

# APPALTO INTEGRATO PER LA PROGETTAZIONE E LA REALIZZAZIONE

R.T.I.



R.T.P.



Legale rappresentante:  
dott. ing. Francesco Viero



Legale rappresentante:  
dott. ing. Gianfranco Marchi



Legale rappresentante  
dott. ing. Roberto Tassinari

Responsabile generale  
della progettazione:  
dott. ing. Guido Zanollo



Responsabile delle  
integrazioni specialistiche:  
dott. ing. Fabrizio Parboni Arquati



Responsabile della  
progettazione strutturale:  
dott. ing. Francesco Viero



Co-responsabile della  
progettazione strutturale:  
dott. ing. Roberto Tassinari



Responsabile della  
progettazione geotecnica:  
dott. ing. Gianfranco Marchi



Relazione studi ed attività  
inerenti la geologia:  
dott. geol. Gianluca Benedetti



## PROGETTO ESECUTIVO

3					
2	06/07/2016	CMC	CMC - M.B.	L.Z.	Revisione
1	20/04/2016	CMC	CMC - M.B.	L.Z.	Emissione Prog. Esec.
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN)	CONTROL. (CHK'D)	APPROVATO (APPR'D)	DESCRIZIONE (DESCRIPTION)


FUNZIONE O SERVIZIO (DEPARTMENT)


**INGEGNERIA ACQUA**

**PROGETTAZIONE IMPIANTI ACQUA**

DENOMINAZIONE IMPIANTO O LAVORO (PLANT OR PROJECT DESCRIPTION)


**PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA**

IDENTIFICATIVO IMPIANTO (PLANT IDENTIFIER)		WBS <b>R.2150.11.03.00065</b>	CODICE CUP (CUP CODE) <b>H97H14000700005</b>	
		CODICE DOCUMENTO (CODE) <b>C00RN05</b>	N° COMMESSA (JOB N.) <b>11300273776</b>	
		ID DOCUMENTO (DOCUMENT ID)	NOME FILE (FILE NAME)	
 <b>HERA S.p.A.</b> <i>Holding Energia Risorse Ambiente</i> Viale Carlo Berti Pichat 2/4 40127 Bologna tel. 051.287.111 fax 051.287.525 <a href="http://www.gruppohera.it">www.gruppohera.it</a>		DENOMINAZIONE DOCUMENTO (DOCUMENT DESCRIPTION) <b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		
		SCALA (SCALE)  --	N° FOGLIO (SHEET N°)  1	DI (LAST)  46

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	11300273776		2	2	46
	PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA				

## INDICE

<b>1</b>	<b>OGGETTO E SCOPO .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>4</b>
4.1	CAMPAGNA INDAGINI 2014 .....	4
4.2	CAMPAGNA INDAGINI 2016 .....	5
4.2.1	interpretazione delle prove penetrometriche statiche 2016 .....	7
4.2.2	laboratorio 2016 .....	20
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>25</b>
6.1	TERRENI COESIVI .....	25
6.1.1	Peso di volume del terreno .....	27
6.1.2	Plasticità .....	27
6.1.3	Coesione non drenata .....	27
6.1.4	Grado di sovraconsolidazione .....	28
6.1.5	Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate .....	28
6.2	TERRENI NON COESIVI .....	29
6.2.1	Densità relativa .....	29
6.2.2	Parametri di resistenza al taglio .....	29
6.3	CARATTERISTICHE DI COMPRESSIBILITÀ.....	30
<b>7</b>	<b>LIVELLO DI FALDA.....</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>LIQUEFAZIONE DEI TERRENI .....</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>CALCOLI GEOTECNICI .....</b>	<b>46</b>
9.1	PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI CALCOLO .....	46
9.2	COSTANTE DI WINKLER VERTICALE E ORIZZONTALE.....	46

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

## SIMBOLOGIA

$q_c$  = resistenza alla punta del penetrometro statico;

$f_s$  = attrito laterale misurato al manicotto del penetrometro statico;

$FR$  =  $f_s/q_c$ , rapporto di frizione;

$\gamma$  = peso di volume del terreno;

$\sigma_v$  = tensione litostatica verticale totale;

$\sigma'_v$  = tensione litostatica verticale efficace

$OCR$  = grado di sovraconsolidazione;


$c_u$  = coesione in condizioni non drenate;

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio in condizioni drenate;

$c'$  = coesione in condizioni drenate;

$M$  = modulo drenato confinato;

$E$  = modulo di Young drenato ricavato per una tensione deviatorica pari al 10% di quella di rottura;

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>4</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

## 1 OGGETTO E SCOPO

La presente relazione ha per oggetto la caratterizzazione geotecnica dei terreni relativi all'area di piazzale J. F. Kennedy di Rimini, dove è prevista la costruzione una vasca interrata, la cui capacità utile complessiva è circa 39.000 m<sup>3</sup>.

## 2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La documentazione di riferimento, utilizzata per la formulazione delle considerazioni geotecniche, è la seguente:

- Rapporto delle indagini geognostiche e delle prove di laboratorio;
- Relazione geologica e idrogeologica;
- Risposta sismica locale con approfondimenti locali delle verifiche a liquefazione;
- Elaborazioni indagini geognostiche e idrogeologiche;
- Modellazione idrogeologica;
- Sezioni litostratigrafiche sullo stato di fatto e planimetria con ubicazione;
- Sezioni litostratigrafiche con progetto e planimetria con ubicazione.

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO


- Ordinanza 3274 del Pres. Cons. Min.: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica."
- Ordinanza n. 3316 : "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003."
- Ordinanza 3519 del Pres. Cons. Min.: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".
- Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circ. Min. del 2 Febbraio 2009 n.617.

## 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 4.1 CAMPAGNA INDAGINI 2014

Al fine di caratterizzare i terreni presenti nella zona di intervento è stata eseguita una campagna geognostica costituita da:

- N° 13 sondaggi geotecnici.
- Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi si sono eseguiti:
- prelievi di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio;
  - prelievi di campioni per caratterizzazione chimico-fisica dei terreni;
  - prove SPT;
  - Rilevi speditivi della consistenza dei terreni coesivi mediante Pocket Penetrometer e Torvane sulle carote appena estratte e scortecciate.
  - Prove di permeabilità in foro.
  - N° 11 piezometri del tipo a tubo aperto a varie profondità installati nei fori di sondaggio.
  - N° 8 prove penetrometriche statiche con rilievo delle pressioni interstiziali (piezocono).

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>5</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

- Analisi chimiche sulle acque di falda.
- Nel corso delle prove penetrometriche statiche sono stati eseguiti:
- rilievi del livello statico della falda negli strati incoerenti (sabbie e ghiaie) mediante una sosta di alcuni minuti.
  - prove di dissipazione negli strati coesivi per la determinazione dei coefficienti di consolidazione e permeabilità.
- Indagini geofisiche:
    - Indagine geofisica tipo MASW (Multistation Analysis of Surface Waves) per la determinazione della velocità delle onde di taglio.
    - Indagine geofisica tipo HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per la valutazione della frequenza di risonanza.
    - Indagine con cono sismico per la determinazione del profilo delle onde di taglio Vs in profondità.

I campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi sono stati sottoposti a prove di laboratorio costituite da:

- determinazioni di caratteristiche fisico volumetriche.
- prove di taglio diretto.
- prove triassiali consolidate isotropicamente non drenate.
- prove edometriche con ciclo intermedio di scarico ricarico e determinazione dei coefficienti di consolidazione.
- prove scissometriche con scissometro motorizzato da laboratorio per la determinazione della resistenza al taglio non drenata.

## 4.2 CAMPAGNA INDAGINI 2016

Nell'ambito del progetto esecutivo, di cui alla presente relazione, è stata realizzata una campagna di indagine integrativa atta alla verifica dell'assetto lito-stratigrafico del sito.

In particolare, sono stati realizzati due sondaggi a carotaggio continuo (C.C.), con prelievo di campioni indisturbati, e tre prove penetrometriche statiche con punta meccanica, nei primi metri, e con punta elettrica e piezocono nei successivi. Durante le prove penetrometriche sono state condotte prove di dissipazione delle sovrappressioni atte a definire la permeabilità dei terreni.

Oltre alle prove geotecniche, sono stati realizzati sette sondaggi a distruzione di nucleo (D.N.) in cui è stata installata la strumentazione di monitoraggio in foro. Sono state realizzate quattro verticali inclinometriche e tre verticali piezometriche. I piezometri sono stati approntati in modo da monitorare sia la falda superficiale libera, sia la falda profonda in pressione contenuta nelle ghiaie posta tra -30 e -32 metri da piano campagna.


L'ubicazione delle indagini della campagna 2016 è riportata in Figura 4-1.

La sintesi delle prove realizzate è riportata in Tabella 4-1.

Sulle carote di sondaggio, negli intervalli coesivi, sono state condotte prove speditive di consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.

In base alle indagini 2016, si conferma la stratigrafia realizzata nel corso della progettazione preliminare. È stato rinvenuto uno strato di ghiaia alla profondità di 38m da piano campagna. Lo spessore totale di questo strato di ghiaia non è noto ma è comunque superiore a 5 metri.




	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	11300273776		2	6	46
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

**Figura 4-1: carta ubicazione indagini (scala grafica).**



**Tabella 4-1: riepilogo indagini**

Nome	Tipo	Profondità [m da p.c.]	Strumentazione	N° campioni	Prove di dissipazione
BHa	Sondaggio C.C.	43m	-	4	-
BHb	Sondaggio C.C.	43m	-	4	-
CPTUa	Penetrometria	26.58m	-	-	10
CPTUb	Penetrometria	27.36m	-	-	5
CPTUc	Penetrometria	27.18m	-	-	8
Pz1	Sondaggio D.N.	13m	Piezometro tubo aperto fessurato da -2 a -13m	-	-
Pz2	Sondaggio D.N.	32m	Piezometro tubo aperto fessurato da -29 a -32m	-	-
Pz3	Sondaggio D.N.	32m	Piezometro tubo aperto fessurato da -29 a -32m	-	-
I1	Sondaggio D.N.	35m	Inclinometro	-	-
I2	Sondaggio D.N.	35m	Inclinometro	-	-
I3	Sondaggio D.N.	35m	Inclinometro	-	-
I4	Sondaggio D.N.	35m	Inclinometro	-	-

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	7
PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA				
DI (LAST)				
46				

#### 4.2.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE 2016

Le prove penetrometriche statiche sono state elaborate distinguendo terreni granulari da terreni coesivi ed utilizzando le formulazioni sotto riportate.

##### 4.2.1.1 Terreni granulari

I valori di densità relativa  $D_r$  derivati da prove penetrometriche con punta elettrica/piezocono, graficati in Figura 4-3, sono stati determinati attraverso la resistenza alla punta  $q_c$  secondo la correlazione proposta da Jamiolkowski et al. (1985), mostrata in Figura 4-2:

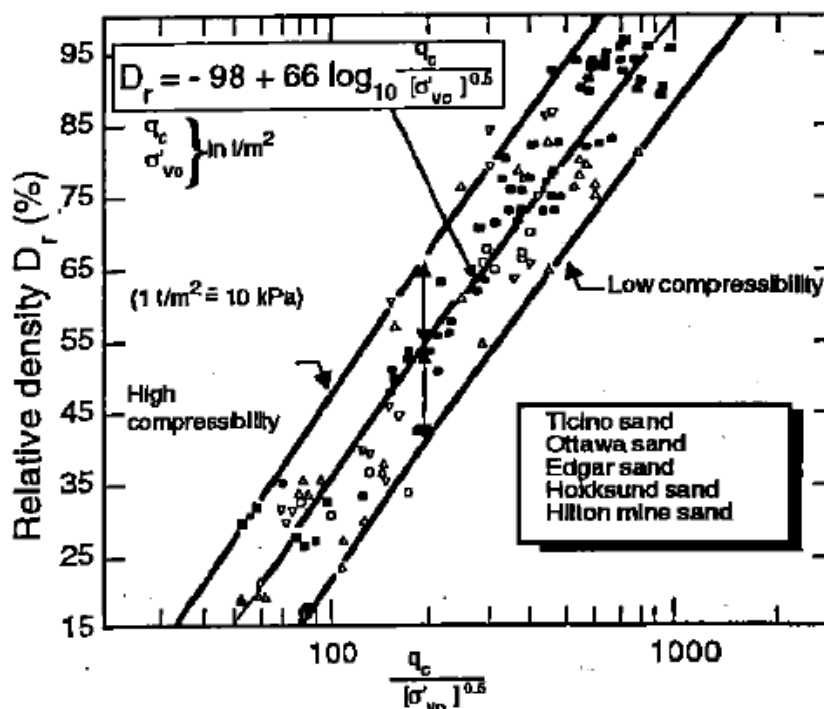
$$D_r = -98 + 66 \cdot \log \left( \frac{q_c}{\sigma'_{v0}{}^{0.5}} \right)$$

dove:

$q_c$  è la resistenza alla punta del penetrometro;

$\sigma'_{v0}$  è la tensione verticale efficace.

Figura 4-2 – Valutazione della densità relativa  $D_r$ , Jamiolkowski et al. (1985)



I valori di angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  derivati da prove penetrometriche con punta elettrica/piezocono, graficati in Figura 4-4, sono stati determinati attraverso la resistenza alla punta  $q_c$  secondo la correlazione proposta da Dorgunoglu & Mitchell (1975):

$$\phi' = 14.4 + 4.8 \cdot \ln(q_c) - 4.5 \cdot \ln(\sigma'_{v0})$$


dove:

$q_c$  è la resistenza alla punta del penetrometro in  $\text{kg/cm}^2$ ;

$\sigma'_{v0}$  è la tensione verticale efficace in  $\text{kg/cm}^2$ .

Il modulo di Young secante  $E'$ , graficato in Figura 4-5, viene ricavato in funzione di  $q_c$ , resistenza della punta penetrometrica, secondo la formulazione proposta da Bellotti et al. (1989):

$$E' = \alpha \cdot q_c$$

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>8</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					


dove:

$\alpha$  è un coefficiente funzione della densità relativa del terreno, della storia tensionale, della cementazione, della forma dei grani e della mineralogia, secondo i valori riportati in Tabella 4-2. Nel seguente documento è stato assunto un valore  $\alpha=3.5$

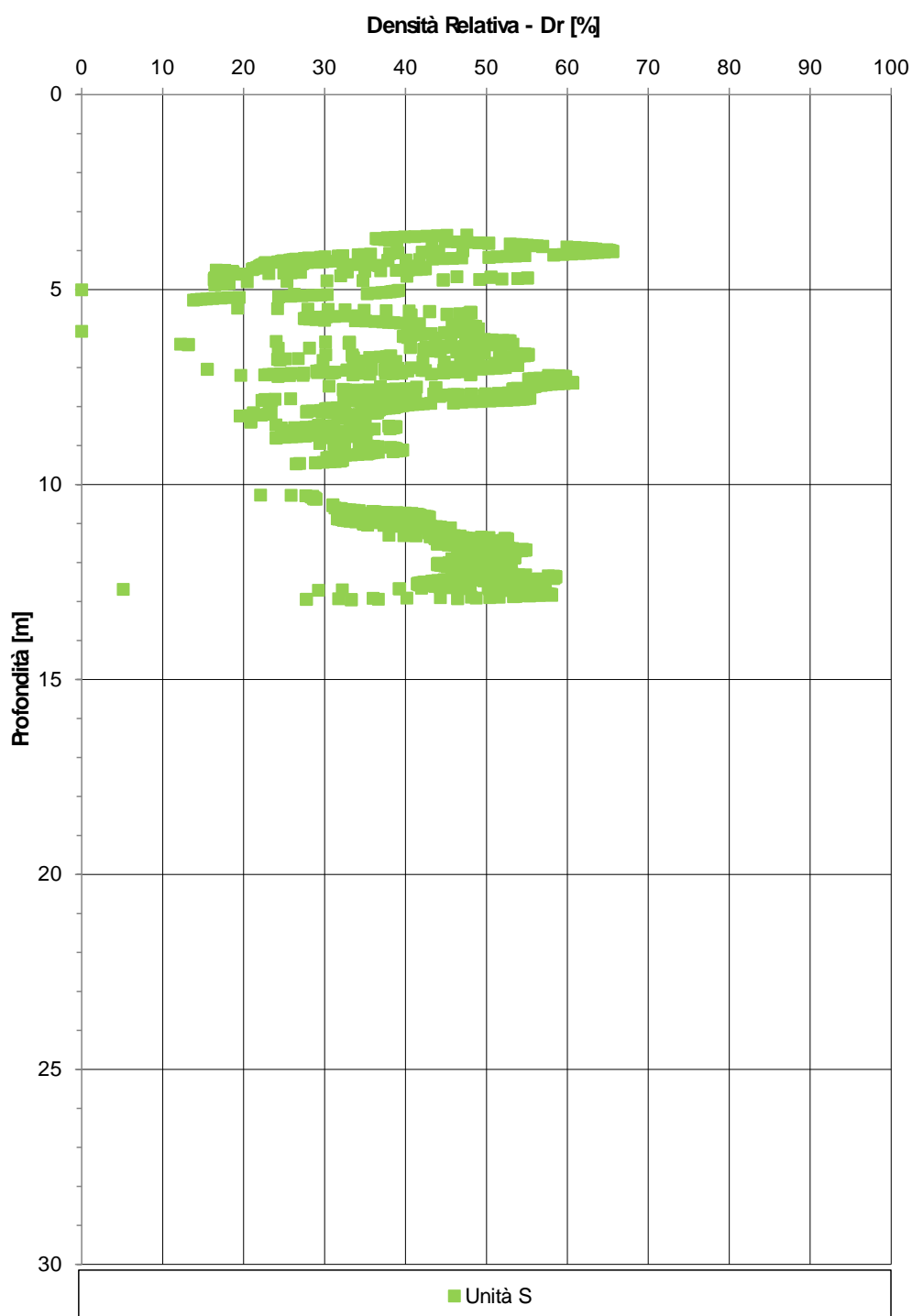
**Tabella 4-2 – Valori del coefficiente  $\alpha$  nella formulazione di Bellotti et al. (1989)**


