

S.S.45 DELLA VAL DI TREBBIA

AMMODERNAMENTO DELLA STRADA STATALE N. 45 DELLA VAL TREBBIA NEL TRATTO CERNUSCA-RIVERGARO

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS DPRL

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE:

I PROGETTISTI:

ing. Antonio SCALAMANDRÉ
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063



IL GEOLOGO:

geol. Maurizio MARTINO
Ordine Geol. del Lazio ES n. 457



IL RESPONSABILE DEL SIA:

Ing. Laura TROIANI
Ordine Arch. di Roma n.A-31890



IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

geom. E PAIELLA

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ing. Anna Maria NOSARI



PROTOCOLLO

DATA

DOTT. GEOL.
DANILO GALLO

ING. RENATO
DEL PRETE

BC01

B - GEOLOGIA E GEOTECNICA BC - GEOTECNICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

BO0067 D 1801

NOME FILE

BC01-T00GE00GETRE01_B.dwg

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00GE00GETRE01

B

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C					
B	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA	LUGLIO 2020			
A	EMISSIONE	APRILE 2020			

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
3	SINTESI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	2
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	3
4.1	Documentazione di riferimento.....	3
4.2	Schematizzazione delle unità geotecniche	4
4.3	Parametrizzazione geotecnica delle unità di copertura.....	5
4.3.1	Generalità.....	5
4.3.2	Caratteristiche fisiche	5
4.3.3	Parametri di resistenza.....	5
4.3.4	Parametri di deformabilità	7
4.3.5	Unità geotecnica I a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento	8
4.3.6	Unità geotecnica II a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango	10
4.3.7	Unità geotecnica III a1g - Deposito di frana attiva complessa	12
4.3.8	Unità geotecnica IV a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento	14
4.3.9	Unità geotecnica V a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango	15
4.3.10	Unità geotecnica VI a2g - Deposito di frana quiescente complessa.....	18
4.3.11	Unità geotecnica VII a3 - Deposito di versante s.l.....	23
4.3.12	Unità geotecnica VIII Strato di alterazione del substrato in posto APA.....	25
4.3.13	Unità geotecnica IX Strato di alterazione del substrato in posto VLU2	27
4.3.14	Unità geotecnica X Strato di alterazione del substrato in posto VLU3	30
4.3.15	Unità geotecnica XI CMZ – Sintema di Costamezzana.....	32
4.3.16	Unità geotecnica XII Terreno di riporto.....	33
4.4	Parametrizzazione geotecnica delle unità del substrato	35
4.4.1	Caratteristiche fisiche	35
4.4.2	Parametri di resistenza.....	35
4.4.3	Parametri di deformabilità	35
4.4.4	Unità litotecnica I CPP – Complesso di Pietra Parcellara (già Argille a Palombini)	35
4.4.5	Unità litotecnica II VLU2 -Formazione della Val Luretta – membro di Monteventano .	36
4.4.6	Unità litotecnica III VLU3 -Formazione della Val Luretta – membro di Genepreto	38
5	Regime piezometrico	43
6	Parametri geotecnici ed ipotesi progettuali	44

1 PREMESSA

La presente relazione forma parte integrante del "Progetto definitivo per l'ammodernamento della S.S. n. 45 "della Val Trebbia" nel tratto Cernusca-Rivergaro" (codice intervento B067), avente una lunghezza totale di circa 11 Km.

Per la redazione del presente elaborato, ed in particolar modo per la caratterizzazione geotecnica del sito, si è fatto riferimento alla documentazione relativa alle campagne di indagini geognostiche e geofisiche effettuate, corredate da prove in sito e in laboratorio, nonché a sistematici sopralluoghi di verifica.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'intervento, posta sul fondovalle del Fiume Trebbia, nei comuni di Travo e Rivergaro (PC), si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 11 Km. Nella Carta Tecnica Regionale, il tracciato è identificato negli elementi, alla scala 1:5000, n°179083 "Rivergaro", n°179111 "Cisiano", n°179112 "Travo", n°179124 "Fabbiano", n°179151 "Grilli" e n°179154 "Quadrelli".

L'analisi geologica di dettaglio è stata sviluppata entro una fascia significativa nel contesto della quale si esplica la dinamica geologica, geomorfologica e idrogeologica, estesa in un intorno di 500 metri dall'asse del tracciato in progetto.

3 SINTESI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

A corredo delle indagini eseguite nel 2017 per la prima redazione del progetto definitivo dell'opera, fra Novembre 2018 e Gennaio 2019 è stata effettuata una seconda campagna di indagini geognostiche, finalizzata alla determinazione delle caratteristiche geotecniche e alla definizione stratigrafica in chiave geolitologica. I risultati sono riportati in appositi rapporti di prova.

A seguito della realizzazione della campagna di indagini 2018-2019 è possibile disporre di:

- n. 31 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica di cui n.8 condizionati con tubo inclinometrico, n. 10 condizionati come piezometri a tubo aperto e n. 5 condizionati per prove down hole;
- n. 67 prove penetrometriche SPT;
- n. 63 prelievi di campioni indisturbati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico
- n.17 prelievi di campioni litoidi sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 100 prelievi di campioni rimaneggiati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico
- n. 3 prove pressiometriche;
- n. 5 prove sismiche in foro Down Hole
- n. 31 profili sismici a rifrazione

Tale campagna è preceduta dal Piano di Indagini 2017, comprendente:

- n. 10 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo
- n. 12 prove penetrometriche SPT
- n. 12 prelievi di campioni indisturbati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico
- n. 13 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH
- n. 11 prove geofisiche MASW

La localizzazione delle indagini di cui sopra è riportata nella Carta Geologica alla scala 1:2.000.

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo dell'area in studio, sono state prese in esame le risultanze delle analisi delle prove in sito e in laboratorio effettuate sui campioni prelevati in fase di esecuzione dei sondaggi geognostici, nonché delle prove penetrometriche eseguite in fase di avanzamento degli stessi.

Ci si riferisce specificamente ai seguenti fascicoli illustrativi delle indagini geognostiche.

- Anas S.p.A. Compartimento per la Viabilità Emilia Romagna, S.S. 45 della Val Trebbia – Ammodernamento della Strada Statale n°45 “della Val Trebbia” nel tratto Cernusca-Rivergaro. Progetto Definitivo. Relazione Geologica e caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni. Elaborato G1, versione 11.01.2018
- Anas S.p.A. Compartimento per la Viabilità Emilia Romagna, S.S. 45 della Val Trebbia – Ammodernamento della Strada Statale n°45 “della Val Trebbia” nel tratto Cernusca-Rivergaro. Progetto Definitivo. Relazione sulle indagini. Elaborato G2, versione 16.10.2017
- Anas S.p.A., Progettazione definitiva dell'intervento Strada Statale n°45 “della Val Trebbia” Ammodernamento del tratto Rio Cernusca-Rivergaro. Georeferenziazione delle indagini, febbraio 2019.
- Anas S.p.A., Progettazione definitiva dell'intervento Strada Statale n°45 “della Val Trebbia” Ammodernamento del tratto Rio Cernusca-Rivergaro. Indagini geofisiche, febbraio 2019.
- Anas S.p.A., Progettazione definitiva dell'intervento Strada Statale n°45 “della Val Trebbia” Ammodernamento del tratto Rio Cernusca-Rivergaro. Report indagini geognostiche, febbraio 2019.
- Anas S.p.A., Progettazione definitiva dell'intervento Strada Statale n°45 “della Val Trebbia” Ammodernamento del tratto Rio Cernusca-Rivergaro. Prove di laboratorio, febbraio 2019.
- Anas S.p.A., Progettazione definitiva dell'intervento Strada Statale n°45 “della Val Trebbia” Ammodernamento del tratto Rio Cernusca-Rivergaro. Monitoraggio inclinometrico, settembre 2019.
- Anas S.p.A., Progettazione definitiva dell'intervento Strada Statale n°45 “della Val Trebbia” Ammodernamento del tratto Rio Cernusca-Rivergaro. Monitoraggio inclinometrico, settembre 2019.

Lungo il profilo geologico sono riportati i risultati delle SPT e delle prove DPSH redatte nelle precedenti fasi di progettazione, mentre tutti i parametri ricavati sia in sito che in laboratorio sono riportati nei relativi rapporti di indagine.

4.2 SCHEMATIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

A seguito dello studio geologico relativo al tratto in progetto, la parametrizzazione è stata eseguita distintamente per i terreni di copertura Quaternaria e per il substrato roccioso pre-Quaternario.

Per quanto concerne i terreni di copertura, sono state distinte le seguenti unità geotecniche:

- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a3 - Deposito di versante s.l.
- Strato di alterazione del substrato in posto (Formazione APA)
- Strato di alterazione del substrato in posto (Formazione VLU2)
- Strato di alterazione del substrato in posto (Formazione VLU3)
- CMZ - Sintema di Costamezzana

Il substrato è stato invece distinto nelle seguenti unità litotecniche, corrispondenti alle unità geologiche cartografate.

- CPP – Complesso di Pietra Parcellara (già Argille a Palombini)
- VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano
- VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto

Nelle tabelle seguenti vengono riassunte le unità litotecniche identificate, distinti in terreni di copertura e in unità di substrato, ed i relativi parametri geotecnici caratteristici derivati.

4.3 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE UNITÀ DI COPERTURA

4.3.1 GENERALITÀ

La parametrizzazione delle unità di copertura Quaternaria si avvale di una serie di determinazioni di laboratorio geotecnico, in termini di caratteristiche fisiche, parametri di resistenza, deformabilità, compressibilità.

Inoltre, con la finalità di ottenere un termine di confronto relativo a volumi elementari maggiori ed acquisito in sito, sono stati valorizzati i risultati delle prove penetrometriche in foro (SPT) per dedurre informazioni relative ai parametri di resistenza e deformabilità.

Per ciascun parametro di interesse sono stati espressi, con riferimento ad ogni unità geotecnica di riferimento, le seguenti grandezze:

- Valore medio
- Valore massimo
- Valore minimo
- Deviazione standard

Preventivamente all'analisi di queste grandezze, attraverso la consultazione dei fascicoli delle indagini, i singoli campioni sono stati attribuiti all' unità geotecnica di pertinenza:

in termini di localizzazione areale del punto di campionamento (avvalendosi delle potenzialità operative del Sistema Informativo Geografico di supporto alla progettazione)

in termini di posizione lungo la verticale (associando alla quota di campionamento la relativa unità stratigrafica e geotecnica di competenza).

4.3.2 CARATTERISTICHE FISICHE

La caratterizzazione della specifica unità geotecnica farà riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici a carotaggio continuo condotti nella campagna di indagine 2018-2019, in cui se ne è riscontrata la presenza. Inoltre, durante la terebrazione dei vari sondaggi si è, come suddetto, provveduto al prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati a varie profondità da piano campagna. Tali campioni, dopo essere stati catalogati ed attribuiti, quindi, alla specifica unità geotecnica, sono stati inviati a laboratorio qualificato per l'esecuzione delle usuali analisi di identificazione e prove geotecniche. Nello specifico, per ogni unità geotecnica sono state effettuate le seguenti determinazioni:

- Peso volume naturale
- Peso specifico dei granuli
- Porosità e indice dei vuoti

4.3.3 PARAMETRI DI RESISTENZA

L'angolo di resistenza al taglio è stato stimato per i depositi sciolti quaternari secondo due approcci complementari:

- Mediante correlazione sperimentale con i risultati delle prove penetrometriche in foro
- Mediante determinazioni di laboratorio geotecnico su campioni indisturbati

Per quanto concerne le correlazioni con la densità relativa mediante le prove penetrometriche ci si è riferiti alle correlazioni con i valori equivalenti del parametro N_{SPT} derivanti dalle medesime.

A tal fine le prove SPT in foro sono state preliminarmente valutate e validate in funzione delle seguenti espressioni:

$$x_1 = N_1 / N_3; \quad x_2 = N_2 / N_3 \quad \text{per } x_2 \geq x_1 \text{ prova valida}$$

Le prove SPT in foro sono state quindi corrette in funzione dell'eventuale presenza di falda per $N_{SPT} \geq 15$

Tutte le prove penetrometriche, con penetrometro pesante o realizzate in foro, sono state standardizzate al valore N_{60} , rappresentativo di un rendimento del 60% della strumentazione adottata, secondo la seguente formulazione:

$$N_{60} = N * C_E * C_B * C_S * C_R;$$

dove:

- C_E = correzione per il rapporto di energia secondo la seguente equazione:
 - $C_E = E_R / 60$;
 - con E_R (rendimento del sistema), pari a 60 per le prove SPT in foro ed 80 per le prove DP;
- C_B = correzione per il diametro del foro (= 1 per $\Phi < 115$ mm);
- C_S = correzione per il metodo di campionamento (= 1 per campionatore standard);
- C_R = correzione per lunghezza delle aste, secondo il seguente schema:

Lunghezza della aste sotto la testa di battuta [m]	C_R
3÷4	0,75
4÷6	0,85
6÷10	0,95
> 10	1,00

Il valore di N_{60} è stato quindi normalizzato per la pressione litostatica efficace, al fine di poter comparare prove eseguite a profondità diverse, secondo la seguente espressione:

$$N_{1(60)} = C_N * N_{60};$$

dove:

- C_N = fattore di correzione litostatica definito nel caso specifico mediante la formula di Skempton:
 - $C_N = 2 / [1 + (\sigma'_{vo} / p_a)]$;
 - con σ'_{vo} = tensione litostatica efficace e p_a = pressione atmosferica.

Nelle successive valutazioni si è cautelativamente considerato pari a 50 colpi il valore a rifiuto.

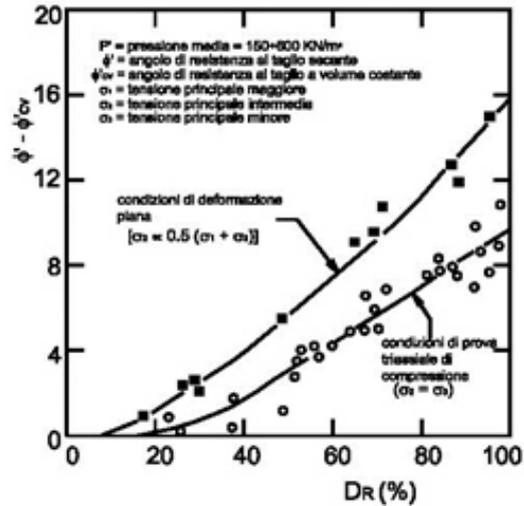
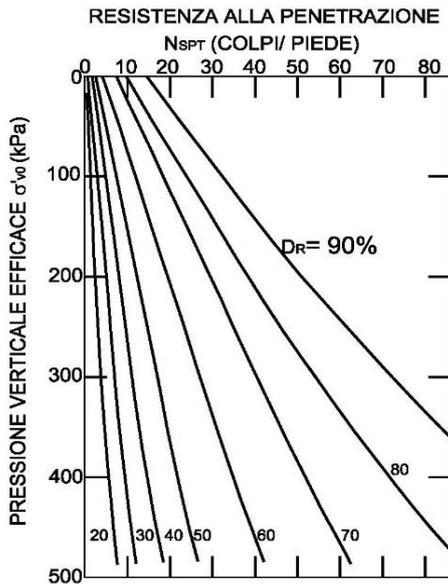
Per il calcolo dell'angolo di resistenza al taglio si è fatto riferimento alla seguente correlazione (Meyerhof, 1965):

$$\phi = 19,8 + 4,38 * \ln(N_{SPT})$$

che con riferimento ai valori di N_{SPT} ritenuti rappresentativi per le varie unità consente di stimare un valore dell'angolo di resistenza al taglio pari di picco, ϕ_p .

Il valore ricavato rappresenta l'angolo di resistenza al taglio di picco da utilizzare in problematiche geotecniche che implicino un basso livello deformativo (spinte contro opere di sostegno etc.); in problemi che comportino il raggiungimento di grandi deformazioni la resistenza disponibile è prossima a quella che compete all'angolo di resistenza al taglio a volume costante ϕ_{cv} (Rowe e Peaker, 1965; Yamaguchi et al., 1977).

Una stima di tale parametro è possibile dall'esame del diagramma proposto da Bolton (1986), che correla gli intervalli di densità relativa alla differenza fra ϕ_p e ϕ_{cv} .



Correlazione tra D_R - N_{SPT} (Gibbs e Holtz, 1957) e tra $(\phi'_p - \phi_{cv}) - D_R$ (Bolton, 1957)

Gli altri parametri di resistenza dei terreni determinati in laboratorio riguardano

- L'angolo di resistenza al taglio e la coesione determinati tramite prova di taglio diretta (valori di picco e residui)

4.3.4 PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ

Anche nel caso dei parametri di deformabilità si è fatto riferimento:

- alle determinazioni di laboratorio geotecnico su campioni indisturbati
- alla correlazione sperimentale con i risultati delle prove penetrometriche in foro

Per la stima dei parametri di deformabilità tramite correlazione con le prove penetrometriche in sito, e in particolare per il Modulo di Young, si è fatto riferimento all'espressione proposta da Bowles (1987):

$$E' \text{ [MPa]} = 7,5 + 0,5 * N_{SPT}$$

In laboratorio si è ottenuta la determinazione dei seguenti parametri:

- Coefficiente di compressibilità
- Modulo edometrico
- Compressibilità assiale alla tensione di rottura
- Coefficiente consolidazione primaria

Nel seguito si sintetizzerà la caratterizzazione geotecnica effettuata per ogni singola unità di copertura.

