

DOTT. FABRIZIO ANDERLINI - STUDIO GEOLOGICO

Via per Modena, 8 - 41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

Comune di Modena

Relazione geologico-geotecnica e sismica a supporto
del progetto di realizzazione di nuovo magazzino farine,
da eseguirsi in Strada Attiraglio n. 133

(D.M. 17 gennaio 2018)

Committente: Molini Industriali

Novembre 2021





1. PREMESSA

La presente relazione è redatta ai sensi del **D.M. 17/01/2018** T.U. Norme tecniche per le costruzioni.

Su incarico della Committenza, Molini Industriali, nel mese di Ottobre 2021, si è effettuato il presente studio che ha per oggetto la verifica delle condizioni geologiche, geotecniche, e sismiche di un'area su cui è in progetto la realizzazione di un nuovo magazzino/deposito farine a servizio della Ditta Molini Industriali, sita in Strada Attiraglio n. 133 a Modena.

La relazione descrive le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche della zona e definisce, in dettaglio, le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati.

Lo studio geologico si è avvalso dei dati emersi da apposite indagini penetrometriche per la caratterizzazione geotecnica dei terreni e per la classificazione sismica del terreno oggetto di intervento. Inoltre si fa riferimento al sondaggio a carotaggio effettuato nel 2013 per il magazzino in adiacenza.

2. UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME

L'area di interesse è ubicata in Strada Attiraglio n. 133, a Modena, in corrispondenza del toponimo Mulini Nuovi, alla quota topografica variabile da 31.9 e 32.1 m s.l.m.

L'area è visualizzata nella "Carta Corografica" (**tav. n. 1**) in scala 1:25.000, Tavola 201NE "Modena", nell'"Inquadramento Topografico" (**tav. n. 2**) in scala 1:5.000, Elemento 201123 "Modena nord-est".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il rilevamento geologico eseguito dallo scrivente conferma quanto esposto nella "Carta Geologica" tratta da *Progetto Carg* (**Tav. 3**) ed evidenzia la presenza di litotipi a caratteristiche tessiturali prevalentemente limose e ghiaioso sabbiose come di seguito descritte:

AES8a – Unità di Modena: Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m). *Post-VI secolo d.C.* L'unità si presenta in litofacies argillosa in corrispondenza della zona di studio ed in litofacies limosa immediatamente ad est della zona di studio.

Nella zona non sono presenti fenomeni geomorfologici particolari, l'area risulta pianeggiante con una leggera inclinazione verso nord est in concordanza con l'andamento della Pianura Padana.



4. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

La campagna geognostica si è espletata ed ha considerato i seguenti interventi:

• n. 1 prova penetrometrica CPTU – 2021
• n. 1 prova penetrometrica CPT – 2021
• n. 1 prova sismica HVSR – 2021
• n. 1 Sondaggio a Carotaggio -2021
• n. 1 Sondaggio a Carotaggio con prova sismica Down Hole – 2013

In allegato n. 1 sono visibili i rapporti di prova dell'indagine svolta. Inoltre, l'ubicazione delle indagini è illustrata in Tav. n. 4 "Foto aerea con ubicazione indagini", presente in allegato.

prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT

La prova penetrometrica statica CPT (*Cone Penetration Test*) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/s, la punta meccanica Begemann (Fig. 3). La punta presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm². Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm². I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e l'avanzamento dell'insieme punta più aste, verranno registrati ogni 20 cm di avanzamento in profondità.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento (Fig. 3):

posizione di riposo con punta completamente chiusa; spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta (Rp); spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale (RI); spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste (Rt). Nella fase d'avanzamento in cui viene letta la resistenza alla punta, il display restituisce automaticamente il carico unitario di resistenza (Rp) tenuto conto della superficie di infissione di circa 10 cm². Nella fase di avanzamento in cui viene letta la somma delle resistenze alla punta ed al manicotto di frizione il display visualizza il carico assoluto espresso in kg diviso per 10 (RI). Ad ogni profondità di misura (x), i valori reali della resistenza alla penetrazione della punta "q_c" e dell'attrito laterale locale "f_s" possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$q_c(x) = R_p(x) \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad f_s(X) = (RI(x+1) - R_p(x+1)) \cdot (AP/AM) = (RI(x+1) - R_p(x+1)) / 15$$

dove: AP (Area Punta) = 10 cm²; AM (Area Manicotto Laterale) = 150 cm²

La particolare punta utilizzata per la perforazione *Friction Jacket Cone* è servita a determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni investigati. I dati ottenuti vengono elaborati tramite apposito software "Static Probing" (Geostru) scegliendo, tra i vari autori, la metodologia di



interpretazione litologica così da ottenere in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU

La prova con punta elettrica (CPTE) o con piezocono (CPTU) è l'evoluzione della prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT).

I valori di resistenza del terreno non vengono più rilevati con un sistema di aste scorrevoli che trasmettono i carichi (di rottura del terreno) ad un manometro (o cella di carico) di superficie, bensì con degli estensimetri posti direttamente all'interno della punta. Questi estensimetri, con deformazioni meno che millimetriche dei componenti della punta (cono e manicotto), producono dei segnali elettrici proporzionali alle variazioni di carico e quindi alle componenti di resistenza del terreno. I segnali elettrici (analogici) vengono digitalizzati con convertitori direttamente posti all'interno della punta (nel caso ormai più frequente di "digital cone") e vengono memorizzati in un circuito interno. I segnali digitalizzati possono essere inviati direttamente in superficie dove è presente (oltre al circuito di sincronizzazione della profondità) una apposita "centralina" con funzioni di memorizzazione, stampante, salvataggio dati su dischetto ed eventuale trasmissione a PC. I vantaggi rispetto alla prova statica con punta

meccanica CPT sono in sintesi:

1) Precisione e linearità della lettura:

normalmente la CPTU relativamente alla resistenza di punta ha un fondo scala di 0.01 Mpa (invece di 0.1 Mpa della punta meccanica) a parità di fondo scala (f.s.50 Mpa). Amplificando il segnale e riducendo il fondo scala è possibile arrivare ad un valore minimo rilevabile di 0.001 Mpa (f.s.20 Mpa). L'aumento di sensibilità è indispensabile nel rilievo dei valori di resistenza di materiali molto soffici (sedimenti di fondo dei canali o rii, torbe, sabbie o limi molto sciolti, ecc.). La linearità è una caratteristica molto importante in quanto garantisce che i valori letti siano quelli reali in tutto il "range" di misura dello strumento. La linearità nella strumentazione impiegata (CPTU) è garantita dall'elettronica, mentre nella prova meccanica sono probabili starature nei valori estremi (in particolare i valori bassi, di fondamentale importanza geotecnica)

2) Rilievo dei valori ogni 2 cm (o meno) invece dei 20 cm della prova CPT

3) Piezocono CPTU con rilievo dei valori di sovrappressione U durante l'infissione. L'infissione della punta, in caso di terreno saturo, produce una variazione della pressione neutrale (U) inversamente proporzionale alla permeabilità.



Nel piezocono ciò significa che se la punta durante l'avanzamento incontra uno strato di argilla, la U (ovvero la variazione di pressione neutra durante l'infissione) assume valori elevati, generalmente inversamente proporzionali alla permeabilità K del materiale attraversato.

Il piezocono rileva la pressione neutra sviluppata dall'infissione tramite un pressostato, il quale è separato dall'ambiente esterno mediante il cosiddetto "filtro". Quando la punta incontra uno strato di sabbia, dopo poco la U si dispone su una linea che approssima l'idrostatica.

A tale proposito, nella elaborazione delle prove CPTU, si prende come U di riferimento una linea idrostatica che parte dal livello della prima falda freatica e prosegue linearmente; tale assunto può non essere vero qualora le falde incontrate abbiano una pressione neutrale a riposo differente da quella idrostatica (ad es. falde confinate, artesiane o in sottopressione).

Il rilievo della U in fase di avanzamento permette di ottenere una classificazione del terreno molto più accurata rispetto ad altre prove. Dato che il valore della U dipende anche dalle caratteristiche di consolidazione del terreno, in termini di storia tensionale, il confronto fra diversi parametri o combinazioni dei tre parametri rilevati (Q_c, F_s, U) permette anche una classificazione del terreno in questo senso. Il primo grafico riportato di seguito è una proposta di classificazione per prove con punta elettrica in base ai soli Q_c e F_s . Dato che il rilievo di U permette (nel piezocono) una "correzione" dei valori di resistenza di punta (depurati cioè dall'effetto della presenza di acqua nel terreno durante la penetrazione), si perviene ad un grafico simile a quello di cui sopra ma corretto per le prove CPTU, introducendo una resistenza di punta "corretta" Q_t . Il terzo grafico mostra una classificazione del terreno in base a prove CPTU impiegando il rapporto:

$$B_q = \Delta U / (\sigma_T - \sigma_{v0}^1) \quad (\text{riferito quindi alla } U)$$

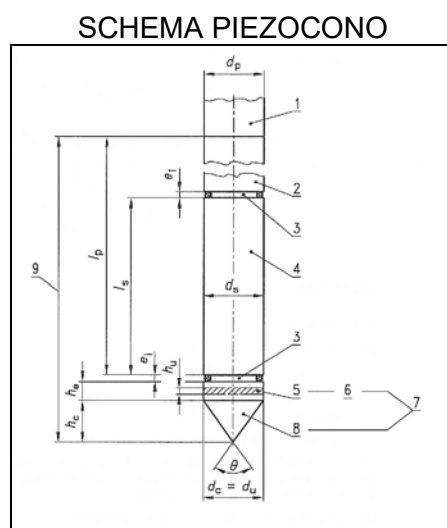


Fig. 1 schema piezocono



Legenda

- 1 - Aste di Spinta
- 2 - Fusto
- 3 - Guarnizioni a tenuta
- 4 - Manicotto attrito laterale
- 5 - Filtro costituito da cilindro metallico saturato con grasso (vedi caratteristiche tecniche)
- 6 - Componente cilindrica
- 7 - Cono
- 8 - Componente conica
- 9 - Punta elettrica e piezocono

Caratteristiche tecniche grasso utilizzato per la saturazione del filtro

Produttore: PERSIAN OIL -

Tipo: Persian FILGREASE 2

CONSORZIO PETROLIFERO DELL'ALTA ITALIA (BOLOGNA).

Composizione del preparato: Stearato e idrossisterato di litio, olio minerale di natura prevalentemente paraffinica, severamente raffinato, additivato con polimero ad alto p.m.

E' un grasso di buona qualità a base di saponi di litio, resistente all'azione dilavante dell'acqua, altamente adesivo. Ha un aspetto liscio, brillante, filante.

Il filtro, utilizzato nell'esecuzione di una CPTU può essere di metallo sinterizzato (una particolare tecnica di realizzazione di filtri in metallo) o può essere semplicemente una apertura (fessura) che connette la parete esterna della punta con la camera di misura del pressostato.

Il filtro deve essere saturato prima di ogni prova CPTU; nei primi piezoconi la saturazione avveniva con acqua disareata; ultimamente si impiega olio di silicone o grasso speciale (nei filtro a fessura). Ciò permette l'impiego del piezocono anche in tratti non saturi senza per questo perdere la saturazione e senza l'impiego di artifici per non perdere la saturazione se fatta con acqua.

ATTREZZATURA IMPIEGATA TGAS07 System

Devices and electrical connections:

TGAS07 - The acquisition system.

ENCODER - Measures the depth and the speed during the acquisition.

POWER SUPPLY - Supplies the electrical power to the system. It is mounted on the pentrometer.

ROD ADAPTER - Links the piezocone with the pushing rods.

GPS-GPRS ANTENNA - Allows to acquire the GPS coordinates and to send tests by GSM network.



CPTU-ACQ SOFTWARE - Installed on a notebook allows to import tests from TGAS07 system.

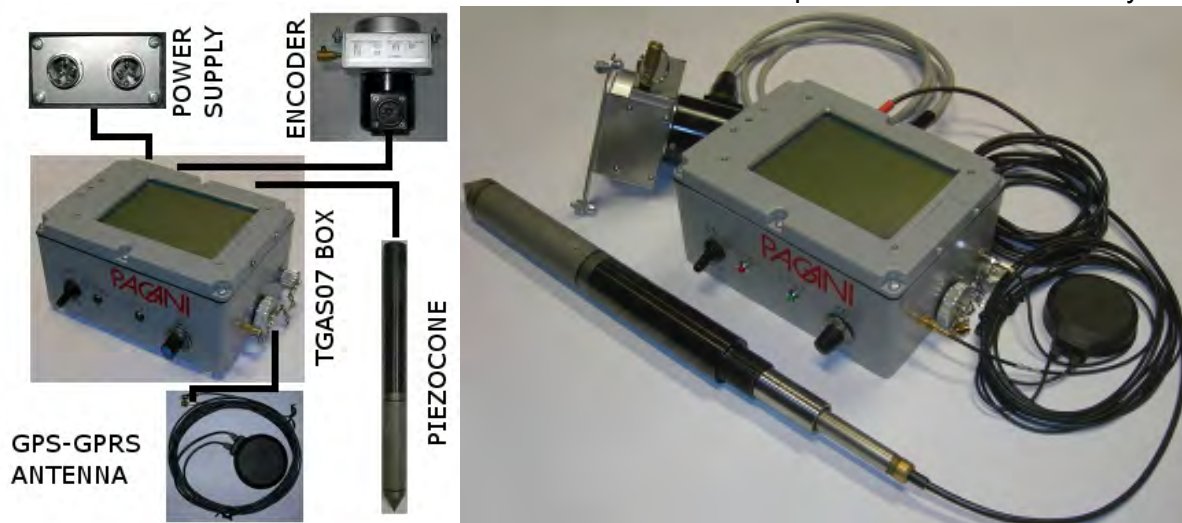


Fig. 2 sistema di acquisizione punta Pagani MKV

SONDAGGIO A CAROTAGGIO

Nella posizione illustrata nella tavola dell'ubicazione delle indagini geognostiche (tav. n. 4) si è eseguito n°1 sondaggio a carotaggio continuo mediante una sonda idraulica ELLETTARI EK200S, dotata di testa idraulica. Il sondaggio è stato spinto sino a -5.00 m da quota p.c. attuale. I sondaggi sono stati eseguiti utilizzando un carotiere semplice T1 con corona munita di denti al widiam, con diametro pari a 101 mm (fig.4). Il sondaggio è stato eseguito “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 ed una coppia di rotazione. 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 a **pareti sottili per il campionamento del terreno**.

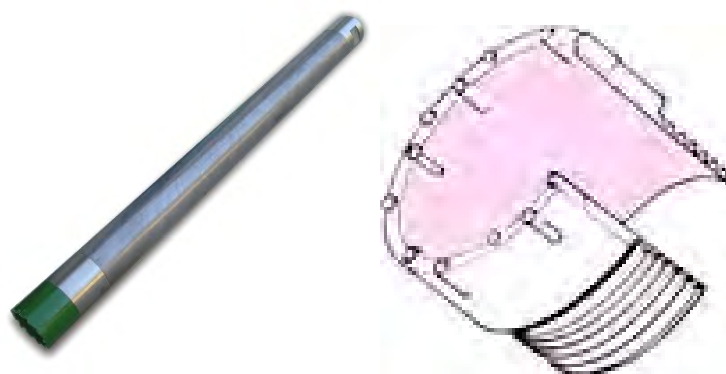


Fig. 3 sondaggio a carotaggio: Carotiere semplice T1 (sulla sinistra) e particolare della corona



munite di denti al widiam (sulla destra)

A causa della limitata stabilità delle pareti del foro di sondaggio, si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento provvisori di diametro $\varnothing = 152$ mm, per rivestire le pareti dello strato detritico superficiale.

Nel corso del sondaggio a carotaggio sono stati prelevati campioni di terreno indisturbato mediante campionatore Schelby a pareti sottili in acciaio inox, da destinarsi al laboratorio di geotecnica per le successive analisi. I campioni di terreno del sondaggio “carote” sono stati riposti in apposite cassette catalogatrici a scomparti in PVC della lunghezza di 5.00 m cadauna, fotografati e catalogati, come visibile nelle foto allegate, la litologia, desunta dalle carote prelevate in continuo, è riassunta nella colonna litostratigrafica presente nei certificati in allegato n°1. Nel corso dei sondaggi sulle carote estratte è stata valutata la resistenza alla penetrazione in condizioni non drenate RP, misurata mediante Pocket Penetrometer (PP) e la resistenza al taglio, sempre in condizioni non drenate, mediante Vane Test (VT). Tali dati sono riportati nella colonna litostratigrafica presente nell'allegato certificato di indagine.

5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

Le indagini penetrometriche ed il sondaggio a carotaggio, hanno permesso di ricostruire la stratigrafia litotecnica del suolo sino alla profondità di -34.00 m da p.c. attuale.

Su lotto, al di sotto di un cospicuo spessore di riporto eterogeneo è presente un primo strato di 4,0 m di terreno organico limoso sabbioso poco consistente caratterizzato da Resistenze alla Penetrazione statica molto basse. Si susseguono da -4,0 m a -24,0 m argille e limi da consistenti a mediamente consistenti con interstrati sabbioso limosi alla base. A -24,0 m si riscontrano ghiaie e sabbie mediamente addensate. Lo spessore e la continuità dello strato ghiaioso è da verificare mediante implementazione di indagine

SCHEMA GEOMECCANICO DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE PARZIALE NUOVO FABBRICATO

Strato	Profondità	$\gamma_s - \gamma_{sat}$	Litotipo	Parametri geotecnici
1	0.0 – 1.20 m da p.c.		Riempimento riporto eterogeneo	Non definibile



2	1.20 – 4.20 m da p.c.	-2.20 m attuale	Argilla organica Scarsamente consistente	γ	1800 kg/cm ³ ≈ 18.00 kN/m ³
		possibile		γ'	2000 kg/cm ³ ≈ 20.00 kN/m ³
		risalita a -1,00		C_{uk}	0.30 kg/cm ² ≈ 30.0 kN/m ²
				C'_k	0.02 kg/cm ² ≈ 2.0 kN/m ²
				M_{0k}	30.0 kg/cm ² ≈ 3000 kN/m ²
				ϕ_k	19°
					v
3	4.20 – 6.80 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a media consistenza	γ	1850 kg/cm ³ ≈ 18.50 kN/m ³
				γ'	2100 kg/cm ³ ≈ 21.00 kN/m ³
				C_{uk}	0.42 kg/cm ² ≈ 42.0 kN/m ²
				C'_k	0.04 kg/cm ² ≈ 4.0 kN/m ²
				M_{0k}	44.0 kg/cm ² ≈ 4400 kN/m ²
				ϕ_k	21°
					v
4	6.80 – 22.50 m da p.c.		Argilla o limi argillosi a consistenza variabile	γ	1900 kg/cm ³ ≈ 19.00 kN/m ³
				γ'	2200 kg/cm ³ ≈ 22.00 kN/m ³
				C_{uk}	0.48 kg/cm ² ≈ 48.0 kN/m ²
				C'_k	0.06 kg/cm ² ≈ 6.0 kN/m ²
				M_{0k}	50.0 kg/cm ² ≈ 5000 kN/m ²
				ϕ_k	22°
					v
5	23.00 – 24.00/25.00 m da p.c.		Limi sabbiosi, sabbie limose sciolte	γ	1870 kg/cm ³ ≈ 18.70 kN/m ³
				γ'	2100 kg/cm ³ ≈ 21.00 kN/m ³
				C_{uk}	0.35 kg/cm ² ≈ 35.0 kN/m ²
				C'_k	0.05 kg/cm ² ≈ 5.0 kN/m ²
				E_{sk}	85.0 kg/cm ² ≈ 8500 kN/m ²
				ϕ_k	24°
					v
6	24.00/25.00- 29.00 m da p.c.		Sabbia e ghiaia mediamente addensata	γ	2000 kg/cm ³ ≈ 20.00 kN/m ³
				γ'	2200 kg/cm ³ ≈ 22.00 kN/m ³
				Dr	50%
				E_{sk}	300.0 kg/cm ² ≈ 30000 kN/m ²
				ϕ_k	30°
				v	0.30
					γ
<u>Legenda</u>			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_{0k}	=	modulo di deformazione edometrico caratteristico
			ϕ_k	=	angolo d'attrito caratteristico

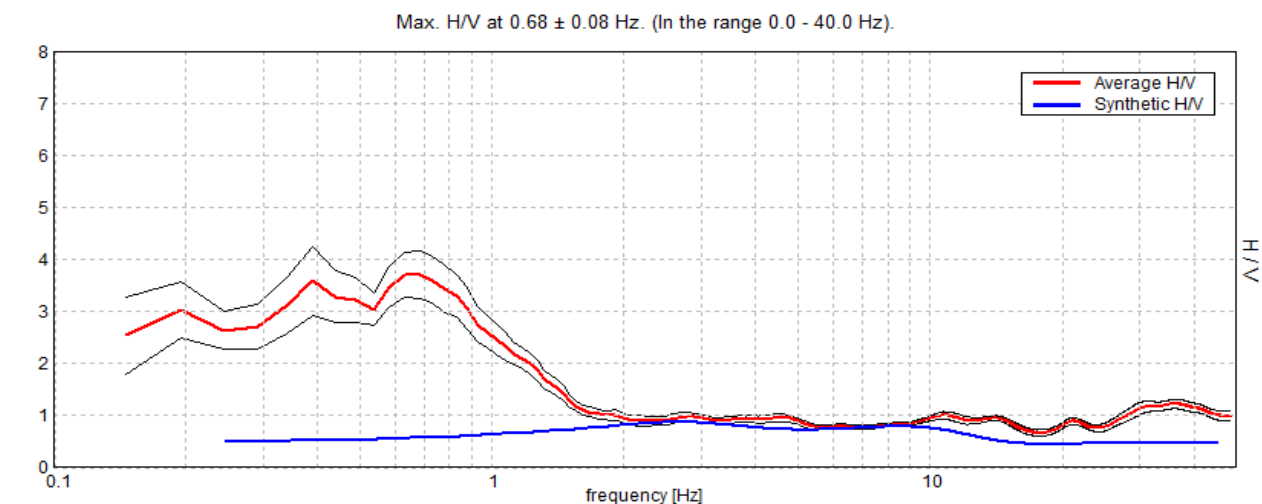


6. SISMICA

E' stata eseguita la caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva **"Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura" (HVSR)**, al fine di individuare le frequenza caratteristiche di risonanza di sito e la modellazione dell'andamento delle onde Vs sino a 30,0 m di profondità.

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 17 gennaio 2018;
- 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.



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	200	0.45
25.00	20.00	300	0.40
25.00	30.00	400	0.35
inf.	inf.	400	0.35

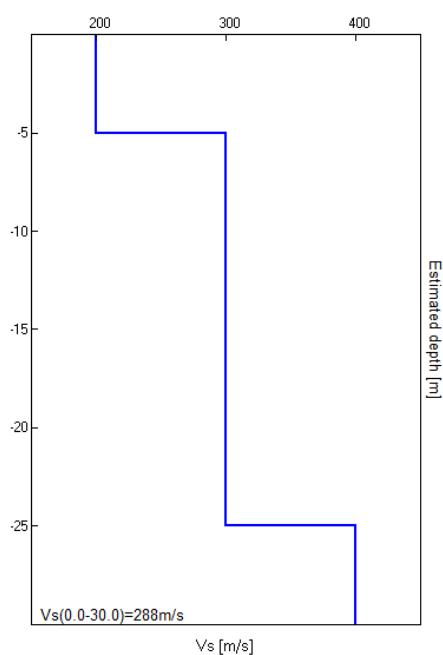


Fig. 4 elaborazione HVSR

Secondo la classificazione del suolo, sulla base della nuova normativa (**D.M. 17/01/2018**) in base ai dati ottenuti dalle indagini geognostiche in sito si classifica il terreno di fondazione del fabbricato come appartenente alla categoria **C**, corrispondente a depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille a media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di **V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s** ($15 < N_{SPT} < 50$; $70 < c_u < 250$ kPa).



SISMICA – PROVA DOWN HOLE

Le misurazioni **down-hole** vengono effettuate in un solo foro di sondaggio, alle cui pareti viene ancorato un geofono tridimensionale (**fig. 17**) mediante pistoncini azionati da un circuito ad aria compressa.



Figura 5 – Geofono 3d

L'energia sismica viene prodotta in superficie, nei pressi della bocca del foro, secondo criteri tali da produrre onde P ed S. Misurando sui sismogrammi i tempi di transito relativi alle onde P ed S è possibile stimare l'andamento delle velocità intervallari V_p e V_s e dei parametri elastici relativi ai terreni attraversati dal foro (**Fig. 18**).

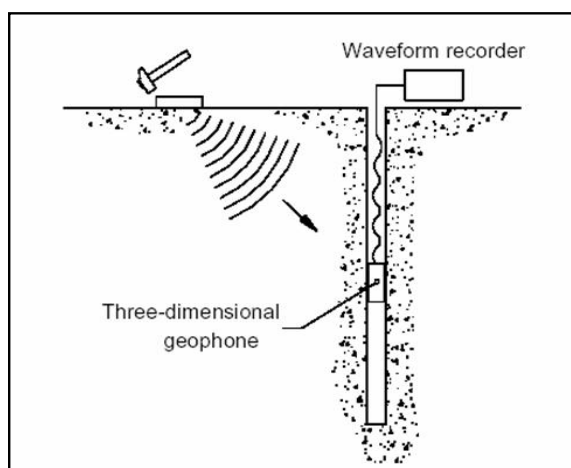


Figura 6 – Schema concettuale prova down-hole

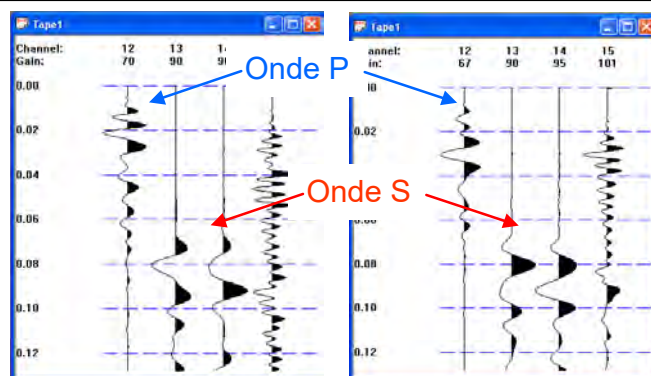


Figura 7 – Esempio di arrivo delle onde P ed S nel corso di una prova down-hole

Il giorno 06/07/2011 è stata effettuata una prova sismica Down-Hole all'interno del tubo messo in posa nel corso della perforazione del sondaggio n. G3, eseguito dal 20/06/2011 al 23/06/2011. Lo scopo dell'indagine è di valutare le velocità sismiche alle varie profondità dei terreni attraversati e la valutazione della Vs30 dal piano di posa delle fondazioni previsto a circa -10.0 m dal p.c. attuale. Come illustrato nel capitolo 6, il sondaggio G3 è stato attrezzato con un tubo in PVC con diametro di 3" sino alla profondità di -40 m metri da p.c. in modo investigare adeguatamente il substrato al di sotto di -30.0 m dal piano di posa delle fondazioni. La colonna di rivestimento per l'esecuzione della prova in foro Down-Hole è in PVC (quindi un materiale ad alta impedenza alle vibrazioni) e l'intercapedine foro-tubatura, al fine di ottenere dati sismici di elevata qualità, è stata completamente cementata sino al p.c., con immissione da fondo foro di miscela cemento-bentonite a bassa pressione. L'elaborazione dei dati di campagna è stata effettuata a partire dal piano di posa delle fondazioni sino ad una profondità di -30.0 m, ottenendo in tal modo una velocità delle onde S pari a 273 m/s. L'area in esame è quindi classificabile in classe C secondo il DM 14/01/2008. Nell'**allegato**, oltre all'elaborazione in oggetto, sono stati desunti dal rapporto tra le onde P ed S, alcuni parametri elastici quali il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young ed il modulo di compressibilità volumetrica.