2 ÷ 4	Per sabbie di recente deposizione, normalconsolidate
4 ÷ 6	Per sabbie soggette a fenomeni di aging, normalconsolidate
6 ÷ 20	Per sabbie sovraconsolidata



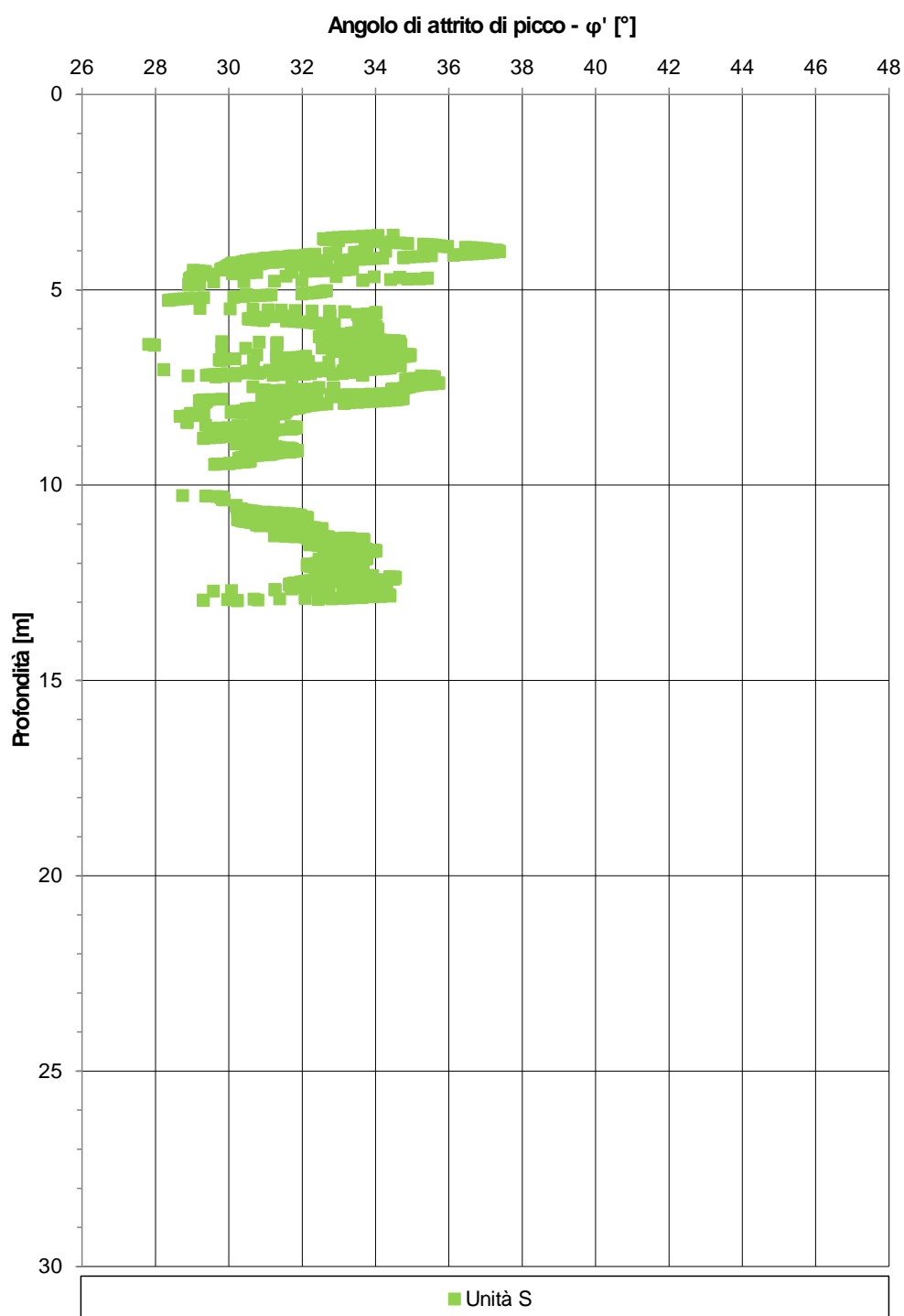
	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	11300273776		2	9	46
	PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA				

**Figura 4-3. Valori di Dr da CPTU2016.**



	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	11300273776		2	10	46
	PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA				

**Figura 4-4. Valori di angolo di resistenza al taglio da CPTU2016.**




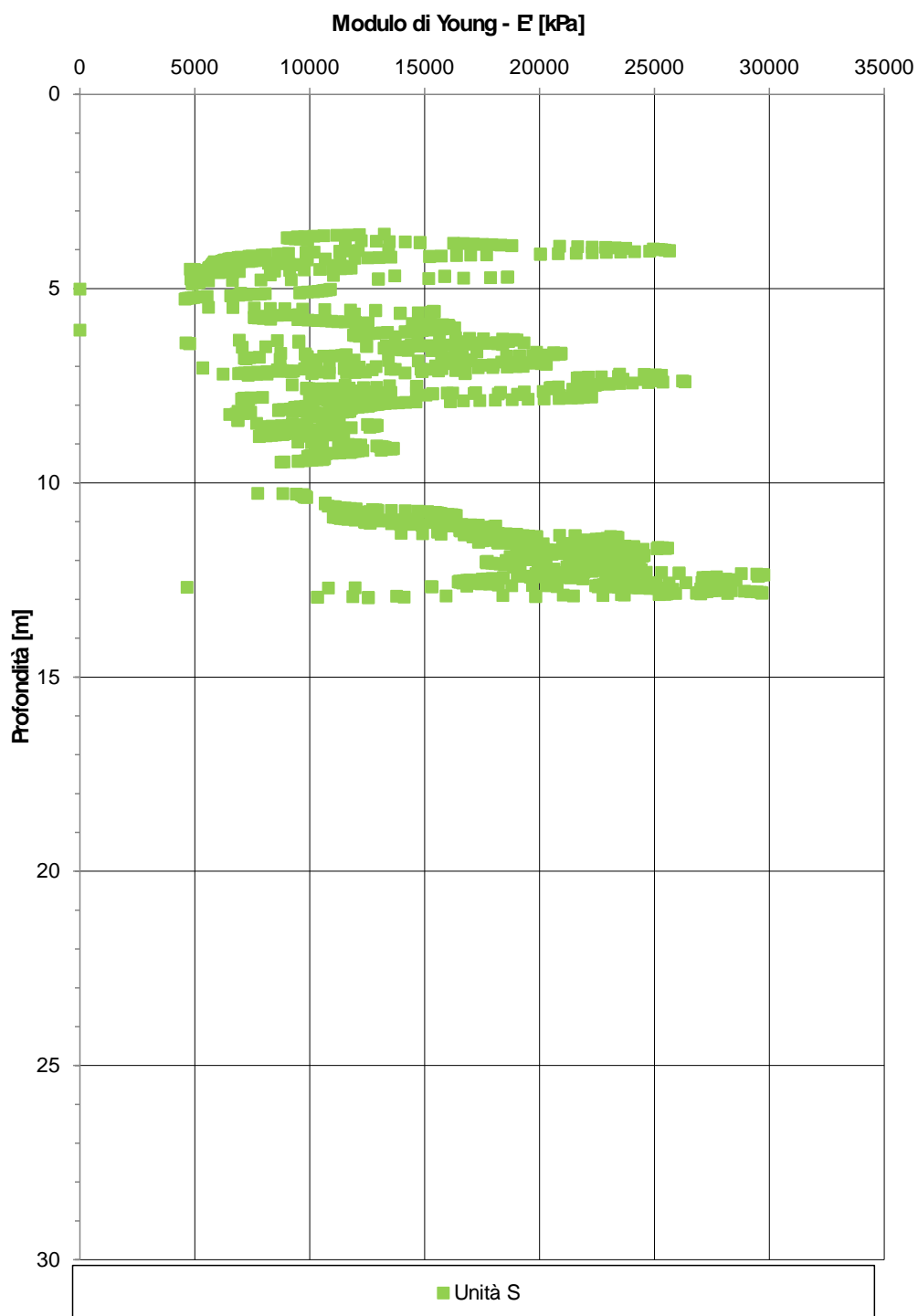

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	11
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 4-5. Valori di E' da CPTU2016.



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	12
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

#### 4.2.1.2 Terreni coesivi

La determinazione di  $C_u$  derivata da prove penetrometriche statiche, graficata in Figura 4-6, è stata effettuata attraverso la seguente relazione empirica (Lunne T., Kleven A., 1981):

$$q_c = N_k \cdot C_u + \sigma_{v0}$$

nella quale per il fattore  $N_k$  sono stati assunti valori compresi fra 11 e 19, con valore medio 15.

Il grado di sovraconsolidazione, graficato in Figura 4-7, è desumibile dal confronto fra la coesione non drenata del terreno e quello del terreno normalconsolidato, ad esempio secondo la seguente espressione (Ladd & Foot, 1974; Ladd et al. 1977):

$$OCR^{0.85} = \frac{\frac{C_u}{\sigma'_{v0}}}{\left(\frac{C_u}{\sigma'_{v0}}\right)_{NC}}$$

con:

$$\left(\frac{C_u}{\sigma'_{v0}}\right)_{NC} = 0.225 \quad \text{secondo Ladd et al. 1977}$$

dove:

$C_u$  = coesione non drenata

La coesione efficace, graficata in Figura 4-8, è stata determinata, a partire dalla resistenza alla punta  $q_c$  delle prove penetrometriche, usando la correlazione di Powell (1988):

$$c'(kPa) = 20 \cdot [q_c - (\sigma'_v \cdot q_{cNC1} + \sigma_v)]$$

dove:

$q_c$  = resistenza di punta della prova penetrometrica statica;

$\sigma_v, \sigma'_v$  = tensioni verticali (totale ed effettiva);

$q_{cNC1}$  =  $q_c$  equivalente per un suolo NC alla medesima profondità di calcolo.


Il modulo di deformazione confinato  $M$  da prove penetrometriche, graficato in Figura 4-9 per terreni NC e Figura 4-10 per terreni OC, viene ricavato in accordo a quanto riportato nell'EC7-3 e risulta pari a:

$$M = 5 q_c$$

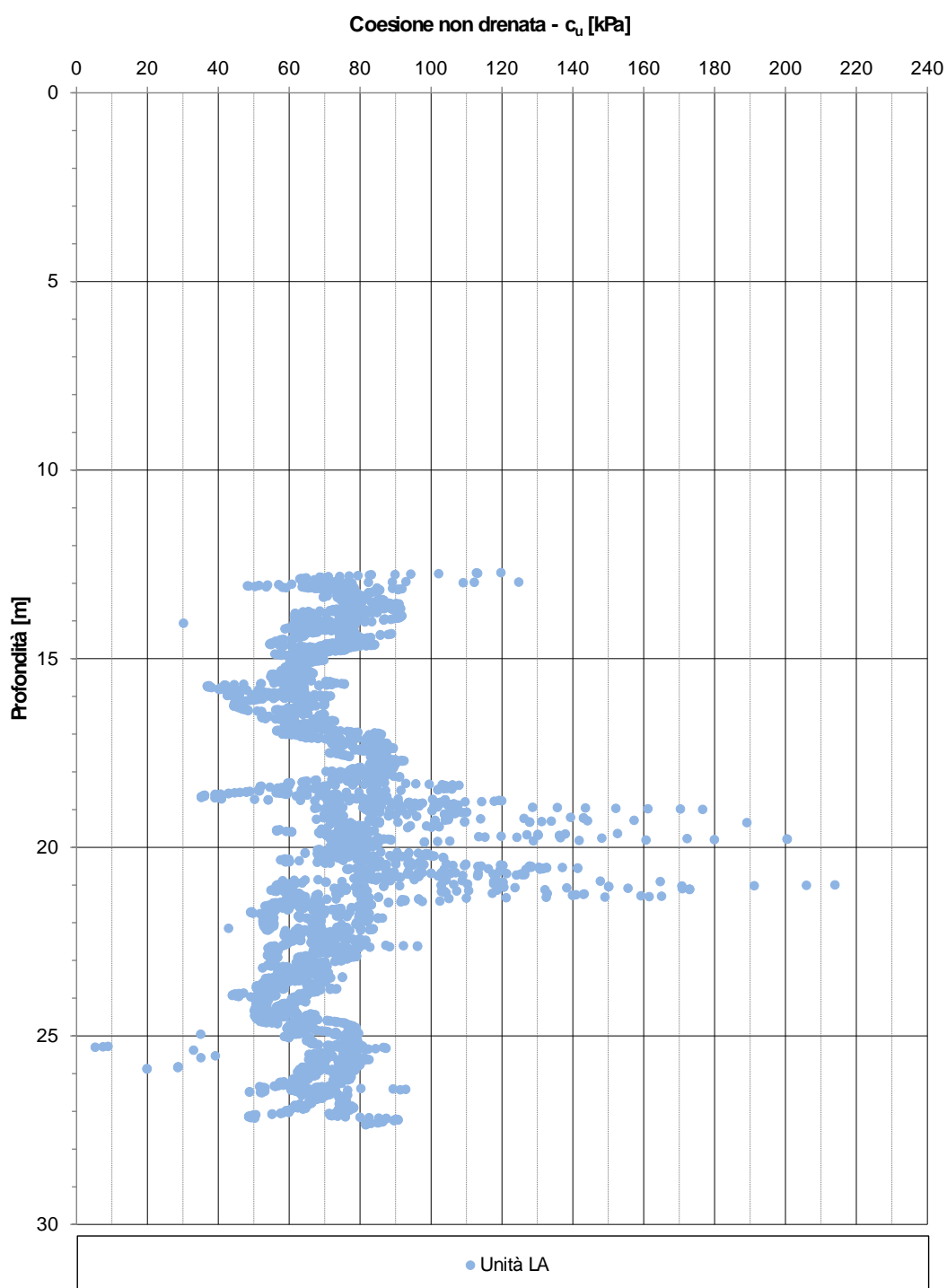
Il modulo di compressibilità non confinato  $E'$ , graficato in Figura 4-11 per terreni NC e Figura 4-12 per terreni OC, è legato al modulo edometrico dalla relazione seguente:

$$E' = \frac{(1+\nu) * (1-2\nu)}{(1-\nu)} * M$$

essendo  $\nu$  = coefficiente di Poisson.