Per la rappresentazione in forma grafica dei risultati delle prove in sito e in laboratorio in funzione della profondità si rimanda al documento denominato "Allegato 1" in fondo alla presente relazione.

4.3.5 UNITÀ GEOTECNICA I A1B - DEPOSITO DI FRANA ATTIVA PER SCIVOLAMENTO

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dal sondaggio geognostico a carotaggio continuo S30IN, unico in cui se ne è riscontrata la presenza. Il medesimo si estende sino ad una profondità di 30,0 m a partire dal piano campagna ed è stato condizionato con tubo inclinometrico.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S30IN	2,40	3,00	2,7	18,63			
	5,00	5,50	5,25	18,65			
	6,00	6,70	6,35	20,2			
	9,00	9,40	9,2	20,81	2,59	28,59	0,4
	13,00	14,00	13,5	19,18			
	16,00	16,70	16,35	20,05			
	20,00	20,60	20,3				

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	18,63	20,81	19,59	0,90
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,59	2,59	2,59	-
Porosità %	28,59	28,59	28,59	-
Indice vuoti (-)	0,4	0,4	0,4	-

Durante l'esecuzione di tale sondaggio si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Si precisa che durante la prova eseguita alle profondità di 12÷12,3 m da p.c. si è registrato un rifiuto all'avanzamento. Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S30 IN	2,00 ÷ 2,45	5	10	11	21	20	29,2
	7,30 ÷ 7,75	11	18	26	44	29,5	29,3

È stato, quindi, possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	90,10	90,10	90,10	-
Angolo di resistenza al taglio °	35	35	35	-
Modulo di Young MPa	31	31	31	-

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione di picco e dalle specifiche prove i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	ϕ	c
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa
S30IN	2,40	3,00	2,7	31,29	18,25
	5,00	5,50	5,25		
	6,00	6,70	6,35		
	9,00	9,40	9,2		
	13,00	14,00	13,5		
	16,00	16,70	16,35		
	20,00	20,60	20,3		

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C_v	E_{ed}	K	c_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
S30IN	2,40	3,00	2,7				
	5,00	5,50	5,25	2,20E-01	4,5	7,04E-09	3,20E-04
	6,00	6,70	6,35				
	9,00	9,40	9,2	7,42E-02	13,5	1,63E-08	2,20E-03
	13,00	14,00	13,5				
	16,00	16,70	16,35				
	20,00	20,60	20,3				

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Angolo di resistenza al taglio °	31,29	31,29	31,29	-
Coesione kPa	18,25	18,25	18,25	-

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,07	0,22	0,15	-
Modulo edometrico MPa	4,50	13,50	9,00	-
Permeabilità m/s	7,04E-09	1,63E-08	1,17E-08	-
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	3,20E-04	2,20E-03	1,26E-03	-

4.3.6 UNITÀ GEOTECNICA II A1D - DEPOSITO DI FRANA ATTIVA PER COLAMENTO DI FANGO

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dal sondaggio geognostico a carotaggio continuo S25PZ, unico in cui se ne è riscontrata la presenza. Il medesimo si estende sino ad una profondità di 20,0 m a partire dal piano campagna ed è stato condizionato con piezometro a tubo aperto

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S25PZ	2,00	3,00	2,5				
	3,00	3,50	3,25	18,52	2,78	48,39	0,94
	7,00	7,60	7,3	20,24			
	8,00	8,50	8,25	20,2			
	12,00	12,60	12,3	19,5			

Si precisa che all'interno di tale sondaggio è stato prelevato un ulteriore campione che, tuttavia, non appartiene all'unità geotecnica indagata. Pertanto verrà trattato nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	18,52	20,24	19,62	0,81
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,78	2,78	2,78	-
Porosità %	48,39	48,39	48,39	-
Indice vuoti (-)	0,94	0,94	0,94	-

Durante l'esecuzione di tale sondaggio si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S25PZ	1,50 ÷ 1,95	4	7	9	16	12	18,82
	5,50 ÷ 5,95	6	11	20	31	26,35	26,23
	10,00 ÷ 10,45	9	12	11	23	23	16,23

È stato, quindi, possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	79,30	79,30	79,30	-
Angolo di resistenza al taglio °	33	33	33	-
Modulo di Young MPa	17	17	17	-

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione nelle condizioni di picco e residue e dalle

specifiche prove i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	ϕ_p	C_p	ϕ_r	C_r
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa	°	kPa
S25PZ	2,00	3,00	2,5				
	3,00	3,50	3,25	28,75	24,21	19,24	0,4
	7,00	7,60	7,3				
	8,00	8,50	8,25				
	12,00	12,60	12,3				

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C_v	E_{ed}	K (m/s)	c_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
S25PZ	2,00	3,00	2,5				
	3,00	3,50	3,25	5,04E-01	2	1,97E-07	3,90E-03
	7,00	7,60	7,3				
	8,00	8,50	8,25				
	12,00	12,60	12,3				

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Angolo di resistenza al taglio di picco °	28,75	28,75	28,75	-
Coesione di picco kPa	24,21	24,21	24,21	-
Angolo di resistenza al taglio residuo °	19,24	19,24	19,24	-
Coesione residua kPa	0,4	0,4	0,4	-

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,50	0,50	0,50	-
Modulo edometrico MPa	2,00	2,00	2,00	-
Permeabilità m/s	1,97E-07	1,97E-07	1,97E-07	-
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	3,90E-03	3,90E-03	3,90E-03	-

4.3.7 UNITÀ GEOTECNICA III A1G - DEPOSITO DI FRANA ATTIVA COMPLESSA

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici S01 e S02: in entrambi, infatti, se ne è riscontrata la presenza. Il primo si estende sino ad una profondità di 20,0 m ed il secondo di 30 m a partire dal piano campagna.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dai due sondaggi:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S01	3,50	4,00	3,75	18,39	2,60	41,37	0,71
	5,30	8,00	6,65	18,97			
	6,50	6,90	6,7				
	9,00	9,60	9,3	18,12	2,70	47,54	0,91
	11,50	12,00	11,75	14,93			
S02	3,00	3,50	3,25	17,68	2,71	50,92	1,04
	6,50	7,00	6,75	17,66	2,69	47,7	0,91

Si precisa che all'interno di entrambi i sondaggi sono stati prelevati ulteriori campioni che, tuttavia, non appartengono all'unità geotecnica indagata e, pertanto, verranno trattati nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	14,93	18,97	17,63	1,41
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,60	2,71	2,68	0,05
Porosità %	41,37	50,92	46,88	3,99
Indice vuoti (-)	0,71	1,04	0,89	0,14

Durante l'esecuzione di entrambi i sondaggi si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S01	1,50 ÷ 1,95	3	5	6	11	8,25	12,94
	6,00 ÷ 6,45	5	7	6	13	11,05	10,52
	12,50 ÷ 12,95	17	21	29	50	50,00	30,36
S02	1,50 ÷ 1,95	3	5	6	11	8,25	12,94
	6,00 ÷ 6,45	21	28	50	78	66,30	69,16
	12,50 ÷ 12,95	15	21	22	43	40,85	31,92

È stato, quindi, possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	70,90	87,40	79,15	-
Angolo di resistenza al taglio °	33	35	34	-
Modulo di Young MPa	20	26	23	-

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione nelle condizioni di picco e residue (queste ultime si sono ottenute anche tramite prova di taglio anulare) e dalle specifiche prove i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Prova di taglio diretto				Prova di taglio anulare	
				ϕ_p	c_p	ϕ_r	c_r	ϕ_r	c_r
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa	°	kPa	°	kPa
S01	3,50	4,00	3,75					12,57	0,02
	5,30	8,00	6,65						
	6,50	6,90	6,7						
	9,00	9,60	9,3	26,72	35,33	16,41	0,46		
	11,50	12,00	11,75		33,17	17,39			
S02	3,00	3,50	3,25					11,35	0
	6,50	7,00	6,75	25,33	33,42	16,56	0,27		

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C_v	E_{ed}	K (m/s)	c_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
S01	3,50	4,00	3,75	1,34E-01	7,4	4,70E-09	3,60E-04
	5,30	8,00	6,65				
	6,50	6,90	6,7				
	9,00	9,60	9,3	1,17E-01	8,5	2,58E-09	2,20E-04
	11,50	12,00	11,75				
S02	3,00	3,50	3,25	3,38E-01	3	1,35E-08	4,00E-04
	6,50	7,00	6,75	1,45E-01	6,9	3,49E-08	2,40E-04

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

	Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Prova di taglio diretto	Angolo di resistenza al taglio di picco °	25,33	26,72	26,03	-
	Coesione di picco kPa	33,17	35,33	33,97	1,18
	Angolo di resistenza al taglio residuo °	16,41	17,39	16,79	0,53
	Coesione residua kPa	0,27	0,46	0,37	-
Prova di taglio anulare	Angolo di resistenza al taglio residuo °	11,35	12,57	11,96	0,86
	Coesione residua kPa	0,00	0,02	0,01	0,01

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,12	0,34	0,18	0,10
Modulo edometrico MPa	3,00	8,50	6,45	2,40
Permeabilità m/s	2,58E-09	3,49E-08	1,39E-08	1,48E-08
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	2,20E-04	4,00E-04	3,05E-04	8,85E-05

4.3.8 UNITÀ GEOTECNICA IV A2B - DEPOSITO DI FRANA QUIESCIENTE PER SCIVOLAMENTO

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dal sondaggio geognostico S23-DH, unico in cui se ne è riscontrata la presenza. Il medesimo si estende sino ad una profondità di 35,0 m a partire dal piano campagna ed è stato condizionato per prove down hole.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, non sono stati calcolati né la porosità, né l'indice dei vuoti. Si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³
S23-DH	2,20	3,00	2,6	18,35	2,72
	5,00	5,50	5,25		2,68

Si precisa che all'interno del sondaggio sono stati prelevati ulteriori campioni che, tuttavia, non appartengono all'unità geotecnica indagata e, pertanto, verranno trattati nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	18,35	18,35	18,35	-
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,68	2,72	2,70	-

Durante l'esecuzione di tale sondaggio non si sono eseguite prove penetrometriche dinamiche in foro SPT.

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione nelle sole condizioni di picco. Non sono stati stimati i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	ϕ_p	c_p
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa
S23-DH	2,20	3,00	2,6	31,57	23,14
	5,00	5,50	5,25		

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Angolo di resistenza al taglio di picco °	31,57	31,57	31,57	-
Coesione di picco kPa	23,14	23,14	23,14	-

4.3.9 UNITÀ GEOTECNICA V A2D - DEPOSITO DI FRANA QUIESCIENTE PER COLAMENTO DI FANGO

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici S13PZ, S17 e S18IN: in essi, infatti, se ne è riscontrata la presenza. Il primo si estende sino ad una profondità di 20,0 m a partire dal piano campagna ed è stato condizionato come piezometro a tubo aperto; il secondo si estende per 20 m ed il terzo per 30 m ed è stato condizionato con tubo inclinometrico.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dai sondaggi:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S13PZ	1,40	1,80	1,6	18,92			
	2,50	3,00	2,75	18,38			
	4,30	5,00	4,65				
	6,50	7,00	6,75	17,84			
	10,00	11,00	10,5	17,6			
	17,50	18,00	17,75	19,3			
S17	2,00	3,00	2,5	19,17			
	4,50	5,00	4,75	19,61	2,73	40,11	0,67
	6,00	6,90	6,45	19,67			
	8,40	9,00	8,7	19,34			
	13,00	13,50	13,25	19,87	2,61	36,29	0,57
S18IN	2,00	2,60	2,3	18,62			
	3,50	4,00	3,75	19,83	2,72	38,42	0,63
	7,00	7,50	7,25	19,44			
	8,50	9,00	8,75	19,34	2,73	41,58	0,71
	13,00	13,50	13,25	19,7	2,75	42,61	0,74
	19,00	19,60	19,3	19,06			
	21,00	21,50	21,25				
	24,20	25,00	24,6	18,64			

Si precisa che all'interno dei sondaggi sono stati prelevati ulteriori campioni che, tuttavia, non appartengono all'unità geotecnica indagata e, pertanto, verranno trattati nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	17,60	19,87	19,08	0,67
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,61	2,75	2,71	0,06
Porosità %	36,29	42,61	39,80	2,52
Indice vuoti (-)	0,57	0,74	0,66	0,07

Durante l'esecuzione dei sondaggi si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S13PZ	4,00 ÷ 4,45	10	14	16	30	22,50	25,95
S17	1,50 ÷ 1,95	7	11	11	22	16,50	25,88
	10,60 ÷ 11,05	10	10	12	22	22,00	14,94
S18IN	6,00 ÷ 6,45	9	9	10	19	18,05	17,18
	11,00 ÷ 11,45	13	15	18	33	33,00	21,87
	15,00 ÷ 15,45	22	23	31	54	54,00	28,78

È stato, quindi, possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	74,80	96,10	83,70	11,07
Angolo di resistenza al taglio °	33	36	34,67	1,53
Modulo di Young MPa	19	25	22,33	3,06

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione nelle condizioni di picco e residue (queste ultime si sono ottenute anche tramite prova di taglio anulare) e, tramite le specifiche prove, i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da n°	Prof. A m da p.c.	Prof. Med m da p.c.	Prova di taglio diretto				Prova di taglio anulare	
				ϕ_p °	c_p kPa	ϕ_r °	c_r kPa	ϕ_r °	c_r kPa
S13PZ	1,40	1,80	1,6	27,06	23,78				
	2,50	3,00	2,75					20,69	0,05
	4,30	5,00	4,65						
	6,50	7,00	6,75	28,69	27,61	18,5	0,13		
	10,00	11,00	10,5	25,58	24,04				
	17,50	18,00	17,75						
S17	2,00	3,00	2,5	25,88	29,85				
	4,50	5,00	4,75					13,66	0
	6,00	6,90	6,45						
	8,40	9,00	8,7						
	13,00	13,50	13,25	26,86	33,72	17,77	0,87		
S18IN	2,00	2,60	2,3	28,81	25				
	3,50	4,00	3,75	28,83	27,37	20,14	0,75		
	7,00	7,50	7,25	23,26	37,04				
	8,50	9,00	8,75						
	13,00	13,50	13,25						
	19,00	19,60	19,3	35,44	18,83				
	21,00	21,50	21,25						
	24,20	25,00	24,6	25,64	32,33				

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C _v	E _{ed} (MPa)	K (m/s)	c _v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
S13PZ	1,40	1,80	1,6				
	2,50	3,00	2,75	2,90E-01	3,4	1,38E-08	4,80E-04
	4,30	5,00	4,65				
	6,50	7,00	6,75				
	10,00	11,00	10,5				
S17	2,00	3,00	2,5				
	4,50	5,00	4,75	2,40E-01	4,2	6,01E-09	2,50E-04
	6,00	6,90	6,45				
	8,40	9,00	8,7	2,25E-01	4,5	4,49E-09	2,00E-04
	13,00	13,50	13,25	1,54E-01	6,5	3,38E-09	2,50E-04
S18IN	2,00	2,60	2,3				
	3,50	4,00	3,75	2,74E-01	3,7	9,03E-07	3,30E-02
	7,00	7,50	7,25				
	8,50	9,00	8,75	2,78E-01	3,6	8,90E-09	3,20E-04
	13,00	13,50	13,25	2,57E-01	3,9	1,16E-07	4,50E-03
	19,00	19,60	19,3				
	21,00	21,50	21,25				
24,20	25,00	24,6					

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

	Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Prova di taglio diretto	Angolo di resistenza al taglio di picco °	23,26	35,44	27,61	3,27
	Coesione di picco kPa	18,83	37,04	27,96	5,41
	Angolo di resistenza al taglio residuo °	17,77	20,14	18,80	1,21
	Coesione residua kPa	0,13	0,87	0,58	0,40
Prova di taglio anulare	Angolo di resistenza al taglio residuo °	13,66	20,69	17,18	4,97
	Coesione residua kPa	0,00	0,05	0,03	0,04

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,15	0,29	0,25	0,05
Modulo edometrico MPa	3,40	6,50	4,26	1,06
Permeabilità m/s	3,38E-09	9,03E-07	1,51E-07	3,34E-07
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	2,00E-04	3,30E-02	5,57E-03	1,22E-02