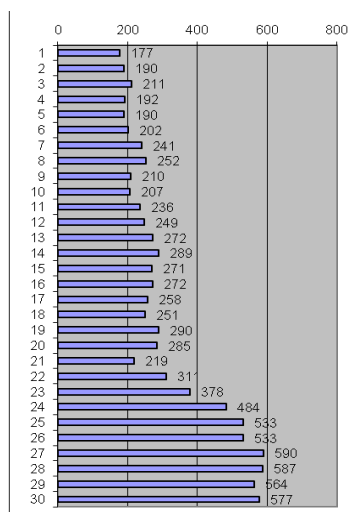
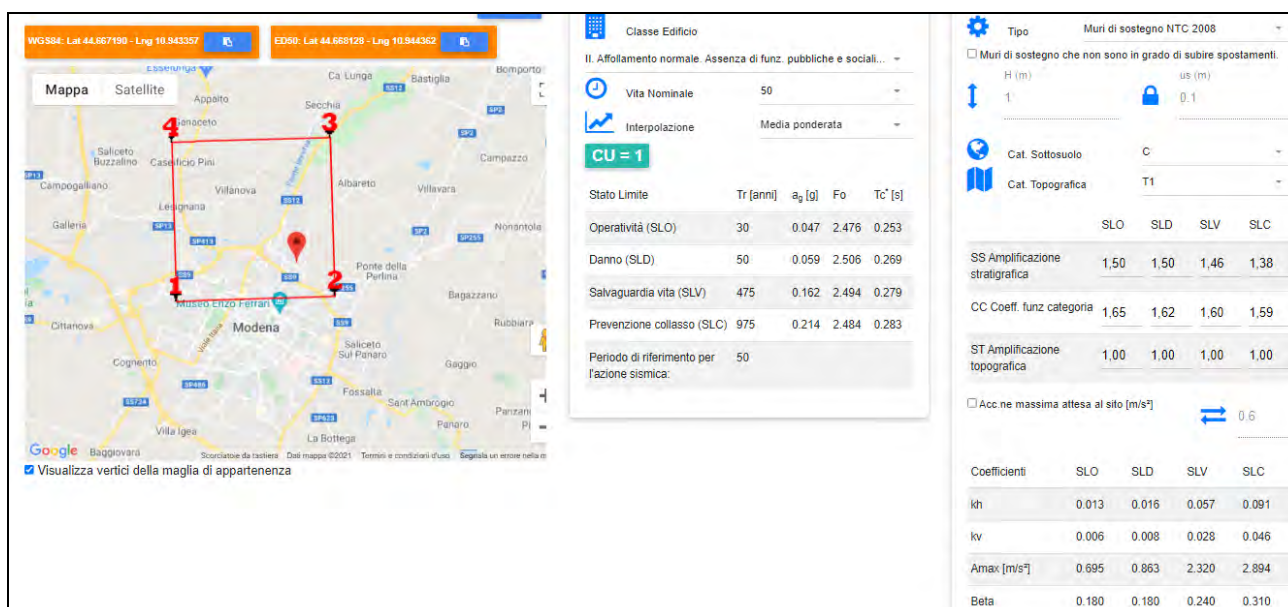


Fig. 8 VS30 273 m/s
Azione Sismica



Inoltre, sulla base della classificazione nazionale che fa ricadere l'area in esame in **classe 3**, il valore di a_g , espresso come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in tale classe era pari ad $a_g = 0.15g$. Ora, sulla base dei contenuti del **D.M. 17/01/2018** "Nuove norme tecniche per le costruzioni" è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di 475 anni, per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche: Latitudine: 44.666949N, Longitudine: 10.943882E, tale parametro è risultato pari ad $a_g \text{ attesa} = 0.162g$ (riferita al bedrock). Poiché tale valore di accelerazione sismica orizzontale a_g si riferisce al bedrock, per definire il valore di a_g in superficie si calcola inizialmente il fattore stratigrafico S_s caratteristico dell'area secondo il N.T.C. 2018 D.M. 14/01/2018 da cui, essendo in classe **C** si avrà:

$$S_s = 1.00 \leq 1.70 - (0.60 \cdot F_o \cdot a_g/g) \leq 1.50 \quad (6.1)$$



dove:

F₀ = 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 2.484;

a_g/g = Accelerazione orizzontale del sito desunta da apposito software, con tempo di ritorno pari a 475 anni / accelerazione di gravità;

S_s = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione (6.1); per il sito oggetto di studio risulta pari a 1.46. In base a tale valore del fattore stratigrafico si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale al suolo **A_{max}** da cui:

a_g = 0.15_g (espressione in g/10);

per D.M. 17/01/2018 i valori di a_g sono determinabili in 0,162g (riferiti al bedrock), F₀=2,484; S_s=1,45.

$$A_{max} = S_s \cdot a_g \cdot g = 1.46 \cdot 0.162 \cdot 9.81 = 2.32 \text{ m/s}^2$$

6. VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio, con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. I fenomeni di liquefazione interessano i **depositi sabbiosi saturi** e dipendono da:

- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- genesi e storia geologica dei terreni;
- fattori ambientali.

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 eguagli 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. Di conseguenza, maggiore è la **durata di un terremoto** (maggior numero di cicli), più alta è la



possibilità che si arrivi alla liquefazione. Inoltre, 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.

Introduzione

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0) FS = CCR / CSR$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs. Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza.

I metodi di calcolo del potenziale di liquefazione adottati nelle verifiche sono:

1) Metodo NCEER Robertson & Wride 1998

Calcolo CSR



Seed e Idriss (1971b) per poter determinare gli sforzi di taglio indotti dal sisma propongono una semplice procedura basata sull'ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza z (Fig. 1) si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità z è dato da:

(2.1) $\tau_{\max} = (ag/g) \times \gamma z$ dove ag è l'accelerazione massima in superficie, g l'accelerazione di gravità e γ il peso di volume secco del terreno.

Sulla base di queste ipotesi ed introducendo diversi fattori correttivi si ottiene la seguente espressione: (2.2) $CSR_{7,5} = 0,65 (ag/g) \times (\sigma_v0 / \sigma'v0) \times rd \times (1 / MSF) \times (1 / K\sigma)$

dove:

σ_v0 = pressione litostatica totale

$\sigma'v0$ = pressione litostatica efficace

rd = coefficiente di riduzione della rigidezza con l'aumentare della profondità z MSF = fattore di correzione per la magnitudo del sito di analisi

$K\sigma$ = coefficiente di correzione per la la pressione litostatica

Il coefficiente riduttivo rd viene calcolato con il metodo proposto da Idriss e Golesorskhi che introducono nella valutazione anche il valore della magnitudine M del sisma al sito:

$$(2.4a) \ln(rd) = \alpha + (\beta \times M)$$

$$(2.4b) \alpha = -1,012 - 1,126 \sin((z / 11,73) + 5,133)$$

$$(2.4b) \beta = -1,106 - 1,118 \sin((z / 11,28) + 5,142)$$

le equazioni sono valide per valori di profondità z non superiori a 20 m.

Il fattore correttivo MSF viene calcolato con la seguente espressione sviluppata dal NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research) 1997:

$$(2.5a) MFS = (MFS_{Idriss} + MFS_{Andrus \& Stokoe}) / 2 \quad (2.5b) MFS_{Idriss} = 10^{2,24} / M^{2,56}$$

$$(2.5c) MFS_{Andrus \& Stokoe} = 1(M / 7,5)^{-3,3}$$

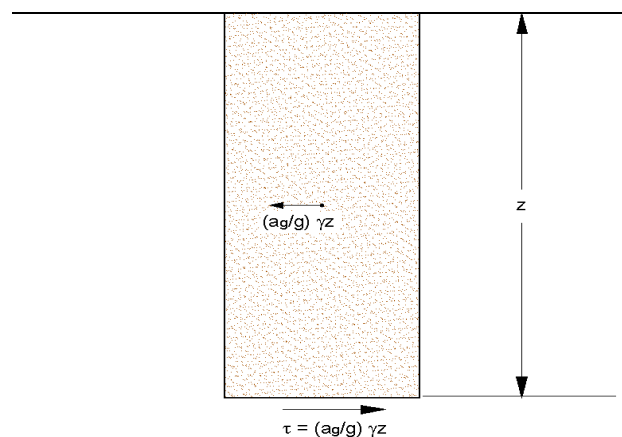


Fig. 9 Sforzo di taglio indotto dal terremoto ad una determinata quota

Il coefficiente di correzione per la la pressione litostatica $K\sigma$ viene calcolato con la seguente formula:

$$(2.6) K\sigma = 1 - C\sigma \ln(\sigma'v0 / Pa) \leq 1,1$$

Il valore di $C\sigma$ è funzione del parametro indice utilizzato, nel caso di prove CPT viene calcolato con la seguente formula:

$$(2.7) C\sigma = 1 / 37,3 - (8,27 \times q_{tn,cs})$$

Metodo di Robertson e Wride modificato (1998)

Il 'metodo di Robertson e Wride' utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo **Ic** che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$(3.1a) I_c = [(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2]^{0,5}$$

$$(3.1b) Q = ((q_t - \sigma'v0) / Pa) \times (Pa / \sigma'v0)^n$$

$$(3.1c) R_f = (f_s / (q_t - \sigma'v0)) \times 100$$

dove

q_t è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (100 KPa) nelle stesse unità di

$\sigma'v0$ f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_c con la (3.1a)

se $I_c \leq 1,64$ allora si assume $n = 0,5$;

se $1,64 < I_c < 3,30$ allora si assume $n = ((I_c - 1,64) \times 0,3) +$

$0,5$; se $I_c \geq 3,30$ allora si assume $n=1$.

Si procede iterativamente ricalcolando I_c con (3.1a) e quindi n , fino a quando la variazione di n (Δn) tra il è minore di 0,01.



Se $\sigma'v0 > 300$ Kpa si assume $n = 1$ per tutti i suoli.

Calcolato I_c , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_t mediante la seguente espressione: (3.3) $q_{tn} = (q_c/Pa) \times (Pa / \sigma'v0)^n$

dove n è lo stesso del calcolo di I_c .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine (FC %) viene valutata mediante la seguente procedura:

se $I_c \leq 1,64$ allora si assume $K_c = 1$; se $1,64 < I_c < 2,60$ allora si assume

$$(3.4) K_c = (0,403 \times I_c^4) + (5,58 \times I_c^3) + (21,63 \times I_c^2) + (0,33,75 \times I_c) - 17,88$$

se $I_c \geq 2,60$ probabilmente non è liquefacibile se $FC \% > 1$ %; ma se $1,64 < I_c < 2,36$ e $FC < 0,5$ allora si assume $K_c = 1$.

Per cui la resistenza alla punta corretta per la frazione di materiale fine è:

$$(3.5) q_{tn,cs} = K_c \times q_{tn}$$

Nel nostro caso la verifica a liquefazione è stata eseguita sulla verticale della CPTU4, considerando una **magnitudo di riferimento $M=6.14$** , un'accelerazione sismica di progetto pari a **$a_g = 0.23g$** , ai sensi delle NTC 2018, e la falda freatica alla profondità di **$D_w = - 1,50$ m da p.c..** I risultati ottenuti sono i seguenti:

TIPO INDAGINE	IL (Indice di Liquefazione)
CPTU 2	IL = 2.00 (RISCHIO BASSO)

Per conoscenza si evidenzia che il programma usato per il calcolo del coefficiente di liquefazione è LIQUEF della GEOSTRU e che, per la determinazione del coefficiente di sicurezza **F_s** si utilizza la formula **$F_s = MSF \times R/T$** dove **MSF = Fattore di correzione della Magnitudo**, il cui valore è pari a **$MSF = 1,67$** .

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**$CRR_{7,5}$**) si calcola con le espressioni seguenti:

$$\text{se } (q_{tn,cs}) < 50 \text{ se } 50 \leq (q_{tn,cs}) < 160 \quad (3.6) CCR_{7,5} = 0,833 (q_{tn,cs}/1000) + 0,05 \quad (3.7) CCR_{7,5} = 93 (q_{tn,cs}/1000)^3 + 0,08$$

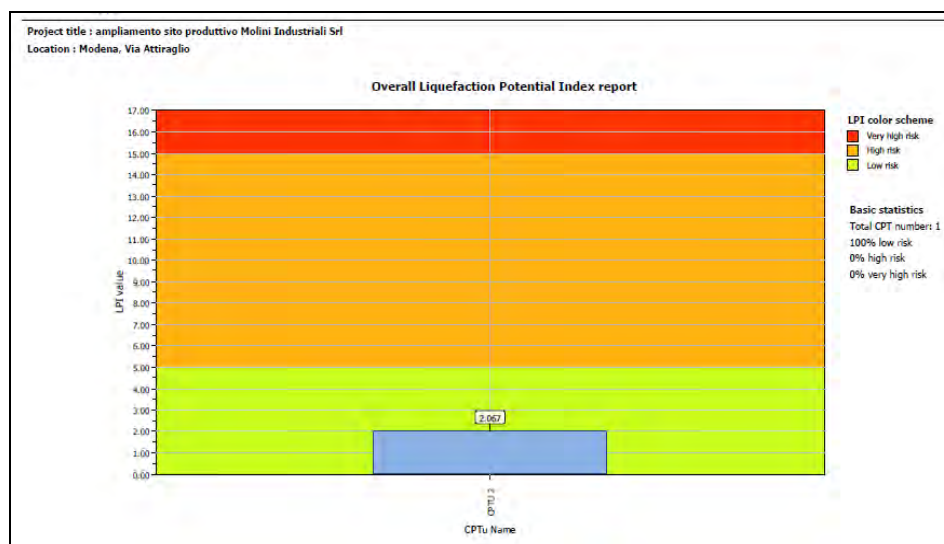


Fig. 10 indice di potenziale liquefazione

7. CONCLUSIONI

La presente relazione ha fornito il modello geologico, geotecnico e sismico del terreno di fondazione su cui sarà realizzato un nuovo magazzino per deposito farine. Inoltre si è fornita la parametrizzazione geotecnica a supporto del progetto preliminare dell'intervento.

Secondo la classificazione del suolo, sulla base della nuova normativa (**D.M. 17/01/2018**) in base ai dati ottenuti dall'indagini geofisica in sito HVSR, si classifica il terreno di fondazione del fabbricato come appartenente alla categoria **C**, corrispondente a depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille a media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di **V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s. Le indagini geotecniche e sismiche hanno evidenziato il costante aumento della resistenza geotecnica e l'incremento della velocità V_s con la profondità quindi si ritiene più cautelativo e affidabile il calcolo dell'azione sismica con l'approccio semplificato delle NTC 2018.**

Castelnuovo Rangone, 02 Dicembre 2021

Dott. Geol. Fabrizio Anderlini

COROGRAFIA

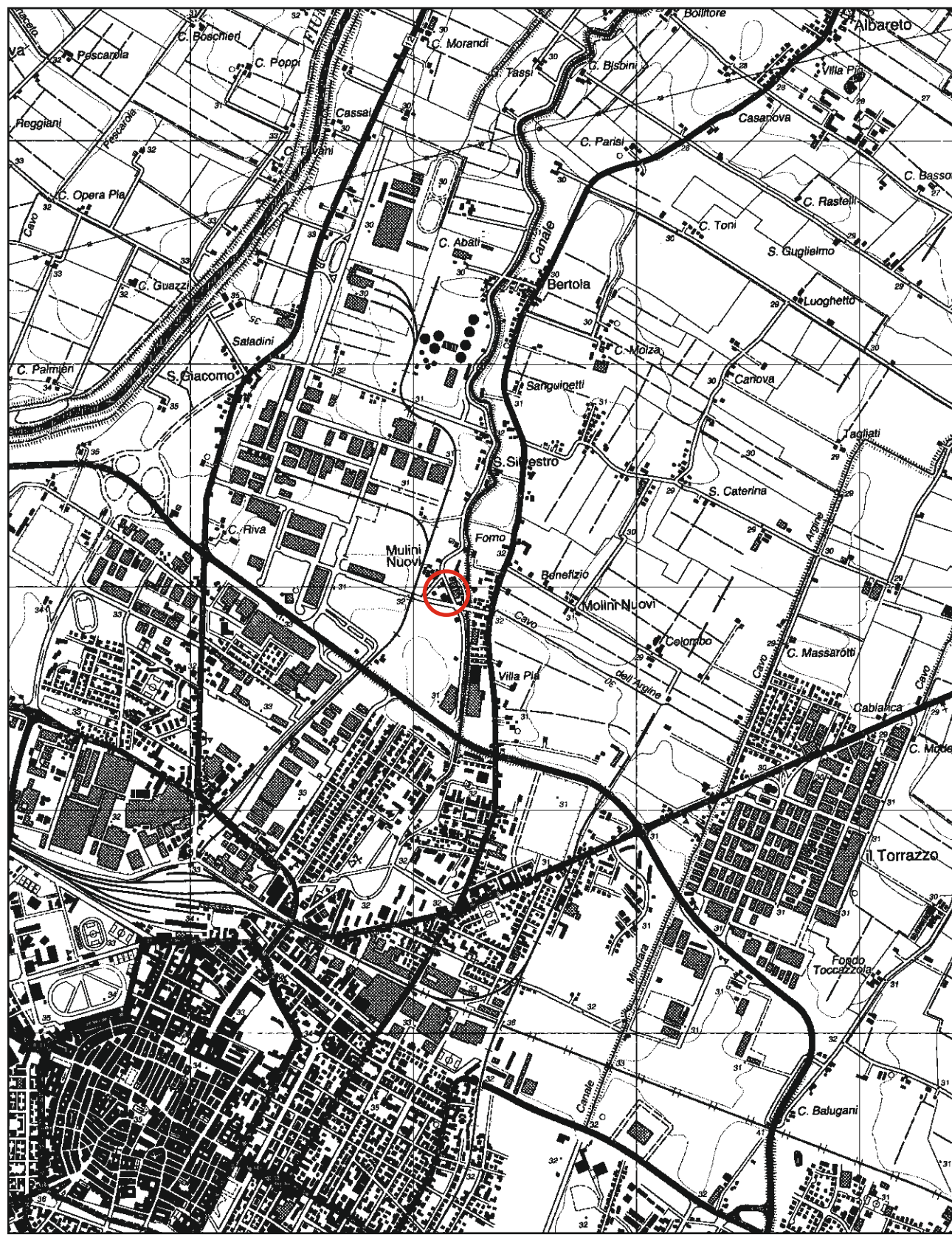
Estratto dalla C.T.R. - R.E.R. - Tavola 201SE "Modena"

Scala 1:25.000

Legenda



Ubicazione area in esame



INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

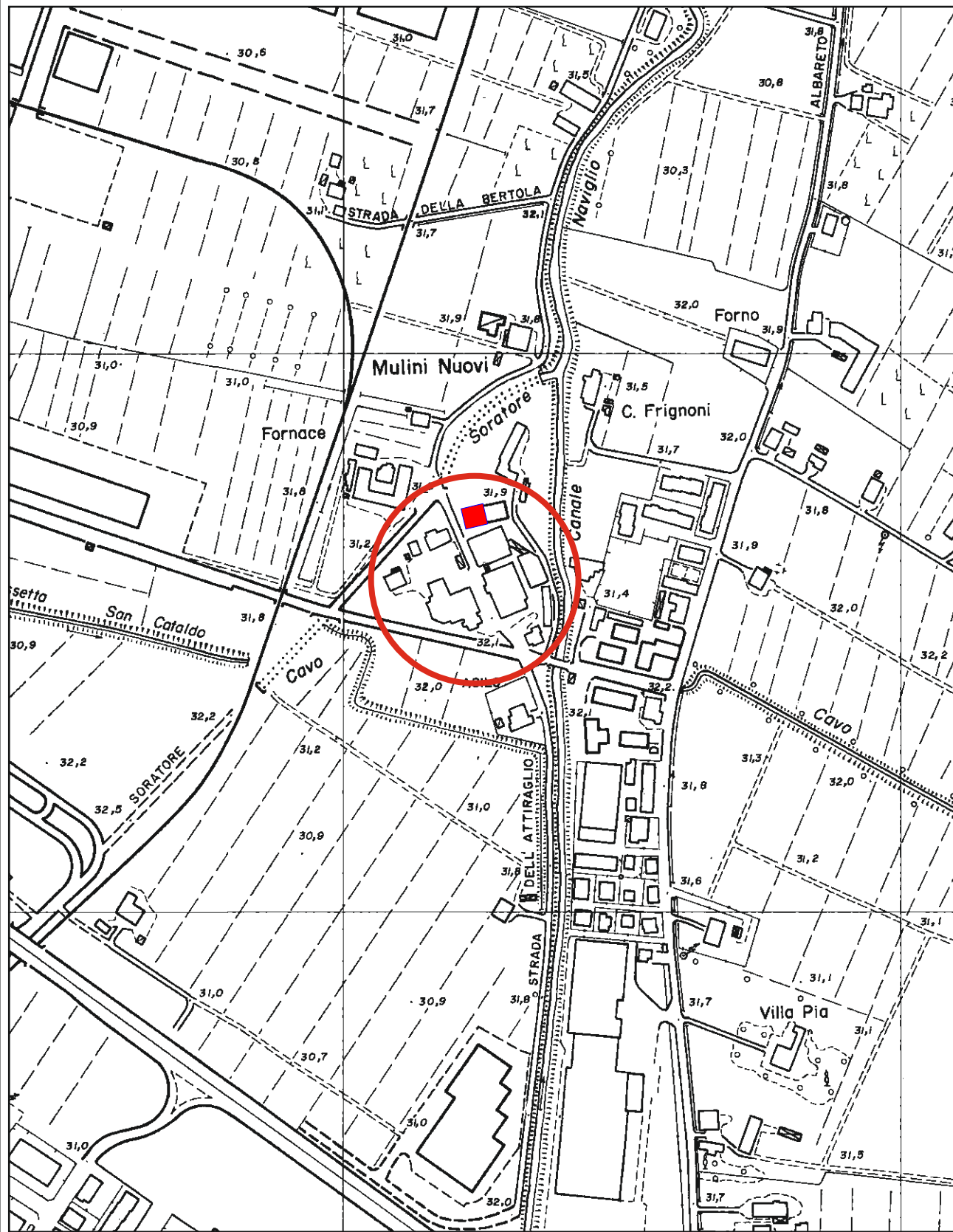
Estratto dalla C.T.R. - R.E.R. - Elemento 201123 «Modena nord-est»

Scala 1:5.000

Legenda



Ubicazione area in esame



CARTA GEOLOGICA

Estratto da "Cartografia Geologica - Il Progetto CARG in scala 1:25.000" - Regione Emilia-Romagna

Fonte: <http://geo.regione.emilia-romagna.it>

Scala 1:5.000



AES8a - Subsistema di Ravenna - Unità di Modena - Limi e Argille

Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).



Post-VI secolo d.C.



