

Comune di CARPI

Provincia di MODENA

Regione EMILIA ROMAGNA

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI via Valle n° 21 Fossoli di Carpi (MO)

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE
ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO
DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
ALLA PRODUZIONE DI BIOMETANO

- PROGETTO DEFINITIVO -

COMMITTENTE:



Via Maestri del Lavoro n. 38 - 41037 - Mirandola (MO)
web: www.aimag.it - e-mail: info@aimag.it

Il Responsabile
Area Impianti Ambiente

(ing. Paolo Monoscalco)

TITOLARE INCARICO E COORDINAMENTO GENERALE:

Studio T.En.

Via A. Einstein, 11 - 42122 Reggio Emilia
Tel: 0522 337096 - Fax: 0522 337592
E-mail: info@studioten.it

Il Progettista

(ing. Stefano Teneggi)

ALTRI PROFESSIONISTI:

Data	Febbraio 2020
Scala	
Disegnatore:	Veronica Messori
REVISIONE	DATA
00	Emissione
Xref cartiglio preliminare_geologica.dwg	

RELAZIONE GEOLOGICA

Studio del terreno di fondazione inerente
l'ampliamento dell'impianto di compostaggio
con digestore, biofiltro e locali annessi
di AIMAG S.p.A., sito in Via Valle n. 21 in località
Fossoli nel Comune di Carpi (MO)

GEO_001

Comune di Carpi

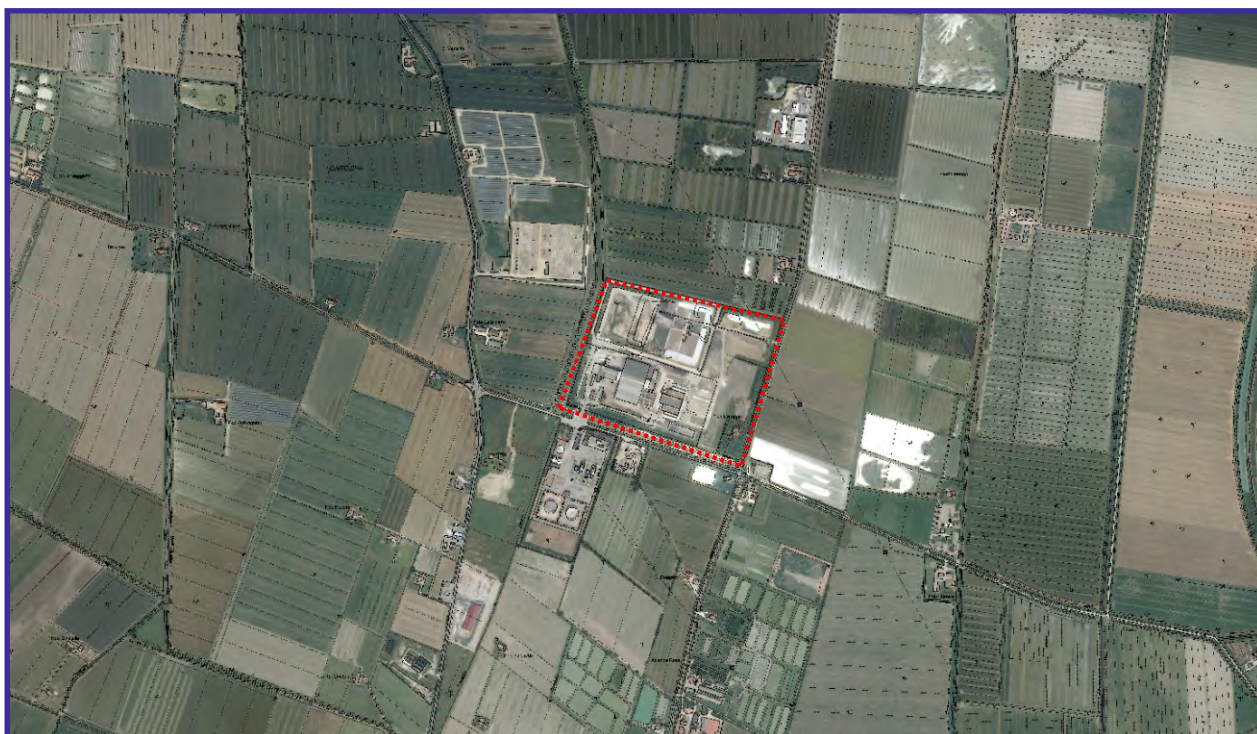
Provincia di Modena

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 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
dell'impianto di compostaggio
con digestore, biofiltro e locali annessi,
sito In Via Valli nella località Fossoli
del Comune di Carpi**



Dott. Geol. Pierluigi Dallari
Febbraio 2020
Rif. 716/18



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



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

Relazione Tecnica

comprendente:

RELAZIONE GEOLOGICA

inerente 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 dell'impianto di compostaggio con digestore, biofiltro e locali annessi, sito in Via Valli nella località Fossoli del Comune di Carpi (MO).

Indice del contenuto

1. PREMESSE.....	3
2. RELAZIONE GEOLOGICA.....	3
2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA.....	3
2.2 INDAGINI GEOTECNICHE	5
2.2.1 Sondaggi a carotaggio continuo	5
2.2.2 Analisi di laboratorio di geotecnica	6
2.2.3 Prove penetrometriche statiche CPTU.....	12
3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	19
3.1 INDAGINI GEOFISICHE	19
3.1.1 Indagine sismica con metodo MASW	19
3.1.2 Indagini sismiche Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).....	20
3.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC 2018).....	21
3.3 AZIONE SISMICA E RISPOSTA SISMICA DEL SITO	22
4. RELAZIONE GEOTECNICA	33
4.1 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	33
5. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (§ 7.11.3.4 NTC 2018)	35
6. CONCLUSIONI.....	40

Tavole

Tav. n. 1: “Carta Topografica”

scala 1: 5.000

Tav. n. 2: “Ripresa fotografica generale dell'area di interesse”

scala grafica

Tav. n. 3: “Indagini geognostiche”

scala grafica

Allegati

ALL. n. 1 Prove penetrometriche CPTU corredate di interpretazione geotecnica

ALL. n. 2 Stratigrafie

ALL. n. 3 Indagini sismiche

ALL. n. 4 Indagini di laboratorio geotecnico

1. PREMESSE

Nel mese di febbraio 2020 è stato eseguito il presente studio geologico, geotecnico e sismico inerente l'ampliamento dell'impianto di compostaggio con digestore, biofiltro e locali annessi, sito in Via Valli nella località Fossoli del Comune di Carpi (MO).

Il lotto in oggetto è posto nella località Fossoli a nord del Comune di Carpi, come illustrato nella cartografia riportata in allegato.



Fig. 1.1: Inquadramento geografico dell'area di interesse; immagine tratte da *Google Maps*.

2. RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA

Da quanto si evince dalla “Carta geologico-tecnica”, tratta dallo studio di Microzonazione sismica del Comune di Carpi “, nell’area oggetto di studio affiora la seguente litologia:

CLpa → argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbie argille limose, argille magre palustri

Terreni di copertura

CLpa	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbie argille limose, argille magre palustri
MLpi	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile
SMes	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di argine/barre/canali

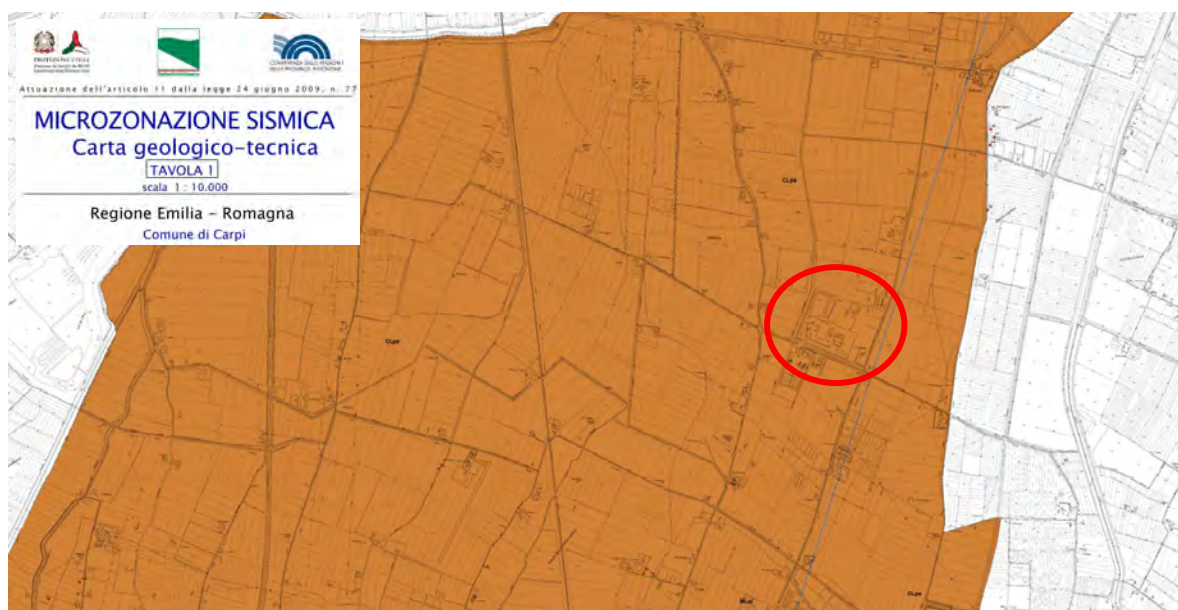
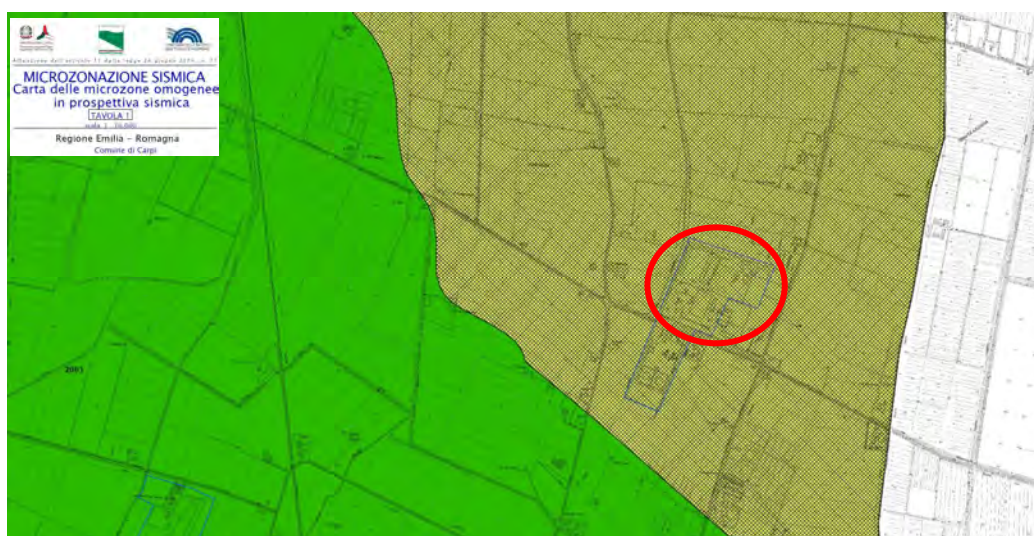


Fig. 2.1: Estratto della carta “Carta geologico-tecnica”.

Dalla consultazione della cartografia del Comune di Carpi, si evince che l'area in studio ricade nelle “zone suscettibili di instabilità”.



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1 - Alternaanze di strati di argille e argille limose con strati di limi, limi sabbiosi e sabbie limose (inclinati di provenienza appenninica)
- Zona 2 - Argille e argille limose (con rade strati sabbiosi) sovrastate da un orizzonte superficiale limo-sabbioso
- Zona 3 - Argille e limi prevalenti (con rade strati sabbiosi) fino ad almeno 25-40 m di profondità, sovrastati da depositi sabbiosi
- Zona 4 - Peliti prevalenti (con rade strati sabbiosi) fino almeno 20-30 m di profondità.
- Zona 5 - Argille e limi fino 5-10 m di profondità. Sabbie prevalenti tra 5-20 m di profondità.
- Zona 6 - Alternaanze tra strati metrici (plumetrici) sabbiosi e strati metrici (plumetrici) pellici

Zone suscettibili di instabilità

- Liquefazioni
- Aree sabbiosizzate e sabbiosizzabili

Fig. 2.2: Estratto della carta “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica”.

2.2 INDAGINI GEOTECNICHE

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto è stata eseguita, nelle date comprese tra il 4/09/19 e il 10/09/19, la seguente campagna geognostica:

- ***n. 8 sondaggi a carotaggio continuo***
- ***n. 5 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU***
- ***n. 1 indagine sismica MASW***
- ***n. 1 indagine sismica HVSR***

2.2.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Il sondaggio meccanico 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 dal sistema idraulico dell'impianto.

La perforazione è inoltre stata eseguita nella modalità a "carotaggio continuo". Questa tecnica consiste nell'utilizzo di aste cave che prevedono l'utilizzo di un carotiere al posto dello scalpello distruttore di nucleo.

I sondaggi a carotaggio continuo eseguiti si sono spinti fino alle seguenti profondità:

S1	-5.00 m da p.c.
S2	-5.00 m da p.c.
S3	-5.40 m da p.c.
S4	-5.20 m da p.c.
S5	-5.30 m da p.c.
S6	-20.60 m da p.c.
S7	-20.60 m da p.c.
S8	-20.00 m da p.c.

Le "carote" di terreno, prelevate nel corso dei sondaggi sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC, a 5 scomparti, per una lunghezza totale di 5.00 m cadauna: la litologia estrapolata è riportata nella stratigrafia presente nell'**allegato 1**.

Sulle carote estratte è stata valutata la resistenza alla penetrazione in condizioni non drenate **R_{PP}**, misurata mediante POCKET PENETROMETER e la resistenza al taglio, sempre in condizioni non drenate **R_{VT}**, mediante VANE TEST. Tali dati sono riportati nella colonna litostratigrafica, presente in **allegato n. 1**.

Nel corso del sondaggio eseguito, al fine della caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati durante la perforazione, sono stati prelevati i seguenti campioni caratteristici del terreno:

CAMPIONE	PROFONDITÀ
S6CA	-2.20 ÷ -2.60 m da p.c.
S6CB	-8.55 ÷ -8.90 m da p.c.
S6CC	-10.00 ÷ -10.30 m da p.c.
S7CA	-6.00 ÷ -6.30 m da p.c.
S7CB	-13.70 ÷ -14.00 m da p.c.
S7CC	-15.00 ÷ -15.30 m da p.c.
S8CA	-4.60 ÷ -5.00 m da p.c.
S8CB	-12.60 ÷ -13.00 m da p.c.
S8CC	-18.00 ÷ -18.35 m da p.c.

Tab. 2.1: Campioni prelevati nel corso del sondaggio.

2.2.2 Analisi di laboratorio di geotecnica

Sui campioni prelevati, allo scopo di valutare le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione dell'area oggetto di studi, sono state eseguite le seguenti analisi di laboratorio di geotecnica:

- **N. 9 PROVE EDOMETRICHE** (ASTM D 2435-03, D3877-02, D4186-98, D4546-03).

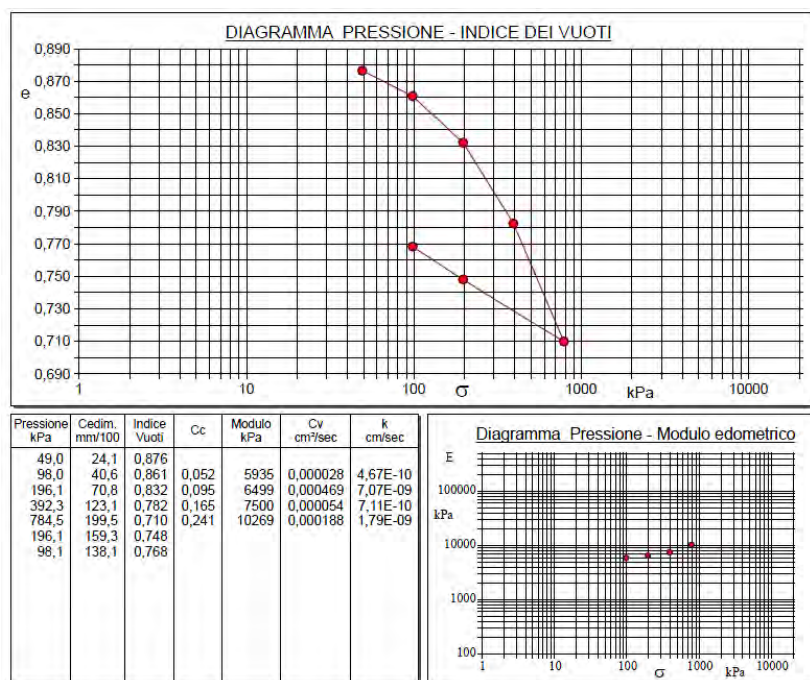
Di seguito vengono brevemente descritte le prove di laboratorio geotecnico realizzate.

Prova edometrica (ASTM D 2435-03, D3877-02, D4186-98, D4546-03)

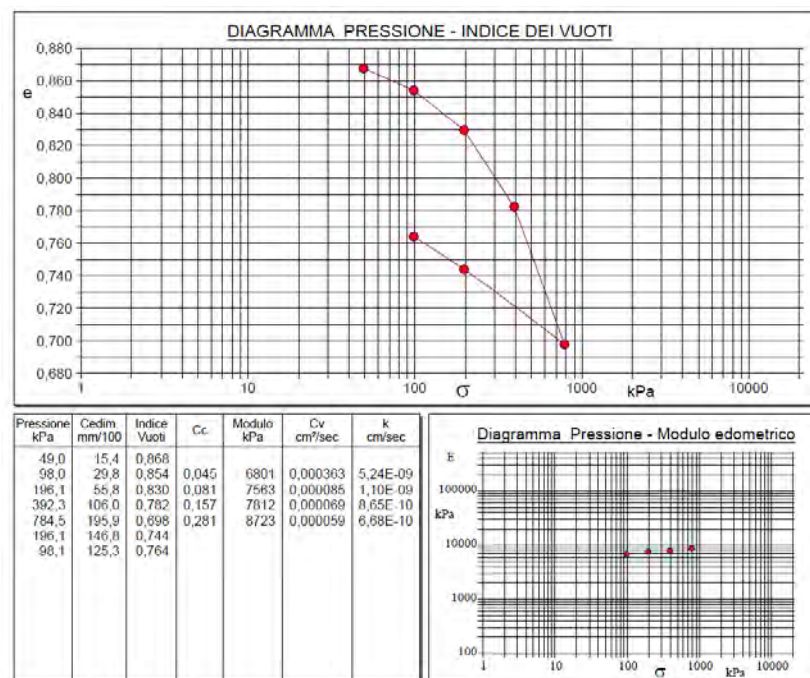
Le caratteristiche di compressibilità del campione sono state analizzate in cella edometrica mediante edometro a fulcro fisso con incrementi lineari di carico IL. La prova edometrica viene eseguita incrementando con progressione geometrica il carico assiale applicato sul provino, che ad ogni gradino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

pressione di consolidazione σ' con l'indice dei vuoti e . Nelle figure che seguono vengono schematizzati i risultati ottenuti.

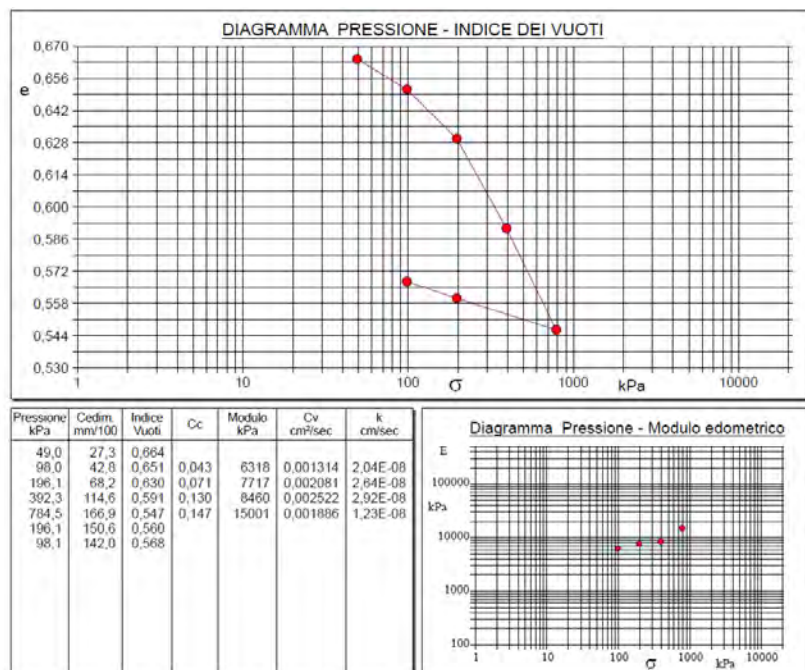
S6 CA – (2.20-2.60 m da p.c.)



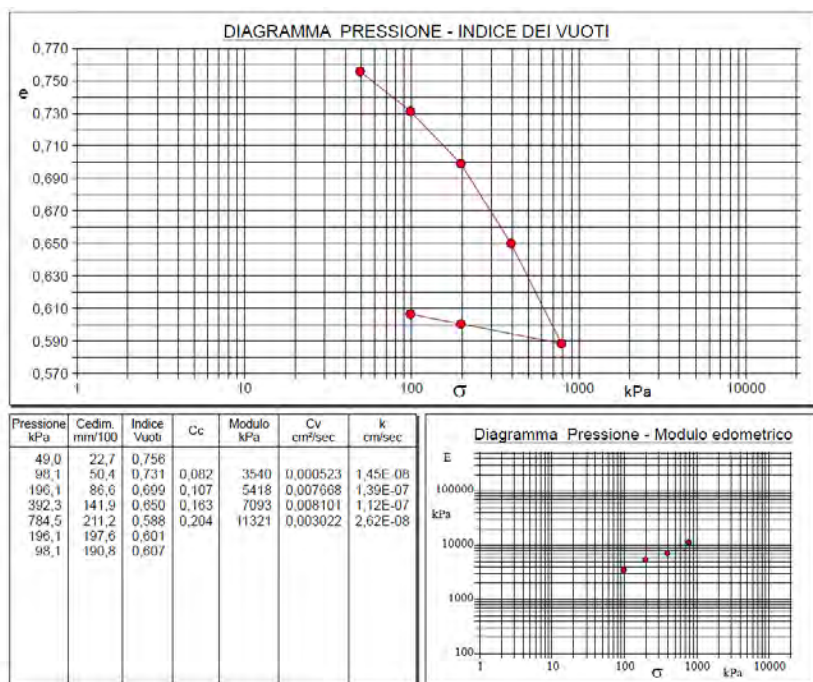
S6 CB – (8.55-8.90 m da p.c.)



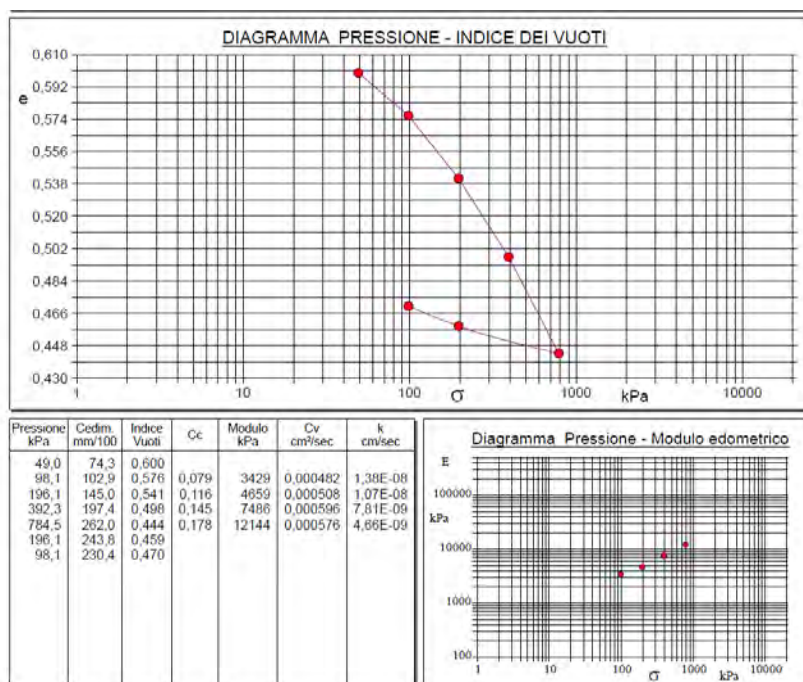
S6 CC – (10.00-10.30 m da p.c.)



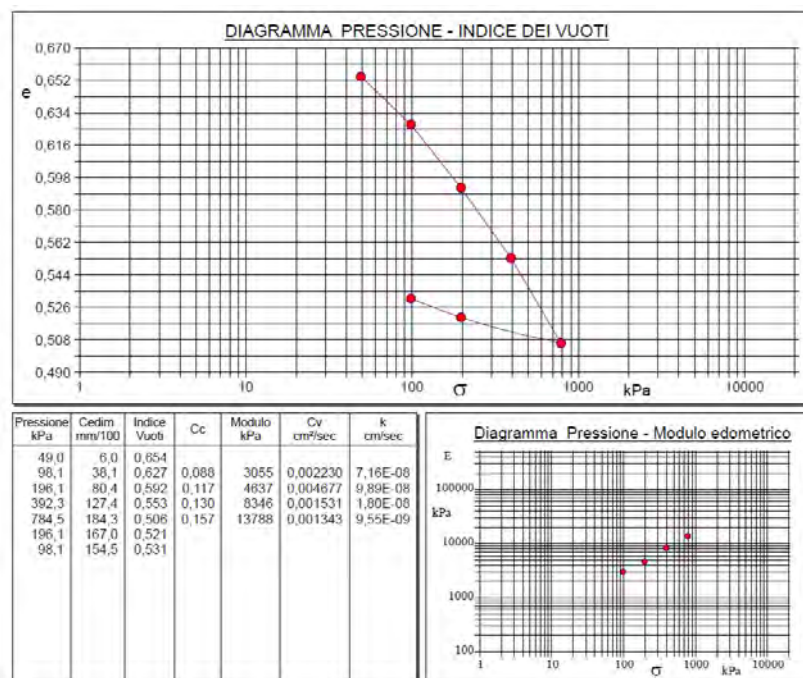
S7 CA – (6.00-6.30 m da p.c.)



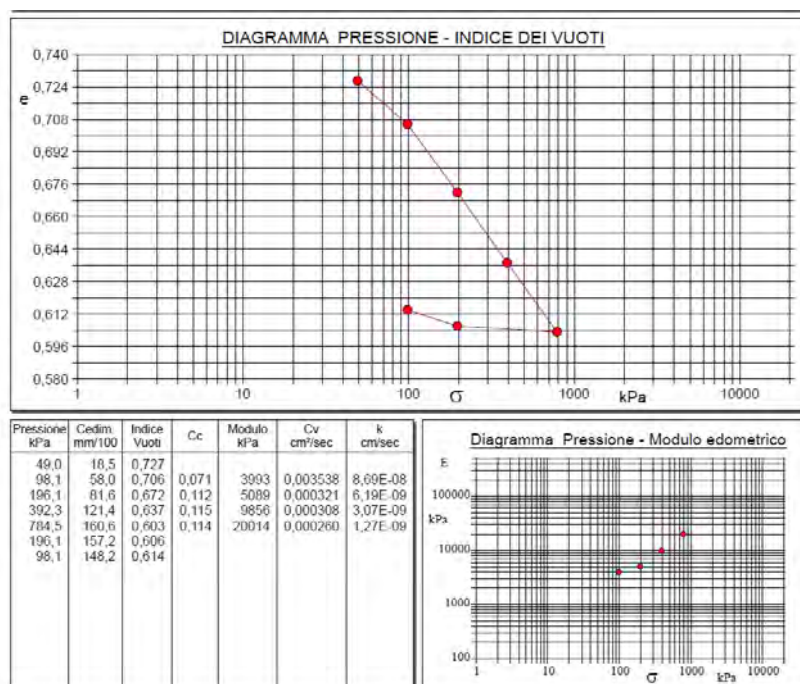
S7 CB – (13.70-14.00 m da p.c.)



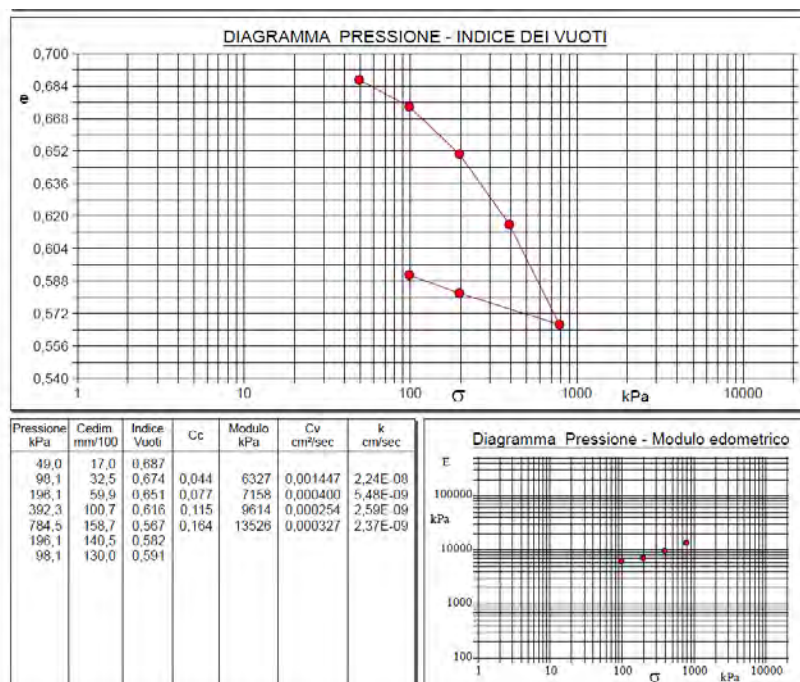
S7 CC – (15.00-15.30 m da p.c.)



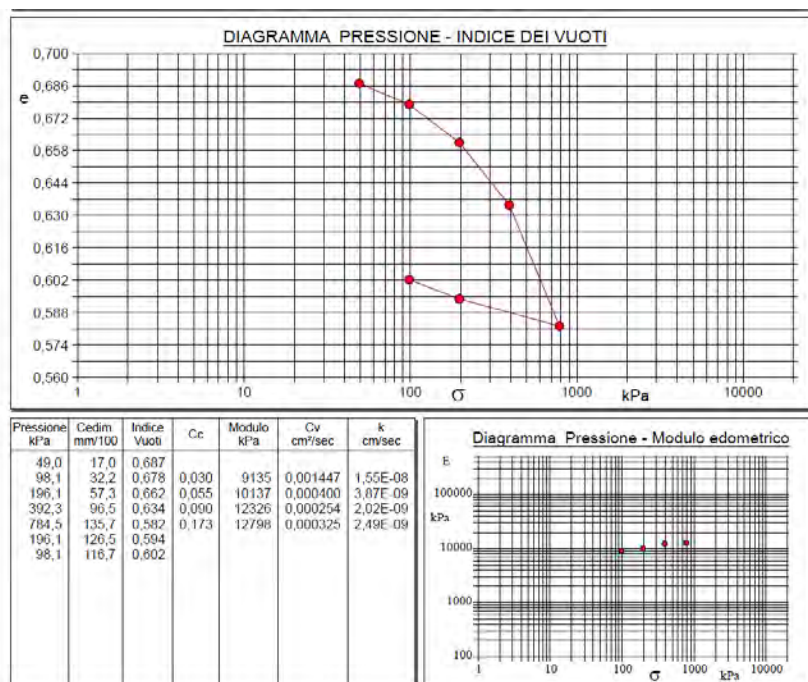
S8 CA – (4.60-5.00 m da p.c.)



S8 CB – (12.60-13.00 m da p.c.)



S8 CC – (18.00-18.35 m da p.c.)



Inoltre, confrontando il valore della pressione di preconsolidazione, determinato sperimentalmente, con la tensione verticale efficace, si determina il grado di sovraconsolidazione OCR del campione in oggetto nel punto di prelievo del campione. Di seguito si espongono i risultati ottenuti.

CAMPIONE	PROFONDITÀ	OCR
S6CA	-2.20 ÷ -2.60 m da p.c.	4.66 <i>sovraconsolidato</i>
S6CB	-8.55 ÷ -8.90 m da p.c.	1.46 <i>debolmente sovraconsolidato</i>
S6CC	-10.00 ÷ -10.30 m da p.c.	0.85 <i>normal consolidato</i>
S7CA	-6.00 ÷ -6.30 m da p.c.	2.05 <i>debolmente sovraconsolidato</i>
S7CB	-13.70 ÷ -14.00 m da p.c.	0.57 <i>normal consolidato</i>
S7CC	-15.00 ÷ -15.30 m da p.c.	0.50 <i>normal consolidato</i>
S8CA	-4.60 ÷ -5.00 m da p.c.	1.07 <i>debolmente sovraconsolidato</i>
S8CB	-12.60 ÷ -13.00 m da p.c.	0.77 <i>normal consolidato</i>
S8CC	-18.00 ÷ -18.35 m da p.c.	0.69 <i>normal consolidato</i>

2.2.3 Prove penetrometriche statiche CPTU

Nell'area di interesse sono state eseguite **n. 5 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU**, spinta fino alle profondità riportate di seguito. Al termine della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU è stata rilevata la soggiacenza della falda freatica mediante l'utilizzo di un freatimetro elettroacustico. Il livello della falda freatica è riportato nella tabella sottostante.

INDAGINI	PROFONDITÀ	LIVELLO FALDA FREATICA
CPTU 1	-20.38 m da p.c.	-3.10 m da p.p. (04/09/19)
CPTU 2	-20.51 m da p.c.	-3.10 m da p.p. (04/09/19)
CPTU 3	-20.52 m da p.c.	-3.10 m da p.p. (04/09/19)
CPTU 4	-20.30 m da p.c.	-3.10 m da p.p. (04/09/19)
CPTU 5	-20.42 m da p.c.	-3.10 m da p.p. (05/09/19)

Il penetrometro utilizzato per realizzare le prove statiche è un Gouda da 200 kN di spinta, montato su autocarro gommato a trazione integrale.

La prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTE/U), consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica standard, connessa all'estremità inferiore di una batteria di aste cave, che viene infissa a pressione e velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta idraulico che agisce alla sommità delle aste.



Fig. 2.3: Attrezzatura di prova utilizzata.

La punta elettrica è strumentata con sensori elettrici e un sistema di trasmissione dei dati in superficie via cavo, che permette l'acquisizione e la registrazione dei dati quasi in continuo, ogni centimetro. I dati misurati durante la prova sono la resistenza totale alla penetrazione Q_t , la resistenza alla penetrazione della punta Q_c e la resistenza laterale del manicotto F_s ; è possibile

inoltre monitorare, durante l'esecuzione della prova, alcuni parametri di controllo quali l'inclinazione rispetto alla verticalità e la velocità di penetrazione del cono.

Una punta elettrica particolare, detta "piezocono", è dotata anche di un dispositivo di misura della pressione, attraverso il quale viene misurata la pressione dell'acqua nei pori del terreno u (CPTU). La pressione che viene misurata è la pressione $u = u_0 + \Delta u$, dove u_0 è la pressione dovuta al livello idrostatico e Δu quella generata dallo sforzo alla penetrazione nel terreno.

Il piezocono da Noi utilizzato è un Pagani, con sistema di acquisizione TGAS07 ed è dotato di un dispositivo di misura della pressione costituito da un cilindro metallico saturato con grasso, situato poco al di sopra della punta conica. Si riportano, di seguito, la composizione dell'attrezzatura di prova (**fig. 2.3**) e le caratteristiche del piezocono (**fig. 2.4**).

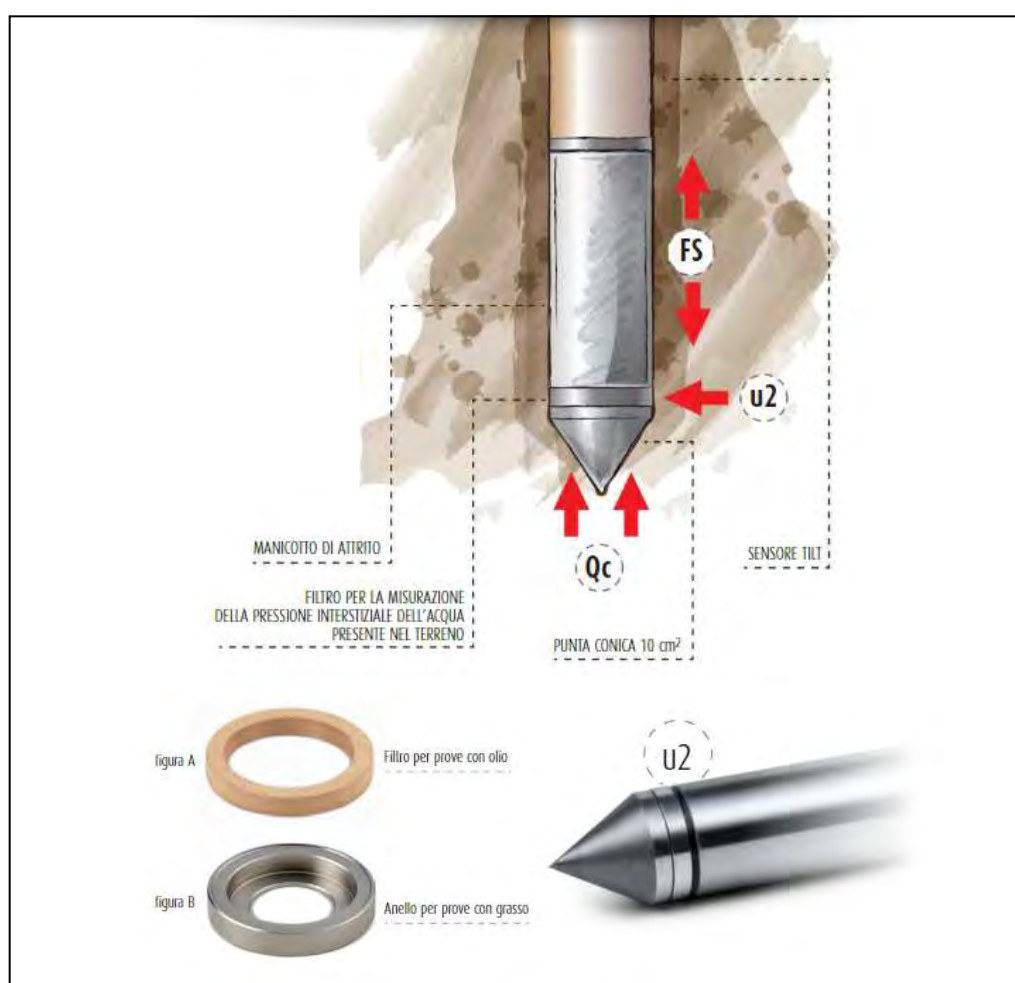


Fig. 2.4: Attrezzatura di prova.

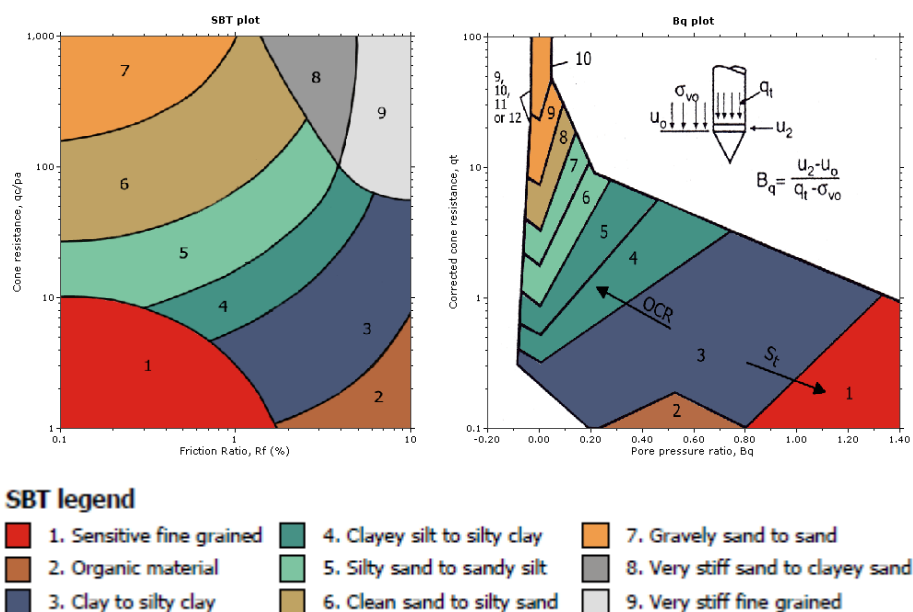
SPECIFICHE TECNICHE			
Sensore	Fondo scala	Risoluzione	Precisione
QC	50 - 100 MPa	24 bit	0,005 MPa
FS	1600 kPa	24 bit	0,04 MPa
U2	2500 kPa	24 bit	0,04 MPa
TILT	0° - 20°	12 bit	0,5°

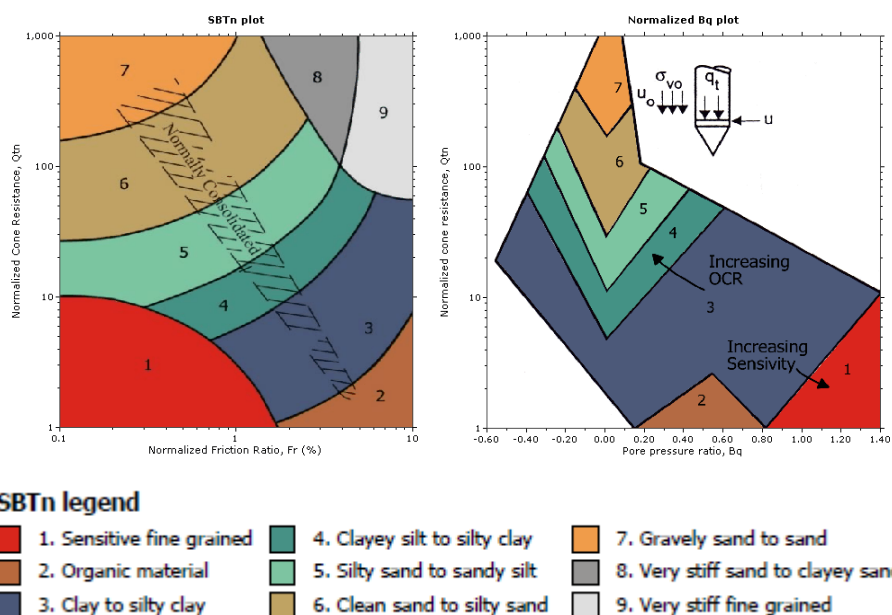
DIMENSIONI			
Lunghezza	320 mm	Peso	1,8 kg
Diametro	35,8 mm	Angolo di apertura punta	60°
Sezione	10 cm ²	Superficie manicotto laterale	150 cm ²

Fig. 2.5: Caratteristiche del Piezocono Pagani.

I dati acquisiti sono stati elaborati con software CPeT – IT v. 1.7.4.13 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software.

La caratterizzazione litostratigrafica del terreno è stata effettuata in funzione delle carte proposte da Robertson, in cui il tipo di comportamento del terreno è definito da tre parametri: q_t , resistenza alla punta corretta, R_f , B_q , nella prima carta (1986) e con i parametri normalizzati nella seconda (1990).



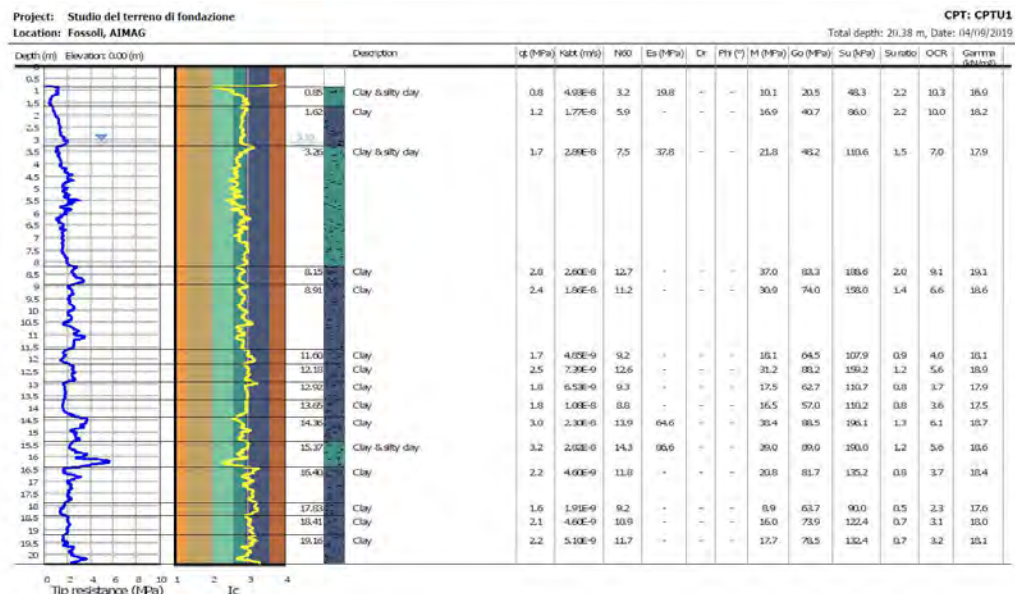


La ricerca e la disponibilità di numerosi dati ottenuti in camera di calibrazione e in campagna ha prodotto numerose correlazioni tra i dati misurati in sito e il valore dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni. Il software utilizzato per l'elaborazione delle prove utilizza le correlazioni riportate nello schema seguente.

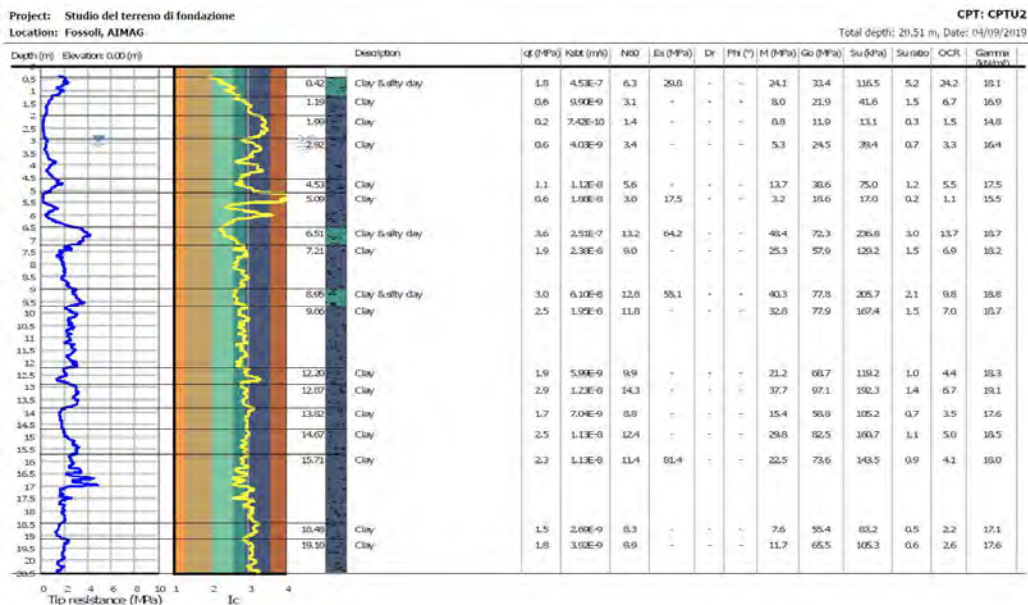
<p>Unit Weight, g (kN/m³) ::</p> $g = g_w \left(0.27 \cdot \log(R_r) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{Q_n}{P_s}\right) + 1.236 \right)$ <p>where g_w = water unit weight</p> <p>Permeability, k (m/s) ::</p> <p>$I_c < 3.27$ and $I_c > 1.00$ then $k = 10^{0.952 - 3.04 I_c}$</p> <p>$I_c \leq 4.00$ and $I_c > 3.27$ then $k = 10^{-4.52 - 1.37 I_c}$</p> <p>$N_{60}$ (blows per 30 cm) ::</p> $N_{60} = \left(\frac{Q_n}{P_s} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.3268 - 0.2817 I_c}}$ $N_{60(0)} = Q_n \cdot \frac{1}{10^{1.3268 - 0.2817 I_c}}$ <p>Young's Modulus, E_s (MPa) ::</p> $(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 I_c - 1.68}$ <p>(applicable only to $I_c < I_{c, \text{sat}}$)</p> <p>Relative Density, D_r (%) ::</p> $100 \cdot \sqrt{\frac{Q_n}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBTs: 5, 6, 7 and 8 or } I_c < I_{c, \text{sat}} \text{)}$ <p>State Parameter, ψ ::</p> $\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{n, 0.1})$ <p>Peak drained friction angle, ϕ (°) ::</p> $\phi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_n)$ <p>(applicable only to SBTs: 5, 6, 7 and 8)</p> <p>1-D constrained modulus, M (MPa) ::</p> <p>If $I_c > 2.20$</p> <p>$\alpha = 14$ for $Q_n > 14$</p> <p>$\alpha = Q_n$ for $Q_n \leq 14$</p> <p>$M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$</p> <p>If $I_c \leq 2.20$</p> <p>$M_{CPT} = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 I_c - 1.68}$</p>	<p>Small strain shear Modulus, G_0 (MPa) ::</p> $G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 I_c - 1.68}$ <p>Shear Wave Velocity, V_s (m/s) ::</p> $V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$ <p>Undrained peak shear strength, S_u (kPa) ::</p> <p>$N_{60} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r)$ or user defined</p> <p>$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{60}}$</p> <p>(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{sat}}$)</p> <p>Remolded undrained shear strength, $S_u(\text{rem})$ (kPa) ::</p> <p>$S_{u(\text{rem})} = f_s$ (applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{sat}}$)</p> <p>Overconsolidation Ratio, OCR ::</p> <p>$k_{OCR} = \left[\frac{Q_n^{(0.25)}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{-1.25}$ or user defined</p> <p>$OCR = k_{OCR} \cdot Q_n$</p> <p>(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{sat}}$)</p> <p>In situ Stress Ratio, K_0 ::</p> $K_0 = 0.1 \cdot \left(\frac{q_t - \sigma_v}{\sigma_v} \right)$ <p>(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{sat}}$)</p> <p>Soil Sensitivity, S_t ::</p> $S_t = \frac{N_{60}}{F_r}$ <p>(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{sat}}$)</p> <p>Effective Stress Friction Angle, ϕ (°) ::</p> $\phi = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.123} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$ <p>(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)</p>
--	---

Fig. 2.6: Correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici.

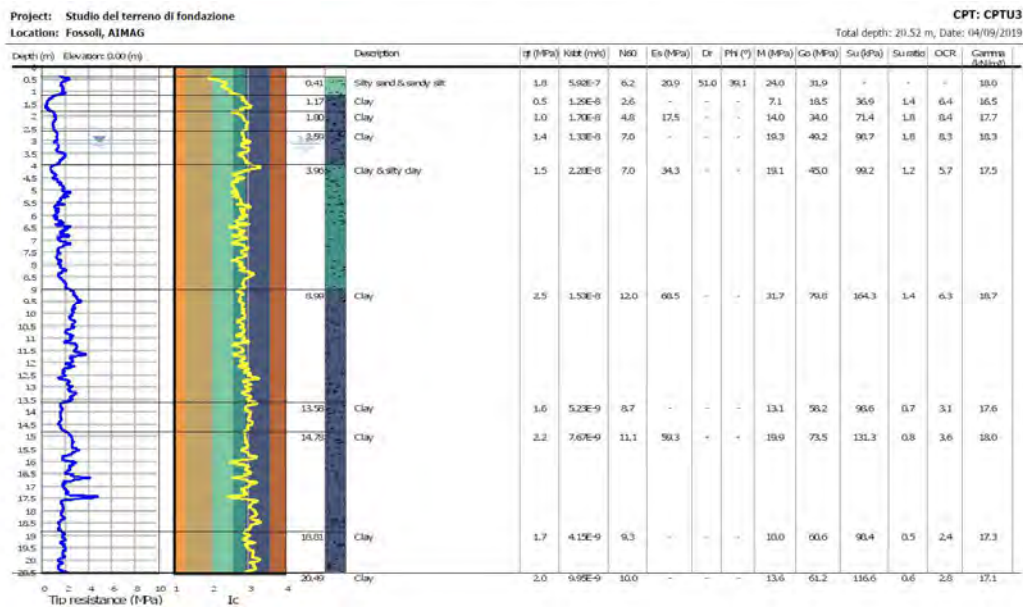
CPTU 1



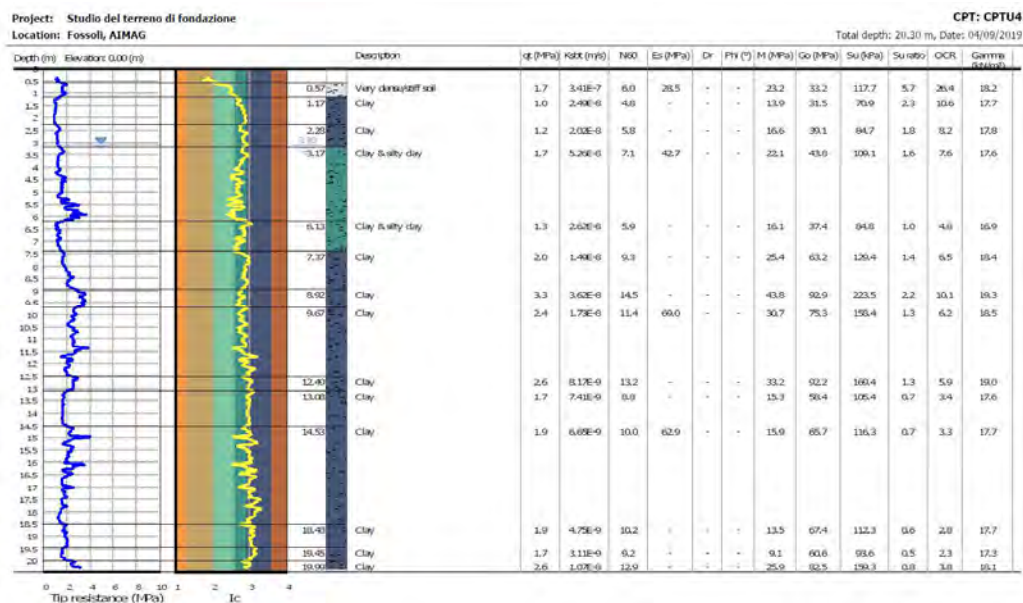
CPTU 2



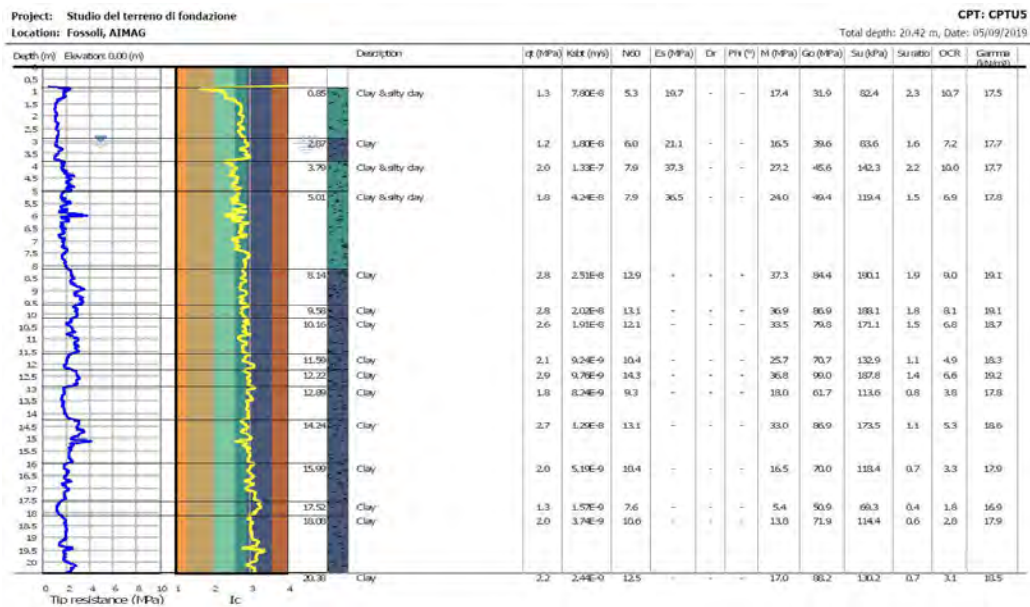
CPTU 3



CPTU 4



CPTU 5



3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

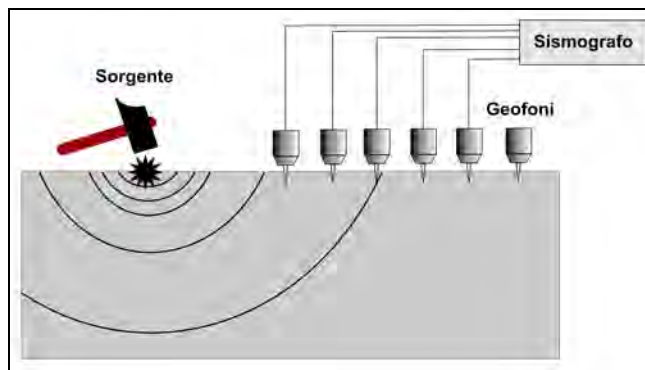
3.1 INDAGINI GEOFISICHE

Per la caratterizzazione sismica dell'area di studio, in data 04/09/19, sono state eseguite in sito le seguenti indagini geofisiche:

- *n. 1 indagine sismica MASW*
- *n. 1 indagine sismica HVSr*

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, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, 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.

3.1.2 Indagini sismiche Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)

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

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

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

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

Dall'analisi HVSR eseguita in sito, e riportata integralmente nell'**allegato n. 3** è stato individuato un picco H/V di probabile origine stratigrafica alla frequenza **f=0.63 Hz**.

3.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC 2018)

Per determinare il parametro Vs30 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 Vs 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 congiunta delle indagini sismiche eseguite in sito si è ottenuto il valore di Vs30 pari a: **V_{s,30}=213 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 Carpi (MO)** risulta appartenente alla **classe di sismicità 3** (fig. 3.1).

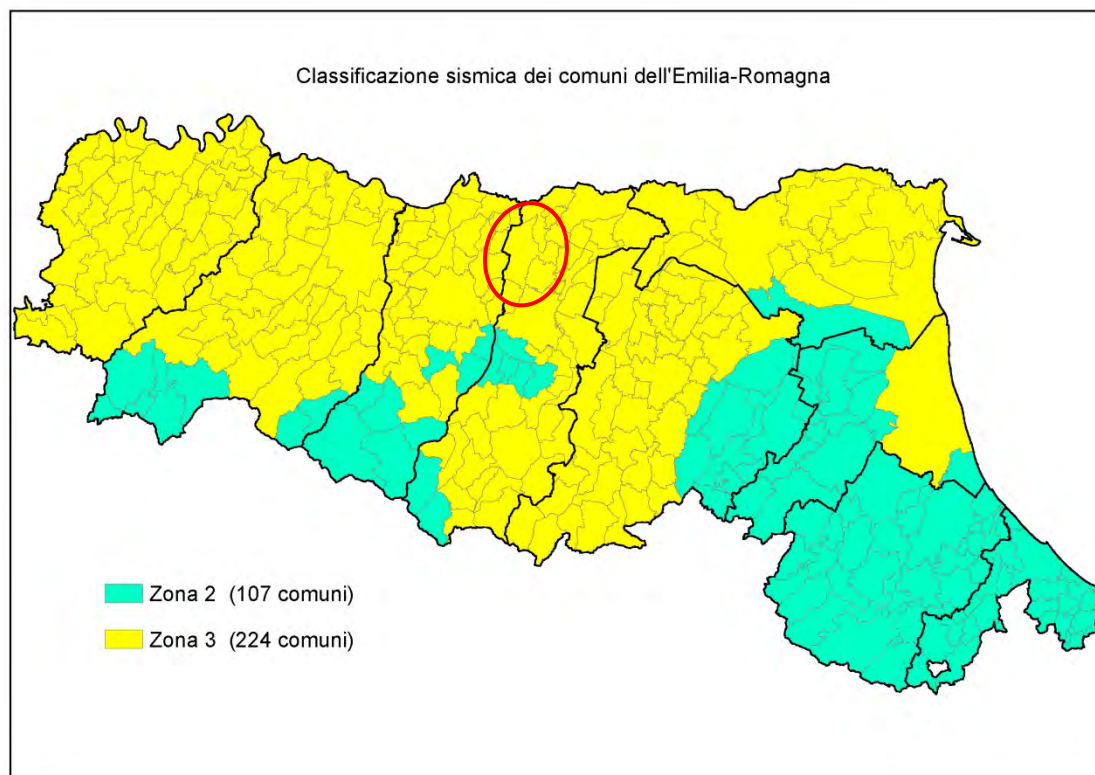


Fig.3.1: Classificazione sismica e dei comuni della regione Emilia-Romagna a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche (aggiornamento luglio 2018).

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 NNTC 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: 44.846743°, Longitudine 10.908285°, in relazione a un periodo di riferimento T_R stimato di **475 anni**, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g pari a **$a_{g,attesa} = 0.149g$** .

WGS84: Lat 44.845809 - Lng 10.907276

ED50: Lat 44.846743 - Lng 10.908285

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.040	2.560	0.247
Danno (SLD)	50	0.050	2.519	0.265
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.149	2.582	0.269
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.200	2.530	0.276
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,47	1,40
CC Coeff. funz categoria	1,66	1,63	1,62	1,61
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.052	0.079
kv	0.006	0.008	0.026	0.039
Amax [m/s²]	0.585	0.740	2.144	2.752
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Parametri sismici relativi al sito in oggetto

L'accelerazione orizzontale di picco attesa a_g è definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo categoria A) e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione a_g rappresenta uno dei parametri principali che definisce la **pericolosità sismica di base**, insieme ai parametri F_0 e T_c^* 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.T.C., si può fare riferimento ad un approccio semplificato che **si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito**, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica.

Sulla base delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (N.T.C. 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**.

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

$$1.00 \leq S_s = 1.70 - (0.60 \cdot F_o \cdot a_g/g) \leq 1.50 \quad (4.1.1)$$

dove:

- F_o = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.582**;
- 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 **1.47**.

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 piane, 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} :

$$A_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.149g = 0.219g$$

3.4 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

È stata definita l'azione sismica di progetto secondo uno studio di **risposta sismica locale**, secondo III livello di approfondimento.

Dalla consultazione della cartografia del Comune di Carpi, si evince che l'area in studio ricade nelle “zone suscettibili di instabilità”.

