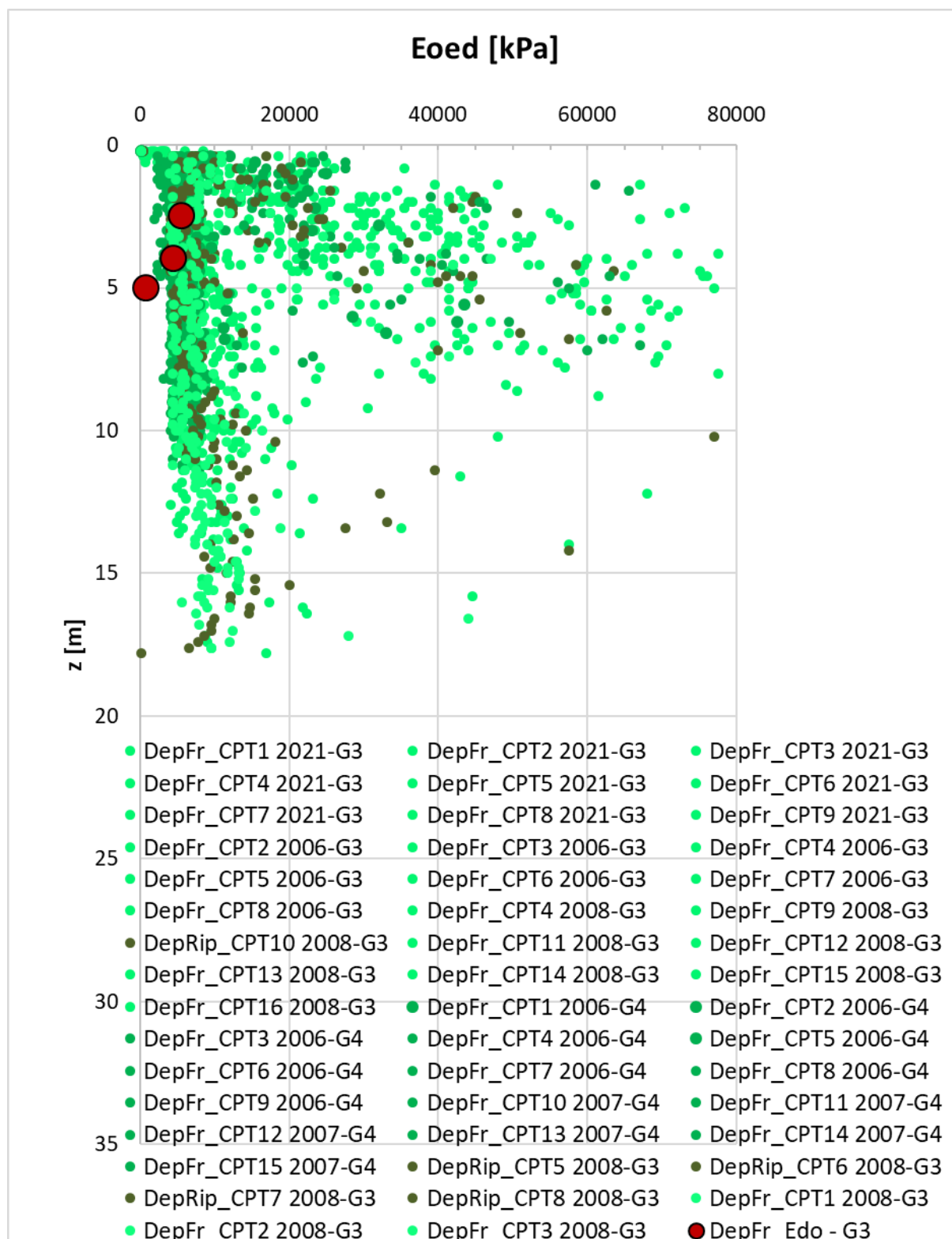


Figura 6-84 – Moduli edometrici da prove di laboratorio (Edo) e da CPT

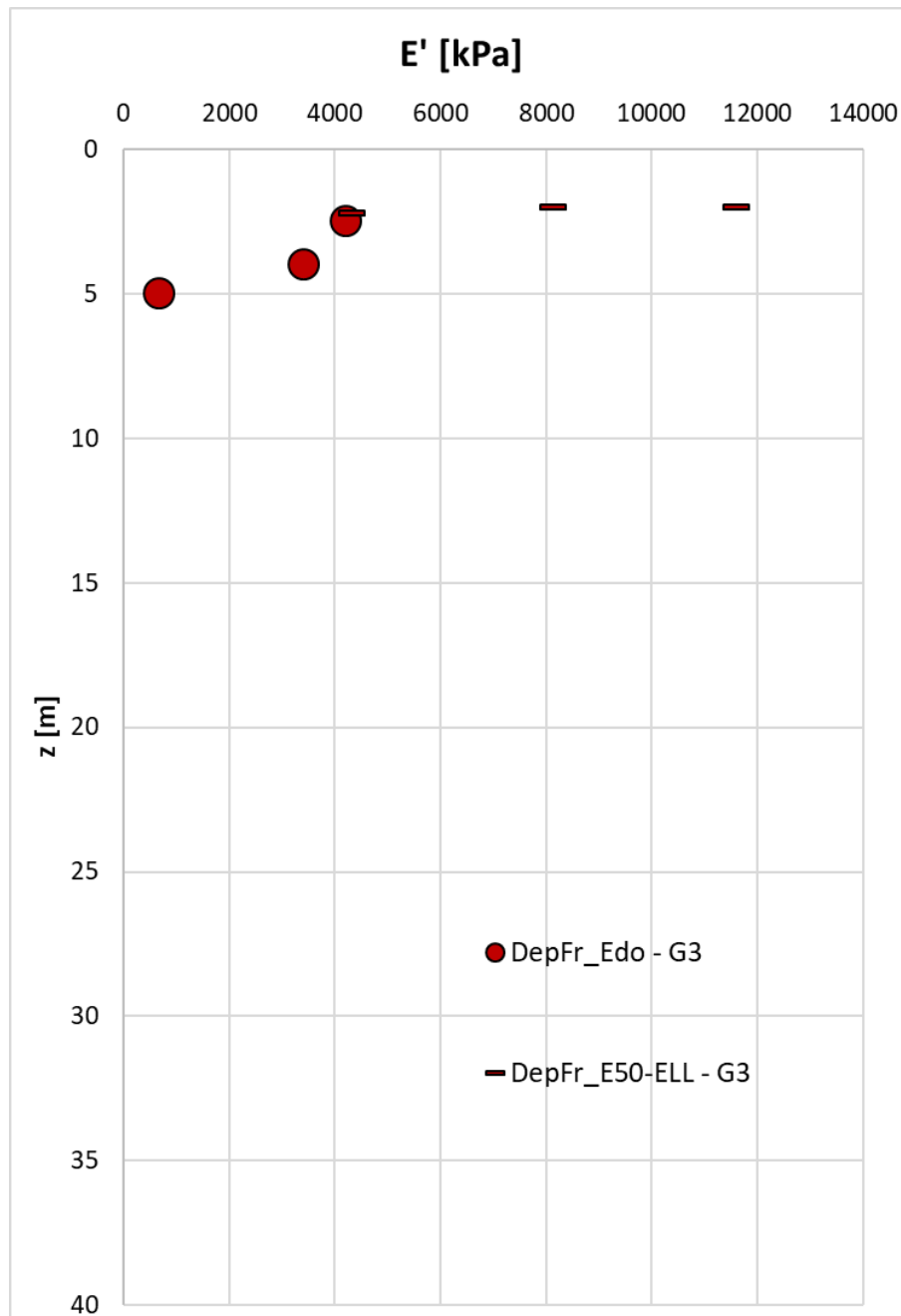


Figura 6-85 – Moduli elastici da prove di laboratorio (Edo) e ELL