Ubicazione area in esame

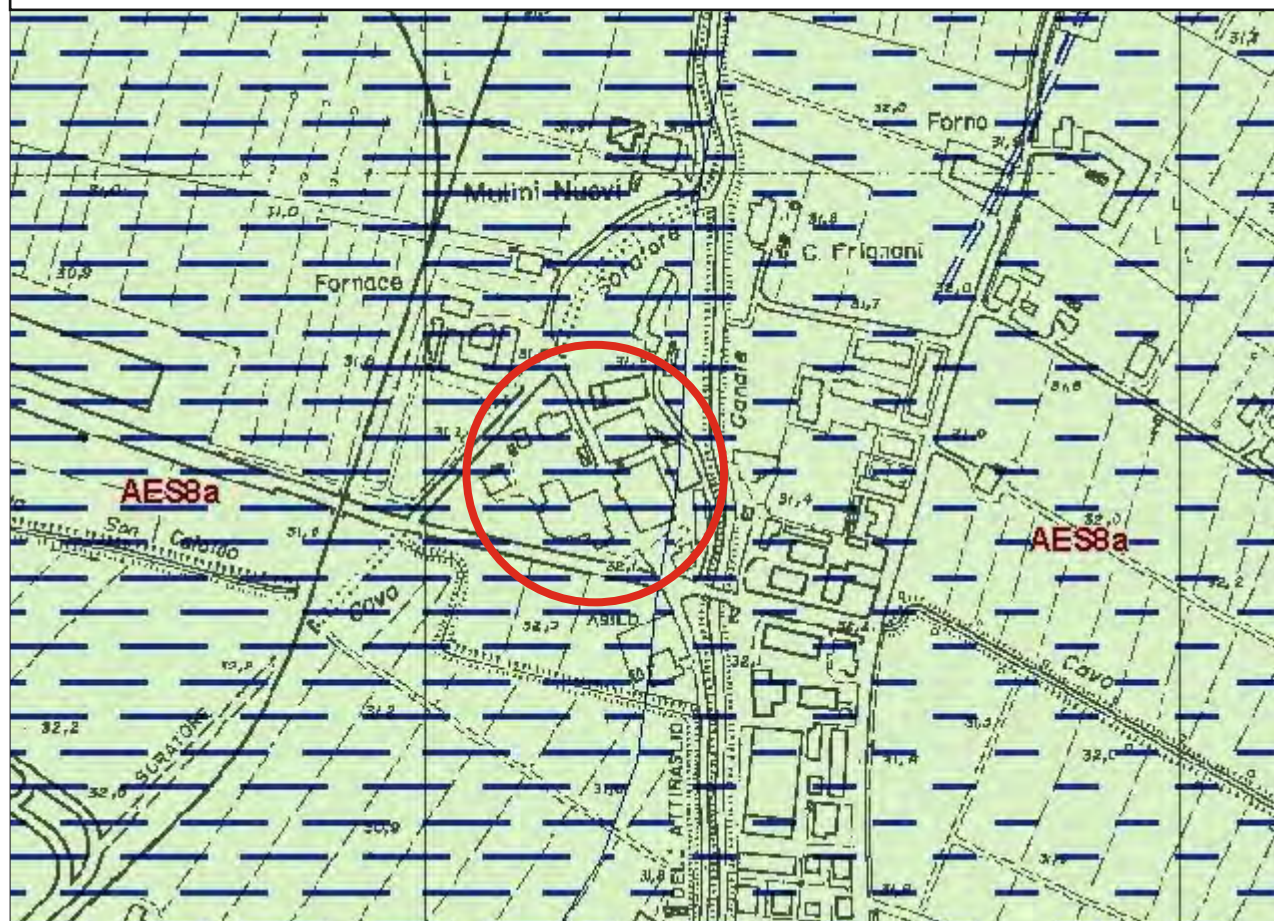


FOTO AEREA CON UBICAZIONE SONDAGGIO

Legenda

Ubicazione Indagini

Scala grafica



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
GOUDA 200 kN -

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 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 t/m² = 0,01 kg/cm²

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

1 kg/cm² = 10 t/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: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \%$:

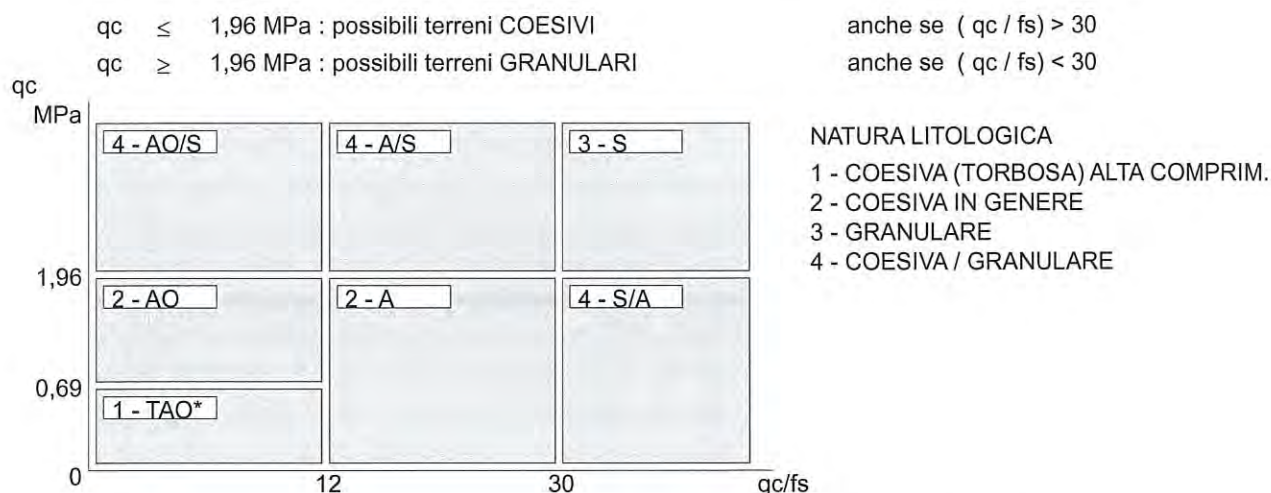
- AO	=	argilla organica e terreni misti
- Att	=	argilla (inorganica) molto tenera
- At	=	argilla (inorganica) tenera
- Am	=	argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	=	argilla (inorganica) consistente
- Acc	=	argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	=	argilla sabbiosa e limosa
- SAL	=	sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	=	sabbia sciolta
- Sm	=	sabbia mediamente addensata
- Sd	=	sabbia densa o cementata
- SC	=	sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (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 : γ' - q_c - 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 - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
 (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 Eu50 - Eu25 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' - q_c]
 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)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - q_c - natura]
 Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
 [correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - q_c - σ'_{vo})
 ϕ'_{Ca} - Caquot (1948) ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)
 ϕ'_{DB} - De Beer (1965) ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) ϕ'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)



PROVE PENETROMETRICHE SRL

PROVE PENETROMETRICHE per Modena, 8 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

riferimento

081-2021

certificato n°

P02330

n° verb. accett.

Committente: **Molini Industriali srl**
Cantiere: **ampliamento sito produttivo**
Località: **Modena, Via Attiraglio**

U.M.: **MPa** Data exec.: **14/10/2021**
Pagina: **1/2** Data certificato: **14/10/2021**
Elaborato: **Falda: -2,20 m**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0,20	-	-	-	-	-	-	-	15,20	10,0	20,0	-	1,0	-	-	-
0,40	-	-	-	-	-	-	-								
0,60	-	-	-	-	-	-	-								
0,80	-	-	-	-	-	-	-								
1,00	-	-	-	-	-	-	-								
1,20	20,0	45,0	-	2,0	93,00	22	4,7								
1,40	16,0	30,0	-	1,6	73,00	22	4,6								
1,60	9,0	20,0	-	0,9	80,00	11	8,9								
1,80	12,0	24,0	-	1,2	93,00	13	7,8								
2,00	14,0	28,0	-	1,4	73,00	19	5,2								
2,20	9,0	20,0	-	0,9	73,00	12	8,1								
2,40	11,0	22,0	-	1,1	73,00	15	6,6								
2,60	12,0	23,0	-	1,2	60,00	20	5,0								
2,80	10,0	19,0	-	1,0	47,00	21	4,7								
3,00	9,0	16,0	-	0,9	60,00	15	6,7								
3,20	9,0	18,0	-	0,9	47,00	19	5,2								
3,40	7,0	14,0	-	0,7	33,00	21	4,7								
3,60	6,0	11,0	-	0,6	27,00	22	4,5								
3,80	6,0	10,0	-	0,6	27,00	22	4,5								
4,00	5,0	9,0	-	0,5	27,00	19	5,4								
4,20	5,0	9,0	-	0,5	87,00	6	17,4								
4,40	13,0	26,0	-	1,3	133,00	10	10,2								
4,60	160,0	180,0	-	15,7	100,00	160	0,6								
4,80	30,0	45,0	-	2,9	73,00	41	2,4								
5,00	11,0	22,0	-	1,1	73,00	15	6,6								
5,20	15,0	26,0	-	1,5	80,00	19	5,3								
5,40	12,0	24,0	-	1,2	67,00	18	5,6								
5,60	15,0	25,0	-	1,5	60,00	25	4,0								
5,80	18,0	27,0	-	1,8	60,00	30	3,3								
6,00	10,0	19,0	-	1,0	47,00	21	4,7								
6,20	9,0	16,0	-	0,9	53,00	17	5,9								
6,40	10,0	18,0	-	1,0	80,00	13	8,0								
6,60	13,0	25,0	-	1,3	80,00	16	6,2								
6,80	18,0	30,0	-	1,8	107,00	17	5,9								
7,00	20,0	36,0	-	2,0	140,00	14	7,0								
7,20	19,0	40,0	-	1,9	140,00	14	7,4								
7,40	21,0	42,0	-	2,1	127,00	17	6,0								
7,60	22,0	41,0	-	2,2	147,00	15	6,7								
7,80	22,0	44,0	-	2,2	167,00	13	7,6								
8,00	25,0	50,0	-	2,5	180,00	14	7,2								
8,20	31,0	58,0	-	3,0	207,00	15	6,7								
8,40	29,0	60,0	-	2,8	147,00	20	5,1								
8,60	18,0	40,0	-	1,8	80,00	23	4,4								
8,80	18,0	30,0	-	1,8	87,00	21	4,8								
9,00	15,0	28,0	-	1,5	80,00	19	5,3								
9,20	13,0	25,0	-	1,3	33,00	39	2,5								
9,40	16,0	21,0	-	1,6	113,00	14	7,1								
9,60	20,0	37,0	-	2,0	113,00	18	5,7								
9,80	19,0	36,0	-	1,9	93,00	20	4,9								
10,00	15,0	29,0	-	1,5	93,00	16	6,2								
10,20	14,0	28,0	-	1,4	73,00	19	5,2								
10,40	16,0	27,0	-	1,6	80,00	20	5,0								
10,60	18,0	30,0	-	1,8	107,00	17	5,9								
10,80	19,0	35,0	-	1,9	93,00	20	4,9								
11,00	14,0	28,0	-	1,4	73,00	19	5,2								
11,20	11,0	22,0	-	1,1	100,00	11	9,1								
11,40	15,0	30,0	-	1,5	107,00	14	7,1								
11,60	16,0	32,0	-	1,6	93,00	17	5,8								
11,80	20,0	34,0	-	2,0	133,00	15	6,7								
12,00	19,0	39,0	-	1,9	120,00	16	6,3								
12,20	19,0	37,0	-	1,9	140,00	14	7,4								
12,40	19,0	40,0	-	1,9	120,00	16	6,3								
12,60	19,0	37,0	-	1,9	127,00	15	6,7								
12,80	19,0	38,0	-	1,9	113,00	17	5,9								
13,00	18,0	35,0	-	1,8	107,00	17	5,9								
13,20	19,0	35,0	-	1,9	107,00	18	5,6								
13,40	17,0	33,0	-	1,7	100,00	17	5,9								
13,60	19,0	34,0	-	1,9	120,00	16	6,3								
13,80	20,0	38,0	-	2,0	113,00	18	5,7								
14,00	19,0	36,0	-	1,9	107,00	18	5,6								
14,20	19,0	35,0	-	1,9	107,00	18	5,6								
14,40	17,0	33,0	-	1,7	107,00	16	6,3								
14,60	16,0	32,0	-	1,6	113,00	14	7,1								
14,80	16,0	33,0	-	1,6	93,00	17	5,8								
15,00	16,0	30,0	-	1,6	67,00	24	4,2								

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico

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

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT
1

riferimento

081-2021

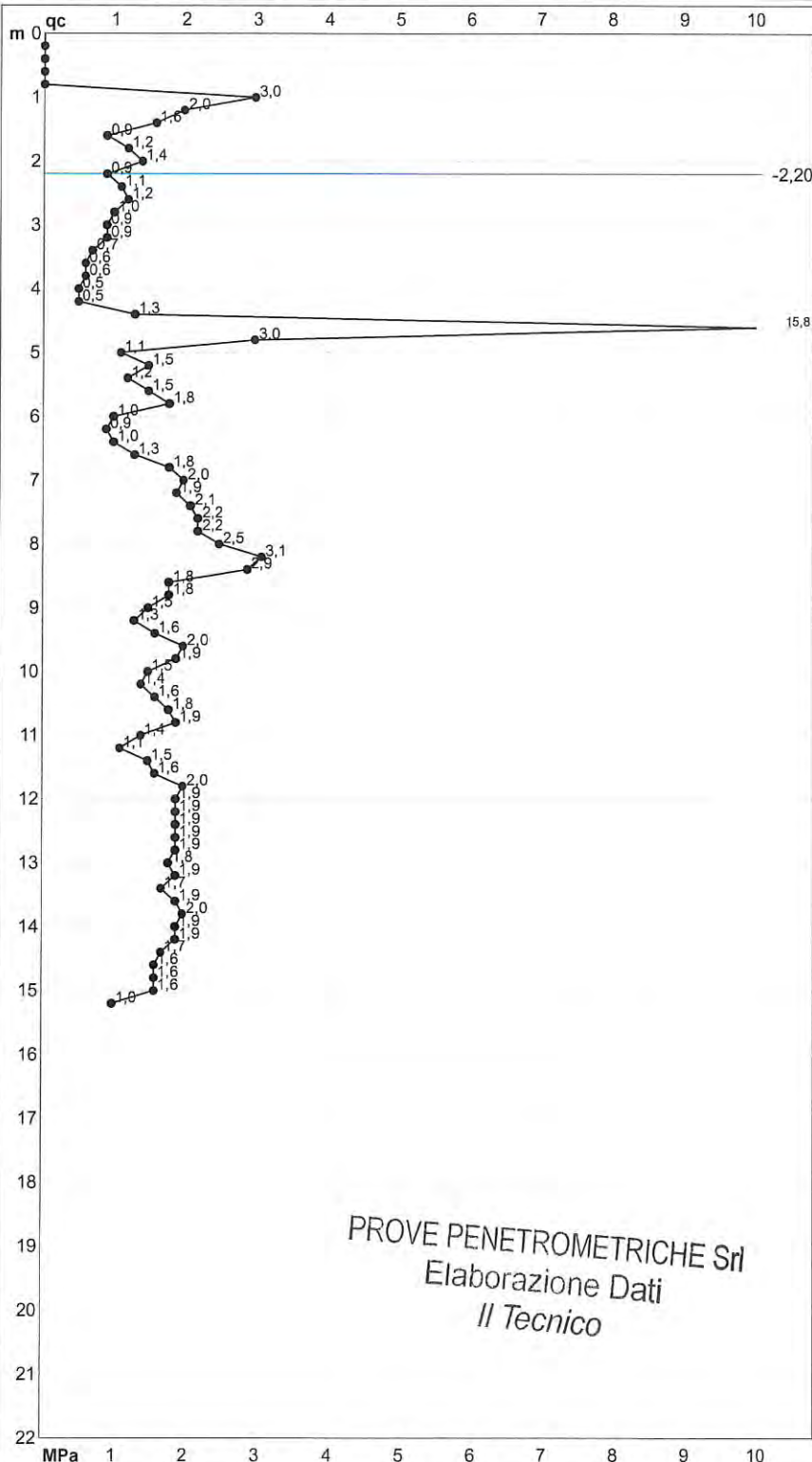
certificato n°

P02330

n° verb. accett.

 Committente: **Molini Industriali srl**
 Cantiere: **ampliamento sito produttivo**
 Località: **Modena, Via Attiraglio**

 U.M.: **MPa**
 Scala: **1:110**
 Pagina: **2/2**
 Elaborato:

 Data esec.: **14/10/2021**
 Data certificato: **14/10/2021**
 Quota inizio:
 Falda: **-2,20 m**


PROVE PENETROMETRICHE Srl
 Elaborazione Dati
 Il Tecnico

 Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
 Responsabile: **Dott. Salvatore Mucci**
 Assistente:

 Preforo: **m**
 Corr.astine: **kN/ml**

Cod. punta:

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

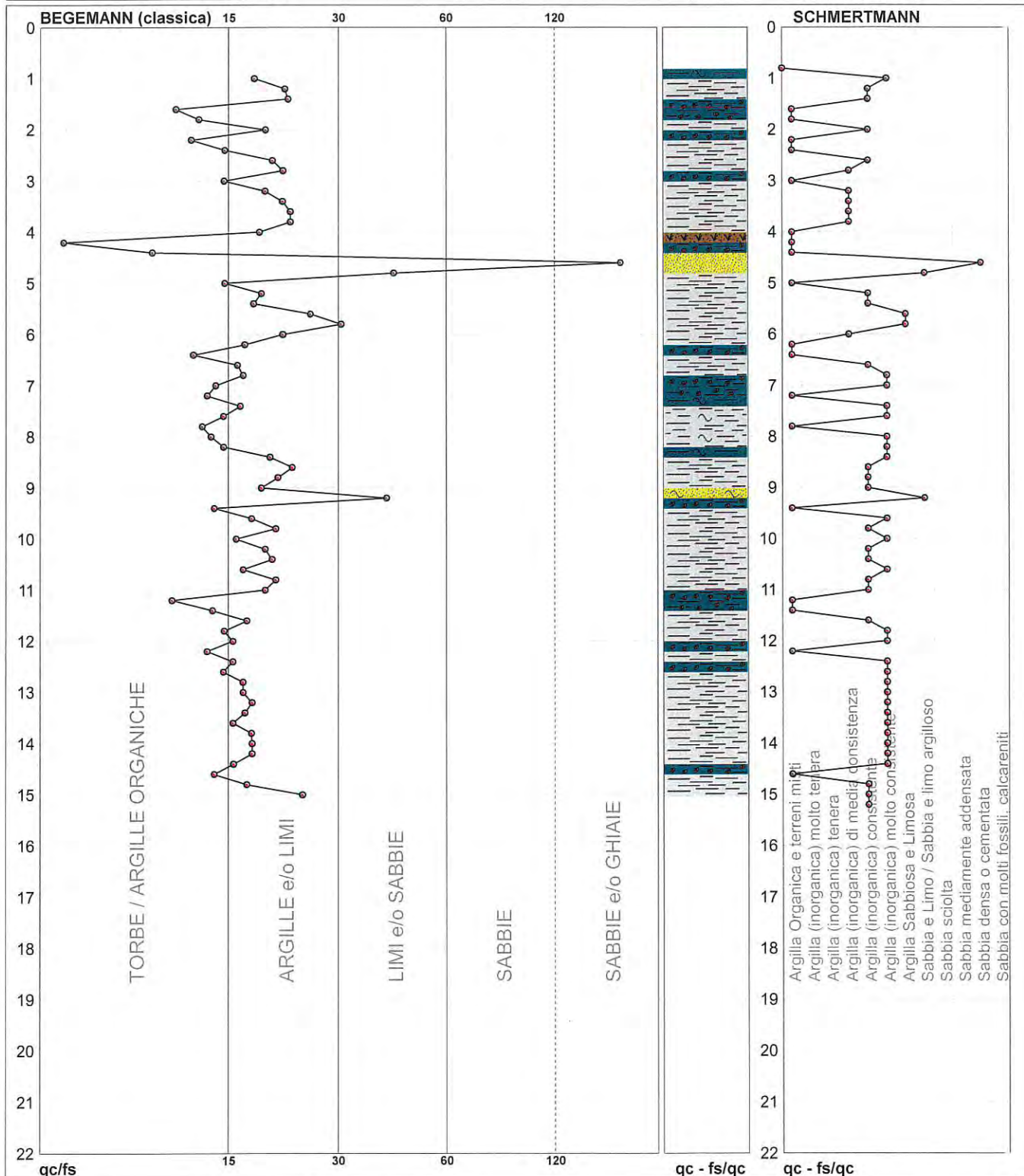
n° verb. accett.

Committente: **Molini Industriali srl**
Cantiere: **ampliamento sito produttivo**
Località: **Modena, Via Attiraglio**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:110**
Pagina: **1/1**
Elaborato:

Data esec.: **14/10/2021**

Falda: **-2,20 m**



Torbe / Argille org. : 23 punti, 21,10%
Argille e/o Limi : 49 punti, 44,95%
Limi e/o Sabbie : 2 punti, 1,83%
Sabbie e/o Ghiaie : 1 punti, 0,92%

Argilla Organica e terreni misti: 18 punti, 16,51%
Argilla (inorganica) media consist.: 6 punti, 5,50%
Argilla (inorganica) consistente: 18 punti, 16,51%
Argilla (inorganica) molto consist.: 24 punti, 22,02%

Argilla Sabbiosa e Limosa: 2 punti, 1,83%
Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.: 2 punti, 1,83%
Sabbia densa o cementata: 1 punti, 0,92%

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

1

n° verb. accett.

Committente: **Molini Industriali srl**
Cantiere: **ampliamento sito produttivo**
Località: **Modena, Via Attraglio**

U.M.: **MPa** Data esec.: **14/10/2021**
Pagina: **1/1**
Elaborato: **Falda: -2,20 m**

NATURA COESIVA													NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' U/m ³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0,20	-	-	-	-	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-	-	-	7,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	-	-	-	-	10,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	-	-	-	-	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	-	-	-	-	18,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	2,0	21,5	-	1,85	21,8	171	60,3	-	10,3	15,4	5,9	53	38	32	29	27	36	27	-	-	3,3	4,9	5,9	
1,40	1,6	21,9	-	1,85	25,4	157	53,2	-	9,0	13,6	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,60	0,9	11,3	-	1,85	29,0	127	35,3	-	7,0	10,4	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,80	1,2	12,9	-	1,85	32,6	141	44,4	-	7,8	11,7	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,00	1,4	19,2	-	1,85	36,3	150	49,0	-	8,6	12,9	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,20	0,9	12,3	-	0,88	38,0	127	35,3	-	10,2	15,3	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,40	1,1	15,1	-	0,91	39,8	137	41,9	-	10,1	15,2	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,60	1,2	20,0	-	0,92	41,6	141	44,4	-	10,5	15,8	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,80	1,0	21,3	-	0,90	43,3	132	39,2	-	11,7	17,6	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,00	0,9	15,0	-	0,88	45,1	127	35,3	-	12,5	18,8	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,20	0,9	19,1	-	0,88	46,8	127	35,3	-	13,1	19,6	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,40	0,7	21,2	-	0,84	48,4	115	27,4	-	13,3	20,0	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,60	0,6	22,2	-	0,82	50,0	109	23,5	-	12,6	18,8	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,80	0,6	22,2	-	0,82	51,6	109	23,5	-	12,7	19,0	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,00	0,5	18,5	-	0,80	53,2	101	19,6	-	11,2	16,8	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,20	0,5	5,7	-	0,46	54,1	101	19,6	-	2,4	3,6	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,40	1,3	9,8	-	0,93	55,9	145	46,8	-	15,4	23,1	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,60	15,7	160,0	-	1,09	58,1	375	-	-	-	-	-	100	43	38	35	33	41	36	-	-	26,1	39,2	47,0	
4,80	2,9	41,1	-	0,88	59,8	199	-	-	-	-	-	43	36	29	26	24	33	29	-	-	4,9	7,4	8,8	
5,00	1,1	15,1	-	0,91	61,6	137	41,9	-	17,3	25,9	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,20	1,5	18,8	-	0,95	63,4	154	51,1	-	17,6	26,4	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,40	1,2	17,9	-	0,92	65,2	141	44,4	-	18,3	27,5	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,60	1,5	25,0	-	0,95	67,1	154	51,1	-	18,7	28,1	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,80	1,8	30,0	-	0,91	68,9	164	56,9	-	19,0	28,6	5,5	22	34	26	23	21	29	27	-	-	2,9	4,4	5,3	
6,00	1,0	21,3	-	0,90	70,7	132	39,2	-	19,3	29,0	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6,20	0,9	17,0	-	0,88	72,4	127	35,3	-	18,6	27,8	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6,40	1,0	12,5	-	0,90	74,1	132	39,2	-	19,9	29,8	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6,60	1,3	16,3	-	0,93	76,0	145	46,8	-	21,4	32,1	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6,80	1,8	16,8	-	0,98	77,9	164	56,9	-	21,8	32,6	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7,00	2,0	14,3	-	0,93	79,7	171	60,3	-	22,2	33,4	5,9	22	34	26	22	21	29	27	-	-	3,3	4,9	5,9	
7,20	1,9	13,6	-	0,99	81,6	168	58,6	-	22,8	34,2	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7,40	2,1	16,5	-	0,93	83,5	174	61,9	-	23,3	35,0	6,2	22	34	26	22	21	29	27	-	-	3,4	5,1	6,2	
7,60	2,2	15,0	-	0,93	85,3	177	63,4	-	23,8	35,7	6,5	23	34	26	23	21	29	28	-	-	3,6	5,4	6,5	
7,80	2,2	13,2	-	0,93	87,1	177	63,4	-	24,3	36,5	6,5	23	34	26	22	21	29	28	-	-	3,6	5,4	6,5	
8,00	2,5	13,9	-	0,94	89,0	186	67,6	-	24,8	37,2	7,4	27	34	26	23	22	30	28	-	-	4,1	6,1	7,4	
8,20	3,0	15,0	-	0,97	90,9	202	76,0	-	25,1	37,6	9,1	34	35	27	24	23	31	29	-	-	5,1	7,6	9,1	
8,40	2,8	19,7	-	0,96	92,8	197	72,4	-	25,8	38,7	8,5	31	35	27	24	22	30	29	-	-	4,7	7,1	8,5	
8,60	1,8	22,5	-	0,98	94,7	164	56,9	-	26,5	39,8	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8,80	1,8	20,7	-	0,98	96,6	164	56,9	-	26,9	40,4	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9,00	1,5	18,8	-	0,95	98,5	154	51,1	-	26,1	39,2	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9,20	1,3	39,4	-	0,88	100,2	145	46,8	-	25,0	37,5	4,6	1	31	22	19	18	25	26	-	-	2,1	3,2	3,8	
9,40	1,6	14,2	-	0,96	102,1	157	53,2	-	27,1	40,7	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9,60	2,0	17,7	-	0,93	103,9	171	60,3	-	28,8	43,3	5,9	15	33	24	21	20	28	27	-	-	3,3	4,9	5,9	
9,80	1,9	20,4	-	0,99	105,8	168	58,6	-	28,9	43,4	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10,00	1,5	16,1	-	0,95	107,7	154	51,1	-	27,2	40,8	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10,20	1,4	19,2	-	0,94	109,5	150	49,0	-	26,6	39,9	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10,40	1,6	20,0	-	0,96	111,4	157	53,2	-	28,2	42,3	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10,60	1,8	16,8	-	0,98	113,3	164	56,9	-	29,6	44,3	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10,80	1,9	20,4	-	0,99	115,3	168	58,6	-	30,3	45,4	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11,00	1,4	19,2	-	0,94	117,1	150	49,0	-	27,1	40,7	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11,20	1,1	11,0	-	0,91	118,9	137	41,9	-	24,1	36,1	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11,40	1,5	14,0	-	0,95	120,8	154	51,1	-	28,2	42,3	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11,60	1,6	17,2	-	0,96	122,6	157	53,2	-	29,1	43,7	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11,80	2,0	15,0	-	0,93	124,5	171	60,3	-	31,8	47,7	5,9	11	33	23	20	19	27	27	-	-	3,3	4,9	5,9	
12,00	1,9	15,8	-	0,99	126,4	168	58,6	-	31,4	47,2	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12,20	1,9	13,6	-	0,99	128,3	168	58,6	-	31,6	47,4	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12,40	1,9	15,8	-	0,99	130,3	168	58,6	-	31,8	47,7	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12,60	1,9	15,0	-	0,99	132,2	168	58,6	-	31,9	47,9	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12,80	1,9	16,8	-	0,99	134,2	168	58,6	-	32,1	48,1	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13,00	1,8	16,8	-	0,98	136,1	164	56,9	-	31,5	47,3	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13,20	1,9	17,8	-	0,99	138,0	168	58,6	-	32,3	48,5	5,													

**PROVE PENETROMETRICHE SRL**

per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI****CPT****3**

riferimento

081-2021

certificato n°

P02331

n° verb. accett.