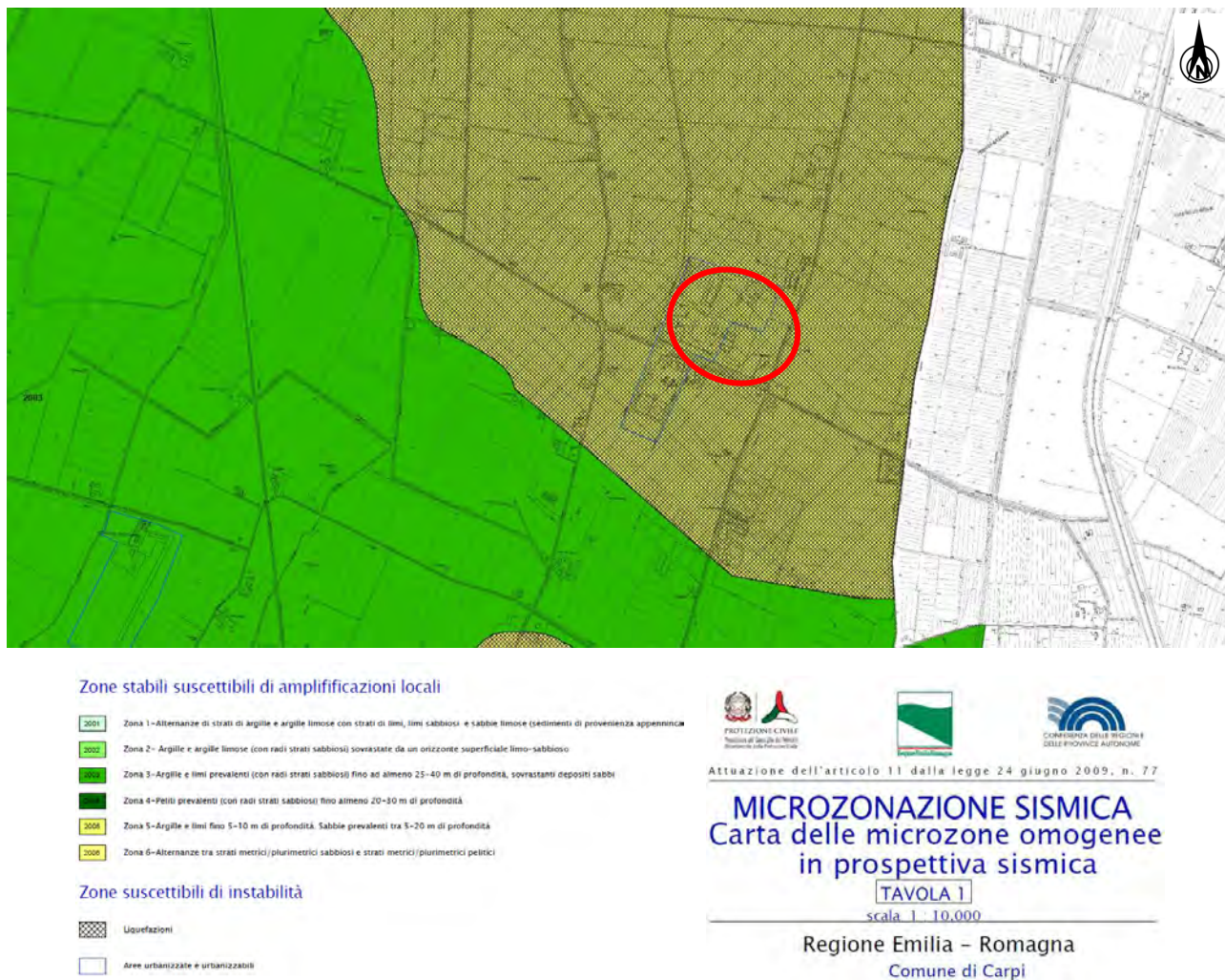


Fig. 3.2: Estratto della Carta di microzone omogenee in prospettiva sismica.

Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi è stata svolta secondo quanto indicato al § 7.11.3 delle NTC 2018, attraverso analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente. Per fare ciò è stato utilizzato come strumento di lavoro il software di calcolo STRATA (University of Texas - Austin).

Ai fini della restituzione degli spettri di accelerazione, relativi allo stato limite SLV, è stata svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente.

Utilizzando un modello lineare equivalente è possibile ottenere una soluzione di un modello non lineare, attraverso analisi lineari complete nelle quali al termine di ogni interazione vengono aggiornati i parametri di **rigidezza** e **smorzamento** che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno. Attraverso un'iterazione di calcoli si raggiunge una convergenza prefissata a monte della fase di computazione.

Il software STRATA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, considerando un profilo monodimensionale in cui si propagano linearmente le onde sismiche, in funzione dei parametri dinamici attribuiti al terreno. Il terreno viene schematizzato come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore H , del modulo di taglio massimo G_{\max} o dalla corrispondente velocità massima V_{\max} , dal valore dello smorzamento D , dal peso dell'unità di volume γ e dalle curve di decadimento del modulo di rigidezza a taglio normalizzato ($G / G_0 \gamma$) e le corrispondenti curve dello smorzamento ($D - \gamma$) con la deformazione di taglio γ . Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale modello è descritto quindi dalla rigidezza (**G**) e dallo smorzamento (**D**). L'onda monodimensionale viene descritta dall'equazione in cui lo spostamento provocato (u) è funzione della profondità (z) e del tempo (t):

$$u(z,t)=A\exp[i(\omega t+k^*z)]+B\exp[i(\omega t-k^*z)]$$

Nell'equazione appena presentata A e B rappresentano le corrispettive amplificazioni del tetto e della base dello strato considerato. Il fattore k^* risulta dipendente dal modulo di taglio (G), dal grado di smorzamento (D) e dalla densità del terreno (ρ). Le relazioni sono le seguenti:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$
$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}}$$
$$G^* = G \left(1 - 2D^2 + i2D \sqrt{1 - D^2} \right) \approx G(1 + i2D)$$

Dove G^* e v_s^* rappresentano il modulo di taglio e la velocità di taglio.

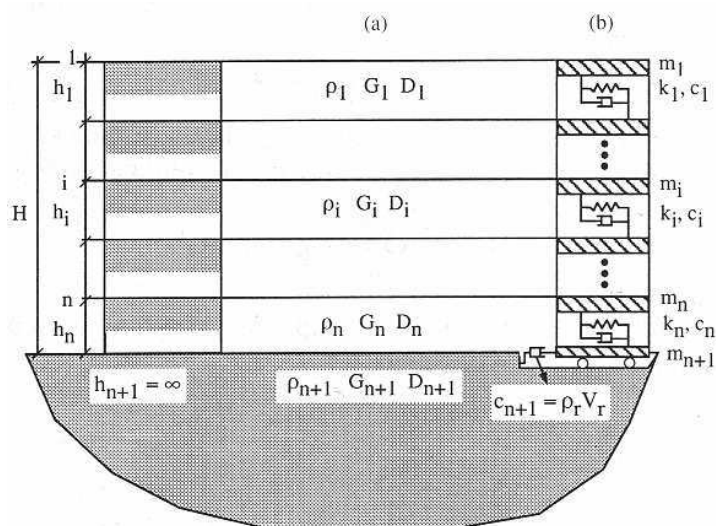


Fig. 3.3: Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA.

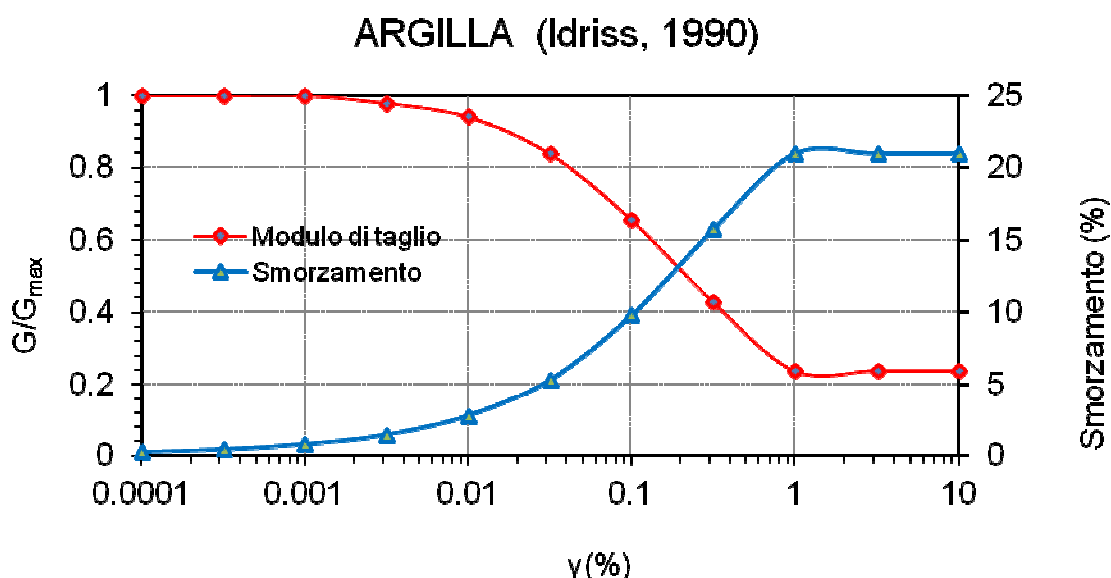
MODELLO SIMULATO

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

Il profilo sismico del sottosuolo utilizzato per la modellazione della RSL deriva dall'elaborazione delle indagini HVSR e MASW eseguite in sito integrate con dati di bibliografia. Si illustra successivamente il modello utilizzato:

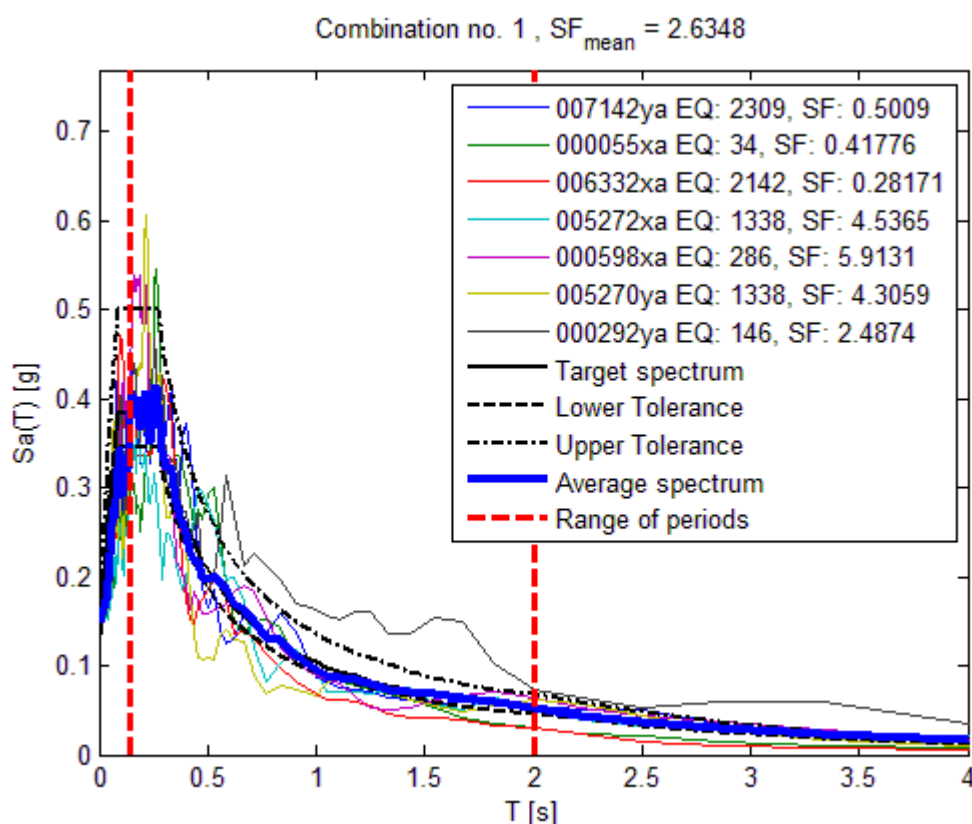
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	120	0.42
22.00	20.00	220	0.42
51.00	29.00	240	0.42
89.00	38.00	300	0.42
144.00	55.00	450	0.42
inf.	inf.	550	0.42

Per descrivere il comportamento dinamico dei terreni costituenti il modello sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidezza e smorzamento, al variare della deformazione percentuale $\gamma(\%)$. Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:



Curve di decadimento dei moduli G/G_{max} e D , utilizzate per descrivere il comportamento dei materiali coesivi e granulari che compongono il sottosuolo in oggetto.

Trattandosi di una verifica diretta ai fini progettuali, in accordo con quanto esposto nel § 7.3 delle NTC 2018, l'analisi RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico 7 accelerogrammi, corrispondenti allo stato limite SLV. Gli accelerogrammi reali e misurati, sono stati individuati mediante l'utilizzo del software REXEL v. 3.5 (Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures) realizzato dal Dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Utilizzando le coordinate relative al sito di riferimento, considerando una categoria di sottosuolo A e una classe d'uso pari a II e una vita nominale pari a 50 anni, sono stati definiti n. 7 accelerogrammi per lo stato limite SLV. Gli accelerogrammi sono stati prelevati dal "European Strong-motion Database".

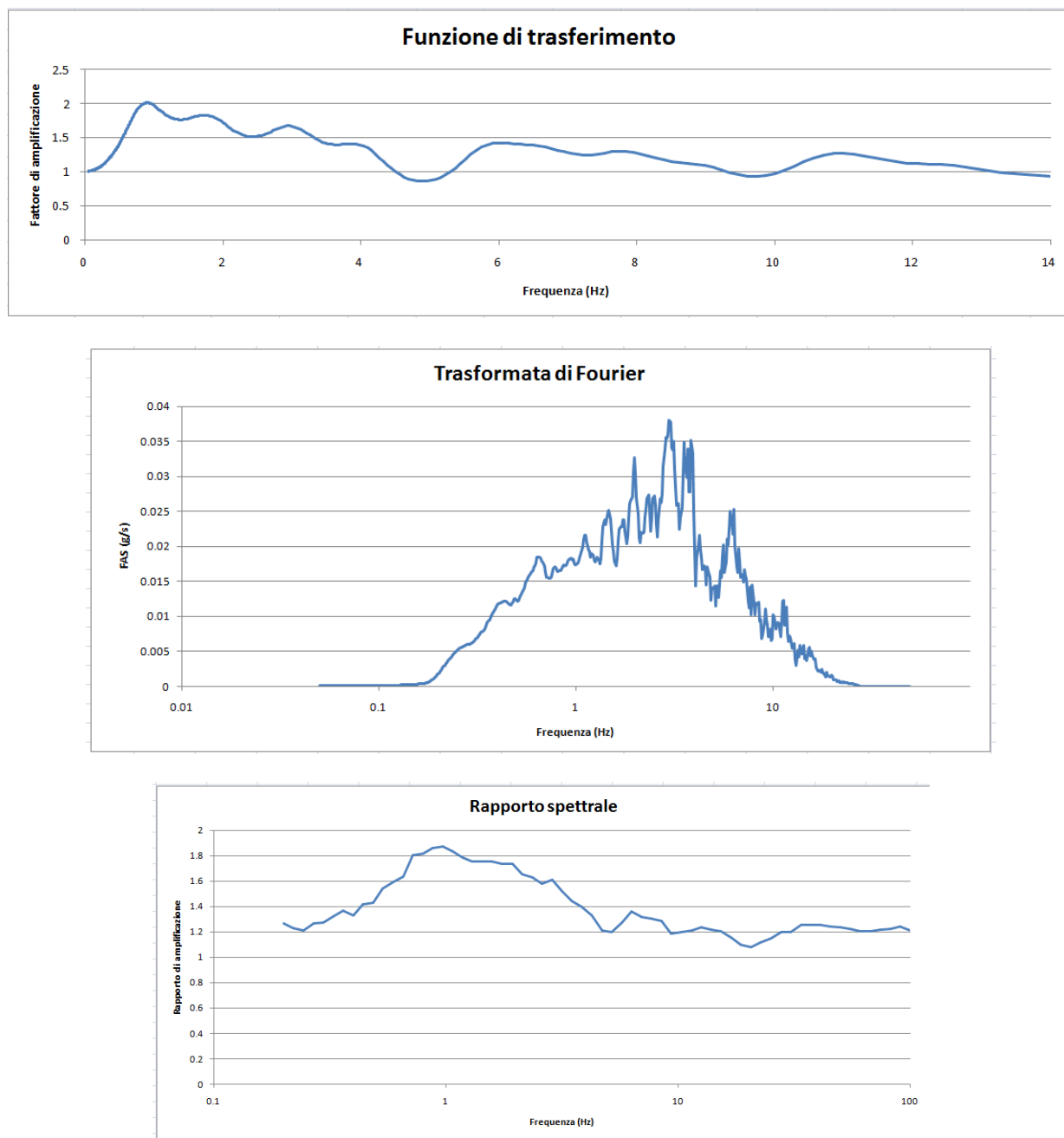


Forme spettrali relative agli accelerogrammi considerati

RISULTATI OTTENUTI

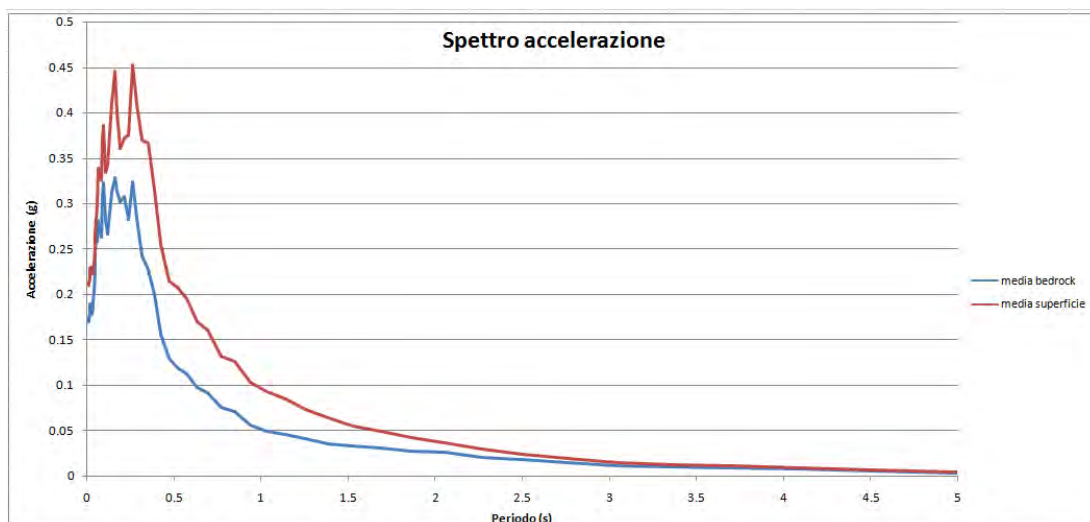
Sulla scorta delle verifiche svolte mediante software STRATA, in riferimento al modello considerato, è stato possibile definire, nel dominio delle frequenze, la funzione TF (Funzione di trasferimento) e rapporto spettrale di amplificazione associato. Per via grafica si inserisce successivamente la funzione di trasferimento TF ottenuta a seguito dell'analisi RSL in oggetto. Attraverso tale funzione è possibile definire il campo di frequenze entro il quale il sottosuolo, in

corrispondenza del sito in oggetto, amplifica il segnale sismico, oltre che a quantificare l'amplificazione stessa.

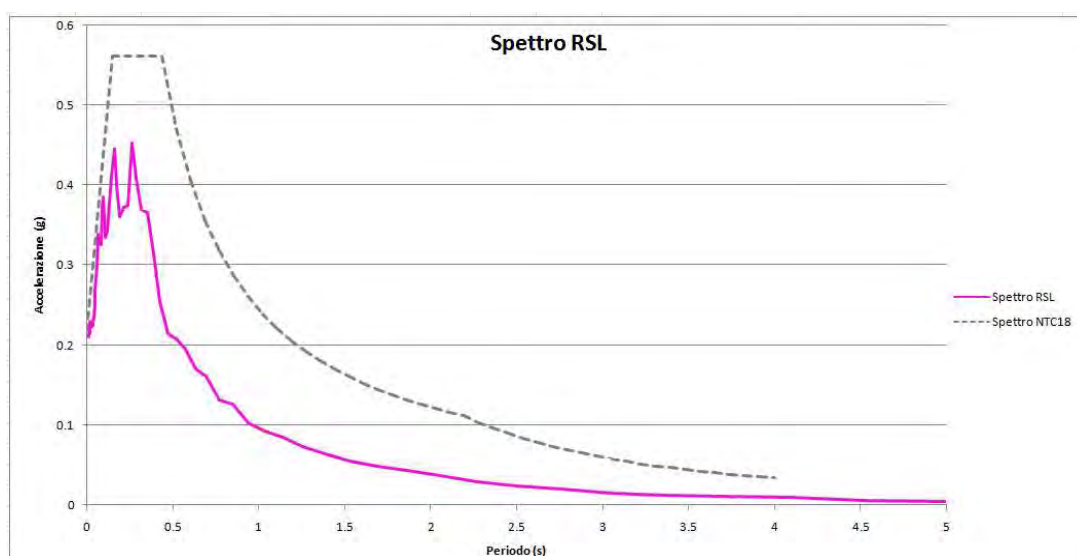


Dall'alto: Funzione di Trasferimento, funzione FFT e rapporto spettrale di amplificazione.

Definiti i parametri che descrivono il comportamento del sottosuolo nel campo elastico lineare equivalente e descritti gli accelerogrammi su suolo rigido validi per il sito in oggetto, attraverso il software STRATA sono state definite le seguenti forme spettrali, in termini accelerazione e velocità alla superficie:



Accelerazioni spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV)



Spettro RSL e Spettro NTC

T [s]	Ag				
0.01	0.210121779	0.07937	0.325423556	0.695271	0.160829189
0.011037	0.210065986	0.087599	0.37263956	0.767353	0.131397728
0.012181	0.213381263	0.09668	0.385430858	0.846907	0.125562052
0.013444	0.215041628	0.106704	0.334318194	0.934709	0.103052991
0.014838	0.227939485	0.117766	0.342296005	1.031614	0.092569755
0.016376	0.219767007	0.129975	0.378113278	1.138566	0.084452018
0.018074	0.228215166	0.14345	0.411490324	1.256605	0.073171058
0.019947	0.225902894	0.158322	0.446076062	1.386883	0.063579341
0.022015	0.226596585	0.174736	0.399132801	1.530666	0.054205225
0.024298	0.228976699	0.192852	0.360866248	1.689356	0.048513685
0.026817	0.229844694	0.212846	0.372348893	1.864499	0.042475034
0.029597	0.222732625	0.234912	0.375010521	2.057799	0.036528165
0.032666	0.22452625	0.259266	0.452464553	2.271139	0.028854595
0.036052	0.228596527	0.286146	0.40831702	2.506597	0.023055988
0.03979	0.234278675	0.315811	0.369547476	2.766465	0.019428664
0.043915	0.252303749	0.348553	0.365913533	3.053276	0.014864642
0.048468	0.268712772	0.384689	0.314517232	3.369821	0.01227509
0.053493	0.284009142	0.424571	0.254684352	3.719184	0.01104997
0.059038	0.297870813	0.468588	0.213990401	4.104766	0.009194701
0.065159	0.338279328	0.517168	0.207616727	4.530323	0.005780265
0.071914	0.328502581	0.570785	0.195287215	5	0.004233583
		0.629961	0.169893383		

Dai risultati sopra esposti dell'analisi di risposta sismica locale si ottiene un valore di accelerazione massima attesa al suolo del valore **$PGA_{max}=A_{max}=0.210g$** (per $T=0$ s), valore che risulta **minore** rispetto al valore ottenuto mediante l'utilizzo dell'approccio semplificato delle NTC 2018, pari a **$A_{max}=0.219g$** , come esposto al paragrafo 3.3 della presente relazione. Si ritiene pertanto più cautelativo considerare, ai fini della progettazione antisismica, il valore ottenuto con approccio semplificato in quanto determina un'azione sismica maggiore.

4. RELAZIONE GEOTECNICA

4.1 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello geotecnico è finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari l'intervento in oggetto. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica dell'indagine geotecnica eseguita in sito si può riassumere il seguente modello geotecnico schematico del terreno investigato:

MODELLO GEOTECNICO MEDIO

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
1	0.0 – 1.00 m da p.c.		Terreno di riporto		
2	1.00 – 4.50 m da p.c.	-3.10 m da p.c.	Argilla o argilla limosa poco consistente	γ	1750 kg/m ³ \approx 17.50 kN/m ³
				γ'	2050 kg/m ³ \approx 20.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.30 kg/cm ² \approx 30.0 kN/m ²
				C'_k	0.03 kg/cm ² \approx 3.00 kN/m ²
				M_0	20.0 kg/cm ² \approx 2000 kN/m ²
				E_s	42.0 kg/cm ² \approx 4200 kN/m ²
				ϕ_k	20°
				v	0.50
3	4.50 – 9.00 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza	γ	1850 kg/m ³ \approx 18.50 kN/m ³
				γ'	2150 kg/m ³ \approx 21.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.80 kg/cm ² \approx 80.0 kN/m ²
				C'_k	0.08 kg/cm ² \approx 8.0 kN/m ²
				M_0	60.0 kg/cm ² \approx 6000 kN/m ²
				E_s	112.0 kg/cm ² \approx 11200 kN/m ²
				ϕ_k	23°
				v	0.40
4	9.00 – 22.00 m da p.c.		Argilla o argilla limosa consistente	γ	1900 kg/m ³ \approx 19.00 kN/m ³
				γ'	2200 kg/m ³ \approx 22.00 kN/m ³
				C_{uk}	1.50 kg/cm ² \approx 150.0 kN/m ²
				C'_k	0.15 kg/cm ² \approx 15.0 kN/m ²
				M_0	150.0 kg/cm ² \approx 15000 kN/m ²
				E_s	210.0 kg/cm ² \approx 21000 kN/m ²
				ϕ_k	25°
				v	0.35

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

Si riportano di seguito le referenze bibliografiche e le correlazioni utilizzate per la determinazione dei parametri geotecnici sopra riportati:

γ' = peso dell'unità di volume (efficace) del terreno [Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982]

C_{uk} = coesione non drenata (terreni coesivi) [Formula di Lunne & Eide]

D_r = densità relativa (terreni granulari) [Schmertmann 1976]

M_0 = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973]

E_s = modulo elastico (terreni coesivi) [Trofimemkov 1974]

ϕ_k = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari) [Meyerhof 1956/1976, sabbie limose]

ϕ_k = angolo di attrito interno efficace (terreni coesivi) [prove di laboratorio CID da Noi eseguite su analoghi litotipi presso Nostro laboratorio certificato dal "Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n.1845" per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce, categoria A]

5. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (§ 7.11.3.4 NTC 2018)

Cenni teorici

Per liquefazione di un terreno s'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 uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. 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, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso.

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

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

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

Dopo aver caratterizzato il terreno attraverso l'interpretazione di dati da prove penetrometriche statiche CPT, è stata eseguita una stima del rischio di liquefazione di terreni sotto falda in condizioni sismiche, mediante il metodo semplificato di “**Robertson e Wride**” e il metodo di **Idriss & Boulanger (2014)**.

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

I dati del sisma di progetto sono stati ricavati attraverso l'analisi probabilistica dei dati del Catalogo Sismico Nazionale.

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

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

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

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

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

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

dove:

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

Robertson e Wride

Il metodo di **Robertson e Wride** permette di correlare la resistenza al taglio **R** mobilata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche (CPT). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \quad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50 \text{ e}$$

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

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

Viene considerato **non** liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1$.

Calcolo dell'indice di liquefacibilità

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

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

dove:

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

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

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

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

Idriss & Boulanger

Nel seguente paragrafo viene illustrata la verifica di stabilità del sito nei confronti del fenomeno di liquefazione sismica. La metodologia adottata per la determinazione del calcolo della liquefazione è quella proposta dagli autori Idriss & Boulanger (2014), come indicato nella normativa regionale DGR 630/19. La valutazione del fenomeno della liquefazione viene svolta attraverso il calcolo del fattore di sicurezza di ciascun livello che compone il sottosuolo analizzato nei confronti del fenomeno stesso. Il fattore di sicurezza è derivato secondo la seguente formulazione:

$$F_L(z) = \frac{CRR_{M=7.5; \sigma'_v = \text{latm}}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

Dove:

CRR è rappresentato dal rapporto di resistenza ciclica

MSF rappresenta il fattore di scala della magnitudo che è funzione della magnitudo stessa, della PGA e del valore di CRR

K_σ è il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata

CSR è il rapporto di tensione ciclica, ovvero la tensione di taglio indotta dall'azione sismica, normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace. Tale parametro è derivabile secondo la seguente formulazione:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{maxs}}{g} \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

i termini che compongono la seguente relazione sono rappresentati da a_{max}/g che descrive il valore dell'accelerazione orizzontale a $T = 0.00$ s, il rapporto della tensione litostatica totale ed efficace, e il coefficiente riduttivo r_d . Quest'ultimo, in accordo con la predetta normativa è stato stimato secondo la seguente formulazione:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M]$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \cdot \sin\left(\frac{z}{11.73} + 5.133\right)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \cdot \sin\left(\frac{z}{11.28} + 5.142\right)$$

dove M rappresenta il valore di magnitudo di riferimento per il sito in analisi.

Il valore **CRR** è stato ricavato attraverso la metodologia di calcolo proposta da **Boulanger & Idriss 2014**. Per l'identificazione della resistenza ciclica CRR sono state considerate le prove CPTU dove il valore di resistenza alla punta ha permesso di determinare il predetto valore di resistenza al taglio in condizioni cicliche. La procedura semi-empirica utilizzata si articola nelle seguenti fasi di calcolo:

- 1) Definiti di valori di q_c viene calcolato il valore di q_{c1N} attraverso la seguente relazione:

$$q_{c1N} = \frac{C_N \times q_c}{p_a} \quad C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}}\right)^m \leq 1.7$$

dove m viene definito per via iterativa tramite la seguente relazione, finché non viene soddisfatta la relazione $\Delta m < 0.01$:

$$m = 1.338 - 0.249 \times (q_{c1N})^{0.264}$$

- 2) Una volta derivato il valore di q_{c1N} si procede al calcolo del parametro I_c .
- 3) Se la condizione di $I_c < 2.60$ risulta essere verificata, allora è possibile calcolare la resistenza ciclica secondo le seguenti relazioni:

$$q_{c1Ncs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N}$$

where :

$$\Delta q_{c1N} = \left(5.4 + \frac{q_{c1N}}{16}\right) \times e^{\left(1.63 + \frac{9.7}{FC+0.01} \left(\frac{15.7}{FC+0.01}\right)^2\right)}$$

- 4) Qualora fosse verificata la condizione di $I_c > 2.60$, la resistenza ciclica CRR viene stimata secondo la presente relazione:

$$CRR_{M=7.5, \sigma'_{v0}=1} = 0.80 \times \frac{s_u}{\sigma'_{v0}} \times K_a$$

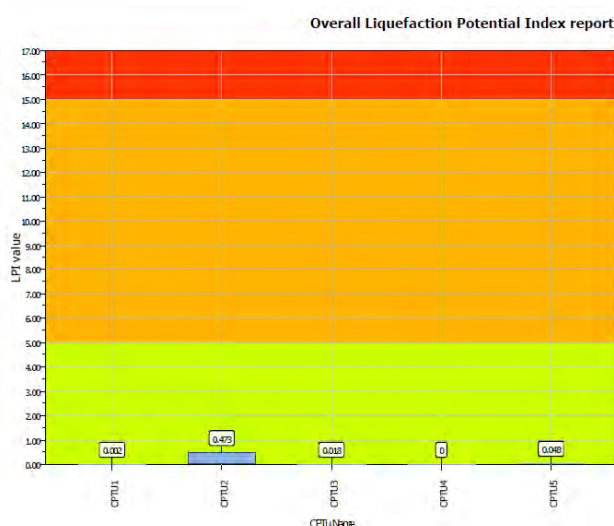
Nell'analisi per l'area in oggetto è stata considerata una accelerazione massima al suolo $A_{max} = 0.219g$ e una **magnitudo di riferimento** pari a **M=6.14**. In base al valore di LPI ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione. In considerazione delle linee guida emesse dalla Regione Emilia Romagna, a seguito degli eventi sismici di Maggio e Giugno 2012, si considera la classificazione di rischio definita da **Sonmez 2003**:

TABELLA 1 – CLASSI DI POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SECONDO SONMEZ (2003)	
LPI	Potenziale di liquefazione
0	Non liquefacibile ($FSL \geq 1.2$)
$0 < LPI \leq 2$	Basso
$2 < LPI \leq 5$	Moderato
$5 < LPI \leq 15$	Alto
$15 < LPI$	Molto alto

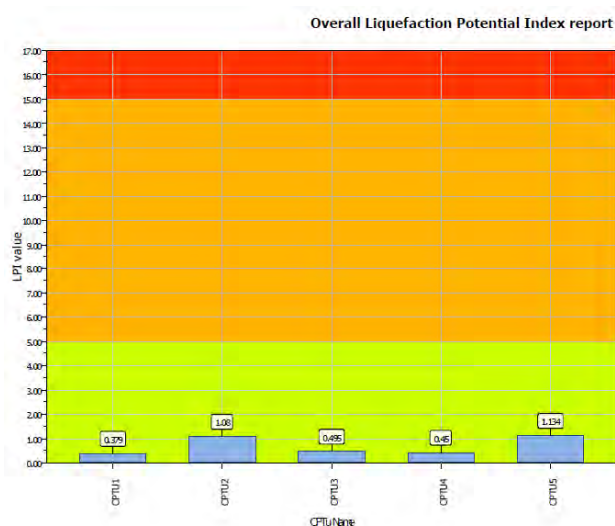
Tutto ciò premesso, dall'analisi della suscettibilità nei confronti del fenomeno della liquefazione si è ottenuto il valore di Indice di Liquefazione riportato nella tabella che segue.

<i>VERTICALI D'INDAGINE</i>	<i>ROBERTSON E WRIE</i>	<i>IDRISS E BOULANGER</i>
CPTU 1	LPI=0.002	LPI=0.379
CPTU 2	LPI=0.473	LPI=1.08
CPTU 3	LPI=0.018	LPI=0.495
CPTU 4	LPI=0.0	LPI=0.45
CPTU 5	LPI=0.048	LPI=1.134

ROBERTSON E WRIE



IDRISS & BOULANGER



6. CONCLUSIONI

Il presente studio geologico, geotecnico e sismico è stato eseguito per caratterizzare il terreno di fondazione inerente il progetto di ampliamento dell'impianto di compostaggio con digestore, biofiltro e locali annessi, sito in Via Valli nella località Fossoli del Comune di Carpi (MO).

Sulla base dei dati emersi dalle indagini geotecniche eseguite (§ 2.2), si fornisce per il terreno di fondazione indagato, il **modello geotecnico** medio riportato nel § 4.1 della presente relazione.

La **caratterizzazione sismica** del sito ha 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	$V_{s30}=213 \text{ m/s}$
---------------	---------------------------

- 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. 630/2019 della Regione Emilia Romagna.

Il valore così ottenuto dallo studio di RSL risulta pari a $PGA_{max}=A_{max}=0.210g$ (per $T=0$ s); tale valore risulta **minore** rispetto al valore ottenuto mediante l'utilizzo dell'approccio semplificato delle NTC 2018, pari a $A_{max} = 0.219g$, come esposto al paragrafo 3.3 della presente relazione. Si ritiene pertanto più cautelativo considerare, ai fini della progettazione antisismica, il valore ottenuto con approccio semplificato in quanto determina un'azione sismica maggiore.

È stata eseguita la verifica della suscettibilità al fenomeno della liquefazione, con il metodo **Robertson e Wride** e con il metodo **Idriss & Boulanger** considerando una accelerazione massima al suolo $A_{max} = 0.219g$ e una magnitudo di riferimento pari a $M=6.14$.

<i>VERTICALI D'INDAGINE</i>	<i>ROBERTSON E WRIDE</i>	<i>IDRISS E BOULANGER</i>
CPTU 1	LPI=0.002	LPI=0.379
CPTU 2	LPI=0.473	LPI=1.08
CPTU 3	LPI=0.018	LPI=0.495
CPTU 4	LPI=0.0	LPI=0.45
CPTU 5	LPI=0.048	LPI=1.134

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

Modena, 25 febbraio 2020

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



Sede legale: via C. Costa, 182 - 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone
Tel. 059-39.67.196 - e-mail: info@geogroupmodena.it
P.I. e C.F. 02981500362 web: www.geogroupmodena.it

COMUNE DI:

CARPI

TITOLO:

RIPRESA SATELLITARE

Rif. 716/19

1:6.000



0 46 92 138 Metri

Tavola

2



Legenda

- ★ hvsv
- masw
- sondaggi
- cptu



Sede legale: via C. Costa,182 - 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone
Tel. 059-39.67.196 - e-mail: info@geogroupmodena.it
P.I. e C.F. 02981500362 web: www.geogroupmodena.it

COMUNE DI:	Carpi
TITOLO:	UBICAZIONE INDAGINI
Rif. 716/18	1:1.500



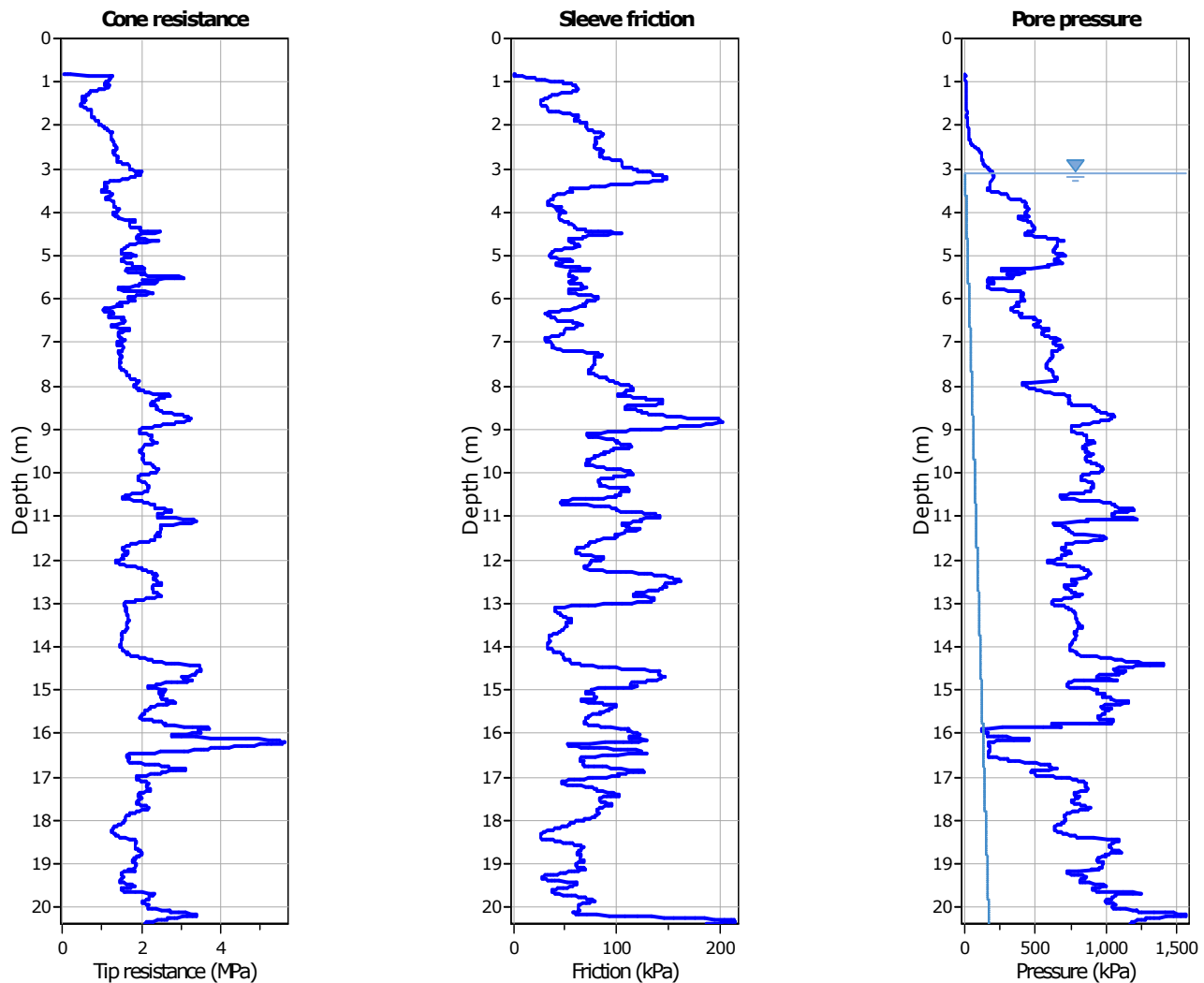
0 10 20 30 Metri

GEO GROUP s.r.l.

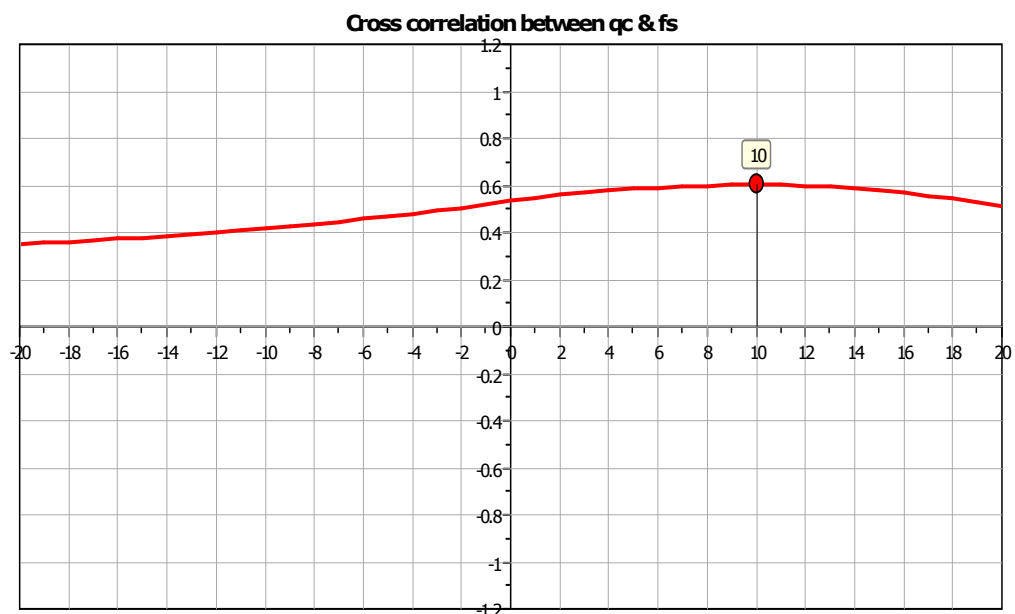
Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 1

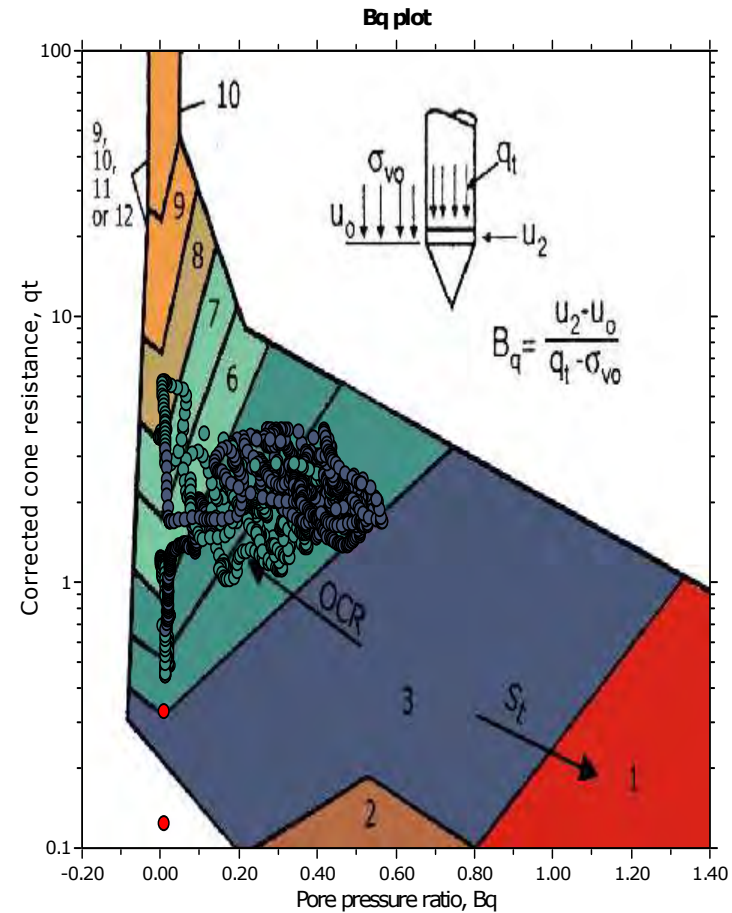
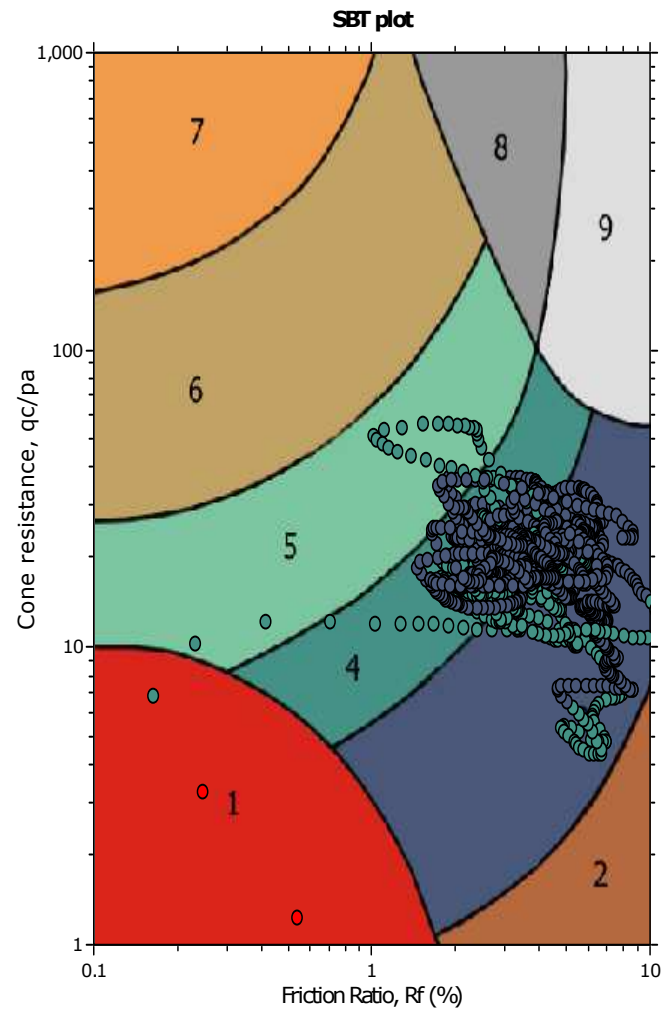
Prove penetrometriche statiche CPTU corredate di interpretazione geotecnica



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



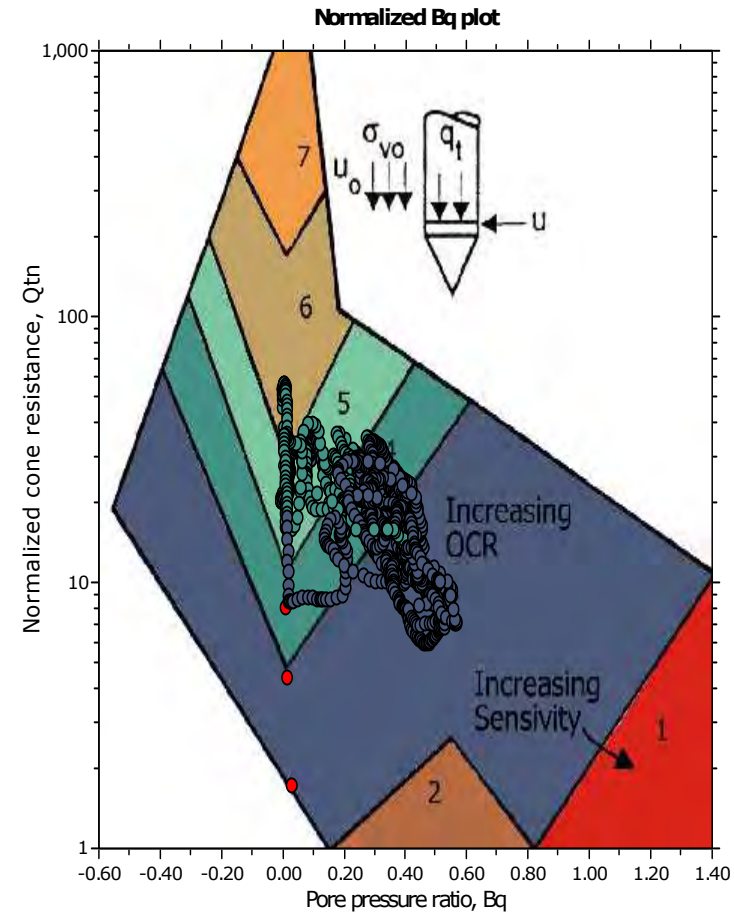
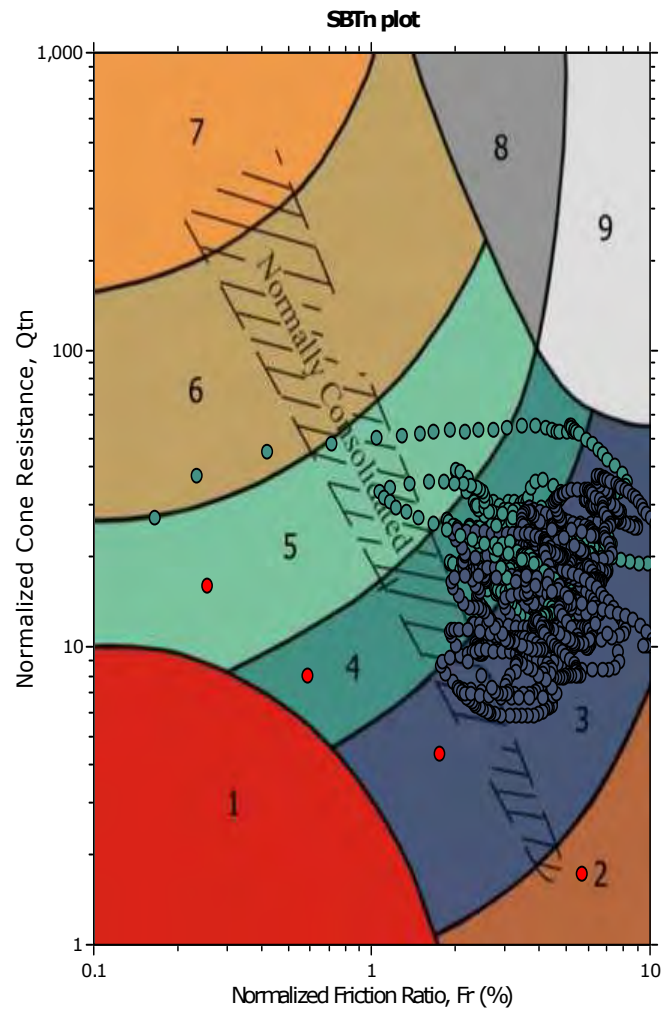
SBT - Bq plots



SBT legend

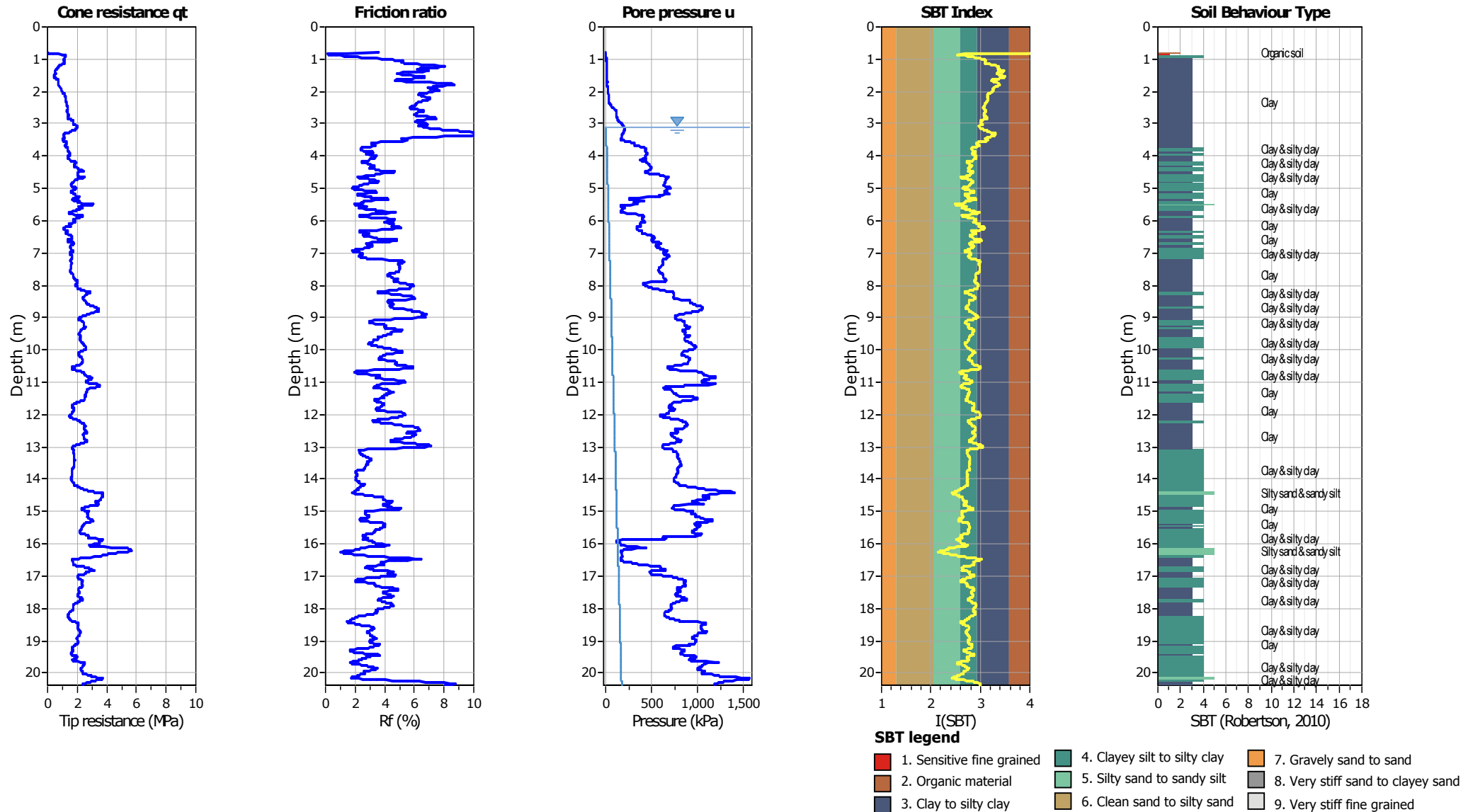
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

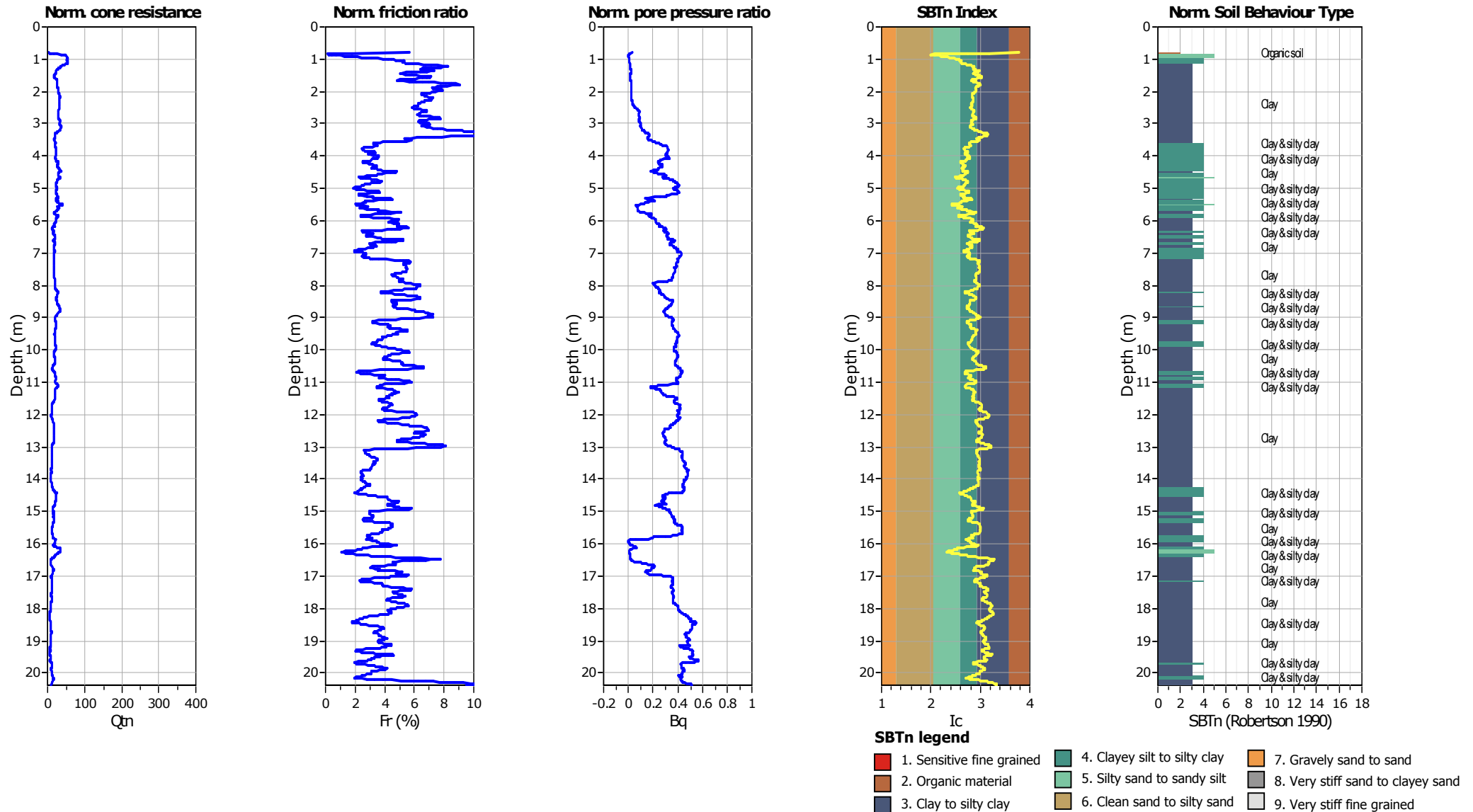
SBT - Bq plots (normalized)

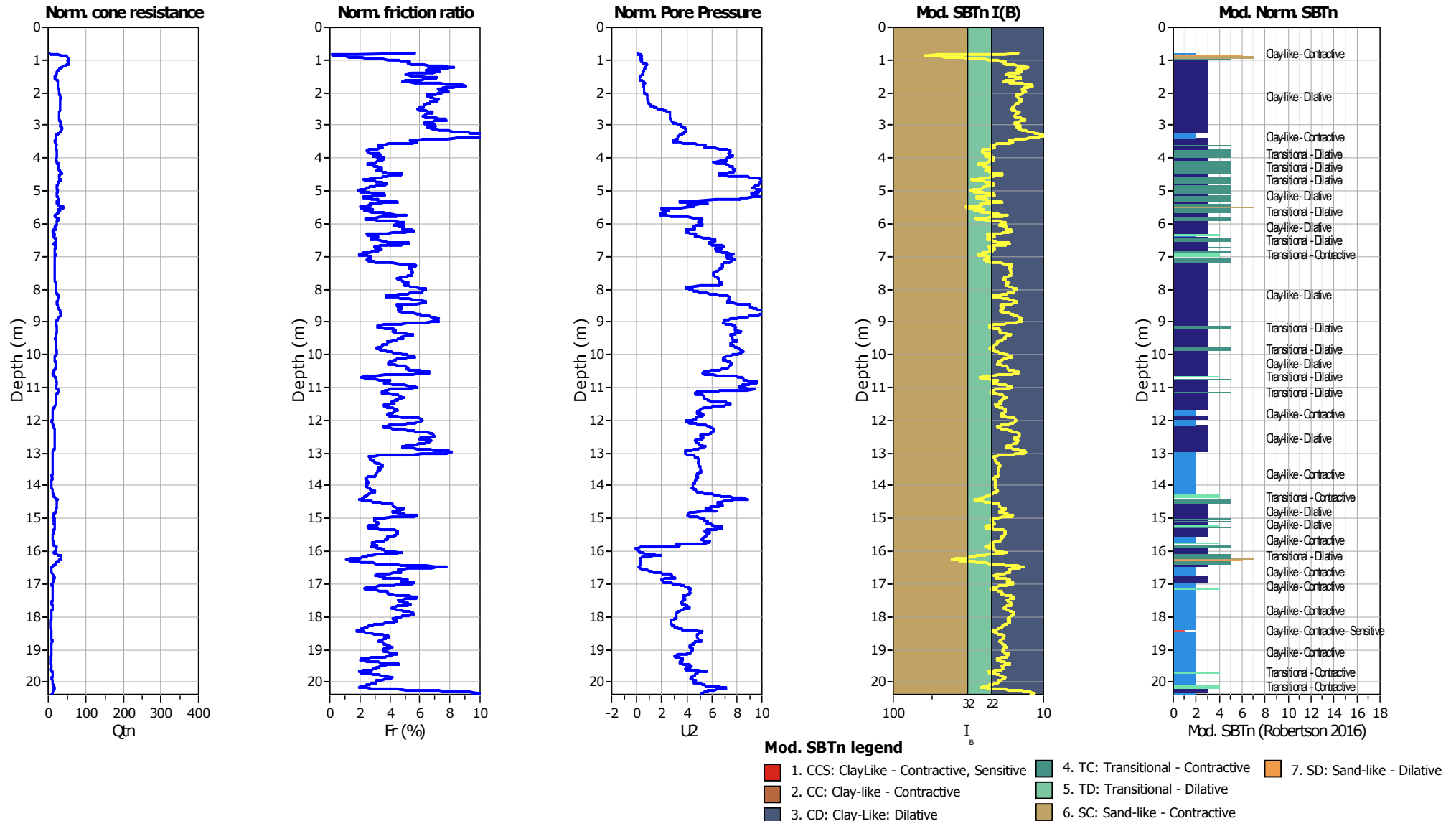


SBTn legend

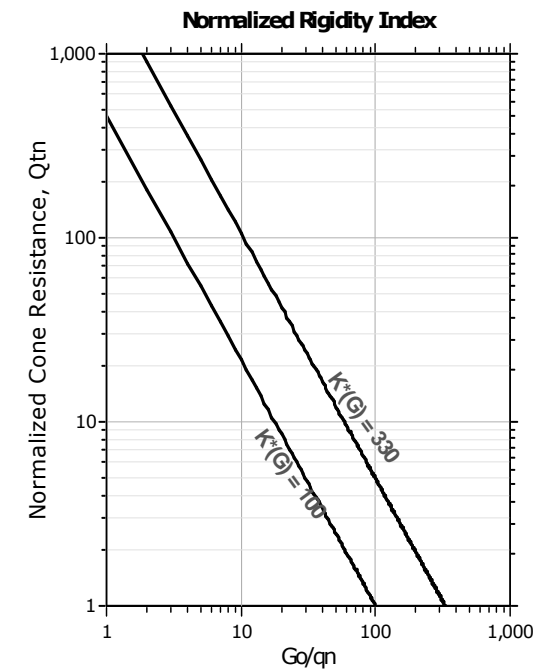
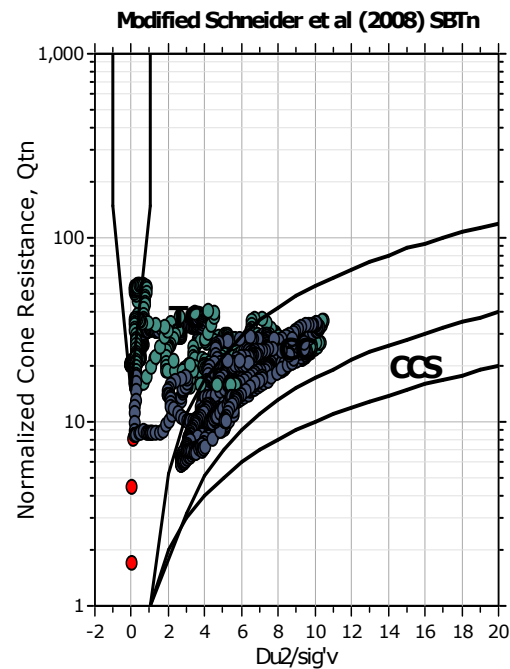
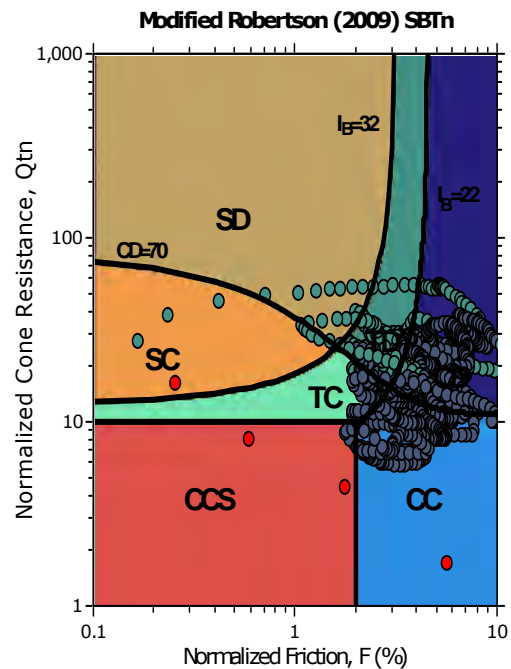
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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





