

Comune di Cavezzo (MO)

**PROPOSTA DI VARIANTE AL PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
PER IL COMPARTO INDUSTRIALE DI WAMGROUP S.p.a.**

RESPONSABILE DEL PROGETTO	Arch. Franco Rebecchi	RS2 Architetti Studio Associato Franco Rebecchi Architetto Gian Luca Savazza Architetto Elisa Simboli Architetto
		Via Annibale Carracci, 15 - 41012 Carpi (MO) Tel. +39 059 6550586 - Fax. 39 059 6311140 e-mail info@rs2architetti.it - www.rs2architetti.it



DOCUMENTO	OGGETTO	DATA
RELAZIONE	STATO VARIATO	10/03/2014
ELABORATO	Relazione Geologica	Aggiornamento
GEO		
Nome File	N° prot. int. 13031	Disegnatore
		Scala

PROPRIETA':



WAMGROUP S.p.a
Via Cavour, nr° 338/a - 41032
Ponte Motta - Cavezzo (MO)

Comune di Cavezzo

Provincia di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)

RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini geognostiche effettuate, al fine della caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno del sito (6.2.2. DM 14/01/08)

Relazione concernente la "RISPOSTA SISMICA DEL SITO" (D.M. 14/01/08 - NNTC), la verifica a possibili fenomeni di liquefazione (D.M. 14 /01/2008) e a potenziali cedimenti post-sismici e amplificazione litologica nell'ambito di una MICROZONAZIONE SISMICA dell'area (Delibera di Assemblea Legislativa Regionale n.112/2007)



**Studio geologico, geotecnico e sismico
a supporto di una variante al PUA
del Comune di Cavezzo,
inerente il Comparto Industriale
WAMGROUP S.p.a., con sede
in via Cavour 338/a, località
"Ponte Motta"**



Dot. Geol. Pierluigi Dallari
Gennaio 2014
Rif. 773/13

ASSOCIATO



GEO GROUP s.r.l.
Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019
E-mail: geo.group@libero.it
P.IVA e C.F. 02981500362
www.geogroupmodena.it



**AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV
= ISO 9001 =**

Relazione Tecnica comprendente:

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfici al fine della modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)

RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini eseguite, fornisce tutti i dati geotecnici necessari per il progetto e la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. DM 14/01/08)

Relazione concernente la “**RISPOSTA SISMICA DEL SITO**” (ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC), la Verifica agli Stati Limite Ultimi (SLU) (par. 6.4 del D.M. 14/01/08) e la verifica a possibili fenomeni di liquefazione

MICROZONAZIONE SISMICA dell’area, ai sensi della Delibera di Assemblea Legislativa n.112/2007, art. 16 – c.1 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”

Oggetto:

**Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto
di una proposta di variante al Piano Urbanistico Attuativo
per il Comparto Industriale di WAMGROUP S.p.a.,
con sede in via Cavour 338/a ,nel Comune di Cavezzo (MO)**

Committente : WAMGROUP S.p.a.

Indice del contenuto

1. Premesse	pag. 3
1.1. Inquadramento geografico	pag. 4
2. Relazione geologica	pag. 5
2.1 .Geologia e geomorfologia del sito	pag. 5
2.2. Indagini geognostiche	pag. 5
2.3 Prove penetrometriche eseguite in fasi e tempi diversi	pag. 7
2.3.1. Indagini eseguite nel Dicembre 2011 e caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione	pag. 7
2.3.2. Indagini eseguite nel Gennaio 2013 e caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione	pag. 7
2.3.3. Indagini eseguite nel Febbraio 2013 e caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione	pag. 10
2.3.4. Indagini eseguite nell'Ottobre 2013 e caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione	pag. 12
2.4. Sondaggio a carotaggio continuo eseguito nel Febbraio 2013	pag. 13
2.4.1. Prove penetrometriche dinamiche in foro SPT	pag. 17
2.5. Analisi di laboratorio di geotecnica Febbraio 2013	pag. 18
2.6. Analisi di laboratorio di geotecnica Febbraio 2013	pag. 27
3. Relazione geotecnica	pag. 31
3.1. Modello geotecnico del sottosuolo	pag. 31
3.2. Verifica della capacità portante	pag. 33
3.3. Verifica dei cedimenti	pag. 34
3.4. Modulo di sottosuolo	pag. 34
4. Caratterizzazione sismica del sottosuolo	pag. 35
4.1. Sismicità dell'area	pag. 35
4.2. Indagini geofisiche	pag. 38
4.2.1 Indagine sismica MASW	pag. 38
4.2.2 Indagine sismica Re.Mi.	pag. 40
4.2.3 Indagine sismica in foro Down Hole	pag. 43
4.2.4 Indagini sismiche HVSR	pag. 46
4.3. Verifica dello stato limite ultimo SLU	pag. 47
4.4. Studi di microzonazione sismica	pag. 53
4.5. Approfondimenti di primo livello	pag. 54
4.5.1. Approfondimenti di secondo livello	pag. 55
4.6. Approfondimenti di terzo livello	pag. 57
4.7. Cedimenti post sismici	pag. 65
4.8. Verifica a liquefazione	pag. 68
5. Considerazioni conclusive	pag. 75

Tavole

Tav. n. 1:	“Carta Corografica”	scala 1: 25.000
Tav. n. 2:	“Carta Topografica”	scala 1: 10.000
Tav. n. 3:	“Ripresa fotografica generale dell'area di interesse”	scala grafica
Tav. n. 4:	“Carta della litologia di superficie”	scala 1: 5.000
Tav. n. 5:	“Indagini geognostiche”	scala grafica
Tav. n. 6:	“Vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento”	scala grafica
Tav. n. 7:	“Carta dei depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie”	scala grafica
Tav. n. 8:	“Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali”	scala grafica
Tav. n. 9:	“Carta delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici”	scala grafica
Tav. n. 10:	“Carta di microzonazione sismica”	scala grafica

Allegati

ALL. n. 1	Prove penetrometriche statiche CPT e CPTU corredate di interpretazione geotecnica;
ALL. n. 2	Sondaggio a carotaggio e relativa stratigrafia;
ALL. n. 3	SPT in foro;
ALL. n. 4	Analisi di laboratorio geotecnico;
ALL. n. 5	Indagini sismiche;
ALL. n. 6	Verifica alla liquefazione.

1 PREMESSE

Nei mesi di Dicembre 2013 e Gennaio 2014 è stato eseguito il presente studio geologico, geotecnico e sismico a supporto di una variante al Piano Urbanistico Attuativo del Comune di Cavezzo, per il Comparto industriale WAMGROUP S.p.a, sito in via Cavour 338/a, in località Ponte Motta, Comune di Cavezzo (MO).



Fig. 1.1: Ripresa aerea dell'area di interesse, tratta da Google Earth.

Per ottemperare alle richieste del **D.M. 14/01/2008** il presente studio verrà suddiviso nelle seguenti sezioni:

- 1) **RELAZIONE GEOLOGICA** riguardante le indagini geognostiche eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08);
- 2) **RELAZIONE GEOTECNICA** basata sulle indagini eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. DM 14/01/08);
- 3) Relazione concernente la **“RISPOSTA SISMICA DEL SITO”** (ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC) , la verifica dello Stato Limite Ultimo (SLU) (par. 6.4 del D.M. 14/01/08) e la verifica a possibili fenomeni di liquefazione (D.M. 14 /01/2008).

4) **MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA** ai sensi della *Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 "indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*.

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è sita nella porzione sud ovest del comune di Cavezzo (MO), in via Cavour 338/a, come illustrato nella "Carta corografica", alla scala 1: 25.000 (**tav. n. 1**), tavole CTR 183 SE e 184 SO, nella "Carta topografica" alla scala 1: 10.000, sezione CTR n°183160 "Rovereto s/S e n°184130 "Medolla" (**tav. n. 2**) e nella "Ripresa fotografica generale" (**tav. n. 3 e fig. 1.1**),

Le coordinate geografiche relative al sito in oggetto, calcolate mediante apposito software ed utilizzando la maglia di punti riportata in figura 1.3 sono le seguenti:

(1)* Coordinate WGS84	
Lat. <input type="text" value="44,828329"/>	Long. <input type="text" value="10,997786"/>
(1)* Coordinate ED50	
Lat. <input type="text" value="44,829263"/>	Long. <input type="text" value="10,998793"/>

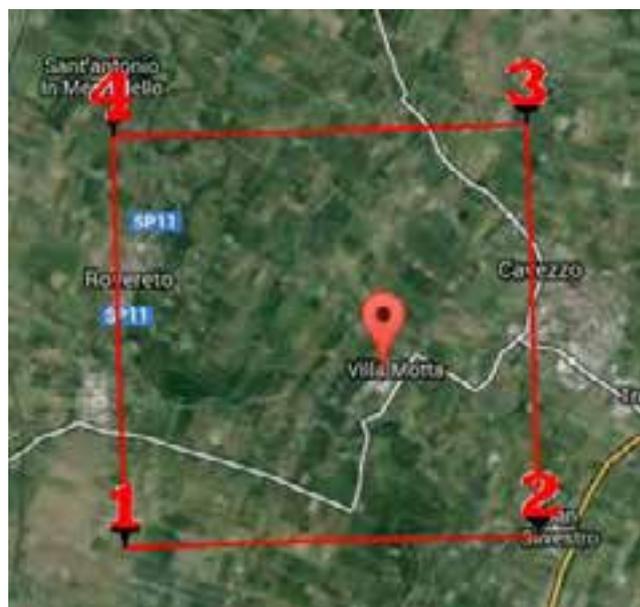


Fig. 1.3: Maglia di punti che identificano l'area di interesse

2 RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 GEOLOGIA e GEOMORFOLOGIA del sito

L'area oggetto di studi è collocata in via Cavour 338/a, nella porzione sud-ovest della frazione "Ponte Motta", ad ovest del Comune di Cavezzo e si spinge fino al fiume secchia posto più a sud. L'area si trova ad una quota topografica media di 22.0 m s.l.m..

Dal punto di vista geologico nell'area affiorano i depositi di seguito illustrati e riportati nella "Carta della litologia di superficie" (**tav. n. 4**), tratta dalla "Carta geologica d'Italia al 100.000:

As - Argille sabbiose e Sabbie argillose

Nell'area mancano evidenze geomorfologiche degne di nota, la zona è completamente pianeggiante con una leggera inclinazione verso nord-nord est in concordanza con l'andamento generale della Pianura Padana. Siamo in un'area modificata in modo rilevante dall'azione antropica e fluviale del Fiume Secchia che scorre poco più ad ovest dell'area in studio.

Dalla consultazione della **Tav. n. 6** "Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale", visibile in allegato, si evince che l'area in studio ricade in parte in un'area a grado di vulnerabilità molto basso, zona più ad ovest e in piccola parte in un'area a grado di vulnerabilità medio basso, porzione più ad est. L'area è caratterizzata da una profondità del tetto delle ghiaie e sabbie > 100 metri ed è sede di acquiferi liberi.

2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia dello studio in oggetto relativo alla proposta di variante al Piano Urbanistico Attuativo del Comune di Cavezzo, per il Comparto Industriale WAMGROUP S.p.a., si è tenuto conto di tutte le svariate indagini geognostiche eseguite dal Nostro studio in fasi successive, relativamente agli svariati interventi edilizi del gruppo WAM e precisamente:

- **Gennaio/Febbraio 2013 per nuovo Fabbricato reparto Carpenteria sono state eseguite:**

○ N. 4 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT
○ N. 1 PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA CPTU
○ N. 1 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S1 SPINTO A -30.00 M DA P.P. E SUCCESSIVAMENTE ATTREZZATO PER INDAGINE SISMICA DI PROFONDITÀ DOWN HOLE

○ PRELIEVO DI N. 3 CAMPIONI PER ANALISI DI LABORATORIO DI GEOTECNICA
○ N. 1 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA MASW
○ N. 2 INDAGINI SISMICHE PASSIVE HVSR

- **FEBBRAIO-MARZO 2013** *nuovo Fabbricato reparto Spedizioni* sono state eseguite:

• N. 4 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT
• N. 1 PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA CPTU
• PRELIEVO DI N. 1 CAMPIONE PER ANALISI DI LABORATORIO DI GEOTECNICA
• N. 1 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA MASW
• N. 2 INDAGINI SISMICHE PASSIVE HVSR

- **OTTOBRE 2013** *nuovo Fabbricato reparto Trasportatori* sono state eseguite:

• N. 3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT
• N. 1 PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA CPTU
• N. 1 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA MASW
• N. 1 INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR

Sono inoltre state considerate delle indagini geognostiche eseguite nel Dicembre 2011 dal Dott. Andrea Bruschi per lo Studio geologico e sismico relativo al PPIP per il Comparto Industriale di WAMGROUP S.P.A., consistenti in:

• N. 8 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT
• N. 1 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA MASW

A completamento della campagna indagini, al fine di poter determinare con precisione le caratteristiche geologico-geotecniche e sismiche dell'intero Comparto industriale, oggetto della proposta di variante al PUA si sono eseguite nell'attuale mese di Gennaio 2014 ulteriori indagini geognostiche consistite in:

• N. 10 INDAGINI SISMICHE PASSIVE HVSR
• N. 4 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON TECNICA MASW
• N. 2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON TECNICA RE.MI

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite in tempi progressivi è illustrata nella **tav. n. 5**, riportata in allegato, mentre i diagrammi relativi alle CPT e CPTU eseguite, dotati d'interpretazione geotecnica, sono presenti nell'**allegato n. 1**; in **allegato n. 2** sono, invece visibili la stratigrafia del sondaggio eseguito, in **allegato n. 3** sono esposti i dati ottenuti dalle prove SPT in foro, in **allegato n. 4** i risultati delle analisi di laboratorio di

geotecnica, in **allegato n. 5** i grafici e i risultati delle indagini sismiche MASW, Re.Mi., HVSR e i dati del Down Hole eseguito in foro e in **allegato n. 6** le verifiche a liquefazione.

2.3 PROVE PENETROMETRICHE eseguite in varie fasi

Nell'area di interesse sono state eseguite a più riprese, sulla base degli interventi da realizzare le seguenti prove penetrometriche statiche:

2.3.1 - PROVE PENETROMETRICHE CPT ESEGUITE dallo Studio del Dott.Geol. Bruschi nel DICEMBRE 2011

Per la relazione geologica e sismica inerente il PPIP per il Comparto Industriale WAMGROUP S.p.a. sono state eseguite nel Dicembre 2011 n. 8 prove penetrometriche statiche, dallo Studio del Dott. Geol. Bruschi, spinte tutte alla profondità di – 15.00 m da p.c..

- **N. 8 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT**

2.3.1.1 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Da tali indagini, i cui tabulati sono visibili in **allegato 1**, risulta che, da p.c. a circa – 6,5/7.00 m da p.c. si rileva un'alternanza di limi argillosi e argille limose con locali e sottili intercalazioni di limi sabbiosi ($0.8 < R_p < 1.2$ MPa).

Da – 6,5/7.00 m da p.c. a – 10.00 m da p.c. si ha uno strato argilloso limoso consistente con $1.8 < R_p < 2.0$ MPa, seguito fino a – 15.00 m da p.c. da argille debolmente limose ad elevata consistenza con $3.0 < R_p < 4.0$ MPa.

2.3.2 - PROVE PENETROMETRICHE CPT e CPTU da Noi eseguite nel GENNAIO 2013

Sono state eseguite in data **25/01/2013**

- **N. 4 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT**
- **N. 1 PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA CPTU**

Nell'area in oggetto, per la realizzazione della nuova carpenteria sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche statiche CPT, spinte alla profondità di -15.00 m da piano campagna attuale, tramite penetrometro Gouda, da 200 kN di spinta. E' inoltre stata eseguita una CPTU, spinta a – 25.00 m da p.c.

Le caratteristiche dello strumento impiegato per le prove sono le seguenti:

Punta meccanica	Begemann
Spinta	200kN
Intervalli di misura	20 cm
Parametri registrati	Rp (resistenza alla punta)
	RI (resistenza attrito laterale)
Area punta	10 cm²
Angolo alla punta	60°

2.3.2.1 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Al di sotto di un primo strato costituito dal sottofondo del piazzale è presente uno strato coesivo costituito da argille limose/limi argillosi di scarsa e medio scarsa consistenza, alternate a livelletti limo sabbiosi.

Argille limose / limi argillosi di medio scarsa consistenza					
STRATO 1	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	- 1.00 / - 3.00 m	- 0.80 / - 5.60 m	- 0.80 / - 3.00 m	- 0.80 / - 3.80 m	-1.00. / - 4.00 m
	0.59 < Rp < 0.89	0.59 < Rp < 0.99	0.79 < Rp < 1.09	0.59 < Rp < 0.99	Rp _{medio} = 0.90

- Le profondità indicate si intendono in metri da piano piazzale.
- **Rp**: resistenza alla punta del penetrometro statico è indicata in MPa.

Di seguito è stato individuato un livello dal comportamento incoerente, costituito da limi e sabbie mediamente addensati ($30 < Dr\% < 35$) in matrice argillosa; nella CPT n. 3 e n. 4 lo strato è più marcatamente sabbioso e ghiaioso.

Limi sabbiosi / sabbie limose mediamente addensate					
STRATO 2	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	- 3.00 / - 5.00 m	- 4.00 / - 5.00 m	- 3.00 / - 5.40 m	- 3.80 / - 5.00 m	-4.00. / - 5.00 m
	1.78 < Rp < 2.28	1.09 < Rp < 2.18	1.58 < Rp < 2.87	1.29 < Rp < 3.56	Rp _{medio} = 2.20

Al di sotto è stato rilevato di nuovo un deposito coesivo di argille limose di scarsa consistenza (nella CPT n. 3 alternate a livelli limoso sabbiosi), seguito da un livello argilloso limoso di media – medio elevata consistenza, caratterizzati dai valori di resistenza alla punta del penetrometro statico Rp indicati in tabella.

STRATO 3	Argille limose di scarsa consistenza				
	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	- 5.00 / - 9.20 m	- 5.60 / - 7.60 m	- 5.40 / - 9.40 m	- 5.00 / - 7.40 m	-5.00. / - 9.00 m
$0.50 < R_p < 0.89$	$0.59 < R_p < 0.89$	$0.59 < R_p < 0.99$	$0.59 < R_p < 0.99$	$R_{p_{medio}} = 0.60$	

STRATO 4	Argille limose di medio – medio elevata consistenza				
	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	- 9.20 / - 10.40 m	- 7.60 / -10.40 m	- 9.40 / -11.00 m	- 7.40 / -11.20 m	-9.00. / -12.00 m
$1.39 < R_p < 2.08$	$0.99 < R_p < 1.68$	$1.19 < R_p < 1.58$	$1.19 < R_p < 1.58$	$R_{p_{medio}} = 1.10$	

Nelle CPT n. 1 e n. 3, tra le quote indicate, si distingue uno strato di scarsa consistenza e minori proprietà meccaniche.

STRATO 5	Argille limose di medio scarsa consistenza				
	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	-10.20 / - 11.40 m		-11.00 / -12.00 m		
$0.69 < R_p < 0.99$		$0.89 < R_p < 1.09$			

Dalle profondità indicate fino alla quota di fine prova nelle CPT n. 1-4, è stato infine rilevato uno strato costituito da argille limose di medio elevata consistenza.

STRATO 6	Argille limose di medio elevata consistenza				
	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	- 11.40 / - 15.00 m	-10.40 / -15.00 m	- 12.00 / -15.00 m	- 11.20 / -15.00 m	-12.00. / -15.00 m
$2.28 < R_p < 3.27$	$1.98 < R_p < 2.97$	$2.08 < R_p < 3.37$	$2.38 < R_p < 3.07$	$R_{p_{medio}} = 1.70$	

Nella prova penetrometrica statica con piezocono CPTU (che è stata spinta fino a -25.00 m da piano piazzale), il deposito argilloso limoso di medio elevata consistenza è stato rilevato fino alla profondità di -19.00 m da p.p., intercalato da livelletti limoso sabbiosi. Il valore di resistenza alla punta medio registrato in questo strato è di 2.10 MPa. Tra -19.00 e -19.60 m da p.c. è presente un livello di limi e sabbie argillose con $R_{p_{medio}}$ uguale a 4.20 MPa. Di seguito è stato rilevato un livello argilloso limoso di media consistenza ($R_{p_{medio}}=1.50$ MPa) fino a -22.50 m da p.p, e al di sotto un livello di sabbie limose ($R_{p_{medio}}=4.90$ MPa) fino a -24.00 m da p.p.. Dalla profondità indicata fino alla

quota di fine sondaggio è presente nuovamente uno strato di argille limose di medio elevata consistenza con $R_{p_{medio}}=2.20$ MPa.

In Allegato n. 1, tabella dei parametri geotecnici desunti dalla prova penetrometrica, sono visibili gli angoli d'attrito dei terreni attraversati, che si diversificano in base ai diversi autori (es. ϕ Ca = Caquot; ϕ Ko = Koppejan; ϕ DB = De Beer etc.).

Al termine delle prove penetrometriche non è stato possibile rilevare la presenza di una falda freatica all'interno dei fori di sondaggio perché i fori si sono chiusi. La verifica è stata eseguita mediante freatimetro elettroacustico.

Sulla base di prove geognostiche eseguite nella zona per precedenti studi, si ipotizza la soggiacenza della falda freatica libera alla profondità $D_w = -2.00$ m da p.c..

2.3.3 - PROVE PENETROMETRICHE CPT e CPTU da Noi eseguite nel Febbraio 2013

Sono state eseguite in data **18 e 20/02/2013**

o N. 4 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT
o N. 1 PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA CPTU

Nell'area in oggetto, per la realizzazione del nuovo fabbricato Reparto Spedizioni sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche statiche CPT, spinte a profondità comprese tra -15.60 m e -19.40 m da piano campagna attuale, tramite penetrometro Gouda, da 200 kN di spinta. E' inoltre stata eseguita una CPTU, spinta a - 16.90 m da p.c.

Le caratteristiche dello strumento impiegato per le prove sono le seguenti:

Punta meccanica	Begemann
Spinta	200kN
Intervalli di misura	20 cm
Parametri registrati	R_p (resistenza alla punta)
	RI (resistenza attrito laterale)
Area punta	10 cm²
Angolo alla punta	60°

2.3.3.1 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Al di sotto di un primo strato costituito dal sottofondo del piazzale che è stato superato con un preforo, è presente uno strato coesivo costituito da argille limose/limi argillosi di scarsa e consistenza, intercalate da livelli più marcatamente limo sabbiosi.

STRATO 1	Argille limose / limi argillosi di scarsa consistenza				
	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	- 1.00 / - 4.00 m	- 1.00 / - 3.80 m	- 1.00 / - 3.40 m	- 1.20 / - 2.80 m	-1.00. / - 3.50 m
$0.50 < R_p < 0.89$	$0.69 < R_p < 0.99$	$0.50 < R_p < 0.79$	$0.59 < R_p < 0.99$	$R_{p \text{ medio}} = 0.90$	

Di seguito è stato individuato un livello dal comportamento incoerente, costituito da limi sabbiosi e sabbie mediamente addensati in matrice debolmente argillosa.

STRATO 2	Limi sabbiosi / sabbie limose mediamente addensate				
	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	- 4.00 / - 6.00 m	- 3.80 / - 7.00 m	- 3.40 / - 4.80 m	- 2.80 / - 7.20 m	-3.50. / - 4.20 m
$1.09 < R_p < 1.88$	$1.39 < R_p < 3.17$	$2.48 < R_p < 4.26$	$1.49 < R_p < 2.67$	$R_{p \text{ medio}} = 3.00$	

Al di sotto è stato rilevato di nuovo un deposito coesivo di argille limose di scarsa consistenza caratterizzate dai valori di resistenza alla punta del penetrometro statico R_p indicati in tabella. Nella CPT n. 3 è presente tra -7.00 e -8.00 m da p.c. un livelletto limoso sabbioso poco addensato.

STRATO 3	Argille limose di scarsa consistenza				
	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	- 6.00 / - 9.20 m	- 7.00 / - 9.00 m	- 4.80 / - 9.00 m	- 7.20 / - 8.80 m	-4.20. / - 10.60 m
$0.59 < R_p < 0.89$	$0.69 < R_p < 0.79$	$0.69 < R_p < 0.89$	$0.79 < R_p < 0.99$	$0.40 < R_p < 0.90$	

Di seguito è presente un deposito di argille limose di media – medio elevata consistenza, intercalato da livelletti limo sabbiosi.

STRATO 4	Argille limose di media – medio elevata consistenza				
	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPTU
	- 9.20 / - 14.00 m	- 9.00 / -15.60 m	- 9.00 / -15.60 m	- 8.80 / -16.40 m	-10.60 / -14.60 m
$1.29 < R_p < 2.08$	$1.19 < R_p < 3.27$	$1.19 < R_p < 3.27$	$1.58 < R_p < 3.27$	$1.00 < R_p < 1.70$	

Nella CPT n. 1 che è stata spinta più in profondità dalle quota indicata fino a 18.20 m è stato rilevato un livello di limi e sabbie in matrice argillosa poco addensati e di seguito fino alla quota di fine prova un nuovo livello argilloso limoso consistente

In Allegato n. 1, tabella dei parametri geotecnici desunti dalla prova penetrometrica, sono visibili gli angoli d'attrito dei terreni attraversati, che si diversificano in base ai diversi autori (es. ϕ Ca = Caquot; ϕ Ko = Koppejan; ϕ DB = De Beer etc.).

Al termine delle prove penetrometriche è stata rinvenuta la presenza della falda freatica all'interno dei soli fori di sondaggio di seguito esposti, alle quote **$D_{w1} = -1.30$ m da p.c.** nella CPT n. 1 e **$D_{w2} = -1.20$ m da p.c.** nella CPT n. 2. La verifica è stata eseguita mediante freatimetro elettroacustico.

2.3.4 - PROVE PENETROMETRICHE CPT e CPTU - OTTOBRE 2013

Sono state eseguite in data **14 Ottobre 2013**

o N. 3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT
o N. 1 PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA CPTU

Nell'area in oggetto, per la realizzazione del nuovo fabbricato reparto trasportatori sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT, spinte a profondità comprese tra -15.00 m e -20.00 m da piano campagna attuale ed una prova penetrometrica statica con piezocono CPTU, spinta a -20.60 m da p.c..

Le caratteristiche dello strumento impiegato per le prove sono le seguenti:

Punta meccanica	Begemann
Spinta	200kN
Intervalli di misura	20 cm
Parametri registrati	Rp (resistenza alla punta)
	RI (resistenza attrito laterale)
Area punta	10 cm²
Angolo alla punta	60°

2.3.4.1 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle prove penetrometriche eseguite, illustrati nell'**Allegato n. 1**, si può riassumere quanto segue:

CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPTU 1	LITOLOGIA
-1.00 m	-1.00 m	-1.40 m	-0.50 m	TERRENO DI RIPORTO
-2.20 m	-3.20 m	-3.20 m	-3.00 m	ARGILLA LIMOSA DI MEDIO SCARSA CONSISTENZA - I valori di resistenza

				alla punta Rp sono compreso in media tra 0.79 e 0.99 MPa.
-4.40 m	-4.60 m	-4.60 m	-4.10 m	LIMI E SABBIE MEDIAMENTE ADDENSATI (Rp compreso tra 2.57 e 4.46 MPa).
			-5.20 m	ARGILLA LIMOSA DI SCARSA CONSISTENZA (q_t medio \approx 0.7 MPa).
			-6.20 m	LIMI E SABBIE MEDIAMENTE ADDENSATI (q_t medio \approx 2.4 MPa).
-9.00 m	-8.40 m	-8.80 m	-9.50 m	ARGILLA LIMOSA MEDIO SCARSA CONSISTENZA INTERCALATA DA LIVELLETTI LIMOSO SABBIOSI MEDIAMENTE ADDENSATI (Rp compreso in media tra 0.69 e 1.09 MPa).
-15.40 m	-20.00 m	-15.00 m	-20.50 m	ARGILLE LIMOSE PASSANTI A LIMI SABBIOSI E SABBIE SCIOLTE ($20 < Dr\% < 30\%$).

Al termine delle prove penetrometriche statiche è stata rilevata la soggiacenza della **FALDA FREATICA LIBERA** all'interno dei fori di sondaggio alle seguenti quote:

CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPTU 1
Non rilevata.	$D_w = -1.20$ m da p.c.	$D_w = -1.20$ m da p.c.	Non rilevata.

La verifica è stata eseguita mediante freatimetro elettroacustico.

2.4 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO da Noi eseguito nel Febbraio 2013

I giorni 12 e 14/02/2013 è stato eseguito, sempre per la realizzazione della nuova carpenteria, in posizione centrale sull'area di intervento, un sondaggio verticale a carotaggio continuo eseguito mediante sonda idraulica Ellettari EK 200s, montata su sottocarro cingolato semovente.

Il sondaggio **S1** è stato spinto alla profondità di -30.00 m da piano del piazzale.

I sondaggi sono stati eseguiti utilizzando un carotiere semplice **T1**, con diametro esterno pari a 101 mm e corona munita di denti al widiam. A causa della scarsa stabilità delle pareti del foro di sondaggio e per il successivo approntamento del foro per permettere l'esecuzione dell'indagine sismica DOWN HOLE sono stati utilizzati **tubi di rivestimento** provvisori di diametro $\varnothing = 127$ mm per tutta la lunghezza del sondaggio.

Come accennato in precedenza i sondaggi meccanici sono stati eseguiti “a rotazione”: tale tecnica consiste nel fare avanzare un utensile “carotiere” per mezzo di una batteria di aste, alla quale viene applicata una spinta assiale dal sistema idraulico dell’impianto. La perforazione è inoltre stata eseguita nella modalità a “carotaggio continuo”. Questa tecnica consiste nell’utilizzo di aste cave che prevedono l’utilizzo di un carotiere (Figura 2.4.1) al posto dello scalpello distruttore di nucleo.



Figura 2.4.1 – Carotiere semplice T1 (sulla sinistra) e particolare della corona munita di denti al widiam (sulla destra)

Le “carote” di terreno, prelevate nel corso dei sondaggi sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC, a 5 scomparti, per una lunghezza totale di 5.00 m ciascuna: la litologia estrapolata è riportata nella stratigrafia presente nell’**Allegato 2** e viene di seguito brevemente descritta.

SONDAGGIO S1

Il sondaggio S1, ha individuato al di sotto dello strato di sottofondo del piazzale, uno strato di terreno costituito da limi argillosi debolmente sabbiosi di scarsa consistenza, fino a – 4.00 m da p.p., con valori di resistenza alla punta **RP** misurata mediante POCKET PENETROMETER compresi tra 0.30 e 0.40 Kg/cm². Tra –4.00 e –5.40 m da p.c. è presente uno strato di limi e sabbie argillose poco addensate ed al di sotto un terreno coesivo costituito da argille limose debolmente sabbiose di medio scarsa consistenza (**RP** compreso tra 0.50 e 2.30 Kg/cm²), fino a –10.30 m da p.p.. Le carote estratte tra –10.30 e –11.30 m da p.p. sono costituite da limi argillosi sabbiosi, di seguito è presente uno straterello di sabbia limosa sciolta fino a –12.00 m da p.p.. Di seguito sono presenti fino alla quota di fine sondaggio, terreni prevalentemente argilloso limosi da mediamente consistenti a consistenti. Si distinguono tra le quote di –18.30 e –19.30 m un livello di limi argillosi debolmente sabbiosi e tra –22.20 e –23.80 m uno strato di sabbie limose sciolte nocciola.



Figura 2.4.2 – Esecuzione del sondaggio S1



Località: Cavezzo (MO) - Porto Motta - via Eremo, 2366
Data: 13/02/13
Sondaggio 1 Cassella 1 (Piano Camoscio - -5.00 m da p.c.)



Località: Cavezzo (MO) - Porto Motta - via Eremo, 2366
Data: 18/02/2013
Sondaggio 1 Cassella 2 (-5.00 m - -10.00 m da p.c.)



Località - Cavezzo (MO) - Ponte Molle - via Cavou, 338a
Sito - 1482003
Sondaggio 1 Cassetta 3 (-18.00 m - -15.00 m da p.c.)



Località - Cavezzo (MO) - Ponte Molle - via Cavou, 338a
Sito - 1482003
Sondaggio 1 Cassetta 4 (-13.00 m - -20.00 m da p.c.)



Località - Cavezzo (MO) - Ponte Molle - via Cavou, 338a
Sito - 1482003
Sondaggio 1 Cassetta 5 (-20.00 m - -25.00 m da p.c.)



Località - Cavezzo (MO) - Ponte Molle - via Cavou, 338a
Sito - 1482003
Sondaggio 1 Cassetta 6 (-25.00 m - -30.00 m da p.c.)

Sulle carote estratte è stata valutata la resistenza alla penetrazione in condizioni non drenate **RP**, misurata mediante POCKET PENETROMETER. Tali dati sono riportati nella colonna litostratigrafica, presente in **Allegato n. 2**.

Nel corso del sondaggio **S1** per caratterizzare il terreno, sono stati prelevati **n. 3 campioni di terreno** da destinarsi al laboratorio di geotecnica “**PROVE PENETROMETRICHE S.R.L.**” di Castelnuovo Rangone, per le successive prove di laboratorio.

Al termine dell’esecuzione del sondaggio, prima dell’estrazione del rivestimento, è stato inserito nel foro di sondaggio un tubo in PVC Ø 3” cieco che è stato poi adeguatamente cementato mediante miscela cemento–bentonite per l’intera intercapedine tubo–terreno dalla quota di fondo foro sino alla superficie.

2.4.1 Prove penetrometriche dinamiche standard SPT in foro

Al fine di determinare lo stato di addensamento dei livelli incoerenti e i relativi parametri geotecnici è stata eseguita all’interno del foro di sondaggio **S1 N. 1 PROVA DINAMICA SPT** (“Standard Penetration Test”).

La prova penetrometrica dinamica in foro SPT consiste nel far cadere, con una frequenza di 20/25 colpi al minuto, un maglio da 63,50 kg da un’altezza di 76,00 cm (standard europeo) su una batteria di aste che possiedono, nella parte terminale, un campionatore cilindrico a “punta aperta” (per terreni coesivi) o, in alternativa, una punta conica “**chiusa**” (per terreni incoerenti, come in questo caso), con angolo di punta pari a 60° e avente un diametro esterno di 50.46 mm. Ulteriori caratteristiche tecniche strumentali dell’attrezzatura utilizzata per le prove SPT in foro sono illustrate nell’**Allegato n. 3**.

Nel corso della prova SPT viene registrato il numero di colpi necessario per infiggere la punta conica per **45 cm** nel terreno. Il valore di (**NSPT₃₀**) viene ottenuto eliminando i colpi dei primi 15 cm di infissione e sommando il valore dei colpi necessario per infiggere la punta conica nei rimanenti 30 cm di sottosuolo.

SPT 1	PUNTA	PROFONDITA'	NUMERO DI COLPI			N _{SPT 30}	N _{SPT 30} CORRETTO
	CHIUSA	-22.70 m da p.c.	8	10	9	19	17

In tabella è stato riportato anche il valore di **NSPT₃₀ Corretto** per tener conto della presenza della falda, secondo la relazione che segue; la correzione viene applicata solo se il numero di colpi è maggiore di 15.

$$N_a = 15 + 0.5 \times (N_{SPT} - 15)$$

Il numero dei colpi **N**, in base alle Normative **AGI** (1977) ci dà una classifica orientativa dello stato di compattezza (addensamento) dei terreni incoerenti, come visibile nella tabella di seguito esposta:

N	valutazione dello stato di addensamento
0 – 4	sciolto
4 – 10	poco addensato
10 – 30	moderatamente addensato
30 – 50	addensato
> 50	molto addensato

Foto 2.4.1.1- Classifica orientativa dello stato di addensamento dei terreni incoerenti (da classificazione A.G.I.-1977)

In **Allegato n. 3** sono riportati i certificati con l'elaborazione della prova SPT, con i parametri geotecnici dello strato incoerente sul quale è stata effettuata la prova.

2.5 ANALISI DI LABORATORIO DI GEOTECNICA **Febbraio 2013**

2.5.1 Prelievo dei campioni di terreno

Nel corso dell'esecuzione del sondaggio da Noi eseguito nel Febbraio 2013, sono stati prelevati n. 3 campioni di terreno alle profondità indicata in tabella.

15	CAMPIONI	TIPO DI CAMPIONE	PROFONDITA'
	C1	Semi - disturbato	-2.70/ -3.00 m da p.c.
	C2	Semi - disturbato	-4.30/ -4.40 m da p.c.
	C3	Semi - disturbato	-7.30/ -8.00 m da p.c.

Una volta sigillati ed etichettati i campioni di terreno sono stati avviati al laboratorio di geotecnica certificato "**PROVE PENETROMETRICHE S.R.L.**" di Castelnuovo Rangone e sono stati sottoposti alle indagini descritte nel paragrafo seguente.

2.5.2 Prove di laboratorio eseguite

Al fine di caratterizzare il terreno sui campioni prelevati sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio di geotecnica:

○ N. 3 ANALISI GRANULOMETRICA
○ N. 2 LIMITI DI CONSISTENZA O DI ATTERBERG
○ N. 2 PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO E DRENATO
○ N. 2 PROVA DI TAGLIO DIRETTO NON CONSOLIDATO E NON DRENATO
○ N. 2 PROVE DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

2.5.3 Analisi granulometrica (AGI 1994; CNR – UNI 10006)

Per poter classificare il campione di terreno in base alle dimensioni dei granuli che lo compongono, è stata effettuata l'**analisi granulometrica**. Tale analisi consente infatti di determinare la distribuzione delle dimensioni delle particelle che compongono un campione di terreno e di stabilire le percentuali in peso delle varie frazioni che rientrano entro limiti prefissati (frazioni granulometriche).

I metodi utilizzati per ottenere le varie frazioni granulometriche sono principalmente due: la **setacciatura** e l'**aerometria**. L'analisi granulometrica mediante setacci con caratteristiche standardizzate è limitata alla frazione grossolana di un terreno, cioè alla percentuale trattenuta dal setaccio di luce 0,075 mm; lo strumento consiste in una serie di setacci incolonnati uno sopra l'altro, in modo tale che la luce delle maglie diminuisca dall'alto verso il basso. Per il materiale passante al setaccio inferiore, ovvero quello con luce più piccola (0,075 mm), si ricorre all'analisi per sedimentazione o aerometria.

Quest'ultima tecnica viene effettuata se la parte di terreno con diametro inferiore a 0,075 mm è presente in percentuale superiore al 10%. La prova si basa sulla legge di Stokes, che permette di calcolare la velocità di sedimentazione di una particella sferica di cui si conosca il peso specifico, in un fluido di densità, viscosità e temperatura note.

Il campione da analizzare viene prima di tutto trattato con acqua ossigenata, per eliminare il materiale organico, e con acido cloridrico, per disciogliere il carbonato di calcio; dopodiché viene inserito in una soluzione di acqua bidistillata ed esametafosfato di sodio al fine di evitare il processo di flocculazione, che accelererebbe la sedimentazione rendendo così inadeguata l'applicazione della Legge di Stokes. Dopo aver agitato il tutto, si può dare inizio alla prova. Ad intervalli di tempo stabiliti in base alla temperatura della soluzione, si prelevano dei campioni di terreno ad una certa profondità e, dopo averli essiccati, per ognuno di essi si calcola il peso: alla fine di un intervallo di tempo "t", le particelle con velocità di sedimentazione maggiore di "h/t" si troveranno a profondità maggiori di "h", mentre quelle con velocità minore di "h/t", dopo il tempo "t" si troveranno ad una profondità minore di "h", di conseguenza, queste ultime, alla profondità "h" avranno ancora la loro concentrazione originale. Prelevato il primo campione, si lascia trascorrere un periodo di tempo "t₂", dopodiché si preleva il secondo campione, sempre alla profondità "h": quest'ultimo campione conterrà un residuo minore

del precedente di una quantità uguale al peso del materiale con velocità di sedimentazione intermedia alle due scelte (“h/t” e “h/t₂”). I risultati sono stati diagrammati in scala semilogaritmica, riportando in ascissa il diametro delle particelle e in ordinata le percentuali in peso delle particelle, come illustrato in **Allegato n. 4**.

Il campione presenta la seguente granulometria:

S	CAMPIONI	PROFONDITA'	PARAMETRI	
	S1	C1	-2.70/ -3.00 m da p.c.	ARGILLA (%)
LIMO (%)				68.8 %
SABBIA (%)				10 %
GHIAIA (%)				-
<i>Denominazione AGI: LIMO ARGILLOSO SABBIOSO</i>				

S	CAMPIONI	PROFONDITA'	PARAMETRI	
	S1	C2	-4.30/ -4.40 m da p.c.	Argilla (%)
Limo (%)				41.6 %
Sabbia (%)				33.8 %
Ghiaia (%)				-
<i>Denominazione AGI: LIMO CON SABBIA ARGILLOSO</i>				

S	CAMPIONI	PROFONDITA'	PARAMETRI	
	S1	C3	-7.30/ -8.00 m da p.c.	Argilla (%)
Limo (%)				9.5 %
Sabbia (%)				1.6 %
Ghiaia (%)				-
<i>Denominazione AGI: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA E SABBIOSA</i>				

2.5.4 Limiti di consistenza di Atterberg (ASTM D 4318)

I limiti di Atterberg definiscono i contenuti di acqua dei campioni determinati in laboratorio, con procedure standardizzate che rappresentano adeguatamente i passaggi critici di comportamento del terreno al variare del contenuto d'acqua. Il campione passa dallo stato solido a semisolido a quello plastico e infine a quello liquido. A queste variazioni continue di stato possiamo abbinare una variazione della risposta deformazionale del terreno. Il contenuto d'acqua che separa il passaggio dal semisolido al plastico è detto limite plastico **W_P**, quello dallo stato plastico al liquido è detto limite liquido **W_L** e quello dalla fase solida a semisolido è detto limite di ritiro **W_R**.

La differenza tra il limite liquido **W_L** e il limite plastico **W_P** è detto indice di plasticità **I_P** e indica il campo di contenuto d'acqua nel quale il terreno è allo stato plastico. I dati raccolti dalle prove di laboratorio vengono riportati nella seguente tabella 2.4.3.1 e sono presenti in allegato (**Allegato n. 4**):

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	WL (%)	WP (%)	IP (%)
	C1		-2.70/ -3.00 m da p.c.	34.0 %	N.D.

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	WI (%)	Wp (%)	Ip (%)
	C3		-7.30/ -8.00 m da p.c.	84.6 %	45.3 %

Tab. n. 2.5.4.1 - Limiti di consistenza del campione analizzato.

L'indice plastico I_p definisce il grado di plasticità di un terreno e la tabella (Tab. 2.4.3.2) sotto esposta, indica i limiti dei diversi gradi di plasticità:

I_p (%)	GRADO DI PLASTICITA'
0-5	Terreno non plastico
5-15	Terreno poco plastico
15-40	Terreno plastico
> 40	Terreno molto plastico

Tab. n. 2.5.4.2 - Definizione del grado di plasticità attraverso l'indice di plasticità I_p .

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	IP (%)	GRADO DI PLASTICITA'
	C3		-7.30/ -8.00 m da p.c.	39.3 %

Tab. n. 2.5.4.3 - Definizione del grado di plasticità del campione.

Questi indici che mettono in relazione il contenuto d'acqua naturale con W_L e W_P , costituiscono un parametro importante per spiegare il comportamento dei depositi coesivi. Nella seguente tabella (Tab. 2.4.3.4) è indicata la consistenza del terreno al variare dell' indice di consistenza I_c :

I_c (%)	GRADO DI CONSISTENZA
<0	Fluida
0 – 0.25	Fluido-plastica
0.25 – 0.5	Molle-plastica
0.5 – 0.75	Plastica
0.75 – 1	Solido-plastica
>1	Semisolida

Tab. n. 2.5.4.4 - Classificazione della consistenza del terreno al variare di I_c .

I risultati ottenuti dal laboratorio sono i seguenti:

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	I_c (%)	GRADO DI CONSISTENZA
	C3		-7.30/ -8.00 m da p.c.	-

Tab. n. 2.5.4.5 - Definizione della consistenza di ogni campione sulla base di consistenza I_c .

Secondo il sistema USCS, i terreni a grana grossa sono definiti sulla base della granulometria, mentre i terreni a grana fine sulla base delle caratteristiche di plasticità, in particolare con la "Carta di plasticità di Casagrande", che mette in relazione il limite

liquido W_L e l'indice di plasticità I_P . Il diagramma suddetto è rappresentato nell'Allegato n. 4 e di seguito esposto.



Fig. n. 2.5.4.1 - Carta di plasticità di Casagrande.

Sulla base di quanto emerso dalle analisi di laboratorio di geotecnica riportate in Fig. n. 2.5.4.1 e nella Tab. n. 2.5.4.6 che compare di seguito, è descritta, in base alla classificazione U.S.C.S. la classe di appartenenza del campione analizzato.

IS	CAMPIONI	PROFONDITA'		DESCRIZIONE
	C3	-7.30/ -8.00 m da p.c.	MH-OH	Limi inorganici e argille e limi organici di alta compressibilità.

Tab. n. 2.5.4.6 - Classificazione U.S.C.S. (Carta di plasticità di Casagrande).

2.5.5 Prove di taglio diretto consolidate e drenate C.D.

Al fine di determinare angolo di attrito interno e coesione efficace del sottosuolo n. 2 campioni di terreno sono stati sottoposti a prova di resistenza al taglio in scatola di Casagrande, nelle condizioni consolidate e drenate e n. 2 campioni di terreno nelle condizioni non consolidate e non drenate.

In particolare una **prova di taglio diretto consolidata e drenata C.D.** (prova lenta) è una prova in cui una consolidazione sostanzialmente completa alla pressione di confinamento è seguita da uno sforzo assiale (di taglio) addizionale, applicato in modo tale che anche un suolo saturo a bassa permeabilità possa adattarsi completamente (interamente consolidato) alle sollecitazioni dovute agli sforzi addizionali, assiali e di taglio.

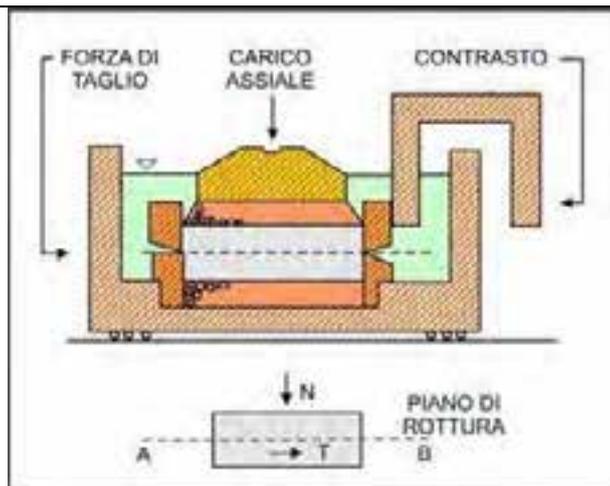


Figura 2.5.5.1 – Schema dell'apparecchiatura di taglio diretto (modificato da Lancellotta, 1993)

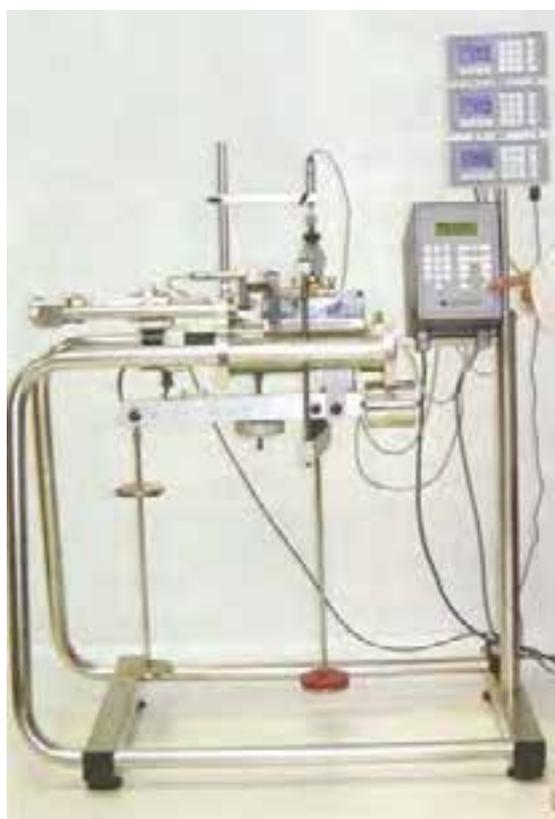


Foto 2.5.5.1 – Apparecchiatura per prove di taglio

Da ogni campione di terreno prelevato sono stati ottenuti 3 provini, successivamente consolidati con carico assiale diverso:

- il provino n. 1 a **98 kPa** ($\approx 0,98 \text{ kg/cm}^2$),
- il provino n. 2 a **196 kN/m²** ($\approx 1,96 \text{ kg/cm}^2$),
- il provino n. 3 a **294 kN/m²** ($\approx 2,94 \text{ kg/cm}^2$).

Dopo che ogni provino ha raggiunto il consolidamento costante sotto lo sforzo assiale prestabilito, viene trasferito sull'apparecchiatura per le prove di taglio. Il provino è posto

all'interno di due telai orizzontali, che possono scorrere uno rispetto all'altro, e le sollecitazioni applicate sono costituite dal carico assiale N e dalla forza di taglio T (Figura 2.5.4.2). Per queste prove è stata impostata nell'apparecchiatura una velocità di avanzamento $v = 0.008 \text{ mm/min}$.

Nel corso della prova vengono misurati gli spostamenti tra i due telai orizzontali; questi permettono di calcolare solo la deformazione media del provino che, essendo all'interno di un telaio rigido, presenta uno stato di deformazione non uniforme. Di solito i risultati delle prove vengono utilizzati per determinare i valori di **coesione e angolo di resistenza al taglio** in termini di tensioni efficaci, noti la resistenza al taglio disponibile e la tensione efficace normale al piano di scorrimento.

È però importante tenere presente il fatto che l'apparecchiatura non consente di controllare le condizioni di drenaggio né di misurare la pressione interstiziale, di conseguenza la prova deve essere condotta in maniera tale da garantire "a priori" le condizioni di drenaggio, per questo è importante adottare una velocità di avanzamento adeguata alla tipologia di terreno da analizzare.

I risultati delle prove sono stati rappresentati in un diagramma avente in ordinate lo sforzo di taglio alla rottura ed in ascisse la tensione normale alla superficie di scorrimento. Una volta tracciata la retta che congiunge i tre punti all'interno del diagramma, si possono ricavare l'angolo d'attrito, che corrisponde alla pendenza della stessa retta rispetto all'orizzontale, e la coesione, che corrisponde al valore dell'intersezione della suddetta retta con l'asse delle ordinate.

I risultati ottenuti si possono osservare nell'**Allegato n. 4** e sono riportati nella seguente tabella riassuntiva:

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	COESIONE EFFICACE c' (KPa)	ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE ϕ (°)
	C1		-2.70/ -3.00 m da p.c.	4.7

Tab. n. 2.5.5.1 - Comparazione dei dati di coesione efficace c' e angolo d'attrito efficace ϕ '.

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	COESIONE EFFICACE c' (KN/m ²)	ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE ϕ (°)
	C3		-7.30/ -8.00 m da p.c.	4.1

Tab. n. 2.5.5.2 - Comparazione dei dati di coesione efficace c' e angolo d'attrito efficace ϕ '.

2.5.6 Prove di taglio diretto non consolidate e non drenate U.U.

Nella **prova di taglio diretto non consolidata e non drenata U.U.** (prova rapida), eseguita sempre in scatola di Casagrande, i tre provini sono stati sottoposti a tre diversi carichi assiali e, immediatamente dopo, all'applicazione di uno sforzo di taglio con una velocità di scorrimento dei telai $v = 1.000 \text{ mm/min}$. Le condizioni di rottura simulate sono quelle non consolidate e non drenate, dalla prova è possibile ricavare la coesione non drenata.

S	CAMPIONI	PROFONDITA'	COESIONE NON DRENATA c_u (KPa)
	C1	-2.70/ -3.00 m da p.c.	27.6

Tab. n. 2.5.6.1 - Comparazione dei dati di coesione efficace c' e angolo d'attrito efficace ϕ' .

S	CAMPIONI	PROFONDITA'	COESIONE NON DRENATA c_u (KPa)
	C3	-7.30/ -8.00 m da p.c.	22.8

Tab. n. 2.5.6.2 - Comparazione dei dati di coesione efficace c' e angolo d'attrito efficace ϕ' .

2.5.7 Prova edometrica con edometro a fulcro fisso

Le caratteristiche di compressibilità dei campioni sono state analizzate in cella edometrica mediante edometro a fulcro fisso con incrementi lineari di carico IL. La prova edometrica viene eseguita incrementando con progressione geometrica il carico assiale applicato sul provino, che ad ogni gradino viene mantenuto costante per un tempo sufficiente a completare il fenomeno di "consolidazione". Quando un nuovo carico è applicato al terreno si possono avere variazioni di volume per compressione delle particelle e, in misura maggiore, per l'espulsione del fluido che riempie i pori e la conseguente nuova posizione delle particelle, corrispondente ad un indice dei vuoti più piccolo. Nella prova edometrica standard si simula la consolidazione naturale del terreno sotto il peso degli strati sovrastanti, cioè una compressione assiale senza deformazioni laterali, e si misura la velocità e l'entità degli assestamenti derivanti dalle variazioni di volume del campione. Si eseguono un ciclo di carico ed uno di scarico. Nella prova sono stati effettuati n. 6 step carico partendo da un minimo di 25.00 kPa ad un massimo di 784.00 kPa e n. 2 step di scarico da 784.00 kPa a 98.00 kPa.



Foto n. 2.5.7.1 - Apparecchiatura per prove edometriche con edometro a fulcro fisso.

I risultati delle prove edometriche con incrementi di carico lineari “IL” vengono riportati in un diagramma in scala semilogaritmica che correla la pressione di consolidazione σ' con la variazione volumetrica del provino $\Delta H/H$. Tutti i grafici si possono osservare nell’**Allegato n. 4** e sono riassunti sinteticamente nella successiva tabella.

	CAMPIONI	PROFONDITA'	MODULO EDOMETRICO (KPa)				
			Pressione kPa	Carim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
S1	C1	-2.70/ -3.00 m da p.c.	25,0	85,4	0,426		
			49,0	119,7	0,401	0,085	1399
			98,0	166,7	0,366	0,116	2085
			196,0	216,2	0,329	0,122	3660
			392,0	274,7	0,285	0,145	6701
			784,0	352,3	0,227	0,192	10503
			196,0	340,7	0,236		
			98,0	333,1	0,242		

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	MODULO EDOMETRICO (KPa)					
			Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	
C3		-7.30/ -8.00 m da p.c.	25,0	31,1	0,958			
			49,0	105,3	0,884	0,245	647	
			98,0	198,3	0,791	0,307	1054	
			196,0	278,3	0,712	0,264	2451	
			392,0	370,2	0,821	0,304	4266	
			784,0	452,9	0,538	0,273	9479	
			196,0	431,6	0,559			
			98,0	387,2	0,604			

Tab. n. 2.5.7.2 - Comparazione dei dati di coesione efficace c' e angolo d'attrito efficace φ' .

2.6 ANALISI DI LABORATORIO DI GEOTECNICA **Febbraio/Marzo 2013**

2.6.1 Prelievo dei campioni di terreno

Successivamente all'esecuzione delle prove penetrometriche da Noi eseguite nel Marzo 2013 per la realizzazione del nuovo Fabbricato Reparto Spedizioni, è stato effettuato un sondaggio nel corso del quale è stato prelevato n. 1 campione di terreno mediante campionatore Shelby alla profondità indicata in tabella.

S1	CAMPIONI	TIPO DI CAMPIONE	PROFONDITA'
	C1	Shelby	-2.00/ -2.50 m da p.c.

Una volta sigillato ed etichettato il campione di terreno è stato avviato al laboratorio di geotecnica certificato "PROVE PENETROMETRICHE S.R.L." di Castelnuovo Rangone e sono stati sottoposti alle indagini descritte nel paragrafo seguente.

2.6.2 Analisi di laboratorio eseguite

Al fine di caratterizzare il terreno sui campioni prelevati sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio di geotecnica di cui si riportano di seguito solo i risultati:

○ N. 1 ANALISI GRANULOMETRICA
○ N. 1 LIMITI DI CONSISTENZA O DI ATTERBERG
○ N. 1 PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO E DRENATO
○ N. 1 PROVA DI TAGLIO DIRETTO NON CONSOLIDATO E NON DRENATO
○ N. 1 PROVE DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

2.6.3 Analisi granulometrica (AGI 1994; CNR – UNI 10006)

Il campione presenta la seguente granulometria:

S	CAMPIONI	PROFONDITA'	PARAMETRI	
	C1		-2.00/ -2.50 m da p.c.	ARGILLA (%)
LIMO (%)				71.5 %
SABBIA (%)				8.9 %
GHIAIA (%)				-
<i>Denominazione AGI: LIMO ARGILLOSO SABBIOSO</i>				

2.6.4 Limiti di consistenza di Atterberg (ASTM D 4318)

I limiti di Atterberg definiscono i contenuti di acqua dei campioni determinati in laboratorio, con procedure standardizzate che rappresentano adeguatamente i passaggi critici di comportamento del terreno al variare del contenuto d'acqua. Il campione passa dallo stato solido a semisolido a quello plastico e infine a quello liquido. A queste variazioni continue di stato possiamo abbinare una variazione della risposta deformazionale del terreno. Il contenuto d'acqua che separa il passaggio dal semisolido al plastico è detto limite plastico W_P , quello dallo stato plastico al liquido è detto limite liquido W_L e quello dalla fase solida a semisolida è detto limite di ritiro W_R .

La differenza tra il limite liquido W_L e il limite plastico W_P è detto indice di plasticità I_P e indica il campo di contenuto d'acqua nel quale il terreno è allo stato plastico. I dati raccolti dalle prove di laboratorio vengono riportati nella seguente tabella 2.4.3.1 e sono presenti in allegato (**Allegato n. 4**):

S	CAMPIONI	PROFONDITA'	WL (%)	WP (%)	IP (%)
	C1	-2.00/ -2.50 m da p.c.	38.2 %	N.D.	N.D.

Tab. n. 2.6.4.1 - Limiti di consistenza del campione analizzato.

L'indice plastico I_P definisce il grado di plasticità di un terreno e la tabella (Tab. 2.4.3.2) sotto esposta, indica i limiti dei diversi gradi di plasticità:

I_p (%)	GRADO DI PLASTICITA'
0-5	Terreno non plastico
5-15	Terreno poco plastico
15-40	Terreno plastico
> 40	Terreno molto plastico

Tab. n. 2.6.4.2 - Definizione del grado di plasticità attraverso l'indice di plasticità I_P .

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	IP (%)	GRADO DI PLASTICITA'
	C1	-2.00/ -2.50 m da p.c.	N.D.	N.D.

Tab. n. 2.6.4.3 - Definizione del grado di plasticità del campione.

2.6.5 Prove di taglio diretto consolidate e drenate C.D.

Dal campione di terreno prelevato sono stati ottenuti 3 provini, successivamente consolidati con carico assiale diverso:

- il provino n. 1 a **98 kPa** ($\approx 0,98 \text{ kg/cm}^2$),
- il provino n. 2 a **196 kN/m²** ($\approx 1,96 \text{ kg/cm}^2$),
- il provino n. 3 a **294 kN/m²** ($\approx 2,94 \text{ kg/cm}^2$).

I risultati delle prove sono stati rappresentati in un diagramma avente in ordinate lo sforzo di taglio alla rottura ed in ascisse la tensione normale alla superficie di scorrimento. Una volta tracciata la retta che congiunge i tre punti all'interno del diagramma, si possono ricavare l'angolo d'attrito, che corrisponde alla pendenza della stessa retta rispetto all'orizzontale, e la coesione, che corrisponde al valore dell'intersezione della suddetta retta con l'asse delle ordinate.

I risultati ottenuti si possono osservare nell'**Allegato n. 4** e sono riportati nella seguente tabella riassuntiva:

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	COESIONE EFFICACE c' (KPa)	ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE ϕ (°)
	C1	-2.00/ -2.50 m da p.c.	4.1	22° .7

Tab. n. 2.6.5.2 - Comparazione dei dati di coesione efficace c' e angolo d'attrito efficace ϕ '.

2.6.6 Prove di taglio diretto non consolidate e non drenate U.U.

Nella **prova di taglio diretto non consolidata e non drenata U.U.** (prova rapida), eseguita sempre in scatola di Casagrande, i tre provini sono stati sottoposti a tre diversi carichi assiali e, immediatamente dopo, all'applicazione di uno sforzo di taglio con una velocità di scorrimento dei telai $v = 1.000 \text{ mm/min}$. Le condizioni di rottura simulate sono quelle non consolidate e non drenate, dalla prova è possibile ricavare la coesione non drenata.

S1	CAMPIONI	PROFONDITA'	COESIONE NON DRENATA Cu (KPa)
	C1	-2.00/ -2.50 m da p.c.	25° .1

Tab. n. 2.6.6.1 - Comparazione dei dati di coesione efficace c' e angolo d'attrito efficace ϕ '.

2.6.7 Prova edometrica con edometro a fulcro fisso

Le caratteristiche di compressibilità del campione sono state analizzate in cella edometrica mediante edometro a fulcro fisso con incrementi lineari di carico IL. Nella prova sono stati effettuati n. 6 step carico partendo da un minimo di 25.00 kPa ad un massimo di 784.00 kPa e n. 2 step di scarico da 784.00 kPa a 98.00 kPa.

I risultati delle prove edometriche con incrementi di carico lineari “IL” vengono riportati in un diagramma in scala semilogaritmica che correla la pressione di consolidazione σ' con la variazione volumetrica del provino $\Delta H/H$. Tutti i grafici si possono osservare nell’**Allegato n. 4** e sono riassunti sinteticamente nella successiva tabella.

	CAMPIONI	PROFONDITA'	MODULO EDOMETRICO (KPa)				
			Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuot	Cc	Modulo kPa
S1	C1	-2.00/ -2.50 m da p.c.	25,0	38,0	0,985		
			49,0	60,4	0,963	0,075	2143
			98,0	94,0	0,929	0,113	2917
			196,0	133,2	0,889	0,132	5000
			392,0	185,4	0,836	0,175	7510
			784,0	249,2	0,772	0,214	12268
			196,0	238,5	0,783		
			98,0	232,9	0,788		

3 RELAZIONE GEOTECNICA

3.1 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

In relazione alla litologia presente nell'area e in base all'intervento proposto che consiste in una variante al Piano Urbanistico Attuativo del Comune di Cavezzo, inerente il Comparto Industriale WAMGROUP S.p.a., tenendo conto di tutte le indagini geognostiche eseguite in diversi periodi e in varie fasi, per i successivi interventi da realizzare e precedentemente esposte e commentate, si riporta, di seguito, un modello geotecnico medio schematico del terreno investigato, finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per i futuri interventi edificatori.

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
1	0.0 – 4.00 m da p.c.	-1.20 m da p.c.	Argilla limosa poco consistente	γ	1750 kg/cm ³ ≈ 17.50 kN/m ³
				γ'	2050 kg/cm ³ ≈ 20.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.35 kg/cm ² ≈ 35.0 kN/m ²
				C'_k	0.03 kg/cm ² ≈ 3.0 kN/m ²
				M_0	30.0 kg/cm ² ≈ 3000 kN/m ²
				ϕ_k	20°
				ν	0.50
				E_s	49.0 kg/cm ² ≈ 4900 kN/m ²
2	4.00 – 5.00 m da p.c.		Sabbia limosa poco addensata	γ	1800 kg/cm ³ ≈ 18.00 kN/m ³
				γ'	2100 kg/cm ³ ≈ 21.00 kN/m ³
				D_r	30%
				E_s	40.0 kg/cm ² ≈ 4000 kN/m ²
				ν	0.35
3	5.00 – 9.20 m da p.c.		Argilla limosa poco consistente	γ	1750 kg/cm ³ ≈ 17.50 kN/m ³
				γ'	2050 kg/cm ³ ≈ 20.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.40 kg/cm ² ≈ 40.0 kN/m ²
				C'_k	0.04 kg/cm ² ≈ 4.0 kN/m ²
				M_0	35.0 kg/cm ² ≈ 3500 kN/m ²
				ϕ_k	20°
				ν	0.50
				E_s	56.0 kg/cm ² ≈ 5600 kN/m ²
4	9.20 – 10.60 m da p.c.		Argilla limosa mediamente consistente	γ	1850 kg/cm ³ ≈ 18.50 kN/m ³
				γ'	2150 kg/cm ³ ≈ 21.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.60 kg/cm ² ≈ 60.0 kN/m ²
				C'_k	0.06 kg/cm ² ≈ 6.0 kN/m ²
				M_0	45.0 kg/cm ² ≈ 4500 kN/m ²
				ϕ_k	23°
				E_s	84.0 kg/cm ² ≈ 8400 kN/m ²

5	10.60 – 15.00 m da p.c.		Argilla limosa consistente	γ	1900 kg/cm ³ ≈ 19.00 kN/m ³
				γ'	2200 kg/cm ³ ≈ 22.00 kN/m ³
				C_{uk}	0.90 kg/cm ² ≈ 90.0 kN/m ²
				C'_k	0.09 kg/cm ² ≈ 9.0 kN/m ²
				M_0	70.0 kg/cm ² ≈ 7000 kN/m ²
				ϕ_k	25°
				v	0.30
				E_s	126.0 kg/cm ² ≈ 12600 kN/m ²
6	15.00 – 16.40 m da p.c.		Sabbia limosa poco addensata	γ	1800 kg/cm ³ ≈ 18.00 kN/m ³
				γ'	2200 kg/cm ³ ≈ 22.00 kN/m ³
				Dr	30%
				E_s	100.0 kg/cm ² ≈ 10000 kN/m ²
				v	0.35
7	16.40 – 17.40 m da p.c.		Argilla limosa consistente	γ	1950 kg/cm ³ ≈ 19.50 kN/m ³
				γ'	2250 kg/cm ³ ≈ 22.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.90 kg/cm ² ≈ 90.0 kN/m ²
				C'_k	0.09 kg/cm ² ≈ 9.0 kN/m ²
				M_0	70.0 kg/cm ² ≈ 7000 kN/m ²
				ϕ_k	25°
				v	0.30
				E_s	126.0 kg/cm ² ≈ 12600 kN/m ²
8	17.40 – 18.20 m da p.c.		Sabbia limosa poco addensata	γ	1900 kg/cm ³ ≈ 19.00 kN/m ³
				γ'	2200 kg/cm ³ ≈ 22.00 kN/m ³
				Dr	20%
				E_s	80.0 kg/cm ² ≈ 8000 kN/m ²
				v	0.35
9	18.20 – 20.00 m da p.c.		Argilla limosa consistente	γ	1950 kg/cm ³ ≈ 19.50 kN/m ³
				γ'	2250 kg/cm ³ ≈ 22.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.80 kg/cm ² ≈ 80.0 kN/m ²
				C'_k	0.08 kg/cm ² ≈ 8.0 kN/m ²
				M_0	70.0 kg/cm ² ≈ 7000 kN/m ²
				ϕ_k	25°
				v	0.30
				E_s	112.0 kg/cm ² ≈ 11200 kN/m ²

Legenda	γ =	peso specifico terreno naturale
	γ' =	peso specifico terreno saturo
	C_{uk} =	coesione non drenata caratteristica
	C'_k =	coesione efficace caratteristica
	Dr =	densità relativa
	M_0 =	modulo di deformazione edometrico
	E_s =	modulo di deformazione elastico
	ϕ_k =	angolo d'attrito caratteristico

3.2 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite in sito e dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati si è effettuata una verifica della portanza del terreno relativamente ad una ipotesi di fondazione superficiale diretta impostata su plinti quadrati in c.a., approfonditi alla quota di $D = - 2.00$ m da p.c.. Per il calcolo della capacità portante del terreno si sono utilizzati i parametri geotecnici ottenuti dall'elaborazione delle varie prove penetrometriche statiche CPT e CPTU eseguite in sito in fasi diverse e sulla base delle prove di laboratorio di geotecnica effettuate. Al solo fine di verificare la capacità portante del terreno è stata ipotizzata la tipologia di fondazione prima enunciata e qui di seguito descritta. I parametri geotecnici del terreno e le dimensioni della fondazione, sono riassunti nella seguente tabella:

IPOTESI DI FABBRICATO AD USO PRODUTTIVO

Fondazioni dirette superficiali impostate su plinti quadrati in c.a.

- larghezza della base	B = 4.00 m
- lunghezza della fondazione	B^l = 4.00 m
- profondità della quota di imposta	D = - 2.00 m da p.c.
- peso specifico terreno naturale sopra falda	γ = 1750 kg/m ³ \approx 17.50 kN/m ³
- peso specifico terreno saturo	γ' = 2050 kg/m ³ \approx 20.50 kN/m ³
- coesione non drenata caratteristica	C_{uk} = 0.35 kg/cm ² \approx 35.0 kN/m ²
- coesione efficace caratteristica	C'_k = 0.035 kg/cm ² \approx 3.5 kN/m ²
- angolo d'attrito caratteristico	ϕ_K = 20°
- modulo di Poisson	v = 0.50
- modulo di deformazione edometrico	M_o = 30.0 kg/cm ² \approx 3000 kN/m ²
- profondità falda freatica freatica	D_w = - 1.20 m da p.c.
- classe sismica	S = 3
- pendenza del terreno	β = \sim 0°

Il calcolo della pressione ammissibile è stato eseguito utilizzando l'equazione di **Terzaghi** per fondazioni superficiali dirette impostate su plinti quadrati in c.a. con la condizione a breve termine dove **C_u \neq 0** e $\phi = 0$ (condizione più gravosa).

Considerando, inoltre, un fattore di sicurezza **F_s = 3** si ottengono i seguenti risultati:

<u>Pressione ammissibile Q_{amm}</u> (Verifica a breve termine C _u \neq 0 e $\phi = 0$)		
Quota di imposta	Pressione limite	Pressione ammissibile
- 2.00 m da p.c.	2.85 kg/cm ² \approx 285 kN/m ²	0.95 Kg/cm² \approx 95 kN/m²

3.3 VERIFICA DEI CEDIMENTI

È stato eseguito il calcolo della distribuzione delle tensioni indotte al terreno di fondazione secondo il metodo di Newmark (**Allegato n. 6**).

Il metodo di Newmark si basa sul presupposto che il terreno di fondazione possa essere assimilato ad uno spazio semi-infinito a comportamento perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

Per un primo ipotetico calcolo dei cedimenti del terreno si sono utilizzati i parametri geotecnici ottenuti dall'elaborazione delle prove penetrometriche statiche CPT e CPTU eseguite in sito in varie fasi e sulla base delle prove di laboratorio di geotecnica effettuate, ed è stato considerato un carico applicato al terreno di fondazione pari a $\Delta P = 0.90 \text{ kg/cm}^2 \approx 90 \text{ kN/m}^2$.

Tutto ciò premesso, utilizzando il metodo di calcolo di Schmertmann, per i terreni incoerenti, e di Steinbrenner, per i terreni coesivi, sono stati ottenuti valori di cedimento totale del terreno di fondazione variabili da :

CEDIMENTO TOTALE TERRENO DI FONDAZIONE

S = 2.41 CM A S = 4.16 CM

3.4 MODULO DI SOTTOFONDO

Il modello di Winkler considera il terreno come formato da una distribuzione di vincoli semplici bilaterali elastici. La relazione che ne regola il comportamento è di tipo lineare tra il cedimento (w) e la pressione di contatto (p): $p = kw$.

Il parametro k è detto costante di sottofondo. Come è noto, k non dipende solo dal terreno ma anche dai carichi applicati, dalle proprietà del terreno, dalla forma e le dimensioni della fondazione.

Utilizzando la Formula di Bowles (1974):

$$k \text{ (kN/mc)} = 40 * Q_{lim} * F_c,$$

dove $F_c = 2.54/\text{cedimento della fondazione (cm)}$, considerando un cedimento di riferimento pari a **S = 2.41 cm** ed un carico limite effettivamente applicato al terreno di fondazione pari a $Q_{lim} = 0.90 \text{ kg/cm}^2 \approx 90 \text{ kN/m}^2 \times 3 = 2.70 \text{ kg/cm}^2 \approx 270 \text{ kN/m}^2$ il modulo di sottofondo o costante di Winkler è risultato pari a $K = 1.14 \text{ kg/cm}^3 \approx 11400 \text{ kN/m}^3$.

4 CLASSIFICAZIONE e CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO (CALCOLO DEGLI SLU)

4.1 SISMICITÀ DELL'AREA

Con l'entrata in vigore del **D.M. 14/01/2008** recante "Nuove Norme tecniche per le costruzioni", il Comune di Cavezzo (MO) è stato classificato in **classe di sismicità 3**.

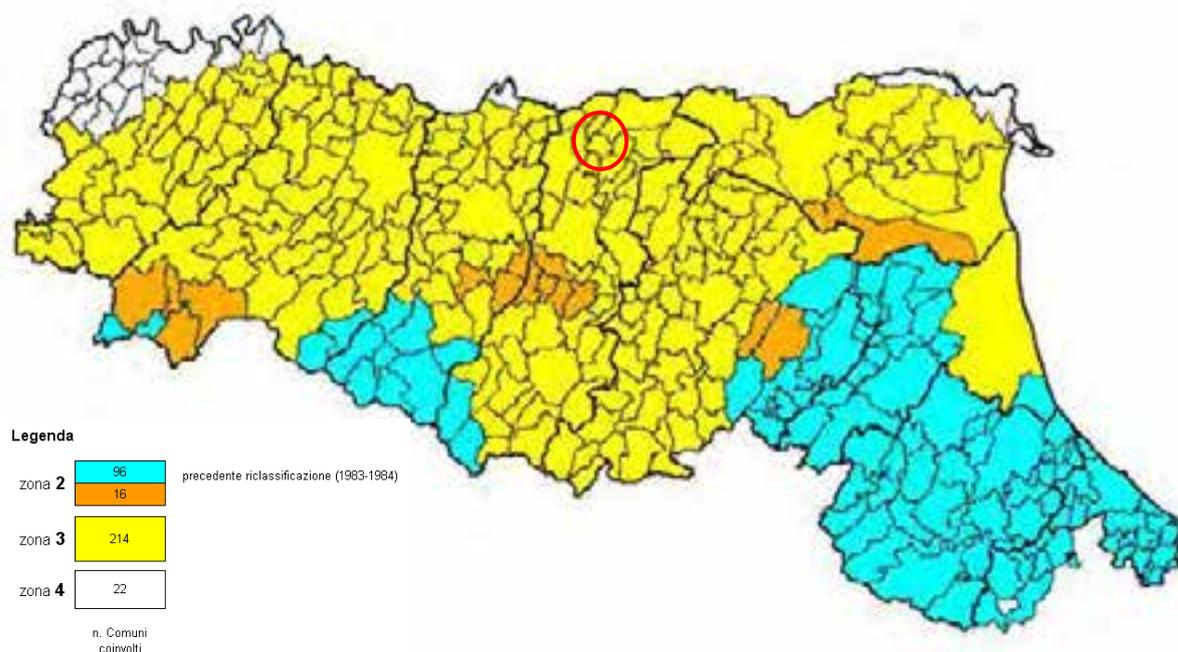


Fig. 4.1: Classificazione sismica vigente dei comuni della regione Emilia-Romagna ed ubicazione del territorio comunale di Cavezzo (MO).