	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	11300273776		2	13	46
	PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA				

**Figura 4-6. Valori di  $c_u$  da CPTU2016.**






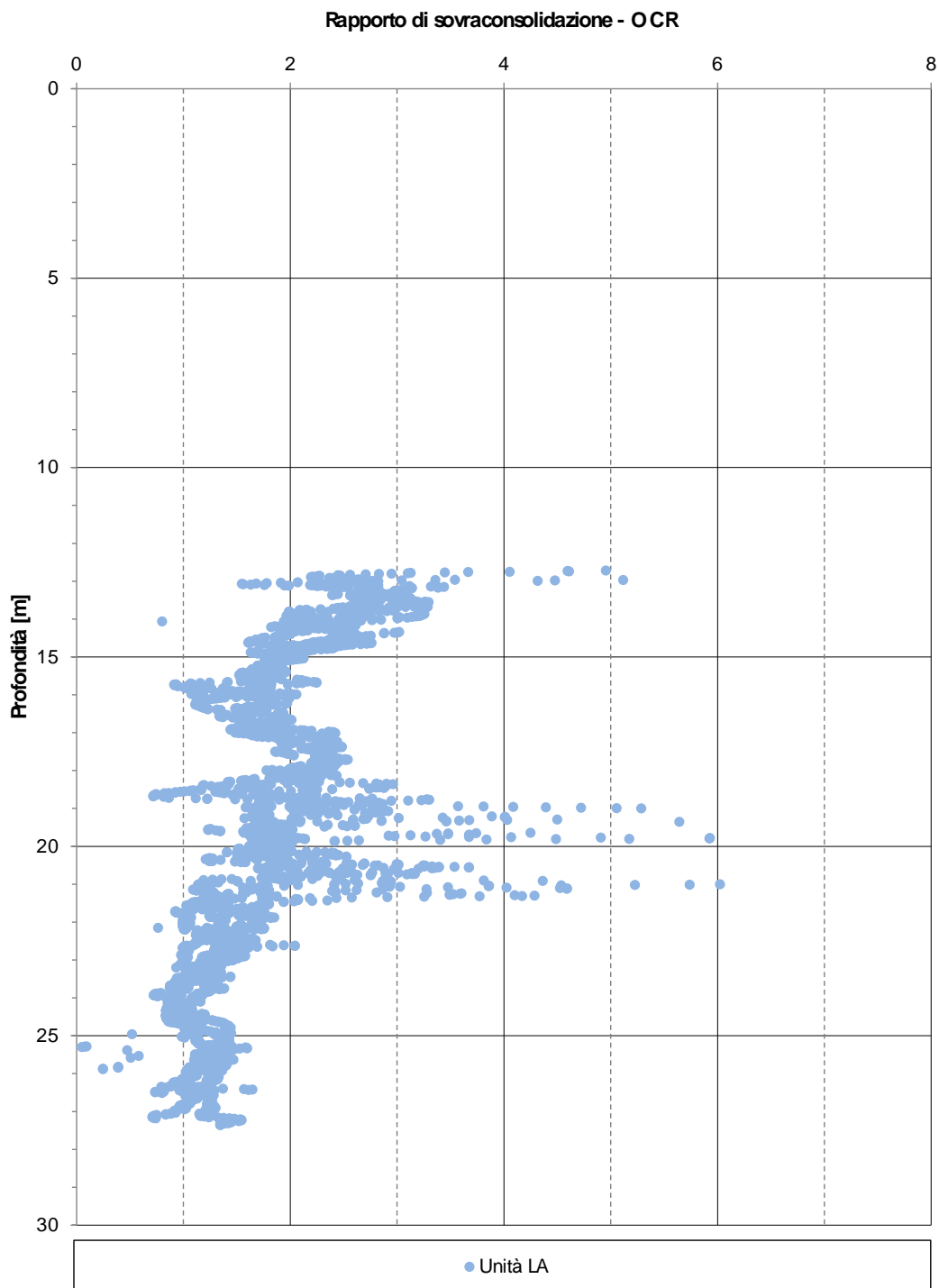
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	14
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 4-7. Valori di OCR da CPTU2016.




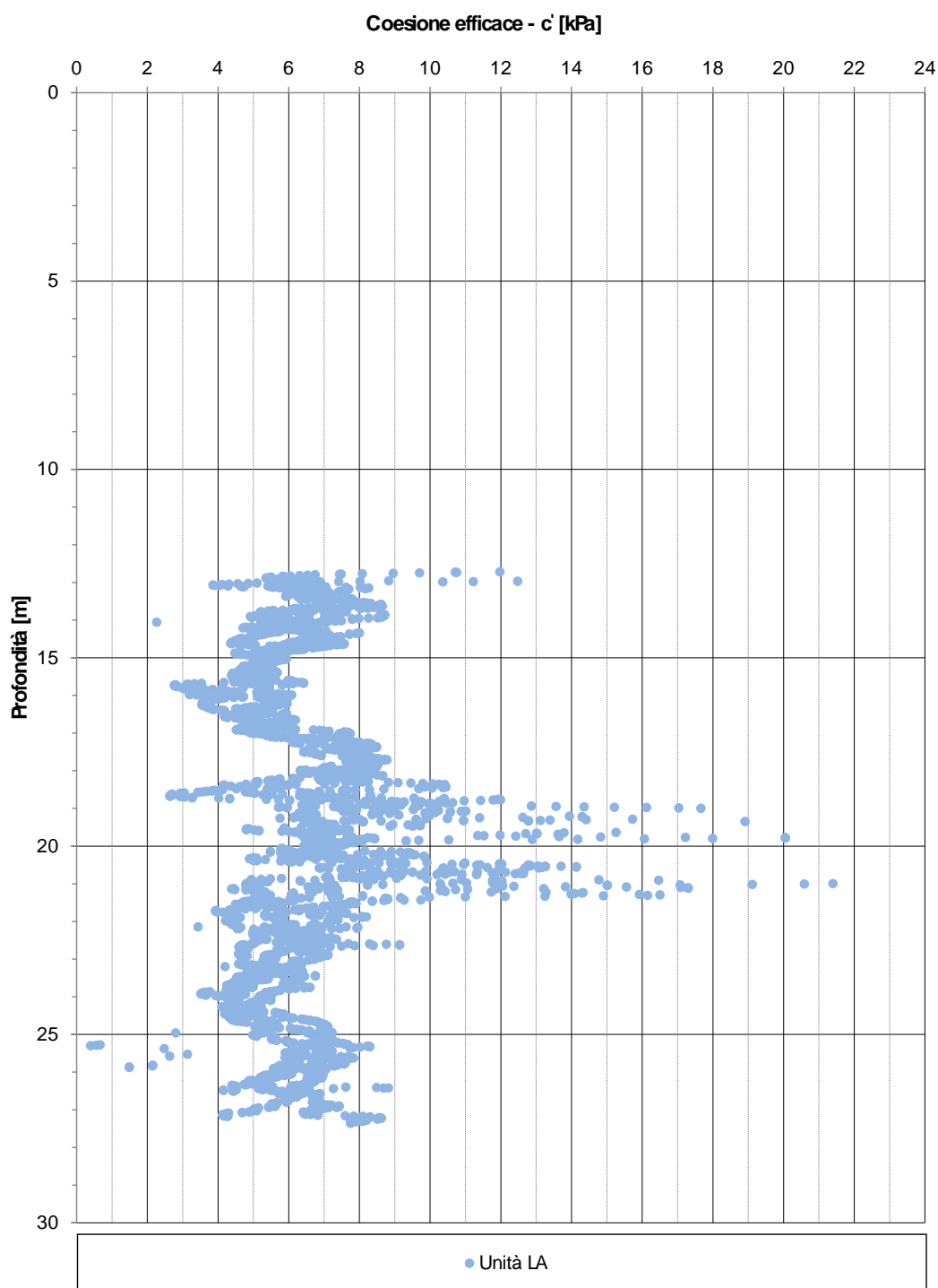

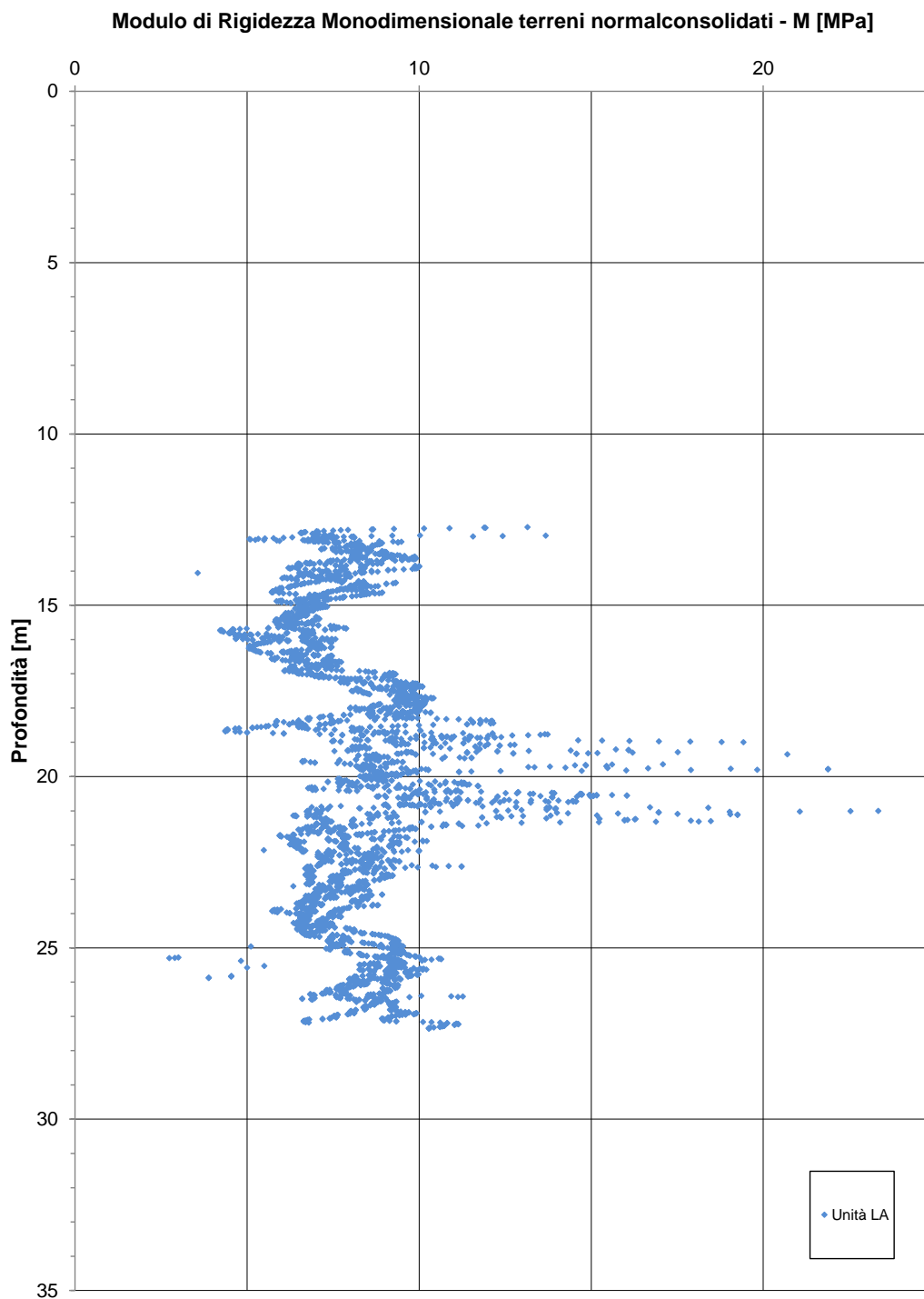
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	15
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				


Figura 4-8. Valori di  $c'$  da CPTU2016.



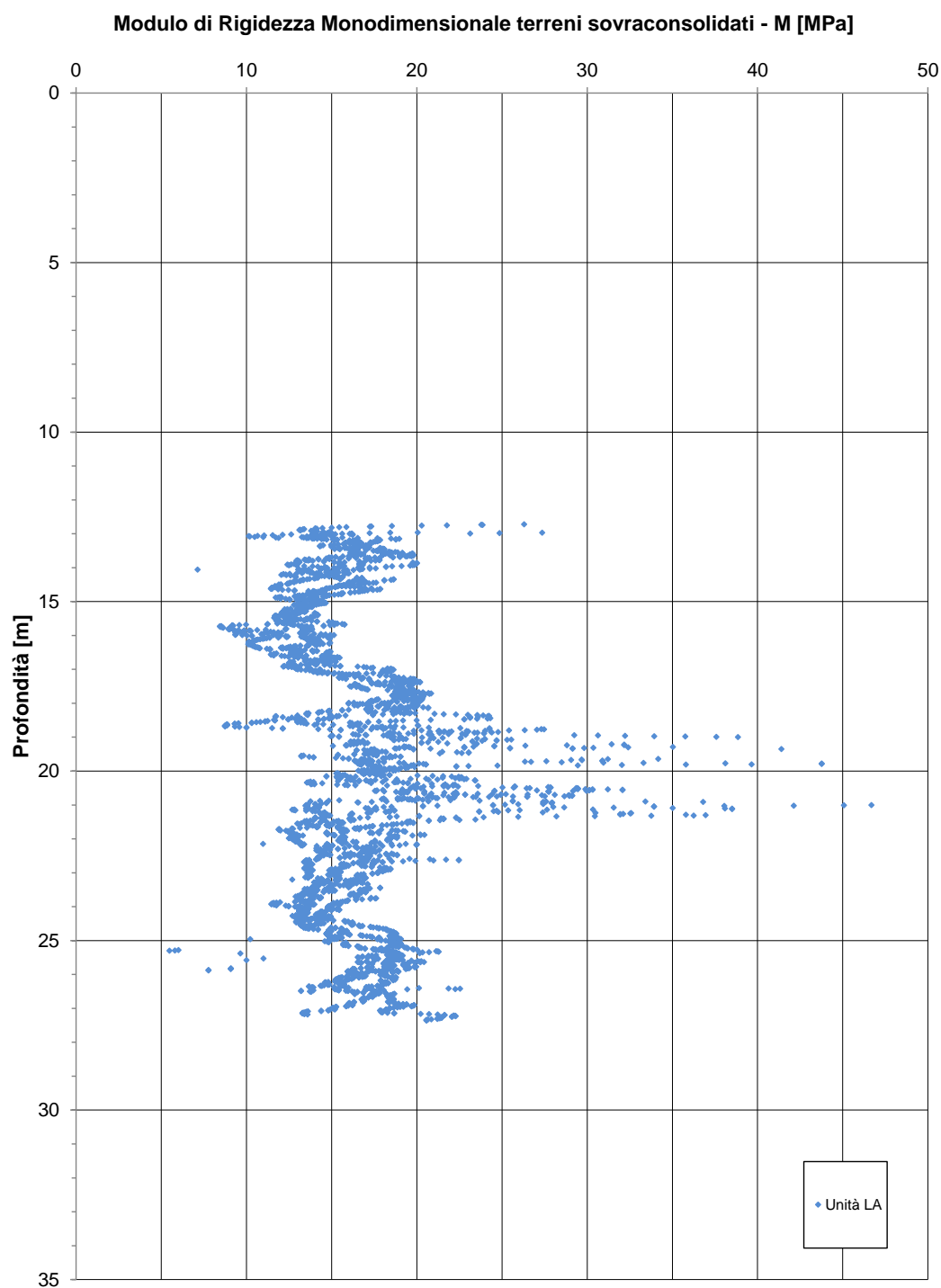
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>16</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

**Figura 4-9. Valori di M normal consolidato da CPTU2016.**



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>17</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

**Figura 4-10. Valori di M sovra consolidato da CPTU2016.**




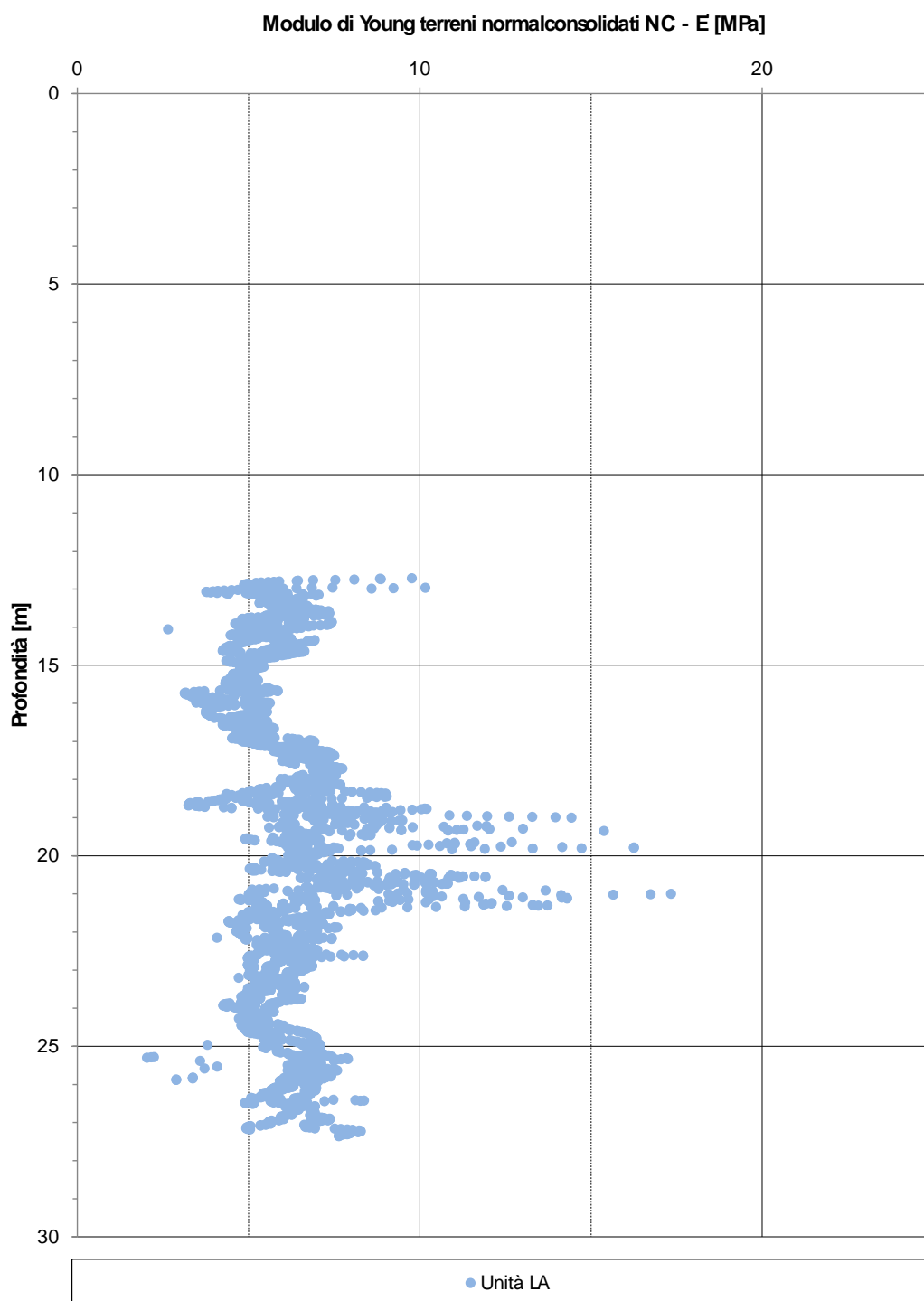
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	18
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 4-11. Valori di E normal consolidato da CPTU2016.