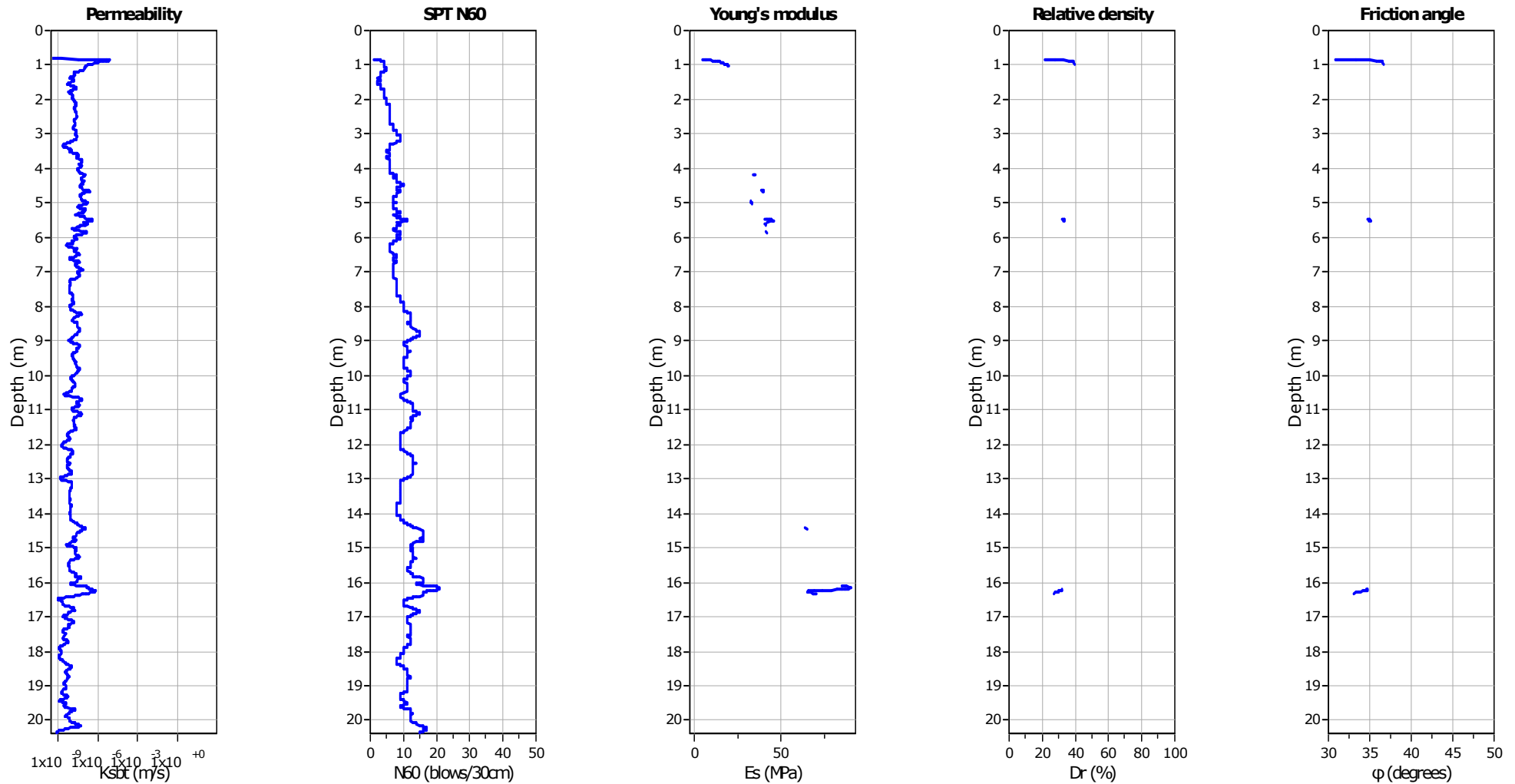


Updated SBTn plots



CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
 CC: Clay-like - Contractive
 CD: Clay-like - Dilative
 TC: Transitional - Contractive
 TD: Transitional - Dilative
 SC: Sand-like - Contractive
 SD: Sand-like - Dilative

$K^*(G) > 330$: Soils with significant microstructure
 (e.g. age/cementation)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

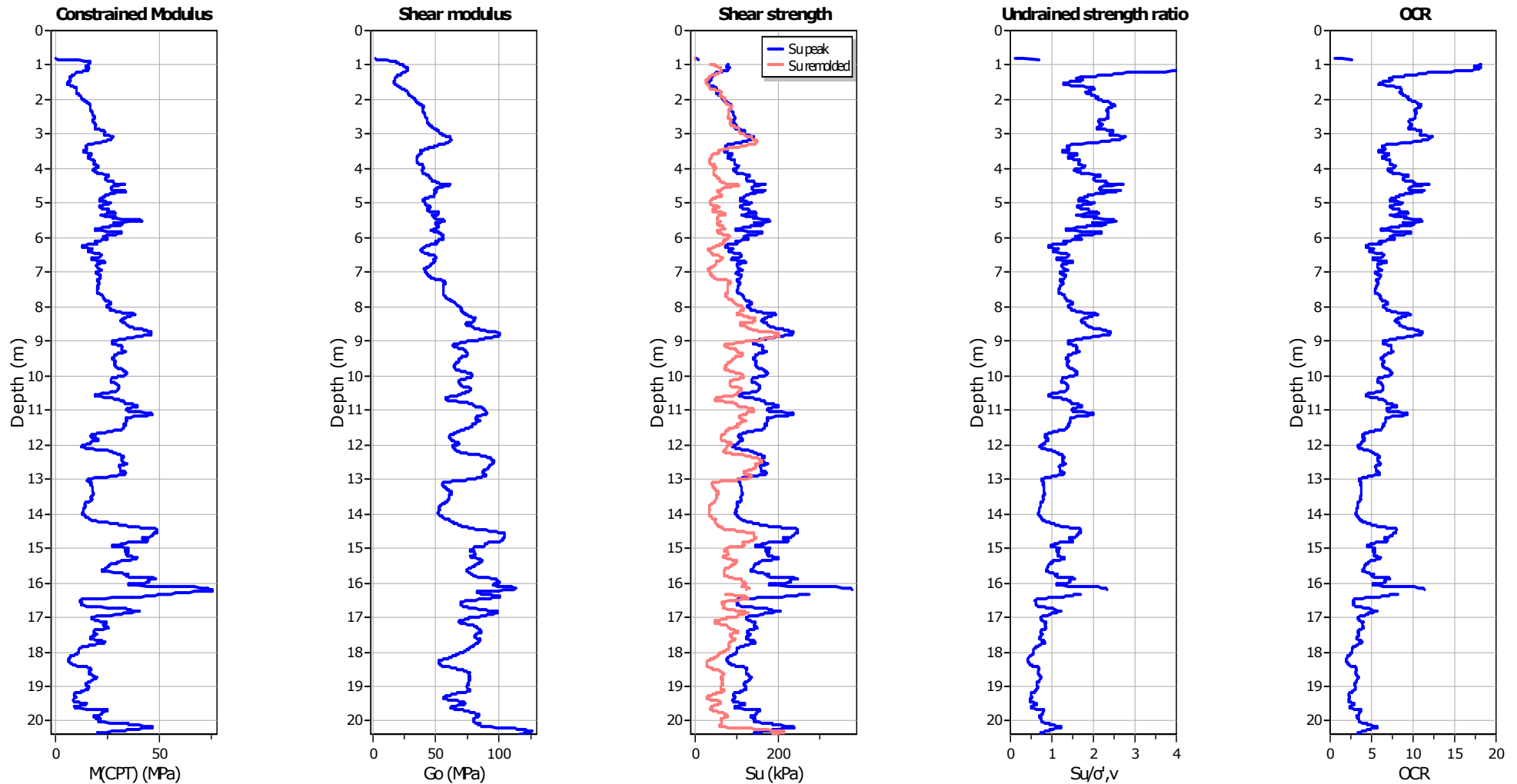
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

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

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)

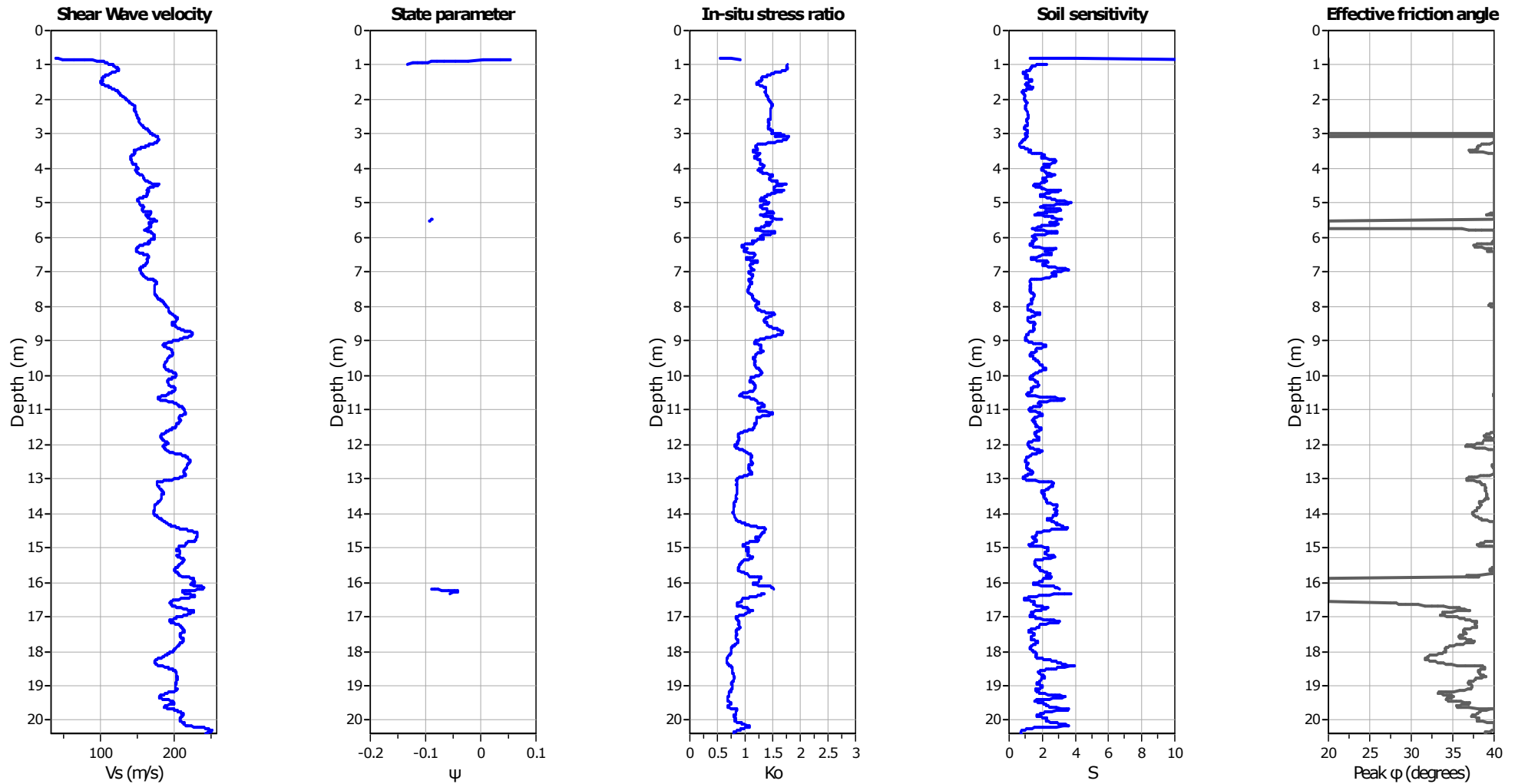
G_0 : Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

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

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— User defined estimation data

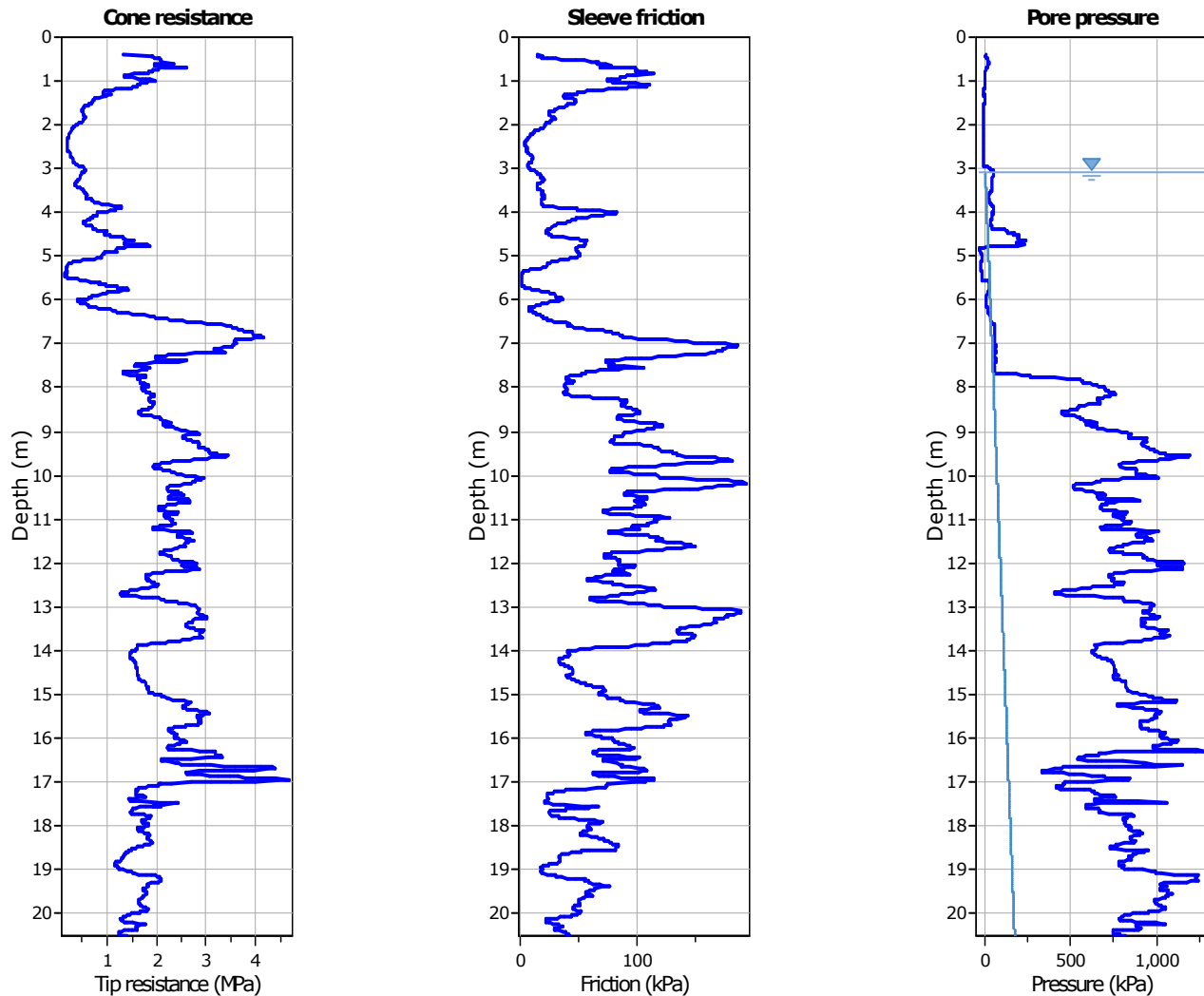
—●— Flat Dilatometer Test data



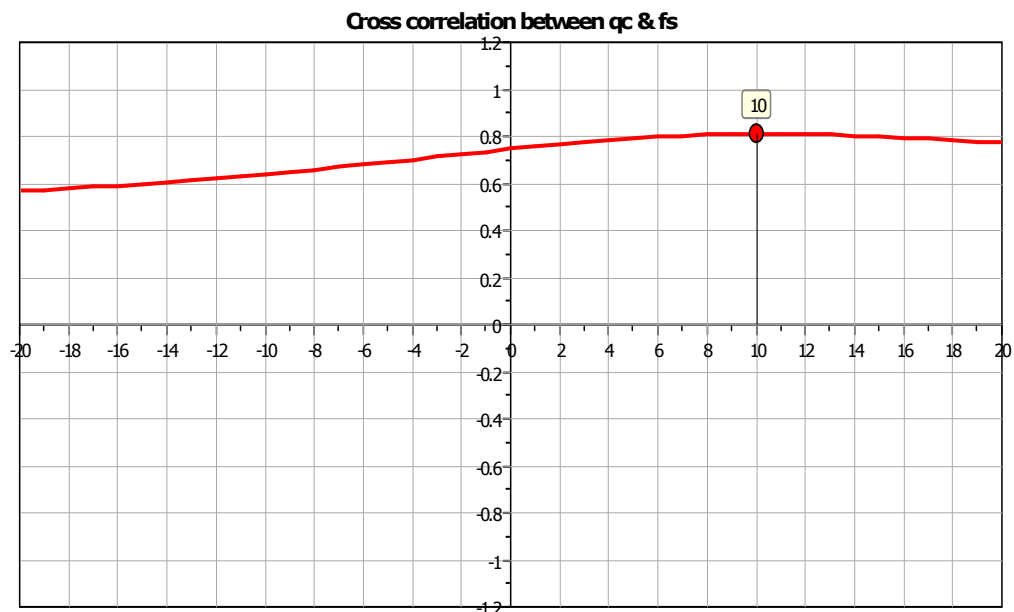
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

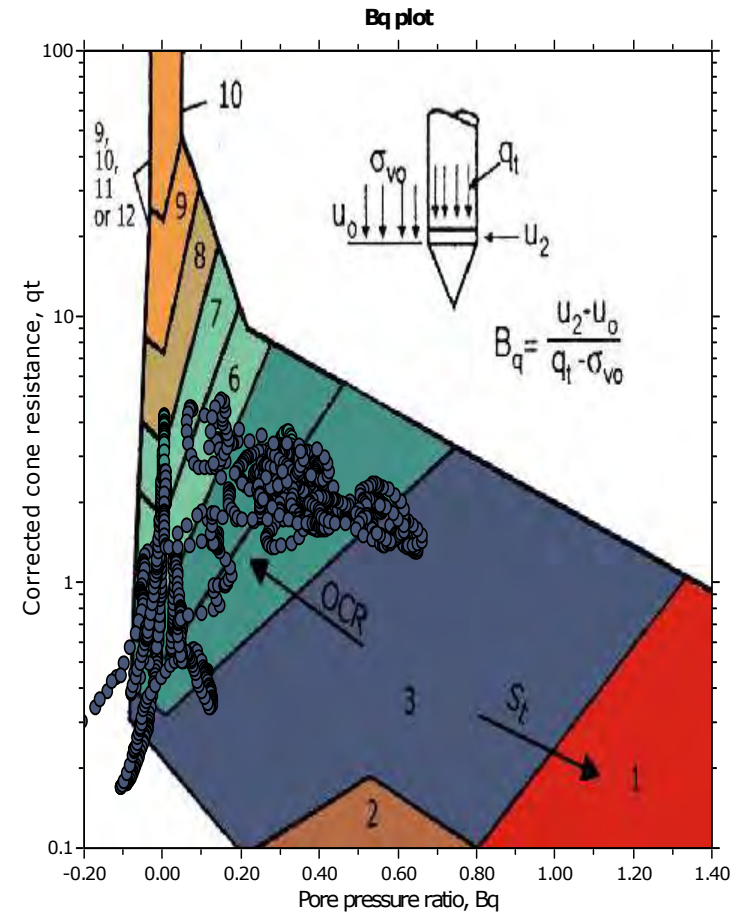
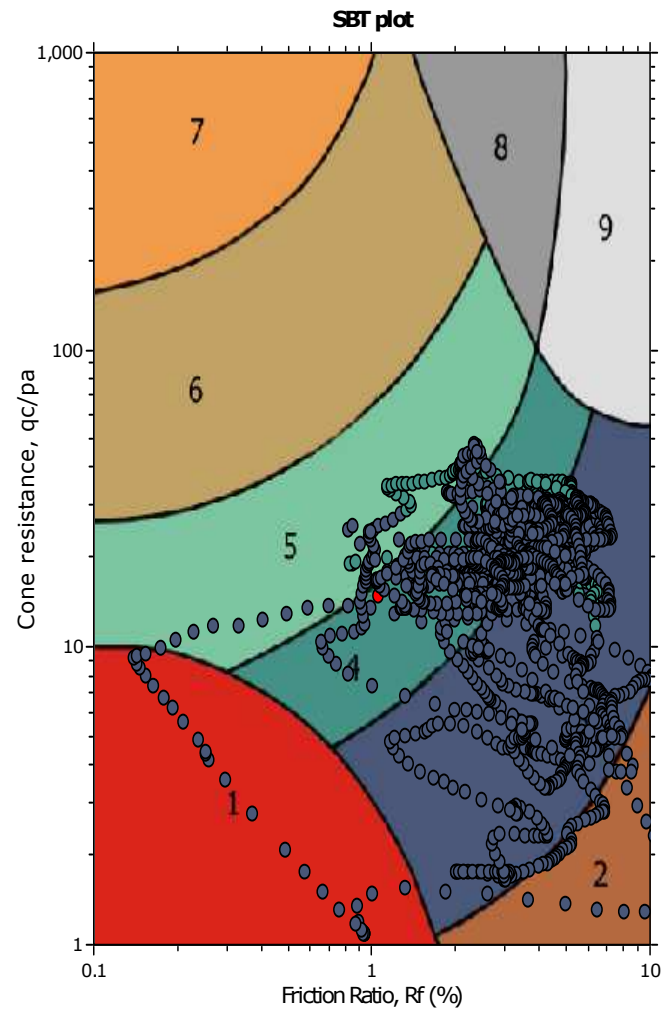
—●— User defined estimation data



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).



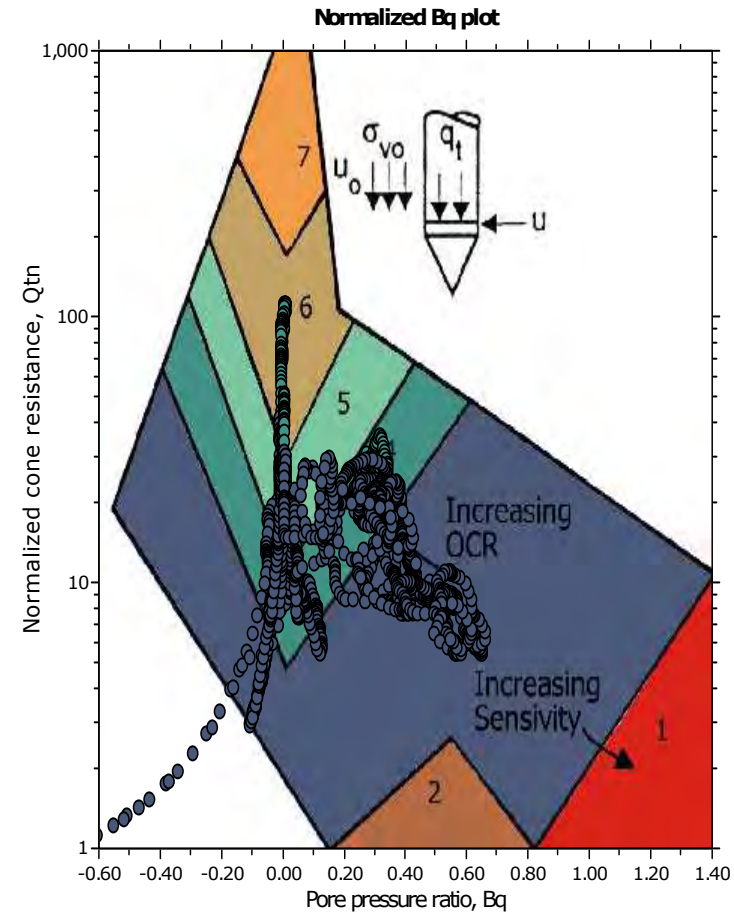
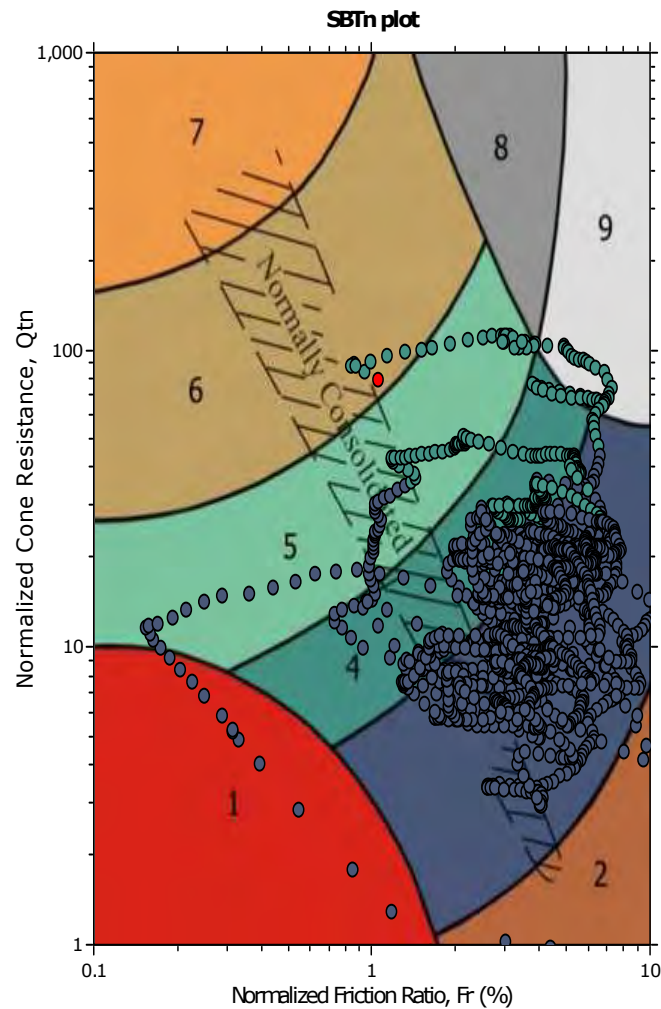
SBT - Bq plots



SBT legend

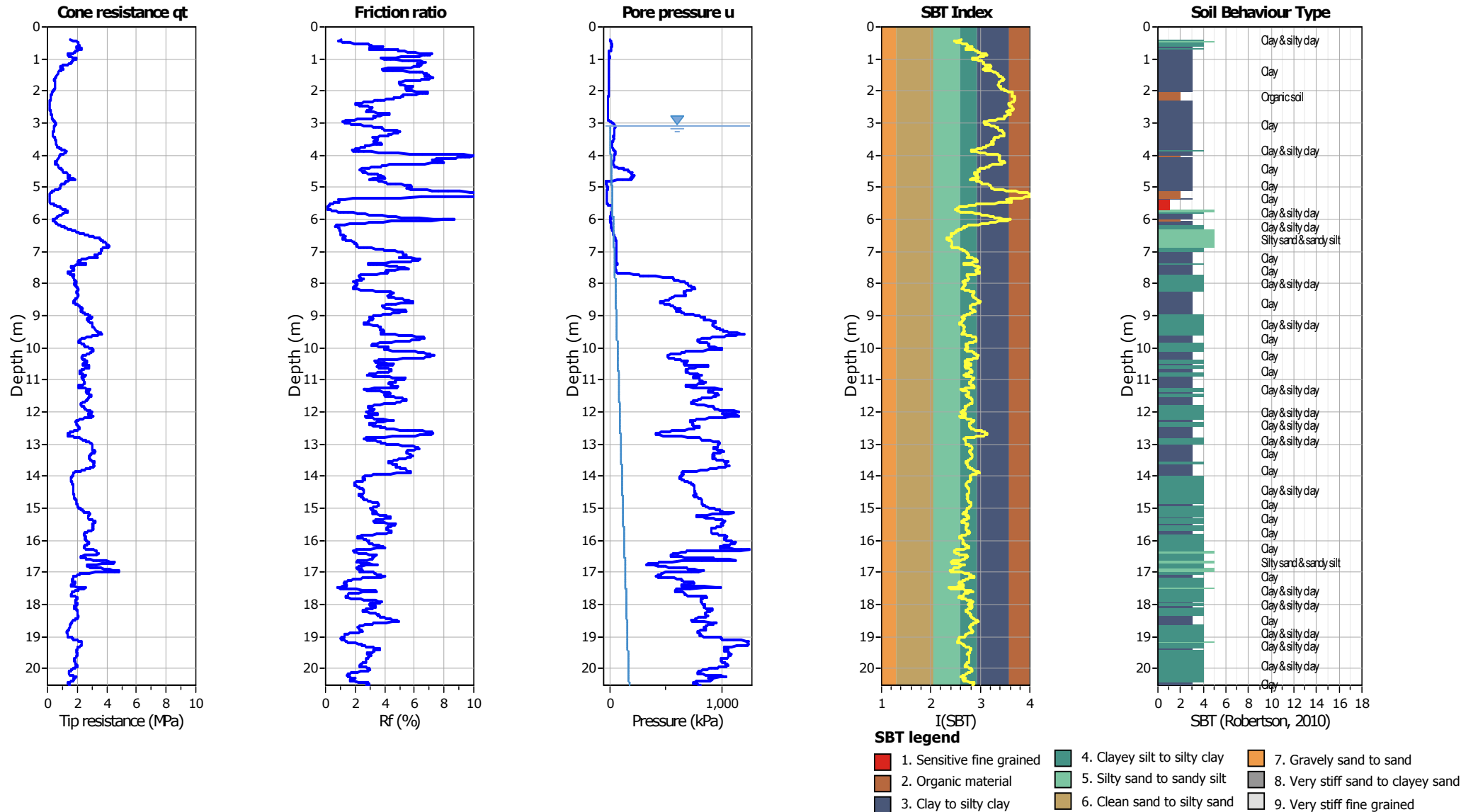
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

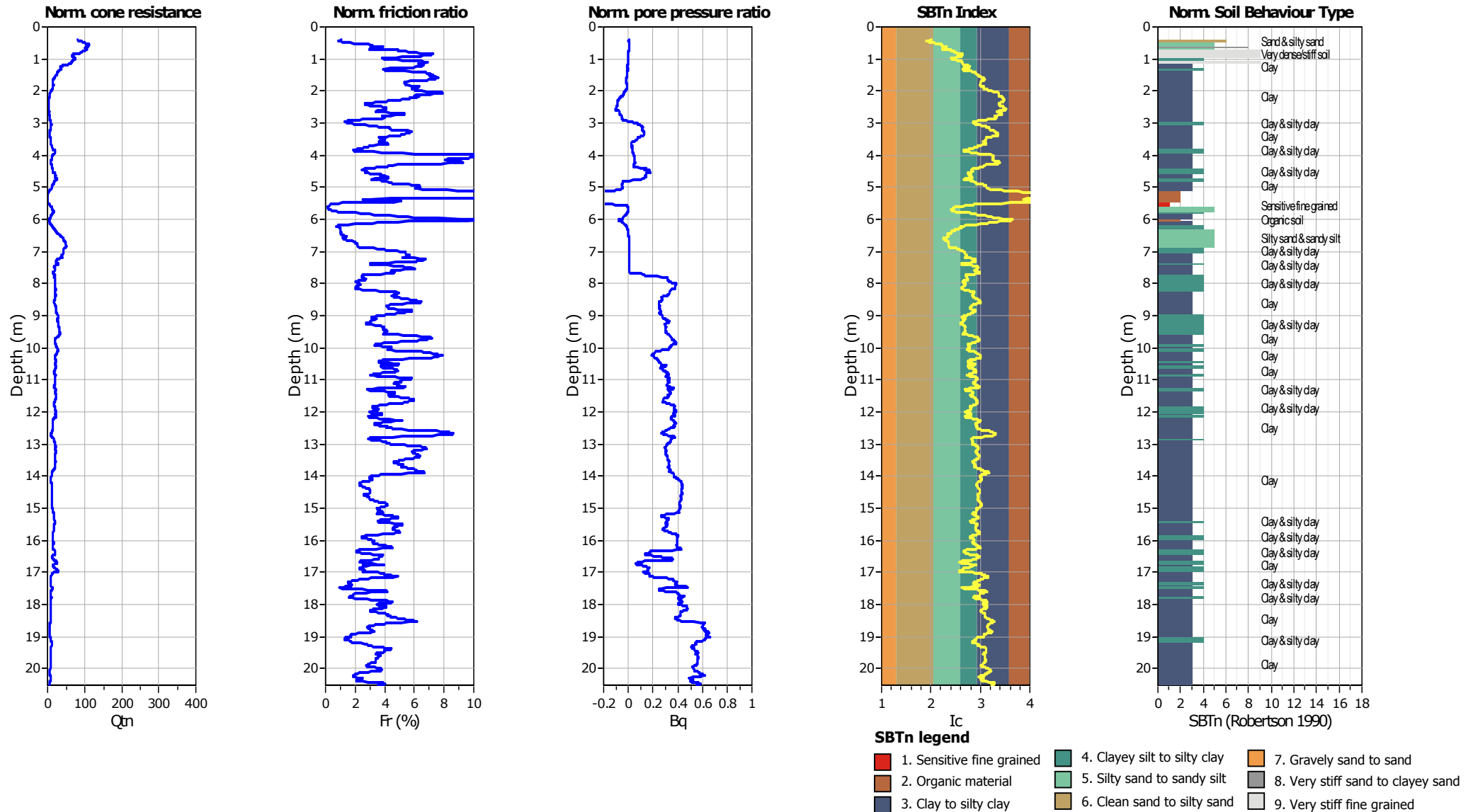
SBT - Bq plots (normalized)

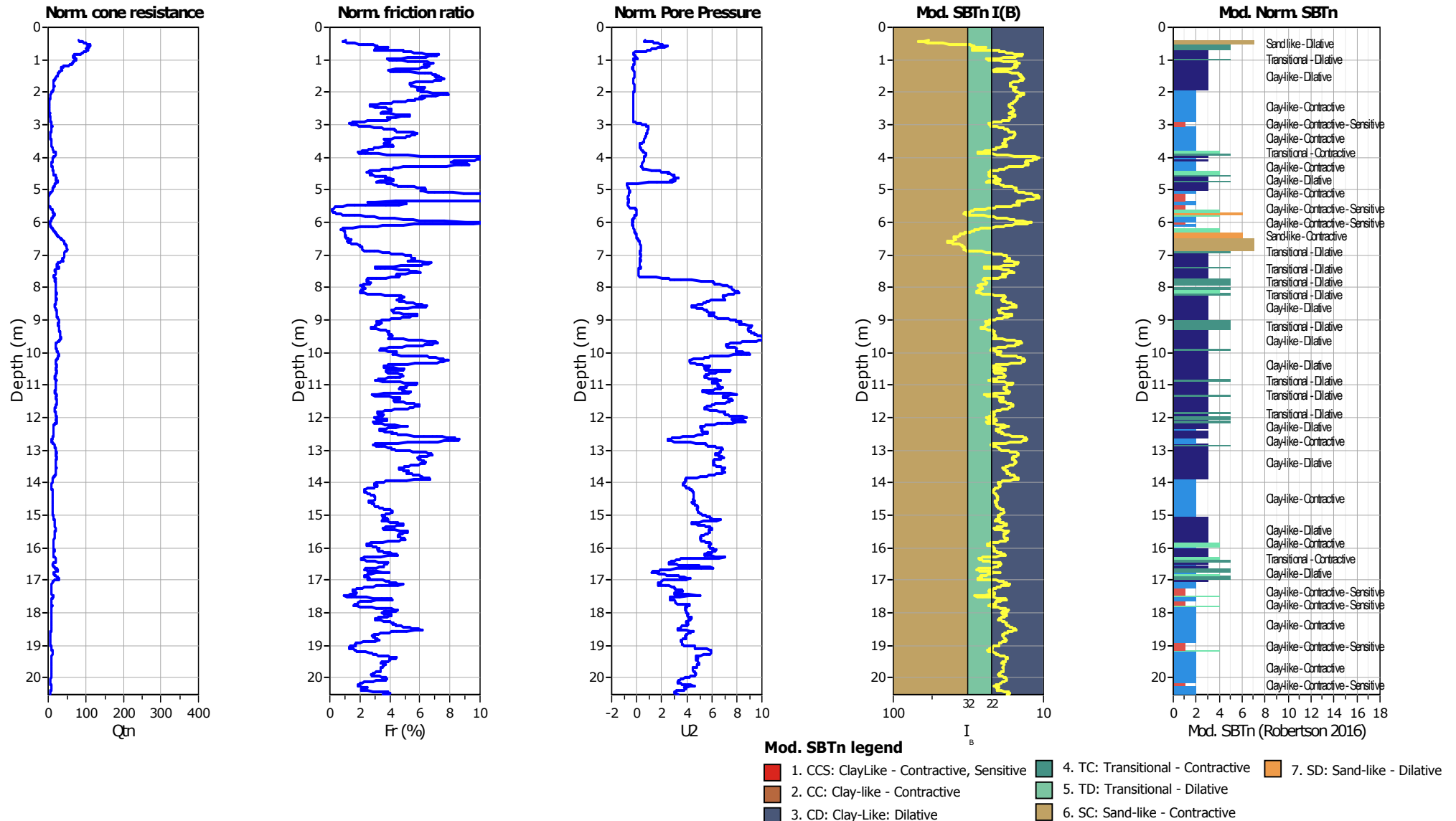


SBTn legend

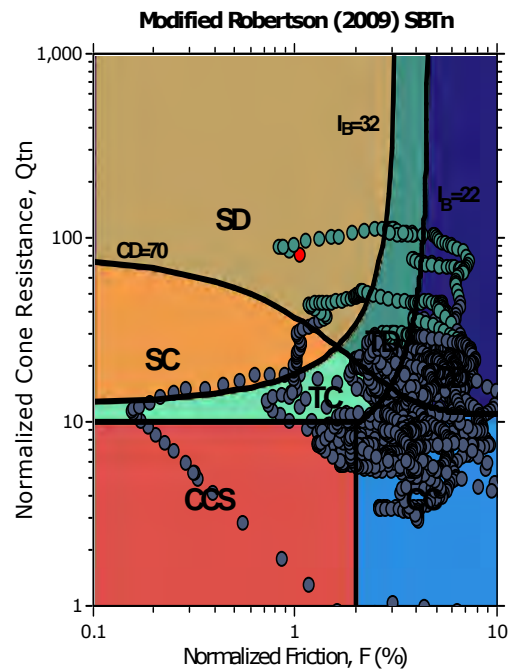
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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



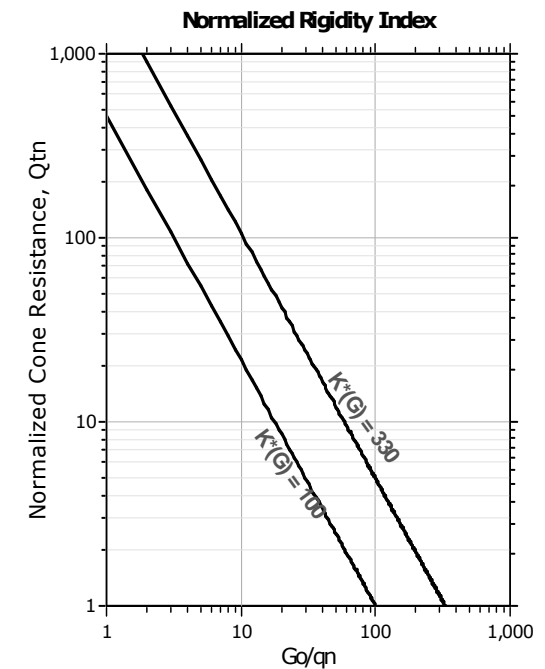
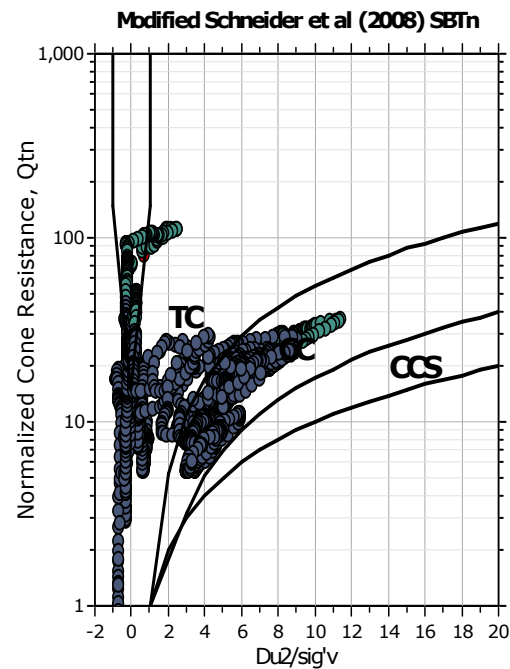




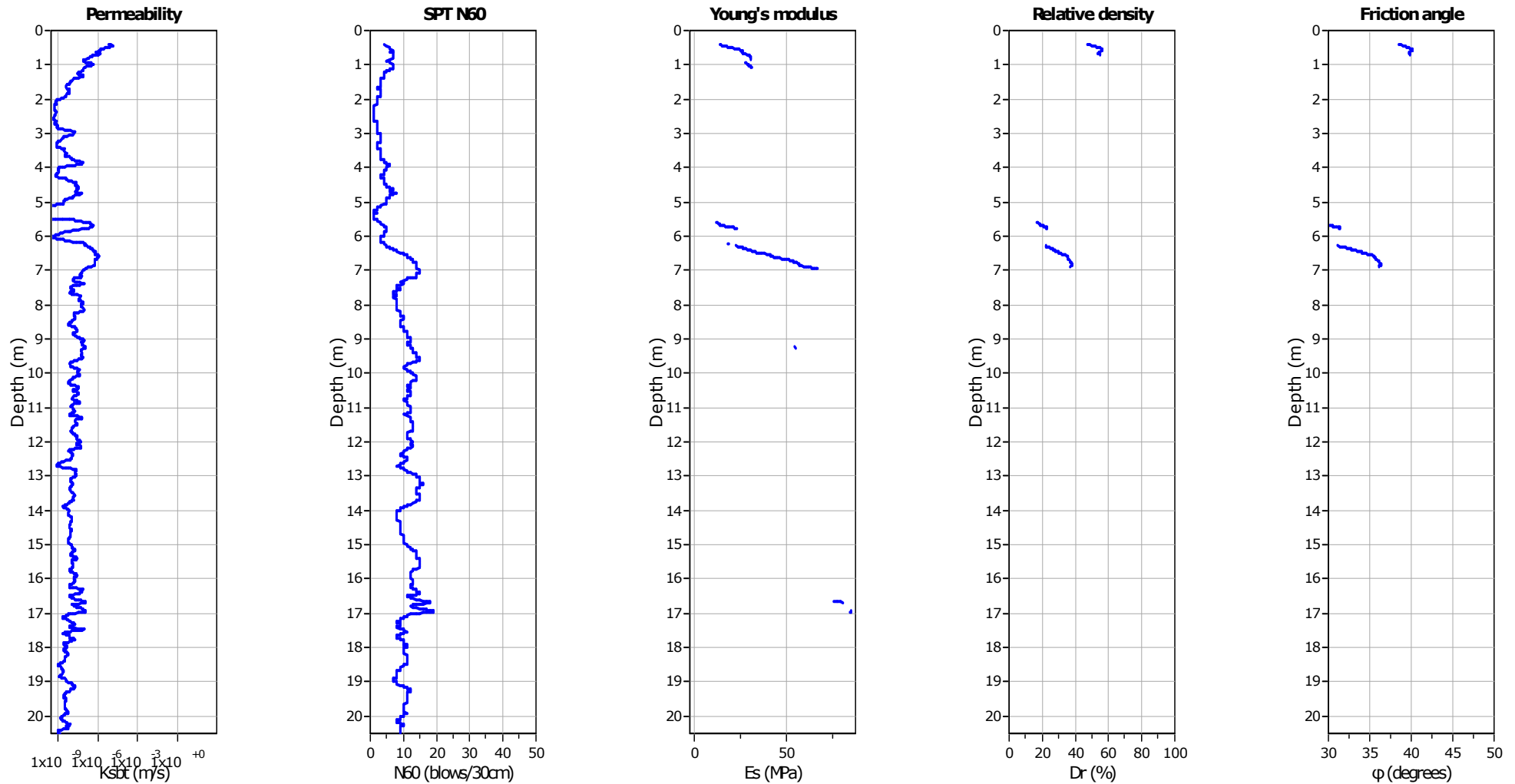
Updated SBTn plots



CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
 CC: Clay-like - Contractive
 CD: Clay-like - Dilative
 TC: Transitional - Contractive
 TD: Transitional - Dilative
 SC: Sand-like - Contractive
 SD: Sand-like - Dilative



$K(G) > 330$: Soils with significant microstructure
 (e.g. age/cementation)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

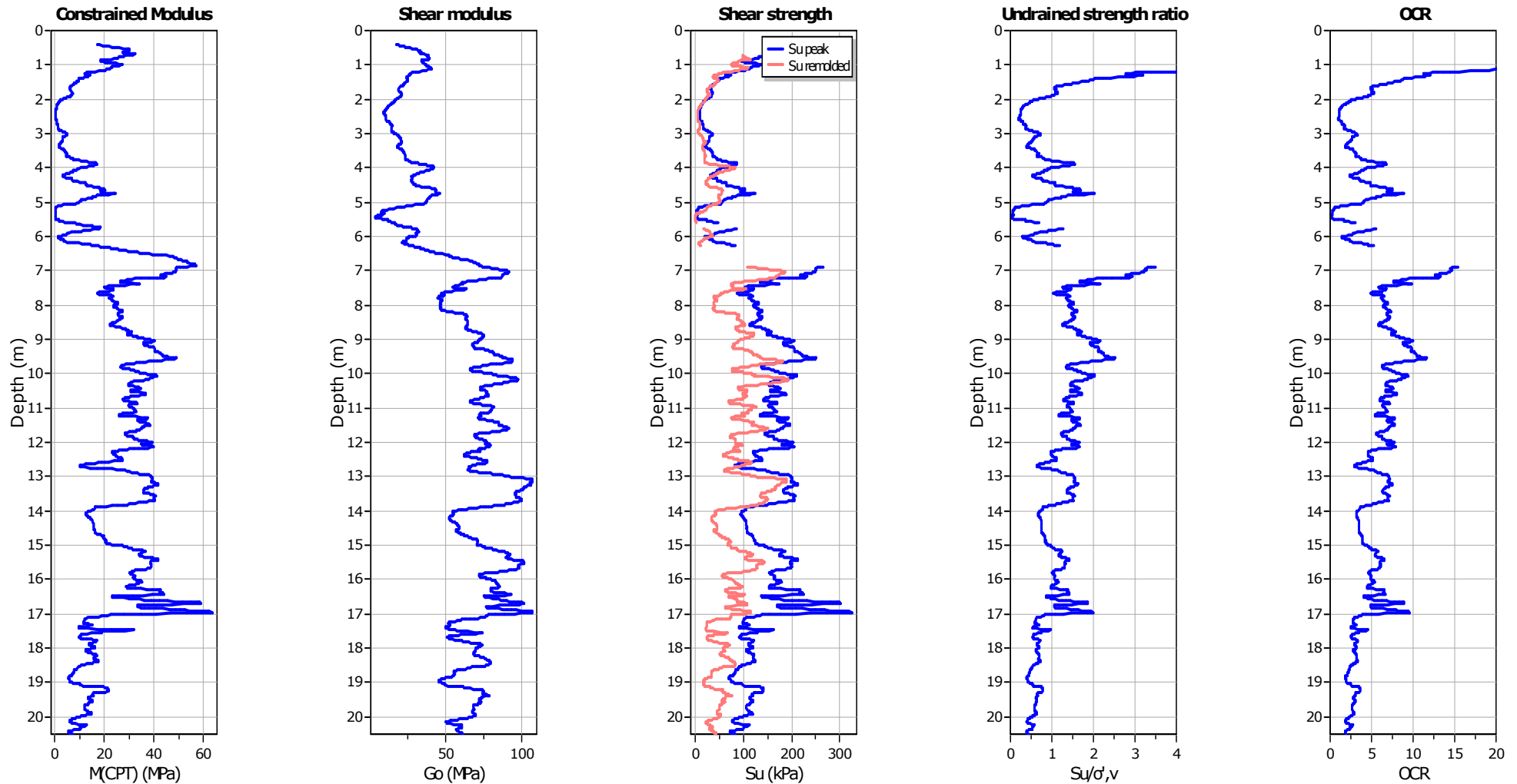
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

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

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)

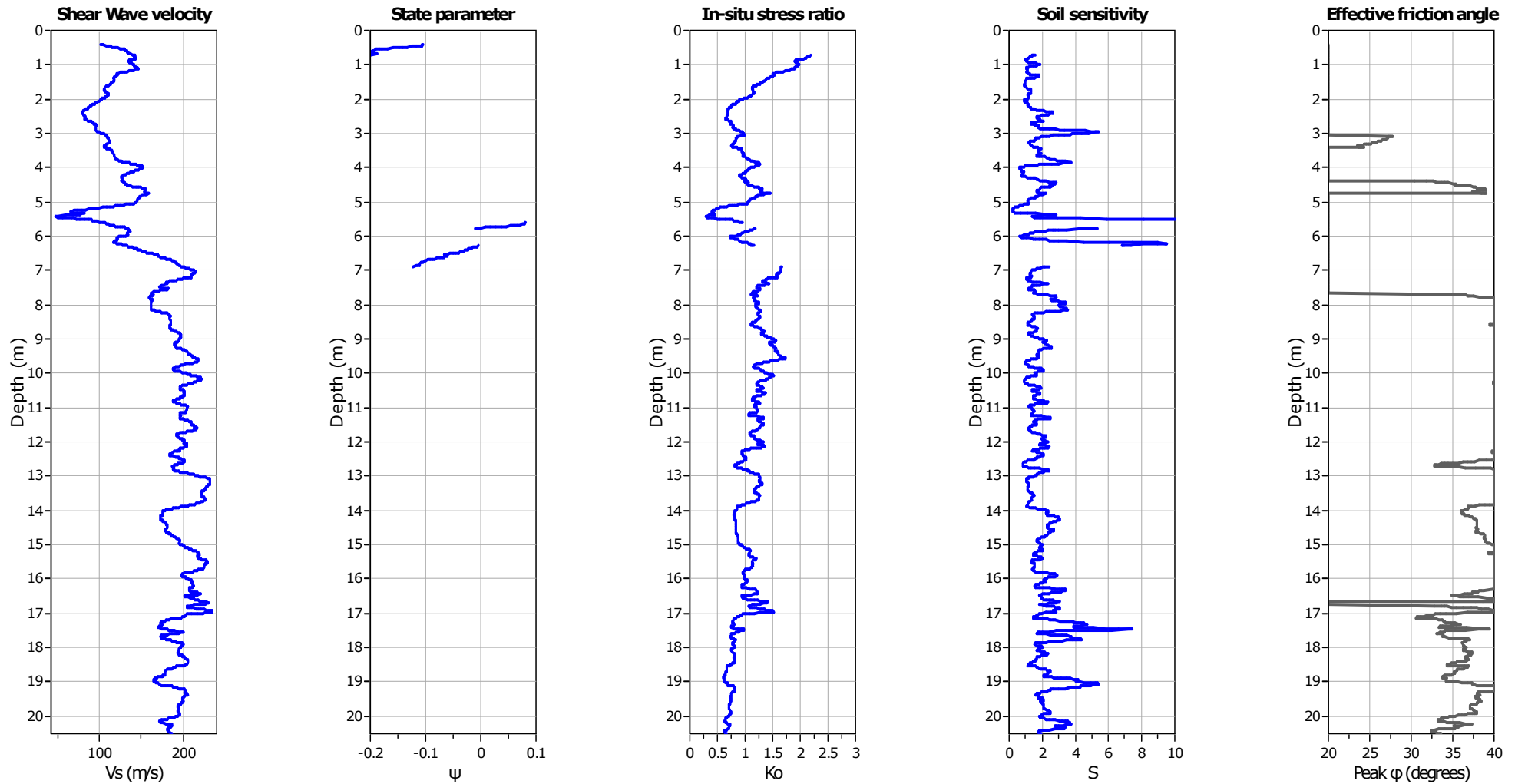
G_0 : Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

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

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— User defined estimation data

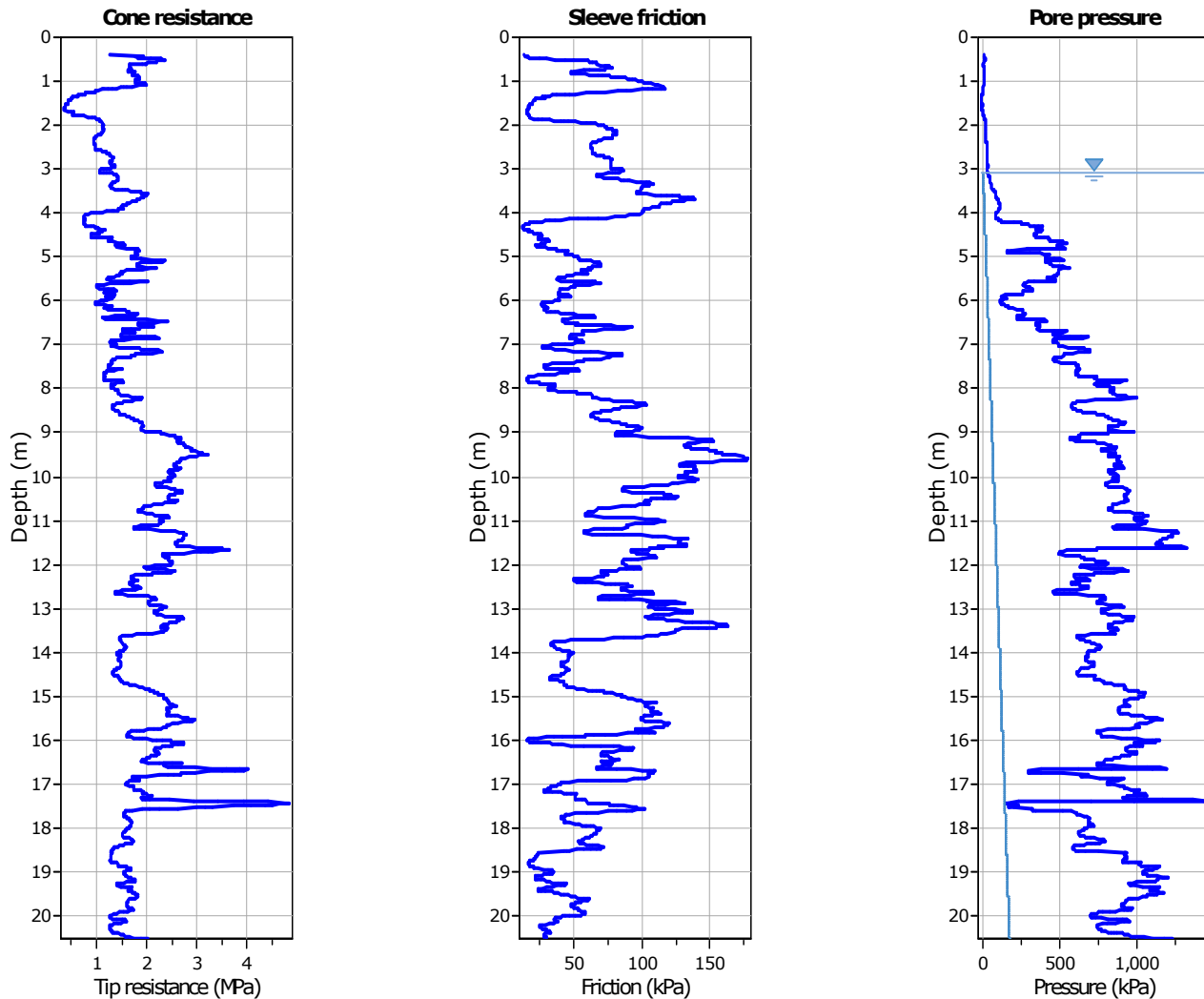
—●— Flat Dilatometer Test data



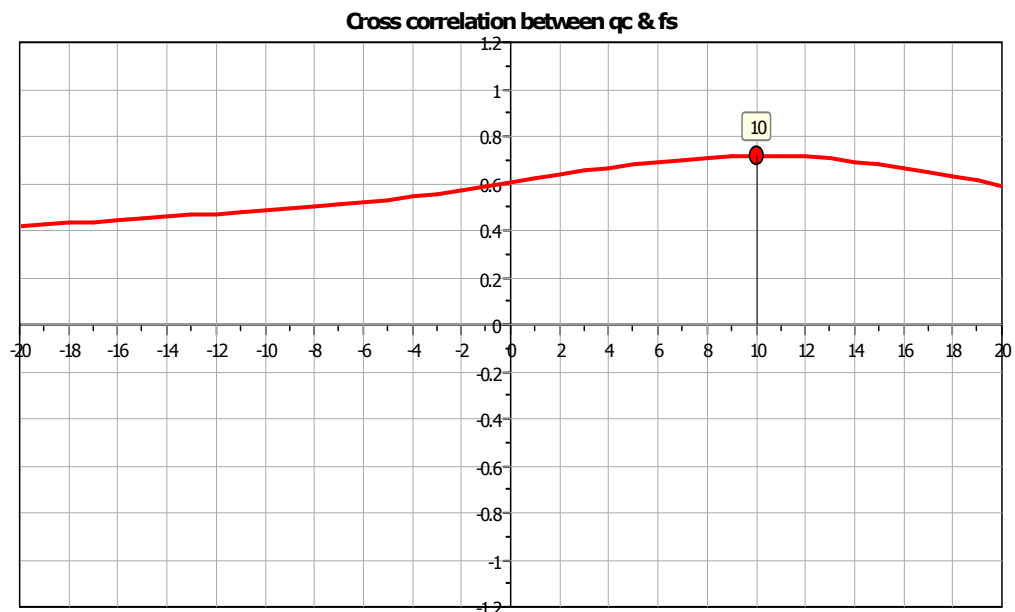
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

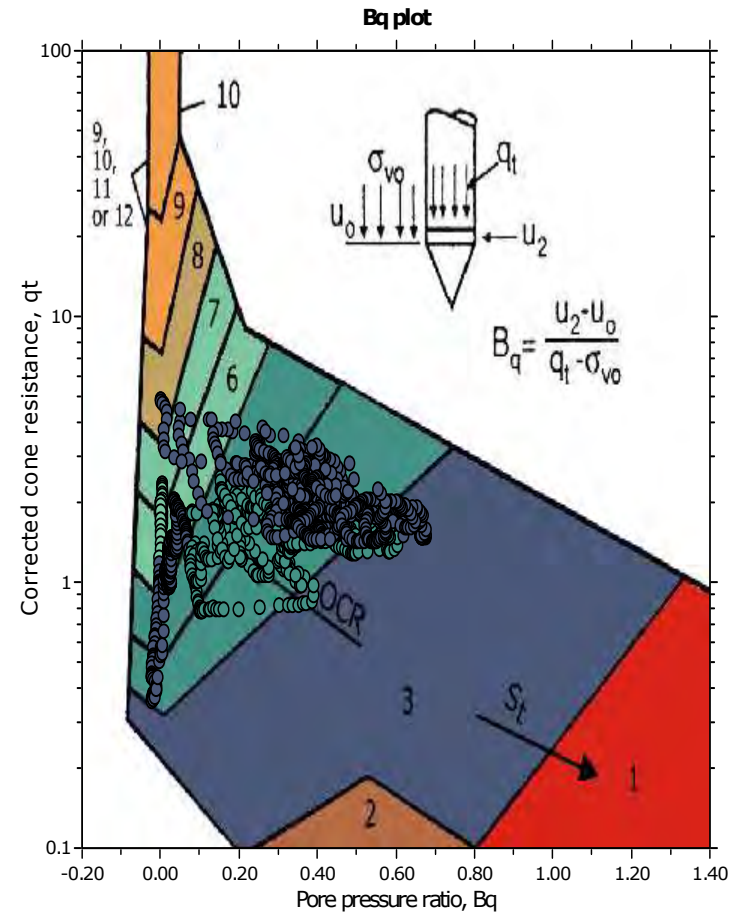
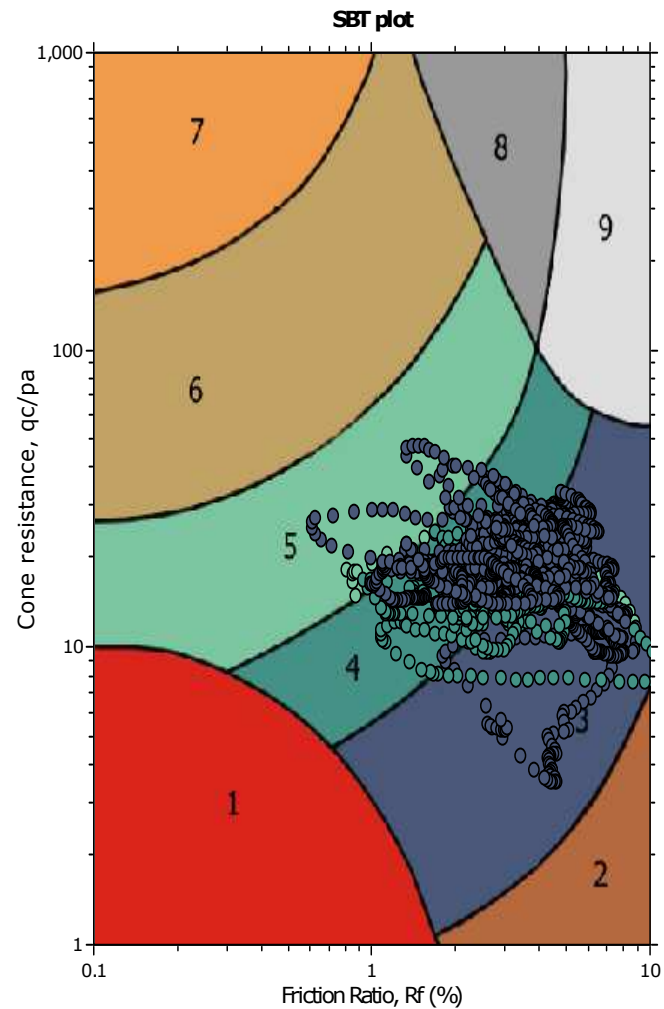
—●— User defined estimation data



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).