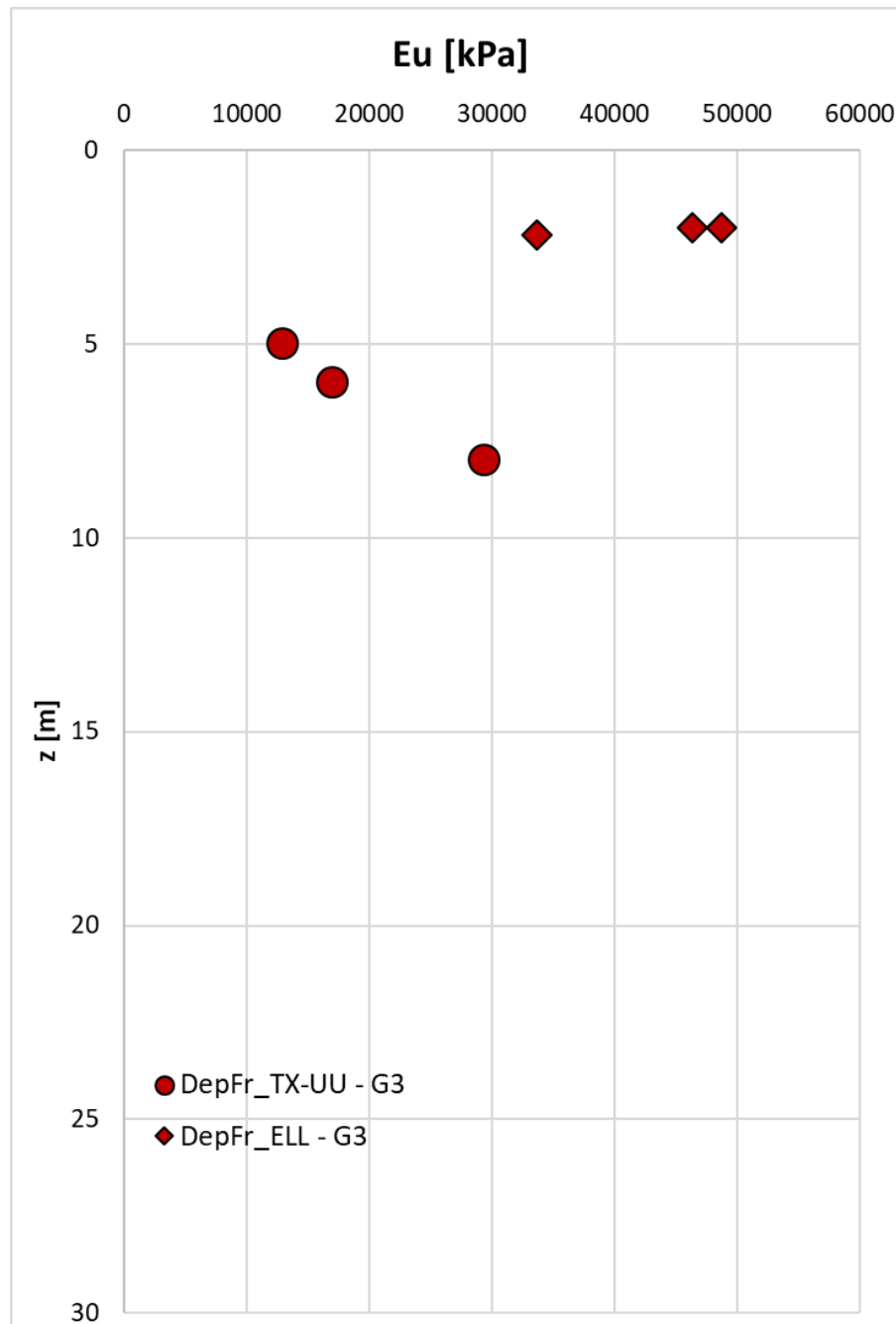


Figura 6-86 – Moduli non drenati Eu

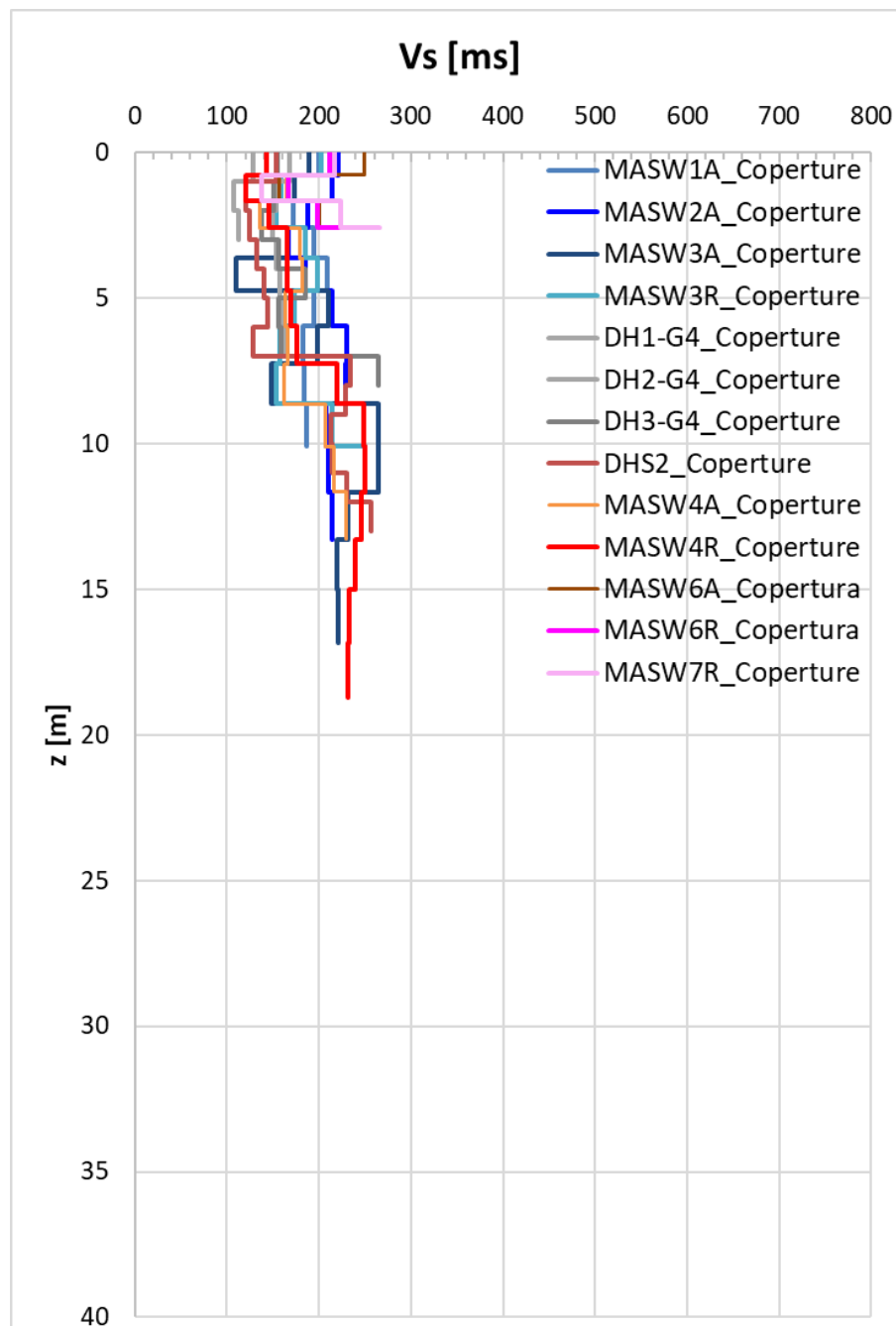


Figura 6-87 – Velocità delle onde di taglio  $V_s$

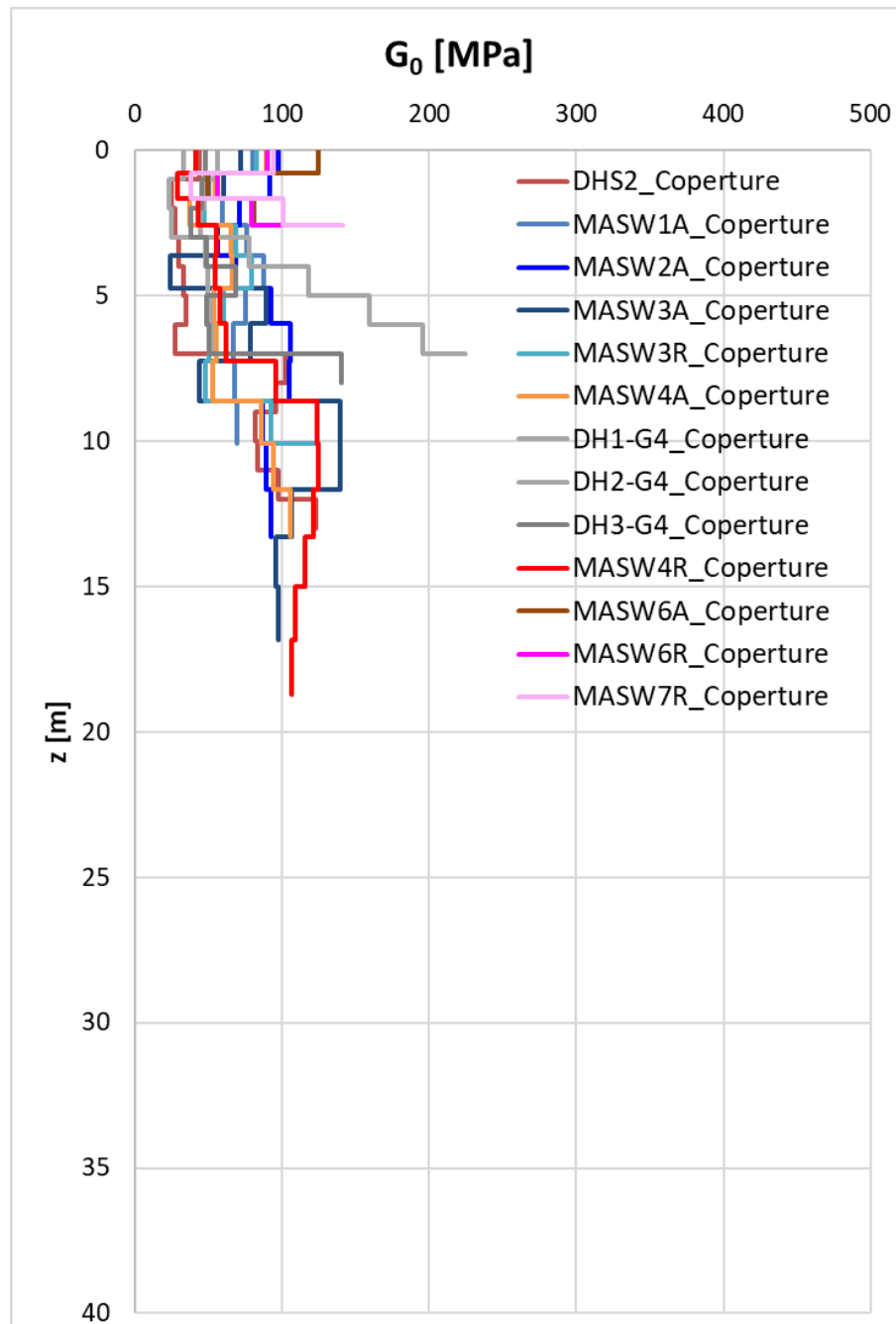


Figura 6-88 – Moduli di taglio iniziale  $G_0$

#### 6.5.4 Stato tensionale in sito

Il grado di sovraconsolidazione e il POP sono state stimate dalle prove edometriche e dalle CPT.

L'OCR dalle prove di laboratorio ha valori compresi tra 3.3 e 11.3; mentre dalle prove CPT si hanno valori maggiori, che sono decrescenti con la profondità fino ad un valore minimo di 2.5.

Le edometrie definiscono valori per il POP compresi tra 112 e 310 kPa, mentre le CPT individuano valori anche maggiori.