Committente: **Molini Industriali srl**
Cantiere: **ampliamento sito produttivo**
Località: **Modena, Via Attiraglio**U.M.: **MPa**Data esec.: **14/10/2021**Data certificato: **14/10/2021**Pagina: **1/2**

Elaborato:

Falda: **-2,30 m**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0,20	-	-	-	-	-	-	-	15,20	19,0	36,0	-	1,9	107,00	18	5,6
0,40	-	-	-	-	-	-	-	15,40	20,0	36,0	-	2,0	127,00	16	6,4
0,60	-	-	-	-	-	-	-	15,60	22,0	41,0	-	2,2	127,00	17	5,8
0,80	-	-	-	-	-	-	-	15,80	21,0	40,0	-	2,1	120,00	18	5,7
1,00	-	-	-	-	-	-	-	16,00	18,0	36,0	-	1,8	73,00	25	4,1
1,20	150,0	180,0	-	14,7	73,00	205	0,5	16,20	15,0	26,0	-	1,5	47,00	32	3,1
1,40	17,0	28,0	-	1,7	140,00	12	8,2	16,40	14,0	21,0	-	1,4	67,00	21	4,8
1,60	19,0	40,0	-	1,9	73,00	26	3,8	16,60	10,0	20,0	-	1,0	47,00	21	4,7
1,80	16,0	27,0	-	1,6	53,00	30	3,3	16,80	9,0	16,0	-	0,9	47,00	19	5,2
2,00	8,0	16,0	-	0,8	40,00	20	5,0	17,00	10,0	17,0	-	1,0	80,00	13	8,0
2,20	9,0	15,0	-	0,9	33,00	27	3,7	17,20	12,0	24,0	-	1,2	100,00	12	8,3
2,40	9,0	14,0	-	0,9	53,00	17	5,9	17,40	15,0	30,0	-	1,5	133,00	11	8,9
2,60	10,0	18,0	-	1,0	60,00	17	6,0	17,60	20,0	40,0	-	2,0	147,00	14	7,4
2,80	11,0	20,0	-	1,1	47,00	23	4,3	17,80	22,0	44,0	-	2,2	153,00	14	7,0
3,00	10,0	17,0	-	1,0	47,00	21	4,7	18,00	23,0	46,0	-	2,3	147,00	16	6,4
3,20	15,0	22,0	-	1,5	80,00	19	5,3	18,20	22,0	44,0	-	2,2	153,00	14	7,0
3,40	12,0	24,0	-	1,2	73,00	16	6,1	18,40	17,0	40,0	-	1,7	120,00	14	7,1
3,60	11,0	22,0	-	1,1	53,00	21	4,8	18,60	17,0	35,0	-	1,7	147,00	12	8,6
3,80	8,0	16,0	-	0,8	60,00	13	7,5	18,80	22,0	44,0	-	2,2	107,00	21	4,9
4,00	8,0	17,0	-	0,8	60,00	13	7,5	19,00	14,0	30,0	-	1,4	87,00	16	6,2
4,20	9,0	18,0	-	0,9	87,00	10	9,7	19,20	13,0	26,0	-	1,3	93,00	14	7,2
4,40	13,0	26,0	-	1,3	53,00	25	4,1	19,40	14,0	28,0	-	1,4	100,00	14	7,1
4,60	16,0	24,0	-	1,6	80,00	20	5,0	19,60	17,0	32,0	-	1,7	113,00	15	6,6
4,80	16,0	28,0	-	1,6	93,00	17	5,8	19,80	17,0	34,0	-	1,7	107,00	16	6,3
5,00	15,0	29,0	-	1,5	67,00	22	4,5	20,00	16,0	32,0	-	1,6	80,00	20	5,0
5,20	20,0	30,0	-	2,0	73,00	27	3,7	20,20	18,0	30,0	-	1,8			
5,40	9,0	20,0	-	0,9	80,00	11	8,9								
5,60	12,0	24,0	-	1,2	93,00	13	7,8								
5,80	14,0	28,0	-	1,4	87,00	16	6,2								
6,00	13,0	26,0	-	1,3	87,00	15	6,7								
6,20	15,0	28,0	-	1,5	87,00	17	5,8								
6,40	13,0	26,0	-	1,3	73,00	18	5,6								
6,60	9,0	20,0	-	0,9	67,00	13	7,4								
6,80	10,0	20,0	-	1,0	60,00	17	6,0								
7,00	12,0	21,0	-	1,2	73,00	16	6,1								
7,20	16,0	27,0	-	1,6	87,00	18	5,4								
7,40	19,0	32,0	-	1,9	120,00	16	6,3								
7,60	17,0	35,0	-	1,7	127,00	13	7,5								
7,80	19,0	38,0	-	1,9	140,00	14	7,4								
8,00	19,0	40,0	-	1,9	160,00	12	8,4								
8,20	22,0	46,0	-	2,2	133,00	17	6,0								
8,40	30,0	50,0	-	2,9	167,00	18	5,6								
8,60	25,0	50,0	-	2,5	120,00	21	4,8								
8,80	16,0	34,0	-	1,6	113,00	14	7,1								
9,00	21,0	38,0	-	2,1	127,00	17	6,0								
9,20	17,0	36,0	-	1,7	93,00	18	5,5								
9,40	21,0	35,0	-	2,1	87,00	24	4,1								
9,60	13,0	26,0	-	1,3	73,00	18	5,6								
9,80	10,0	21,0	-	1,0	73,00	14	7,3								
10,00	11,0	22,0	-	1,1	80,00	14	7,3								
10,20	12,0	24,0	-	1,2	93,00	13	7,8								
10,40	16,0	30,0	-	1,6	93,00	17	5,8								
10,60	15,0	29,0	-	1,5	73,00	21	4,9								
10,80	11,0	22,0	-	1,1	60,00	18	5,5								
11,00	11,0	20,0	-	1,1	80,00	14	7,3								
11,20	14,0	26,0	-	1,4	87,00	16	6,2								
11,40	17,0	30,0	-	1,7	80,00	21	4,7								
11,60	12,0	24,0	-	1,2	73,00	16	6,1								
11,80	19,0	30,0	-	1,9	93,00	20	4,9								
12,00	22,0	36,0	-	2,2	160,00	14	7,3								
12,20	24,0	48,0	-	2,4	147,00	16	6,1								
12,40	22,0	44,0	-	2,2	140,00	16	6,4								
12,60	19,0	40,0	-	1,9	127,00	15	6,7								
12,80	16,0	35,0	-	1,6	107,00	15	6,7								
13,00	20,0	36,0	-	2,0	140,00	14	7,0								
13,20	22,0	43,0	-	2,2	140,00	16	6,4								
13,40	22,0	43,0	-	2,2	140,00	16	6,4								
13,60	19,0	40,0	-	1,9	133,00	14	7,0								
13,80	18,0	38,0	-	1,8	113,00	16	6,3								
14,00	15,0	32,0	-	1,5	113,00	13	7,5								
14,20	16,0	33,0	-	1,6	107,00	15	6,7								
14,40	19,0	35,0	-	1,9	53,00	36	2,8								
14,60	19,0	27,0	-	1,9	120,00	16	6,3								
14,80	17,0	35,0	-	1,7	107,00	16	6,3								
15,00	16,0	32,0	-	1,6	113,00	14	7,1								

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico

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

FON018

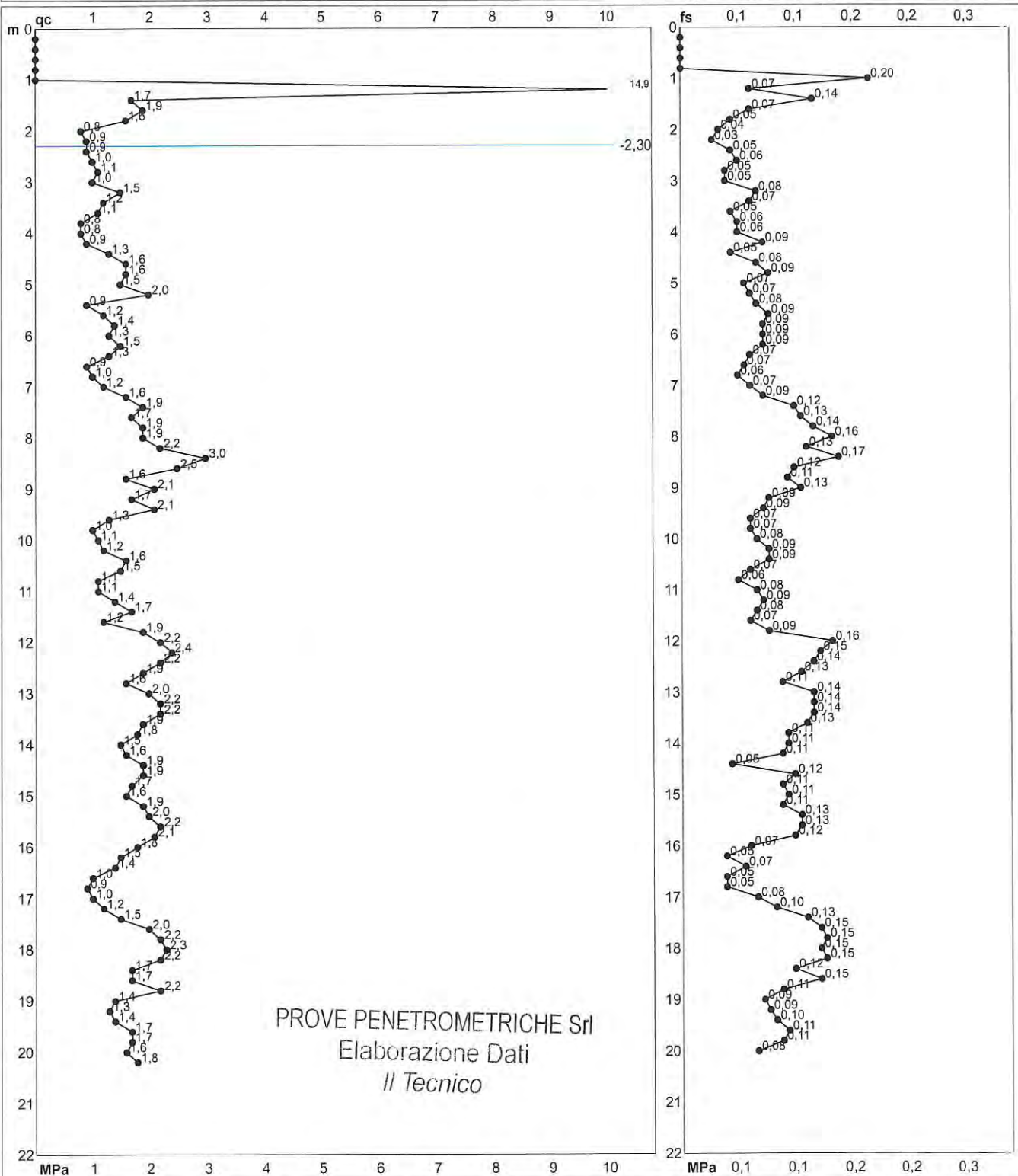
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	3
riferimento	081-2021
certificato n°	P02331
n° verb. accett.	

Committente: **Molini Industriali srl**
 Cantiere: **ampliamento sito produttivo**
 Località: **Modena, Via Attraglio**

U.M.: **MPa** Data esec.: **14/10/2021**
 Scala: **1:110** Data certificato: **14/10/2021**
 Pagina: **2/2** Quota inizio:
 Elaborato: Falda: **-2,30 m**



PROVE PENETROMETRICHE Srl
 Elaborazione Dati
 Il Tecnico

Penetrometro: GOUDA 200 kN	Preforo: -1,00 m
Responsabile: Dott. Salvatore Mucci	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Cod. punta:

FON018

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

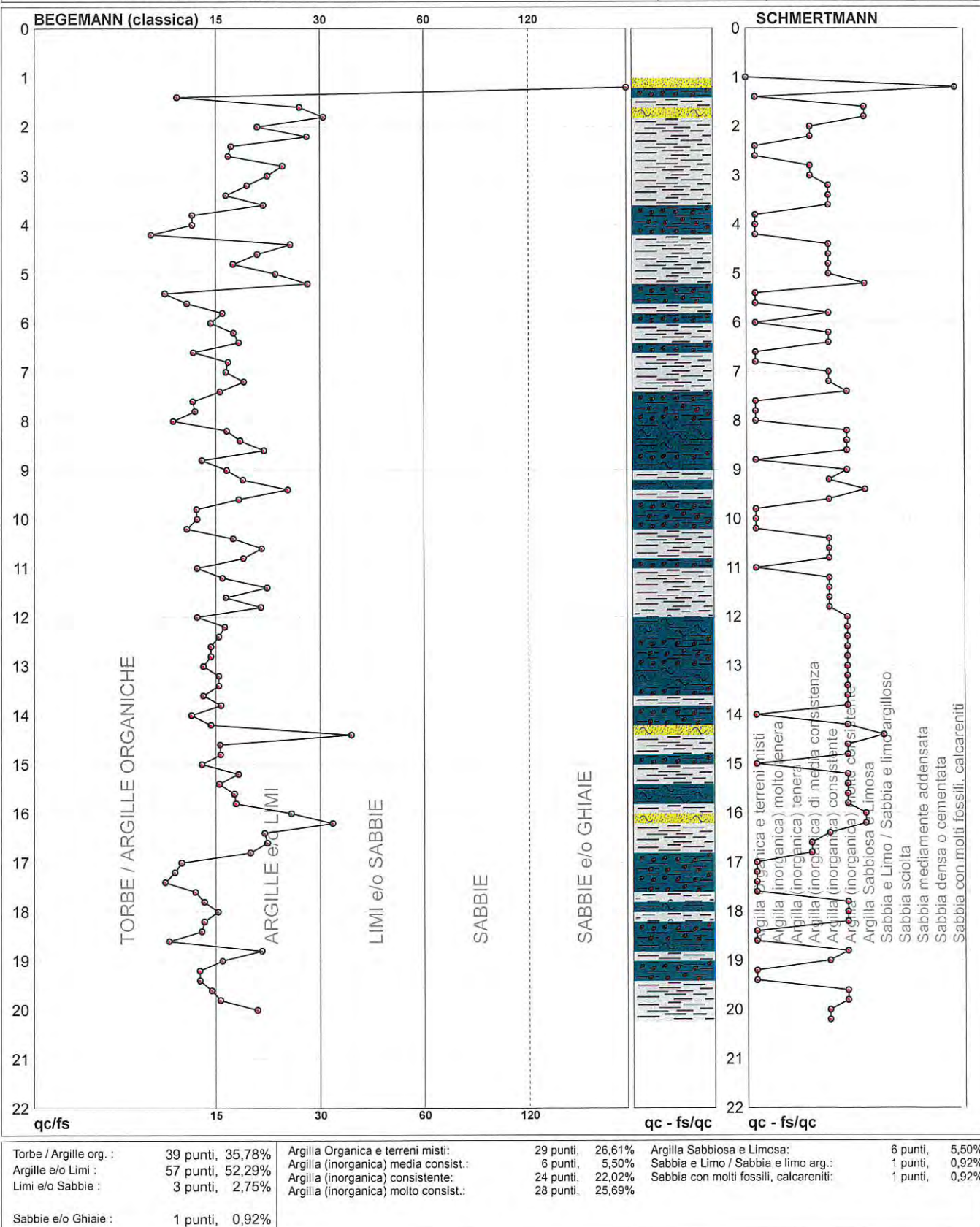
3

n° verb. accett.

Committente: **Molini Industriali srl**
 Cantiere: **ampliamento sito produttivo**
 Località: **Modena, Via Attiraglio**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:110**
 Pagina: **1/1**
 Elaborato:

Data exec.: **14/10/2021**
 Falda: **-2,30 m**



FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

n° verb. accett.

Committente: **Molini Industriali srl**
Cantiere: **ampliamento sito produttivo**
Località: **Modena, Via Attraglio**

U.M.: **MPa** Data esec.: **14/10/2021**
Pagina: **1/1**
Elaborato: **Falda: -2,30 m**

													NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ²	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.							
0,20	-	-	-	-	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
0,40	-	-	-	-	7,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
0,60	-	-	-	-	10,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
0,80	-	-	-	-	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
1,00	-	-	-	-	18,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
1,20	14,7	205,5	-	1,85	21,8	366	-	-	-	-	-	100	43	42	40	37	45	36	-	-	-	24,5	36,8	44,1						
1,40	1,7	12,1	-	1,85	25,4	161	55,1	-	9,4	14,0	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
1,60	1,9	26,0	-	1,85	29,0	168	58,6	-	10,0	15,0	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
1,80	1,6	30,2	-	1,85	32,6	157	53,2	-	9,0	13,6	5,1	36	36	29	26	24	33	27	-	-	-	2,6	3,9	4,7						
2,00	0,8	20,0	-	1,85	36,3	121	31,4	-	9,9	14,9	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
2,20	0,9	27,3	-	1,85	39,9	127	35,3	-	10,9	16,3	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
2,40	0,9	16,7	-	0,88	41,6	127	35,3	-	11,4	17,2	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
2,60	1,0	16,7	-	0,90	43,4	132	39,2	-	11,7	17,6	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
2,80	1,1	23,4	-	0,91	45,2	137	41,9	-	12,1	18,2	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
3,00	1,0	21,3	-	0,90	46,9	132	39,2	-	12,9	19,4	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
3,20	1,5	18,8	-	0,95	48,8	154	51,1	-	12,5	18,7	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
3,40	1,2	16,4	-	0,92	50,6	141	44,4	-	13,8	20,7	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
3,60	1,1	20,8	-	0,91	52,4	137	41,9	-	14,5	21,8	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
3,80	0,8	13,3	-	0,86	54,1	121	31,4	-	15,0	22,5	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
4,00	0,8	13,3	-	0,86	55,7	121	31,4	-	15,3	23,0	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
4,20	0,9	10,3	-	0,88	57,5	127	35,3	-	16,2	24,2	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
4,40	1,3	24,5	-	0,93	59,3	145	46,8	-	16,5	24,7	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
4,60	1,6	20,0	-	0,96	61,2	157	53,2	-	16,7	25,1	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
4,80	1,6	17,2	-	0,96	63,1	157	53,2	-	17,4	26,0	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
5,00	1,5	22,4	-	0,95	64,9	154	51,1	-	18,1	27,1	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
5,20	2,0	27,4	-	0,93	66,7	171	60,3	-	18,1	27,1	5,9	26	34	27	23	22	30	27	-	-	-	3,3	4,9	5,9						
5,40	0,9	11,3	-	0,88	68,5	127	35,3	-	18,1	27,2	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
5,60	1,2	12,9	-	0,92	70,3	141	44,4	-	19,8	29,7	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
5,80	1,4	16,1	-	0,94	72,1	150	49,0	-	20,2	30,4	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
6,00	1,3	14,9	-	0,93	73,9	145	46,8	-	20,9	31,3	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
6,20	1,5	17,2	-	0,95	75,8	154	51,1	-	21,3	32,0	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
6,40	1,3	17,8	-	0,93	77,6	145	46,8	-	21,8	32,6	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
6,60	0,9	13,4	-	0,88	79,3	127	35,3	-	19,2	28,8	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
6,80	1,0	16,7	-	0,90	81,1	132	39,2	-	20,7	31,0	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
7,00	1,2	16,4	-	0,92	82,9	141	44,4	-	22,3	33,5	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
7,20	1,6	18,4	-	0,96	84,8	157	53,2	-	23,9	35,9	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
7,40	1,9	15,8	-	0,99	86,7	168	58,6	-	24,4	36,6	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
7,60	1,7	13,4	-	0,97	88,6	161	55,1	-	25,0	37,4	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
7,80	1,9	13,6	-	0,99	90,6	168	58,6	-	25,6	38,4	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
8,00	1,9	11,9	-	0,99	92,5	168	58,6	-	26,1	39,2	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
8,20	2,2	16,5	-	0,93	94,3	177	63,4	-	26,5	39,8	6,5	21	34	25	22	21	29	28	-	-	-	3,6	5,4	6,5						
8,40	2,9	18,0	-	0,96	96,2	199	73,5	-	26,8	40,3	8,8	31	35	27	24	22	30	29	-	-	-	4,9	7,4	8,8						
8,60	2,5	20,8	-	0,94	98,1	186	67,6	-	27,4	41,2	7,4	24	34	26	23	21	29	28	-	-	-	4,1	6,1	7,4						
8,80	1,6	14,2	-	0,96	100,0	157	53,2	-	26,8	40,3	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
9,00	2,1	16,5	-	0,93	101,8	174	61,9	-	28,6	42,9	6,2	17	33	25	21	20	28	27	-	-	-	3,4	5,1	6,2						
9,20	1,7	18,3	-	0,97	103,7	161	55,1	-	27,8	41,7	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
9,40	2,1	24,1	-	0,93	105,5	174	61,9	-	29,4	44,1	6,2	17	33	25	21	20	28	27	-	-	-	3,4	5,1	6,2						
9,60	1,3	17,8	-	0,93	107,3	145	46,8	-	25,6	38,4	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
9,80	1,0	13,7	-	0,90	109,1	132	39,2	-	22,4	33,7	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
10,00	1,1	13,8	-	0,91	110,9	137	41,9	-	23,7	35,6	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
10,20	1,2	12,9	-	0,92	112,7	141	44,4	-	24,9	37,4	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
10,40	1,6	17,2	-	0,96	114,6	157	53,2	-	28,5	42,8	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
10,60	1,5	20,5	-	0,95	116,4	154	51,1	-	27,9	41,9	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
10,80	1,1	18,3	-	0,91	118,2	137	41,9	-	24,0	36,1	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
11,00	1,1	13,8	-	0,91	120,0	137	41,9	-	24,1	36,1	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
11,20	1,4	16,1	-	0,94	121,8	150	49,0	-	27,4	41,1	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
11,40	1,7	21,3	-	0,97	123,7	161	55,1	-	30,0	44,9	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
11,60	1,2	16,4	-	0,92	125,5	141	44,4	-	25,5	38,2	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
11,80	1,9	20,4	-	0,99	127,5	168	58,6	-	31,5	47,3	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
12,00	2,2	13,8	-	0,93	129,3	177	63,4	-	33,3	49,9	6,5	13	33	24	20	19	27	28	-	-	-	3,6	5,4	6,5						
12,20	2,4	16,3	-	0,94	131,1	183	66,3	-	34,3	51,5	7,1	16	33	24	21	20	27	28	-	-	-	3,9	5,9							

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

3

n° verb. accett.

Committente: **Molini Industriali srl**
 Cantiere: **ampliamento sito produttivo**
 Località: **Modena, Via Attiraglio**

U.M.: **MPa** Data esec.: **14/10/2021**
 Pagina: **1/1**
 Elaborato: **Falda: -2,30 m**

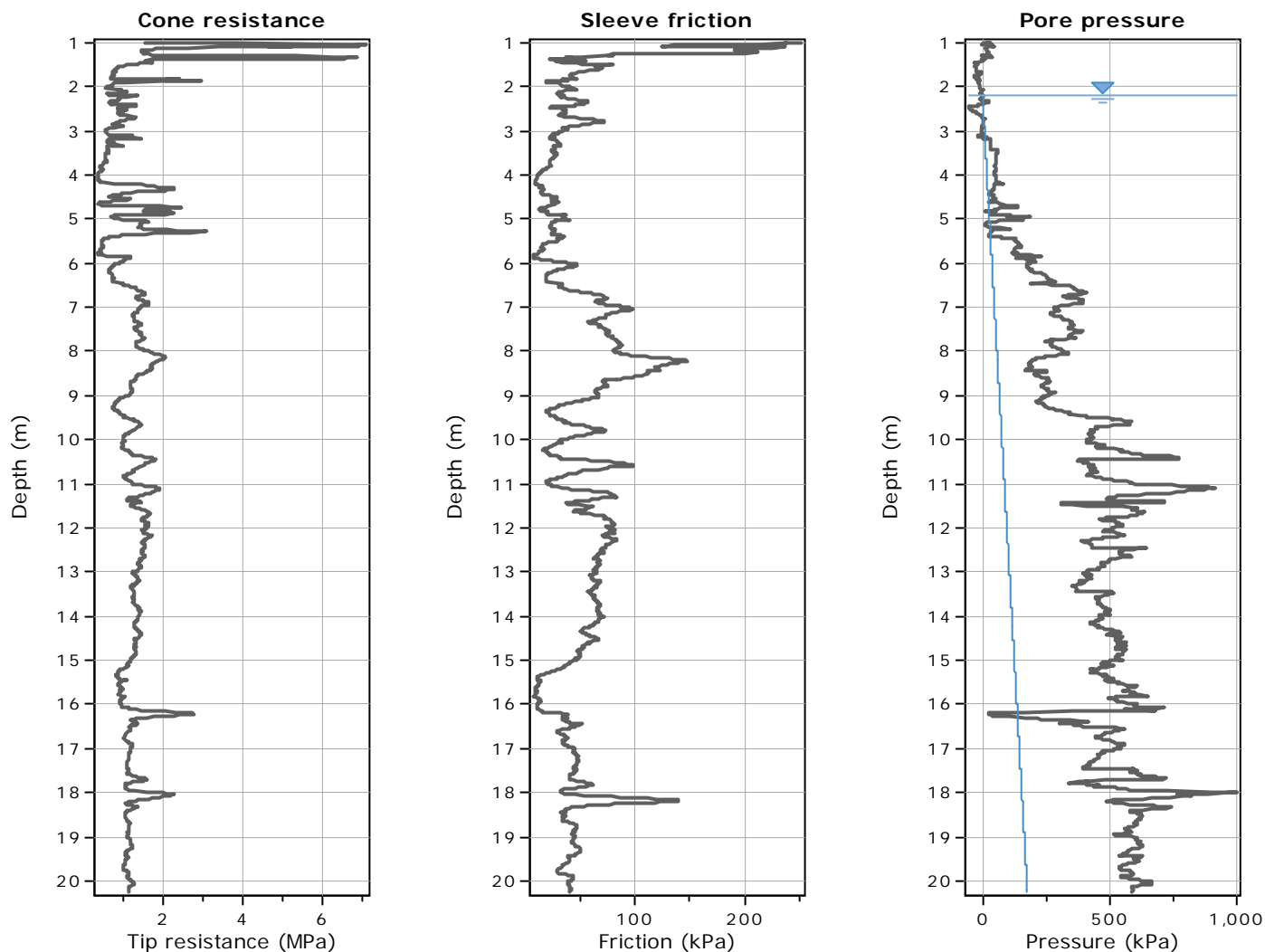
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20,00	1,6	20,0		0,96	205,3	157	53,2		31,6	47,5	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20,20	1,8	--		0,85	206,9	164	--		--	--	--	--	31	20	17	16	25	27	--	--	2,9	4,4	5,3