Sulla base della nuova normativa sismica per gli edifici, sopracitata, secondo le indagini geofisiche eseguite in sito si classifica il terreno di fondazione come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine di media consistenza con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ KPa nei terreni a grana fine).*

Per l'area in oggetto identificata dalle seguenti coordinate geografiche (**Sistema di riferimento ED50**): Latitudine: 44.828290°, Longitudine 10.999673°, in relazione ad un periodo di riferimento T_R stimato di 475 anni è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g pari a $a_{g\text{ attesa}} = 0.151g$.

(1)* Coordinate WGS84

Lat. ° Long. °

(1)* Coordinate ED50

Lat. ° Long. °

Classe dell'edificio

Vita nominale

(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F ₀	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,040	2,563	0,250
Danno (SLD)	50	0,051	2,508	0,267
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,151	2,588	0,269
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,203	2,533	0,276
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Tabelle 4.1.1 – Tabelle dei parametri sismici desunti dal programma “Parametri Sismici” di GEO STRU.

L’accelerazione orizzontale di picco attesa a_g è definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo categoria A) e con superficie topografica orizzontale. L’accelerazione a_g rappresenta uno dei parametri principali che definisce la **pericolosità sismica di base**, insieme ai parametri che F_0 e Tc^* dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sopra.

Ai fini della definizione dell’azione sismica, determinata la pericolosità sismica di base, occorre valutare gli **effetti di sito** mediante specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per la definizione dell’azione sismica, sulla base di quanto previsto dalle N.N.T.C., si può fare riferimento ad un approccio semplificato che **si basa sull’individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito**, in funzione delle quali si definiscono l’entità dell’amplificazione stratigrafica e topografica.

Sulla base delle “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” (D.M. 14 Gennaio 2008) e tenendo conto dei dati ottenuti **dall’indagine geofisica eseguita in sito**, si **classifica** il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a “DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON SPESSORI SUPERIORI A 30 METRI, CARATTERIZZATI DA UN GRADUALE MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA

VALORI DI V_{s30} COMPRESI TRA **180 m/s** E **360 m/s** (OVVERO CON VALORI DI **15 < N_{SPT,30} < 50** NEI TERRENI A GRANA GROSSA E **70 < C_{u30} < 250 kPa** NEI TERRENI A GRANA FINA)”.

Si ricava quindi il **fattore stratigrafico S_s** , caratteristico del sito secondo le N.N.T.C. - D.M. 14/01/2008, mediante la seguente relazione, valida suoli in classe **C**:

$$1.00 \leq S_s = 1.70 - (0.60 \cdot F_o \cdot a_g/g) \leq 1.50$$

(4.1.1)

dove:

F_o = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.588**;

a_g/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 475 anni/accelerazione di gravità;

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione 4.1.1; per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.46**;

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si calcola il fattore topografico S_T dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Fattore topografico S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Per l'area studiata, sita, come suddetto in una zona di pianura e appartenente, quindi alla categoria topografica **T1**, si ottiene un fattore topografico S_T pari a **1.0**.

In base a tali valori del fattore stratigrafico S_s e del fattore topografico S_T si procede al calcolo dell' accelerazione massima orizzontale A_{max} :

$$A_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1.46 \cdot 1.0 \cdot 0.151g = 0.220 g$$

4.2 INDAGINI GEOFISICHE

Per la classificazione sismica dell'area in studio, interessata da proposta di variante al Piano Urbanistico Attuativo del Comune di Cavezzo, per il Comparto Industriale WAMGROUP S.p.a. sono state eseguite in sito, come già precedentemente enunciato svariate indagini geofisiche realizzate in tempi diversi e di seguito riassunte.

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella **Tav. n. 5**, mentre in **Allegato n. 5** sono presenti i grafici relativi ai risultati ottenuti dall'elaborazione delle varie indagini sismiche.

4.2.1 Indagini sismiche – tecnica MASW

Per potere classificare con precisione l'area da un punto di vista sismico, sono state eseguite nell'area in oggetto *n. 8 indagini sismiche con metodo MASW*, ubicate come riportato nella **tav. n. 5** e i cui risultati sono riportati in **Allegato n. 5**.

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Questa tecnica, nota con la sigla **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la "**curva di dispersione**", dalla cui inversione è stato calcolato il **modello sismo-stratigrafico** espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). I dati sono stati registrati mediante un sismografo *Geode Geometrics* 24 bit con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 1 secondo. Si effettuano battute poste ad offset diversi (es. 10.00 m da geofono 1 e 15.00 m da geofono 1) mediante grave da 8,0 kg di massa.

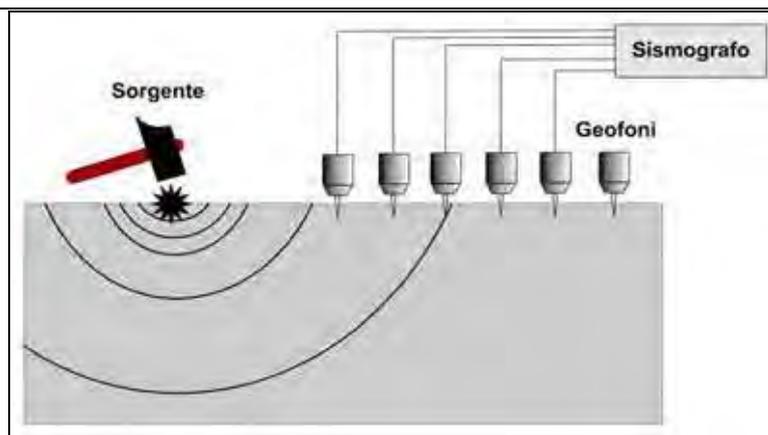


Fig. 4.2.1: Schema di Array lineare e punto energizzante.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

Le indagini eseguite hanno permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle V_s fino a circa 35 m di profondità. Dalle indagini realizzate è stata ricavata la V_{s30} desunta dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

I valori ottenuti, nell'area indagata, per la classificazione sismica dei terreni di fondazione seguendo le indicazioni del **D.M. 14/01/2008**, sono risultati pari a:

MASW eseguita nel Dicembre 2011 dal Dott. Geol. Bruschi	$V_{s30} = 209 \text{ m/s}$	categoria C
MASW eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2013	$V_{s30} = 235 \text{ m/s}$	categoria C
MASW eseguita dal Nostro Studio nel Marzo 2013	$V_{s30} = 205 \text{ m/s}$	categoria C
MASW eseguita dal Nostro Studio nell' Ottobre 2013	$V_{s30} = 187 \text{ m/s}$	categoria C
MASW 1 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	$V_{s30} = 227 \text{ m/s}$	categoria C
MASW 2 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	$V_{s30} = 205 \text{ m/s}$	categoria C

MASW 3 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	Vs30 = 197 m/s	categoria C
MASW 4 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	Vs30 = 194 m/s	categoria C

Pertanto secondo la classificazione del suolo, si definisce, sulla base dei dati ottenuti da tutte le indagini MASW eseguite, il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).



Foto 4.2.1- Apparecchiatura di registrazione per le indagini sismiche

4.2.2 Indagini sismiche a rifrazione con metodo dei microtremiti (Re.Mi)

La caratterizzazione geotecnica dei terreni dal punto di vista sismico richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo delle velocità delle onde di taglio Vs

degli strati del terreno presenti nel sito di studio, fino alla profondità di almeno 30 metri dal piano di posa delle fondazioni.

La normativa, sulla base del suddetto profilo, fornisce una classificazione dei suoli suddivisa nelle tipologie A, B, C, D, E ed S1, S2.

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire rilievi in foro di sondaggio meccanico con tecnica down-hole, se si dispone di un foro singolo o cross-hole fra due fori, oppure prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali utilizzando geofoni orizzontali con opportune energizzazioni del terreno o tramite geofoni verticali acquisendo i segnali dei microtremori rifratti ambientali.

Questa tecnica, nota con la sigla Re.Mi. (Refraction Microtremors), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde relative ai rumori sismici locali, rifratte alla superficie.

Nell'approccio teorico si utilizzano le onde superficiali di Rayleigh per la determinazione dei parametri di comportamento meccanico dei terreni a bassi livelli di deformazione, modulo di taglio e coefficiente di smorzamento, e si basa sulle proprietà dispersive che queste onde subiscono durante l'attraversamento di tali terreni.

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde superficiali che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo, e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione "P" e di taglio "S".

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo dispersivo e vengono definite di pseudo-Rayleigh o di superficie.

La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza; le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde Rayleigh, *Velocità/frequenza* può essere convertito mediante opportuno software in profilo *Velocità/profondità*.

La metodologia permette di raggiungere livelli di profondità generalmente compresi fra 1/4 e 1/3 della lunghezza dello stendimento dei geofoni.

$$\text{Esempio: Profondità} = (\text{Lunghezza stendimento} / 4 \div 3) = (120 \text{ ml} / 4 \div 3) = 30 \div 40 \text{ ml}$$

Lo studio analitico del metodo Re.Mi. consente di operare favorevolmente in ambienti fortemente inquinati da rumori urbani e/o industriali.

Una volta determinate le velocità delle onde di taglio fino alla massima profondità raggiunta, si calcola una media pesata dei valori delle Vs di ogni strato per una profondità di 35 metri dal piano campagna e con tale parametro è possibile catalogare il sito nella classe di riferimento dell'ordinanza in oggetto.

Modalità operative

L'indagine sismica è stata eseguita in sito utilizzando 24 geofoni verticali con frequenza naturale di 14 Hz fissati al terreno ad intervalli regolari di 5 metri per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 115 metri.

I dati sono stati registrati mediante un sismografo *GEODE Geometrics 24 bit* con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 30 secondi.

Complessivamente sono stati registrati 10 files ad intervalli irregolari nell'arco di circa 1 ora di tempo.

Classificazione del terreno in base alle $V_{s,30}$ – D.M. 14/01/2008

L'elaborazione (**Allegato n. 5**) restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione attraverso un'immagine a colori che mostra il profilo delle velocità delle onde di Rayleigh come velocità di fase e frequenza. Analizzando tale grafico si ottiene un modello teorico dell'andamento delle V_s con la profondità fino ad una quota di - 35.00 m dal piano di posa delle fondazioni, attraverso la formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_{si}}}$$

I valori ottenuti nell'area indagata, sono di seguito esposti:

RE.MI 1 DA NOI ESEGUITA NEL GENNAIO 2014	$V_{s30} = 181$ m/s	Categoria C
RE.MI 2 DA NOI ESEGUITA NEL GENNAIO 2014	$V_{s30} = 188$ m/s	Categoria C

Quindi, secondo la classificazione del suolo, secondo le indicazioni del D.M. 14 Gennaio 2008 e in base ai risultati ottenuti dalle indagini geofisiche Re.Mi. si conferma il terreno di fondazione dell'area in studio come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a "DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON SPESSORI SUPERIORI A 30 METRI, CARATTERIZZATI DA UN GRADUALE MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI V_{s30} COMPRESI TRA **180 m/s** E **360 m/s** (OVVERO CON VALORI DI **15 < N_{SPT,30} < 50** NEI TERRENI A GRANA GROSSA E **70 < CU₃₀ < 250 KPA** NEI TERRENI A GRANA FINA)".

4.2.3 Indagine sismica in foro: DOWN HOLE SISMICO (DH)

L'indagine sismica in foro con metodo down hole consiste nella sistemazione di una sorgente sismica in superficie e successiva misura delle onde di arrivo in foro.

Il foro di sondaggio è stato condizionato mediante tubo in PVC Ø 3" cieco e adeguatamente cementato mediante miscela cemento-bentonite per l'intera intercapedine terreno-tubazione dalla quota di fondo foro sino alla superficie. Tale condizionamento ha permesso l'esecuzione di un'indagine sismica a rifrazione direttamente in foro, mediante l'utilizzo di un geofono 3D tridimensionale ed energizzazione orientata in superficie.



Fig. 4.2.3.1. . Particolare del geofono 3D

Con il metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario alle onde **P** ed **S** per propagarsi tra la sorgente sismica posta in superficie ed i ricevitori, posti all'interno del foro di sondaggio.

Inseriti i dati relativi al progetto, alle profondità raggiunte e i tempi di tragitto possibile, si ottiene il grafico delle dromocrone con i sismostrati, da cui è possibile dedurre la velocità media per ogni sismostrato, alcuni parametri geotecnici medi ed il Vs30 il grafico delle velocità di intervallo P ed S con la definizione dei sismostrati e dei grafici relativi ai parametri geotecnici derivati per ogni intervallo; il grafico delle velocità di intervallo P ed S con la definizione dei sismostrati.

Interpretazione con il metodo diretto

Con il metodo diretto inizialmente si correggono i tempi di tragitto (**t**) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde e, successivamente, si realizza il grafico **tc_{corr}-z**, sia per le onde **P** che per le onde **S**. In tal modo la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali.

Determinati graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, il coefficiente di: **Poisson**, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di **Young**, il modulo di compressibilità volumetrica, il **VS30**.

Mediante questa tecnica d'indagine, è possibile **determinare la velocità di propagazione**, in senso verticale (media e d'intervallo), **delle onde sismiche** di compressione (P), e di quelle trasversali o di taglio (S), a diverse profondità lungo l'asse del foro.

Questa metodologia, come le altre tecniche di sismica in foro, ha il vantaggio di non avere come condizione che la velocità aumenti con la profondità (es. sismica di rifrazione superficiale), giacché **si valutano i tempi d'arrivo delle onde elastiche lungo la profondità del foro**.

E' sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell'ambito della successione dei litotipi incontrati nella perforazione e, inoltre, **la preventiva conoscenza della stratigrafia** permette di scegliere il passo di misura più idoneo a caratterizzare anche strati aventi ridotto spessore.

Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione

La strumentazione utilizzata consiste in un **geofono da pozzo 3D** (tre geofoni disposti ortogonalmente tra loro) dotato di un sistema d'ancoraggio pneumatico, e di un sismografo della "**ABEM RAS 24**" digitale con memoria incrementale.

Le caratteristiche tecniche del sistema sopra descritto sono:

- capacità di campionamento dei segnali da 0.0025sec a 1sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero";
- tramite starter collegato al circuito trigger del sismografo;
- Filtri High Pass e Band Reject;
- Automatic Gain Control;
- Acquisizione dati ad incremento di segnale;
- Convertitore A/D a 16 bit;
- periodo proprio geofoni 10 Hz;
- n.1 geofono tridirezionali (di cui uno verticale e gli altri due orizzontali a 90° tra loro).

L'energizzazione del terreno viene effettuata mediante **massa battente**.

Al fine di **facilitare la generazione delle onde trasversali**, per la valutazione della velocità di propagazione delle onde di taglio, il terreno viene sollecitato tangenzialmente

tramite una trave di legno, posizionata ad una distanza di 1,0 metri dall'asse del foro così da ridurre la dissipazione in fase d'energizzazione.

La **registrazione delle onde di taglio** per ogni campionamento, avviene mediante due battute aventi opposte direzioni di impatto.

Calcolo dei tempi di arrivo

I segnali sismici registrati in formato digitale vengono analizzati nel dominio del tempo, tramite software dedicato, nella fattispecie SEISTRONIX RAS 24, per la stima dell'arrivo delle onde sismiche generate (P ed S).

La determinazione dell'arrivo delle onde S viene effettuata mediante la tecnica dell'**inversione di fase**, cioè, alternando il senso di impatto alla sorgente, si evidenzia per uno stesso geofono una opposizione di fase delle onde di taglio generate.

Nello specifico la registrazione che viene effettuata secondo un **verso di impatto**, viene confrontata con la traccia relativa allo stesso geofono secondo il verso di impatto in opposizione, in tal modo si riesce a distinguere una netta inversione di fase che facilita l'individuazione dei tempi di arrivo delle onde S dalle onde P.

Una **ulteriore verifica** nella identificazione degli arrivi delle onde P ed S è quella di inserire durante l'acquisizione dati, n° 2 geofoni esterni, di cui uno a componente verticale ed uno a componente orizzontale, in modo da poter calibrare gli eventuali ritardi o anticipi delle fasi P ed S, causati da una eventuale poco precisa chiusura dello starter nel sistema trigger durante le fasi di energizzazione.

Elaborazione dati

L'elaborazione dati consiste nella determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche P e S. Tale velocità si ottiene conoscendo il **tempo di arrivo** dei treni d'onda analizzati e la **distanza** tra il punto di energizzazione ed il sensore posto in foro.

In base ai dati ottenuti dalle indagini geofisiche in sito, con la realizzazione di un'indagine sismica a rifrazione in foro di sondaggio attraverso il metodo Down Hole, (**V_{s30} = 263 m/sec**) eseguita nel Febbraio 2013, si conferma l'appartenenza del terreno di fondazione come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a "DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON SPESSORI SUPERIORI A 30 METRI, CARATTERIZZATI DA UN GRADUALE MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI **V_{s30}** COMPRESI TRA **180 M/S** E **360 M/S** (OVVERO CON VALORI DI **15 < N_{SPT,30} < 50** NEI TERRENI A GRANA GROSSA E **70 < Cu₃₀ < 250 KPA** NEI TERRENI A GRANA FINA)".

4.2.4 Indagini sismiche Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) – Metodo di Nakamura

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di **indagine sismica passiva HVSR** (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura*) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di moti superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai moti superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua versatilità poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

La tecnica **HVSR** è totalmente **non invasiva, molto rapida**, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un “velocimetro triassiale” conforme alle norme SESAME.

I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSR sono:

- La **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto **dimensionamento degli edifici antisismici**. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "**doppia risonanza**", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- La **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se, in caso di sisma, la costruzione potrà essere o meno a rischio.

- La **velocità media delle onde di taglio Vs** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'**affidabilità del risultato**, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella **curva H/V**. E' possibile calcolare la **Vs30** e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- La **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la tecnica **HVSR**, in termini di **stratigrafia del sottosuolo**, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un **contrasto d'impedenza**, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Sono state eseguite per lo studio dell'area di interesse nel periodo compreso tra Gennaio 2013 e Gennaio 2014 n. 15 indagini sismiche passive HVSR che hanno portato ai risultati di seguito esposti.

Determinazione della frequenza caratteristica di sito

Gli spettri H/V ottenuti dall'elaborazione delle n. 15 indagini sismiche HVSR eseguite in sito non hanno evidenziato alcuna frequenza di sito degna di nota.

4.3 VERIFICA DELLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU) – PAR.6.4 DM 14/01/08

In relazione a quanto esposto nel D.M. 14 Gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, si procede alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (**SLU**).

Nelle verifiche agli stati limite si distinguono:

- EQU: stato limite di equilibrio come corpo rigido;
- STR: stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione;
- GEO: stato limite di resistenza del terreno.

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Dove: Ed = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni;

Rd = valore di progetto della resistenza del terreno.

Per quanto riguarda le **azioni**, i relativi coefficienti parziali γ_F sono indicati nella seguente tabella:

CARICHI	EFFETTO	Coeff. Parziale γ_F (o γ_F)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti

Tab. n. 4. 3.1: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Nella **Tab. n. 4.3.1** il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} = coefficiente parziale del peso proprio della struttura;

γ_{G2} = coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_{Qi} = coefficiente parziale delle azioni variabili.

Si precisa che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidezza.

La **resistenza** R_d del terreno può essere determinata:

- 1) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella seguente tabella e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R relativi al particolare tipo di opera:

Parametro cui applicare il coefficiente parziale		Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Descrizione	Simbolo			
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1,00	1,00

Tab. 4.3.2: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

- 2) in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati delle prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R relativi al particolare tipo di opera;

- 3) sulla base di misure dirette effettuate su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R relativi al particolare tipo di opera.

Si precisa che per le rocce ed i materiali lapidei, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale q_u , deve essere applicato un coefficiente parziale $\gamma_{qu} = 1,6$.

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

La verifica nei confronti degli stati limite ultimi viene effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

- a) SLU di tipo geotecnico (GEO):
- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - Collasso per scorrimento sul piano di posa;
 - Stabilità globale.
- b) SLU di tipo strutturale (STR):
- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, accertando che la condizione $E_d \leq R_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.
 - Stabilità globale, utilizzando la combinazione "2" (A2+M2+R2) e tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali per le azioni, per i parametri geotecnici e per le resistenze globali
- c) Le rimanenti verifiche devono essere effettuate seguendo almeno uno dei seguenti approcci (ed utilizzando i valori dei coefficienti parziali):
- **Approccio 1:** Combinazione 1 (A1+M1+R1)
Combinazione 2 (A2+M2+R2)
 - **Approccio 2:** Combinazione (A1+M1+R3)

VERIFICA	COEFF.PARZIALE (R1)	COEFF.PARZIALE (R2)	COEFF.PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Tab. 4.3.3: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

Fattori correttivi sismici: Paolucci e Pecker (1997)

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma nei riguardi della determinazione del q_{lim} vengono introdotti, all'interno della formula di Hansen, i fattori correttivi z:

$$z_c = 1 - 0.32 \cdot K_h \quad z_q = \left(1 - \frac{K_h}{\tan \varphi}\right)^{0.35} \quad z_\gamma = z_q$$

Dove il K_h è il coefficiente sismico orizzontale. Le verifiche sono state effettuate considerando quindi i seguenti parametri sismici:

- a_{MAX} EERA (ag/g) = **0.313 g** (relativa a SLV ; Tr = 475 anni);
- coefficiente intensità sismica del terreno K_h : **0.087** considerando un suolo di categoria C e la succitata Amax.

Nel nostro caso specifico, per quanto riguarda le **future opere di fondazione**, nelle verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi è stato calcolato lo **SLU sia a breve che a lungo termine**, sia in condizioni statiche che pseudo statiche utilizzando i seguenti approcci di calcolo:

1) Approccio 1 - combinazione 2 (A2 + M2 + R2);

2) Approccio 2 - combinazione (A1 + M1 + R3).

L'Approccio 1 prevede due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti, la prima combinazione (A1+M1+R1) è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione (A2+M2+R2), da Noi utilizzata, è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Il secondo approccio progettuale Approccio 2, sempre da Noi utilizzato, prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti (A1+M1+R3) da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Per il calcolo degli SLU, trattandosi di ipotesi di fondazioni quadrate si sono inoltre applicati i fattori correttivi sulla geometria della fondazione:

$$s_c = 1.3$$

$$s_\gamma = 0.8$$

Utilizzando quindi l'Approccio 1 - combinazione 2 (A2+M2+R2) lo stato limite ultimo nel caso ipotizzato, ottenuto in condizioni non drenate ($C_u \neq 0$; $\varphi = 0$), applicando il coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata secondo la relazione $C_{u,d} = C_{u,k} / 1.4$ ($C_{u,d}$ = coesione non drenata di progetto; $C_{u,k}$ = coesione non drenata caratteristica), sarà pari a:

CONDIZIONE STATICA ipotesi di fabbricato produttivo

-fondazioni su plinti quadrati in c.a.-

Carico limite ultimo SLU - Breve Termine – Condizioni non drenate

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU
- 2.00 m da p.c.	4.00 m x 4.00 m	1.15 Kg/cm ² ≈ 115 kN/m ²

Utilizzando sempre l'**Approccio 1**, combinazione **2 (A2+M2+R2)** è stato calcolato lo stato limite ultimo, in condizioni "**drenate**", considerando un angolo di attrito caratteristico del valore $\varphi'_k = 20^\circ$ ed una coesione efficace caratteristica $c_k = 0.035 \text{ Kg/cm}^2$. Applicando il coefficiente di riduzione parziale per la tangente dell'angolo di attrito secondo la relazione: $\text{tg}\varphi'_d = \text{tg}\varphi'_k / 1,25$ (φ'_d = angolo d'attrito di progetto) ne deriva il seguente valore ridotto: $\varphi'_d \approx 16^\circ$. La coesione efficace di progetto è stata calcolata secondo la relazione $c_d = c_k / 1,25$, ed ha fornito un valore $c_d \approx 0.028 \text{ Kg/cm}^2$. Quindi per l'intervento in progetto si ottiene uno stato limite ultimo pari a:

CONDIZIONE STATICA ipotesi di fabbricato produttivo

-fondazioni su plinti quadrati in c.a.-

Carico limite ultimo SLU - Lungo Termine – Condizioni drenate

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU
- 2.00 m da p.c.	4.00 m x 4.00 m	1.42 Kg/cm ² ≈ 142 kN/m ²

CONDIZIONE SISMICA PSEUDOSTATICA (PAOLUCCI E PECKER [1997])

AP1	Carico limite ultimo SLU – Lungo termine – Condizioni drenate		
	Fondazioni dirette superficiali su plinti quadrati in c.a.		
	AZIONE SISMICA (SLV: TR= 475 ANNI – a _{MAX} EERA: 0.313 g)		
	Quota di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo/1.8
- 2.00 m da p.c.	B = 4.00 m	1.27 Kg/cm ² ≈ 127 kN/m ²	

Utilizzando invece l'**Approccio 2 - combinazione (A1+M1+R3)** il carico limite ultimo nel caso in esame, ottenuto in condizioni **non drenate** ($C_u \neq 0$; $\varphi = 0$), applicando il coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata secondo la seguente relazione $C_{u_d} = C_{u_k} / 1.0$, per cui si avrà $C_{u_d} = C_{u_k}$, sarà pari a:

CONDIZIONE STATICA ipotesi di fabbricato produttivo**-fondazioni su plinti quadrati in c.a.-****Carico limite ultimo SLU - Breve Termine – Condizioni non drenate**

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU
- 2.00 m da p.c.	4.00 m x 4.00 m	1.23 Kg/cm ² ≈ 123 kN/m ²

Per quanto riguarda il carico limite ultimo in condizioni “**drenate**”, sempre seguendo l’**Approccio 2**, combinazione (**A1+M1+R3**), è stato considerato un angolo di attrito caratteristico del valore $\varphi'_k = 20^\circ$ ed una coesione efficace caratteristica $c_k = 0.03 \text{ Kg/cm}^2$. Essendo i coefficienti parziali di riduzione dei parametri geotecnici uguali a $\gamma_M = 1.0$, si ottengono i seguenti valori di progetto: $\varphi'_d = 20^\circ, c_d = 0.035 \text{ Kg/cm}^2$.

Quindi è stato ottenuto uno stato limite ultimo pari a:

CONDIZIONE STATICA ipotesi di fabbricato produttivo**-fondazioni su plinti quadrati in c.a.-****Carico limite ultimo SLU - Lungo Termine – Condizioni drenate**

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU
- 2.00 m da p.c.	4.00 m x 4.00 m	1.69 Kg/cm ² ≈ 169 kN/m ²

CONDIZIONE SISMICA PSEUDOSTATICA (PAOLUCCI E PECKER [1997])

AP2	<u>Carico limite ultimo SLU – Lungo termine – Condizioni drenate</u> Fondazioni dirette superficiali su plinti quadrati in c.a.		
	AZIONE SISMICA (SLV: TR= 475 ANNI – $a_{MAX}EERA : 0.313 \text{ g}$)		
	Quota di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo/2.3
	- 2.00 m da p.c.	B = 4.00 m	1.55 Kg/cm² ≈ 155 kN/m²

4.4 MICROZONAZIONE SISMICA: Rischio Sismico

L'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna con deliberazione n.112-oggetto n°2131 del 02/05/2007 ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della LR 20/2000: "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" e dei suoi allegati.

In tale documento sono forniti i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia ed al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

E' ormai accertato da numerosi studi a livello internazionale che, a parità di magnitudo e localizzazione della sorgente sismica (ipocentro), terreni a caratteristiche fisico meccaniche diverse subiscono deformazioni di intensità differente. Strumentalmente, ciò è rilevabile attraverso la modifica del moto sismico (*accelerogramma* o *spettro di risposta elastico*) impressa in termini di accelerazione in un dato periodo di tempo. Il moto sismico, impresso alle particelle, si propaga in modo contiguo nel terreno ampliandosi o smorzandosi in funzione del grado di addensamento e viscosità del materiale attraversato, caratterizzandosi per velocità delle onde di taglio (V_{s_n}), più veloci tanto più il mezzo attraversato è addensato.

Tutto ciò risulta di primaria importanza per un'attenta analisi della risposta sismica locale, al fine di individuare delle aree soggette ad effetti locali e per orientare un'accurata indagine di campagna finalizzata alla definizione delle proprietà di seguito elencate:

Indagine geologica e geomorfologia classica:

- a) stratigrafia delle formazioni superficiali con definizione del contatto tra copertura superficiale e bedrock;
- b) morfologia di dettaglio dell'area con rilievo delle forme lineari o strutturali che possono generare amplificazione del moto sismico.

Studi geofisici specifici:

- c) profili di velocità delle onde sismiche trasversali V_s e longitudinali dentro le formazioni superficiali.

Recentemente, per la valutazione della **pericolosità sismica di base** si può fare riferimento all'Allegato A4 della Dal. Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2.5.2007 "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" in cui sono riportati i valori di accelerazione massima

orizzontale al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) per ogni Comune della Regione.

Secondo tale classificazione il comune di Cavezzo presenta un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (cioè per periodo $T=0$) $a_{refg} = 0.150$ (espressa sempre in frazione dell'accelerazione di gravità).

E' altresì stato da Noi calcolato, sulla base dei contenuti del **D.M. 14/01/2008** "Nuove norme tecniche per le costruzioni", per il sito in studio, un parametro di accelerazione massima attesa a_g , in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di **475 anni (SLV)** considerando la classe d'uso dell'edificio pari a **II**, Per l'area in oggetto identificata dalle seguenti coordinate geografiche (**Sistema di riferimento ED50**): Latitudine: 44.828290°, Longitudine 10.999673°, in relazione ad un periodo di riferimento T_R stimato di 475 anni è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g pari a $a_{g\ attesa} = 0.151_g$.

4.5 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: Carta delle aree suscettibili di effetti locali

Il primo livello di approfondimento raggruppa gli studi e la cartografia di base propedeutica alla redazione della "*Carta degli Effetti Attesi*" in cui sono evidenziate le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi.

Dalla consultazione della tavola 2.2a 1 "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" tratta dagli Elaborati cartografici di Piano del PTCP del 2009 vigente per la Provincia di Modena, riportata nella **Tavola n. 9**, redatta sulla base delle **tavole n. 7 e n. 8** in allegato, è emerso che l'area studiata ricade in piccola parte in una zona classificata come: "*Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti.*"

Gli studi richiesti per tali aree sono quindi l'approfondimento di **II livello** per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e di **III livello** per la stima dei cedimenti attesi.

La maggior parte della zona di interesse rientra invece in un'area classificata come: "*Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione.*"

Gli studi richiesti per tali aree sono quindi l'approfondimento di **III livello** per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, per la stima dei cedimenti attesi e del potenziale di liquefazione.

Sono pertanto da Noi stati eseguiti approfondimenti di III livello per la totalità dell'area interessata da variante PUA.

4.5.1 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: Carta di microzonazione sismica

Una volta identificati gli scenari che individuano il livello di approfondimento dell'area in oggetto, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione litologico, quindi sarà necessario effettuare studi di microzonazione sismica di dettaglio del territorio indagato.

A tale scopo è stata redatta la “**Carta di Microzonazione Sismica**” (tav. n. 10) quale sintesi dei risultati delle indagini per la definizione del modello sismostratigrafico e dei profili di velocità di propagazione delle onde di Taglio Vs.

Sulla base dei dati bibliografici raccolti per l'area in oggetto e di tutti i risultati ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite in sito (indagini sismiche MASW: **MASW media Vs₃₀ = 207m/sec** e **Re.Mi. media Vs₃₀ = 184 m/sec**), premesso che tale area ricade, secondo l'allegato A2 del D.A.L. 112 della L.R. 20/2000, all'interno dell'ambito definito come: “**PIANURA 1**” **caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da presenza di orizzonti di ghiaia potenti anche decine di metri e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m da p.c.),** si riportano, per la microarea sismica zonizzata e indagata, i coefficienti di amplificazione sismica sempre sulla base delle tabelle dell' allegato A2 del D.A.L. 112 della L.R. 20/2000:

Da indagini MASW e Re.Mi.:

F.A. P.G.A. = 1,7

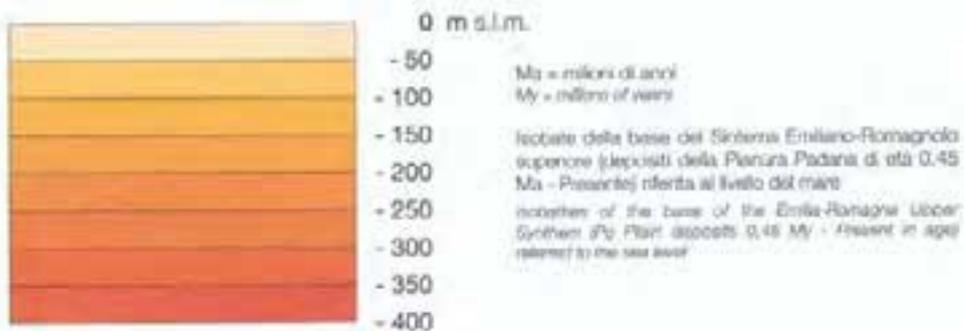
F.A. SI (0,1<T₀<0,5) = 1,9

F.A. SI (0,5<T₀<1,0) = 2,6

dove:

- PGA= accelerazione massima orizzontale alla superficie
- SI = indice di Housner
- F.A. P.G.A.= Fattore di amplificazione P.G.A.
- F.A. 0.1-0.5 (intensità spettrale 0.1sec<T₀<0.5sec);
- F.A. 0.5-1.0 (intensità spettrale 0.5sec<T₀<1.0sec)

Si allega di seguito uno stralcio e relativa legenda, entrambi tratti dalla “Carta Sismotettonica della Pianura padana” a cura della Regione Emilia Romagna, in cui è confermata la profondità della base del sistema Emiliano Romagnolo che risulta compresa tra i - 50 m e i - 100 m da p.c., riferita al livello del mare, per l'area in studio racchiusa nel cerchio verde.



4.6 AZIONE SISMICA: STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA (III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO)

Alla luce di quanto esposto nel § 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 e in accordo con la D.a.l. 112/2007 della Regione Emilia Romagna, è stata definita l'azione sismica di progetto secondo uno **studio di microzonazione sismica con III livello di approfondimento**. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati è stata in primo luogo eseguita una risposta sismica locale (RSL), come indicato § 7.11.3 del D.M. 14/01/2008, mediante analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente considerando il codice di calcolo EERA. I valori ottenuti sulla base dell'analisi monodimensionale sono stati in seguito confrontati con il calcolo dell'azione sismica riferita all'approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di parametri di amplificazione del moto sismico, in funzione delle categorie di sottosuolo di riferimento.

4.6.1 R.S.L. mediante verifica monodimensionale in campo lineare equivalente dell'amplificazione locale

Ai fini della restituzione dello spettro sismico è stata svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo del lineare equivalente. Tale analisi è svolta per ottemperare a ciò che è richiesto dalla normativa nazionale vigente (NNTC 2008), la normativa regionale dell'Emilia Romagna (D.a.l. n° 112/2007).

L'analisi monodimensionale in campo lineare equivalente è stata svolta attraverso il codice di calcolo EERA (*Equivalent linear Earthquake site Response Analysis of Layered Soil Deposits*) sviluppato dal dipartimento di ingegneria civile della "University of Memphis".

Il codice di calcolo EERA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, schematizzandolo come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore H , del modulo di taglio massimo G_{max} o dalla corrispondente velocità massima V_{max} , dal valore dello smorzamento D , dal peso dell'unità di volume γ e dalle curve di decadimento del modulo di rigidezza a taglio normalizzato ($G / G_0 - \gamma$) e le corrispondenti curve dello smorzamento ($D - \gamma$) con la deformazione di taglio γ .

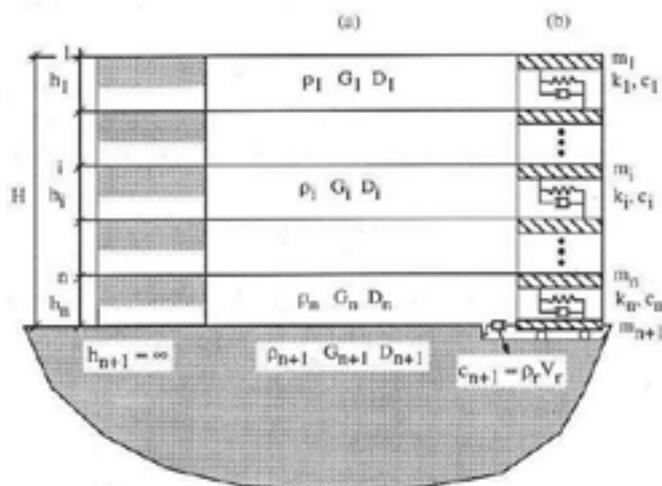


Fig. 4.6.1 – Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo EERA

Il modello simulato per tale analisi deriva dai dati ottenuti dalle prove che compongono la campagna geognostica eseguita in sito. Tale profilo approssima il comportamento del sottosuolo, dal punto di vista sismico, in corrispondenza dell'area studiata. Il profilo considerato deriva dall'interpolazione dei dati provenienti dalle **indagini MASW e RE.MI.** eseguite e i dati, di natura bibliografica, disponibili per il sito di riferimento.

Sulla base di questi ultimi è stato possibile stimare la profondità del suolo rigido (bedrock sismico). Considerando quindi la presenza di un bedrock sismico alla profondità di circa - 50 m da p.c. di profondità, è stata svolta un'interpolazione logaritmica tra i dati di superficie e quelli bibliografici. Il risultato è un profilo che individua le caratteristiche meccaniche principali del sottosuolo, relativa all'area in oggetto.

Il profilo considerato risulta essere il seguente:

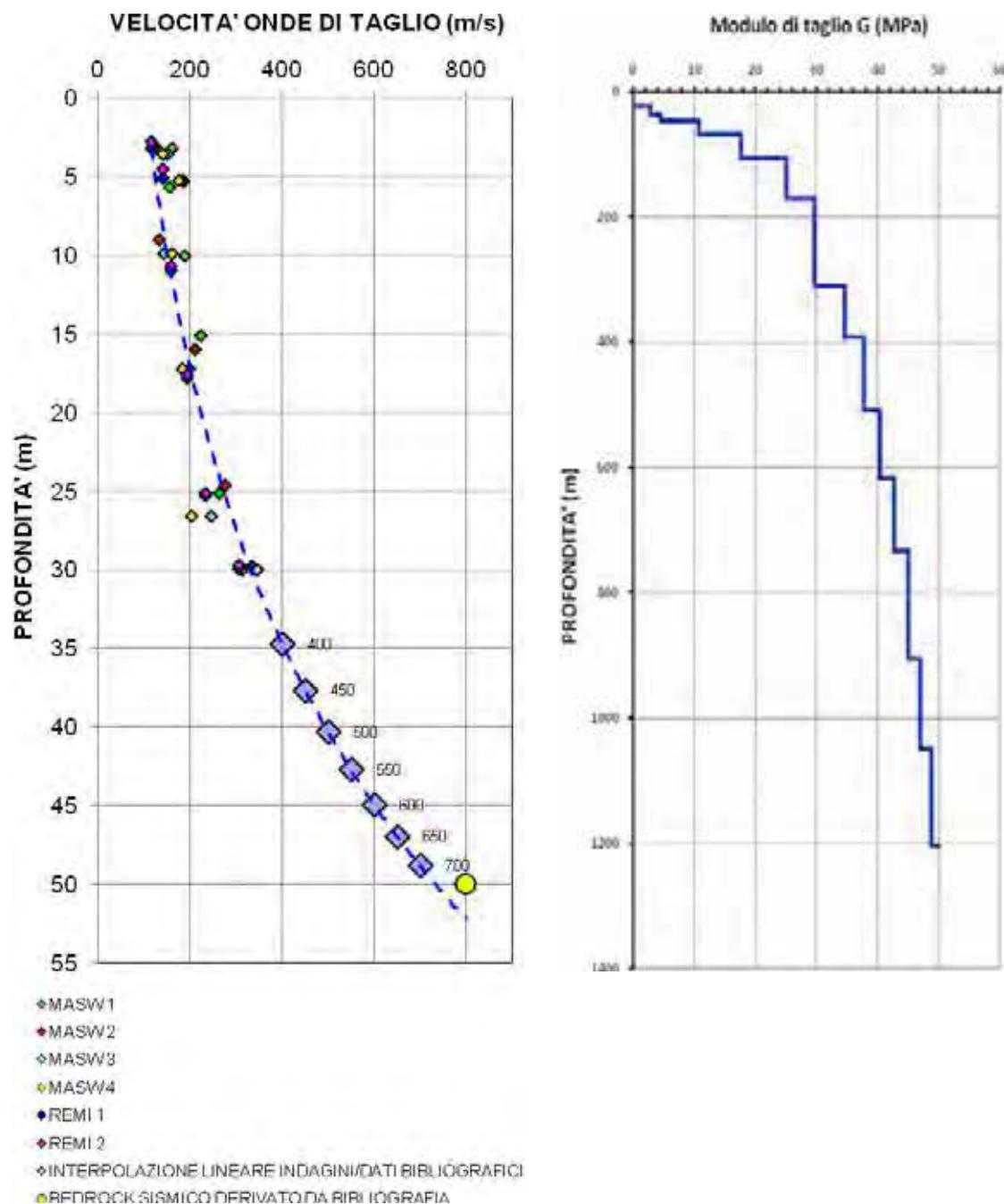


Fig. 4.6.2 – A sinistra: Gradiente delle velocità relative alle onde di taglio nel sottosuolo. A destra: gradiente relativo a modulo di taglio massimo

Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale modello è descritto quindi dalla rigidezza (**G**) e dallo smorzamento (**D**). Per descrivere la stratigrafia relativa al sito in oggetto dal punto di vista dei due principali parametri appena descritti, sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidezza e smorzamento, al variare della deformazione percentuale $\gamma(\%)$, per ciascun materiale costituente il

modello. Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:

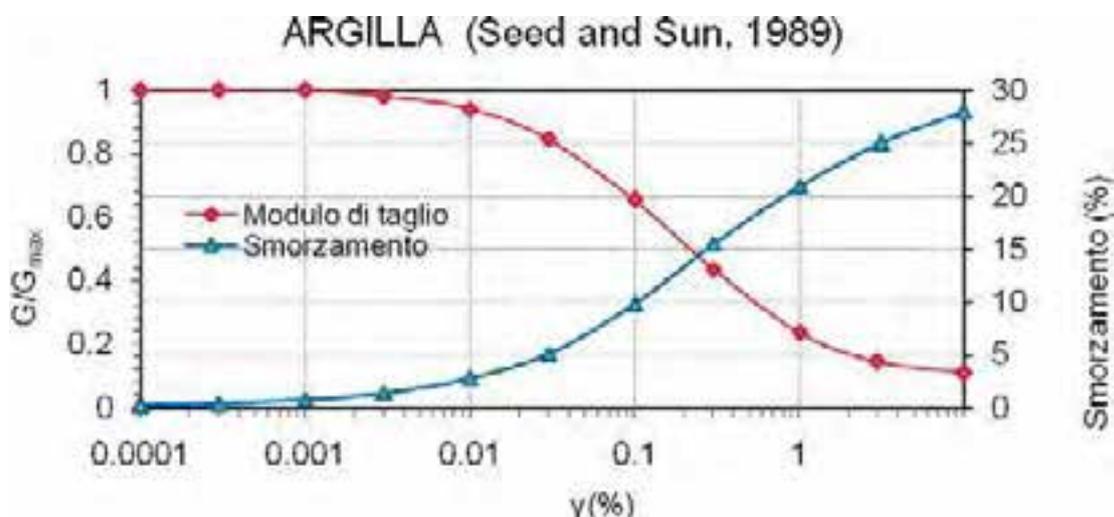


Fig. 4.6.3 – Curva di decadimento dei moduli G/G_{max} e D , utilizzata per descrivere il comportamento dei materiali coesivi che compongono il sottosuolo in oggetto

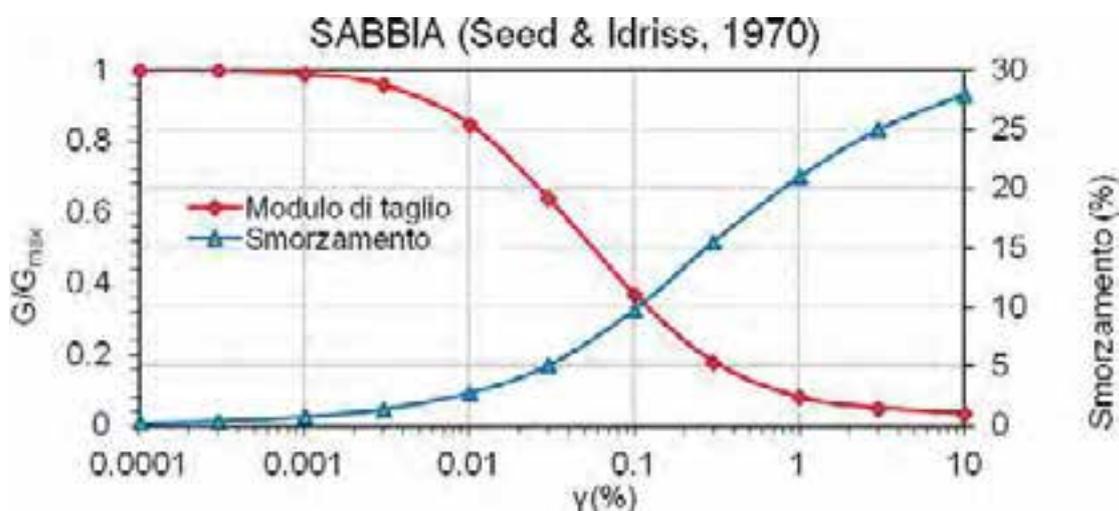
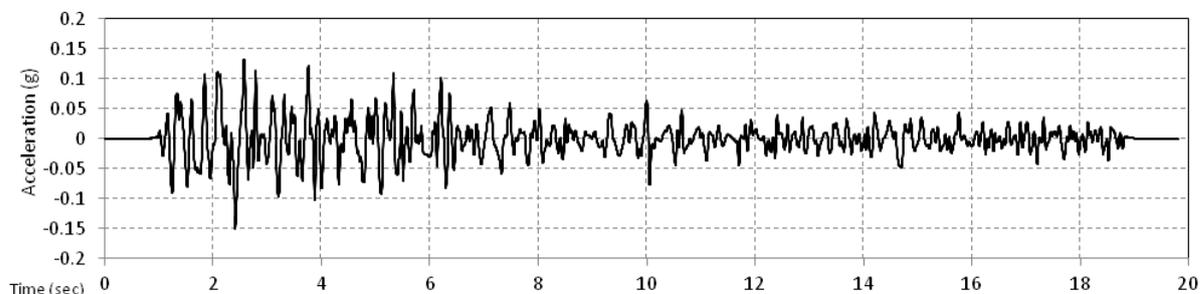


Fig. 4.6.4 – Curva di decadimento dei moduli G/G_{max} e D , utilizzata per descrivere il comportamento dei livelli sabbiosi che si rinvergono nel sottosuolo in oggetto

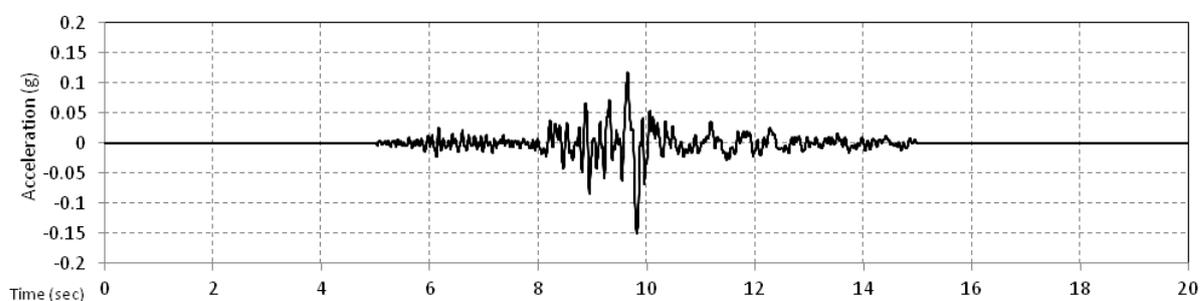
Per quanto riguarda il moto sismico, sono stati considerati accelerogrammi, riferiti al suolo rigido, forniti dalla Regione Emilia Romagna. Si tratta di 3 accelerogrammi, selezionati dalla banca dati accelerometrica “European Strong Motion database” e forniti per il Comune di Cavezzo dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna. I tre segnali di riferimento, che vengono implementati all’interno del codice di calcolo, corrispondono ad un sisma di natura impulsiva (INPUT 000046), un sisma con ampio

contenuto in frequenze (INPUT 000156) ed infine un sisma con componente predominante alle alte frequenze (INPUT 000354).

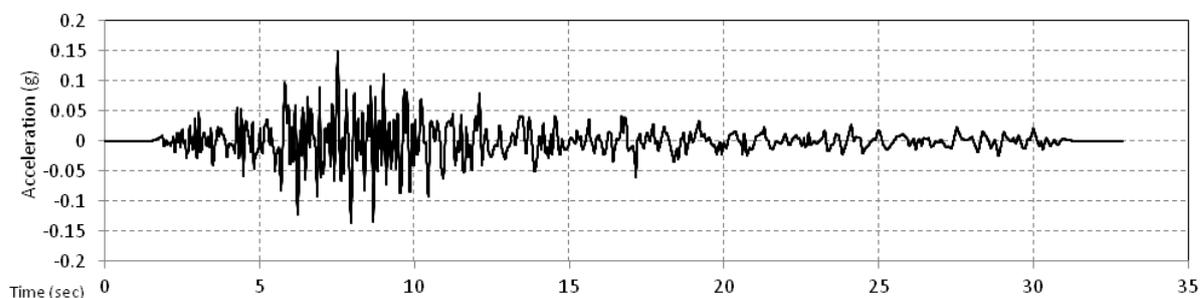
INPUT 000046



INPUT 000126



INPUT 000354



Definiti i parametri che descrivono il comportamento del sottosuolo nel campo elastico lineare e descritti gli accelerogrammi su suolo rigido validi per il territorio comunale di Cavezzo, il codice di calcolo ha generato le seguenti forme spettrali in termini accelerazione e velocità alla superficie:

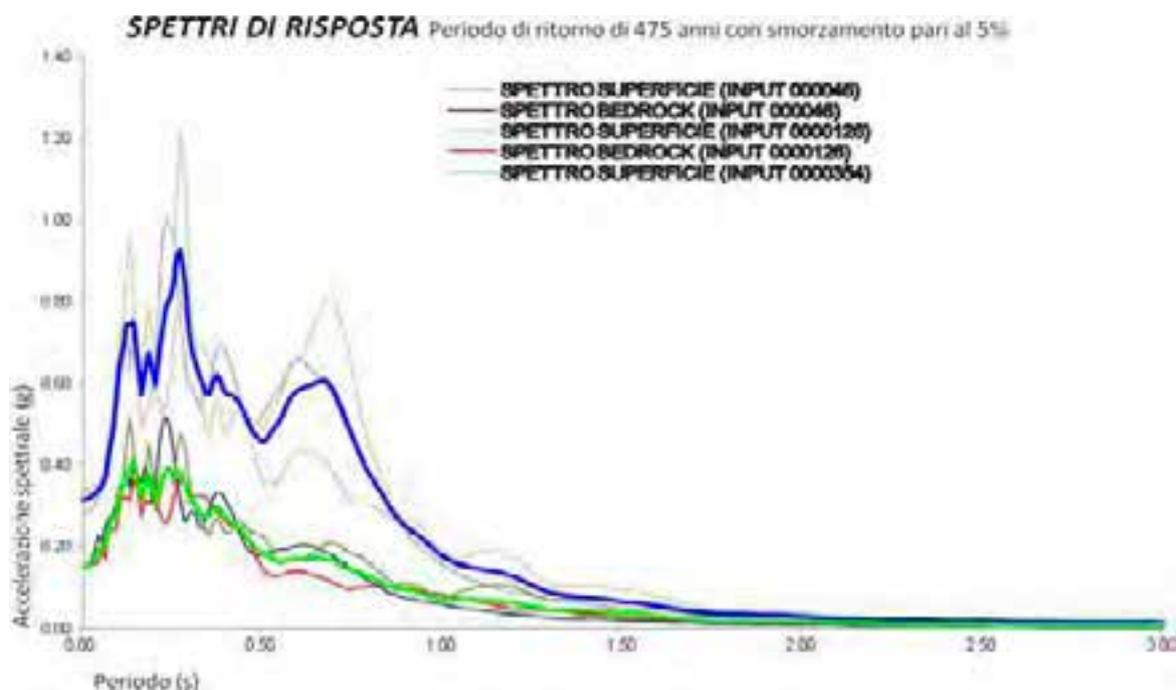


Fig. 4.6.7 – Accelerazioni spettrali, derivate durante il calcolo eseguito

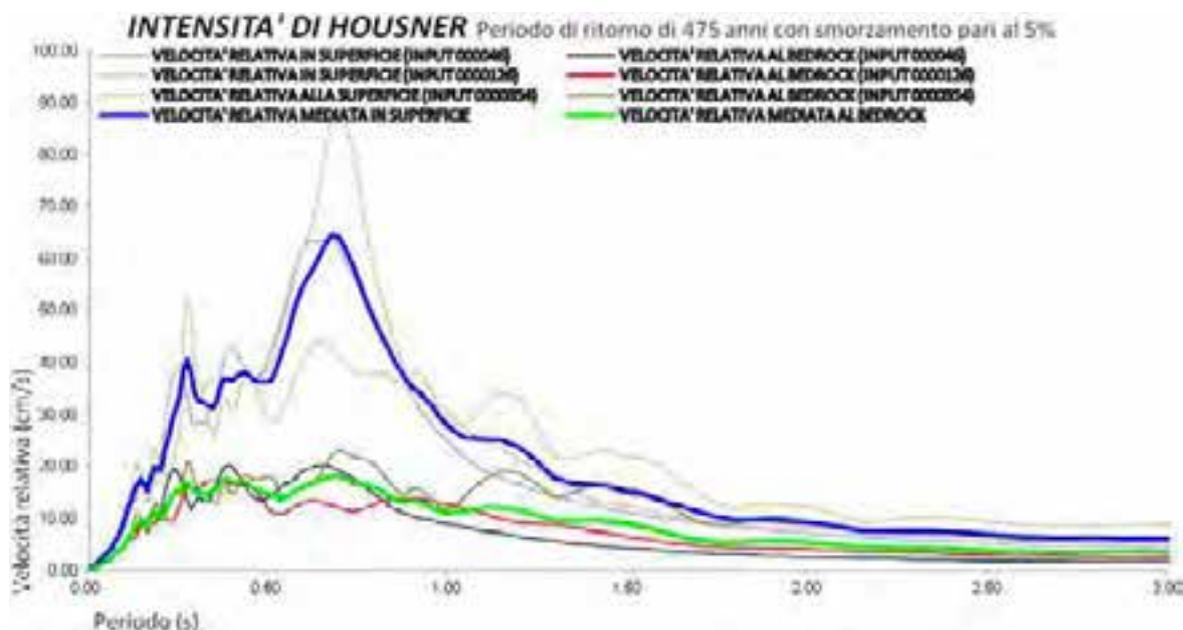


Fig. 4.6.8 – Velocità relative, derivate durante il calcolo eseguito

Dall'analisi di risposta sismica locale, svolta attraverso il codice di calcolo EERA e considerando un modello continuo lineare equivalente, è emerso che il valore di PGA, attesa alla superficie e considerando un tempo di ritorno pari a 475 anni, è pari a **0.313 g**. I valori evidenziati durante l'analisi in oggetto sono riassunti nella seguente tabella:

PGA ₀ di riferimento valida per il territorio comunale di Cavezzo (NNTC 2008)	0.150 g
PGA in superficie ottenuta dal modello simulato	0.313 g
Fattore di amplificazione della PGA	2.09
Fattore di amplificazione d'intensità spettrale compresa tra l'intervallo di frequenza 0.1 e 0.5 s	2.35
Fattore di amplificazione d'intensità spettrale compresa tra l'intervallo di frequenza 0.5 e 1.0 s	3.52

Successivamente viene riportata la funzione di trasferimento, individuata durante l'analisi svolta mediante il codice di calcolo EERA, relativa al modello considerato. Come visibile successivamente, per il sito in oggetto, si ottiene la massima amplificazione per una frequenza compresa tra i **1.60 Hz**.



Fig. 4.6.9 – Funzione di trasferimento ottenuta

Dati i valori di accelerazione ottenuti dal calcolo eseguito è stato infine svolto un confronto con lo spettro di accelerazione, definito secondo i criteri delle NTC 2008, considerando una una classe di sottosuolo tipo C e un tempo di ritorno pari a 475 anni.

Lo spettro di accelerazione ottenuto tramite la modellazione eseguita è stato invece normalizzato secondo quanto descritto nel **All. n. 4** della D.a.l. 112/2007. Così facendo è stato ottenuto lo spettro a probabilità uniforme, sulla base dei risultati ottenuti mediante il codice di calcolo EERA.

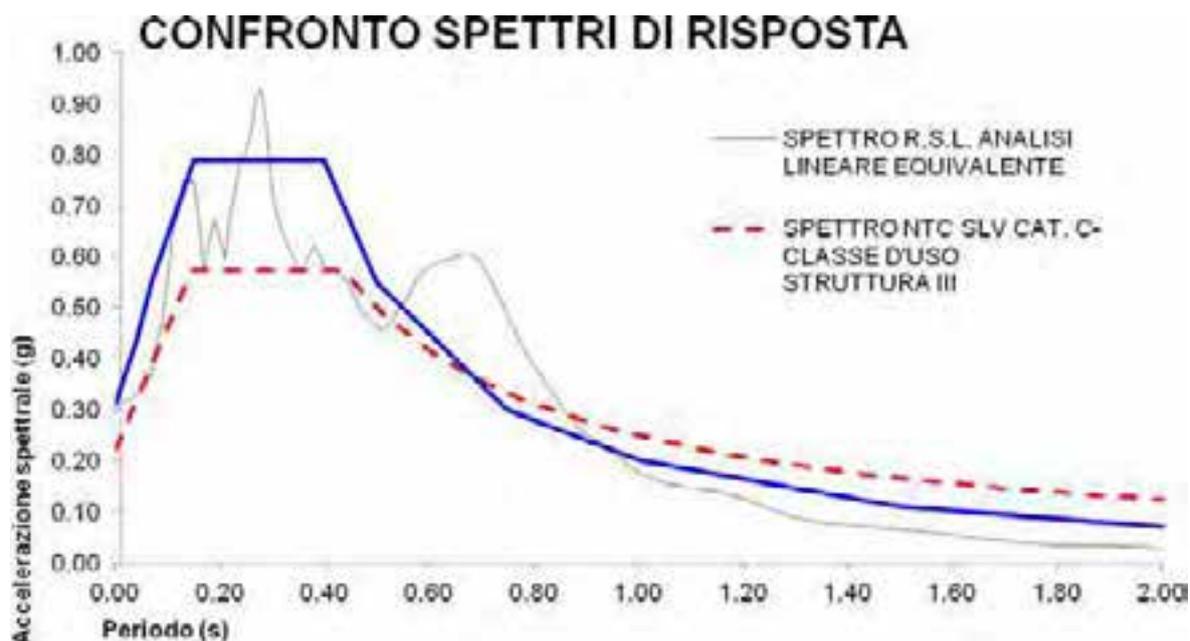


Fig. 4.6.10 – Confronto tra lo spettro di accelerazione calcolato secondo NTC (CAT. C) (in rosso tratteggiato) e lo spettro di accelerazione ottenuto dal calcolo mediante il codice EERA (in blu)

Da quanto è possibile osservare in Fig. n. 4.10, lo spettro calcolato per una **categoria di sottosuolo C**, sottostima l'azione sismica per il sito in oggetto. Considerando invece lo spettro normalizzato, ottenuto sulla base dell'analisi mediante il codice EERA, è possibile definire un' azione sismica maggiore. Il nuovo spettro ottenuto è caratterizzato dai seguenti parametri:

PGA (g)	Tr (anni)	F ₀	T _s [*] (s)	S	n	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)
0.313	475	3.31	0.269	2.09	1	0.145	0.436	2.85

Tab. 4.6.1 – Parametri che identificano lo spettro normalizzato, derivato dall'analisi mediante il codice di calcolo EERA

4.7 STIMA DEI CEDIMENTI POST-SISMICI

La generazione di sovrappressioni interstiziali durante l'applicazione di carichi ciclici, in condizioni non drenate, provoca all'interno dei terreni una riduzione degli sforzi efficaci. Una volta che il sistema è soggetto a drenaggio, la pressione in eccesso si dissipa e il terreno è soggetto a una variazione dell'indice dei vuoti. Così facendo si generano deformazioni volumetriche negative, che comportano l'instaurarsi di cedimenti permanenti all'interno del terreno stesso.

Per tale motivo, durante input sismico, i terreni subiscono un fenomeno di riconsolidazione dovuta all'applicazione di un carico ciclico. Pertanto risulta essenziale stimare la potenziale deformazione volumetrica del sottosuolo, considerando l'azione sismica di riferimento.

I cedimenti post-sismici sono stati calcolati secondo quanto descritto nell' All. n. 3 della D.a.l. n. 112/2007. Per tale stima è stata considerata una prova CPT media, caratteristica per il sito in riferimento, eseguita nell'anno 2013.

4.7.1 Cedimenti post-sismici dei terreni coesivi

La stima dei cedimenti post-sismici nei terreni coesivi viene eseguito mediante la seguente formula:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} H$$

dove H è l'altezza dello strato e ε_{vr} (%) è la deformazione volumetrica post-ciclica. ε_{vr} è stato stimato, come da procedura descritta nell'All. n. 3 della D.a.l. n. 112/2007, secondo la seguente relazione

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\alpha C_r}{1 + e_0} \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

in cui α (costante sperimentale) è stata posta uguale a 1, l'indice dei vuoti e il parametro C_r è stato ricavato dal modulo edometrico, che a sua volta è stato derivato dall'elaborazione della prova CPT eseguita e considerando la relazione di Mitchell e Gardner (1975).

La stima dei cedimenti è stata svolta considerando la verticale di prova CPT media considerata. Per lo svolgimento del calcolo la superficie piezometrica è stata considerata a $D_w = - 1.30$ m da p.c.. Per quanto riguarda l'azione sismica, è stato considerato il valore di **PGA di 0.313 g**, derivato dall'analisi svolta mediante il codice di calcolo EERA. Come descritto nell' All. n. 3, contenuto nella D.a.I. n. 112/2007, la stima è stata svolta solamente per i **livelli coesivi** molto soffici ($c_u \leq 70$ kPa) e plastici ($I_p \geq 30$ %).

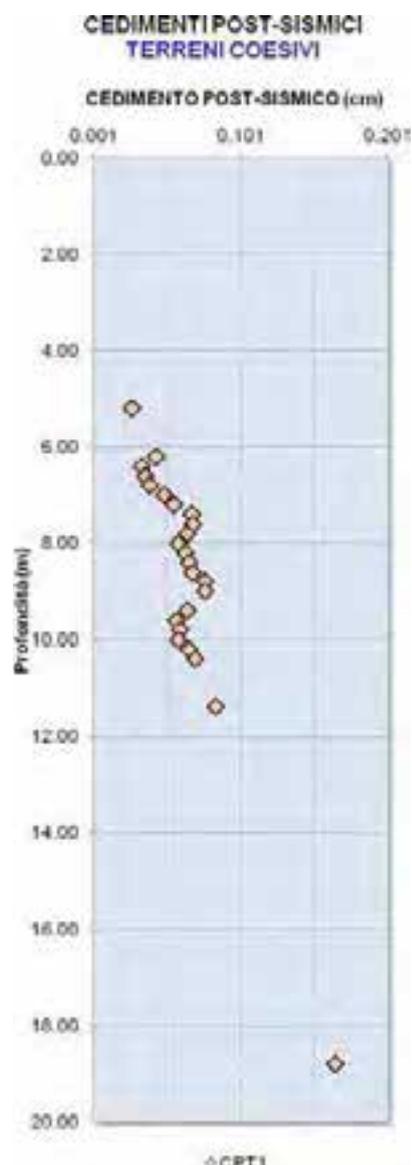
Si riportano successivamente i valori dei cedimenti post-sismici, relativi ai terreni a natura coesiva, calcolati per l'indagine CPT media considerata:

CEDIMENTI POST-SISMICI DEI TERRENI COESIVI

CPT 1	CEDIMENTO POST SISMICO (cm)
TOTALE	1.521* * (calcolati su una verticale di 19.40 m)

Tab. 4.7.1 – Sommatoria dei cedimenti post-sismici totali, calcolati per la verticale di prova considerata

Graf. 4.7.1 – Grafico dei valori di cedimenti post-sismici, calcolati per ogni step (0.20 cm) di lettura



4.7.2 Cedimenti post-sismici dei terreni incoerenti saturi

I cedimenti post-sismici dei terreni granulari viene valutata con l'analogia formula appena descritta:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} H$$

dove H è l'altezza dello strato e ε_{vr} (%) è la deformazione volumetrica post-ciclica. ε_{vr} è stato stima, come da procedura descritta nel All. n. 3 della D.a.I. n. 112/2007, secondo la seguente relazione

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\alpha C_r}{1 + e_0} \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

in cui α (costante sperimentale) è stata posta uguale a 1, l'indice dei vuoti e il parametro C_r è stato ricavato dal modulo edometrico, che a sua volta è stato derivato dall'elaborazione della prova CPT eseguite considerando la relazione di Robertson e Campanella (1983).

La stima dei cedimenti è stata svolta considerando la verticale di prova CPT considerata. Per lo svolgimento del calcolo la superficie piezometrica è stata considerata a **Dw = - 1.30 m da p.c.**. Per quanto riguarda l'azione sismica, è stato considerato il valore di PGA di 0.313 g, derivato dall'analisi svolta mediante il codice di calcolo EERA.

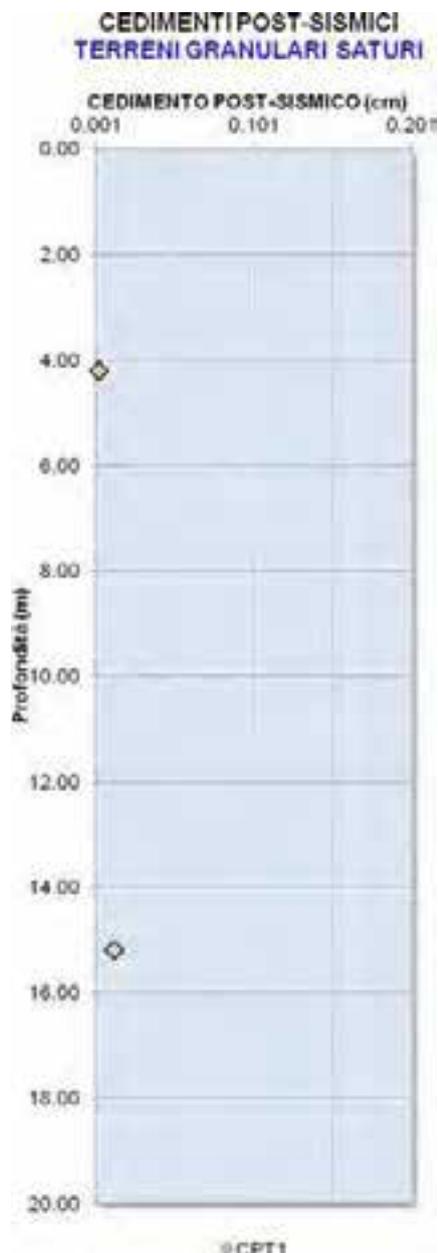
I cedimenti ottenuti per i livelli incoerenti saturi sono risultati molto esigui, data la mancanza di spessori rilevanti di terreni puramente sabbiosi. Si riportano successivamente i valori dei cedimenti post-sismici, relativi ai terreni di natura incoerente, calcolati per l'indagine CPT media considerata:

CEDIMENTI POST-SISMICI DEI TERRENI GRANULARI

CPT 1	CEDIMENTO POST SISMICO (cm)
TOTALE	0.015*
	* (calcolati su una verticale di 19.40 m)

Tab. 4.7.2 – Sommatoria dei cedimenti post-sismici totali, calcolati per ciascuna verticale di prova considerata

-Graf. 4.7.2 – Grafico dei valori di cedimenti post-simici, calcolati per ogni step (0.20 cm) di lettura



4.8 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si indicano, in via generale, alcuni fenomeni fisici (liquefazione ciclica, mobilità ciclica e fluidificazione) che interessano i depositi sabbiosi saturi, caratterizzati dalla perdita di resistenza al taglio dei terreni sotto l'azione di sollecitazioni cicliche, in condizioni non drenate. Durante un evento sismico, per effetto dell'instaurarsi di condizioni non drenate, dovute alla rapidità di applicazione della sollecitazione ciclica di taglio, si verifica nel deposito un incremento delle pressioni interstiziali che può provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno. Quando la pressione interstiziale cresce fino ad eguagliare la pressione di confinamento, si ha un annullamento della resistenza al taglio del terreno: si verifica in questo caso il fenomeno della fluidificazione, per cui il terreno si trova ad assumere il comportamento caratteristico dei liquidi.

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche, è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana). Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Si osserva inoltre che, maggiore è la **durata di un terremoto** (maggior numero di cicli), più alta è la possibilità che si arrivi alla liquefazione e che maggiore è l'**ampiezza della vibrazione** e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

Il terreno può essere però soggetto a sforzi di taglio statici dovuti alla presenza di strutture in superficie o alla sua particolare posizione (per es. al di sotto di un versante). In questo caso l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione dipende, oltre che dalle caratteristiche del sisma, anche dal rapporto che si stabilisce tra le tensioni di taglio indotte da quest'ultimo e quelle statiche preesistenti al terremoto. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il **grado di addensamento** del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Anche la **distribuzione**, la **forma delle particelle** e il **grado di uniformità** influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso.

Per quanto riguarda la **storia delle sollecitazioni sismiche**, si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di ri-liquefazione.

I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo.

Inoltre, la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile e omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

Secondo una classifica internazionale le manifestazioni della liquefazione sono:

- crateri, vulcanelli, fuoriuscite di acqua e sabbia,
- grandi oscillazioni e rotture del terreno,
- abbassamenti e sollevamenti del terreno,
- movimenti orizzontali del terreno (*lateral spreading*),
- movimento di masse fluide/collasso in pendii naturali e artificiali,
- perdita di capacità portante delle fondazioni,
- galleggiamento di opere sotterranee,
- collasso di opere di sostegno e banchine portuali.

La liquefazione avviene quando si verifica la concomitanza di uno o più fattori predisponenti e dei fattori scatenanti.

I **FATTORI PREDISPONENTI** comprendono le seguenti condizioni:

- profondità dello strato potenzialmente liquefacibile < 15-20 m da p.c.;
- profondità della falda < 5 m;
- densità relativa $D_r < 60 \%$;
- diametro medio $0.02 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$;
- frazione di fini (diametro < 0.005 mm) < 15 %;

I fattori geotecnici importanti sono la profondità della falda (< 5 m), la presenza e lo spessore degli strati non liquefacibili superficiali, l'assenza di cementazione tra i grani,

l'origine e l'età del deposito, la presenza di strati drenanti grossolani intercalati alla sabbia fine liquefacibile, la morfologia.

I **FATTORI SCATENANTI** riguardano invece le caratteristiche dell'azione sismica:

- magnitudo > 5.5;
- PGA > 0.15g;
- durata > 15-20 sec;

Dal punto di vista normativo, sulla base delle N.N.T.C. 2008, si precisa inoltre che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti **almeno una** delle seguenti circostanze:

- a) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiori a 5;
- b) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
- c) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle seguenti categorie:
 - frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità PI > 10;
 - FC ≥ 35% e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - FC ≤ 5% e resistenza $(N_1)_{60} > 25$;
 dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.
- d) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- e) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 4.8.1, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ (a) e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$ (b).

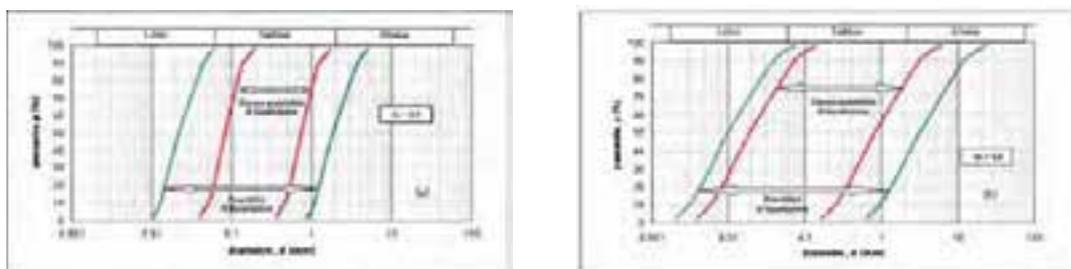


Fig. 4.8.1: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b). (AGI 2005).

Per avere una **stima preliminare** della suscettibilità alla liquefazione dei livelli limoso sabbiosi individuati, ed eventualmente, per escludere la necessità di effettuare verifiche alla liquefazione (come previsto dalle N.N.T.C.), è stata eseguita un'analisi delle curve granulometriche ottenute per tutti i campioni, mediante software Liquef - ver. 2.2 di Program Geo, seguendo il metodo empirico di **Sherif e Ishibashi (1978)**. L'analisi

consiste essenzialmente nel verificare se la curva granulometrica dei diversi campioni ricade o meno all'interno delle zone che rappresentano terreni potenzialmente liquefacibili: le curve ottenute per i campioni analizzati ricadevano per gran parte all'interno delle zone che caratterizzano i terreni potenzialmente liquefacibili.

Verificata la suscettibilità alla liquefazione dei campioni occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione dei livelli potenzialmente liquefacibili. La verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

Dopo aver caratterizzato il terreno attraverso l'interpretazione dei dati ottenuti da prove penetrometriche statiche CPT/CPTU, è stata eseguita una stima del rischio di liquefazione dei terreni sotto falda, in condizioni sismiche, mediante il metodo semplificato di “**Robertson e Wride**”.

I metodi semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la **resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R)** e lo **sfuerzo tangenziale indotto dal sisma (T)**. In pratica si avrà:

$$F_s = \frac{R}{T}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione se il coefficiente di sicurezza F_s sarà minore di 1.

La grandezza **T** dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica massima al suolo e magnitudo di progetto). **R** è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche statiche.

La grandezza **T** viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF}$$

dove:

a_{max}	= accelerazione sismica massima;
g	= accelerazione di gravità = 980.7 cm/s^2 ;
σ_{v0}	= pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
σ_{v0}'	= pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
r_d	= coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema: $r_d = 1 - 0.00765z$ per $z \leq 9.15 \text{ m}$ $r_d = 1.174 - 0.0267z$ per $9.15 < z \leq 23 \text{ m}$ $r_d = 0.774 - 0.008z$ per $23 < z \leq 30 \text{ m}$ $r_d = 0.5$ per $z > 30 \text{ m}$
MSF	= coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma.