4.3.10 UNITÀ GEOTECNICA VI A2G - DEPOSITO DI FRANA QUIESCIENTE COMPLESSA

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici S03PZ, S04, S05, S07IN, S08PZ, S09IN, S10IN, S15PZbis, S16PZ, S19IN, S20PZ: in essi, infatti, se ne è riscontrata la presenza. I medesimi si estendono sino a profondità comprese tra i 20 e i 30 m a partire dal piano campagna e alcuni di essi sono stati condizionati come piezometri a tubo aperto e alcuni con tubo inclinometrico.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dai sondaggi:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S03pz	4,00	4,70	4,35				
	6,60	7,00	6,8	19,01	2,72	40,85	0,69
	10,00	10,50	10,25	18,48			
S04	2,40	2,90	2,65				
	4,50	5,00	4,75	18,16	2,72	48,02	0,92
	7,00	7,50	7,25	18,6	2,75	44,15	0,79
	9,40	10,00	9,7	19,03			
S05	2,50	2,90	2,7	18,02			
	4,00	4,60	4,3	17,75			
	5,00	5,60	5,3	18,86			
	7,40	8,00	7,7	18,99	2,74	42,68	0,74
	9,60	10,10	9,85	19,42			
	13,40	14,00	13,7				
S07in	5,00	6,00	5,5				
	6,00	6,50	6,25	15,2			
	10,00	10,50	10,25	16,27			
S08pz	2,80	3,30	3,05	18,61	2,76	45,23	0,83
	4,50	5,00	4,75	19,02			
	11,00	11,50	11,25	19,44	2,71	42,7	0,75
	13,20	14,00	13,6	18,09			
	17,50	18,00	17,75				
S09in	2,00	2,50	2,25	19,58	2,69	34,46	0,53
	6,00	6,50	6,25	19,01	2,66	39,55	0,65
	10,00	10,50	10,25	19,42	2,72	41,44	0,71
S10in	3,20	3,50	3,35	19,27			
	4,00	5,00	4,5				
	6,00	6,50	6,25	20,03	2,75	37,85	0,61
	8,00	8,50	8,25	19,8	2,69	37,36	0,6
S15pz bis	3,00	3,50	3,25	18,94	2,70	40,97	0,69
	7,00	7,60	7,3	20,16	2,74		
S16pz	3,00	3,50	3,25	17,85	2,73	48,23	0,93
	6,00	6,50	6,25	18,76	2,75	44,85	0,81
S19in	3,00	3,50	3,25	19,24			
	6,90	7,30	7,1	18,54			
S20pz	5,50	6,00	5,75	19,45			
	8,00	8,50	8,25	18,73			
	10,50	11,00	10,75	18,68			
	15,00	15,50	15,25	19,41			

Si precisa che all'interno dei sondaggi sono stati prelevati ulteriori campioni che, tuttavia, non appartengono all'unità geotecnica indagata e, pertanto, verranno trattati nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	15,20	20,16	18,74	0,99
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,66	2,76	2,72	0,03
Porosità %	34,46	48,23	42,02	3,96
Indice vuoti (-)	0,53	0,93	0,73	0,12

Durante l'esecuzione di alcuni sondaggi si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S03PZ	8,50 ÷ 8,95	7	9	14	23	17,25	13,48
S04	2,00 ÷ 2,45	3	5	5	10	7,50	10,97
	9,00 ÷ 9,45	17	21	20	41	38,95	29,38
S05	3,00 ÷ 3,45	4	7	9	16	12,00	15,48
	8,00 ÷ 8,45	6	11	20	31	29,45	23,87
	10,10 ÷ 10,55	10	12	14	26	26,00	18,23
S08PZ	6,00 ÷ 6,45	10	8	11	17	12,75	12,58
	9,00 ÷ 9,45	6	9	13	19	15,73	13,51
S09IN	4,00 ÷ 4,45	10	13	21	34	28,90	33,33
	8,50 ÷ 8,95	21	27	32	59	56,05	43,80
S10IN	1,50 ÷ 1,95	5	7	10	17	12,75	20,00
	3,50 ÷ 3,95	6	9	11	20	15,00	18,27
S16PZ	1,50 ÷ 1,95	4	4	7	11	8,25	12,94
	4,50 ÷ 4,95	7	9	10	19	16,15	17,69
	8,00 ÷ 8,45	8	13	15	28	26,60	21,56
S19IN	3,00 ÷ 3,45	10	10	11	21	19,95	25,73
	8,00 ÷ 8,45	18	29	38	67	67	54,30
	10,10 ÷ 10,55	20	25	28	53	53	37,15
S20PZ	1,50 ÷ 1,95	6	9	12	21	15,75	24,70
	3,50 ÷ 3,95	9	12	11	23	17,25	21,01
	7,50 ÷ 7,95	10	13	13	26	24,70	20,79

È stato, quindi, possibile stimare densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	64,70	100,00	79,08	11,12
Angolo di resistenza al taglio °	32	36	33,78	1,48
Modulo di Young MPa	16	31	21,00	5,57

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati l'angolo di resistenza al taglio e la coesione nelle condizioni di picco e residue (queste ultime si sono ottenute anche tramite prova di taglio anulare) e, tramite le specifiche prove, i parametri di deformabilità. Si riportano i risultati ottenuti per i vari campioni:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Prova di taglio diretto				Prova di taglio anulare	
				ϕ_p	C_p	ϕ_r	C_r	ϕ_r	C_r
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa	°	kPa	°	kPa
S03pz	4,00	4,70	4,35						
	6,60	7,00	6,8	28,69	21,39				
	10,00	10,50	10,25	30,2	23,6	19,03	0,1		
S04	2,40	2,90	2,65						
	4,50	5,00	4,75	24,67	32,08	15,35	0,47		
	7,00	7,50	7,25	27,5	29,05	17,4	0,42		
	9,40	10,00	9,7	27,47	28				
S05	2,50	2,90	2,7						
	4,00	4,60	4,3						
	5,00	5,60	5,3	33,14	24,66	23,54	0,8	7,2	0,02
	7,40	8,00	7,7						
	9,60	10,10	9,85						
	13,40	14,00	13,7						
S07in	5,00	6,00	5,5						
	6,00	6,50	6,25	22,95	35,85	13,46	0,11		
	10,00	10,50	10,25	29,03	22	18,68	0,15		
S08pz	2,80	3,30	3,05	30,2	22,14	20,05	0,1		
	4,50	5,00	4,75	23,33	28,13	15,68	0,54		
	11,00	11,50	11,25					17,12	0
	13,20	14,00	13,6	30,17	24,92	20,4	0,28		
	17,50	18,00	17,75						
S09in	2,00	2,50	2,25	23,86	36,99	15,34	0,21		
	6,00	6,50	6,25	24,59	31,63	17	0,21		
	10,00	10,50	10,25					16,67	0
S10in	3,20	3,50	3,35	32,6	18,48				
	4,00	5,00	4,5						
	6,00	6,50	6,25	30,07	25,61	21,41	0,07		
	8,00	8,50	8,25	28,67	27,96	10,55	0,46		
S15pz bis	3,00	3,50	3,25	28,52	25,98	18,21	0,31		
	7,00	7,60	7,3						
S16pz	3,00	3,50	3,25	22,7	34,95	14,04	0,75		
	6,00	6,50	6,25					9,34	0,01
S19in	3,00	3,50	3,25					11,84	0,01
	6,90	7,30	7,1	33,03	17,67	21,41	0,15		
S20pz	5,50	6,00	5,75	28,35	36,01	21,89	0,38		
	8,00	8,50	8,25	28,31	27,05				
	10,50	11,00	10,75					21,78	0
	15,00	15,50	15,25						

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C _v	E _{ed} (MPa)	K (m/s)	c _v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
S03pz	4,00	4,70	4,35				
	6,60	7,00	6,8	2,67E-01	3,8	6,67E-07	2,50E-02
	10,00	10,50	10,25				
S04	2,40	2,90	2,65				
	4,50	5,00	4,75	2,91E-01	3,4	6,12E-08	2,10E-03
	7,00	7,50	7,25	2,53E-01	4	1,31E-08	5,20E-04
	9,40	10,00	9,7				
S05	2,50	2,90	2,7				
	4,00	4,60	4,3				
	5,00	5,60	5,3	1,11E-01	9	1,34E-08	1,20E-03
	7,40	8,00	7,7				
	9,60	10,10	9,85	2,10E-01	4,8	1,15E-08	5,50E-04
	13,40	14,00	13,7				
S07in	5,00	6,00	5,5				
	6,00	6,50	6,25	5,87E-01	1,7	2,11E-07	3,60E-03
	10,00	10,50	10,25				
S08pz	2,80	3,30	3,05	2,45E-01	4,1	2,94E-07	1,20E-02
	4,50	5,00	4,75	2,33E-01	20,13		5,40E-01
	11,00	11,50	11,25				
	13,20	14,00	13,6				
	17,50	18,00	17,75				
S09in	2,00	2,50	2,25	1,53E-01	3,8	1,00E-07	3,80E-03
	6,00	6,50	6,25	2,90E-01	3,3	7,48E-08	2,50E-03
	10,00	10,50	10,25				
S10in	3,20	3,50	3,35				
	4,00	5,00	4,5				
	6,00	6,50	6,25	2,23E-01	4,5	7,80E-08	3,50E-03
	8,00	8,50	8,25				
S15pz bis	3,00	3,50	3,25	3,04E-01	3,3	6,69E-08	2,20E-03
	7,00	7,60	7,3				
S16pz	3,00	3,50	3,25	2,16E-01	4,8	1,10E-08	5,10E-04
	6,00	6,50	6,25	3,28E-01	2,6	1,07E-07	2,80E-03
S19in	3,00	3,50	3,25	1,61E-01	6,2	8,00E-08	5,50E-03
	6,90	7,30	7,1				
S20pz	5,50	6,00	5,75	2,14E-01	4,7	2,58E-07	3,20E-03
	8,00	8,50	8,25				
	10,50	11,00	10,75	2,85E-01	3,5	1,08E-07	3,80E-03
	15,00	15,50	15,25				

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

	Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Prova di taglio diretto	Angolo di resistenza al taglio di picco °	22,70	33,14	28,00	3,24
	Coesione di picco kPa	17,67	36,99	27,34	5,65
	Angolo di resistenza al taglio residuo °	10,55	23,54	17,85	3,47
	Coesione residua kPa	0,07	0,80	0,32	0,22
Prova di taglio anulare	Angolo di resistenza al taglio residuo °	7,20	21,78	13,99	5,48
	Coesione residua kPa	0,00	0,02	0,01	0,01

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,11	0,59	0,26	0,10
Modulo edometrico MPa	1,70	20,13	5,15	4,17
Permeabilità m/s	1,10E-08	6,67E-07	1,35E-07	1,66E-07
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	5,10E-04	5,40E-01	3,60E-02	1,30E-01

4.3.11 UNITÀ GEOTECNICA VII A3 - DEPOSITO DI VERSANTE S.L.

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici S14DH e S15DH: in entrambi, infatti, se ne è riscontrata la presenza. Entrambi si estendono sino ad una profondità di 35,0 m a partire dal piano campagna e sono stati condizionati per prove down hole.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dai due sondaggi:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S14DH	4,00	4,50	4,25	18,8	2,78	43,71	0,78
	6,50	7,00	6,75				
	9,00	9,50	9,25	18,63	2,71	44,82	0,81
	13,00	14,00	13,5				
S15DH	3,00	3,50	3,25	18,21	2,69	46,18	0,86
	6,00	6,50	6,25	17,68			
	9,00	9,50	9,25	18,92	2,76		

Si precisa che all'interno di entrambi i sondaggi sono stati prelevati ulteriori campioni che, tuttavia, non appartengono all'unità geotecnica indagata e, pertanto, verranno trattati nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	14,93	18,97	17,63	1,41
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,60	2,71	2,68	0,05
Porosità %	41,37	50,92	46,88	3,99
Indice vuoti (-)	0,71	1,04	0,89	0,14

Durante l'esecuzione di entrambi i sondaggi si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S14DH	2,00 ÷ 2,45	12	15	18	33	24,75	36,21
	6,00 ÷ 6,45	21	23	26	49	41,65	39,65
S15DH	1,50 ÷ 1,95	2	4	5	9	6,75	10,59
	4,50 ÷ 4,95	6	10	12	22	18,70	20,49

È stato, quindi, possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	71,80	100,00	85,90	-
Angolo di resistenza al taglio °	31	36	33,5	-
Modulo di Young MPa	15	28	21,5	-

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione nelle condizioni di picco e residue (queste

ultime si sono ottenute anche tramite prova di taglio anulare) e dalle specifiche prove i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Prova di taglio diretto				Prova di taglio anulare	
				ϕ_p	C_p	ϕ_r	C_r	ϕ_r	C_r
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa	°	kPa	°	kPa
S14DH	4,00	4,50	4,25					15,26	0,02
	6,50	7,00	6,75						
	9,00	9,50	9,25	27,46	28,85	16,25	0,31		
	13,00	14,00	13,5						
S15DH	3,00	3,50	3,25					13,87	0
	6,00	6,50	6,25	31,84	28,95	21,23	0,48		
	9,00	9,50	9,25	32,23	20,27				

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C_v	E_{ed} (MPa)	K (m/s)	c_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
S14DH	4,00	4,50	4,25	2,11E-01	4,7	9,52E-08	4,50E-03
	6,50	7,00	6,75				
	9,00	9,50	9,25	2,77E-01	3,6	1,44E-08	5,20E-04
	13,00	14,00	13,5				
S15DH	3,00	3,50	3,25	1,66E-01	6	1,99E-08	1,20E-03
	6,00	6,50	6,25	4,80E-01	2,1	3,17E-07	8,50E-03
	9,00	9,50	9,25				

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

		Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Prova di taglio diretto	Angolo di resistenza al taglio di picco °		27,46	32,23	30,51	2,65
	Coesione di picco kPa		20,27	28,95	26,02	4,98
	Angolo di resistenza al taglio residuo °		16,25	21,23	18,74	-
	Coesione residua kPa		0,31	0,48	0,40	-
Prova di taglio anulare	Angolo di resistenza al taglio residuo °		13,87	15,26	14,57	0,98
	Coesione residua kPa		0,00	0,02	0,01	0,01

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,17	0,48	0,28	0,14
Modulo edometrico MPa	2,10	6,00	4,10	1,66
Permeabilità m/s	1,44E-08	3,17E-07	1,12E-07	1,42E-07
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	5,20E-04	8,50E-03	3,68E-03	3,65E-03

4.3.12 UNITÀ GEOTECNICA VIII STRATO DI ALTERAZIONE DEL SUBSTRATO IN POSTO APA

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dal sondaggio geognostico a carotaggio continuo S33PZ, unico in cui se ne è riscontrata la presenza. Il medesimo si estende sino ad una profondità di 20,0 m a partire dal piano campagna ed è stato condizionato con piezometro a tubo aperto. Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano i risultati ottenuti:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
s33pz	7,00	8,00	7,5	18,53			
	8,50	9,00	8,75	19,93			
	11,00	11,50	11,25	20,57			
	14,50	15,00	14,75	19,02	2,76	43,85	0,78

Si precisa che all'interno di tale sondaggio è stato prelevato un ulteriore campione che, tuttavia, non appartiene all'unità geotecnica indagata. Pertanto verrà trattato nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	18,53	20,57	19,51	0,91
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,76	2,76	2,76	-
Porosità %	43,85	43,85	43,85	-
Indice vuoti (-)	0,78	0,78	0,78	-

Durante l'esecuzione di tale sondaggio si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S33PZ	6,50 ÷ 6,95	14	17	20	26	24,70	25,54
	12,50 ÷ 12,95	19	27	31	37	36,50	28,81

È stato, quindi, possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	84,30	84,30	84,30	-
Angolo di resistenza al taglio °	35	35	35	-
Modulo di Young MPa	32	32	32	-

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio nelle sole condizioni di picco e dalle specifiche prove i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	ϕ_p	c_p
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa
s33pz	7,00	8,00	7,5	28,22	32,33
	8,50	9,00	8,75		
	11,00	11,50	11,25		
	14,50	15,00	14,75		

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C_v	E_{ed} (MPa)	K (m/s)	c_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
s33pz	7,00	8,00	7,5				
	8,50	9,00	8,75	1,11E-01	9	2,43E-09	2,20E-04
	11,00	11,50	11,25	9,99E-02	10	1,40E-09	1,40E-04
	14,50	15,00	14,75				

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Angolo di resistenza al taglio di picco °	28,22	28,22	28,22	-
Coesione di picco kPa	32,33	32,33	32,33	-

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,10	0,11	0,11	-
Modulo edometrico MPa	9,00	10,00	9,50	-
Permeabilità m/s	1,40E-09	2,43E-09	1,92E-09	-
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	1,40E-04	2,20E-04	1,80E-04	-

4.3.13 UNITÀ GEOTECNICA IX STRATO DI ALTERAZIONE DEL SUBSTRATO IN POSTO VLU2

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici S27PZ, S28 e S29: in essi, infatti, se ne è riscontrata la presenza. Tutti si estendono sino ad una profondità di 20,0 m a partire dal piano campagna ed il primo di essi è stato condizionato come piezometro a tubo aperto. Si precisa che nel sondaggio S27PZ non sono stati prelevati campioni testati in laboratorio ma sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dai sondaggi:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
s28	1,00	2,00	1,5				
	4,00	4,50	4,25	19,59	2,76	39,3	0,65
	5,00	5,50	5,25				
	9,00	10,00	9,5				
	10,00	10,50	10,25	18,62			
	16,00	16,70	16,35	19,51			
s29	2,20	3,00	2,6	19,72			
	5,00	5,50	5,25				
	8,10	9,00	8,55	18,52			
	10,50	11,00	10,75	20,04	2,74	37,15	0,59

Si precisa che all'interno dei sondaggi sono stati prelevati ulteriori campioni che, tuttavia, non appartengono all'unità geotecnica indagata e, pertanto, verranno trattati nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	18,52	20,04	19,33	0,62
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,74	2,76	2,75	-
Porosità %	37,15	39,30	38,23	-
Indice vuoti (-)	0,59	0,65	0,62	-