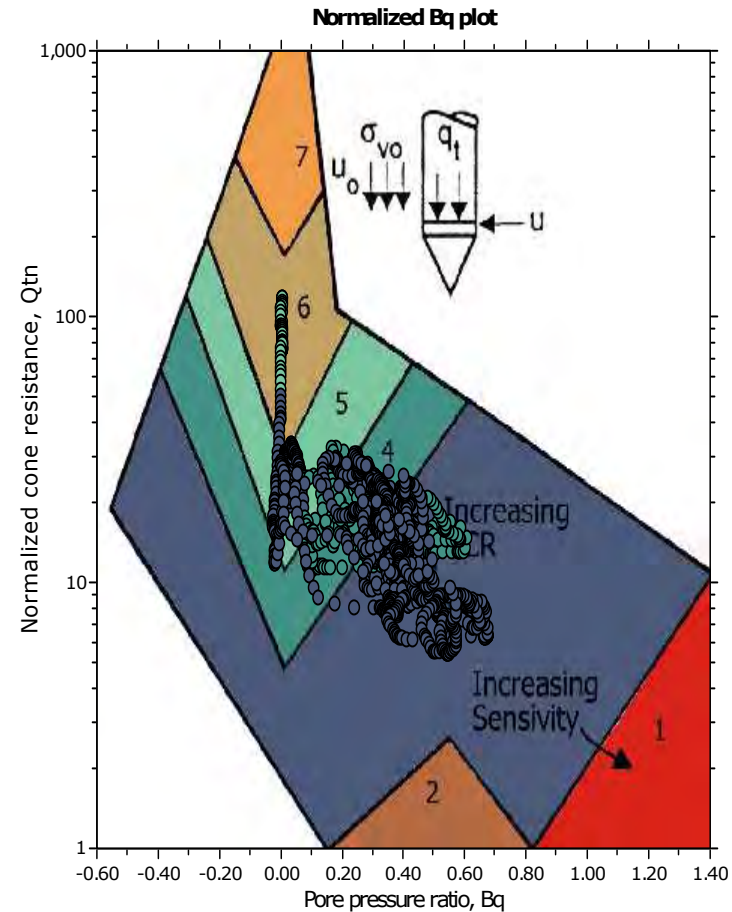
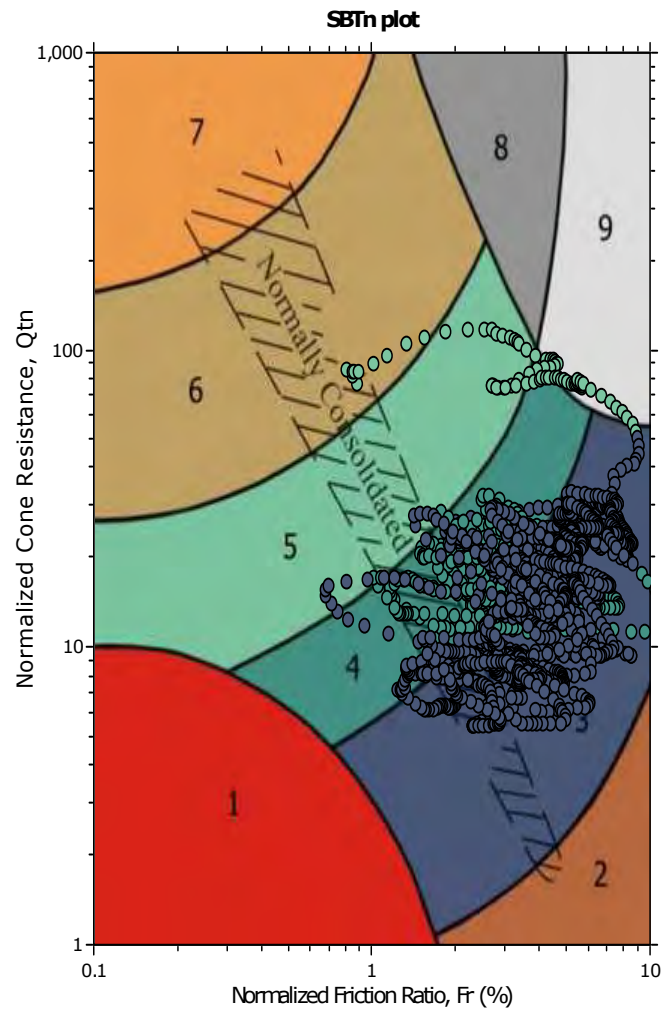
SBT - Bq plots



SBT legend

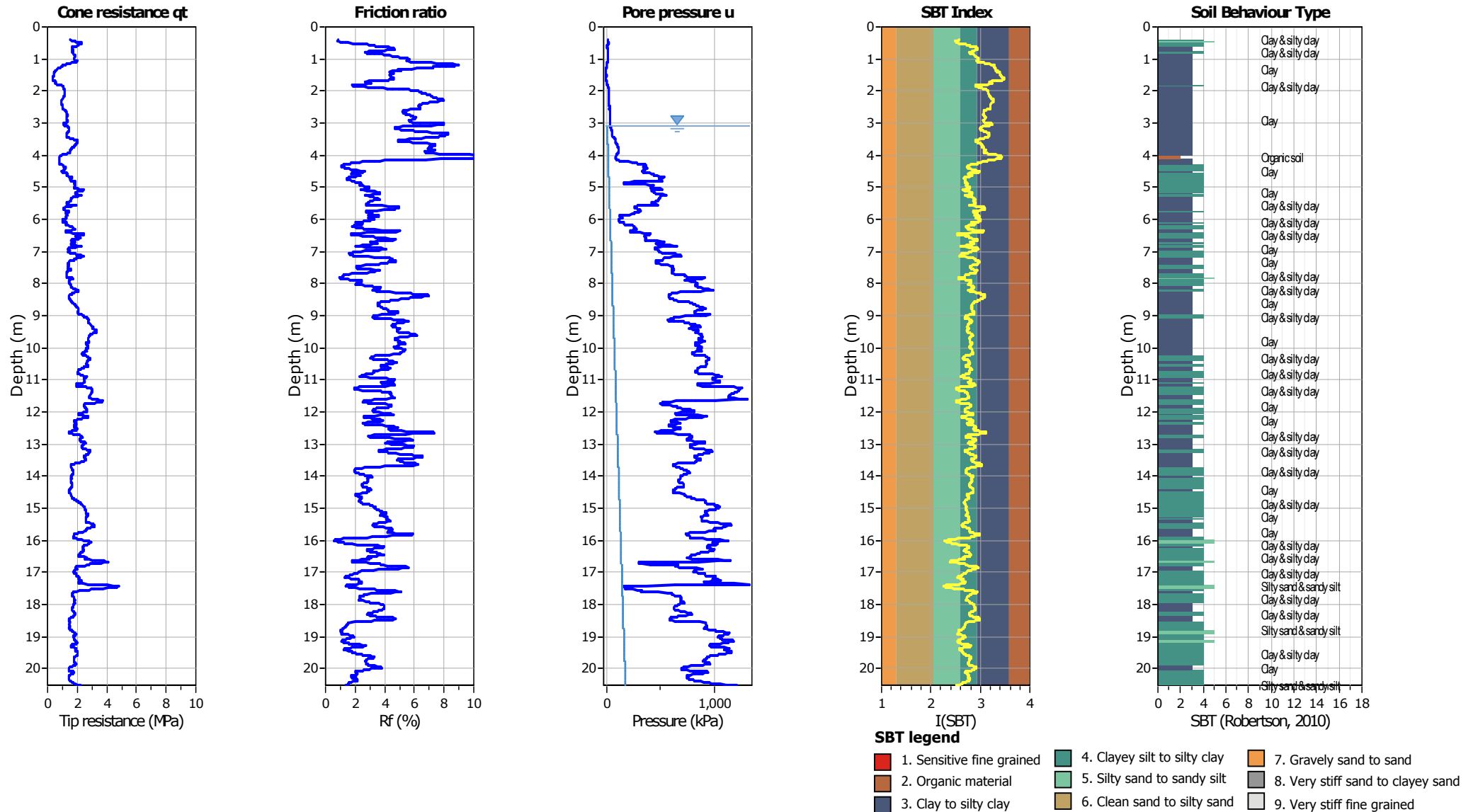
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

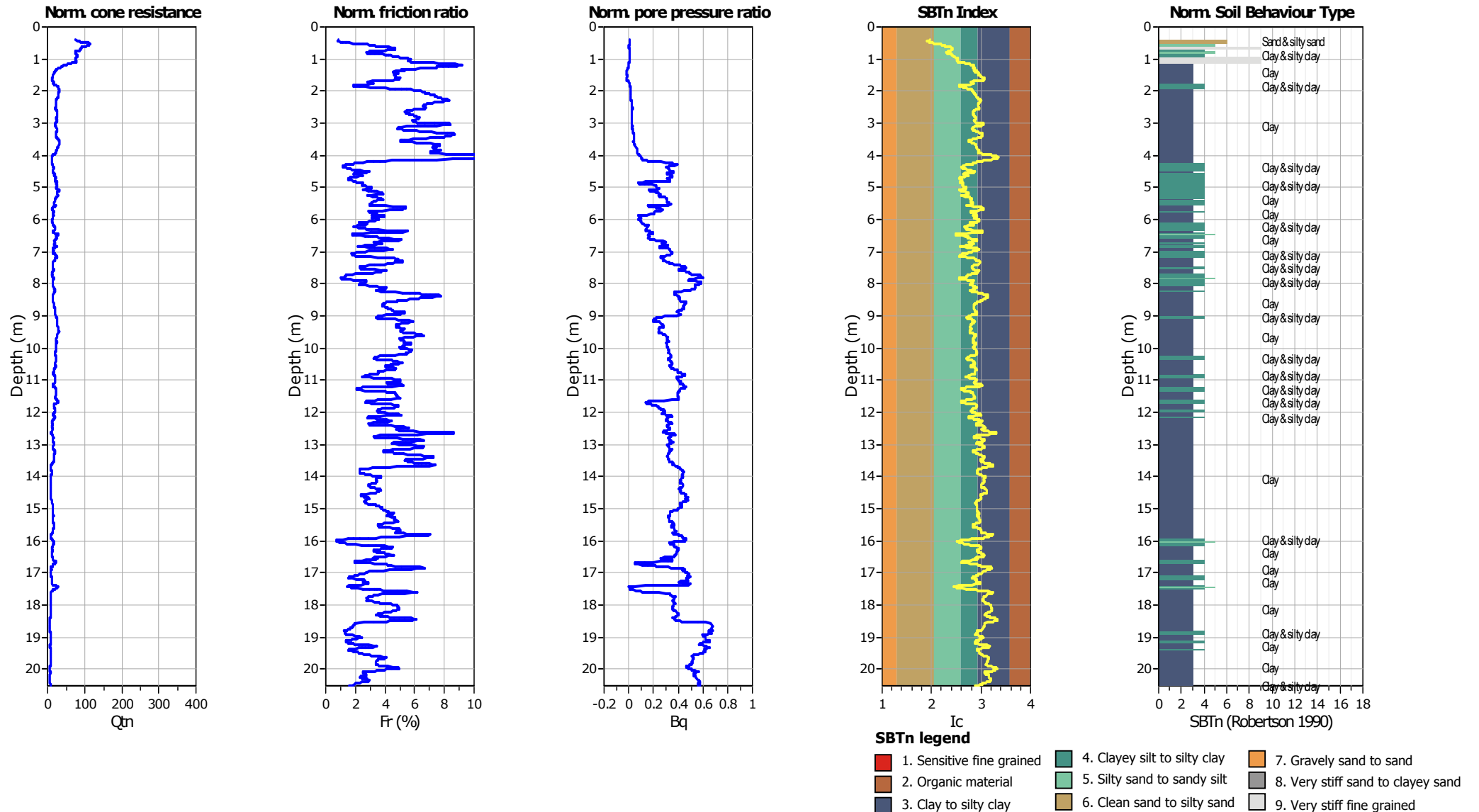
SBT - Bq plots (normalized)

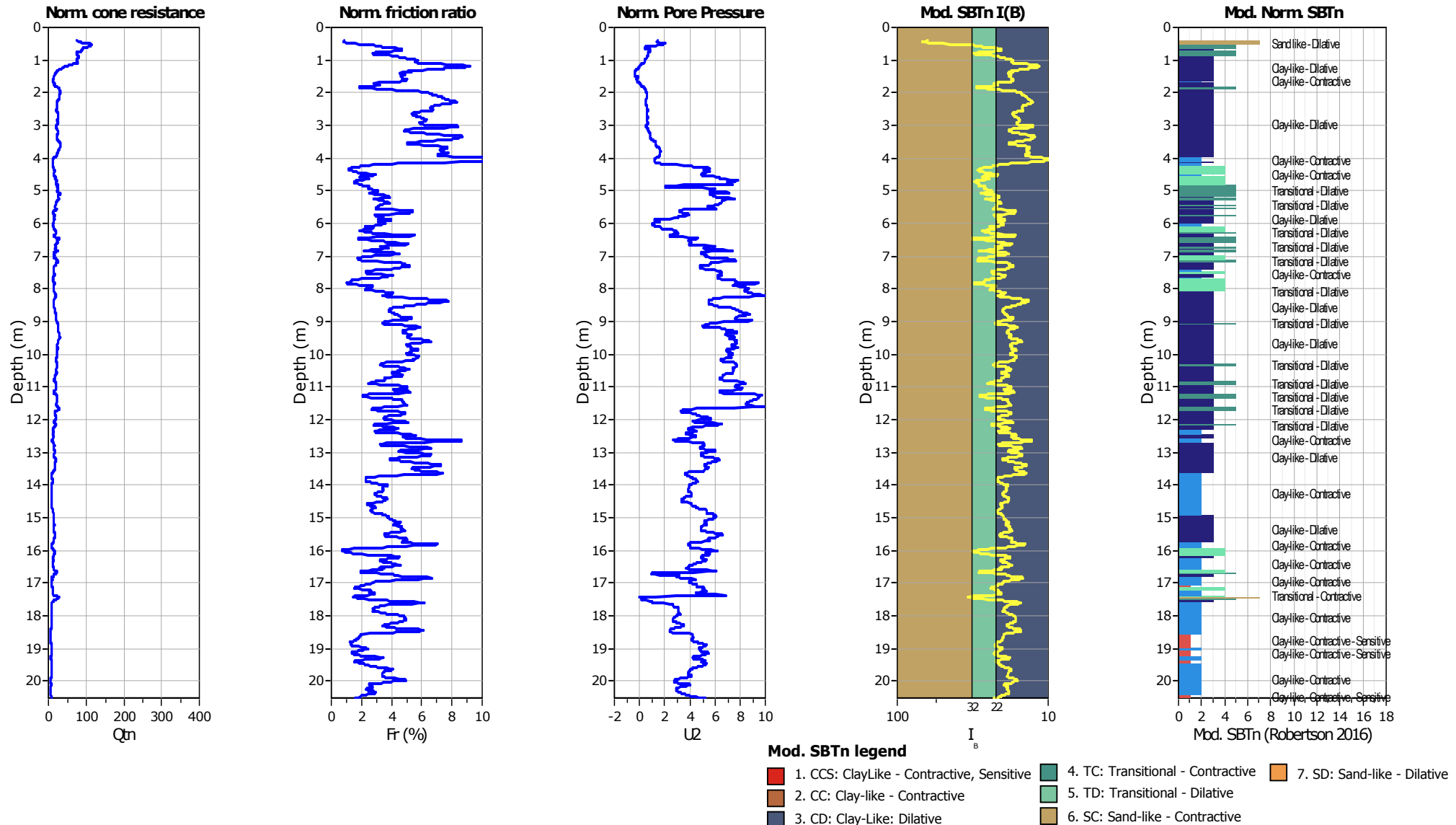


SBTn legend

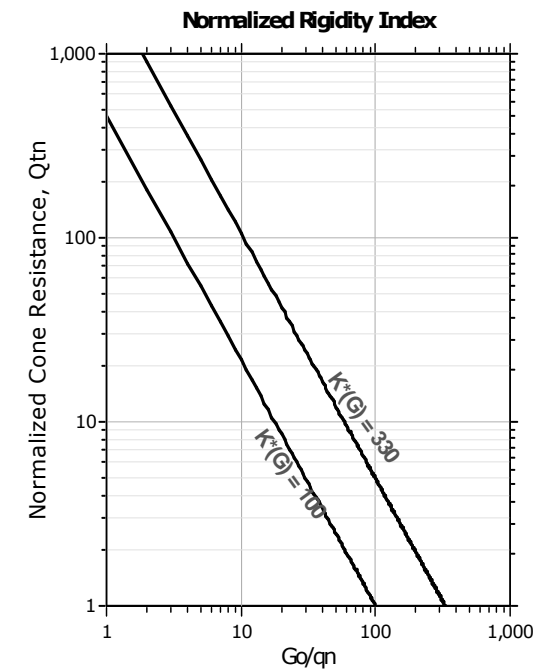
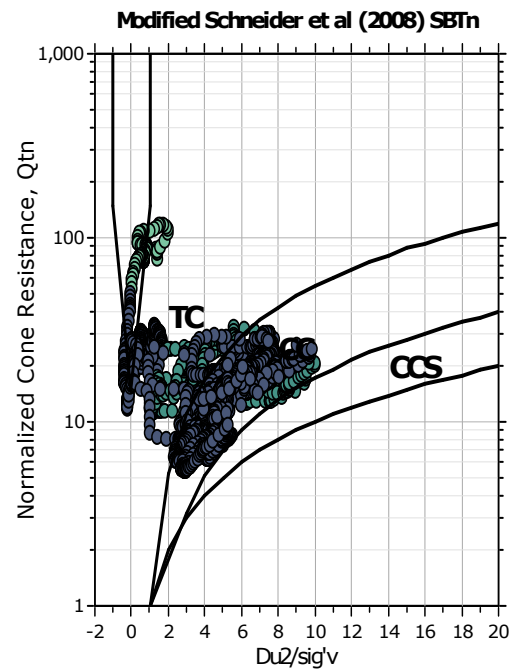
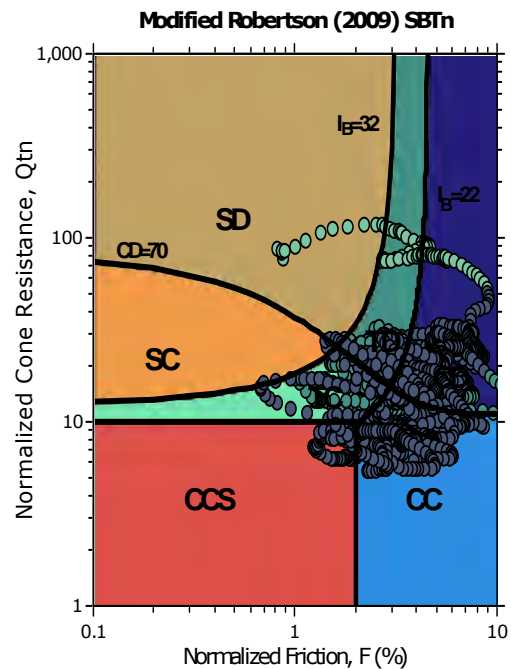
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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





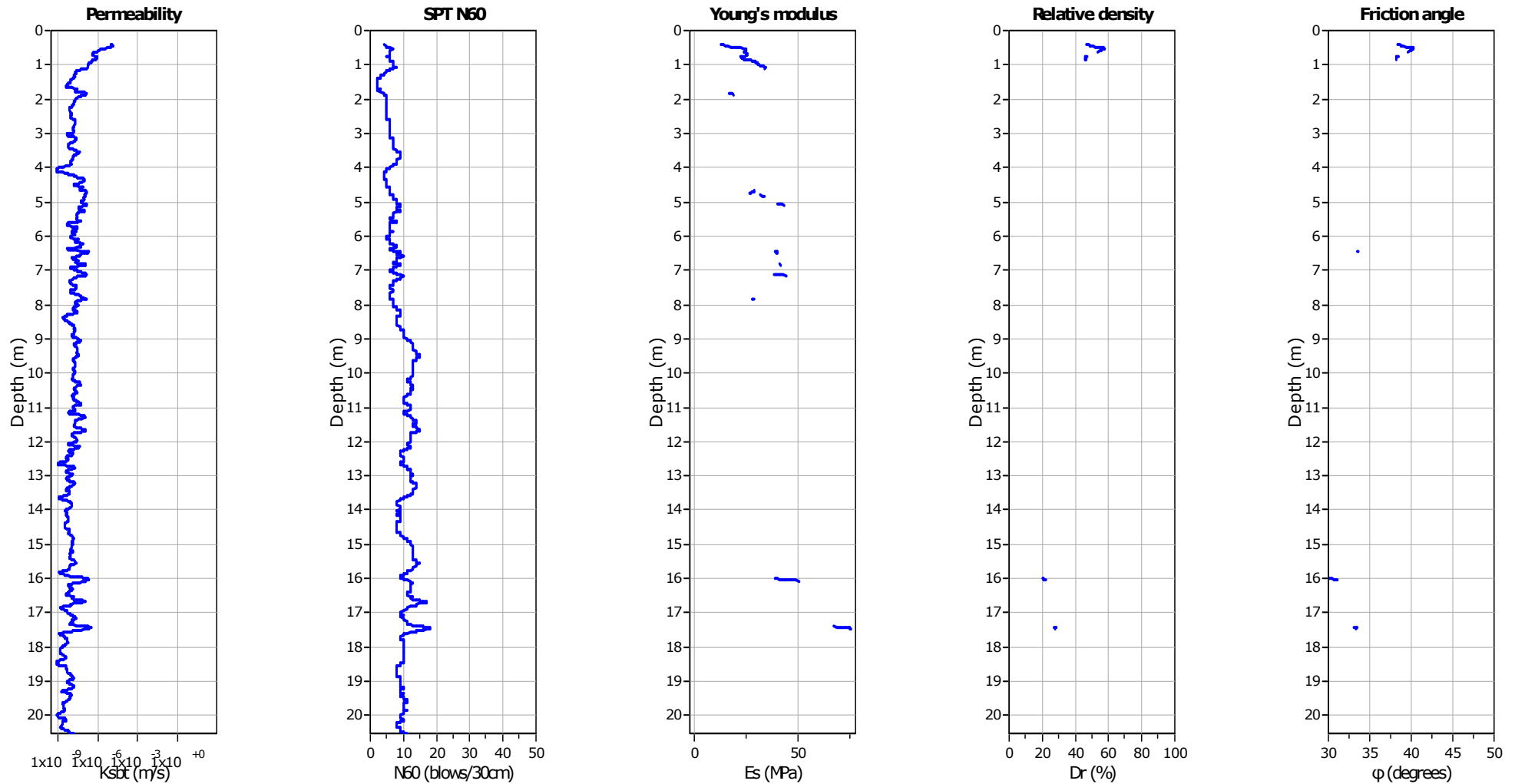


Updated SBTn plots



CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
 CC: Clay-like - Contractive
 CD: Clay-like - Dilative
 TC: Transitional - Contractive
 TD: Transitional - Dilative
 SC: Sand-like - Contractive
 SD: Sand-like - Dilative

$K^*(G) > 330$: Soils with significant microstructure
 (e.g. age/cementation)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

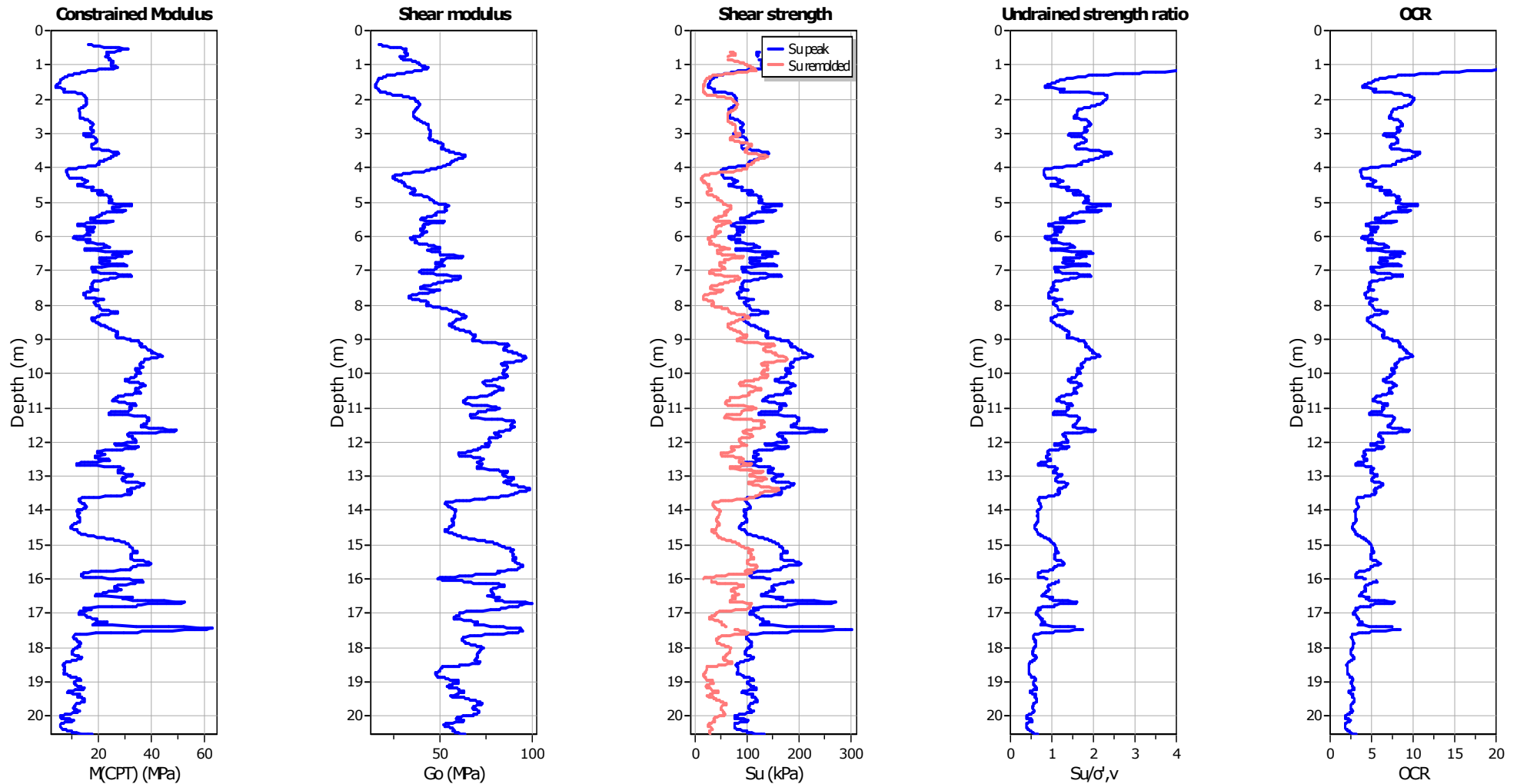
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

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

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)

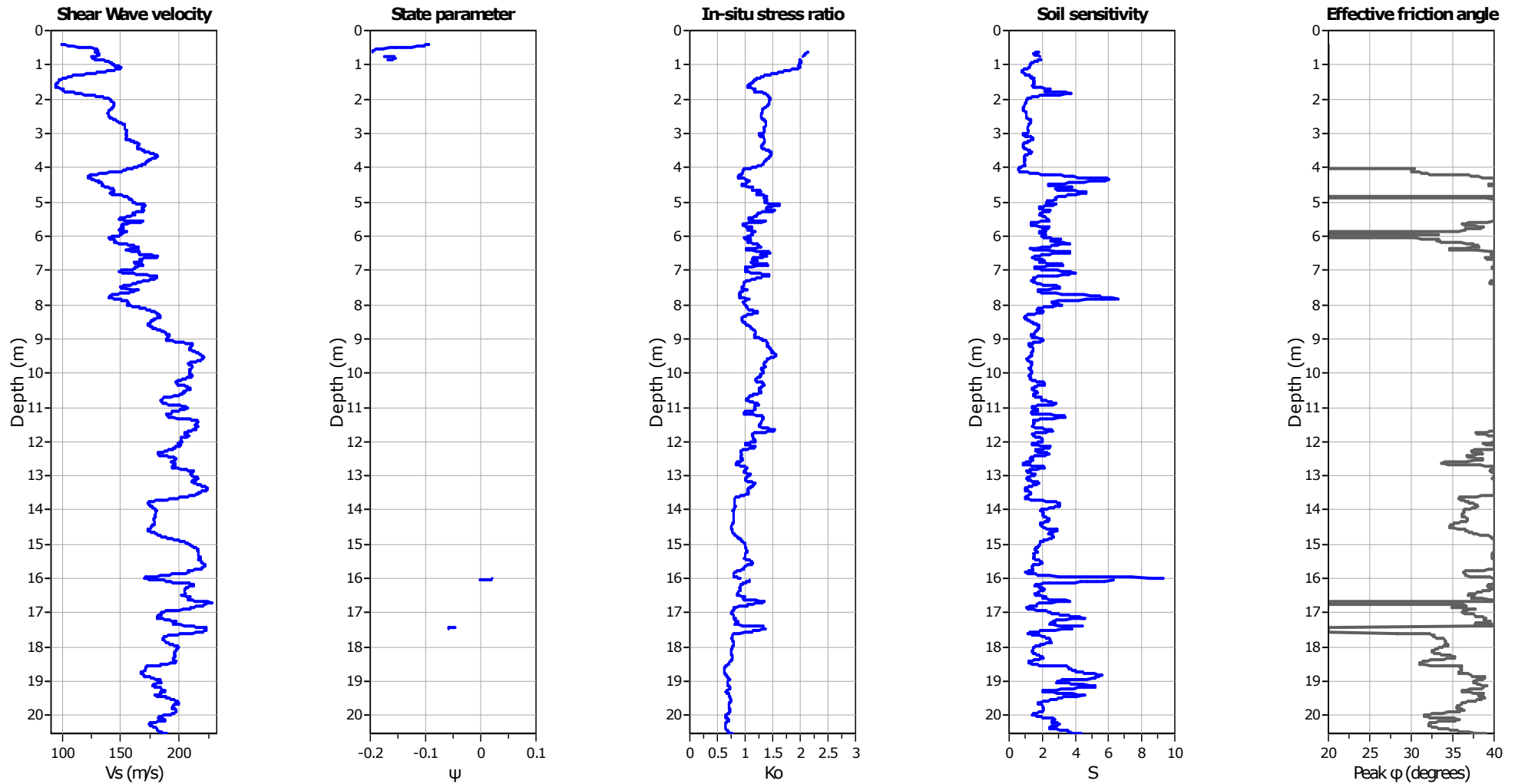
G_0 : Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

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

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— User defined estimation data

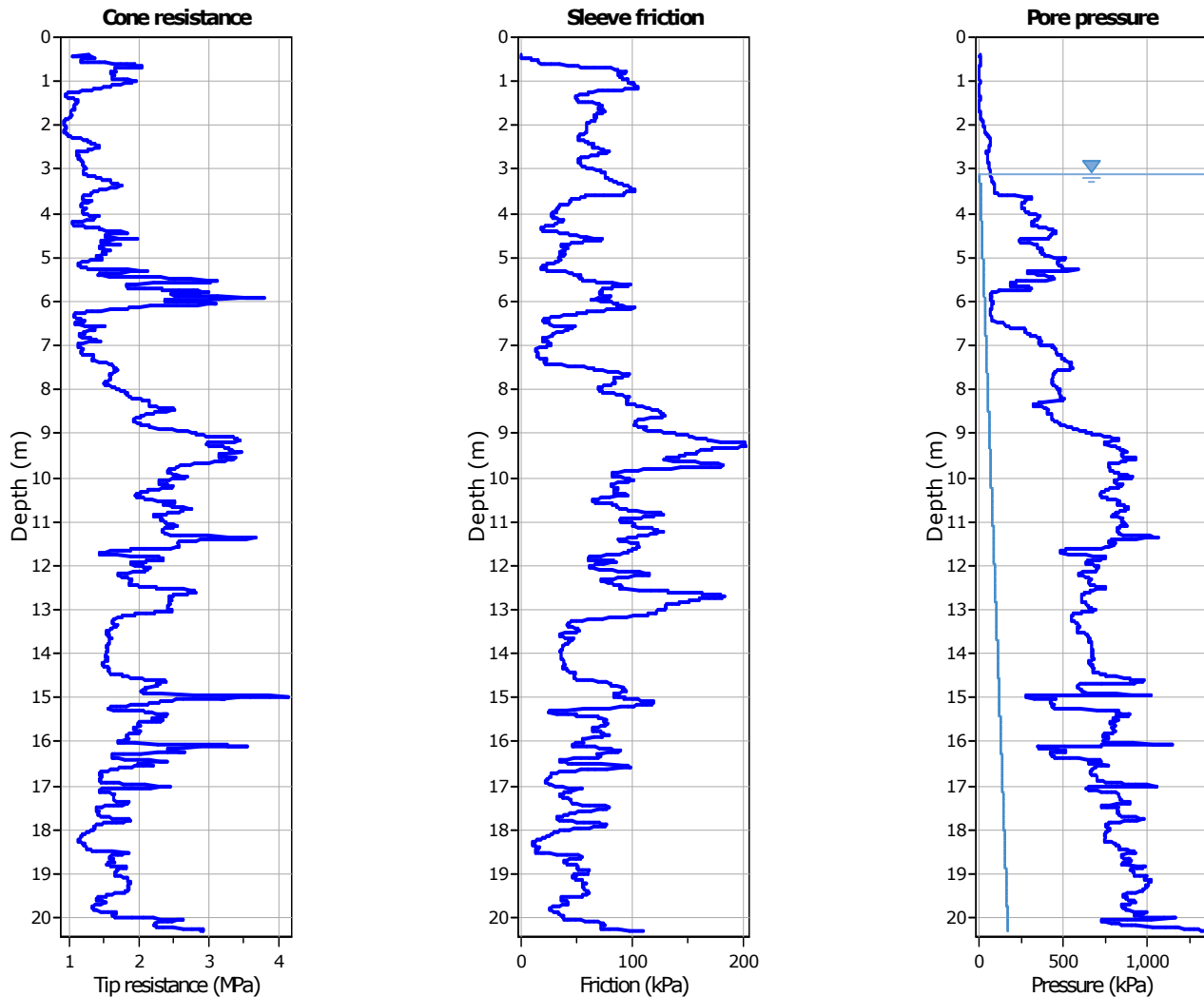
—●— Flat Dilatometer Test data



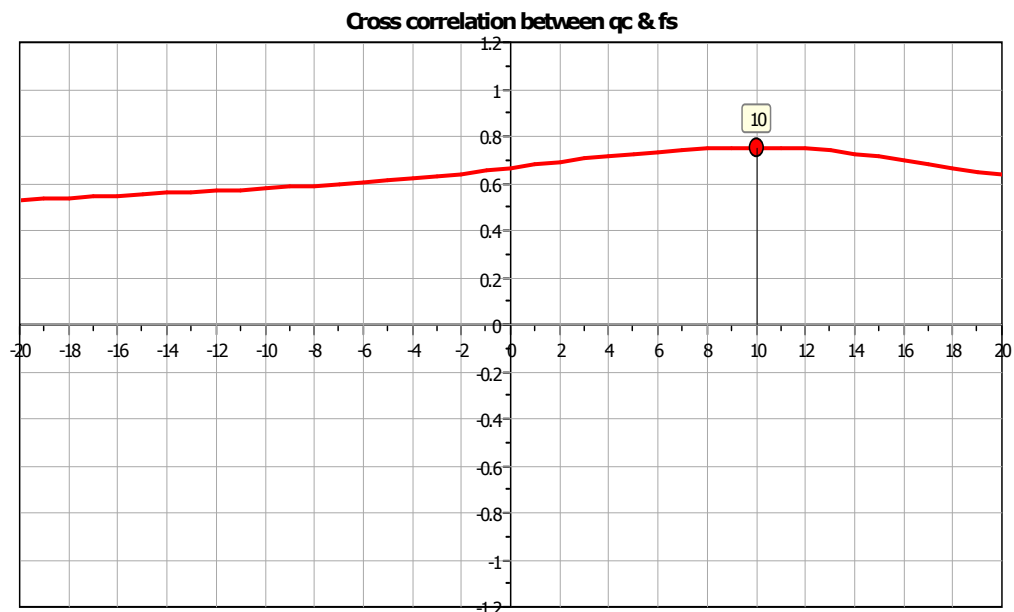
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

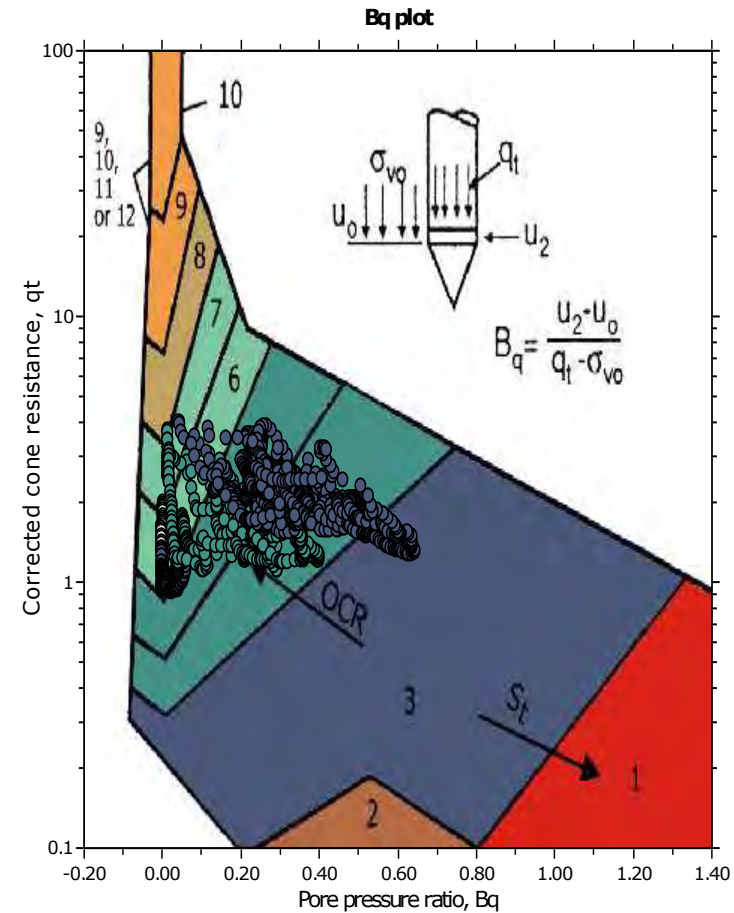
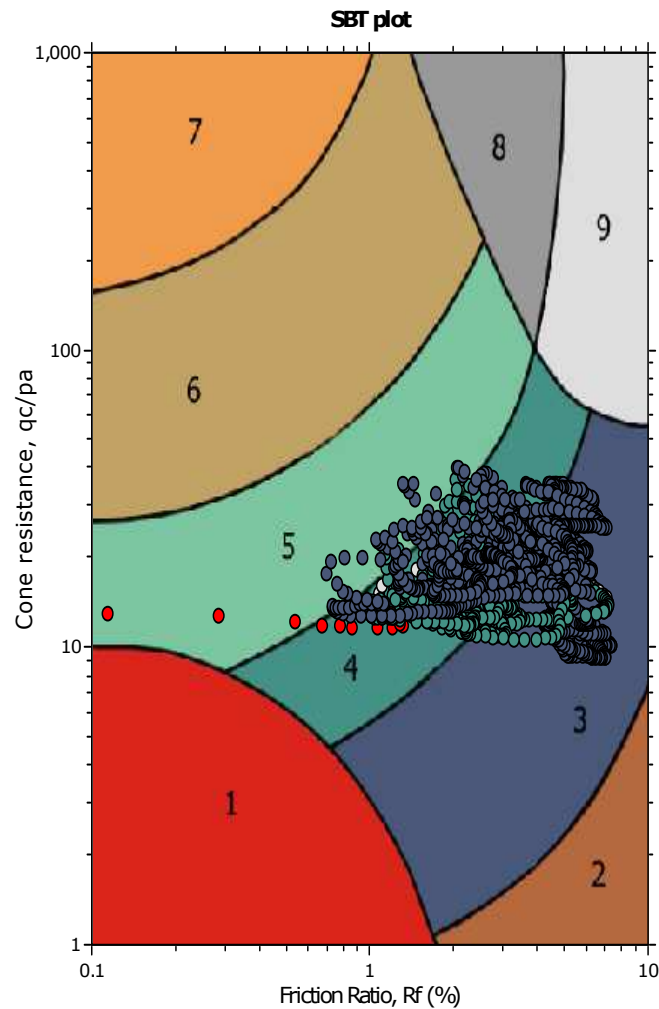
—●— User defined estimation data



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).



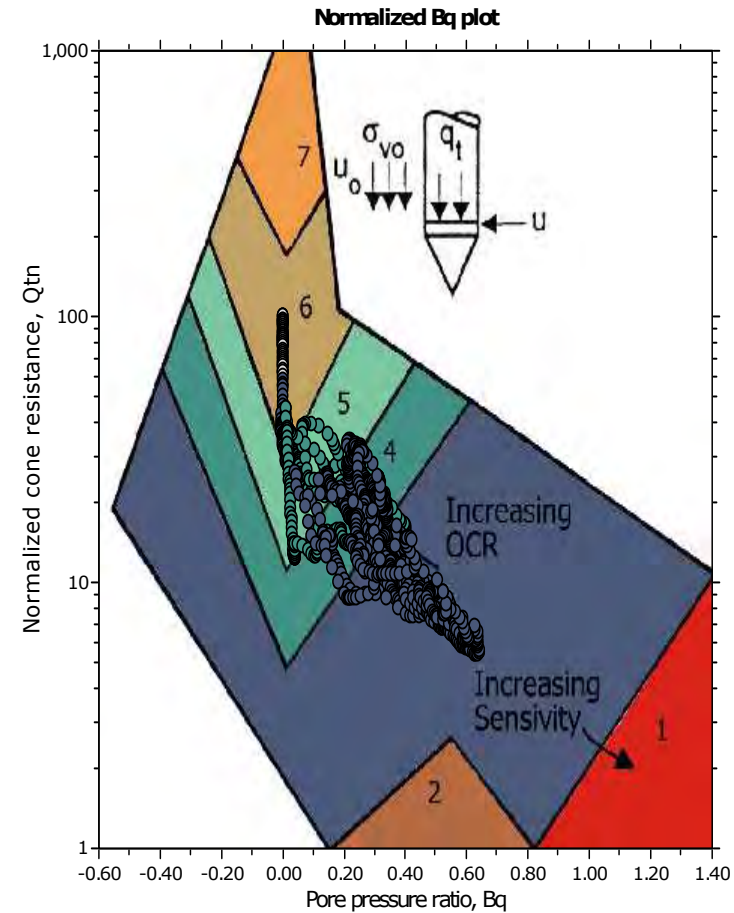
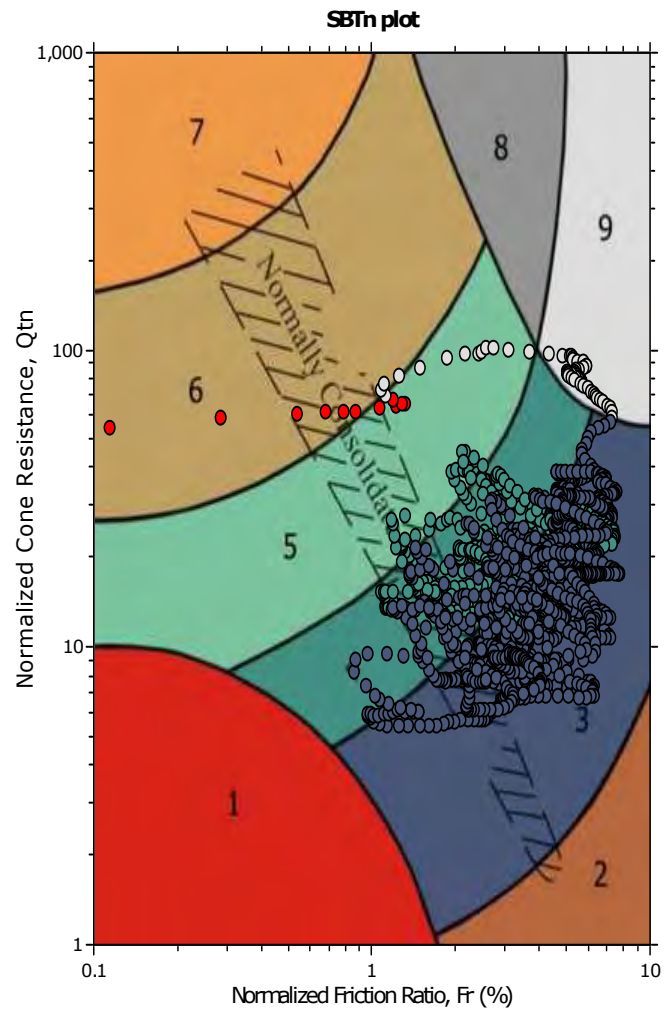
SBT - Bq plots



SBT legend

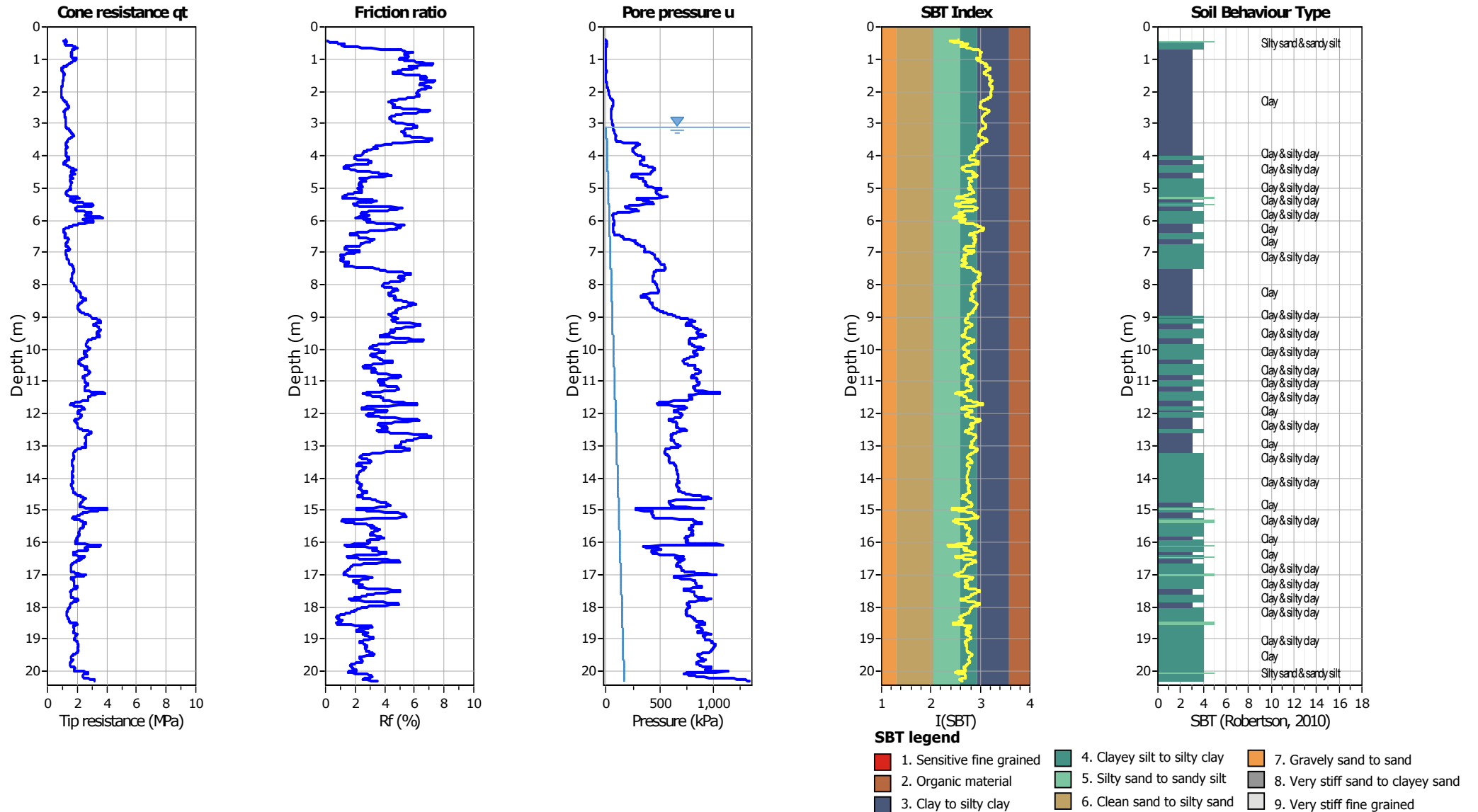
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

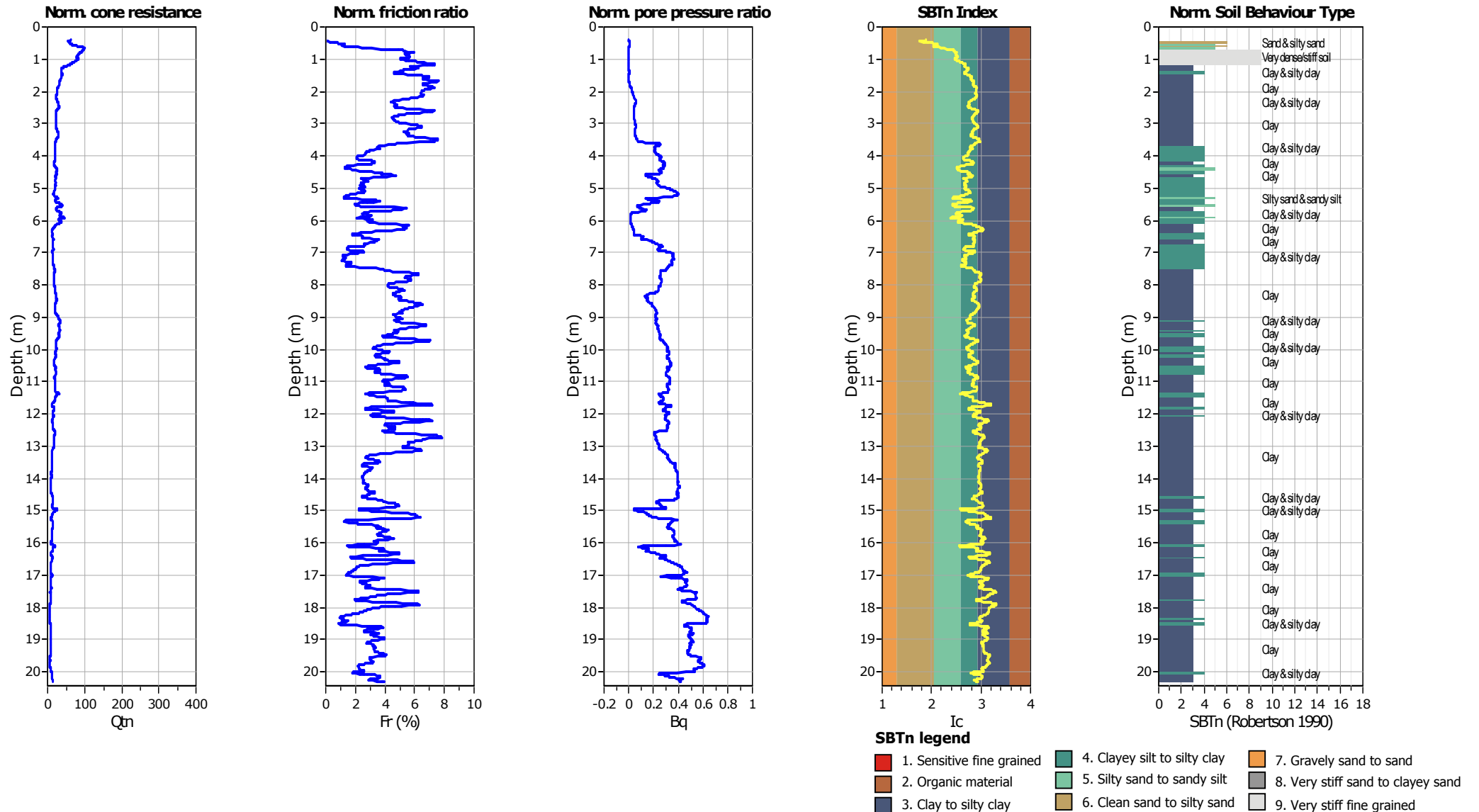
SBT - Bq plots (normalized)

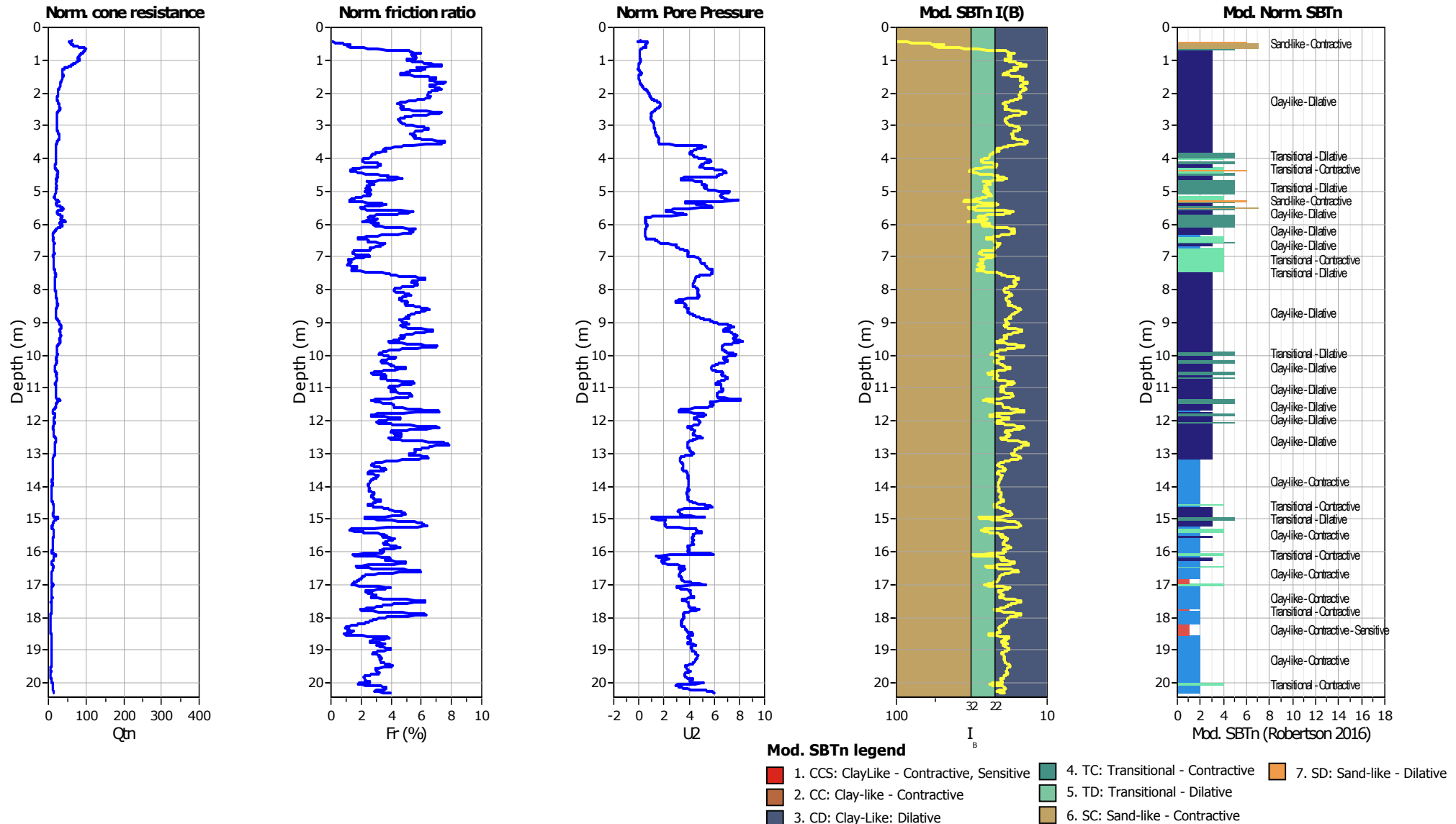


SBTn legend

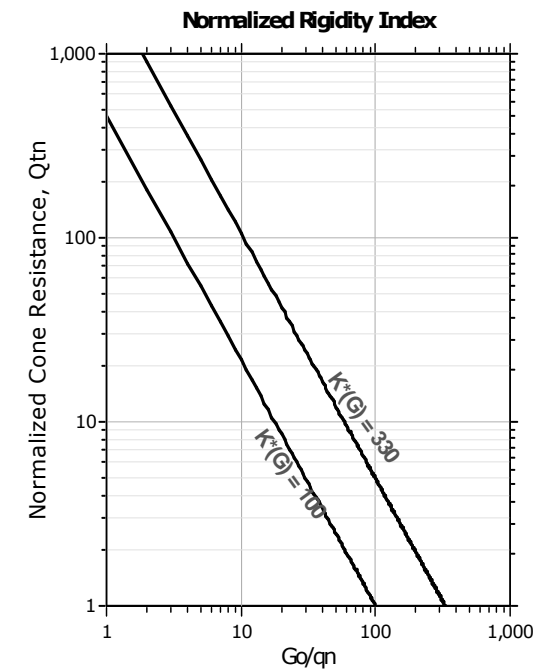
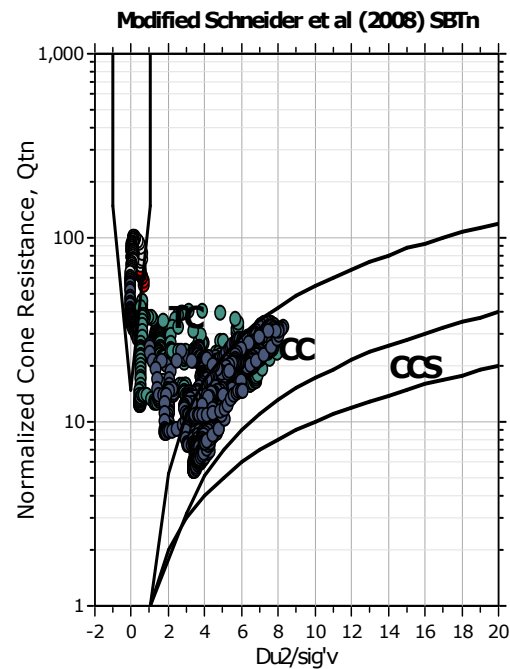
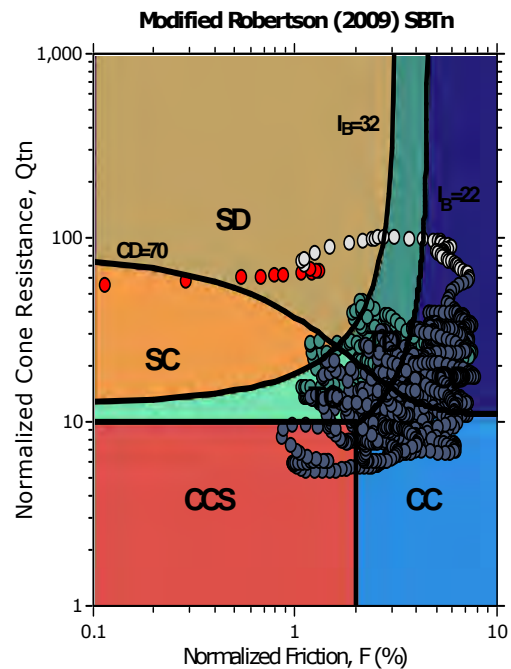
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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