FON018

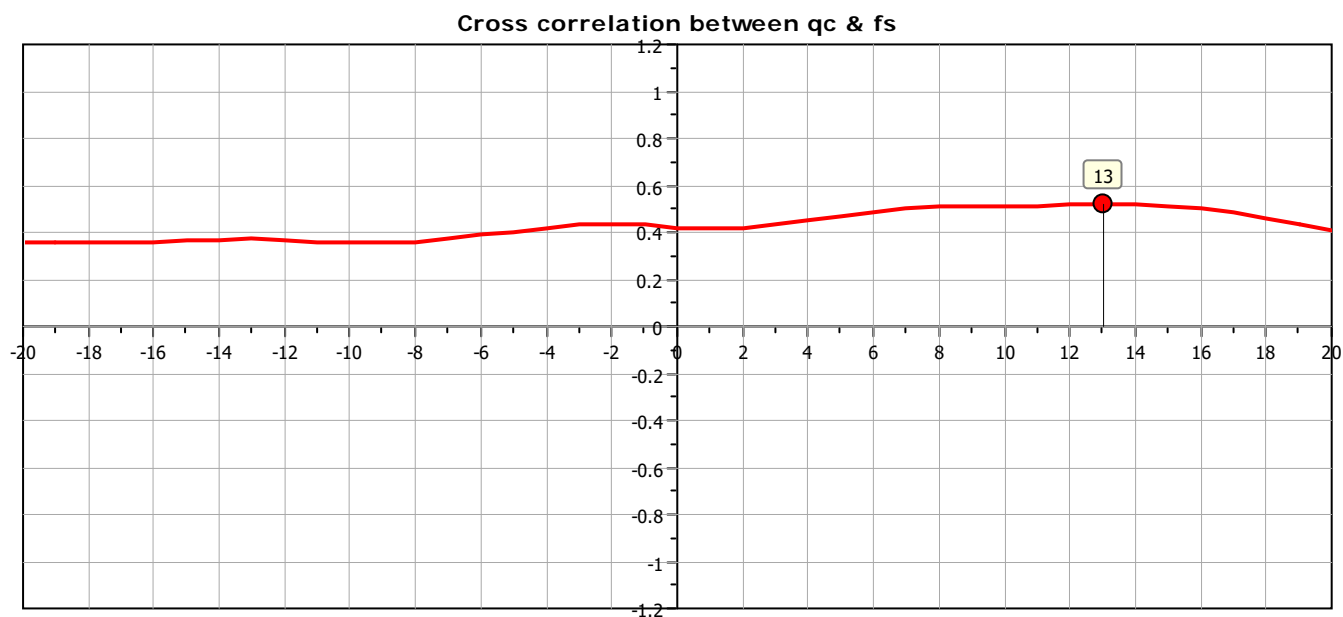
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

Project: ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl

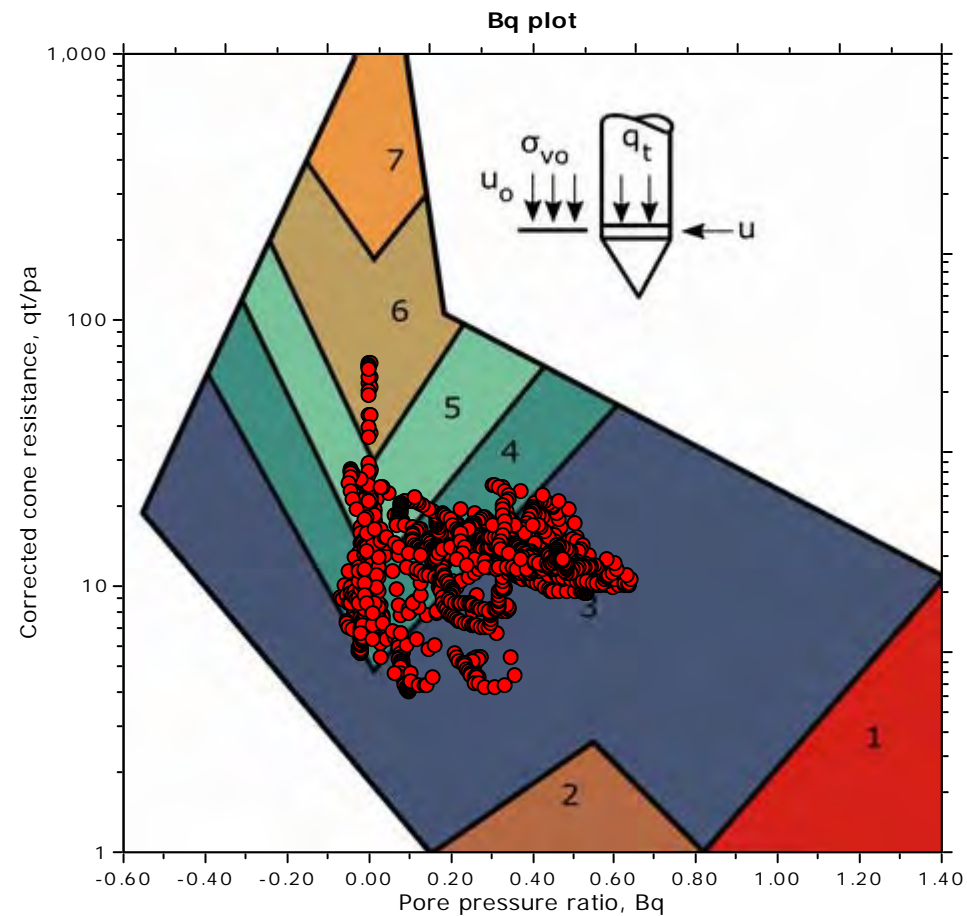
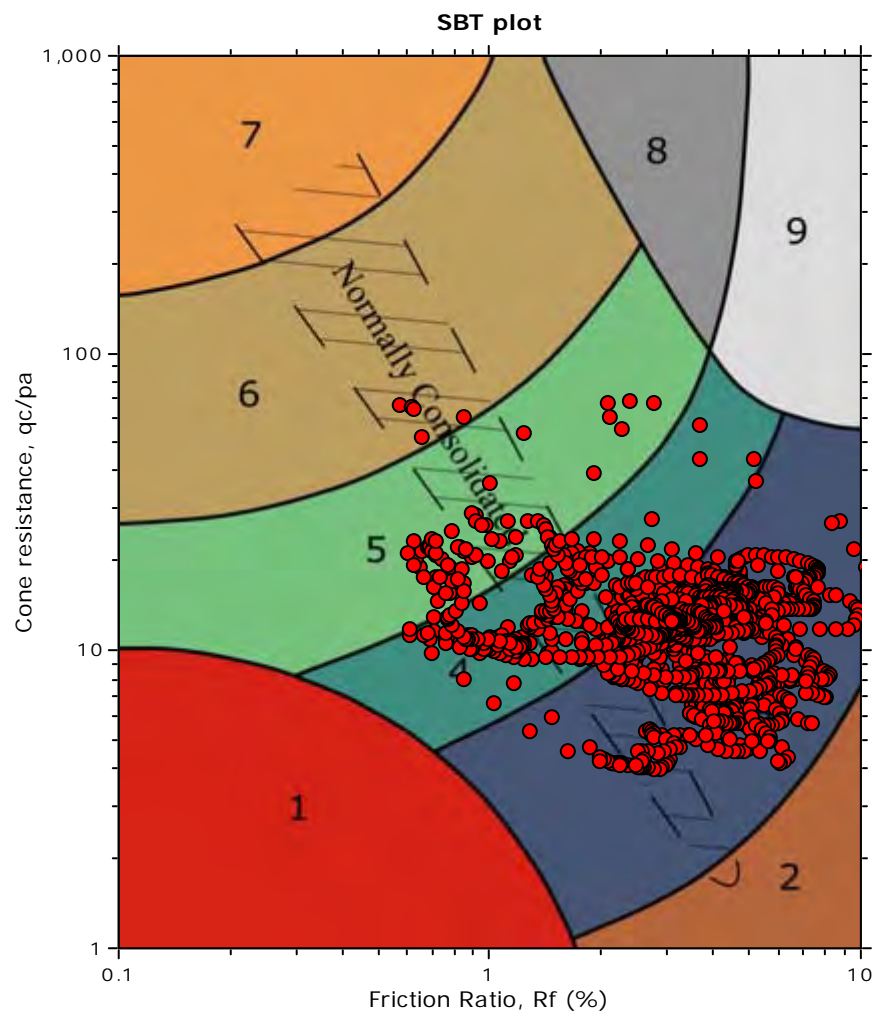
Location: Modena, Via Attiraglio



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).



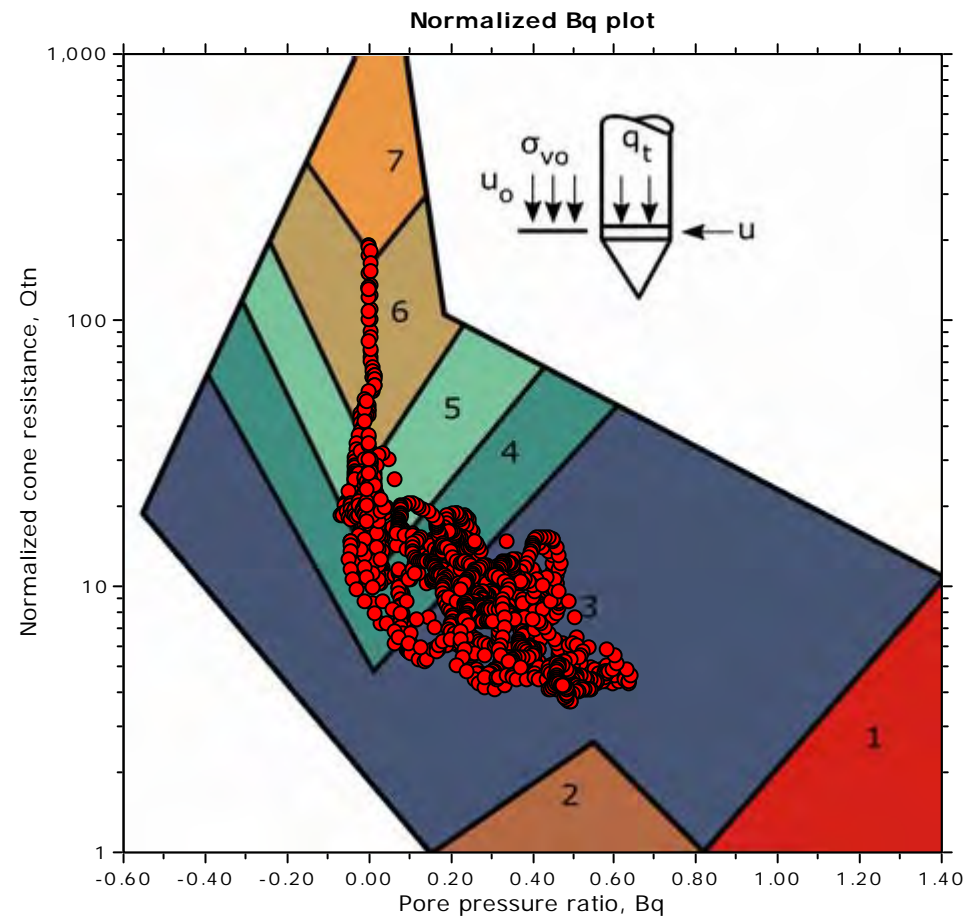
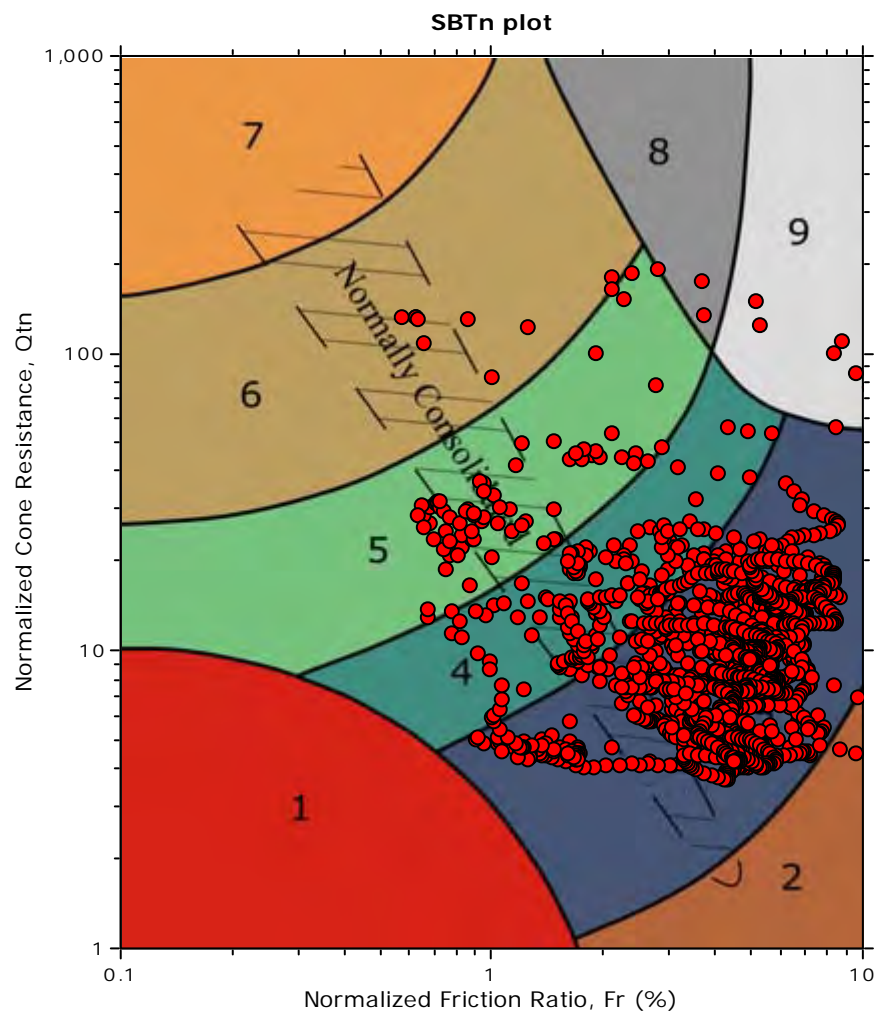
SBT - Bq plots



SBT legend

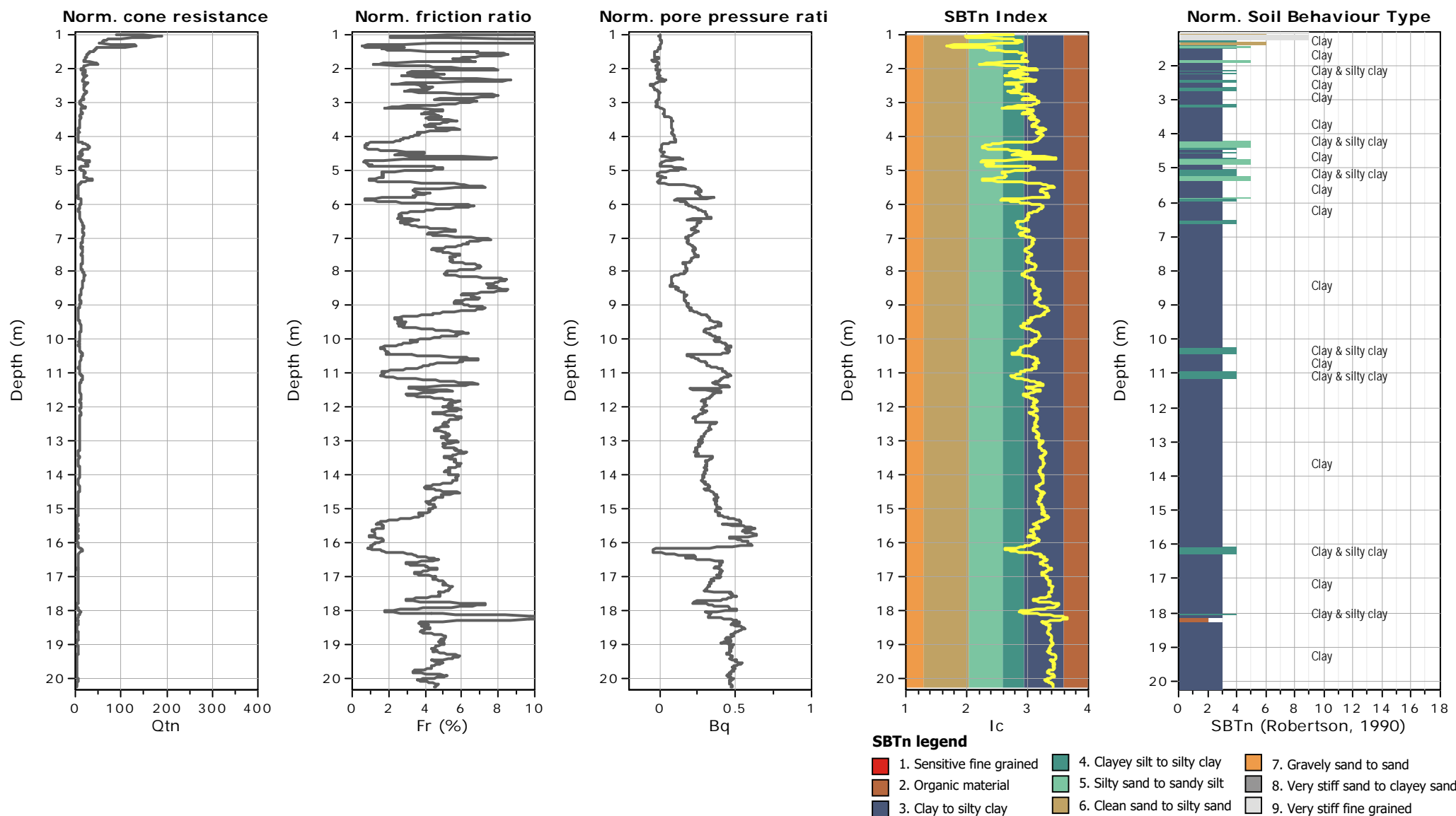
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

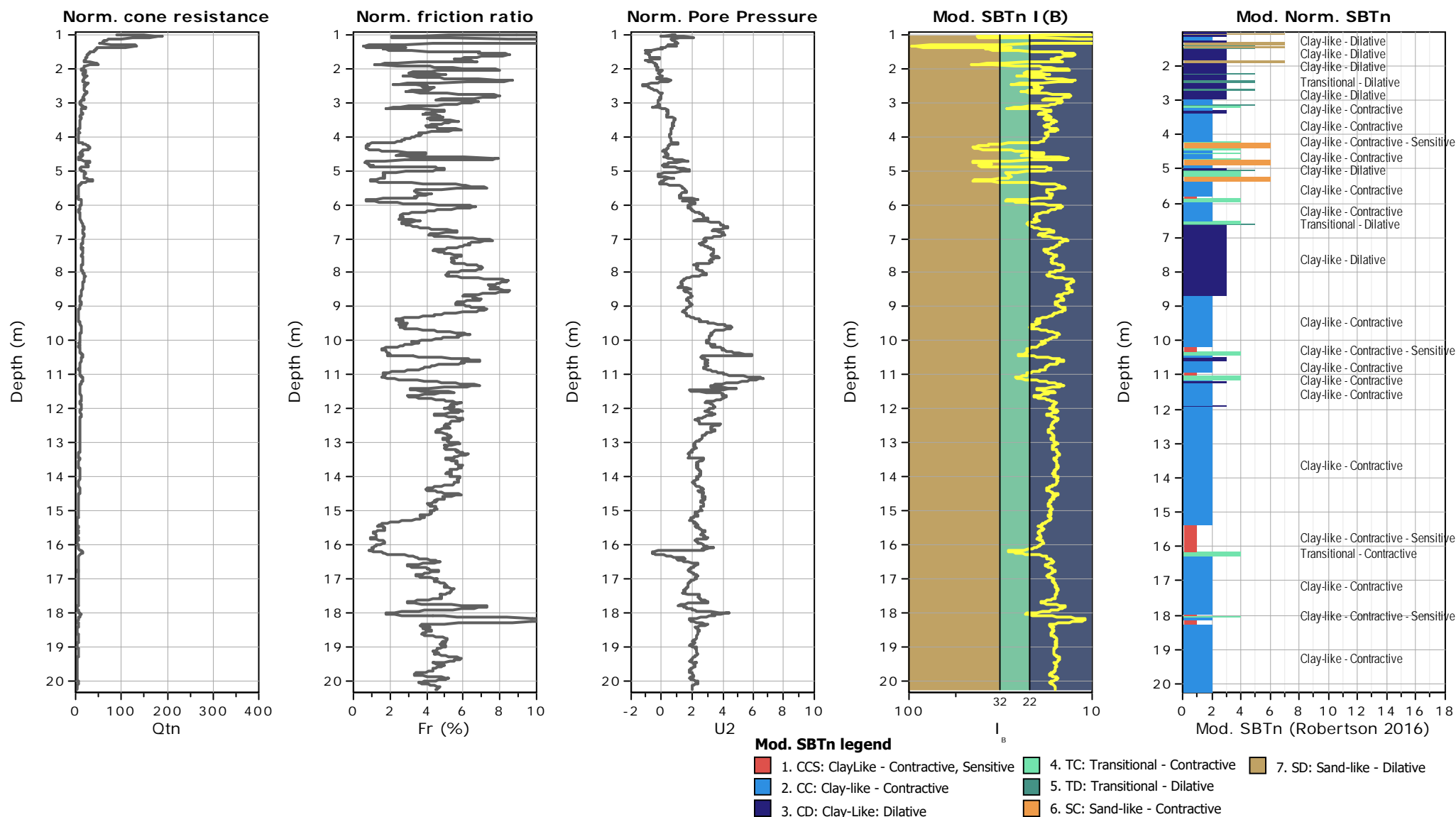
SBT - Bq plots (normalized)

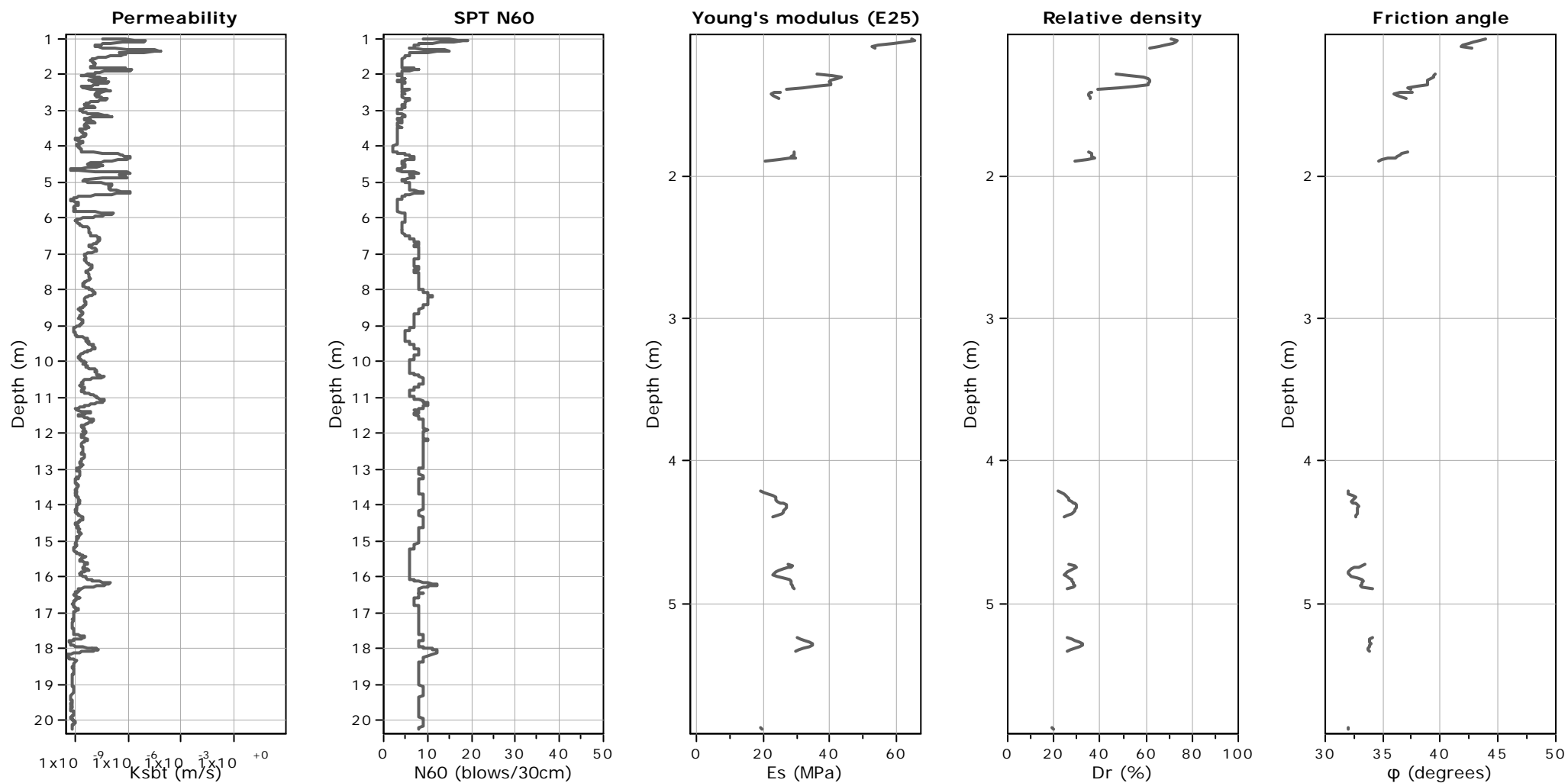


SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly 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 |







Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

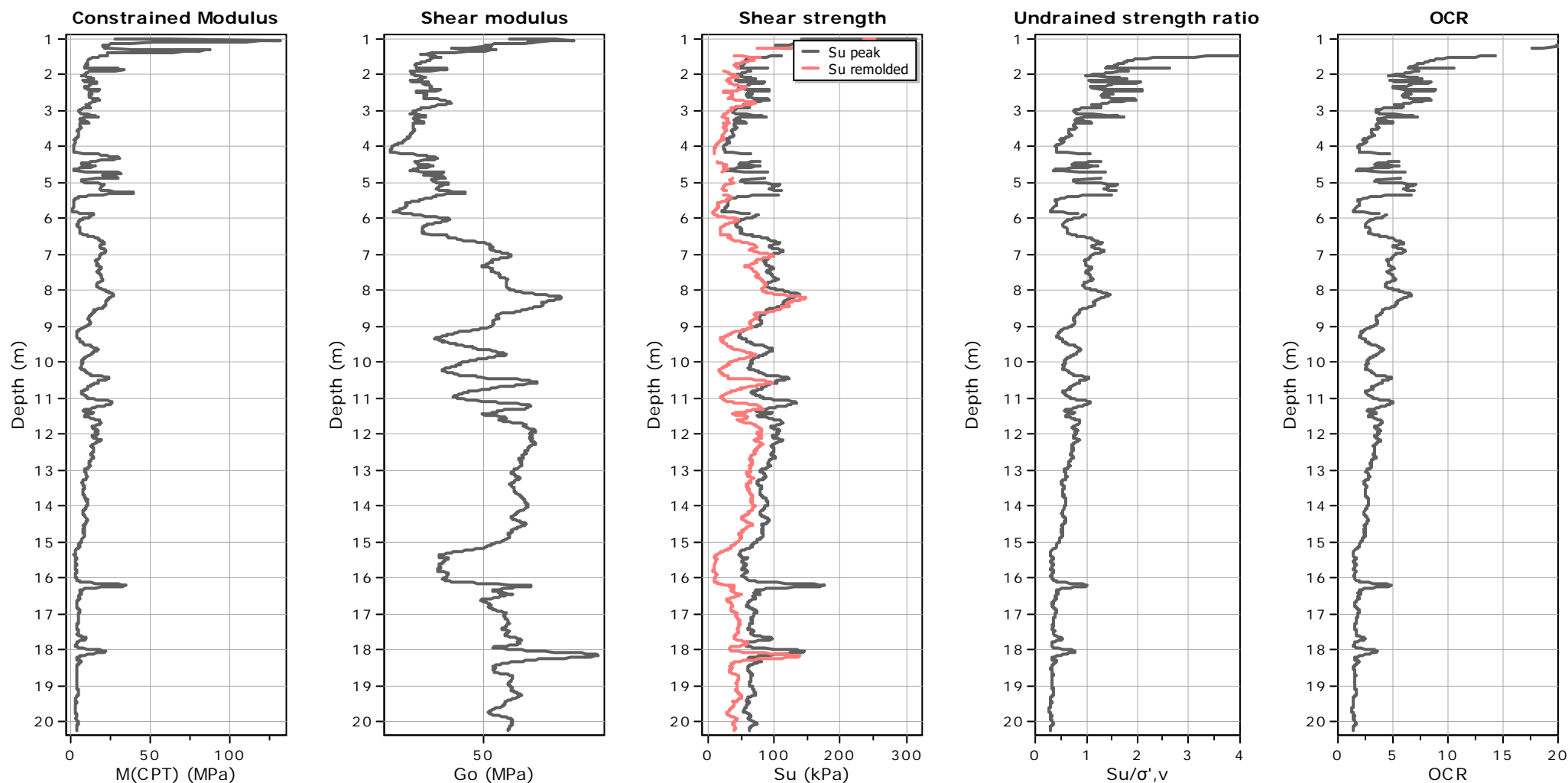
SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

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

Relative density constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

● User defined estimation data



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_m (Robertson, 2009)

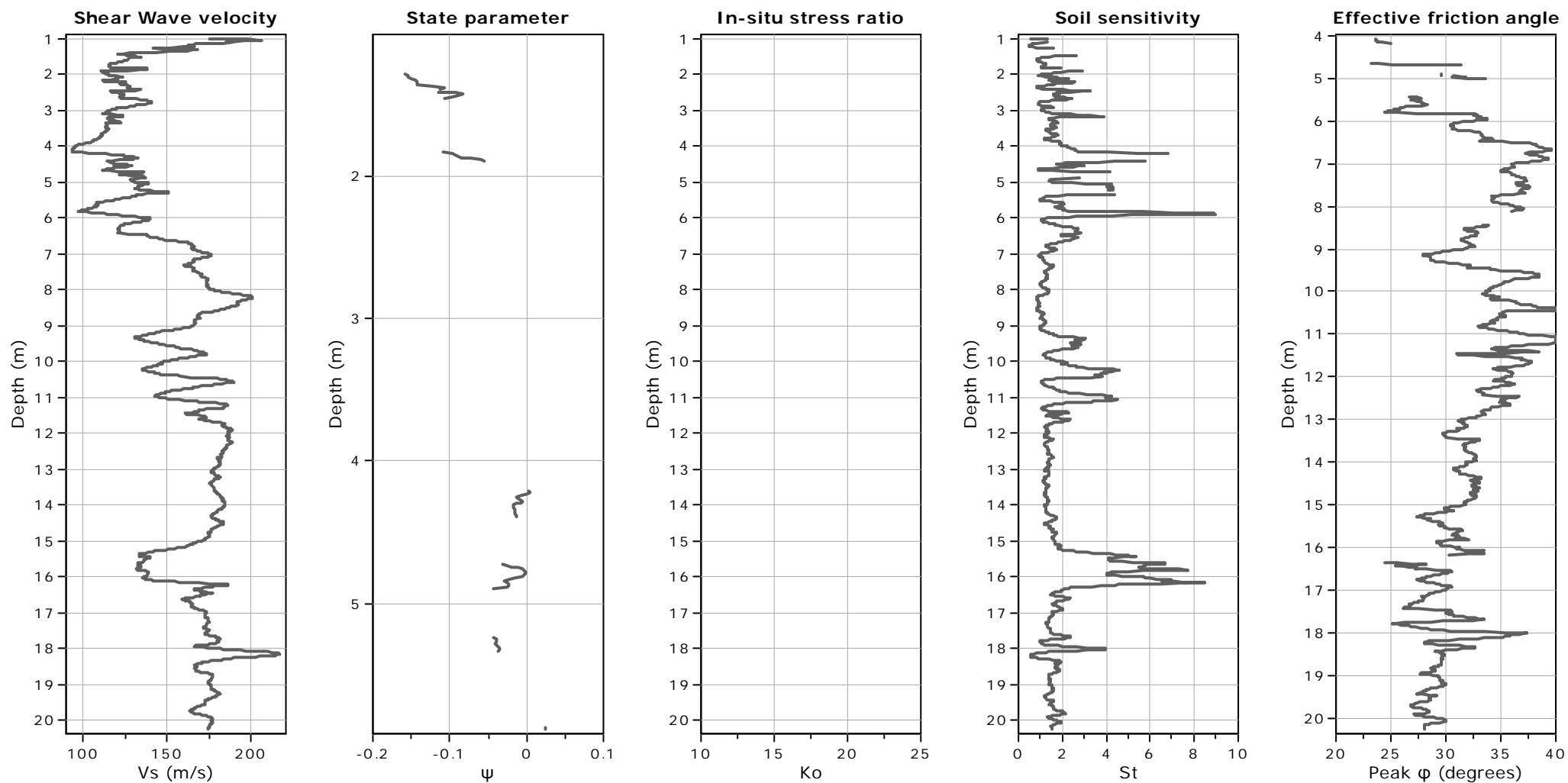
Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

● Flat Dilatometer Test data



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

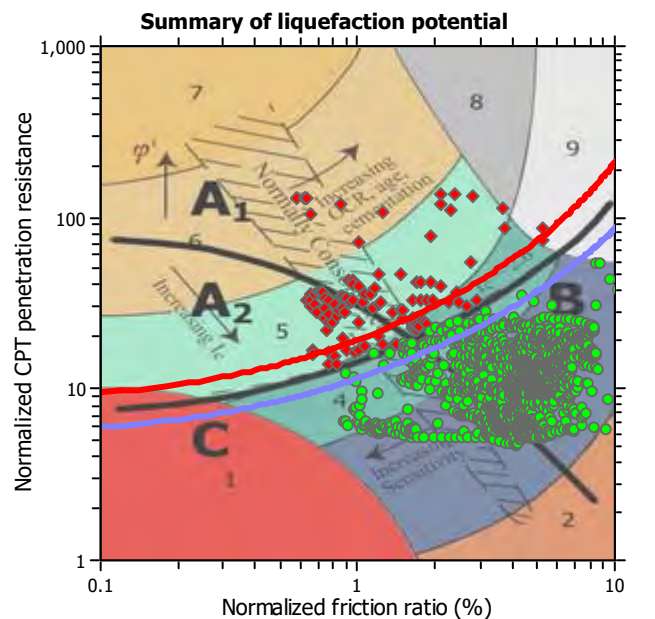
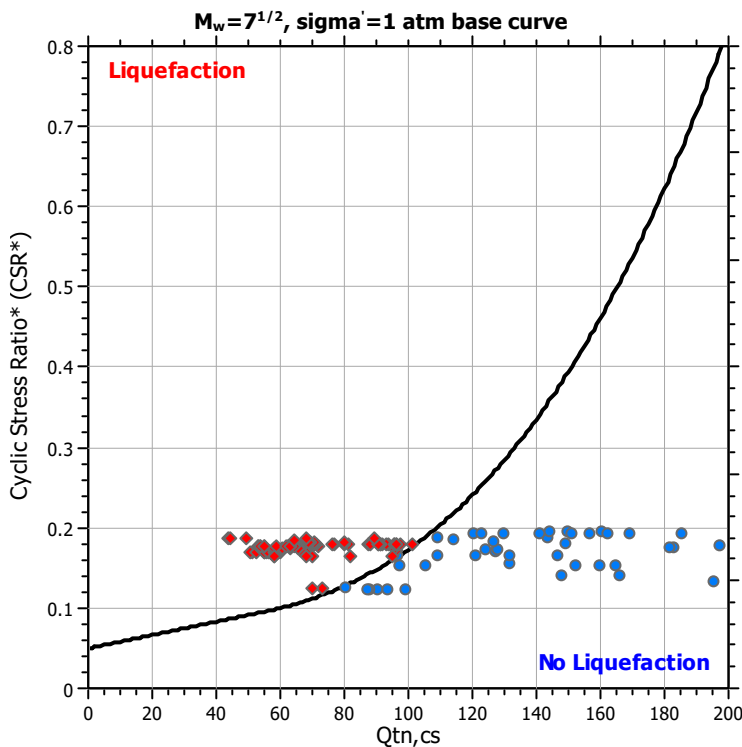
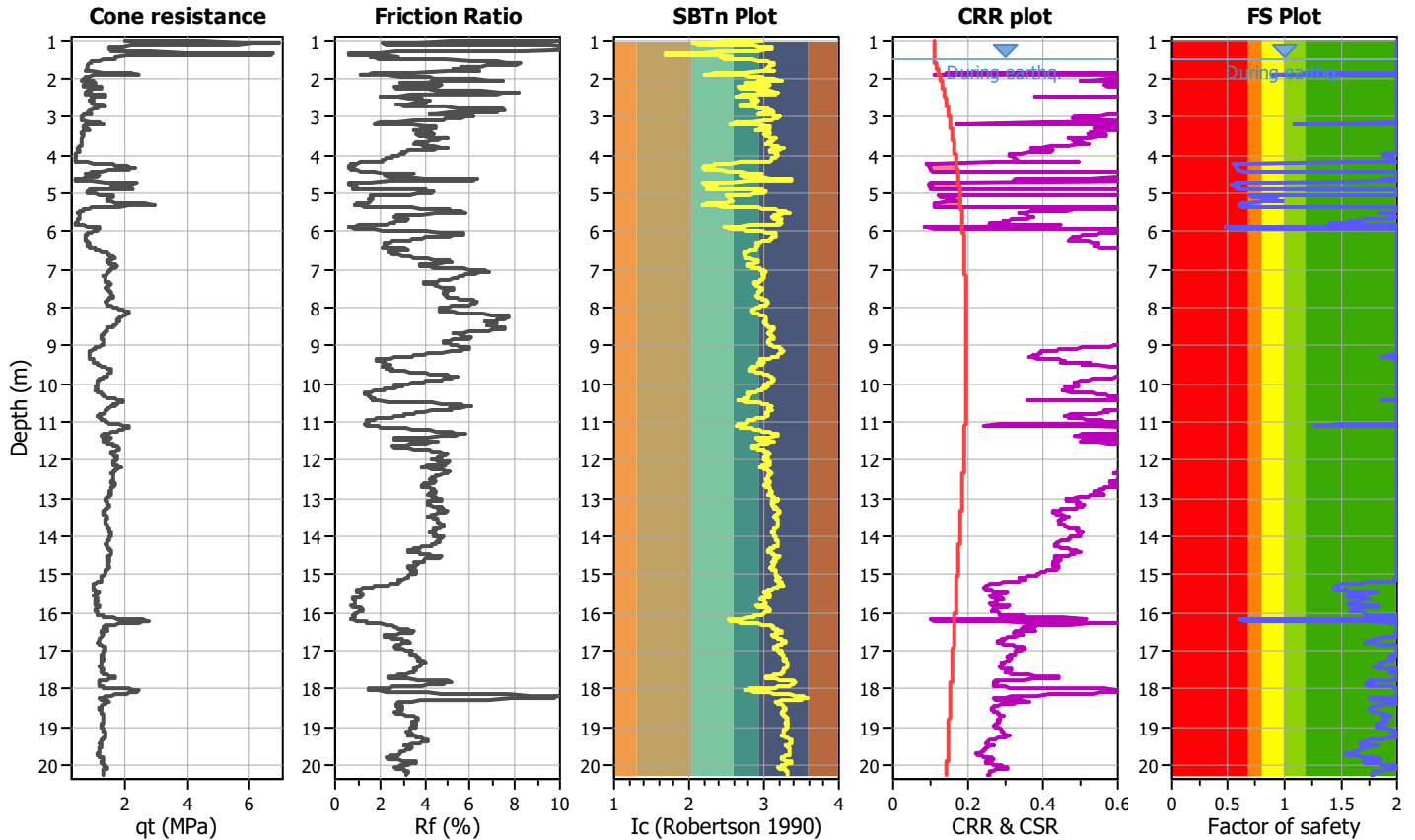
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : ampliamento sito produttivo Molini Industriali **Location :** Modena, Via Attiraglio

CPT file : CPTU 2

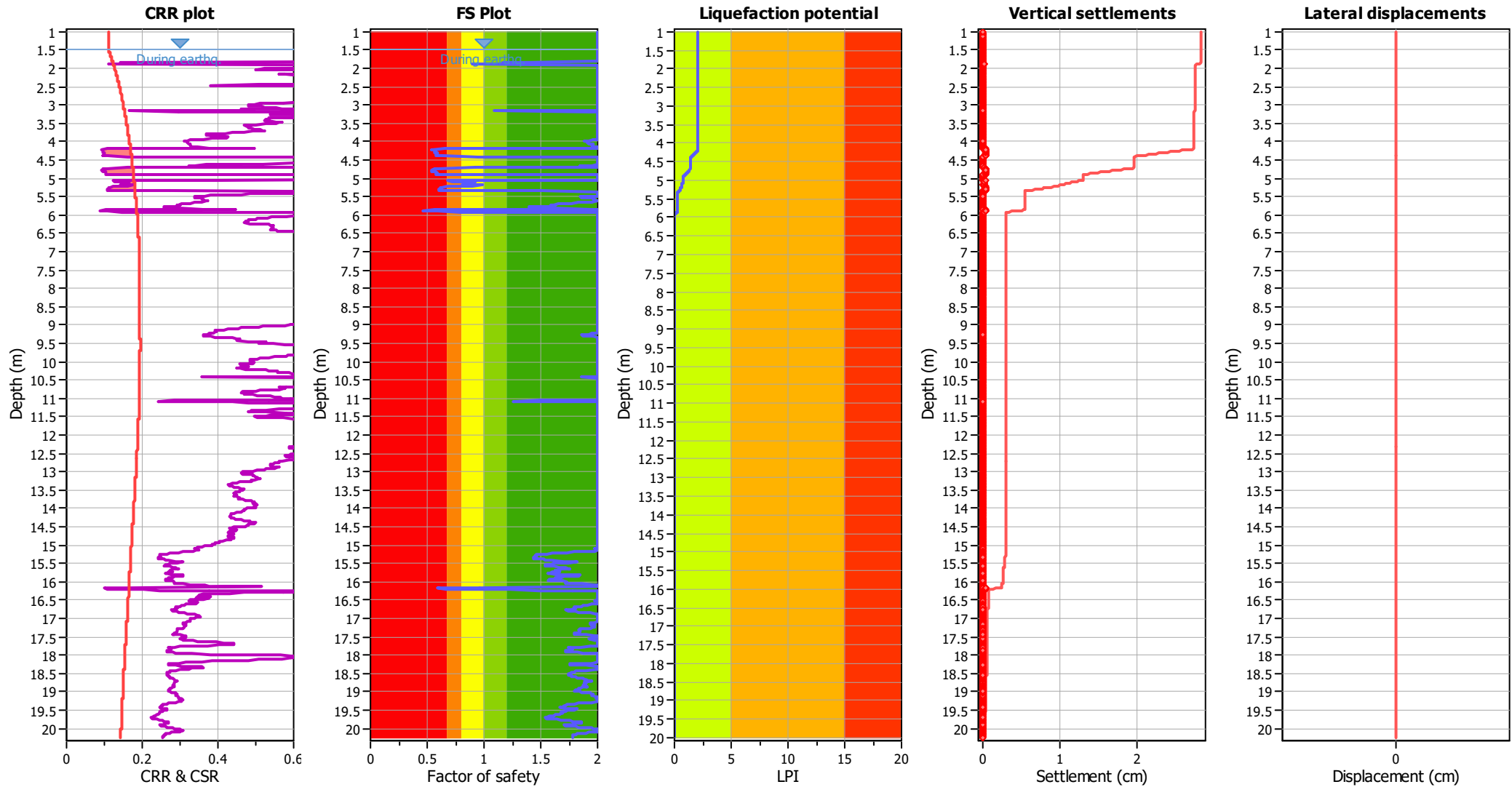
Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.50 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.23	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	No	MSF method:	Method based



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _o applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

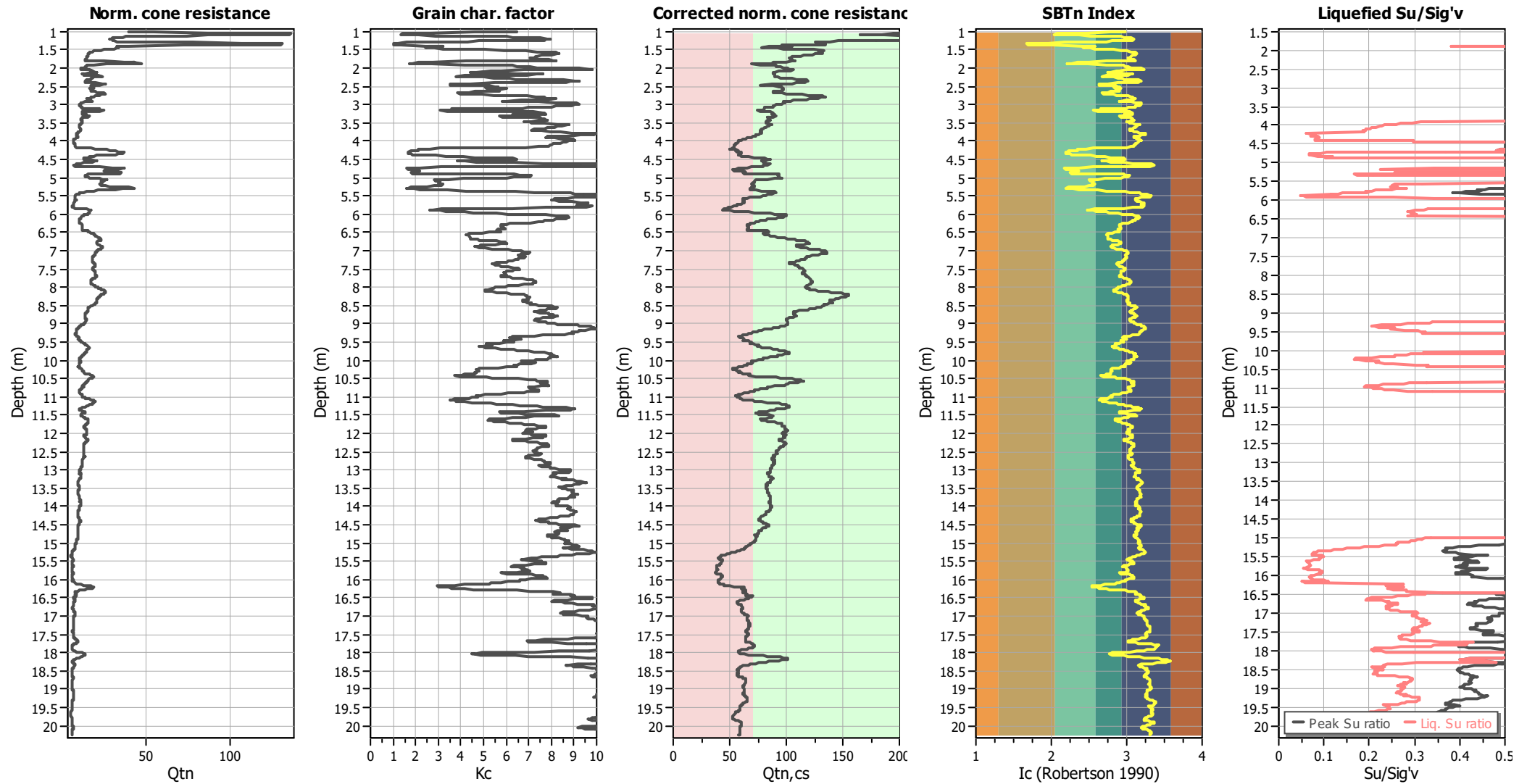
F.S. color scheme

Red	Almost certain it will liquefy
Orange	Very likely to liquefy
Yellow	Liquefaction and no liq. are equally likely
Green	Unlike to liquefy
Dark Green	Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

Red	Very high risk
Orange	High risk
Yellow	Low risk

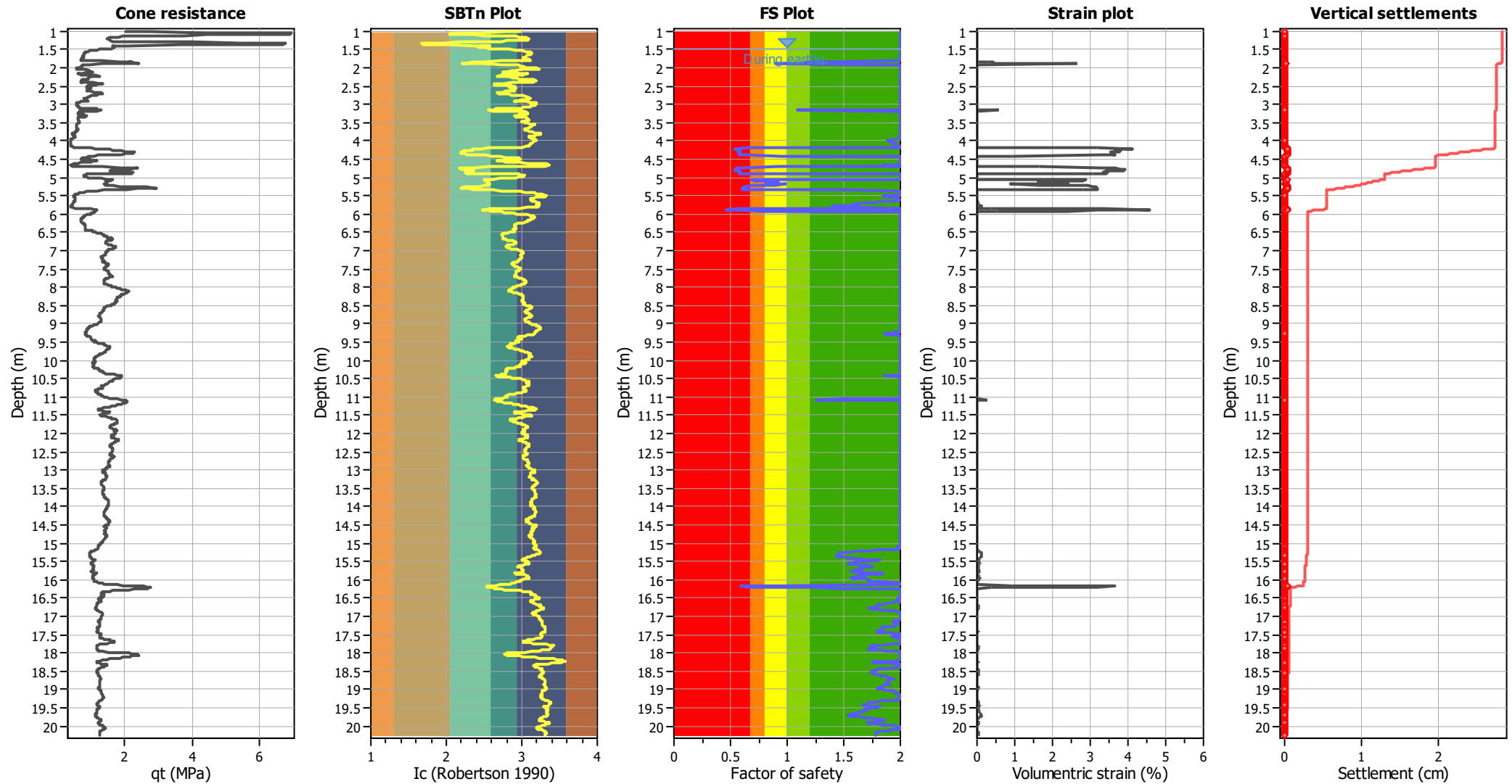
Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _{cs} applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

Estimation of post-earthquake settlements



Abbreviations

q_t : Total cone resistance (cone resistance q_c corrected for pore water effects)
 I_c : Soil Behaviour Type Index
 FS: Calculated Factor of Safety against liquefaction
 Volumetric strain: Post-liquefaction volumetric strain