Durante l'esecuzione dei sondaggi si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S27PZ	1,60 ÷ 2,05	8	11	11	22	16,50	25,51
	3,55 ÷ 4,00	12	14	16	23	19,13	24,20
	9,00 ÷ 9,45	100	100	100	108	107,50	101,16
S28	2,00 ÷ 2,45	4	6	7	13,000	9,750	14,265

È stato, quindi, possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	73,30	95,60	84,45	15,77
Angolo di resistenza al taglio °	31	34	32,50	-
Modulo di Young MPa	14	21	17,50	-

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione nelle condizioni di picco e residue e, tramite le specifiche prove, i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	ϕ_p	c_p	ϕ_r	c_r
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa	°	kPa
s28	1,00	2,00	1,5				
	4,00	4,50	4,25	25,53	34,6	15,9	0,75
	5,00	5,50	5,25				
	9,00	10,00	9,5				
	10,00	10,50	10,25				
	16,00	16,70	16,35	32,12	28,07		
s29	2,20	3,00	2,6	31,38	17,67		
	5,00	5,50	5,25				
	8,10	9,00	8,55	32,19	18,53		
	10,50	11,00	10,75				

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C_v	E_{ed} (MPa)	K (m/s)	c_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
s28	1,00	2,00	1,5				
	4,00	4,50	4,25	4,03E-01	2,5	5,24E-08	1,30E-03
	5,00	5,50	5,25				
	9,00	10,00	9,5				
	10,00	10,50	10,25				
	16,00	16,70	16,35				
s29	2,20	3,00	2,6				
	5,00	5,50	5,25				
	8,10	9,00	8,55				
	10,50	11,00	10,75	1,68E-01	5,9	5,55E-09	3,30E-04

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Angolo di resistenza al taglio di picco °	25,53	32,19	30,31	3,20
Coesione di picco kPa	17,67	34,60	24,72	8,10
Angolo di resistenza al taglio residuo °	15,90	15,90	15,90	-
Coesione residua kPa	0,75	0,75	0,75	-

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,17	0,40	0,29	-
Modulo edometrico MPa	2,50	5,90	4,20	-
Permeabilità m/s	5,55E-09	5,24E-08	2,90E-08	-
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	3,30E-04	1,30E-03	8,15E-04	-

4.3.14 UNITÀ GEOTECNICA X STRATO DI ALTERAZIONE DEL SUBSTRATO IN POSTO VLU3

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici S11, S12DH, S21IN e S22PZ: in essi, infatti, se ne è riscontrata la presenza. I medesimi si estendono sino a profondità comprese tra i 20,0 m e i 35 m a partire dal piano campagna e tra essi, inoltre, uno è stato condizionato per prove down hole, uno con tubo inclinometrico e uno come piezometro a tubo aperto.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dai sondaggi:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S11	2,45	3,00	2,725	19,11	2,74	40,93	0,69
S12DH	4,00	4,50	4,25	18,83	2,64	38,53	0,63
S21IN	0,40	1,00	0,7	18,75	2,74		
S22PZ	2,40	3,00	2,7		2,69		

Si precisa che all'interno dei sondaggi sono stati prelevati ulteriori campioni che, tuttavia, non appartengono all'unità geotecnica indagata e, pertanto, verranno trattati nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	18,75	19,11	18,90	0,19
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,64	2,74	2,70	0,05
Porosità %	38,53	40,93	39,73	-
Indice vuoti (-)	0,63	0,69	0,66	-

Durante l'esecuzione dei sondaggi si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S11	2,00 ÷ 2,45	9	10	12	22	16,50	24,14
S12DH	1,50 ÷ 1,95	12	18	20	38	28,50	44,70
S21IN	1,50 ÷ 1,95	7	9	9	18	13,50	21,17

È stato, quindi, possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	90,20	100,00	95,20	4,90
Angolo di resistenza al taglio °	32	36	33,67	2,08
Modulo di Young MPa	17	27	21,33	5,13

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione nelle condizioni di picco e residue e, tramite le specifiche prove, i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	ϕ_p	C_p	ϕ_r	C_r
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa	°	kPa
S11	2,45	3,00	2,725	24,08	30,37		
S12DH	4,00	4,50	4,25	28,3	26,41	18,52	0,1
S21in	0,40	1,00	0,7	23,62	34,31		
S22pz	2,40	3,00	2,7				

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C_v	E_{ed}	K (m/s)	c_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
S11	2,45	3,00	2,725				
S12DH	4,00	4,50	4,25	6,64E-01	1,5	2,99E-07	2,10E-03
S21in	0,40	1,00	0,7				
S22pz	2,40	3,00	2,7				

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Angolo di resistenza al taglio di picco °	23,62	28,30	25,33	2,58
Coesione di picco kPa	26,41	34,31	30,36	3,95
Angolo di resistenza al taglio residuo °	18,52	18,52	18,52	-
Coesione residua kPa	0,10	0,10	0,10	-

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,66	0,66	0,66	-
Modulo edometrico MPa	1,50	1,50	1,50	-
Permeabilità m/s	2,99E-07	2,99E-07	2,99E-07	-
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	2,10E-03	2,10E-03	2,10E-03	-

4.3.15 UNITÀ GEOTECNICA XI CMZ – SINTEMA DI COSTAMEZZANA

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici S01, S02 e S03PZ: in essi, infatti, se ne è riscontrata la presenza. I medesimi si estendono sino a profondità comprese tra i 20,0 m e i 30,0 m a partire dal piano campagna e tra essi, inoltre, uno è stato condizionato come piezometro a tubo aperto.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, è stato calcolato solo il peso di volume naturale e si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dai sondaggi:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc
S01	16,10	16,60	16,35	18,28
	18,30	18,80	18,55	18,33
S02	10,40	10,80	10,6	19,09
	16,00	16,70	16,35	19,31
	18,00	19,00	18,5	20,12
	28,00	29,00	28,5	18,53
S03pz	15,00	15,70	15,35	19,65
	19,30	19,60	19,45	

Si precisa che all'interno dei sondaggi sono stati prelevati ulteriori campioni che, tuttavia, non appartengono all'unità geotecnica indagata.

Per tale parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	18,28	20,12	19,04	0,70

Durante l'esecuzione dei sondaggi non si è provveduto all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT e non è stato quindi possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young. Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, tramite prova specifica è stata stimata solo la compressibilità assiale alla tensione di rottura. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	σ_r
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa
S01	16,10	16,60	16,35	0,09
	18,30	18,80	18,55	0,14
S02	10,40	10,80	10,6	0,11
	16,00	16,70	16,35	0,52
	18,00	19,00	18,5	0,75
	28,00	29,00	28,5	0,11
S03pz	15,00	15,70	15,35	0,31
	19,30	19,60	19,45	

Per tale parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Compressibilità assiale alla tensione di rottura MPa	0,66	0,66	0,66	-

4.3.16 UNITÀ GEOTECNICA XII TERRENO DI RIPORTO

La caratterizzazione di tale unità geotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dal sondaggio geognostico a carotaggio continuo S24DH, unico in cui se ne è riscontrata la presenza. Il medesimo si estende sino ad una profondità di 35,0 m a partire dal piano campagna ed è stato condizionato per prova down hole.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S24DH	3,00	3,90	3,45	18,71			
	5,00	5,50	5,25	20,45	2,68	32,94	0,49
	11,50	11,90	11,7	19,92			

Si precisa che all'interno di tale sondaggio è stato prelevato un ulteriore campione che, tuttavia, non appartiene all'unità geotecnica indagata. Pertanto verrà trattato nel seguito.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	18,71	20,45	19,69	0,89
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,68	2,68	2,68	-
Porosità %	32,94	32,94	32,94	-
Indice vuoti (-)	0,49	0,49	0,49	-

Durante l'esecuzione di tale sondaggio si è provveduto, inoltre, all'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT. Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. [m]	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎
S24DH	2,50 ÷ 2,95	6	9	15	24	18,00	24,68

È stato, quindi, possibile stimare i parametri di resistenza relativi a densità relativa e angolo di resistenza al taglio e il parametro di deformabilità del modulo di Young tramite le suddette correlazioni empiriche.

Parametro	Min	Max	Media	Dev. Standard
Densità relativa %	95,60	95,60	95,60	-
Angolo di resistenza al taglio °	34	34	34	-
Modulo di Young MPa	20	20	20	-

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione nelle condizioni di picco e residue e dalle specifiche prove i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	ϕ_p	C_p	ϕ_r	C_r
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa	°	kPa
S24DH	3,00	3,90	3,45	31,8	26		
	5,00	5,50	5,25	31,01	17,8	21,38	0,02
	11,50	11,90	11,7	30,73	21,7		

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	C_v	E_{ed}	K (m/s)	c_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	m/s	(-)
S24DH	3,00	3,90	3,45				
	5,00	5,50	5,25	1,64E-01	3,5	1,07E-08	3,80E-04
	11,50	11,90	11,7				

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Angolo di resistenza al taglio di picco °	30,73	31,80	31,18	0,55
Coesione di picco kPa	17,8	26	21,83	4,10
Angolo di resistenza al taglio residuo °	21,38	21,38	21,38	-
Coesione residua kPa	0,02	0,02	0,02	-

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Coefficiente di compressibilità MPa	0,16	0,16	0,16	-
Modulo edometrico MPa	3,50	3,50	3,50	-
Permeabilità m/s	1,07E-08	1,07E-08	1,07E-08	-
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	3,80E-04	3,80E-04	3,80E-04	-

4.4.5 UNITÀ LITOTECNICA II VLU2 -FORMAZIONE DELLA VAL LURETTA – MEMBRO DI MONTEVENTANO

La caratterizzazione di tale unità litotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici a carotaggio continuo S25PZ, S26IN, S27PZ e S29: in essi, infatti, se ne è riscontrata la presenza. I medesimi si estendono sino a profondità comprese tra i 20 m e i 30,0 m a partire dal piano campagna e due di essi sono stati condizionati come piezometri a tubo aperto e uno con inclinometro.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S25pz	15,00	15,60	15,3	18,59			
S26in	6,20	7,00	6,6				
	8,20	9,00	8,6				
	14,00	15,00	14,5				
	17,40	18,00	17,7				
s27pz	5,60	6,20	5,9	19,49	2,59	35,25	0,54
	10,50	11,00	10,75	18,26	2,58	41,1	0,7
s29	15,00	16,00	15,5	20,35			

Si precisa che all'interno di tali sondaggi sono stati prelevati ulteriori campioni non appartenenti a tale unità litotecnica.

Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	18,26	20,35	19,17	0,94
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,58	2,59	2,59	-
Porosità %	35,25	41,1	38,175	-
Indice vuoti (-)	0,54	0,7	0,62	-

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto e di taglio anulare, si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione e dalle specifiche prove i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Prova di taglio diretto		Prova di taglio anulare	
				ϕ	c	ϕ	c
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa	°	kPa
S25pz	15,00	15,60	15,3				
S26in	6,20	7,00	6,6				
	8,20	9,00	8,6				
	14,00	15,00	14,5				
	17,40	18,00	17,7				
s27pz	5,60	6,20	5,9			19,11	0,03
	10,50	11,00	10,75	26,56	30,33		
s29	15,00	16,00	15,5				

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	σ_r	C_v	E_{ed} (MPa)	K (m/s)	C_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	MPa	m/s	(-)
S25pz	15,00	15,60	15,3	0,147				
S26in	6,20	7,00	6,6					
	8,20	9,00	8,6					
	14,00	15,00	14,5					
	17,40	18,00	17,7					
s27pz	5,60	6,20	5,9		2,15E-01	4,6	9,04E-07	4,20E-02
	10,50	11,00	10,75		2,06E-01	4,8	2,89E-08	1,40E-03
s29	15,00	16,00	15,5	0,298				

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

	Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Prova di taglio diretto	Angolo di resistenza al taglio °	26,56	26,56	26,56	-
	Coesione kPa	30,33	30,33	30,33	-
Prova di taglio anulare	Angolo di resistenza al taglio °	19,11	19,11	19,11	-
	Coesione kPa	0,03	0,03	0,03	-

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Compressibilità assiale alla tensione di rottura MPa	0,15	0,30	0,22	-
Coefficiente di compressibilità MPa	0,21	0,22	0,21	-
Modulo edometrico MPa	4,60	4,80	4,70	-
Permeabilità m/s	2,89E-08	9,04E-07	4,66E-07	-
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	1,40E-03	4,20E-02	2,17E-02	-

4.4.6 UNITÀ LITOTECNICA III VLU3 -FORMAZIONE DELLA VAL LURETTA – MEMBRO DI GENEPRETO

La caratterizzazione di tale unità litotecnica verrà condotta facendo specifico riferimento alle risultanze ottenute dai sondaggi geognostici S04, S09IN, S10IN, S11, S12DH, S14DH, S15DH, S15PZbis, S16PZ, S17, S19IN, S21IN, S22PZ e S23DH e S24DH: in essi, infatti, se ne è riscontrata la presenza. I medesimi si estendono sino a profondità comprese tra i 20 m e i 35,0 m a partire dal piano campagna e alcuni di essi sono stati condizionati come piezometri a tubo aperto, alcuni con inclinometro, altri per prove down hole. Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati in laboratorio, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	Peso vol. nat.	Peso sp. gr.	Porosità	Indice vuoti
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	KN/mc	g/cm ³	%	(-)
S04	14,30	15,00	14,65				
	16,00	16,70	16,35	16,93			
S09in	18,40	19,00	18,7	18,55	2,75	45,31	0,83
	26,00	26,70	26,35	20,2			
S10in	13,00	13,70	13,35	19,49			
	20,20	20,80	20,5	19,88			
	25,00	26,00	25,5	21,41			
	11,00	11,00	11				
S11	23,50	23,50	23,5				
	4,00	4,50	4,25	18,5	2,75	41,18	0,7
	7,40	8,00	7,7				
	11,40	12,00	11,7	18,06	2,70	41,51	0,71
S12DH	18,00	18,50	18,25	19,88			
	19,00	20,00	19,5				
S14DH	18,30	19,00	18,65	19,27	2,69	37,96	0,61
	24,00	25,00	24,5				
S15DH	13,00	13,50	13,25	18,62	2,76	42,91	0,75
	17,30	18,00	17,65	20,62			
	22,40	23,00	22,7	18,77	2,72	42,67	0,75
S15pz bis	12,00	12,50	12,25	18,28	2,73	43,88	0,78
	18,00	18,50	18,25	19,48	2,53	37,47	0,6
S16pz	10,00	10,60	10,3				
	13,00	13,60	13,3	19,43	2,73		
S17	19,00	20,00	19,5	20,63			
S19in	11,50	12,00	11,75	18,97			
	14,10	14,60	14,35	18,16			
	18,40	19,00	18,7	19,1			
	26,50	27,00	26,75				
S21in	24,00	24,00	24				
	6,50	7,00	6,75	21,1	2,76	32,82	0,49
	9,00	9,50	9,25	18,78	2,67	42,51	0,74
	11,00	11,50	11,25	20,42			
S22pz	27,00	27,70	27,35	20,41			
	4,00	4,50	4,25	18,23	2,70	43,15	0,76
	8,00	8,50	8,25	20,5	2,70	37,84	0,61
	12,10	12,50	12,3	20,23			
	15,00	16,00	15,5	18,97			
S23dh	17,20	17,80	17,5				
S24dh	14,00	14,80	14,4				
	15,00	15,80	15,4				

Si precisa che all'interno di tali sondaggi sono stati prelevati ulteriori campioni non appartenenti a tale unità litotecnica. Per ciascun parametro sono state calcolate, le seguenti grandezze statistiche:

Caratteristica fisica	Min	Max	Media	Dev. Standard
Peso volume naturale KN/mc	16,93	21,41	19,39	1,06
Peso specifico dei granuli g/cm ³	2,53	2,76	2,71	0,06
Porosità %	32,82	45,31	40,77	3,55
Indice vuoti (-)	0,49	0,83	0,69	0,10

Per quanto riguarda i parametri stimati in laboratorio, dalla prova di taglio diretto e dalla prova di taglio anulare, si sono ricavati i parametri di angolo di resistenza al taglio e coesione, in cella triassiale la resistenza a taglio non consolidata non drenata e dalle specifiche prove i parametri di deformabilità. Si riportano nelle tabelle che seguono i risultati ottenuti per i vari campioni prelevati:

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	ϕ	c	ϕ	c	T_r
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	°	kPa	°	kPa	kPa
S04	14,30	15,00	14,65					
	16,00	16,70	16,35	33,29	20,9			
S09in	18,40	19,00	18,7					
	26,00	26,70	26,35					
S10in	13,00	13,70	13,35					
	20,20	20,80	20,5	31,38	23,67			
	25,00	26,00	25,5					
	11,00	11,00	11					
S11	23,50	23,50	23,5					
	4,00	4,50	4,25					
	7,40	8,00	7,7					
	11,40	12,00	11,7					
S12DH	18,00	18,50	18,25					
	19,00	20,00	19,5					
S14DH	18,30	19,00	18,65	28	32			
	24,00	25,00	24,5					
S15DH	13,00	13,50	13,25					112,38
	17,30	18,00	17,65					
	22,40	23,00	22,7					
S15pz bis	12,00	12,50	12,25					120,87
	18,00	18,50	18,25	24,07	38,05	13,89	0,73	242,93
S16pz	10,00	10,60	10,3					
	13,00	13,60	13,3					
S17	19,00	20,00	19,5					
S19in	11,50	12,00	11,75					
	14,10	14,60	14,35					
	18,40	19,00	18,7					
	26,50	27,00	26,75					
	24,00	24,00	24					
S21in	6,50	7,00	6,75					259,21
	9,00	9,50	9,25					198,95
	11,00	11,50	11,25					87,43
	27,00	27,70	27,35					
S22pz	4,00	4,50	4,25					
	8,00	8,50	8,25					243,97
	12,10	12,50	12,3	29,9	25,5			
	15,00	16,00	15,5	22,78	38,37			
	17,20	17,80	17,5					
S23dh	14,00	14,80	14,4					
S24dh	15,00	15,80	15,4					

SONDAGGIO	Prof. Da	Prof. A	Prof. Med	σ_r	C_v	E_{ed}	K (m/s)	C_v
n°	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	MPa	MPa	MPa	m/s	(-)
S04	14,30	15,00	14,65					
	16,00	16,70	16,35					
S09in	18,40	19,00	18,7	0,15				
	26,00	26,70	26,35	0,37				
S10in	13,00	13,70	13,35	0,05				
	20,20	20,80	20,5					
	25,00	26,00	25,5	0,08				
	11,00	11,00	11					
S11	23,50	23,50	23,5					
	4,00	4,50	4,25					
	7,40	8,00	7,7					
	11,40	12,00	11,7	0,39				
S12DH	18,00	18,50	18,25	0,1				
	19,00	20,00	19,5					
S14DH	18,30	19,00	18,65					
	24,00	25,00	24,5					
S15DH	13,00	13,50	13,25		1,05E-01	9,5	2,63E-08	2,50E-03
	17,30	18,00	17,65	10,18				
	22,40	23,00	22,7	0,28				
S15pz bis	12,00	12,50	12,25		1,51E-01	6,6	1,96E-09	1,30E-04
	18,00	18,50	18,25					
S16pz	10,00	10,60	10,3					
	13,00	13,60	13,3	0,17				
S17	19,00	20,00	19,5	0,17				
S19in	11,50	12,00	11,75					
	14,10	14,60	14,35	0,05				
	18,40	19,00	18,7	0,06				
	26,50	27,00	26,75					
	24,00	24,00	24					
S21in	6,50	7,00	6,75		8,90E-02	11,2	2,58E-08	2,90E-03
	9,00	9,50	9,25		4,17E-01	2,4	2,17E-07	5,20E-03
	11,00	11,50	11,25					
	27,00	27,70	27,35	0,12				
S22pz	4,00	4,50	4,25		6,58E-01	1,5	3,62E-08	5,50E-04
	8,00	8,50	8,25		2,40E-01	4,2	7,68E-09	3,20E-04
	12,10	12,50	12,3	0,23				
	15,00	16,00	15,5	0,25				
	17,20	17,80	17,5					
S23dh	14,00	14,80	14,4					
S24dh	15,00	15,80	15,4					

Per ciascun parametro sono state calcolate, quindi, le seguenti grandezze statistiche:

	Parametro di resistenza	Min	Max	Media	Dev. Standard
Prova di taglio diretto	Angolo di resistenza al taglio °	22,78	33,29	28,24	4,13
	Coesione kPa	20,9	38,37	29,75	7,50
Prova di taglio anulare	Angolo di resistenza al taglio °	13,89	13,89	13,89	-
	Coesione kPa	0,73	0,73	0,73	-
	Resistenza al taglio UU kPa	87,43	259,21	180,82	72,25

Parametri di deformabilità	Min	Max	Media	Dev. Standard
Compressibilità assiale alla tensione di rottura MPa	0,05	10,18	0,84	2,59
Coefficiente di compressibilità MPa	0,09	0,66	0,28	0,22
Modulo edometrico MPa	1,50	11,20	5,90	3,90
Permeabilità m/s	1,96E-09	2,17E-07	5,25E-08	8,16E-08
Coefficiente di consolidazione primaria (-)	1,30E-04	5,20E-03	1,93E-03	1,98E-03

5 REGIME PIEZOMETRICO

Per quanto concerne le escursioni del livello di falda freatica, le letture nei piezometri distribuiti lungo il tracciato eseguite nel 2019 in condizioni idrologiche differenti (primaverile, autunnale) mostrano i seguenti valori di soggiacenza (espressi in metri riferiti alla testa del tubo), con massimo nel periodo autunnale.

SIGLA SONDAGGIO	feb-19	nov-19	differenza
S03-PZ	7,78	4,10	3,68
S08-PZ	5,12	4,21	0,91
S13-PZ	4,37	1,65	2,72
S15bis	4,10	-	-
S16PZ	non eseguibile	non eseguibile	-
S20-PZ	assente	non trovato - distrutto	-
S22-PZ	4,27	1,70	2,57
S25-PZ	2,70	1,20	1,50
S27-PZ	8,40	8,62	-0,22
S33-PZ	3,40	3,30	0,10

6 PARAMETRI GEOTECNICI ED IPOTESI PROGETTUALI

Ai fini delle verifiche geotecniche del corpo stradale e delle opere strutturali presenti nel progetto, sono stati assegnati, per i terreni di copertura Quaternaria e per il substrato roccioso pre-Quaternario, un'unica parametrizzazione delle caratteristiche geomeccaniche in piena accordo con quanto riportato nei risultati delle prove geotecniche in situ e in laboratorio.

Per le unità litotecniche, per le quali non sono stati prelevati campioni, sono stati attribuiti dei valori delle caratteristiche geomeccaniche derivanti dalla letteratura tecnica.

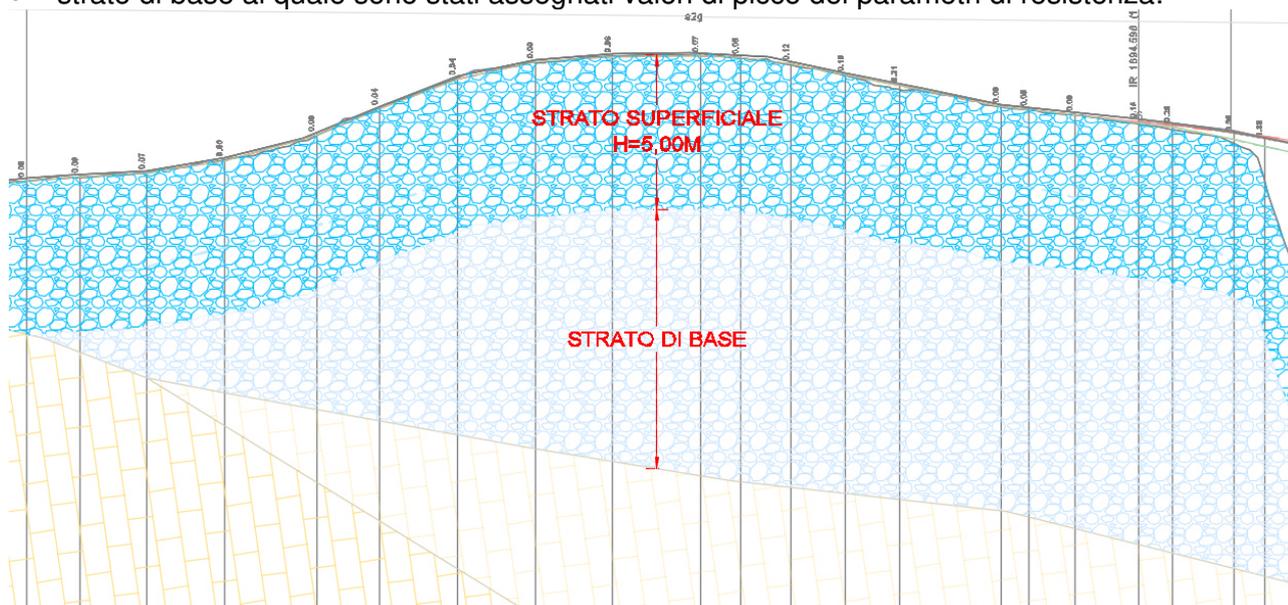
Nella tabella seguente viene riassunto, per ogni unità litotecnica, i relativi parametri geotecnici caratteristici di progetto utilizzati nel calcolo.

UNITA' DI COPERTURA					
UNITA'	PESO DI VOLUME	ANGOLO DI ATTRITO [°]	COESIONE	MODULO EDOMETRICO	MODULO DI YOUNG
	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	C' [kPa]	E_{ed} [kPa]	E [kPa]
a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento	19,5	19,0	0,5	9.000	31.000
a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango	19,5	19,0	0,5	2.000	17.000
a1g - Deposito di frana attiva complessa	17,5	17,0	0,5	6.450	23.000
a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento - strato superficiale	18,5	19,0	0,5	4.300	22.500
a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento - strato di base	18,5	32,0	23,0	4.300	22.500
a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango - strato superficiale	19,0	19,0	0,5	4.260	22.300
a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango - strato di base	19,0	31,0	28,0	4.260	22.300
a2g - Deposito di frana quiescente complessa - strato superficiale	18,5	18,0	0,5	5.150	21.000
a2g - Deposito di frana quiescente complessa - strato di base	18,5	31,0	27,5	5.150	21.000
a3 - Deposito di versante s.l.	18,5	32,0	26,0	4.100	21.500
Terreno di riporto	19,5	32,5	22,0	3.500	20.000
Strato di alterazione del substrato in posto (Formazione APA)	19,5	31,5	32,5	9.500	32.000
Strato di alterazione del substrato in posto (Formazione VLU2)	19,5	31,5	25,0	4.200	17.500
Strato di alterazione del substrato in posto (Formazione VLU3)	19,0	29,5	30,5	1.500	21.300
CMZ - Sintema di Costamezzana	19,0	30,0	0,0	10.000	50.000
AES8 - Subintema di Ravenna	19,0	30,0	0,0	10.000	50.000

UNITA' DEL SUBSTRATO					
UNITA'	PESO DI VOLUME	ANGOLO DI ATTRITO [°]	COESIONE	MODULO EDOMETRICO	MODULO DI YOUNG
	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	C' [kPa]	E_{ed} [kPa]	E [kPa]
CPP - Complesso di Pietra Parcellara	19,5	31,5	32,5	9.500	32.000
VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Montevendolo	19,0	26,5	30,5	4.700	18.000
VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto	19,5	28,5	30,0	5.900	30.000

Come si evince dalla tabella e dal profilo geotecnico, per le unità litotecniche costituite da depositi di frana attiva sono stati assegnati i valori di resistenza residua, mentre per le unità caratterizzate da depositi di frana quiescente, lo strato di terreno è stato suddiviso in due zone distinte:

- strato superficiale di altezza pari a 5,00m, a partire dal piano campagna, al quale sono stati assegnati valori residui dei parametri di resistenza;
- strato di base al quale sono stati assegnati valori di picco dei parametri di resistenza.



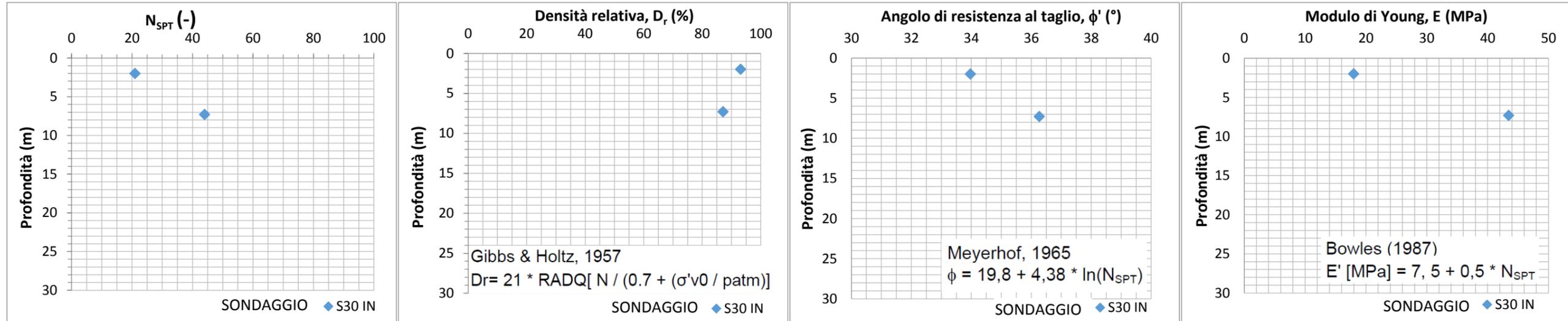
Infine, è stata considerata una profondità della falda pari a 1,50m dal piano campagna. Ipotesi che è più gravosa per le verifiche geotecniche ma comunque in linea con quanto riportato nel profilo geotecnico.

