

# Comune di Soliera

## Provincia di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

RELAZIONE GEOTECNICA relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4. NTC 2018)

ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)

Relazione contenente lo studio di "MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO" (ai sensi della DGR 630/2019 RER) con verifica del coefficiente di amplificazione del moto sismico secondo approccio descritto nella normativa della Regione Emilia Romagna e verifica dei fenomeni di liquefazione



### OGGETTO:

**Studio del terreno di fondazione  
inerente l'ampliamento di un comparto  
denominato "Le Antiche Querce",  
sito in Via Roncaglia  
nel Comune di Soliera (MO)**



ASSOCIATO



**GEO GROUP s.r.l.**  
Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA  
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176  
E-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)  
P.IVA e C.F. 02981500362  
[www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)



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

## **Relazione Tecnica**

comprendente:

### **RELAZIONE GEOLOGICA**

inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

### **RELAZIONE GEOTECNICA**

Relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4. NTC 2018)

### **ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**

Relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)

### **MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO**

Relazione contenente lo studio di "microzonazione sismica del sito" (ai sensi della DGR 2193/2015 RER) con verifica del coefficiente di amplificazione del moto sismico secondo approccio descritto nella normativa della Regione Emilia Romagna e verifica dei fenomeni di liquefazione

## **Oggetto:**

**Studio del terreno di fondazione inerente l'ampliamento di un comparto denominato "Le Antiche Querce", sito in Via Loschi nel Comune di Soliera (MO).**

---

## Indice del contenuto

1. PREMESSE.....	3
2. RELAZIONE GEOLOGICA.....	4
2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA.....	4
2.2 INDAGINI GEOTECNICHE .....	5
2.2.1. Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT .....	5
2.3 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	8
3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....	9
3.1 INDAGINI GEOFISICHE .....	9
3.1.1 Indagine sismica con metodo MASW.....	9
3.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC 2018).....	10
3.3 AZIONE SISMICA E RISPOSTA SISMICA DEL SITO .....	11
3.4 Microzonazione sismica .....	14
3.5 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (§ 7.11.3.4 NTC 2018).....	16
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	17

## Tavole

Tav. n. 1: "Carta Corografica"	scala 1: 25.000
Tav. n. 2: "Carta Topografica"	scala 1: 10.000
Tav. n. 3: "Ripresa fotografica generale dell'area di interesse"	scala grafica
Tav. n. 4: "Carta della litologia di superficie"	scala 1: 5.000
Tav. n. 5: "Indagini geognostiche"	scala grafica

## Allegati

- ALL. n. 1 Prove penetrometriche CPT corredate di interpretazione geotecnica
- ALL. n. 2 Indagini sismiche
- ALL. n. 3 Verifica alla liquefazione

## 1. PREMESSE

Su incarico della Proprietà e in accordo con lo Studio Tecnico di progettazione, nel mese di giugno 2019, è stato eseguito il presente studio, al fine di accertare le caratteristiche litostratigrafiche e le proprietà geotecniche e sismiche del terreno di fondazione di un'area che sarà interessata dall'ampliamento di un comparto residenziale denominato "Le Antiche Querce", sita in Via Loschi, in Comune di Soliera (MO).



Fig.1.1: Estratto dalla planimetria comparto "Le Antiche Querce".



Fig.1.2: Ripresa satellitare dell'area di interesse, tratta da Google Maps.

---

## 2. RELAZIONE GEOLOGICA

---

### 2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA

---

Da quanto si evince dalla "Carta della litologia di superficie", scala 1: 5.000, (**tav. n. 4**) nell'area oggetto di studi affiora la seguente litologia:

#### Successione Neogenico Quaternaria del Margine Appenninico Padano

**AES8 – Subsistema di Ravenna:** Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m. (Età: *Olocene -età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni - Post-VI secolo d.C.*). Tale Unità affiora in litofacies limosa nel lotto oggetto di studio ed in un'ampia area circostante.

**AES8a - Unità di Modena:** Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. 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). (Età: *Post-VI secolo d.C.*). I depositi descritti sono presenti, in litofacies argillosa ad est dell'area di interesse.

## 2.2 INDAGINI GEOTECNICHE

Per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del terreno di fondazione, sono state considerate le seguenti indagini geognostiche:

- **n. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT;**
- **n.1 prova penetrometrica statica con piezocono SCPTU**
- **n. 1 indagine sismica MASW.**

In particolare n.2 prove penetrometriche statiche sono state eseguite nel lotto oggetto di studio ed ubicate come riportato nella **Tavola n.5**, mentre n.1 prova penetrometrica CPT (n.73) e n.1 prova penetrometrica SCPTU sono state eseguite in un lotto limitrofo e considerate nel presente lavoro come conferma delle indagini eseguite in sito.

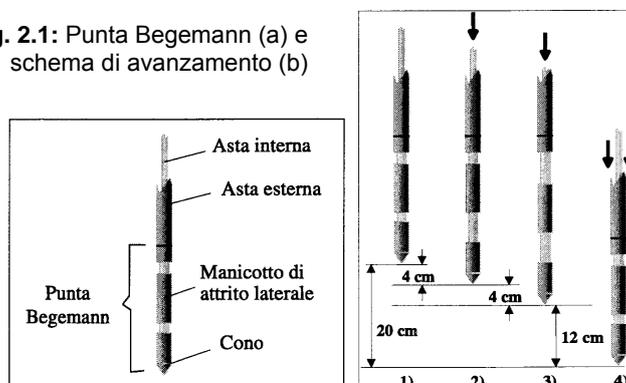
In **allegato n. 1** sono presenti i grafici e i tabulati relativi alle prove penetrometriche statiche CPT e CPTU, corredate di interpretazione geotecnica. Nell'**allegato n. 2** è visibile l'indagine sismica MASW.

### 2.2.1. Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

Per la lottizzazione in oggetto sono state eseguite **n. 2 prove penetrometriche statiche CPT**, spinte entrambe fino alla profondità di - 20.40 m da p.c.. Nell'**Allegato n. 1** sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove eseguite, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica. Le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato sono le seguenti:

Punta meccanica	<b>Begemann</b>
Spinta	<b>200 kN</b>
Intervalli di misura	<b>20 cm</b>
Parametri registrati	<b>R<sub>p</sub></b> (resistenza alla punta)
	<b>R<sub>I</sub></b> (resistenza attrito laterale)
Area punta	<b>10 cm<sup>2</sup></b>
Angolo alla punta	<b>60°</b>

Fig. 2.1: Punta Begemann (a) e schema di avanzamento (b)



La prova penetrometrica statica CPT (*Cone Penetration Test*) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta meccanica Begemann (**fig. 2.1**). 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 cm<sup>2</sup>. Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm<sup>2</sup>. 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. 2.1**):

- 1) posizione di riposo con punta completamente chiusa;
- 2) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta (Rp);
- 3) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale (RI);
- 4) 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 cm<sup>2</sup>. 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<sub>c</sub>" e dell'attrito laterale locale "f<sub>s</sub>" possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$q_c(x) = R_p(x) \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

dove:

$$AP \text{ (Area Punta)} = 10 \text{ cm}^2$$

$$AM \text{ (Area Manicotto Laterale)} = 150 \text{ cm}^2$$

$$f_s(X) = (RI(x+1) - R_p(x+1)) \cdot (AP/AM) = (RI(x+1) - R_p(x+1)) / 15$$

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: dal rapporto tra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale è infatti possibile risalire, attraverso l'esperienza di **Begemann**, modificata da **Schmertmann** (di seguito descritti), alla granulometria, e di conseguenza alla litologia, dei terreni attraversati dall'indagine.

### Metodo di Begemann:

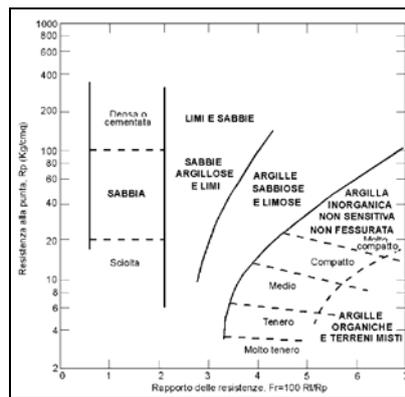
Il metodo di BEGEMANN considera il **rapporto tra Rp e RI** come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto Rp/RI	Litologia
$Rp/RI < 15$	Argilla organica e torba
$15 < Rp/RI < 20$	Limo e/o argilla inorganica
$30 < Rp/RI < 60$	Limo sabbioso e sabbia limosa
$Rp/RI > 60$	Sabbie o sabbia più ghiaia

Va ricordato che tali correlazioni sono valide solo per terreni immersi in falda.

### Metodo di Schmertmann:

Il metodo di SCHMERTMANN considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto delle resistenze **Fr** (con  $Fr\% = 100 RI/Rp$ ), secondo il grafico seguente:



---

## 2.3 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

---

In relazione ai dati ottenuti dalle prove penetrometriche eseguite, si può riassumere la seguente serie litologica:

- Le CPT eseguite presentano fino a - 2.00/2.10 m da p.c. uno **strato di argille e limi sovraconsolidati a consistenza medio - elevata**, con valori di **Rp** compresi tra 1.39 e 5.94 MPa, seguito da **depositi argilloso - limosi**, che presentano valori di **Rp** compresi tra 0.59 e 0.99 MPa e si approfondiscono fino a - 3.00 m da p.c.. Da tale quota si rileva la presenza di un **livello argilloso - limoso a media consistenza**, con valori di **Rp** compresi tra 1.19 e 1.88 MPa, individuato fino alla quota di -5.00/5.20 m da p.c. e seguito da depositi **argilloso - limosi mediamente consistenti**, caratterizzati da valori di **Rp** compresi tra 0.99 e 2.38 MPa, presenti fino alla quota compresa tra - 6.60 m e - 7.00 m da p.c.. Dalle quote suddette è presente uno strato di **argille e limi a scarsa consistenza** (**Rp** compreso tra 0.59 e 1.09 MPa), rilevato fino a - 8.00/8.40 m da p.c., seguiti da uno **strato argilloso - limoso mediamente consistente**, con valori di **Rp** compresi tra 1.09 e 1.98 Mpa, che si approfondisce fino a - 10.20/10.80 m da p.c., quote alle quali si rileva la presenza di un nuovo **strato argilloso - limoso a scarsa consistenza** (**Rp** compresi tra 0.50 e 0.99 MPa) che si approfondisce fino a -11.20/11.60 m da p.c.. Da tali quote è presente uno **strato argilloso - limoso a consistenza medio - elevata**, caratterizzato da valori di **Rp** compresi tra 0.99 e 2.97 MPa e rilevato fino alla profondità di - 16.00 m da p.c., quota alla quale si rileva un nuovo livello di **argille e limi mediamente consistenti**, con valori di **Rp** compresi tra 0.89 e 1.98 MPa, presente fino a - 17.80 m da p.c.; da qui è presente uno **strato limoso - sabbioso** (**Rp** compreso tra 1.68 e 3.47 MPa). che si approfondisce fino alla profondità di - 18.80 m da p.c. ed è seguito da uno **strato argilloso - limoso consistente** (**Rp** compreso tra 2.48 e 4.26 MPa), rilevato fino a fondo foro (-20.40 m da p.c. in entrambi i fori di sondaggio);
- per quanto riguarda il grado di consolidazione dei materiali coesivi, nelle CPT eseguite è stata rinvenuta la presenza di terreni sovraconsolidati **SC** con **OCR > 4** fino alla profondità di - 6.00 m da p.c. (CPT n. 1) e fino a - 3.00 m da p.c. (CPT n. 2), seguiti da un'alternanza di terreni leggermente sovraconsolidati con **OCR compreso tra 2 e 4** e di terreni normalconsolidati con **OCR compreso tra 1 e 2** e qualche livelletto di terreni sovraconsolidati **SC** con **OCR > 4**;
- al termine della CPT, la soggiacenza della **falda freatica** all'interno dei fori di sondaggio è stata rilevata alla profondità di **Dw = - 2.10 m** da p.c. per entrambe le prove penetrometriche eseguite. Le misurazioni sono state eseguite mediante freatimetro elettroacustico.

### 3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

#### 3.1 INDAGINI GEOFISICHE

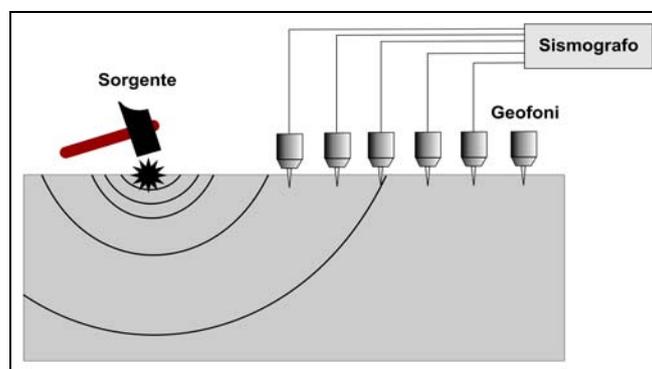
Per la classificazione sismica dell'area di studio, è stata presa in considerazione la seguente indagine geofisiche, eseguita in un'area limitrofa a quella studiata:

- **n. 1 indagine sismica MASW**

Nell'allegato n. 2 sono visibili i grafici e i risultati dell'indagine sismica MASW.

#### 3.1.1 Indagine sismica con metodo MASW

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4.5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Questa tecnica, nota con la sigla **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la "curva di dispersione", dalla cui inversione è stato calcolato il **modello sismo-stratigrafico** espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). I dati sono stati registrati mediante un sismografo *Geode Geometrics* 24 bit con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.25 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Si effettuano battute poste ad offset diversi (10 m e 15 m di distanza dal primo geofono) mediante grave da 8.0 kg di massa.



*Schema di Array lineare e punto energizzante.*

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(fase)/freq.$ , può essere convertito nel profilo Vs/profondità. Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un

modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

### 3.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC 2018)

Per determinare il parametro  $V_{s30}$  e definire quindi la categoria di sottosuolo dell'area indagata (§ 3.2.2 NTC 2018) sono state eseguite in sito le indagini sismiche descritte nel precedente paragrafo. L'elaborazione delle indagini sismiche sopra citate restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione attraverso un'immagine a colori che mostra il profilo delle velocità delle onde di Rayleigh come velocità di fase e frequenza. Analizzando tale grafico si ottiene un modello teorico dell'andamento delle  $V_s$  con la profondità fino ad una quota di -30.00 m dal piano di posa delle fondazioni, attraverso la formula:

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

Dall'elaborazione dell'indagine sismica eseguita si è ottenuto il valore di  $V_{s30}$  pari a:  $V_{s,30}=219$  m/s. Pertanto, secondo la classificazione del sottosuolo imposta dal NTC 2018, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla appartenente alla **categoria C**, corrispondente a:

DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SUPERIORI A 30 m, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA **180 m/s** E **360 m/s**.

### 3.3 AZIONE SISMICA E RISPOSTA SISMICA DEL SITO

Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale proposta a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche, il **Comune di Soliera (MO)** risulta appartenente alla **classe di sismicità 3** (Fig. 3.1).