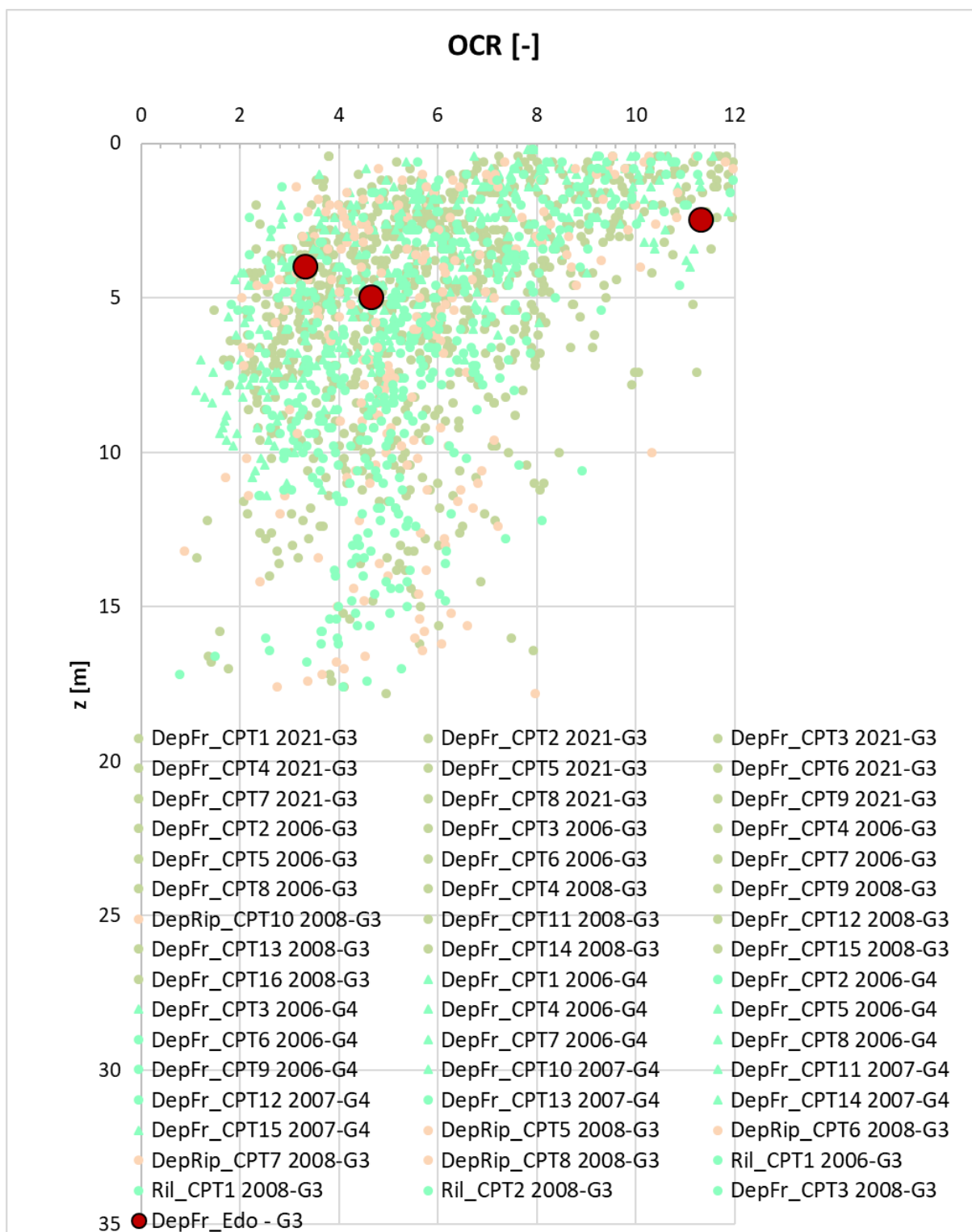


Figura 6-89 – OCR da edometrie e CPT

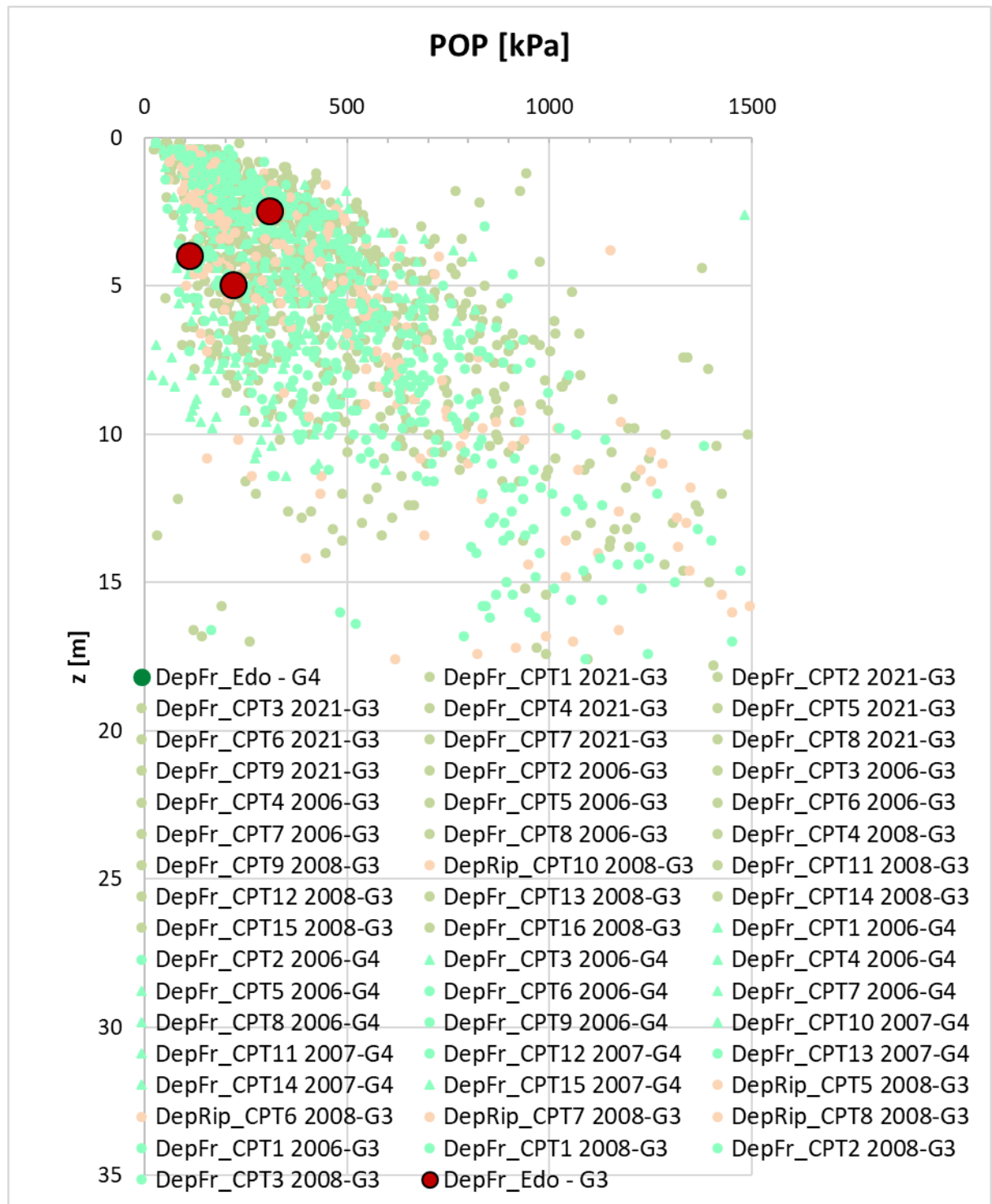


Figura 6-90 – POP da edometrie e CPT



### 6.5.5 Caratteristiche Idrauliche

Le caratteristiche di permeabilità sono state desunte dalle prove edometriche eseguite che indicano valori compresi tra  $6.2 \cdot 10^{-11}$  e  $1.4 \cdot 10^{-10}$  m/s.

Si fa presente, in ogni caso, che le unità in oggetto che interessino la fondazione della discarica verranno rimosse. Pertanto tale valore non sarà significativo ai fini del progetto.