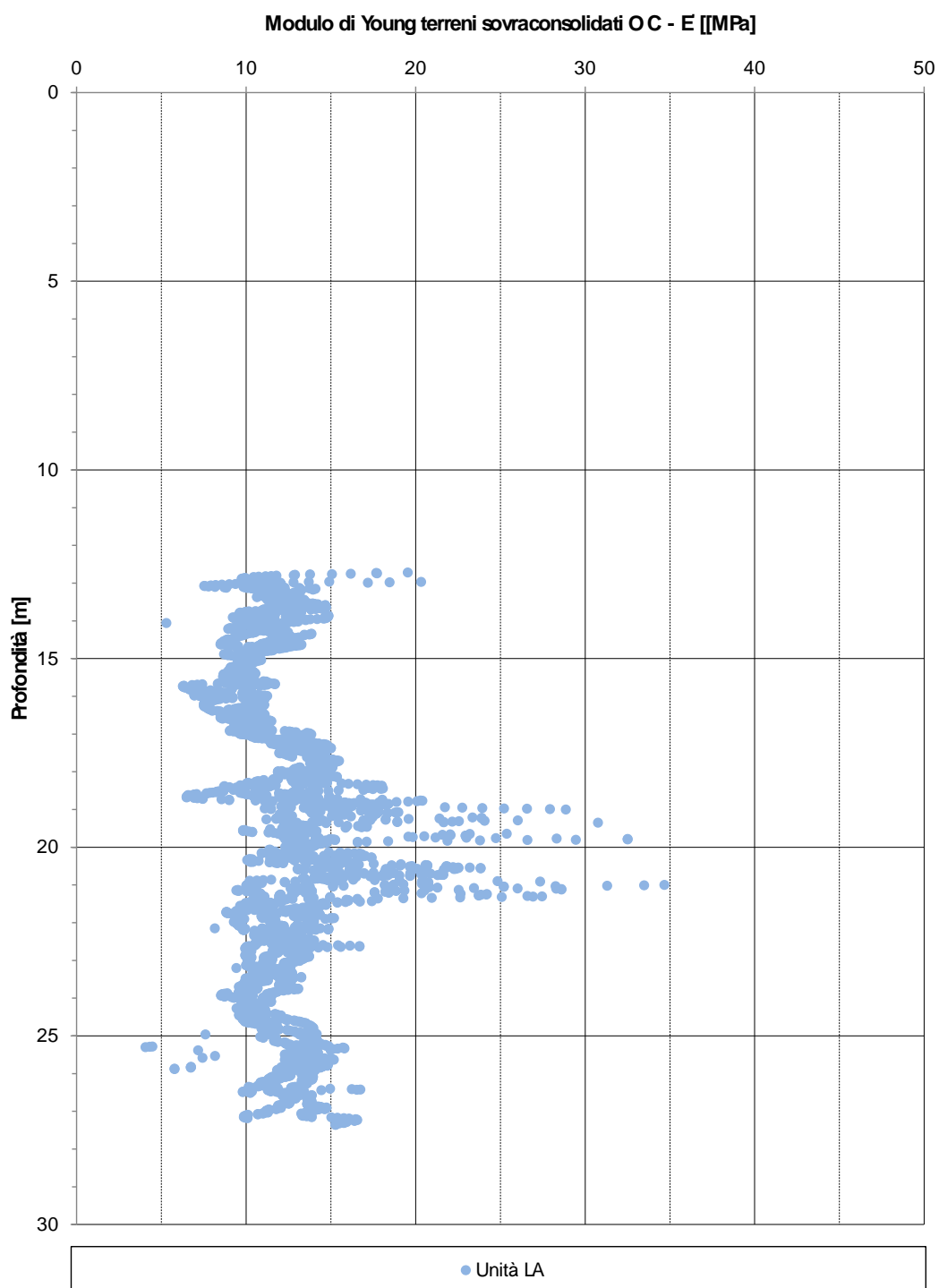

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	19
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 4-12. Valori di E sovra consolidato da CPTU2016.



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

#### 4.2.2 LABORATORIO 2016

Per quanto concerne le risultanze delle prove di laboratorio, sono stati analizzati 8 campioni di terreno (Tabella 4-3).

Su tali campioni sono state valutate le proprietà indice del terreno quali il contenuto d'acqua, il peso naturale, il peso secco e immerso del terreno, la porosità, l'indice dei vuoti, il grado di saturazione e la massa specifica. I risultati sono riportati in Tabella 4-4.

Sono state condotte analisi granulometriche e valutati i limiti di Atterberg su tutti i campioni. I risultati dell'analisi granulometrica, mostrati in tabella Tabella 4-5, indicano un terreno sostanzialmente limoso con una frazione di argilla e sabbia variabile sebbene quest'ultima risulta ridotta (massimo 22%). I limiti di Atterberg, riportati in Tabella 4-6, individuano un terreno da poco plastico a plastico.

Tutti i campioni sono stati sottoposti a prove edometriche, i cui risultati sono riportati in Tabella 4-7.

I campioni BHA CI1, BHA CI2, BHB CI1 e BHB CI4 sono stati sottoposti a prove di rigonfiamento. I risultati, tabellati in Tabella 4-8, mostrano un terreno non rigonfiante.

I campioni BHA CI1, BHA CI1, BHA CI3 e BHB CI2 sono stati sottoposti a prove di permeabilità a carico variabile. I risultati, riportati in Tabella 4-9, mostrano terreno con bassi valori di permeabilità.


I certificati di prova sono riportati nel documento "Rapporto delle indagini geognostiche e delle prove di laboratorio"

**Tabella 4-3: analisi di laboratorio**

Sondaggio	Campione	Profondità min [m]	Profondità max [m]	PP [KPa]	TV [KPa]
BHA	CI1	15	15.5	115	55
BHA	CI2	20.4	21	140	28
BHA	CI3	25.5	26.1	110	52
BHA	CI4	28.7	29.2	120	70
BHB	CI1	14.7	15.2	150	76
BHB	CI2	20.5	21	215	47
BHB	CI3	25.5	26	167	80
BHB	CI4	28	28.5	170	79

**Tabella 4-4: indici del terreno**

Sondaggio	Campione	W nat [%]	$\gamma$ nat [Mg/m3]	$\gamma$ secco [Mg/m3]	$\gamma$ immerso [Mg/m3]	Porosità [%]	Indice dei vuoti	Grado di saturazione [%]	Massa specifica [Mg/m3]
BHA	CI1	28.5	1.95	1.52	0.96	43	0.77	100	2.687
BHA	CI2	31.4	1.89	1.44	0.9	46	0.85	98	2.673
BHA	CI3	25.9	1.99	1.58	0.99	41	0.7	99	2.691
BHA	CI4	24.9	2	1.6	1.01	40	0.68	99	2.692
BHB	CI1	32.2	1.9	1.44	0.91	46	0.87	100	2.69
BHB	CI2	30.4	1.92	1.47	0.93	45	0.82	99	2.69
BHB	CI3	27.4	1.9	1.5	0.94	44	0.8	92	2.69
BHB	CI4	23.5	2.04	1.65	1.04	39	0.63	100	2.69

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>21</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

**Tabella 4-5: analisi granulometriche**


Sondaggio	Campione	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
BHA	CI1	0	1.9	58.8	39.3
BHA	CI2	0	13.1	70.6	16.3
BHA	CI3	0	6	63	30.9
BHA	CI4	0	22.1	54.5	23.3
BHB	CI1	0	2.8	64.5	32.6
BHB	CI2	0	16.6	73.5	9.9
BHB	CI3	0	11.8	61.9	26.2
BHB	CI4	0	14.1	62.2	23.6

**Tabella 4-6: limiti di Atterberg**

Sondaggio	Campione	LL [%]	LP [%]	IP [%]
BHA	CI1	61	29	32
BHA	CI2	35	23	12
BHA	CI3	54	28	26
BHA	CI4	37	22	15
BHB	CI1	66	31	35
BHB	CI2	33	23	10
BHB	CI3	48	26	22
BHB	CI4	48	27	22

**Tabella 4-7: edometrie**

Sondaggio	Campione	Cv [cm <sup>2</sup> /s]	K [m/s]	M [MPa]
BHA	CI1	4.16E-04	2.8E-11	4
BHA	CI2	1.71E-02	1.3E-09	7.13
BHA	CI3	4.52E-04	2.5E-11	6.4
BHA	CI4	1.54E-03	7.5E-11	8
BHB	CI1	5.24E-04	3.1E-11	2.9
BHB	CI2	1.98E-02	1.2E-09	6.58
BHB	CI3	1.15E-03	7.9E-11	3.5
BHB	CI4	1.36E-03	7.3E-11	7.5


	RELAZIONE GEOTECNICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	11300273776		2	22	46
	PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA				

**Tabella 4-8: prove di rigonfiamento**

Sondaggio	Campione	$\sigma_{SP}$ (kPa)
BHA	CI1	46
BHA	CI2	
BHA	CI3	41.5
BHA	CI4	
BHB	CI1	38
BHB	CI2	
BHB	CI3	
BHB	CI4	42

**Tabella 4-9: prove di permeabilità a carico variabile**

Sondaggio	Campione	K [m/s]
BHA	CI1	3.79E-09
BHA	CI2	5.96E-09
BHA	CI3	2.51E-09
BHA	CI4	
BHB	CI1	
BHB	CI2	1.10E-08
BHB	CI3	
BHB	CI4	

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>23</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

## 5 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

Con riferimento ai risultati delle indagini disponibili sono state individuate le unità stratigrafiche illustrate in Figura 5-1.

La stratigrafia di riferimento adottata è riassunta in Figura 5-1.


**Tabella 5-1: caratterizzazione stratigrafica di riferimento**

	Unità	Profondità [m]		Descrizione e unità geologica di riferimento
		da	a	
1	1a	0	9	Sabbie limose (SL)
2	1b	9	11	Limi sabbioso-argillosi (CLA)
3	1a	11	13	Sabbie limose (SL)
4	2a	13	19	Argille limose (LA)
5	2b	19	21	Limi sabbiosi debolmente argillosi (ALA)
6	2a	21	29	Argille limose e limi argillosi (LA)
7	3a	29	32	Ghiaie in matrice limo-sabbiosa (GA)
8	3b	32	37.7	Argille limose (LA)
9	4	37.7	43	Ghiaie in matrice sabbioso-limosa* (GS)

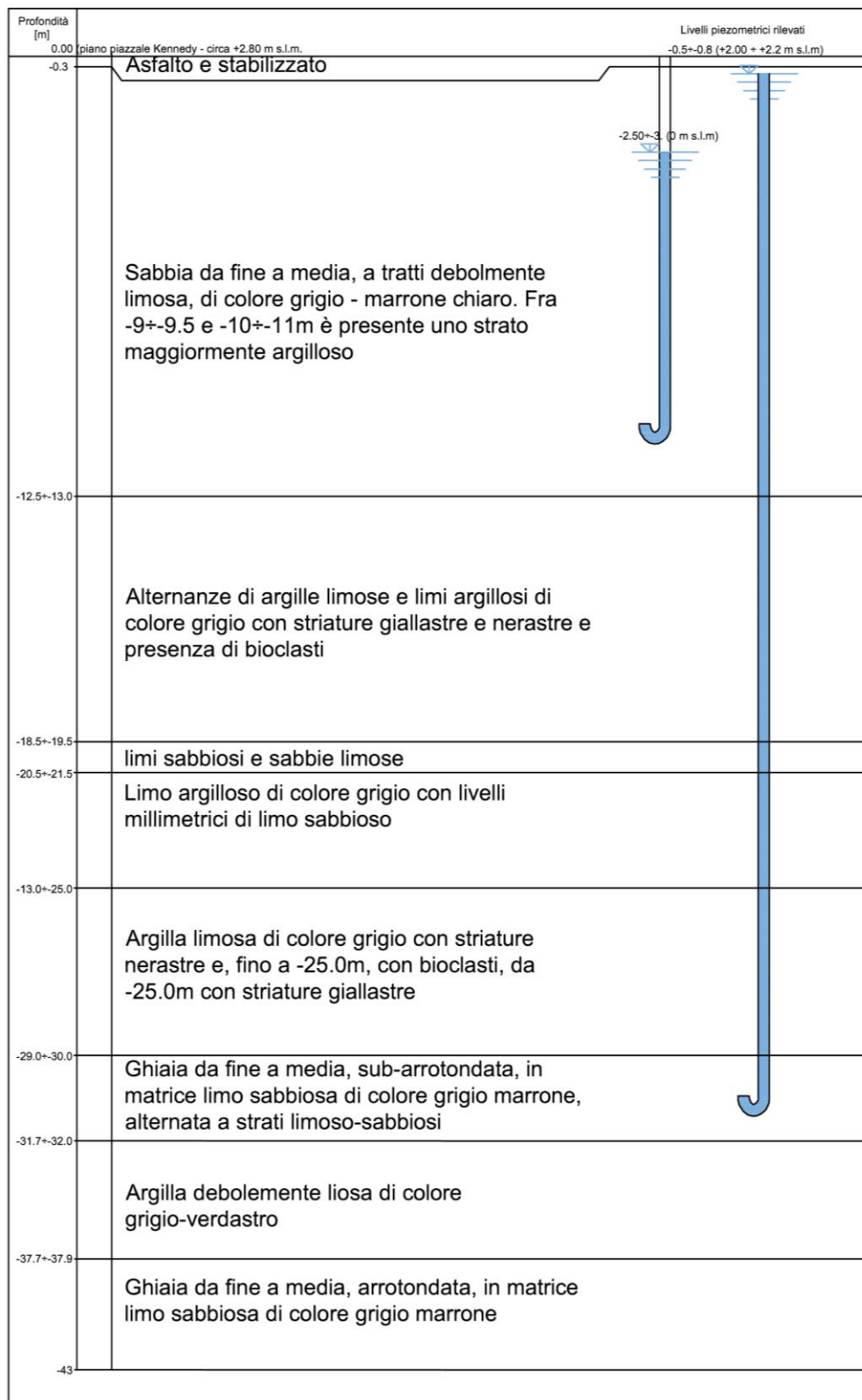
\*Rinvenute in sondaggio BHB 2016


Dall'esame di tutte le indagini disponibili emerge che la successione degli strati è abbastanza regolare sull'area.



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	24
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

**Figura 5-1: caratterizzazione stratigrafica**



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	11300273776		2	25	46
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica del terreno si è basata sui risultati delle indagini in sito e delle prove di laboratorio.

Per le unità stratigrafiche sabbioso-ghiaiose si è fatto uso delle prove dinamiche SPT e dei dati delle prove penetrometriche statiche CPT e CPTU.


Nel seguito, per le unità stratigrafiche individuate, si riportano i parametri geotecnici principali necessari per il calcolo delle opere di fondazione, nonché i criteri e le correlazioni utilizzati per la loro determinazione.

### 6.1 TERRENI COESIVI


La caratterizzazione geotecnica delle unità coesive è stata ottenuta sulla base delle indagini in sito ed anche delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi. Per l'esame dei risultati delle indagini in sito si rimanda all'elaborato "Rapporto delle indagini geognostiche e delle prove di laboratorio". Nello stesso documento sono riportati anche i certificati delle prove di laboratorio; in Tabella 6-1 sono riportati i principali risultati delle analisi svolte sui campioni della campagna indagine 2014.