Il metodo di **Robertson e Wride** permette di correlare la resistenza al taglio **CRR** mobilitata nel terreno con i dati delle prove penetrometriche statiche (CPTE/U). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$\mathbf{CRR}_{7.5} = \mathbf{0.833} \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} + \mathbf{0.05} \right] \quad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50;$$

$$\mathbf{CRR}_{7.5} = \mathbf{93} \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + \mathbf{0.08} \quad \text{per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160.$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata a circa 100 KPa e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente.

Il valore di $\mathbf{CRR}_{7.5}$ è calcolato per un terremoto di magnitudo 7.5: per i terremoti di magnitudo minore o maggiore, $\mathbf{CRR}_{7.5}$ sarà corretto utilizzando la seguente relazione:

$$\mathbf{CRR} = \mathbf{CRR}_{7.5} \cdot \mathbf{MSF}$$

Una stima del rischio di liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione **IL**. Tale indice viene definito dalla seguente relazione:

$$\mathbf{IL} = \sum_{i=1}^n \mathbf{FW}(z) \cdot \Delta z$$

dove:

n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;

F = $1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z)$ = $10 - 0,5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

In base al valore di IL ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la seguente tabella:

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
0<IL≤5	Basso
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

La verifica è stata effettuata sulle verticali delle prove eseguite nell'anno 2013, che presentavano i livelli più potenti in spessore di sabbie limose immerse, tali verifiche hanno fornito i valori di indice di liquefazione **IL tutti compresi tra rischio basso e molto basso**.

Nel nostro caso, si sono elaborati i valori risultati dalle varie CPT e CPTU eseguite, nell'anno 2013 in tempi progressivi, considerando una magnitudo di riferimento **M = 6**, una accelerazione massima al suolo, pari a **A_{max} = 0.220 g (secondo D.M. 14/01/2008)**.

Successivamente, per la stesura della presente relazione, si sono nuovamente eseguite le verifiche a liquefazione solo sulle prove CPTU (sempre relative all'anno 2013), in quanto, le verifiche a liquefazione condotte sulle verticali delle CPT danno sempre valori di Indice di Liquefazione sottostimati, mentre le verifiche condotte sulle verticali delle CPTU danno valori di Indice di Liquefazione più precisi.

Le verifiche a liquefazione sono state eseguite utilizzando il software CLiq v. 1.7.1.6 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software, effettuata con programma Liquef della ProgramGeo.

Da tali nuove verifiche a liquefazione, (**Allegato n. 6**), eseguite considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.14** e un'accelerazione massima orizzontale **A_{max} = 0.313_g** (calcolata con metodo di calcolo EERA), si sono ottenuti valori di Indice di Liquefazione **IL** corrispondenti a valori di **rischio "BASSO"**, sulla base della tabella di seguito esposta.

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
0<IL≤5	Basso
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

Precisamente i valori ottenuti sono i seguenti:

- **CPTU eseguita nel Gennaio 2013 IL = 1.49;**
- **CPTU eseguita nel Marzo 2013 IL = 0.72;**
- **CPTU eseguita nell'Ottobre 2013 IL = 3.67;**

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione, stilata ai sensi *del D.M. 14 Gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”*, è stata redatta a supporto di una proposta di variante al Piano Urbanistico Attuativo del Comune di Cavezzo (MO), relativamente al Comparto Industriale WAM GROUP S.p.a., con sede in via Cavour 338/a, in Comune di Cavezzo, località “Ponte Motta”.

Ai sensi della D.A.L. della Regione Emilia Romagna n.112/2007 si sono inoltre eseguiti gli studi di microzonazione sismica dell’area.

Per eseguire la caratterizzazione geologico-geotecnica del terreno di fondazione, sono state da Noi eseguite in fasi e tempi diversi varie prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT e prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU.

Sulla base dei dati ricavati da tali indagini si sono date delle prime approssimative indicazioni per l’esecuzione di futuri fabbricati ad uso produttivo. Saranno da preferire fondazioni dirette superficiali tipo plinti quadrati in c.a.. di dimensioni ipotizzate pari a 4.00 m x 4.00 m. Tenendo pertanto conto di tale tipologia di fondazione si può indicativamente considerare attendibile, con piano di posa a **D = - 2.00 m da p.c.**, una portata ammissibile sul terreno pari a **Qamm = 0.95 Kg/cm² ≈ 95.00 kN/m² (calcolata alle tensioni ammissibili TA).**

Tali dati sono puramente indicativi, in quanto in fase esecutiva le indagini già eseguite dovranno essere integrate da indagini puntuali e in numero adeguato per ogni futuro edificio in progetto.

In relazione a quanto esposto nel Testo Unico Nuove Norme Tecniche per le costruzioni in zona sismica, redatto dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti edito nel Gennaio 2008, si è proceduto anche ad una verifica nei confronti degli stati limite ultimi (**SLU**) sempre per un ipotetico fabbricato. Per quanto riguarda le **opere di fondazione ipotizzate**, nelle verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi è stato calcolato lo **SLU sia a breve che a lungo termine** determinato **sia in condizioni statiche che pseudostatiche (PAOLUCCI E PECKER [1997])** per un ipotetico fabbricato, utilizzando i seguenti approcci di calcolo:

- 1) Approccio 1 - combinazione 2 (A2 + M2 + R2);**
- 2) Approccio 2 - combinazione (A1 + M1 + R3).**

Si riassumono nella seguente tabella i valori di portanza del terreno di fondazione sia calcolati alle tensioni ammissibili **TA (con F.S. = 3)** che agli stati limite ultimi **SLU**

sempre per un ipotetico fabbricato ad uso produttivo, considerando la A_{max} ricavata da EERA pari a $a_{MAX} = 0.313 g$.

Ipotesi di fabbricato ad uso produttivo – Fondazioni su plinti quadrati in c.a.

T.A. F.S. = 3	SLU – APPROCCIO 1 (A2 + M2 + R2) – F.S.= 1.8			SLU – APPROCCIO 2 (A1 + M1 + R3) – F.S.= 2.3		
	CONDIZIONI NON DRENATE STATICHE	CONDIZIONI DRENATE		CONDIZIONI NON DRENATE STATICHE	CONDIZIONI DRENATE	
		STATICHE	SISMICHE PSEUDOSTATICHE		STATICHE	SISMICHE PSEUDOSTATICHE
0.95 kg/cm ² ≈ 95 kN/m ²	1.15 kg/cm ² ≈ 115 kN/m ²	1.42 kg/cm ² ≈ 142 kN/m ²	1.27 kg/cm ² ≈ 127 kN/m ²	1.23 kg/cm ² ≈ 123 kN/m ²	1.69 kg/cm ² ≈ 169 N/m ²	1.55 kg/cm ² ≈ 155 kN/m ²

Per effettuare la caratterizzazione sismica del terreno sono state eseguite, anche qui in fasi e tempi diversi svariate indagini sismiche a rifrazione con metodo MASW, e con metodo Re.Mi., oltre ad un'indagine Down Hole in foro e n. 15 indagini sismiche passive HVSR da cui si sono ricavati i risultati esposti di seguito.

Le varie indagini sismiche a rifrazione MASW , Re.Mi. e Down Hole hanno permesso di determinare la velocità delle onde sismiche di taglio nei primi 35 m, restituendo i seguenti valori:

MASW eseguita nel Dicembre 2011 dal Dott. Geol. Bruschi	Vs30 = 209 m/s	categoria C
MASW eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2013	Vs30 = 235 m/s	categoria C
MASW eseguita dal Nostro Studio nel Marzo 2013	Vs30 = 205 m/s	categoria C
MASW eseguita dal Nostro Studio nell' Ottobre 2013	Vs30 = 187 m/s	categoria C
MASW 1 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	Vs30 = 227 m/s	categoria C
MASW 2 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	Vs30 = 205 m/s	categoria C
MASW 3 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	Vs30 = 197 m/s	categoria C

MASW 4 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	Vs30 = 194 m/s	categoria C
Re.Mi 1 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	Vs30 = 181m/s	categoria C
Re.Mi 2 eseguita dal Nostro Studio nel Gennaio 2014	Vs30 = 188 m/s	categoria C
Down Hole in foro eseguita dal Nostro Studio nel Febbraio 2013	Vs30 = 263 m/s	categoria C

Gli spettri H/V ottenuti dall'elaborazione delle n. 15 indagini sismiche passive HVSR eseguite in sito non hanno evidenziato alcuna frequenza caratteristica di sito

In base ai risultati sopra esposti e in conformità con la nuova normativa sismica per gli edifici (D.M. 14 Gennaio 2008), si classifica il terreno di fondazione in esame come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con valori di $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Ora, sulla base dei contenuti del D.M. 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” è stato definito, per il sito in studio, un parametro di accelerazione massima attesa a_g , in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di **475 anni (SLV)** e considerando la classe d'uso dell'edificio pari a **II**, per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (**Sistema di riferimento ED50**): Latitudine: 44.828290°, Longitudine 10.999673°, in relazione ad un periodo di riferimento T_R stimato di 475 anni è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g pari a $a_{g \text{ attesa}} = 0.151_g$.

Tale valore di accelerazione sismica orizzontale a_g si riferisce al *bedrock*; dopo gli opportuni calcoli il valore di a_g in superficie è risultato: **$A_{max} = 0.220_g$** .

Il valore di accelerazione sismica orizzontale dopo i calcoli eseguiti con **EERA** hanno portato ad un valore di a_g in superficie pari a: **$PGA = A_{max} = 0.313_g$** .

Si sono, inoltre, eseguiti gli studi di microzonazione sismica, ai sensi della D.A.L. della Regione Emilia Romagna n.112/2007, che hanno portato a determinare che gli

approfondimenti richiesti per l'area in esame sono: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico stima dei cedimenti attesi e del potenziale di liquefazione.

Sulla base di dati bibliografici raccolti per l'area in oggetto e dei risultati ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite in sito in fasi e tempi diversi e precedentemente esposti (indagini sismiche MASW e Re.Mi.), premesso che tale area ricade, secondo l'allegato A2 del D.A.L. 112 della L.R. 20/2000, all'interno dell'ambito definito come: **"PIANURA 1" caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m da p.c.),** si riportano, per la microarea sismica zonizzata e indagata, i coefficienti di amplificazione sismica, sulla base delle tabelle dell' allegato A2 del D.A.L. 112 della L.R. 20/2000 (**APPROFONDIMENTI di II LIVELLO**):

Da indagini MASW e Re.Mi.:

F.A. P.G.A. = 1,7

F.A. SI (0,1<T₀<0,5) = 1,9

F.A. SI (0,5<T₀<1,0) = 2,6

dove:

- PGA= accelerazione massima orizzontale alla superficie
- SI = indice di Housner
- F.A. P.G.A.= Fattore di amplificazione P.G.A.
- F.A. 0.1-0.5 (intensità spettrale 0.1sec<T₀<0.5sec);
- F.A. 0.5-1.0 (intensità spettrale 0.5sec<T₀<1.0sec)

Si è poi proceduto, come richiesto, ad **approfondimenti di III livello** per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, per la stima degli eventuali cedimenti e per il potenziale di liquefazione. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati è stata in primo luogo eseguita una risposta sismica locale (RSL), come indicato § 7.11.3 del D.M. 14/01/2008, mediante analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente considerando il codice di calcolo EERA. I risultati sono esposti nel paragrafo 4.6 e hanno portato ai seguenti risultati, considerando un modello continuo lineare equivalente:

PGA ₀ di riferimento valida per il territorio comunale di Cavezzo (NNTC 2008)	0.150 g
PGA in superficie ottenuta dal modello simulato	0.313 g
Fattore di amplificazione della PGA	2.09
Fattore di amplificazione d'intensità spettrale compresa tra l'intervallo di frequenza 0.1 e 0.5 s	2.35
Fattore di amplificazione d'intensità spettrale compresa tra l'intervallo di frequenza 0.5 e 1.0 s	3.52

Sono inoltre stati calcolati i cedimenti post sismici sia per i livelli coesivi che incoerenti, riassunti nel paragrafo 4.7, sempre per un ipotetico fabbricato ad uso produttivo, che hanno dato valori modesti e ammissibili in relazione ad un ipotetico futuro intervento.

Tali calcoli dovranno a loro volta essere integrati da valutazione più precise sulla base di ulteriori prove eseguite per ogni singolo fabbricato in progetto.

Le verifiche a liquefazione sono state eseguite, **in prima fase** sia sulle verticali delle CPT che sulle verticali della CPTU eseguite, come già detto in fasi e tempi diversi, considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.0** e un'accelerazione massima orizzontale **A_{max} = 0.220_g** (calcolata sulla base delle N.N.T.C.). *La verifica è stata effettuata sulle verticali delle prove che presentavano i livelli più potenti in spessore di sabbie limose immerse, tali verifiche hanno fornito i valori di indice di liquefazione **IL tutti compresi tra rischio basso e molto basso.***

Successivamente, **in seconda fase**, per la stesura della presente relazione si sono nuovamente eseguite le verifiche a liquefazione solo sulle verticali delle prove CPTU eseguite, in quanto, le verifiche a liquefazione condotte sulle verticali delle CPT danno sempre valori di Indice di Liquefazione sottostimati, mentre le verifiche condotte sulle verticali delle CPTU danno valori di Indice di Liquefazione più precisi.

Da tali nuove verifiche, eseguite considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.14** e un'accelerazione massima orizzontale **A_{max} = 0.313_g** (calcolata con EERA), si sono ottenuti valori di Indice di Liquefazione **IL** corrispondenti a **rischio "BASSO"**, come visibile dalla tabella di seguito esposta.

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
0<IL≤5	Basso
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

Precisamente i valori ottenuti sono i seguenti:

- CPTU eseguita nel Gennaio 2013 IL = 1.49;
- CPTU eseguita nel Febbraio 2013 IL = 0.72;
- CPTU eseguita nell'Ottobre 2013 IL = 3.67;

Pertanto, tutto ciò premesso, si può concludere affermando che l'area indagata, interessata da proposta di variante al Piano Urbanistico Attuativo del Comune di Cavezzo, inerente il Comparto Industriale WamGroup S.p.a., con sede in via Cavour 338/a, nel Comune di Cavezzo, non presenta criticità alcuna dal punto di vista sismico.

A disposizione per ulteriori chiarimenti cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.

Modena, 16 Gennaio 2014

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



GEO GROUP s.r.l.

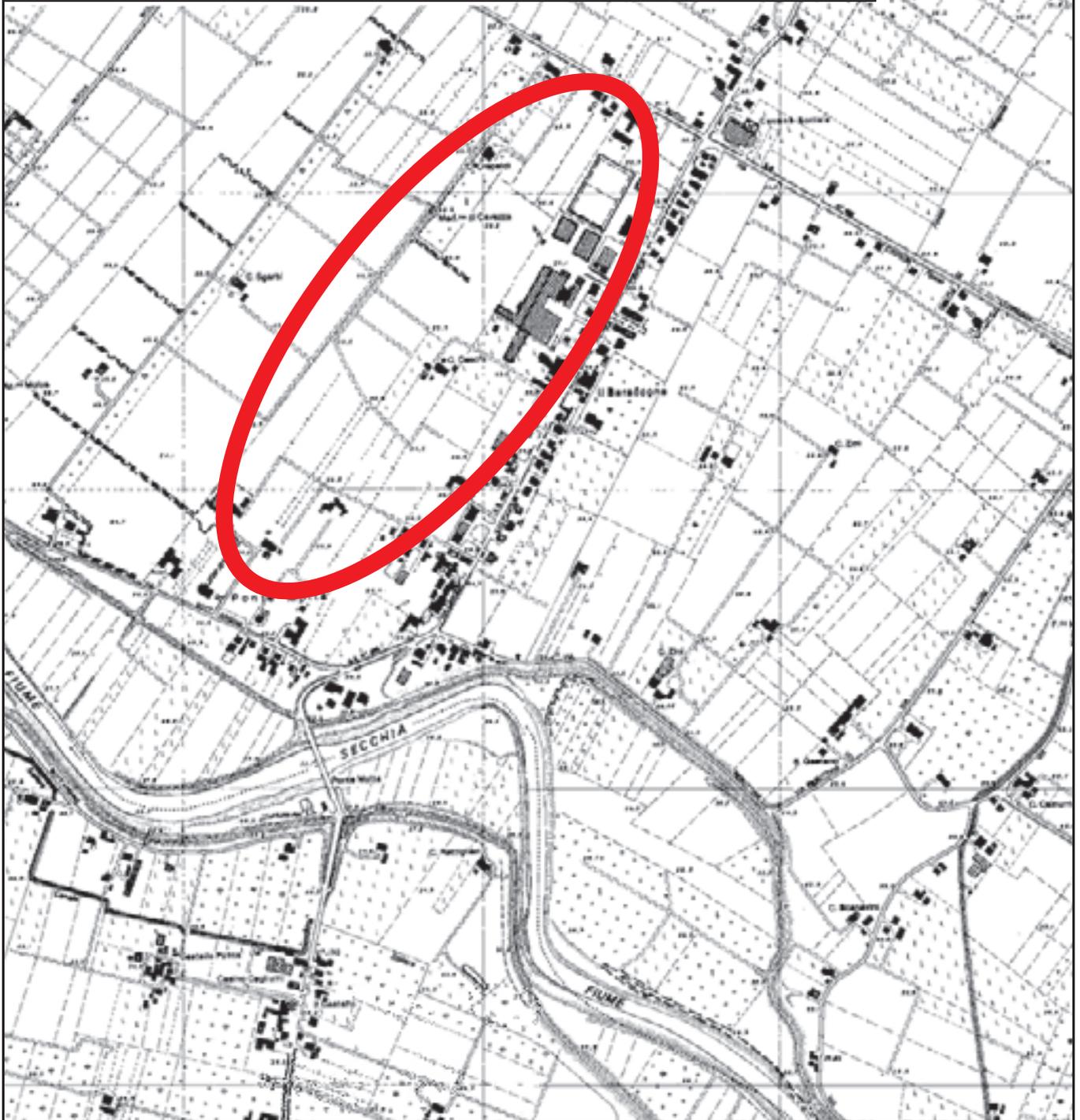
Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Tavole

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it

Sezione C.T.R. n. 183160 - Rovereto s/S e n. 184130 - Medolla



Tav. n. 2 "Carta topografica"

Scala 1: 10.000



Legenda



Area di interesse

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 3
“Ripresa fotografica aerea
dell’area di interesse”

(tratta da archivio interattivo “Google Earth”)
Scala grafica



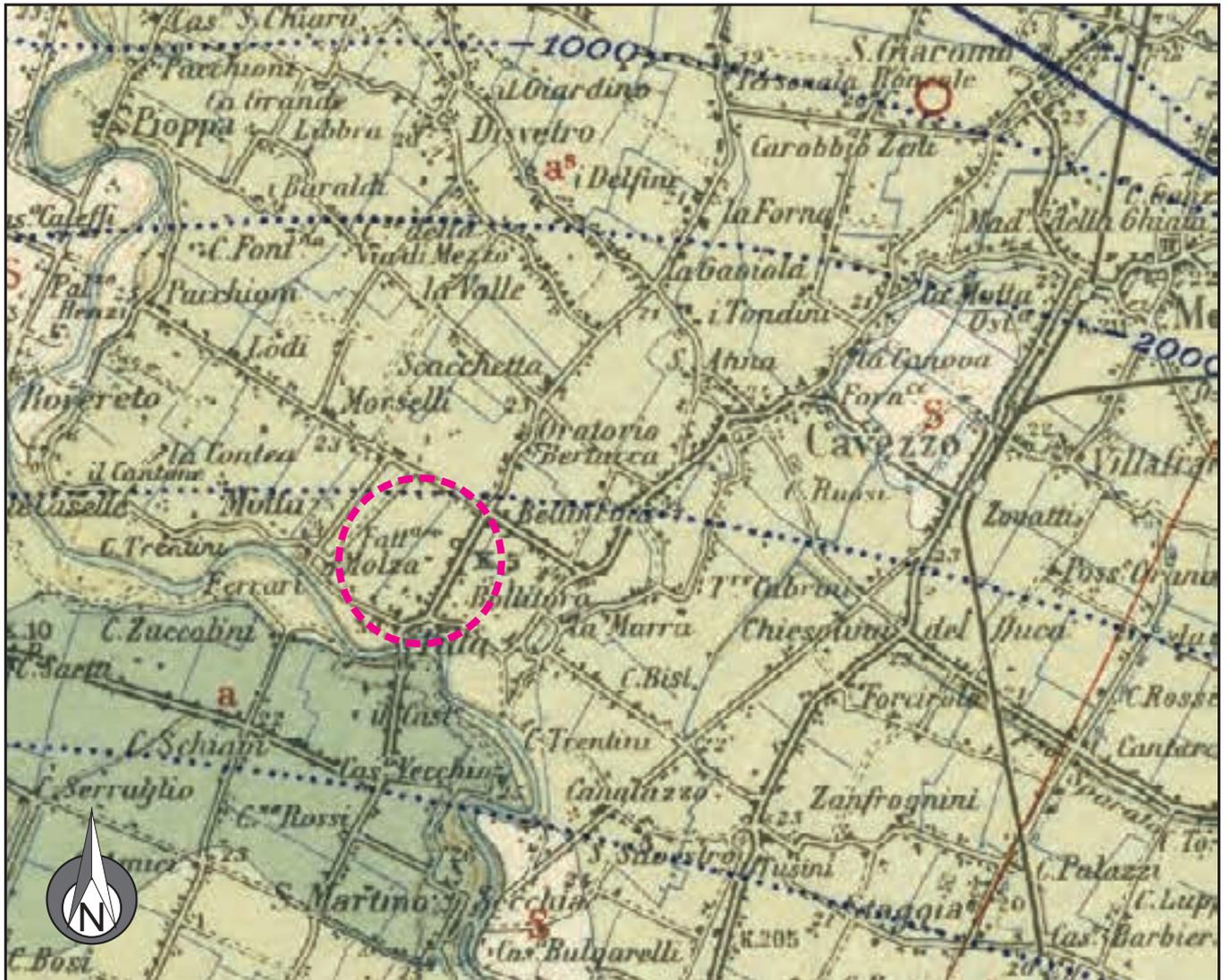
Planimetria di Comparto



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 4 "Carta della litologia di superficie"

Estratto da Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio 75 Mirandola

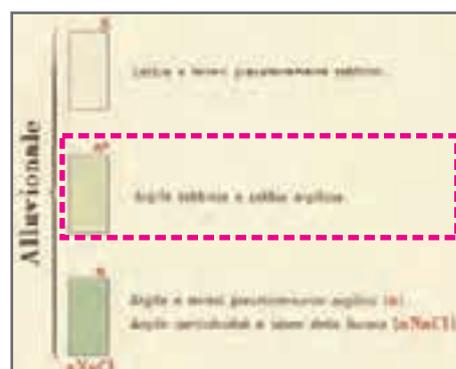
Da: <http://sgi.isprambiente.it/geoportal/>

Scala grafica

Legenda:



Area di interesse



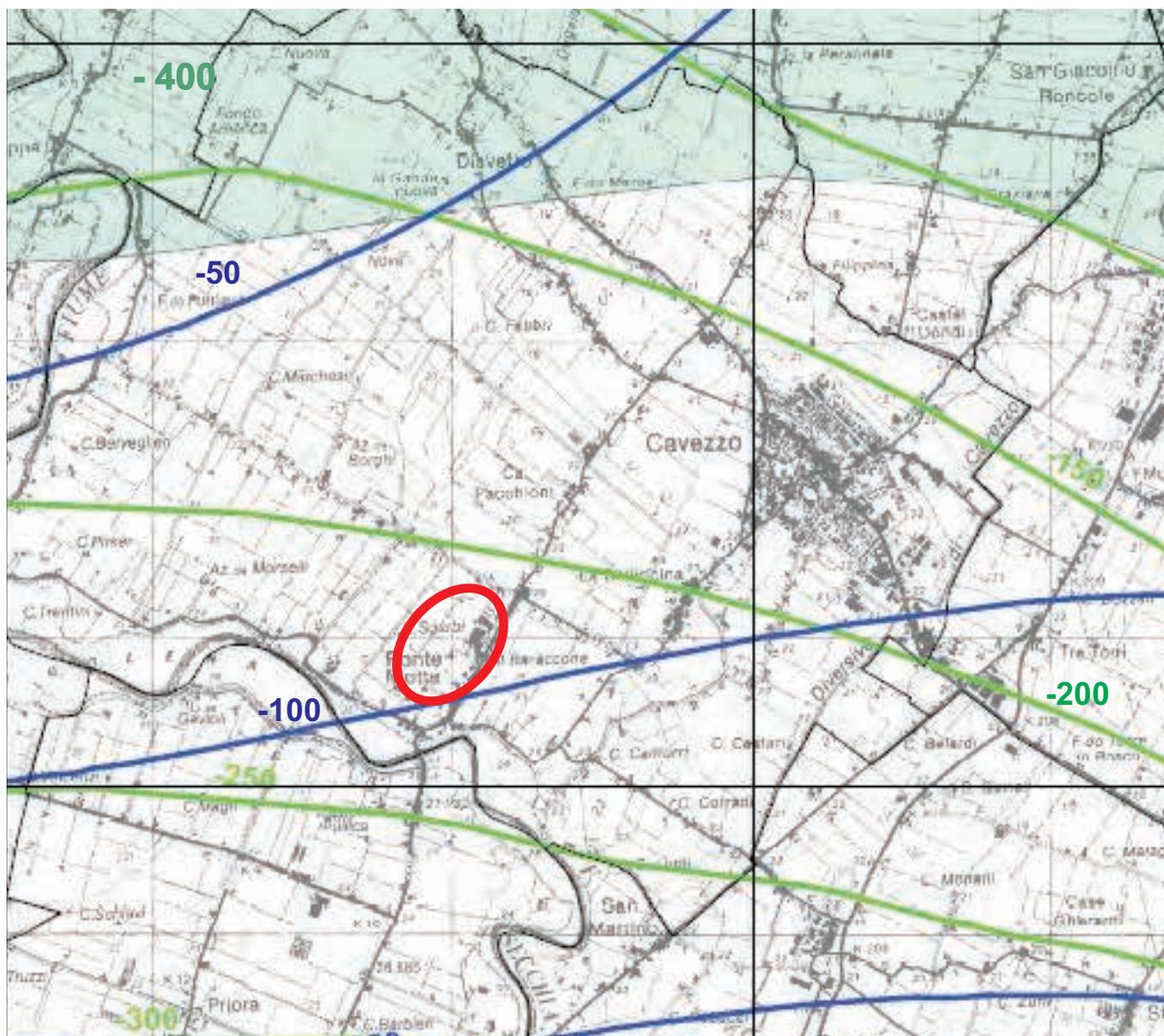


Tav.n. 5 “Indagini geognostiche” Scala Grafica

- | | | |
|---|---|--|
| ● CPT eseguite dal Dott. Bruschi anno 2011/2012 | ■ Sondaggio a car. e DH da Noi eseguito anno 2013 | — MASW da Noi eseguite in data 08/01/2014 |
| — MASW eseguita dal Dott. Bruschi anno 2011/12 | — MASW da Noi eseguite nell’anno 2013 | - - - RE.MI da Noi eseguite in data 08/01/2014 |
| ● CPTU eseguite da Noi nell’anno 2013 | ★ HVSR da Noi eseguiti in data 08/01/2014 | |
| ● CPT eseguite da Noi nell’anno 2013 | | |

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 7

“QC Tav. 3_01 - Carta dei depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie”

Scala grafica

Legenda



 Area di interesse

	ghiaie affioranti
	ghiaie
	successioni alluvionali prevalentemente fini (argilla e limi)
	sabbie
	isobate della superficie superiore (con indicazione della quota riferita al livello medio del mare)
	isobate della base del ciclo alluvionale superiore / tetto del ciclo alluvionale inferiore (con indicazione della quota riferita al livello medio del mare)
	isobate della base dei depositi alluvionali / tetto substrato marino (con indicazione della quota riferita al livello medio del mare)

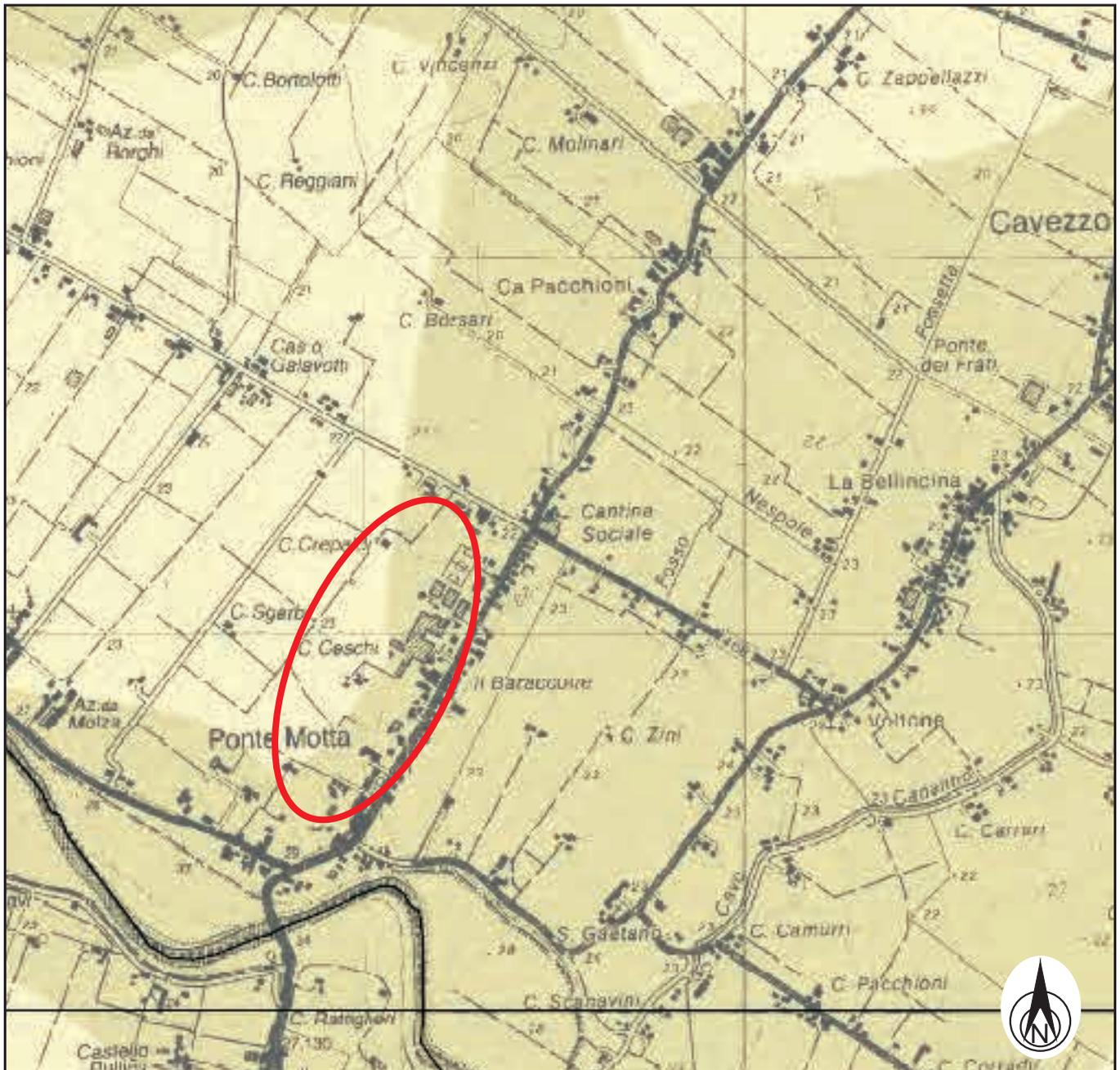
Tratta da:



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 9

Tav. 2.2a 1 "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali"

Scala grafica

Legenda

7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali liquefazione S ₁ : valutazione del coefficiente di amplificazione litologica del potenziale di liquefazione e dei sedimenti s ₁ . S ₂ : valutazione del coefficiente di amplificazione litologica del potenziale di liquefazione e dei sedimenti s ₂ .
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti S ₁ : valutazione del coefficiente di amplificazione litologica del potenziale di cedimenti s ₁ . S ₂ : valutazione del coefficiente di amplificazione litologica del potenziale di cedimenti s ₂ . S ₃ : valutazione del coefficiente di amplificazione litologica del potenziale di cedimenti s ₃ .



Area di interesse

Tratta da:





MICROAREA INDAGATA:
Valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, dei cedimenti attesi e del pot.le di liquefazione, **APPR. di II e III Livello**

Tav. N. 10 "Carta di Microzonazione Sismica"

Scala grafica

2° e 3° livello di approfondimento

L.R. 20/2000 D.G.R 112

Microarea indagata mediante
 indag. sismica MASW media - Vs30 = **207 m/s**
 indag. sismica Re.Mi. media - Vs30 = **184 m/s**

PIANURA 1: caratterizzata da profilo stratigrafico costituito da presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (inferiore a 100 m da p.c.)

II livello di approfondimento

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE F.A. MEDIO

F.A. PGA = 1.7

(PGA accelerazione massima orizz. alla superficie)

F.A. (intensità spettrale 0.1s < To < 0.5s) = 1.9

F.A. (intensità spettrale 0.5s < To < 1.0s) = 2.6

III livello di approfondimento

PGA di rif. per territorio Cavezzo = 0.150

PGA in sup. da modello simulato EERA = 0.313

Fattore di amplificazione della PGA = 2.09

F.A. (intensità spettrale 0.1s < To < 0.5s) = **2.35**

F.A. (intensità spettrale 0.5s < To < 1.0s) = **3.52**



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geofisiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazioni cave - bariche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 1

Prove penetrometriche statiche CPT e CPTU corredate di interpretazione geotecnica

GEO GROUP s.r.l.

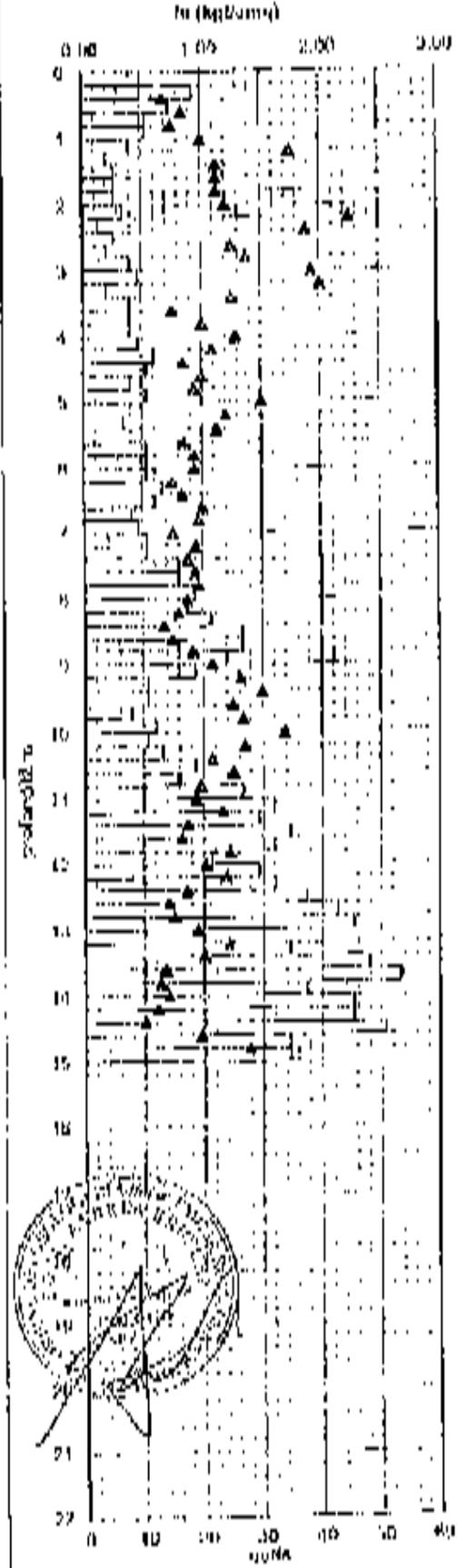
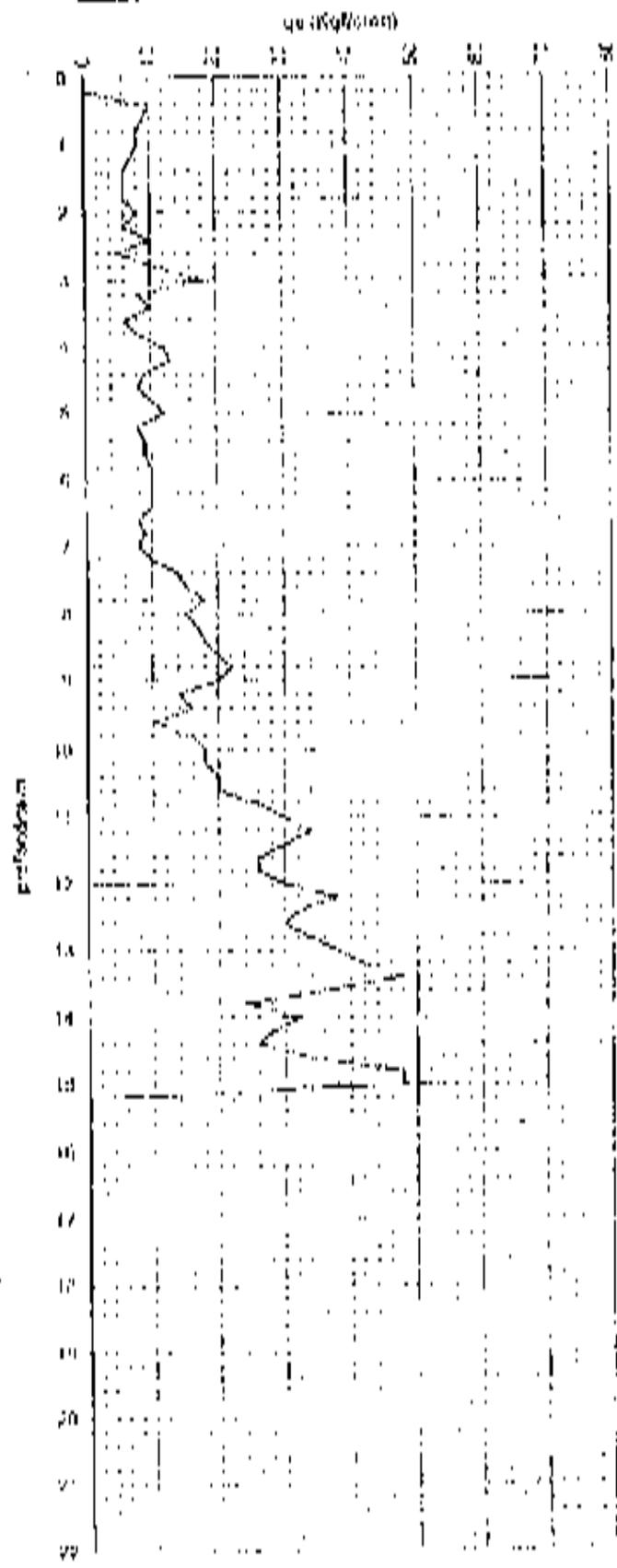
Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - Laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche o geotecniche

Prove penetrometriche statiche CPT eseguite dal Dott. Bruschi nel Dicembre 2011

Ing. G. Ucci, Andrea Buschi
 via Praxella 15, 41037 Mirandola (MO)
 tel. 059/639210 fax 059/290399
OPERATORE:
 Ing. Andrea Buschi
 COORDINATA: piano campagna

SECONDA PENITENZIALE
 C.P. N° 7
ARTICOLAZIONE:
 P.S. Deep Drill 20 L
 Profondità falda: 1,70 m da p.c.

COMMITTENTE:
 WAGNER & S.p.A. - piano terra
CANTIERE: via Archimede
 Loc. Ponte Molle - Casavola (MO)
DATA: 09/08/2011



Ingegn. Carlo Andrea Bruschi
 Via Mazzini 35, 41037 Mantova (MO)
 Tel. 0376/246280 - cell. 349792903/349792904
COPERATORE:
 Dott. Andrea Bruschi
GIUNTA: primo vicepresidente

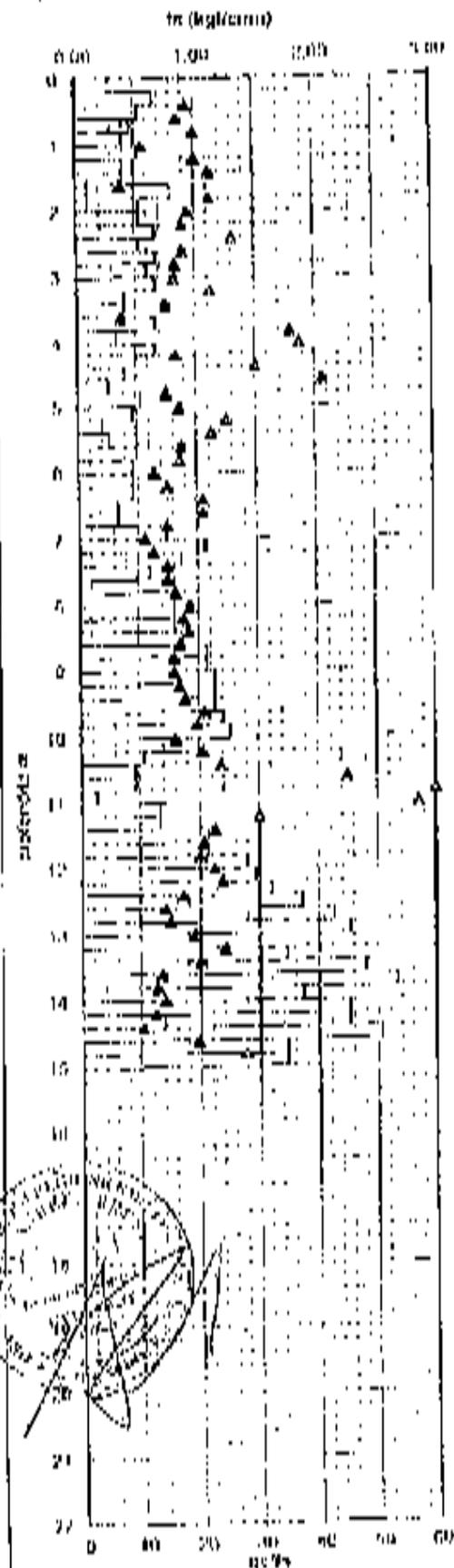
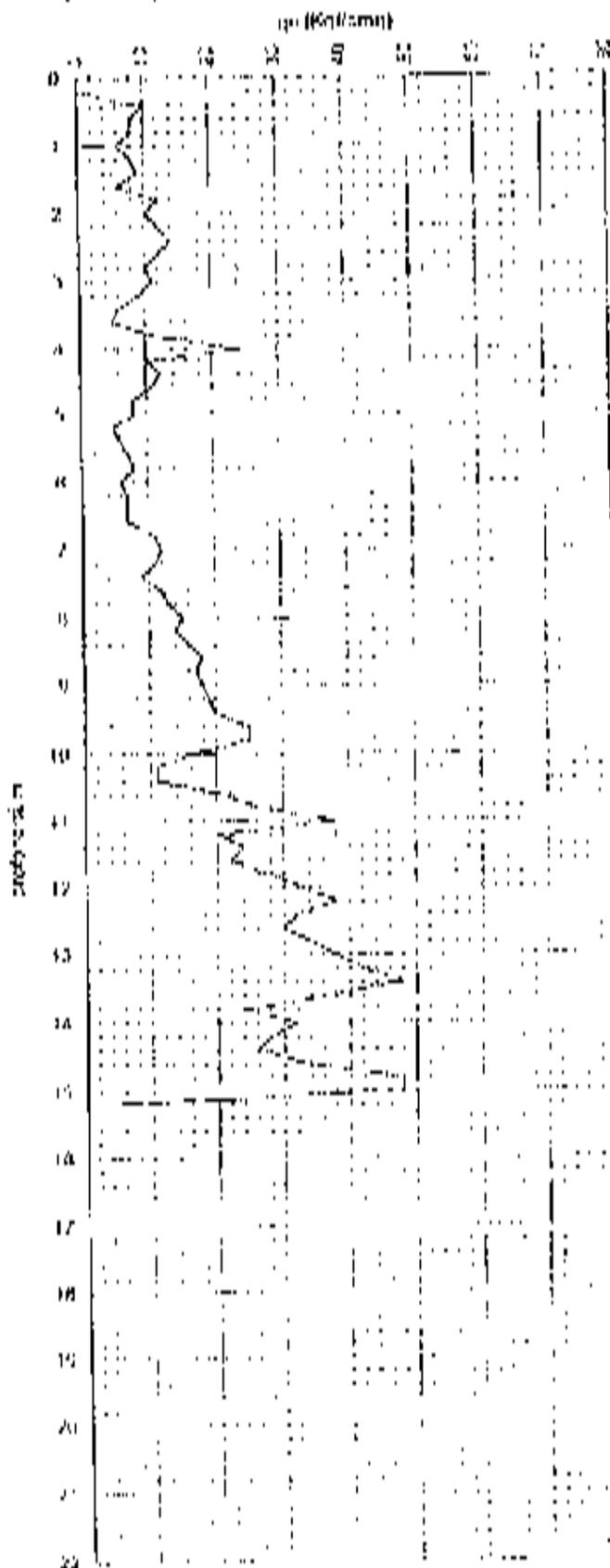
PROVA PENETROMETRICA
 (C.P.C. N° 7)

ATTREZZO:
 U.S. Deep Drill 201
 Profondità totale: 1,40 m (da p.c.)

COMMITTEE NITP:
 www.comitee.it

CANTIERE: Via Archimede
 Loc. Ponte Malta, Cavazzolo (MO)

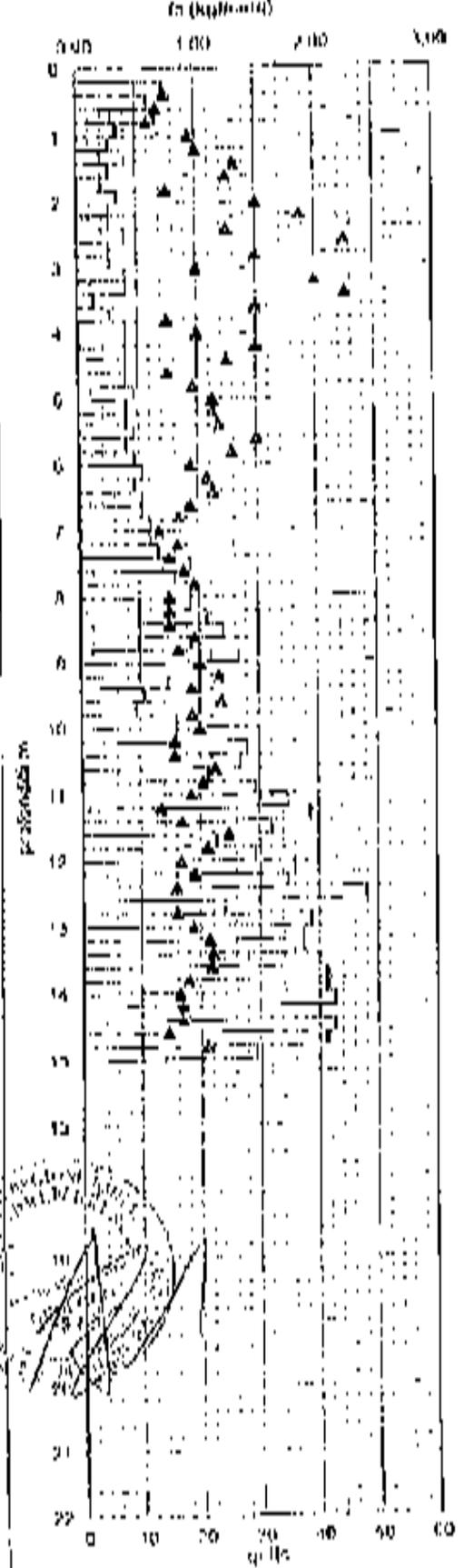
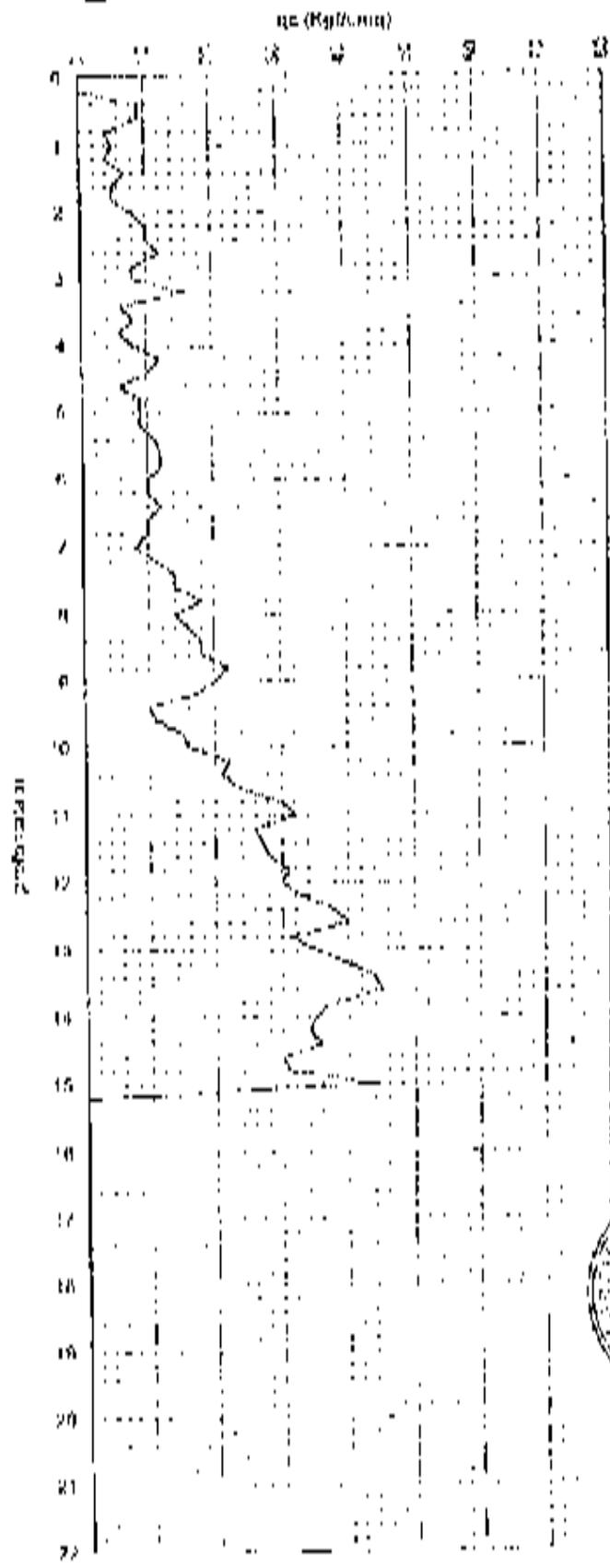
DATA: Dicembre 2011



Ing. G. Sant'Antonio Bruschi
 via Mazzini 25, 40138 Modena - MO
 tel. 059/290001 - fax 059/290000
 C.F. 01640010967
 Dott. Antonio Bruno P.
 C.O.G.S.A. - piano sottopiano

PROVA PENETROMETRICA
 C.P.T. N° 3
 ATTREZZO:
 P. S. Deep-Dul 201
 Profondità fonda. 1,20 m da p.c.

COMMITTENTE:
 WIKIOPOL S.p.A. - via S. Francesco
 BANTIERE - via Adimondo
 Loc. Ponte Matto - Casole V. (MO)
 [DATA: 21 gennaio 2011]



Ingegn. Geol. Andrea Brocchi
 Via Garibaldi 35, 41052 Mirandola (MO)
 tel. 0535/869091 - cel. 3495220390

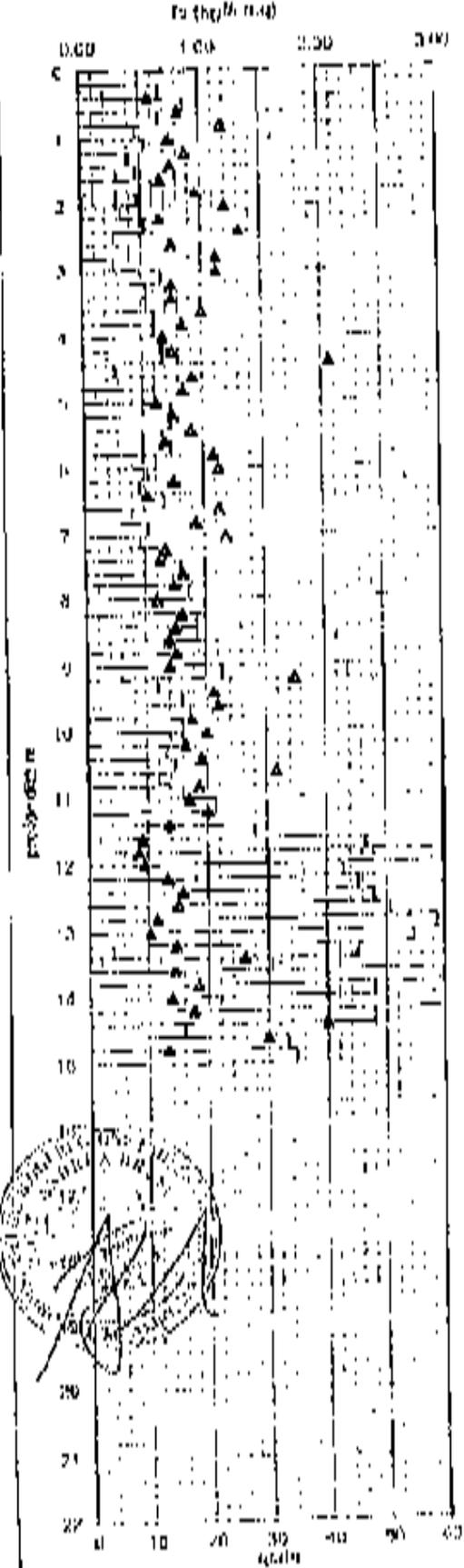
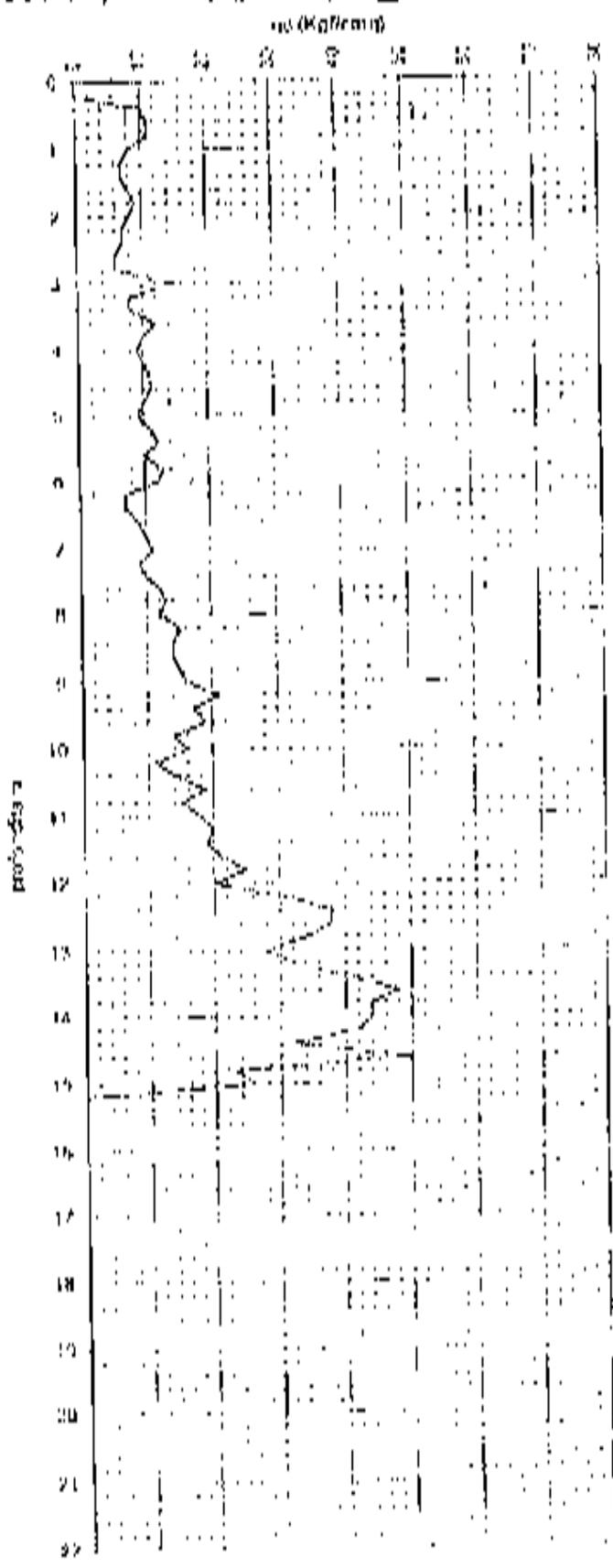
OPERATORE:
 Geol. Andrea Brocchi
QUOTA: piano campagna

PROVA PENETROM. FRIDA
 G.P.T. N° 8

ATTEZZO:
 P.z. Camp. Hall 201
 Profondità frida: 1,2 m da p.c.

COMMITTENTE:
 WARRINGTON S.P.A. - ex-polo n.10

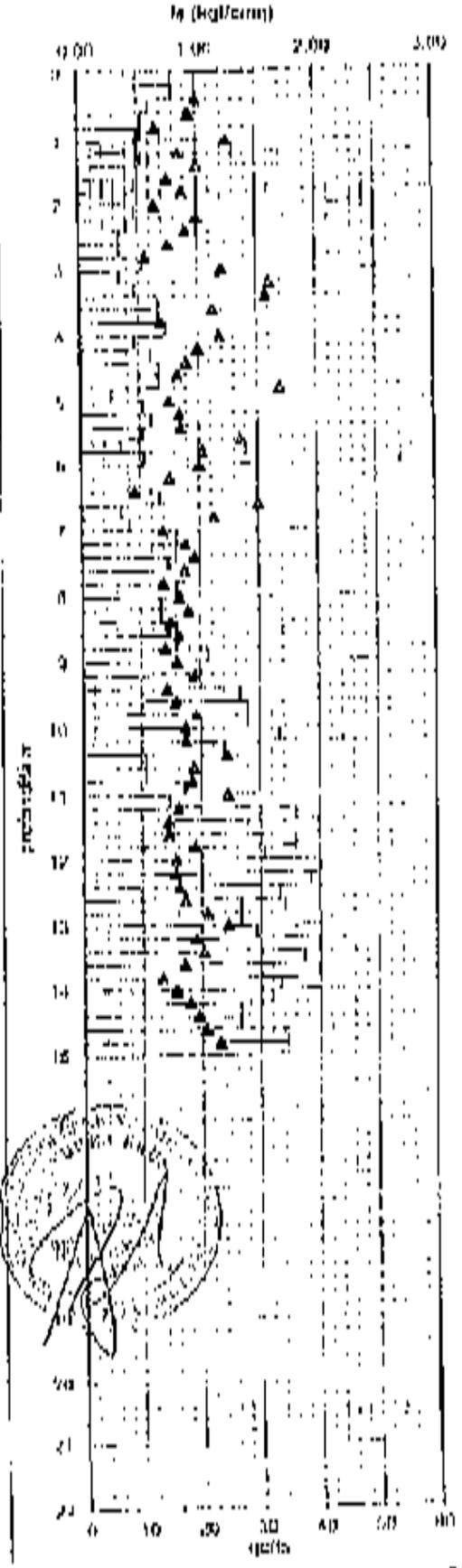
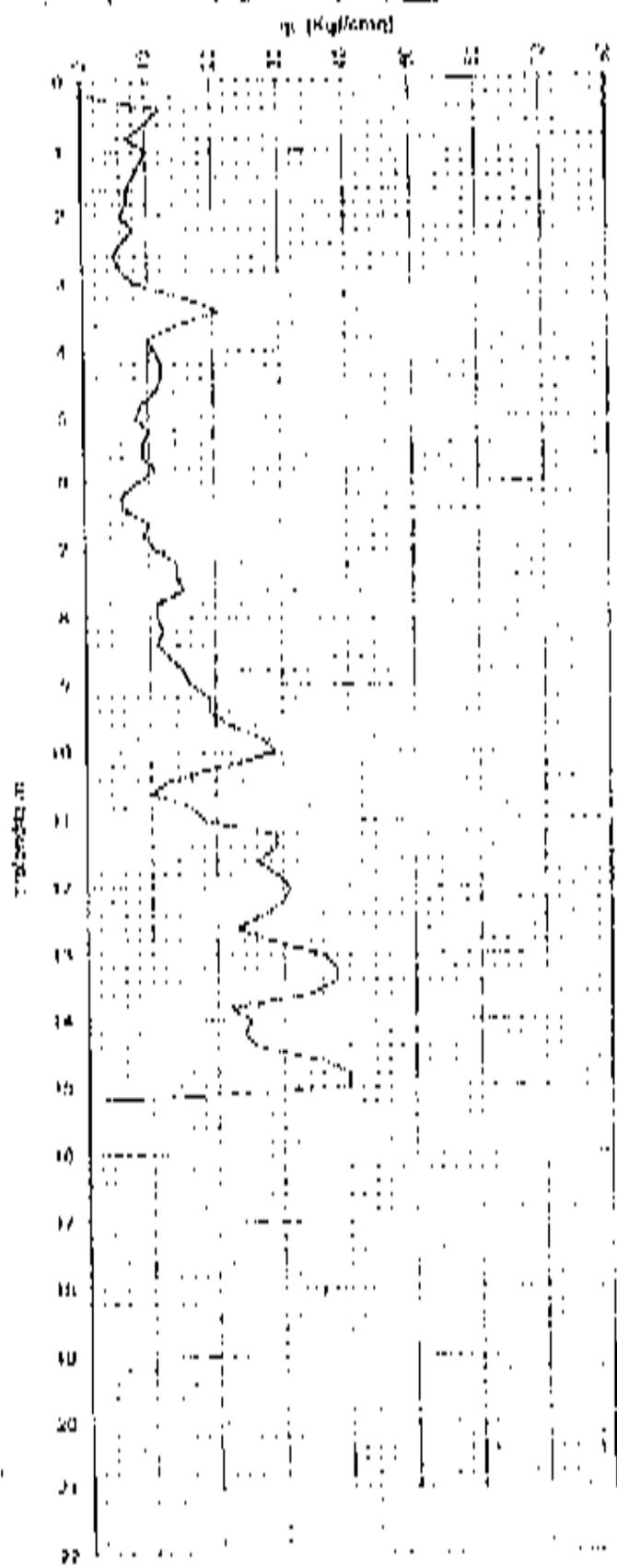
CANTIERE: via Archimede
 Loc. Ponte Motta - Livorno (LI)
DATA: 12/04/2011



Ingeg. Giulio Antonio Bruschi
 Via Poza No. 35 41047 Modena - MO
 tel. 059/540000 fax. 059/5200390
OPERATORE:
 Dott. Andrea Ursachi
QUOTA: piano campagna

PROVA DI NUTRIZIONE IDRICA
C.P.T. N° 0
ATTREZZO:
 P.S. Camp Dell'20 L
 Profondità Lulla: -1,5 m da p.c.

COMMITTENTE:
 WAMARCO s.p.a. - a socio unico
CANTIERE: via Archimede
 Loc. Ponte Molle - Gaverzo (MO)
DATA: Dicembre 2011



Inq. a Geol. Andrea Bruschi
via Mazzella 25, 11027 Montebelluna (TV)
tel. 0423/08250 - fax 0423/08251

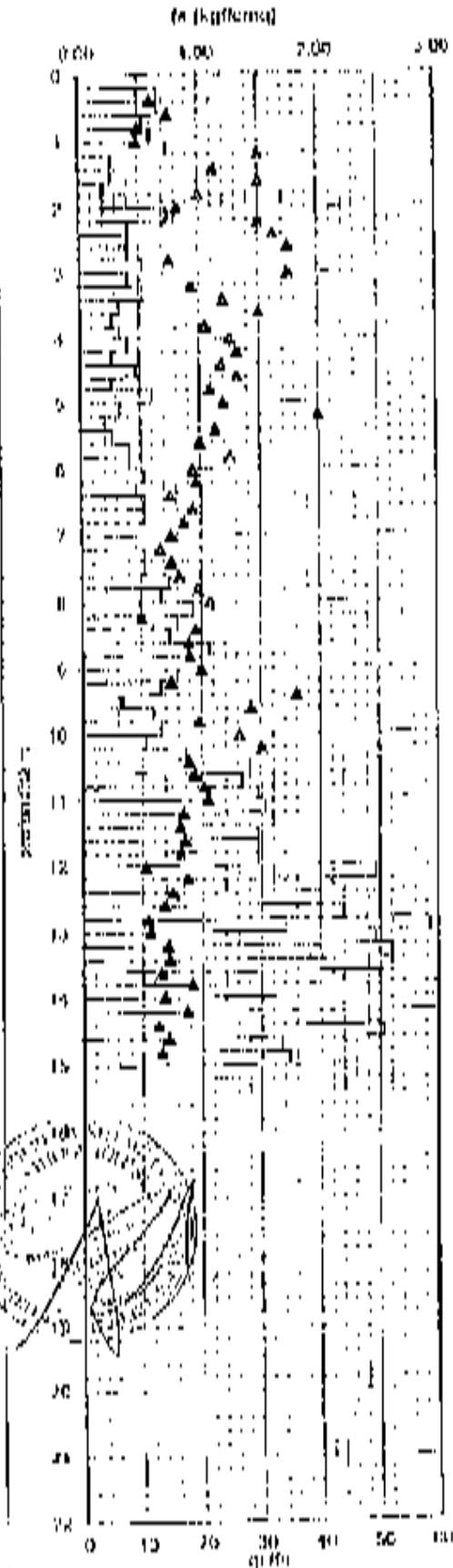
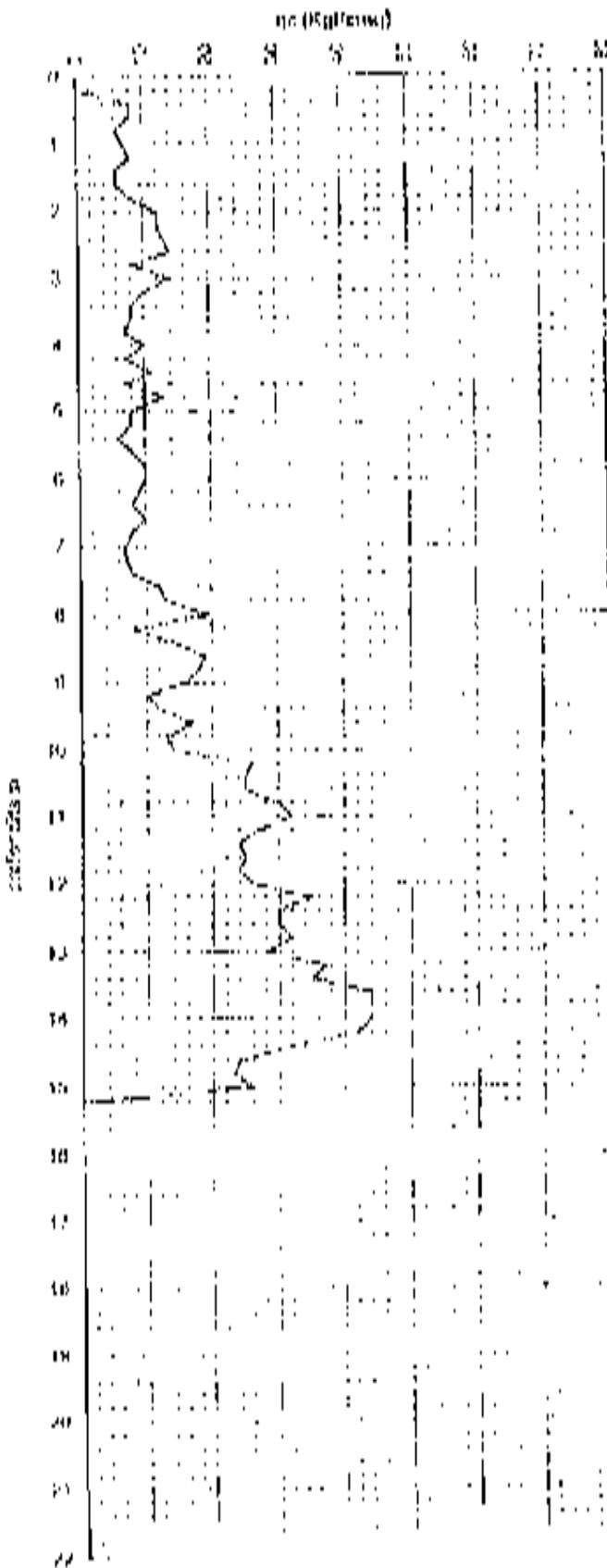
OPERAZIONE:
Canti. Andrea Bruschi
CANTIERA piano campagna

PROVA PENETROMETRICA
CPT N° 6

ALTEZZA
P.S. Deep Drill 201
Profondità fonda 120 m di p.c.

COMMITTENTE:
WALTER D.P.A. - a.s. unica

CANTIERE: via Archimede
Loc. Ponte Molle, Cavezzo (MO)
[DATA Dicembre 2011]



Ingegn. Geol. Andrea Brucchi
 via parente 36, 01127 Montalcino - MC
 tel. 0577/200201 - fax 0577/200200

PROVA PENETROMETRICA
 C.P.C. N° 7

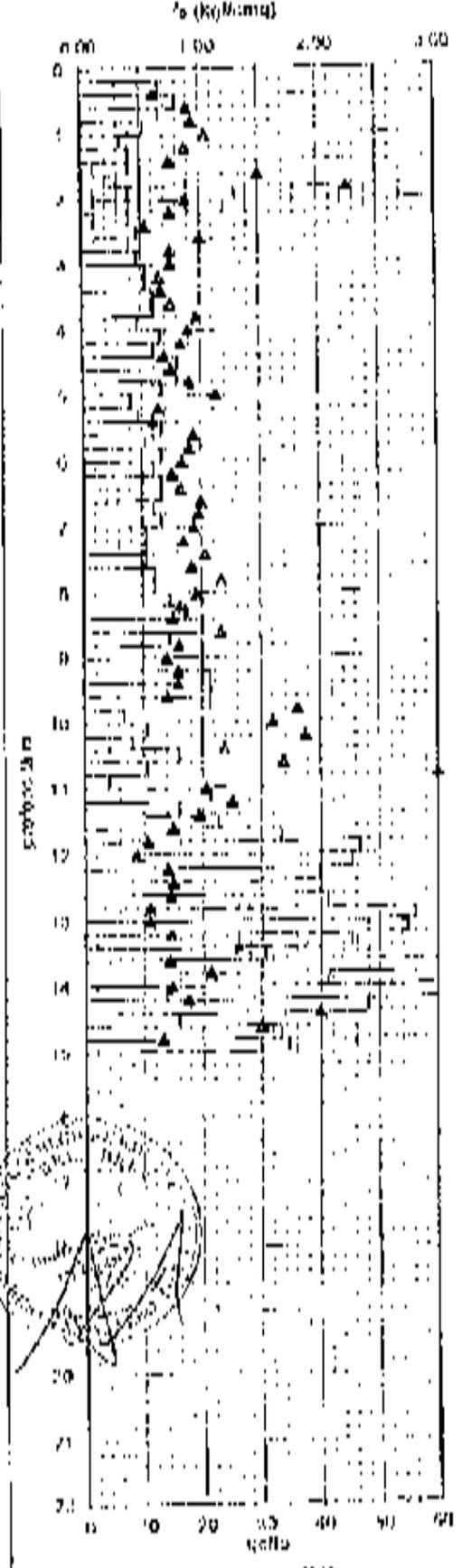
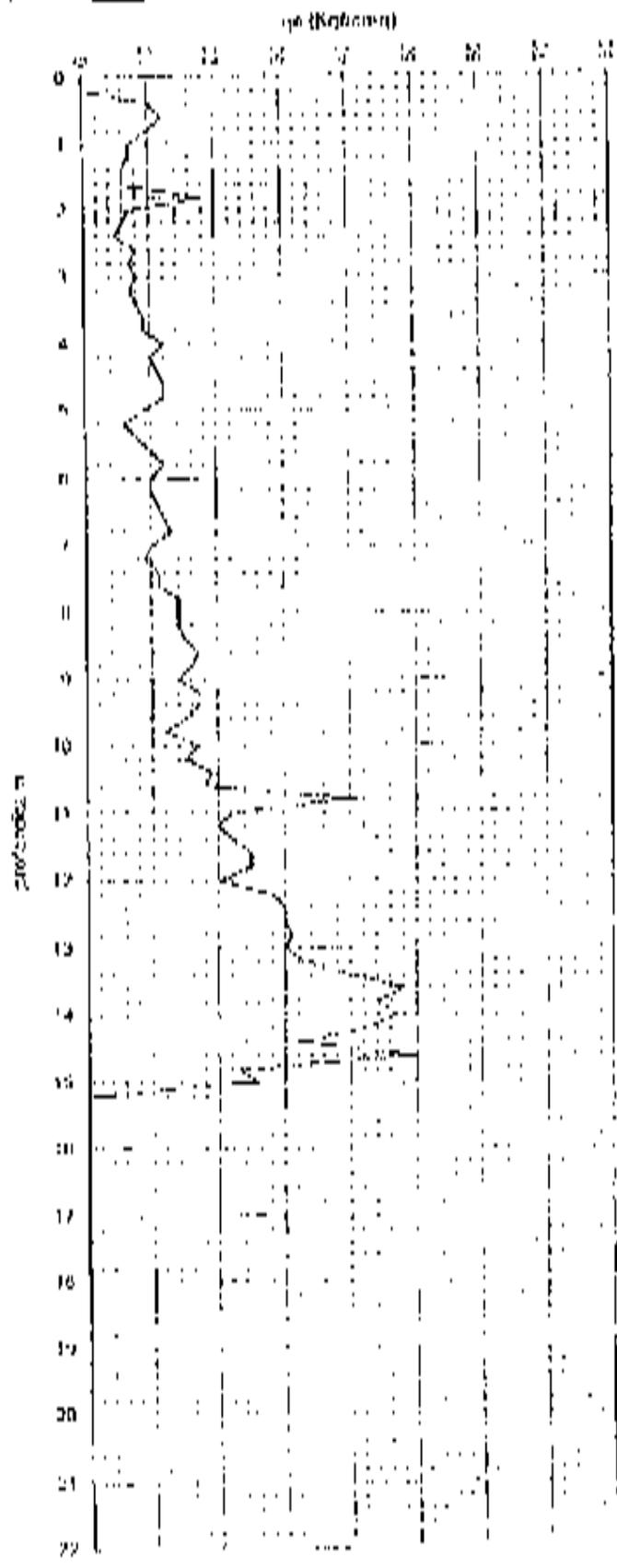
COMMITTENTE
 WAMPACQUA S.P.A. - via ...