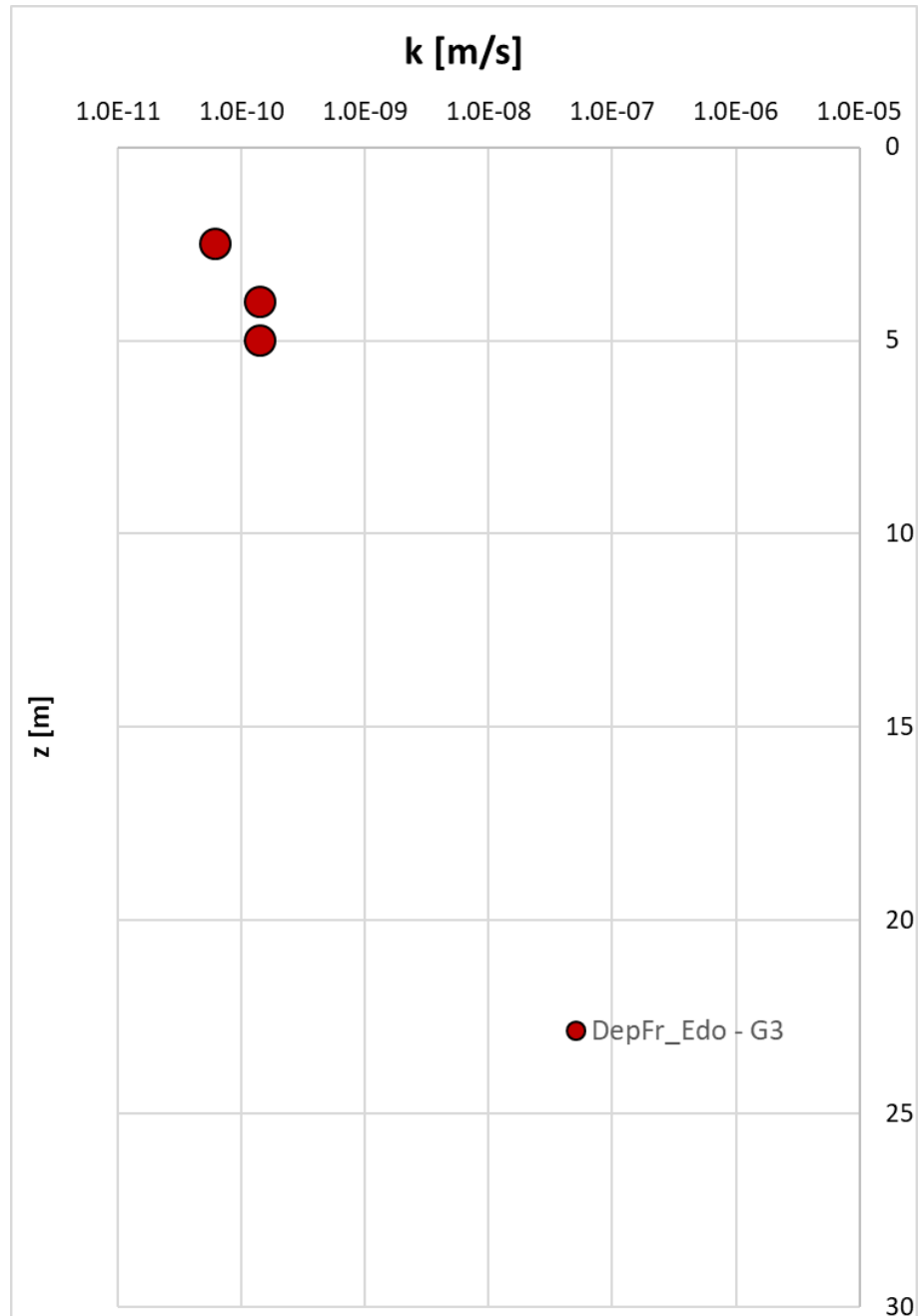



Figura 6-91 – Permeabilità da prove CPT

	<b>Sogliano Ambiente S.p.A.</b>  <b>Discarica di rifiuti non pericolosi situata nel Comune di Sogliano al Rubicone (FC) denominata Ginestreto 3</b> <b>- Progettazione definitiva</b> <b>Relazione Geotecnica</b>	<b>Doc.no. Ara G3 PD RG 03.01</b>	
		Rev. 2	Date: Settembre-22
		Pag. 145 of 145	

## 6.6. Unità Geotecnica Ril

L'unità geotecnica Ril rappresenta i rilevati in terra battuta realizzati per la ricostruzione e del consolidamento della pendice.

In corrispondenza di tale unità non sono state eseguite delle prove, pertanto si impiegano valori caratteristici per tale tipo di unità:

$$\gamma = 21$$

$$c' = 5 \text{ kPa}$$

$$\varphi = 34^\circ$$

$$E_{oed} = 15000 \text{ kPa}$$

$$\nu = 0.3$$

## 6.7. Sintesi delle Caratterizzazioni per Unità Geotecnica di riferimento

Nella tabella sono riportati i parametri geotecnici preliminari per le unità descritte precedentemente. Laddove le indagini a disposizione non hanno permesso una caratterizzazione affidabile, la stima dei parametri è stata eseguita in riferimento alla bibliografia tecnica disponibile e/o a dati acquisiti da pregresse esperienze su terreni analoghi.