7 ALLEGATO 1 – VARIAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI CON LA PROFONDITA'

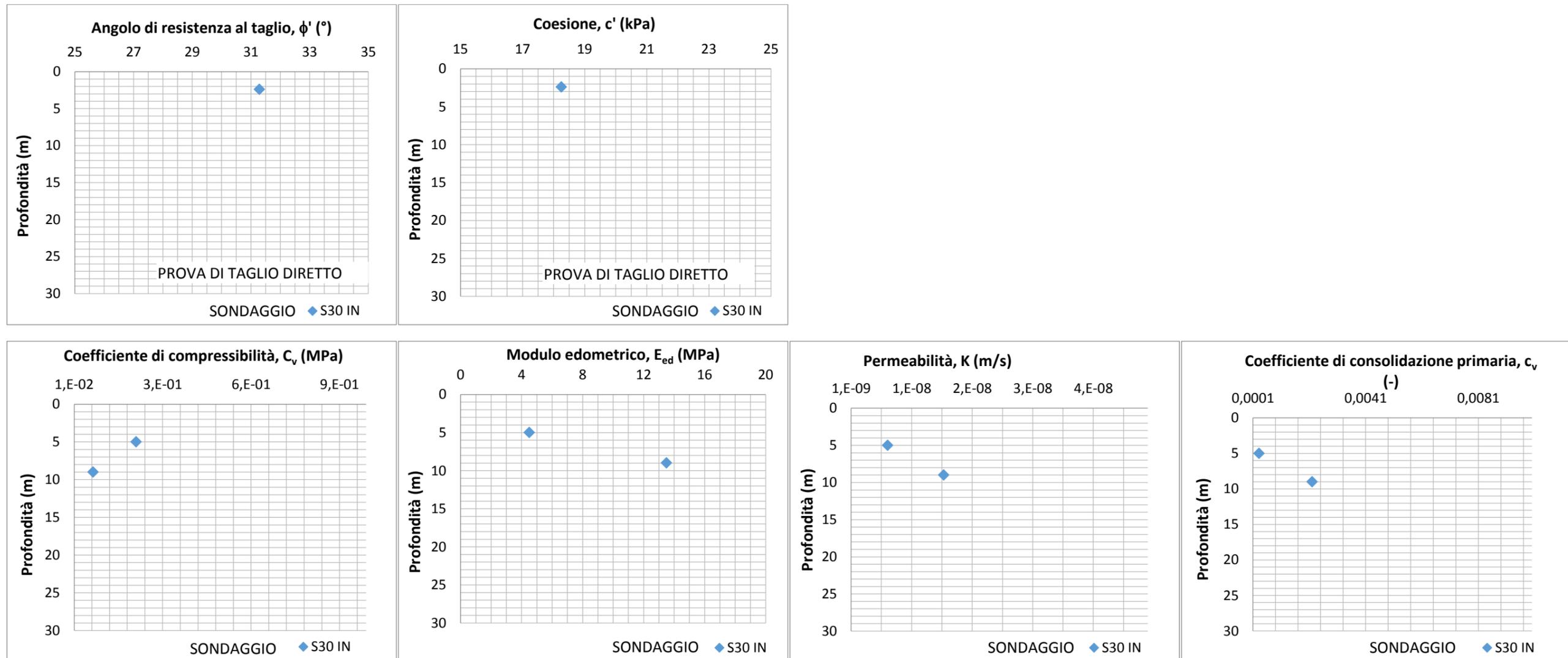
ALLEGATO 1

Unità I a1b – Deposito di frana attiva per scivolamento

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

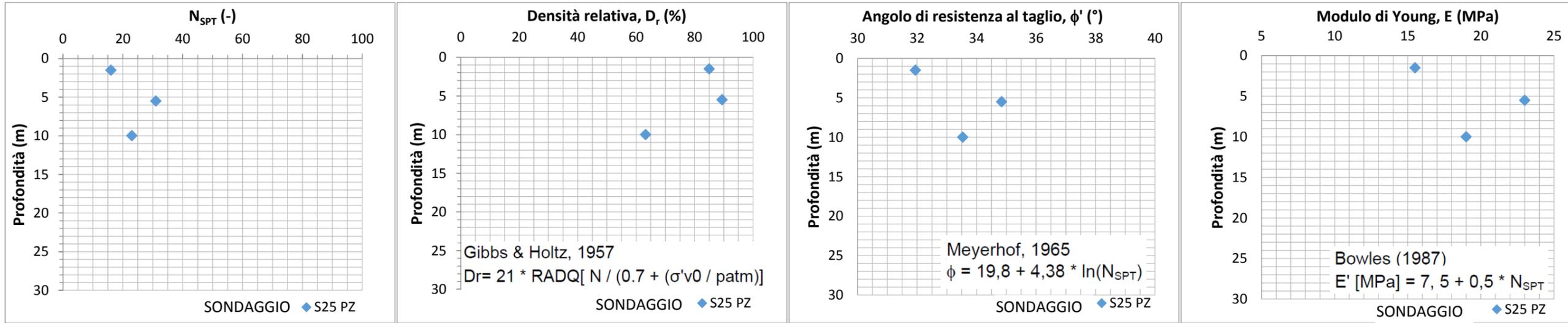


PROVE LABORATORIO

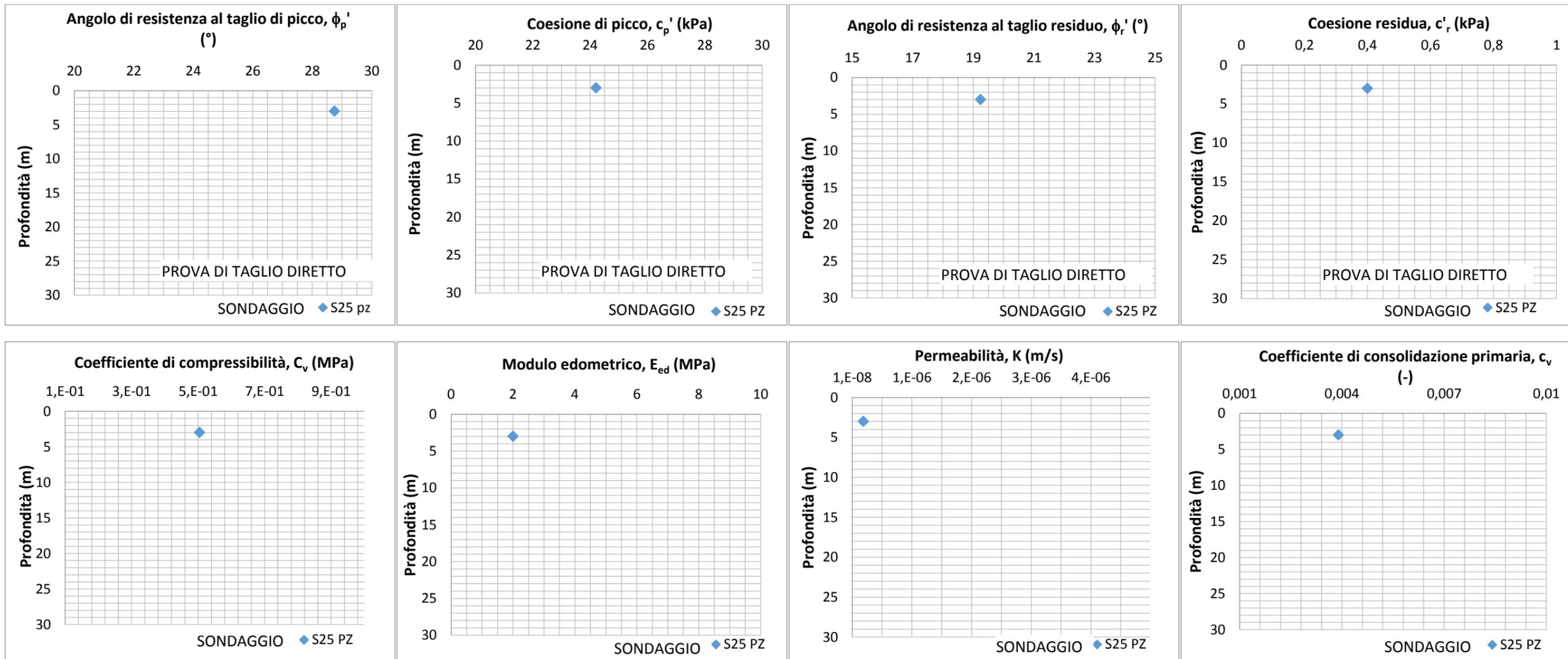


Unità II a1d – Deposito di frana attiva per colamento di fango

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

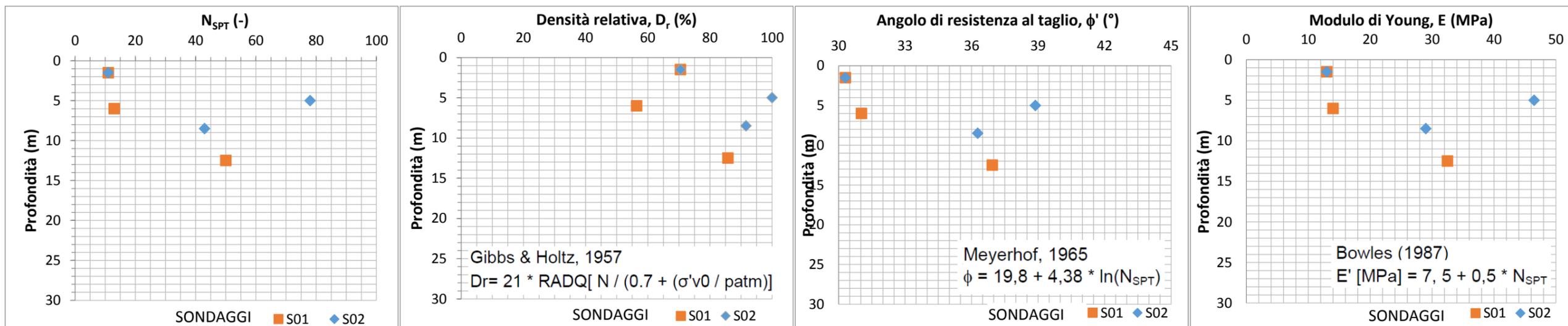


PROVE LABORATORIO

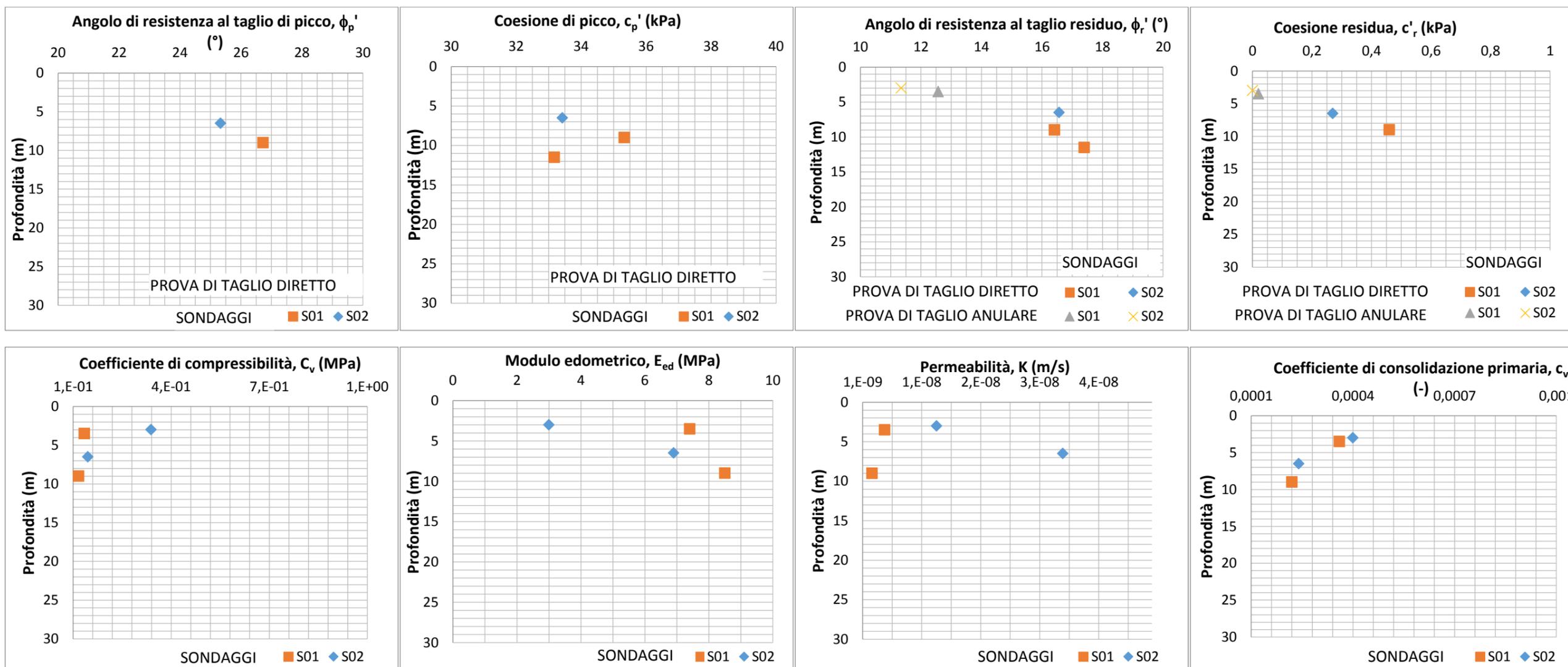


Unità III a1g – Deposito di frana attiva complessa

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

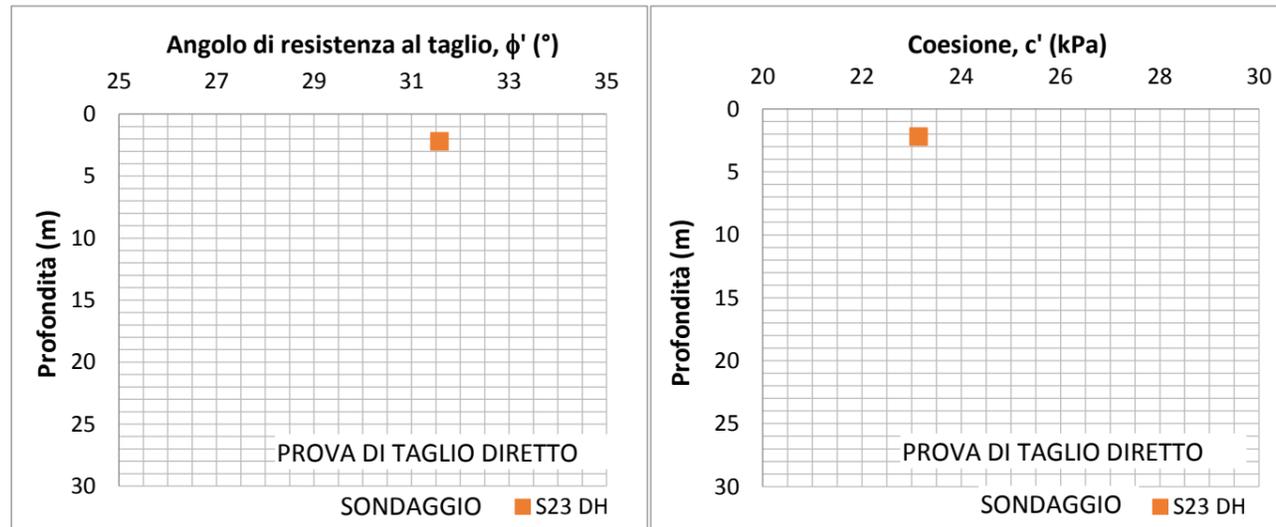


PROVE LABORATORIO



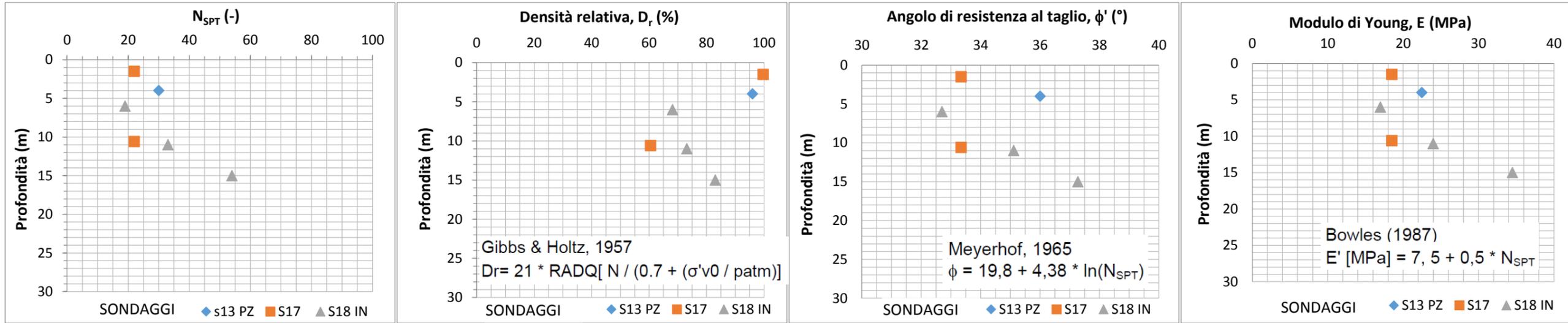
Unità IV a2b – Deposito di frana quiescente per scivolamento

PROVE LABORATORIO

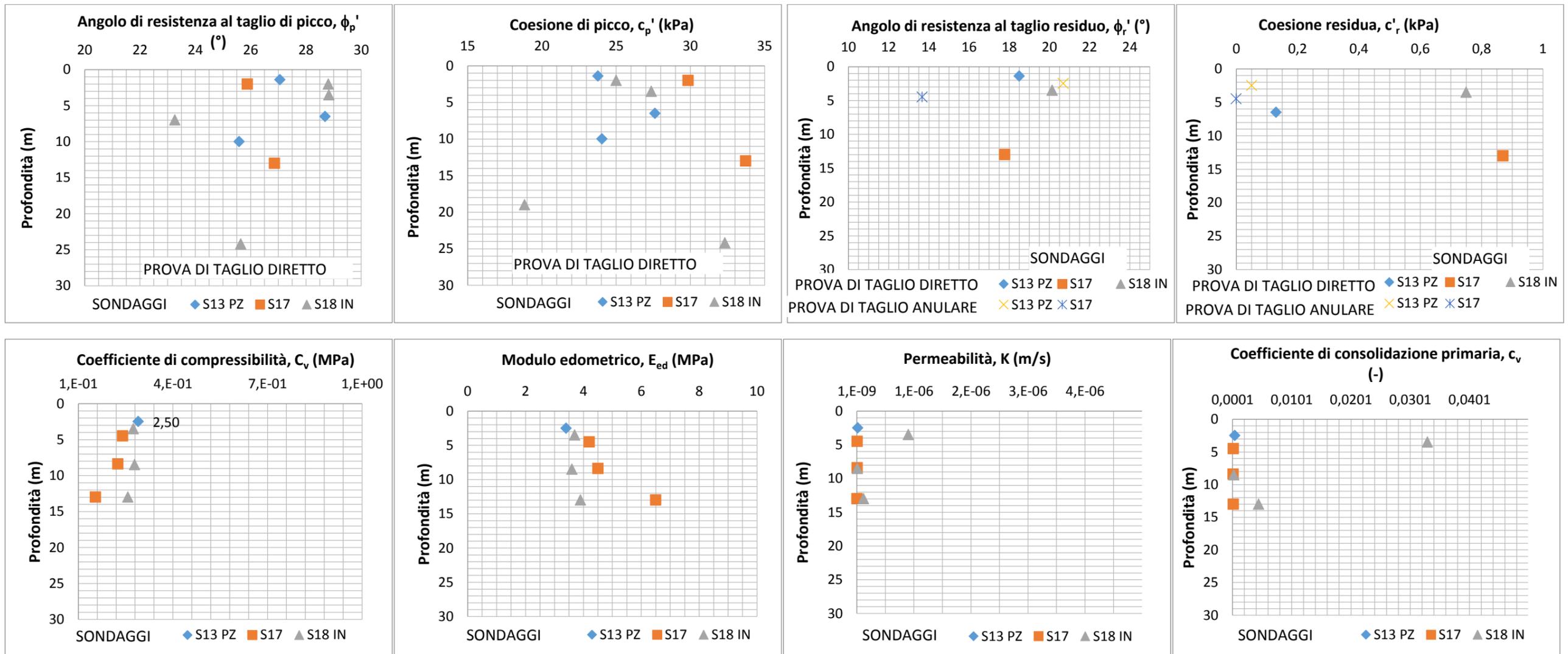


Unità V a2d – Deposito di frana quiescente per colamento di fango

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT - INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

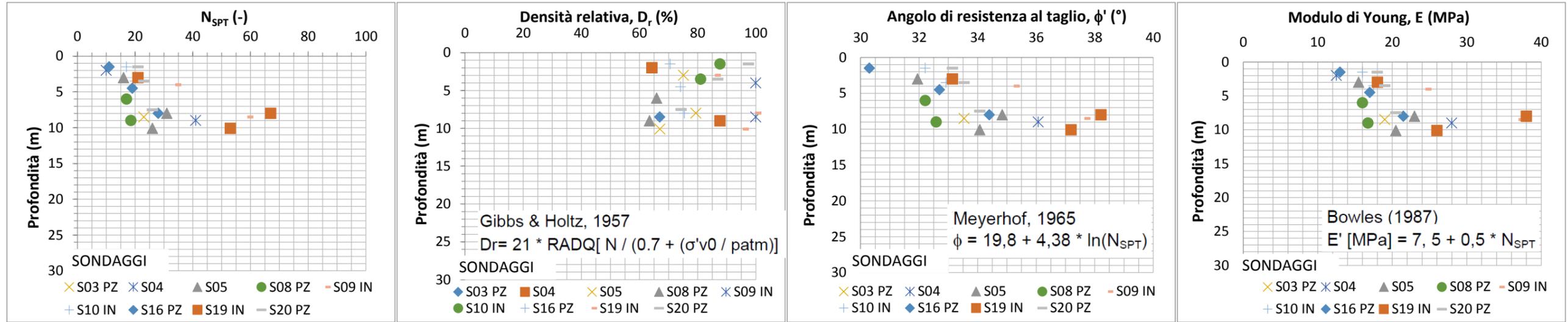


PROVE LABORATORIO:

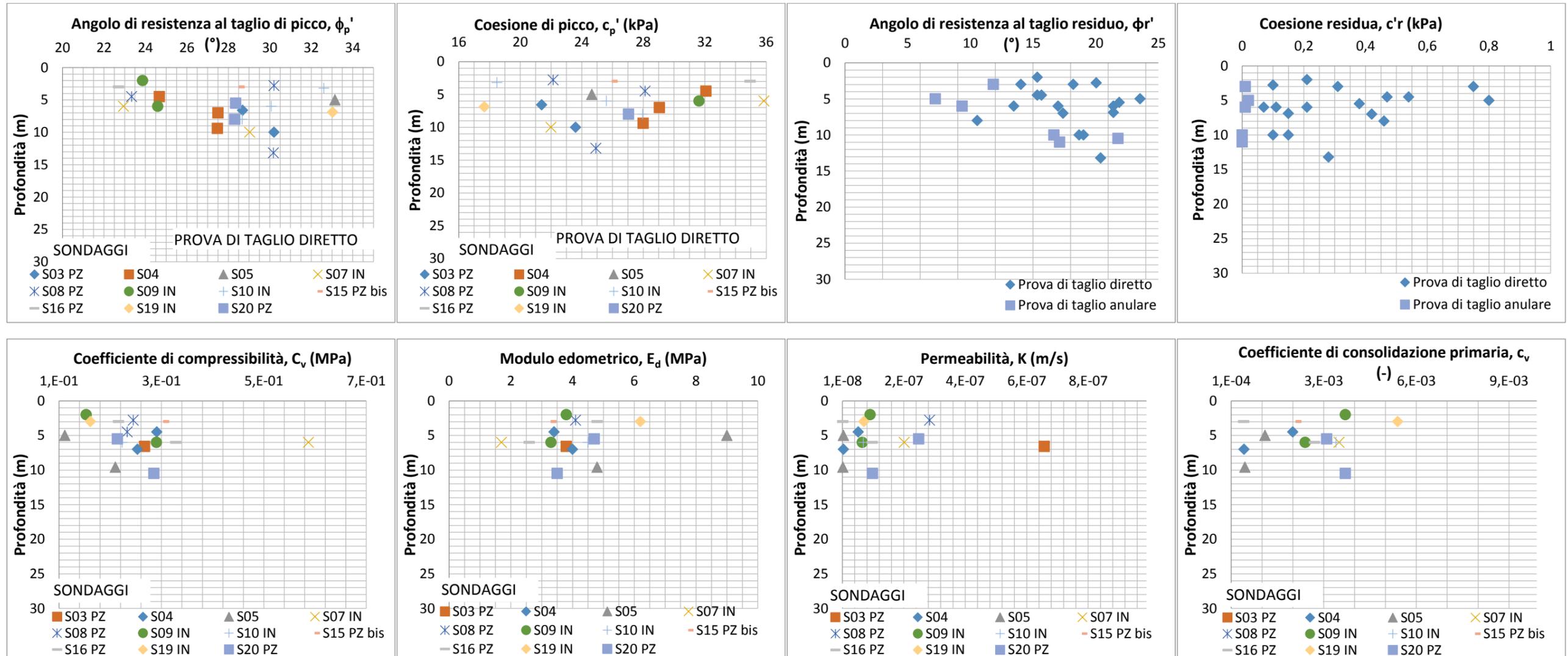


Unità VI a2g – Deposito di frana quiescente complessa

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

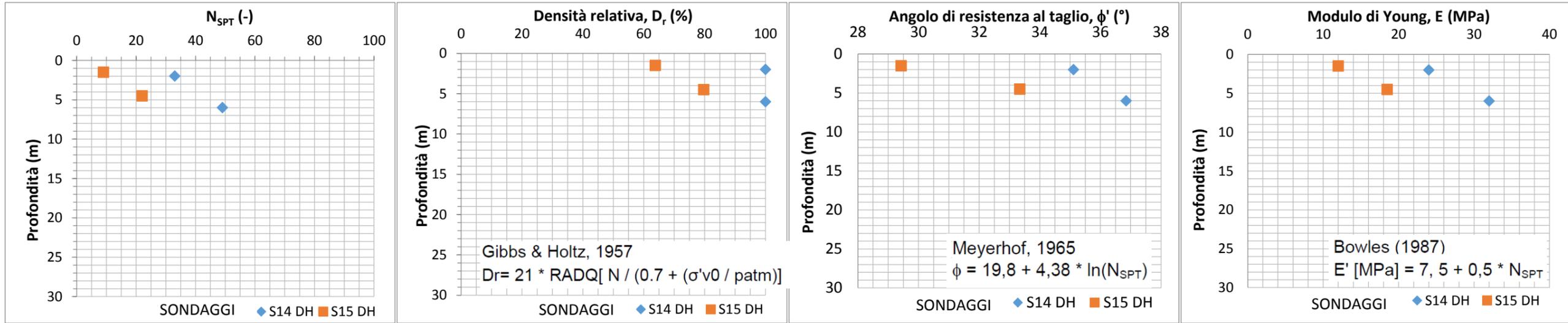


PROVE LABORATORIO:

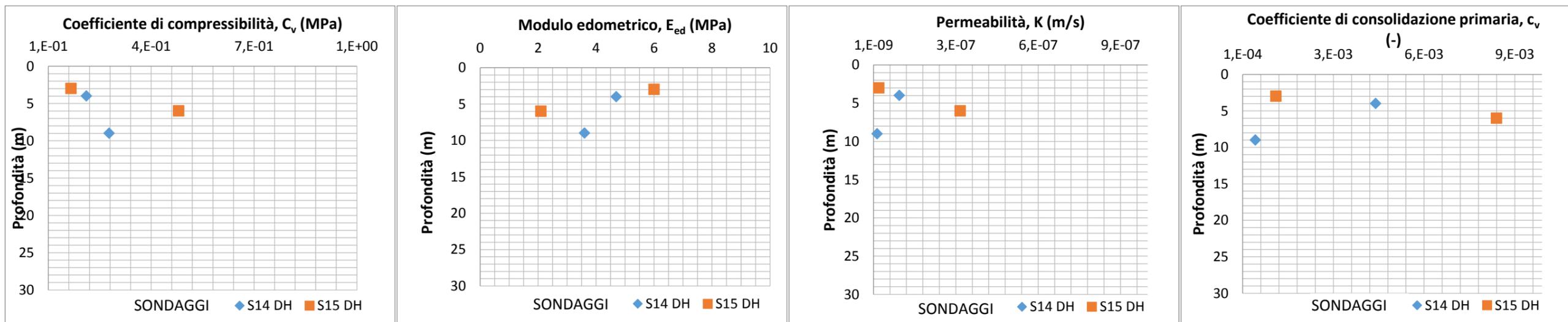
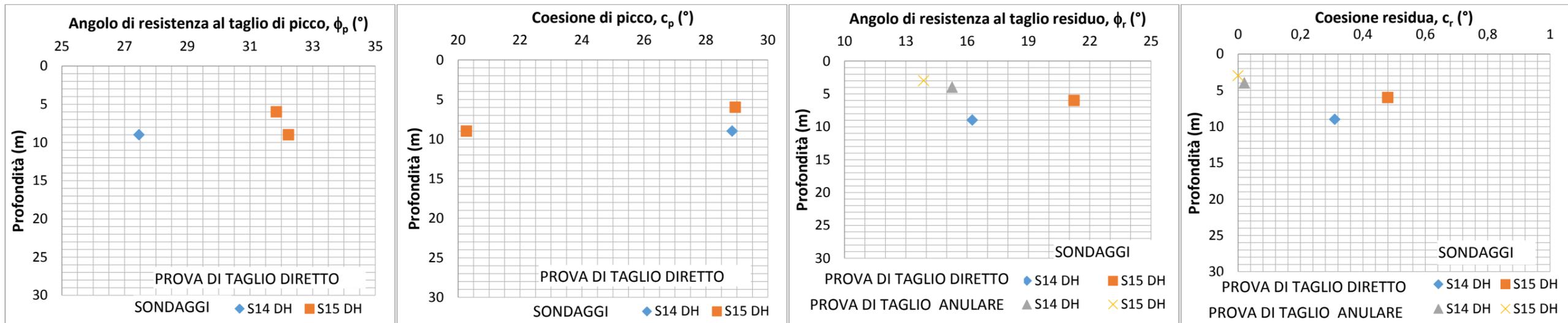


Unità VII a3 – Deposito di versante S.L.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT - INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