OPERATORE
 Geol. Andrea Brucchi

AFFIDATO
 P.S. Imp. Del. 201
 Provenienza fidej.

CANTIERE via Argemone
 Loc. Ponte Motta - Grosseto (GR)
 [DATA] Dicembre 2011

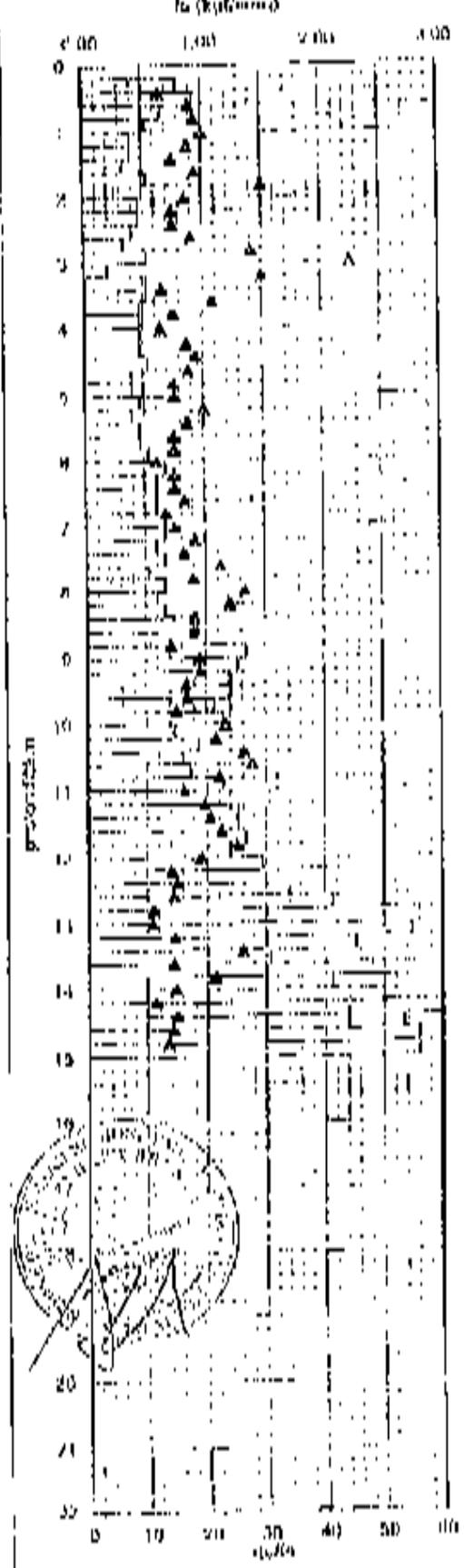
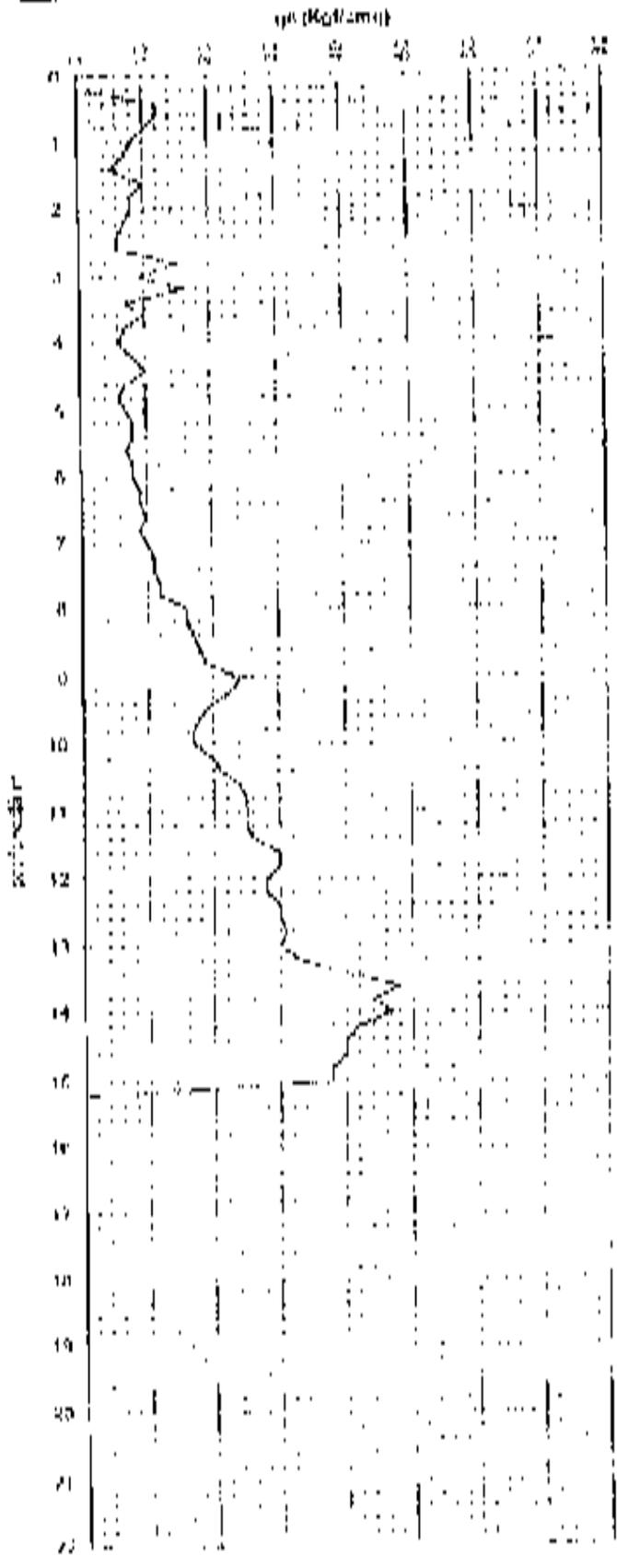
1,2 m da p.c.



Ingegn. Andrea Bruschi
 Via Pozzo 36, 41037 Spresiano - MO
 tel. 053535250 - cell. 3407499106
CIRCOLARE
 Dott. Andrea Bruschi
 QUOTA piano campagna

PROVA DI INTERCOMETERICA
 C.P.T. N° 8
ATTEZZO:
 P.31 Camp. 04/11/2011
 Profondità falda: 1,3 m da p.c.

COMMITTENTE:
 WALTERZON & F.A. - a tutto carico
CANTILIERE: via Archimede
 Loc. Ponte Molle - Gavezzo (MO)
 DATA: dicembre 2011



GEO GROUP s.r.l.

Ingegneria geosismologica e geotecnica - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Prove penetrometriche statiche CPT da Noi eseguite nel Gennaio 2013

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
CPT
certificato n° **1**
037.2013
PUBB

Committente: Studio Tecnico
Cantiera: Costruzione nuova fabbrica Industriale - WAM
Località: Cavazzo - v. Cavotti 338/a
UM: MPa
Pagina: 1/1
Data Caricamento: 25/03/2013
Data Caricamento: 25/03/2013

H	L1	L2	L3	qc	fs	F	Q1	Q2	L1	L2	L3	qc	fs	F	Q1	Q2	
m				MPa	MPa		%	%				MPa	MPa		%	%	
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00												
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00												
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00												
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00												
1.00	1.00	1.00		1.27	0.00	0	0.2										
1.20	0.00	2.00		0.00	0.00		1.2	0.0									
1.40	0.00	10.00		0.70	4.700		1.2	0.0									
1.60	0.00	10.00		0.70	4.700		1.2	0.0									
1.80	7.00	14.00		0.00	0.00		1.2	0.0									
2.00	7.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.2									
2.20	7.00	1.00		0.00	0.00		1.0	0.2									
2.40	0.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.2									
2.60	10.00	20.00		0.00	0.00		2.0	1.0									
2.80	7.00	11.00		0.00	0.00		2.1	1.7									
3.00	0.00	11.00		0.00	1.000	0.0	2.2										
3.20	10.00	21.00		1.00	0.00	2.0	1.0										
3.40	7.00	17.00		0.00	0.00		1.7	0.7									
3.60	27.00	30.00		2.00	1.200	2.0	1.4										
3.80	20.00	41.00		2.25	2.000	1.0	0.0										
4.00	10.00	27.00		1.00	0.00	2.0	1.2										
4.20	10.00	30.00		1.20	0.00	0.0	1.0										
4.40	10.00	24.00		1.00	0.00	2.0	1.0										
4.60	20.00	4.00		0.00	0.00	0.0	1.0										
4.80	10.00	24.00		1.00	0.00	2.0	1.0										
5.00	10.00	10.00		0.00	0.00	2.0	1.0										
5.20	0.00	11.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
5.40	0.00	11.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
5.60	7.00	12.00		0.00	0.00		1.0	0.7									
5.80	0.00	11.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
6.00	10.00	10.00		0.00	1.000	1.0	0.0										
6.20	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
6.40	0.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
6.60	0.00	11.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
6.80	0.00	0.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
7.00	0.00	0.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
7.20	0.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
7.40	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
7.60	11.00	20.00		1.00	0.00	2.0	1.0										
7.80	7.00	14.00		0.00	0.00		1.0	0.7									
8.00	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
8.20	0.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
8.40	0.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
8.60	0.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
8.80	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
9.00	10.00	10.00		1.00	0.00		1.0	0.0									
9.20	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
9.40	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
9.60	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
9.80	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
10.00	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
10.20	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
10.40	10.00	20.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
10.60	0.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
10.80	7.00	12.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
11.00	10.00	21.00		1.00	0.00	2.0	1.0										
11.20	10.00	24.00		1.00	0.00	2.0	1.0										
11.40	10.00	10.00		0.00	0.00		1.0	0.0									
11.60	20.00	30.00		2.00	0.00	2.0	1.0										
11.80	21.00	30.00		2.25	0.00	2.0	1.0										
12.00	10.00	35.00		1.00	0.00	1.0	0.0										
12.20	10.00	30.00		1.00	0.00	1.0	0.0										
12.40	20.00	41.00		2.00	1.200	2.0	1.0										
12.60	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
12.80	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
13.00	20.00	41.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
13.20	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
13.40	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
13.60	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
13.80	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
14.00	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
14.20	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
14.40	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
14.60	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
14.80	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										
15.00	20.00	40.00		2.25	1.000	2.0	1.0										

H = profondità
L1 = prima lettura (quinta)
L2 = seconda lettura (quinta + laterale)
L3 = terza lettura (laterale)
C1 = 1/10 (M) coefficiente di trasformazione

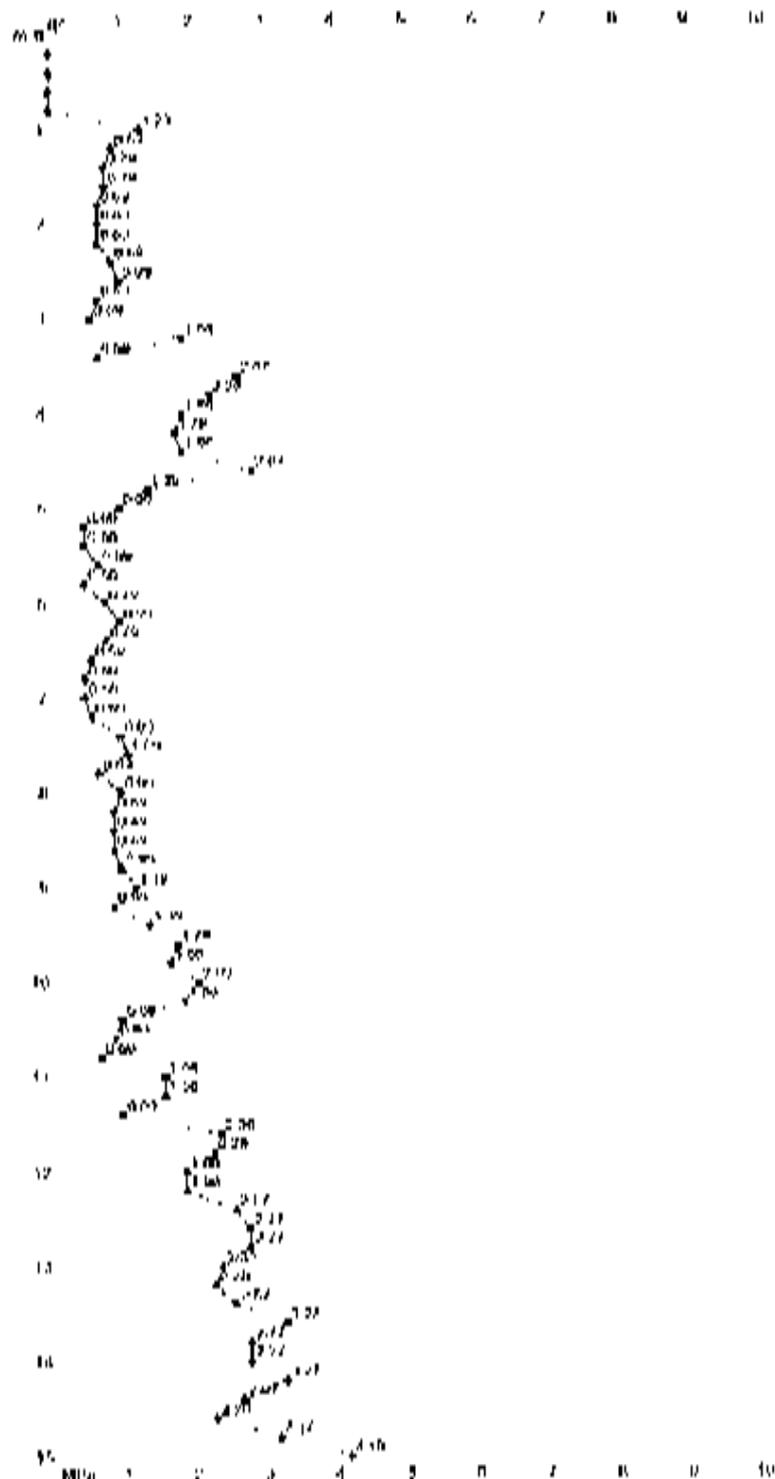
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale (circinata)
F = 2000000000 / qc
Q1 = rapporto penetrometro (qc / fs)
Q2 = rapporto laterale (fs / qc) * 100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

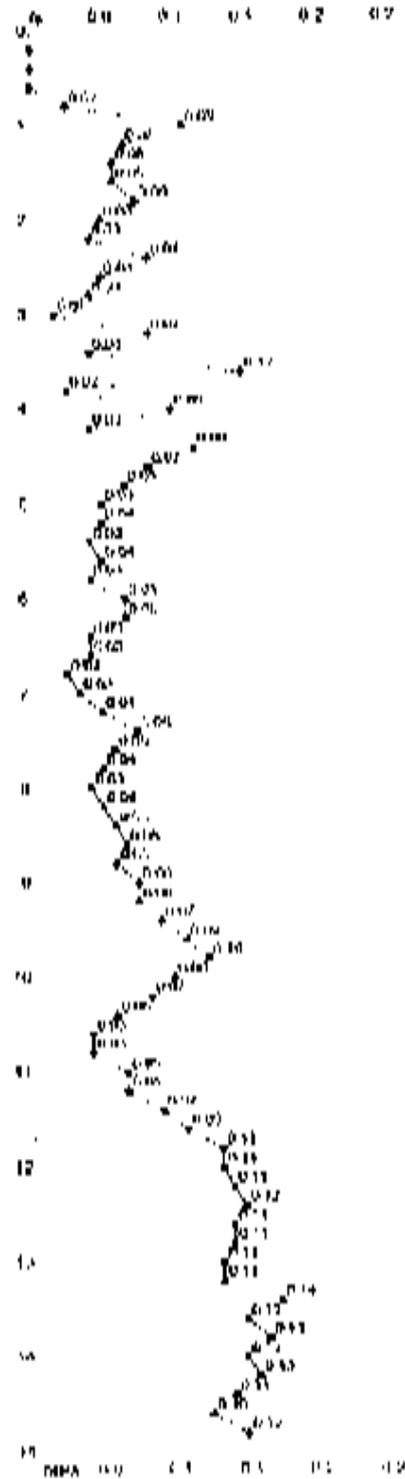
CPT
 Modulo n° **1**
 qualificato n° **037-2013**
 3344

Coordinate: **Aperto Montebello**
 Cantiere: **Costruzione nuovo fabbricato ab. industriale - WAM**
 Località: **Camporeale - V. Cavone 3017a**

DATA: **01/07/2013**
 Località: **170**
 Pagina: **278** **Qualificato n°**
 1.0000000 **037-2013**
 3344



Penetrometro **CONIDA 200 KN**
 Ingresso n° **0000000**
 Abilitato



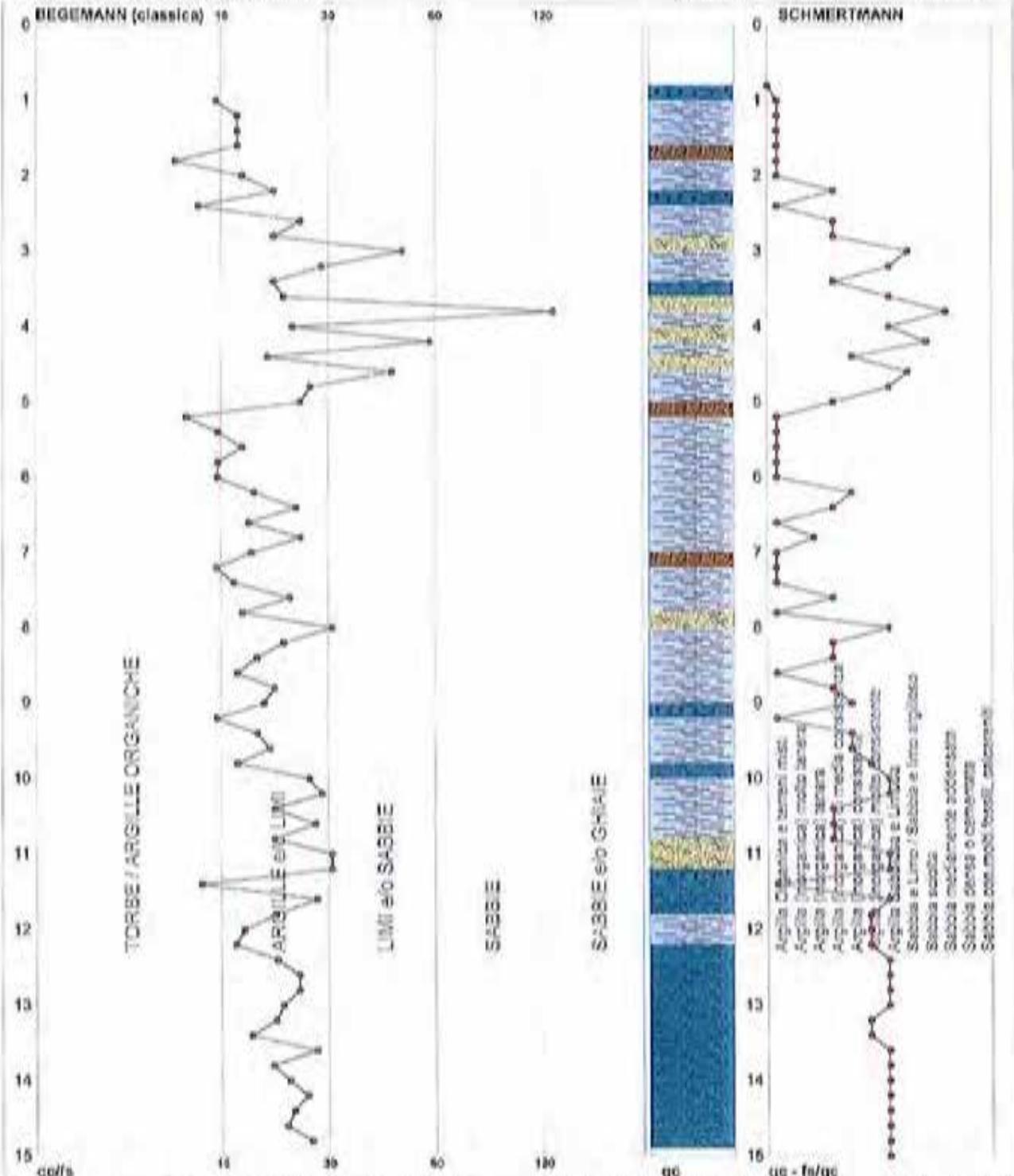
Penetrometro **100 kN**
 Ingresso n° **0000000**
 Abilitato

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
riferimento
certificato n° **1**
037-2013
3944

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Costruzione nuovo fabbricato Industriale - WAM
Località: Cavezzo - v. Cavour 330/a

UM: MPa
Scala: 1:75
Pagine: 3/4
Elaborato:
Data esec.: 25/01/2013
Data certificato: 25/01/2013
Firma: Forcellino



Torbe / Argilla org.	11 parti, 14,80%	Argilla Organica o terrici misti	26 parti, 27,03%	Argilla Sabbiosa e Limosa	21 parti, 28,38%
Argilla e/o Limo	60 parti, 75,88%	Argilla (inorganica) torosa	1 parte, 1,05%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.	2 parti, 2,70%
Limo e/o Sabbia	6 parti, 8,11%	Argilla (inorganica) media consist.	13 parti, 17,57%	Sabbia sciolta	1 parte, 1,35%
Sabbia	1 parte, 1,35%	Argilla (inorganica) consistente	5 parti, 5,26%	Sabbia mediamente sabbiosa	1 parte, 1,35%
		Argilla (inorganica) molto consist.	6 parti, 6,11%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
Standard
Coeff. (1/3)² **2**
037-2013
3040

Coordinate: Spazio tecnico
Contiene: Controllo in campo fabbricato industriale - WAM
Località: Cavazzola - v. Cavour 330/A

U.M. MPA Data prova: 28/02/2013
Pagina: 1/4 Data collaudo: 28/02/2013
F. Esaminato: F. S.M. F. S.M.

H m	L1 cm	L2 cm	L3 cm	qc MPa	Fp kN	f %	Hf %	H m	L1 cm	L2 cm	L3 cm	qc MPa	Fp kN	f %	Hf %
0.00	0.00	0.00													
0.05	0.00	0.00													
0.10	0.00	0.00													
0.15	0.00	0.00													
1.00	0.00	21.00		0.78	67.00	8	11.9								
1.20	10.00	12.00		1.20	73.00	25	4.3								
1.30	15.00	20.00		1.37	69.00	25	4.0								
1.40	17.00	21.00		1.18	69.00	30	3.3								
1.50	10.00	10.00		0.98	53.00	30	3.3								
2.00	0.00	14.00		0.80	53.00	27	3.7								
2.20	11.00	10.00		1.00	49.00	28	3.8								
2.40	10.00	21.00		1.67	47.00	37	3.1								
2.60	13.00	10.00		1.00	53.00	24	4.0								
2.80	0.00	17.00		0.60	47.00	34	5.2								
3.00	10.00	17.00		0.90	49.00	26	4.0								
3.20	0.00	17.00		0.80	49.00	16	5.7								
3.40	1.00	14.00		1.27	47.00	19	6.7								
3.60	0.00	10.00		0.70	53.00	24	4.1								
3.80	15.00	10.00		1.37	49.00	25	2.8								
4.00	0.00	12.00		0.70	100.00	6	10.7								
4.20	17.00	27.00		1.18	49.00	30	3.3								
4.40	21.00	31.00		2.45	45.00	33	1.0								
4.60	22.00	20.00		2.10	27.00	61	1.2								
4.80	11.00	15.00		1.00	47.00	23	4.1								
5.00	7.00	14.00		0.80	60.00	32	0.0								
5.20	10.00	27.00		1.70	60.00	30	3.3								
5.40	7.00	10.00		0.80	47.00	15	9.7								
5.60	11.00	10.00		1.00	50.00	20	7.4								
5.80	0.00	15.00		0.80	47.00	19	6.2								
6.00	0.00	17.00		0.60	49.00	15	6.7								
6.20	0.00	17.00		0.90	53.00	34	5.0								
6.40	0.00	14.00		0.80	47.00	16	6.2								
6.60	0.00	10.00		0.80	47.00	18	6.2								
6.80	0.00	13.00		0.70	55.00	16	6.6								
7.00	0.00	11.00		0.50	55.00	18	6.0								
7.20	0.00	11.00		0.80	35.00	10	6.6								
7.40	0.00	13.00		0.70	63.00	10	6.7								
7.60	12.00	20.00		1.30	60.00	20	5.0								
7.80	11.00	20.00		1.00	60.00	10	5.8								
8.00	12.00	21.00		1.18	53.00	23	4.4								
8.20	11.00	10.00		1.00	53.00	21	4.0								
8.40	10.00	10.00		0.90	53.00	10	6.0								
8.60	10.00	10.00		0.90	47.00	17	6.0								
8.80	10.00	10.00		0.80	47.00	23	4.7								
9.00	10.00	10.00		0.80	47.00	18	6.0								
9.20	14.00	25.00		1.37	60.00	30	5.7								
9.40	15.00	27.00		1.47	73.00	24	4.0								
9.60	10.00	27.00		1.37	60.00	20	6.0								
9.80	17.00	24.00		1.87	67.00	20	5.1								
10.00	17.00	30.00		1.87	53.00	10	6.6								
10.20	24.00	20.00		2.30	100.00	24	4.2								
10.40	20.00	41.00		2.60	113.00	24	4.3								
11.00	25.00	40.00		2.20	37.00	26	3.8								
11.20	10.00	20.00		1.37	40.00	27	3.8								
11.40	10.00	24.00		1.47	40.00	10	6.3								
11.60	20.00	37.00		1.64	55.00	16	2.7								
11.80	22.00	30.00		2.14	67.00	30	3.0								
12.00	20.00	33.00		2.25	67.00	20	3.8								
12.20	30.00	42.00		2.84	120.00	24	4.0								
12.40	27.00	46.00		2.40	155.00	18	6.7								
12.60	27.00	54.00		2.40	133.00	20	4.0								
12.80	30.00	60.00		2.84	133.00	24	4.4								
13.00	31.00	61.00		3.04	120.00	24	3.4								
13.20	24.00	40.00		2.25	113.00	24	4.0								
13.40	25.00	40.00		2.20	67.00	20	3.8								
13.60	24.00	37.00		2.15	100.00	24	4.2								
13.80	24.00	44.00		2.40	155.00	20	4.0								
14.00	31.00	51.00		3.04	140.00	20	4.4								
14.20	20.00	50.00		2.84	127.00	20	4.4								
14.40	25.00	44.00		2.40	120.00	24	4.0								
14.60	20.00	40.00		2.24	167.00	20	3.0								
14.80	27.00	43.00		2.80	110.00	24	4.2								
15.00	24.00	41.00		2.15											

H1 = profondità
L1 = prima lettura (cm)
L2 = seconda lettura (prima + seconda)
L3 = terza lettura (totale)
C1 = 10 MPa costante di trasformazione

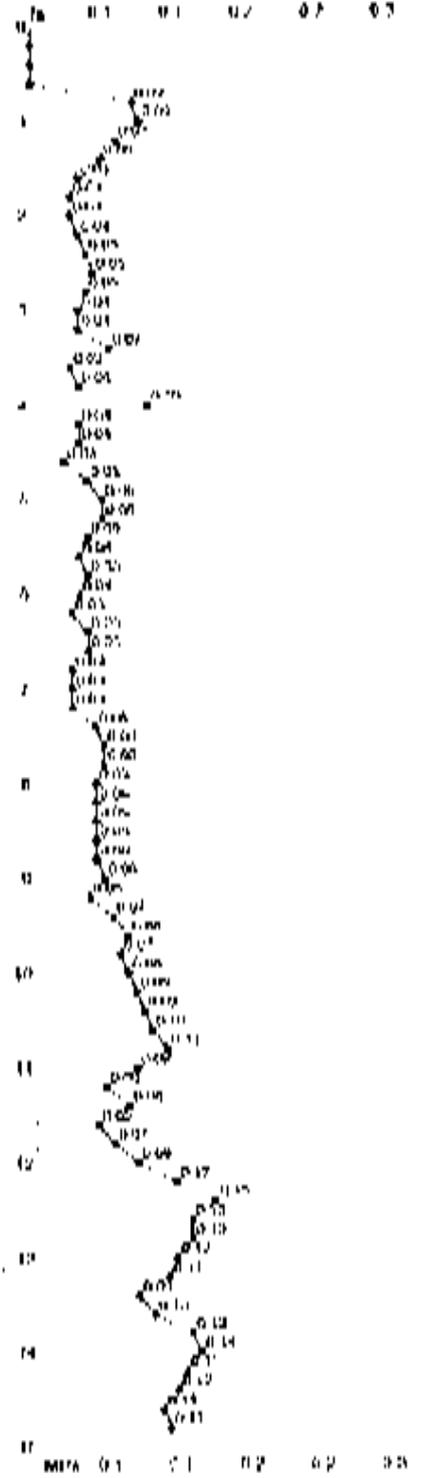
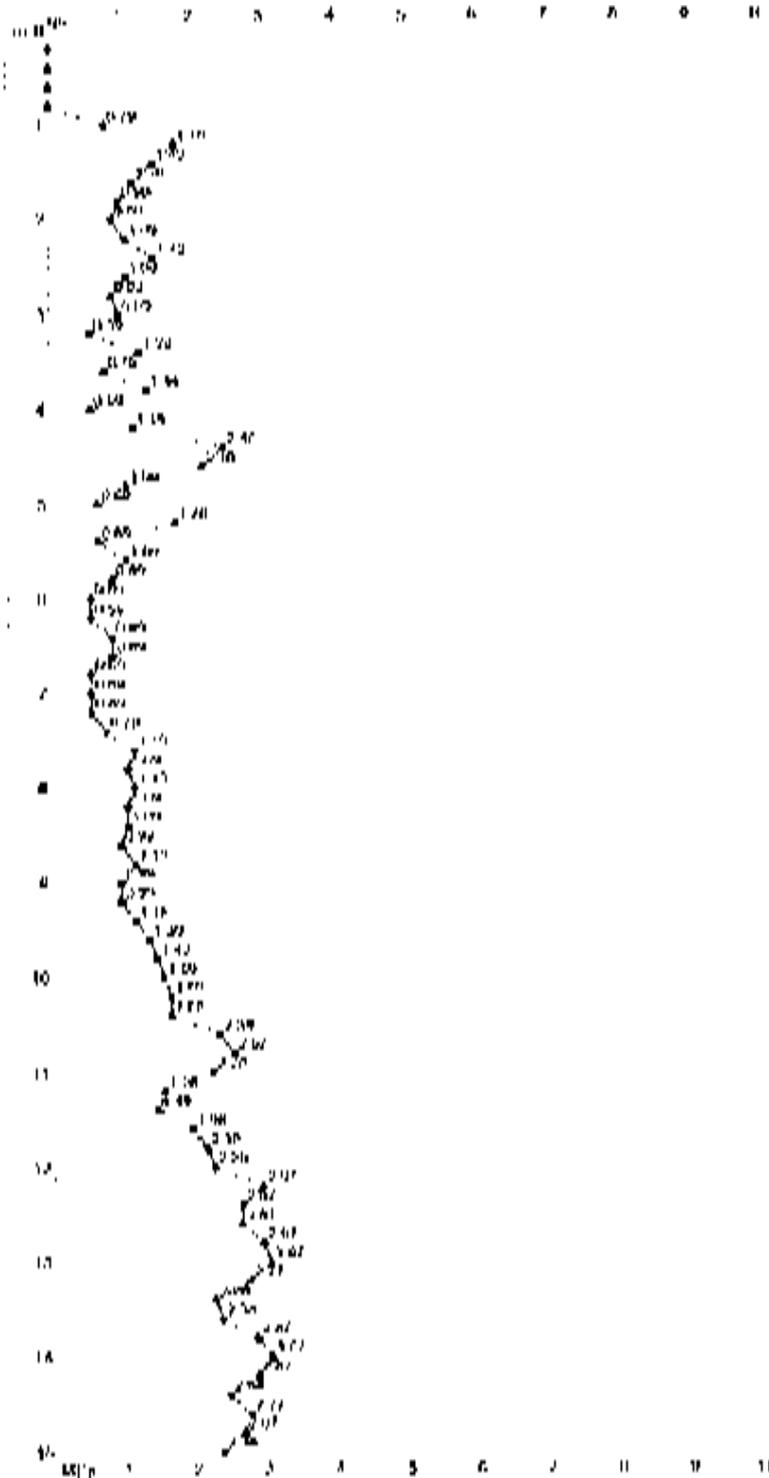
qc = resistenza di punta
Fp = resistenza laterale calcolata
f = rapporto qc/Fp
Hf = rapporto resistenza (5 Fp)² / 100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT
 Contratto n° **2**
037-2013
 SM6

Completato: **Stadio 03/04/06**
 Cantiere: **Costruzione nuovo fabbricato Industriale - WAM**
 Località: **Spazzola - Cantone 03/04**

U.M.: **MPa** Scala: **1:25** Profilo: **2/1** F. Infondo: **0.000**
 Data: **20/01/2013**



Penetrometro: **GM, GA 200 MP**
 Integrità: **Assoluta**

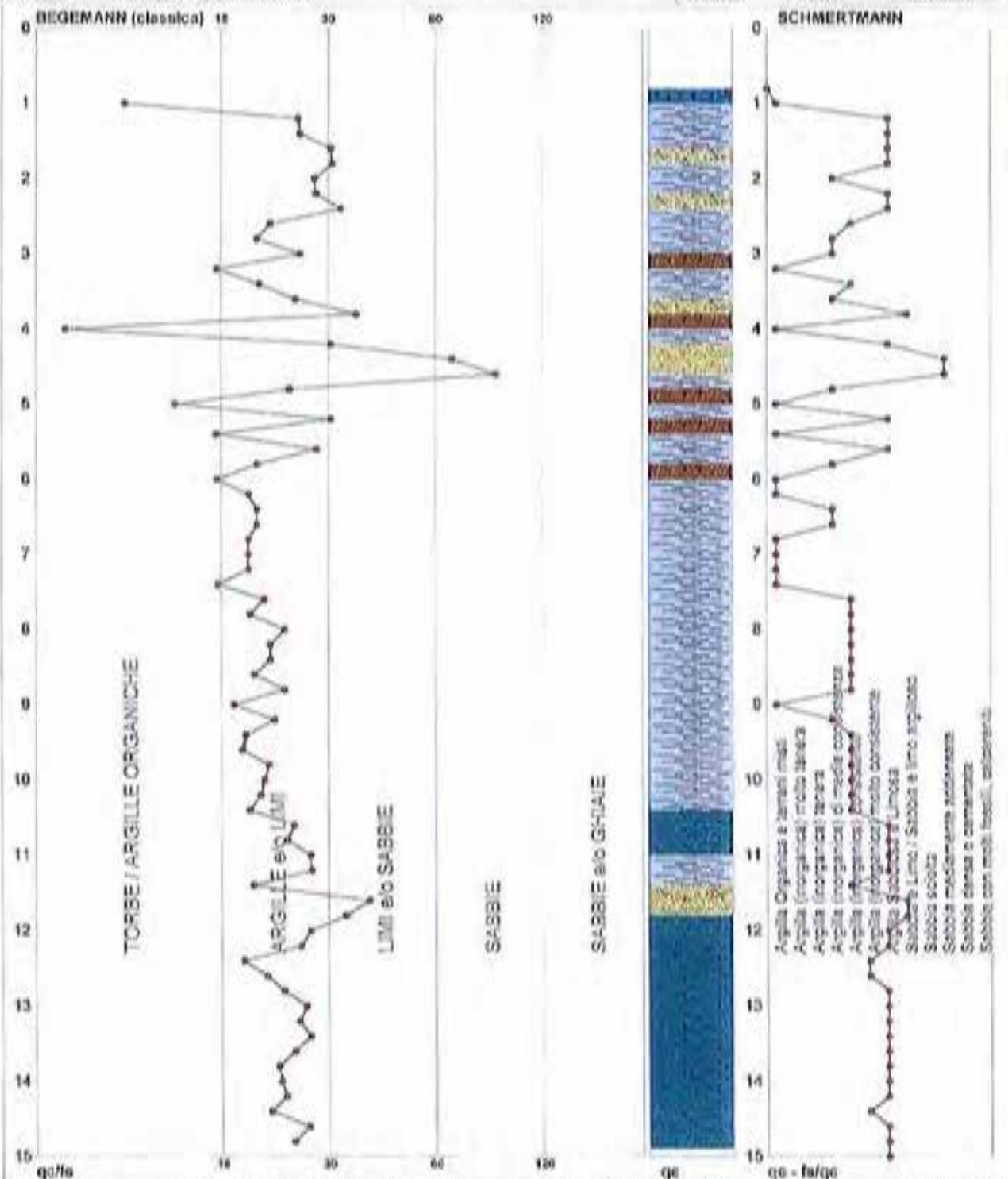
Profondità: **0.000m**
 Direzione: **03/04**
 CPT: **03/04**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
riferimento
certificato n° **2**
037-2013
3940

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Costruzione nuovo fabbricato Industriale - WAM**
Località: **Cavazzo - v. Cavour 338/a**

U.M.: **MPa** Data esec.: **28/01/2013**
Scala: **1:75**
Pagina: **3/4** Data certificato: **28/01/2013**
Elaborato: **Felja** Foto chiuso



Torbe / Argilla org	10 punti, 13.51%	Argilla Organica e terreni misti	12 punti, 15.22%	Argilla fibrosa e limosa	25 punti, 33.70%
Argilla e/o Limi	57 punti, 77.03%	Argilla (inorganica) molto consist.	9 punti, 12.90%	Sabbie e Limo / Sabbie e limo arg.	3 punti, 4.00%
Limi e/o Sabbie	5 punti, 6.70%	Argilla (inorganica) consistente	16 punti, 21.02%	Sabbie mediamente sabbiose	2 punti, 2.70%
Sabbie	2 punti, 2.70%	Argilla (inorganica) molto consist.	3 punti, 4.00%		

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT
037-2013
3240

Completato: **Stadio tecnico**
Costruttore: **Cavazzoni nuovo fabbricato industriale - WAM**
Località: **Cavazzo - v. Cavovr 036/a**

1/13 - MW - 13/04/2013 - 20/01/2013
Pagina: 1/4 - Stato cartificato: 20/01/2013
1/13/2013

H #1	L1 -	L2 -	L3 -	qs MPa	fs MPa	F %	ff %	H #1	L1 -	L2 -	L3 -	qs MPa	fs MPa	F %	ff %
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
3.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
4.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
5.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
8.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										

H = profondità
L1 = spessore (beta) (beta1)
L2 = spessore (beta) (beta2) (beta3)
L3 = spessore (beta) (beta4)
L4 = spessore (beta) (beta5)

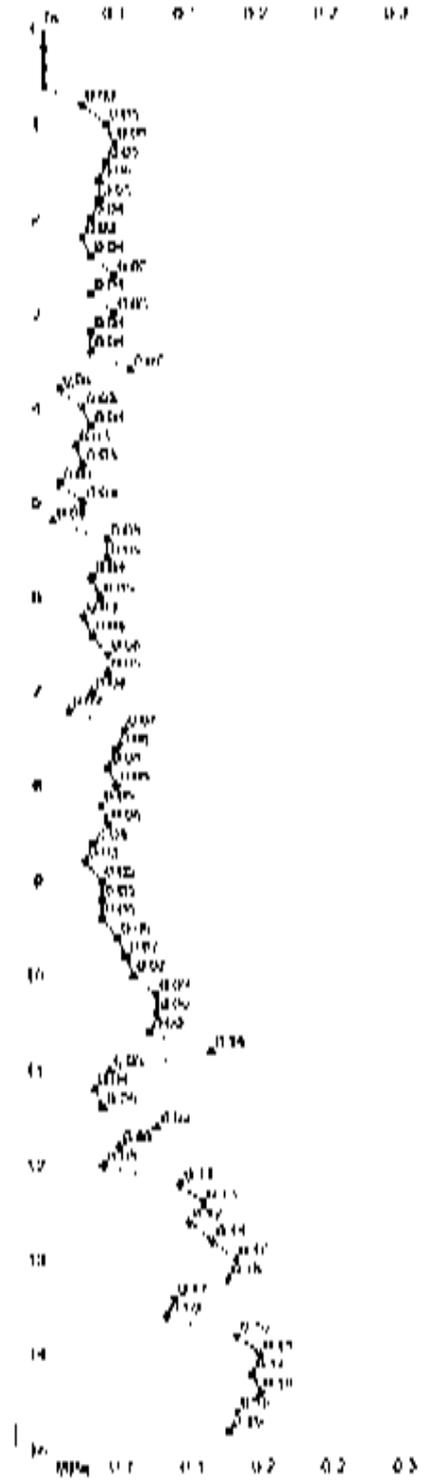
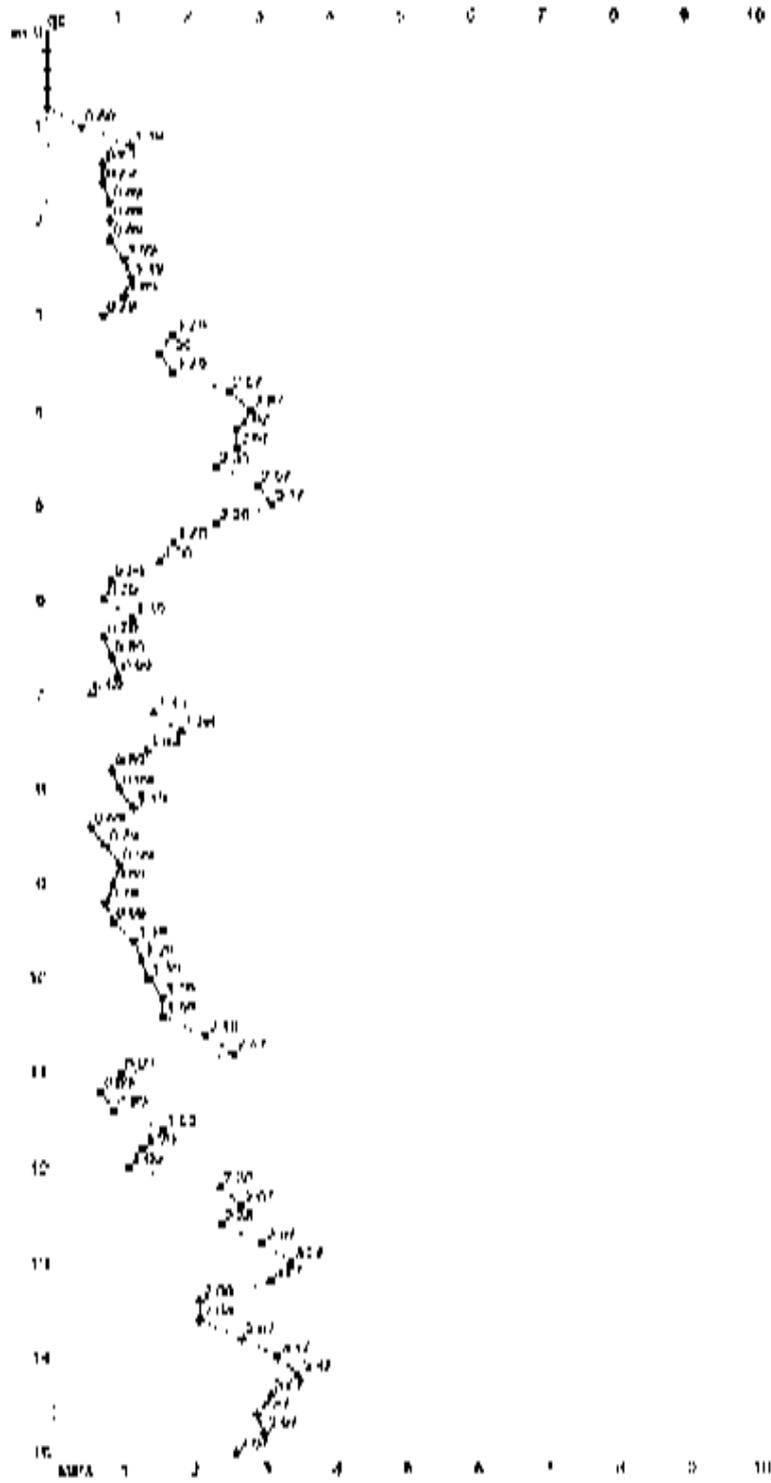
qs = resistenza spaziale
fs = resistenza laterale (beta1)
F = rapporto (beta1/beta2)
ff = rapporto (beta1/beta3)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
 DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

CPT
 risultato
 certificato n° **3**
037-2013
 2010

Consulente: Società tecnica
 Cliente: Costruzione nuovo fabbricato industriale WAM
 Località: Casazza - v. Cavotti 55/71

TEST N.° 01	MPa 170	DATA SCELTA 02/02/11	PROVA SPT
Foglio 1/1	274	DATA SCELTA 02/02/11	PROVA SPT



Prova cono: 100/300/300
 Non penetrate
 ARMANDO

Operatore: G. M. M.
 Coll. ARMANDO
 Data: 02/02/11

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
penetrometro
capitolino 100
4
037-2013
3050

Compilazione: Studio tecnico
Carilare: Costruzioni nuove fabbricate industriali - WAM
Località: Genova - v. Cavour 33B/a

U.M.: Bara (MILANO) 2010/2013
Foglio: 1/4 Data compilazione: 2013/07/13
F. numero: 1/000

H [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	qs [MPa]	fs [MPa]	f [MPa]	RF [%]	H [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	qs [MPa]	fs [MPa]	f [MPa]	RF [%]
0.00	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.05	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.10	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.15	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.25	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.30	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.35	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.45	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.50	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.55	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.65	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.70	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.75	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.85	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.90	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.95	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.05	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.10	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.15	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.25	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.30	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.35	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.45	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.50	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.55	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.65	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.70	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.75	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.85	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.90	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.95	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.00	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.05	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.10	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.15	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.25	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.30	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.35	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.45	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.50	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.55	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.65	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.70	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.75	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.85	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.90	0.00	0.00		0.00	0.00										
2.95	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.00	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.05	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.10	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.15	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.25	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.30	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.35	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.45	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.50	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.55	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.65	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.70	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.75	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.85	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.90	0.00	0.00		0.00	0.00										
3.95	0.00	0.00		0.00	0.00										
4.00	0.00	0.00		0.00	0.00										

H = profondità
L1 = prima lettura (prima)
L2 = seconda lettura (prima + laterale)
L3 = terza lettura (laterale)
C.T. = 10.00 costante di resistenza

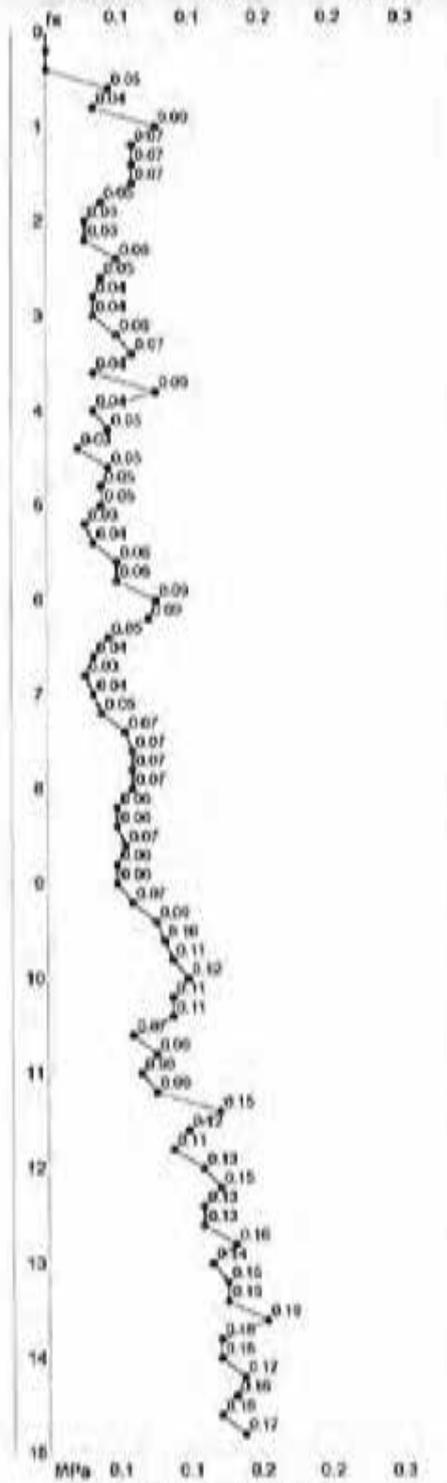
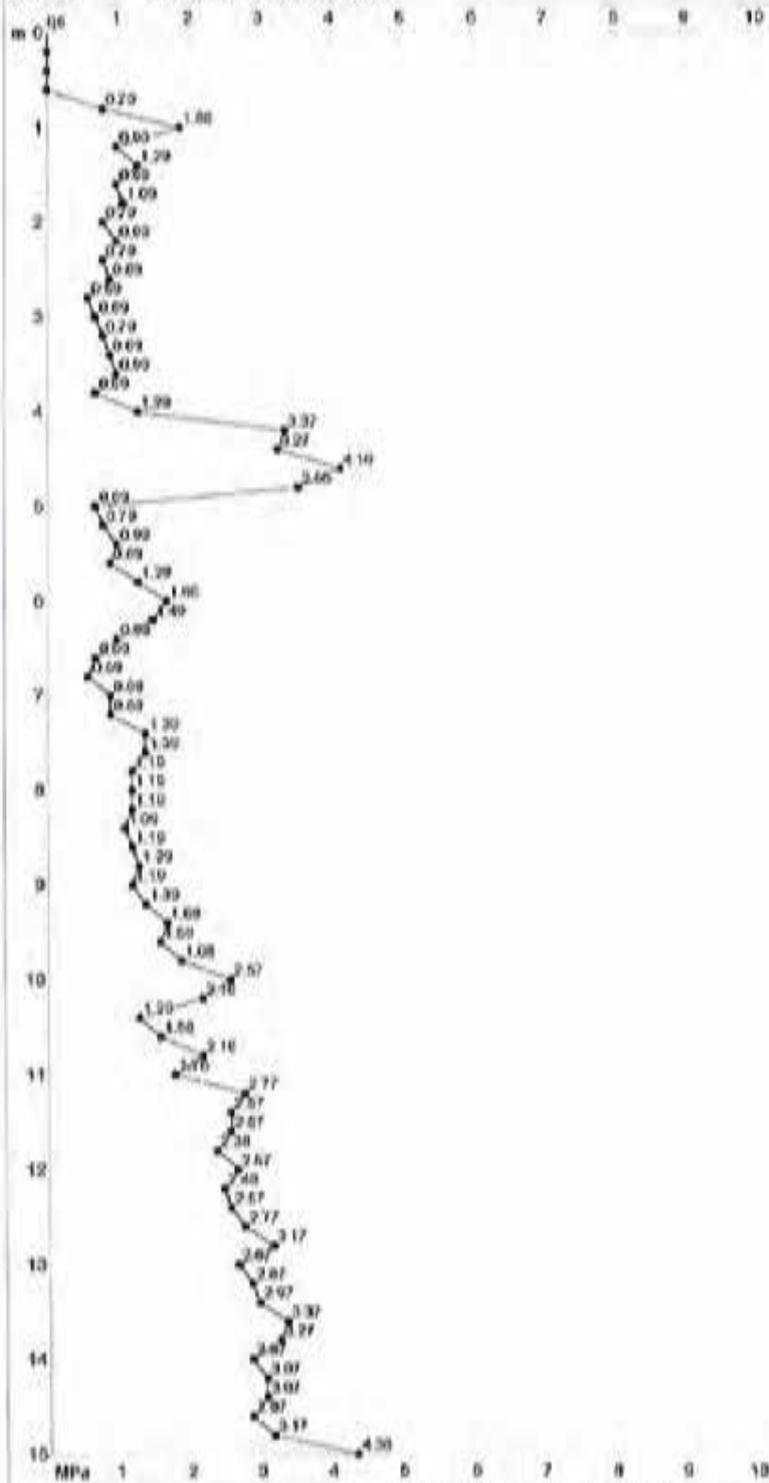
qs = resistenza specifica
fs = resistenza statica calcolata
a 20 cm sopra quota qs
f = rapporto f/qs (qs / fs)
RF = rapporto di resistenza (fs / qs) * 100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT
riferimento
certificato n° **4**
037-2013
3880

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Costruzione nuovo fabbricato industriale - WAM**
Località: **Cavozzo - v. Cavour 338/a**

U.M.: **MPa** Data esc.: **28/01/2013**
Scala: **1:75**
Pagina: **2/4** Data rif. finale: **29/01/2013**
Elaborato: **F.ella** Fato chiuso



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile:
Assistenza:

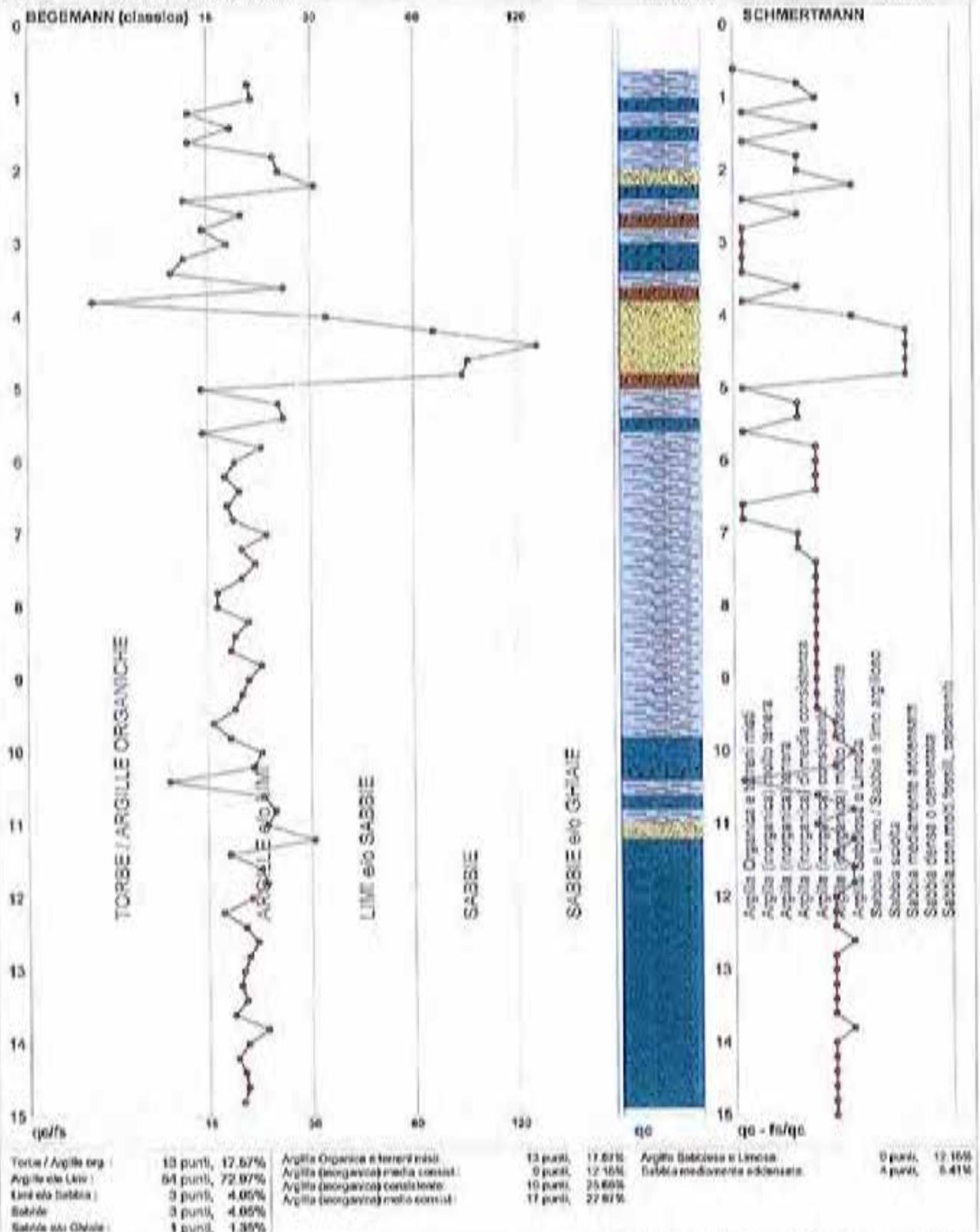
Preteoro: **-0.60 m**
Corr. astine: **kN/m**
Corr. astine: **kN/m**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
riferimento
certificato n° **4**
037-2013
3050

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Costruzione nuovo fabbricato industriale - WAM
Località: Cavozzo - v. Cavour 338/a

U.M.: MPa Data esec.: 28/01/2013
Scala: 1:75
Pagina: 3/4 Data certificato: 20/01/2013
Elaborato: Falda Foto chiavo



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
GOUDA 200 KN

Caratteristiche:

- punta conica meccanica $\varnothing 36,7$ mm, area punta $A_p = 10$ cm²
- punta conica meccanica angolo di apertura $\alpha = 90^\circ$
- manicella laterale di attacco tipo "Benjamin" ($\varnothing = 36,7$ mm - $h = 133$ mm - $A_m = 150$ cm²)
- velocità di avanzamento costante $V = 2$ cm/min. ($\pm 0,5$ cm / sec)
- spinta max nominale dello strumento F_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione CT = 10⁴ N/TA (Kg) / 1 (EURO) DI CAMPAGNA
- (dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

Linea 1 - resistenza alla punta: q_c (MPa) = (1.1) x CT / 10

Linea 2 - resistenza laterale locale: f_s (kPa) = [(1.2) - (1.1)] x CT / 100

Linea 3 - resistenza totale: R_t (kPa) = (1.1) x CT

- Prima lettura = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (linea 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicella (linea 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione della asta esterna (linea 3)

N.B. : la spinta 5 (Kg), corrispondente a ciascuna linea, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L, per la costante di trasformazione CT.

N.B. : creare la distanza equivalente (20 cm circa) tra il centro del manicella laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene amplificata 20 cm dopo la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg \approx 0.1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 ton/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 ton/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 ton/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_0 / \gamma_s)$
 Regemann 1988 - Raccomandazioni A.G.I. 1977
 Valore in via approssimativa per terreni incoerenti in tabella.

$F = q_0 / \gamma_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 1470 \text{ kPa}$	TERREI E ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F < 2940 \text{ kPa}$	LIMI E ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F < 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIEUSE E SABBIE LIMOSE	GRANULATI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE GRANULATA	GRANULATI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schermerhorn (1970), ricavabili in base ai valori di q_0 e di $FR = (\gamma_s / q_0) \%$:

AC1	" argille organiche e terreni nati
AB	" argille (inorganiche) molto tenere
AI	" argille (inorganiche) tenere
- Au	" argille (inorganiche) di media consistenza
Ac	" argille (inorganiche) consistente
- Acc	argille (inorganiche) molto consistente
AGI	" argille calcaree o limose
- SAL	sabbie e limi / sabbie e limi argillosi
- Sa	" sabbie sabbie
- Sim	" sabbie argillose / sabbie argillose
- Sid	" sabbie dunes o duneside
- SO	" sabbie con molti fessili, calcaree

Secondo Schermerhorn il valore della resistenza litologica da usare, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 - 1/2$ di quello misurato, per depositi molli
- quello misurato (moltiplicato), per depositi coesivi

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



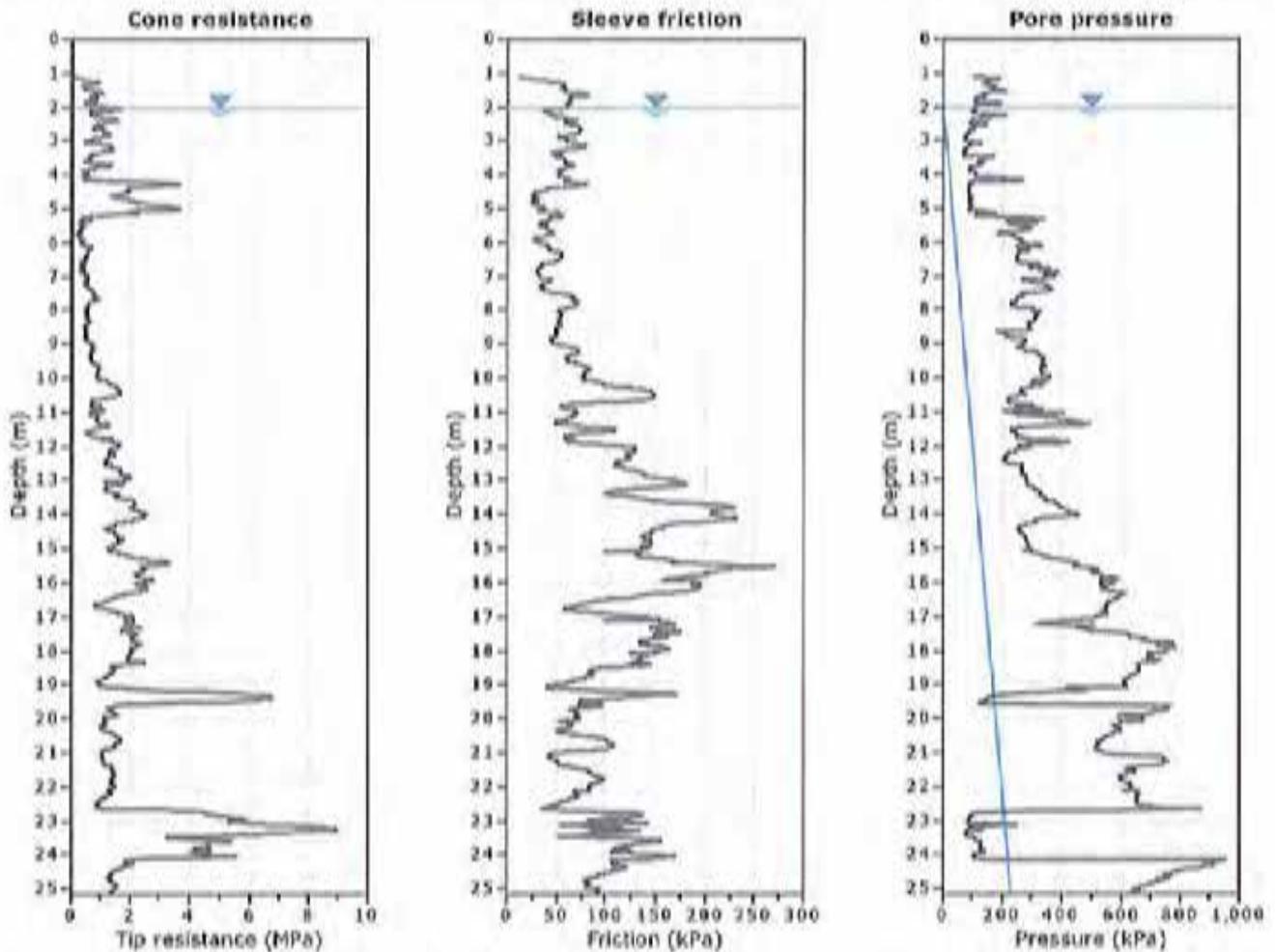
PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : $\gamma' - qc - \text{natura}$]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : $C_u - qc$]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : $OCR - C_u - \sigma'_{vo}$]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : $E_u - C_u - OCR - (p \text{ } p = \text{ind.plast.})$]
 $E_{u50} - E_{u25}$ corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : $E' - qc$]
 $E'_{50} - E'_{25}$ corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : $M_o - qc - \text{natura}$]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : $D_r - R_p - \sigma'_{vo}$ (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : $\phi' - D_r - qc - \sigma'_{vo}$]
 $\phi'_{Ca} - Caquot (1948)$ $\phi'_{Ko} - Koppejan (1948)$
 $\phi'_{DB} - De Beer (1965)$ $\phi'_{Sc} - Schmertmann (1978)$
 $\phi'_{DM} - Durgunoglu \& Mitchell (1975) (\text{sabbie N.C.})$ $\phi'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (\text{sabbie limose})$
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
($g = \text{accelerazione gravità}$) (Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : $(A_{max}/g) - D_r$]
- V_s = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

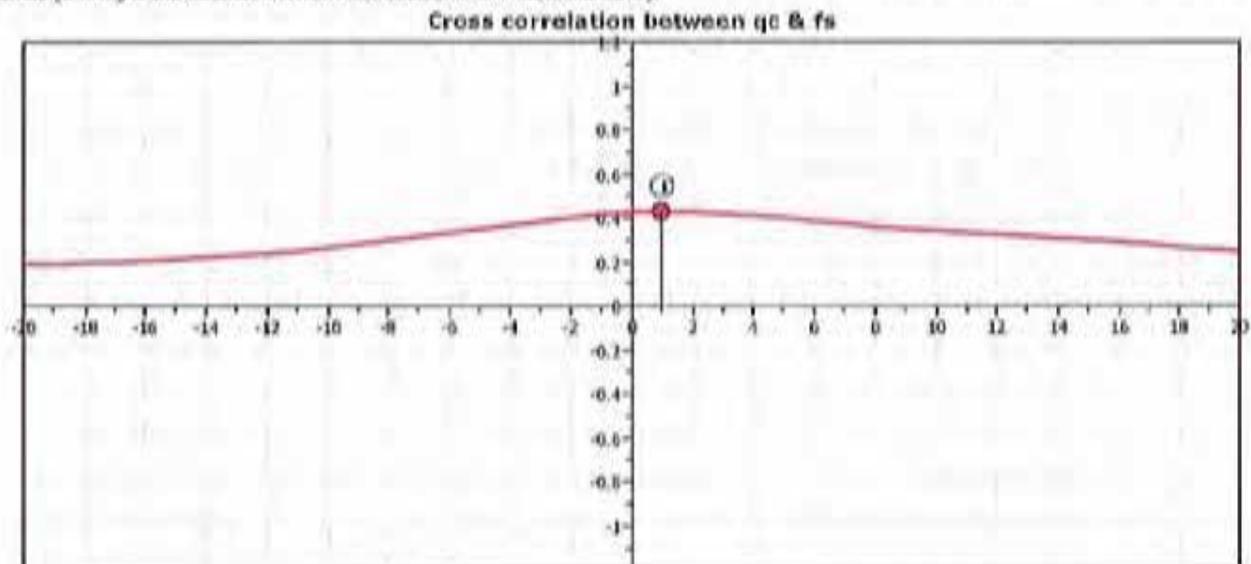
GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU corredate d'interpretazione geotecnica



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).





Geo Group S.r.l.
 182, v. Casare Costa 41123 MODENA
 Tel 059/3967159 Fax 059/3332019
 e-mail geo.group@libero.it

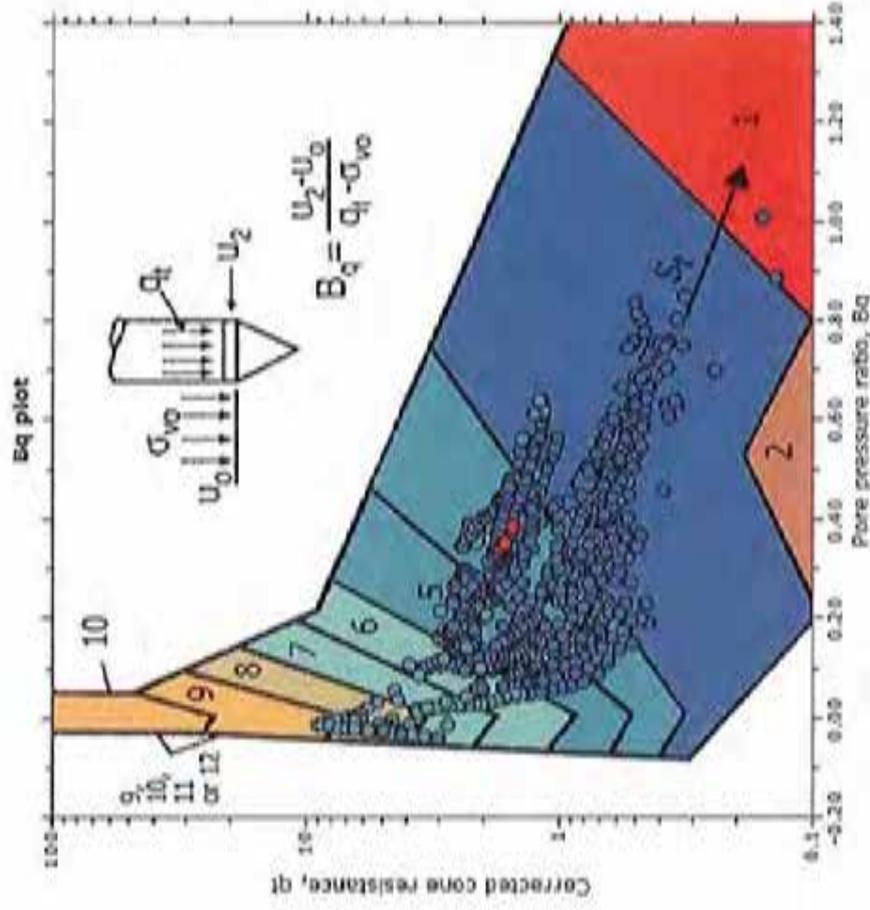
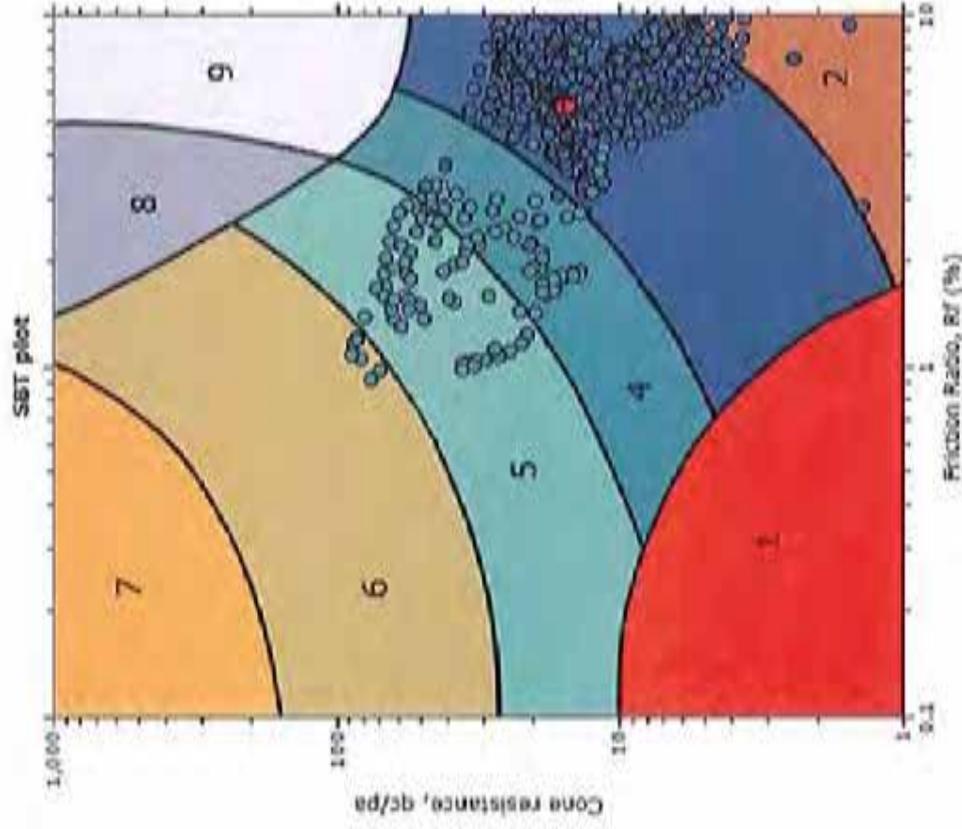
Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - CARPENTERIA - WAM
 Location: Carerzo - v. Carroz 338/s

CPT: CPTU n. 1

Total depth: 25.15 m, Date: 25/01/2013
 Surface Elevation: 0.00 m

Cone Type: GEOTECH AB
 Core Operator: Dott. Geol. Francesco Deboni

SBT - Bq plots



SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Greasy sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

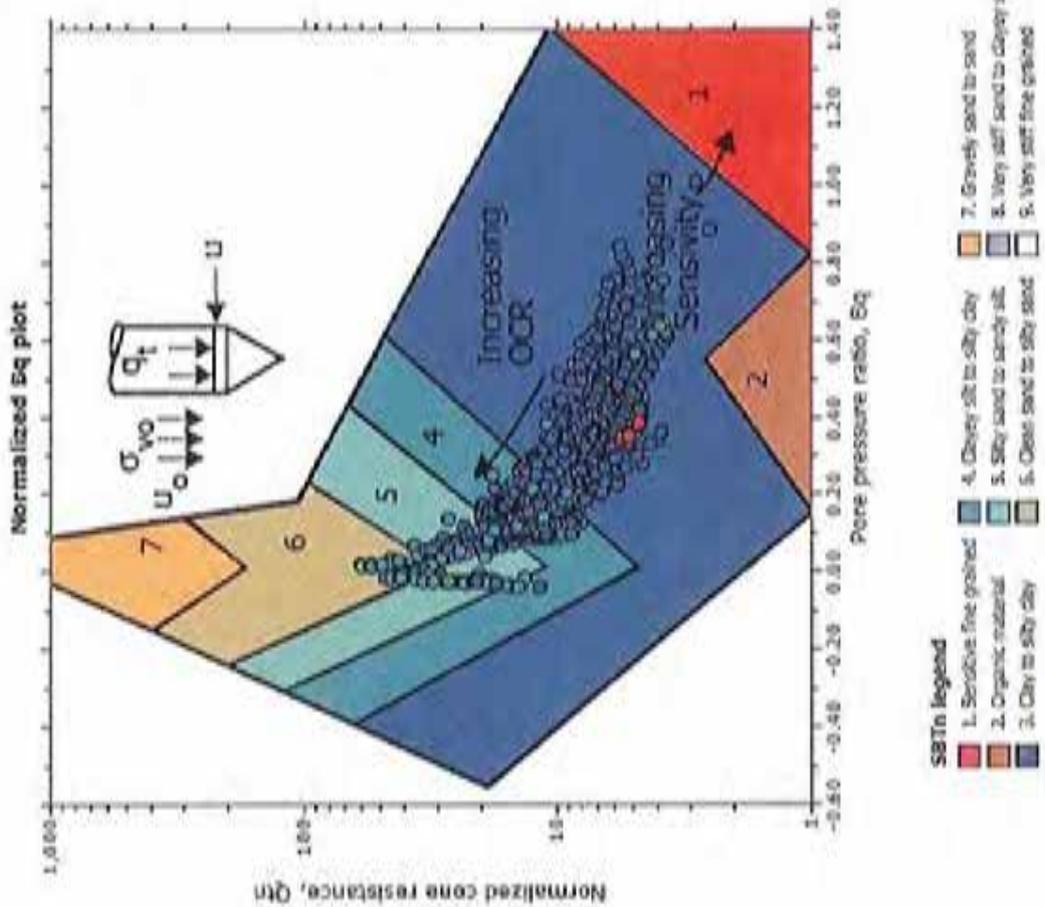
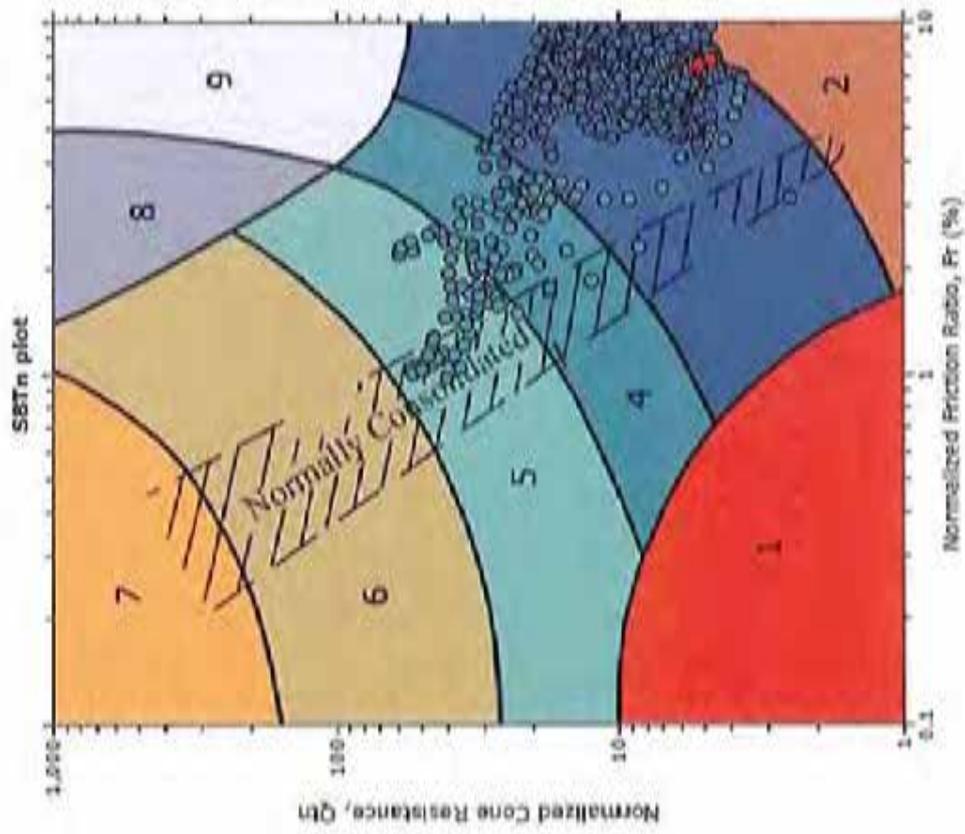


Geo Group S.r.l.
 182, v. Cesare Costa 41123 MOOSNA
 Tel 059/3987166 Fax 059/3332013
 e-mail geo.group@libero.it

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - CARPENTERIA - WIAM
Location: Carvezzo - v. Carraro 338/a

CPT: CPTU n. 1
 Total depth: 25.15 m, Date: 25/01/2013
 Surface Elevation: 0.00 m
 Cone Type: GEOTECH AB
 Cone Operator: Dott. Geol. Francesco Denton

SBT - Bq plots (normalized)





Geo Group S.r.l.
 1802, v. Cesare Costa 41123 MODENA
 Tel 059/5967159 Fax 059/5332019
 e-mail geo.group@libero.it

Indagini geotecniche e geofisiche
 consistenti, produttive e precise.