**Tabella 6-1: Parametri principali ottenuti dalle prove di laboratorio 2014**

Sondaggio	Campione	profondità		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	IP	$\phi'$ [°]	c' [kPa]	c <sub>u</sub> [kPa]	M [MPa]
		da	a						
		[m]	[m]						
1	1	13.50	14.10	18.80	30	26.22	18.74		
	2	15.30	15.90	18.32	34				10.88
	3	17.30	17.70	19.90	40			142	
	4	19.25	19.85	19.80	18	21.42	7.60		
	5	21.20	21.80	18.89	16				
	6	23.20	23.80	19.04	28			97	
2	1	13.50	14.10	19.18	18	26.50	17.21	103	
	2	15.50	16.10	18.65	22			72	
	3	17.50	18.10	18.68	29			94	
	4	19.50	20.10	19.52	17			113	
	5	21.50	22.10	18.09	19			62	
	6	23.50	24.10	18.83	17				
	7	25.70	26.20	19.43	18				
3	1	13.80	14.40	18.74	23			89	
	2	15.80	16.40	18.97	24			40	12.05
	3	17.80	18.40	19.12	27			123	10.53
	4	19.80	20.40	19.97	10	28.74	20.58		
	5	24.90	25.50	18.98	16				

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>26</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

Sondaggio	Campione	profondità		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	IP	$\phi'$ [°]	c' [kPa]	c <sub>u</sub> [kPa]	M [MPa]
		da	a						
		[m]	[m]						
4	1	14.00	14.60	19.05	21			139	14.29
	2	16.00	16.60	18.73	22	24.58	16.43	77	
	3	18.10	18.70	19.10	20	23.93	24.00	133	
	4	20.10	20.70	18.78	8			58	
	5	22.10	22.70	18.41	14				
	6	24.10	24.70	17.99	17				
	7	26.10	26.70	19.45	29				
5	1	13.50	14.10	19.24	29	21.73	16.16	113	
	2	15.50	16.10	19.10	22			45	
	3	17.60	18.20	18.90	42	21.21	22.95	125	
	4	19.70	20.30	19.48	15			73	
	5	21.80	22.40	18.68	15			51	
	6	23.80	24.40	18.04	26				
	7	26.00	26.60	18.95	24				
6	1	13.80	14.40	18.63	32	25.43	19.78	84	
	2	17.20	17.80	18.99	45				5.27
	3	19.00	19.60	18.81	11	33.57	3.01	52	
	4	21.20	21.80	18.95	17				11.78
	5	23.30	23.90	19.01	20			63	
	6	25.40	26.00	19.78	34			118	
7	1	13.50	14.10	18.83	29	25.83	24.82	104	
	2	15.50	16.10	18.87	26	26.35	15.97		14.16
	3	17.60	18.10	19.07	36	17.78	25.74	124	
	4	19.60	20.10	18.95	15			63	
	5	21.60	22.10	18.94	18			80.00	
	6	23.60	24.20	18.35	23				
	7	25.60	26.20	18.74	22				
8	1	13.70	14.20	19.36	13			106	
	2	15.60	16.20	18.86	26			108	
	3	17.80	18.30	18.59	25			47	
	4	19.80	20.40	18.63	9			45	
	5	21.80	22.30	18.18	9				
	6	23.70	24.30	18.75	13				
	7	27.20	27.80	19.02	30				

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>27</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

Sondaggio	Campione	profondità		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	IP	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	M [MPa]
		da	a						
		[m]	[m]						
9	1	7.00	7.50	18.56	0				
	2	13.50	14.00	18.83	25	27.02	16.96		12.44
	3	15.50	16.00	18.50	27	23.38	8.96	75.00	
	4	17.60	18.10	19.48	36				
	5	19.70	20.30	19.24	17			77	
	6	21.70	22.20	18.13	17			75.00	
	7	23.70	24.30	18.46	27				
	8	25.50	26.10	19.81	17				

### 6.1.1 PESO DI VOLUME DEL TERRENO

Con riferimento alle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati ed alla stratigrafia individuata, si sono determinati per le varie unità stratigrafiche i valori del peso di volume naturale riassunti nella seguente Tabella 6-2.

**Tabella 6-2: Peso di volume del terreno**

	<b>1b</b>	<b>2a</b>	<b>2b</b>
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.56	17.99÷20.00	18.09÷19.97

L'andamento del peso di volume in funzione della profondità e delle unità stratigrafiche individuate è rappresentato in Figura 6-1.

### 6.1.2 PLASTICITÀ

Il valore dell'indice di plasticità è riassunto in Tabella 6-3 e rappresentato in Figura 6-2.

**Tabella 6-3: Indice di plasticità**


	<b>1b</b>	<b>2a</b>	<b>2b</b>
IP	--	13÷45	8÷19

### 6.1.3 COESIONE NON DRENATA

Per la valutazione della coesione non drenata  $c_u$  sono disponibili i risultati di:

- prove con pocket penetrometer e Torvane sulle carote estratte dai sondaggi;
- prove con pocket penetrometer e Torvane sui campioni di laboratorio;
- prove di compressione monoassiale;
- determinazioni dalle prove penetrometriche statiche.

La determinazione di  $c_u$  da prove penetrometriche statiche è ottenuta attraverso la seguente relazione

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	28
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

empirica:

$$q_c = N_c \cdot c_u + \sigma_{v0};$$

nella quale per il fattore  $N_c$  si possono assumere i valori in accordo alle indicazioni proposte da Bjerrum (1972).

Il riassunto dei dati disponibili è riportato in Tabella 6-4 e la rappresentazione in funzione della profondità è riportata in Figura 6-3.

**Tabella 6-4: Coesione non drenata [kPa]**

Unità 2a	Unità 2b	Unità 3b
60÷140	45÷80 <sup>(*)</sup>	100÷120

(\*) valori afferenti agli strati più argillosi

I valori ottenuti dalle diverse prove sono abbastanza uniformi pur mantenendo, nell'ambito di ciascuna unità stratigrafica, una certa variabilità, legata anche alla variazione di profondità.

#### 6.1.4 GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE

Il valore del grado di sovraconsolidazione (*OCR*, *Over Consolidation Ratio*) è definito come il rapporto fra la pressione di preconsolidazione e la tensione litostatica verticale efficace alla profondità alla quale si riferisce.

Una stima di OCR può essere ottenuta a partire dal valore della coesione non drenata  $c_u$ , attraverso la relazione (Ladd, 1985):

$$\frac{c_u}{\sigma'_v} \cong 0.225 \cdot OCR^{0.8}.$$

Il valore di *OCR* per le unità stratigrafiche coesive è riportato nella seguente Tabella 6-5.

**Tabella 6-5: Grado di sovraconsolidazione (OCR)**

Unità 2a	Unità 2b	Unità 3b
1÷3	1.5÷2.0	1÷1.5


I valori di OCR in funzione della profondità sono stati rappresentati nella Figura 6-4.

In questo caso sono, le informazioni geologiche, relative alla formazione di questi depositi, suggeriscono che non ci siano state, in passato, tensioni litostatiche sensibilmente superiori alle attuali e pertanto l'eventuale sovraconsolidazione riscontrabile nei depositi può essere attribuita a fenomeni di essiccamento.

#### 6.1.5 PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO IN CONDIZIONI DRENATE

La valutazione dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate è stata ottenuta mediante prove di taglio diretto consolidate e drenate e prove triassiali consolidate e non drenate. I valori determinati sono riportati nelle seguenti Figura 6-5 e Figura 6-6.



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	29
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

È altresì possibile stimare un valore dell'angolo di resistenza al taglio dal valore dell'indice plastico (*Ladd, 1977*). Tale determinazione, valida per materiali normalconsolidati, rappresenta un limite inferiore dei valori attribuibili alle unità stratigrafiche esaminate. I valori ottenuti da prove di laboratorio, rappresentati in Figura 6-7 in funzione dell'indice plastico, risultano essere sottostimati, probabilmente a causa degli inevitabili disturbi in fase di prelievo.

Nella successiva Tabella 6-8 si riassumono i valori dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate per le varie unità stratigrafiche.

**Tabella 6-6: Angolo di resistenza al taglio e coesione in condizioni drenate**

		Unità 2a	Unità 2b
Da prove di laboratorio	$\phi$ [°]	22÷28	22÷33
	$c'$ [kPa]	15÷25	3÷20
Da PI	$\phi_{NC}$ [°]	26÷32	31÷34
Da CPTU2016	$c'$ [kPa]	5÷8	6÷9

## 6.2 TERRENI NON COESIVI

### 6.2.1 DENSITÀ RELATIVA

Relativamente alle unità stratigrafiche incoerenti, il valore della densità relativa è stato determinato in funzione dei risultati delle indagini in sito, in particolare:

- dalle prove penetrometriche statiche in funzione di  $q_c$  e  $\sigma'_v$  (*Jamiolkowski, Ladd, Germaine, Lancellotta, 1985*);
- dalle prove SPT (*Standard Penetration Test*) in funzione di  $N_{SPT}$  (*Skempton, 1986*).

I valori ottenuti sono riassunti nella seguente Tabella 6-7.

**Tabella 6-7: Densità relativa. [%]**

Unità 1a	Unità 1b	Unità 2b	Unità 3a
40÷60	30÷40	30÷50	40÷50

I valori di  $N_{SPT}$  misurati e di densità relativa corrispondenti sono rappresentati in Figura 6-8 e Figura 6-9. I valori di densità relativa determinati dalle prove CPT sono rappresentati in Figura 6-10.


### 6.2.2 PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO

La valutazione dell'angolo di resistenza al taglio per i terreni incoerenti può essere ottenuta mediante:

- interpretazione delle prove SPT;
- interpretazione di prove penetrometriche statiche.

La determinazione da prove SPT viene eseguita sfruttando le seguenti correlazioni:

- in funzione della densità relativa ottenibile da  $N_{SPT}$  e  $\sigma'_v$  (*Schmertmann, 1977*);
- direttamente in funzione di  $N_{SPT}$  e  $\sigma'_v$  (*De Mello, 1971*).

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>30</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

Dalle prove CPT si può ottenere il valore di  $\phi'$  mediante:

- in funzione della densità relativa ottenibile da qc e  $\sigma'_v$  (Schmertmann, 1977);
- in funzione di qc e  $\sigma'_v$  (Durgunoglu & Mitchell, 1975 - Robertson e Campanella, 1983).

Nella successiva Tabella 6-8 si riassumono i valori dei parametri di resistenza al taglio per le varie unità stratigrafiche.

**Tabella 6-8: Angolo di resistenza al taglio nelle unità incoerenti**

	<b>Unità 1a</b>	<b>Unità 1b</b>	<b>Unità 2b</b>	<b>Unità 3a</b>	<b>Unità 4</b>
$\phi$ [°]	32÷37	32÷33	32÷34	38÷39	36÷38

La rappresentazione dei valori dell'angolo di resistenza al taglio determinati dalle prove SPT è riportata in Figura 6-11, mentre la determinazione da prove CPT è in Figura 6-12.

### 6.3 CARATTERISTICHE DI COMPRESSIBILITÀ

I parametri di deformabilità in condizioni drenate ricavati dalle prove in laboratorio e dalle indagini in sito sono i seguenti.

Il modulo confinato M è stato determinato per le unità coesive:

- da prove edometriche;
- da prove CPT, in funzione della  $q_c$  (Mitchell e Gardner, 1975).


Il modulo confinato M è stato determinato per gli strati incoerenti da:

- prove CPT (Berardi, Jamiolkowski, Lancellotta, 1991);
- prove SPT (D'Appolonia, 1970 - Jamiolkowski e Al., 1985).

I valori ottenuti dalle prove edometriche sono in genere inferiori rispetto a quelli stimati dai risultati delle indagini in sito; ciò è sicuramente imputabile all'inevitabile disturbo subito dal materiale sia in fase di campionatura che di preparazione dei provini.

È importante inoltre segnalare che, per effetto dello scavo, il terreno subisce in generale un processo di scarico tensionale. I valori classici determinabili da prove edometriche sono invece indicativi del comportamento in carico del terreno. I valori attribuibili in fase di scarico tensionale sono sensibilmente maggiori; una indicazione per le unità presenti sotto il fondo scavo, può essere ottenuta dai valori misurati nel ciclo intermedio di scarico e ricarico eseguito nel corso delle prove edometriche. Pertanto i valori riportati in tabella sono quelli afferenti alla fasi di scarico e ricarico intermedio.

I valori determinati sono stati riassunti nella seguente Tabella 6-9. i valori determinati dalle indagini in sito sono rappresentati in Figura 6-13 e Figura 6-14.

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>				
	N° COMMESSA ( <i>JOB N°</i> )	ID DOC. ( <i>DOC. ID</i> )	REV.	N° FG. ( <i>SH. N.</i> )	DI ( <i>LAST</i> )
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>31</b>	<b>46</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>					

**Tabella 6-9: Modulo di deformazione in condizioni drenate [MPa]**

	Unità 1a	Unità 1b	Unità 2a	Unità 2b	Unità 3a
da prove edometriche			10÷14	12	
da SPT	20÷40	25			50
da CPT	10÷40	10÷30	10÷12	10÷25	


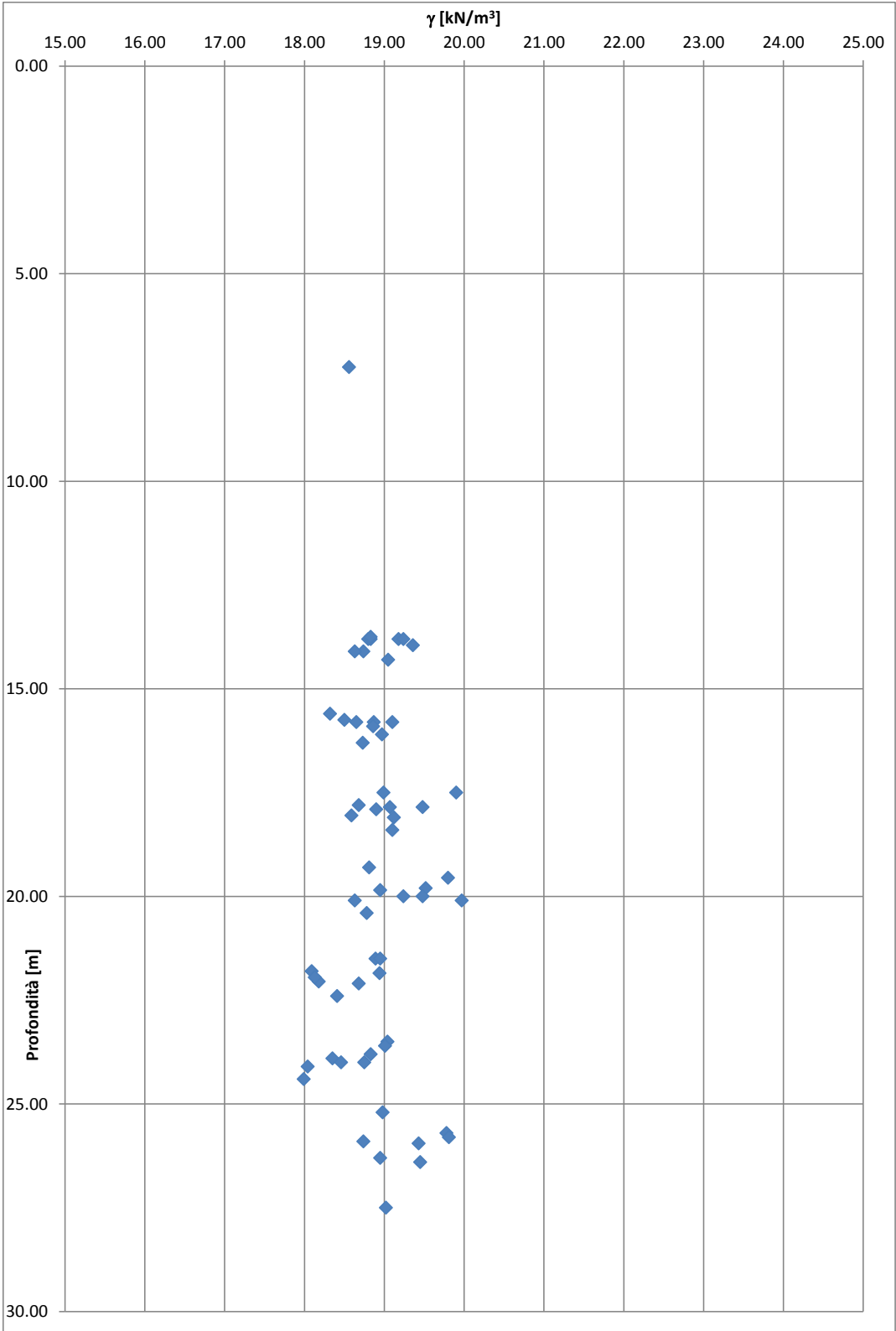
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	32
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 6-1: Peso di volume naturale (2014)