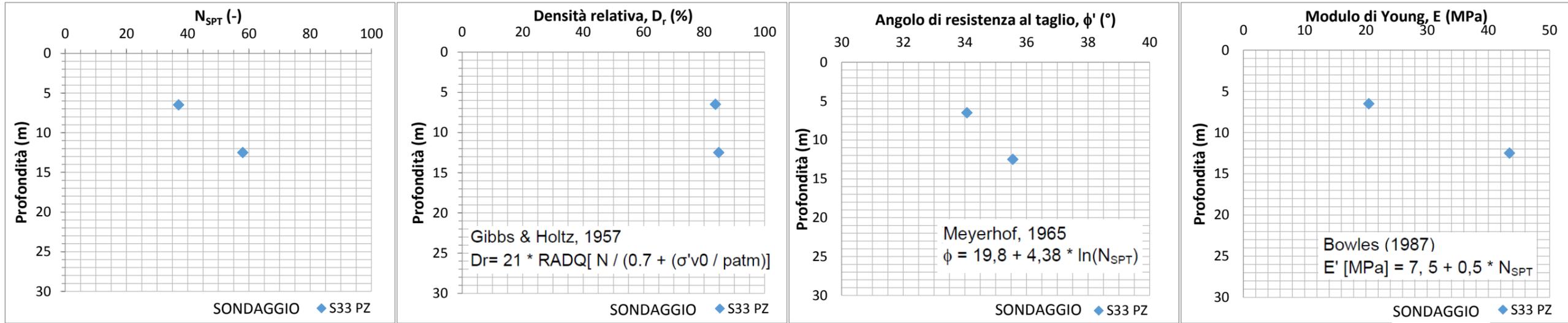


PROVE LABORATORIO

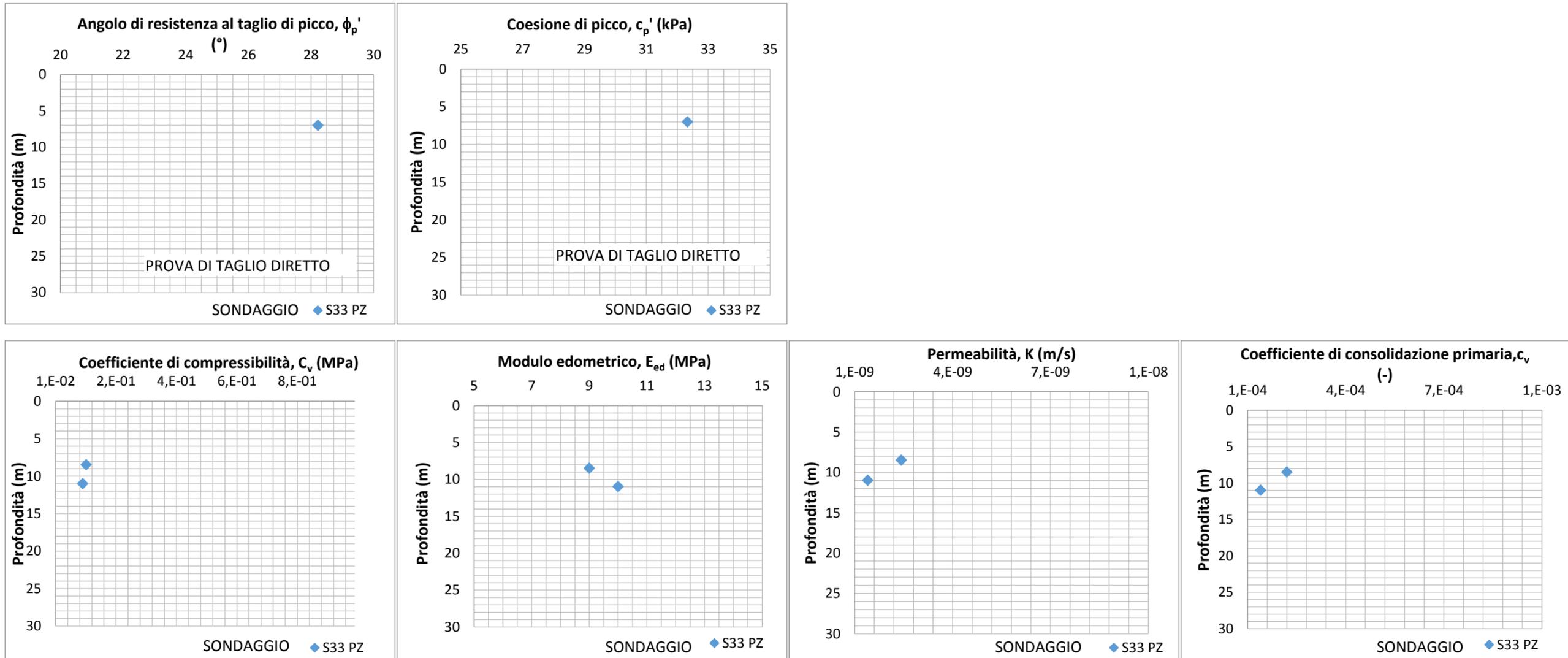


Unità VIII Strato di alterazione del substrato in posto APA

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

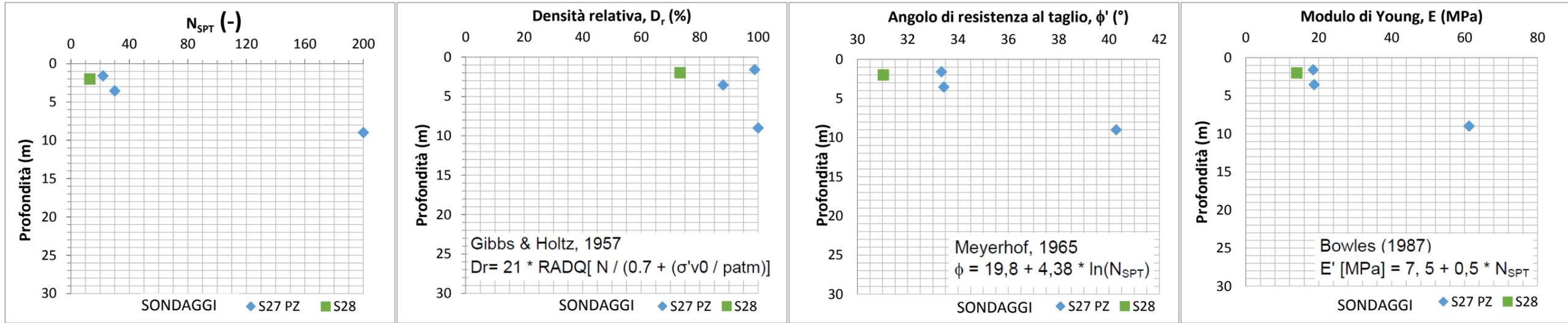


PROVE LABORATORIO

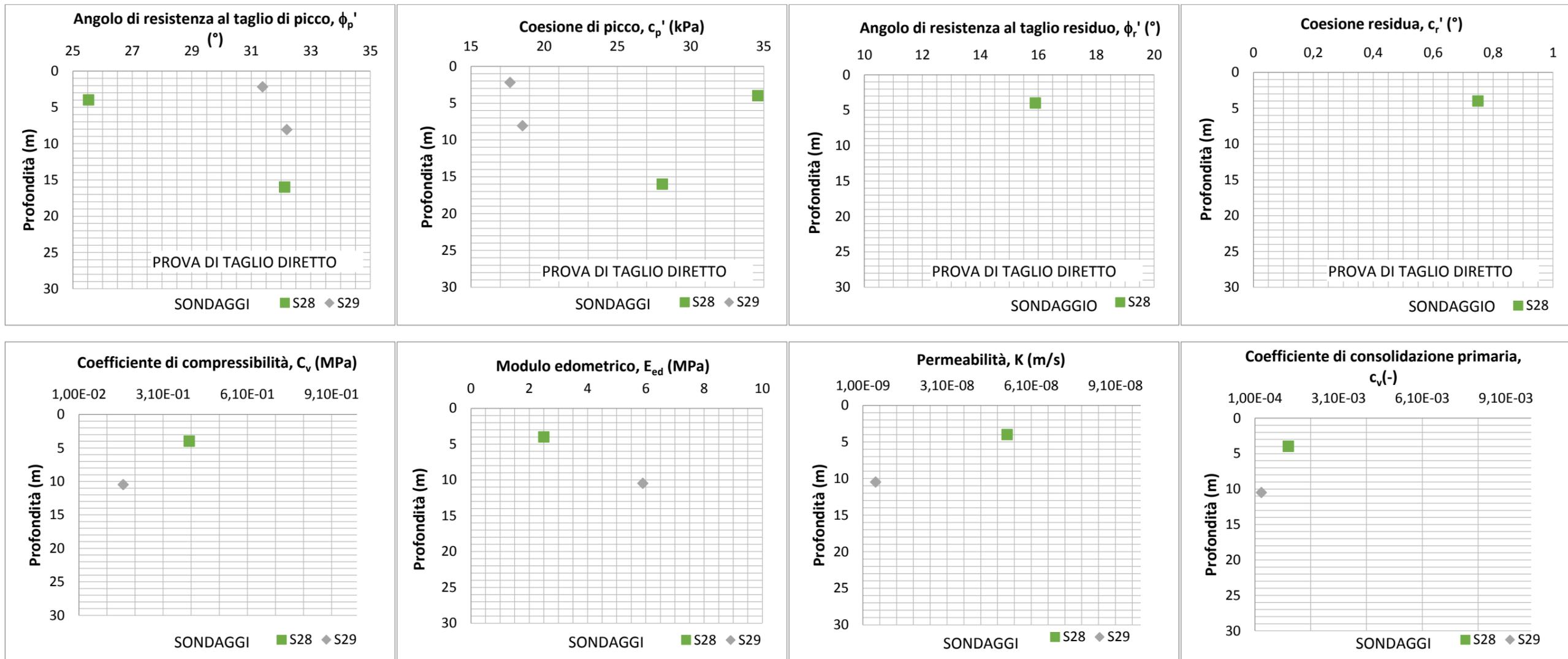


Unità IX Strato di alterazione del substrato in posto VLU2

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

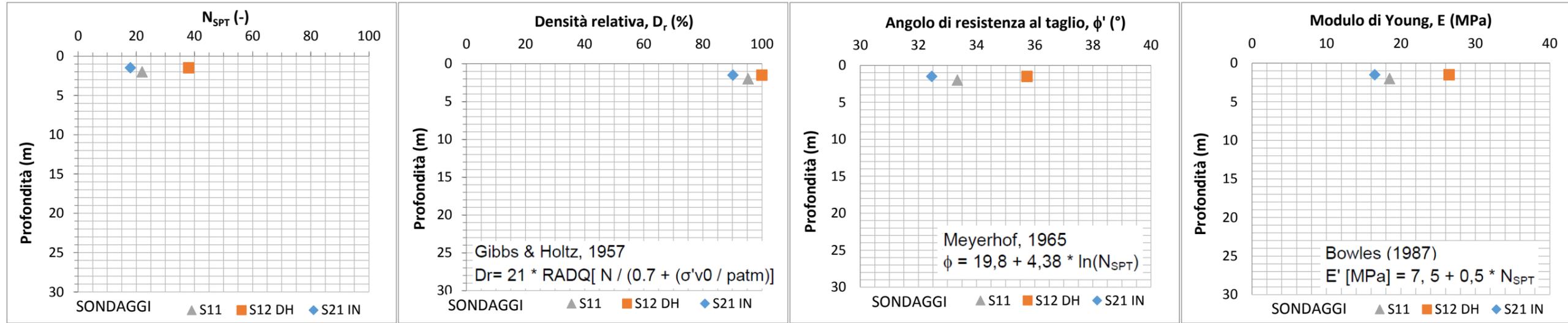


PROVE LABORATORIO

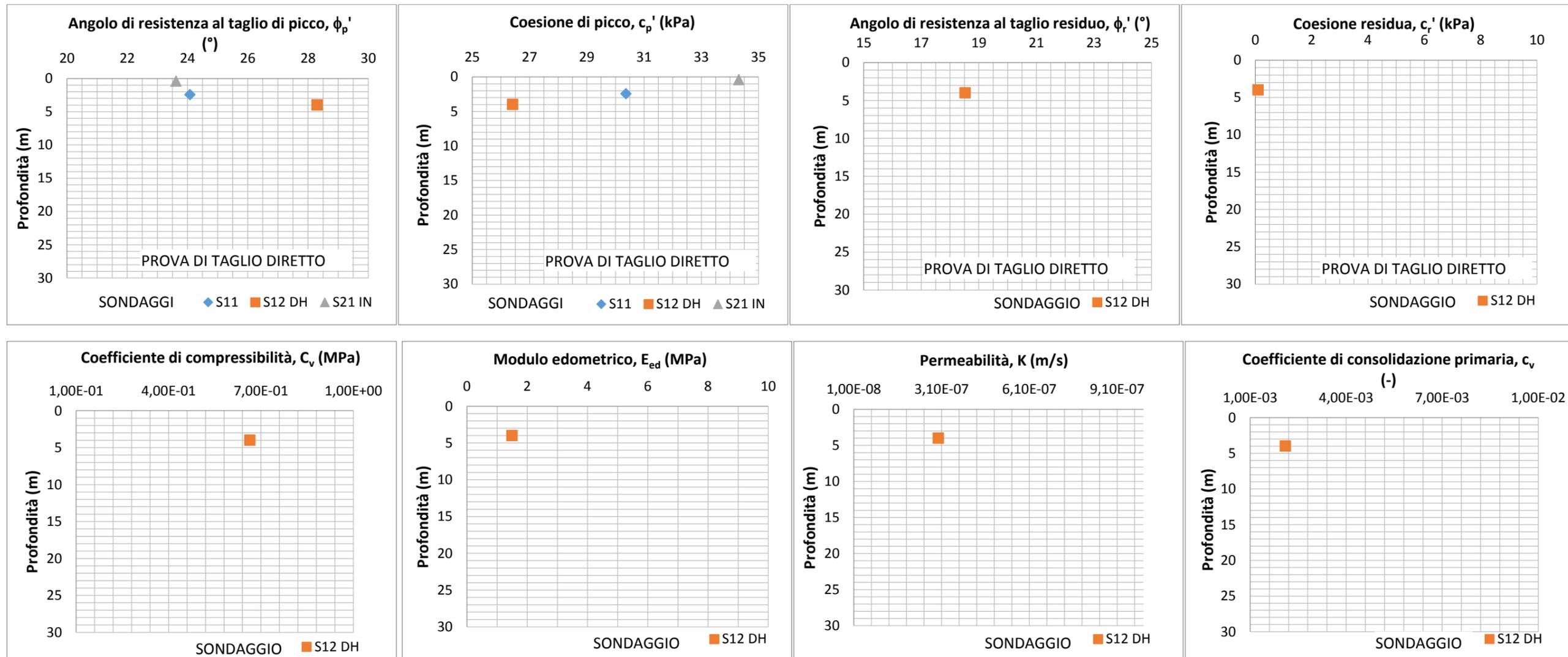


Unità X Strato di alterazione del substrato in posto VLU3

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

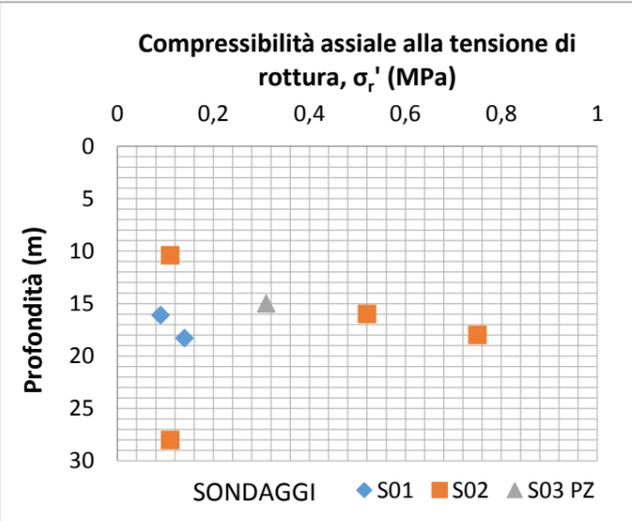


PROVE LABORATORIO



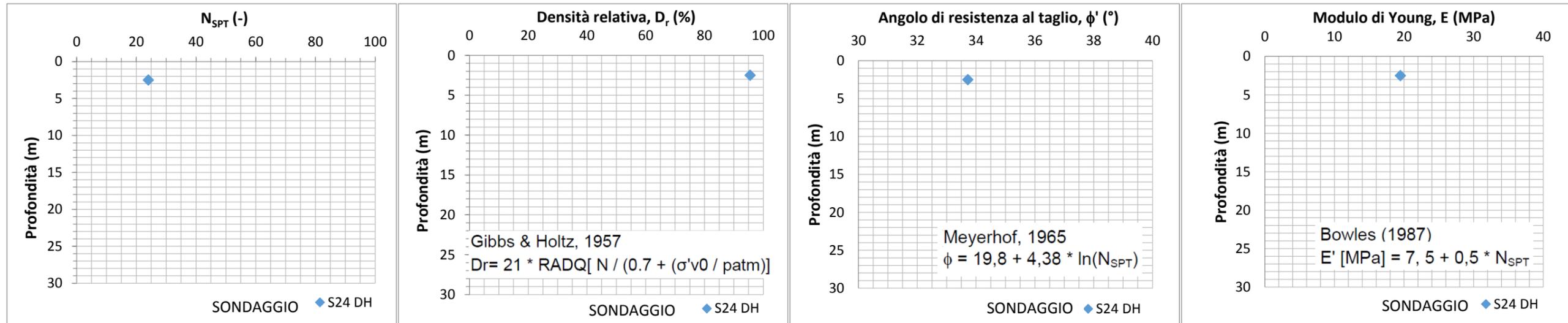
Unità XI Sintema di Costamezzana CMZ

PROVE LABORATORIO:

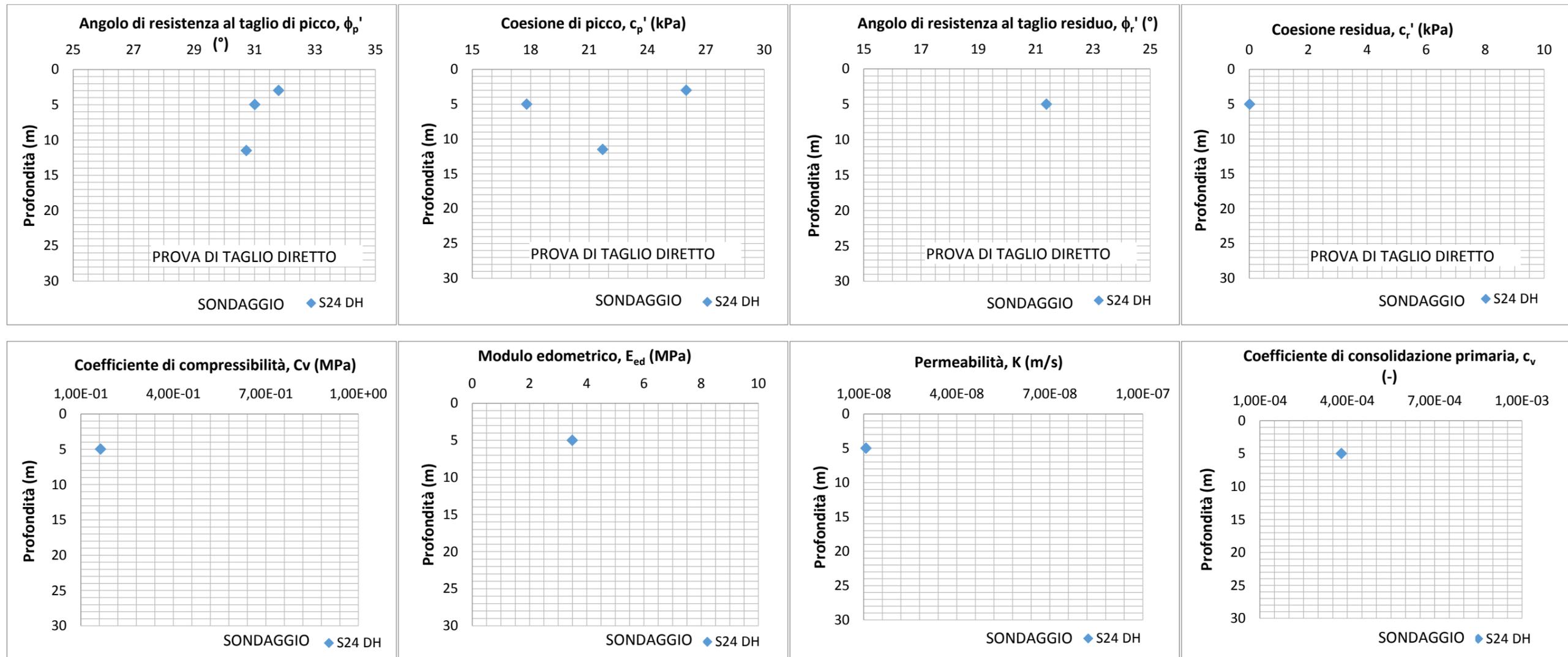


Unità XII Terreno di riporto

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO SPT – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

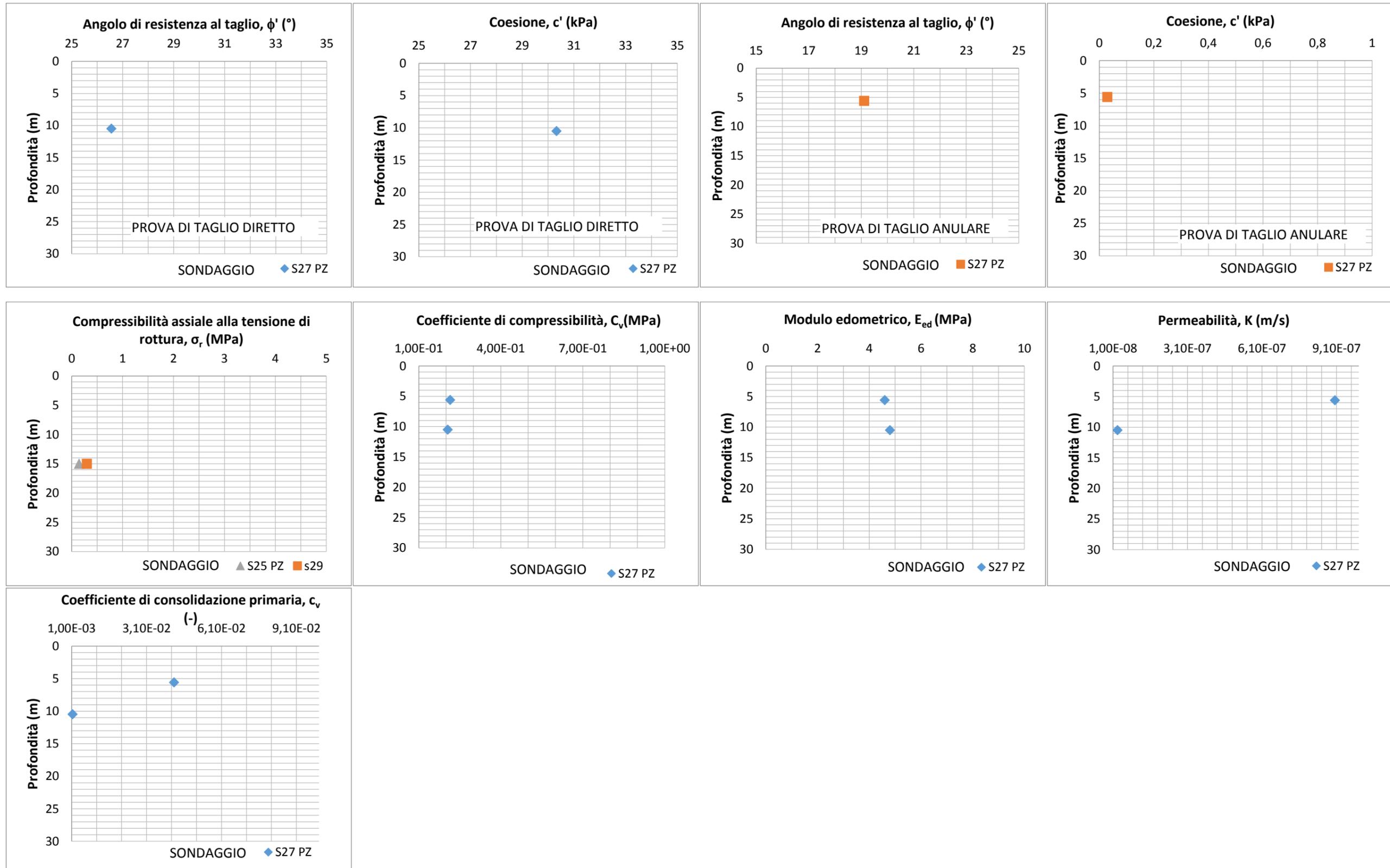


PROVE LABORATORIO



Unità litotecnica II VLU2 -Formazione della Val Luretta – Membro di Monteventano

PROVE LABORATORIO:



Unità litotecnica III VLU3 -Formazione della Val Luretta – Membro di Genepreto

PROVE LABORATORIO