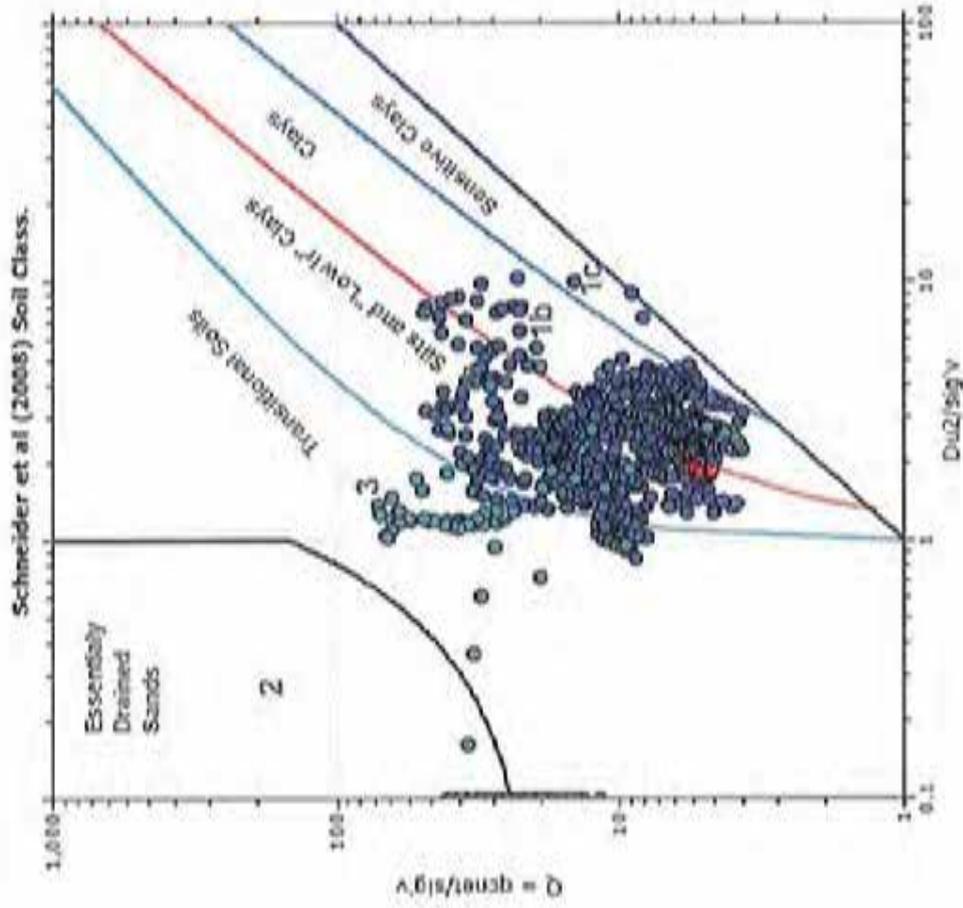
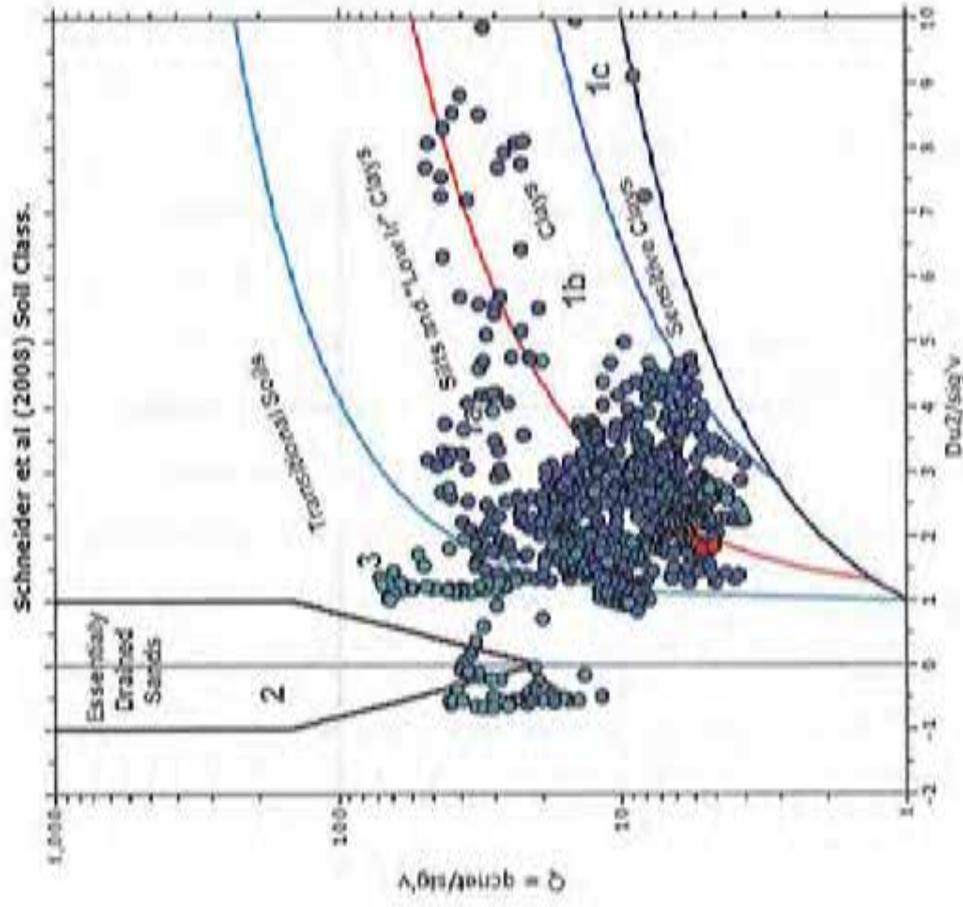
Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - CARPENTERIA - WIAM
 Location: Civiteto - v. Dineur 338/a

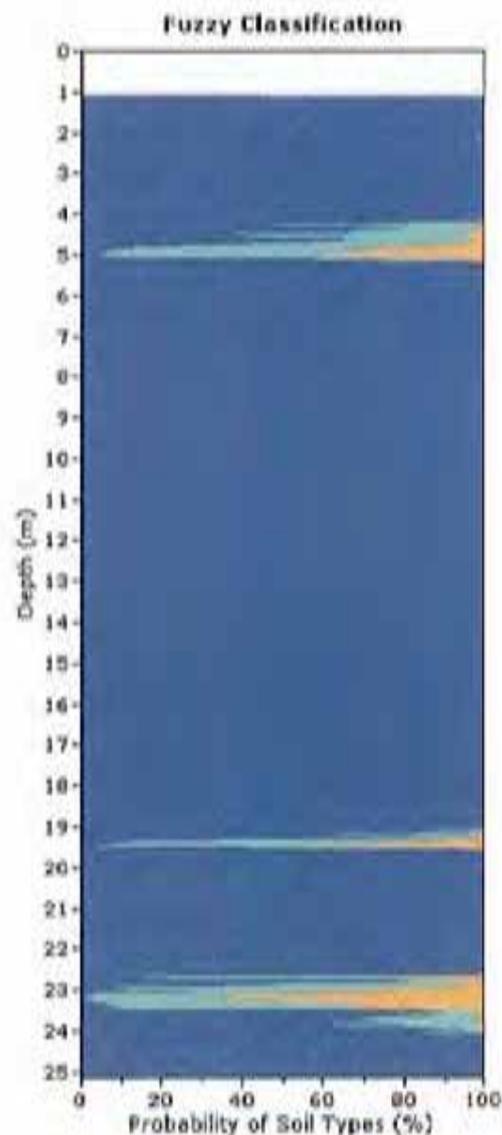
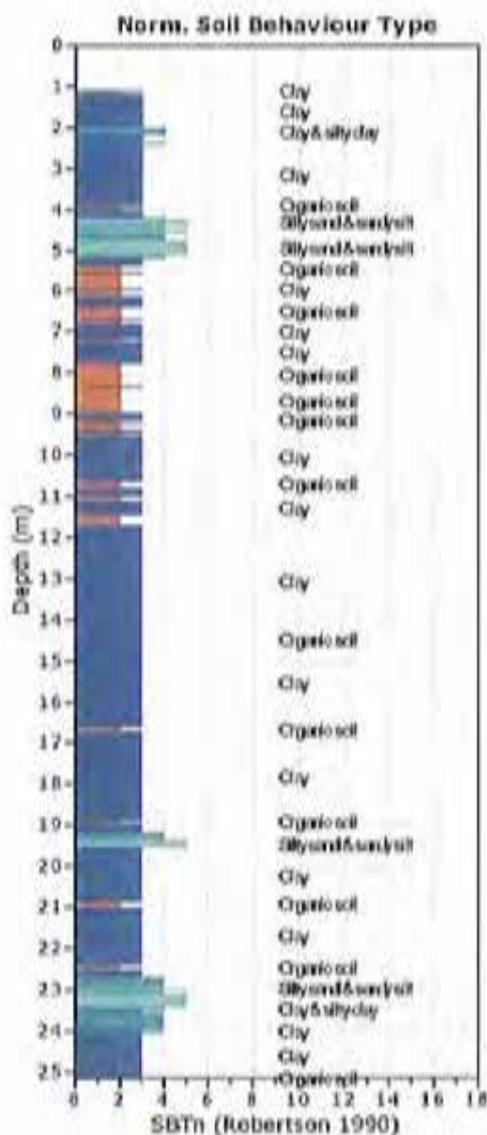
CPT: CPTU n. 1

Total depth: 25.15 m, Date: 25/01/2013
 Surface Elevation: 0.00 m

Cone Type: GEOTECH AB
 Cone Operator: Doc. Geol. Francesco Dottori

Bq plots (Schneider)





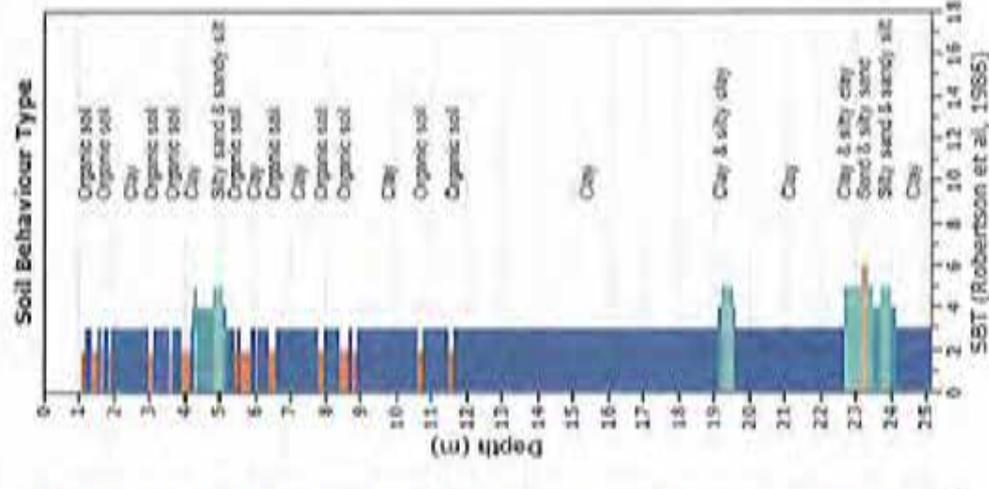
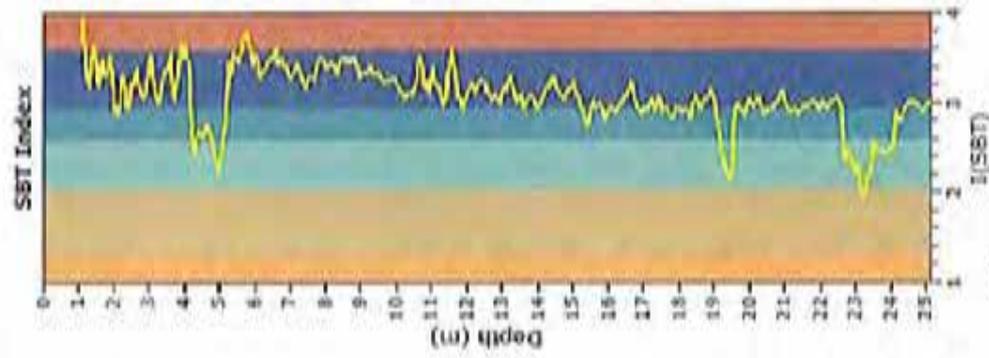
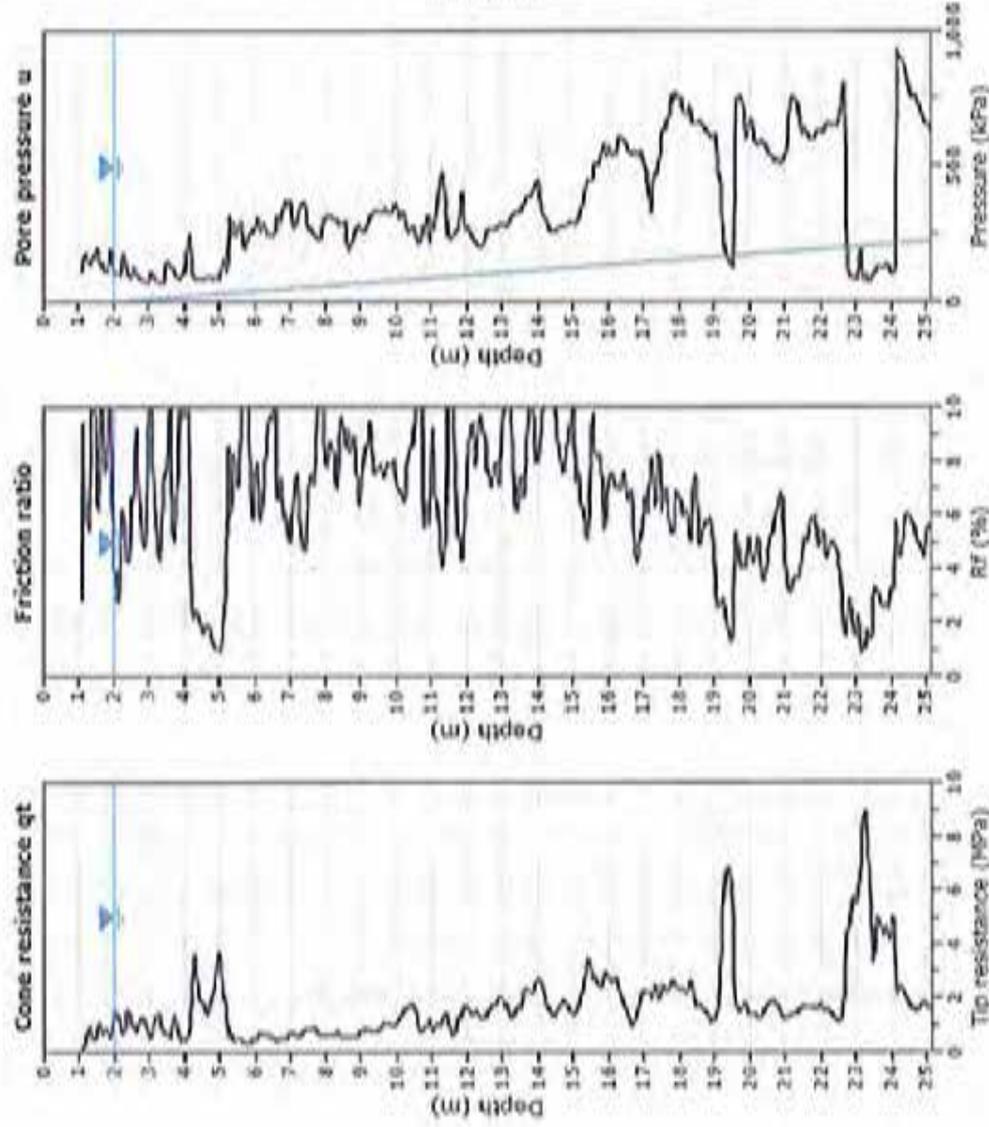


Geo Group S.r.l.
 182, v. Cesare Costa 41123 MOENNA
 Tel 059/3567165 Fax 059/5332019
 e-mail geo_group@libero.it

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - CARPENTERIA - WAM
Location: Cavazzo - v. Cavour 338/a

CPT: CPTU n. 1

Total depth: 25.15 m, Date: 25/01/2013
 Surface Elevation: 0.00 m
 Cone Operator: Dott. Geol. Francesco Dentori



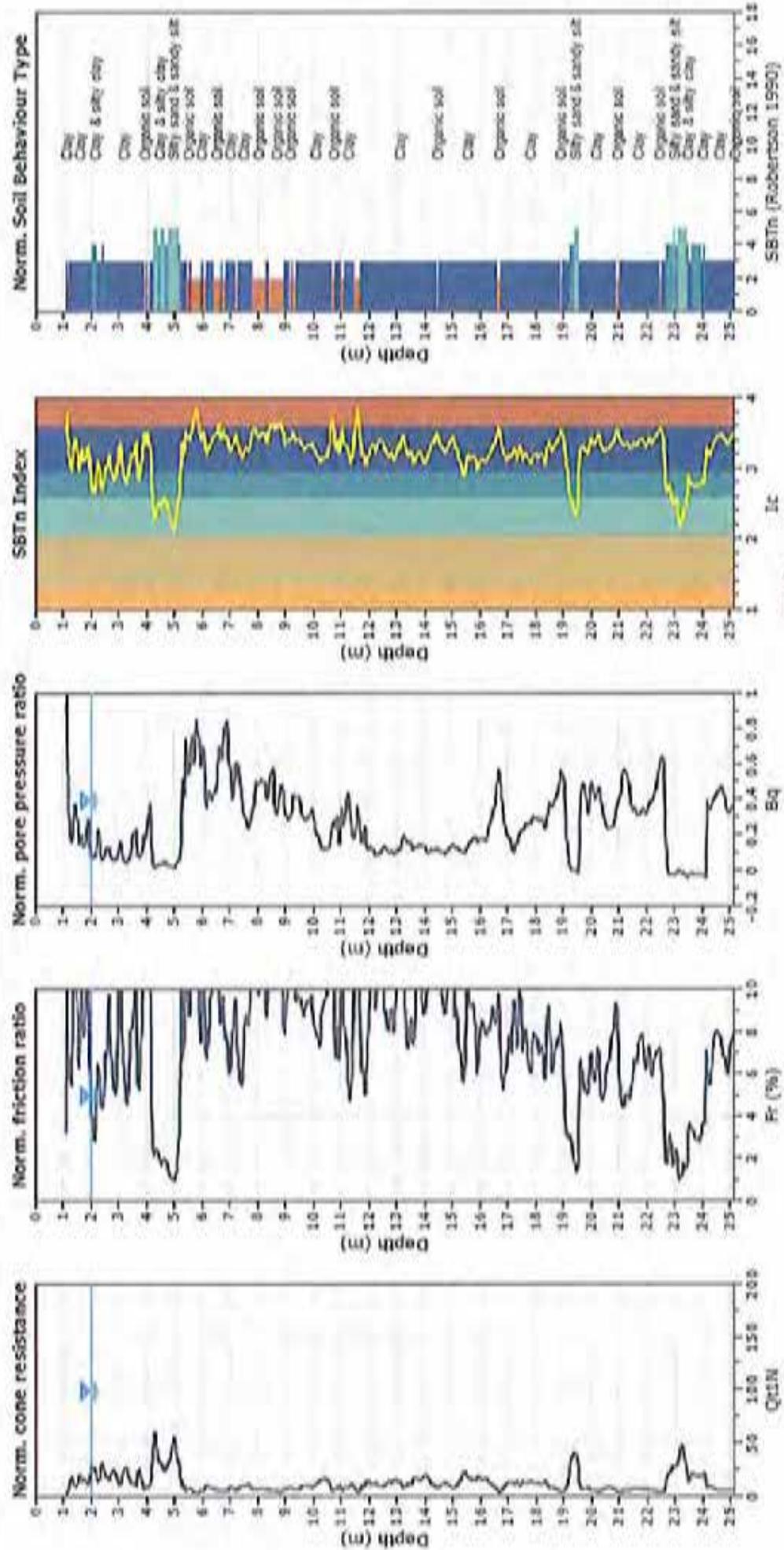
- SBT legend**
- 1. Sensitive fine grained
 - 2. Organic material
 - 3. Clay to silty clay
 - 4. Clayey silt to silty clay
 - 5. Silty sand to sandy silt
 - 6. Deep sand to silty sand
 - 7. Gravely sand to sand
 - 8. Very stiff sand to clayey sand
 - 9. Very stiff fine grained



Geo Group S.r.l.
 182, v. Cesare Costa 41123 MOODEVA
 Tel 059/3967169 Fax 059/5132015
 e-mail geo.group@libero.it

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - CARPENTERIA - WAM
Location: Cavazzo - v. Cavour 338/a

CPTU n. 1
 Total depth: 25.15 m, Date: 25/03/2013
 Surface Elevation: 0.00 m
 Cone Type: GEOTECH AB
 Cone Operator: Dott. Geol. Francesco Deboni





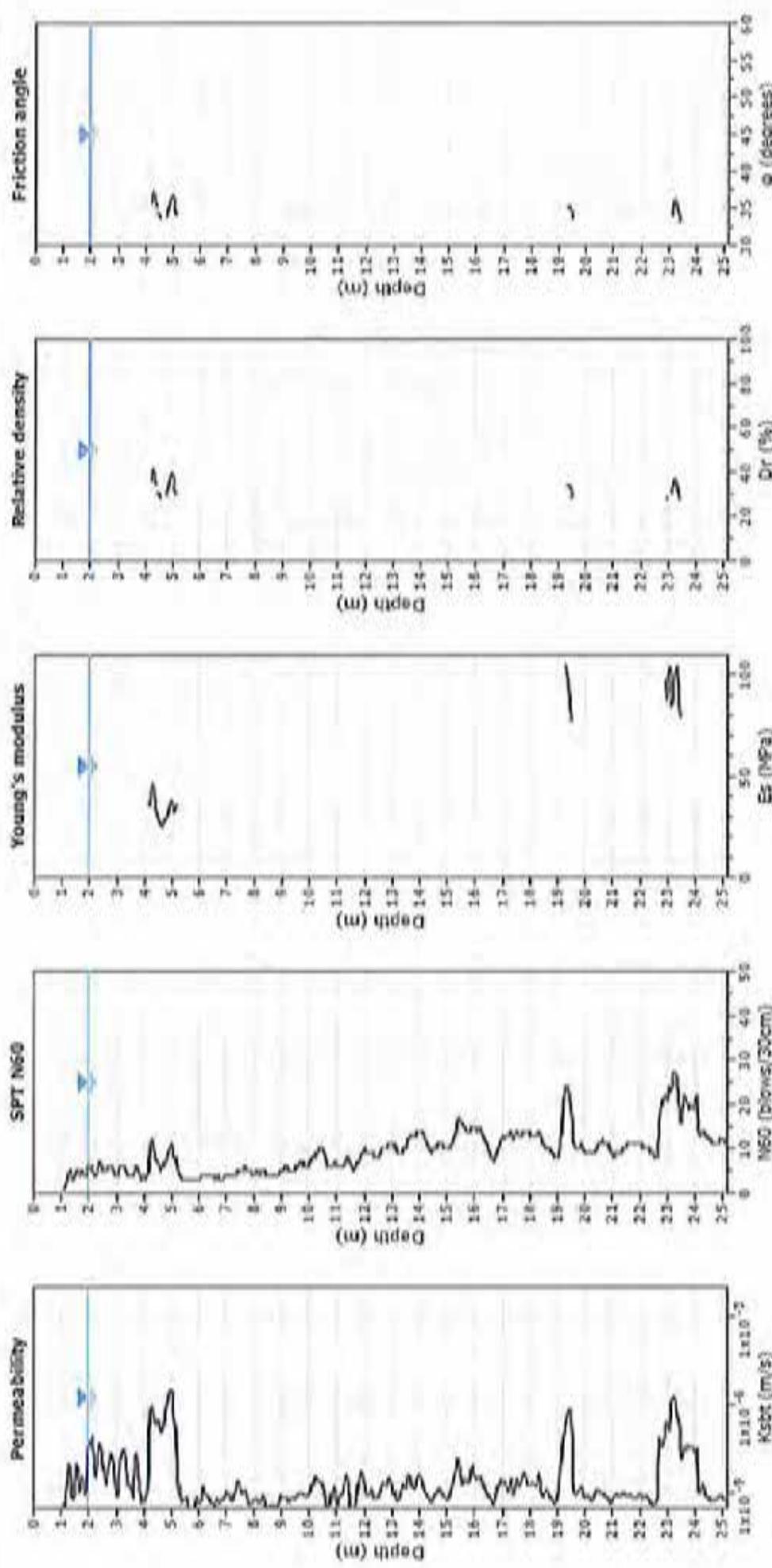
Geo Group S.r.l.
182, v. Cassia Costa 41123 MODENA
Tel) 059/2967169 Fax 059/ 5232015
e-mail geo.group@libero.it

Studi geotecnici e geofisici,
consulenza geologica e geotecnica

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - CARPENTERIA - WAM
Location: Cavazzo - v. Carver 338/a

CPT: CPTU n. 1

Total depth: 25.15 m, Date: 25/01/2013
Surface Elevation: 0.00 m
Cone Type: GABOTECH AB
Cone Operator: Dott. Geol. Francesco Dettoni



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT,

SPT N_{60} : Based on I_c and q_c

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_p : 350.0

ϕ : Based on Kulhavy & Mayne (1990)

Legend: User defined estimation data

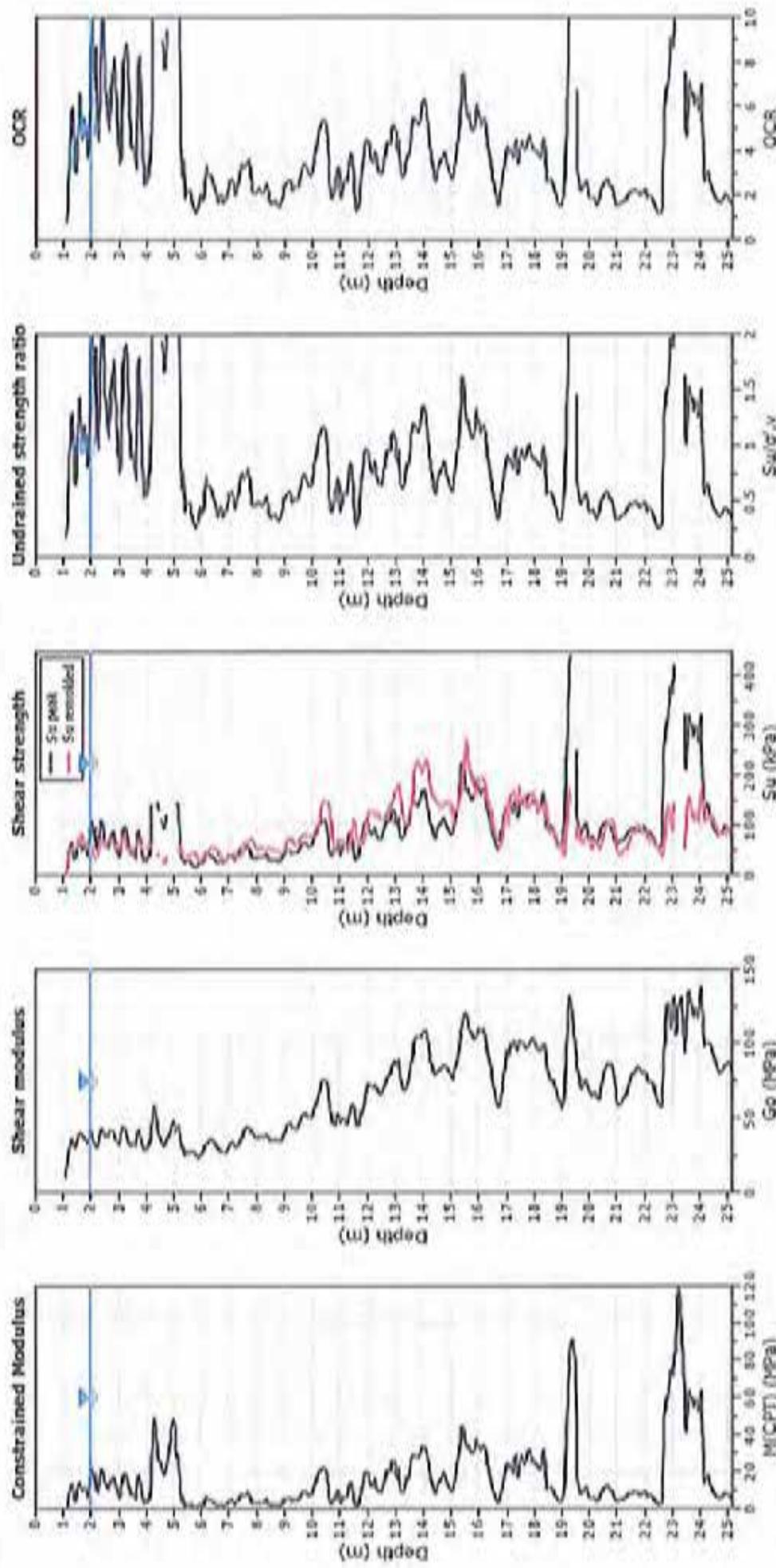


Geos Group S.r.l.
 192, v. Casare Costa 41123 MODENA
 Tel 059/3967169 Fax 059/5332019
 e-mail: geo.group@libero.it

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale • CARPENTERIA • WIAM
Location: Cerverzo - v. Cavour 338/a

CPT: CPTU n. 1

Total depth: 25.15 m, Date: 25/01/2013
 Surface Elevation: 0.00 m
 Cone Type: GEOTECH AB
 Cone Operator: Dott. Geol. Francesco Dentori



Calibration parameters

Constrained modulus: Based on variable alpha using I_c and Q_b (Robertson, 2009)
 Go: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)
 Undrained shear strength cone factor for clays, N_{cr} : 14
 OCR factor for clays, N_{cr} : 0.33
 —●— User defined estimation data

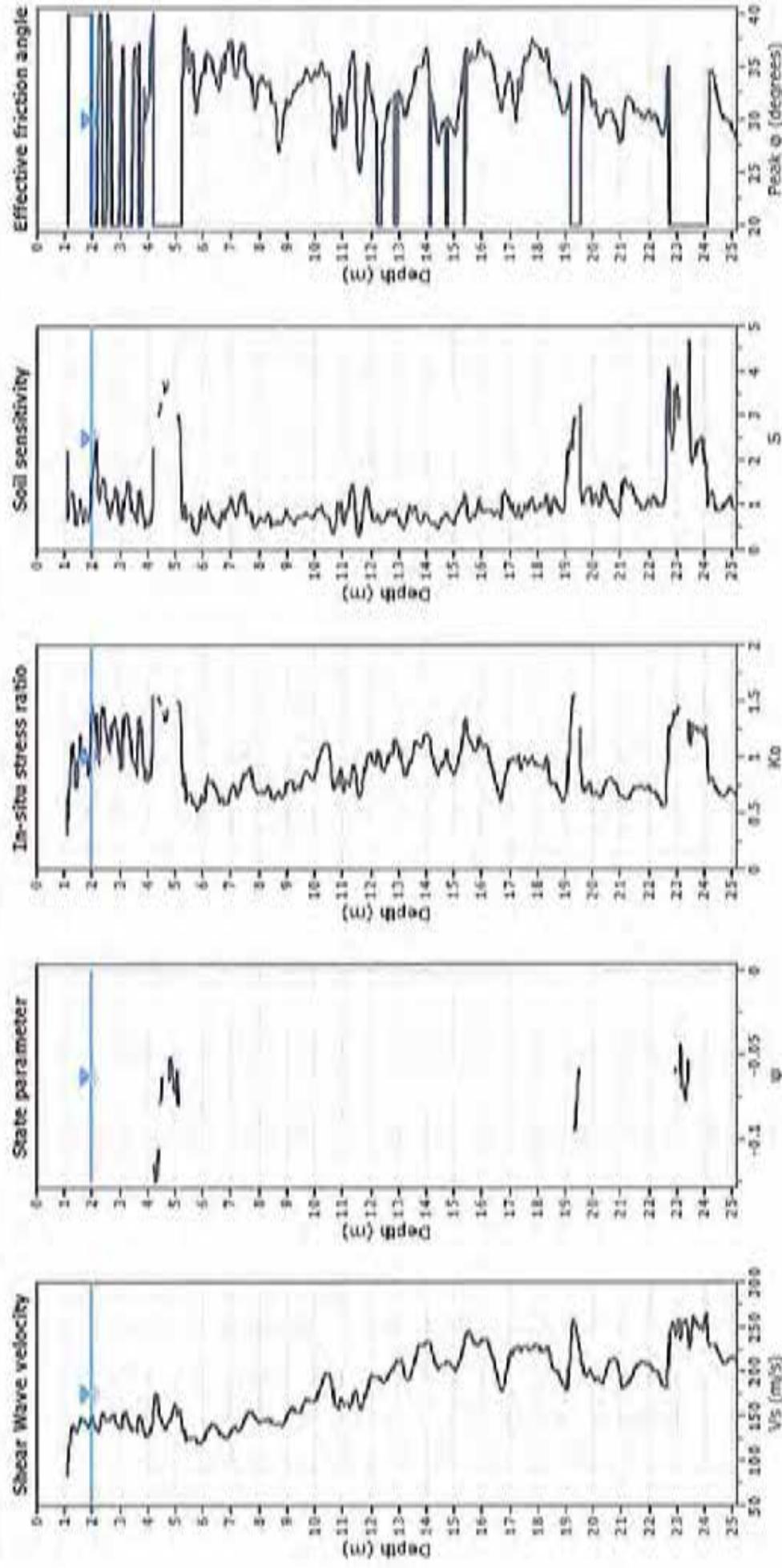


Geo Group S.r.l.
182, v. Casare Costa 41123 MODENA
Tel 059/3967169 Fax 059/5332013
e-mail geo_group@libero.it

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - CARPENTERIA - WIAM
Location: Carvero - v. Cavour 338/a

CPT: CPTU n. 1

Total depth: 25.15 m, Date: 25/01/2013
Surface Elevation: 0.00 m
Cone Type: GEOTECH AB
Cone Operator: Dott. Geol. Francesco Decon



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

— User defined estimation data

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Prove penetrometriche statiche CPT da Noi eseguite nel Febbraio 2013

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

riferimento

079-2013

certificato n°

4107

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuovo capannone SPEDIZIONI WAM
Località: Ponte Motta - Cavezzo (MO)

U.M.: MPa Data esec.: 18/02/2013
Pagina: 1/4 Data certificato: 10/02/2013
Elaborato: Falda: -1,30 m da p.c.

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00			15.20	28.00	42.00		2.74	40.00	70	1.4
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00			15.40	39.00	45.00		3.82	140.00	28	3.6
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00			15.60	43.00	84.00		4.21	133.00	32	3.1
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00			15.80	49.00	89.00		4.80	83.00	53	1.0
1.00	0.00	0.00		0.00	0.00			16.00	38.00	50.00		3.53	180.00	23	4.4
1.20	0.00	0.00		0.00	20.00	0		16.20	46.00	70.00		4.51	140.00	33	3.0
1.40	18.00	21.00		1.70	73.00	25	4.1	16.40	39.00	60.00		3.82	107.00	36	2.7
1.60	14.00	25.00		1.37	40.00	35	2.9	16.60	28.00	42.00		2.65	87.00	30	3.3
1.80	8.00	14.00		0.78	33.00	24	4.1	16.80	22.00	35.00		2.18	100.00	22	4.5
2.00	5.00	10.00		0.49	27.00	10	5.4	17.00	25.00	40.00		2.45	113.00	22	4.5
2.20	8.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5	17.20	36.00	53.00		3.53	147.00	24	4.1
2.40	8.00	12.00		0.78	47.00	17	5.9	17.40	37.00	59.00		3.63	140.00	28	3.8
2.60	8.00	16.00		0.78	20.00	40	2.5	17.60	29.00	47.00		2.65	80.00	33	3.1
2.80	11.00	14.00		1.08	27.00	41	2.5	17.80	33.00	45.00		3.23	107.00	31	3.2
3.00	9.00	12.00		0.78	27.00	30	3.4	18.00	38.00	54.00		3.72	93.00	41	2.4
3.20	8.00	12.00		0.78	20.00	40	2.5	18.20	34.00	48.00		3.33	93.00	37	2.7
3.40	9.00	12.00		0.88	83.00	17	5.9	18.40	21.00	35.00		2.06	93.00	23	4.4
3.60	8.00	10.00		0.78	47.00	17	5.9	18.60	28.00	42.00		2.74	100.00	28	3.6
3.80	10.00	17.00		0.98	67.00	15	6.7	18.80	14.00	29.00		1.37	180.00	8	12.0
4.00	19.00	29.00		1.66	33.00	66	1.7	19.00	24.00	51.00		2.35	113.00	21	4.7
4.20	20.00	25.00		1.96	27.00	74	1.4	19.20	23.00	40.00		2.25	100.00	23	4.3
4.40	15.00	19.00		1.47	33.00	45	2.2	19.40	19.00	34.00		1.66			
4.60	15.00	20.00		1.47	47.00	32	3.1								
4.80	11.00	18.00		1.08	33.00	33	3.0								
5.00	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1								
5.20	12.00	17.00		1.18	53.00	23	4.4								
5.40	11.00	19.00		1.08	33.00	33	3.0								
5.60	9.00	14.00		0.88	27.00	33	3.0								
5.80	5.00	9.00		0.49	47.00	11	8.4								
6.00	7.00	14.00		0.69	20.00	35	2.9								
6.20	9.00	12.00		0.88	60.00	15	6.7								
6.40	14.00	23.00		1.37	67.00	21	4.8								
6.60	14.00	24.00		1.37	73.00	10	5.2								
6.80	12.00	23.00		1.18	47.00	26	3.9								
7.00	8.00	15.00		0.78	27.00	30	3.4								
7.20	8.00	12.00		0.78	47.00	17	5.9								
7.40	8.00	13.00		0.59	40.00	15	6.7								
7.60	8.00	12.00		0.59	33.00	18	5.6								
7.80	7.00	12.00		0.69	33.00	21	4.7								
8.00	9.00	14.00		0.88	40.00	23	4.4								
8.20	8.00	14.00		0.78	33.00	24	4.1								
8.40	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1								
8.60	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1								
8.80	7.00	12.00		0.69	33.00	21	4.7								
9.00	8.00	13.00		0.78	47.00	17	5.9								
9.20	10.00	17.00		0.98	27.00	37	2.7								
9.40	12.00	19.00		1.18	67.00	18	5.6								
9.60	15.00	25.00		1.47	73.00	21	4.9								
9.80	15.00	26.00		1.47	80.00	19	5.3								
10.00	16.00	28.00		1.57	80.00	20	5.0								
10.20	14.00	28.00		1.37	73.00	19	5.2								
10.40	13.00	24.00		1.27	67.00	19	5.2								
10.60	18.00	29.00		1.88	93.00	20	4.9								
10.80	28.00	40.00		2.55	93.00	28	3.6								
11.00	25.00	38.00		2.45	113.00	22	4.5								
11.20	28.00	43.00		2.55	60.00	43	2.3								
11.40	12.00	21.00		1.18	67.00	18	5.6								
11.60	21.00	31.00		2.06	113.00	19	5.4								
11.80	18.00	35.00		1.78	60.00	30	3.3								
12.00	28.00	35.00		2.55	60.00	43	2.3								
12.20	35.00	44.00		3.43	120.00	20	3.4								
12.40	25.00	43.00		2.45	120.00	21	4.8								
12.60	28.00	44.00		2.55	113.00	23	4.3								
12.80	28.00	45.00		2.74	153.00	18	5.6								
13.00	28.00	49.00		2.55	140.00	19	5.4								
13.20	24.00	45.00		2.35	73.00	33	3.0								
13.40	25.00	38.00		2.45	87.00	28	3.6								
13.60	28.00	41.00		2.74	107.00	28	3.0								
13.80	33.00	49.00		3.23	113.00	29	3.4								
14.00	33.00	50.00		3.23	87.00	38	2.6								
14.20	31.00	44.00		3.04	80.00	39	2.6								
14.40	31.00	43.00		3.04	73.00	42	2.4								
14.60	24.00	35.00		2.35	87.00	38	2.8								
14.80	20.00	30.00		1.66	93.00	22	4.7								
15.00	19.00	33.00		1.86	93.00	20	4.9								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

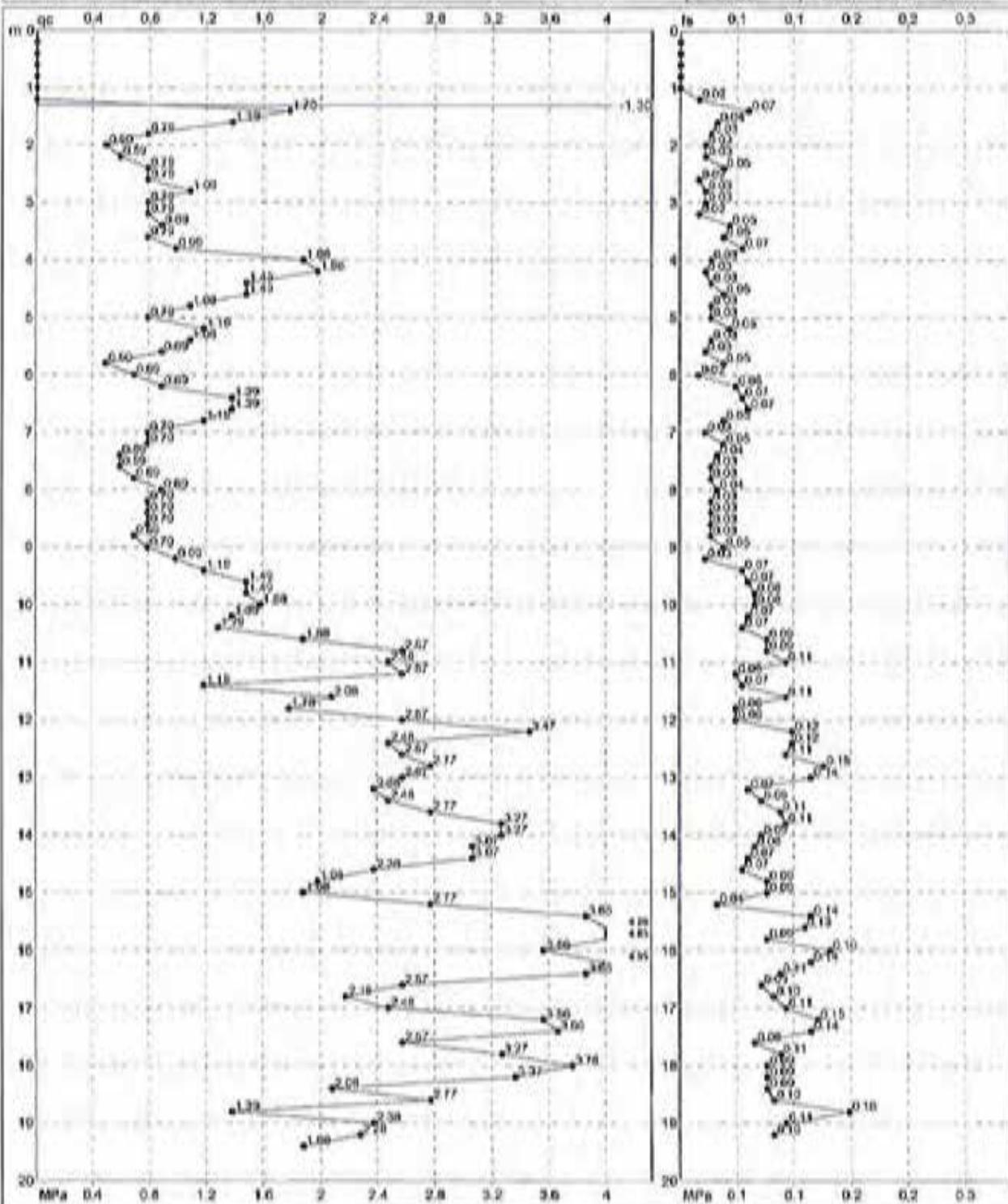
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schermann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT **1**
riferimento **079-2013**
certificato n° **4107**

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Neovo espansione SPEDIZIONI WAM**
Località: **Ponte Motta - Cavazzo (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec.: **18/02/2013**
Scala: **1:100**
Pagina: **2/4** Data verificato: **18/02/2013**
Elaborato: **Faldo: -1,20 m da p.s.**



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile:
Assistente:

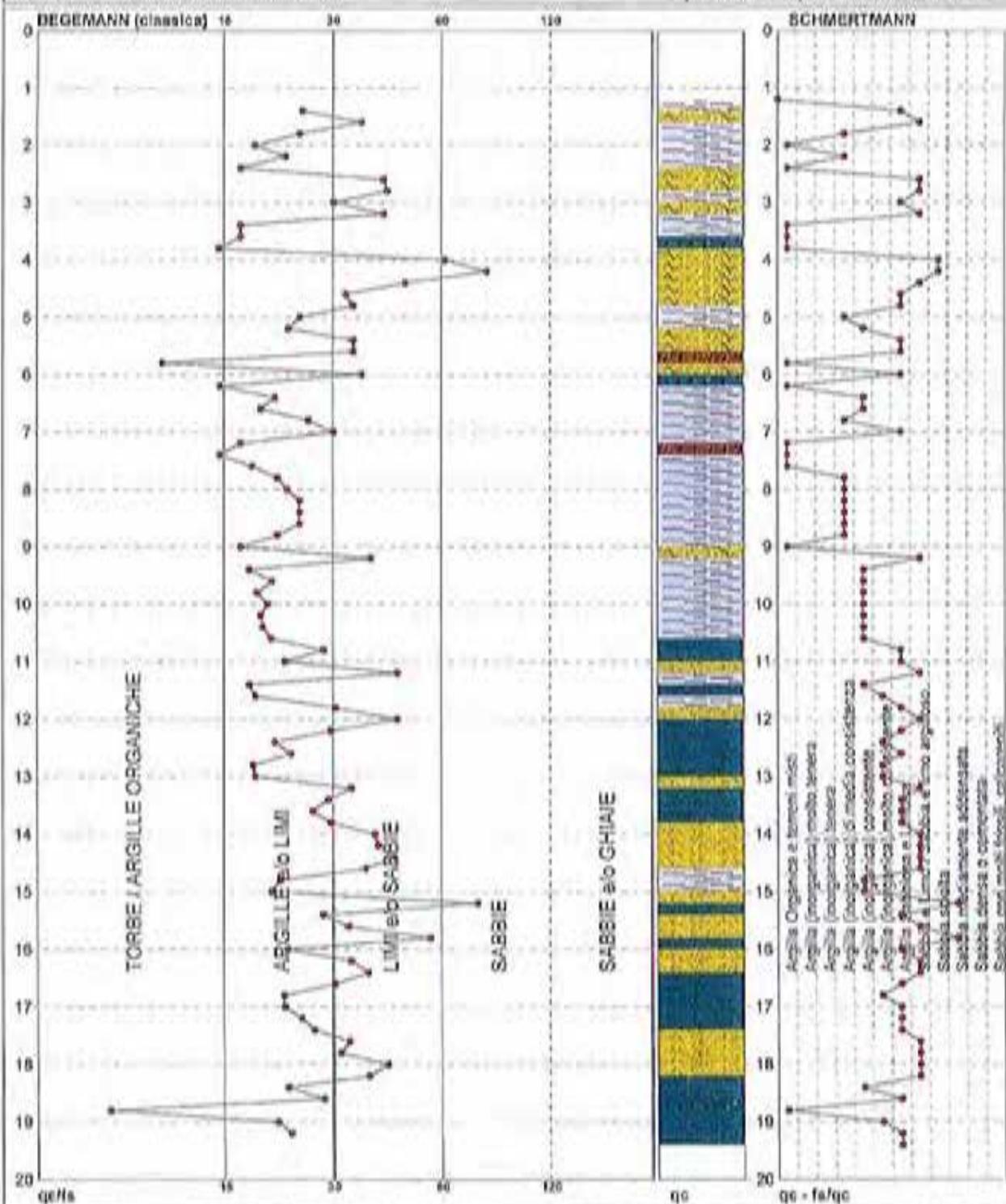
Preforo: **-1,20 m**
Corr. asline: **EN/m**
Corr. estine: **EN/m**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT 1
riferimento 079-2013
certificato n° 4107

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuove capannoni SPEDIZIONI WAM
Località: Ponte Motta - Cavezzo (MO)

U.M.: MPa Data exec.: 18/02/2013
Scala: 1:100
Pagina: 3/4 Data certificato: 19/02/2013
Elaborato: Falda: -1.30 m da p.c.



Torbe / Argille org	11 punti, 11.81%	Argille Organiche e limoni misti	12 punti, 12.12%	Argille Sabbiose e Limose	24 punti, 24.24%
Argille s/o Limi	56 punti, 56.57%	Argille (vorganiche) molto consist.	10 punti, 10.10%	Sabbie e Limo / Sabbie e limi org	20 punti, 20.20%
Limi s/o Sabbie	27 punti, 27.27%	Argille (vorganiche) consistente	14 punti, 14.14%	Sabbie sciolte	2 punti, 2.02%
Sabbie	2 punti, 2.02%	Argille (vorganiche) molto consist.	8 punti, 8.08%	Sabbie mediamente soderzate	2 punti, 2.02%

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT
riferimento **079-2013**
certificato n° **4108**

2

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Nuovo capannone SPEDIZIONI WAM**
Località: **Ponte Motta - Cavezzo (MO)**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **18/02/2013**
Pagina: **1/4** Data certificato: **19/02/2013**
Elaborato: Falda: **-1,20 m da p.c.**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00			15.20	33.00	60.00		3.23	93.00	35	2.8
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00			15.40	27.00	41.00		2.65	107.00	25	4.0
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00			15.60	20.00	45.00		2.84	0.00	25	0.0
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00		0.00	67.00		0								
1.20	27.00	37.00		2.65	167.00		18								
1.40	12.00	37.00		1.18	127.00		9								
1.60	10.00	20.00		0.98	87.00		11								
1.80	9.00	22.00		0.88	60.00		11								
2.00	9.00	21.00		0.88	100.00		0								
2.20	7.00	22.00		0.69	60.00		12								
2.40	12.00	21.00		1.18	40.00		30								
2.60	7.00	13.00		0.69	40.00		18								
2.80	12.00	18.00		1.18	40.00		30								
3.00	11.00	17.00		1.08	67.00		18								
3.20	8.00	18.00		0.78	40.00		20								
3.40	13.00	19.00		1.27	47.00		28								
3.60	7.00	14.00		0.69	47.00		19								
3.80	14.00	21.00		1.37	113.00		12								
4.00	32.00	49.00		3.14	80.00		40								
4.20	47.00	69.00		4.61	87.00		54								
4.40	40.00	63.00		3.92	87.00		46								
4.60	22.00	35.00		2.16	47.00		47								
4.80	20.00	27.00		1.96	60.00		33								
5.00	10.00	19.00		0.98	60.00		17								
5.20	10.00	19.00		0.98	40.00		26								
5.40	14.00	20.00		1.37	33.00		42								
5.60	10.00	15.00		0.98	63.00		19								
5.80	14.00	22.00		1.37	40.00		35								
6.00	10.00	25.00		1.85	80.00		24								
6.20	16.00	28.00		1.57	67.00		24								
6.40	17.00	27.00		1.67	73.00		23								
6.60	24.00	35.00		2.35	33.00		73								
6.80	16.00	21.00		1.57	73.00		22								
7.00	9.00	20.00		0.88	73.00		12								
7.20	10.00	21.00		0.98	67.00		15								
7.40	8.00	18.00		0.78	63.00		15								
7.60	8.00	16.00		0.78	60.00		13								
7.80	8.00	17.00		0.78	63.00		15								
8.00	7.00	15.00		0.69	60.00		13								
8.20	7.00	15.00		0.69	47.00		15								
8.40	6.00	15.00		0.78	63.00		15								
8.60	7.00	15.00		0.69	47.00		15								
8.80	8.00	15.00		0.78	63.00		15								
9.00	8.00	18.00		0.78	63.00		15								
9.20	12.00	20.00		1.18	80.00		15								
9.40	14.00	26.00		1.37	93.00		15								
9.60	17.00	31.00		1.67	93.00		18								
9.80	15.00	29.00		1.47	100.00		15								
10.00	14.00	29.00		1.37	93.00		15								
10.20	18.00	32.00		1.70	60.00		23								
10.40	18.00	30.00		1.70	107.00		17								
10.60	17.00	33.00		1.67	120.00		14								
10.80	21.00	39.00		2.00	107.00		20								
11.00	28.00	44.00		2.74	147.00		19								
11.20	21.00	43.00		2.00	120.00		18								
11.40	13.00	31.00		1.27	67.00		19								
11.60	12.00	22.00		1.18	80.00		16								
11.80	24.00	36.00		2.35	120.00		20								
12.00	22.00	40.00		2.16	93.00		24								
12.20	26.00	49.00		2.65	133.00		20								
12.40	28.00	46.00		2.65	147.00		18								
12.60	24.00	46.00		2.35	140.00		17								
12.80	27.00	48.00		2.65	133.00		20								
13.00	28.00	48.00		2.74	113.00		25								
13.20	30.00	47.00		2.94	107.00		28								
13.40	24.00	40.00		2.35	107.00		22								
13.60	26.00	42.00		2.55	120.00		22								
13.80	20.00	47.00		2.84	167.00		17								
14.00	33.00	58.00		3.23	133.00		25								
14.20	33.00	63.00		3.23	160.00		21								
14.40	30.00	64.00		2.94	100.00		30								
14.60	29.00	44.00		2.84	100.00		18								
14.80	30.00	64.00		2.94	173.00		17								
16.00	30.00	68.00		2.94	113.00		27								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

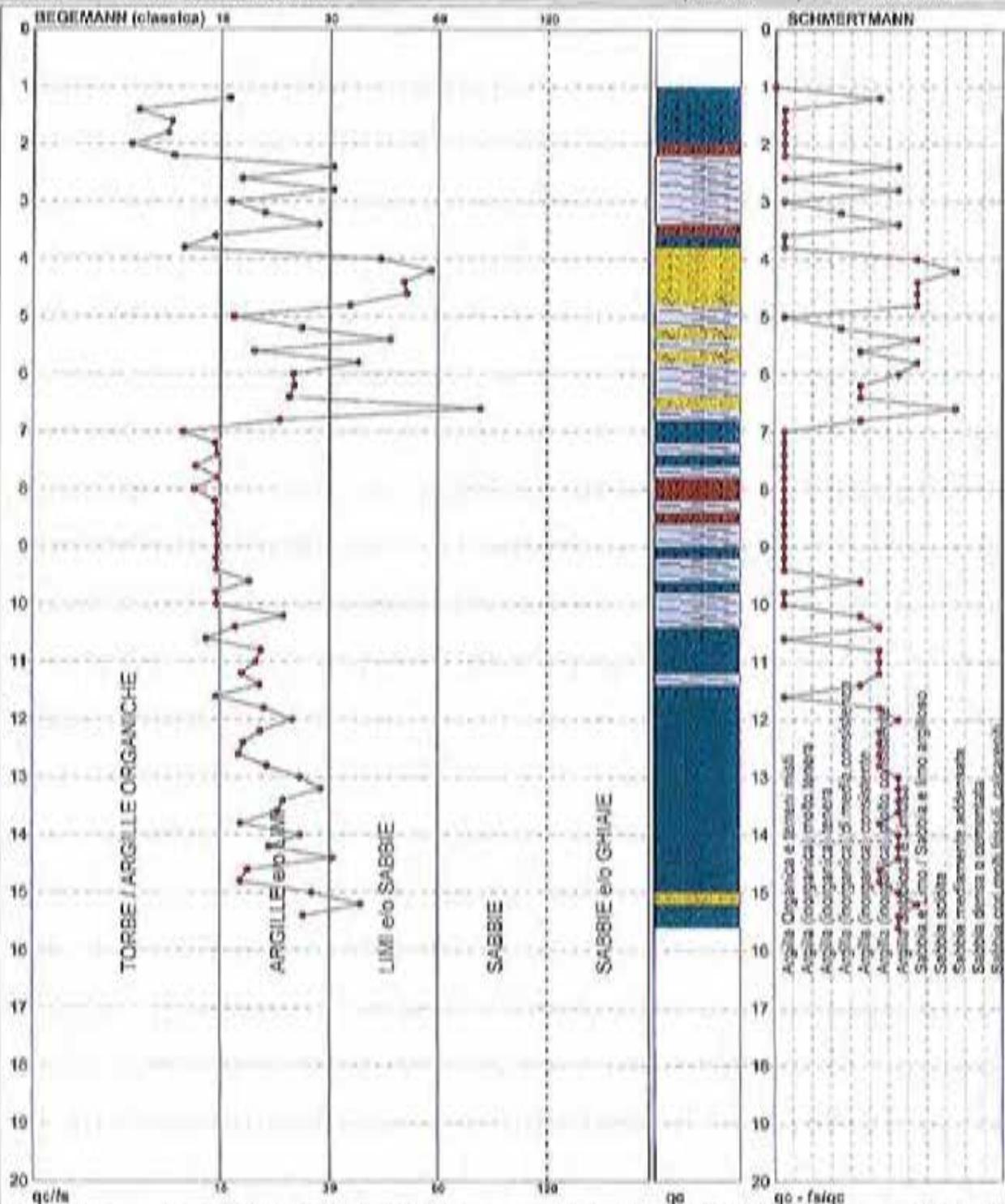
CPT

2

informale
certificato n° 079-2013
4108

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuovo capannone SPEDIZIONI WAM
Località: Ponte Molta - Cavozzo (MO)

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 3/4
Elaborato:
Data exec.: 18/02/2013
Data certificato: 18/02/2013
Foglio: -1,20 m
di p.e.



Torbe / Argille org	45 punti, 45,45%
Argille e/o Lini	46 punti, 46,46%
Lini e/o Sabbie	0 punti, 0,00%
Sabbie	1 punto, 1,01%

Argilla Organica e terreni molli	27 punti, 27,27%
Argilla (inorganica) media consist.	2 punti, 2,02%
Argilla (inorganica) consistente	7 punti, 7,07%
Argilla (inorganica) molto consist.	13 punti, 13,13%

Argilla sabbiosa e limosa	14 punti, 14,14%
Sabbia e limo / Sabbia e limo arg.	7 punti, 7,07%
Sabbia mediamente addensata	2 punti, 2,02%

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT 3

riferimento **079-2013**
certificato n° **4109**

Committente: **Studio tecnico**
Cantiera: **Nuovo capannone SPEDIZIONI WAM**
Località: **Ponte Motta - Cavezzo (MO)**

U.M.: **MPa** Data exec.: **18/02/2013**
Pagina: **1/4** Data certificato: **19/02/2013**
Elaborato: Falda: **Foro chiuso**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00			15.20	27.00	46.00		2.65	163.00	18	5.7
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00			15.40	38.00	61.00		3.72	200.00	19	5.3
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00			15.60	47.00	77.00		4.01			
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00		0.00	53.00		0								
1.20	20.00	28.00		1.96	40.00		50								
1.40	18.00	22.00		1.57	40.00		40								
1.60	8.00	14.00		0.78	33.00		24								
1.80	7.00	12.00		0.69	27.00		20								
2.00	7.00	11.00		0.69	33.00		21								
2.20	5.00	10.00		0.49	20.00		20								
2.40	6.00	9.00		0.59	27.00		22								
2.60	6.00	10.00		0.59	47.00		13								
2.80	6.00	15.00		0.78	33.00		24								
3.00	5.00	10.00		0.49	47.00		11								
3.20	7.00	14.00		0.69	40.00		18								
3.40	6.00	12.00		0.59	33.00		18								
3.60	12.00	17.00		1.18	73.00		16								
3.80	27.00	36.00		2.65	47.00		57								
4.00	25.00	32.00		2.45	73.00		34								
4.20	62.00	63.00		5.10	67.00		70								
4.40	43.00	53.00		4.21	47.00		91								
4.60	16.00	23.00		1.57	63.00		30								
4.80	10.00	18.00		0.88	73.00		14								
5.00	9.00	29.00		0.88	40.00		23								
5.20	7.00	13.00		0.69	33.00		21								
5.40	8.00	14.00		0.88	33.00		27								
5.60	7.00	12.00		0.69	27.00		26								
5.80	6.00	10.00		0.59	27.00		22								
6.00	5.00	9.00		0.49	27.00		19								
6.20	5.00	9.00		0.49	63.00		9								
6.40	8.00	16.00		0.78	40.00		20								
6.60	8.00	14.00		0.78	63.00		15								
6.80	8.00	16.00		0.78	47.00		17								
7.00	5.00	12.00		0.49	33.00		15								
7.20	18.00	23.00		1.76	47.00		38								
7.40	16.00	23.00		1.57	47.00		34								
7.60	27.00	34.00		2.65	27.00		100								
7.80	12.00	16.00		1.18	60.00		20								
8.00	8.00	17.00		0.78	27.00		30								
8.20	8.00	12.00		0.78	40.00		20								
8.40	7.00	13.00		0.69	40.00		18								
8.60	9.00	15.00		0.88	47.00		10								
8.80	8.00	15.00		0.78	27.00		30								
9.00	9.00	13.00		0.88	63.00		17								
9.20	12.00	20.00		1.18	73.00		18								
9.40	12.00	23.00		1.18	73.00		16								
9.60	13.00	24.00		1.27	93.00		14								
9.80	14.00	28.00		1.37	80.00		18								
10.00	16.00	28.00		1.57	93.00		17								
10.20	16.00	30.00		1.57	100.00		16								
10.40	17.00	32.00		1.67	80.00		21								
10.60	18.00	30.00		1.76	93.00		18								
10.80	19.00	33.00		1.86	100.00		19								
11.00	22.00	37.00		2.16	100.00		22								
11.20	23.00	38.00		2.25	73.00		32								
11.40	16.00	27.00		1.67	73.00		22								
11.60	12.00	23.00		1.18	80.00		15								
11.80	19.00	31.00		1.86	93.00		20								
12.00	21.00	35.00		2.06	147.00		14								
12.20	29.00	51.00		2.84	140.00		21								
12.40	29.00	50.00		2.84	140.00		21								
12.60	28.00	49.00		2.74	147.00		19								
12.80	30.00	52.00		2.94	147.00		20								
13.00	32.00	54.00		3.14	127.00		25								
13.20	26.00	45.00		2.55	113.00		23								
13.40	23.00	40.00		2.25	113.00		20								
13.60	25.00	42.00		2.45	147.00		17								
13.80	30.00	52.00		2.94	167.00		16								
14.00	33.00	61.00		3.23	127.00		25								
14.20	33.00	52.00		3.23	120.00		28								
14.40	33.00	51.00		3.23	127.00		28								
14.60	36.00	55.00		3.53	133.00		27								
14.80	23.00	43.00		2.25	127.00		18								
15.00	25.00	44.00		2.45	127.00		20								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Ll = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

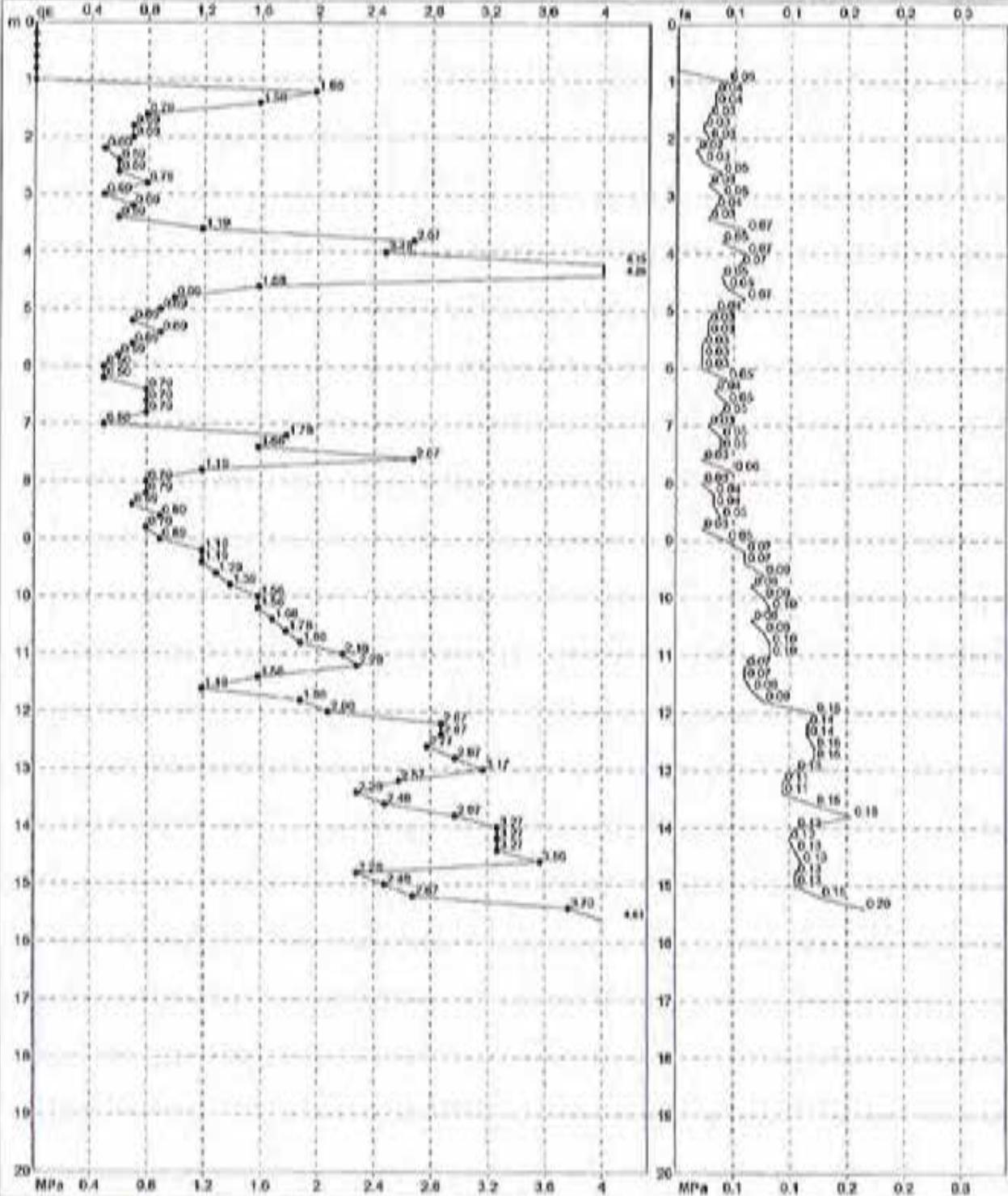
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0 20 m sopra quota qc
F = rapporto Bogemann (qc / fs)
Rf = rapporto Scherzmann (fs / qc)*100

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

CPT	3
riferimento	079-2013
certificato n°	4100

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuovo capannone SPEDIZIONI WAM
Località: Ponte Motta - Cavezzo (MO)

U.M.: MPa Data esec.: 16/02/2013
Scala: 1/100
Pagina: 2/4 Data revisione: 10/02/2013
Elaborato: Firma: Fano c/uso



Penetrometro: GOUDA 500 kN
Responsabile:
Assistente:

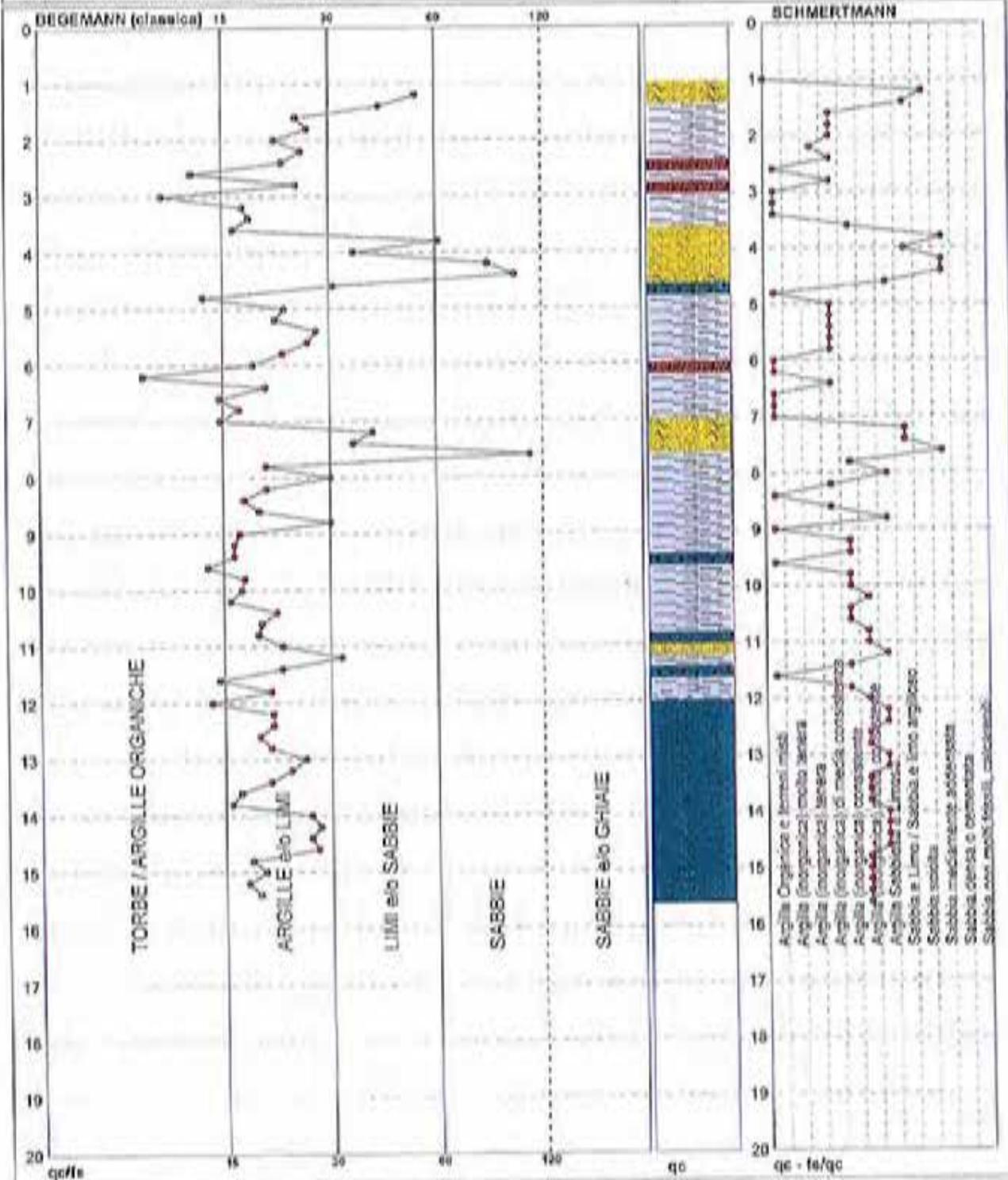
Prefoco: -1.00 m
Corr. (s/m): MN/ml
Corr. (s/m): MN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
riferimento	079-2013
certificato n°	4109

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuove capannoni SPEDIZIONI WAM
Località: Ponte Molta - Cavozzo (MO)

U.M.: MPa Data esec.: 16/02/2013
Scala: 1:100
Pagina: 3/4 Data certificato: 10/02/2013
Elaborato: Firma: Fara d'Arno



Torbe / Argilla org :	12 punti, 12.12%	Argilla Organica e limoni misti	14 punti, 14.14%	Argilla Sabbiosa e limo	17 punti, 17.17%
Argilla e/o Limi :	54 punti, 54.55%	Argilla (inorganica) tenera	1 punto, 1.01%	Sabbia e limo / Sabbia e limo arg.	4 punti, 4.04%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 8.08%	Argilla (inorganica) media consist.	13 punti, 13.13%	Sabbia sciolta	1 punto, 1.01%
Sabbie :	3 punti, 3.03%	Argilla (inorganica) consistente	10 punti, 10.10%	Sabbia mediamente addensata	4 punti, 4.04%
		Argilla (inorganica) molto consist.	13 punti, 13.13%		