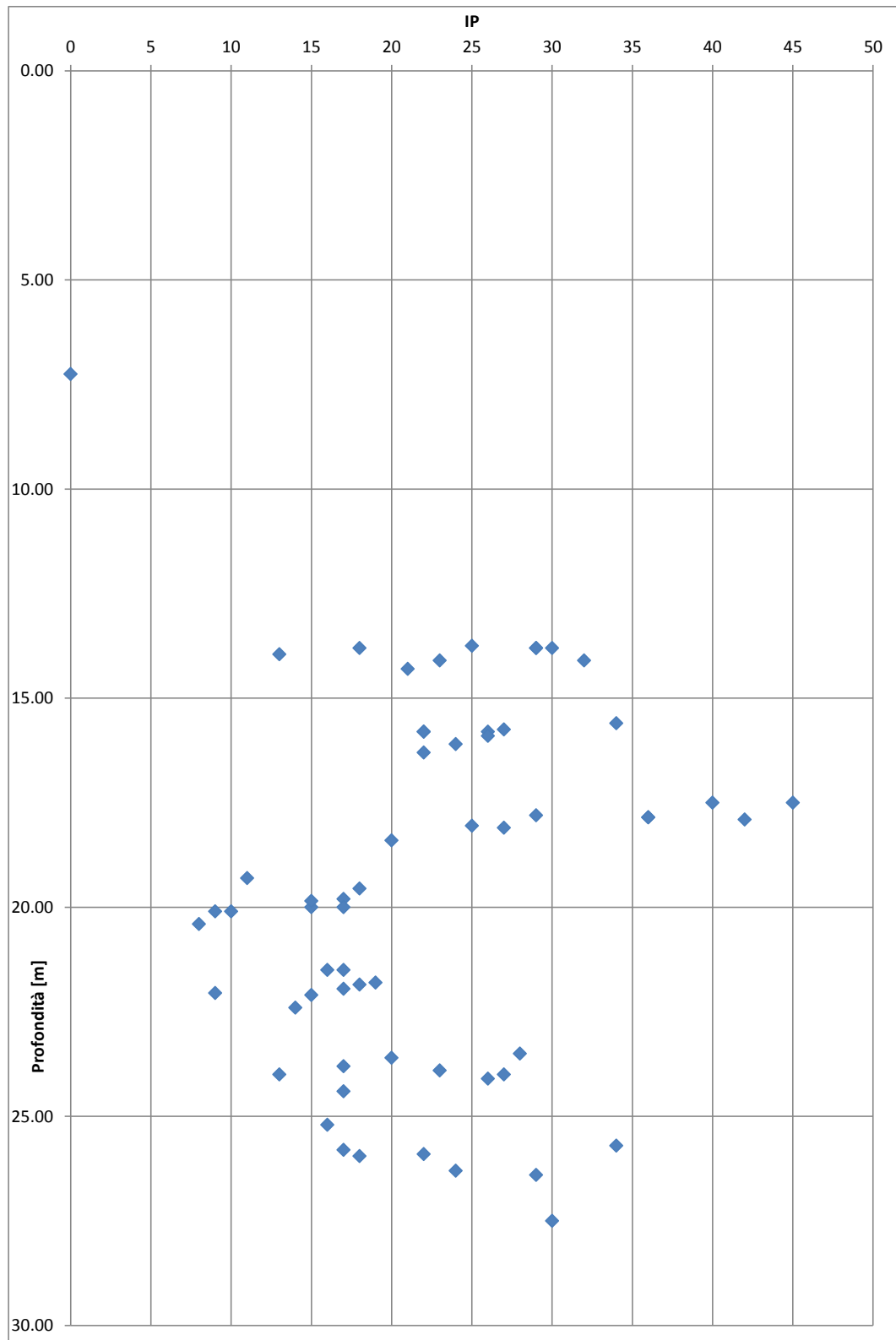

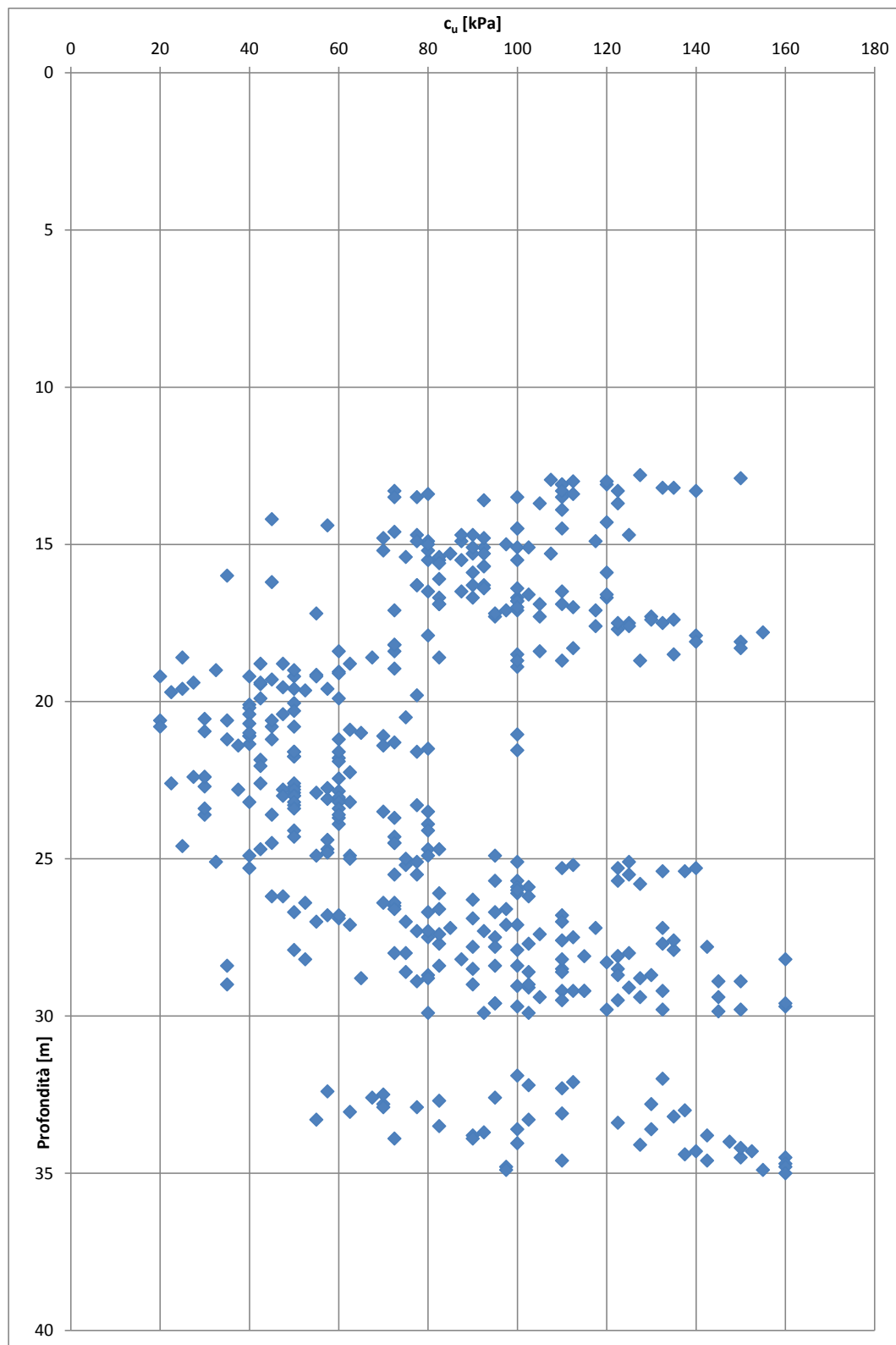
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	33
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 6-2: Indice plastico (2014)



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	34
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

**Figura 6-3: Coesione non drenata (2014)**




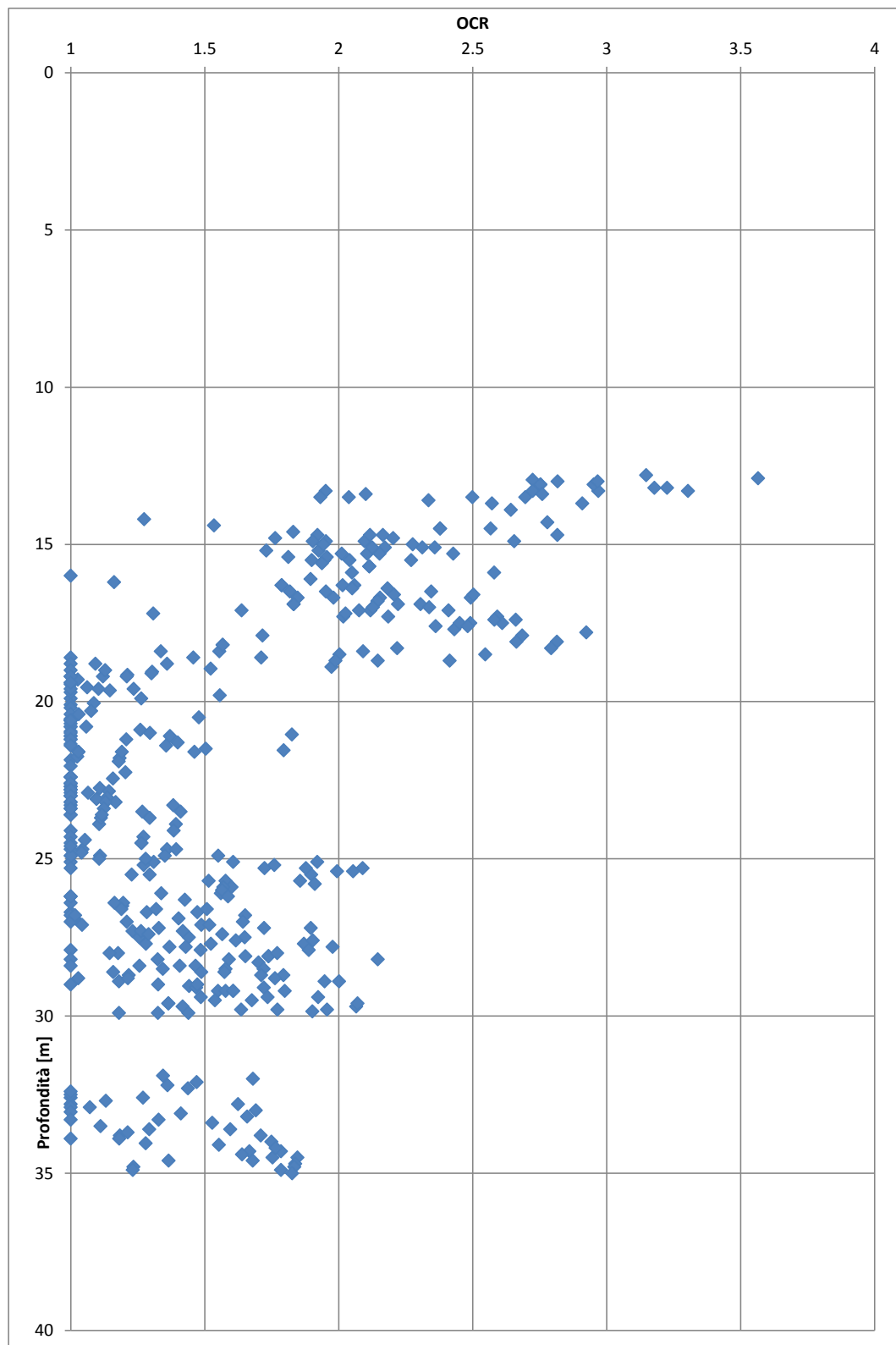

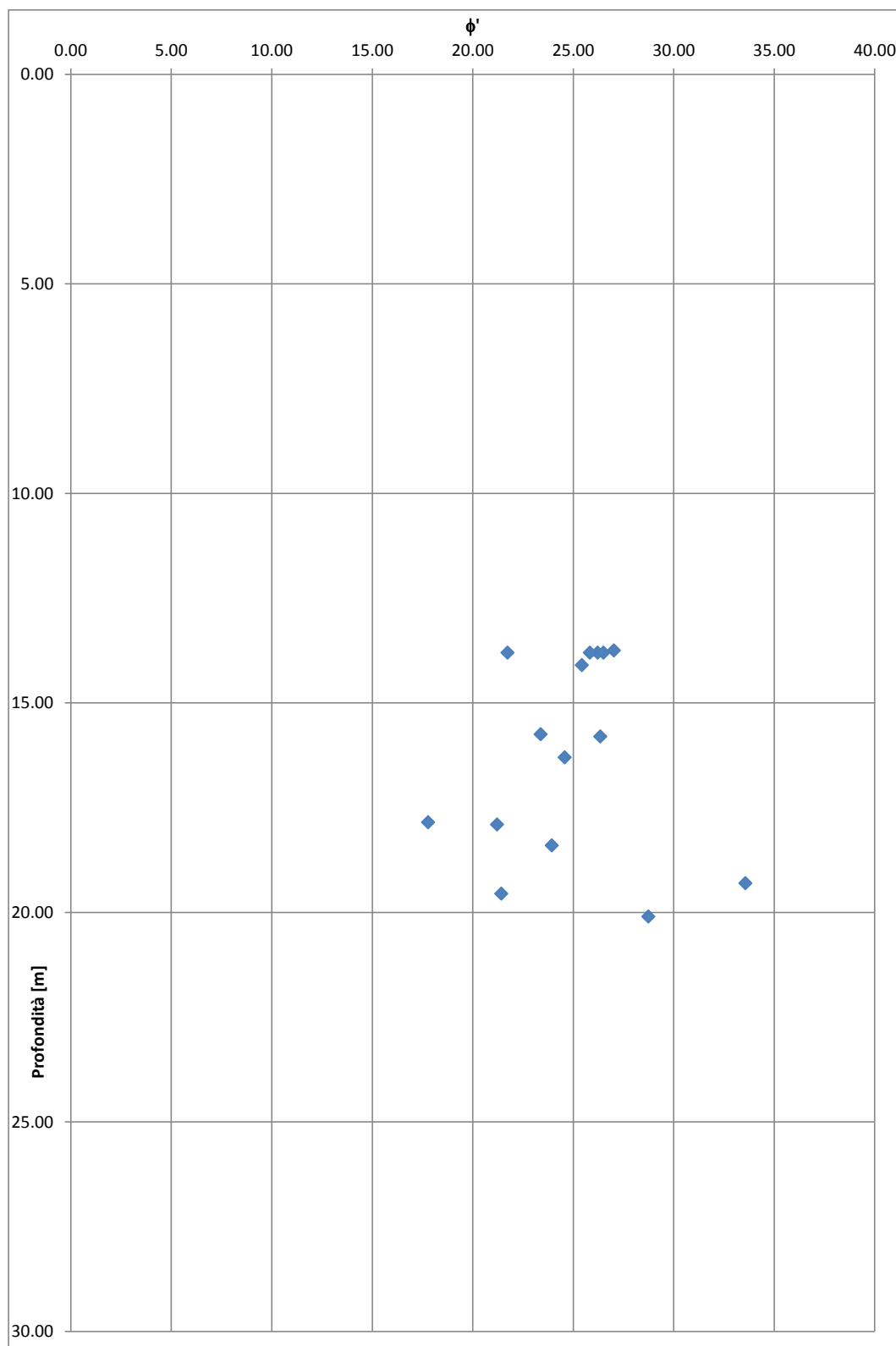
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	35
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 6-4: Grado di sovraconsolidazione (2014)




	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	36
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

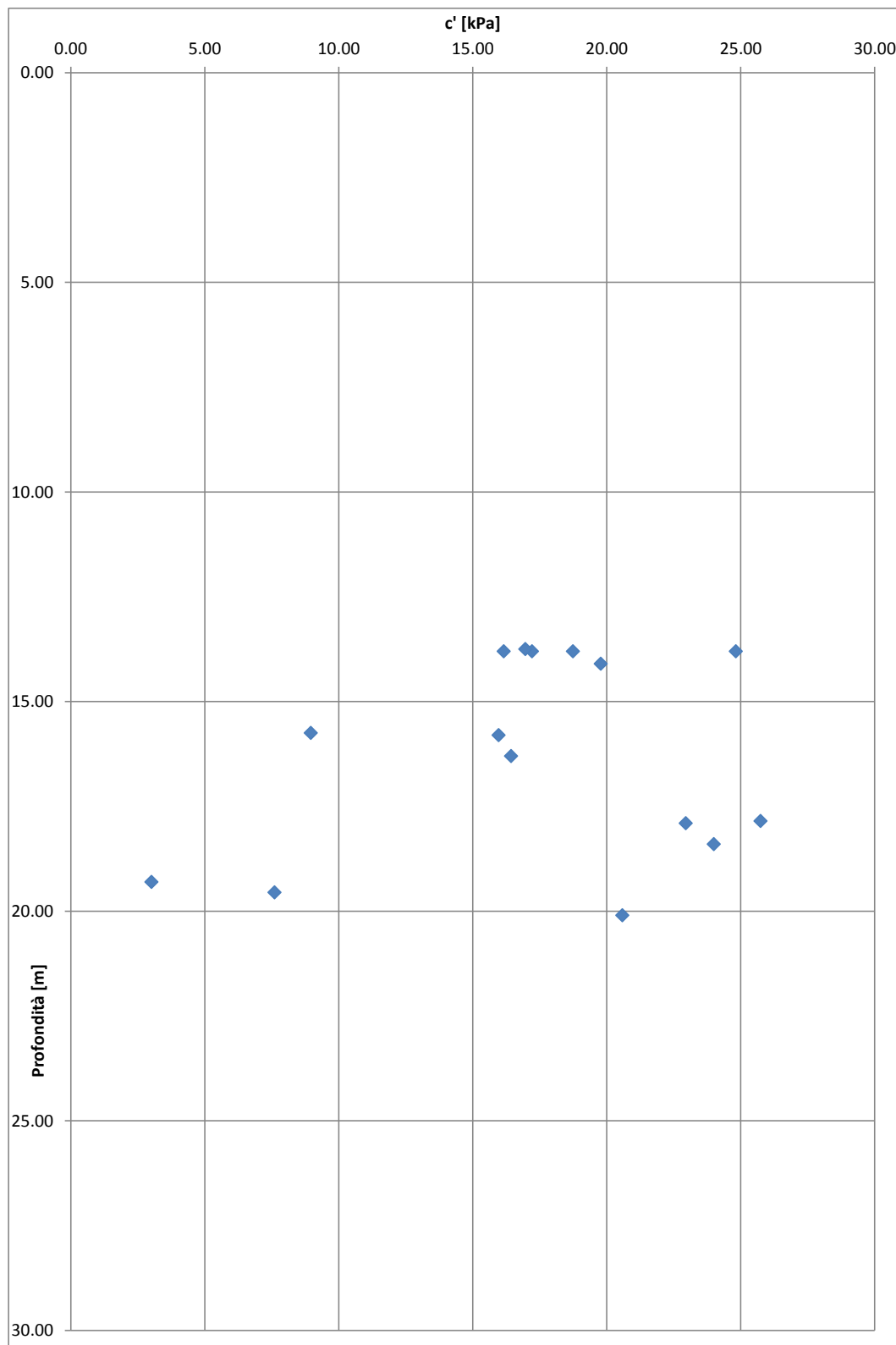
**Figura 6-5: Terreni coesivi – angolo di resistenza al taglio (2014)**