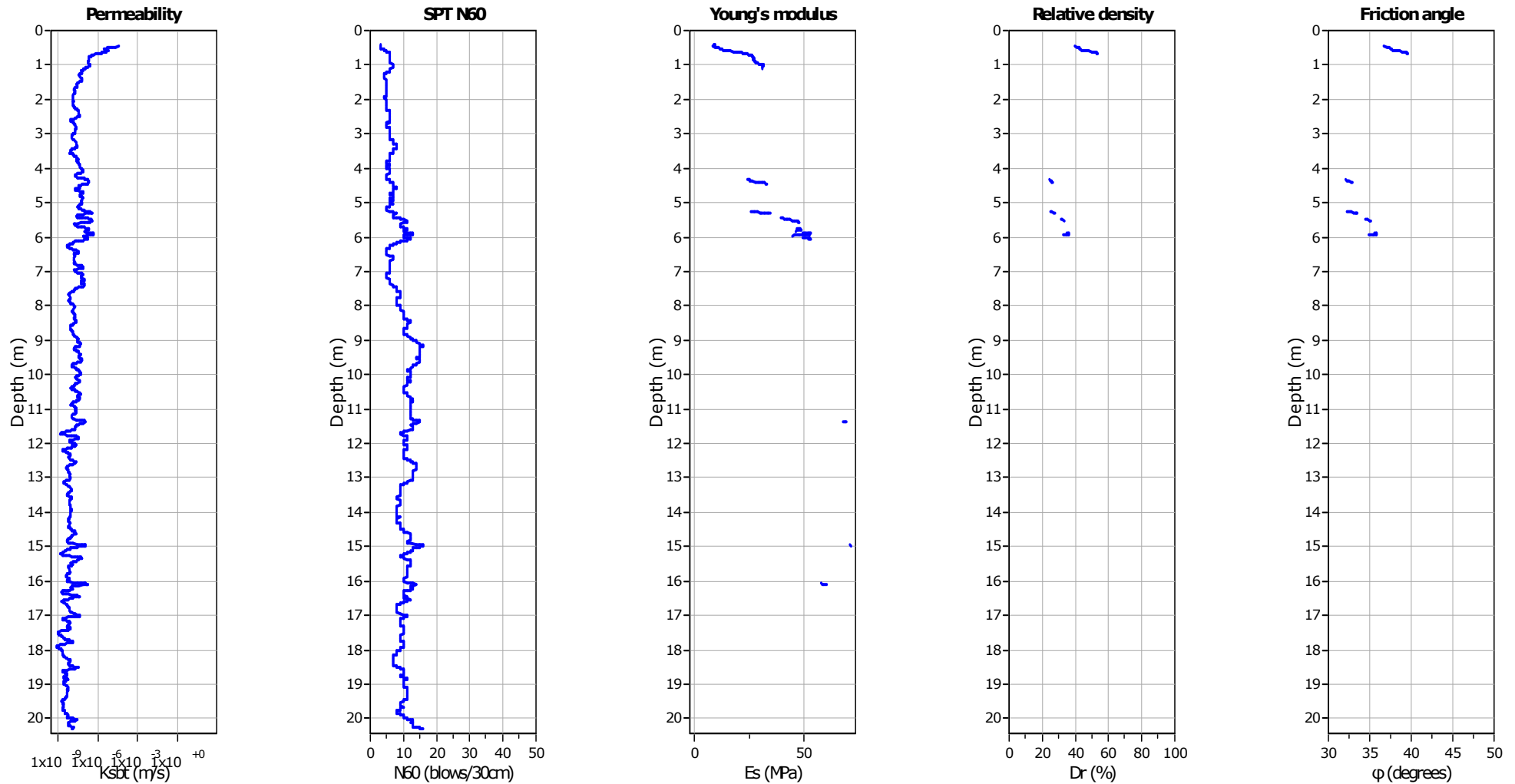


Updated SBTn plots



CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
 CC: Clay-like - Contractive
 CD: Clay-like - Dilative
 TC: Transitional - Contractive
 TD: Transitional - Dilative
 SC: Sand-like - Contractive
 SD: Sand-like - Dilative

$K^*(G) > 330$: Soils with significant microstructure
 (e.g. age/cementation)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

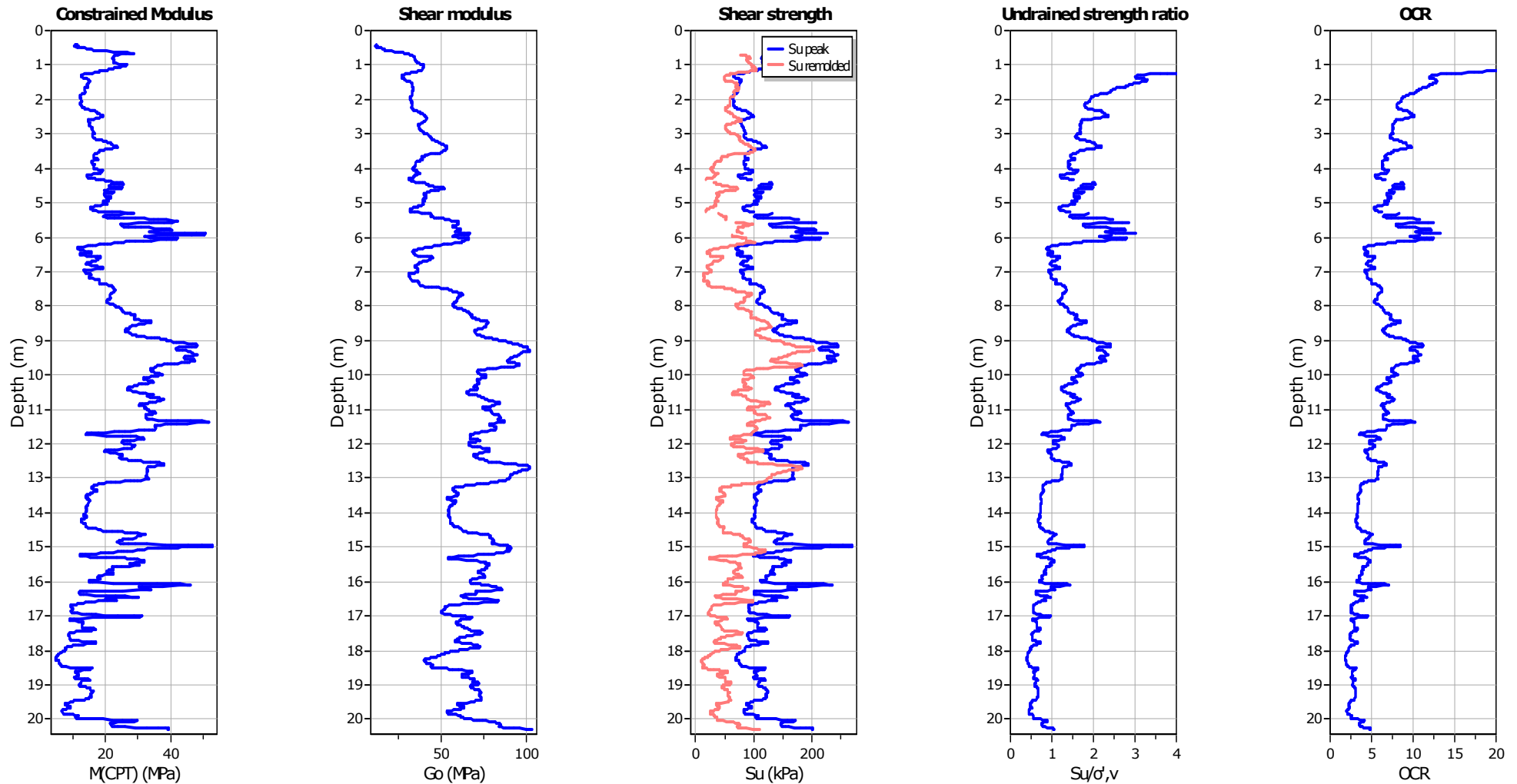
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

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

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

● — User defined estimation data



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)

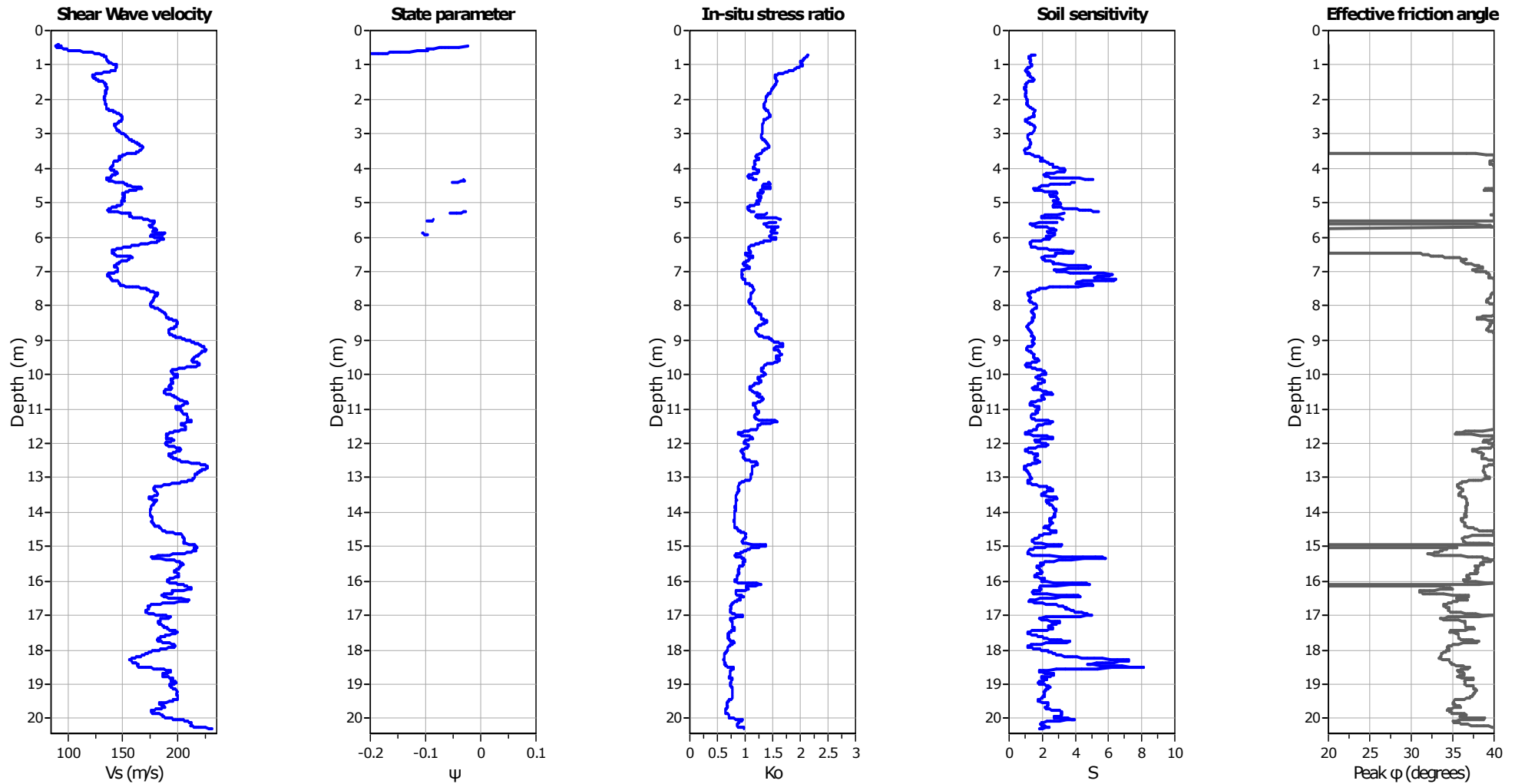
G_o : Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

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

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— User defined estimation data

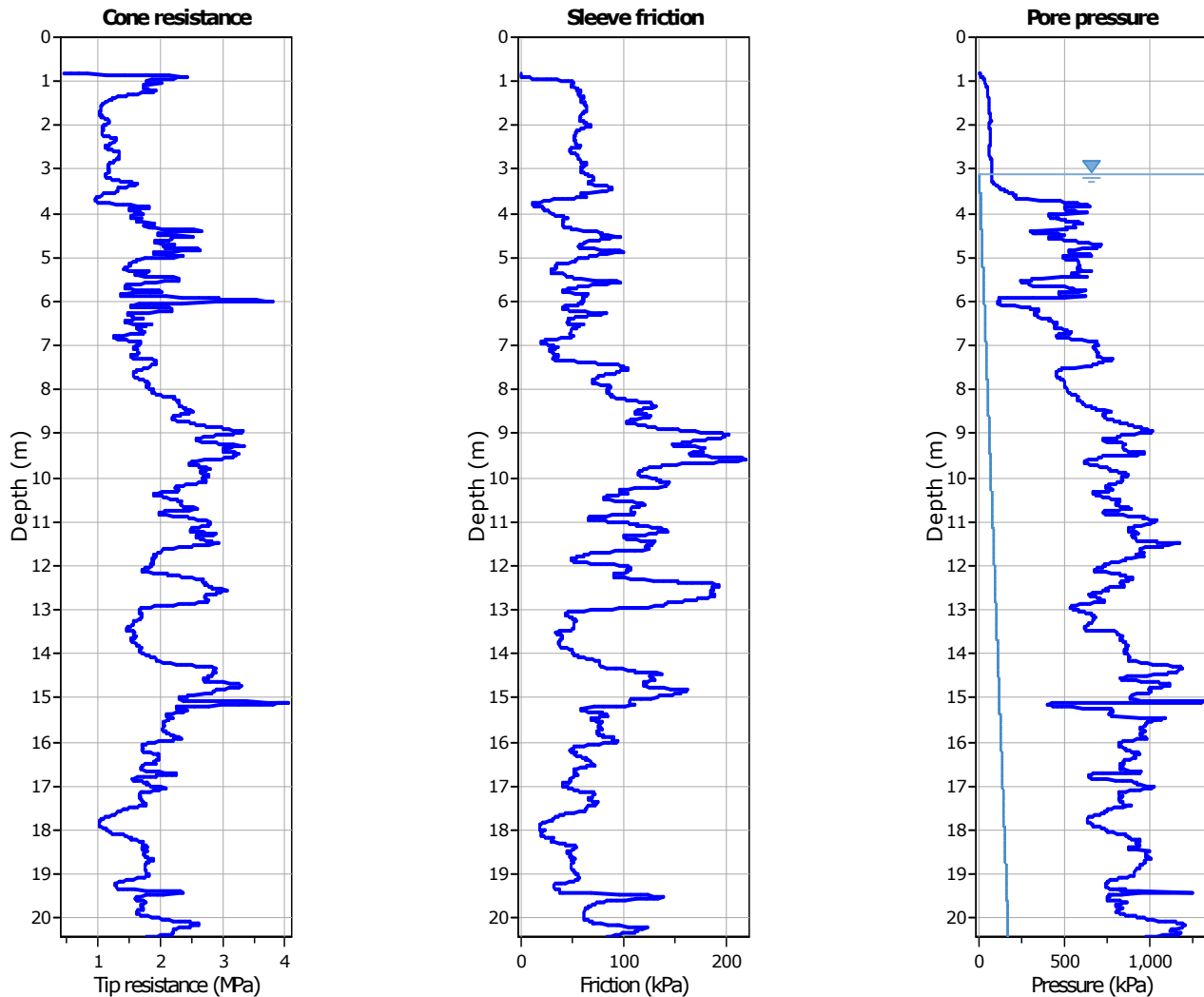
—●— Flat Dilatometer Test data



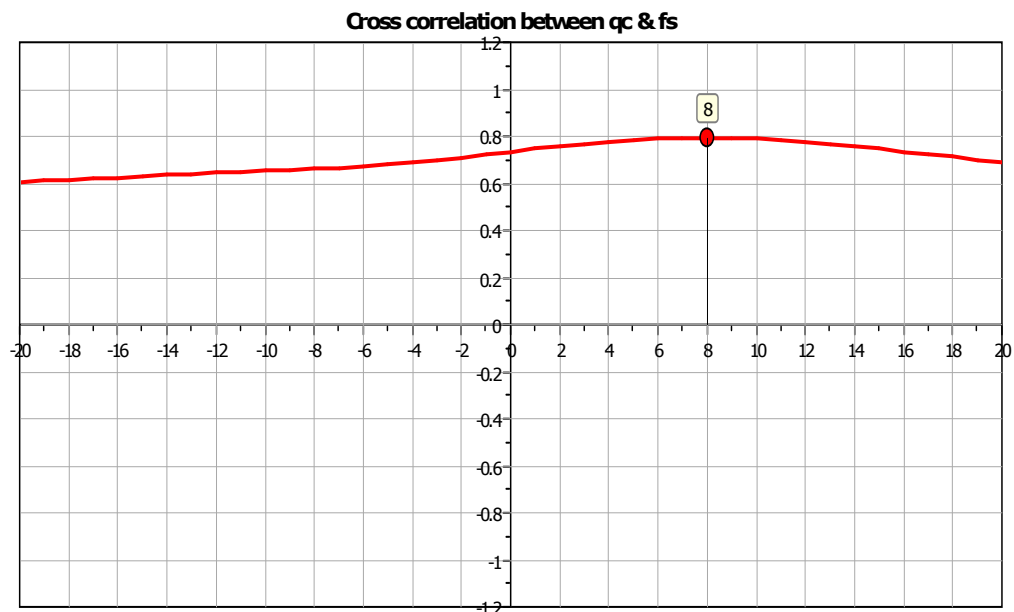
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

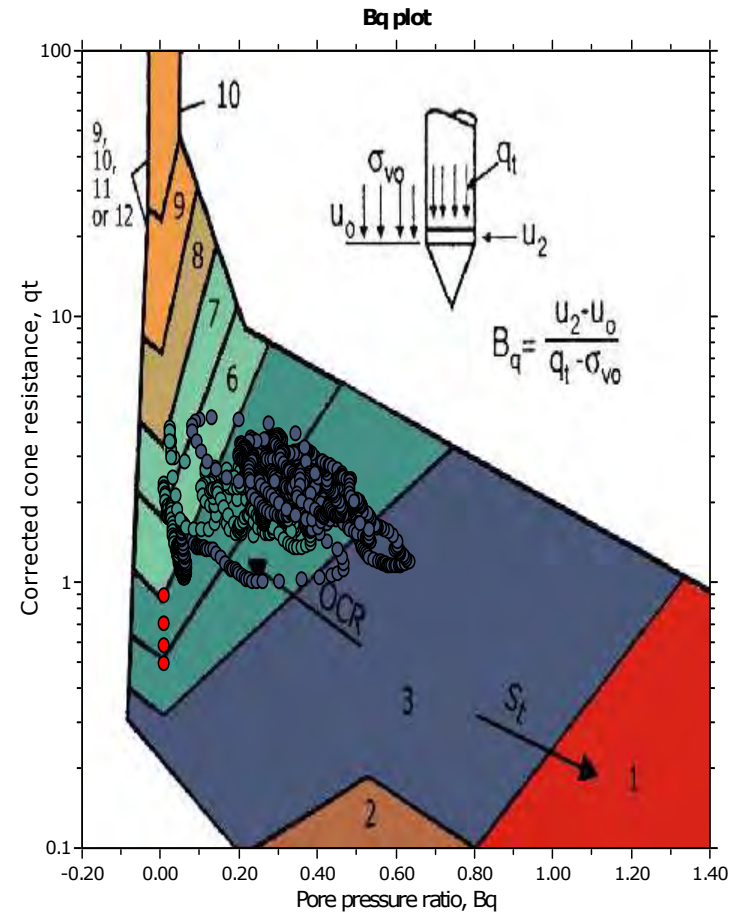
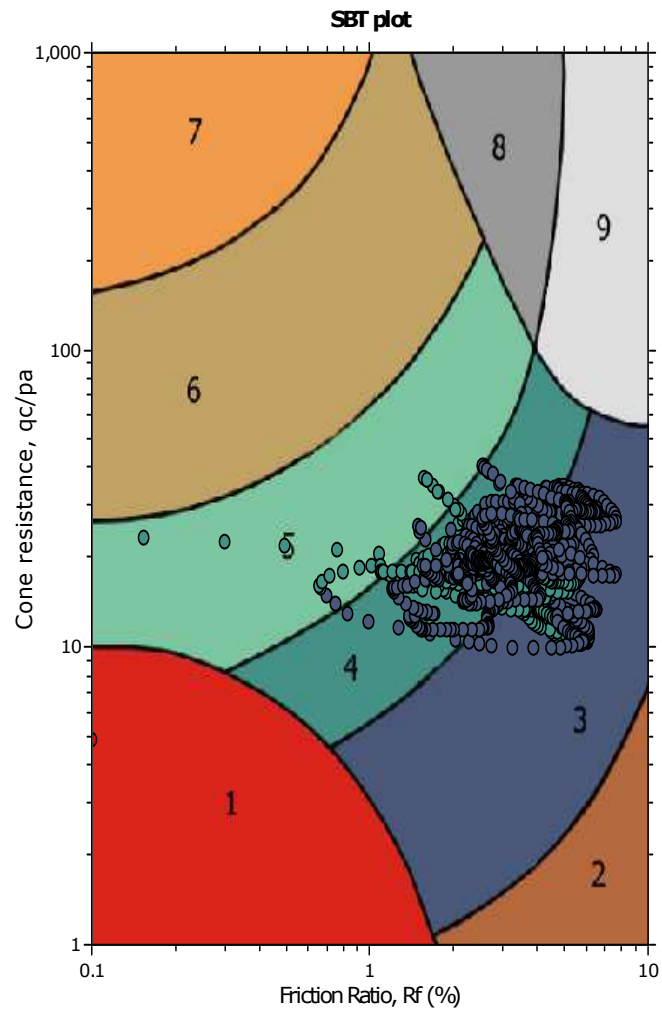
—●— User defined estimation data



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).



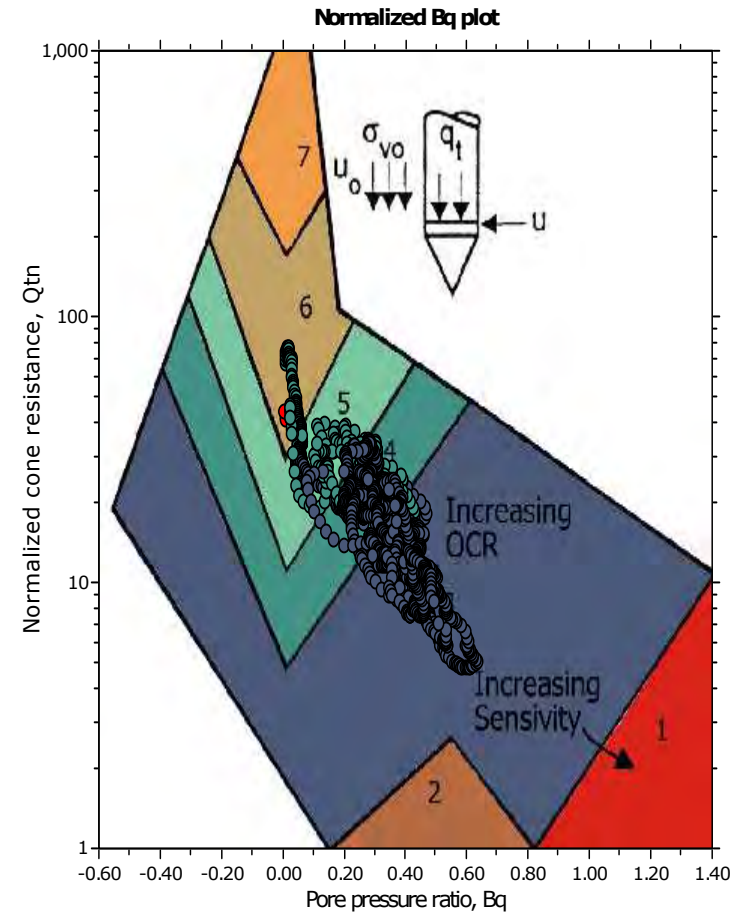
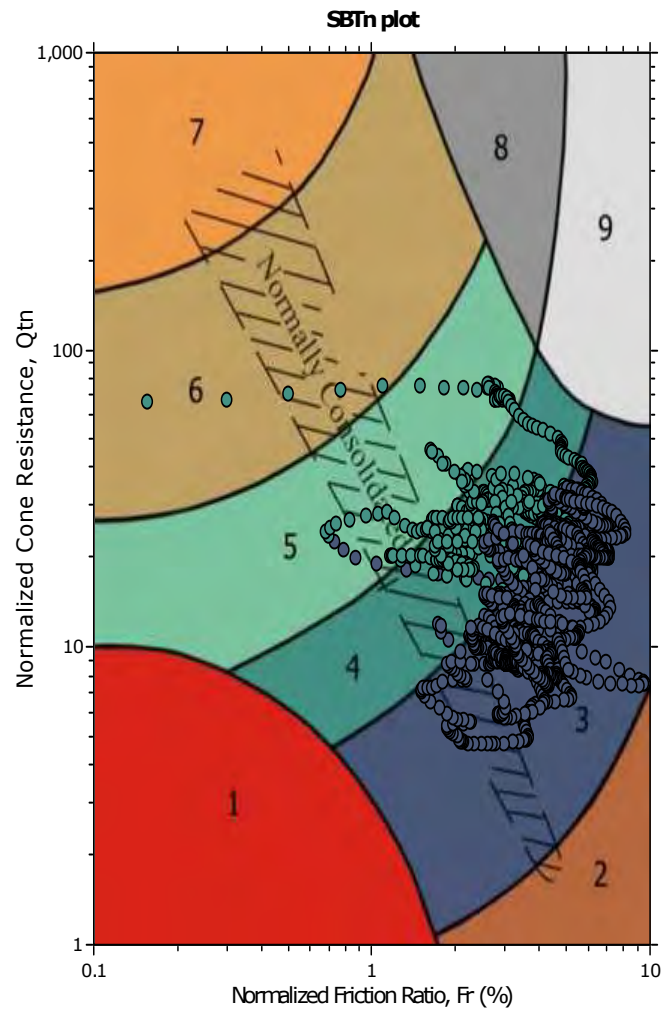
SBT - Bq plots



SBT legend

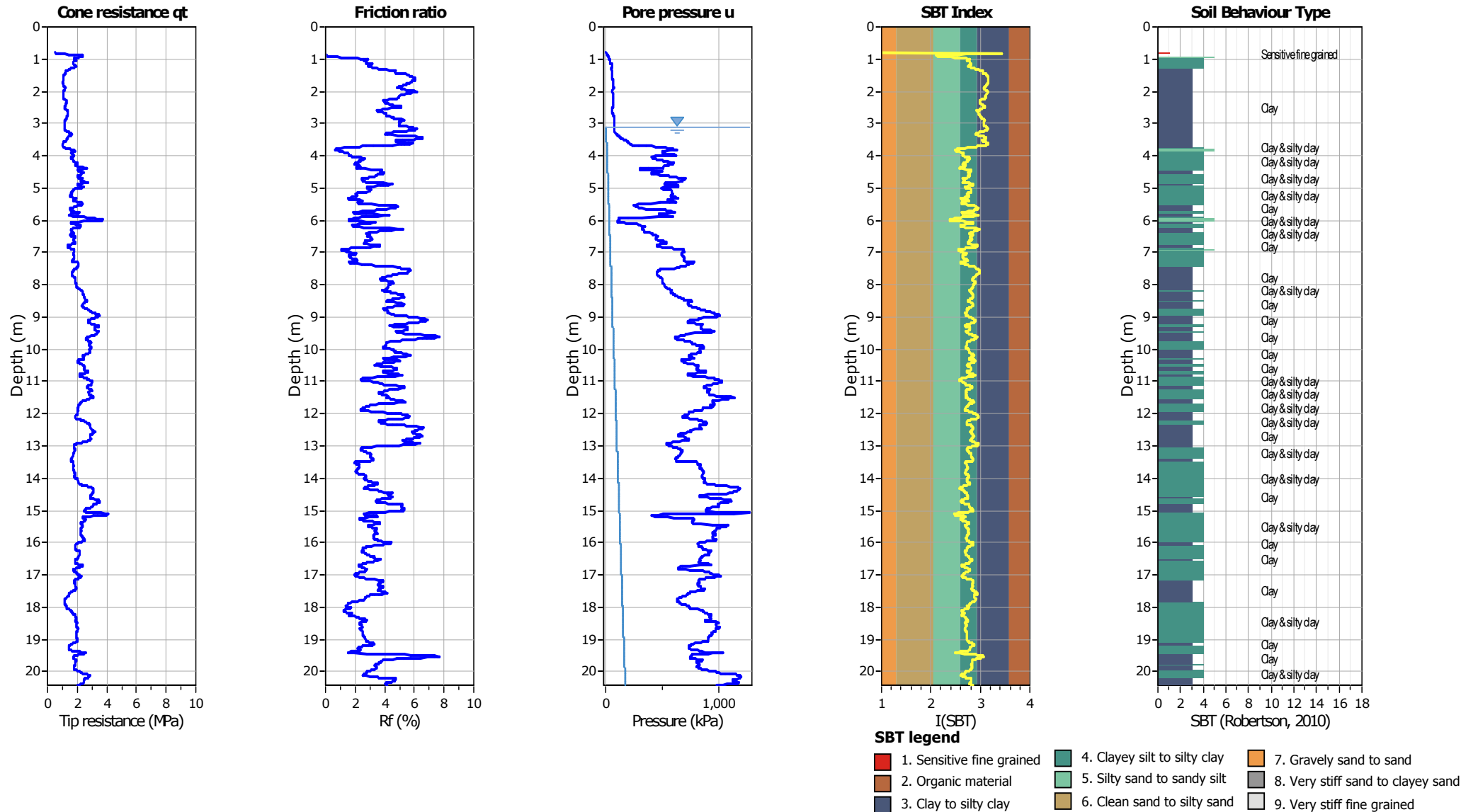
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

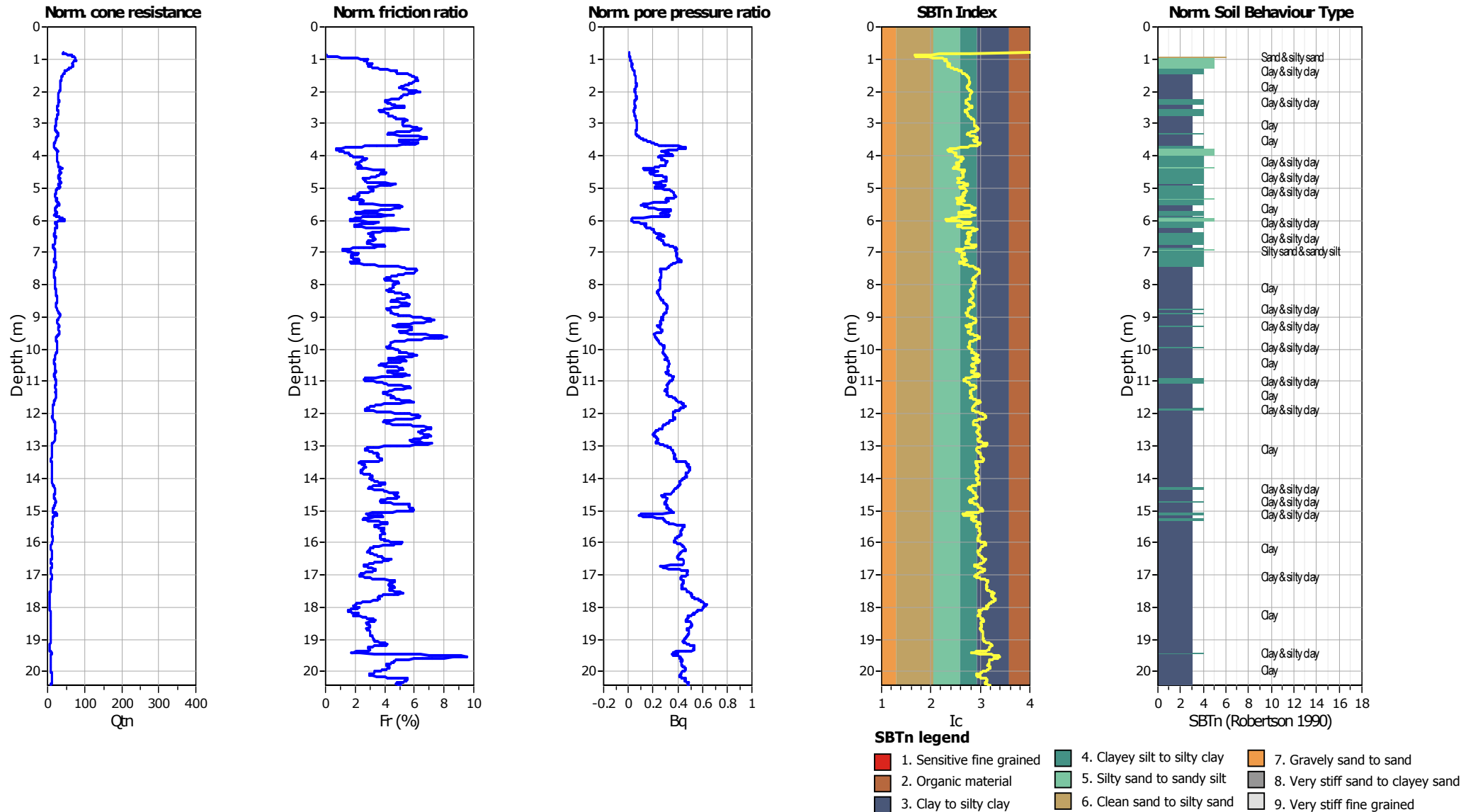
SBT - Bq plots (normalized)

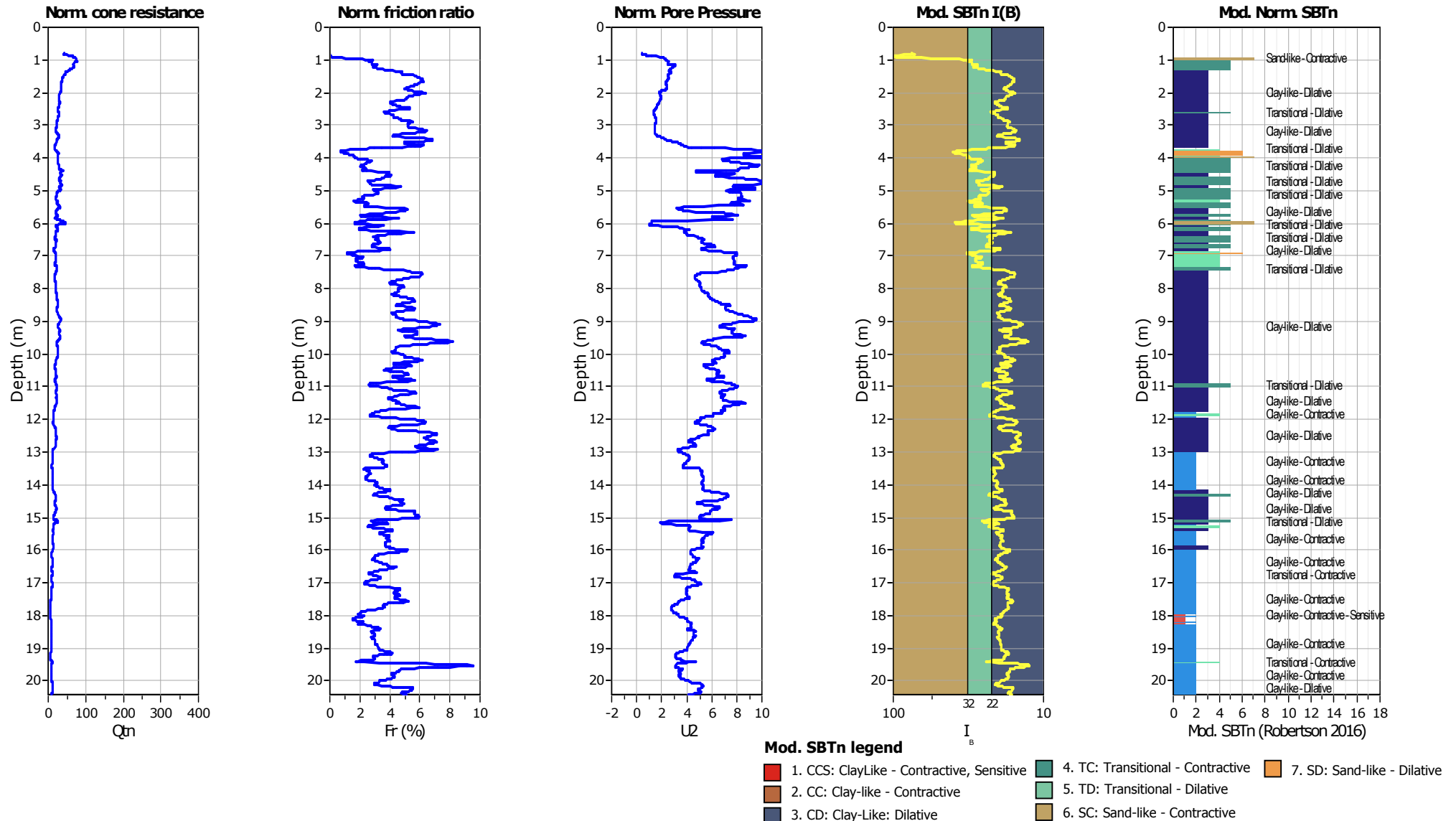


SBTn legend

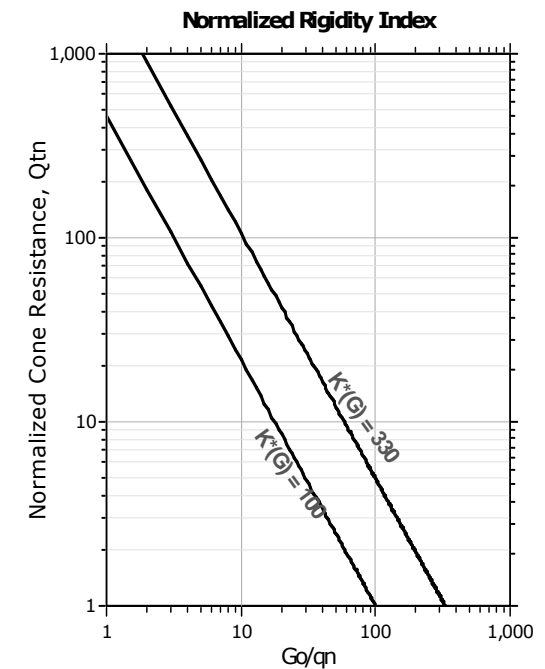
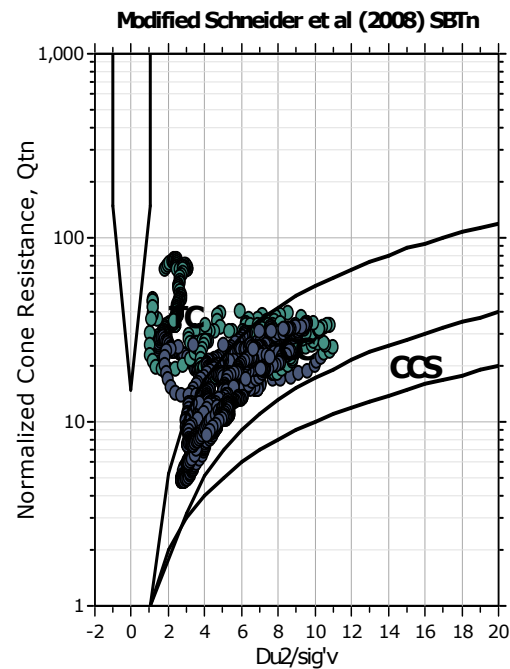
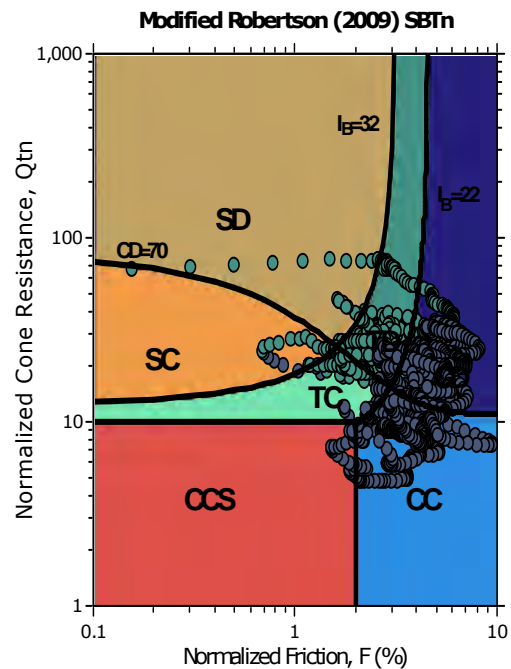
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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





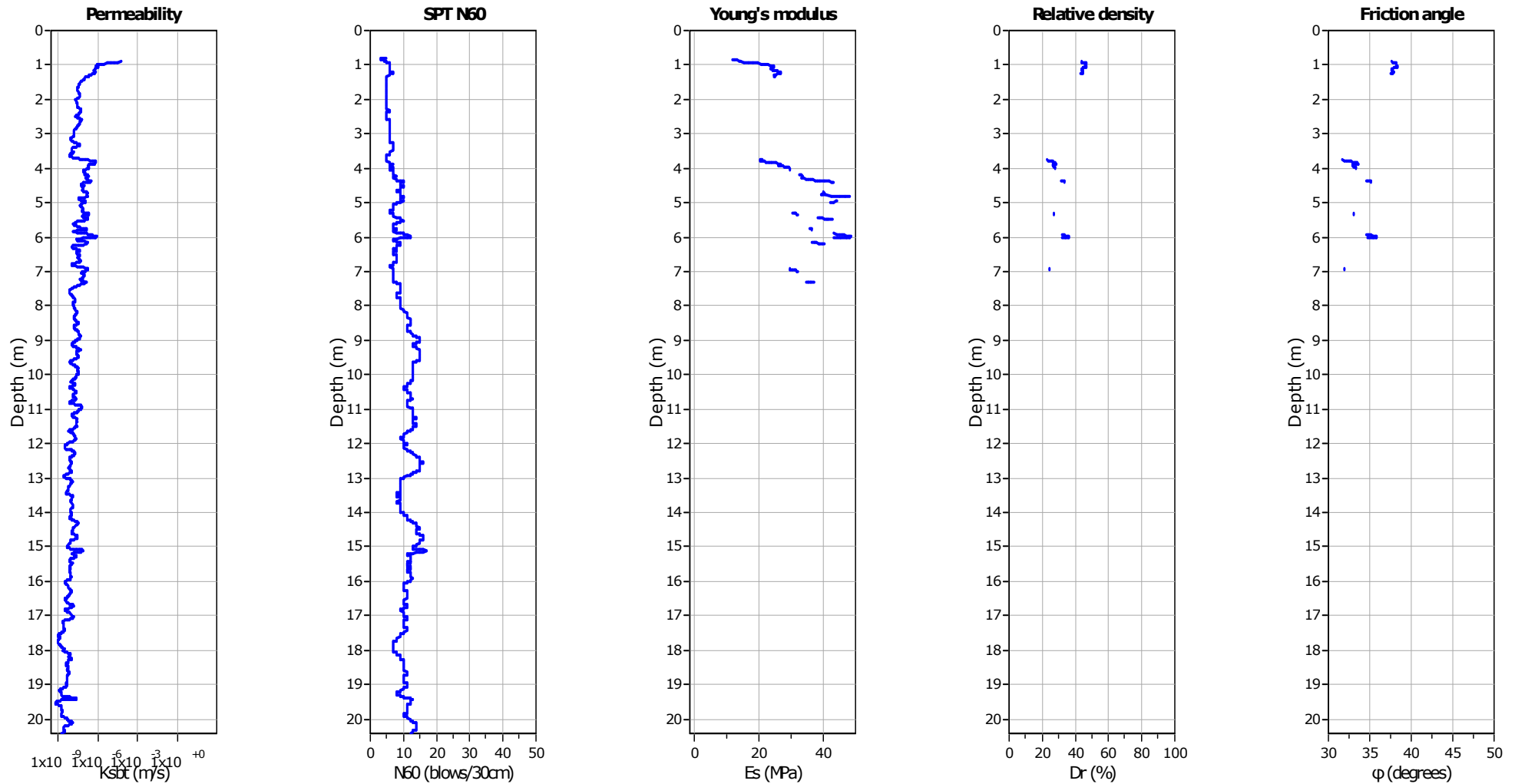


Updated SBTn plots



CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
 CC: Clay-like - Contractive
 CD: Clay-like - Dilative
 TC: Transitional - Contractive
 TD: Transitional - Dilative
 SC: Sand-like - Contractive
 SD: Sand-like - Dilative

$K^*(G) > 330$: Soils with significant microstructure
 (e.g. age/cementation)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

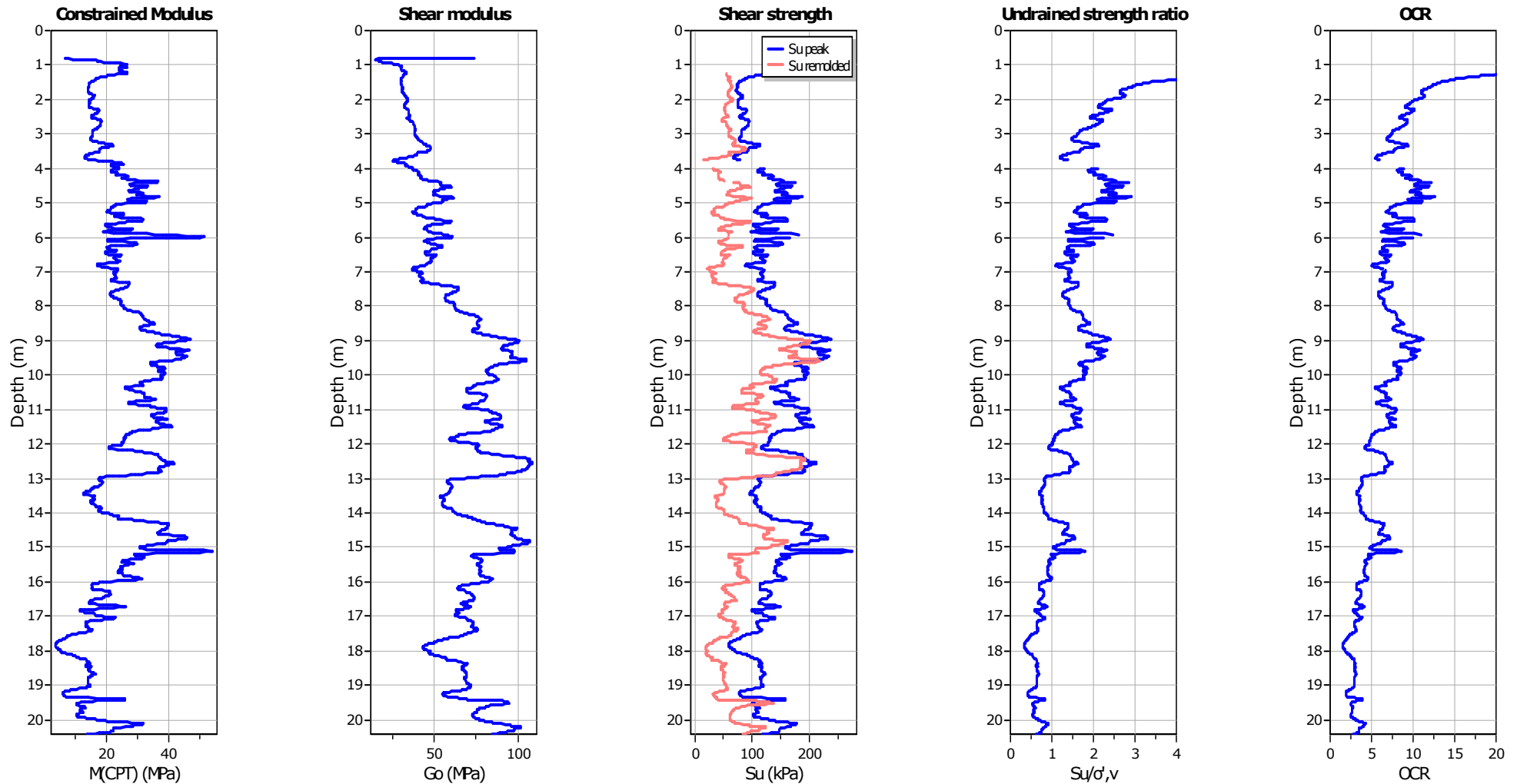
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

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

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)

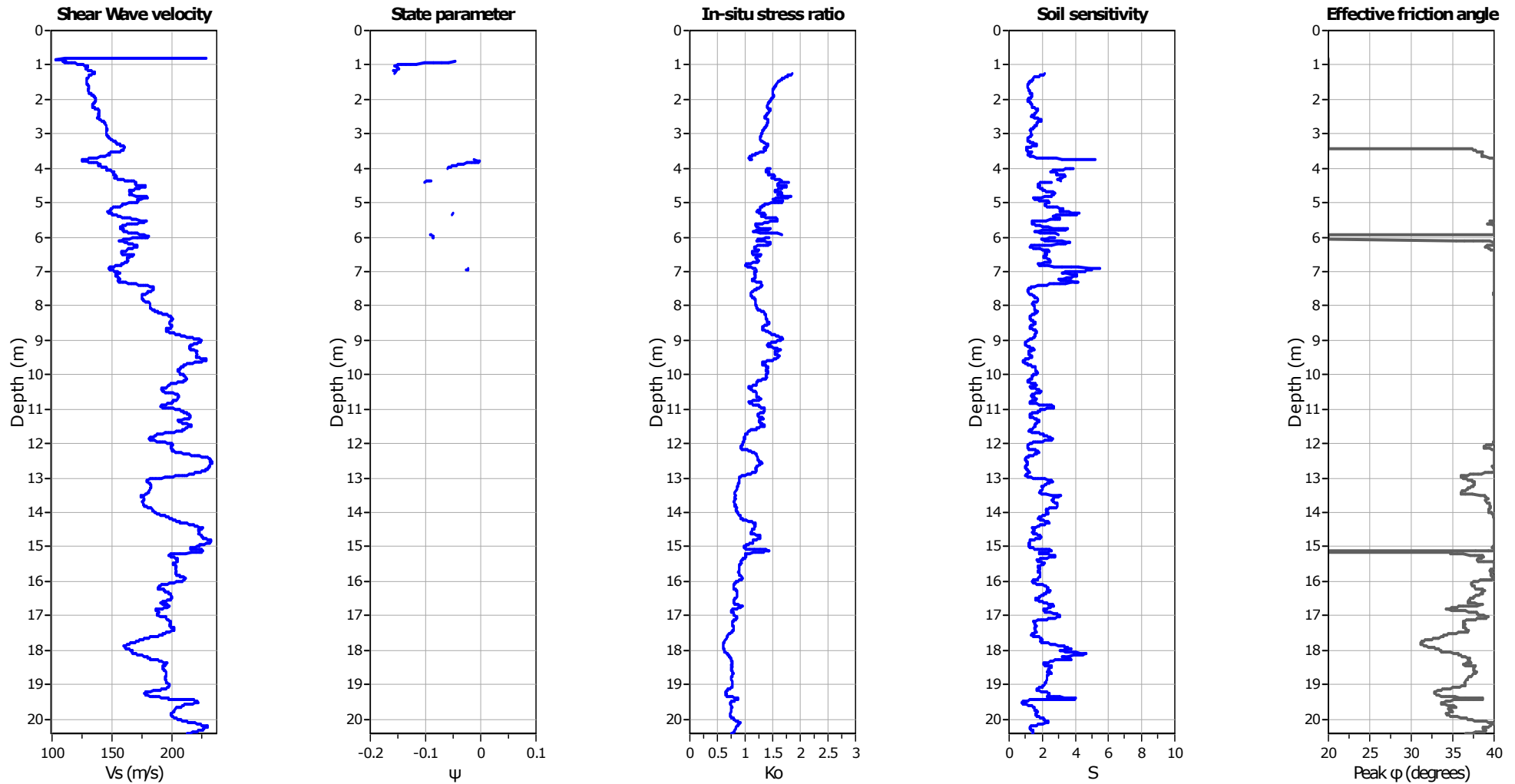
Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

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

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

Stratigrafie

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


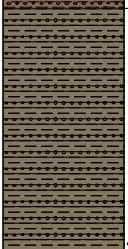

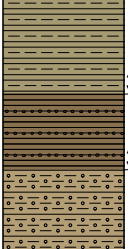
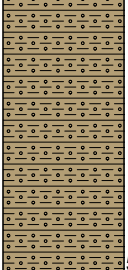
Sondaggio S1

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S1
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 04/09/2019
Coordinate: E:650717.368 m; N:496758.033 m; H:18.4 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :30

STRATIGRAFIA - S1

Pagina 1/1

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
1		0.1	0.1	Terreno vegetale di natura limo-argillosa con bioturbazioni di colore bruno scuro (Codice Munsell 10YR 4/3) friabile con inclusi di ghiaia aventi diametro Ø=0.50-4.00 cm.				<p>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice</p> <p>NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-3.60 m da p.c..</p>
				Limo argilloso con sabbia di colore bruno scuro (Codice Munsell 10YR 4/3) compatto con vegetali, calcinelli e inclusi di ghiaia aventi diametro Ø=0.50-1.00 cm. Presenza di un piccolissimo frammento di laterizio di dimensione 0.50 cm alla quota di D=-0.80 m da p.c..	4.8	0.9	C1) Dis < 0.30 1.00	
		1.0	0.9		5.8	1.2		
2				Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore nocciola-grigio scuro (Codice Munsell 5Y 4/3) molto compatta e secca con inclusi di ghiaia aventi diametro Ø=0.50-1.00 cm. Presenza di un piccolissimo frammento di laterizio di dimensione 0.50 cm alla quota di D=-1.60 m da p.c.. Dalla quota di D=-1.80 m da p.c. il terreno diventa umido.	6.0	0.6		
		2.0	1.0		3.5	1.0		
				Argilla limosa umida di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/2) con striature di colore giallo di natura limosa e di colore grigio, tracce nere di sostanza organica. A partire dalla profondità di D=-2.80 m da p.c. diventa argilla limosa debolmente sabbiosa con presenza di calcinelli alla quota compresa tra D=-3.20 m da p.c. e D=-3.40 m da p.c..	3.3	0.68		
3					2.7	0.4		
		3.3	1.3		3.2	1.0		
				Argilla debolmente sabbiosa di colore nocciola (Codice Munsell 2.5Y 4/3) con striature di colore grigio, molto umida con frequenti calcinelli.	4.8	0.7		
4		3.6	0.3					
				Limo debolmente sabbioso saturo di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con calcinelli, striature di colore grigio e giallo ocre e rari inclusi di ghiaia aventi diametro Ø=0.50-1.00 cm.	0.9	0.2		
5		5.0	1.4					

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S1 - 0.00/5.00 m da p.c.



Committente AIMAG S.p.A.	Località Fossoli di Carpi (MO), Via Valle n. 21	Data 04/09/2019	Sondaggio a carotaggio continuo	S1
		Coordinate E 650717.368 m N 4967588.033 m		

SONDAGGIO A CAROTAGGIO S1



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

Sondaggio S2

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S2
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 04/09/2019
Coordinate: E:650725.927 m; N:4967538.824 m; H:18.3 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :25

STRATIGRAFIA - S2

Pagina 1/1

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
		0.2	0.2	Terreno vegetale di natura limo-argillosa con bioturbazioni di colore bruno scuro (Codice Munsell 10YR 4/3) friabile.				Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-2.50 m da p.c..
				Argilla limosa molto compatta di colore nocciola scuro (Codice Munsell 2.5Y 4/2) con calcinelli e radici, striature di colore giallo e grigio.	3.1	1.7		
		0.8	0.6		2.0	0.8		
1				Argilla limosa debolmente sabbiosa compatta di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 2.5Y 5/3) con striature di colore giallo, tracce nere di sostanza organica con frequenti calcinelli alle quote comprese tra D=-1.70 m da p.c. e D=-2.30 m da p.c..	4.0	0.7		
					4.7	0.96		
2		2.3	1.5		3.4	0.88		
				Limo debolmente sabbioso saturo dalla profondità di D=-2.50 m da p.c. di colore nocciola (Codice Munsell 5Y 4/3) con rare striature di colore grigio.				
3								
4								
5		5.0	2.7					

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S2 - 0.00/5.00 m da p.c.



Committente AIMAG S.p.A.	Località Fossoli di Carpi (MO), Via Valle n. 21	Data 04/09/2019	Sondaggio a carotaggio continuo	S2
		Coordinate E 650725.927 m N 4967538.824 m		

SONDAGGIO A CAROTAGGIO S2



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

Sondaggio S3

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S3
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 04/09/2019
Coordinate: E:650747.897 m; N:4967525.808 m; H:18.1 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :30

STRATIGRAFIA - S3

Pagina 1/1

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
		0.3	0.3	Terreno vegetale di natura limo-argillosa con bioturbazioni di colore bruno scuro (Codice Munsell 10YR 4/3) friabile con piccoli frammenti di laterizi, legnetti e frammento di plastica.			C1) Dis < 0.20 1.00	<p>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice</p> <p>NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-3.45 m da p.c..</p>
1				Argilla limosa molto compatta di colore nocciola scuro (Codice Munsell 5Y 4/3) con calcinelli, striature di colore giallo ocra e un frammento di plastica.	4.3	1.0		
		1.2	0.9					
				Argilla limosa debolmente sabbiosa compatta di colore marrone (Codice Munsell 2.5Y 4/4) con striature di colore grigio e giallo ocra, più frequenti alle quote comprese tra D=-1.80 m da p.c. e D=-2.40 m da p.c.; presenza di calcinelli, frequenti alle profondità comprese tra D=-2.10 m da p.c. e D=-3.30 m da p.c..	2.5	0.66		
2								
					2.9	0.52		
					3.8	0.94		
					3.0	0.96		
3								
					4.3	1.04		
		3.3	2.1					
		3.5	0.2	Argilla limosa con sabbia di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 2.5Y 5/4).	4.3	0.94		
				Limo debolmente sabbioso saturo medio-fine di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 2.5Y 5/4), con striature di colore grigio e giallo ocra, più frequenti alle profondità comprese tra D=-4.60 m da p.c. e D=-5.40 m da p.c..				
4								
5								
		5.4	2.0					

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S3 - 0.00/5.40 m da p.c.



Committente AIMAG S.p.A.	Località Fossoli di Carpi (MO), Via Valle n. 21	Data 04/09/2019	Sondaggio a carotaggio continuo	S3
		Coordinate E 650747.897 m N 49675253808 m		

SONDAGGIO A CAROTAGGIO S3



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


Sondaggio S4

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S4
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 04/09/2019
Coordinate: E:650766.622 m; N:4967612.760 m; H:18.9 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :30

STRATIGRAFIA - S4

Pagina 1/1

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
		0.3	0.3	Terreno vegetale di natura limo-argillosa con bioturbazioni di colore bruno scuro (Codice Munsell 10YR 4/3).				<p>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice</p> <p>NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-4.30 m da p.c..</p>
1				Argilla limosa molto compatta di colore marrone scuro (Codice Munsell 5Y 3/2) con calcinelli e rare ghiaie avente diametro Ø=0.50 cm, rari frammenti di plastica, piccolissimi e rari frammenti di laterizi, tracce di tessuto non tessuto alla quota di D=-0.80 m da p.c..	6.0	1.4		
		1.1	0.9		2.2	0.76		
2				Argilla limosa umida compatta di colore nocciola-grigio (Codice Munsell 2.5Y 4/1), frammento di plastica alla quota di D=-1.40 m da p.c., tracce di tessuto non tessuto alla profondità di D=-1.55 m da p.c., calcinelli, stature di colore giallo.	1.8	0.58		
		2.8	1.7		2.5	0.54	C1) Dis < 2.00 2.75	
3				Argilla limosa di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 2.5Y 4/4) con striature di colore giallo ocre, tracce nere di sostanza organica, calcinelli frequenti dalla profondità di D=-3.50 m da p.c..	2.7	1.02		
					4.5	1.04		
4					4.0	0.68		
		4.3	1.6		3.4	0.94		
5				Argilla limosa debolmente sabbiosa satura fine di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 2.5Y 5/3), con striature di colore grigio e giallo ocre.	2.9	1.16		
		5.2	0.9		1.7	0.3		

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S4 - 0.00/5.20 m da p.c.



Committente AIMAG S.p.A.	Località Fossoli di Carpi (MO), Via Valle n. 21	Data 04/09/2019	Sondaggio a carotaggio continuo	S4
		Coordinate E 650766.622 m N 4967612.760 m		

SONDAGGIO A CAROTAGGIO S4



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

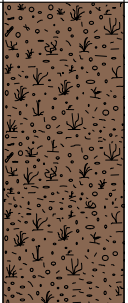

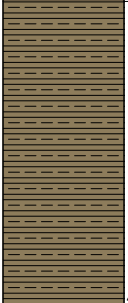

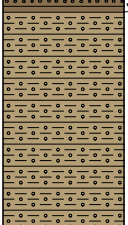
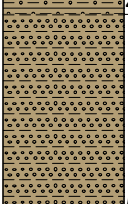
Sondaggio S5

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S5
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 04/09/2019
Coordinate: E: 650744.744 m; N:4967703.084 m; H:18.5 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :30

STRATIGRAFIA - S5

Pagina 1/1

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
1		1.2	1.2	Terreno vegetale di natura limo-argillosa con bioturbazioni di colore bruno scuro (Codice Munsell 10YR 4/3), frequenti frammenti di laterizi, frammenti di plastica con inclusi di ghiaia aventi diametro Ø=0.50-2.00 cm.				Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-4.50 m da p.c..
2		2.0	0.8	Argilla limosa compatta di colore marrone scuro (Codice Munsell 2.5Y 3/3), frammento di plastica alla quota di D=-1.30 m da p.c.. Dalla quota di D=-1.70 m da p.c. l'argilla diventa di colore più chiaro, umida e meno compatta, con striature di colore grigio e giallo ocra e piccoli calcinelli.	4.5	1.08	C1) Dis < 1.20 2.00	
3		3.3	1.3	Argilla limosa umida compatta di colore nocciola-grigio (Codice Munsell 5Y 4/2) con molte striature di colore giallo ocra e nere di sostanza organica, rari calcinelli e ghiaia avente diametro Ø=0.50 cm alle profondità comprese tra D=-2.55 m da p.c. e D=-2.65 m da p.c..	2.6	0.82		
4		3.6	0.3	Argilla debolmente sabbiosa umida di colore nocciola (Codice Munsell 2.5Y 4/3) con calcinelli e striature di colore grigio.	3.9	0.8		
5		4.5	0.9	Limo debolmente sabbioso saturo di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con frequenti striature di colore grigio e a tratti calcinelli.	3.0	0.68		
5		5.3	0.8	Limo debolmente sabbioso saturo fine di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio.	2.0	0.54		

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S5 - 0.00/5.30 m da p.c.