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT

4

referimento **079-2013**
certificato n° **4110**

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Nuovo capannone SPEDIZIONI WAM**
Località: **Ponte Molta - Cavazzo (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec: **18/02/2013**
Pagina: **1/4** Data certificato: **18/02/2013**
Elaborato: **Fabrizio** Firma: **Fabrizio**

H	L1	L2	Lt	qp	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qp	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	MPa	-	%	m	-	-	-	MPa	MPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.09	0.00			15.20	40.00	84.00		3.92	102.00	24	4.2
0.40	0.00	0.00		0.09	0.00			15.40	40.00	73.00		4.70	160.00	30	3.3
0.60	0.00	0.00		0.09	0.00			15.60	47.00	71.00		4.81	147.00	32	3.1
0.80	0.00	0.00		0.09	0.00			15.80	38.00	69.00		3.72	173.00	22	4.6
1.00	0.00	0.00		0.09	0.00			16.00	31.00	67.00		3.94	140.00	22	4.6
1.20	0.00	0.00		0.09	13.00	0		16.20	38.00	60.00		3.72	147.00	26	3.9
1.40	10.00	12.00		0.09	20.00	60	3.0	16.40	41.00	63.00		4.02			
1.60	6.00	12.00		0.09	33.00	27	3.7								
1.80	9.00	14.00		0.09	33.00	27	3.7								
2.00	0.00	11.00		0.59	40.00	15	9.2								
2.20	6.00	14.00		0.78	27.00	30	3.4								
2.40	9.00	13.00		0.88	53.00	17	8.8								
2.60	8.00	16.00		0.70	33.00	24	4.1								
2.80	7.00	12.00		0.60	47.00	15	6.7								
3.00	16.00	23.00		1.67	40.00	40	2.6								
3.20	10.00	16.00		0.90	40.00	29	4.0								
3.40	8.00	12.00		0.80	27.00	32	4.6								
3.60	14.00	18.00		1.37	20.00	70	1.4								
3.80	18.00	22.00		1.00	03.00	38	2.8								
4.00	14.00	22.00		1.37	73.00	10	6.2								
4.20	36.00	47.00		5.53	27.00	133	0.8								
4.40	45.00	49.00		4.41	100.00	46	2.2								
4.60	16.00	31.00		1.57	00.00	20	6.0								
4.80	10.00	22.00		0.90	67.00	16	6.7								
5.00	10.00	20.00		0.90	50.00	10	6.3								
5.20	14.00	23.00		1.37	60.00	18	6.7								
5.40	8.00	20.00		0.78	47.00	17	6.9								
5.60	19.00	26.00		1.88	27.00	20	1.4								
5.80	16.00	20.00		1.57	27.00	59	1.7								
6.00	20.00	24.00		1.96	47.00	43	2.4								
6.20	15.00	22.00		1.47	27.00	56	1.9								
6.40	19.00	23.00		1.88	73.00	20	3.8								
6.60	15.00	26.00		1.47	47.00	32	3.1								
6.80	28.00	33.00		2.66	47.00	65	1.9								
7.00	27.00	34.00		2.65	40.00	08	1.9								
7.20	12.00	18.00		1.18	63.00	23	4.4								
7.40	8.00	16.00		0.78	60.00	13	7.6								
7.60	8.00	17.00		0.78	47.00	17	6.9								
7.80	10.00	17.00		0.90	67.00	16	6.7								
8.00	8.00	18.00		0.90	60.00	15	6.7								
8.20	10.00	19.00		0.90	63.00	19	6.3								
8.40	0.00	17.00		0.83	60.00	18	6.7								
8.60	0.00	17.00		0.78	67.00	12	6.4								
8.80	12.00	23.00		1.18	67.00	18	6.8								
9.00	14.00	24.00		1.37	60.00	16	6.7								
9.20	17.00	26.00		1.67	113.00	16	6.6								
9.40	13.00	36.00		1.27	100.00	13	7.7								
9.60	10.00	31.00		1.57	93.00	17	6.6								
9.80	10.00	33.00		1.68	97.00	22	4.6								
10.00	15.00	28.00		1.47	80.00	25	4.0								
10.20	13.00	22.00		1.27	90.00	22	4.0								
10.40	16.00	25.00		1.67	87.00	18	6.4								
10.60	26.00	33.00		2.65	147.00	18	6.7								
10.80	28.00	50.00		2.74	147.00	19	6.3								
11.00	29.00	51.00		2.84	109.00	20	3.4								
11.20	23.00	38.00		2.25	107.00	21	4.7								
11.40	18.00	35.00		1.88	107.00	18	6.9								
11.60	22.00	38.00		2.10	113.00	19	6.1								
11.80	26.00	43.00		2.55	140.00	19	6.4								
12.00	29.00	50.00		2.84	147.00	20	6.1								
12.20	26.00	40.00		2.55	133.00	20	6.1								
12.40	39.00	60.00		3.04	140.00	21	4.7								
12.60	36.00	47.00		2.55	133.00	20	6.1								
12.80	30.00	40.00		2.04	147.00	20	6.1								
13.00	27.00	40.00		2.05	113.00	24	4.2								
13.20	28.00	43.00		2.55	120.00	22	4.6								
13.40	32.00	50.00		3.14	145.00	23	4.4								
13.60	40.00	61.00		3.92	167.00	24	4.2								
13.80	38.00	63.00		3.72	167.00	23	4.4								
14.00	34.00	50.00		3.33	160.00	21	4.7								
14.20	36.00	50.00		3.43	160.00	22	4.6								
14.40	25.00	49.00		2.45	133.00	19	6.3								
14.60	22.00	42.00		2.16	113.00	19	6.1								
14.80	24.00	41.00		2.35	133.00	19	6.6								
15.00	31.00	61.00		3.64	160.00	19	6.2								

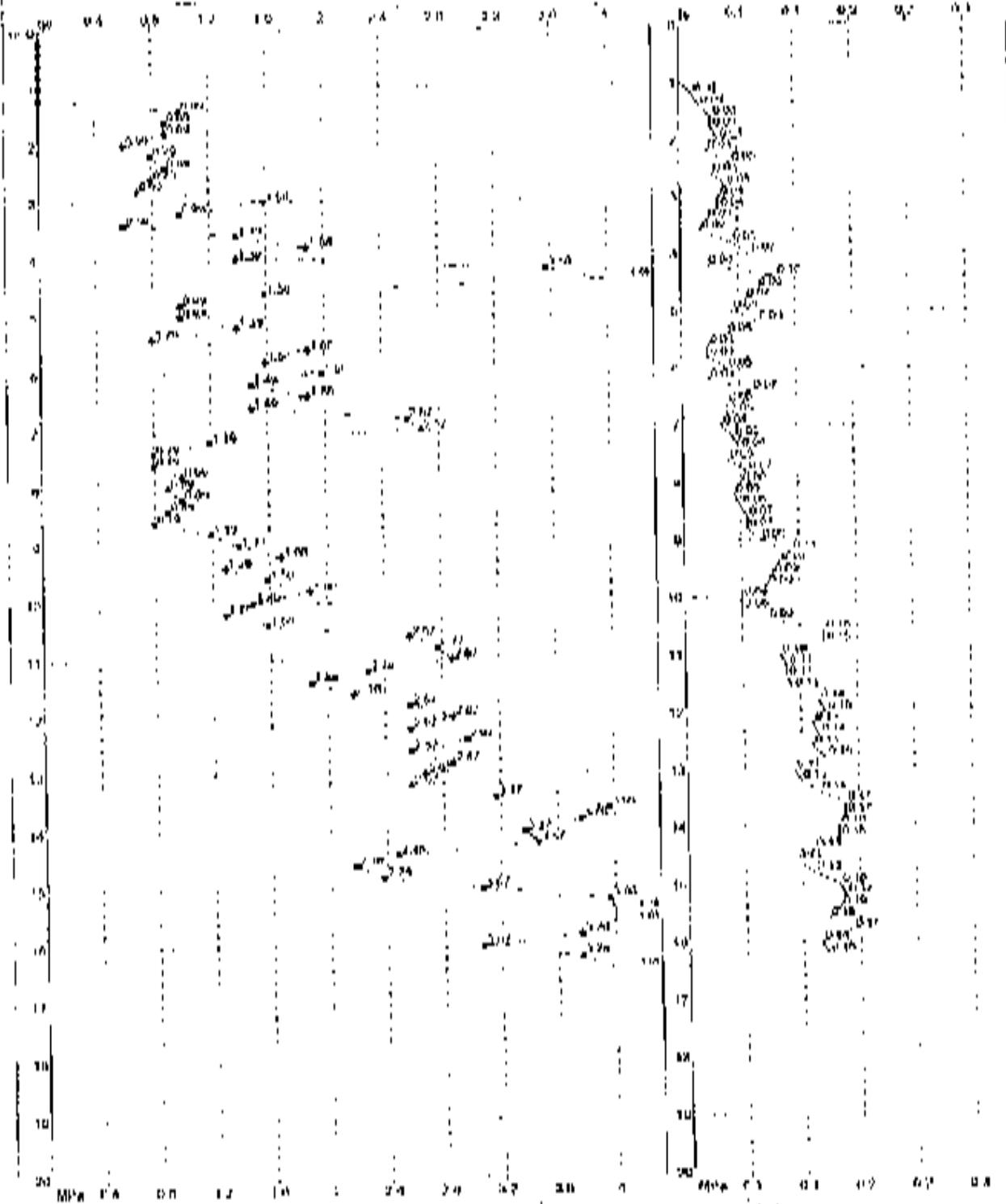
H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = lettura laterale (totale)
Ct = 10.00 costante di trasformazione
qp = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qp
F = rapporto Beggsman (qp / fs)
Rf = rapporto Scherminiana (fs / qp) * 100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT
 da agosto
 con il n. 07
4
 070-2013
 4310

Caratteristica: Studio tecnico
 Cantiero: Nuova adossatura SPUDIZION WAM
 Località: Ponte Molle - Firenze (MO)

Scale: 1:100
 Stato: 2/A
 Data: 11/03/2013
 Stato: 100000000
 Data: 11/03/2013



Temperatura: 20.00 °C
 Umidità: 65.00 %
 Direzione: N

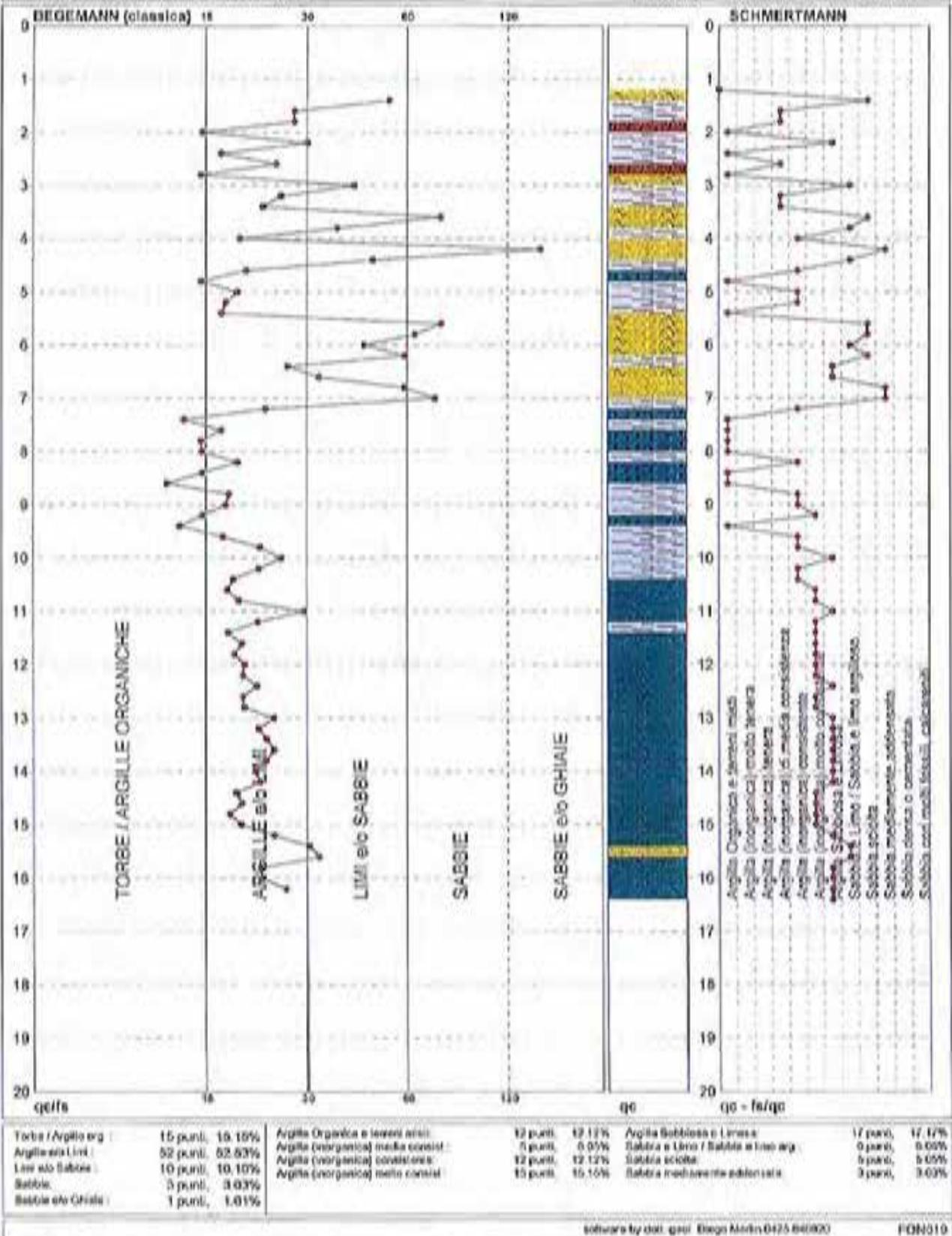
Spessore: 100 mm
 Stato: 100000000
 Data: 11/03/2013

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT **4**
riferimento **079-2013**
certificato n° **4110**

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuovo capannone SPEDIZIONI WAM
Località: Ponte Motta - Cavezzo (MO)

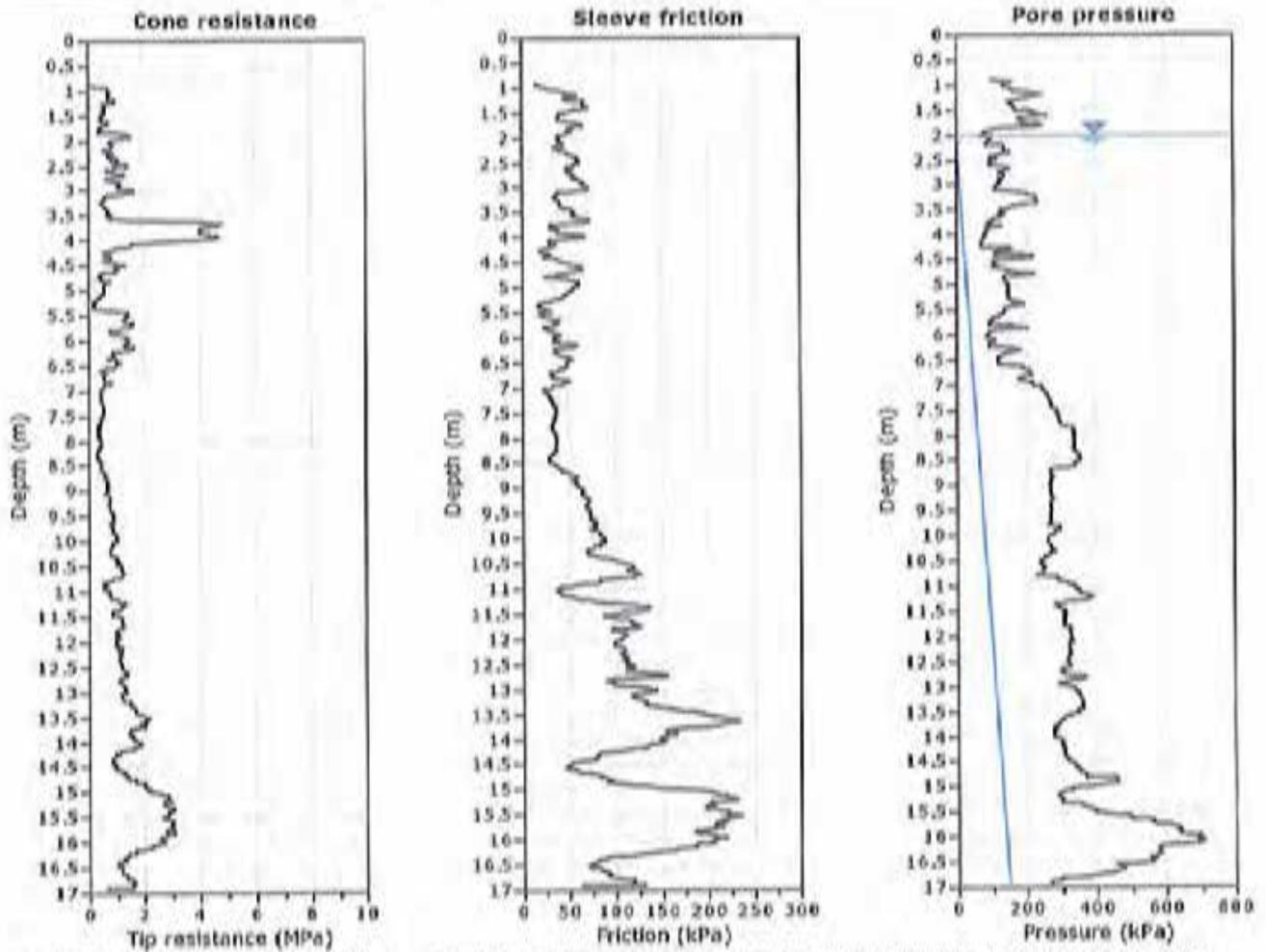
U.M.: MPa Data ess.: 16/02/2013
Scala: 1:100
Pagine: 3/4 Data certificato: 16/02/2013
Elaborato: F.lli F.lli Fara d'Arco



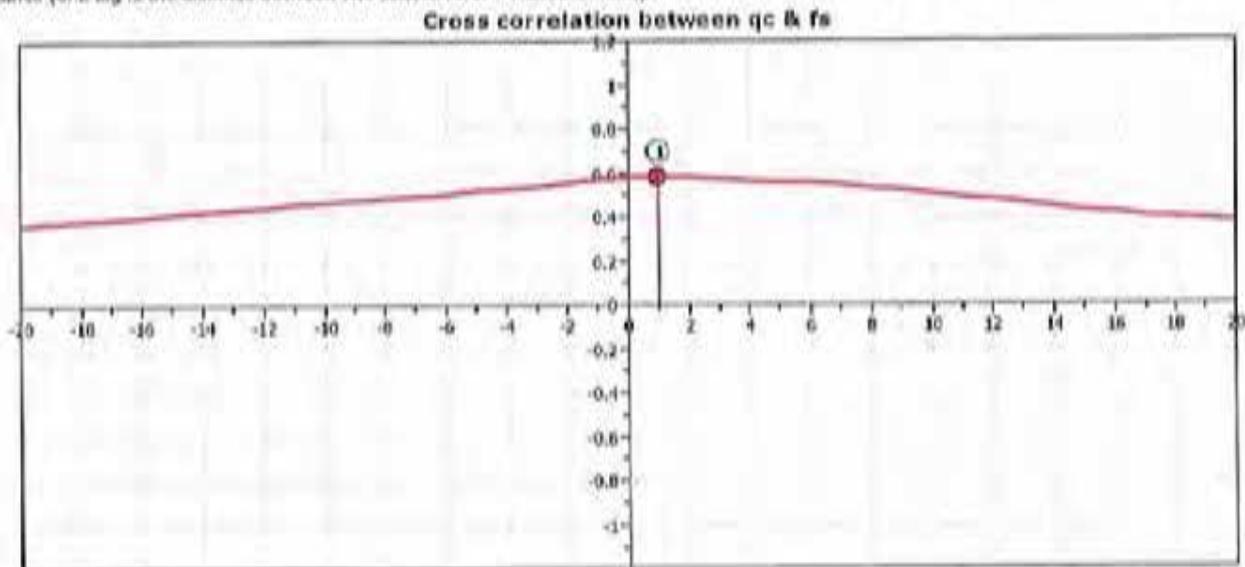
GEO GROUP s.r.l.

Indagini geotecniche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - Consulteranti - geologia ambientale - competenze geologiche e geotecniche

Prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU corredate d'interpretazione geotecnica



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axis presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



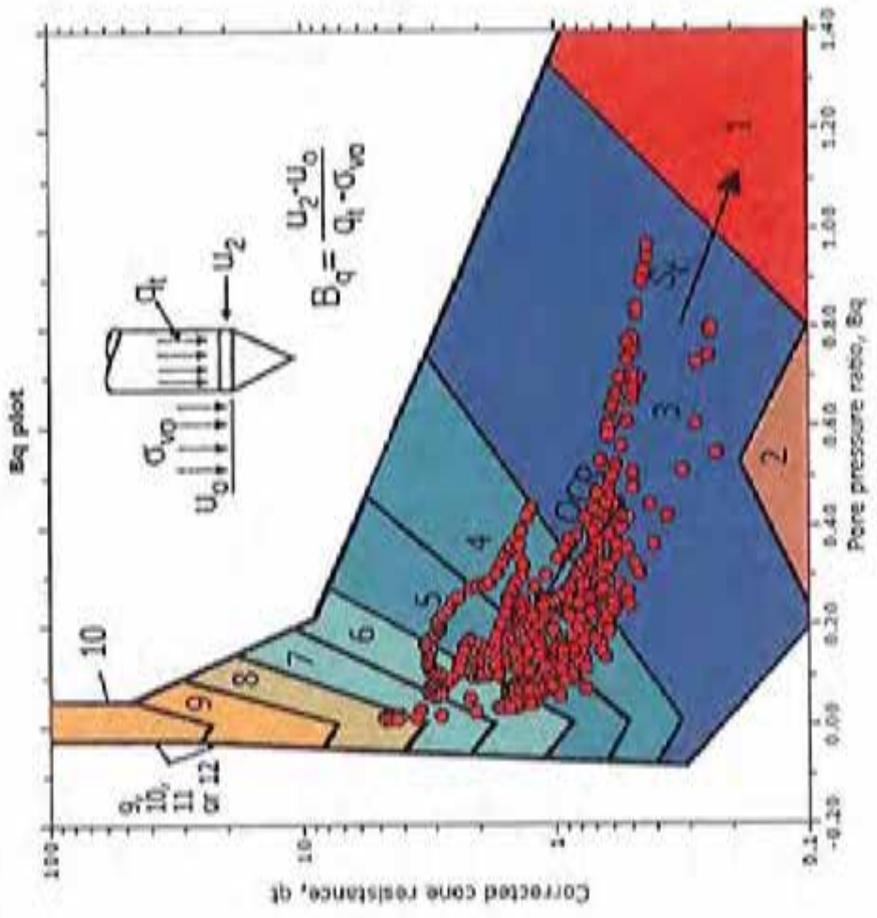
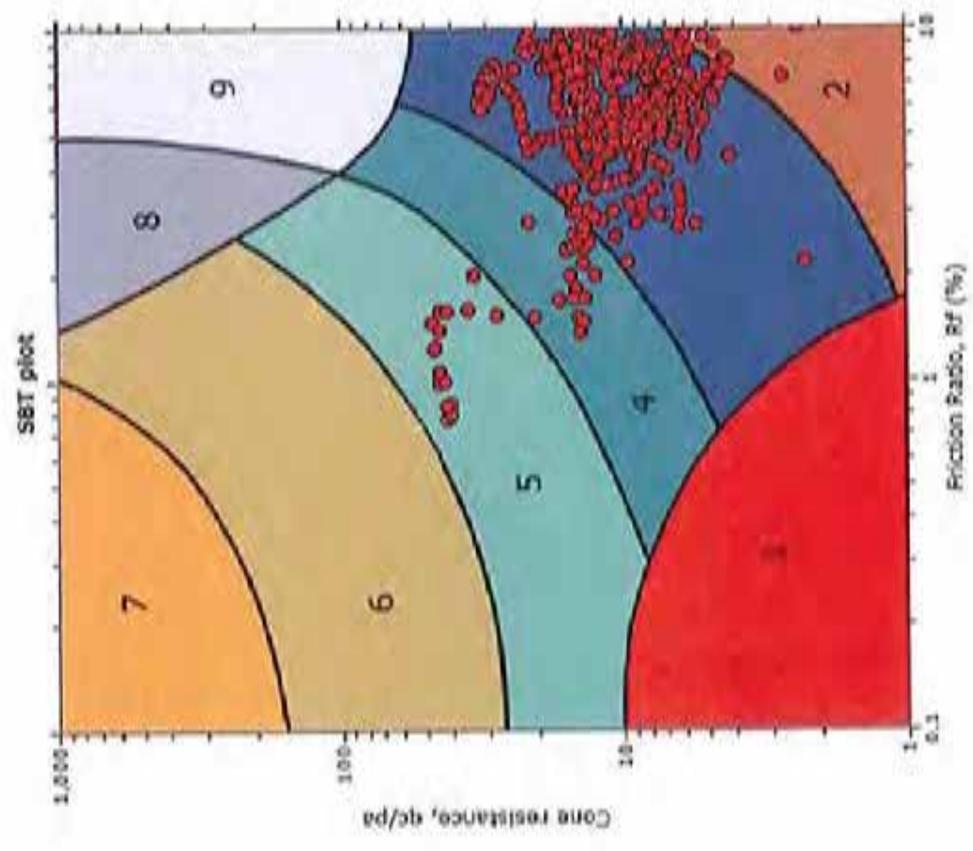


Geo Group S.r.l.
 192, v. Cesare Costa 41123 MODENA
 Tel 059/3967169 Fax 059/3332019
 e-mail geo.group@libero.it

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - SPEDIZIONI - WAM
Location: Cavazzano - v. Cavour 338/3

CPT: CPTU n. 1
 Total depth: 15.50 m, Date: 20/03/2013
 Cone Type: GEOTECH AS
 Cone Operator: Dott. Paolo Caliceti

SBT - Bq plots



SBT legend

- 1. Sensitive fine grained
- 2. Organic material
- 3. Clay to silty clay
- 4. Clayey silt to silty clay
- 5. Silty sand to sandy silt
- 6. Clean sand to silty sand
- 7. Gravely sand to sand
- 8. Very stiff sand to clayey sand
- 9. Very stiff fine grained
- 10. Very stiff fine grained



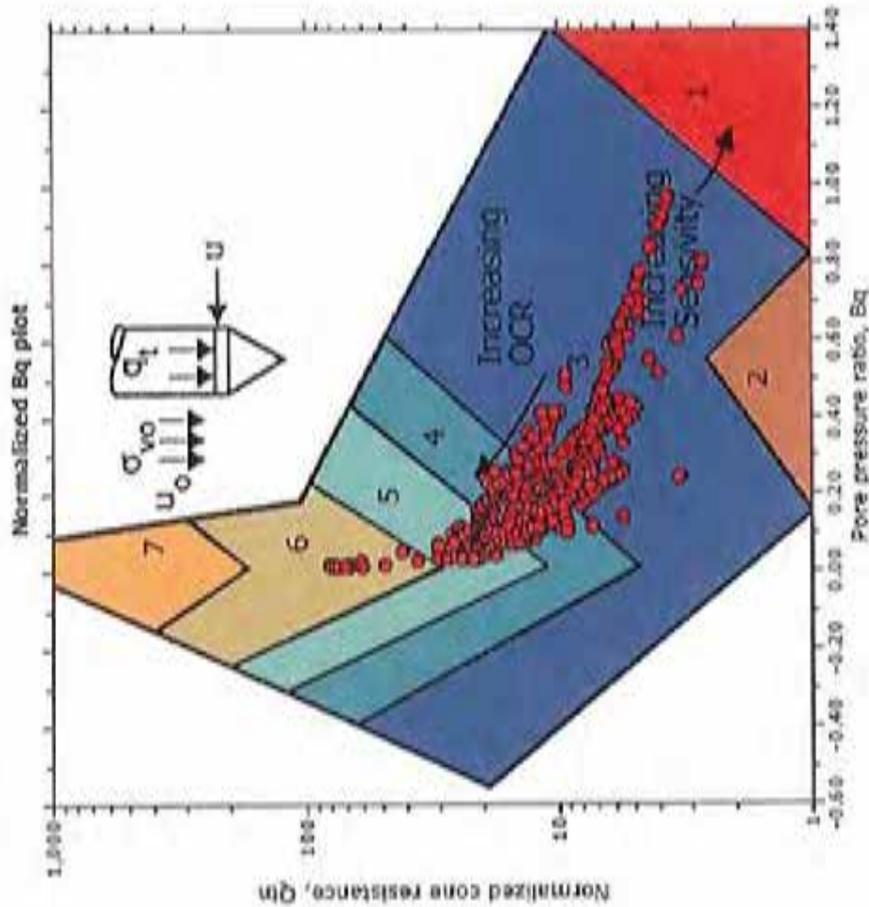
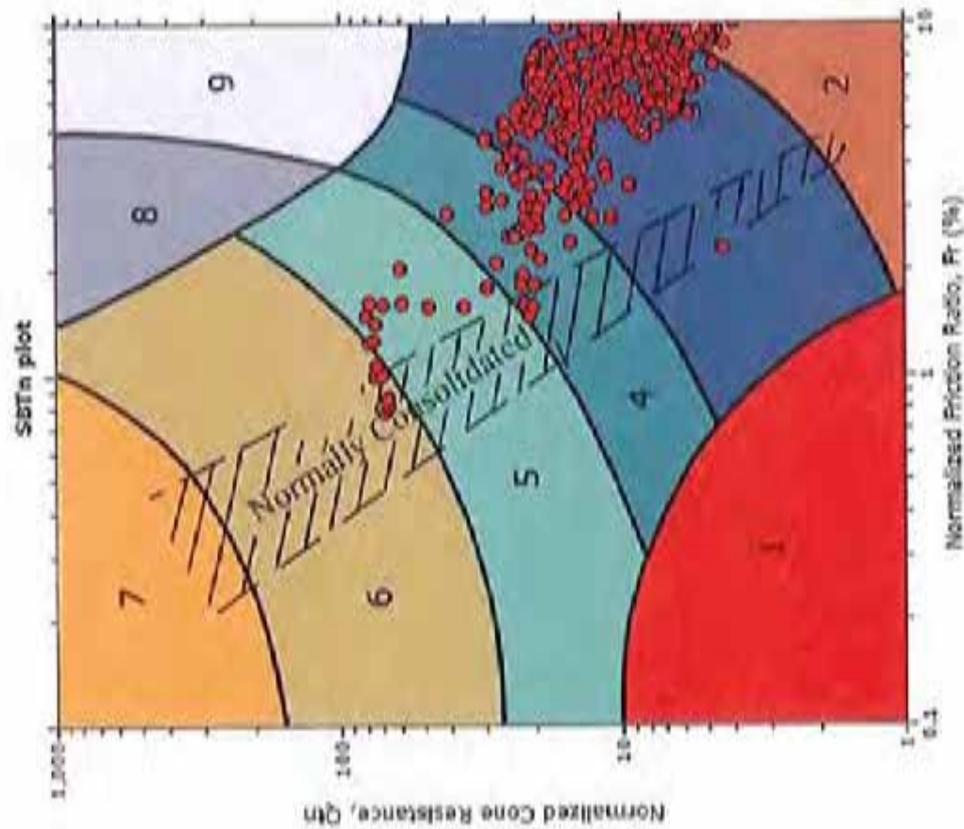
Geo Group S.r.l.
 182, v. Desave Costa 41123 MODENA
 Tel 059/3967169 Fax 059/5332019
 e-mail geo.group@libero.it

Analisi geotecniche e geofisiche,
 consultazioni geologiche e geotecniche

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - SPEDIZIONI - WIAM
 Location: Cavazzo - v. Cavour 336/a

CPT: CPTU n. 1
 Total depth: 16.90 m, Date: 29/03/2013
 Core Type: GEOTECH AS
 Core Operator: Dott. Paolo Calceoli

SBT - Bq plots (normalized)





Geo Group S.r.l.
182, v. Casare Costa 41123 MODENA
Tel 059/3967169 Fax 059/3324145
e-mail geo.group@libero.it

Analisi geomeccaniche e geotecniche,
consulenze geologiche e geotecniche

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - SPEDIZIONI - WAM

Location: Cavazzo - v. Cavour 338/a

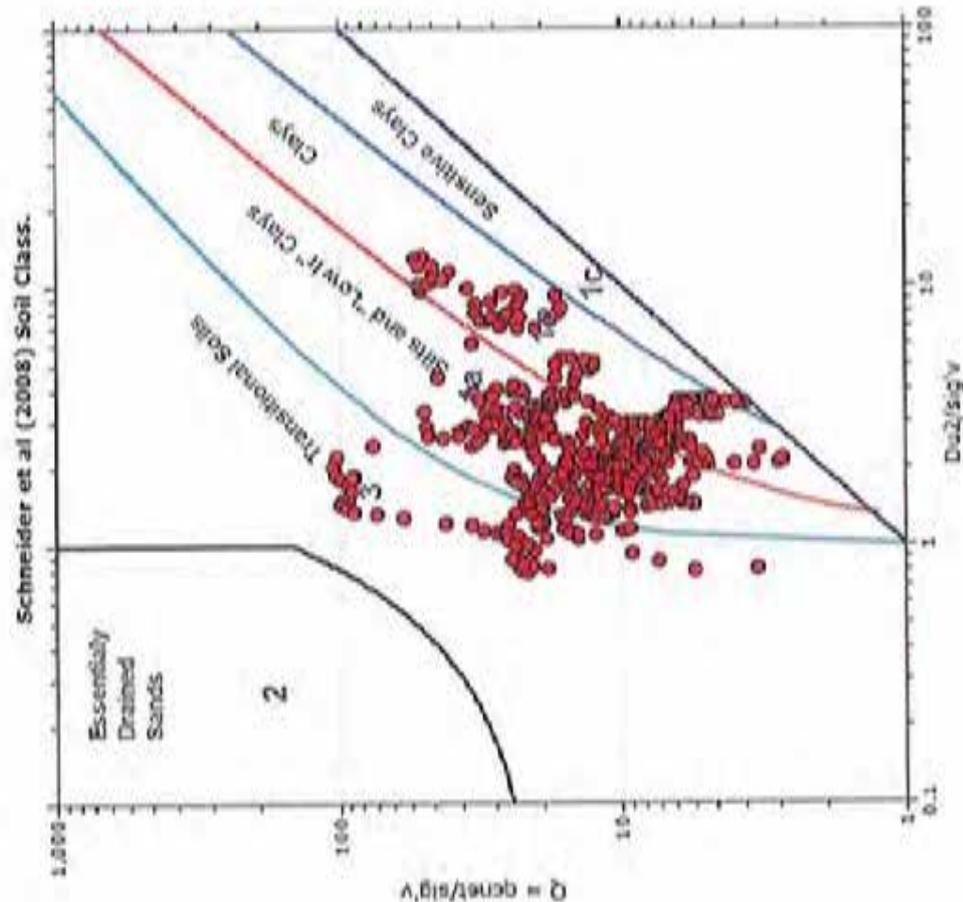
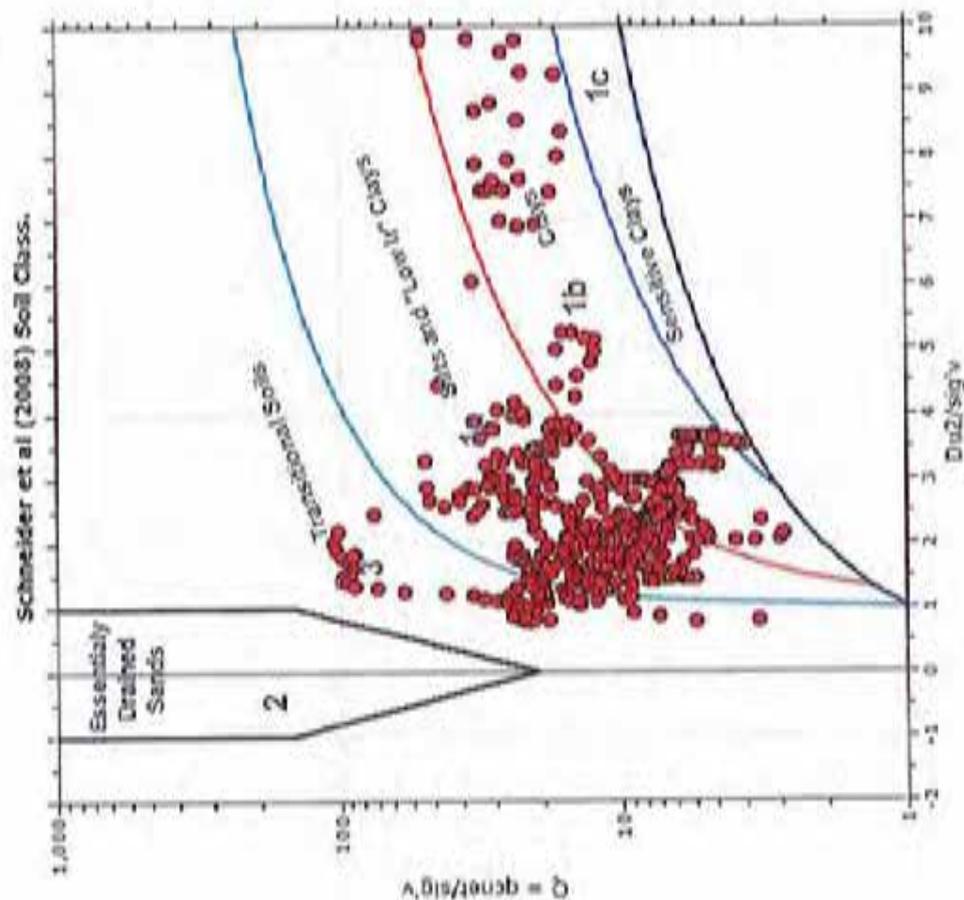
CPT: CPTU n. 1

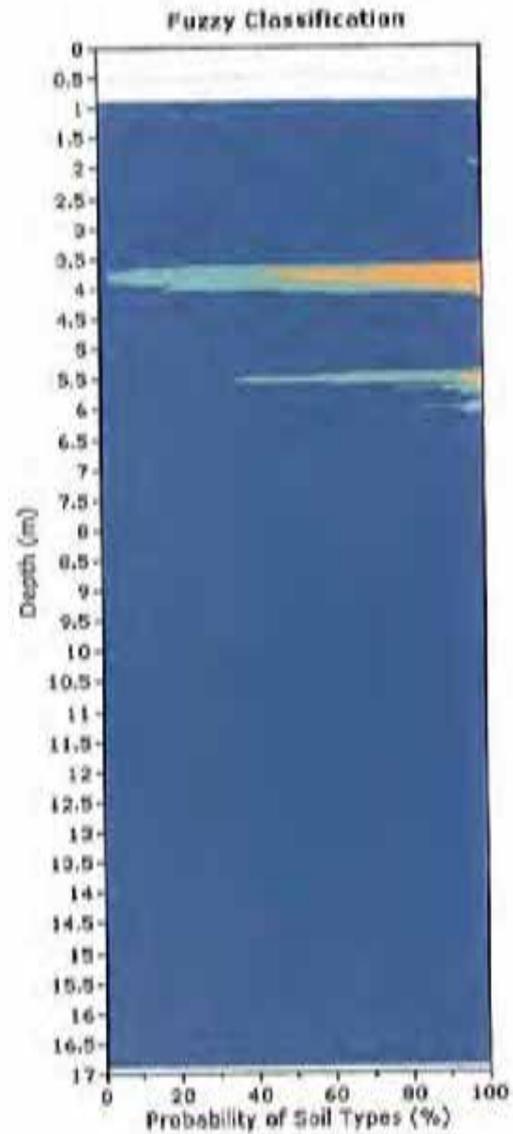
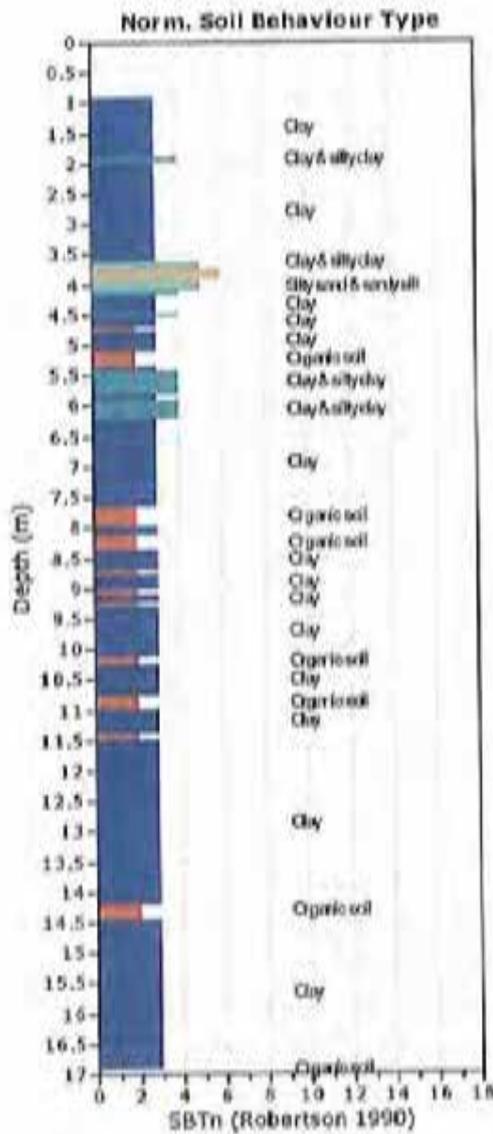
Total depth: 16.90 m, Date: 20/02/2013

Cone Type: GEOTECH AB

Cone Operator: Dott. Paolo Calzavara

Bq plots (Schneider)





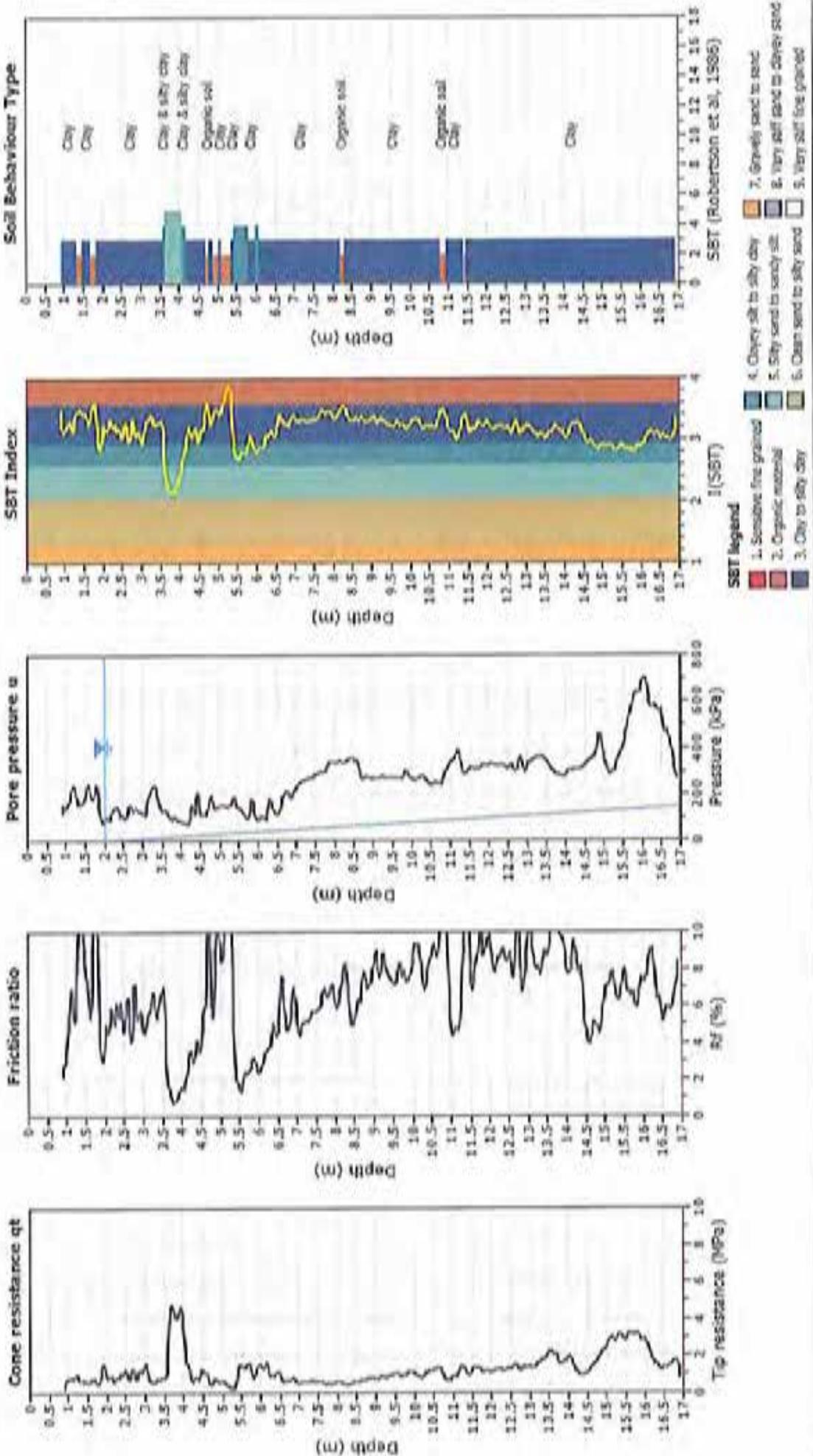


Geo Group S.r.l.
192, v. Desane Costa 41123 MODENA
Tel 059/3967169 Fax 059/5332019
e-mail geo.group@libero.it

Indagini geotecniche e geofisiche,
consulenze geologiche e geomorfiche

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - SPEZZIZIONI - WIAM
Location: Cerveno - v. Cavour 338/a

CPTU n. 1
Total depth: 16.90 m, Date: 20/03/2013
Cone Type: GEOTECH AB
Cone Operator: Dott. Paolo Calicci





Geo Group S.r.l.
 182, v. Cesare Costa 41123 MOENNA
 Tel 059/7567169 Fax 059/5332019
 e-mail: geo.group@libero.it

Ingegnieri geotecnici e geofisici,
 consulenze geotecniche e geofisiche

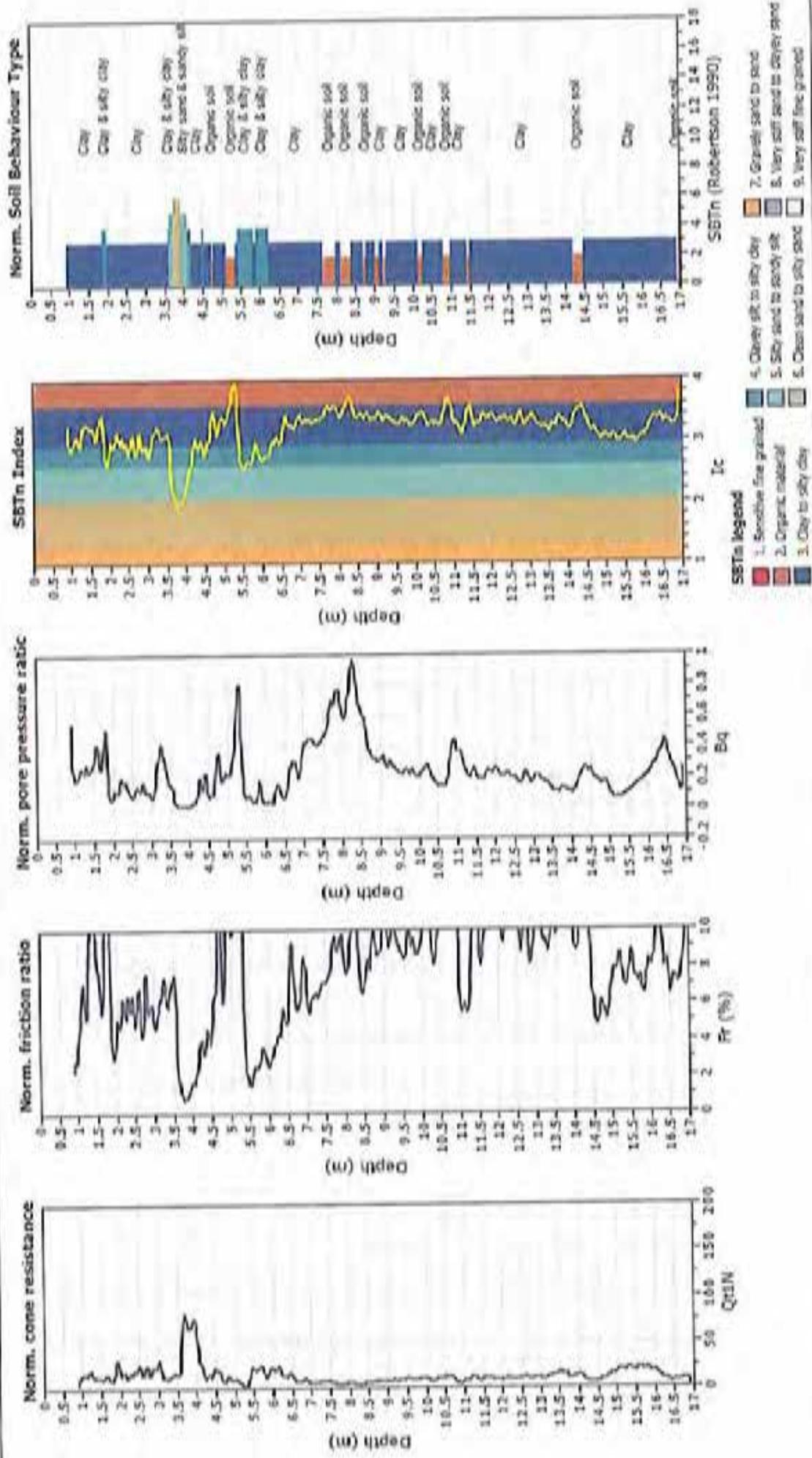
Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - SPEDIZIONI - WIAM
 Location: Cavazzo - v. Cavour 339/a

CPT: CPTU n. 1

Total depth: 16.50 m, Date: 20/02/2013

Cone Type: GEOTECH AB

Cone Operator: Dott. Paolo Caliceti

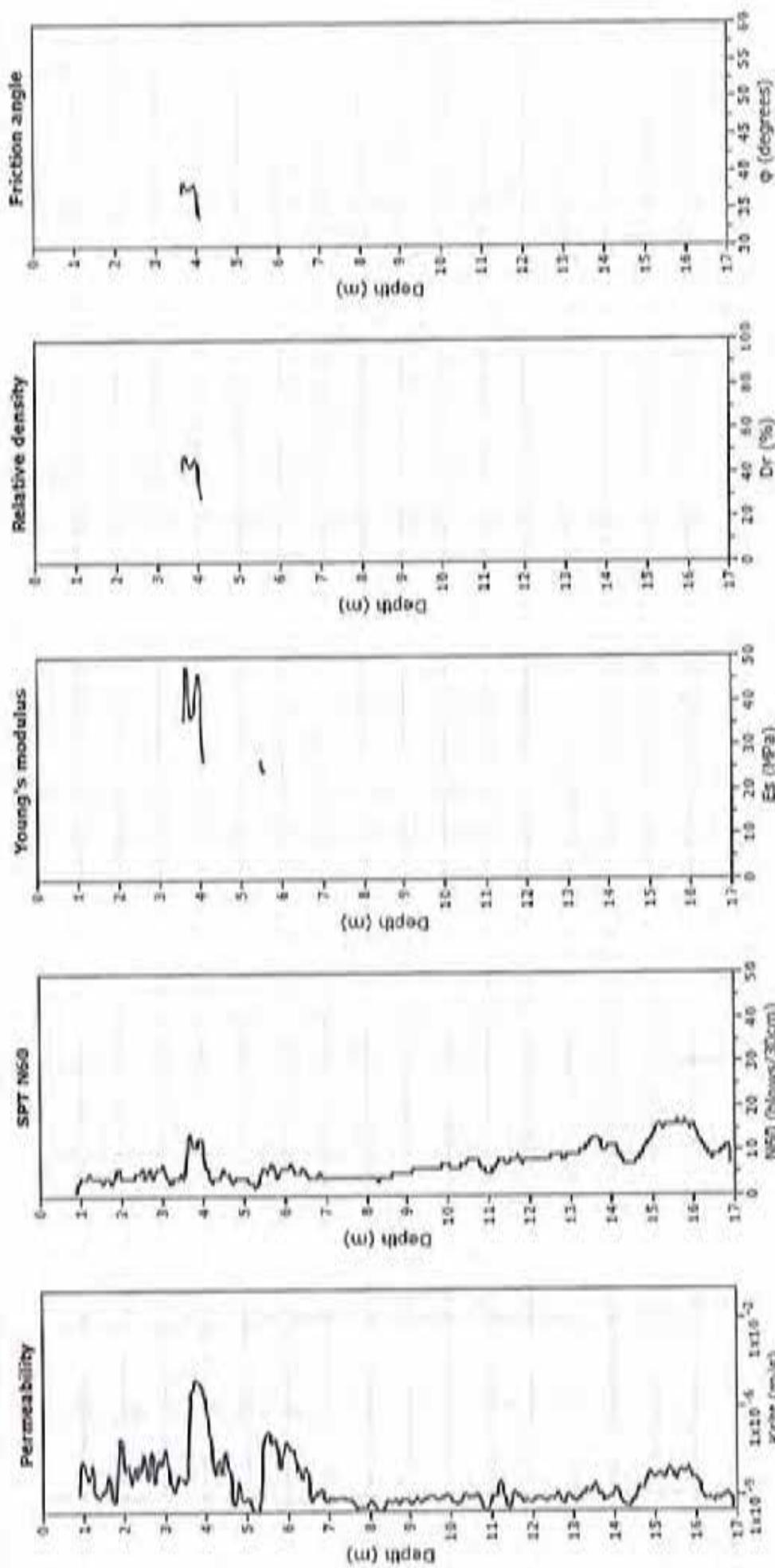




Geo Group S.r.l.
182, v. Casare Costa 41123 MODENA
Tel 059/3967189 Fax 059/5332019
e-mail geo.group@libero.it

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - SPEDIZIONI - WAM
Location: Cavazzo - v. Cavour 338/8

CPT: CPTU n. 1
Total depth: 16.50 m, Date: 08/03/2013
Cone Type: GEOTECH AS
Cone Operator: Dott. Paolo Calciand



Calculation parameters
Permeability: based on SPT,
SPT Nuc: Based on I_c and q_c
Young's modulus: Based on variable alpha using I. (Robertson, 2005) \bullet User defined estimation data
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)
Project file: G:\servizi\mod 2013\0118_134-Ponte Costa Cavazzo, Via Cavour 338, nuovo capannone spedizioni\CPTU\CPTU n. 1.cpt

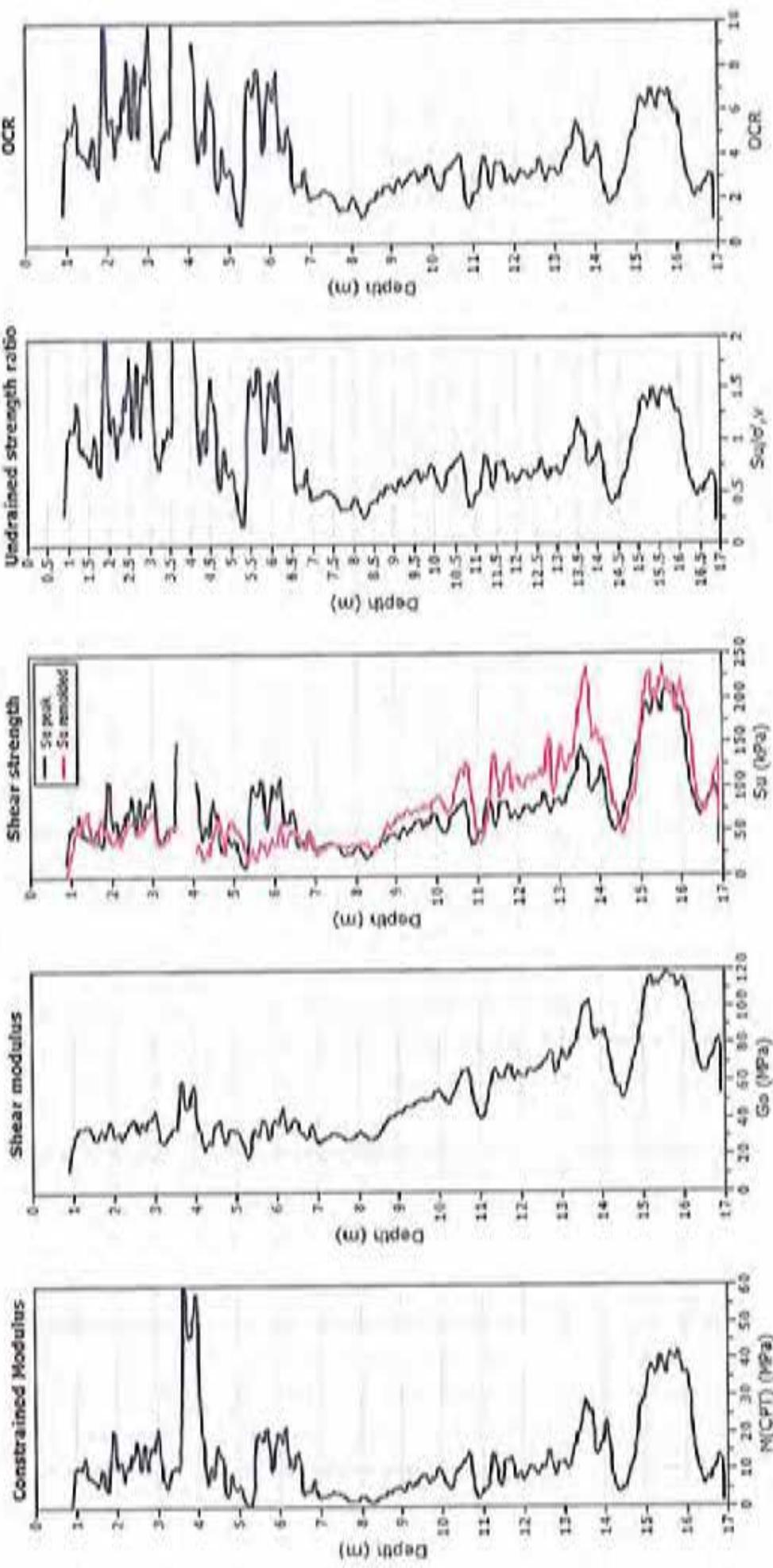


Geo Group S.r.l.
192, v. Casare Costa 41123 MODENA
Tel 059/3967169 Fax 059/5332825
e-mail geo.group@libero.it

Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - SPEDIZIONI - WAM
Località: Cavestro - v. Cavour 338/a

CPT: CPTU n. 1

Total depth: 15.50 m, Date: 28/03/2013
Cone Type: GEOTECH AB
Cone Operator: Dott. Paolo Calceani



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable alpha using I_c and Q_c (Robertson, 2009)

G_0 : Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_c : 14

OCR factor for clays, N_c : 0.33

● — User defined estimation data



Geo Group S.p.A.
162, V. Cassare Costa 41123 MODENA
Tel 059/3967369 Fax 059/5332019
e-mail geo.group@itviro.it

Dati geotecnici e geofisici,
condizioni geologiche e geofisiche

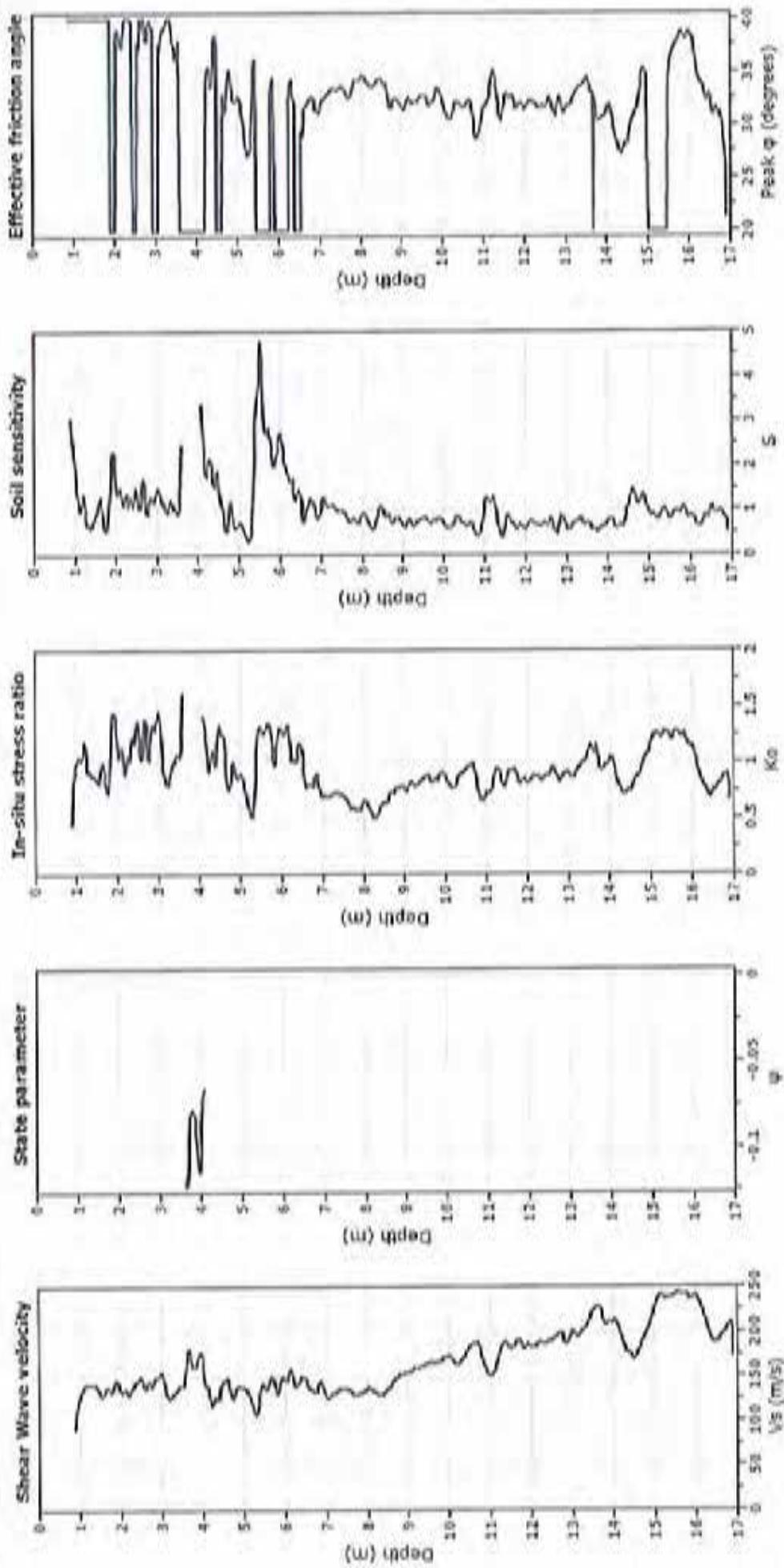
Project: Costruzione nuovo fabbricato industriale - SPEDIZIONI - WIAM
Location: Carrara - v. Carrara 338/a

CPT: CPTU n. 1

Total depth: 16.90 m, Date: 20/03/2013

Core Type: GEOTECH AE

Cone Operator: Dott. Paolo Calceolari



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_c : 7.00

— User defined estimation data

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Prove penetrometriche statiche CPT da Noi eseguite nell'Ottobre 2013

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT
riferimento
certificato n°

1
634-2013
4646

Coordinato: Studio Tecnico
Cantiere: Sito di lavoro di fondazione
Località: Cervero, WAM

U.M. MPa Data: 14/10/2013
Pagine: 1/4 Una cartella
Elaborato: 16/10/2013

h m	L1	L2	L3	qc MPa	fs kPa	f %	Rz %	h m	L1	L2	L3	qc MPa	fs kPa	f %	Rz %	
0.20	0.00	0.00		0.00	163.00	0		15.20	20.00	40.00		2.64	135.00	23	4.6	
0.40	24.00	27.00		2.64	263.00	13	0.7	15.40	43.00	62.00		4.71				
0.60	47.00	126.00		5.83	100.00	67	1.1									
0.80	36.00	60.00		3.47	127.00	20	3.6									
1.00	18.00	36.00		1.57	65.00	48	2.1									
1.20	18.00	36.00		1.47	60.00	75	6.8									
1.40	8.00	17.00		0.78	17.00	1	21.6									
1.60	10.00	41.00		1.47	103.00	8	17.8									
1.80	16.00	44.00		1.47	27.00	68	1.8									
2.00	12.00	18.00		1.18	47.00	28	3.0									
2.20	10.00	17.00		0.68	15.00	30	3.2									
2.40	6.00	14.00		0.66	113.00	4	19.6									
2.60	24.00	71.00		6.70	60.00	90	1.3									
2.80	48.00	61.00		6.44	167.00	24	3.0									
3.00	30.00	41.00		1.67	68.00	77	3.6									
3.20	28.00	29.00		2.66	47.00	54	1.6									
3.40	18.00	23.00		1.67	177.00	13	7.0									
3.60	47.00	64.00		4.61	67.00	70	1.4									
3.80	60.00	60.00		4.60	73.00	40	1.6									
4.00	20.00	50.00		3.87	63.00	74	1.4									
4.20	25.00	53.00		2.46	40.00	63	1.6									
4.40	14.00	20.00		1.37	47.00	30	3.4									
4.60	13.00	20.00		1.27	33.00	20	2.6									
4.80	12.00	17.00		1.18	63.00	24	4.4									
5.00	16.00	23.00		1.47	27.00	60	1.9									
5.20	9.00	13.00		0.68	27.00	34	3.0									
5.40	9.00	13.00		0.68	33.00	27	3.7									
5.60	8.00	11.00		0.78	40.00	20	6.0									
5.80	8.00	11.00		0.78	47.00	23	6.3									
6.00	11.00	17.00		1.08	47.00	34	2.6									
6.20	7.00	15.00		0.78	47.00	17	6.8									
6.40	18.00	23.00		1.67	47.00	34	2.6									
6.60	7.00	15.00		0.78	47.00	17	6.8									
6.80	11.00	18.00		1.08	33.00	33	3.0									
7.00	16.00	20.00		1.47	46.00	38	2.7									
7.20	6.00	16.00		0.68	27.00	23	3.0									
7.40	10.00	14.00		0.68	27.00	27	2.7									
7.60	10.00	14.00		0.68	33.00	27	3.7									
7.80	6.00	14.00		0.68	47.00	10	6.2									
8.00	11.00	16.00		1.08	40.00	26	3.4									
8.20	11.00	17.00		1.08	47.00	23	6.3									
8.40	11.00	16.00		1.08	47.00	23	6.3									
8.60	11.00	16.00		1.08	60.00	21	6.8									
8.80	10.00	19.00		0.68	53.00	14	6.3									
9.00	12.00	20.00		1.18	40.00	26	6.0									
9.20	15.00	24.00		1.47	23.00	21	4.9									
9.40	16.00	20.00		1.47	67.00	10	6.2									
9.60	16.00	20.00		1.47	43.00	20	4.0									
9.80	16.00	20.00		1.47	104.00	20	6.0									
10.00	20.00	25.00		1.67	107.00	10	6.4									
10.20	21.00	27.00		2.08	100.00	11	6.6									
10.40	28.00	41.00		2.66	127.00	20	4.0									
10.60	28.00	46.00		2.66	174.00	20	4.1									
10.80	28.00	40.00		2.66	163.00	17	6.8									
11.00	37.00	65.00		3.14	63.00	24	2.8									
11.20	37.00	66.00		3.04	63.00	60	1.7									
11.40	37.00	66.00		3.04	61.00	47	2.3									
11.60	26.00	33.00		2.46	67.00	20	3.6									
11.80	28.00	33.00		2.46	40.00	28	3.6									
12.00	27.00	39.00		2.66	106.00	27	3.7									
12.20	32.00	47.00		3.14	23.00	44	2.3									
12.40	30.00	41.00		2.66	67.00	45	2.3									
12.60	30.00	40.00		2.66	63.00	67	1.8									
12.80	28.00	30.00		2.24	40.00	20	1.4									
13.00	20.00	35.00		2.66	40.00	23	1.4									
13.20	27.00	33.00		2.66	13.00	62	1.2									
13.40	29.00	34.00		2.66	67.00	60	1.8									
13.60	35.00	44.00		3.63	67.00	64	1.0									
13.80	41.00	61.00		4.07	47.00	67	1.1									
14.00	41.00	63.00		4.61	60.00	30	1.7									
14.20	30.00	48.00		3.63	63.00	60	1.6									
14.40	30.00	44.00		3.63	67.00	64	1.6									
14.60	30.00	35.00		2.46	40.00	42	2.4									
14.80	18.00	27.00		1.47	67.00	27	3.7									
15.00	12.00	22.00		1.18	67.00	18	6.0									
15.20	10.00	20.00		0.68	23.00	14	2.3									

h1 -- profondità
L1 -- prima lettura (cm)
L2 -- seconda lettura (cm) + (altezza)
L3 -- terza lettura (cm)
qc -- valore corretto di penetrometro

fs -- resistenza di punta
Rz -- resistenza laterale calcolata
f -- rapporto fs/qc
Rz -- rapporto Rz/qc (fz/qc)*100

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

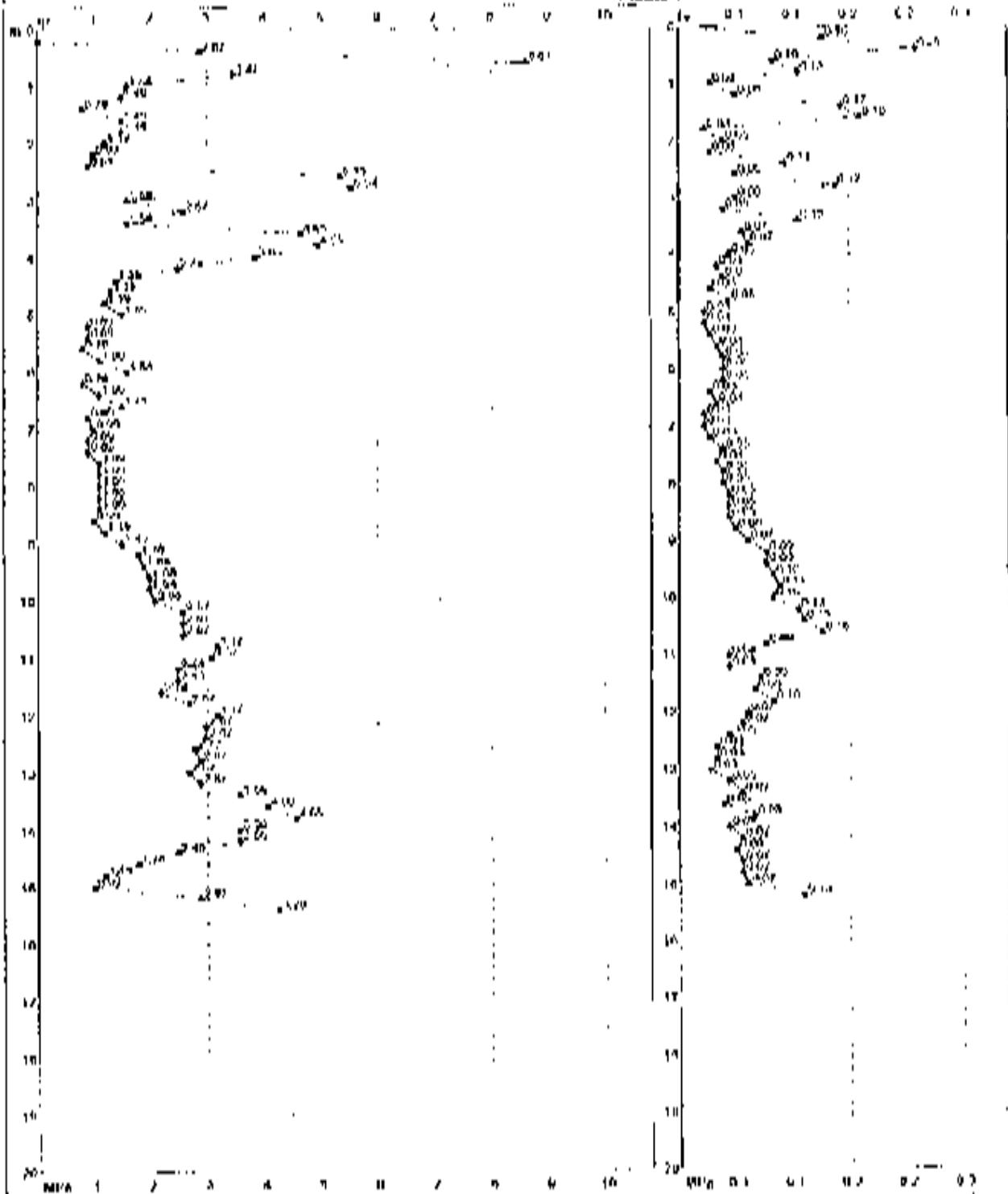
CPT

Documento
autografo

1
634-2013
4045

Contratto: Studio tecnico
Cliente: Studio Tecnico di Fondazione
Località: Cuneo, WAM

Scala: 1:1
Data: 27/4
Profila: 274
Puntatura:
Data: 27/4
Dalla: 0.00
Alla: 16.00
Lavorista: 1000000



Pressione statica: 200.000 200 kN
Idroscopio: 10000
Assistenza:

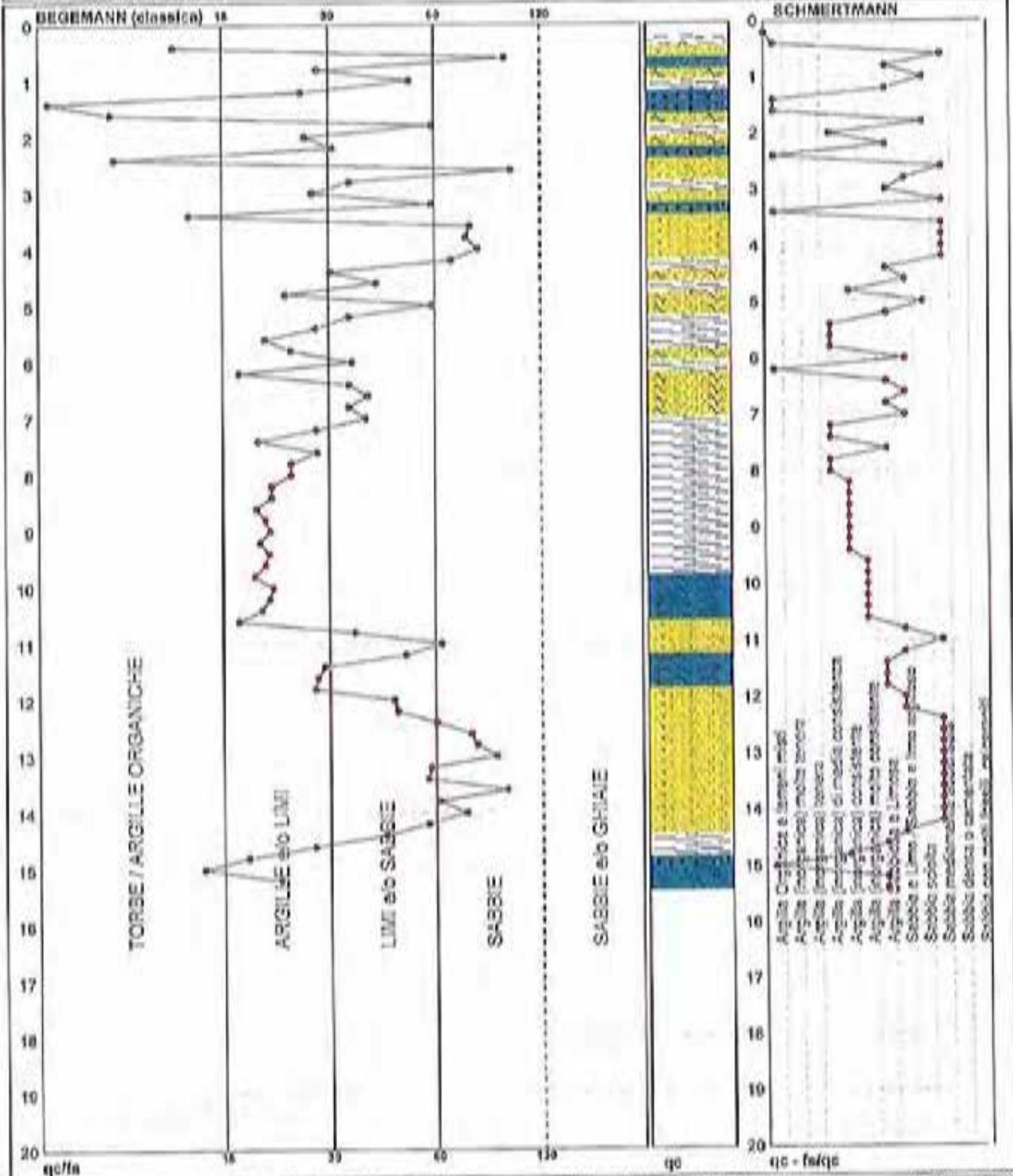
Profilo: 10
CONFEZIONE: 10000
CONFEZIONE: 10000

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
 DIAGRAMMI LITOLOGIA**

CPT	1
riferimento	534-2013
certificato n°	4946

Committente: Studio tecnico
 Cantiere: Studio terreno di fondazione
 Località: Cavezzo, WAM

U.M.: MPa Data esec.: 14/10/2013
 Scala: 1:100
 Pagina: 3/4 Data certificato: 19/10/2013
 Elaborato: Falda



Torbe / Argille org :	7 punti, 7.07%	Argilla Organica e terreni misti:	7 punti, 7.07%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	14 punti, 14.14%
Argilla e/o Limi:	34 punti, 34.34%	Argilla (aorganica) media consist:	8 punti, 8.08%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg:	10 punti, 10.10%
Limi e/o Sabbie:	24 punti, 24.24%	Argilla (aorganica) consistente:	9 punti, 9.09%	Sabbia sabbia:	3 punti, 3.03%
Sabbie:	11 punti, 11.11%	Argilla (aorganica) molto consist:	0 punti, 0.00%	Sabbia mediamente sabbiosa:	18 punti, 18.18%

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT
Attestato
certificato n° **2**
034-2013
0000

Committente: Studio tecnico
Codice: Spello (escluso il cantiere)
Località: Cavozzo, WAM

UFF: IAPG (escluso) 15/02/2013
Pagina: 1/4 Data consegna: 15/10/2013
Elaborato: 1.00m - 1.20m 49m

H m	L1	L2	L3	q ₀ MPa	f ₀ MPa	f -	M %	H m	L1	L2	L3	q ₀ MPa	f ₀ MPa	f -	M %
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	123.00	0	0	16.20	47.00	80.00	4.01	160.00	20	3.8	
0.40	100.00	120.00	0.00	0.00	123.00	70	1.3	16.40	48.00	70.00	4.70	162.00	20	3.6	
0.60	150.00	170.00	0.00	14.70	213.00	70	1.4	16.60	50.00	75.00	4.90	163.00	20	3.7	
0.80	200.00	200.00	0.00	27.74	277.00	72	4.6	16.80	40.00	70.00	4.61	153.00	21	3.0	
1.00	10.00	30.00	0.00	1.07	37.00	74	4.7	18.00	40.00	60.00	4.70	162.00	40	2.2	
1.20	10.00	30.00	0.00	0.00	37.00	10	0.3	18.20	45.00	51.00	4.41	167.00	47	2.4	
1.40	10.00	10.00	0.00	0.00	40.00	20	4.0	18.40	22.00	40.00	3.14	87.00	37	2.7	
1.60	11.00	17.00	0.00	1.00	33.00	32	3.0	18.60	20.00	41.00	2.74	100.00	20	3.8	
1.80	7.00	12.00	0.00	0.00	40.00	10	0.7	18.80	25.00	40.00	2.40	107.00	23	4.3	
2.00	10.00	16.00	0.00	0.00	33.00	30	2.3	17.00	30.00	60.00	3.02	107.00	30	2.7	
2.20	10.00	10.00	0.00	0.00	42.00	21	0.7	17.20	12.00	60.00	2.40	87.00	43	2.4	
2.40	6.00	10.00	0.00	0.00	30.00	23	0.4	17.40	30.00	43.00	2.04	93.00	30	2.7	
2.60	0.00	14.00	0.70	0.70	27.00	20	0.4	17.60	20.00	43.00	2.04	73.00	40	2.0	
2.80	0.00	12.00	0.70	0.70	40.00	20	0.0	17.80	25.00	45.00	2.33	100.00	34	2.0	
3.00	10.00	10.00	0.00	0.00	40.00	20	0.0	18.00	20.00	40.00	2.00	100.00	20	4.0	
3.20	7.00	13.00	0.00	0.00	107.00	7	0.3	18.20	30.00	50.00	2.63	140.00	20	4.0	
3.40	10.00	14.00	1.70	1.70	73.00	20	0.1	18.40	34.00	60.00	2.00	127.00	27	1.7	
3.60	10.00	23.00	1.10	1.10	47.00	20	0.0	18.60	22.00	60.00	2.00	120.00	27	4.4	
3.80	20.00	15.00	2.74	2.74	67.00	42	2.4	18.80	14.00	60.00	2.00	103.00	27	4.6	
4.00	10.00	20.00	0.00	0.00	27.00	27	2.7	18.00	20.00	40.00	2.00	127.00	20	4.0	
4.20	40.00	57.00	4.70	4.70	20.00	240	0.4	18.20	10.00	60.00	1.00	60.00	24	4.2	
4.40	10.00	47.00	0.00	0.00	40.00	00	1.0	18.40	10.00	60.00	1.00	103.00	10	0.1	
4.60	10.00	21.00	1.47	1.47	00.00	20	4.0	18.60	22.00	40.00	2.10	100.00	10	0.4	
4.80	0.00	10.00	0.00	0.00	40.00	23	4.4	18.80	25.00	60.00	2.00	113.00	22	4.6	
5.00	12.00	10.00	1.10	1.10	53.00	23	4.4	20.00	20.00	60.00	2.04				
5.20	0.00	12.00	0.00	0.00	83.00	17	0.0								
5.40	0.00	10.00	0.70	0.70	20.00	60	2.6								
5.60	0.00	12.00	0.00	0.00	40.00	23	4.4								
5.80	10.00	24.00	1.70	1.70	27.00	07	1.0								
6.00	0.00	13.00	0.00	0.00	40.00	23	4.4								
6.20	0.00	13.00	0.00	0.00	33.00	17	0.0								
6.40	7.00	12.00	0.00	0.00	40.00	10	2.7								
6.60	7.00	17.00	0.00	0.00	40.00	10	0.7								
6.80	0.00	16.00	0.70	0.70	03.00	13	0.0								
7.00	0.00	17.00	0.00	0.00	47.00	15	1.2								
7.20	7.00	16.00	0.00	0.00	40.00	10	0.7								
7.40	0.00	14.00	0.70	0.70	33.00	24	4.1								
7.60	0.00	10.00	0.70	0.70	40.00	20	0.0								
7.80	0.00	16.00	0.00	0.00	47.00	10	0.0								
8.00	10.00	17.00	0.00	0.00	60.00	17	0.0								
8.20	0.00	10.00	0.00	0.00	60.00	10	0.7								
8.40	0.00	17.00	0.70	0.70	60.00	13	2.0								
8.60	10.00	21.00	1.10	1.10	60.00	23	0.4								
8.80	10.00	24.00	1.07	1.07	60.00	20	5.0								
9.00	12.00	20.00	1.07	1.07	63.00	10	0.6								
9.20	14.00	20.00	1.07	1.07	67.00	21	0.4								
9.40	10.00	20.00	1.70	1.70	20.00	14	0.7								
9.60	22.00	40.00	2.10	2.10	107.00	21	4.0								
9.80	24.00	40.00	2.07	2.07	120.00	20	5.0								
10.00	23.00	43.00	2.20	2.20	100.00	23	0.7								
10.20	20.00	43.00	2.00	2.00	127.00	20	4.0								
10.40	22.00	03.00	3.14	3.14	140.00	23	4.4								
10.60	20.00	00.00	2.04	2.04	00.00	31	0.2								
10.80	12.00	00.00	3.14	3.14	73.00	44	2.3								
11.00	20.00	31.00	1.00	1.00	00.00	20	4.0								
11.20	10.00	20.00	1.07	1.07	73.00	27	0.0								
11.40	23.00	34.00	2.20	2.20	100.00	20	3.0								
11.60	22.00	24.00	2.10	2.10	100.00	22	4.0								
11.80	20.00	47.00	2.00	2.00	147.00	20	4.0								
12.00	20.00	51.00	2.00	2.00	130.00	22	4.0								
12.20	30.00	60.00	2.04	2.04	133.00	23	4.4								
12.40	34.00	64.00	2.02	2.02	120.00	20	3.0								
12.60	30.00	60.00	3.14	3.14	87.00	30	2.0								
12.80	30.00	43.00	2.04	2.04	67.00	40	2.2								
13.00	20.00	20.00	2.04	2.04	00.00	31	0.2								
13.20	20.00	14.00	2.40	2.40	00.00	27	3.7								
13.40	20.00	63.00	2.04	2.04	107.00	27	3.7								
13.60	10.00	07.00	2.10	2.10	67.00	41	2.4								
13.80	14.00	47.00	2.33	2.33	00.00	67	1.0								
14.00	30.00	44.00	3.07	3.07	47.00	30	0.0								
14.20	34.00	40.00	3.14	3.14	00.00	43	2.4								
14.40	32.00	44.00	3.14	3.14	100.00	27	0.0								
14.60	22.00	07.00	2.00	2.00	127.00	21	0.7								
14.80	20.00	43.00	2.00	2.00	130.00	23	0.3								
15.00	27.00	14.00	3.00	3.00	127.00	20	3.4								

H = profondità
L1 = lettura letture (cm)
L2 = lettura letture (cm) + lettura
L3 = terza lettura (cm)
L4 = 10.00 costante di trasformazione

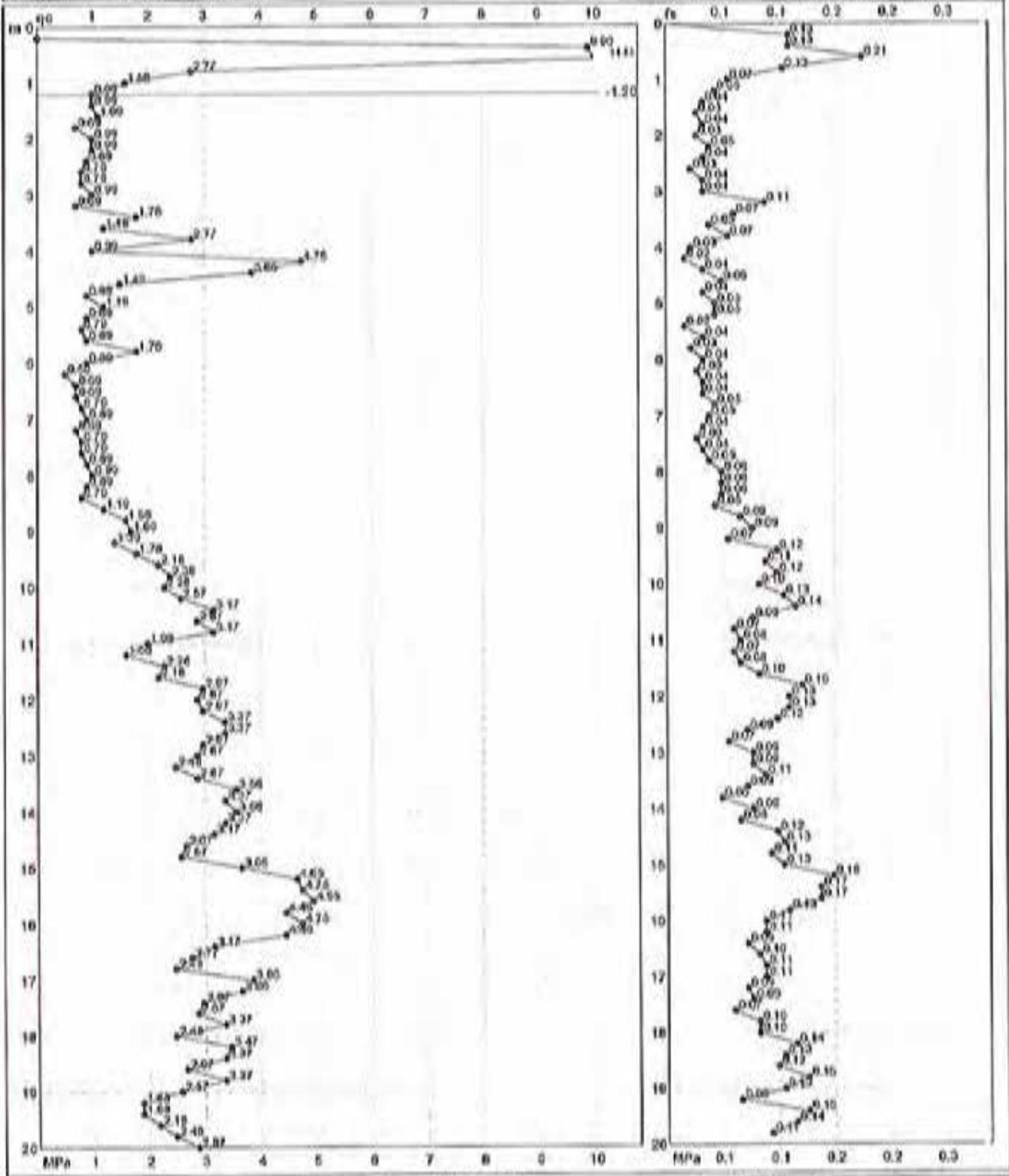
q₀ = resistenza al piede
f₀ = resistenza istantanea calcolata
0.20 m sopra quota
f = resistenza Regnumatti (q₀/f₀)
M = rapporto Schmiedeman (f/f₀)^{1/2}

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

CPT	2
referimento	634-2013
certificato n°	4616

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Cavezzo, WAM

U.M.: MPa Data esec.: 16/10/2013
Scala: 1:100
Pagina: 2/4 Data stampa: 16/10/2013
Elaborato: Falda: -1.20 m d.p.c.



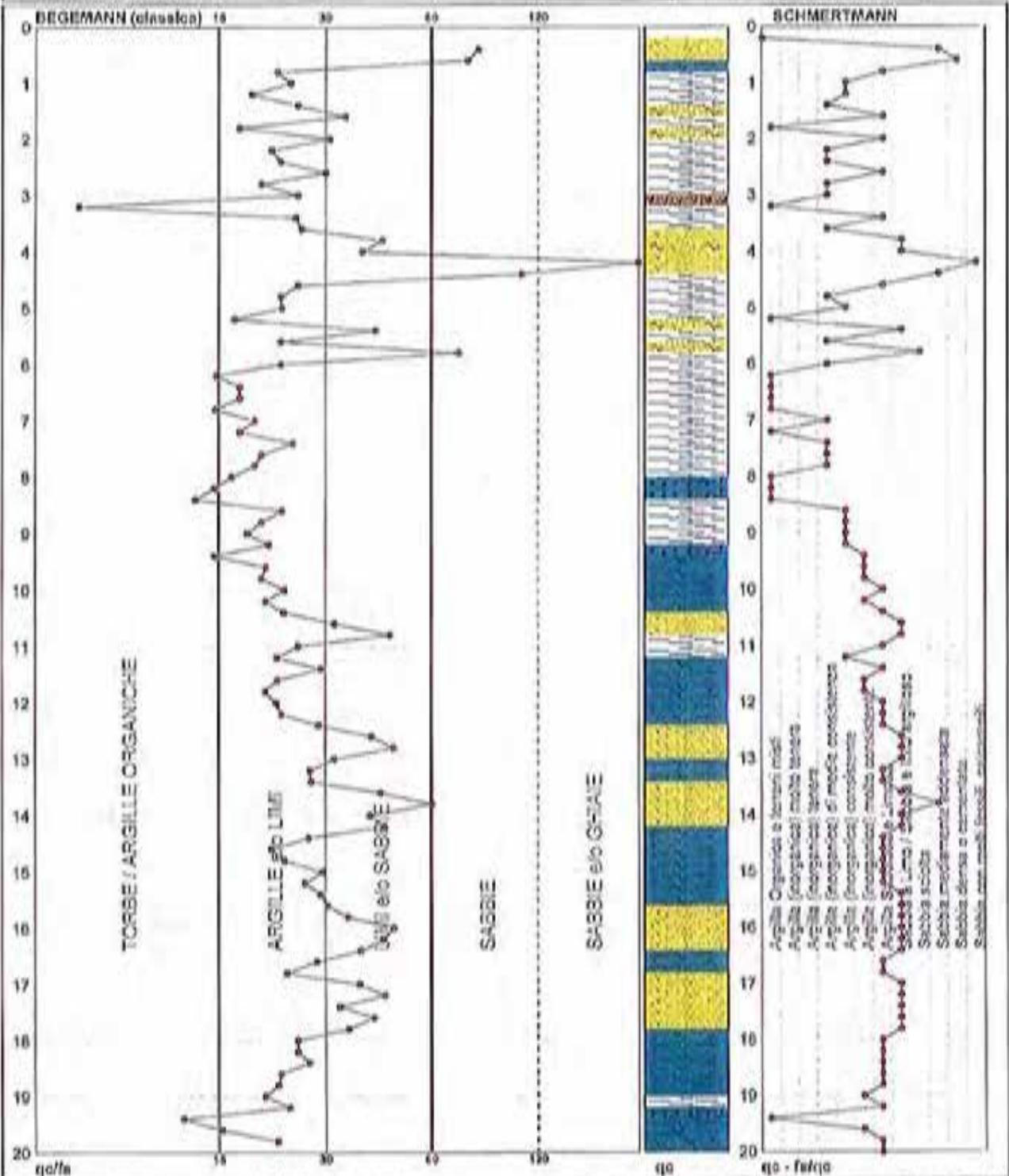
Penetrometro: GOU DA 200 kN	Profondità: m
Responsabile:	Coef. azim.: kN/m
Assistente:	Coef. rad.: kN/m

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA**

CPT	2
referimento	634-2013
certificato n°	4640

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Cavezzo, WAM

U.M.: MPa Data esec.: 15/10/2013
Scala: 1:100
Foglio: 3/4 Data certificato: 15/10/2013
Elaborato: Fondo: -1.20 m da p



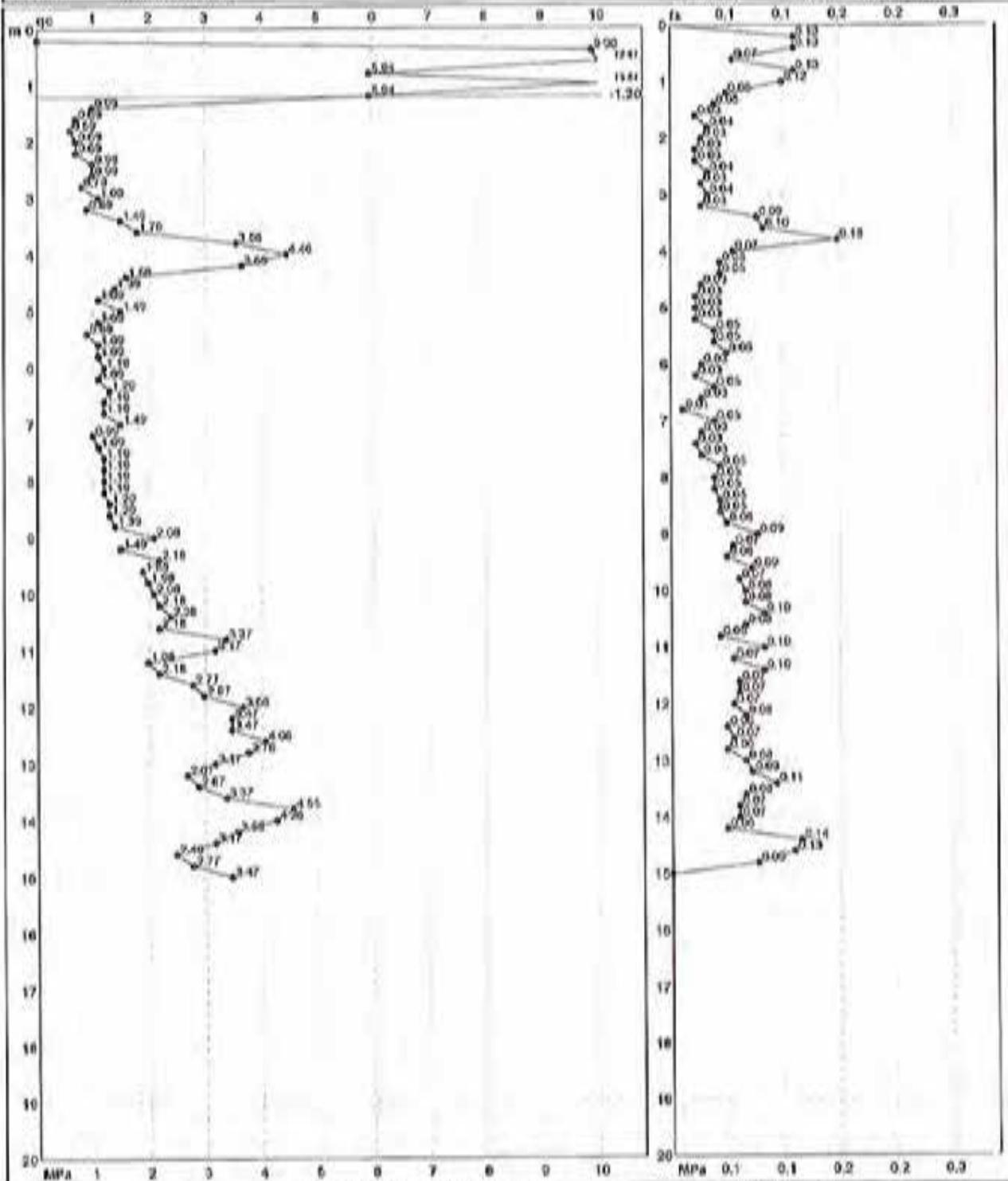
Torbe / Argille org :	6 punti, 0,09%	Argilla Organica e terreni molli	12 punti, 12,12%	Argilla sabbiosa e limosa	20 punti, 20,20%
Argille e/o limi :	65 punti, 65,65%	Argilla (inorganica) media consist.	13 punti, 13,13%	Sabbia e Lima / Sabbia e limo arg.	22 punti, 22,22%
Limi e/o Sabbie :	23 punti, 23,23%	Argilla (inorganica) con sabbie	8 punti, 8,08%	Sabbia sciolta	1 punto, 1,01%
Sabbie :	4 punti, 4,04%	Argilla (inorganica) molto consist.	8 punti, 8,08%	Sabbia mediamente sabbionosa	3 punti, 3,03%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punto, 1,01%			Sabbia densa o consolidata	1 punto, 1,01%
				Sabbia con molti fessure, calcarelli	1 punto, 1,01%

PROVA PENETROWETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	3
riferimento	534-2013
certificato n°	4849

Committente: Studio tecnico
 Cantiere: Studio terreno di fondazione
 Località: Cavezzo, WAM

U.M.: MPa Data esec.: 15/10/2013
 Scala: 1:100
 Foglio: 2/4 Data servizio: 15/10/2013
 Elaborato: Falda: -1.25 m dep.



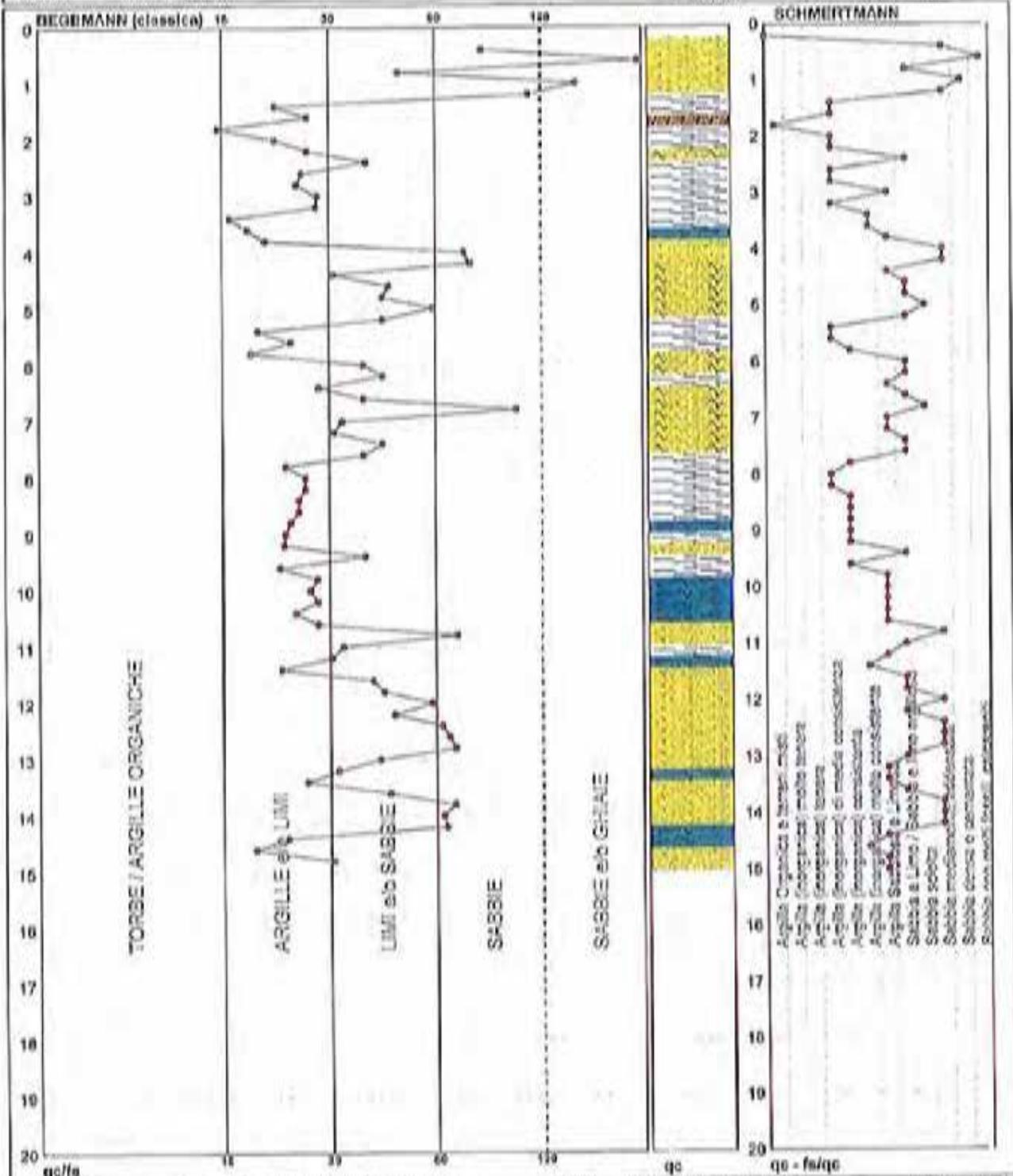
	Funzionista: GOU DA 200 KN Responsabile: Assistente:	Preforo: m Georastina: KN/m Georastina: KN/m
software by jolt geo Diego Martin 0435-040678 FON018		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
referimento	634-2013
certificato n°	4049

Convallente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Cavezzo, WAM

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Foglio: 3/3
Elaborato:
Data esec.: 15/10/2013
Data certificata: 15/10/2013
Falso: -1,20 m capo

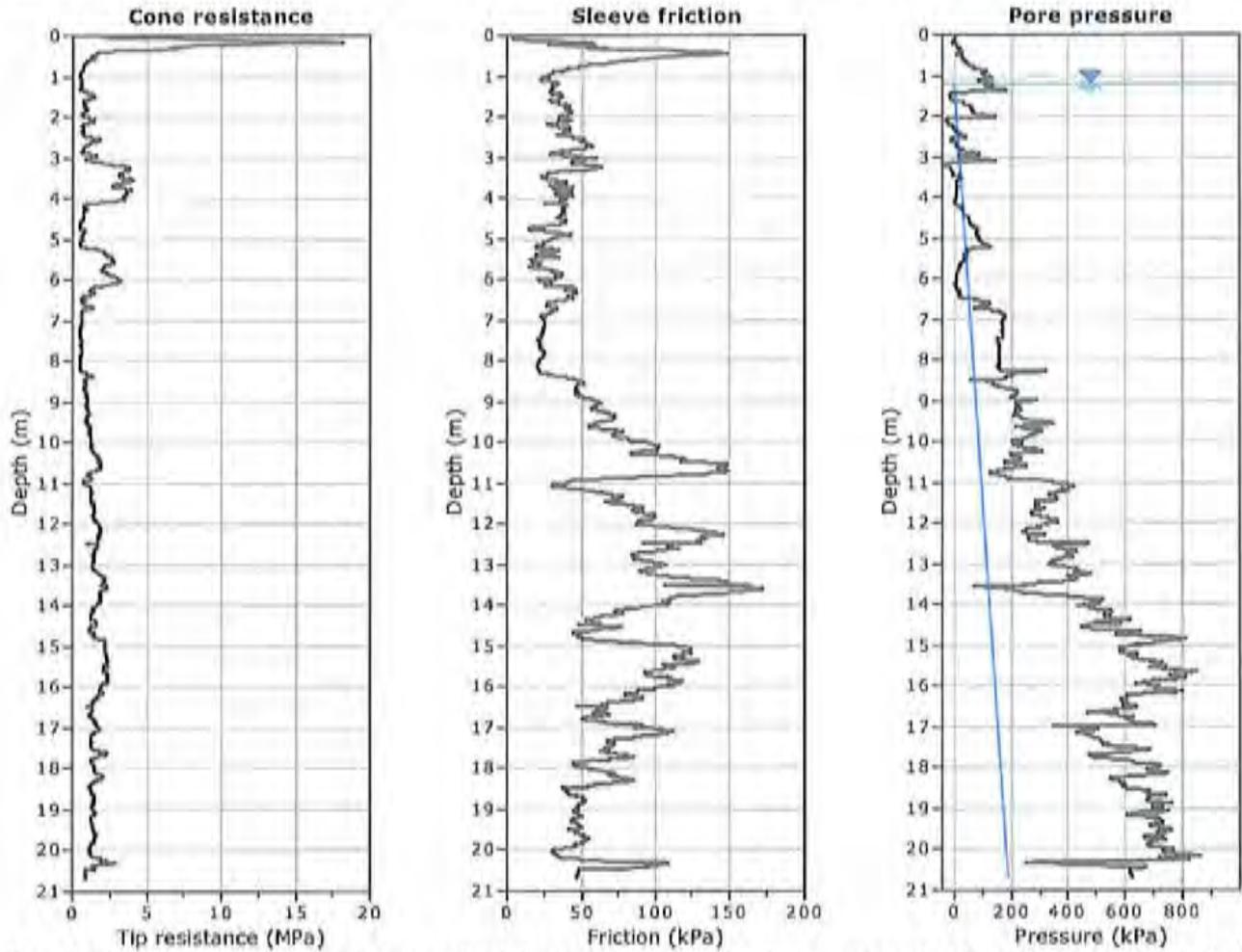


Torbe / Argilla org.:	26 punti, 26.26%	Argilla Organica o terreni morb.	1 punto, 1.01%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	16 punti, 16.16%
Argilla e/o Limo:	34 punti, 34.34%	Argilla (inorganica) media consist.	11 punti, 11.11%	Sabbia e Limo / Sabbia e Limo arg.	17 punti, 17.17%
Limo e/o Sabbie:	27 punti, 27.27%	Argilla (inorganica) consistente	6 punti, 6.06%	Sabbia sciolta:	2 punti, 2.02%
Sabbie:	0 punti, 0.00%	Argilla (inorganica) molto consist.	4 punti, 4.04%	Sabbia mediamente sabbiosa:	12 punti, 12.12%
Sabbie e/o Ghiaie:	2 punti, 2.02%			Sabbia densa o cementata:	1 punto, 1.01%
				Sabbia con noduli fossili, calcareati:	1 punto, 1.01%

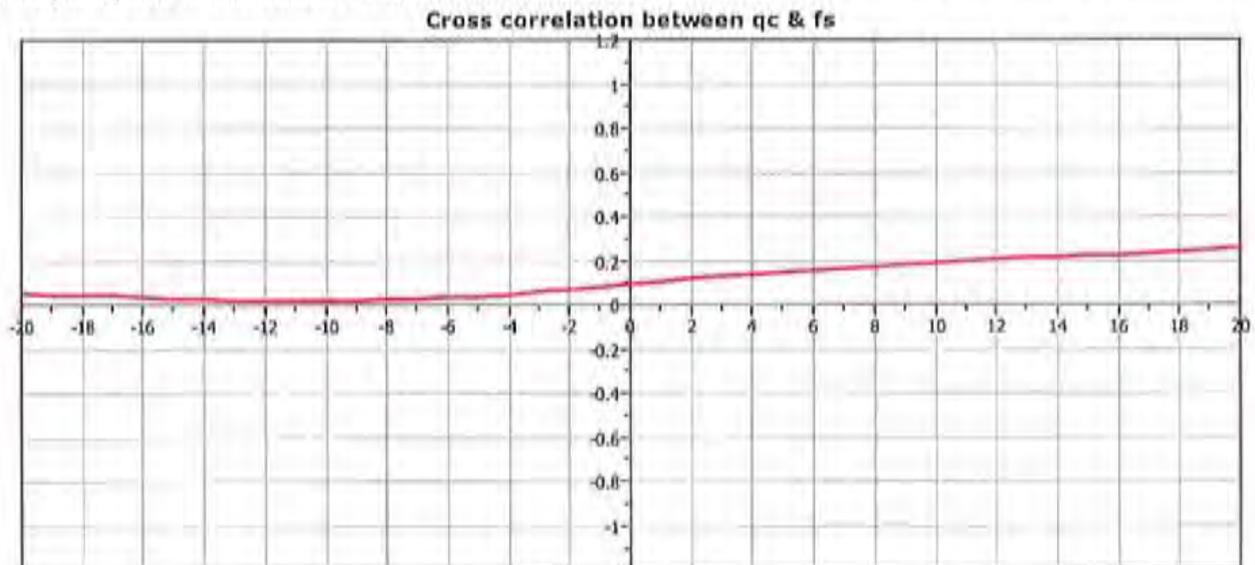
GEO GROUP s.r.l.

Integrati geoprotettivi e geofalchi · geologia applicata alle costruzioni · laboratorio geotecnico - idrogeologia
· coltivazione cave - banci · consolidamenti - geologia ambientale · consulenze geologiche e geotecniche

Prova penetrometrica statica CPTU da Noi eseguite nell'Ottobre 2013



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



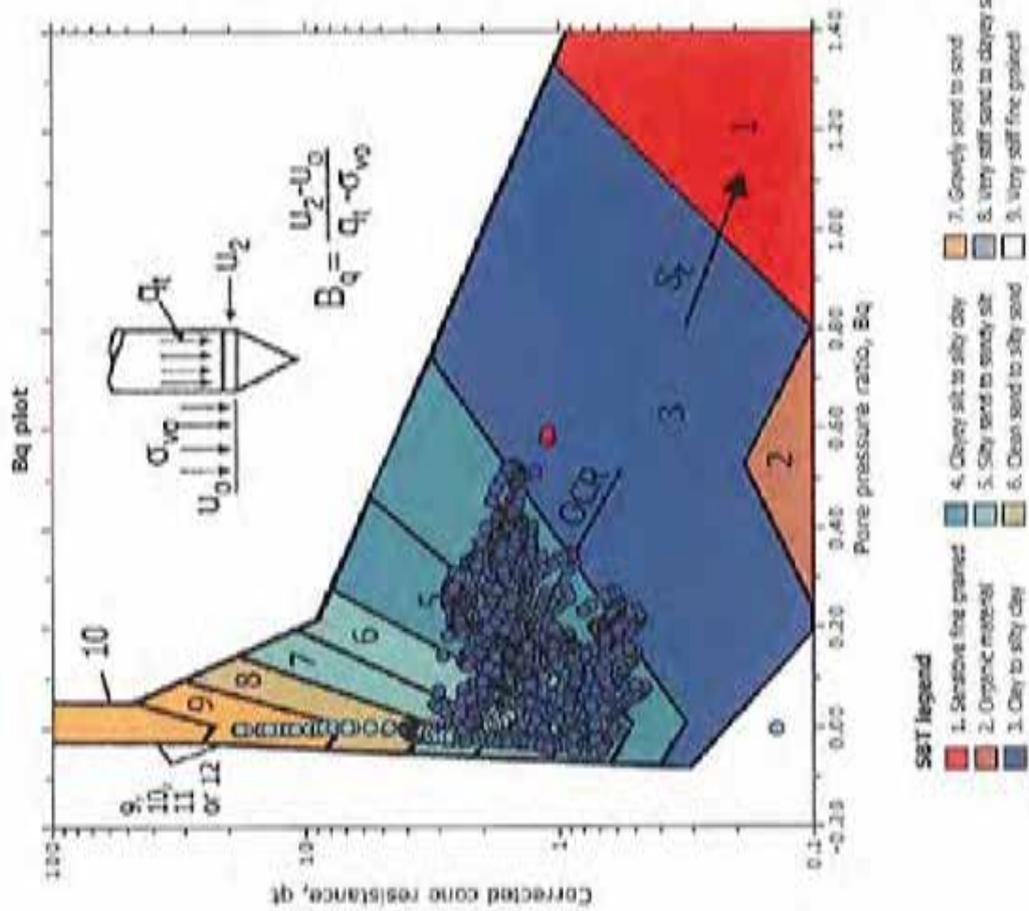
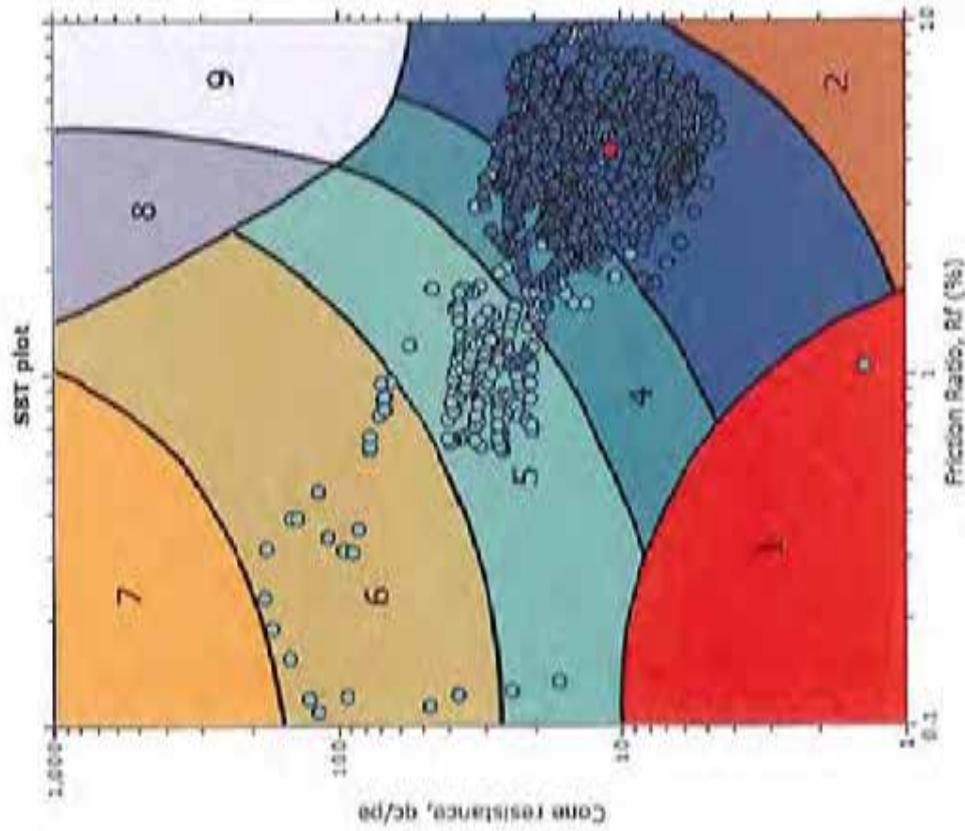


Geo Group S.r.l.
 182, v. Cesare Costa 41123 MODENA
 Tel 055/3967169 Fax 055/5332019
 e-mail geo.group@libero.it

CPT: CPTU 1
 Total depth: 20.68 m, Date: 14/10/2013
 Cone Type: TIGAS07B
 Cone Operator: Dott. Geol. Paolo Reggiani

Project: COSTRUZIONE REPARO TRASPORTATORI
 Location: CAVEZZO - v. Cavour, 338/a

SBT - Bq plots





Geo Group S.r.l.
162, v. Cesare Cossu 41123 MODENA
Tel 058/3967159 Fax 058/3332019
e-mail geo.group@libero.it

Ingegneria geotecnica e geofisica,
consulenze geologiche e geotecniche

Project: COSTRUZIONE REPARTO TRASPORTATORI
Location: CAVEZZO - v. Carrour, 338/a

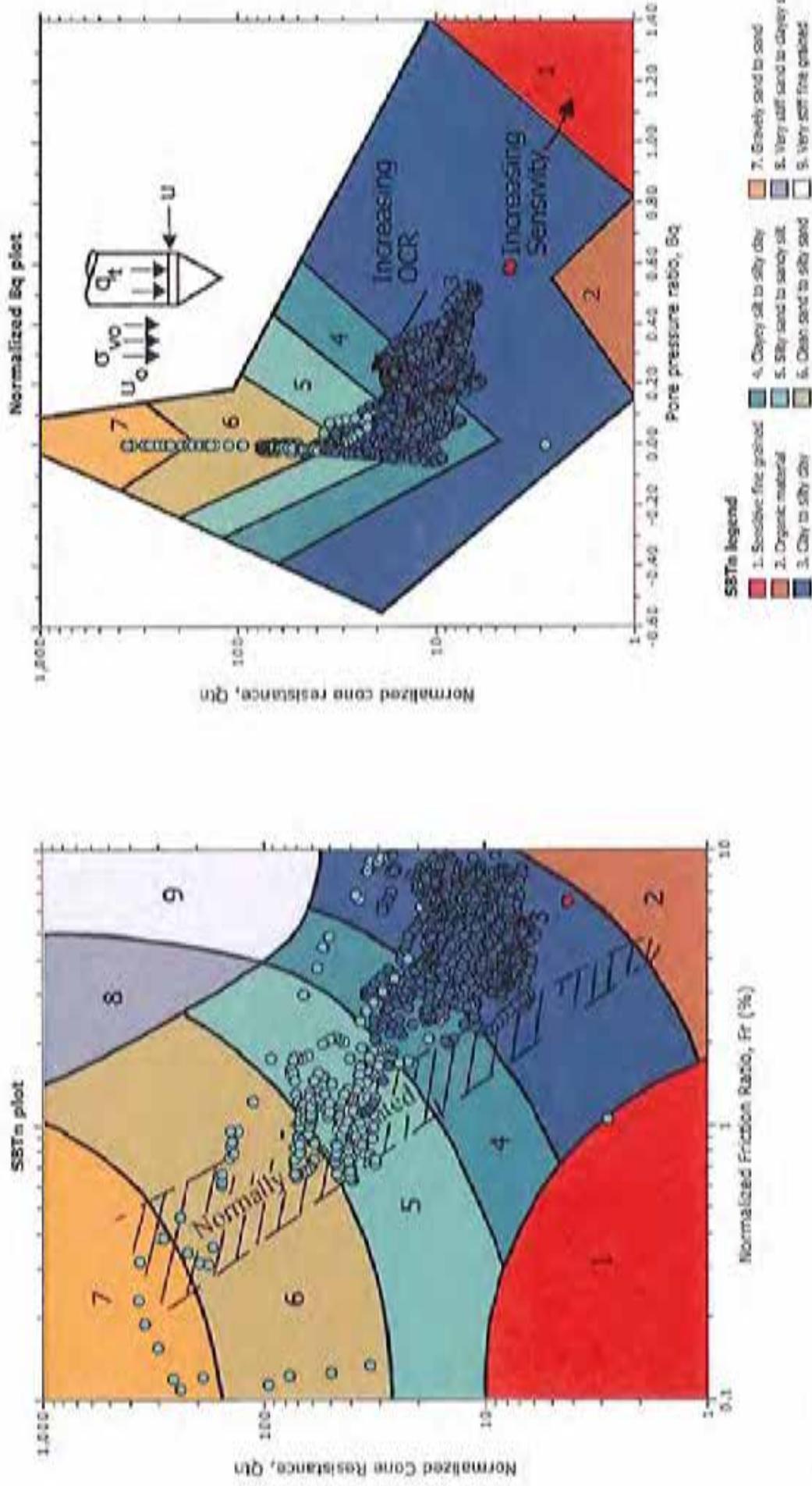
CPT: CPTU 1

Total depth: 20.68 m, Date: 14/10/2013

Cone Type: TG45078

Cone Operator: Dott. Geol. Paolo Regazzoli

SBT - Bq plots (normalized)



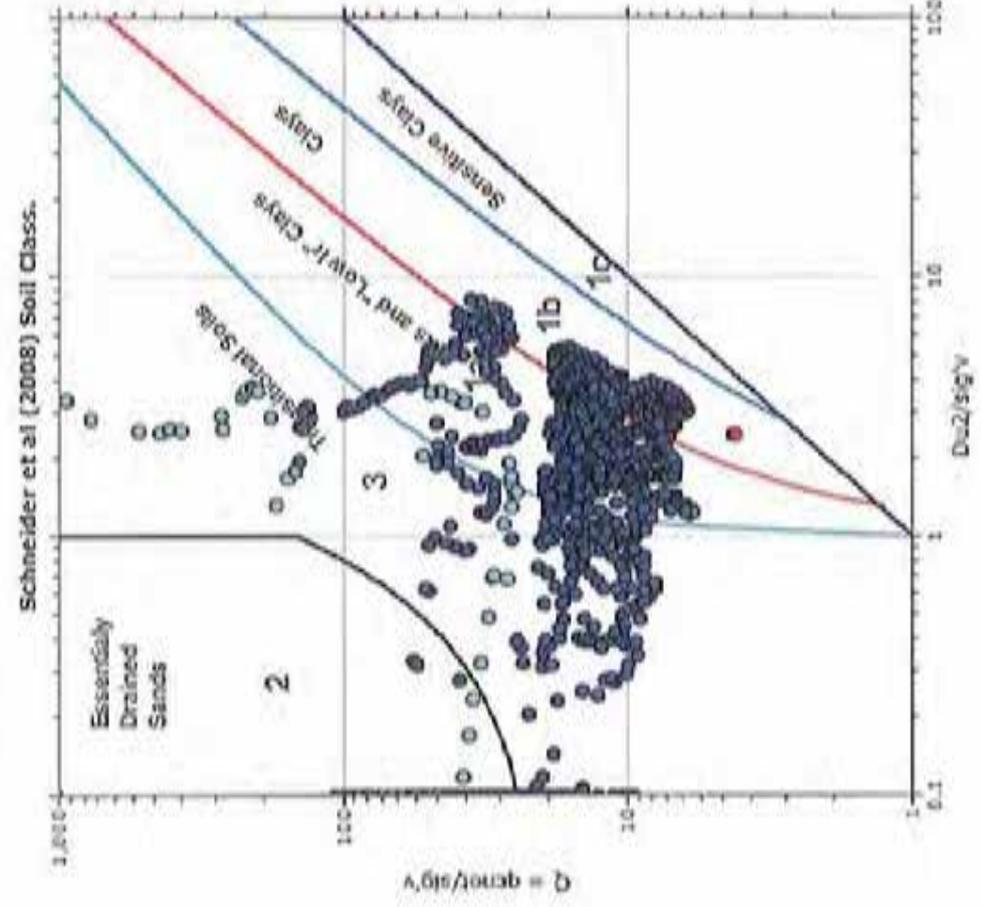
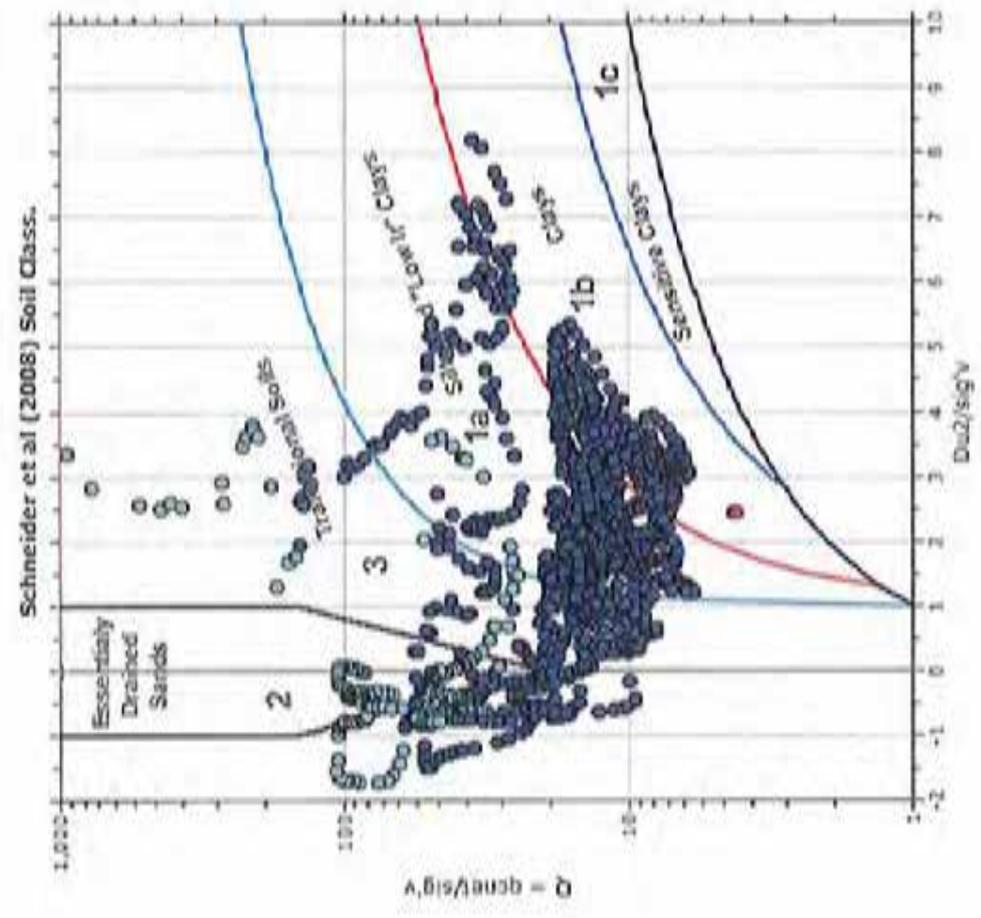


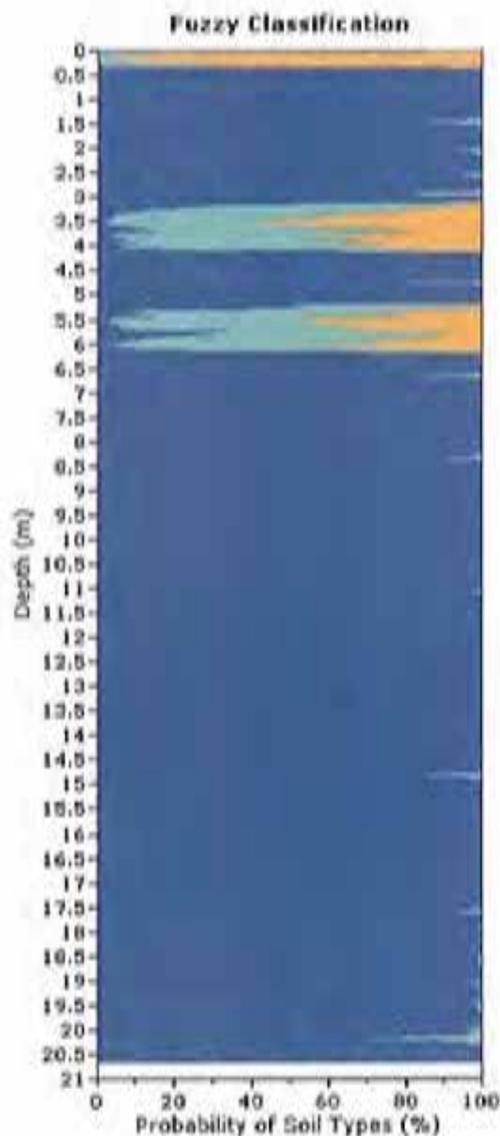
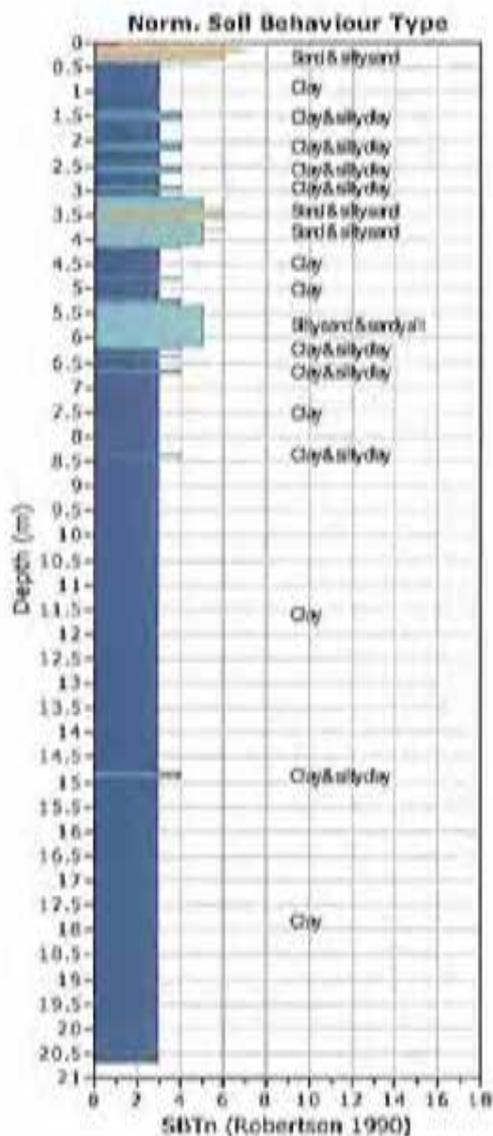
Geo Group S.r.l.
162, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 059/3967169 Fax 059/5312019
e-mail geo.group@libero.it

CPT: CPTU 1
Total depth: 20.66 m, Date: 14/10/2013
Cone Type: TCGAS078
Cone Operator: Dott. Geol. Paolo Regazzani

Project: COSTRUZIONE REPARTO TRASPORTATORI
Location: CAVEZZO - v. Cavour, 338/a

Bq plots (Schneider)





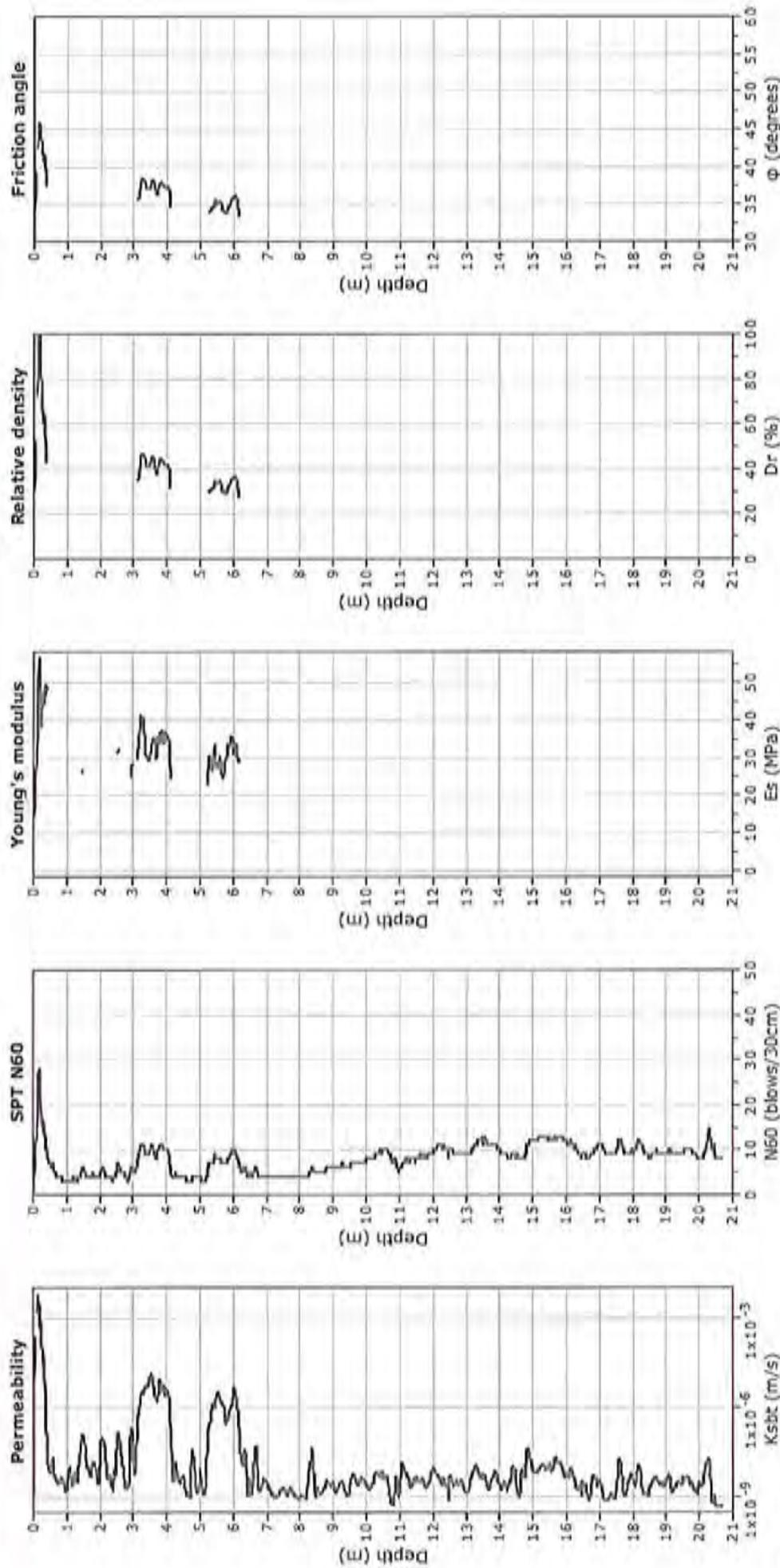


Geo Group S.r.l.
 182, v. Cesare Costa 41123 MODENA
 Tel 059/3967169 Fax 059/5332019
 e-mail geo.group@libero.it

CPT: CPTU 1
 Total depth: 20.68 m, Date: 14/10/2013
 Cone Type: TGAS078
 Cone Operator: Dott. Geol. Paolo Regattieri

Project: COSTRUZIONE REPARTO TRASPORTATORI
 Location: CAVEZZO - v. Cavour, 338/a

*Indagini geomeccaniche e geotecniche,
 costruzioni geologiche e geotecniche*



Calculation parameters

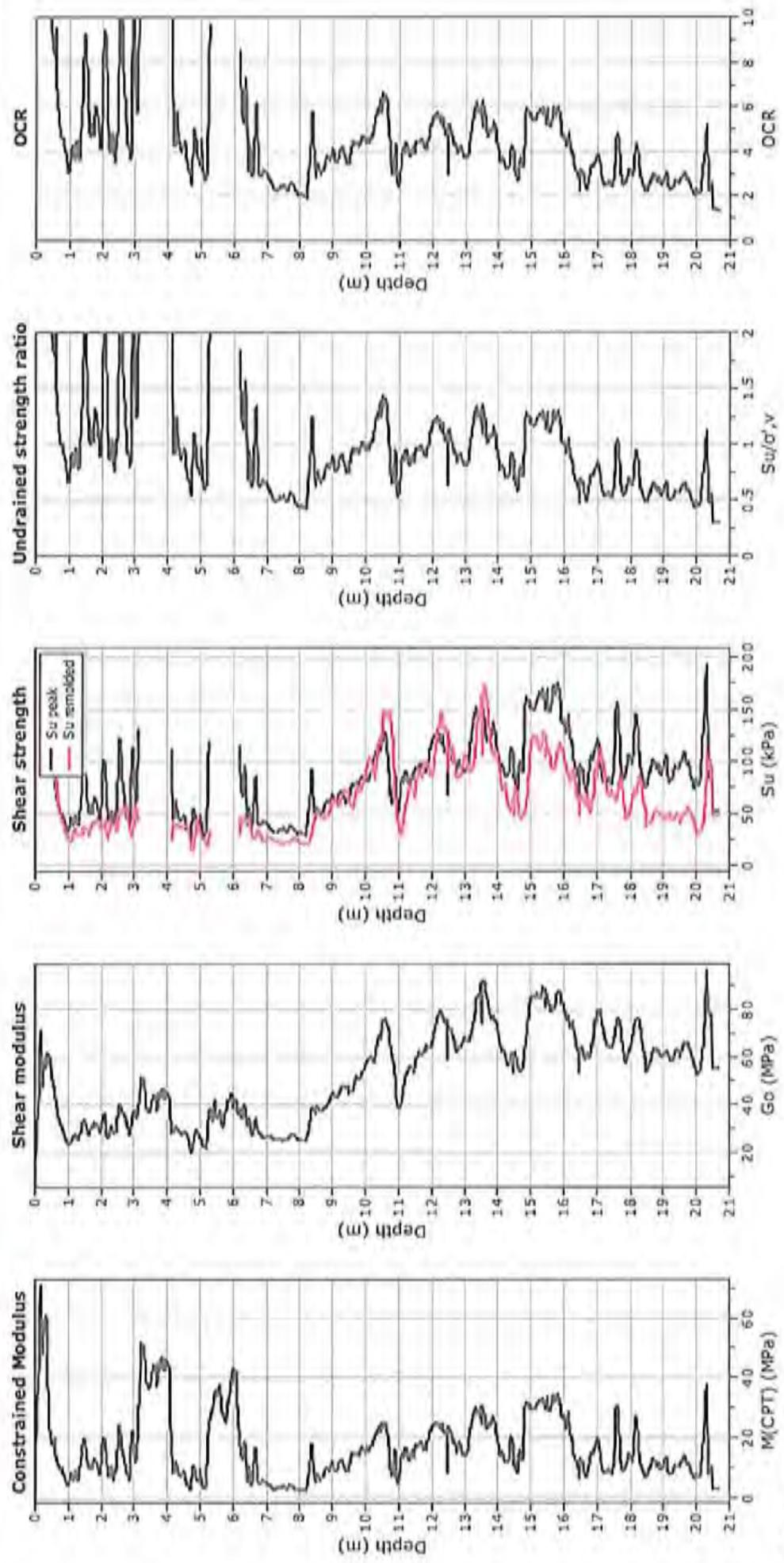
Permeability: Based on SBT_s
 SPT N₆₀: Based on I_c and q_c
 Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009) ● User defined estimation data
 Relative density constant, C_{dr}: 350.0
 Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)



Geo Group S.r.l.
 182, v. Cesare Costa 41123 MODENA
 Tel 059/3967169 Fax 059/5332019
 e-mail geo.group@libero.it

CPT: CPTU 1
 Total depth: 20.68 m, Date: 14/10/2013
 Cone Type: TGAS07B
 Cone Operator: Dott. Geol. Paolo Regathien

Project: COSTRUZIONE REPARTO TRASPORTATORI
Location: CAVEZZO - v. Cavour, 338/a



Calculation parameters

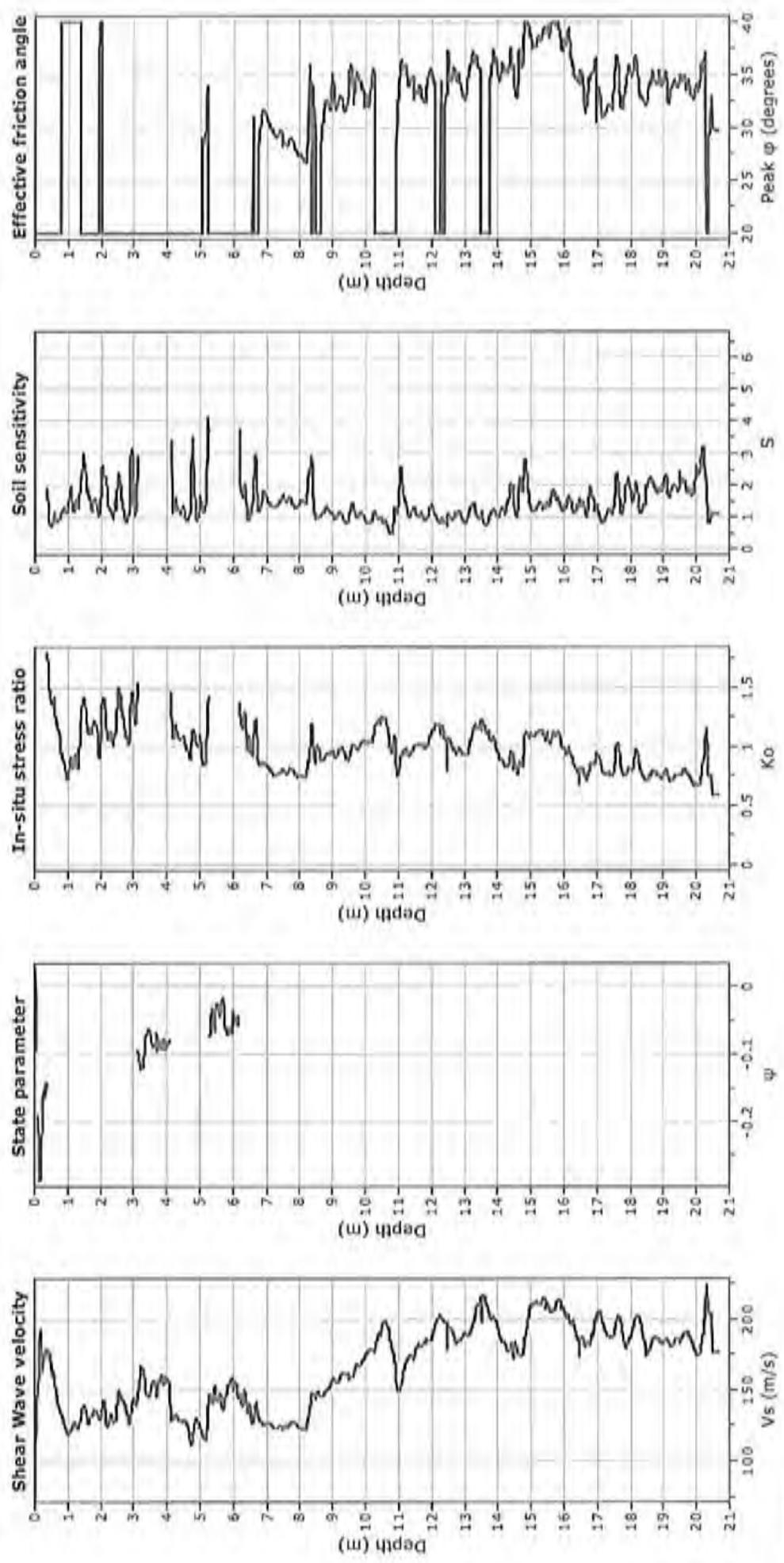
Constrained modulus: Based on variable alpha using I_c and Q_{s0} (Robertson, 2009) OCR factor for clays, N_{cr} : 0.33
 Go: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009) User defined estimation data
 Undrained shear strength cone factor for clays, N_{cr} : 14



Geo Group S.r.l.
182, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 059/3957169 Fax 059/3332019
e-mail geo.group@libero.it

CPT: CPTU 1
Total depth: 20.68 m, Date: 14/10/2013
Cone Type: TGA-S07B
Cone Operator: Dott. Geol. Paolo Regalbieni

Project: COSTRUZIONE REPARTO TRASPORTATORI
Location: CAVEZZO - v. Cavour, 338/a



Calculation parameters

- Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00
- User defined estimation data

GEO GROUP s.r.l.

Ingegneria geognostica e geotecnica - geologia applicata alle costruzioni - Laboratorio geotecnico - Idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenza geologica e geotecnica

ALLEGATO N° 2

***Sondaggio a carotaggio e relativa
stratigrafia (Febbraio 2013)***

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
via C. Costa, 182 - 41100 Modena - via per Modena, 12 - Castelnuovo Rangone
Tel. 059/3067100 - Fax. 059/5332919 - E-mail: geo.group@libero.it



Località : Cavezzo (MO) - Ponte Motta - via Cavour, 338/a

Data : 12/02/2013

Sondaggio 1 Cassetta 1 (Piano Campagna - -5.00 m da p.c.)

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
via C. Costa, 102 - 41100 Modena via per Modena, 12 - Castelnuevo Rangone
Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332010 - E-mail: geo.group@libero.it



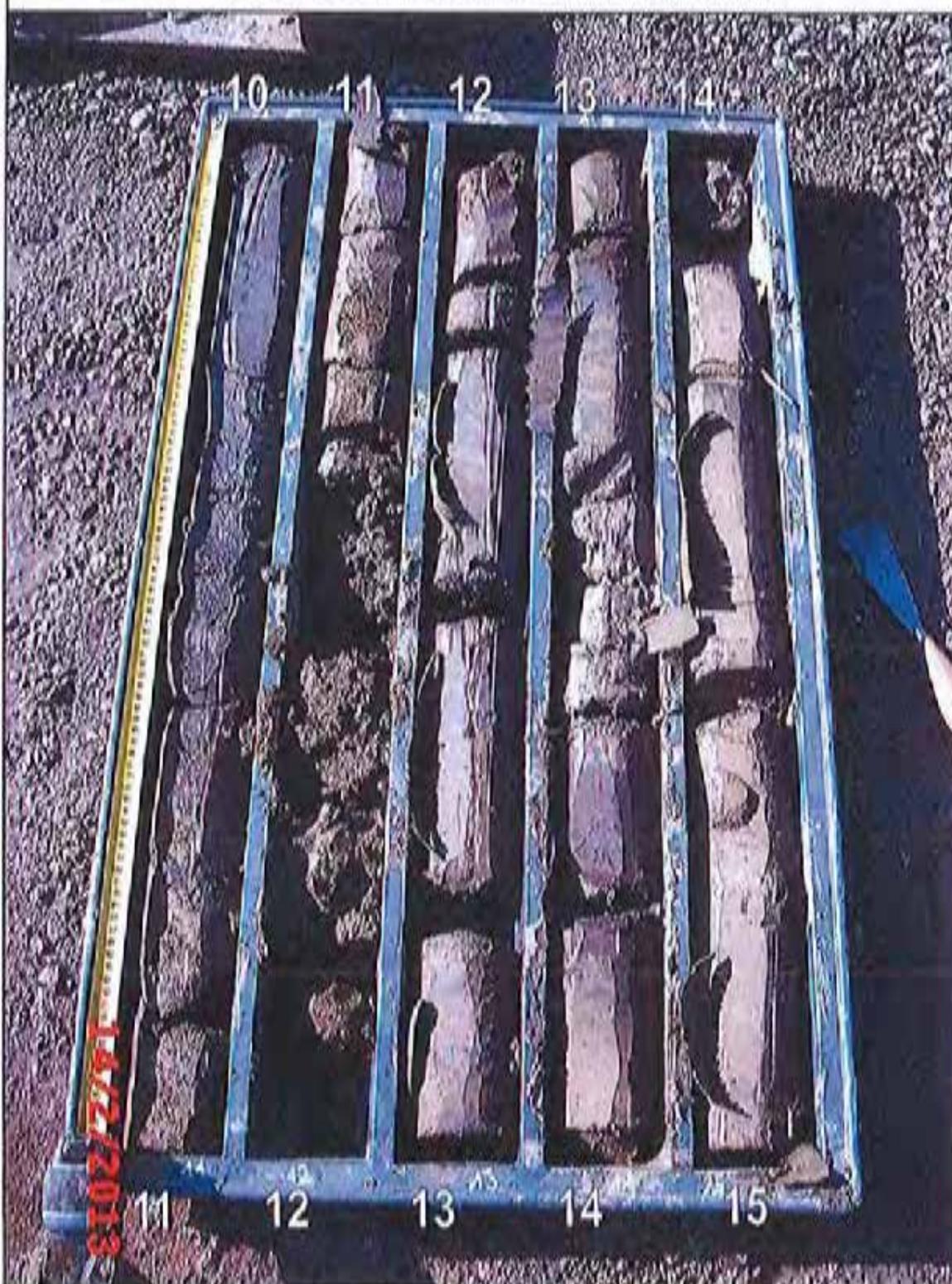
Località : Cavezzo (MO) - Ponte Motta - via Cavour, 339/a

Data : 12-13/02/2013

Sondaggio 1 Cassetta 2 (-5.00 m - -10.00 m da p.c.)

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
via C. Costa, 182 - 41100 Modena via per Modena, 12 - Castelnovo Rangone
Tel. 059/3907189 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Località : Cavezzo (MO) - Ponte Molta - via Cavour, 338/a

Data : 13/02/2013

Sondaggio 1 Cassetta 3 (-10.00 m - -15.00 m da p.c.)

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
via C. Costa, 102 - 41100 Modena via per Modena, 12 - Castelnuovo Rangone
Tel. 059/3987169 - Fax. 059/5332019 - E-mail: geo.group@libero.it



Località : Cavezzo (MO) - Ponte Motta - via Cavour, 338/a

Data : 14/02/2013

Sondaggio 1 Cassetta 4 (-15.00 m - -20.00 m da p.c.)

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
via C. Costa, 182 - 41100 Modena via per Modena, 12 - Castelnuovo Rangone
Tel. 059/3067169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Località : Cavezzo (MO) - Ponte Molta - via Cavour, 33B/a

Data : 14/02/2013

Sondaggio 1 Cassetta 5 (-20.00 m - -25.00 m da p.c.)