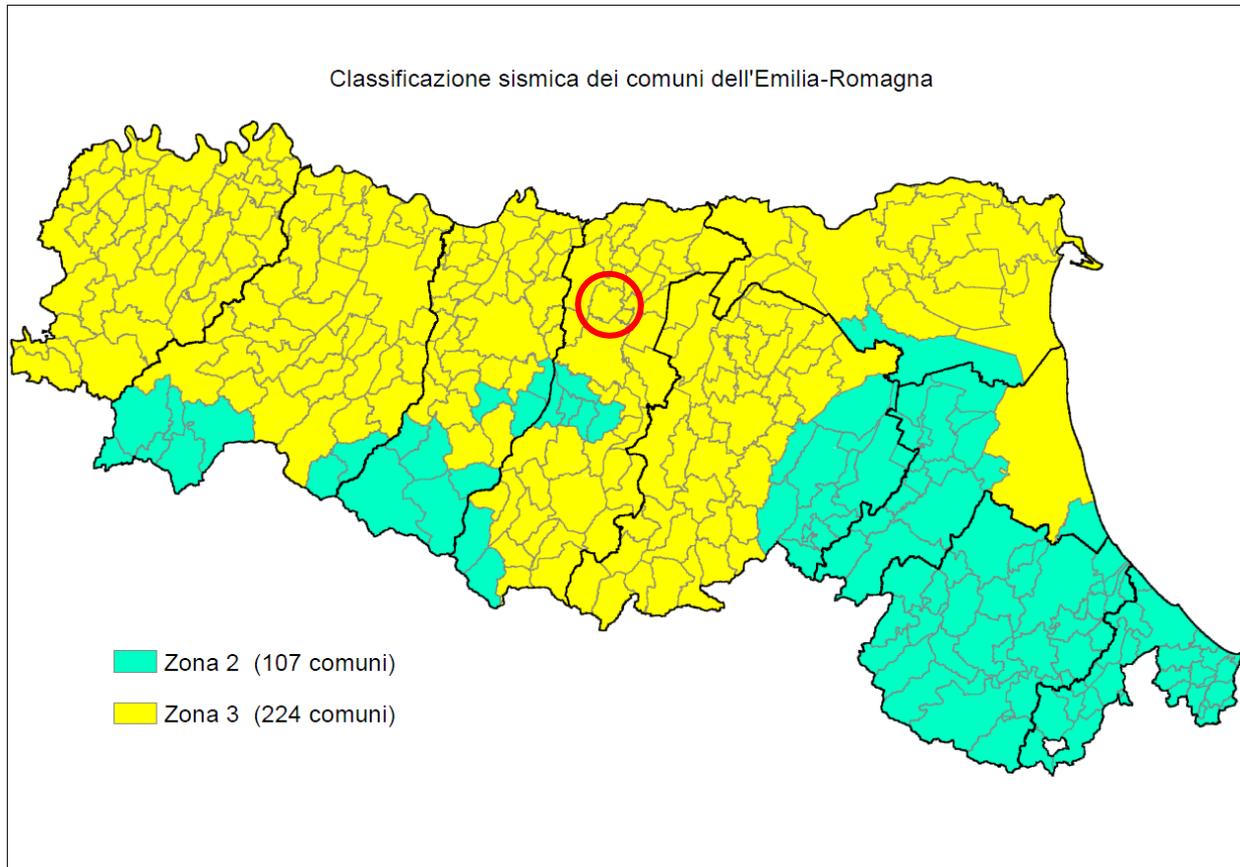


Fig. 3.1: Classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna (DGR 1164/2018).

La suddivisione del territorio nazionale in zone a diversa classe di sismicità, caratterizzate da un valore di accelerazione di picco ed un corrispondente spettro di risposta elastico da utilizzare nella progettazione, risulta in realtà superata dall'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008. Sulla base dei contenuti delle NTC 2008 e delle successive NTC 2018, per ogni costruzione deve essere definita un'accelerazione di riferimento propria, in funzione delle coordinate geografiche dell'area e della vita nominale dell'opera.

Per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (**Sistema di riferimento ED50**): Latitudine: 44.731047°, Longitudine 10.922305°, in relazione a un periodo di riferimento  $T_R$  stimato di **475 anni**, considerando una classe dell'edificio pari a **II**, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa  $a_g$  pari a  **$a_{g\text{ attesa}} = 0.158$** .

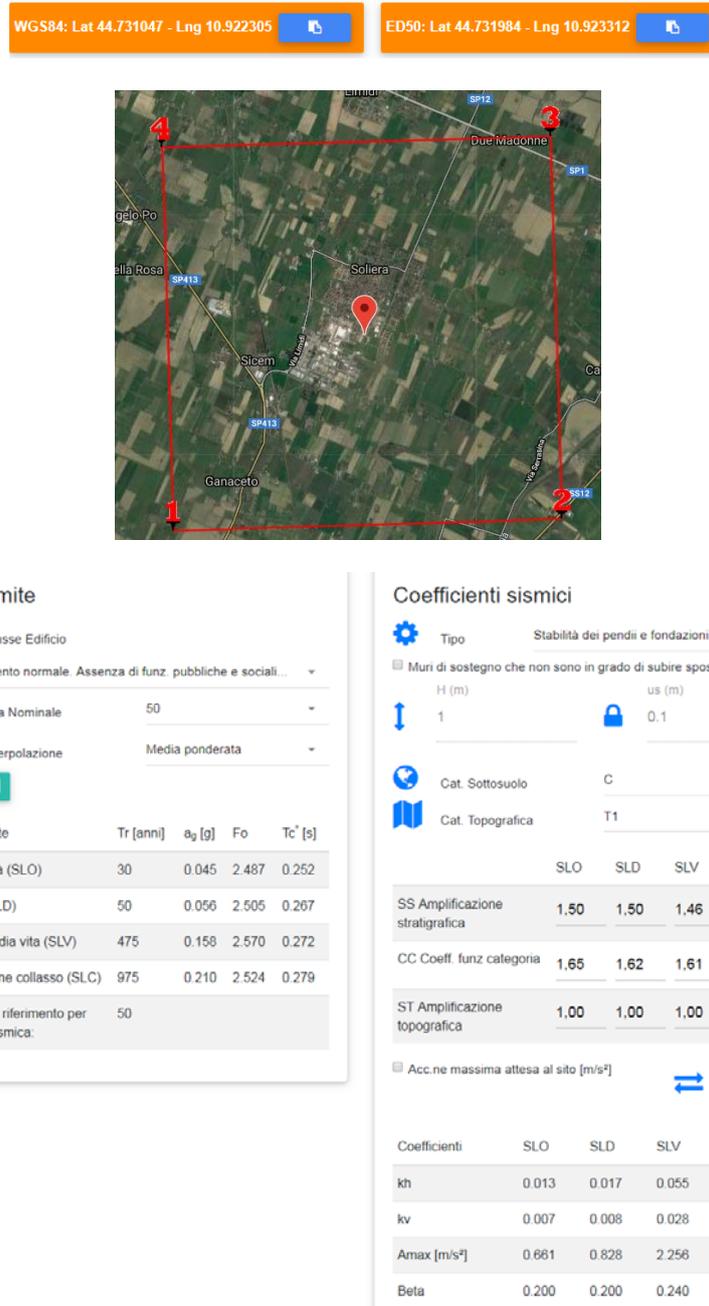


Fig. 3.1: Parametri sismici caratteristici della maglia di punti riportata in figura, in cui ricade l'area oggetto del presente studio (da [www.geostru.com/us/parametri-sismici/](http://www.geostru.com/us/parametri-sismici/))

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

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

Per la definizione dell'azione sismica, sulla base di quanto previsto dalle N.N.T.C., si può fare riferimento ad un approccio semplificato che **si basa sull'individuazione della categoria di**

**sottosuolo e le condizioni topografiche del sito**, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica.

Sulla base delle NTC 2018, e tenendo conto dei dati ottenuti **dall'indagine geofisica eseguita in sito**, si **classifica** il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla **categoria C**.

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  $S_s$ , essendo in classe C, si avrà:

$$S_s = 1,00 \leq 1,70 - (0,60 \cdot F_o \cdot a_g/g) \leq 1,50$$

dove:

- $F_o$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.570**;
- $a_g/g$  = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a **475 anni**/accelerazione di gravità;
- $S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione 4.1.1; per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.46**.

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

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.4

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

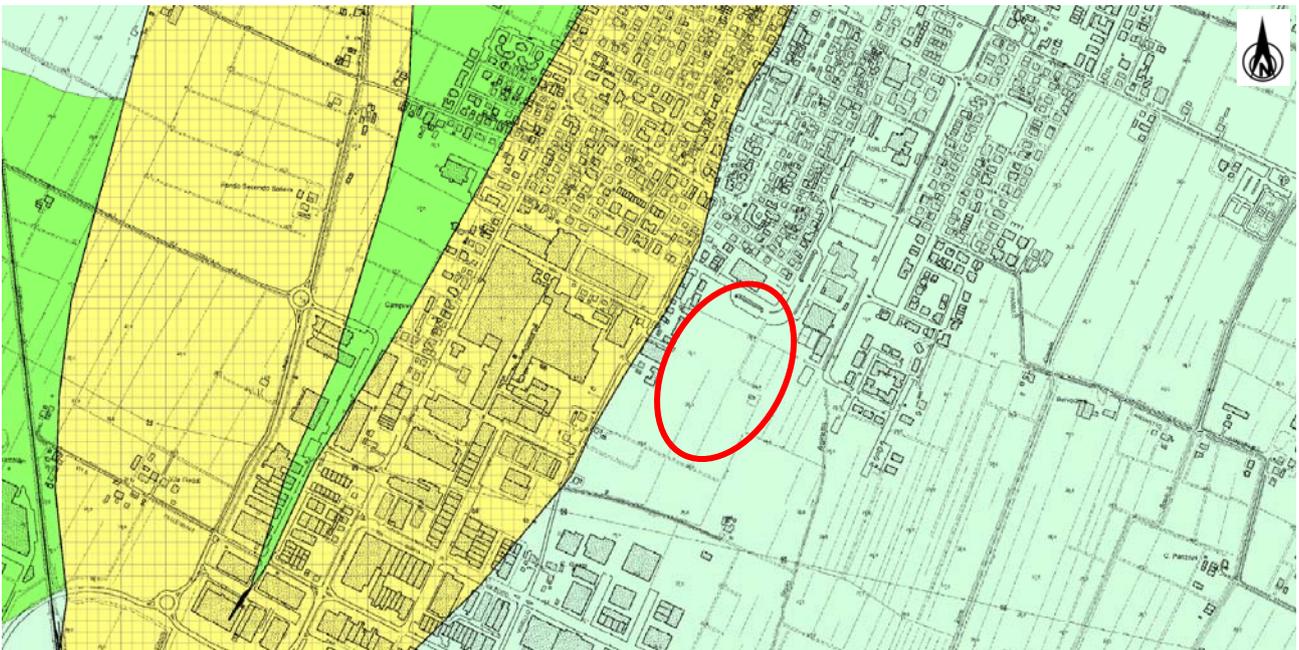
In base a tali valori del fattore stratigrafico  $S_s$  e del fattore topografico  $S_T$  si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale  $A_{max}$ :

$$A_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1.46 \cdot 1.0 \cdot 0.158 g = 0.231g$$

### 3.4 Microzonazione sismica

Secondo quanto esposto nella D.G.R. 630/2019, sono stati forniti i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia ed al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

Dalla consultazione della "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" del Comune di Soliera, l'area in studio risulta "stabile suscettibile di amplificazioni locali" e necessita di un approfondimento di II livello.



#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Z1** Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità  
 Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche  
 Studi previsti: Approfondimento di II livello
- Z2** Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose, limi argillosi di bassa plasticità  
 Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche  
 Studi previsti: Approfondimenti di II livello
- Z3** Argille organiche di media plasticità, con intercalazioni composte da limi-sabbiosi e sabbie limose (spessore massimo 2.00 m) a medio - elevato addensamento  
 Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche  
 Studi previsti: Approfondimenti di II Livello
- Z4** Sabbie limose e miscele di sabbia e limo, raccolte in banchi superficiali con spessore variabile da 4.00 a 10.00 m, con al tetto sottili depositi argilloso limosi (Area golenale - Fiume Secchia).  
 Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e potenziali fenomeni di liquefazione dei livelli incoerenti  
 Studi previsti: Approfondimenti di III livello per la stima del potenziale di liquefazione
- Z5** Sabbie argillose, intercalazioni di orizzonti argillosi ad alta plasticità e livelli sabbiosi da scarso a medio addensamento. Fascia di trasgressione fluviale (Fiume Secchia e canalizzazioni secondarie)  
 Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e potenziali fenomeni di liquefazione dei livelli incoerenti  
 Studi previsti: Approfondimenti di III per stima del potenziale di liquefazione e cedimenti co-sismici



Fig. 3.1: Estratto della tavola della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

L'area in oggetto, sulla scorta delle informazioni geologiche disponibili e precedentemente illustrate, risulta inserita in un contesto di tipo **PIANURA 2**: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c..

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ), **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

Considerando i risultati ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite in sito (indagini sismiche MASW:  $V_{S30} = 219$  m/s), si ricavano i seguenti parametri:

fattore di amplificazione PGA	1.7
fattore di amplificazione SA1 ( $0.1s \leq T \leq 0.5s$ )	1.8
fattore di amplificazione SA2 ( $0.4s \leq T \leq 0.8s$ )	2.7
fattore di amplificazione SA3 ( $0.7s \leq T \leq 1.1s$ )	3.2
fattore di amplificazione SA4 ( $0.5s \leq T \leq 1.5s$ )	3.1
fattore di amplificazione SI1 ( $0.1s \leq T \leq 0.5s$ )	2.0
fattore di amplificazione SI2 ( $0.5s \leq T \leq 1.0s$ )	3.0
fattore di amplificazione SI3 ( $0.5s \leq T \leq 1.5s$ )	3.3

Adottando un fattore di amplificazione della PGA pari a 1.7 e un valore di PGA di base pari a 0.158 g ( $T_R$  475 anni SLV), si ottiene un valore di PGA in superficie pari a:

$$A_{\max} = 0.269 \text{ g (DGR – 630/19 Il livello di approfondimento)}$$

### 3.5 STABILITA NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (§ 7.11.3.4 NTC 2018)

In accordo con la nuova normativa regionale DGR 630/19 si è proceduto alla verifica della liquefazione per le verticali di prova CPT 1 e CPT2, secondo la metodologia di calcolo proposta da **Boulanger & Idriss 2014**. Per le specifiche della procedura di calcolo adottata si faccia riferimento all'allegato **A2.2** della predetta normativa.

Le verifiche sono state svolte considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.14**, una accelerazione massima al suolo **A<sub>max</sub> = 0.269 g (Approccio DGR 630/19 Il livello di approfondimento)** e con soggiacenza della falda freatica ipotizzata cautelativamente alla profondità di **D<sub>w</sub> = -2.10 m da p.c.**

A seguito della verifica sono stati ottenuti i seguenti indici LPI (Indice potenziale liquefazione):

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE LPI
CPT 1	1.00
CPT 2	0.00

In base al valore di IL ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione. In considerazione delle linee guida emesse dalla Regione Emilia Romagna, a seguito degli eventi sismici di Maggio e Giugno 2012, si considera la classificazione di rischio definita da **Sonmez 2003**:

INDICE DI LIQUEFAZIONE	Rischio di liquefazione
LPI=0	Nulla
0<LPI≤2	Basso
2<LPI≤5	Moderato
5<LPI≤10	Alto
15>LPI	Molto alto

#### 4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio geologico, geotecnico e sismico è stato eseguito per caratterizzare il terreno di fondazione inerente l'ampliamento di un comparto denominato "Le Antiche Querce", sito in Via Loschi nel Comune di Soliera (MO).

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione delle indagini geotecniche eseguite in sito e in relazione alla tipologia dell'intervento in progetto, relativo alla realizzazione di nuovi edifici residenziali, in corrispondenza dell'area di studio si sono ipotizzate delle **fondazioni superficiali dirette di tipo nastriforme o su platea in c.a.**, approfondite alla quota **D = - 1.00 m da p.c.** attuale.

La **caratterizzazione sismica** del sito è stata condotta sulla base di una indagine sismica di tipo MASW eseguita in sito (§ 4.1), che hanno permesso di determinare che:

- la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità  $V_{s30}$  ha i seguenti valori:

indagine MASW	$V_{s30}=219 \text{ m/s}$
---------------	---------------------------

- sulla base delle NTC 2018, e tenendo conto dell'indagine sismica sopraccitata, si classifica il terreno di fondazione in oggetto come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a:

DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SUPERIORI A 30 m, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA **180 m/s** E **360 m/s**.

Per la definizione dell'azione sismica in relazione all'intervento in progetto è stato eseguito uno studio di risposta sismica locale in ottemperanza alle NTC 2018 (§ 7.11.3) e D.G.R. 630/19 della Regione Emilia Romagna.

Secondo quanto esposto nella D.G.R. 630/2019, sono stati forniti i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia ed al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

Dalla consultazione della "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" del Comune di Soliera, l'area in studio risulta "stabile suscettibile di amplificazioni locali" e necessita di un approfondimento di II livello.

Adottando un fattore di amplificazione della PGA pari a 1.7 e un valore di PGA di base pari a 0.158 g ( $T_R$  475 anni SLV), si ottiene un valore di PGA in superficie pari a:

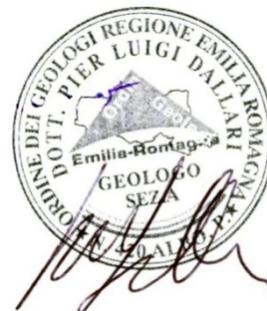
$$A_{\max} = 0.269 \text{ g (DGR – 630/19 II livello di approfondimento)}$$

È stata eseguita la verifica della suscettibilità al fenomeno della liquefazione, considerando una accelerazione massima al suolo  $A_{\max} = 0.269\text{g}$  e considerando una **magnitudo di riferimento** pari a **M=6.14**. I calcoli così eseguiti hanno fornito un valore di **IL=1.0** e **IL=0.0**, corrispondente a un **rischio di liquefazione basso e molto basso**.