Committente AIMAG S.p.A.	Località Fossoli di Carpi (MO), Via Valle n. 21	Data 04/09/2019	Sondaggio a carotaggio continuo	S5
		Coordinate E 650744.744 m N 4967703.084 m		

SONDAGGIO A CAROTAGGIO S5



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

Sondaggio S6

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S6
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 04-05/09/2019
Coordinate: E:650776.434 m; N:4967650.300 m; H:18.9 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :55

STRATIGRAFIA - S6

Pagina 1/2

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
		0.6	0.6	Terreno vegetale di natura limo-argillosa con bioturbazioni di colore bruno scuro (Codice Munsell 10YR 4/3) friabile con inclusi di ghiaia aventi diametro Ø=0.50-4.00 cm.			C1) Dis < 0.30 1.00	<p>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice</p> <p>NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-5.00 m da p.c..</p>
1		1.3	0.7	Limo argilloso molto compatto di colore marrone scuro (Codice Munsell 2.5Y 3/2) con calcinelli, frammenti di plastica e rari inclusi di ghiaia aventi dimensione Ø=0.50-2.00 cm.	1.8	0.4		
					1.8	0.4		
2		2.2	0.9	Argilla limosa debolmente sabbiosa umida medio compatta di colore nocciola-grigio (Codice Munsell 5Y 4/3) con striature di colore grigio e giallo ocre, rari calcinelli bianchi e inclusi di ghiaia aventi diemnsione Ø=5.00 cm alla quota di circa D=-1.60 m da p.c..	1.8	0.4		
					2.5	0.4	A) She < 2.20 2.60	
3				Argilla limosa debolmente sabbiosa umida di colore nocciola (Codice Munsell 2.5Y 4/4).	2.5	0.4		
					3.5	0.6		
					3.5	0.6		
					3.5	0.6		
4		4.0	1.9	Argilla debolmente sabbiosa molto umida di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 2.5Y 5/3), tessitura fine poi medio-grossolana dalla profondità di D=-4.60 m da p.c.; presenza di striature di colore grigio.	4.2	0.4		
5		5.0	1.0	Limo argilloso debolmente sabbioso saturo di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 2.5Y 5/3) con striature di colore grigio e giallo ocre. La matrice argillosa è in aumento dalla quota di D=-7.90 m da p.c..	4.2	0.4	C2) Dis < 5.00 6.00	
6								
7								
8		8.2	3.2		2.0	0.36	C3) Dis < 8.20 9.20	
				Argilla limosa debolmente sabbiosa compatta leggermente umida di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY1 4/10Y) con striature di colore giallo e calcinelli a partire dalla profondità di D=-8.90 m da p.c..	3.4	0.64	B) She < 8.55 8.90	
9		9.0	0.8		3.7	0.8		
		9.4	0.4	Argilla limosa umida compatta di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY1 3/10Y).	2.4	0.66		
10				Limo debolmente sabbioso compatto di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/4) con striature di colore grigio e rari calcinelli.	4.4	1.24		
					6.0	0.9	C) She < 10.00 10.30	
					6.0	1.0		
11		10.8	1.4	Limo debolmente sabbioso di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/4) con striature di colore grigio.	5.2	0.82		
		11.0	0.3		3.5	0.66		

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S6
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 04-05/09/2019
Coordinate: E:650776.434 m; N:4967650.300 m; H:18.9 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :55

STRATIGRAFIA - S6

Pagina 2/2

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
12				Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/4), presenza di alcuni tratti più sabbiosi e saturi, consistenza medio-elevata; presenza di striature di colore grigio.	4.3	1.1		<p>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice</p> <p>NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-5.00 m da p.c..</p>
					2.8	0.64		
					4.5	1.4		
					4.0	1.0		
13					5.0	0.88		
					6.0	1.14		
		13.6	2.6					
		13.7	0.1					
14				Argilla limo-sabbiosa di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY1 3/10Y).	3.2	0.68		
					4.6	1.0		
		14.1	0.5					
				Argilla limosa debolmente sabbiosa umida e compatta di colore nocciola (Codice Munsell 5Y 5/4) con striture di colore grigio.	4.4	0.88		
		14.5	0.4					
				Argilla limosa debolmente sabbiosa più umida di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY1 3/10Y).	2.8	0.86		
15								
		15.0	0.4					
				Argilla limo-sabbiosa umida a media consistenza di colore nocciola-grigio (Codice Munsell 5Y 4/1).				
		15.4	0.4					
				Argilla limosa debolmente sabbiosa umida a scarsa consistenza di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/4) con striature di colore grigio.	4.9	0.9		
16					3.7	0.9		
				Alternanza di limo debolmente sabbioso e limo argilloso di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/4) a medio-elevata consistenza. Le zone più sabbiose si rilevano nei seguenti spessori: D=-15.40/-16.25 m da p.c., D=-16.50/-17.20 m da p.c. e D=-17.50/-17.80 m da p.c..	3.9	0.84		
					1.3	0.26		
17					2.0	0.42		
					1.0	0.4		
18					2.2	0.64		
				Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/4) con striature di colore grigio. Si rileva la presenza di una zona più sabbiosa alla profondità compresa tra D=-18.60 m da p.c. e D=-19.00 m da p.c..	3.5	0.9		
					1.3	0.4		
19					1.9	0.48		
		19.3	1.5					
				Argilla limosa debolmente sabbiosa saturata di colore grigio chiaro (Codice Munsell GLEY1 5/N) con tracce nere di sostanza organica.	2.0	0.6		
20					2.1	0.4		
					1.8	0.7		
		20.4	1.1					
		20.6	0.3	Torba.	3.7	0.7		

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S6 - 0.00/10.00 m da p.c.

S6 - da 0.00 a -5.00 m da p.c.



S6 - da -5.00 a -10.00 m da p.c.



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S6 - 10.00/20.60 m da p.c.

S6 - da -10.00 a -15.00 m da p.c.

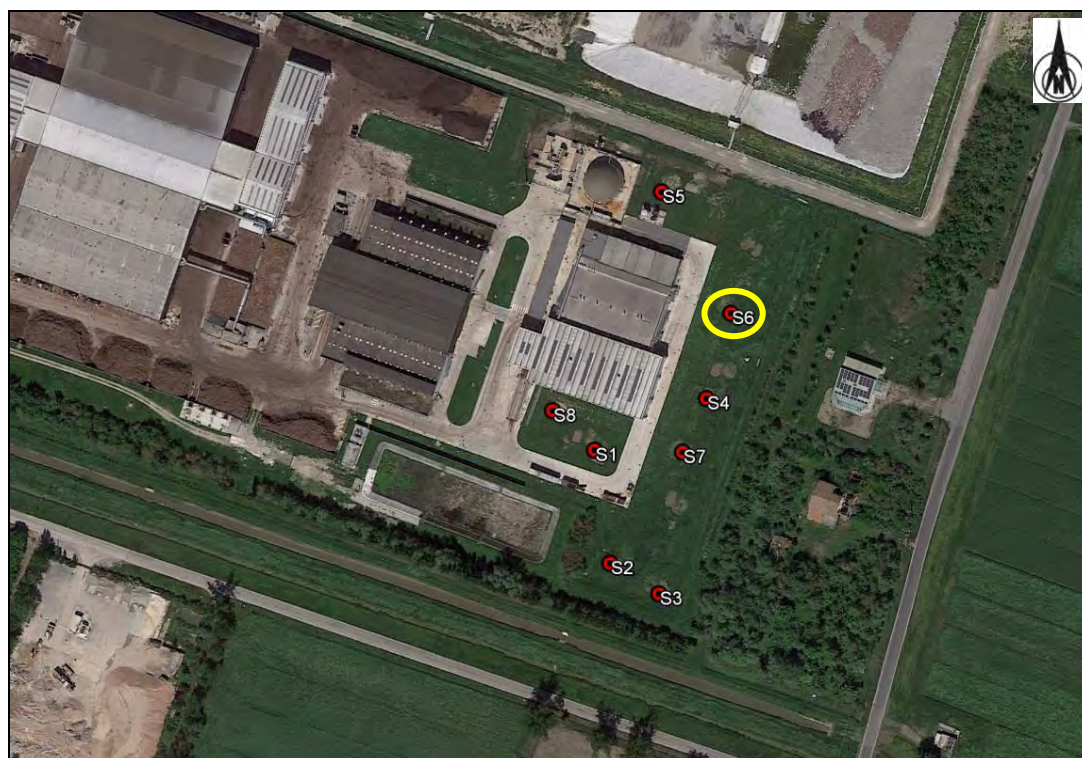


S6 - da -15.00 a -20.00 m da p.c.



Committente AIMAG S.p.A.	Località Fossoli di Carpi (MO), Via Valle n. 21	Data 04-05/09/2019	Sondaggio a carotaggio continuo	S6
		Coordinate E 650744.744 m N 4967703.084 m		

SONDAGGIO A CAROTAGGIO S6



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

Sondaggio S7

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S7
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 09/09/2019
Coordinate: E:650756.230 m; N:4967588.355 m; H:18.8 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :55

STRATIGRAFIA - S7

Pagina 1/2

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
1		0.2	0.2	Terreno vegetale di natura limo-argillosa con bioturbazioni di colore bruno scuro (Codice Munsell 10YR 4/3).				<p>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice</p> <p>NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-3.20 m da p.c..</p>
				Argilla limosa molto compatta di colore marrone scuro (Codice Munsell 2.5Y 3/2) con inclusi di ghiaia aventi dimensione Ø=0.50-2.00 cm e frustoli millimetrici di laterizio.	2.5	1.1		
					2.5	1.00		
					2.5	0.9		
		1.5	1.3		2.5	1.1		
2				Argilla limosa compatta umida di colore nocciola (Codice Munsell 2.5Y 4/3) con striature di colore grigio e ocra e calcinelli. Dalla profondità di D=-2.40 m da p.c. si rileva la presenza di tracce nere di sostanza organica e aumentano le striature di colore ocra fino alla quota di D=-2.70 m da p.c..	2.0	0.8		
					2.0	1.0		
					2.0	1.0		
					2.0	0.8		
3					2.5	1.1		
		3.2	1.8		2.5	1.2		
				Argilla debolmente sabbiosa satura a media consistenza di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 2.5Y 4/2) con striature di colore grigio e ocra sabbiose, rari calcinelli.	1.5	0.7		
4					1.0	0.6		
		3.9	0.6				C1) Dis < 3.50 4.50	
5				Limo debolmente sabbioso di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio di natura argillosa e ocra di natura sabbiosa; presenza di rari calcinelli.				<p>A) She < 6.00 6.30</p>
6								
7								
8								
		8.5	4.7		1.5	0.7		
9				Argilla limosa debolmente sabbiosa umida a media consistenza di colore nocciola (Codice Munsell 5Y 4/2) con striature di colore grigio.	2.0	0.8		
		9.0	0.5		2.0	1.0		
				Argilla limosa compatta di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY1 4/5GY) con striature di colore ocra.	2.0	1.1		
		9.5	0.4					
10				Argilla limosa compatta di colore grigio nerastro (Codice Munsell GLEY1 3/N) con striature di colore ocra.	2.7	0.9		
		10.2	0.7					
				Argilla limosa debolmente sabbiosa compatta di colore marrone (Codice Munsell 2.5Y 4/4) con frequenti striature di colore grigio.	5.0	1.0		
		10.7	0.5		6.0	1.2		
11				Argilla limosa umida di colore grigio nerastro (Codice Munsell GLEY1 3/N) con striature di colore nocciola.	3.9	1.1		

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S7
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 09/09/2019
Coordinate: E:650756.230 m; N:4967588.355 m; H:18.8 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :55

STRATIGRAFIA - S7

Pagina 2/2

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
				Argilla limosa umida di colore grigio nerastro (Codice Munsell GLEY1 3/N) con striature di colore nocciola.	1.7	1.3		<p>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice</p> <p>NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-3.20 m da p.c..</p>
12		11.8	1.2	Argilla limo-sabbiosa umida di colore nocciola (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore nerastro alle quote di D=-12.00/-12.40 m da p.c. e D=-12.85 m da p.c..	4.3	0.7		
					2.2	1.1		
13					1.8	0.8		
					3.5	1.3		
					5.0	1.2		
14		13.7	1.9	Argilla limosa con tracce di sabbia compatta di colore nerastro (Codice Munsell GLEY1 3/5GY).	2.7	0.6	B) She < 13.70 14.00	
		14.3	0.6	Argilla limosa con tracce di sabbia umida compatta di colore nocciola (Codice Munsell 5Y 4/2).	3.0	1.1		
15		15.0	0.8	Argilla limosa con tracce di sabbia di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio e rari calcinelli. Dalla profondità di D=-15.80 m da p.c. aumenta molto la frazione sabbiosa.	2.5	0.8		
					2.9	0.8	C) She < 15.00 15.30	
16					4.9	1.1		
					4.0	1.1		
					2.8	0.8		
					3.0	0.9		
17		17.0	2.0	Limo debolmente sabbioso di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio.	3.0	0.8		
		17.2	0.3	Argilla limo-sabbiosa di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio.	0.9	0.5		
		17.6	0.4	Limo debolmente sabbioso di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio.	1.5	0.5		
18		17.8	0.2	Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3).	1.0	0.3		
		18.0	0.2	Argilla limosa con tracce di sabbia di colore grigio (Codice Munsell GLEY1 4/10Y).	3.9	0.1		
		18.3	0.3		2.1	0.8		
19		18.7	0.4	Limo argilloso debolmente sabbioso saturo di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio.	1.0	0.2		
				Argilla debolmente sabbiosa saturo di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio.	1.8	0.7		
		19.4	0.7		2.5	1.0		
20				Argilla limo-sabbiosa plastica di colore nocciola (Codice Munsell 5Y 5/2) con striature di colore grigio e ocra.	2.5	1.0		
		20.0	0.6	Argilla limo-sabbiosa umida di colore grigio (Codice Munsell GLEY1 5/5GY) con calcinelli e tracce di torba, con colore più scuro dalla quota di D=-2.25 m da p.c..	2.2	0.7		
		20.4	0.4		3.8	1.0		
		20.6	0.2	Torba con tracce in fondo di limo-argilloso di colore grigio chiaro.	4.6	1.7		
					6.0	1.1		

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S7 - 0.00/10.00 m da p.c.

S7 - da 0.00 a -5.00 m da p.c.



S7 - da -5.00 a -10.00 m da p.c.



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S7 - 10.00/20.60 m da p.c.

S7 - da -10.00 a -15.00 m da p.c.



S7 - da -15.00 a -20.00 m da p.c.



Committente AIMAG S.p.A.	Località Fossoli di Carpi (MO), Via Valle n. 21	Data 09/09/2019	Sondaggio a carotaggio continuo	S7
		Coordinate E 650756.230 m N 4967588.355 m		

SONDAGGIO A CAROTAGGIO S7



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

Sondaggio S8

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S8
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 10/09/2019
Coordinate: E:650698.992 m; N:4967605.966 m; H:18.4 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :55

STRATIGRAFIA - S8

Pagina 1/2

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
		0.3	0.3	Terreno vegetale di natura limo-argillosa con bioturbazioni di colore bruno scuro (Codice Munsell 10YR 4/3).				<p>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice</p> <p>NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-3.50 m da p.c..</p>
1		1.0	0.7	Argilla limosa molto compatta di colore marrone scuro (Codice Munsell 2.5Y 3/2) con inclusi di ghiaia aventi dimensione Ø=0.50-3.00 cm.	6.0	1.8		
				Limo argilloso debolmente sabbioso compatto di colore nocciola (Codice Munsell 2.5Y 4/4) con inclusi di ghiaia aventi dimensione Ø=0.50-3.00 cm fino alla profondità di D=-1.20 m da p.c. e presenza di un laterizio rosso alla quota di D=-1.30 m da p.c..	2.9	0.2		
2		2.0	1.0		6.0	1.8		
		2.6	0.6	Argilla limosa compatta di colore grigio-nocciola (Codice Munsell 5Y 4/2) con striature nere organiche e inclusi di ghiaia aventi dimensione Ø=0.50-1.00 cm.	2.7	1.1		
3		3.0	0.5	Argilla limosa compatta umida di colore nocciola (Codice Munsell 2.5Y 4/4) con striature nere organiche e ocre di natura sabbiosa.	3.4	1.2		
		3.5	0.5	Argilla limosa compatta di colore nocciola (Codice Munsell 5Y 4/4) con striature di colore grigio e molti calcinelli.	3.9	1.1		
4				Limo argilloso debolmente sabbioso saturo di colore nocciola (Codice Munsell 5Y 4/4) con striature di colore grigio, tracce nere di sostanza organica, calcinelli e inclusi di ghiaia aventi dimensione Ø=0.50-3.00 cm.	4.7	1.0		
					0.8	0.2		
5					1.0	0.4		
					0.8	0.3	A) She < 4.60 5.00	
		5.5	2.0		1.1	0.2		
6				Argilla sabbiosa saturo di colore nocciola chiaro-ocra (Codice Munsell 2.5Y 5/6) con striature di colore grigio.	0.9	0.2		
		6.4	0.9		1.2	0.2		
7				Argilla sabbiosa di colore nocciola (Codice Munsell 2.5Y 5/4) con striature di colore grigio, striature ocre di natura sabbiosa e tracce nere di sostanza organica.	1.0	0.2		
		7.0	0.7		1.4	0.6		
8				Argilla limosa umida di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 2.5Y 5/3) con tracce nere di sostanza organica e striature di colore grigio. Lente sabbiosa falla quota di D=-7.00 m da p.c. a D=-7.20 m da p.c..	4.0	1.3		
		8.3	1.3		2.7	0.9		
9				Limo argilloso molto compatto di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY1 3/10Y) con calcinelli e colorazione nocciola chiaro da D=-8.60 m da p.c. a D=-8.80 m da p.c..	3.0	1.0		
		9.0	0.6		4.5	1.5		
10				Argilla limosa con tracce di sabbia compatta umida di colore nocciola ocre (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio e livelli sabbiosi alla quota compresa tra D=-9.75 m da p.c. e D=-9.95 m da p.c.. Presenza di zona di natura argillosa di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY 3/10Y) da D=-10.20 m da p.c. a D=-10.40 m da p.c., da D=-10.50 m da p.c. a D=-10.60 m da p.c. e da D=-11.40 m da p.c. a D=-11.70 m da p.c..	3.6	0.9		
					4.6	1.3		
					4.5	1.3		
					2.7	0.9		
					4.3	1.3		
11					2.6	0.8		

Committente: AIMAG S.p.A.	Sondaggio: S8
Riferimento: Via Valle n. 21, località di Fossoli, Comune di Carpi (MO)	Data: 10/09/2019
Coordinate: E:650698.992 m; N:4967605.966 m; H:18.4 m	Quota: piano campagna
Perforazione: Sondaggio meccanico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :55

STRATIGRAFIA - S8

Pagina 2/2

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	DATI TECNICI
12		11.7	2.8	Argilla limosa con tracce di sabbia compatta umida di colore nocciola ocra (Codice Munsell 5Y 5/3) con striature di colore grigio e livelli sabbiosi alla quota compresa tra D=-9.75 m da p.c. e D=-9.95 m da p.c.. Presenza di zona di natura argillosa di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY 3/10Y) da D=-10.20 m da p.c. a D=-10.40 m da p.c., da D=-10.50 m da p.c. a D=-10.60 m da p.c. e da D=-11.40 m da p.c. a D=-11.70 m da p.c..	4.1	1.3	B) She < 12.60 13.00	Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con sonda idraulica, con carotiere semplice NOTE: - Falda freatica a partire dalla profondità di D=-3.50 m da p.c..
		11.9	0.2		2.0	0.4		
				Limo debolmente sabbioso di colore grigio (Codice Munsell GLEY1 4/5GY).	3.3	0.8		
					2.5	1.2		
13				Argilla limosa compatta umida di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 4/2) con striature di colore grigio-azzurro e ocra e tracce sabbiose tra D=-12.25 m da p.c. e D=-12.45 m da p.c. e tra D=-13.00 m da p.c. e D=-13.20 m da p.c..	4.0	1.4		
		13.4	1.5		2.2	0.8		
				Argilla limosa debolmente sabbiosa umida di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY1 3/10Y).	1.7	0.8		
		13.9	0.5		1.5	0.6		
14				Argilla limosa debolmente sabbiosa umida di colore grigio chiaro (Codice Munsell GLEY1 4/10Y).	2.2	0.9		
		14.3	0.4					
15				Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/4) con striature di colore grigio e livelli di natura sabbiosa alle quote di D=-14.70 m da p.c. e D=-14.90 m da p.c..	3.2	0.9	C) She < 18.00 18.35	
		15.3	1.0		4.1	1.2		
					3.4	0.8		
16				Argilla debolmente sabbiosa satura di colore nocciola chiaro (Codice Munsell 5Y 5/4) con striature di colore grigio e ocra di natura sabbiosa. Si rilevano livelli di natura prevalentemente sabbiosa alle quote comprese tra D=-15.50 m da p.c. e D=-15.70 m da p.c., tra D=16.00 m da p.c. e D=-16.50 m da p.c. e tra D=-17.00 m da p.c. e D=-17.30 m da p.c..	3.9	1.0		
					1.0	0.2		
					1.1	0.2		
17					1.7	0.5		
					1.0	0.2		
		17.5	2.2		2.9	0.7		
18				Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore grigio scuro (Codice Munsell GLEY1 4/10Y) fino alla profondità di D=-18.00 m da p.c. poi grigio chiaro (GLEY1 5/N), con livelli sabbiosi da D=-18.10 m da p.c. a D=-18.30 m da p.c. e da D=-18.90 m da p.c. a D=-19.00 m da p.c.. Tracce nere organiche a D=-18.90 m da p.c. e D=-19.20 m da p.c.. Presenza di torba alle quote comprese tra D=-19.40 m da p.c. e D=-19.70 m da p.c..	2.3	0.8		
					1.9	0.4		
					2.3	0.8		
19					1.9	0.4		
					2.2	0.8		
					2.3	0.8		
20		19.9	2.4	Torba.	1.7	0.6		
		20.0	0.1					

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S8 - 0.00/10.00 m da p.c.

S8 - da 0.00 a -5.00 m da p.c.



S8 - da -5.00 a -10.00 m da p.c.



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Stratigrafia - S8 - 10.00/20.00 m da p.c.

S8 - da -10.00 a -15.00 m da p.c.



S8 - da -15.00 a -20.00 m da p.c.



Committente AIMAG S.p.A.	Località Fossoli di Carpi (MO), Via Valle n. 21	Data 10/09/2019	Sondaggio a carotaggio continuo	S8
		Coordinate E 650698.992 m N 4967605.966 m		

SONDAGGIO A CAROTAGGIO S8



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

Indagini sismiche

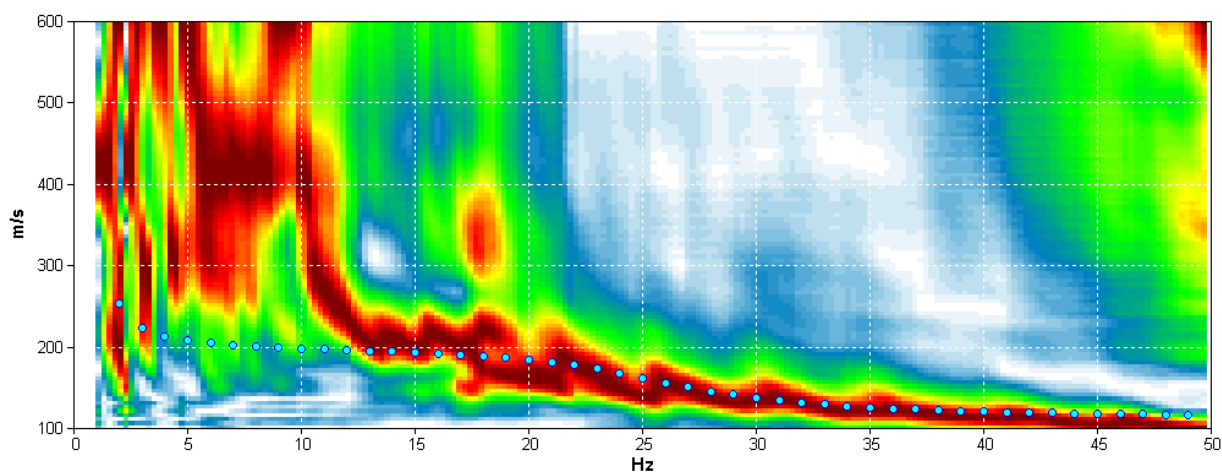
FOSSOLI, MASW

Start recording: 04/09/19 09:15:30 End recording: 04/09/19 09:15:32
Trace length: 0h00'02". Analyzed 100% trace (manual window selection)
Sampling rate: 4000 Hz

Channel labels: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ;
CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12 ; CH13 ; CH14 ; CH15 ; CH16
; CH17 ; CH18 ; CH19 ; CH20 ; CH21 ; CH22 ; CH23

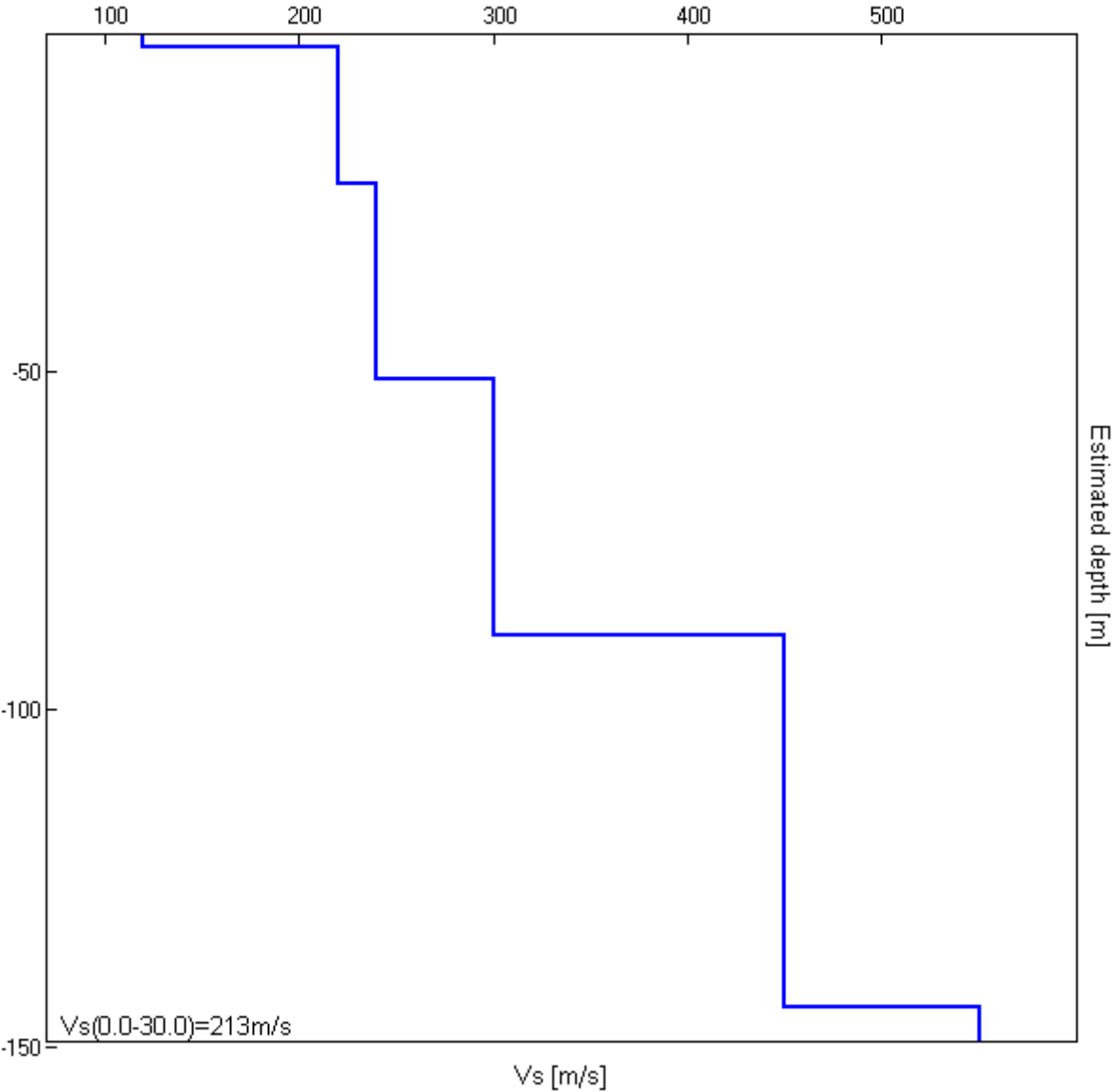
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
38.0 40.0 42.0 44.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	120	0.45
22.00	20.00	220	0.45
51.00	29.00	240	0.45
89.00	38.00	300	0.45
144.00	55.00	450	0.45
inf.	inf.	550	0.45

Vs(0.0-30.0)=213m/s



FOSSOLI AIMAG

Instrument: TE3-0303/01-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 04/09/19 09:18:15 End recording: 04/09/19 09:38:15

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 100% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

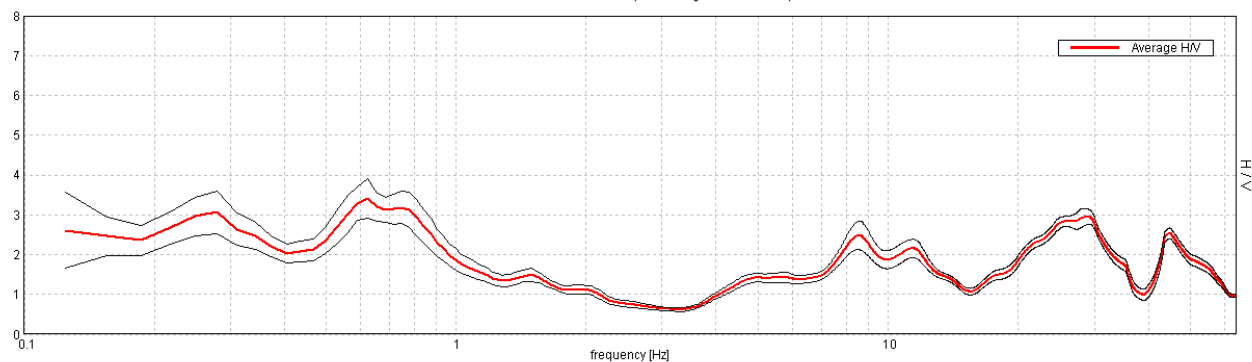
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

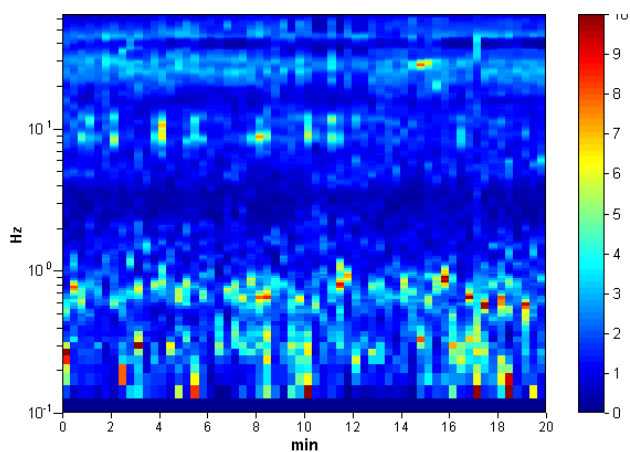
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

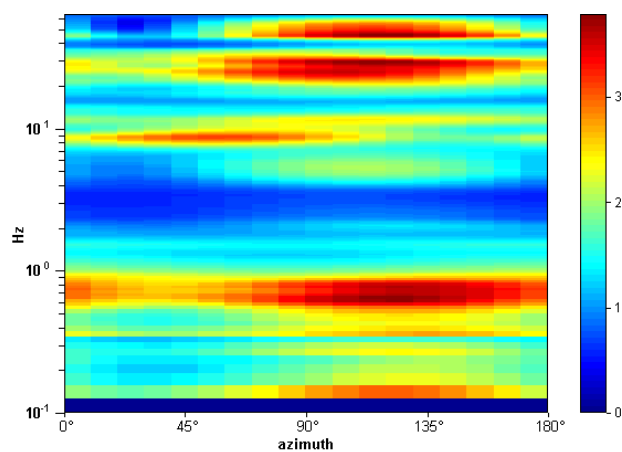
Max. H/V at 0.63 ± 0.12 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).



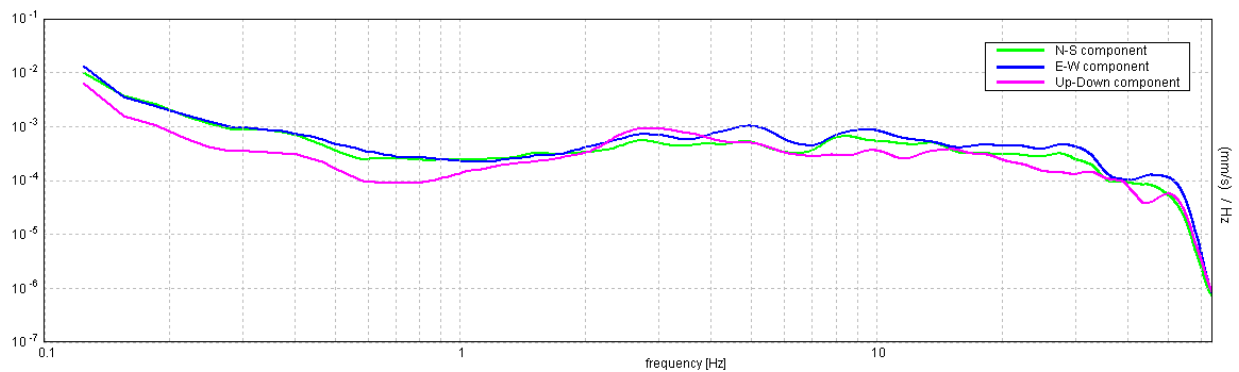
H/V TIME HISTORY



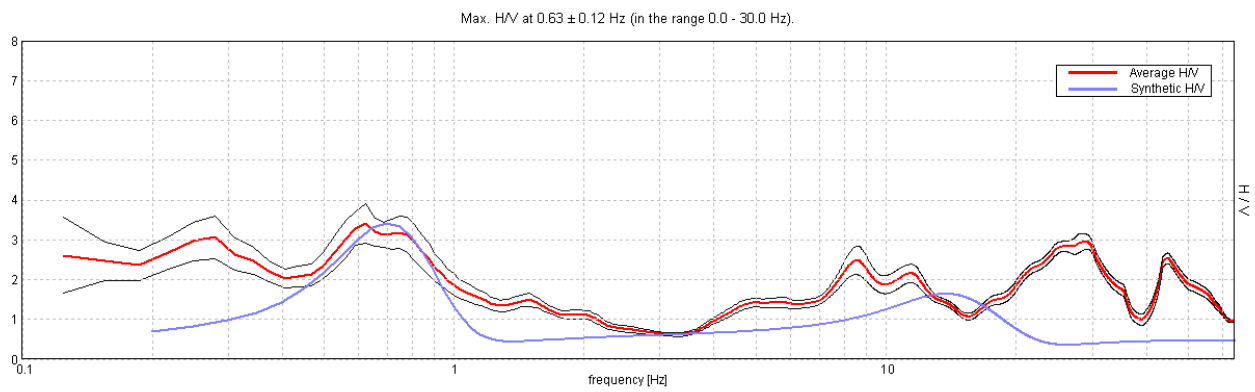
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

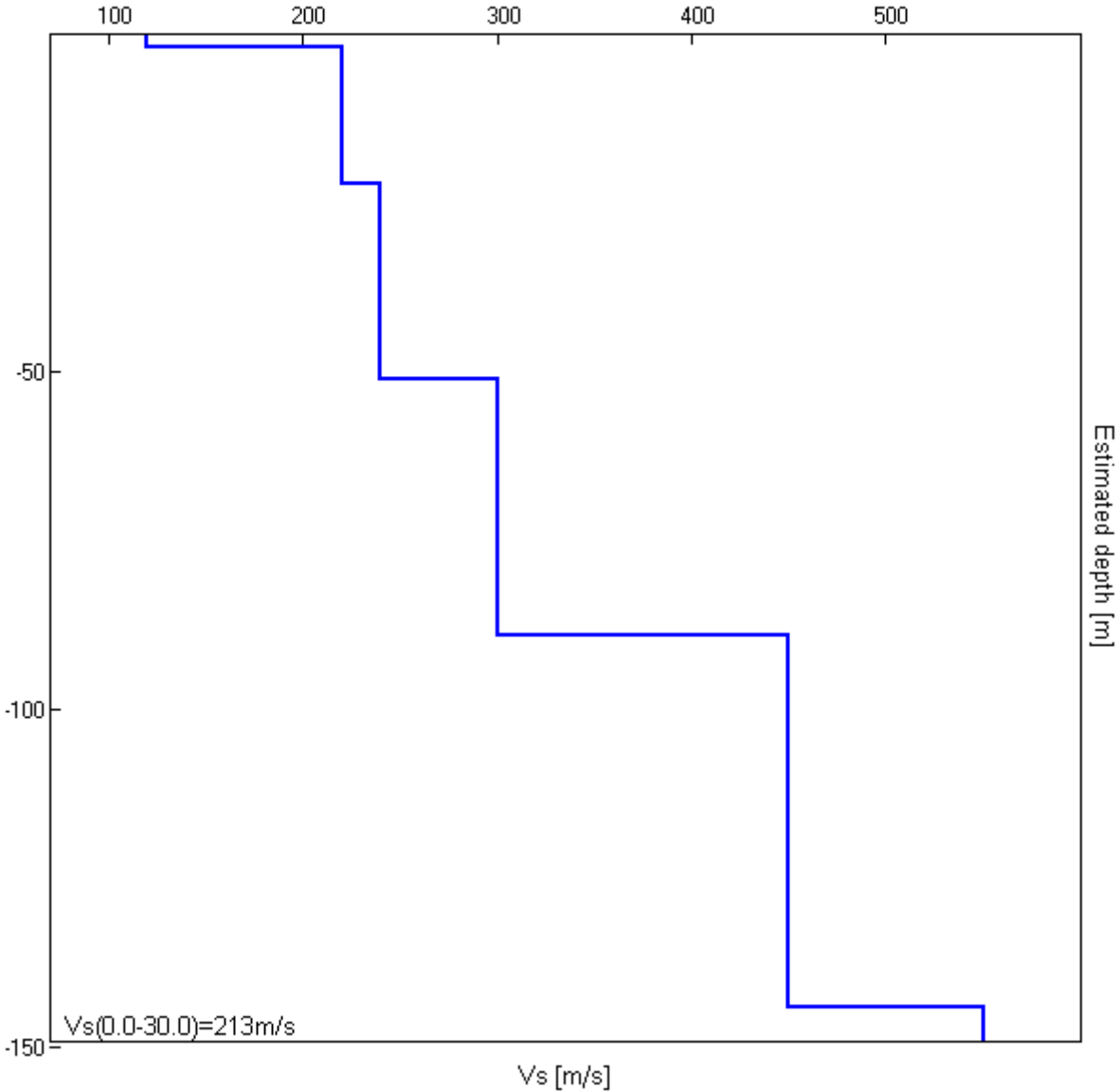


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	120	0.42
22.00	20.00	220	0.42
51.00	29.00	240	0.42
89.00	38.00	300	0.42
144.00	55.00	450	0.42
inf.	inf.	550	0.42

Vs(0.0-30.0)=213m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.63 ± 0.12 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$750.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.41 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18753 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.1172 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5073 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

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° 4

Indagini di laboratorio geotecnico

RAPPORTO DI PROVA N°: R08540	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 17/09/19	Inizio analisi: 06/09/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 06/09/19	Fine analisi: 17/09/19

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21
SONDAGGIO: 6 CAMPIONE: A PROFONDITA': m 2.20 - 2.60

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 98,0 kPa		Pressione 196,1 kPa		Pressione 392,3 kPa		Pressione 784,5 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,10	24,1	0,10	48,0	0,10	70,8	0,10	135,2
0,25	27,9	0,25	48,0	0,25	82,0	0,25	138,4
0,40	27,9	0,40	49,8	0,40	82,0	0,40	138,4
0,50	28,4	0,50	49,8	0,50	83,5	0,50	140,8
1,00	29,0	1,00	51,6	1,00	85,3	1,00	143,7
2,00	29,8	2,00	53,8	2,00	87,9	2,00	147,4
4,00	30,8	4,00	55,7	4,00	91,3	4,00	152,0
8,00	31,8	8,00	57,7	8,00	94,4	8,00	157,8
15,00	32,8	15,00	59,7	15,00	97,8	15,00	163,8
30,00	34,1	30,00	61,9	30,00	102,5	30,00	171,7
60,00	35,5	60,00	64,1	60,00	107,9	60,00	179,7
120,00	36,8	120,00	66,1	120,00	112,3	120,00	186,2
240,00	38,0	240,00	67,6	240,00	116,1	240,00	190,9
480,00	39,0	480,00	69,0	480,00	119,0	480,00	194,6
960,00	40,1	960,00	70,1	960,00	121,6	960,00	197,7
1440,00	40,6	1440,00	70,8	1440,00	123,1	1440,00	199,5

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100

COMMITTENTE:	Geo Group srl		
RIFERIMENTO:	Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21		
SONDAGGIO:	6	CAMPIONE:	A
		PROFONDITA': m	2.20 - 2.60

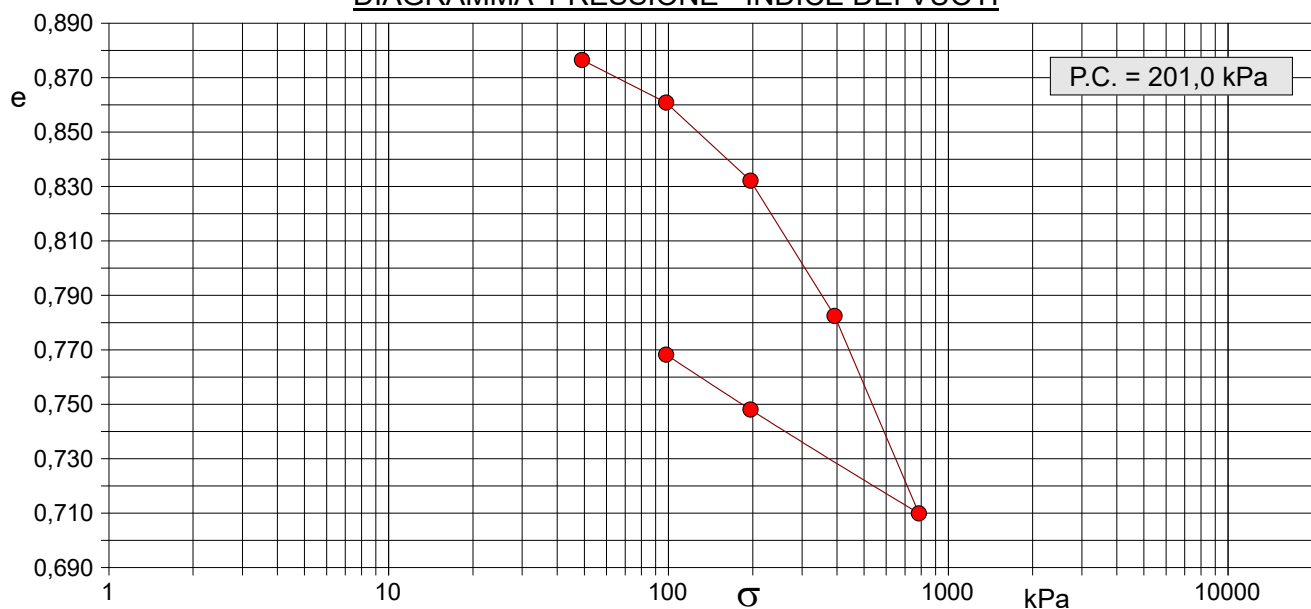
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

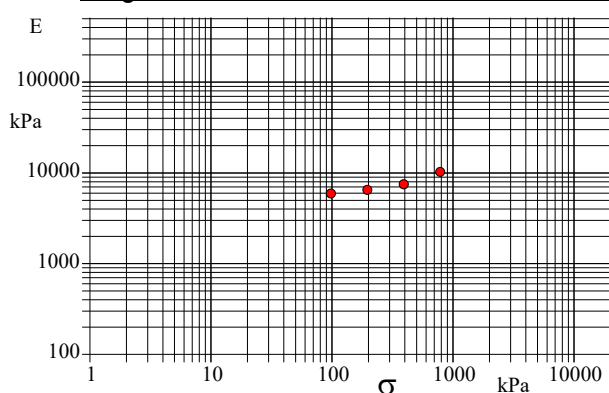
Peso di volume (kN/m ³)	18,33	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,90
Umidità (%)	31,2	Volume provino (cm ³)	39,27	Porosità (%)	47,35
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm ³)	18,59	Saturazione (%)	93,8

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
49,0	24,1	0,876	0,052	5935	0,000028	4,67E-10
98,0	40,6	0,861				
196,1	70,8	0,832				
392,3	123,1	0,782				
784,5	199,5	0,710				
196,1	159,3	0,748	0,241	10269	0,000188	1,79E-09
98,1	138,1	0,768				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21			
SONDAGGIO: 6	CAMPIONE: B	PROFONDITA': m	8.55 - 8.90

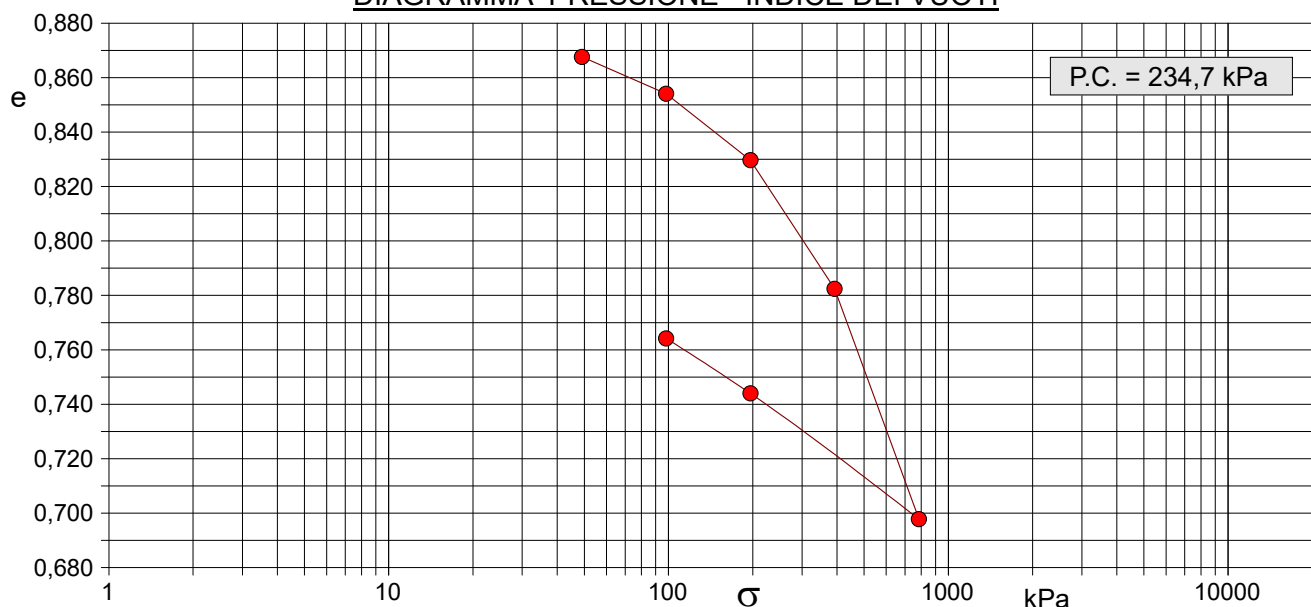
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

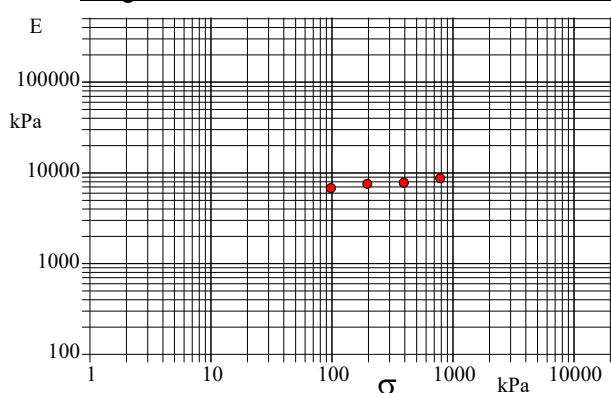
Peso di volume (kN/m³)	18,87	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,88
Umidità (%)	33,8	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	46,87
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm³)	18,41	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,0	15,4	0,868				
98,0	29,8	0,854	0,045	6801	0,000363	5,24E-09
196,1	55,8	0,830	0,081	7563	0,000085	1,10E-09
392,3	106,0	0,782	0,157	7812	0,000069	8,65E-10
784,5	195,9	0,698	0,281	8723	0,000059	6,68E-10
196,1	146,8	0,744				
98,1	125,3	0,764				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21			
SONDAGGIO: 6	CAMPIONE: C	PROFONDITA': m	10.00 - 10.30

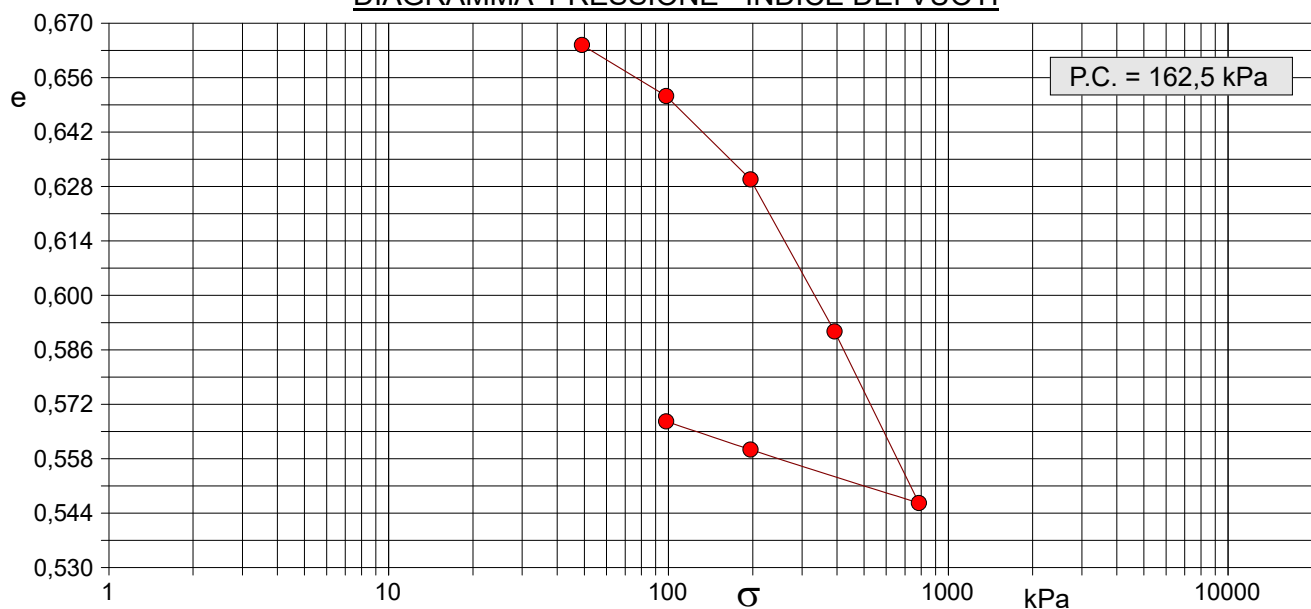
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

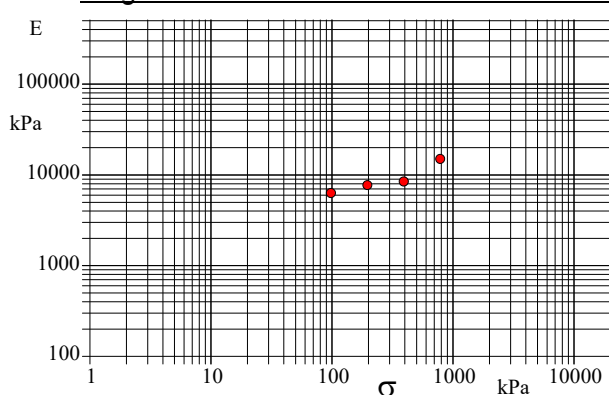
Peso di volume (kN/m³)	19,23	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,69
Umidità (%)	22,2	Volume provino (cm³)	40,01	Porosità (%)	40,74
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm³)	16,30	Saturazione (%)	87,5

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,0	27,3	0,664				
98,0	42,8	0,651	0,043	6318	0,001314	2,04E-08
196,1	68,2	0,630	0,071	7717	0,002081	2,64E-08
392,3	114,6	0,591	0,130	8460	0,002522	2,92E-08
784,5	166,9	0,547	0,147	15001	0,001886	1,23E-08
1569,0	150,6	0,560				
3138,0	142,0	0,544				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21			
SONDAGGIO: 7	CAMPIONE: A	PROFONDITA': m	6.00 - 6.30

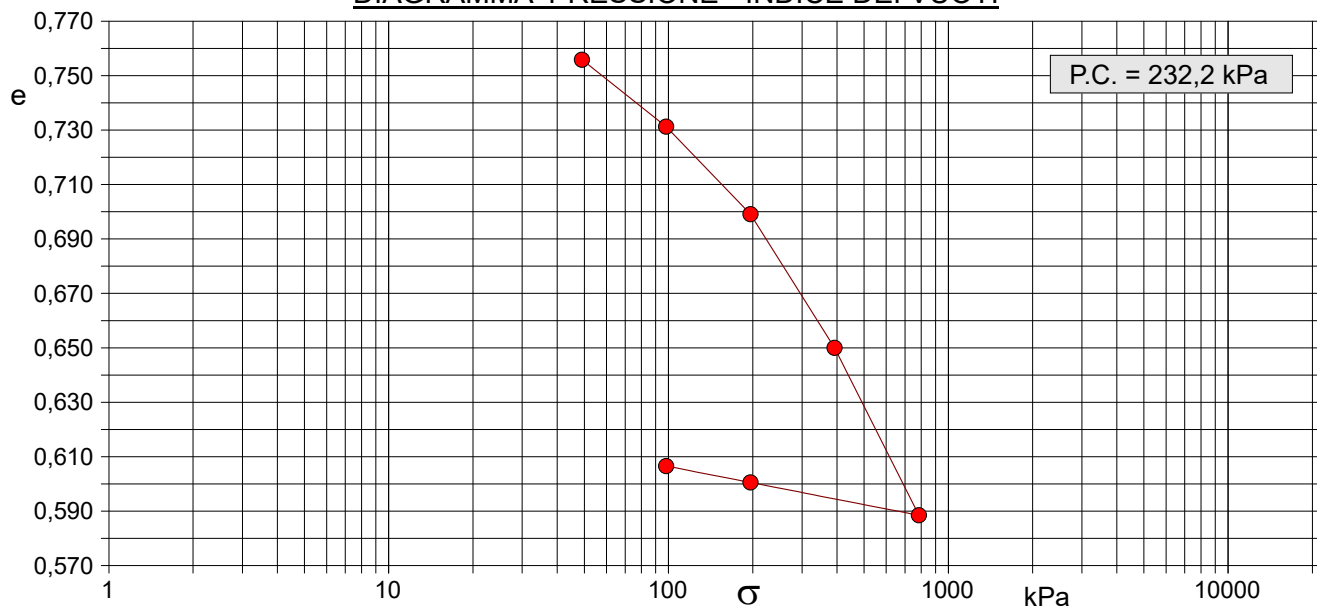
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

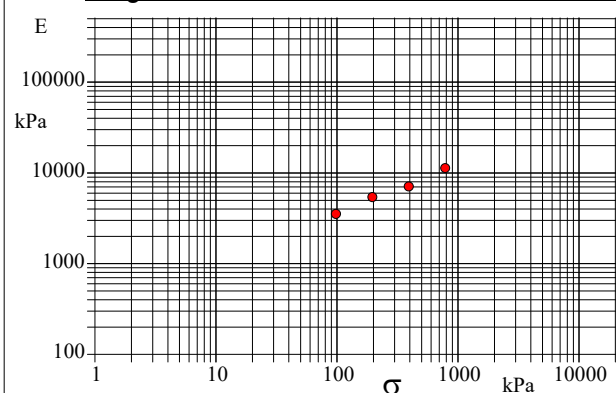
Peso di volume (kN/m³)	18,77	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,78
Umidità (%)	25,6	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	43,69
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm³)	17,16	Saturazione (%)	89,2

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,0	22,7	0,756	0,082	3540	0,000523	1,45E-08
98,1	50,4	0,731		5418	0,007668	1,39E-07
196,1	86,6	0,699		7093	0,008101	1,12E-07
392,3	141,9	0,650		11321	0,003022	2,62E-08
784,5	211,2	0,588				
196,1	197,6	0,601	0,204			
98,1	190,8	0,607				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21			
SONDAGGIO: 7	CAMPIONE: B	PROFONDITA': m	13.70 - 14.00

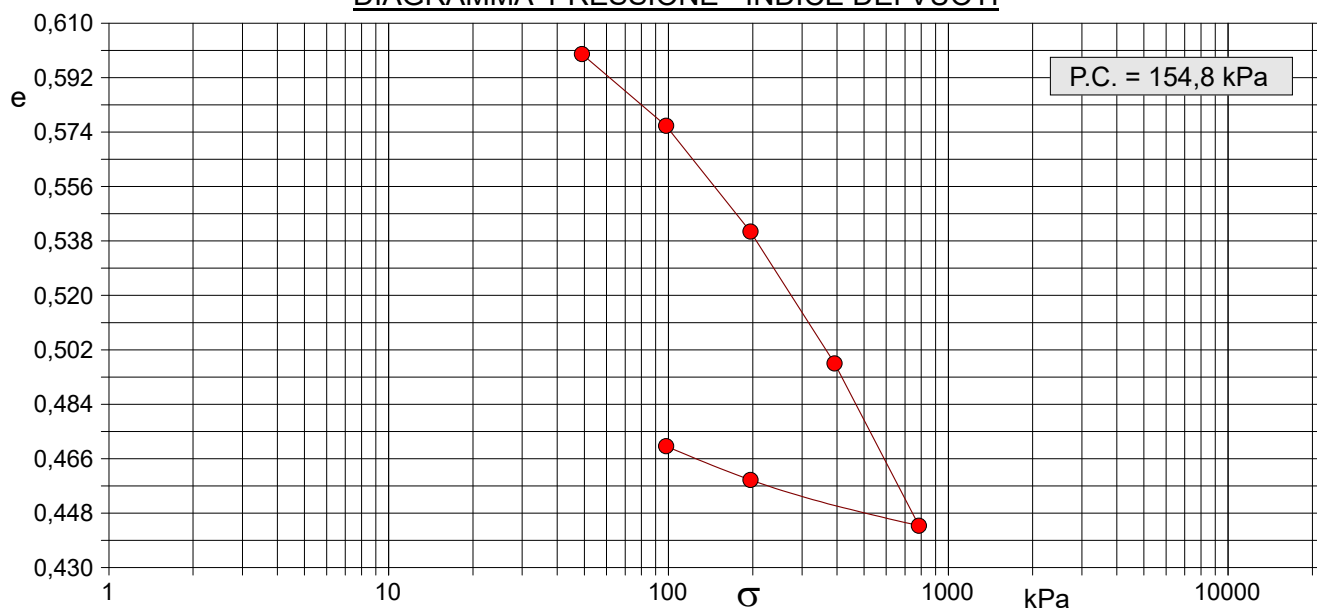
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

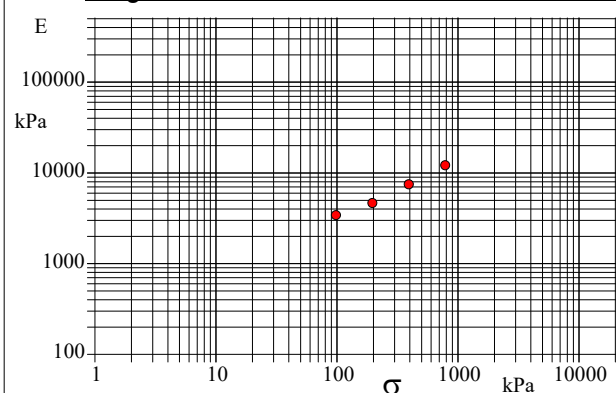
Peso di volume (kN/m³)	19,67	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,66
Umidità (%)	23,1	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	39,81
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm³)	15,64	Saturazione (%)	94,7

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,0	74,3	0,600				
98,1	102,9	0,576	0,079	3429	0,000482	1,38E-08
196,1	145,0	0,541	0,116	4659	0,000508	1,07E-08
392,3	197,4	0,498	0,145	7486	0,000596	7,81E-09
784,5	262,0	0,444	0,178	12144	0,000576	4,66E-09
196,1	243,8	0,459				
98,1	230,4	0,470				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21			
SONDAGGIO: 7	CAMPIONE: C	PROFONDITA': m	15.00 - 15.30

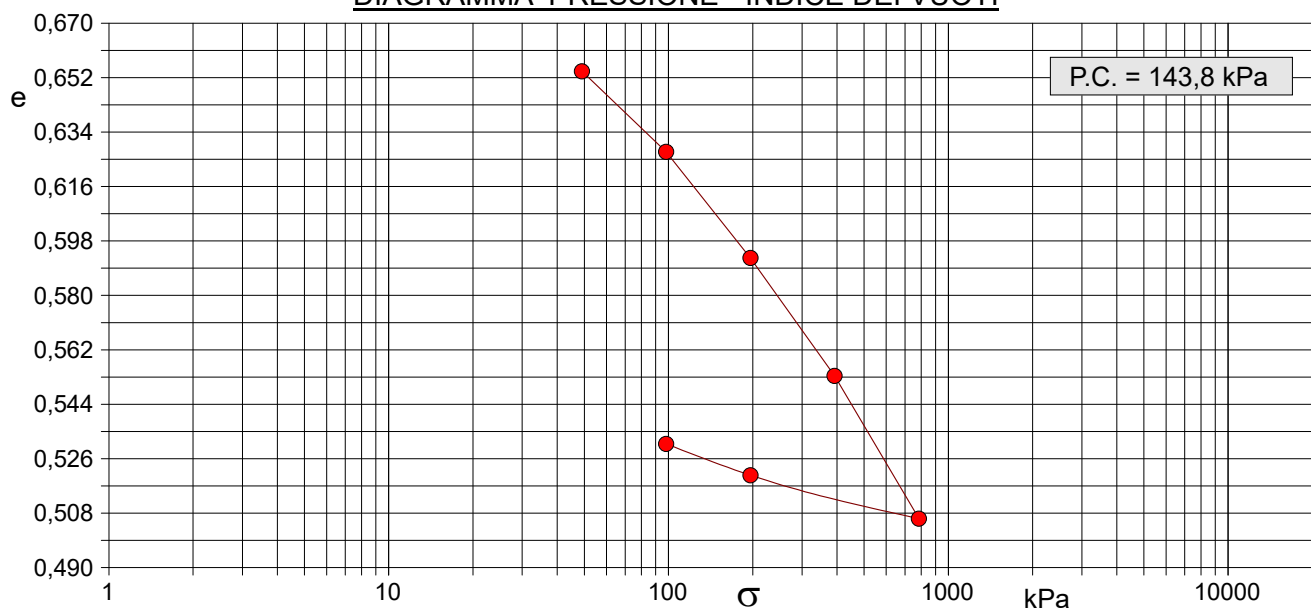
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

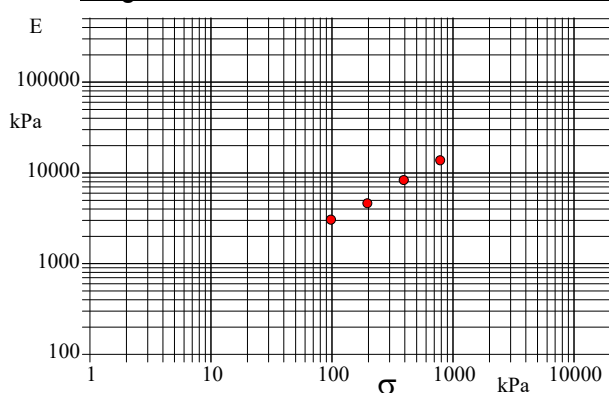
Peso di volume (kN/m ³)	19,23	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,66
Umidità (%)	20,2	Volume provino (cm ³)	39,65	Porosità (%)	39,73
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm ³)	15,75	Saturazione (%)	82,8