**Tabella 6-1 Tabella riassuntiva dei parametri.**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\varphi'$ [°]	$c_u$ [kPa]	$E_{oed}$ [MPa]	$E=E_{op}$ [MPa]	$E_u$ [MPa]	$k$ [m/s]	OCR [-]	POP [kPa]	$G_0$ [Mpa]
<b>RPa</b>	20.10-21.1	42-158	20.1-39.8			30-60		$6 \cdot 10^{-11}$	1.6-5	120-500	$G_0 = 240 + z \cdot 22.5$
<b>RPi</b>	20.5-21.7	110-186	22-25			60-300		$6.5 \times 10^{-11} - 3.3 \times 10^{-9}$	1.2-5	80-480	$G_0 = 110 + z \cdot 14.5$
<b>RAa</b>	20.1-21.5	42-158	20.8-23.2			30-60		-	1.8-5	120-600	$G_0 = 120 + z \cdot 4.5$
<b>RAi</b>	20.1-22	103-125	20.8-24	-		60-300		$2.3 \cdot 10^{-11} - 4.62 \times 10^{-9}$	1.1-5	55-600	$G_0 = 220 + z \cdot 33$
<b>DepFr</b>	19.5-20.2	5-35	23-29	64-230	4.5 - 5.69		12.9-48.7	$6.2 \cdot 10^{-10} - 1.4 \cdot 10^{-10}$	3-11	112-310	30-107
<b>All</b>	19.5-20.2	5-35	23-29	64-230	4.5 - 5.69		12.9-48.7	$6.2 \cdot 10^{-10} - 1.4 \cdot 10^{-10}$	3-11	112-310	30-107
<b>DepRip</b>	19.5-20.2	5-35	23-29	64-230	4.5 - 5.69		12.9-48.7	$6.2 \cdot 10^{-10} - 1.4 \cdot 10^{-10}$	3-11	112-310	30-107
<b>Ril</b>	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-