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

**Modena, 13 giugno 2019**

**Dott. Geol. Pier Luigi Dallari**



## **GEO GROUP s.r.l.**

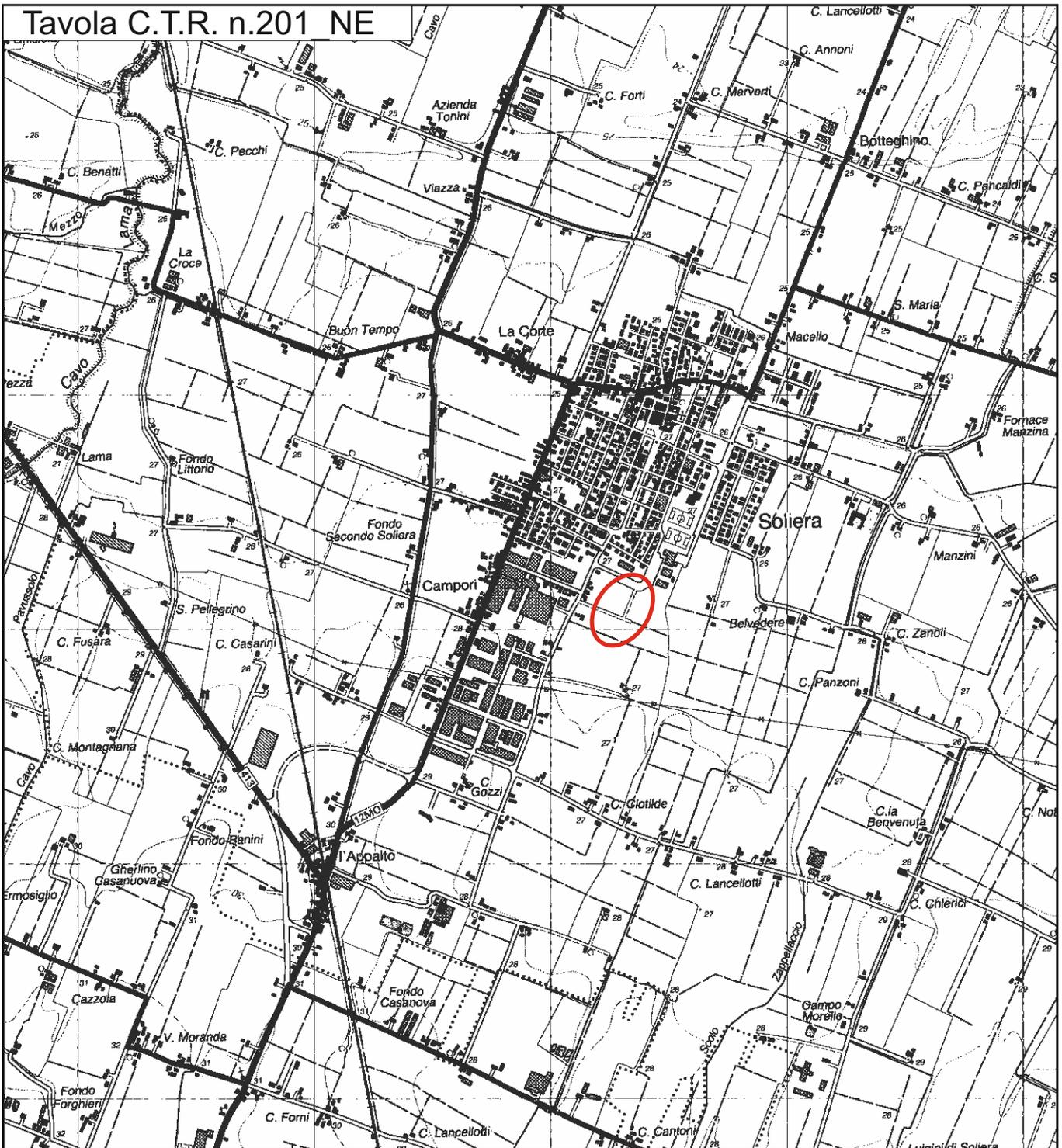
**Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia  
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche**

# ***Tavole***

# GEO GROUP s.r.l.

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

## Tavola C.T.R. n.201 NE



## Tav. n. 1 "Carta Corografica"

Scala 1: 25000



Legenda

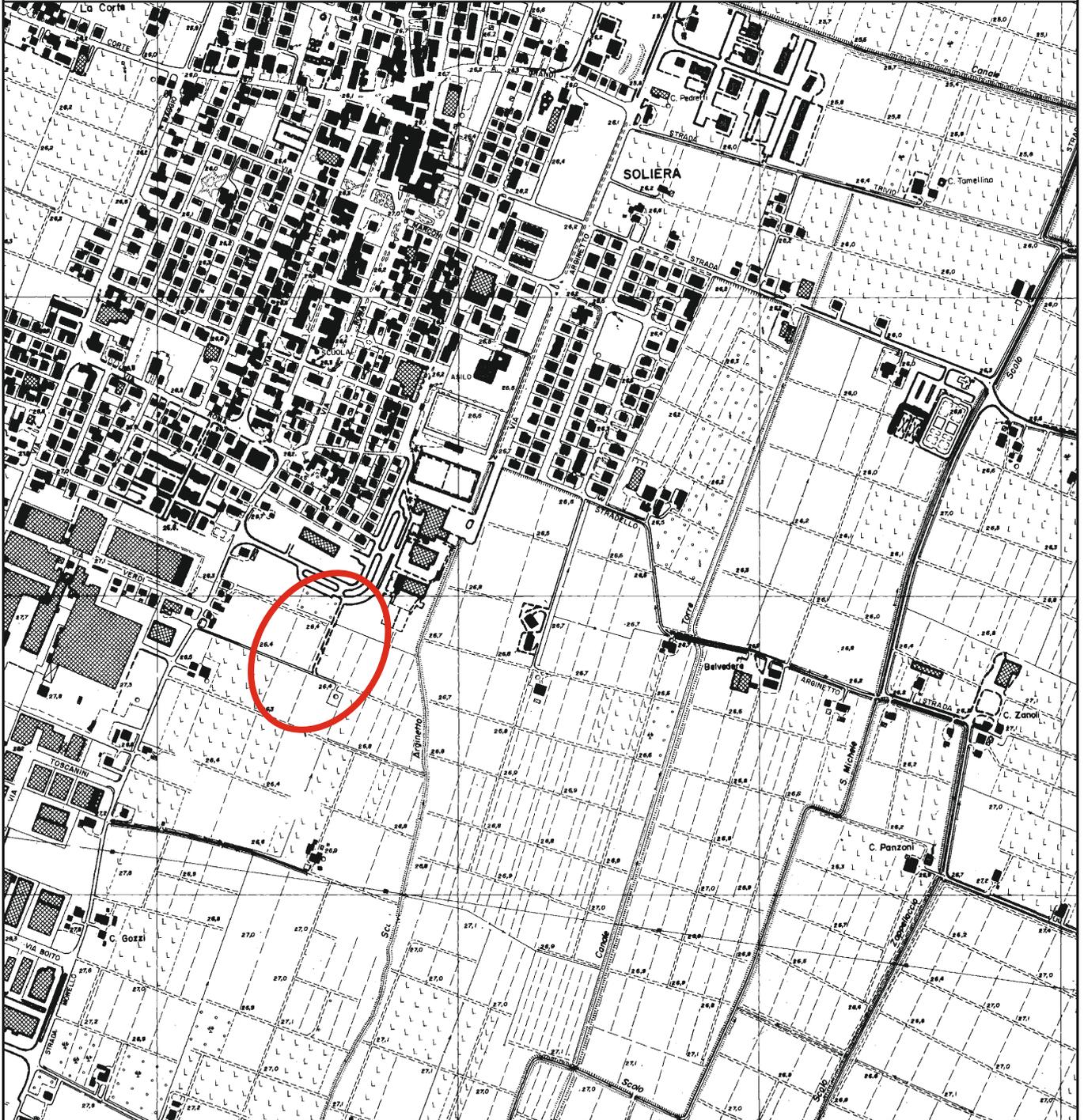


Area di interesse

# GEO GROUP s.r.l.

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

## Sezione CTR n. 201080 Soliera



Tav. n. 2 "Carta topografica"  
Scala 1: 10000



Legenda



Area di interesse

## **GEO GROUP s.r.l.**

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



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

(tratta da “Google Maps”)  
Scala grafica

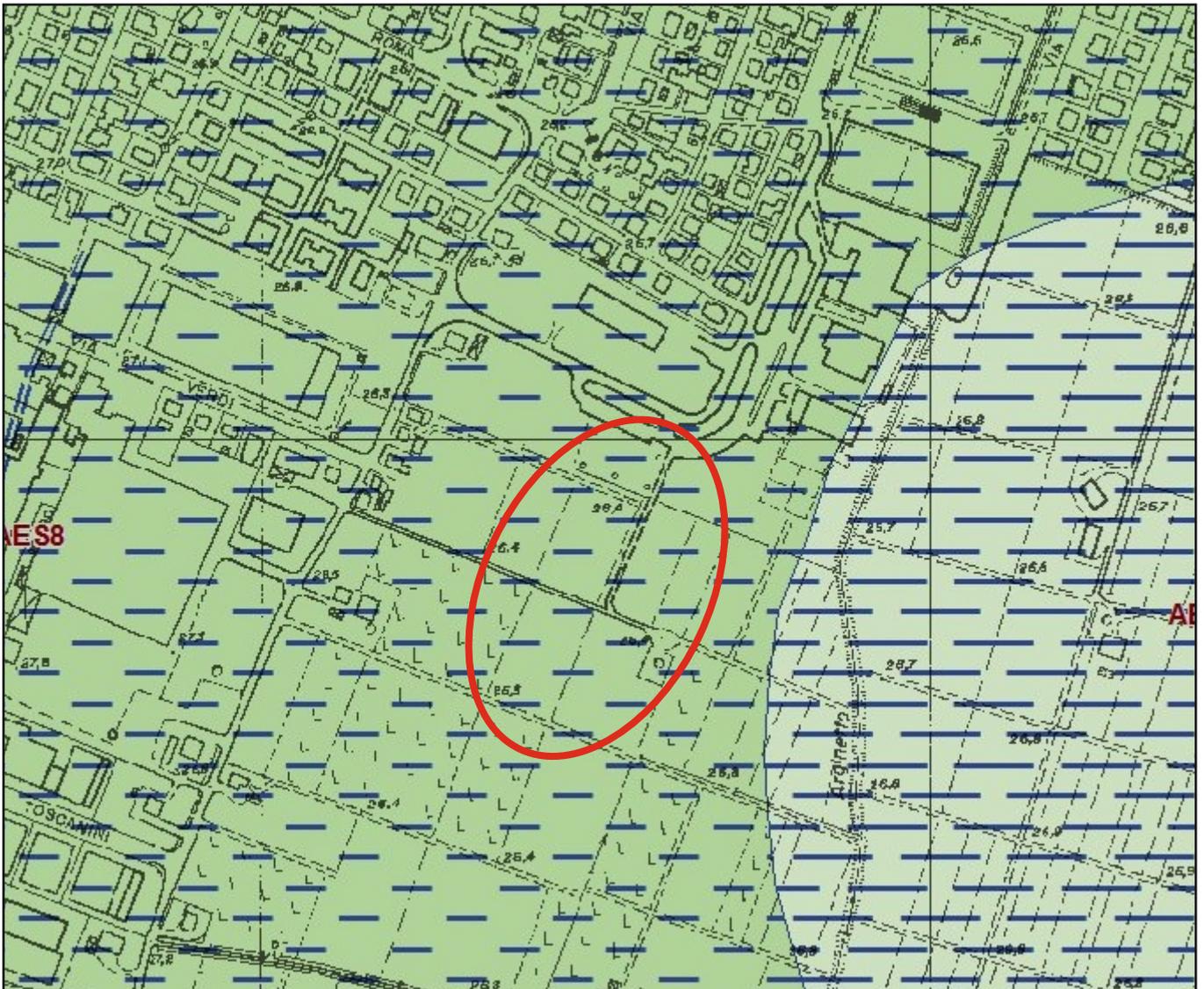


Area oggetto di studio



# GEO GROUP s.r.l.

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



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



Scala 1: 5000

### Legenda



Area di interesse

*Successione neogenico-quadernaria del margine  
appenninico padano*



**AES8 - Subsistema di Ravenna**  
Ghiaie, sabbie e limi organizzate in  
terrazzi alluvionali; a tetto suoli con  
basso grado di alterazione.  
(Età: Olocene). *Litofacies limosa*



**AES8a - Unità di Modena**  
Deposito ghiaiosi passanti a sabbie  
e limi di terrazzo alluvionale. Limi  
prevalenti nelle fasce pedecollinari  
di interconoide (Età: Post VI sec d.C.).  
*Litofacies argillosa*

# GEO GROUP s.r.l.

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



## Tav. n. 5 "Indagini geognostiche" Scala grafica

### LEGENDA



prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT



stendimento sismico MASW



## **GEO GROUP s.r.l.**

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

### ***ALLEGATO N° 1***

### ***Prove penetrometriche statiche CPT corredate di interpretazione geotecnica***

## 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/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 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.