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
49,0	6,0	0,654				
98,1	38,1	0,627	0,088	3055	0,002230	7,16E-08
196,1	80,4	0,592	0,117	4637	0,004677	9,89E-08
392,3	127,4	0,553	0,130	8346	0,001531	1,80E-08
784,5	184,3	0,506	0,157	13788	0,001343	9,55E-09
196,1	167,0	0,521				
98,1	154,5	0,531				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



RAPPORTO DI PROVA N°: R08551	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 20/09/19	Inizio analisi: 11/09/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 17/09/19	Fine analisi: 20/09/19

COMMITTENTE: Geo Group srl				
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21				
SONDAGGIO: 8	CAMPIONE: A	PROFONDITA': m	4.60 - 5.00	

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

[illegible][illegible]

COMMITTENTE: Geo Group srl				
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21				
SONDAGGIO: 8		CAMPIONE: A		PROFONDITA': m 4.60 - 5.00

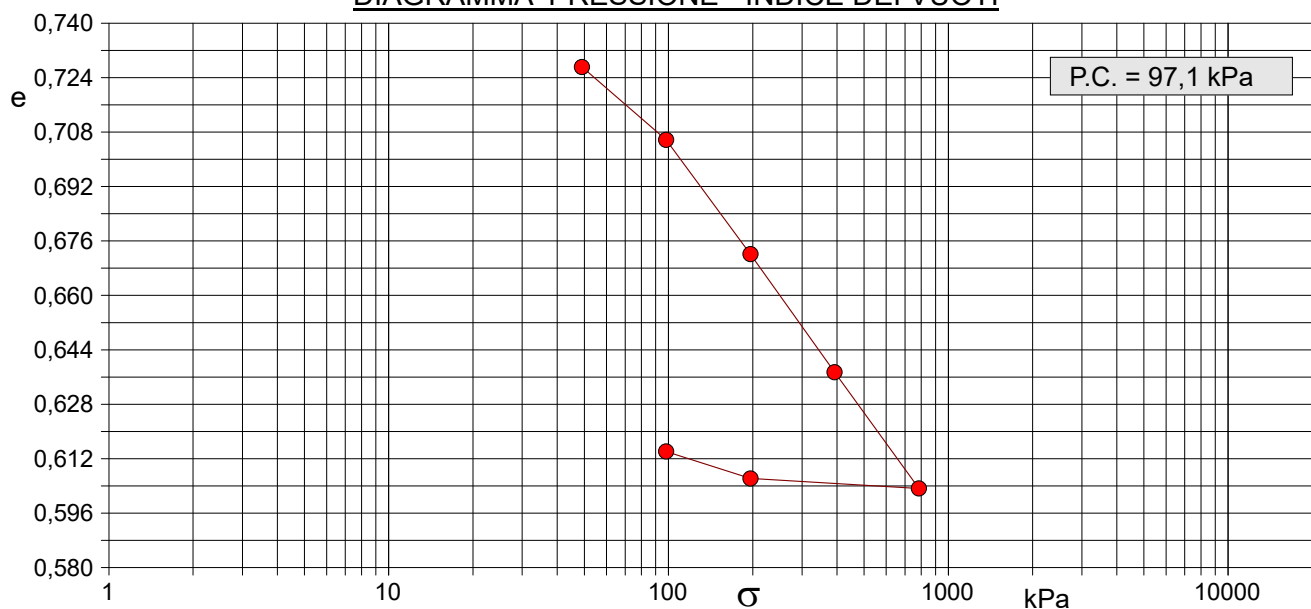
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

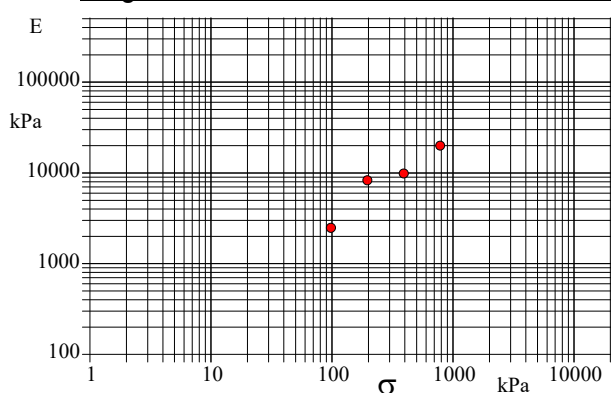
Peso di volume (kN/m ³)	19,06	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,74
Umidità (%)	25,2	Volume provino (cm ³)	39,27	Porosità (%)	42,64
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm ³)	16,74	Saturazione (%)	91,8

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
49,0	18,5	0,727	0,071	2485	0,003538	1,40E-07
98,1	58,0	0,706				
196,1	81,6	0,672				
392,3	121,4	0,637				
784,5	160,6	0,603				
196,1	157,2	0,606				
98,1	148,2	0,614				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



RAPPORTO DI PROVA N°: R08565	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 24/09/19	Inizio analisi: 17/09/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 17/09/19	Fine analisi: 24/09/19

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21			
SONDAGGIO: 8	CAMPIONE: B	PROFONDITA': m	12.60 - 13.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa				Pressione 784,5 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	21,5			0,10	38,0			0,10	64,7			0,10	100,7	2880,00	158,2
0,25	23,9			0,25	39,1			0,25	68,3			0,25	110,6	3600,00	158,7
0,40	24,8			0,40	39,1			0,40	69,5			0,40	110,6		
0,50	24,8			0,50	40,0			0,50	69,5			0,50	112,1		
1,00	25,8			1,00	41,4			1,00	71,4			1,00	114,5		
2,00	27,2			2,00	43,2			2,00	74,2			2,00	117,4		
4,00	28,5			4,00	45,6			4,00	77,4			4,00	122,3		
8,00	29,6			8,00	48,4			8,00	81,7			8,00	128,7		
15,00	30,5			15,00	51,3			15,00	86,7			15,00	135,7		
30,00	31,0			30,00	54,4			30,00	92,0			30,00	143,1		
60,00	31,4			60,00	56,5			60,00	95,9			60,00	148,3		
120,00	31,7			120,00	57,8			120,00	97,8			120,00	151,1		
240,00	32,1			240,00	58,7			240,00	99,0			240,00	152,9		
480,00	32,3			480,00	59,4			480,00	100,1			480,00	154,4		
960,00	32,4			960,00	59,9			960,00	101,0			960,00	155,9		
1440,00	32,5							1440,00	100,7			1440,00	156,7		
												1800,00	157,1		

[illegible]

COMMITTENTE:	Geo Group srl		
RIFERIMENTO:	Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21		
SONDAGGIO:	8	CAMPIONE:	B
		PROFONDITA': m	12.60 - 13.00

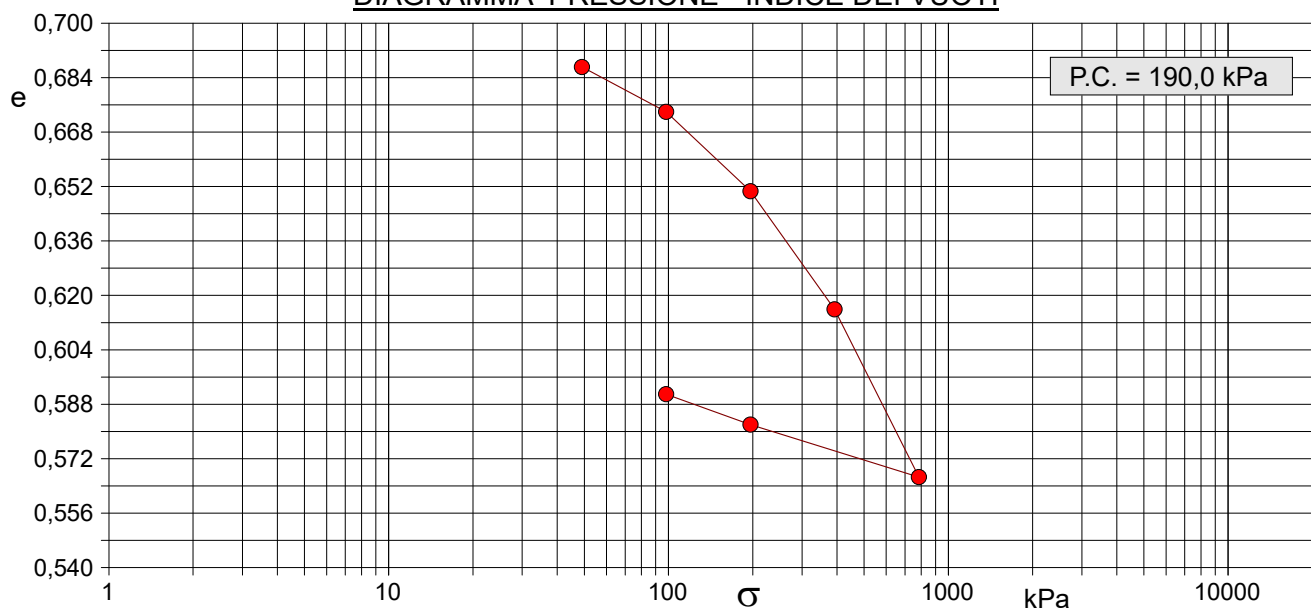
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

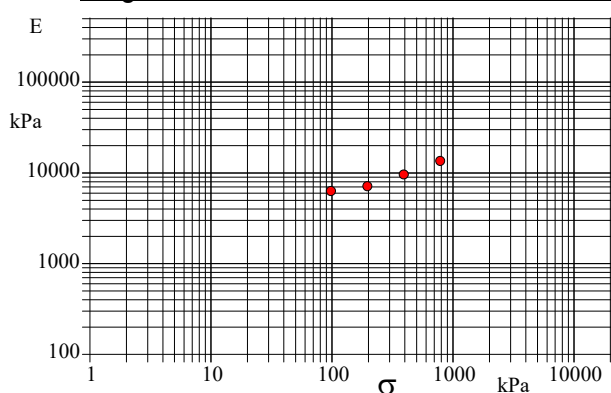
Peso di volume (kN/m ³)	19,66	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,70
Umidità (%)	26,0	Volume provino (cm ³)	39,27	Porosità (%)	41,23
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm ³)	16,19	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
49,0	17,0	0,687				
98,1	32,5	0,674	0,044	6327	0,001447	2,24E-08
196,1	59,9	0,651	0,077	7158	0,000400	5,48E-09
392,3	100,7	0,616	0,115	9614	0,000254	2,59E-09
784,5	158,7	0,567	0,164	13526	0,000327	2,37E-09
196,1	140,5	0,582				
98,1	130,0	0,591				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



RAPPORTO DI PROVA N°: R08566	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 24/09/19	Inizio analisi: 17/09/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 17/09/19	Fine analisi: 24/09/19

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21			
SONDAGGIO: 8	CAMPIONE: C	PROFONDITA': m	18.00 - 18.35

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa				Pressione 784,5 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	21,5			0,10	38,0			0,10	64,7			0,10	74,4	2880,00	135,3
0,25	23,8			0,25	39,0			0,25	67,9			0,25	96,9	3600,00	135,7
0,40	24,7			0,40	39,0			0,40	68,9			0,40	96,9		
0,50	24,7			0,50	39,8			0,50	68,9			0,50	98,1		
1,00	25,7			1,00	41,0			1,00	70,6			1,00	100,1		
2,00	27,1			2,00	42,6			2,00	73,1			2,00	102,4		
4,00	28,3			4,00	44,7			4,00	75,9			4,00	106,3		
8,00	29,4			8,00	47,2			8,00	79,7			8,00	111,5		
15,00	30,3			15,00	49,8			15,00	84,1			15,00	117,2		
30,00	30,8			30,00	52,5			30,00	88,8			30,00	123,1		
60,00	31,2			60,00	54,3			60,00	92,3			60,00	127,3		
120,00	31,5			120,00	55,5			120,00	94,0			120,00	129,6		
240,00	31,8			240,00	56,3			240,00	95,0			240,00	131,0		
480,00	32,0			480,00	56,9			480,00	96,0			480,00	132,2		
960,00	32,1			960,00	57,3			960,00	96,8			960,00	133,5		
1440,00	32,2							1440,00	96,5			1440,00	134,1		
												1800,00	134,4		

[illegible]

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21			
SONDAGGIO: 8	CAMPIONE: C	PROFONDITA': m	18.00 - 18.35

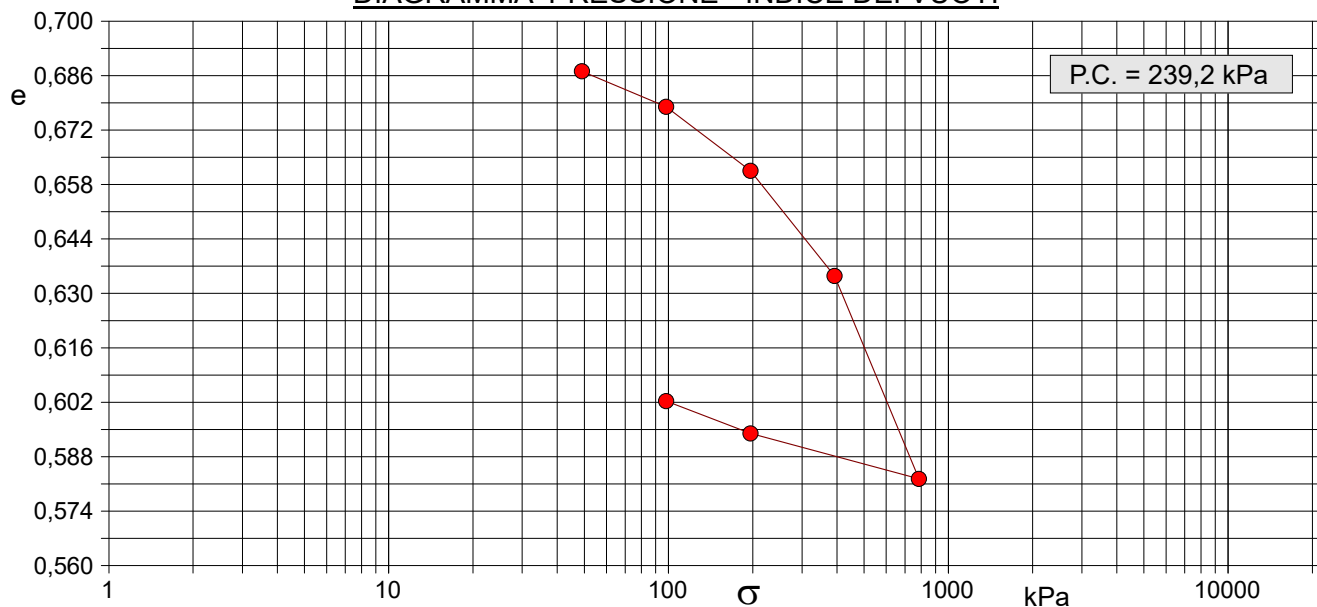
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

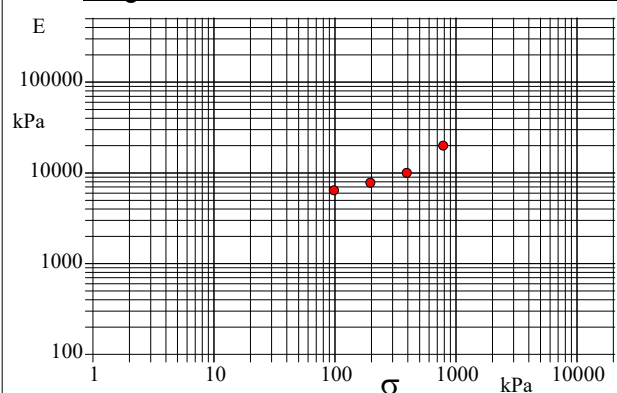
Peso di volume (kN/m³)	19,35	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,72
Umidità (%)	25,4	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	41,88
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm³)	16,44	Saturazione (%)	95,6

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,0	17,0	0,687	0,030	6437	0,001447	2,20E-08
98,1	32,2	0,678	0,055	7810	0,000400	5,02E-09
196,1	57,3	0,662	0,090	10013	0,000254	2,49E-09
392,3	96,5	0,634	0,173	20019	0,000325	1,59E-09
784,5	135,7	0,582				
196,1	126,5	0,594				
98,1	116,7	0,602				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: A

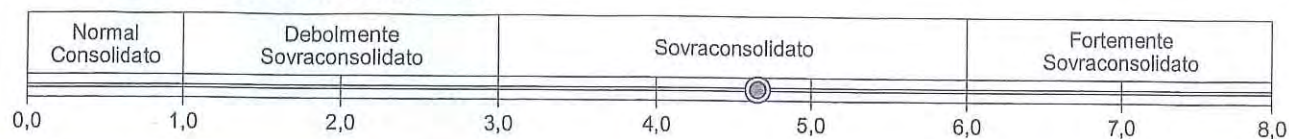
PROFONDITA': m 2.20 - 2.60

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 43,1kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 201,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 4,66



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: B

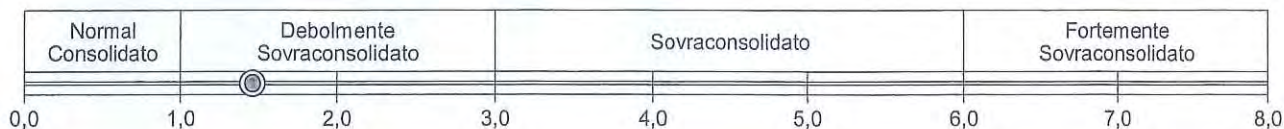
PROFONDITA': m 8.55 - 8.90

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 161,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 234,7kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 1,46



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: C

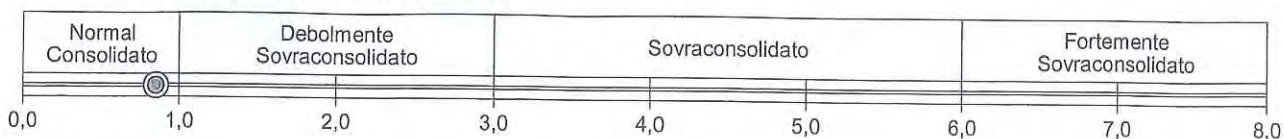
PROFONDITA': m 10.00 - 10.30

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 191,4kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 162,5kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,85



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21

SONDAGGIO: 7

CAMPIONE: A

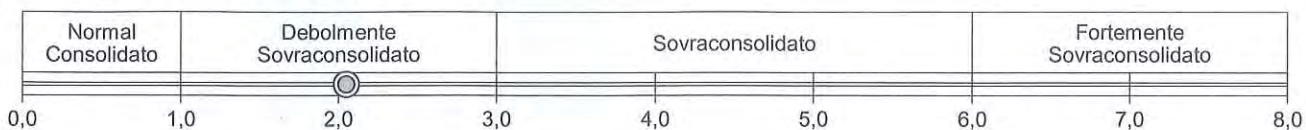
PROFONDITA': m 6.00 - 6.30

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 113,2kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 232,2kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 2,05



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21

SONDAGGIO: 7

CAMPIONE: B

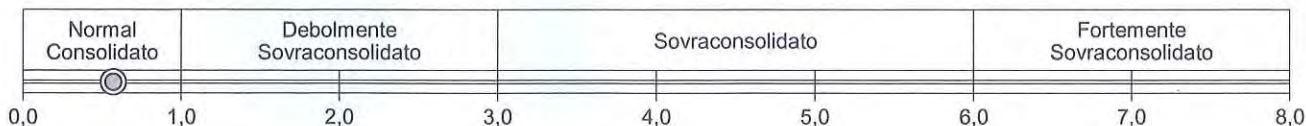
PROFONDITA': m 13.70 - 14.00

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 271,1kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 154,8kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,57



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21

SONDAGGIO: 7

CAMPIONE: C

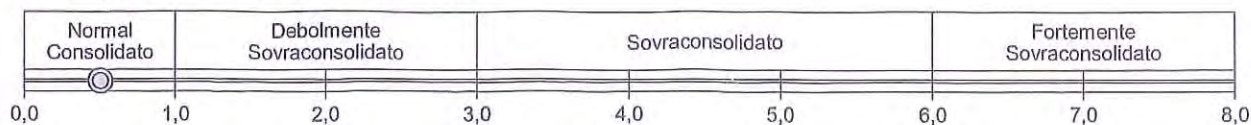
PROFONDITA': m 15.00 - 15.30

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 285,6kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 143,8kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,50



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21

SONDAGGIO: 8

CAMPIONE: A

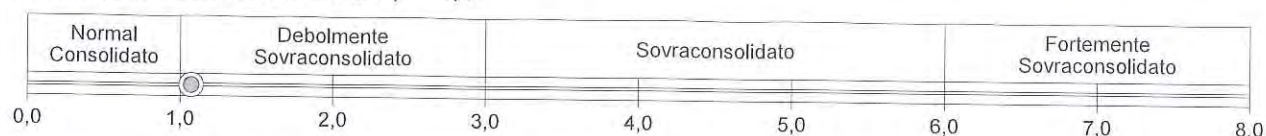
PROFONDITA': m 4.60 - 5.00

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 90,7kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 97,1kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 1,07



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21

SONDAGGIO: 8

CAMPIONE: B

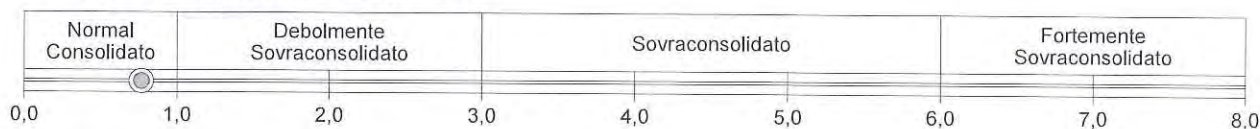
PROFONDITA': m 12.60 - 13.00

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 247,8kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 190,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,77



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Carpi (MO), fraz. Fossoli, via Valle n. 21

SONDAGGIO: 8

CAMPIONE: C

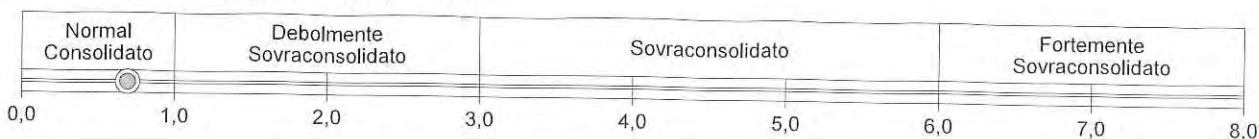
PROFONDITA': m 18.00 - 18.35

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 345,4kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 239,2kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,69



GEO GROUP s.r.l.

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

ALLEGATO N° 5

Verifica alla liquefazione

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

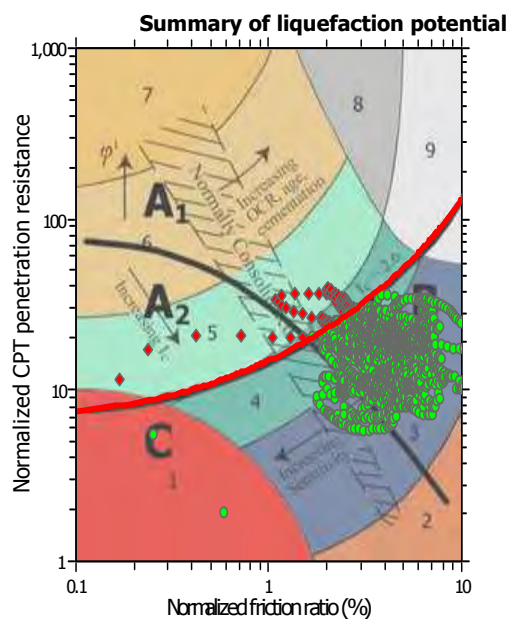
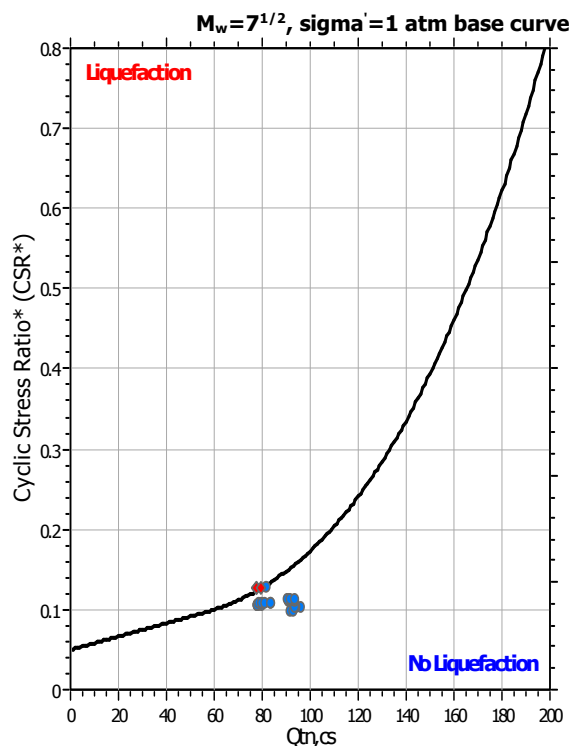
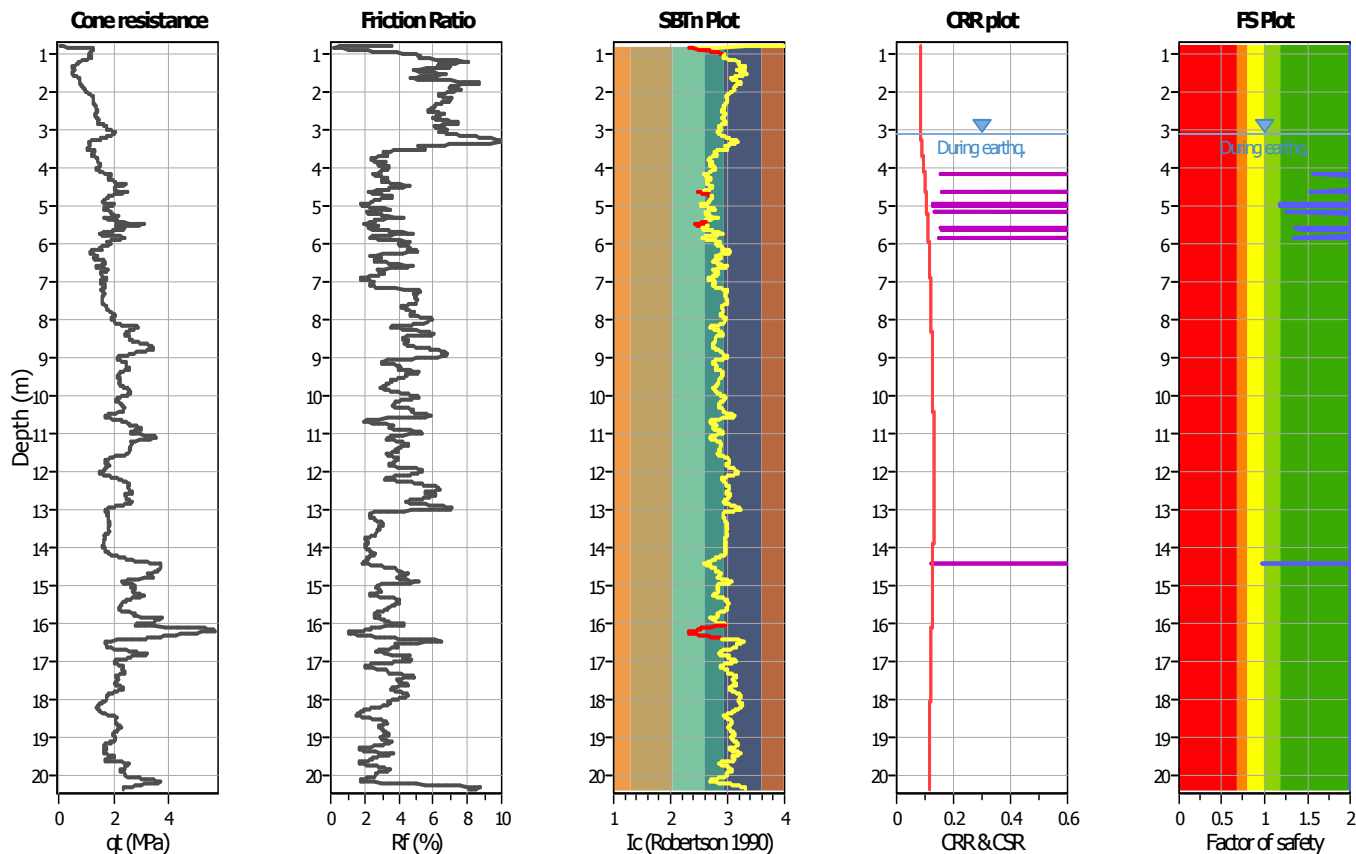
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU1

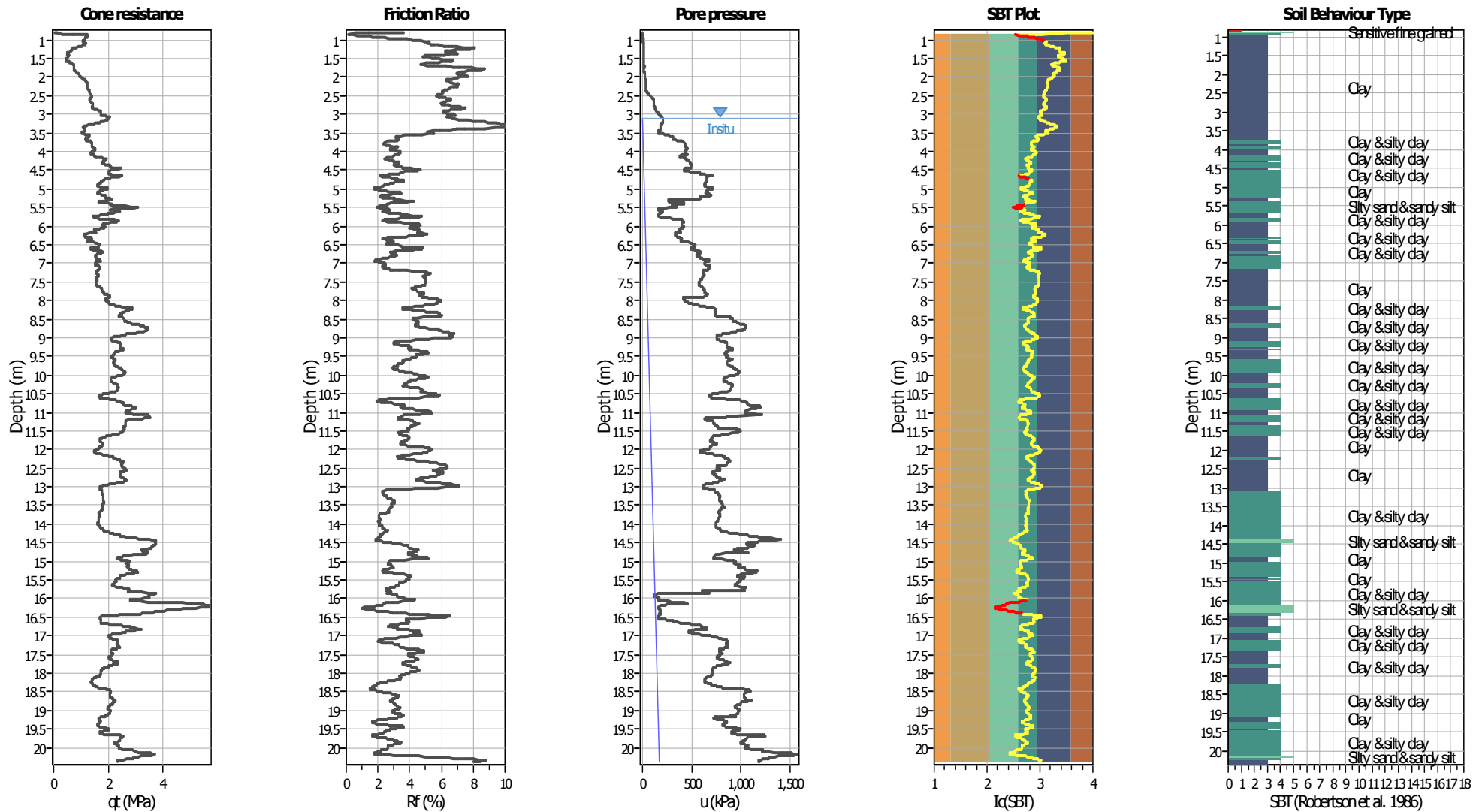
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	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

CPT basic interpretation plots



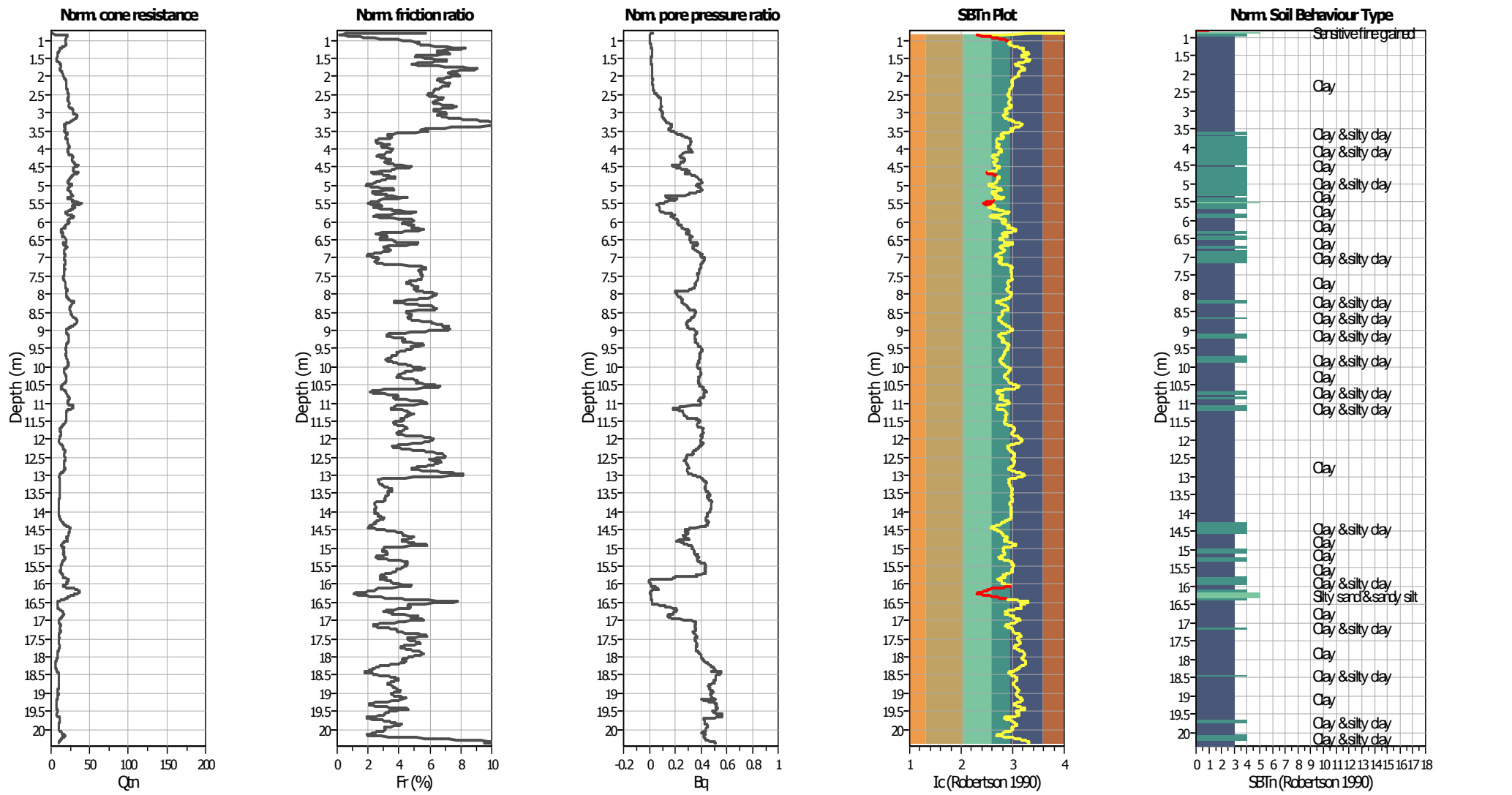
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_o applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)

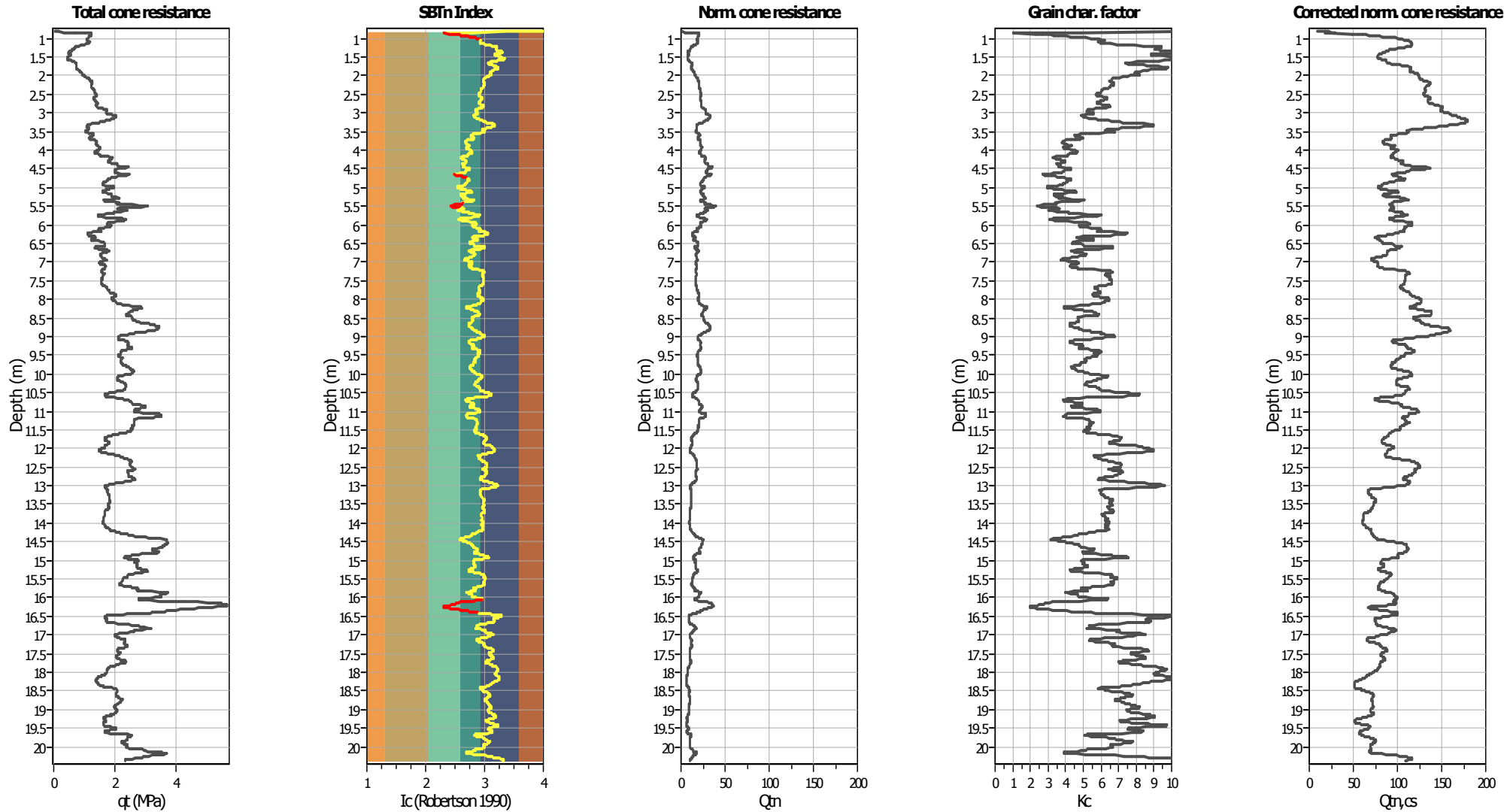


Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

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

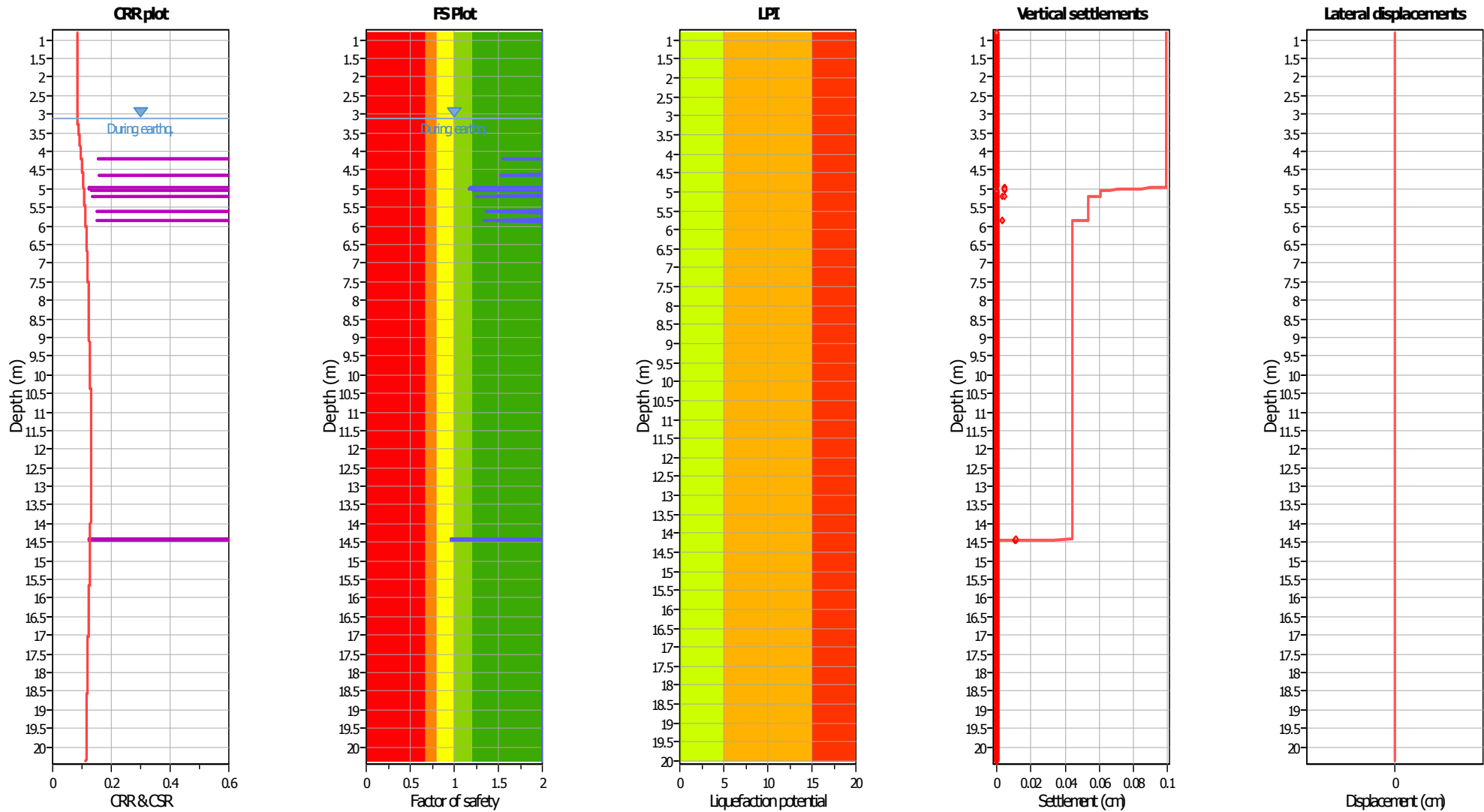
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

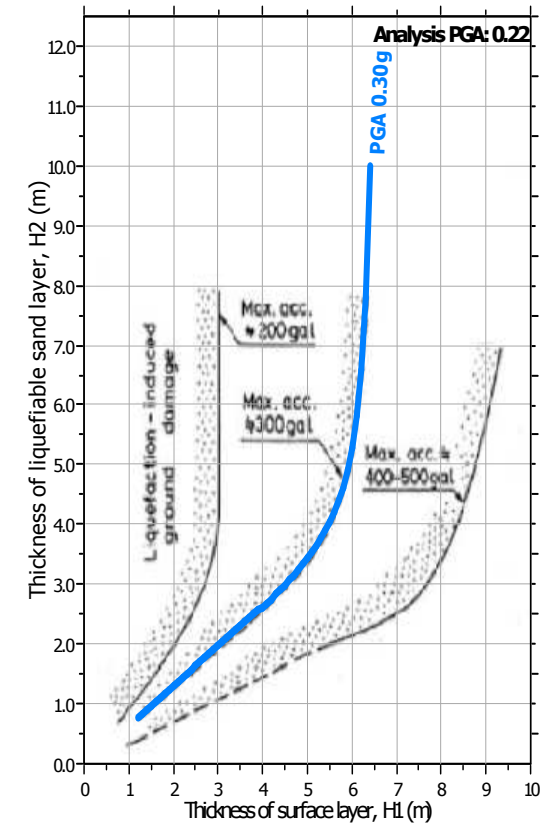
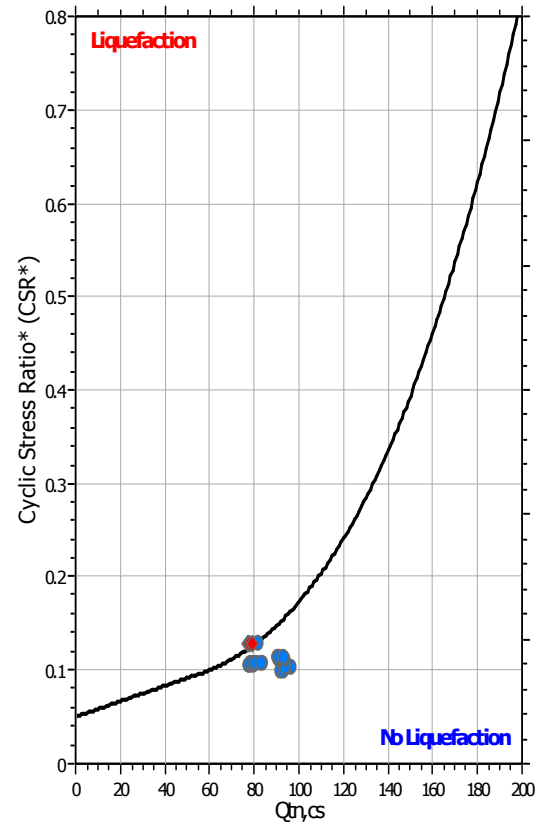
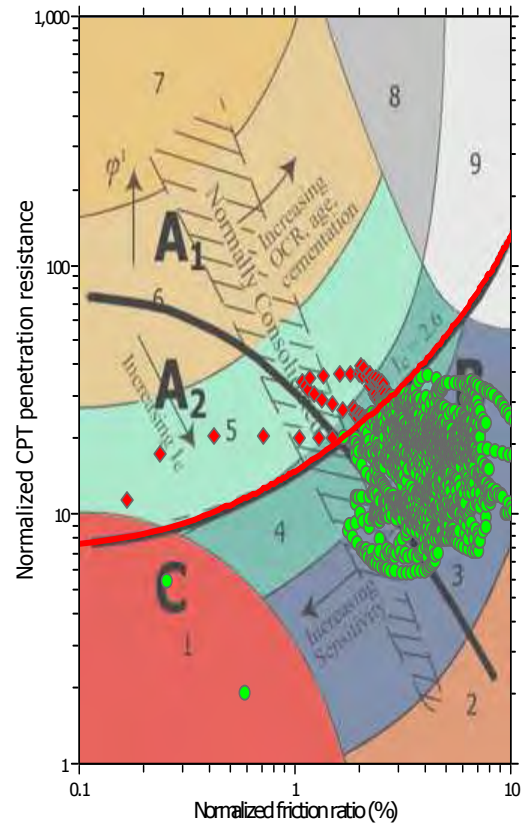
F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

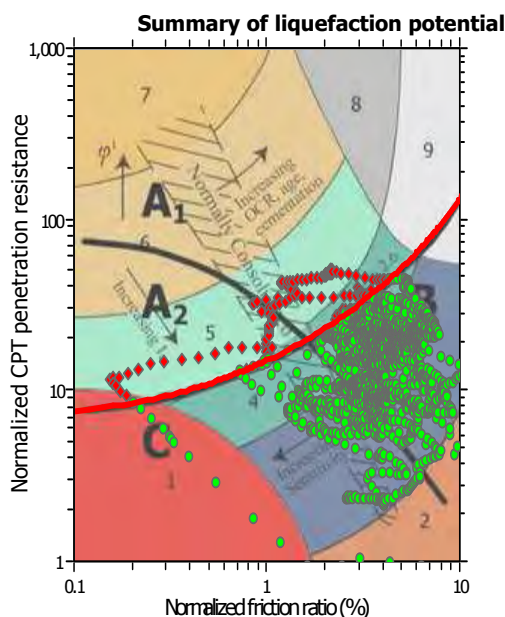
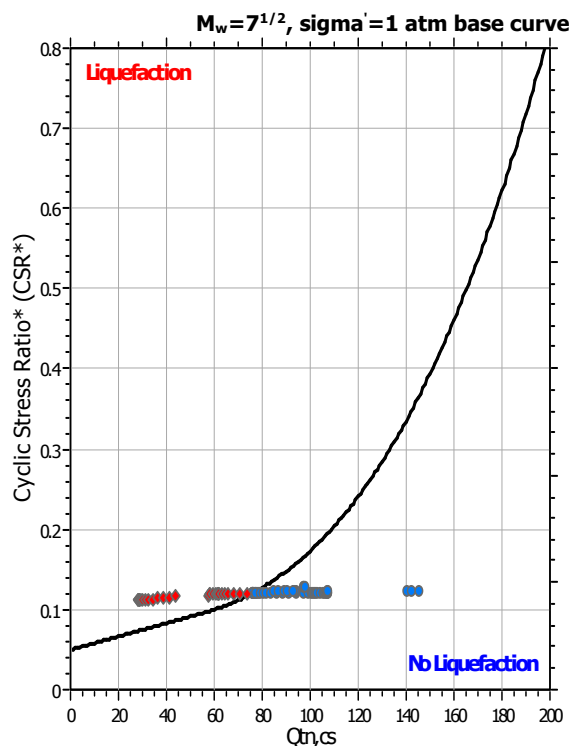
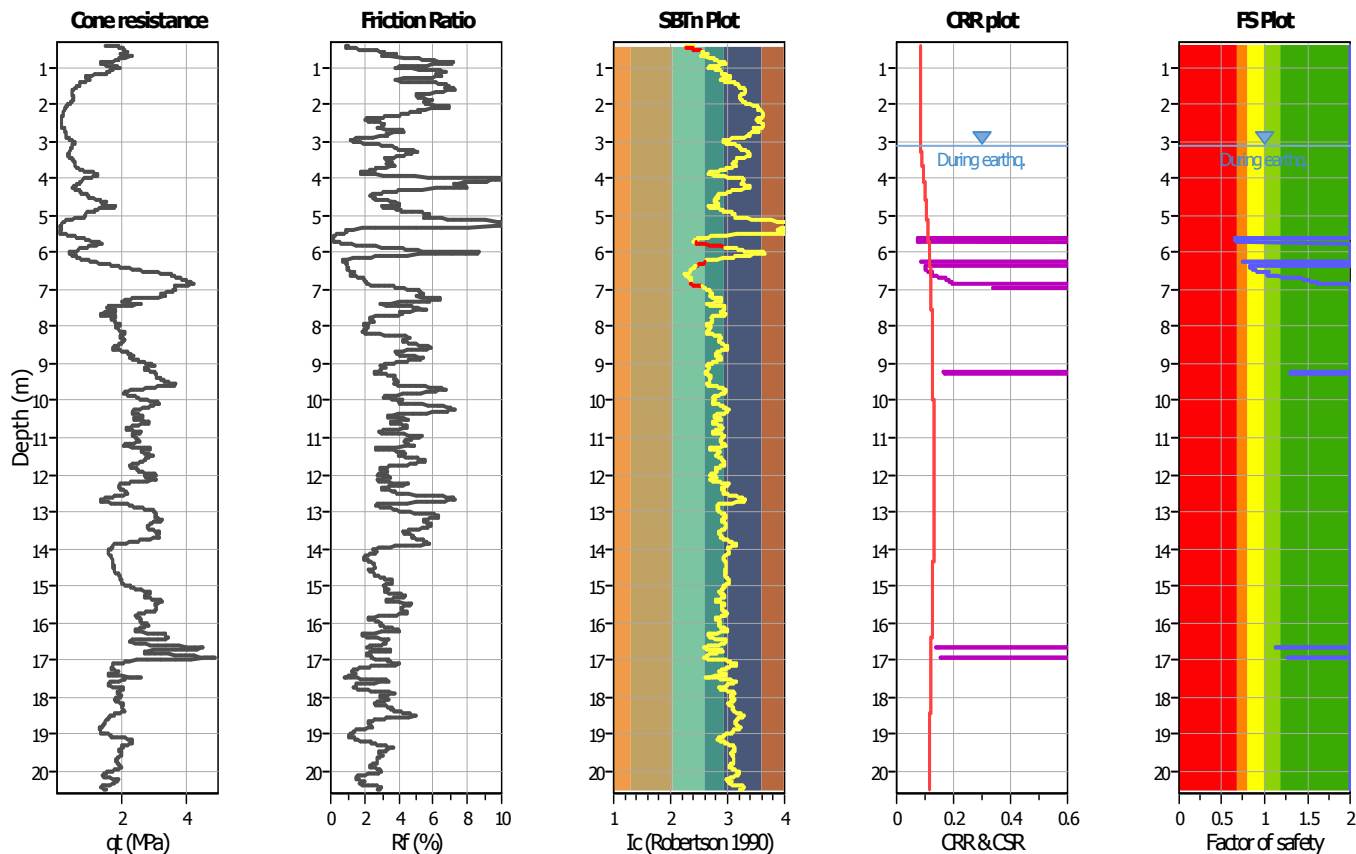
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU2

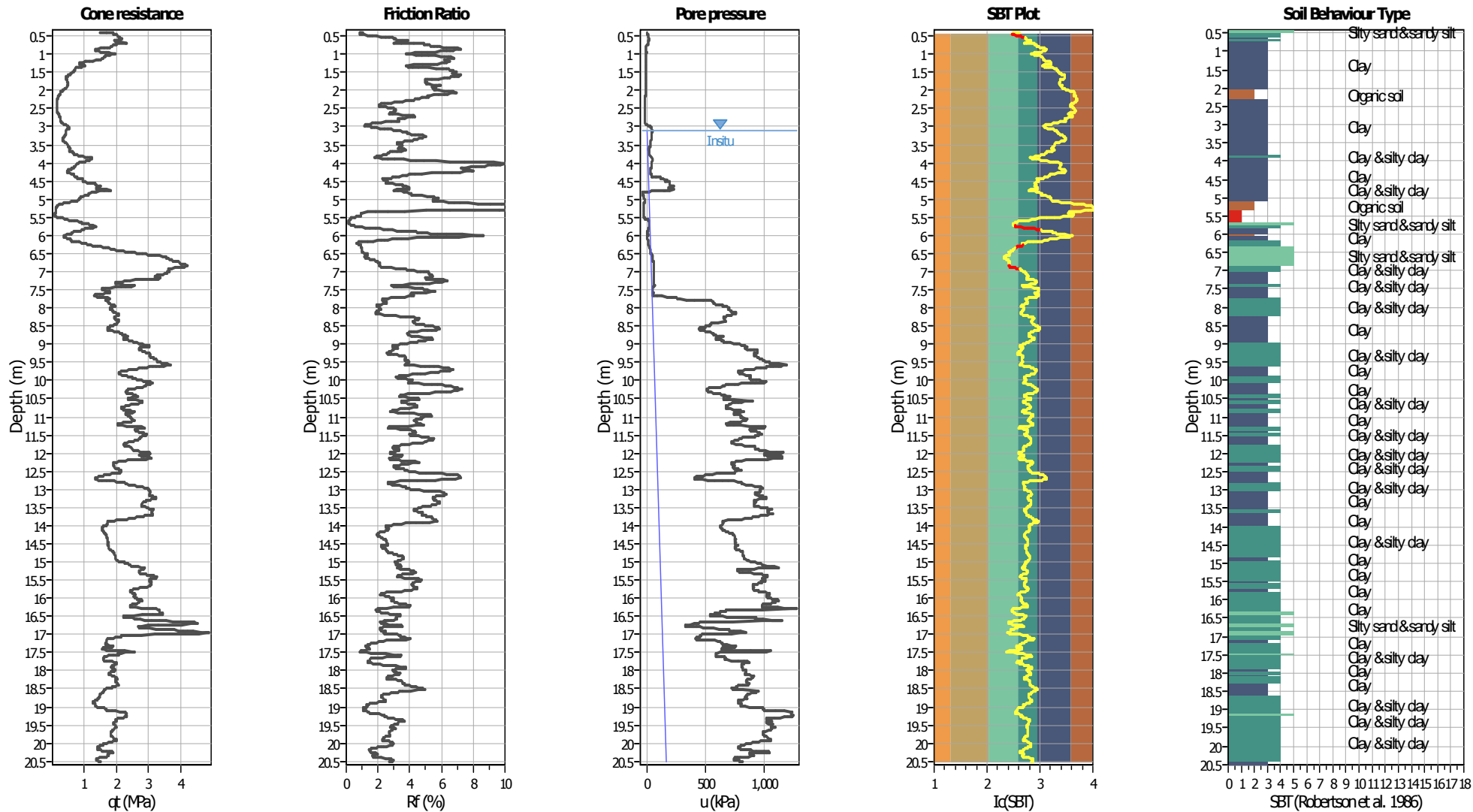
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	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

CPT basic interpretation plots



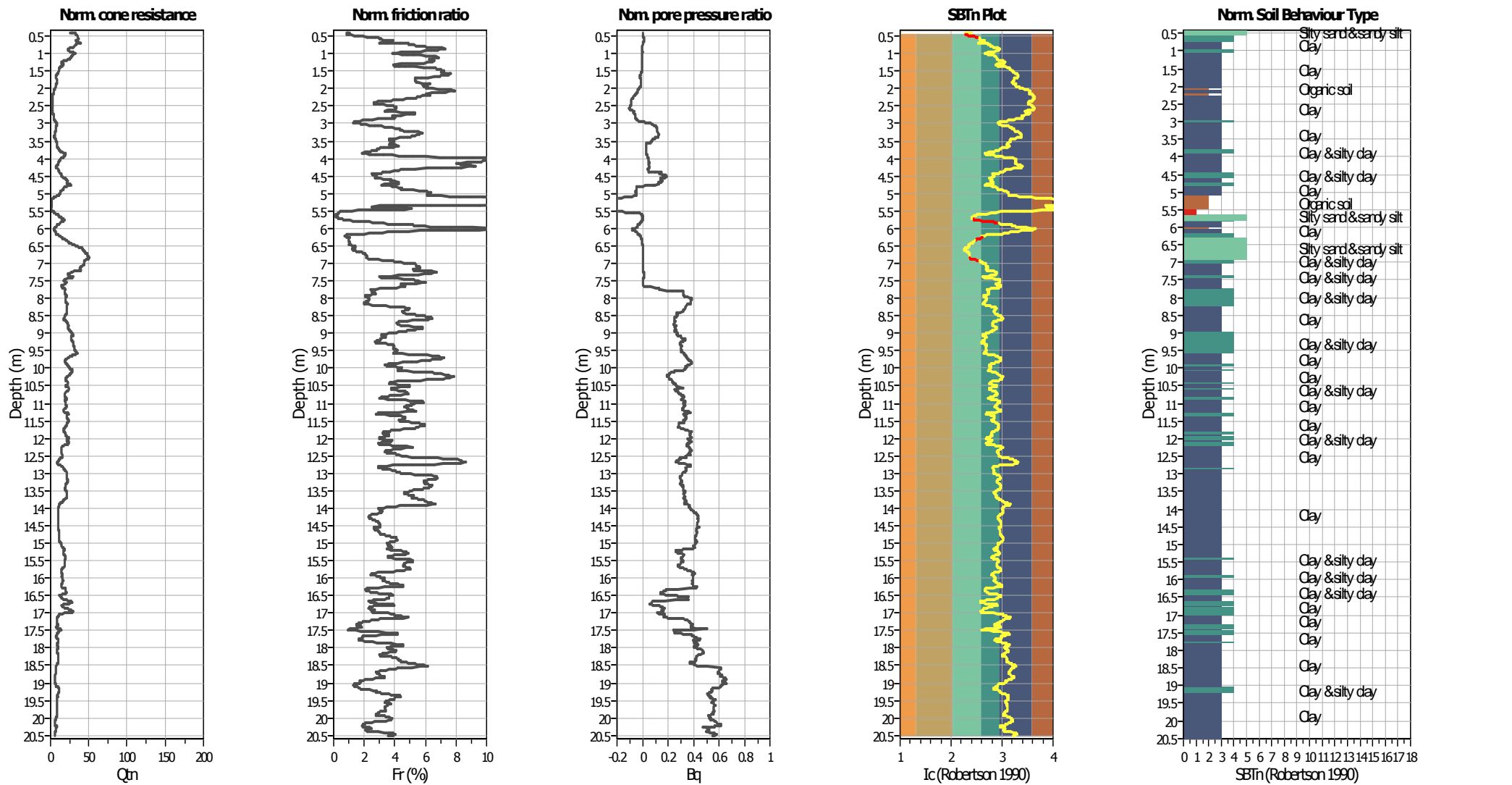
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I _c value	I _c cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