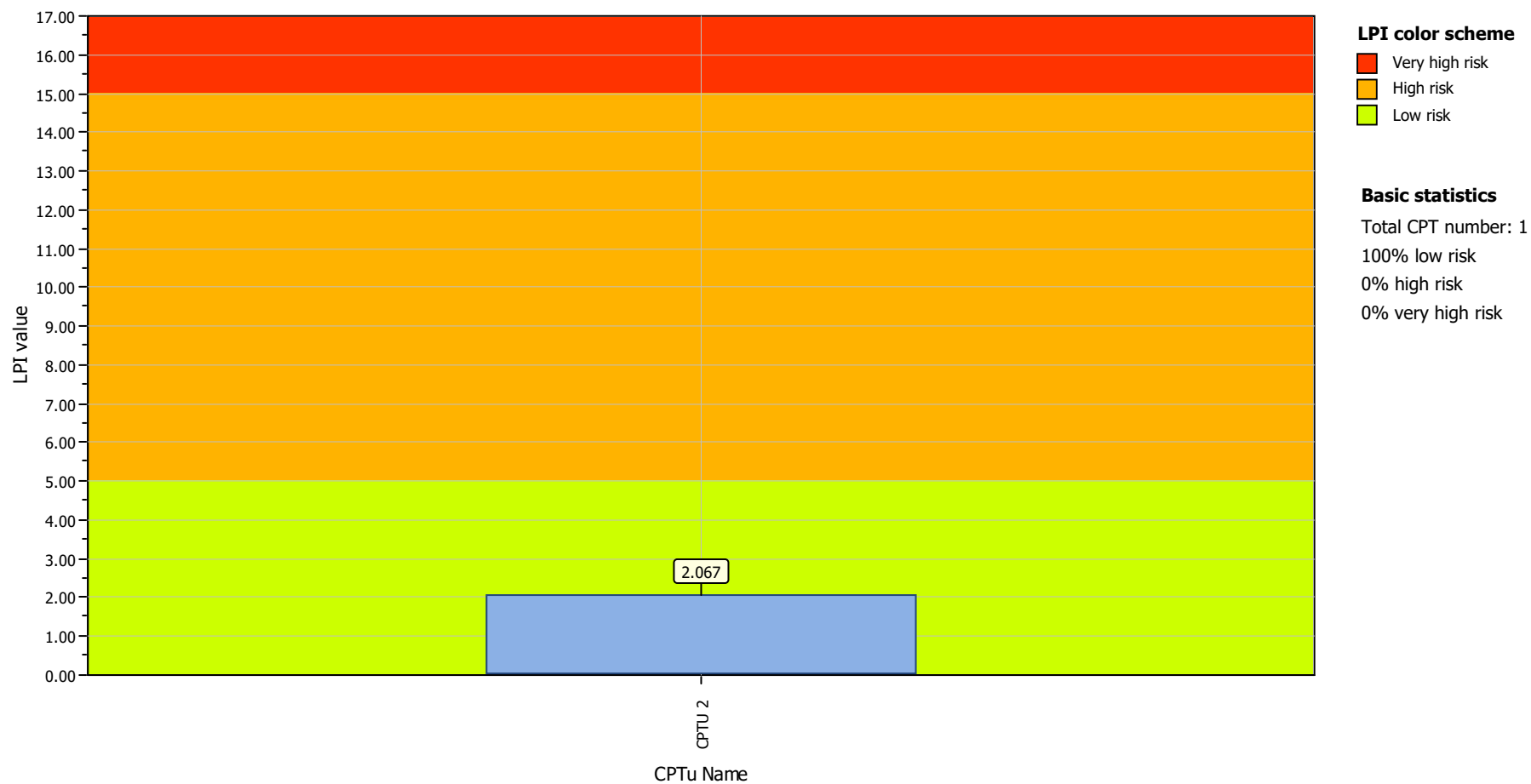


Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnovo Rangone (MO)

Project title : ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl

Location : Modena, Via Attiraglio

Overall Liquefaction Potential Index report



Committente: Mulini Industriali	Sondaggio: 1
Riferimento: Modena, via Attiraglio	Data: dal 26/03/13 al 29/03/13
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

LEGENDA STRATIGRAFIA

Pagina 2/5

Ø mm	metri batt.	R A	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	RP	VT	Standard Penetration Test			DATI TECNICI	
m										m	S.P.T.	Pt		
1	2	3 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Profondità dell'acqua
- 4) Rivestimento
- 5) Simbolo litologico
- 6) Profondità della base dello strato (m)
- 7) Spessore dello strato (m)
- 8) Descrizione della litologia dello strato
- 9) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 10) Resistenza alla punta (kPa)
- 11) Vane test (kPa)
- 12) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 13) Prova S.P.T.
- 14) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 15) Dati tecnici

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT



Committente: Mulini Industriali

Riferimento: Modena, via Attiraglio

Coordinate:

Perforazione: a carotaggio continuo

Sondaggio: 1

Data: dal 26/03/13 al 29/03/13

Quota:

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - 1

Pagina 1/5

Ø mm	metri batt.	R V	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	RP	VT	Standard Penetration Test			DATI TECNICI
										m	S.P.T.	Pt	
						Ghiaia di riporto.							RAPPORTO DI PROVA: R03866 Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idrastica Atlas Copco Mustang A66-CB T attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm. Diametro rivestimento: 152 mm per 30.00 m totali. Inserito tubo cieco in PVC, alla profondità di ~30.00 m, diametro 3", per esecuzione indagine sismica down-hole. Livello acqua piezometro vecchio: 1.50 m da p.c. Responsabile di cantiere: Dott. Fabrizio Anderlini Aiuti-Responsabile di cantiere: Sig. Francesco Tuosto Sig. Abdellah Essahri
1				0,7	0,7	Rottami di laterizi, ciottoli e sabbia, con materia organica, in abbondante matrice limosa, giallastra.							
2				2,5	1,8			147	69				
3						Limo, limo debolmente argilloso, grigio, plastico, umido, con sostanza organica.		118	39				
4				4,5	2,0			98	39				
5						Limo, limo debolmente argilloso, grigio, consistente, umido, con sostanza organica.		118	49				
6				5,7	1,2			147	69				
6				6,0	0,3	Campione Shelby n. 1	1) She < 5,70 6,00						
7				6,7	0,7	Sabbia e limo, saturi, grigio-giallastri.							
7						Limo argilloso, grigio-giallastro, consistente, umido, con sostanza organica.		98	49	7,0	3-4-7	C	
8								69	20				
9								98	39				
10								118	59				
10				10,4	3,7			147	69				
11				11,2	0,8	Argilla limosa, grigia, buona consistenza, compatta, poco umida.		147	79				
11				11,7	0,5	Campione Shelby n. 2.	2) She < 11,20 11,70						
12						Argilla limosa, grigia, buona consistenza, compatta, poco umida.		147	98	11,7	2-5-8	C	
13								196	98				
14								245	98				
15								196	98	14,0	6-8-12	C	
16				15,5	3,8	Limo, limo sabbioso, grigio, umido, localmente plastico.		196	98				
17								245	49				
18				17,5	2,0			147	59				
18				18,0	0,5	Campione Shelby n. 3	3) She < 17,50 18,00			18,0	3-6-11	C	
19				18,5	0,5	Limo, limo sabbioso, grigio, umido, localmente plastico.		49	20				
19						Argilla limosa, grigia, a media consistenza, con grossi frammenti di torba.							
20				20,0	1,5			98	39				
20				20,5	0,5	Campione Shelby n. 4	4) She < 20,00 20,50	98	49				
21						Argilla limosa, grigia, a media consistenza, con grossi frammenti di torba.							
22				22,6	2,1								
23				23,2	0,6	Sabbia più o meno limosa, grigia, consistenza da media a buona.							
23				23,7	0,5	Campione Shelby n. 5	5) She < 23,20 23,70						
24				24,1	0,4	Sabbia più o meno limosa, grigia, consistenza da media a buona.							
25						Ghiaia medio-fine, con poca sabbia.				25,4	21-31-33	C	
26										26,8	15-19-18	C	
27										28,0	13-15-18	C	
28													
29				29,2	5,1					29,3	3-4-7	C	
30				29,8	0,6	Argilla, grigia, compatta, umida.							
101	30			30,0	0,2	Sabbia e sabbia limosa, grigia, satura.							

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	26/03/13	27/03/13	27/03/13	29/03/13										
Ora	13.30	08.00	18.00	08.00										
Livello dell'acqua (m)	2,65	2,30	0,40	0,60										
Prof. perforazione(m)	7,00	9,50	27,00	27,00										
Prof. rivestimento(m)	5,50	8,50	25,50	25,50										

Committente: Mulini Industriali

Sondaggio: 1

Riferimento: Modena, via Attiraglio

Data: dal 26/03/13 al 29/03/13

Fotografie - Pagina 1/3

Pagina 3/5



Da 0.00 m a -5.00 m da p.c.



Da -5.00 m a -10.00 m da p.c.

Committente: Mulini Industriali

Sondaggio: 1

Riferimento: Modena, via Attiraglio

Data: dal 26/03/13 al 29/03/13

Fotografie - Pagina 2/3

Pagina 4/5



Da -10.00 m a -15.00 m da p.c.



Da -15.00 m a -20.00 m da p.c.

PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Il Responsabile di sito
Dott. Fabrizio Anderlini

Committente: Mulini Industriali	Sondaggio: 1
Riferimento: Modena, via Attraglio	Data: dal 26/03/13 al 29/03/13
Fotografie - Pagina 3/3	Pagina 5/5

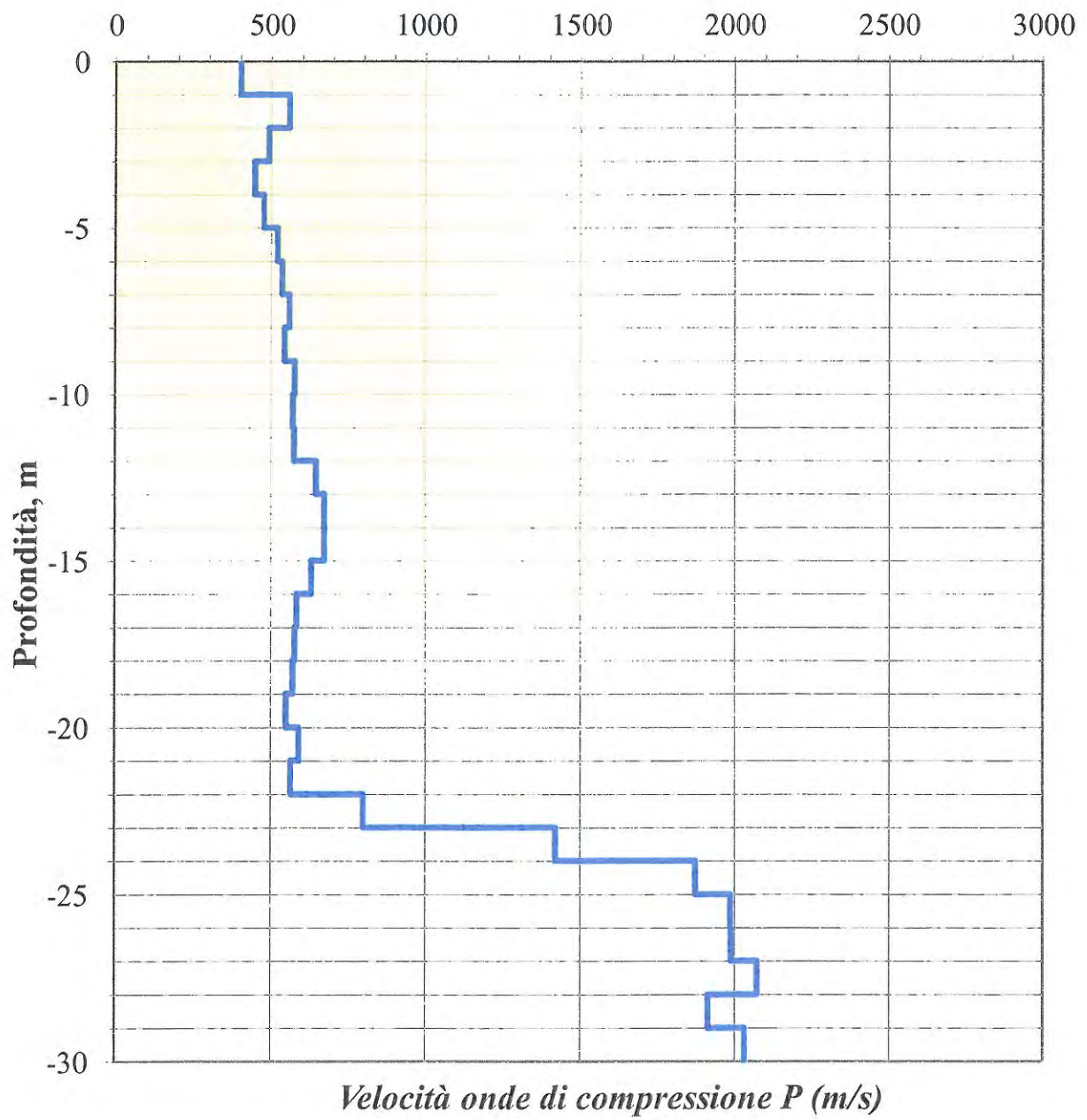


Da -20.00 m a -25.00 m da p.c.

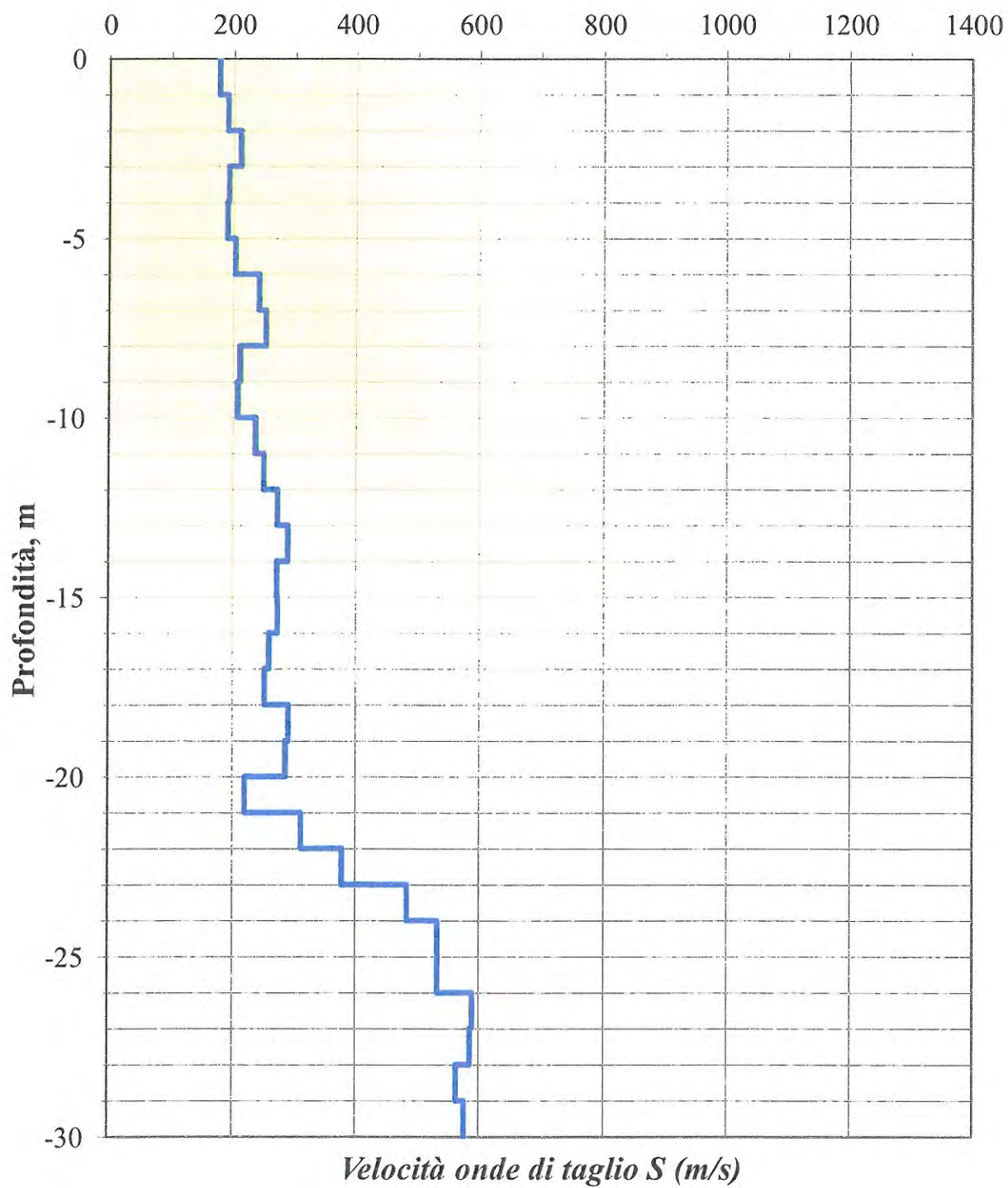


Da -25.00 m a -30.00 m da p.c.

Modena Molini Industriali
Down-hole sismico Sondaggio 1
Profilo di velocità onde P (Vp)



MODENA Molini Industriali
Down-hole sismico Sondaggio 1
Profilo di velocità onde S (Vs)



LABORATORIO GEOTECNICO



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. R03909

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno**

Data inizio prova: 23/04/13 Data fine prova: 30/04/13

Data emissione RdP: 30/04/2013

Sondaggio n. **1** Campione n. **2** Profondità di prelievo: **11.20-11.70 m**

Tipo di campione: **indisturbato**

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 0.003 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

RAPPORTO DI PROVA N°: R03909	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: (Inizio analisi: 23/04/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:	del	Apertura campione: 23/04/2013	Fine analisi: (

COMMITTENTE: Mulini Industriali

RIFERIMENTO: Modena

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 11.20 - 11.70

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

[illegible]

PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

COMMITTENTE:	Mulini Industriali		
RIFERIMENTO:	Modena		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2
		PROFONDITA': m	11.20 - 11.70

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	196	294
Tensione a rottura (kPa):	57	101	155
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,18	3,21	6,28
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,69	1,10	1,84
Umidità naturale (%):	26,1	---	---
Peso di volume (kN/m³):	17,3	17,6	17,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	5,6 kPa
Angolo di attrito interno:	26,5 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

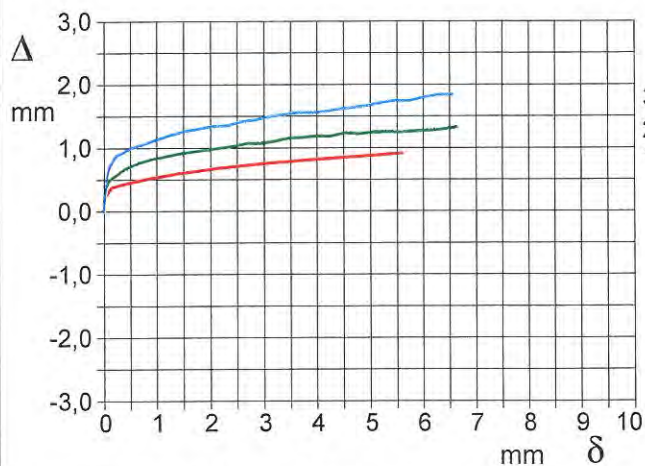
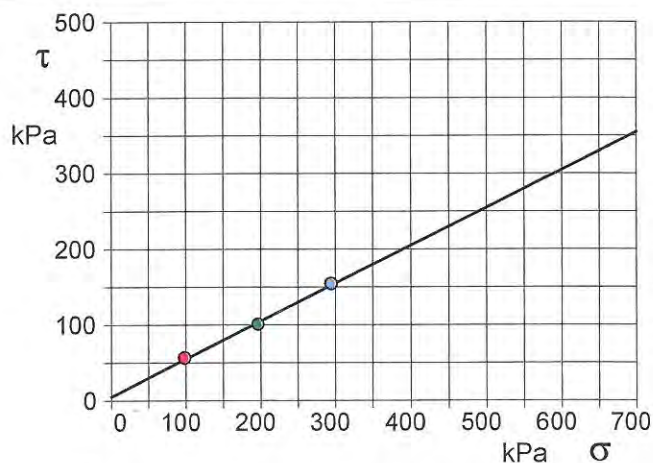


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

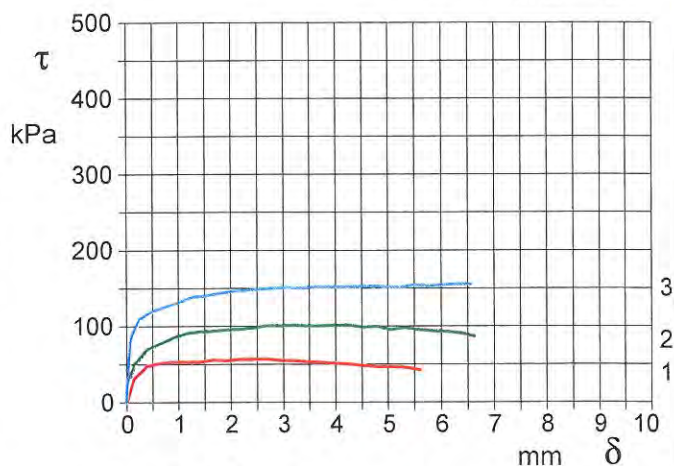



DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

 <p>PROVE PENETROMETRICHE</p>	<p align="center">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</p>	<p align="center">35.00</p>
<p align="center"><u>TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO</u></p>		<p align="center">Pagina 1/2</p>
<p align="center">RAPPORTO DI PROVA N. R03902</p> <p>Committente: Mulini Industriali</p> <p>Località: Modena</p> <p>Cantiere: studio terreno</p> <p>Data inizio prova: 17/04/13 Data fine prova: 24/04/13 Data emissione RdP: 29/04/2013</p> <p>Sondaggio n. 1 Campione n. 1 Profondità di prelievo: 5.70-6.00 m</p> <p>Tipo di campione: indisturbato</p>		
<p>Attrezzatura utilizzata</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 0.003 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. 		
<p>Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni</p> <p align="center">-</p>		
<p>Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate</p> <p>La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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". 		
<p>Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure</p> <p>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%.</p>		

RAPPORTO DI PROVA N°: R03902	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 29/04/2013	Inizio analisi: 17/04/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 17/04/2013	Fine analisi: 24/04/2013

COMMITTENTE: Mulini Industriali			
RIFERIMENTO: Modena			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	5.70 - 6.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

[illegible]

COMMITTENTE: Mulini Industriali

RIFERIMENTO: Modena

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.70 - 6.00

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	196	294
Tensione a rottura (kPa):	55	100	151
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,01	4,16	2,64
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,23	0,55	0,76
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	17,3	17,6	17,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 5,6 kPa
Angolo di attrito interno: 26,1 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

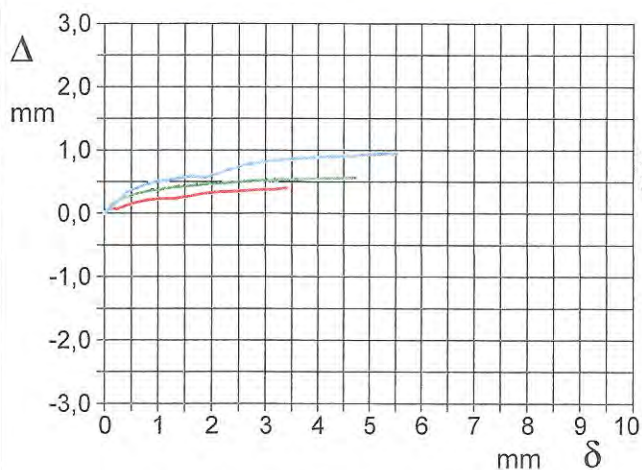
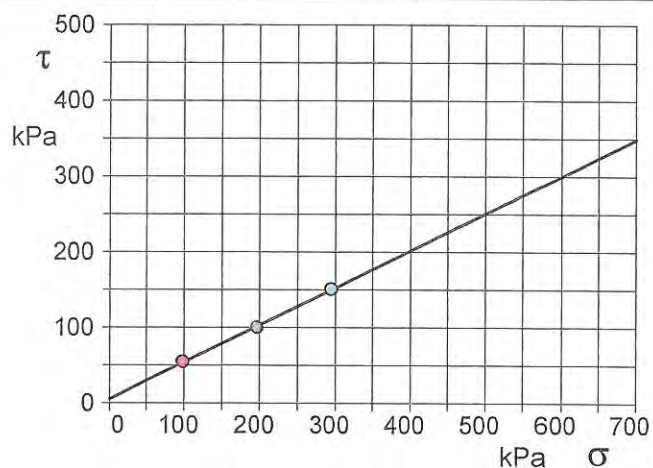


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

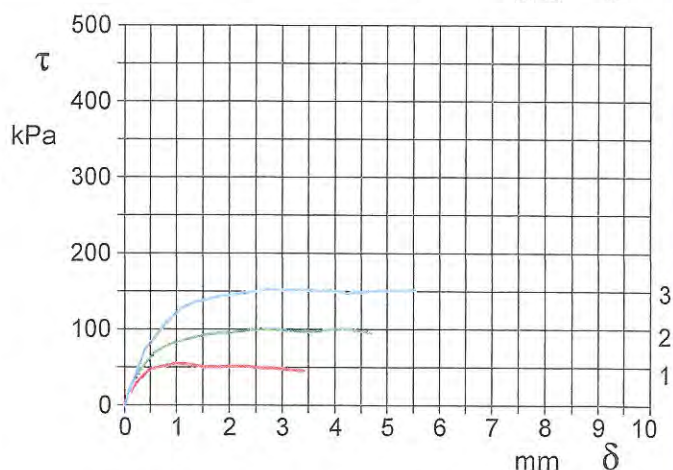


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

PROVA TRIASSIALE U.U.

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R03889

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno di fondazione**

Data inizio prova: 18/04/13

Data fine prova: 19/04/13

Data emissione rapporto di prova: 22/04/2013

Sondaggio n. 1 Campione n. 3 Profondità di prelievo: **17.50-18.00 m**

Tipo di campione: **shelby**

Attrezzatura utilizzata

- **N. 3 Celle triassiali Tecnotest TR206** costituite da materiale trasparente Perspex con cerchiature inox;
- **Sorgente di pressione costante Tecnotest TR305** con sistema aria/acqua con membrana d'interfaccia in grado di fornire una pressione costante regolabile da 0 a 1000 kPa (10 bar). L'apparecchiatura è costituita da un generatore di pressione mod Fiac Totem CCS 248 M (10 bar, 2 Hp, 90 l), da sei moduli-sorgente Tecnotest TR305 collegati tra loro e da un'unità manometrica Tecnotest mod. 305/020 attrezzata con 6 ingressi con valvole a dislocamento nullo e dotata di manometro AEP mod. Bit02B-PGE (s/n 704370) da 10 bar, risoluzione 0,01 bar. Ogni modulo-sorgente comprende il vaso con membrana d'interfaccia, la valvola di regolazione ed il circuito idro-pneumatico completo di rubinetti a dislocamento nullo, sfiati, condotti e raccordi. Il sistema è dotato di un moltiplicatore di pressione Tecnotest TR 305/M (s/n 13/01.01/11) che raddoppia la pressione idraulica in uscita dai moduli-sorgente per l'esecuzione di prove triassiali con pressione di confinamento pari a 20 bar;
- **Macchine a compressione/trazione Tecnotest mod. TR115** (Pressa A s/n 10/115/02, Pressa B s/n 11044/07, Pressa C s/n 10/115/02) aventi le seguenti caratteristiche:
 - o Massima capacità in compressione: 50 kN;
 - o Velocità costante di prova selezionabile tra 0,00001 e 12 mm/min;
 - o Corsa utile del martinetto: 100 mm;
 - o Luce verticale massima: 910 mm;
 - o Luce orizzontale: 440 mm;
- **Strumenti di misura del carico assiale e degli abbassamenti del provino** costituiti da:
 - o Celle di carico AEP mod. TCE (Pressa A s/n 904832, Pressa B s/n 904833, Pressa C s/n 717883) da 5 kN montate tra la pressa ed il pistone della cella di carico;
 - o Comparatori millesimali Mitutoyo mod. ID-C125XB (Pressa A s/n 10120260, Pressa B s/n 10120290, Pressa C s/n 10120289) da 25 mm, sensibilità 0,001 mm (altezza provino standard 38.1 mm);
- **Membrane impermeabili** in lattice naturale per provini da 38.1;
- **Carta da filtro Whatman.**

PROVA TRIASSIALE U.U.