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
via C. Costa, 182 - 41100 Modena via per Modena, 12 - Castelnuovo Rangone
Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Località : Cavezzo (MO) - Ponte Motta - via Cavour, 338/a

Data : 14/02/2013

Sondaggio 1 Cassetta 6 (-25.00 m - -30.00 m da p.c.)

metri	ANP	VT	LITOLOGIA	prof. base m	DESCRIZIONE	Spessore m	Penetrometro SPT	N° Campioni	DATI TECNICI
1	3,40				Strato di riporto				Sondaggio eseguito a carotaggio continuo sonda meccanizzata ELETTARI EK2005 Carotatore TIPO T1 Diam. 101 mm. Corona al WIDIAM. Sondaggio attrezzato per prova alienica DOWN HOLE.
2	0,40				Argille limose grigie, fino a circa 8,00 m da p.s. con livelli limoso sabbiosi, umide, presenti inclusioni di sostanze organiche				
3	0,40				Sabbie grossolane debolmente limose, nocciola - grigie				
4	0,40								
5	1,40								
6	0,40								
7	0,40								
8	1,30								
9	1,30								
10	1,20								
11	1,20				Lim. argillosi sabbiosi, di colore grigio passante a nocciola intorno a -10,80, umidi, sciolti				
12	3,20				Sabbia limosa, di colore nocciola, umida, sciolta				
13	3,20				Argille limose, mediamente consistenti, umide				
14	4,00								
15	4,00								
16	4,00								
17	3,00								
18	3,20				Lim. argillosi debolmente sabbiosi				
19	1,80								
20	3,30				Argille grigie consistenti				
21	3,00								
22	2,50				Sabbie grigio nocciola sciolte	22,7	6-10-8	16	
23	0,60								
24	0,60				Argille limose consistenti grigie				
25	1,30				Argille limose a livelli limo sabbiosi nocciola grigie mediamente consistenti				
26	0,80								
27	1,80								
28	1,40								
29	1,40								
30	1,40				Argille limose grigie compatte				

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 3 ***Prove penetrometriche dinamiche*** ***SPT in foro corredate di*** ***interpretazione geotecnica***

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Studio tecnico
Cantiere: BOCCA CARPENTERIA WAM
Località: Ponte Motta - Cunezo (MO)

Caratteristiche Tecniche Strumenti/Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 6094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diámetro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste n. metallo	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punto	N(30)
Coef. Correlazione	1
Rivestimento/Anch. In	No

Signature 1

Signature 2

PROVA ... N.1

Strumento utilizzato :
 Prova adugliata in sito
 Faldia non rilevata

PROVA SPT IN PORTO
 14/02/2010

Tipo di lavorazione: N.1 Colpi: Manlio

Profondità (m)	N. Colpi
22,86	41
23,00	10
23,15	0

TERREMI INCONTRI

Conelli relativa

Napt	Prof. Strato (m)	CHDS & Italia 1957	Meyerhof 1957	Schulze & Menzies (1967)	Skempton 1959
(1) - Strato	10	23,15	26,30	50,75	85,71

Angolo di resistenza al taglio

Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza faldia	Rock-File unconfined-Meyerhof (1956)	Meyerhof (1956)	Skempton (1959)	Meyerhof (1957)	Skempton (1957)	Mitchell & Kelly (1981)	Skempton (1982)				
(1) - Strato	10	23,15	17	31,60	24,00	32,75	27,40	30,13	30,00	30,00	32,1	21,24	30,24

Modulo di Young (Kg/cm²)

Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza faldia	Terraghi	Schulze & Menzies (1967)	Schulze & Menzies (1967)	Skempton (1973)	Skempton (1982)
(1) - Strato	10	23,15	17	204,70	138,00	201,30	202,00

Peso unito di volume

Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza faldia	Correlazione	Skempton (1982)	
(1) - Strato	10	23,15	17	Meyerhof ed altri	1,23

Peso unito di volume saturo

Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza faldia	Correlazione	Skempton (1982)	
(1) - Strato	10	23,15	17	Terraghi & Posa 1948-1957	1,10

Modulo di Poisson

Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza faldia	Correlazione	Poisson	
(1) - Strato	10	23,15	17	(A.U.)	0,50

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza faldia	Skempton (1982)	Skempton (1982)	
(1) - Strato	10	23,15	17	112,20	205,00

Modulo di reazione Ko

Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza faldia	Correlazione	Ko	
(1) - Strato	10	23,15	17	Naefac 1971-1982	1,51

GEO GROUP S.P.A.

Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenza geologica e geotecnica

ALLEGATO N° 4

Analisi di laboratorio di geotecnica

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geomeccaniche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - Laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Analisi di laboratorio di geotecnica Febbraio 2013

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geotecniche - geologia applicata alle costruzioni - Laboratorio geotecnico - Idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Analisi granulometriche



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. **R03760**

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: **13/02/13** Data fine prova: **15/02/13** Data emissione RdP: **18/02/13**

Sondaggio n. - Campione n. **1** Profondità di prelievo: **2.70-3.00 m**

Tipo di campione: **semi-disturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Bilancia di sensibilità pari a 0.01 gr per le particelle di dimensioni inferiori a 2 mm;
- Serie di setacci (ASTM), nell'ordine: n. 40 da 0.425 mm, n. 60 da 0.250 mm, n. 200 da 0.075 mm;
- Forno di essiccazione a controllo termostatico per temperature tra 60°C e 110°C;
- Due bacinelle rettangolari in plastica necessarie per contenere il campione nell'acqua;
- Mortaio completo di pestello di ceramica;
- Soluzione di esametafosfato di sodio;
- Densimetro a scala graduata solitamente variabile da 995 a 1030 per soluzioni di densità variabile da 0.995 a 1.030 g/cm³;
- Serie di cilindri di sedimentazione con un volume di 1000 cm³;
- Termometro per la misura di temperature comprese tra 0 e 50°C con una precisione di 0.5 °C;
- Vasca termostatica in grado di mantenere una temperatura costante di 20°C;
- Resistenza elettrica in grado di rimescolare l'acqua uniformare la temperatura;
- Contasecondi;
- Uno o più beaker da 600 cm³.

Software utilizzato per l'elaborazione: "Granulometrie" realizzato dalla società SGeo di Roma.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R03760

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: 13/02/13 Data fine prova: 15/02/13 Data emissione RdP: 18/02/13

Sondaggio n. - Campione n. **1** Profondità di prelievo: **2.70-3.00 m**

Tipo di campione: **semi-disturbato**

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 421 – 02 "Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants";
- ASTM D 422 – 02 "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils";
- ASTM D 1140 – 00 "Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75- μ m) Sieve";
- ASTM D 2217 – 98 "Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

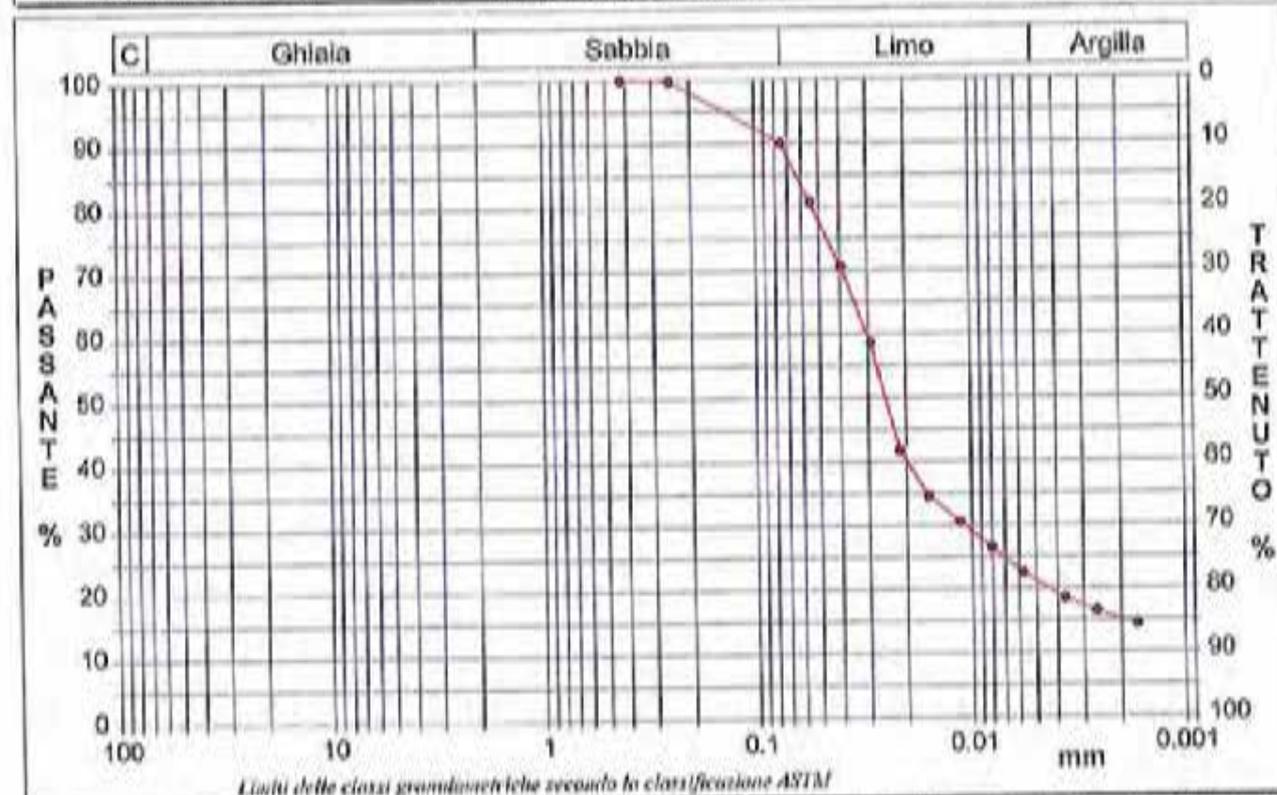
RAPPORTO DI PROVA N°: R03760	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 18/02/2013	Inizio analisi: 13/02/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 13/02/2013	Fine analisi: 15/02/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM		
RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Motta		
SONDAGGIO: -	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.70-3.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D421-02, ASTM D422-02, ASTM D2217-98

Ghiala	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D ₁₀	---	mm
Sabbia	10,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D ₃₀	0,01084	mm
Limo	68,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	90,0 %	D ₆₀	0,02485	mm
Argilla	21,2 %			D ₈₀	0,03014	mm
				D ₉₀	0,07498	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %								
0,4250	100,00	0,0201	58,64	0,0050	22,49				
0,2500	99,78	0,0214	41,77	0,0037	18,48				
0,0750	90,01	0,0150	34,54	0,0026	16,47				
0,0549	80,73	0,0113	30,62	0,0017	14,46				
0,0399	70,69	0,0081	26,51						

PROVE PENETROMETRICHE srl
 LABORATORIO GEOTECNICO
 IT-TECNIA



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. **R03759**

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: **13/02/13** Data fine prova: **15/02/13** Data emissione RdP: **18/02/13**

Sondaggio n. - Campione n. **2** Profondità di prelievo: **4.30-4.40 m**

Tipo di campione: **semi-disturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Bilancia di sensibilità pari a 0.01 gr per le particelle di dimensioni inferiori a 2 mm;
- Serie di setacci (ASTM), nell'ordine: n. 40 da 0.425 mm, n. 60 da 0.250 mm, n. 200 da 0.075 mm;
- Forno di essiccamento a controllo termostatico per temperature tra 60°C e 110°C;
- Due bacinelle rettangolari in plastica necessarie per contenere il campione nell'acqua;
- Mortaio completo di pestello di ceramica;
- Soluzione di esametafosfato di sodio;
- Densimetro a scala graduata solitamente variabile da 995 a 1030 per soluzioni di densità variabile da 0.995 a 1.030 g/cm³;
- Serie di cilindri di sedimentazione con un volume di 1000 cm³;
- Termometro per la misura di temperature comprese tra 0 e 50°C con una precisione di 0.5 °C;
- Vasca termostatica in grado di mantenere una temperatura costante di 20°C;
- Resistenza elettrica in grado di rimescolare l'acqua uniformare la temperatura;
- Contasecondi;
- Uno o più beaker da 600 cm³.

Software utilizzato per l'elaborazione: "Granulometrie" realizzato dalla società SGeo di Roma.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R03759

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: 13/02/13 Data fine prova: 15/02/13 Data emissione RdP: 18/02/13

Sondaggio n. - Campione n. 2 Profondità di prelievo: **4.30-4.40 m**

Tipo di campione: **semi-disturbato**

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 421 – 02 "Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants";
- ASTM D 422 – 02 "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils";
- ASTM D 1140 – 00 "Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75- μ m) Sieve";
- ASTM D 2217 – 98 "Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

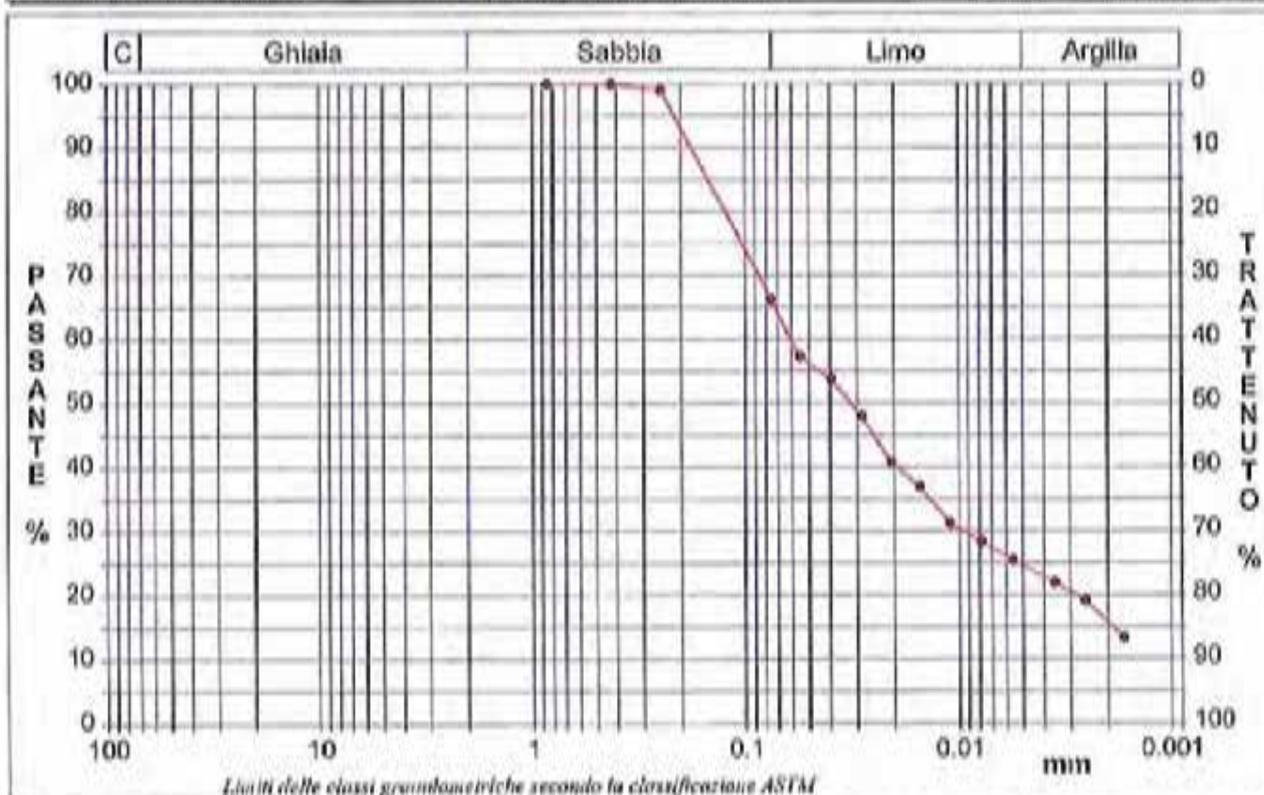
RAPPORTO DI PROVA N°: R03759	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 18/02/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Inizio analisi: 13/02/2013 Apertura campione: 12/02/2013 Fine analisi: 16/02/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM		
RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Motta		
SONDAGGIO: -	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 4.30-4.40

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D421-02, ASTM D422-02, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D ₁₀	--- mm
Sabbia	33,8 %	Passante setaccio 40 (0,42 mm)	99,9 %	D ₃₀	0,00953 mm
Limo	41,6 %	Passante setaccio 200 (0,075 mm)	66,2 %	D ₅₀	0,03169 mm
Argilla	24,6 %			D ₆₀	0,06055 mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---
				D ₉₀	0,17925 mm



Diametro mm	Passante %								
0,8500	100,00	0,0395	53,70	0,0075	28,34				
0,4250	99,92	0,0285	48,01	0,0050	25,45				
0,2500	99,98	0,0207	40,78	0,0036	21,98				
0,0750	66,23	0,0153	37,02	0,0026	19,09				
0,0651	57,26	0,0110	31,23	0,0017	13,30				



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535048 - Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. **R03766**

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: **14/02/13** Data fine prova: **20/02/13** Data emissione RdP: **20/02/13**

Sondaggio n. - Campione n. **3** Profondità di prelievo: **7.30-8.00 m**

Tipo di campione: **semi-disturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Bilancia di sensibilità pari a 0.01 gr per le particelle di dimensioni inferiori a 2 mm;
- Serie di setacci (ASTM), nell'ordine: n. 40 da 0.425 mm, n. 60 da 0.250 mm, n. 200 da 0.075 mm;
- Forno di essiccazione a controllo termostatico per temperature tra 60°C e 110°C;
- Due bacinelle rettangolari in plastica necessarie per contenere il campione nell'acqua;
- Mortaio completo di pestello di ceramica;
- Soluzione di esametafosfato di sodio;
- Densimetro a scala graduata solitamente variabile da 995 a 1030 per soluzioni di densità variabile da 0.995 a 1.030 g/cm³;
- Serie di cilindri di sedimentazione con un volume di 1000 cm³;
- Termometro per la misura di temperature comprese tra 0 e 50°C con una precisione di 0.5 °C;
- Vasca termostatica in grado di mantenere una temperatura costante di 20°C;
- Resistenza elettrica in grado di rimescolare l'acqua uniformare la temperatura;
- Contasecondi;
- Uno o più beaker da 600 cm³.

Software utilizzato per l'elaborazione: "Granulometrie" realizzato dalla società SGeo di Roma.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. **R03766**

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: **14/02/13** Data fine prova: **20/02/13** Data emissione RdP: **20/02/13**

Sondaggio n. - Campione n. **3** Profondità di prelievo: **7.30-8.00 m**

Tipo di campione: **semi-disturbato**

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 421 – 02 "Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants";
- ASTM D 422 – 02 "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils";
- ASTM D 1140 – 00 "Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75- μ m) Sieve";
- ASTM D 2217 – 98 "Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
Il TECNICO

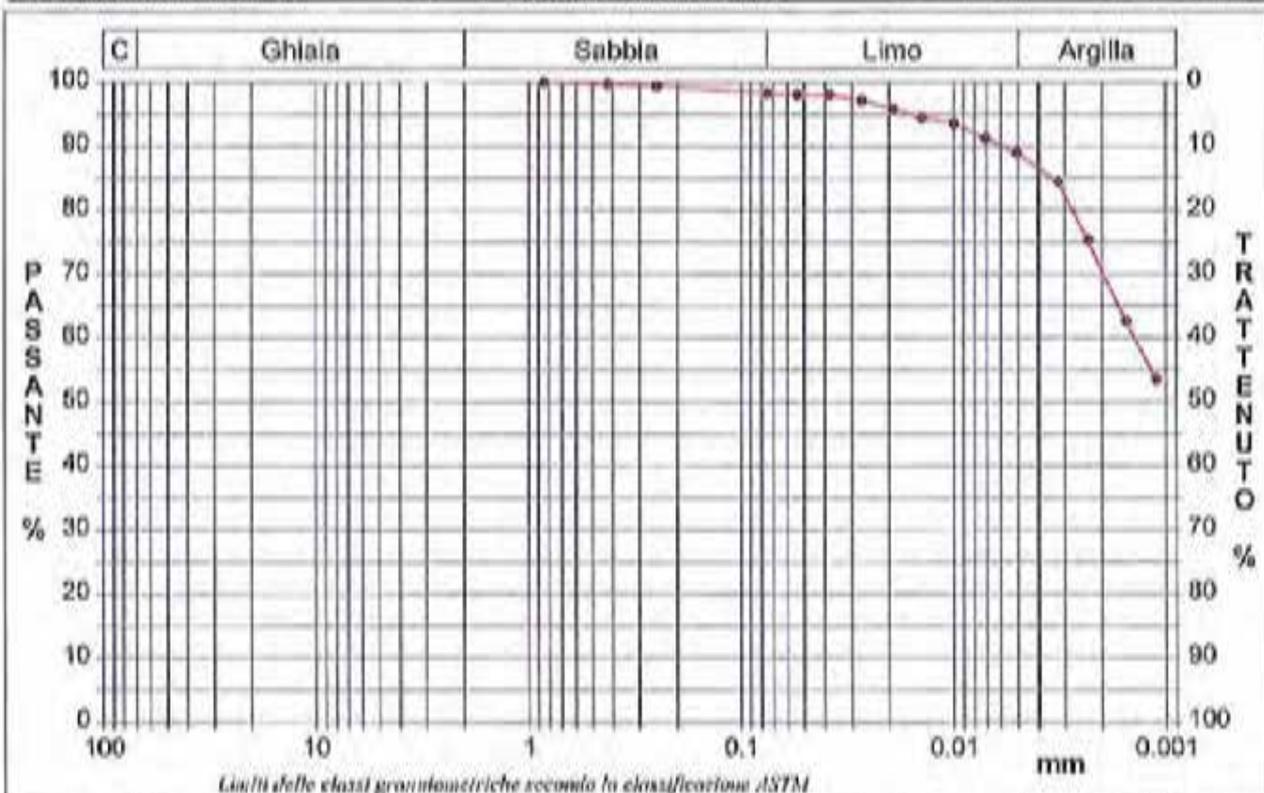
RAPPORTO DI PROVA N°: R03766 Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 20/02/2013	Inizio analisi: 14/02/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 15/02/2013	Fine analisi: 20/02/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM		
RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Motta		
SONDAGGIO: -	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 7.30-8.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D421-02, ASTM D422-02, ASTM D2217-98

Ghiala	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm		
Sabbia	1,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,7 %	D30	---	mm		
Limo	9,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	98,4 %	D50	---	mm		
Argilla	88,9 %			D60	0,00140	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0,00585	mm



Diametro mm	Passante %								
0,8500	100,00	0,0382	98,08	0,0071	91,28	0,0011	53,59		
0,4250	99,73	0,0271	97,19	0,0050	89,01				
0,2500	99,43	0,0192	95,82	0,0032	84,47				
0,0750	98,35	0,0141	94,48	0,0023	76,39				
0,0540	98,09	0,0100	93,55	0,0015	62,67				

PROVE PENETROMETRICHE s.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico – idrogeologia
- coltivazione curve – triassiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

Limiti di consistenza o di Atterberg



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

LIMITI DI CONSISTENZA O DI ATTERBERG
RAPPORTO DI PROVA N. R03757

Pagina 1/2

Committente: Geo Group Srl per WAM

Località: Cavezzo (MO)

Cantiere: Ponte Motta

Data inizio prova: 13/02/13 Data fine prova: 14/02/13 Data emissione RdP: 18/02/13

Sondaggio n. - Campione n. 1 Profondità di prelievo: 2.70-3.00 m

Tipo di campione: semi-disturbato

Attrezzatura utilizzata

- Cucchiolo di Casagrande tipo Controls mod. T30/F, s/n 31112848 costituito da base in ebanite e cucchiolo in ottone smontabile, meccanismo regolabile con contacolpi;
- Attrezzo solcatore;
- Coppella in ottone rugosa per le sabbie;
- Setaccio n. 40 da 0.425 mm, diametro 203 mm;
- Due bacinelle in alluminio;
- Spruzzetta in plastica da 500 cm³ contenente acqua distillata;
- Coppia di spatole flessibili con lame rispettivamente di 20 x 100 mm e 20 x 160 mm circa;
- Serie di contenitori in alluminio o altro materiale non corrodibile, completi di coperchio (diametro 50 x 30 mm di altezza circa);
- Bilancia Gibertini TG 1600, sensibilità 0.01 gr;
- Forno di essiccazione dotato di controllo termostatico in grado di mantenere una temperatura costante di 110°C.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 4318 – 00: "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils";

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: 10%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

LIMITI DI CONSISTENZA O DI ATTERBERG
RAPPORTO DI PROVA N. R03758

Pagina 1/2

Committente: Geo Group Srl per WAM

Località: Cavezzo (MO)

Cantiere: Ponte Motta

Data inizio prova: 14/02/13 Data fine prova: 15/02/13 Data emissione RdP: 18/02/13

Sondaggio n. - Campione n. 3 Profondità di prelievo: 7.30-8.00 m

Tipo di campione: semi-disturbato

Attrezzatura utilizzata

- Cucchiaino di Casagrande tipo Controls mod. T30/F, s/n 31112848 costituito da base in ebanite e cucchiaino in ottone smontabile, meccanismo regolabile con conta-colpi;
- Attrezzo solcatore;
- Coppella in ottone rugosa per le sabbie;
- Setaccio n. 40 da 0.425 mm, diametro 203 mm;
- Due bacinelle in alluminio;
- Spruzzetta in plastica da 500 cm³ contenente acqua distillata;
- Coppia di spatole flessibili con lame rispettivamente di 20 x 100 mm e 20 x 160 mm circa;
- Serie di contenitori in alluminio o altro materiale non corrodibile, completi di coperchio (diametro 50 x 30 mm di altezza circa);
- Bilancia Gibertini TG 1600, sensibilità 0.01 gr;
- Forno di essiccazione dotato di controllo termostatico in grado di mantenere una temperatura costante di 110°C.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 4318 – 00: "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils";

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: 10%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
Il Tecnico

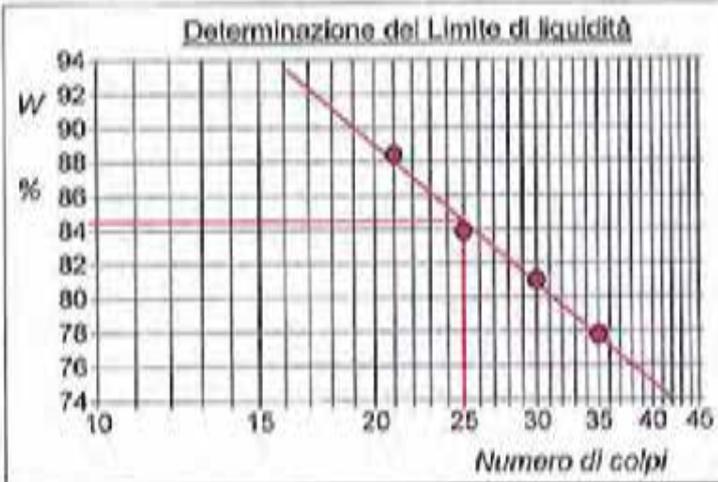
RAPPORTO DI PROVA N°:	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 18/02/2013	Inizio analisi: 14/02/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:	del	Apertura campione: 15/02/2013	Fine analisi: 15/02/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM		
RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Motta		
SONDAGGIO: -	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 7.30-8.00

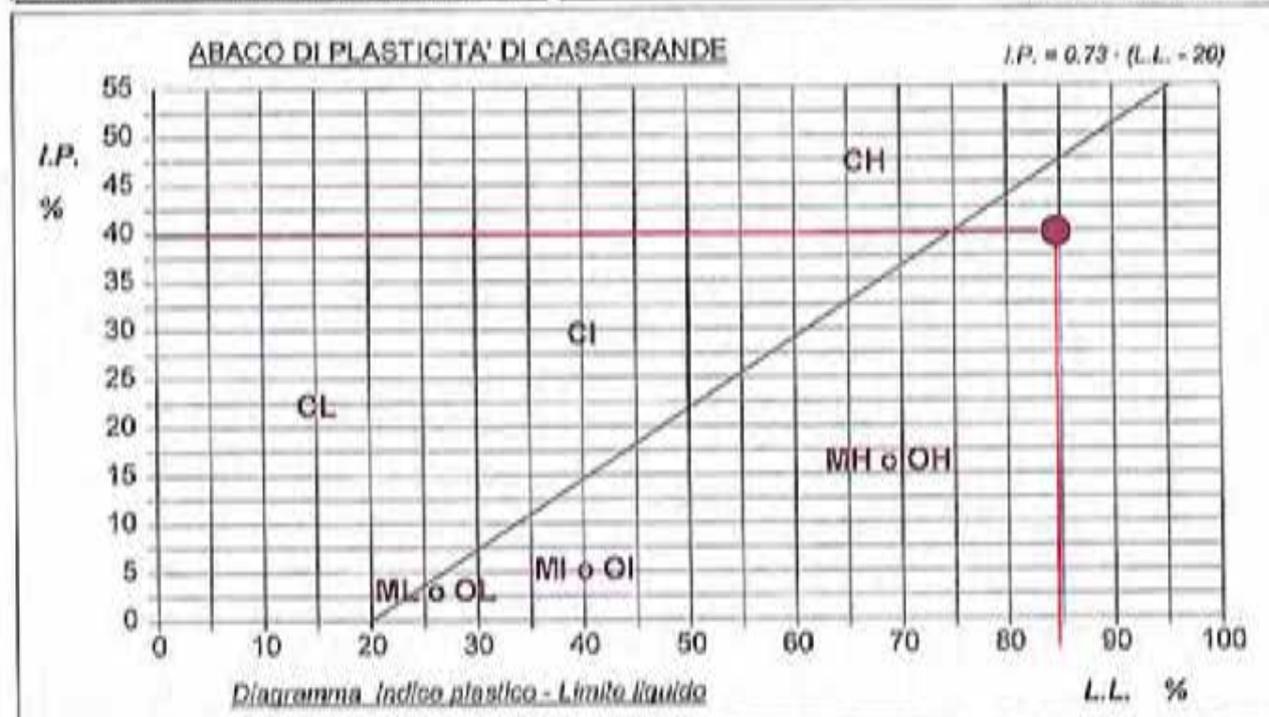
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-00, ASTM D4943-02

Limite di liquidità	84,6	
Limite di plasticità	45,3	
Indice di plasticità	39,3	%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40	NO	%



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



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geotecniche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - litogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze progettive e geotecniche

Prova di compressione edometrica



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 - Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA EDOMETRICA

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R03770**

Committente: **Geo Group per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: **13/02/13** Data fine prova: **23/02/13** Data emissione RdP: **26/02/13**

Sondaggio n. - Campione n. **1** Profondità di prelievo: **2.70-3.00 m**

Tipo di campione: **rimaneggiato**

Attrezzatura utilizzata

- Cella edometrica composta da: anello rigido, testina di carico, cella di contenimento del provino, fustella in acciaio dotata di bordo tagliente di diametro minimo 50 mm, altezza minima 15 mm;
- Pietre porose e dischi di carta da filtro;
- Telaio di carico: modello a carico frontale;
- Trasduttore elettrico per la misura dei cedimenti;
- Serie di pesi calibrati per l'applicazione del carico: costituiti da dischi in ghisa oppure in acciaio asolati;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- calibro, contasecondi e acqua distillata;
- strumentazione per la misura della temperatura.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 2435-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading";
- ASTM D3877-02 "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation expansion, shrinkage, and uplift pressure of soil-lime mixtures";
- ASTM D 4186-89(R): "Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading";
- ASTM D 4546-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incetezza associata alle misure: **20,11%**. Tale valore di incetezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535048 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA EDOMETRICA

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R03771**

Committente: **Geo Group per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: **14/02/13** Data fine prova: **25/02/13** Data emissione RdP: **26/02/13**

Sondaggio n. - Campione n. **3** Profondità di prelievo: **7.30-8.00 m**

Tipo di campione: **disturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Cella edometrica composta da: anello rigido, testina di carico, cella di contenimento del provino, fustella in acciaio dotata di bordo tagliente di diametro minimo 50 mm, altezza minima 15 mm;
- Pietre porose e dischi di carta da filtro;
- Telaio di carico: modello a carico frontale;
- Trasduttore elettrico per la misura dei cedimenti;
- Serie di pesi calibrati per l'applicazione del carico: costituiti da dischi in ghisa oppure in acciaio asolati;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- calibro, contasecondi e acqua distillata;
- strumentazione per la misura della temperatura.

Eventuali variazioni, aggiunto, esclusioni

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 2435-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading";
- ASTM D3877-02 "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation expansion, shrinkage, and uplift pressure of soil-lime mixtures";
- ASTM D 4186-89(R): "Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading";
- ASTM D 4546-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20,11%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R03771
 VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 26/02/2013 Inizio analisi: 14/02/2013
 Apertura campione: 15/02/2013 Fine analisi: 25/02/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM
 RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Motta
 SONDAGGIO: - CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 7.30-8.00

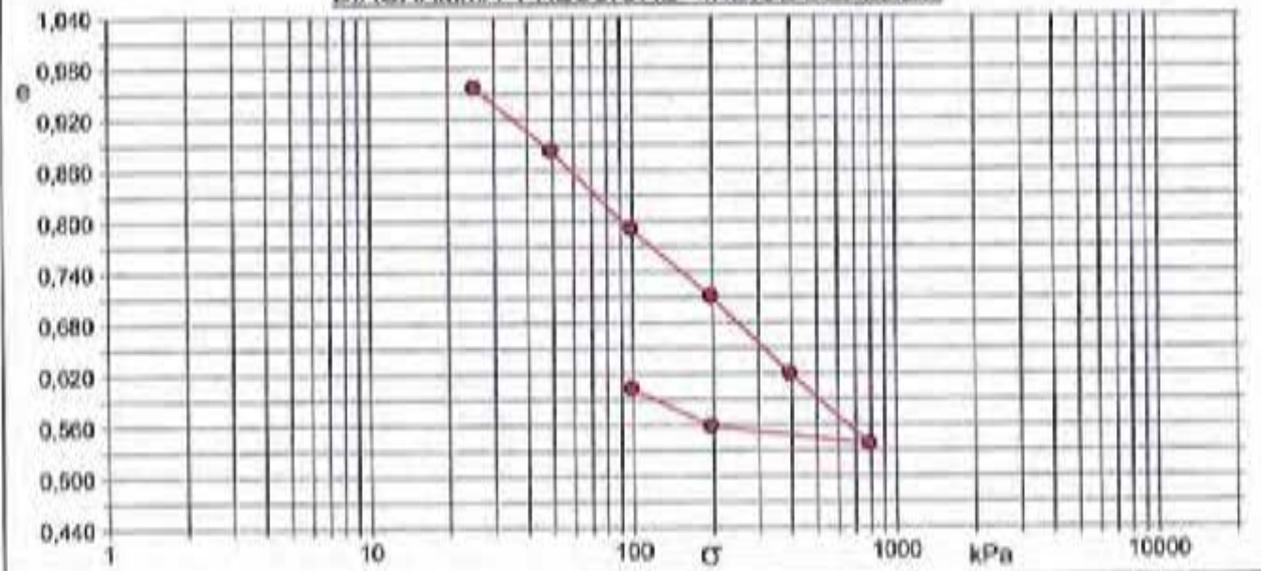
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

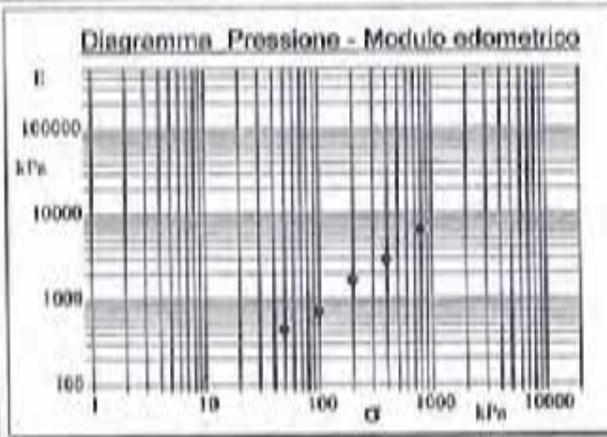
Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m ³)	16,75	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,99
Umidità (%)	52,7	Volume provino (cm ³)	39,27	Porosità (%)	49,71
Peso specifico	2,22	Volume dei vuoti (cm ³)	19,52	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
25,0	31,1	0,958	0,245	647
49,0	105,3	0,884	0,307	1054
98,0	198,3	0,791	0,264	2461
195,0	278,3	0,621	0,304	4268
392,0	370,2	0,621	0,273	8479
784,0	452,9	0,538		
1568,0	431,0	0,559		
3136,0	387,2	0,604		



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geomeccaniche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Prova di taglio consolidato drenato



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R03763

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: **13/02/13** Data fine prova: **18/02/13** Data emissione RdP: **19/02/13**

Sondaggio n. - Campione n. **1** Profondità di prelievo: **2.70-3.00 m**

Tipo di campione: **Semi-disturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Scatola di taglio costituita da: piastra superiore tronco conica, due pietre porose di drenaggio di testa e di base, due griglie perforate dotate di apposite scanalature, piastra di base;
- Macchina di taglio: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.008 mm/min, modello T 665/010, n. matr. 98/90;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: telaio per carichi diretti e da un sistema di leve;
- Serie di pesi calibrati: dischi in ghisa esolati;
- Sistemi di misura: cella di carico di tipo estensimetrica tipo AEP TCE n. matr. 114186;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: un estrusore, un fustellatore verticale, una serie di anelli adattatori, una lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Contasecondi e acqua distillata;
- Banco di consolidazione: telaio di carico e sistemi di leve.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"
- ASTM D 3080 – 03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: 20%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R03768

Committente: Geo Group Srl per WAM

Località: Cavezzo (MO)

Cantiere: Ponte Motta

Data inizio prova: 15/02/13 Data fine prova: 21/02/13 Data emissione RdP: 21/02/13

Sondaggio n. - Campione n. 3 Profondità di prelievo: 7.30-8.00 m

Tipo di campione: **Semi-disturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Scatola di taglio costituita da: piastra superiore tronco conica, due pietre porose di drenaggio di testa e di base, due griglie perforate dotate di apposite scanalature, piastra di base;
- Macchina di taglio: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.008 mm/min, modello T 665/010, n. matr. 96/90;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: telaio per carichi diretti e da un sistema di leve;
- Serie di pesi calibrati: dischi in ghisa asolati;
- Sistemi di misura: cella di carico di tipo estensimetrica tipo AEP TCE n. matr. 114186;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: un estrusore, un fustellatore verticale, una serie di anelli adattatori, una lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Contasecondi e acqua distillata;
- Banco di consolidazione: telaio di carico e sistemi di leve.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"
- ASTM D 3080 – 03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incetezza associata alle misure: 20%. Tale valore di incetezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
Il Tecnico

GEO GROUP S.r.l.

Indagini geognostiche e geotecniche - geologia applicata alle costruzioni - Laboratorio geotecnico - Idrogeologia
- coltivazione cava - fondiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Prova di taglio non consolidato non drenato



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 - Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO NON CONSOLIDATO NON DRENATO

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R03761

Committente: Geo Group Srl per WAM

Località: Cavezzo (MO)

Cantiere: Ponte Motta

Data inizio prova: 15/02/13 Data fine prova: 18/02/13 Data emissione RdP: 18/02/13

Sondaggio n. - Campione n. 1 Profondità di prelievo: 2.70-3.00 m

Tipo di campione: Semi-disturbato

Attrezzatura utilizzata

- Scatola di taglio costituita da: piastra superiore tronco conica, due griglie non perforate dotate di apposite scanalature, piastra di base;
- Macchina di taglio: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 1.000 mm/min, modello T 665/010, n. matr. 96/90;
- Serie di pesi calibrati: dischi in ghisa asolati;
- Sistemi di misura: cella di carico di tipo estensimetrica tipo AEP TCE n. matr. 114186;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: un estrusore, un fustellatore verticale, una serie di anelli adattatori, una lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Contasecondi e acqua distillata.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"
- ASTM D 3080 - 03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: 20%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

RAPPORTO DI PROVA N°: R03761	DATA DI EMISSIONE: 18/02/2013	Inizio analisi: 16/02/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 13/02/2013	Fine analisi: 18/02/2013
COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM		
RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Motta		
SONDAGGIO: -	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.70-3.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Rimaneggiato	Incisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	99	196	294
Tensione a rottura (kPa):	30	33	37
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	4,99 0,36	5,16 0,42	4,08 0,50
Umidità iniziale e umidità finale (%):	32,9 26,8	31,0 25,9	32,1 24,5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,2 16,2	20,2 19,3	20,0 18,6
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	143,1 112,2	167,6 136,1	181,7 123,6

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 27,6 kPa

Tipo di prova: Consolidata - rapida
 Velocità di deformazione: 1.000 mm / min

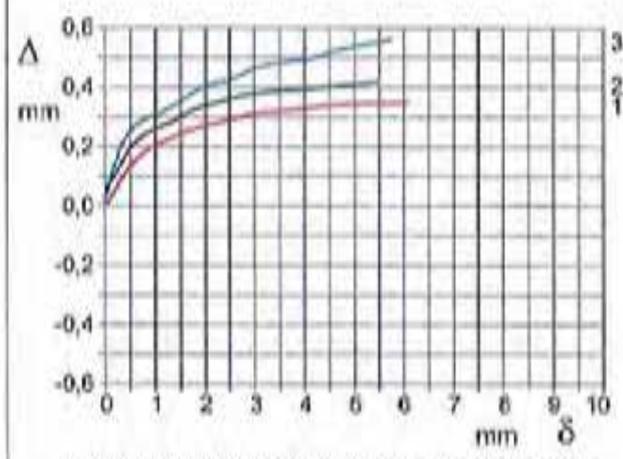
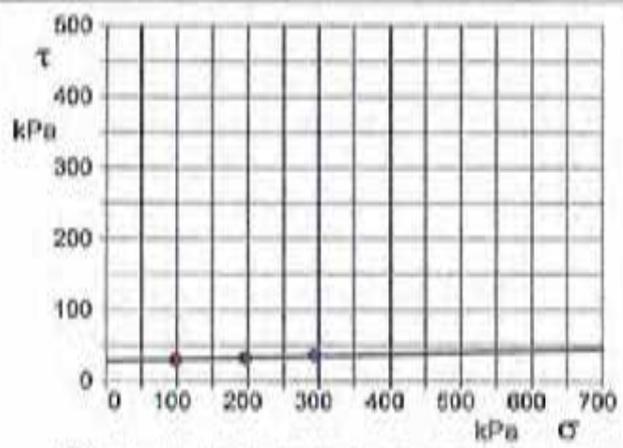


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

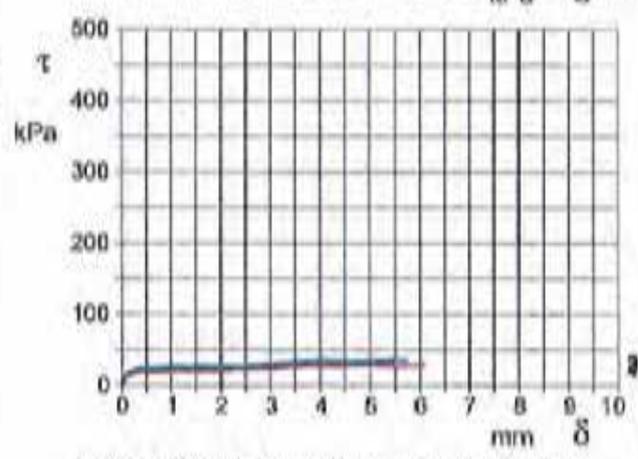


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO NON CONSOLIDATO NON DRENATO

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R03762

Committente: Geo Group Srl per WAM

Località: Cavezzo (MO)

Cantiere: Ponte Motta

Data inizio prova: 15/02/13 Data fine prova: 18/02/13 Data emissione RdP: 18/02/13

Sondaggio n. - Campione n. 3 Profondità di prelievo: 7.30-8.00 m

Tipo di campione: Semi-disturbato

Attrezzatura utilizzata

- Scatola di taglio costituita da: piastra superiore tronco conica, due griglie non perforate dotate di apposite scanalature, piastra di base;
- Macchina di taglio: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 1.000 mm/min, modello T 665/010, n. matr. 96/90;
- Serie di pesi calibrati: dischi in ghisa asolati;
- Sistemi di misura: cella di carico di tipo estensimetrica tipo AEP TCE n. matr. 114186;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: un estrusore, un fustellatore verticale, una serie di anelli adattatori, una lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Contasecondi e acqua distillata.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"
- ASTM D 3080 – 03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: 20%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R03762

DATA DI EMISSIONE: 18/02/2013

Inizio analisi: 15/02/2013

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

Apertura campione: 15/02/2013

Fine analisi: 18/02/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM

RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Motta

SONDAGGIO: -

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 7.30-8.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	23		22		28	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,83	0,47	4,52	0,77	6,02	1,04
Umidità iniziale e umidità finale (%):	50,3	54,6	53,1	50,6	52,5	55,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,0	18,5	18,0	17,7	16,5	19,0
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	135,8	147,0	137,8	131,5	145,8	158,0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 22,8 kPa

Tipo di prova: Consolidata - rapida
Velocità di deformazione: 1,000 mm / min

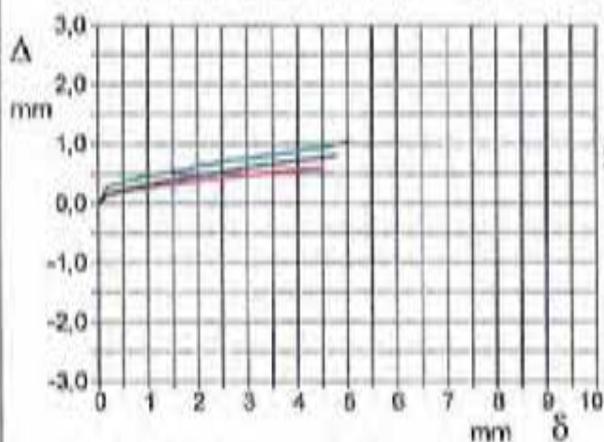
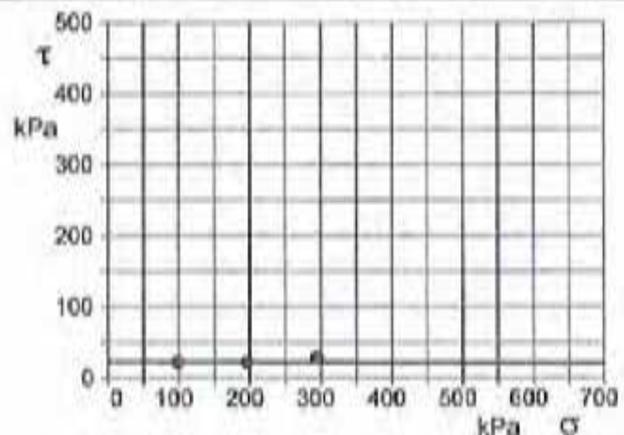


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

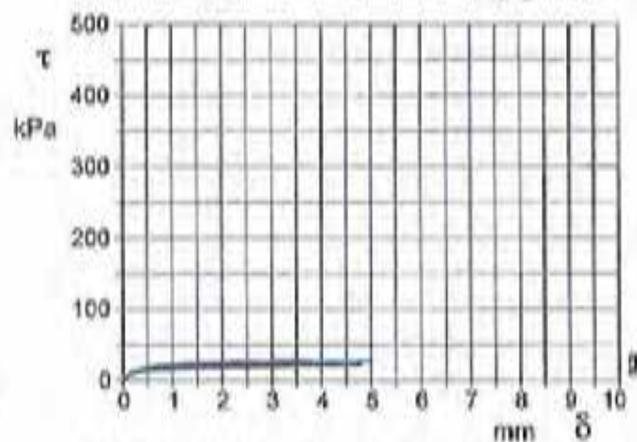


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Analisi di laboratorio di geotecnica Marzo 2013

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geotecniche - geologia applicata alle costruzioni - inventario geotecnico - idrogeologia
- coltivazione caveo - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Analisi granulometriche



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. **R03777**

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: **21/02/13** Data fine prova: **27/02/13** Data emissione RdP: **27/02/13**

Sondaggio n. **1** Campione n. **1** Profondità di prelievo: **2.00-2.50 m**

Tipo di campione: **Indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Bilancia di sensibilità pari a 0,01 gr per le particelle di dimensioni inferiori a 2 mm;
- Serie di setacci (ASTM), nell'ordine: n. 20 da 0,850 mm, n. 40 da 0,425 mm, n. 60 da 0,250 mm, n. 200 da 0,075 mm;
- Forno di essiccazione a controllo termostatico per temperature tra 60°C e 110°C;
- Due bacinelle rettangolari in plastica necessarie per contenere il campione nell'acqua;
- Mortaio completo di pestello di ceramica;
- Soluzione di esametafosfato di sodio;
- Densimetro a scala graduata solitamente variabile da 995 a 1030 per soluzioni di densità variabile da 0,995 a 1,030 g/cm³;
- Serie di cilindri di sedimentazione con un volume di 1000 cm³;
- Termometro per la misura di temperature comprese tra 0 e 50°C con una precisione di 0,5 °C;
- Vasca termostatica in grado di mantenere una temperatura costante di 20°C;
- Resistenza elettrica in grado di rimescolare l'acqua uniformare la temperatura;
- Contasecondi;
- Uno o più beaker da 600 cm³.

Software utilizzato per l'elaborazione: "Granulometrie" realizzato dalla società SGeo di Roma.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R03777

Committente: Geo Group Srl per WAM

Località: Cavezzo (MO)

Cantiere: Ponte Motta

Data inizio prova: 21/02/13 Data fine prova: 27/02/13 Data emissione RdP: 27/02/13

Sondaggio n. 1 Campione n. 1 Profondità di prelievo: 2.00-2.50 m

Tipo di campione: indisturbato

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 421 – 02 "Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants";
- ASTM D 422 – 02 "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils";
- ASTM D 1140 – 00 "Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75- μ m) Sieve";
- ASTM D 2217 – 98 "Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: 20%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

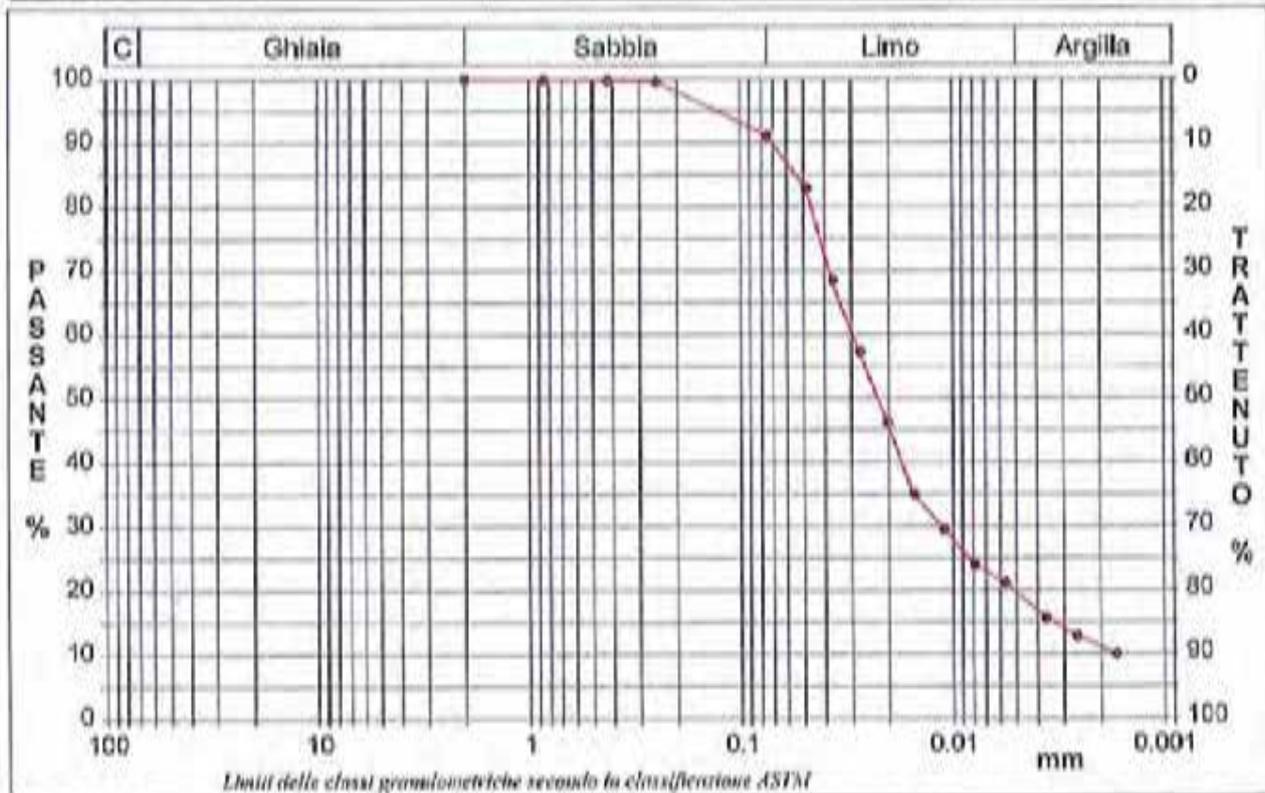
RAPPORTO DI PROVA N°: R03777	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 27/02/2013	Inizio analisi: 21/02/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 21/02/2013	Fine analisi: 27/02/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM			
RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Motta			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.00-2.50	

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D421-02, ASTM D422-02, ASTM D2217-98

Ghiala	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	8,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,8 %	D30	0,01136	mm
Limo	71,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	91,1 %	D50	0,02236	mm
Argilla	19,6 %			D60	0,02935	mm
Coefficiente di uniformità		---		Coefficiente di curvatura		---
				D90	0,07081	mm



Diametro mm	Passante %								
2,0000	100,00	0,0487	82,93	0,0110	20,60	0,0017	10,02		
0,8500	99,89	0,0369	68,46	0,0079	23,93				
0,4250	99,79	0,0273	67,33	0,0057	21,15				
0,2500	99,63	0,0202	46,20	0,0036	15,58				
0,0750	91,09	0,0153	35,07	0,0026	12,80				

PROVE PENETROMETRICHE S.p.A.
 LABORATORIO GEOTECNICO
 IL TECNICO

GEO GROUP s.r.l.

tecniche geognostiche e geotecniche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico – idrogeologia
- coltivazione cave – bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenza geologica e geotecnica

Limiti di consistenza o di Atterberg



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

LIMITI DI CONSISTENZA O DI ATTERBERG

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R03791

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: 27/02/13 Data fine prova: 04/03/13 Data emissione RdP: 05/03/13

Sondaggio n. **1** Campione n. **1** Profondità di prelievo: **2.00-2.50 m**

Tipo di campione: **shelby**

Attrezzatura utilizzata

- Cucchiaino di Casagrande tipo Controls mod. T30/F, s/n 31112848 costituito da base in ebanite e cucchiaino in ottone smontabile, meccanismo regolabile con conta-colpi;
- Attrezzo solcatore;
- Coppella in ottone rugosa per le sabbie;
- Due bacinelle in alluminio;
- Spruzzetta in plastica da 500 cm³ contenente acqua distillata;
- Coppia di spatole flessibili con lame rispettivamente di 20 x 100 mm e 20 x 160 mm circa;
- Serie di contenitori in alluminio o altro materiale non corrosibile, completi di coperchio (diametro 50 x 30 mm di altezza circa);
- Bilancia Gibertini TG 1600, sensibilità 0.01 gr;
- Forno di essiccamento dotato di controllo termostatico in grado di mantenere una temperatura costante di 110°C.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 4318 – 00: "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils";

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **10%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R03794	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 05/03/2013	Inizio analisi: 27/02/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 21/02/2013	Fine analisi: 04/03/2013

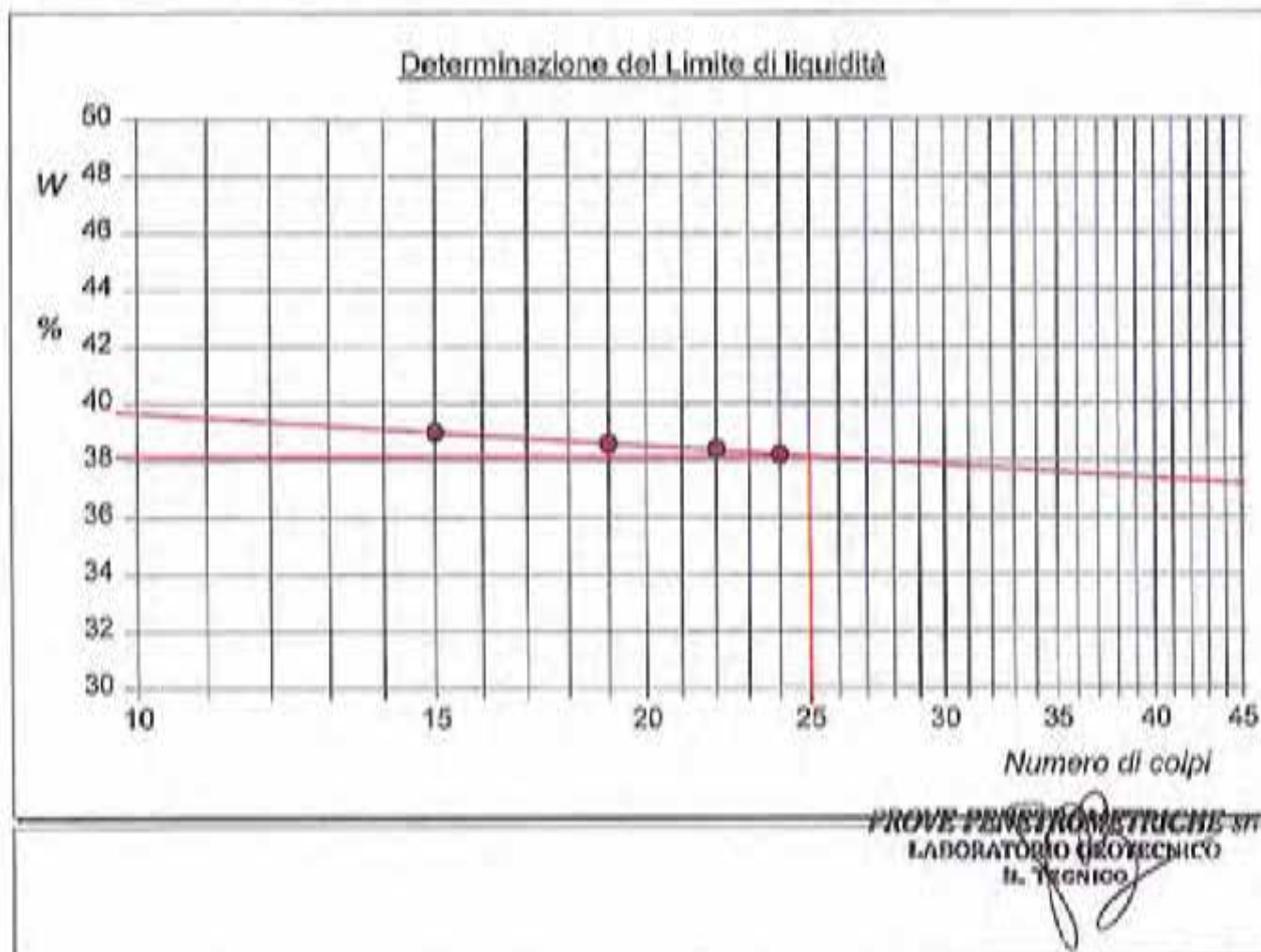
COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM
RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Molta
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-00, ASTM D4943-02

Limite di liquidità	38,2 %
Limite di plasticità	Non Determinabile
Indice di plasticità	- - -

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'	
Numero di colpi	15	19	22	24	Umidità (%)	
Umidità (%)	39,0	38,6	38,4	38,2	Umidità media (%)	



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geotecniche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico – idrogeologia
– coltivazione cave – bonifica – consolidamenti – geologia ambientale – consulenza geologica e geotecnica

Prova di taglio consolidato drenato



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R03795

Committente: **Geo Group per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: 04/03/13 Data fine prova: 08/03/13 * Data emissione RdP: 08/03/13

Sondaggio n. **1** Campione n. **1** Profondità di prelievo: **2.00-2.50 m**

Tipo di campione: **Shelby**

Attrezzatura utilizzata

- Scatola di taglio costituita da: piastra superiore tronco conica, due pietre porose di drenaggio di testa e di base, due griglie perforate dotate di apposite scanalature, piastra di base;
- Macchina di taglio: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.008 mm/min, modello T 665/010, n. matr. 96/90;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: telaio per carichi diretti e da un sistema di leve;
- Serie di pesi calibrati: dischi in ghisa asolati;
- Sistemi di misura: cella di carico di tipo estensimetrica tipo AEP TCE n. matr. 114186;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: un estrusore, un fustellatore verticale, una serie di anelli adattatori, una lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Contasecondi e acqua distillata;
- Banco di consolidazione: telaio di carico e sistemi di leve.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedura non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"
- ASTM D 3080 – 03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM

RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Molta

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	100	204
Tensione a rottura (kPa):	46	80	135
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,39 0,16	1,62 0,32	1,62 0,38
Umidità iniziale e umidità finale (%):	35,2 29,6	32,8 28,4	33,7 29,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,1 18,3	19,4 18,8	18,4 17,8
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	144,4 121,3	147,7 128,0	128,5 112,7

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 4,1 kPa
Angolo di attrito interno: 22,7 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,008 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

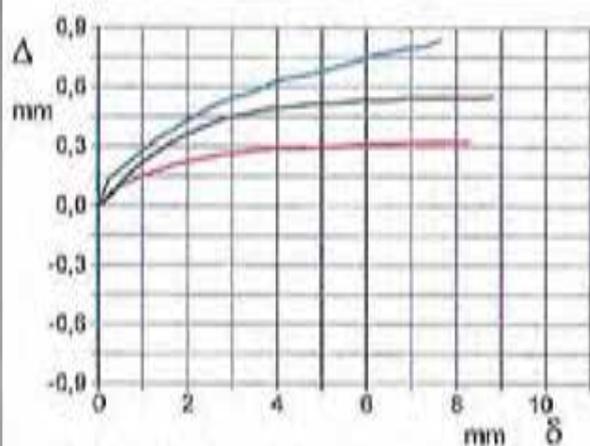
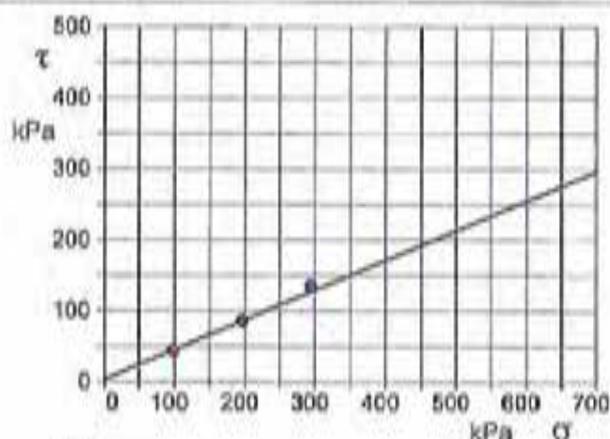


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

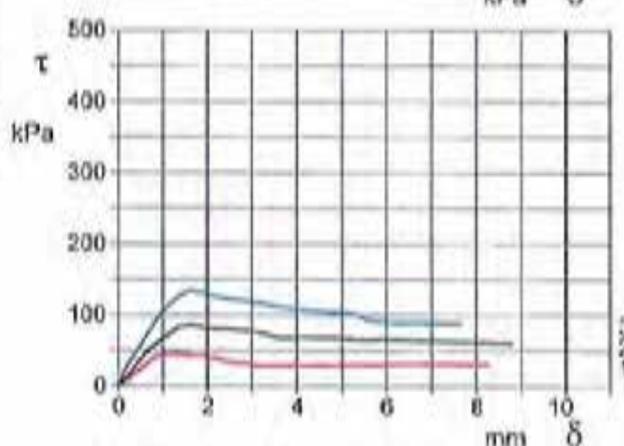


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

GEO GROUP S.R.L.

Indagini geognostiche e geotecniche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
sottinterranea - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenza geologica e geotecnica

Prova di taglio non consolidato non drenato



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO NON CONSOLIDATO NON DRENATO

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R03792

Committente: **Geo Group Srl per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: 04/03/13 Data fine prova: 05/03/13 Data emissione RdP: 05/03/13

Sondaggio n. 1 Campione n. 1 Profondità di prelievo: **2.00-2.50 m**

Tipo di campione: **shelby**

Attrezzatura utilizzata

- Scatola di taglio costituita da: piastra superiore tronco conica, due griglie non perforate dotate di apposite scanalature, piastra di base;
- Macchina di taglio: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 1.000 mm/min, modello T 665/010, n. matr. 96/90;
- Serie di pesi calibrati; dischi in ghisa asolati;
- Sistemi di misura: cella di carico di tipo estensimetrica tipo AEP TCE n. matr. 114186;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: un estrusore, un fustellatore verticale, una serie di anelli adattatori, una lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Contasecondi e acqua distillata.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"
- ASTM D 3080 – 03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Solis Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R03792	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 05/03/2013	Inizio analisi: 04/03/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 21/02/2013	Fine analisi: 05/03/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM

RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Molta

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,001	1	0,13	0,201	14	0,09	0,073	11	0,34
0,053	7	0,18	0,427	23	0,10	0,311	22	0,45
0,315	16	0,25	0,807	24	0,25	0,930	27	0,52
0,543	23	0,30	0,915	24	0,31	0,762	28	0,59
0,811	24	0,35	1,184	25	0,36	1,057	29	0,64
1,080	24	0,40	1,418	26	0,42	1,283	30	0,67
1,343	25	0,44	1,693	28	0,46	1,645	31	0,69
1,600	25	0,47	1,931	28	0,49	1,780	32	0,72
1,852	26	0,51	2,177	25	0,53	2,049	28	0,74
2,110	23	0,54	2,422	26	0,56	2,287	30	0,76
2,368	24	0,57	2,699	25	0,60	2,667	30	0,77
2,625	23	0,60	2,953	29	0,64	2,811	28	0,79
2,897	23	0,62	3,222	26	0,68	3,061	28	0,80
3,157	25	0,65	3,456	28	0,70	3,325	33	0,82
3,414	25	0,68	3,723	26	0,73	3,558	31	0,83
3,640	24	0,67	3,979	29	0,76	3,819	28	0,83
3,927	23	0,68	4,240	29	0,77	4,079	31	0,84
4,158	25	0,69	4,468	26	0,79	4,344	32	0,85
4,425	25	0,69	4,754	28	0,81	4,588	34	0,85
4,707	26	0,70	5,011	29	0,83	4,864	33	0,86
4,978	26	0,71	5,264	29	0,84	5,153	34	0,87
5,194	26	0,71	5,534	28	0,86	5,397	32	0,87
5,464	25	0,72	5,787	29	0,87	5,651	33	0,87
5,765	26	0,72	6,042	30	0,88	5,904	33	0,88
6,010	27	0,72	6,307	28	0,89	6,169	35	0,88
6,255	27	0,72	6,517	32	0,90	6,427	33	0,89
6,511	28	0,73	6,800	31	0,91	6,710	34	0,89
6,779	28	0,73	7,061	30	0,92	6,971	33	0,89
7,033	28	0,73	7,322	28	0,93	7,227	31	0,89
7,307	24	0,73	7,595	28	0,95	7,437	29	0,89
7,510	21	0,73	7,809	24	0,95			

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

GEO GROUP s.r.l.

Ingegneria geotecnica e geofisica - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- cartografia d'area - bonifiche - consultazioni - geologia ambientale - classificazione geologica e geotecnica

Prova di compressione edometrica



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA EDOMETRICA

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R03803**

Committente: **Geo Group per WAM**

Località: **Cavezzo (MO)**

Cantiere: **Ponte Motta**

Data inizio prova: **26/02/13** data fine prova: **08/03/13** Data emissione RdP: **08/03/13**

Sondaggio n. **1** Campione n. **1** Profondità di prelievo: **2.00-2.50 m**

Tipo di campione: **shelby**

Attrezzatura utilizzata

- Cella edometrica composta da: anello rigido, testina di carico, cella di contenimento del provino, fustella in acciaio dotata di bordo tagliente di diametro minimo 50 mm, altezza minima 15 mm;
- Pietre porose e dischi di carta da filtro;
- Telaio di carico: modello a carico frontale;
- Trasduttore elettrico per la misura dei cedimenti;
- Serie di pesi calibrati per l'applicazione del carico: costituiti da dischi in ghisa oppure in acciaio asolati;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- calibro, contasecondi e acqua distillata;
- strumentazione per la misura della temperatura.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 2435-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading";
- ASTM D3877-02 "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation expansion, shrinkage, and uplift pressure of soil-lime mixtures";
- ASTM D 4186-89(R): "Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading";
- ASTM D 4546-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20,11%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R03803	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 08/03/2013	Inizio analisi: 26/02/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 21/02/2013	Fine analisi: 08/03/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM		
RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Motta		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4646-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,0 kPa				Pressione 196,0 kPa				Pressione 392,0 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	38,0			0,10	60,4	2000,00	83,3	0,10	84,0			0,10	133,2		
0,25	49,1			0,25	76,0	3000,00	84,0	0,25	115,8			0,25	162,8		
0,40	49,0			0,40	78,1			0,40	116,0			0,40	164,4		
0,50	50,5			0,50	78,8			0,50	117,6			0,50	165,1		
1,00	51,0			1,00	80,6			1,00	119,3			1,00	167,6		
2,00	52,1			2,00	82,1			2,00	121,1			2,00	169,5		
4,00	53,1			4,00	83,0			4,00	122,7			4,00	171,5		
8,00	53,0			8,00	84,7			8,00	124,2			8,00	173,1		
15,00	54,0			15,00	85,0			15,00	125,3			15,00	174,6		
30,00	55,6			30,00	87,0			30,00	126,6			30,00	176,7		
60,00	55,7			60,00	87,0			60,00	128,2			60,00	178,3		
120,00	56,8			120,00	88,9			120,00	129,3			120,00	180,0		
240,00	57,0			240,00	89,9			240,00	130,5			240,00	181,6		
480,00	58,4			480,00	90,8			480,00	131,5			480,00	183,3		
960,00	59,5			960,00	91,9			960,00	132,7			960,00	184,6		
1440,00	60,0			1440,00	92,4			1440,00	133,2			1440,00	185,4		
1800,00	60,4			1800,00	92,7										

Pressione 784,0 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	185,4														
0,25	224,1														
0,40	225,3														
0,50	226,1														
1,00	228,1														
2,00	230,4														
4,00	232,1														
8,00	234,2														
15,00	236,4														
30,00	238,5														
60,00	240,5														
120,00	242,7														
240,00	244,6														
480,00	246,3														
960,00	248,6														
1440,00	249,3														

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
N. TECNICO

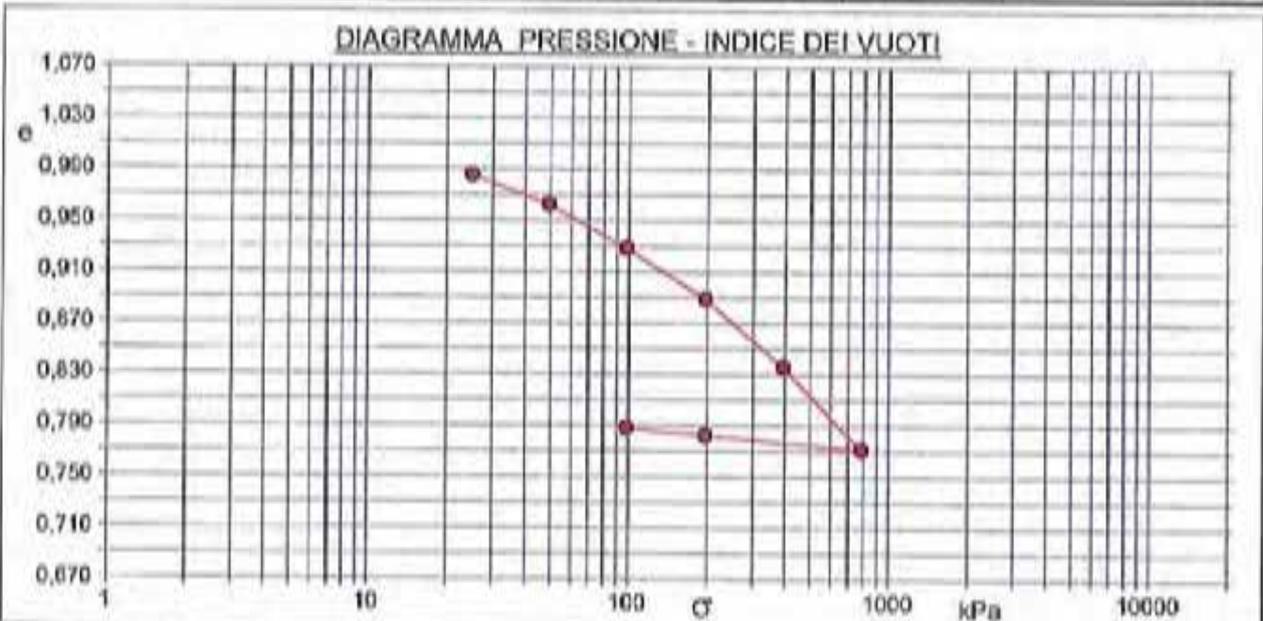
	DATA DI EMISSIONE: 09/03/2013	Inizio analisi: 26/02/2013
	Apertura campione: 21/02/2013	Fine analisi: 08/03/2013

COMMITTENTE: Geo Group srl per WAM		
RIFERIMENTO: Cavezzo (MO), loc. Ponte Molta		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.00-2.50

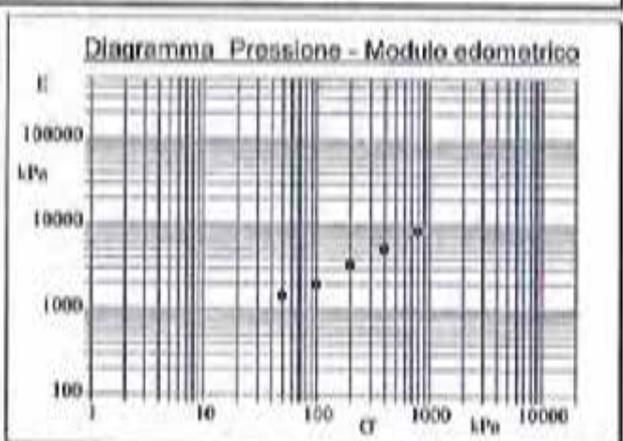
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,15	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	1,02
Umidità (%)	34,1	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	50,59
Peso specifico	1,84	Volume dei vuoti (cm³)	19,87	Saturazione (%)	98,1



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
25,0	38,0	0,986		
49,0	60,4	0,963	0,075	2143
98,0	94,0	0,929	0,113	2917
196,0	133,2	0,880	0,132	5000
392,0	185,4	0,836	0,176	7610
784,0	249,2	0,772	0,214	12288
1568,0	238,6	0,783		
3136,0	232,9	0,768		



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 5

Indagini sismiche

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche - geologia applicata alle costruzioni - laboratorio geotecnico - idrogeologia
- coltivazione cave - bonifiche - consolidamenti - geologia ambientale - consulenze geologiche e geotecniche

Indagine sismica Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) Dicembre 2011