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

**CPT**

**1**

riferimento **001-2016**

certificato n° **7611**

Committente: **Studio Tecnico**  
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**  
Località: **Soliera, Via Loschi**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **09/07/2016**  
Pagina: **1/4** Data certificato: **11/07/2016**  
Elaborato: Falda: **-2.10 m** da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	113.00	0		15.20	22.00	43.00		2.16	180.00	12	8.2
0.40	20.00	37.00		1.96	113.00	18	5.7	15.40	24.00	51.00		2.35	193.00	12	8.0
0.60	23.00	40.00		2.25	133.00	17	5.8	15.60	30.00	59.00		2.94	153.00	20	5.1
0.80	24.00	44.00		2.35	93.00	26	3.9	15.80	25.00	48.00		2.45	100.00	25	4.0
1.00	22.00	36.00		2.16	213.00	10	9.7	16.00	18.00	33.00		1.76	87.00	21	4.8
1.20	28.00	60.00		2.74	233.00	12	8.3	16.20	12.00	25.00		1.18	60.00	20	5.0
1.40	35.00	70.00		3.43	180.00	19	5.1	16.40	9.00	18.00		0.88	47.00	19	5.2
1.60	23.00	50.00		2.25	200.00	12	8.7	16.60	9.00	16.00		0.88	67.00	13	7.4
1.80	20.00	50.00		1.96	87.00	23	4.4	16.80	14.00	24.00		1.37	67.00	21	4.8
2.00	15.00	28.00		1.47	87.00	17	5.8	17.00	19.00	29.00		1.86	53.00	36	2.8
2.20	17.00	30.00		1.67	53.00	32	3.1	17.20	12.00	20.00		1.18	73.00	16	6.1
2.40	8.00	16.00		0.78	73.00	11	9.1	17.40	14.00	25.00		1.37	113.00	12	8.1
2.60	7.00	18.00		0.69	53.00	13	7.6	17.60	12.00	29.00		1.18	80.00	15	6.7
2.80	9.00	17.00		0.88	53.00	17	5.9	17.80	13.00	25.00		1.27	180.00	7	13.8
3.00	8.00	16.00		0.78	53.00	15	6.6	18.00	35.00	62.00		3.43	133.00	26	3.8
3.20	18.00	26.00		1.76	53.00	34	2.9	18.20	30.00	50.00		2.94	67.00	45	2.2
3.40	16.00	24.00		1.57	73.00	22	4.6	18.40	25.00	35.00		2.45	60.00	42	2.4
3.60	19.00	30.00		1.86	60.00	32	3.2	18.60	17.00	26.00		1.67	93.00	18	5.5
3.80	13.00	22.00		1.27	60.00	22	4.6	18.80	20.00	34.00		1.96	53.00	38	2.7
4.00	9.00	18.00		0.88	47.00	19	5.2	19.00	25.00	33.00		2.45	113.00	22	4.5
4.20	8.00	15.00		0.78	40.00	20	5.0	19.20	33.00	50.00		3.23	193.00	17	5.8
4.40	10.00	16.00		0.98	53.00	19	5.3	19.40	35.00	64.00		3.43	227.00	15	6.5
4.60	8.00	16.00		0.78	53.00	15	6.6	19.60	42.00	76.00		4.12	207.00	20	4.9
4.80	8.00	16.00		0.78	33.00	24	4.1	19.80	43.00	74.00		4.21	220.00	20	5.1
5.00	10.00	15.00		0.98	60.00	17	6.0	20.00	32.00	65.00		3.14	200.00	16	6.3
5.20	10.00	19.00		0.98	67.00	15	6.7	20.20	35.00	65.00		3.43	193.00	18	5.5
5.40	15.00	25.00		1.47	87.00	17	5.8	20.40	32.00	61.00		3.14			
5.60	13.00	26.00		1.27	73.00	18	5.6								
5.80	12.00	23.00		1.18	53.00	23	4.4								
6.00	16.00	24.00		1.57	60.00	27	3.8								
6.20	10.00	19.00		0.98	53.00	19	5.3								
6.40	10.00	18.00		0.98	40.00	25	4.0								
6.60	11.00	17.00		1.08	33.00	33	3.0								
6.80	6.00	11.00		0.59	40.00	15	6.7								
7.00	7.00	13.00		0.69	47.00	15	6.7								
7.20	8.00	15.00		0.78	40.00	20	5.0								
7.40	9.00	15.00		0.88	47.00	19	5.2								
7.60	9.00	16.00		0.88	47.00	19	5.2								
7.80	10.00	17.00		0.98	47.00	21	4.7								
8.00	10.00	17.00		0.98	47.00	21	4.7								
8.20	10.00	17.00		0.98	60.00	17	6.0								
8.40	11.00	20.00		1.08	53.00	21	4.8								
8.60	14.00	22.00		1.37	53.00	26	3.8								
8.80	15.00	23.00		1.47	53.00	28	3.5								
9.00	14.00	22.00		1.37	80.00	18	5.7								
9.20	16.00	28.00		1.57	93.00	17	5.8								
9.40	16.00	30.00		1.57	80.00	20	5.0								
9.60	15.00	27.00		1.47	100.00	15	6.7								
9.80	14.00	29.00		1.37	67.00	21	4.8								
10.00	13.00	23.00		1.27	60.00	22	4.6								
10.20	11.00	20.00		1.08	53.00	21	4.8								
10.40	7.00	15.00		0.69	33.00	21	4.7								
10.60	5.00	10.00		0.49	47.00	11	9.4								
10.80	7.00	14.00		0.69	33.00	21	4.7								
11.00	8.00	13.00		0.78	47.00	17	5.9								
11.20	10.00	17.00		0.98	73.00	14	7.3								
11.40	12.00	23.00		1.18	67.00	18	5.6								
11.60	11.00	21.00		1.08	53.00	21	4.8								
11.80	14.00	22.00		1.37	53.00	26	3.8								
12.00	16.00	24.00		1.57	67.00	24	4.2								
12.20	14.00	24.00		1.37	127.00	11	9.1								
12.40	18.00	37.00		1.76	73.00	25	4.1								
12.60	14.00	25.00		1.37	67.00	21	4.8								
12.80	10.00	20.00		0.98	80.00	13	8.0								
13.00	12.00	24.00		1.18	67.00	18	5.6								
13.20	14.00	24.00		1.37	73.00	19	5.2								
13.40	13.00	24.00		1.27	80.00	16	6.2								
13.60	16.00	28.00		1.57	47.00	34	2.9								
13.80	11.00	18.00		1.08	40.00	28	3.6								
14.00	11.00	17.00		1.08	47.00	23	4.3								
14.20	11.00	18.00		1.08	67.00	16	6.1								
14.40	12.00	22.00		1.18	80.00	15	6.7								
14.60	12.00	24.00		1.18	80.00	15	6.7								
14.80	18.00	30.00		1.76	133.00	14	7.4								
15.00	20.00	40.00		1.96	140.00	14	7.0								

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

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

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

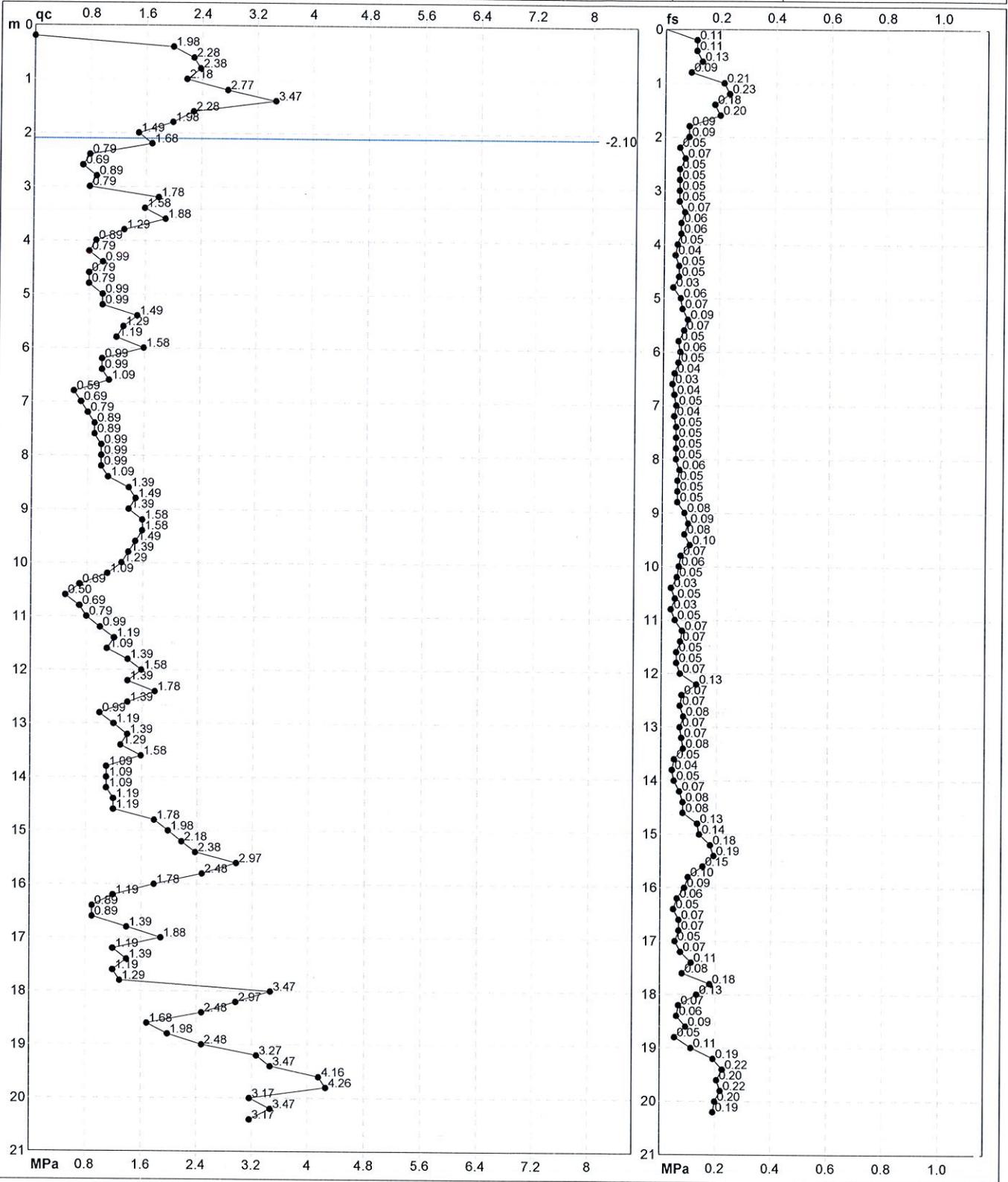
**CPT** **1**

riferimento **001-2016**

certificato n° **7611**

Committente: **Studio Tecnico**  
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**  
Località: **Soliera, Via Loschi**

U.M.: **MPa**      Data exec.: **09/07/2016**  
Scala: **1:105**  
Pagina: **2/4**      Data certificato: **11/07/2016**  
Elaborato:      Falda: **-2.10 m** da quota inizio



	Penetrometro: GOUDA 200 kN Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kN/ml Cod. punta:
--	--	---



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>001-2016</b>
certificato n°	7611

Committente: <b>Studio Tecnico</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data eseg.: <b>09/07/2016</b>
Cantiere: <b>Studio del terreno di fondazione</b>	Pagina: <b>4/4</b>	Data certificato: <b>11/07/2016</b>
Località: <b>Soliera, Via Loschi</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2.10 m da quota inizio</b>

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{vo}$ kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20.00	3.14	16.00		0.97	198.5	204	104.5	2.8	53.1	79.6	9.4	16	39	23	20	19	27	29	--	5.2	7.8	9.4
20.20	3.43	18.13		0.98	200.4	211	114.3	3.1	55.3	83.0	10.3	18	39	24	21	19	27	29	--	5.7	8.6	10.3
20.40	3.14	--		0.88	202.1	204	--	--	--	--	--	15	39	23	20	19	27	29	--	5.2	7.8	9.4

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

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>001-2016</b>
certificato n°	7612

Committente: <b>Studio Tecnico</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data esec.: <b>09/07/2016</b>
Cantiere: <b>Studio del terreno di fondazione</b>	Pagina: <b>1/4</b>	Data certificato: <b>11/07/2016</b>
Località: <b>Soliera, Via Loschi</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2.10 m</b> da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	100.00	0		15.20	15.00	24.00		1.47	67.00	22	4.5
0.40	60.00	75.00		5.88	213.00	28	3.6	15.40	16.00	26.00		1.57	207.00	8	12.9
0.60	48.00	80.00		4.70	247.00	19	5.1	15.60	29.00	60.00		2.84	167.00	17	5.8
0.80	39.00	76.00		3.82	167.00	23	4.3	15.80	25.00	50.00		2.45	120.00	21	4.8
1.00	56.00	81.00		5.49	333.00	17	5.9	16.00	17.00	35.00		1.67	93.00	18	5.5
1.20	50.00	100.00		4.90	273.00	18	5.5	16.20	12.00	26.00		1.18	67.00	18	5.6
1.40	39.00	80.00		3.82	120.00	33	3.1	16.40	10.00	20.00		0.98	33.00	30	3.3
1.60	16.00	34.00		1.57	107.00	15	6.7	16.60	10.00	15.00		0.98	73.00	14	7.3
1.80	14.00	30.00		1.37	120.00	12	8.6	16.80	16.00	27.00		1.57	67.00	24	4.2
2.00	14.00	32.00		1.37	47.00	30	3.4	17.00	20.00	30.00		1.96	67.00	30	3.4
2.20	7.00	14.00		0.69	47.00	15	6.7	17.20	12.00	22.00		1.18	100.00	12	8.3
2.40	10.00	17.00		0.98	60.00	17	6.0	17.40	15.00	30.00		1.47	113.00	13	7.5
2.60	9.00	18.00		0.88	33.00	27	3.7	17.60	13.00	30.00		1.27	87.00	15	6.7
2.80	6.00	11.00		0.59	40.00	15	6.7	17.80	12.00	25.00		1.18	213.00	6	17.8
3.00	9.00	15.00		0.88	67.00	13	7.4	18.00	30.00	62.00		2.94	147.00	20	4.9
3.20	12.00	22.00		1.18	67.00	18	5.6	18.20	29.00	51.00		2.84	67.00	43	2.3
3.40	14.00	24.00		1.37	67.00	21	4.8	18.40	25.00	35.00		2.45	47.00	53	1.9
3.60	15.00	25.00		1.47	67.00	22	4.5	18.60	18.00	25.00		1.76	107.00	17	5.9
3.80	10.00	20.00		0.98	33.00	30	3.3	18.80	19.00	35.00		1.86	60.00	32	3.2
4.00	6.00	11.00		0.59	53.00	11	8.8	19.00	25.00	34.00		2.45	140.00	18	5.6
4.20	7.00	15.00		0.69	40.00	18	5.7	19.20	30.00	51.00		2.94	173.00	17	5.8
4.40	9.00	15.00		0.88	47.00	19	5.2	19.40	35.00	61.00		3.43	247.00	14	7.1
4.60	7.00	14.00		0.69	67.00	10	9.6	19.60	43.00	80.00		4.21	227.00	19	5.3
4.80	8.00	18.00		0.78	53.00	15	6.6	19.80	41.00	75.00		4.02	227.00	18	5.5
5.00	8.00	16.00		0.78	60.00	13	7.5	20.00	32.00	66.00		3.14	200.00	16	6.3
5.20	14.00	23.00		1.37	67.00	21	4.8	20.20	35.00	65.00		3.43	227.00	15	6.5
5.40	24.00	34.00		2.35	107.00	22	4.5	20.40	31.00	65.00		3.04			
5.60	14.00	30.00		1.37	53.00	26	3.8								
5.80	19.00	27.00		1.86	67.00	28	3.5								
6.00	15.00	25.00		1.47	53.00	28	3.5								
6.20	12.00	20.00		1.18	40.00	30	3.3								
6.40	17.00	23.00		1.67	73.00	23	4.3								
6.60	11.00	22.00		1.08	20.00	55	1.8								
6.80	18.00	21.00		1.76	40.00	45	2.2								
7.00	10.00	16.00		0.98	40.00	25	4.0								
7.20	9.00	15.00		0.88	53.00	17	5.9								
7.40	9.00	17.00		0.88	53.00	17	5.9								
7.60	10.00	18.00		0.98	47.00	21	4.7								
7.80	10.00	17.00		0.98	60.00	17	6.0								
8.00	11.00	20.00		1.08	47.00	23	4.3								
8.20	13.00	20.00		1.27	73.00	18	5.6								
8.40	16.00	27.00		1.57	60.00	27	3.8								
8.60	14.00	23.00		1.37	67.00	21	4.8								
8.80	19.00	29.00		1.86	80.00	24	4.2								
9.00	20.00	32.00		1.96	113.00	18	5.7								
9.20	20.00	37.00		1.96	87.00	23	4.4								
9.40	19.00	32.00		1.86	73.00	26	3.8								
9.60	17.00	28.00		1.67	60.00	28	3.5								
9.80	13.00	22.00		1.27	53.00	25	4.1								
10.00	14.00	22.00		1.37	67.00	21	4.8								
10.20	16.00	26.00		1.57	67.00	24	4.2								
10.40	15.00	25.00		1.47	87.00	17	5.8								
10.60	15.00	28.00		1.47	73.00	21	4.9								
10.80	12.00	23.00		1.18	40.00	30	3.3								
11.00	7.00	13.00		0.69	27.00	26	3.9								
11.20	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
11.40	7.00	11.00		0.69	60.00	12	8.6								
11.60	10.00	19.00		0.98	53.00	19	5.3								
11.80	12.00	20.00		1.18	67.00	18	5.6								
12.00	11.00	21.00		1.08	60.00	18	5.5								
12.20	14.00	23.00		1.37	87.00	16	6.2								
12.40	16.00	29.00		1.57	113.00	14	7.1								
12.60	27.00	44.00		2.65	100.00	27	3.7								
12.80	21.00	36.00		2.06	80.00	26	3.8								
13.00	15.00	27.00		1.47	53.00	28	3.5								
13.20	14.00	22.00		1.37	53.00	26	3.8								
13.40	12.00	20.00		1.18	80.00	15	6.7								
13.60	15.00	27.00		1.47	93.00	16	6.2								
13.80	13.00	27.00		1.27	60.00	22	4.6								
14.00	20.00	29.00		1.96	100.00	20	5.0								
14.20	15.00	30.00		1.47	53.00	28	3.5								
14.40	14.00	22.00		1.37	53.00	26	3.8								
14.60	13.00	21.00		1.27	67.00	19	5.2								
14.80	12.00	22.00		1.18	67.00	18	5.6								
15.00	17.00	27.00		1.67	60.00	28	3.5								