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R03889

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno di fondazione**

Data inizio prova: **18/04/13** Data fine prova: **19/04/13**

Data emissione rapporto di prova: **22/04/2013**

Sondaggio n. **1** Campione n. **3** Profondità di prelievo: **17.50-18.00 m**

Tipo di campione: **shelby**

Fotografie dei provini al termine della fase di rottura



Provino 1



Provino 2



Provino 3

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"

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%.

RAPPORTO DI PROVA N°: R03889	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 22/04/2013	Inizio analisi: 18/04/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 15/04/13	Fine analisi: 19/04/2013

COMMITTENTE: Mulini Industriali			
RIFERIMENTO: Modena			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	17.50 - 18.00

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-03

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,09	0,12	5,7		0,10	0,13	11,7		0,06	0,08	9,4	
0,28	0,37	11,4		0,29	0,38	17,4		0,28	0,37	25,4	
0,45	0,60	16,4		0,52	0,68	24,3		0,48	0,63	32,1	
0,68	0,90	22,4		0,70	0,92	30,4		0,70	0,91	38,5	
0,89	1,18	27,6		0,91	1,20	33,8		0,88	1,16	42,5	
1,06	1,39	29,4		1,10	1,45	37,7		1,07	1,40	46,2	
1,27	1,66	33,7		1,32	1,73	41,9		1,29	1,69	51,8	
1,47	1,94	37,3		1,48	1,94	43,9		1,50	1,98	55,5	
1,69	2,22	39,3		1,70	2,24	46,0		1,70	2,24	58,5	
1,87	2,46	41,7		1,88	2,47	47,4		1,89	2,48	60,2	
2,07	2,72	44,5		2,10	2,76	48,2		2,10	2,76	62,2	
2,28	3,00	47,2		2,30	3,03	49,8		2,29	3,01	62,9	
2,49	3,28	48,2		2,47	3,25	52,0		2,48	3,27	62,9	
2,68	3,53	49,2		2,70	3,55	53,6		2,70	3,55	63,2	
2,89	3,80	49,9		2,91	3,82	54,8		2,90	3,81	64,2	
3,08	4,05	50,8		3,08	4,06	55,9		3,07	4,04	65,6	
3,26	4,29	51,8		3,28	4,31	56,7		3,30	4,34	66,2	
3,48	4,58	51,4		3,49	4,59	57,9		3,49	4,59	66,9	
3,69	4,85	52,3		3,66	4,81	58,7		3,66	4,82	67,9	
3,87	5,09	53,1		3,90	5,13	59,1		3,90	5,13	68,9	
4,08	5,36	53,8		4,10	5,40	59,7		4,09	5,38	69,6	
4,25	5,59	54,7		4,30	5,66	60,4		4,28	5,64	70,2	
4,46	5,87	55,4		4,50	5,92	61,1		4,49	5,91	70,6	
4,68	6,15	55,9		4,66	6,13	61,9		4,68	6,16	70,6	
4,87	6,40	56,6		4,89	6,43	62,5		4,89	6,43	70,2	
5,07	6,68	57,0		5,09	6,70	62,2		5,09	6,70	71,6	
5,29	6,96	57,3		5,27	6,93	62,9		5,30	6,97	71,6	
5,49	7,23	56,5		5,50	7,23	63,5		5,49	7,22	72,6	
5,68	7,47	56,3		5,69	7,49	64,1		5,70	7,50	72,6	
5,87	7,72	56,2		5,88	7,74	64,7		5,88	7,74	73,9	
6,09	8,01	56,9		6,10	8,03	64,5		6,07	7,99	73,6	
6,29	8,27	56,5		6,30	8,29	64,4		6,29	8,28	73,9	
6,48	8,52	56,5		6,48	8,53	64,2		6,49	8,54	73,9	
6,69	8,81	56,2		6,70	8,81	64,0		6,68	8,79	74,2	
6,87	9,04	56,5		6,90	9,08	63,8		6,90	9,07	74,2	
7,07	9,31	56,5		7,10	9,35	64,4		7,09	9,33	74,6	
7,29	9,60	56,9		7,30	9,60	64,2		7,30	9,60	73,9	
7,51	9,88	57,4		7,48	9,84	64,1		7,50	9,87	74,6	
7,68	10,11	57,7		7,70	10,13	64,6		7,67	10,09	74,6	
7,89	10,38	57,9		7,88	10,37	64,5		7,87	10,36	74,6	
8,09	10,65	58,0		8,08	10,63	65,1		8,07	10,61	73,6	
8,32	10,94	57,9		8,30	10,91	64,9		8,30	10,93	74,2	
8,50	11,18	57,9		8,49	11,17	64,7		8,50	11,18	74,6	
8,71	11,46	58,4		8,68	11,41	65,3		8,69	11,44	74,9	
8,90	11,71	58,5		8,89	11,69	65,1		8,88	11,68	73,6	
9,10	11,98	59,0		9,08	11,95	64,1		9,08	11,94	73,9	
9,33	12,28	59,0		9,29	12,23	63,9					
				9,47	12,46	63,7					
				9,70	12,77	62,7					

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Mulini Industriali

RIFERIMENTO: Modena

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 17.50 - 18.00

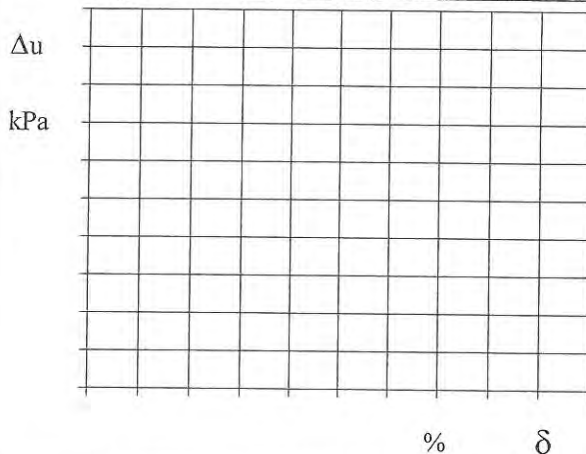
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-03

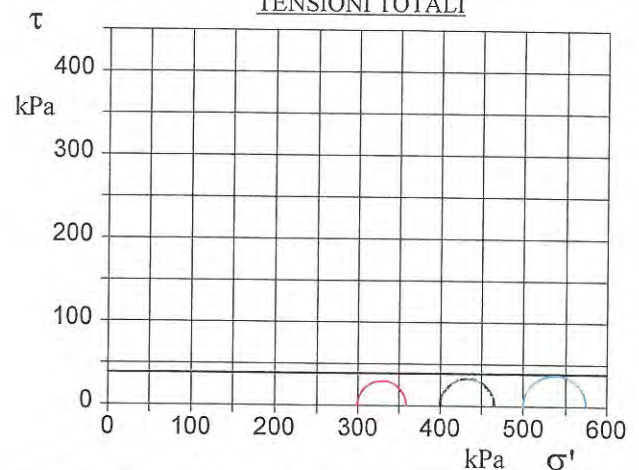
Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,60	3,81	18,1	0,00	33,6	100,0	300	0	300	12,0	59	329	29
2	7,60	3,81	17,7	0,00	34,3	100,0	400	0	400	11,4	65	433	33
3	7,60	3,81	17,7	0,00	37,3	0,0	500	0	500	11,4	75	537	37

H_o φ - Altezza e diametro dei provini
 w - Umidità dei provini
 γ γ_s - Peso di volume e peso specifico
 S - Grado di saturazione
 σ₃ - Pressione di cella
 u_o - Back pressure
 δ_f - Deformazione a rottura
 σ₁ σ₃ - Tensioni totali

Diagramma Pressione interstiziale - Deformazione



TENSIONI TOTALI

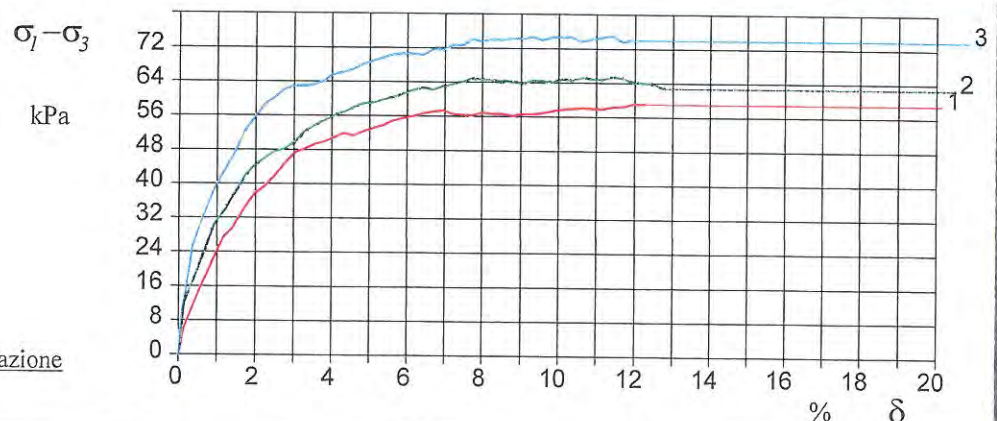


Velocità di deformazione:
1,000 mm/min

cu = 39 kPa

Diagramma

Tensione totale - Deformazione



PROVA TRIASSIALE U.U.

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R03890

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno di fondazione**

Data inizio prova: **19/04/13** Data fine prova: **20/04/13**

Data emissione rapporto di prova: **22/04/2013**

Sondaggio n. 1 Campione n. 4 Profondità di prelievo: **20.00 – 20.50 m**

Tipo di campione: **shelby**

Attrezzatura utilizzata

- **N. 3 Celle triassiali Tecnotest TR206** costituite da materiale trasparente Perspex con cerchiature inox;
- **Sorgente di pressione costante Tecnotest TR305** con sistema aria/acqua con membrana d'interfaccia in grado di fornire una pressione costante regolabile da 0 a 1000 kPa (10 bar). L'apparecchiatura è costituita da un generatore di pressione mod Fiac Totem CCS 248 M (10 bar, 2 Hp, 90 l), da sei moduli-sorgente Tecnotest TR305 collegati tra loro e da un'unità manometrica Tecnotest mod. 305/020 attrezzata con 6 ingressi con valvole a dislocamento nullo e dotata di manometro AEP mod. Bit02B-PGE (s/n 704370) da 10 bar, risoluzione 0,01 bar. Ogni modulo-sorgente comprende il vaso con membrana d'interfaccia, la valvola di regolazione ed il circuito idro-pneumatico completo di rubinetti a dislocamento nullo, sfiati, condotti e raccordi. Il sistema è dotato di un moltiplicatore di pressione Tecnotest TR 305/M (s/n 13/01.01/11) che raddoppia la pressione idraulica in uscita dai moduli-sorgente per l'esecuzione di prove triassiali con pressione di confinamento pari a 20 bar;
- **Macchine a compressione/trazione Tecnotest mod. TR115** (Pressa A s/n 10/115/02, Pressa B s/n 11044/07, Pressa C s/n 10/115/02) aventi le seguenti caratteristiche:
 - o Massima capacità in compressione: 50 kN;
 - o Velocità costante di prova selezionabile tra 0,00001 e 12 mm/min;
 - o Corsa utile del martinetto: 100 mm;
 - o Luce verticale massima: 910 mm;
 - o Luce orizzontale: 440 mm;
- **Strumenti di misura del carico assiale e degli abbassamenti del provino** costituiti da:
 - o Celle di carico AEP mod. TCE (Pressa A s/n 904832, Pressa B s/n 904833, Pressa C s/n 717883) da 5 kN montate tra la pressa ed il pistone della cella di carico;
 - o Comparatori millesimali Mitutoyo mod. ID-C125XB (Pressa A s/n 10120260, Pressa B s/n 10120290, Pressa C s/n 10120289) da 25 mm, sensibilità 0,001 mm (altezza provino standard 38.1 mm);
- **Membrane impermeabili** in lattice naturale per provini da 38.1;
- **Carta da filtro Whatman.**

PROVA TRIASSIALE U.U.

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R03890

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno di fondazione**

Data inizio prova: **19/04/13** Data fine prova: **20/04/13**

Data emissione rapporto di prova: **22/04/2013**

Sondaggio n. 1 Campione n. 4 Profondità di prelievo: **20.00 – 20.50 m**

Tipo di campione: **shelby**

Fotografie dei provini al termine della fase di rottura



Provino 1



Provino 2



Provino 3

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"

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°: R03890	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 22/04/2013	Inizio analisi: 19/04/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 15/04/13	Fine analisi: 20/04/2013

COMMITTENTE: Mulini Industriali			
RIFERIMENTO: Modena			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m	20.00 - 20.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-03

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,09	0,12	14,0		0,09	0,11	24,4		0,11	0,14	31,1	
0,30	0,40	29,7		0,30	0,39	43,0		0,29	0,39	53,8	
0,50	0,66	37,5		0,49	0,65	55,2		0,50	0,66	65,6	
0,67	0,89	43,5		0,69	0,91	62,0		0,69	0,91	76,6	
0,89	1,18	50,3		0,90	1,18	66,9		0,91	1,19	81,9	
1,09	1,44	55,3		1,09	1,43	71,1		1,09	1,43	86,0	
1,32	1,73	60,3		1,30	1,71	74,9		1,28	1,68	89,6	
1,51	1,98	63,6		1,50	1,98	77,6		1,48	1,95	93,3	
1,71	2,25	66,9		1,69	2,22	80,6		1,70	2,24	96,3	
1,90	2,49	69,3		1,87	2,46	83,1		1,90	2,50	99,3	
2,09	2,76	71,6		2,08	2,74	84,9		2,09	2,75	102,0	
2,31	3,04	74,8		2,30	3,02	87,3		2,27	2,99	105,0	
2,48	3,27	77,2		2,47	3,25	89,1		2,47	3,25	106,4	
2,71	3,57	80,4		2,68	3,52	90,3		2,69	3,54	108,7	
2,91	3,83	81,8		2,89	3,80	91,8		2,86	3,76	109,4	
3,11	4,10	84,1		3,08	4,05	93,1		3,09	4,06	109,7	
3,28	4,32	85,6		3,29	4,33	94,0		3,31	4,35	110,7	
3,51	4,62	87,0		3,46	4,56	94,6		3,51	4,62	111,4	
3,72	4,89	88,4		3,68	4,84	95,8		3,70	4,86	112,0	
3,91	5,14	89,0		3,87	5,09	96,5		3,90	5,13	112,0	
4,10	5,40	89,6		4,09	5,38	97,3		4,11	5,40	112,7	
4,35	5,72	91,0		4,28	5,63	98,2		4,30	5,65	113,4	
4,54	5,97	91,5		4,49	5,91	98,3		4,50	5,92	113,7	
4,75	6,25	92,1		4,70	6,18	99,0		4,70	6,18	113,4	
4,92	6,48	92,7		4,92	6,47	99,7		4,88	6,42	114,4	
5,16	6,79	92,4		5,11	6,73	99,8		5,08	6,69	115,1	
5,32	7,00	93,0		5,29	6,97	100,7		5,28	6,95	115,1	
5,56	7,32	92,7		5,52	7,26	101,0		5,50	7,23	115,1	
5,73	7,54	93,3		5,72	7,53	102,0		5,70	7,50	115,1	
5,95	7,82	93,0		5,93	7,80	102,3		5,90	7,76	115,7	
6,14	8,08	93,5		6,14	8,08	103,0		6,09	8,01	116,4	
6,35	8,36	93,2		6,33	8,33	103,0		6,26	8,23	116,7	
6,55	8,61	93,8		6,51	8,57	104,3		6,50	8,55	117,1	
6,77	8,90	93,5		6,71	8,83	105,4		6,69	8,81	116,4	
6,98	9,18	94,0		6,94	9,13	106,0		6,89	9,07	115,4	
7,16	9,42	93,7		7,13	9,38	106,7		7,07	9,30	115,1	
7,37	9,69	93,5		7,32	9,63	107,0		7,26	9,56	114,7	
7,58	9,97	93,2		7,54	9,92	107,7		7,47	9,83	115,1	
7,76	10,21	92,9		7,73	10,17	108,7		7,67	10,10	113,7	
7,98	10,50	92,6		7,94	10,44	109,4		7,87	10,35	114,0	
8,15	10,73	93,2		8,12	10,68	109,4		8,08	10,63	114,7	
8,37	11,01	92,9		8,33	10,95	109,7		8,27	10,88	115,4	
8,57	11,27	92,6		8,52	11,21	109,4		8,48	11,15	116,1	
8,75	11,51	93,1		8,67	11,41	109,4		8,68	11,42	115,4	
8,98	11,81	92,1		8,90	11,71	109,4		8,87	11,67	115,1	
9,15	12,03	91,8		9,13	12,02	109,4		9,07	11,93	115,4	
9,36	12,31	90,8		9,34	12,28	109,4		9,26	12,18	116,1	
9,55	12,57	90,5						9,48	12,47	116,1	
9,77	12,86	89,4						9,66	12,71	115,1	
9,98	13,13	87,6						9,88	12,99	113,4	
10,17	13,38	85,8									

COMMITTENTE: Mulini Industriali

RIFERIMENTO: Modena

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 4

PROFONDITA': m 20.00 - 20.50

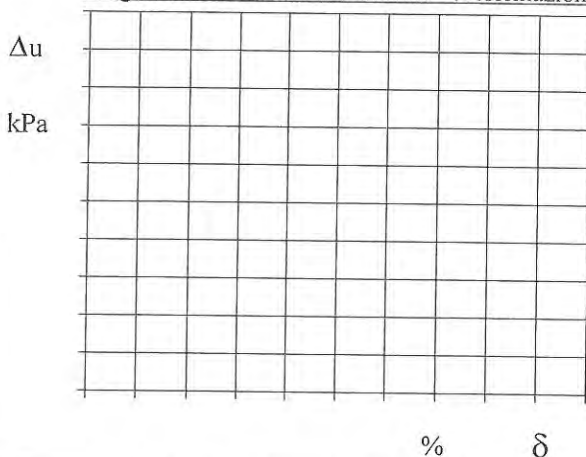
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-03

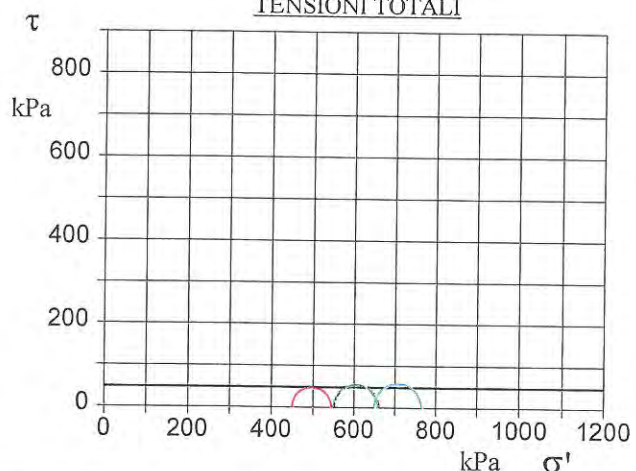
Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,60	3,81	17,2	0,00	43,5	100,0	450	0	450	9,2	94	497	47
2	7,60	3,81	17,1	0,00	46,1	100,0	550	0	550	11,0	110	605	55
3	7,60	3,81	17,4	0,00	41,9	0,0	650	0	650	8,5	117	709	59

H_o φ - Altezza e diametro dei provini
 w - Umidità dei provini
 γ γ_s - Peso di volume e peso specifico
 S - Grado di saturazione
 σ₃ - Pressione di cella
 u_o - Back pressure
 δ_f - Deformazione a rottura
 σ₁ σ₃ - Tensioni totali

Diagramma Pressione interstiziale - Deformazione



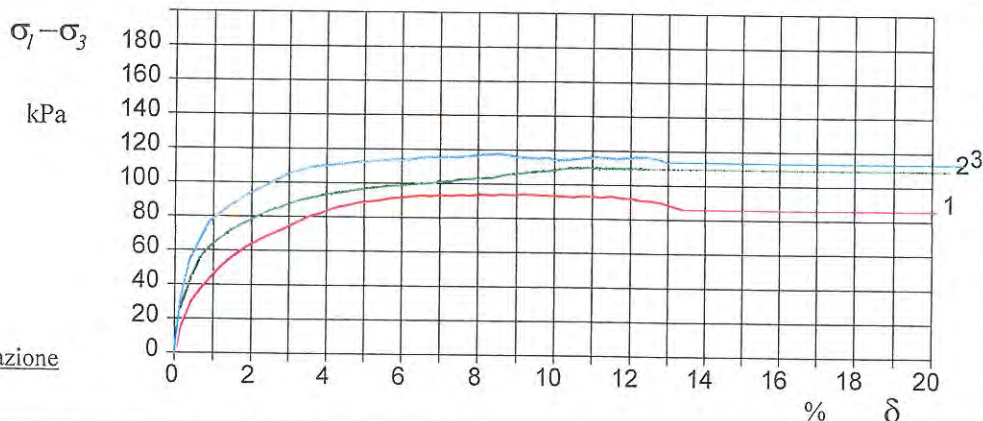
TENSIONI TOTALI

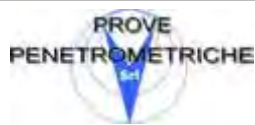


Velocità di deformazione:
1,000 mm/min

cu = 48 kPa

Diagramma
Tensione totale - Deformazione





PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: info@provepenetrometriche.com
www.provepenetrometriche.com

36.00

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1

Pagina 1/8

RAPPORTO DI PROVA N. P02547

Committente: **Molini Industriali srl**

Località: **Modena, via Attiraglio**

Cantiere: **nuovo deposito farine**

Data prova: **06/12/21**

Data emissione rapporto: **07/12/21**

Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica cingolata Atlas Copco Mustang A 66 - CB T (anno di fabbrica: 1995 - matr. n. OR 95/3480/653) montata su sottocarro cingolato MT 10 semovente, con pattini in acciaio e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di due motori: un motore diesel a 4 tempi Lombardini LDW 2004 avente cilindrata 2068 cm³, potenza 35 kW, RPM 3.000 giri/min; un motore KHD Deutz F 3- 6 L 912/W, cilindrata 2.826 cm³. L'antenna è caratterizzata da un tiro e da una spinta di 80 kN, corsa 3.700 mm, mentre la testa idraulica di rotazione S 1.300, avente n. 8 velocità, presenta una coppia massima di 13.233 Nm e una velocità massima di 614 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MN 120-2 ed una pompa acqua Imovilli P123.

Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro ϕ 101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro \emptyset 127 mm per 28.20 m totali in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio.

Nel corso del sondaggio sono state eseguite n. 2 prove Standard Penetration Test (S.P.T.) alle profondità di 25.80 m e 27.00 m utilizzando un dispositivo di guida e sganciamento automatico tipo "Martino Nenzi" (massa sistema di battuta: 4,20 kg), attrezzato con un maglio avente massa pari a 63,50 Kg; a tale attrezzatura è avvitata una batteria di aste aventi diametro ϕ 50,46 mm e massa lineare 7 kg/m, alla quale è avvitata sul fondo una punta conica, dello stesso diametro, per la penetrazione nel terreno, avente area di base pari a 20 cm² ed angolo di 60°. La profondità di giunzione della prima asta è pari a 0,80 m. I risultati della prova, per avanzamenti di 15 cm, sono riportati a pagina 3/8 del presente rapporto.

IL RESPONSABILE DI SITO

Dott. Geol. Emilio Guerzoni



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: info@provepenetrometriche.com
www.provepenetrometriche.com

36.00

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1

Pagina 2/8

RAPPORTO DI PROVA N. P02547

Committente: **Molini Industriali srl**

Località: **Modena, via Attiraglio**

Cantiere: **nuovo deposito farine**

Data prova: **06/12/21**

Data emissione rapporto: **07/12/21**

Procedure di campionamento

Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pag. 5/8, 6/8, 7/8) e consegnate alla Committenza.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento:
- AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Non si sono riscontrate anomalie nelle misure e nella perforazione.

Incertezza associata alle prove **SPT**: **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%.

Software di elaborazione: "Stratigrafie" ver. 10.1.9 realizzato dalla società SGeo di Roma.

IL RESPONSABILE DI SITO

Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Committente: Molini Industriali srl	Sondaggio: 1
Riferimento: Nuovo deposito farine	Data: 06/12/2021
Località: Modena, via Attiraglio	Quota:
Coordinate WGS84/UTM 32 N:	

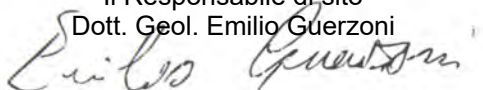
LEGENDA STRATIGRAFIA

Pagina 4/8

ø mm	metri batt.	R v	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Standard Penetration Test				DATI TECNICI
							m	S.P.T.	N	Pt	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Rivestimento
- 4) Simbolo litologico
- 5) Profondità della base dello strato (m)
- 6) Spessore dello strato (m)
- 7) Descrizione della litologia dello strato
- 8) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 9) Prova S.P.T.
- 10) Valore di N_{spt}
- 11) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 12) Dati tecnici

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni



Committente: Molini Industriali srl

Sondaggio: 1

Riferimento: Nuovo deposito farine

Data: 06/12/2021

Fotografie - Pagina 1/4

Pagina 5/8



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Committente: Molini Industriali srl

Sondaggio: 1

Riferimento: Nuovo deposito farine

Data: 06/12/2021

Fotografie - Pagina 2/4

Pagina 6/8



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Emilio Guerzoni

Committente: Molini Industriali srl

Sondaggio: 1

Riferimento: Nuovo deposito farine

Data: 06/12/2021

Fotografie - Pagina 3/4

Pagina 7/8



Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 29,00

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Emilio Guerzoni

Committente: Molini Industriali srl

Sondaggio: 1

Riferimento: Nuovo deposito farine

Data: 06/12/2021

Fotografie - Pagina 4/4

Pagina 8/8



Ubicazione sondaggio

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Emilio Guerzoni