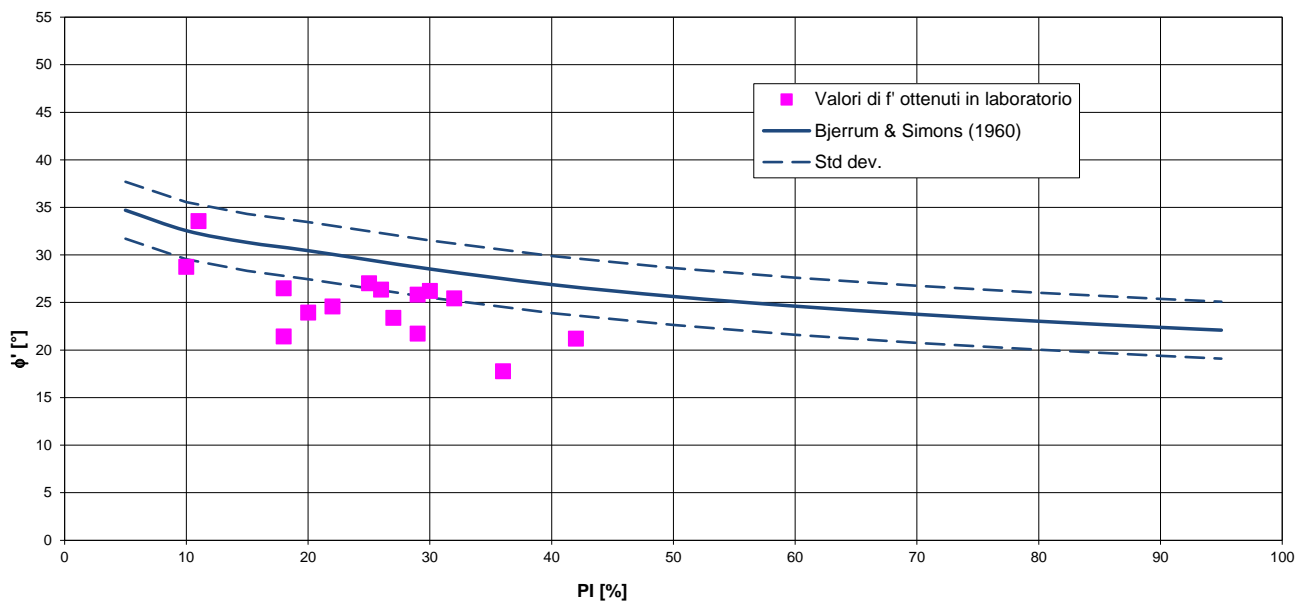
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA ( <i>JOB N°</i> )	ID DOC. ( <i>DOC. ID</i> )	REV.	N° FG. ( <i>SH. N.</i> )
	<b>11300273776</b>		<b>2</b>	<b>37</b>
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

**Figura 6-6: Terreni coesivi – coesione drenata (2014)**



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	38
PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA				

**Figura 6-7: Angolo di resistenza la taglio in funzione di PI (2014)**




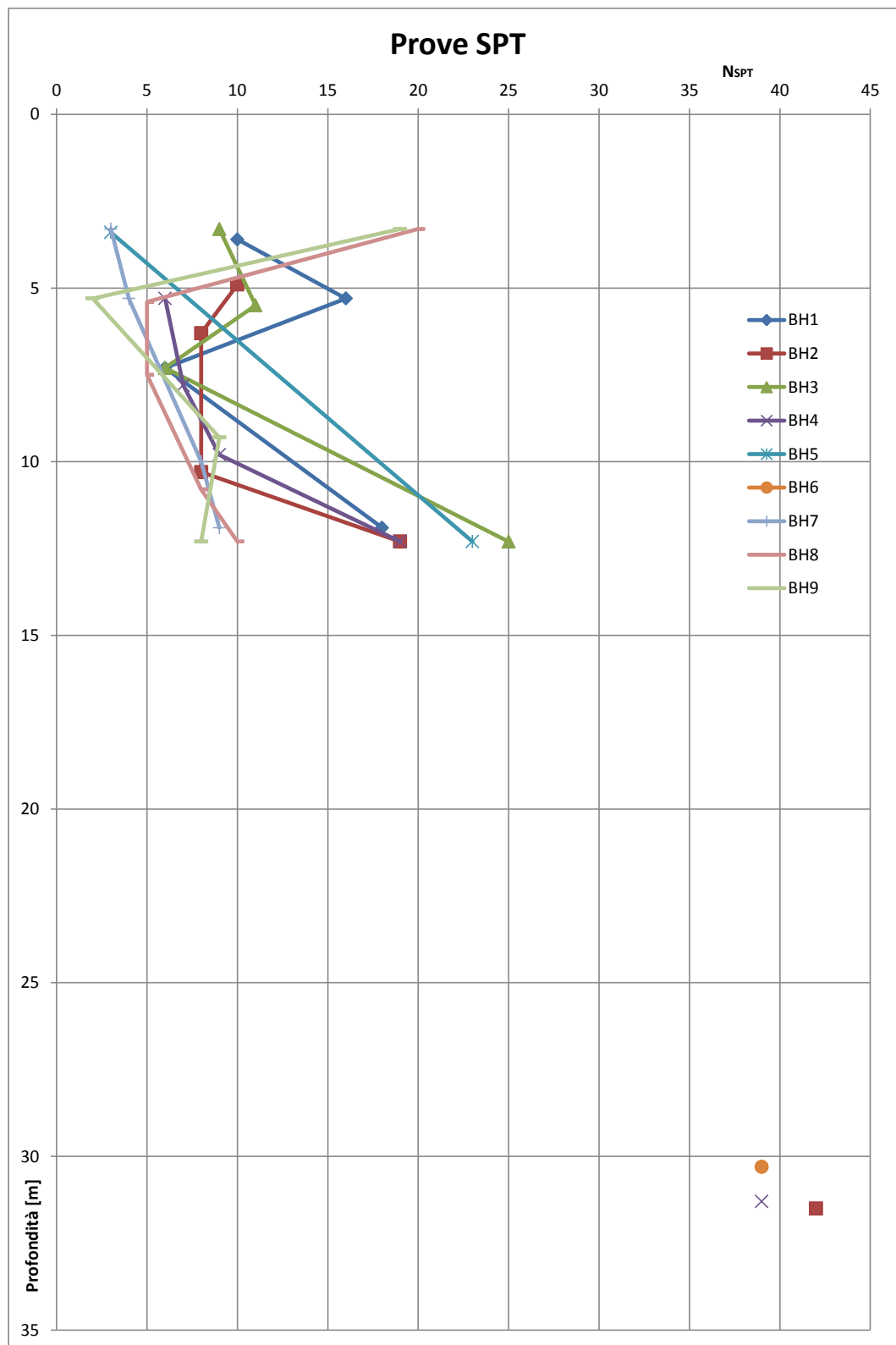
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	39
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 6-8: Terreni incoerenti – Valori di N<sub>SPT</sub> (2014)




	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	40
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 6-9: Terreni incoerenti – Valori di densità relativa da prove SPT (2014)

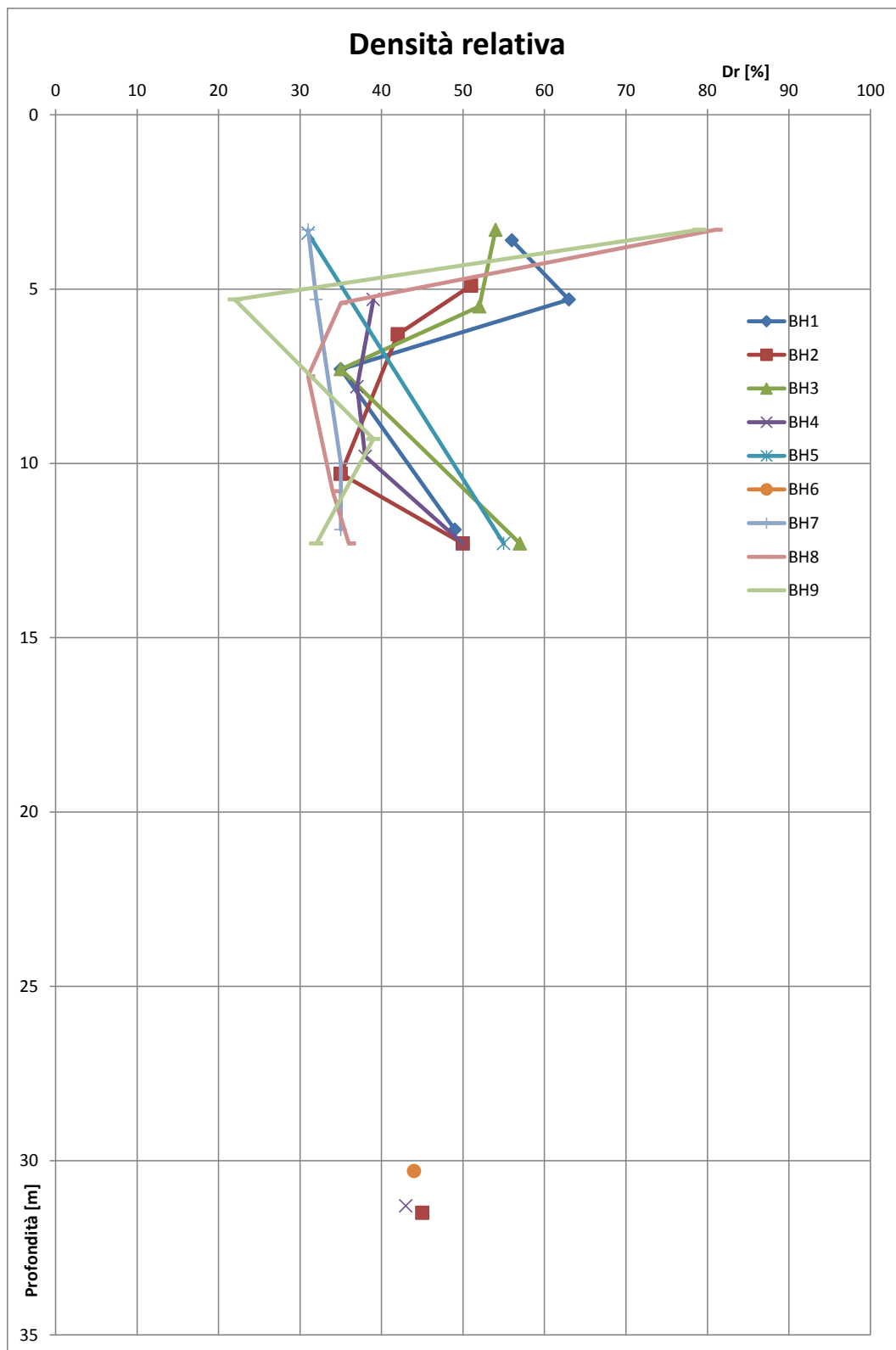
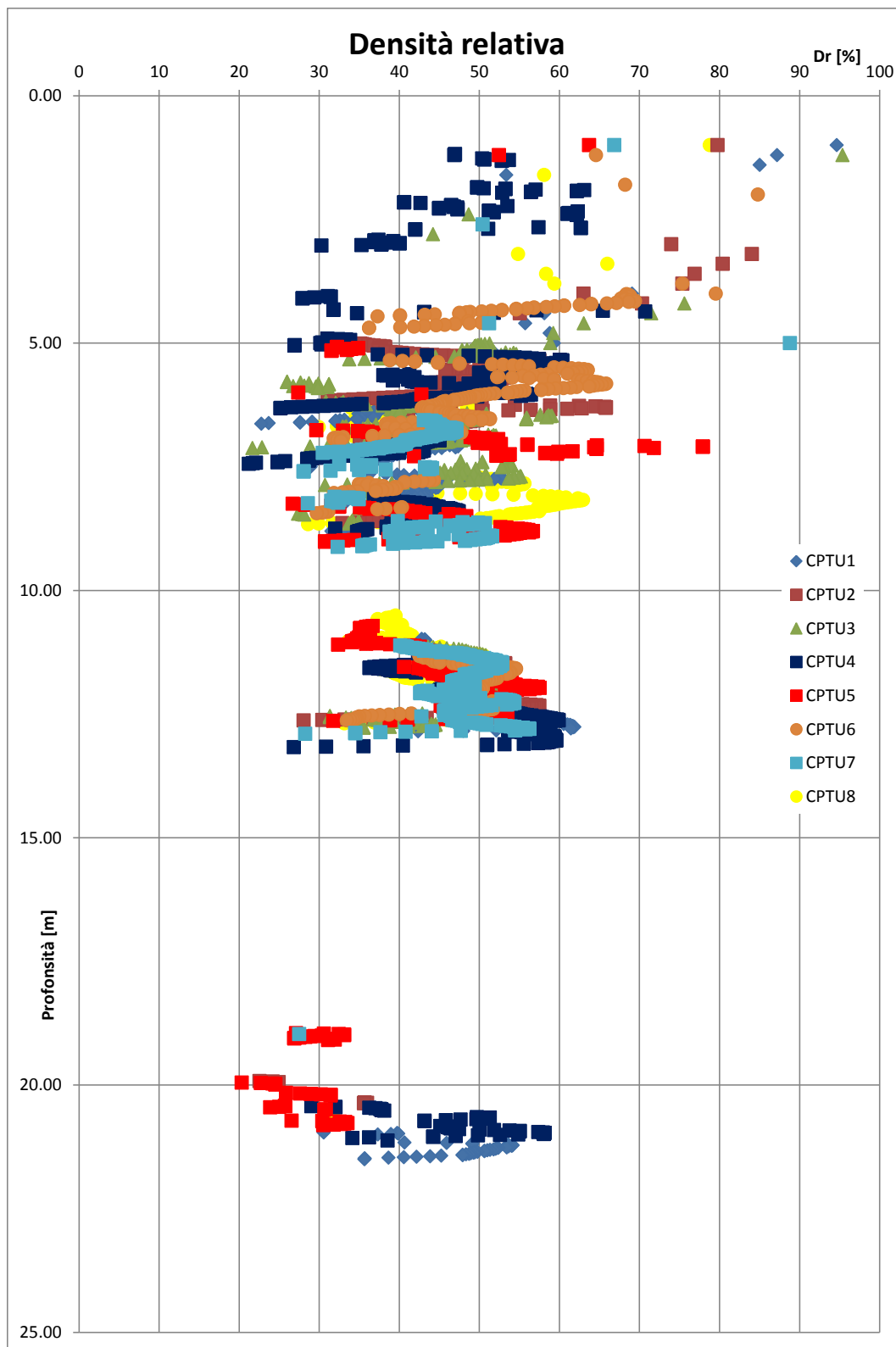


Figura 6-10: Terreni incoerenti – Valori di densità relativa da prove CPT (2014)




	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	42
PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA				

Figura 6-11: Terreni incoerenti – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT (2014)