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

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



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

**CPT**

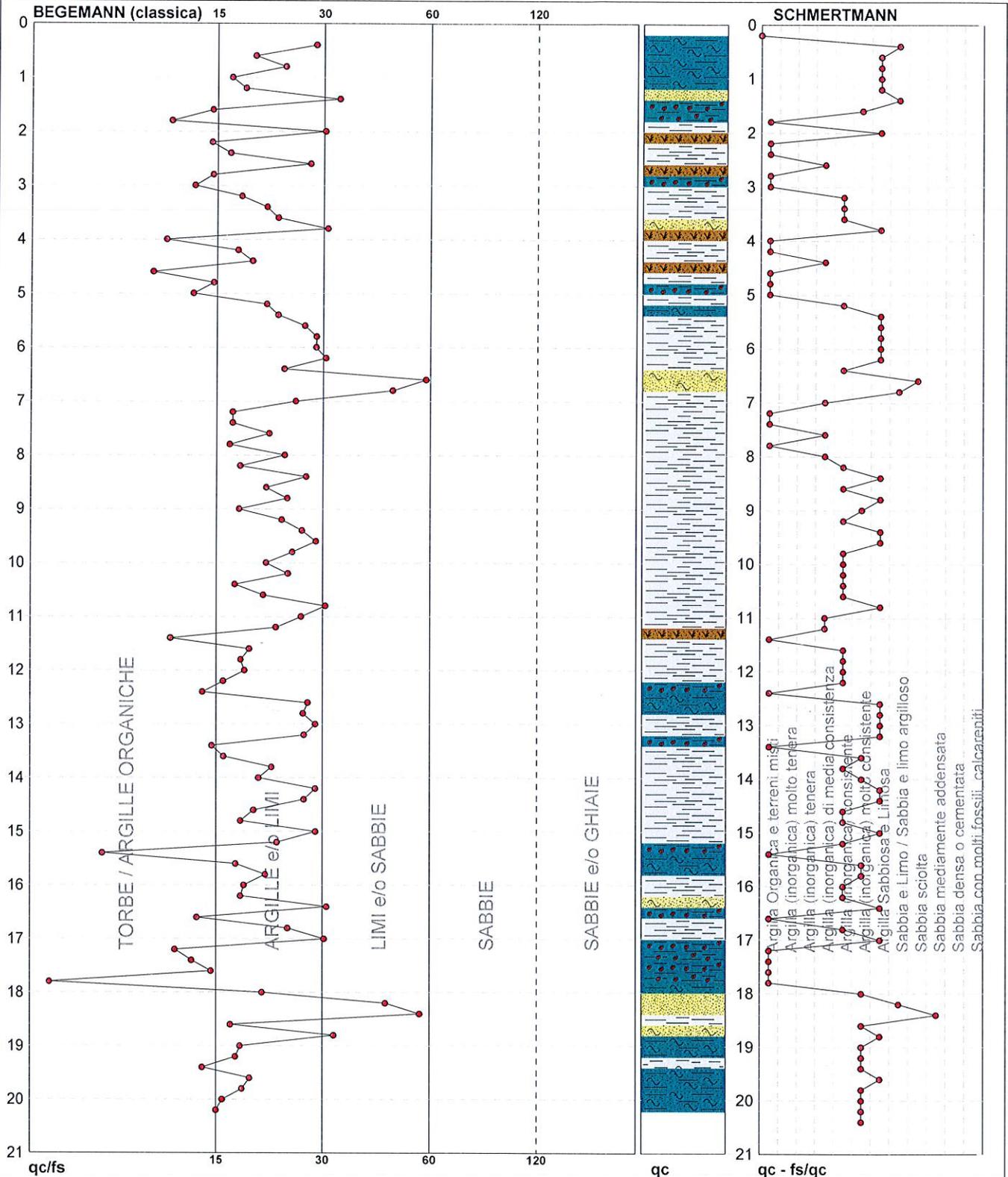
**2**

riferimento **001-2016**

certificato n° 7612

Committente: **Studio Tecnico**  
Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**  
Località: **Soliera, Via Loschi**

U.M.: **MPa**      Data exec.: **09/07/2016**  
Scala: **1:105**  
Pagina: **3/4**      Data certificato: **11/07/2016**  
Elaborato:      Falda: **-2.10 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	19 punti, 18.27%	Argilla Organica e terreni misti:	22 punti, 21.15%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	27 punti, 25.96%
Argille e/o Limi :	74 punti, 71.15%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 6.73%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	4 punti, 3.85%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 7.69%	Argilla (inorganica) consistente:	24 punti, 23.08%	Sabbia sciolta:	1 punto, 0.96%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	14 punti, 13.46%	Sabbia mediamente addensata:	1 punto, 0.96%



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT**

**2**

riferimento

**001-2016**

certificato n°

7612

Committente: **Studio Tecnico**

Cantiere: **Studio del terreno di fondazione**

Località: **Soliera, Via Loschi**

U.M.: **MPa**

Data eseg.: **09/07/2016**

Pagina: **4/4**

Data certificato: **11/07/2016**

Elaborato:

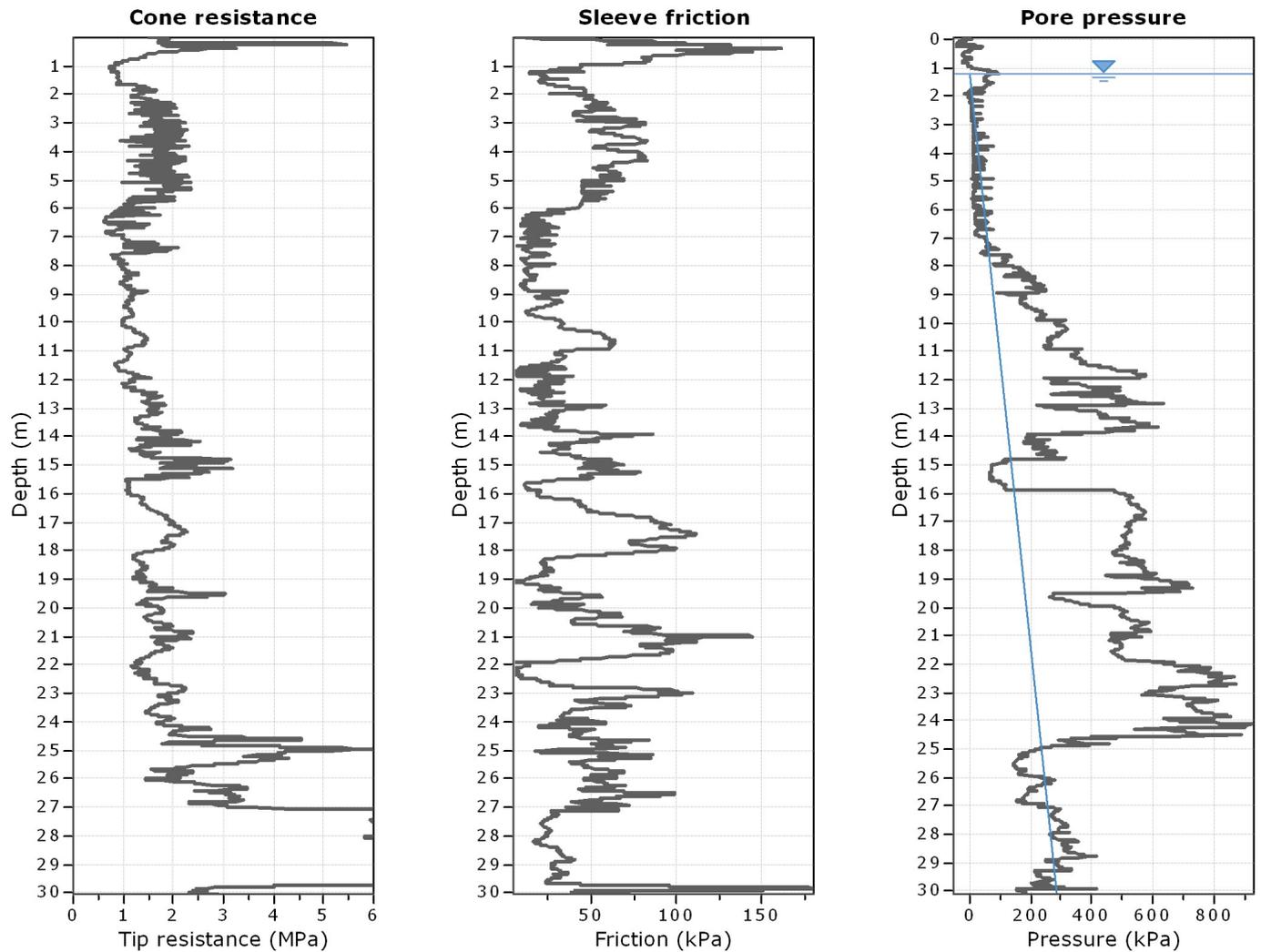
Falda: **-2.10 m da quota inizio**

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{vo}$ kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20.00	3.14	16.00		0.97	199.3	204	104.5	2.8	53.2	79.8	9.4	16	39	23	20	19	27	29	--	5.2	7.8	9.4
20.20	3.43	15.42		0.98	201.2	211	114.3	3.1	55.5	83.3	10.3	18	39	24	21	19	27	29	--	5.7	8.6	10.3
20.40	3.04	--		0.88	202.9	202	--	--	--	--	--	14	39	23	20	19	26	29	--	5.1	7.6	9.1

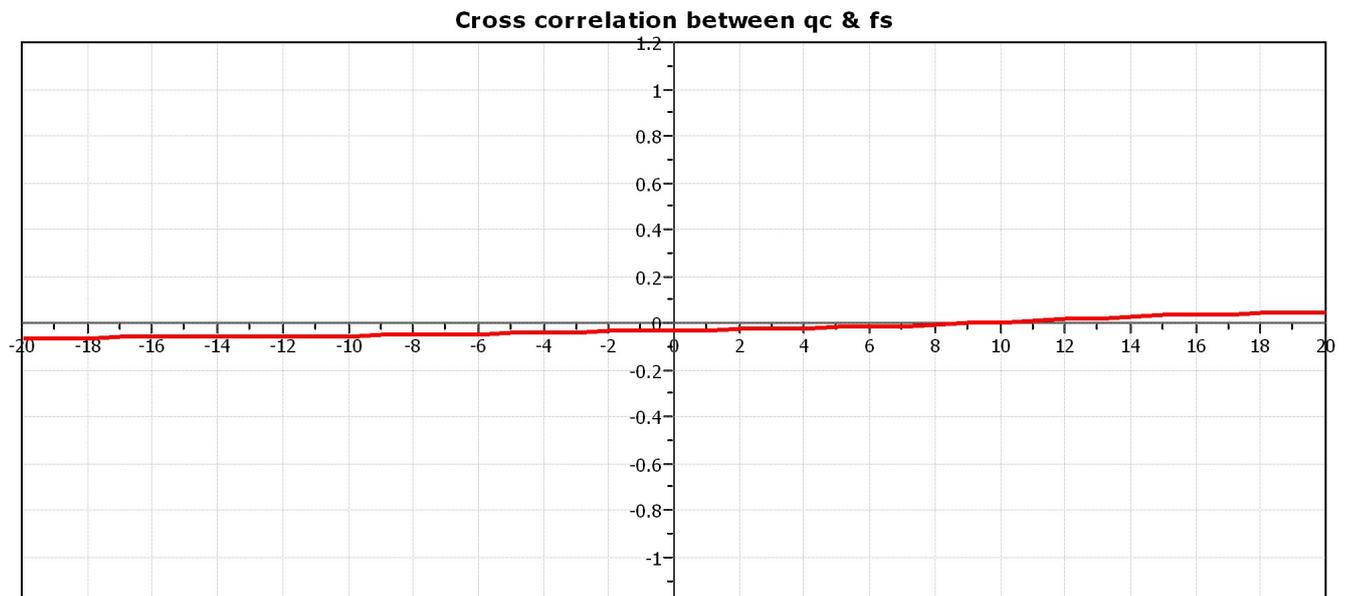
## **GEO GROUP s.r.l.**

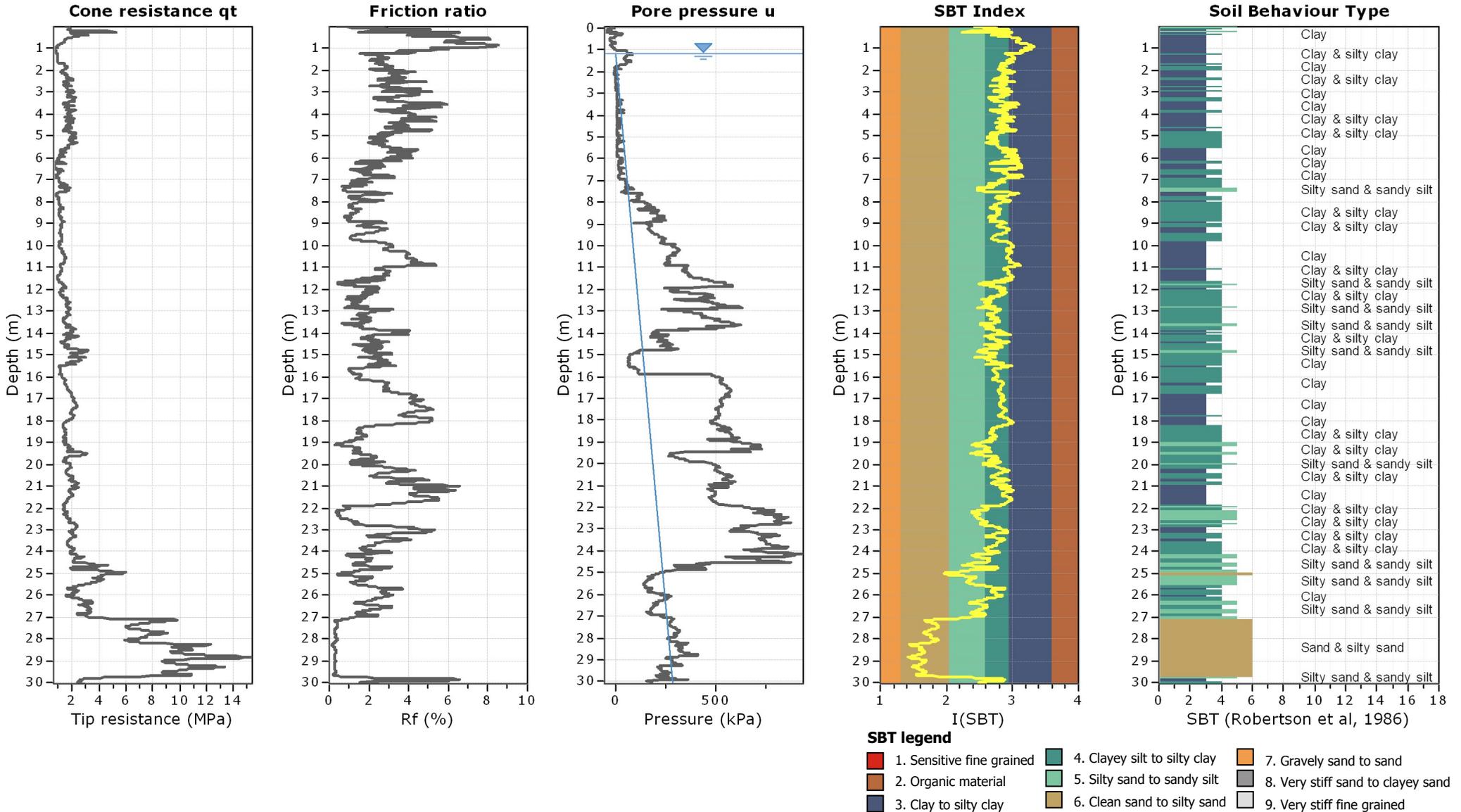
**Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia  
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche**

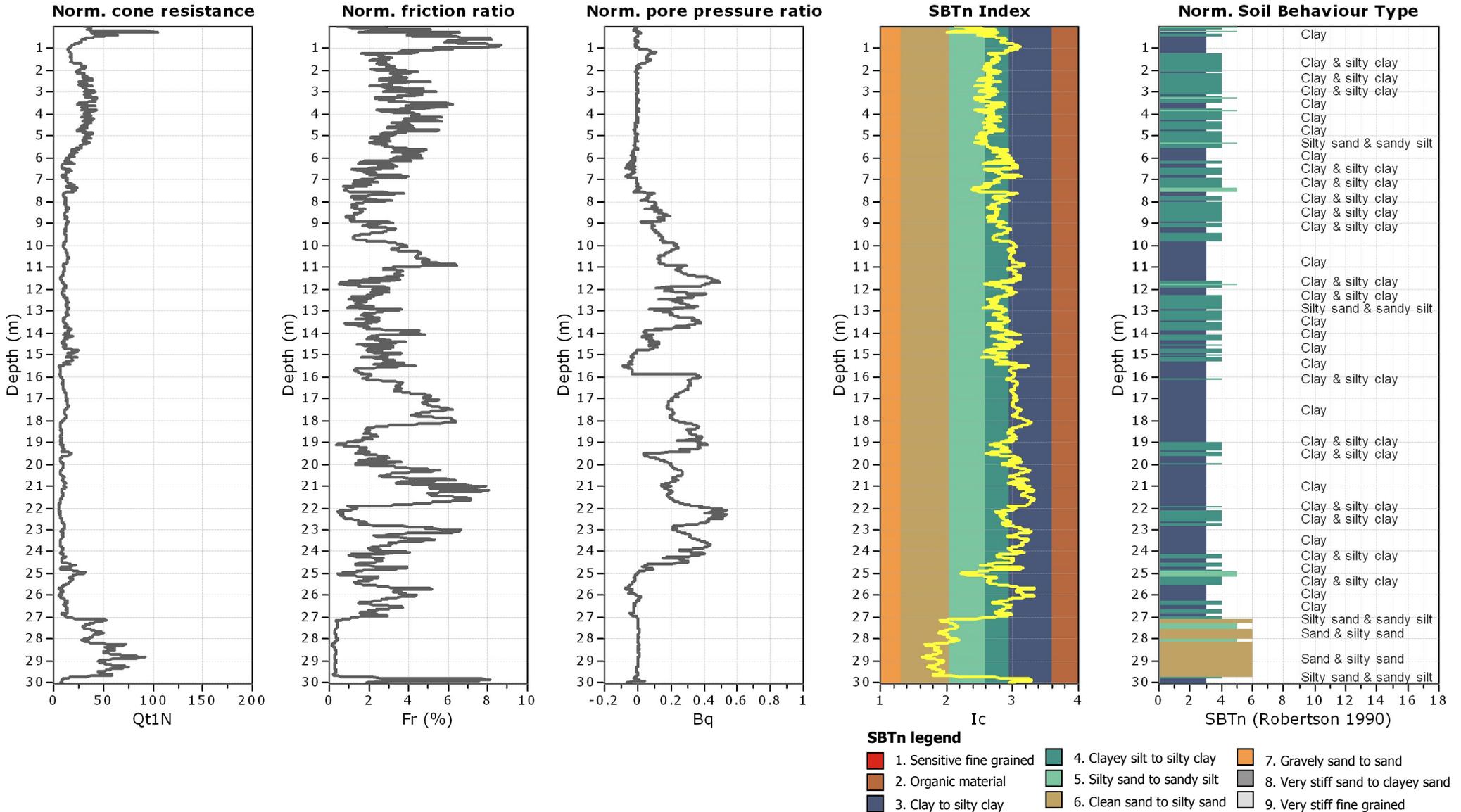
***Indagini da archivio***



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).







<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>73</b>
	referimento	<b>289-2014</b>
	certificato n°	6088

Committente: <b>Comune di Soliera</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data eseg.: 27/01/2011
Cantiere: <b>Microzonazione Sismica Comunale</b>	Pagina: 1/4	Data certificato: 10/09/2014
Località: <b>Soliera, Via Verdi</b>	Elaborato:	Falda: -1.30 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	87.00	0									
<b>1.00</b>	11.00	24.00		1.08	93.00	12	8.5								
1.20	14.00	28.00		1.37	67.00	21	4.8								
1.40	16.00	26.00		1.57	67.00	24	4.2								
1.60	16.00	26.00		1.57	80.00	20	5.0								
1.80	12.00	24.00		1.18	60.00	20	5.0								
<b>2.00</b>	10.00	19.00		0.98	47.00	21	4.7								
2.20	18.00	25.00		1.76	67.00	27	3.7								
2.40	12.00	22.00		1.18	53.00	23	4.4								
2.60	14.00	22.00		1.37	33.00	42	2.4								
2.80	15.00	20.00		1.47	53.00	28	3.5								
<b>3.00</b>	11.00	19.00		1.08	40.00	28	3.6								
3.20	10.00	16.00		0.98	47.00	21	4.7								
3.40	11.00	18.00		1.08	47.00	23	4.3								
3.60	12.00	19.00		1.18	47.00	26	3.9								
3.80	7.00	14.00		0.69	33.00	21	4.7								
<b>4.00</b>	8.00	13.00		0.78	47.00	17	5.9								
4.20	9.00	16.00		0.88	27.00	33	3.0								
4.40	10.00	14.00		0.98	67.00	15	6.7								
4.60	10.00	20.00		0.98	53.00	19	5.3								
4.80	11.00	19.00		1.08	60.00	18	5.5								
<b>5.00</b>	9.00	18.00		0.88	40.00	23	4.4								
5.20	10.00	16.00		0.98	60.00	17	6.0								
5.40	11.00	20.00		1.08	47.00	23	4.3								
5.60	15.00	22.00		1.47	67.00	22	4.5								
5.80	14.00	24.00		1.37	60.00	23	4.3								
<b>6.00</b>	15.00	24.00		1.47	67.00	22	4.5								
6.20	15.00	25.00		1.47	73.00	21	4.9								
6.40	11.00	22.00		1.08	80.00	14	7.3								
6.60	20.00	32.00		1.96	73.00	27	3.7								
6.80	9.00	20.00		0.88	47.00	19	5.2								
<b>7.00</b>	9.00	16.00		0.88	53.00	17	5.9								
7.20	12.00	20.00		1.18	80.00	15	6.7								
7.40	14.00	26.00		1.37	67.00	21	4.8								
7.60	10.00	20.00		0.98	60.00	17	6.0								
7.80	11.00	20.00		1.08	47.00	23	4.3								
<b>8.00</b>	9.00	16.00		0.88	47.00	19	5.2								
8.20	10.00	17.00		0.98	33.00	30	3.3								
8.40	11.00	16.00		1.08	80.00	14	7.3								
8.60	12.00	24.00		1.18	60.00	20	5.0								
8.80	9.00	18.00		0.88	53.00	17	5.9								
<b>9.00</b>	11.00	19.00		1.08	47.00	23	4.3								
9.20	9.00	16.00		0.88	47.00	19	5.2								
9.40	11.00	18.00		1.08	53.00	21	4.8								
9.60	12.00	20.00		1.18	53.00	23	4.4								
9.80	16.00	24.00		1.57	80.00	20	5.0								
<b>10.00</b>	14.00	26.00		1.37	80.00	18	5.7								
10.20	16.00	28.00		1.57	113.00	14	7.1								
10.40	17.00	34.00		1.67	107.00	16	6.3								
10.60	18.00	34.00		1.76	133.00	14	7.4								
10.80	20.00	40.00		1.96	113.00	18	5.7								
<b>11.00</b>	21.00	38.00		2.06	120.00	18	5.7								
11.20	21.00	39.00		2.06	113.00	19	5.4								
11.40	18.00	35.00		1.76	113.00	16	6.3								
11.60	21.00	38.00		2.06	147.00	14	7.0								
11.80	24.00	46.00		2.35	120.00	20	5.0								
<b>12.00</b>	21.00	39.00		2.06	87.00	24	4.1								
12.20	13.00	26.00		1.27	53.00	25	4.1								
12.40	8.00	16.00		0.78	47.00	17	5.9								
12.60	9.00	16.00		0.88	53.00	17	5.9								
12.80	9.00	17.00		0.88	47.00	19	5.2								
<b>13.00</b>	11.00	18.00		1.08	60.00	18	5.5								
13.20	10.00	19.00		0.98	60.00	17	6.0								
13.40	16.00	25.00		1.57	73.00	22	4.6								
13.60	15.00	26.00		1.47	80.00	19	5.3								
13.80	16.00	28.00		1.57	80.00	20	5.0								
<b>14.00</b>	18.00	30.00		1.76	73.00	25	4.1								
14.20	17.00	28.00		1.67	60.00	28	3.5								
14.40	18.00	27.00		1.76											

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

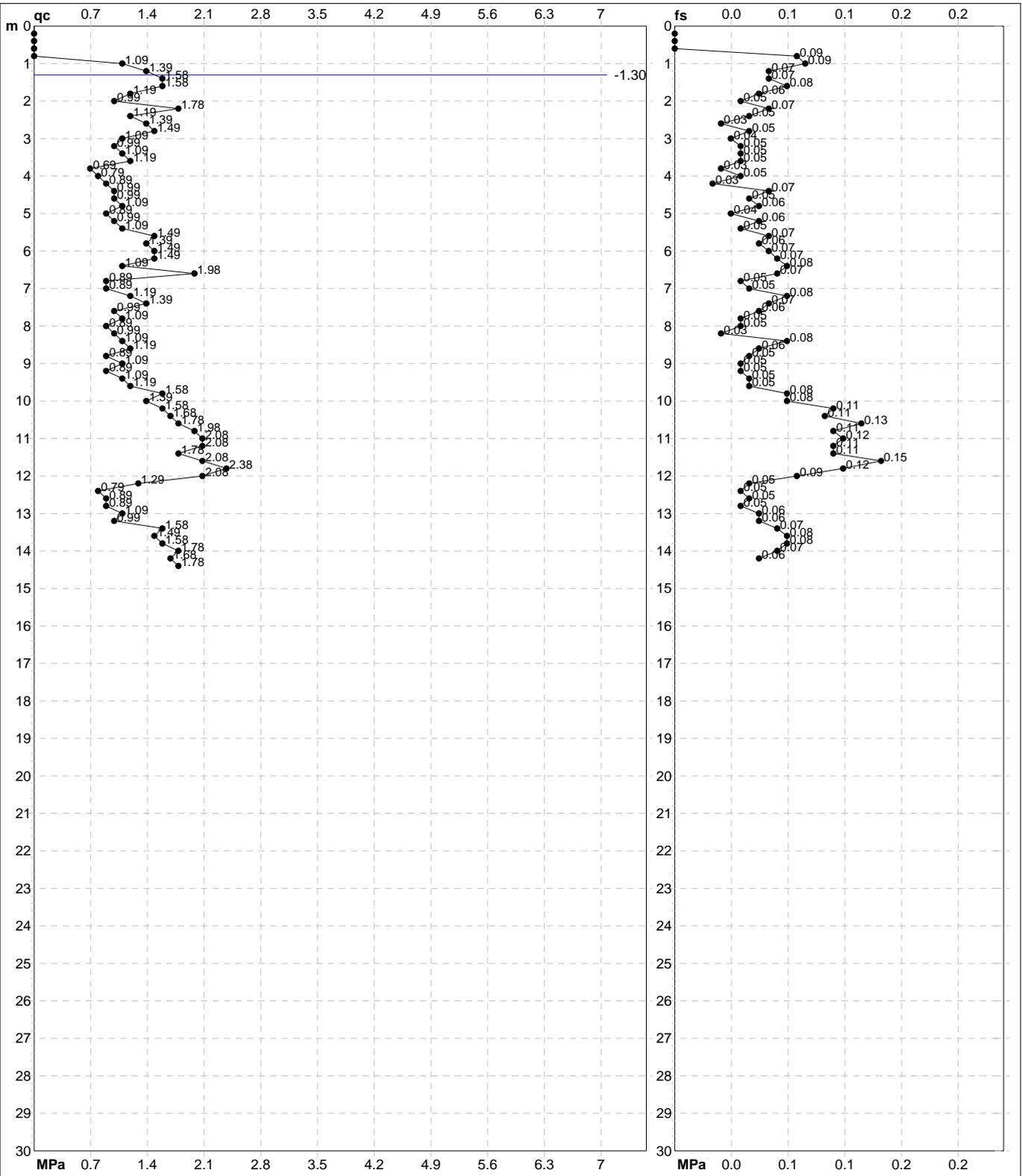
qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0.20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>73</b>
riferimento	<b>289-2014</b>
certificato n°	6088

Committente: <b>Comune di Soliera</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data exec.: 27/01/2011
Cantiere: <b>Microzonazione Sismica Comunale</b>	Scala: 1:150	Data certificato: 10/09/2014
Località: <b>Soliera, Via Verdi</b>	Pagina: 2/4	Falda: -1.30 m da quota inizio
	Elaborato:	



	Penetrometro: GOUDA 200 kN	Preforo: m
	Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
	Assistente:	Corr.astine: kN/ml

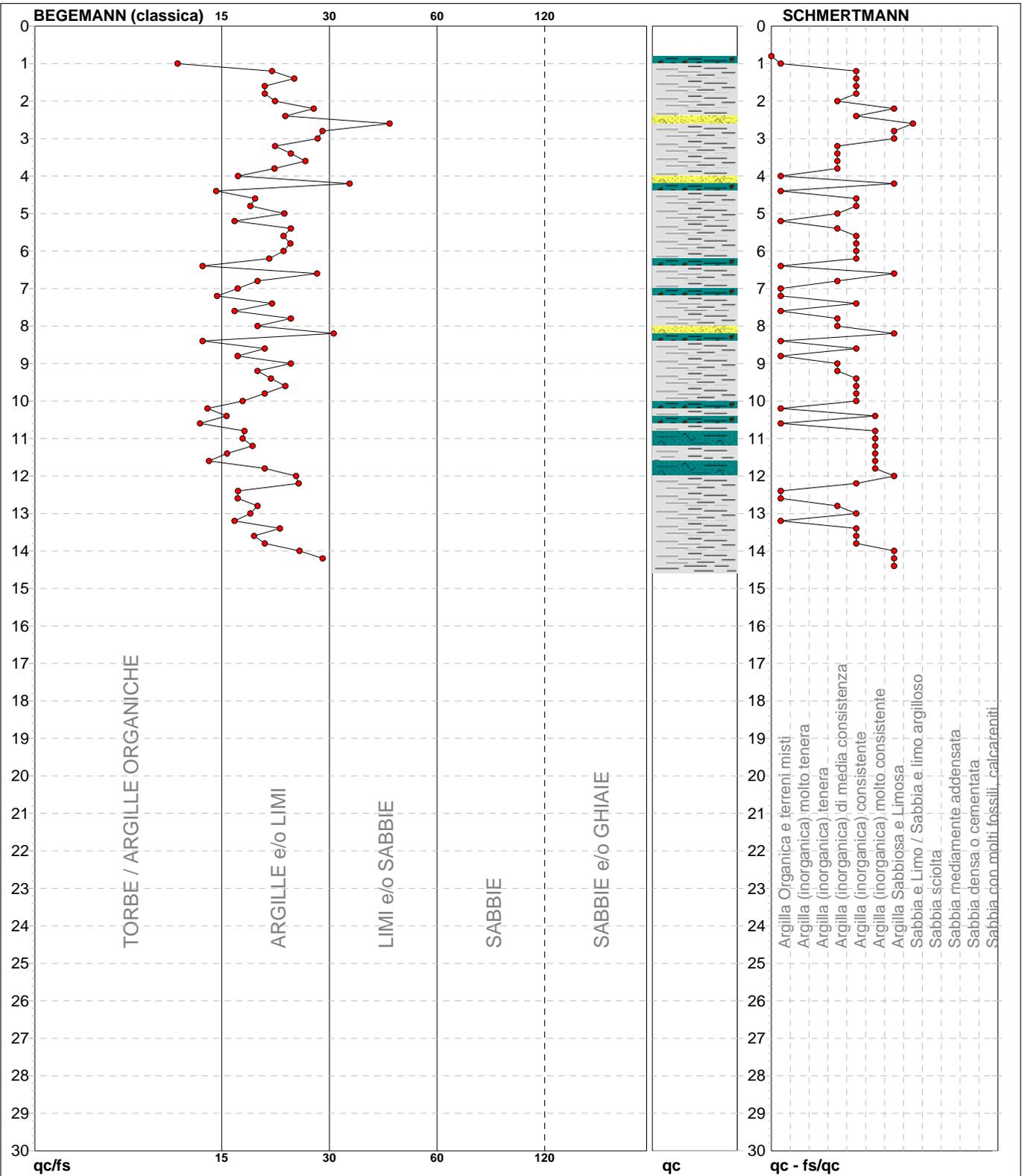
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>73</b>
riferimento	<b>289-2014</b>
certificato n°	6088

Committente: **Comune di Soliera**  
Cantiere: **Microzonazione Sismica Comunale**  
Località: **Soliera, Via Verdi**

U.M.: **MPa**      Data eseg.: 27/01/2011  
Scala: 1:150  
Pagina: 3/4      Data certificato: 10/09/2014  
Elaborato:      Falda: -1.30 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	12 punti, 8.05%	Argilla Organica e terreni misti:	15 punti, 10.07%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	9 punti, 6.04%
Argille e/o Limi :	56 punti, 37.58%	Argilla (inorganica) media consist.:	13 punti, 8.72%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punto, 0.67%
Limi e/o Sabbie :	3 punti, 2.01%	Argilla (inorganica) consistente:	22 punti, 14.77%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	7 punti, 4.70%		



## **GEO GROUP s.r.l.**

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

### ***ALLEGATO N° 2***

### ***Indagine sismica MASW***



## GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogrouppmodena.it](http://www.geogrouppmodena.it) - e-mail: info@geogrouppmodena.it

## ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA M.A.S.W.

Cantiere: Comune di Soliera

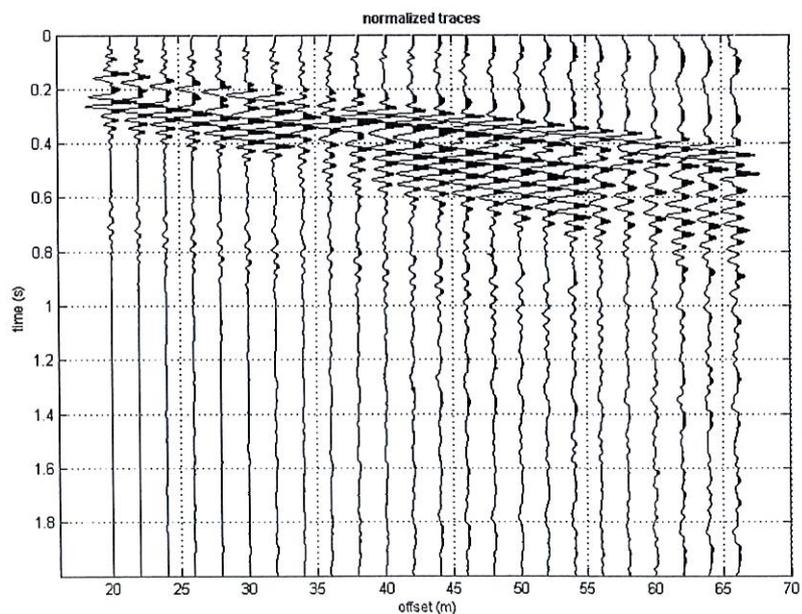
Data:

Lavoro:

Elaborazione: Dott. Gabriele Ghirardini

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

MASW 5





## GEO GROUP s.r.l.

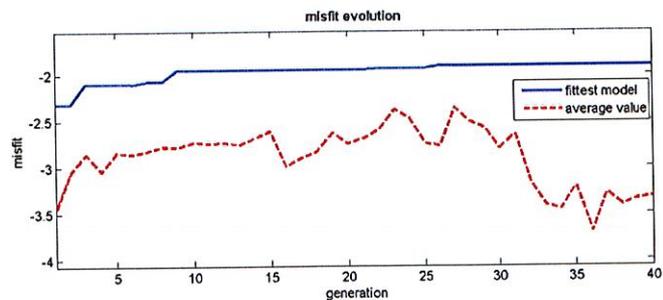
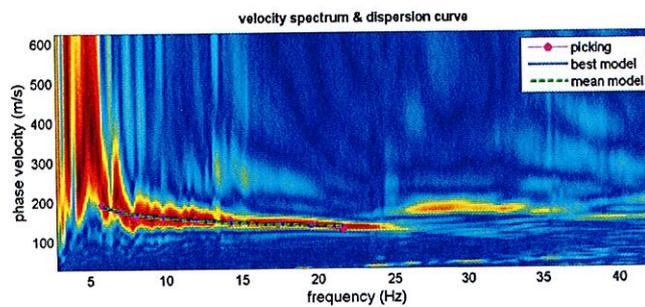
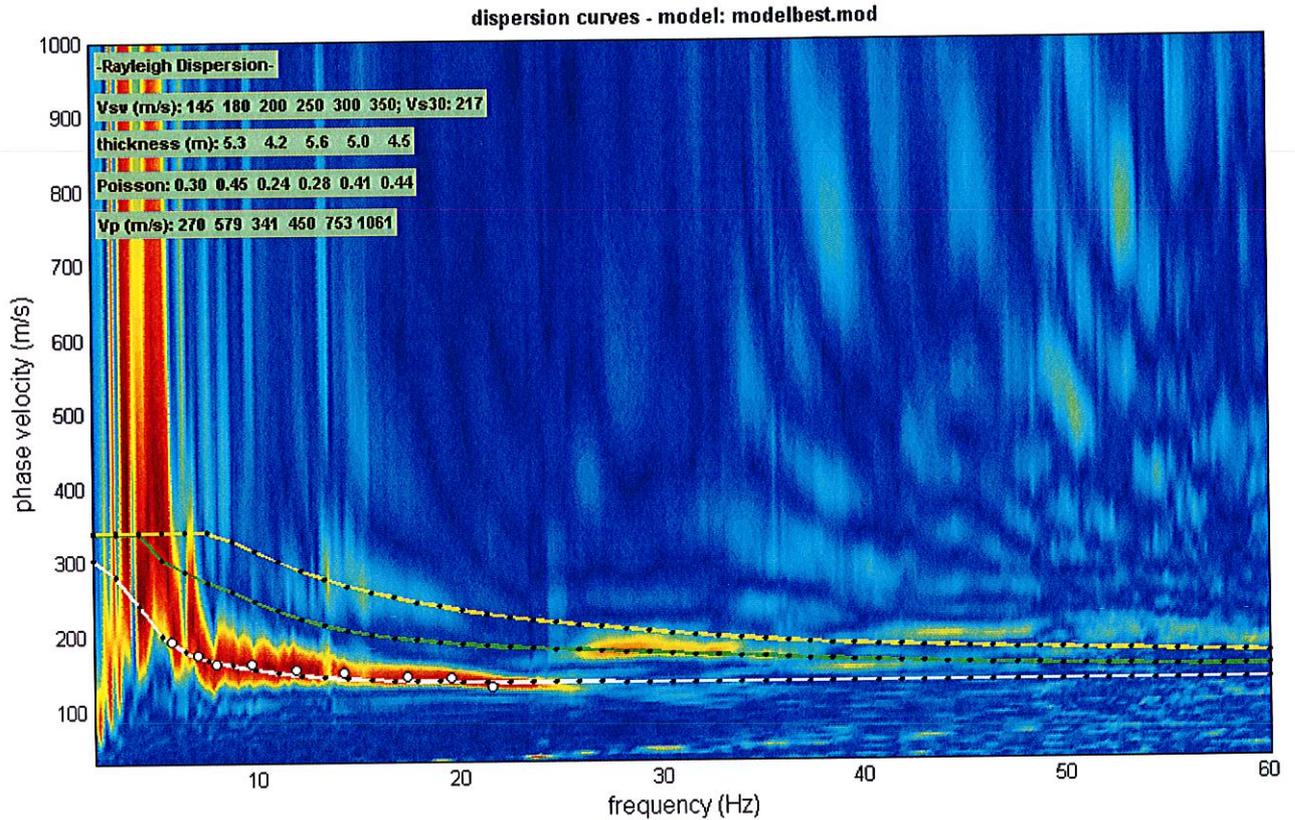
Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 - [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

### SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE





**GEO GROUP s.r.l.**

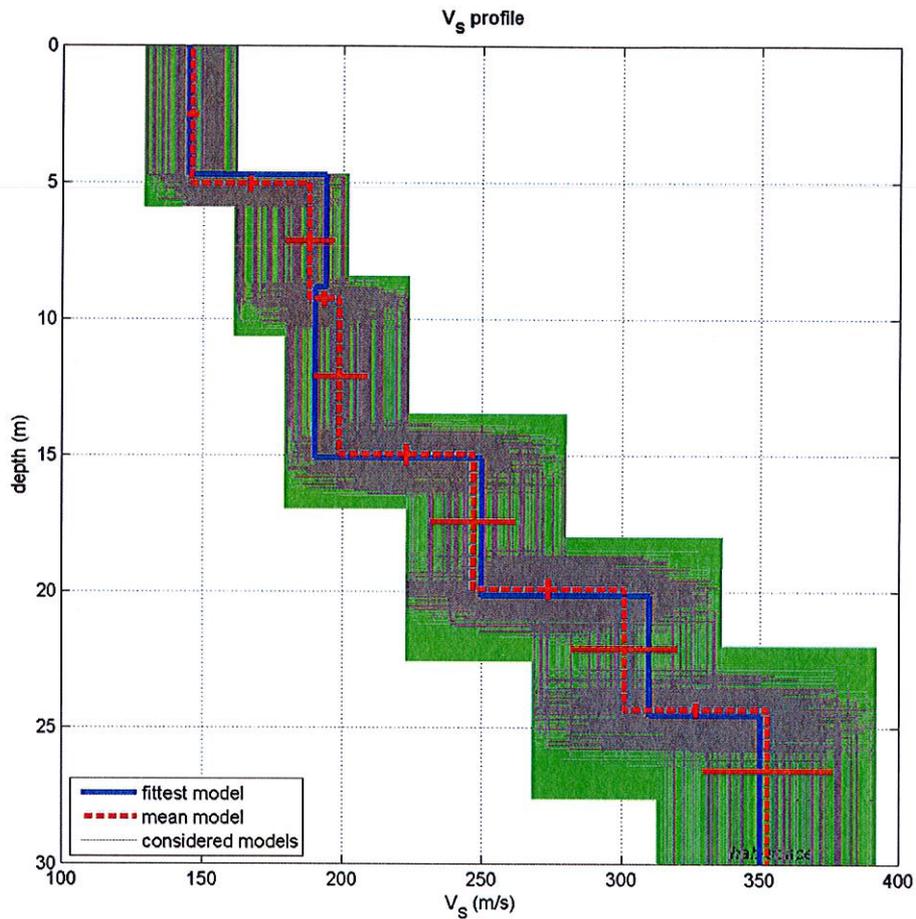
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogrouppmodena.it](http://www.geogrouppmodena.it) - e-mail: [info@geogrouppmodena.it](mailto:info@geogrouppmodena.it)

## MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA



dataset: 655\_0.dat

dispersion curve: plck.cdp

Vs30 (best model): 219 m/s

Vs30 (mean model): 220 m/s

**BEST MODEL**  
**Vs30 = 219 m/s**

## **GEO GROUP s.r.l.**

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

### ***ALLEGATO N° 3***

### ***Verifica alla liquefazione***

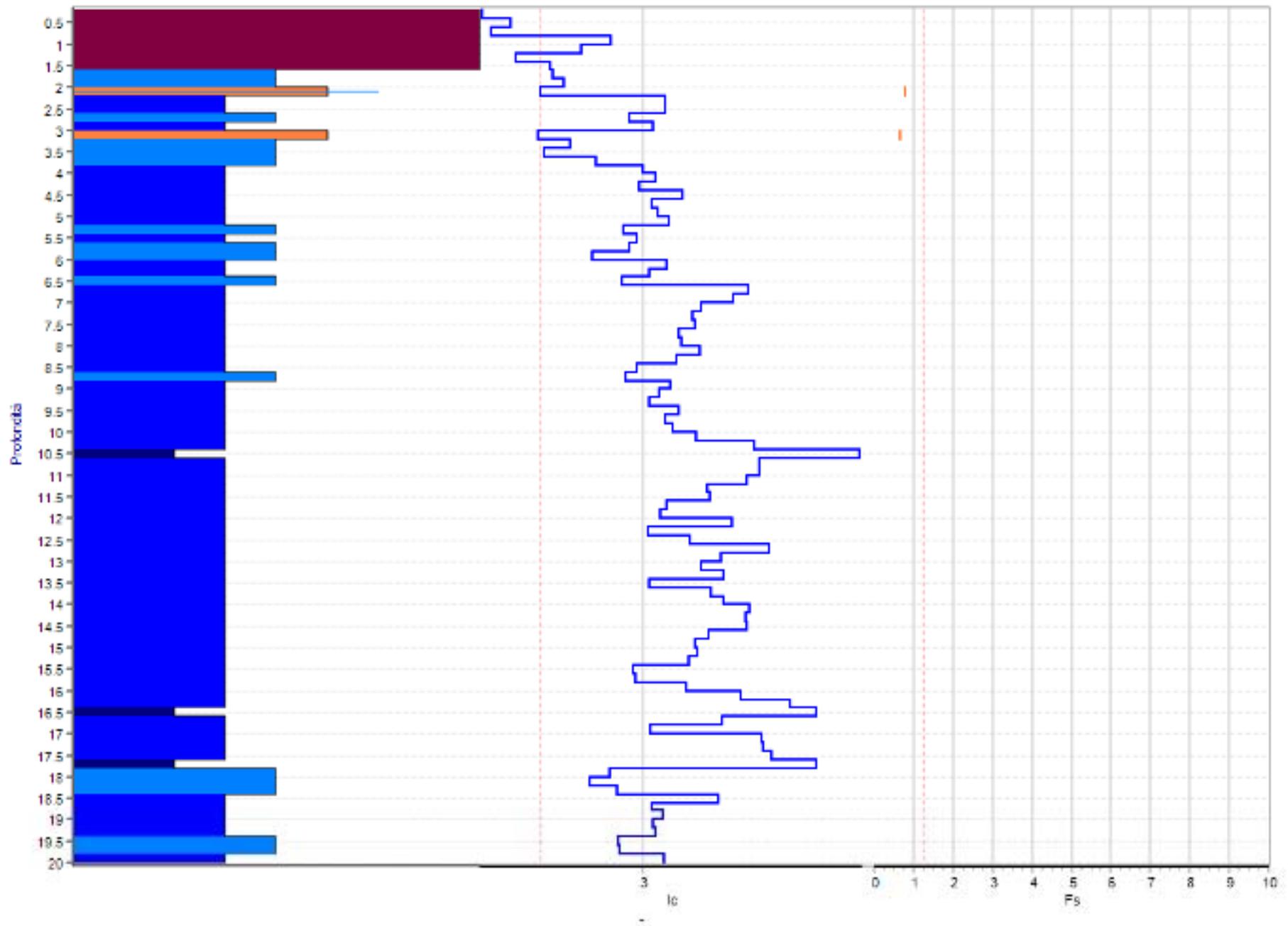
## **GEO GROUP s.r.l.**

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

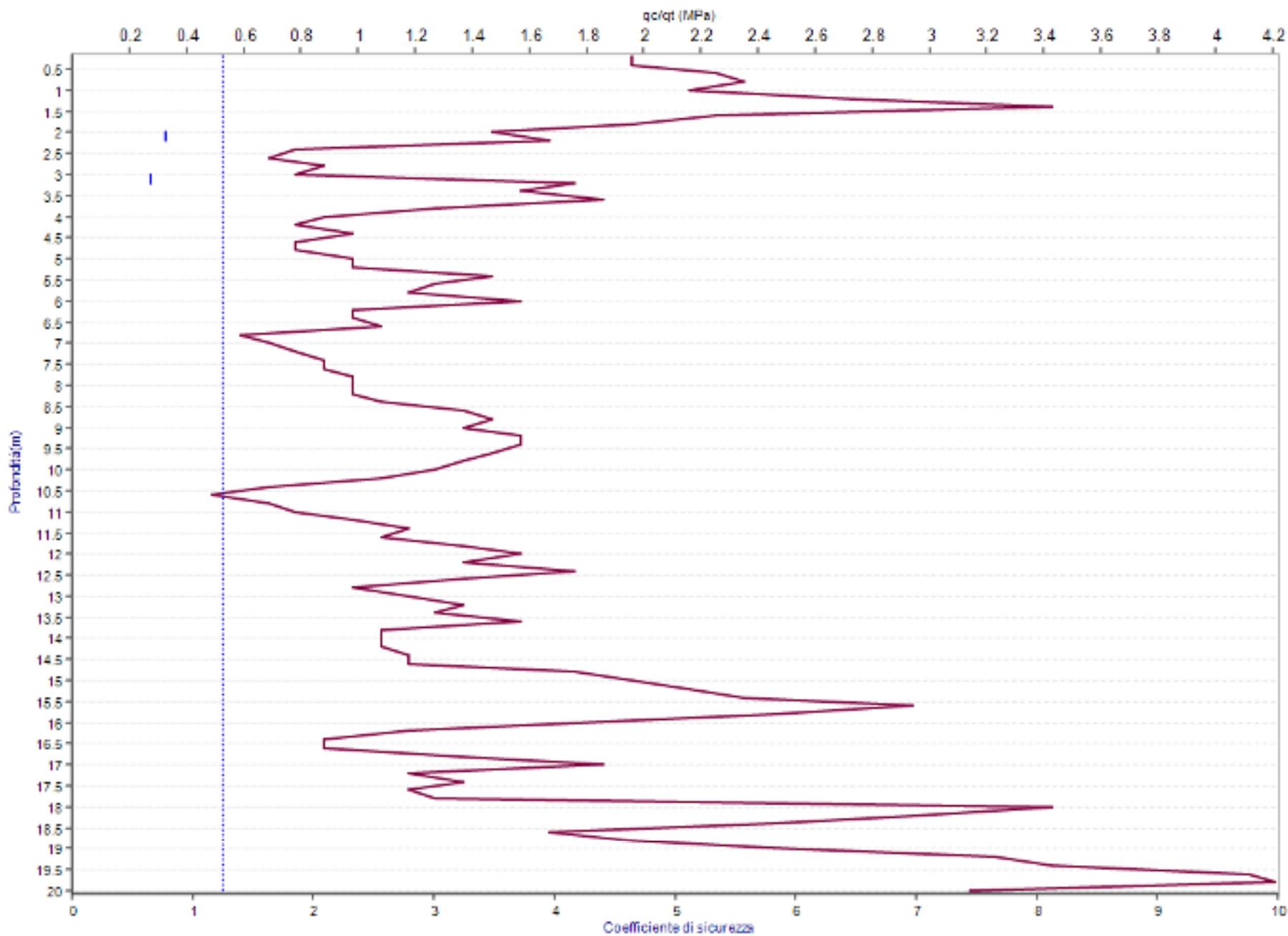
***CPT 1***

Andamento di Ic e Fs

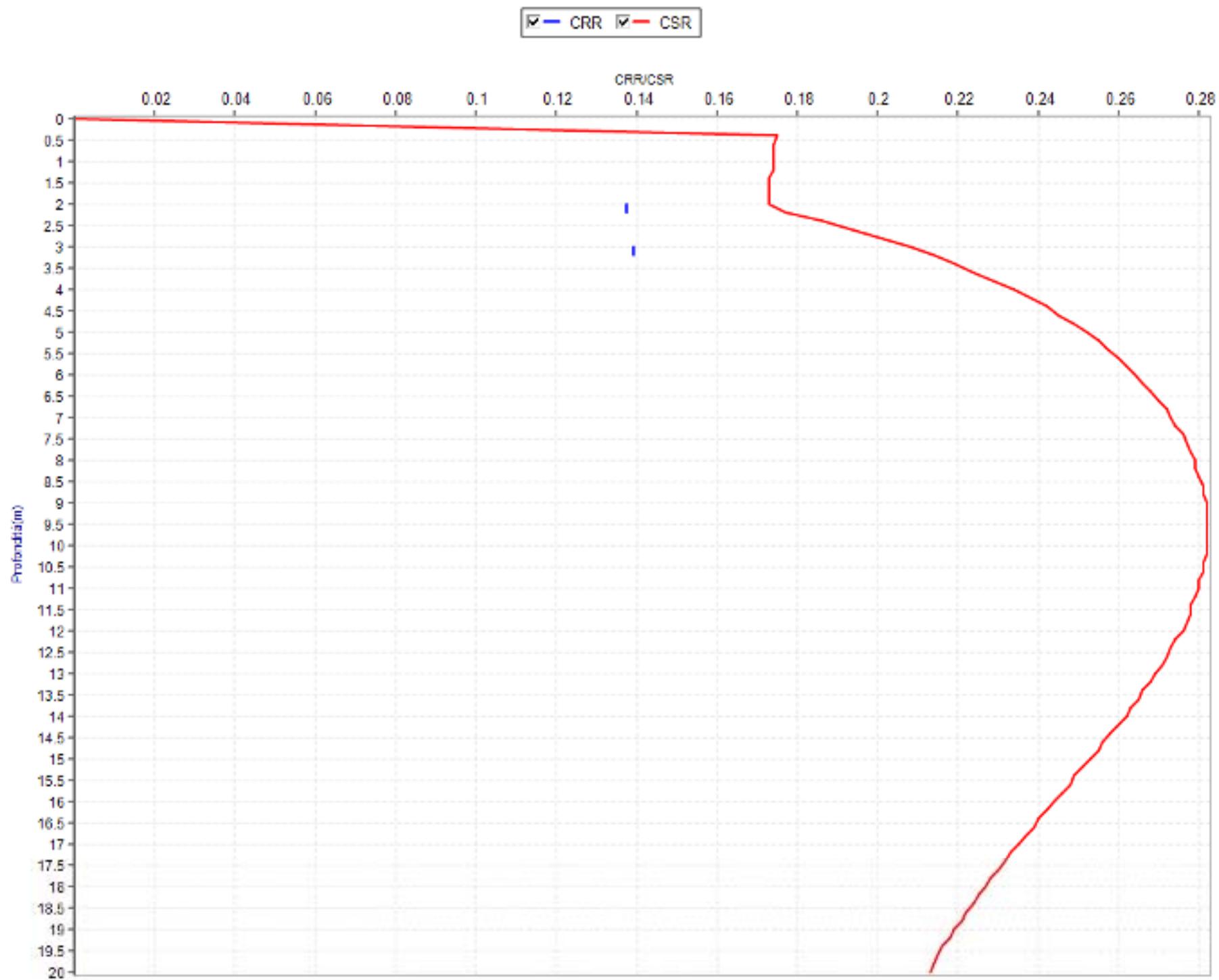
Ic  Fs  Falda  Ic limite  Fs limite



☑ - Profilo qc/qt ☑ - Fs ☑ - Fs limite

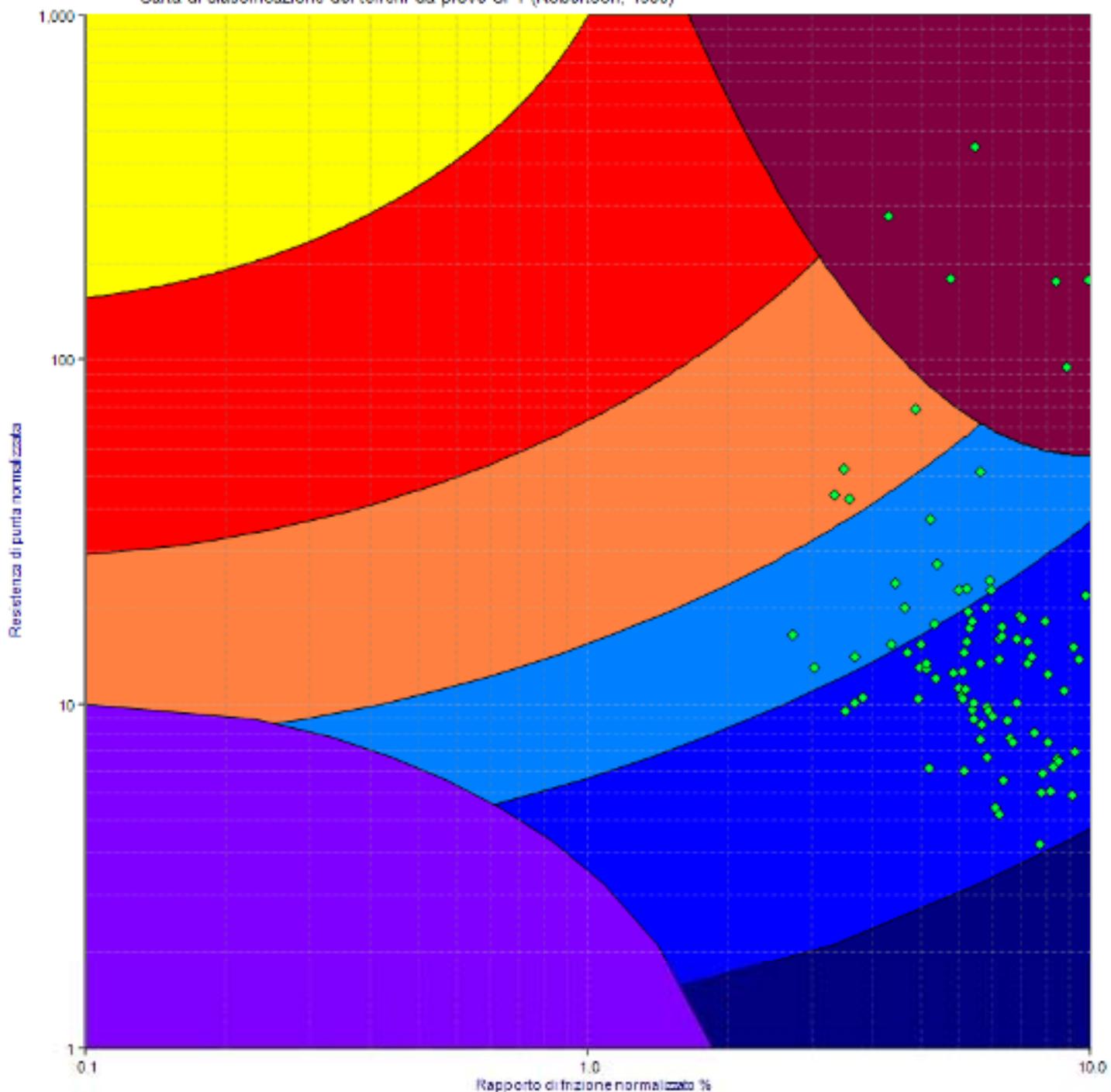


Indice potenziale di liquefazione=1.0 rischio basso



Carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson, 1990)

- Terreni con OCR>5
- Da sabbie ghiaiose a sabbie
- Da sabbie a sabbie limose
- Da sabbie limose a limi sabbiosi
- Da limi argillosi a argille limose
- Da argille a argille limose
- Torbe
- Terreni fini sensibili
- misura



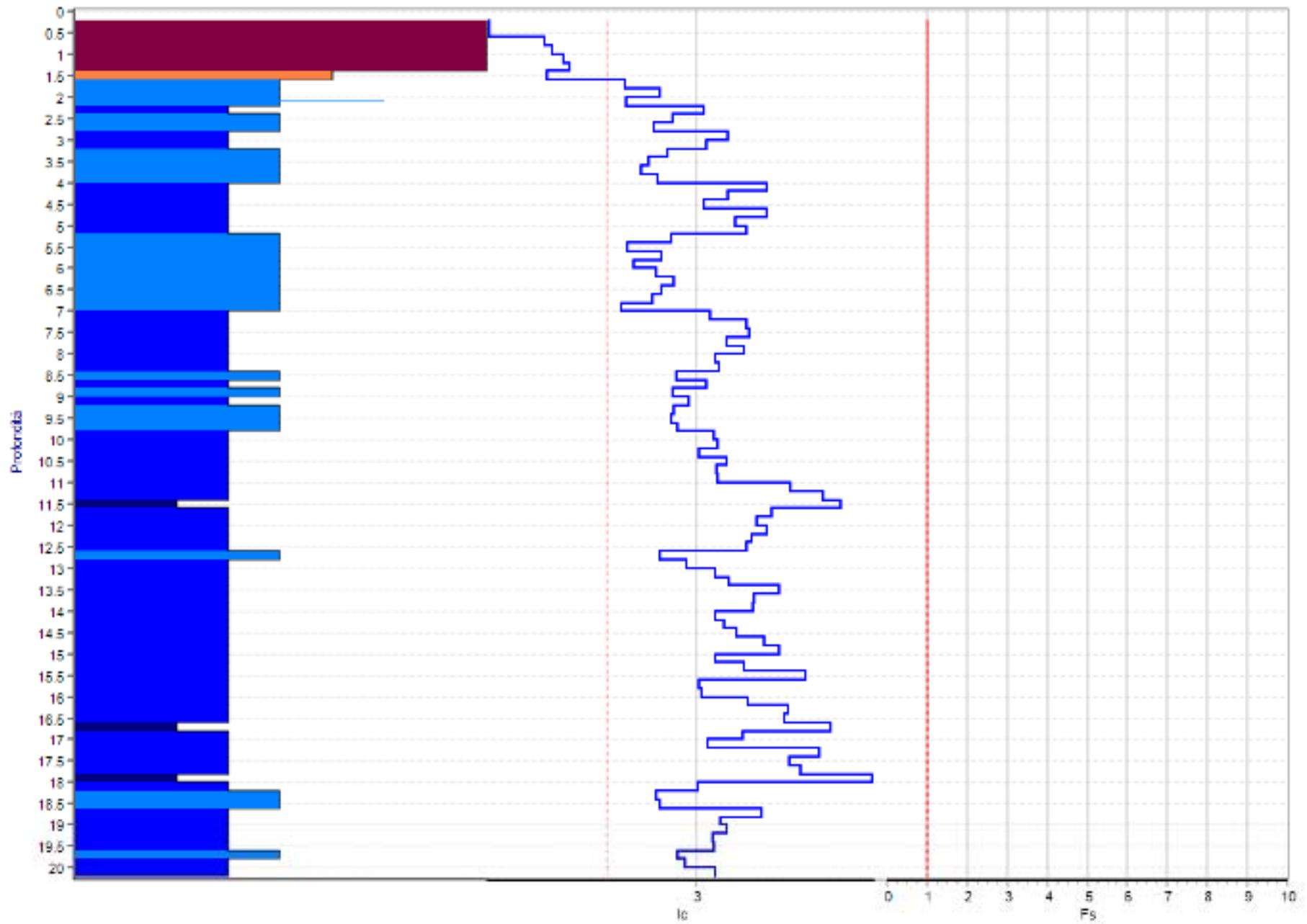
## **GEO GROUP s.r.l.**

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

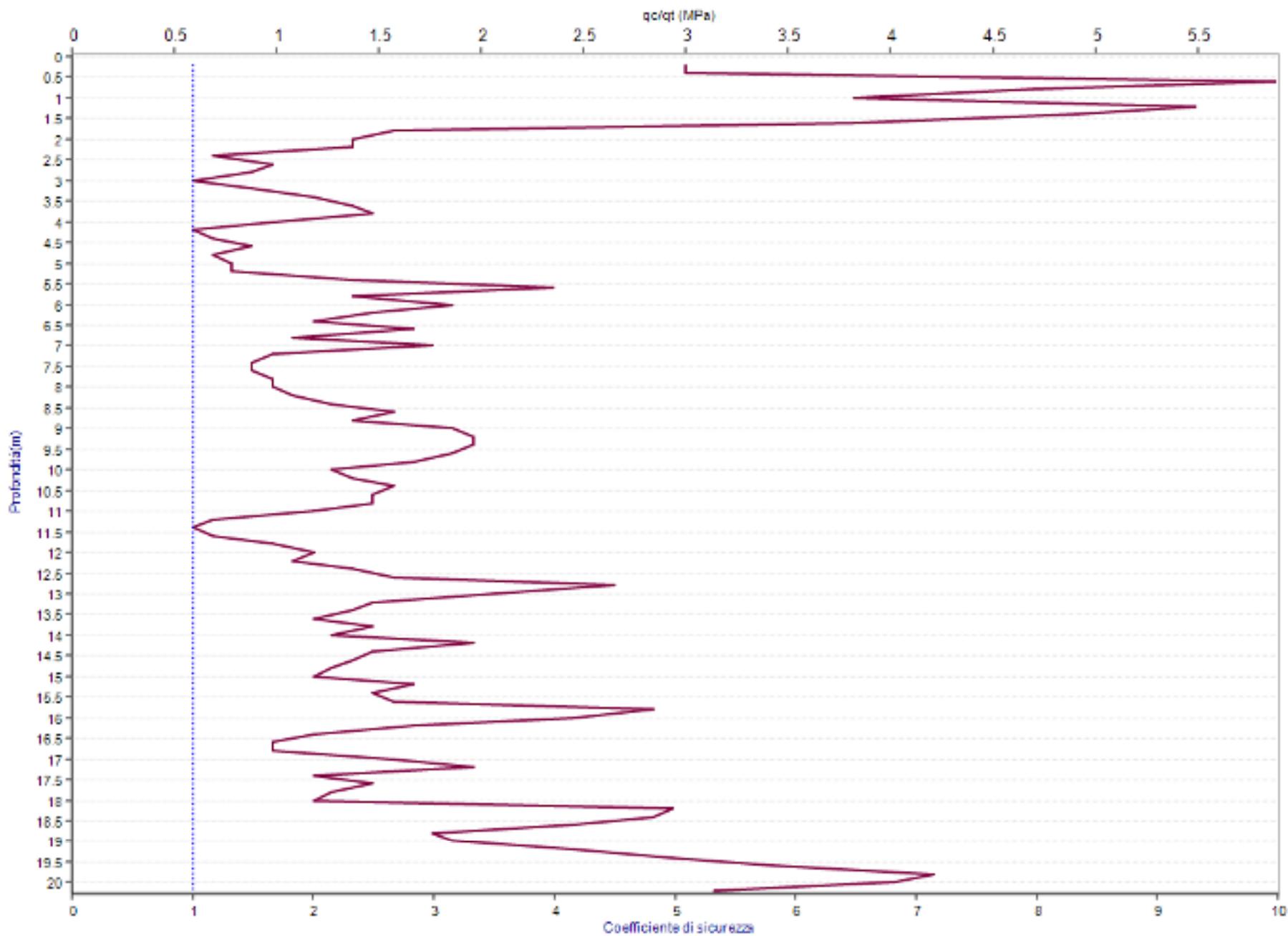
***CPT 2***

Andamento di Ic e Fs

Ic  Fs  Falda  Ic limite  Fs limite



☑ — Profilo qc/qt ☑ — Fs ☑ ..... Fs limite



Indice potenziale di liquefazione=0.0 rischio molto basso



Carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson, 1990)

- Terreni con OCR>5
- Da sabbie ghiaiose a sabbie
- Da sabbie a sabbie limose
- Da sabbie limose a limi sabbiosi
- Da limi argillosi a argille limose
- Da argille a argille limose
- Torbe
- Terreni fini sensibili
- misura