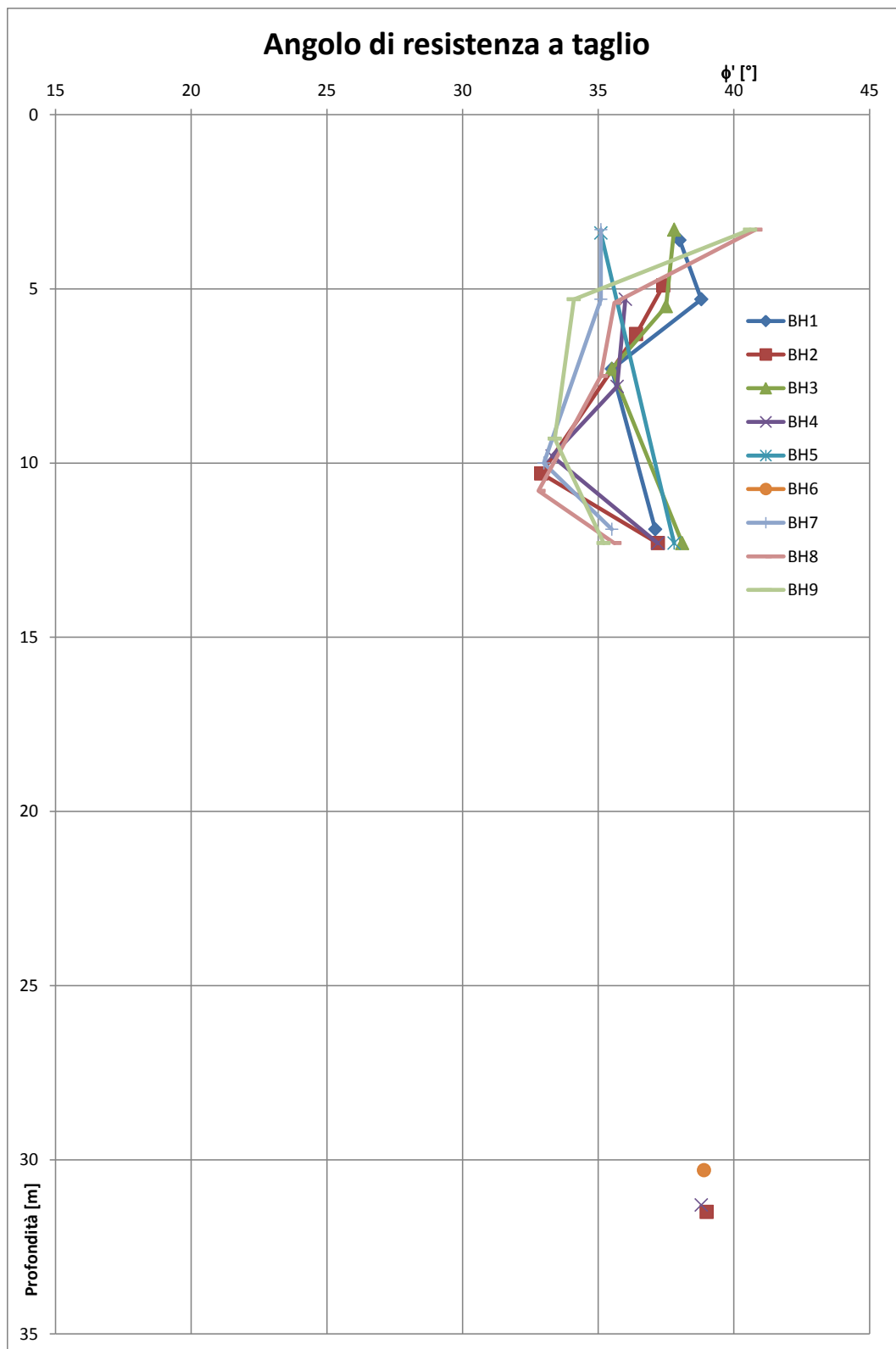
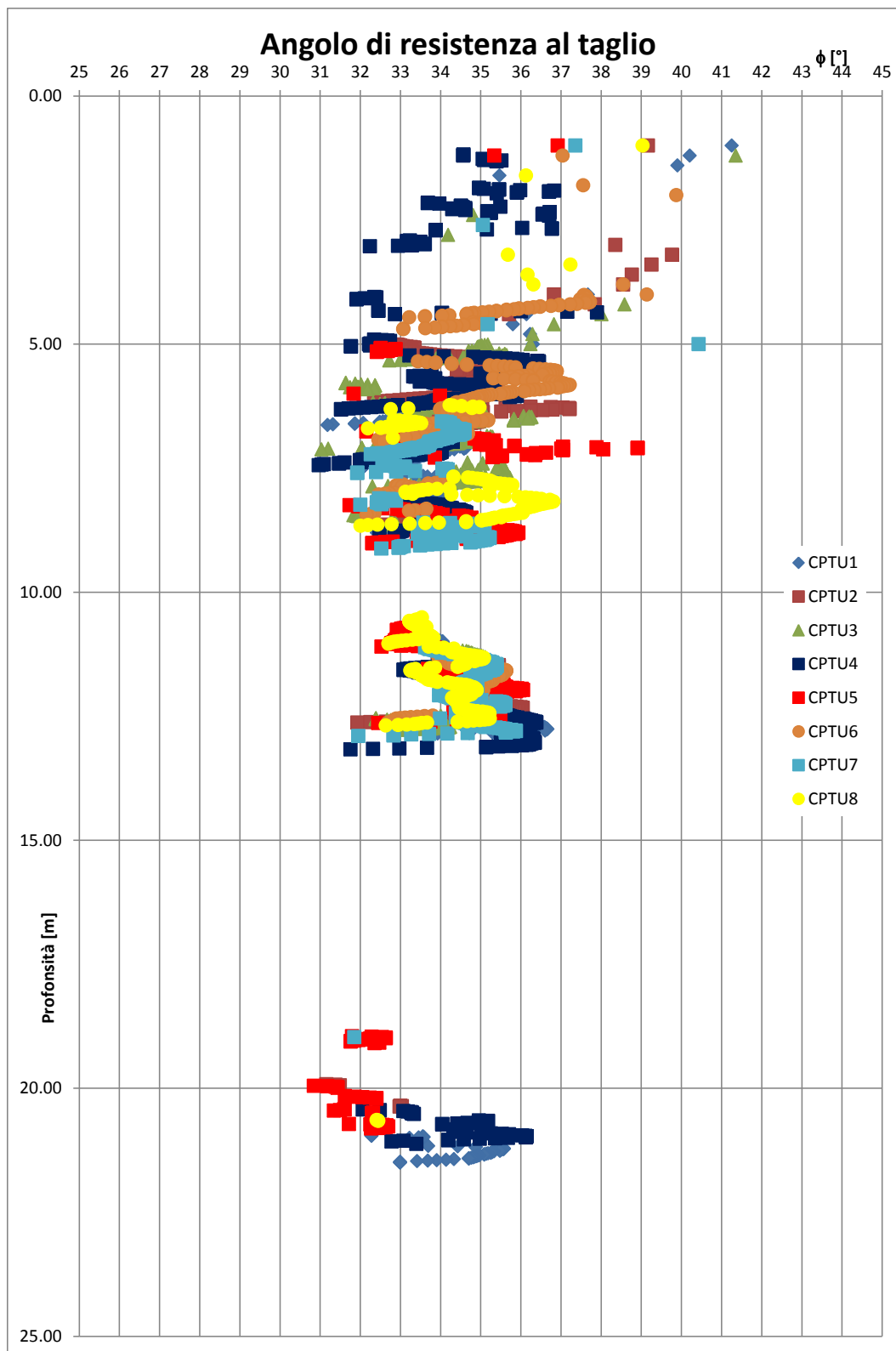


Figura 6-12: Terreni incoerenti – Angolo di resistenza al taglio da prove CPT (2014)




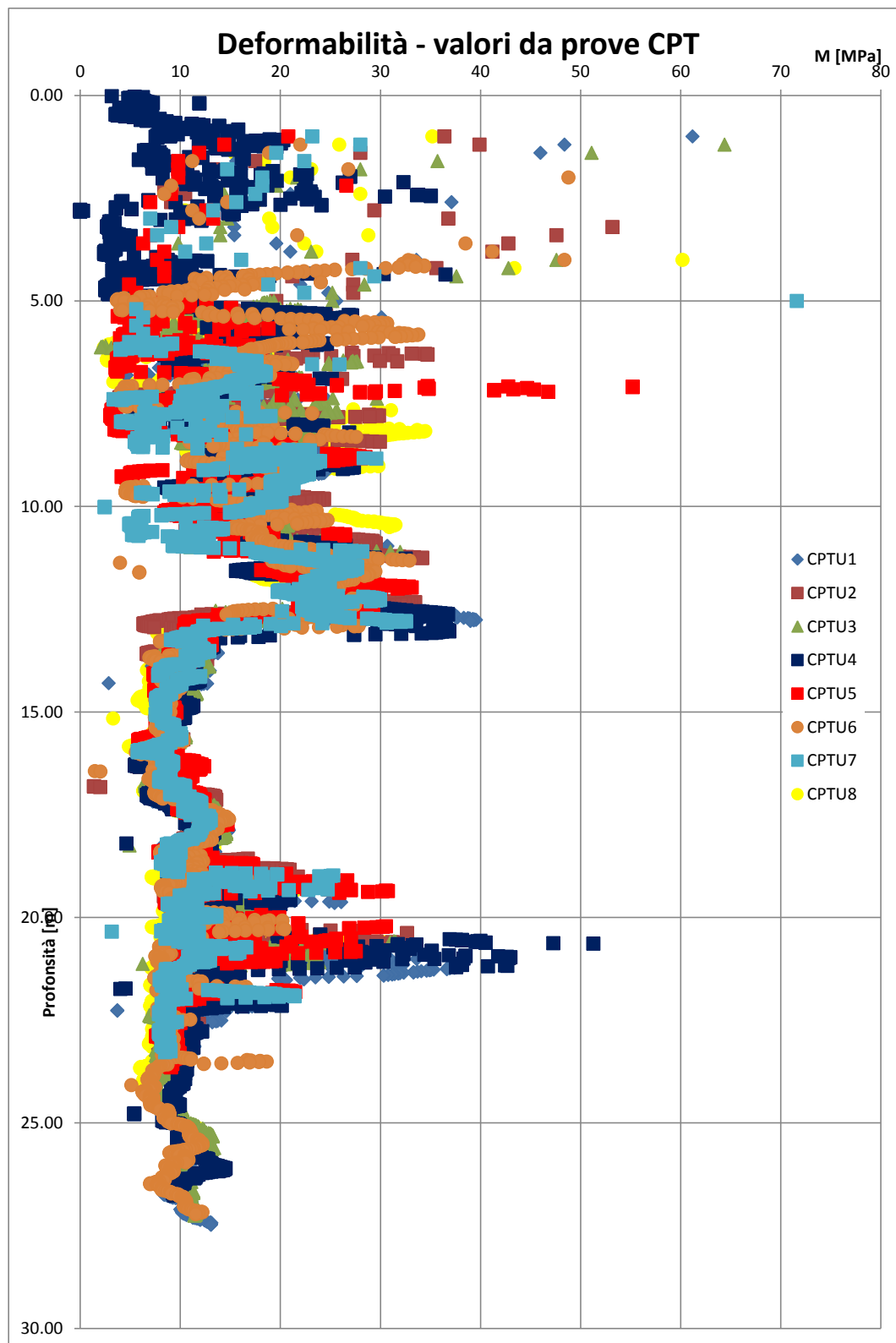
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	44
PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA				

Figura 6-13: Deformabilità - determinazione da prove pentrometriche statiche (2014)






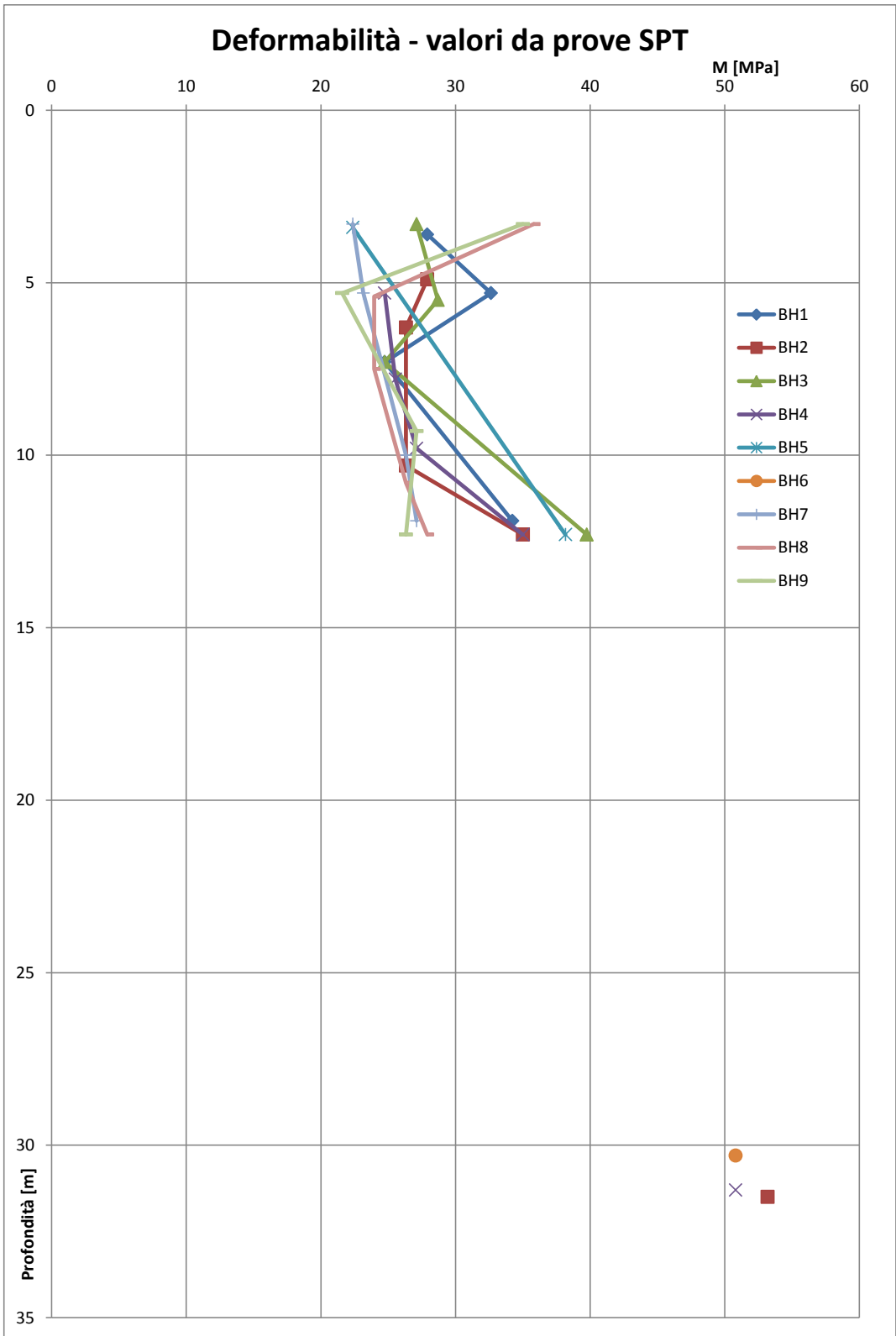

	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	45
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

Figura 6-14: Deformabilità - determinazione da standard penetration test (2014)



	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)
	11300273776		2	46
<b>PSBO - VASCHE DI LAMINAZIONE AUSA</b>				

## 7 LIVELLO DI FALDA

Come ampiamente descritto in Relazione geologica e idrogeologica, alla quale si rimanda per il dettaglio delle analisi, il livello di falda è stato monitorato per circa un anno. Dalle indagini effettuate in sito, è emersa la presenza di due distinti livelli di falda relativi ai seguenti acquiferi:

- quello superficiale, a carattere freatico, che si colloca entro i depositi sabbiosi e limosi individuati nei primi 13 m di profondità e livello statico rilevato a -2.60÷-3.60 m rispetto al piano piazzale;
- quello profondo a carattere artesiano, posto entro l'orizzonte di ghiaie individuate alla profondità compresa fra circa -29 e -32 m e livello statico rilevato a -0.40÷-0.80 m rispetto al piano piazzale.

Relativamente agli strati sabbioso-limosi individuati alle profondità di -19÷-21 m, come evidenziato in relazione idrogeologica, si tratta di lenti chiuse. In ogni caso il livello statico della falda misurato per mezzo di soste del piezocono, è risultato concorde a quello dell'acquifero superficiale (-2.60÷-2.80).

Ai fini delle verifiche geotecniche e strutturali, si considera un livello di falda di progetto posto a:

- -2.50 m dal piano piazzale per le sabbie superficiali e i limi sabbiosi individuati fra -19 e -21 m;
- corrispondente al piano piazzale per le ghiaie individuate fra -29 e -32 m.

## 8 LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

I primi 13 metri a partire dalla quota piazzale sono costituiti da terreni suscettibili alla liquefazione. Lo studio del fenomeno e degli effetti di risposta sismica locale è stato riportato in un apposito documento denominato "Risposta sismica locale con approfondimenti locali delle verifiche a liquefazione" al quale si rimanda per i dettagli.

## 9 CALCOLI GEOTECNICI

### 9.1 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI CALCOLO

La definizione dei parametri geotecnici caratteristici di calcolo oltre che dalle caratteristiche del terreno deriva dal tipo di problema geotecnico ed ai criteri e metodi di calcolo adottati. Pertanto per tali aspetti si rimanda al documento "Relazione di calcolo delle fondazioni", dove sono anche riportate le relative verifiche geotecniche.

### 9.2 COSTANTE DI WINKLER VERTICALE E ORIZZONTALE

Per lo studio di interazione struttura terreno, tenuto conto della natura del terreno e delle dimensioni della platea di fondazione si individua il valore della costante di sottofondo verticale o costante di Winkler pari a:

$$k_v = 0.5 \text{ kg/cm}^3.$$

Il valore della costante di sottofondo orizzontale  $k_h$  può essere assunto pari a:

$$k_h = 1 \text{ kg/cm}^3.$$