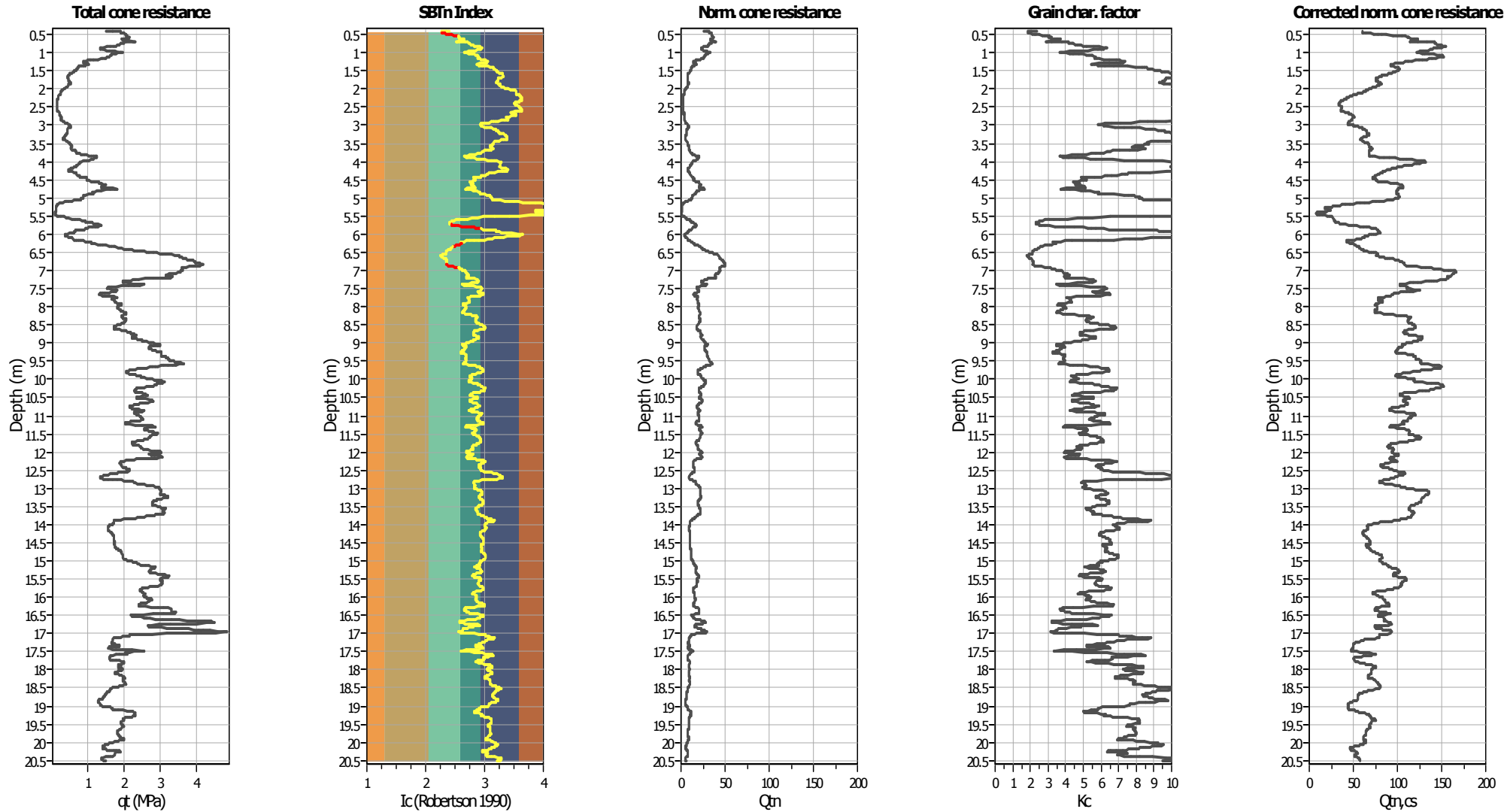
CPT basic interpretation plots (normalized)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

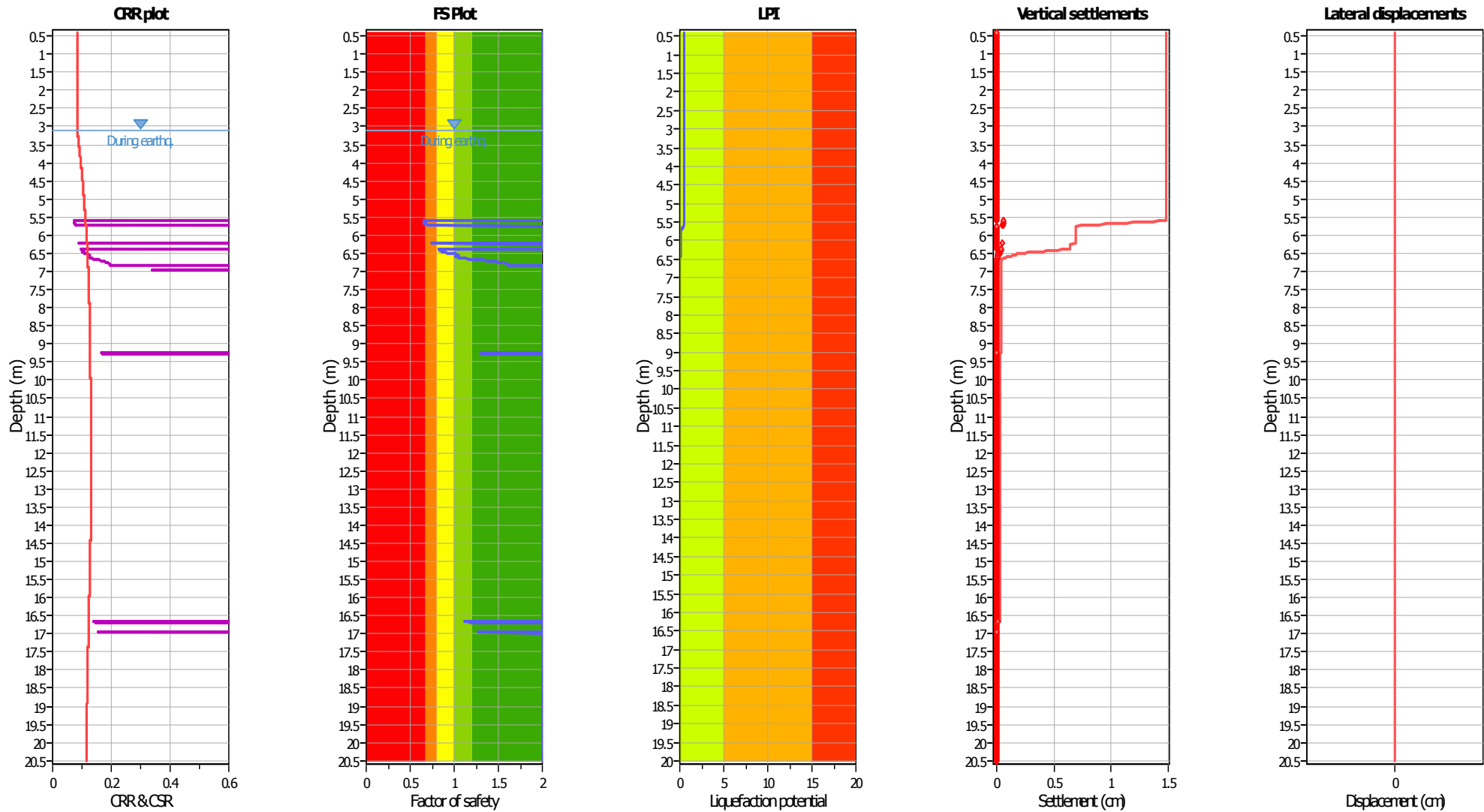
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _c applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

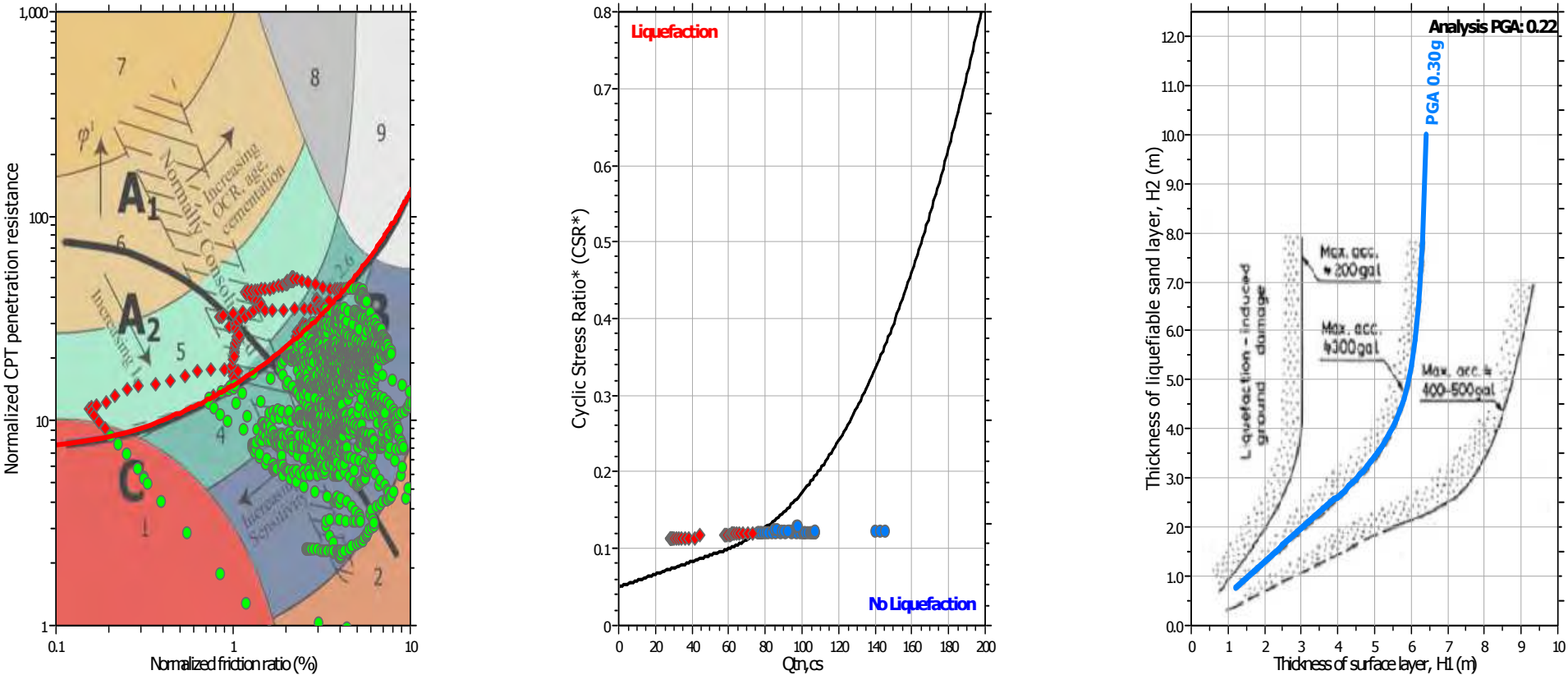
F.S. color scheme

Red	Almost certain it will liquefy
Orange	Very likely to liquefy
Yellow	Liquefaction and no liq. are equally likely
Light 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

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

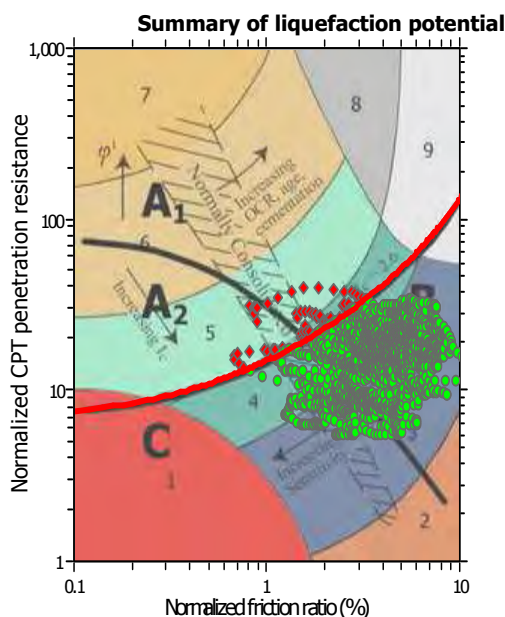
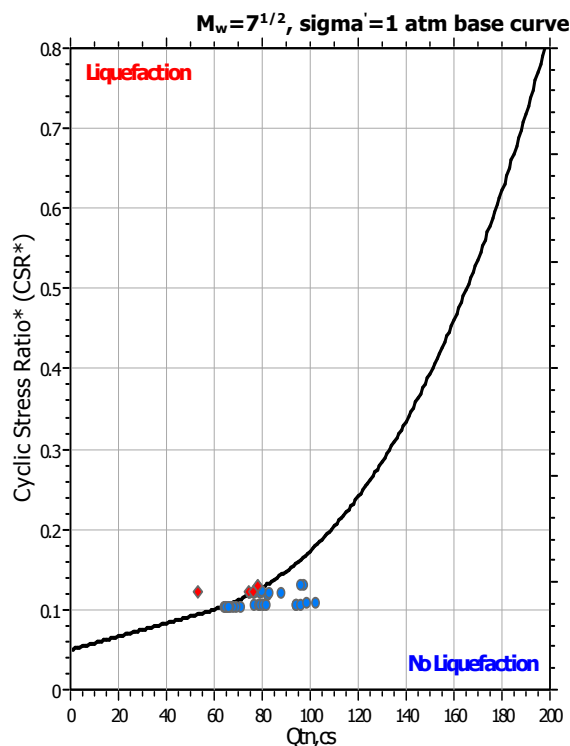
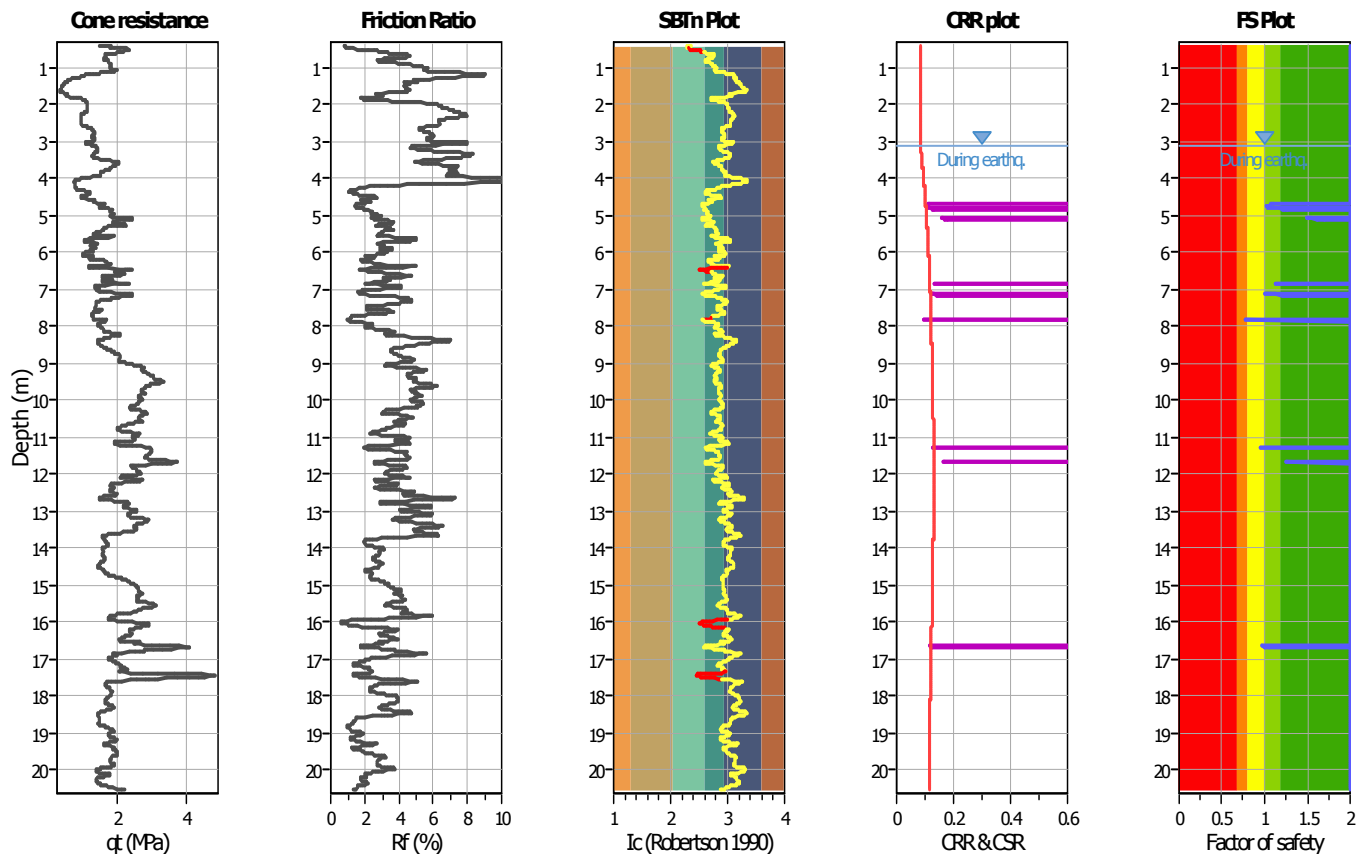
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU3

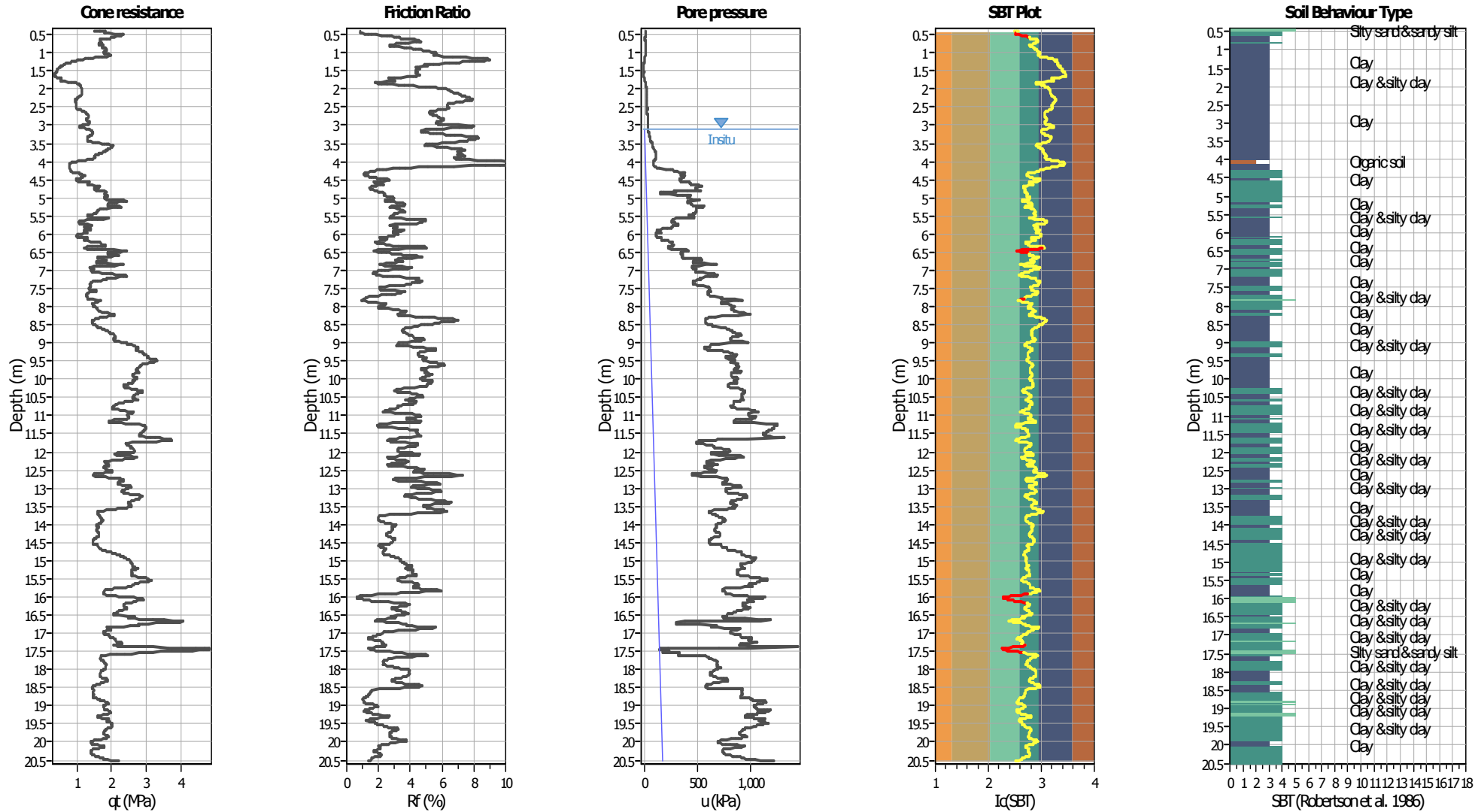
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	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

CPT basic interpretation plots



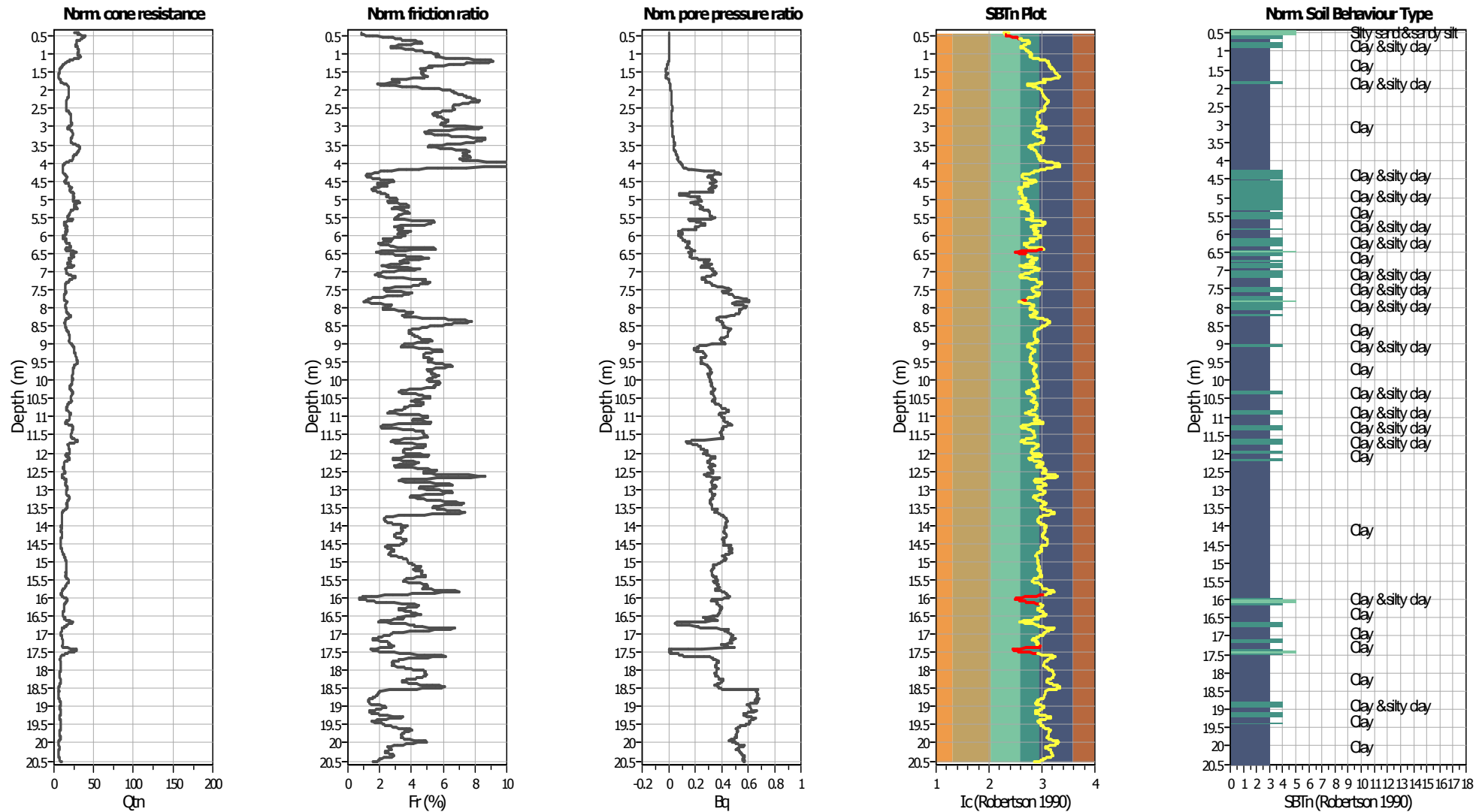
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I _c value	I _c cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



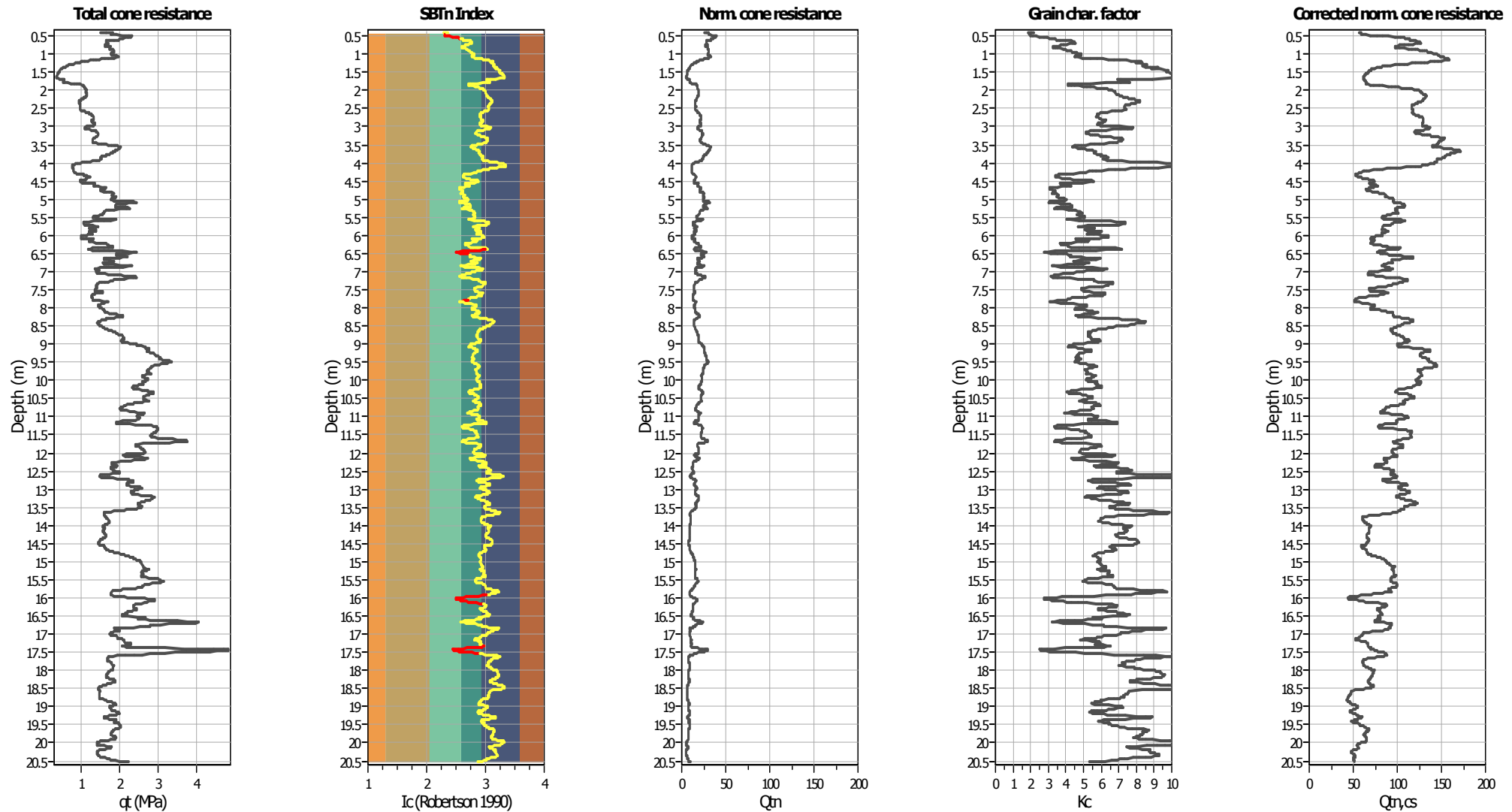
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

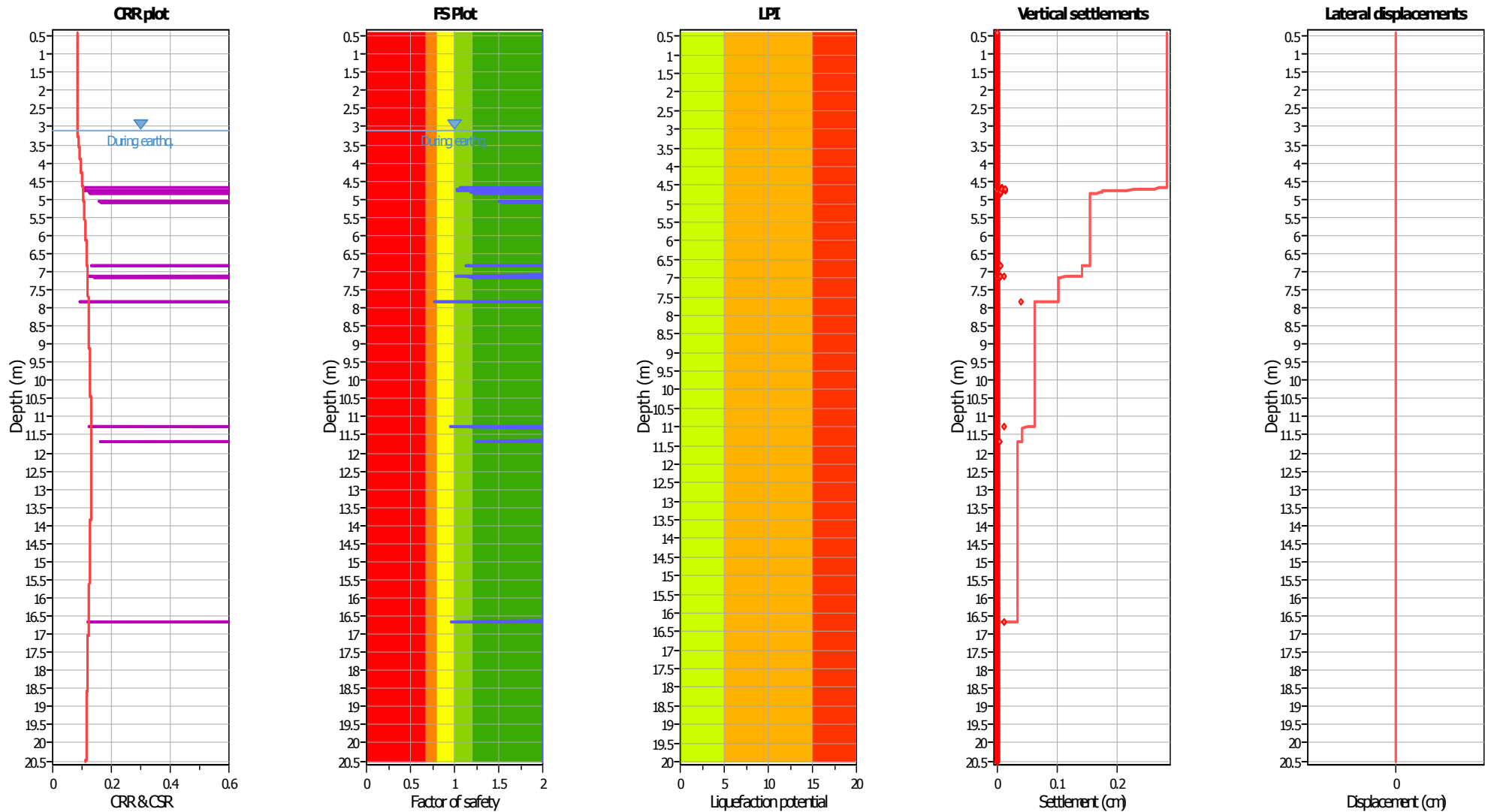
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_{cs} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

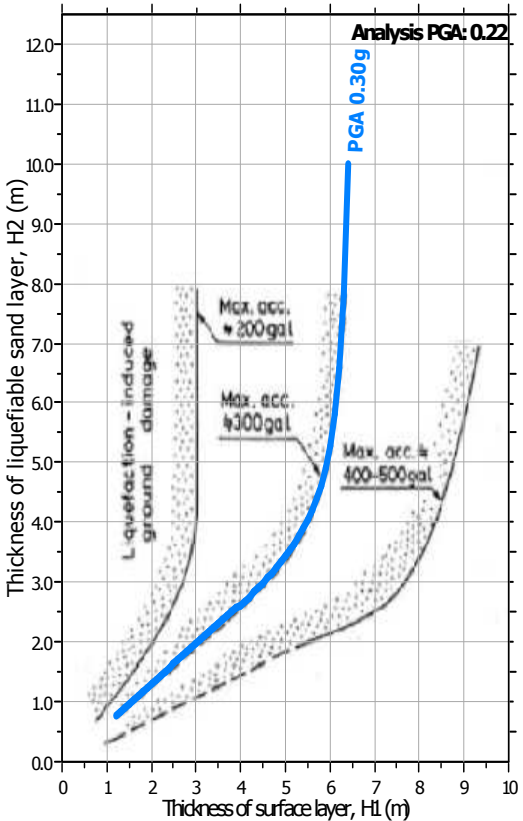
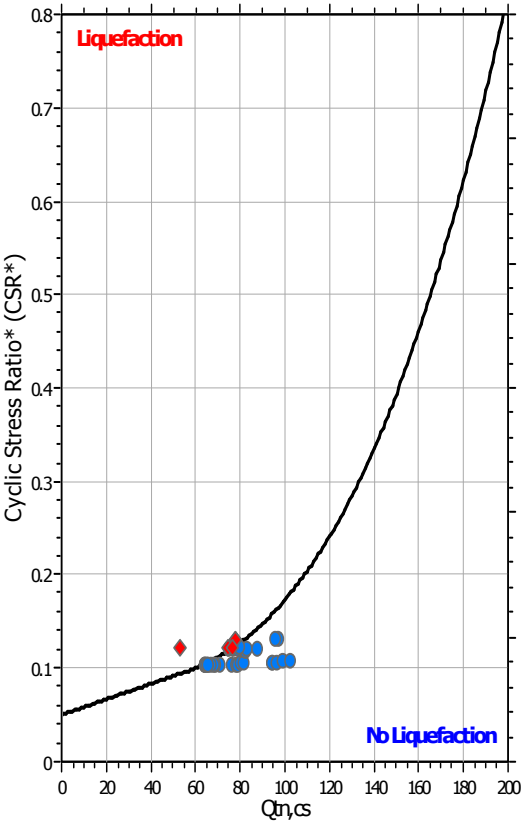
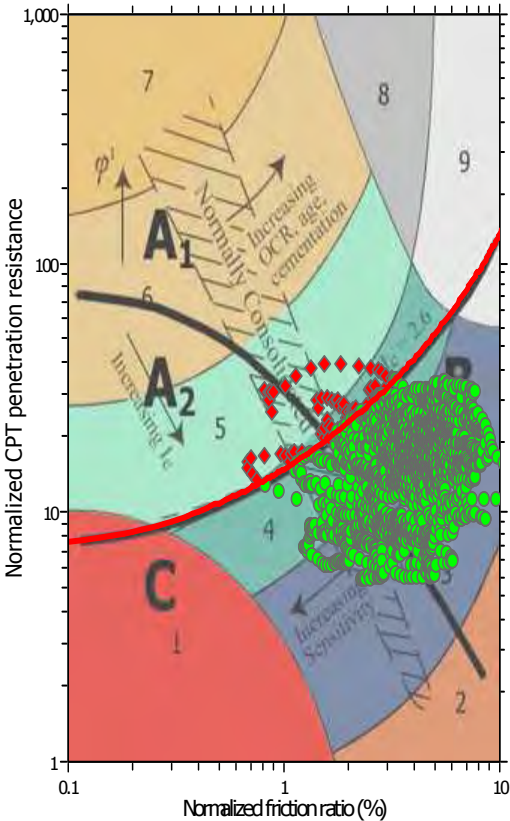
F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

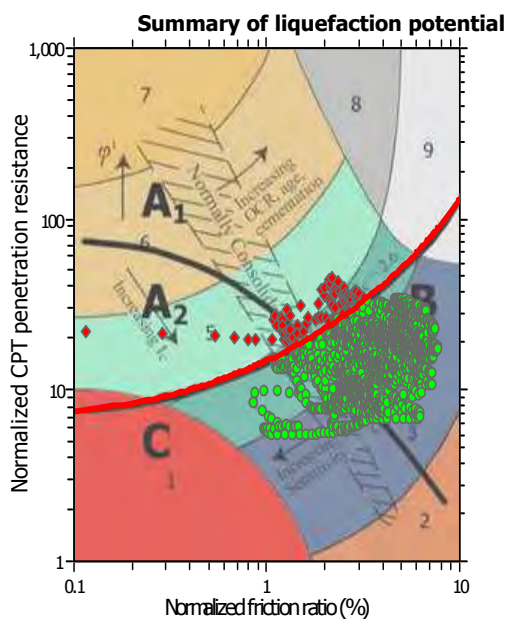
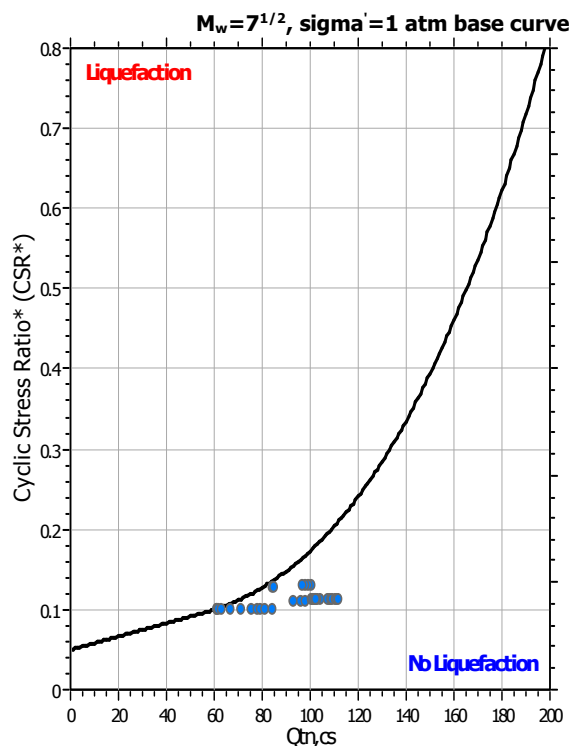
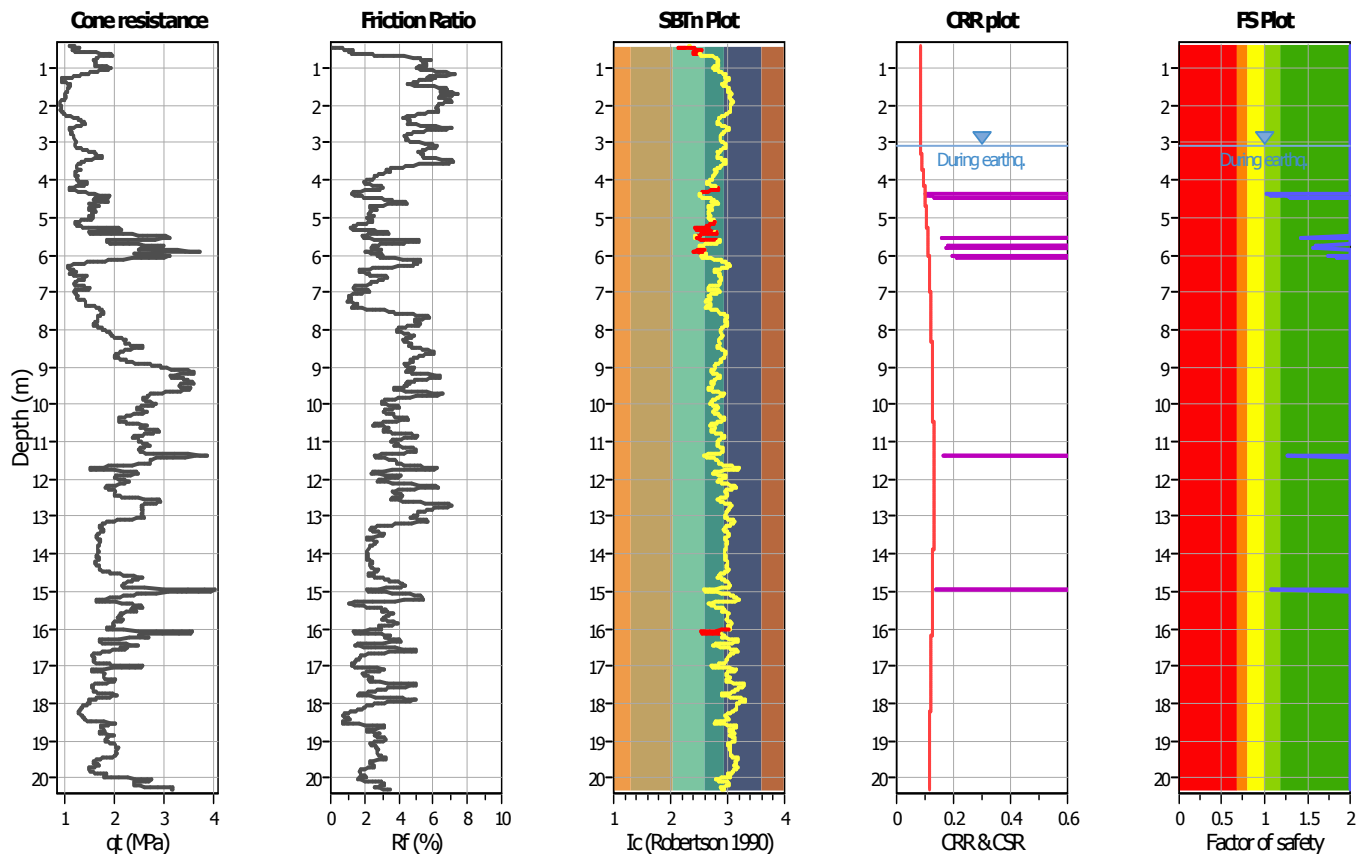
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU4

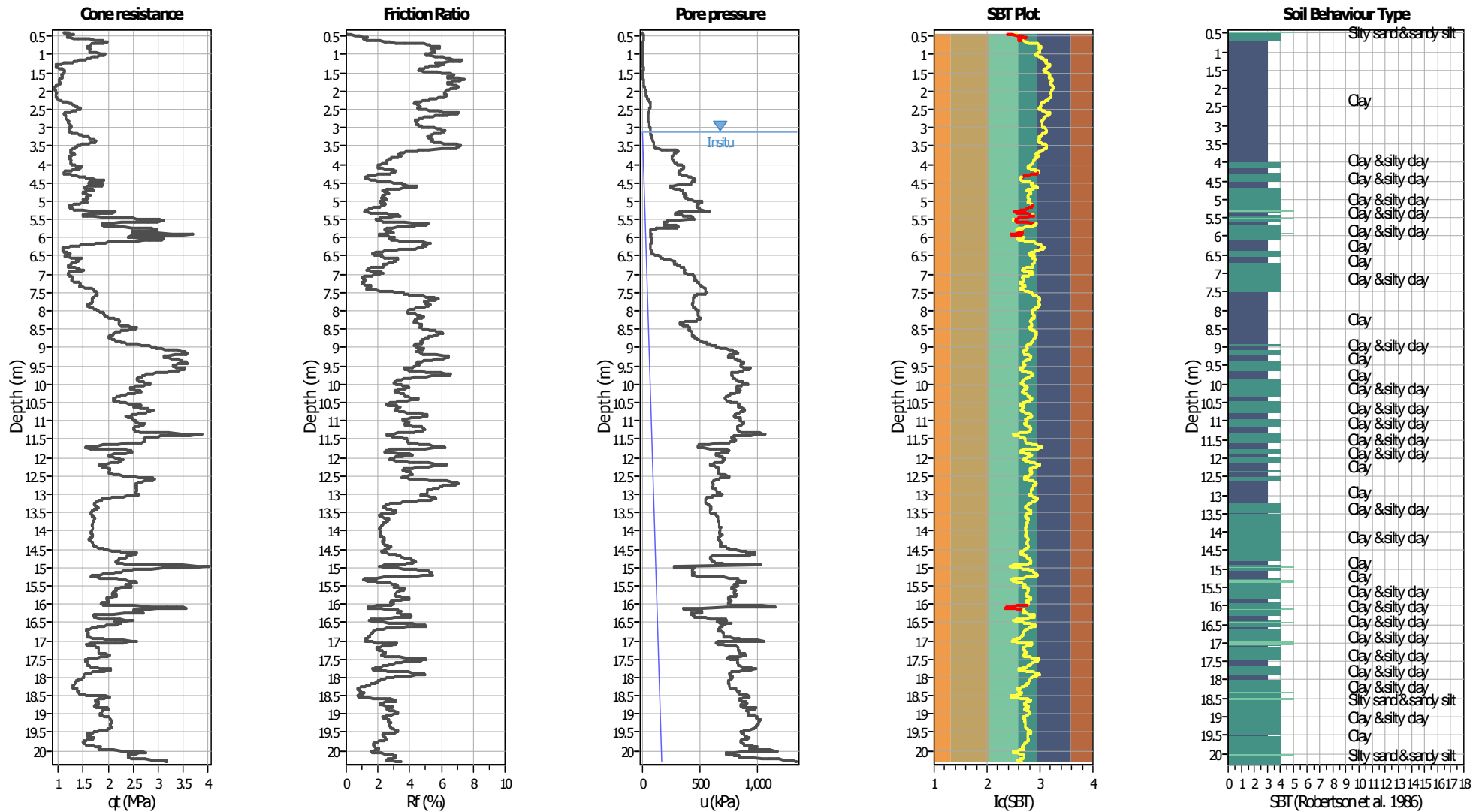
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	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

CPT basic interpretation plots



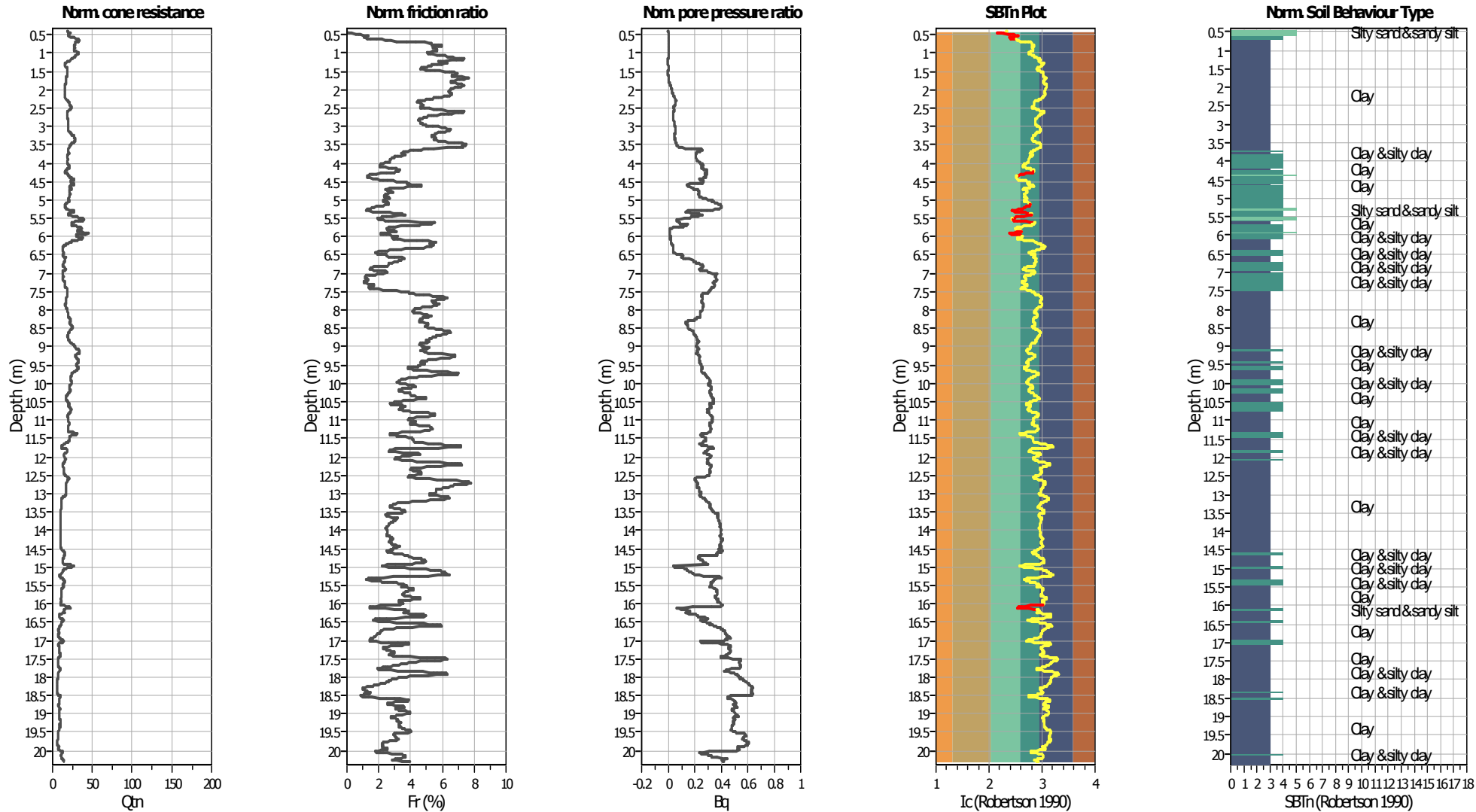
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_o applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



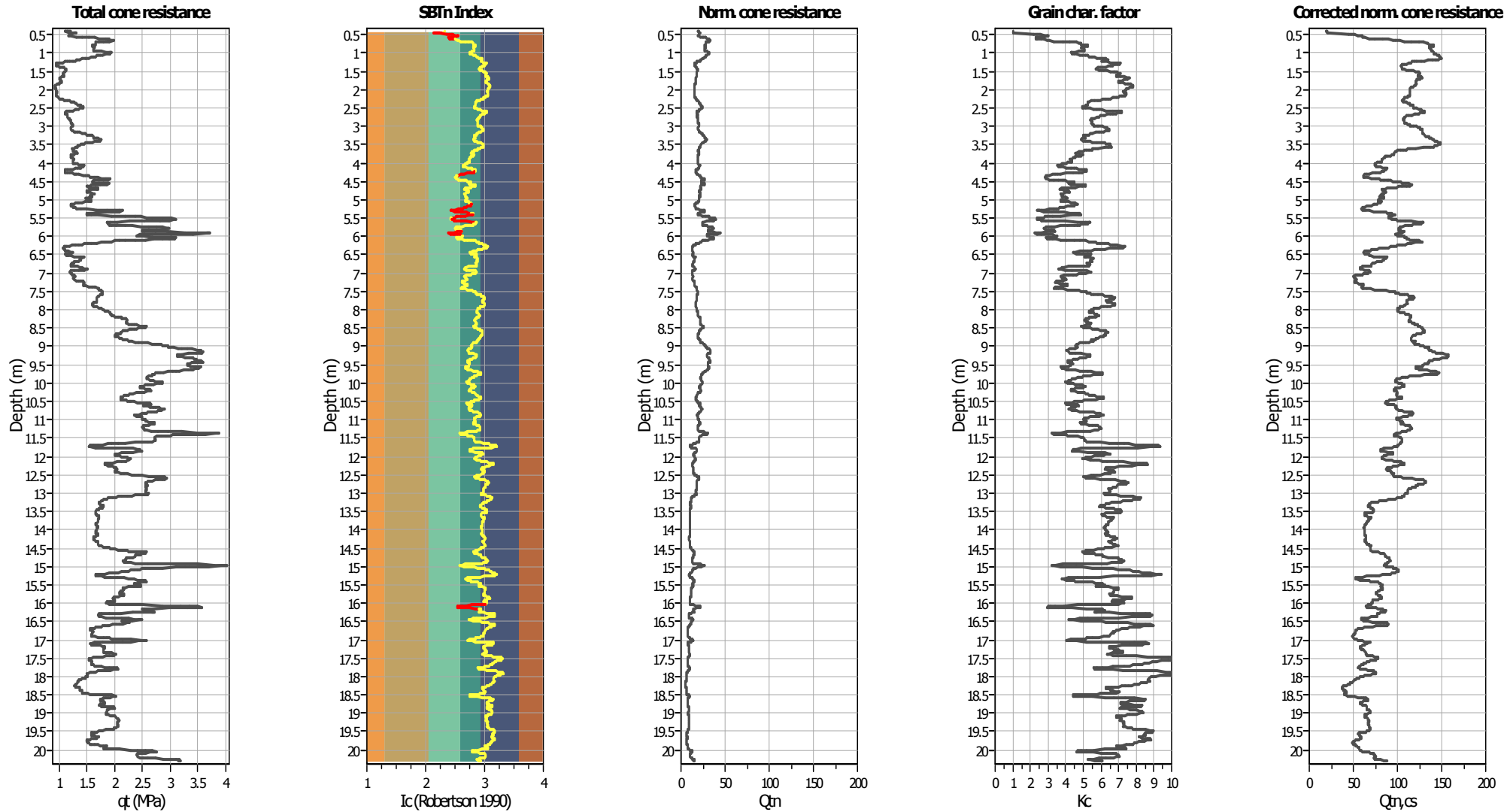
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

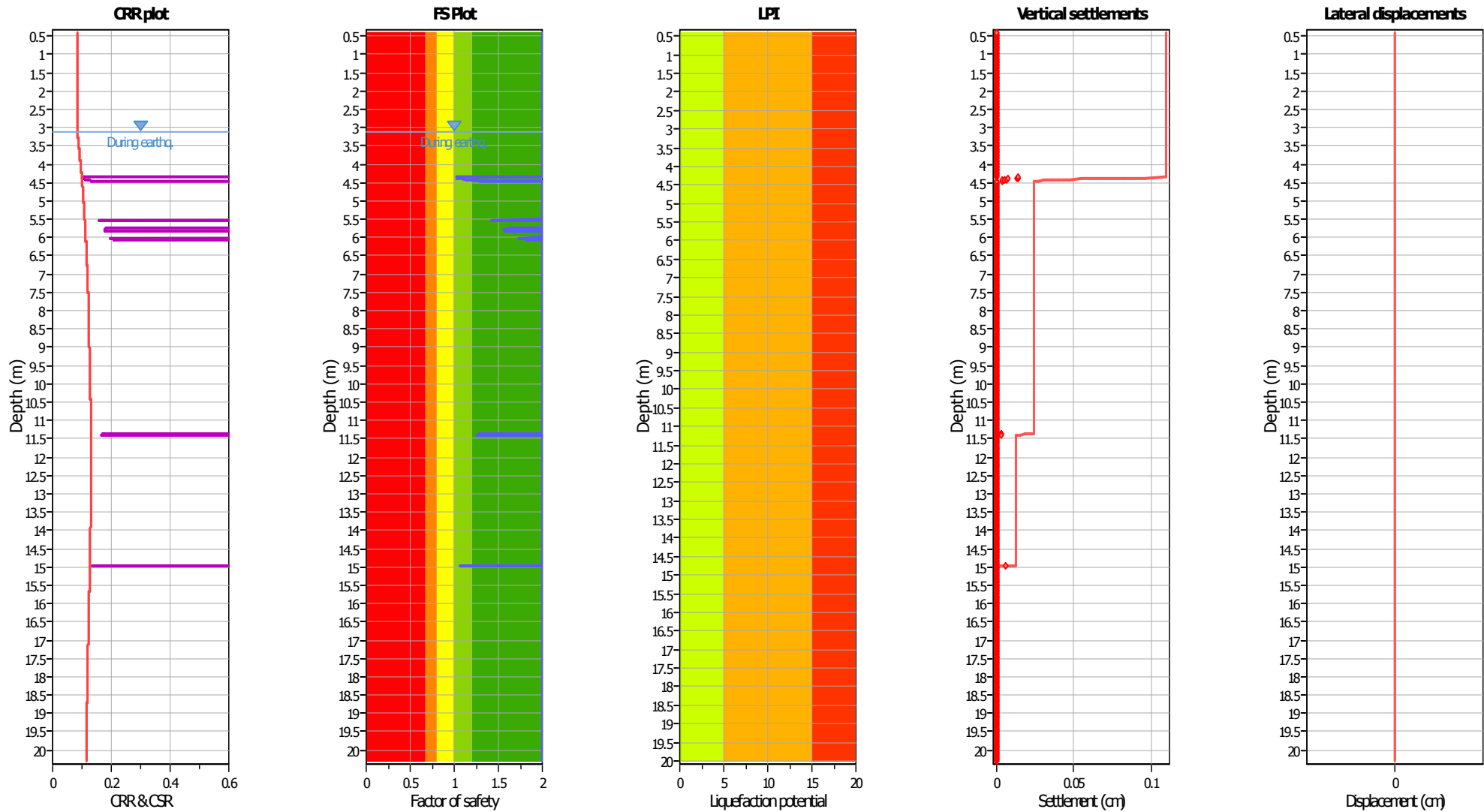
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_{cs} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _σ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

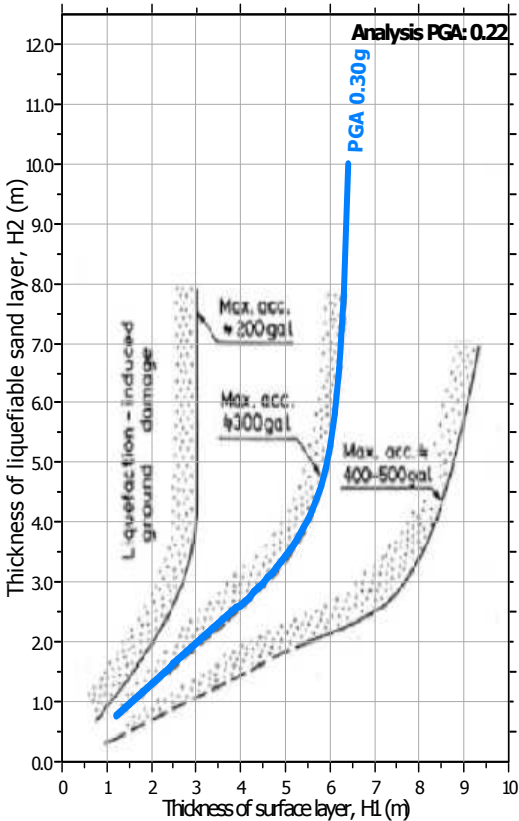
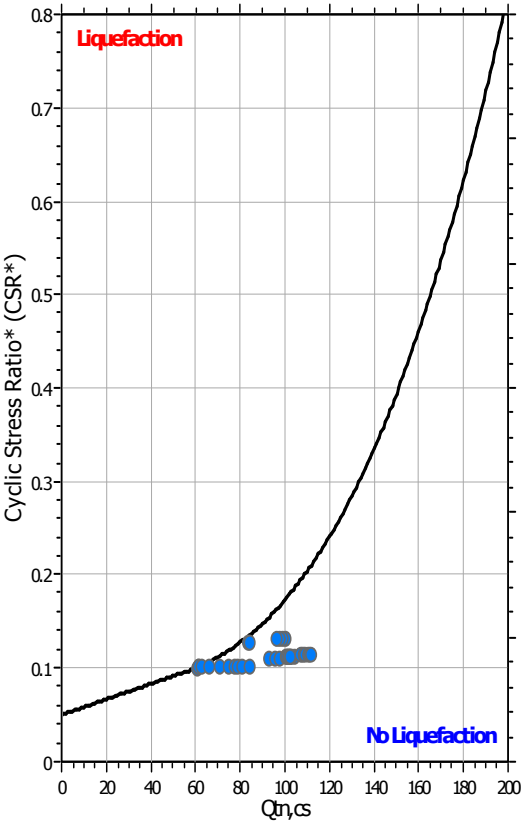
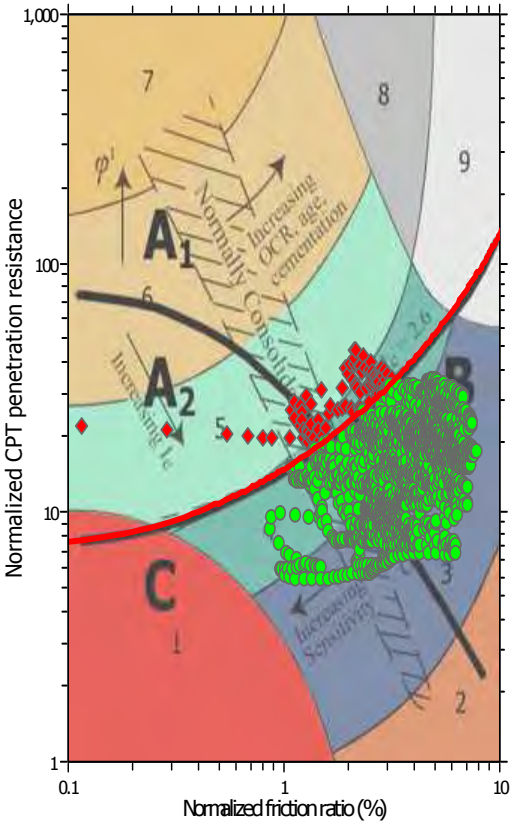
F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

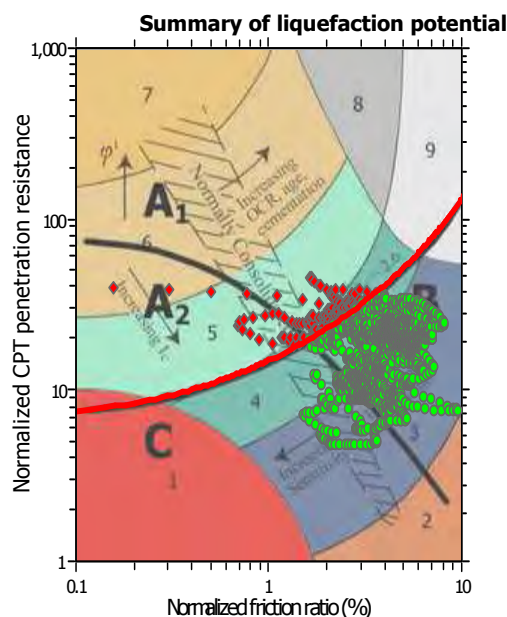
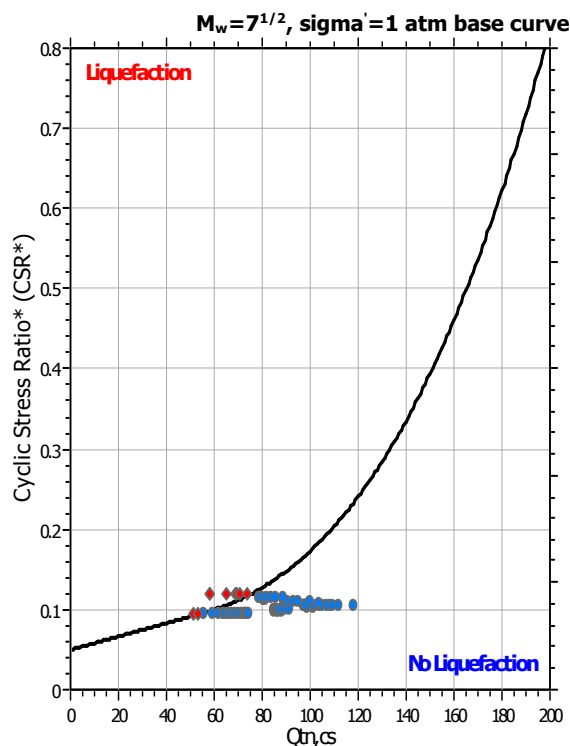
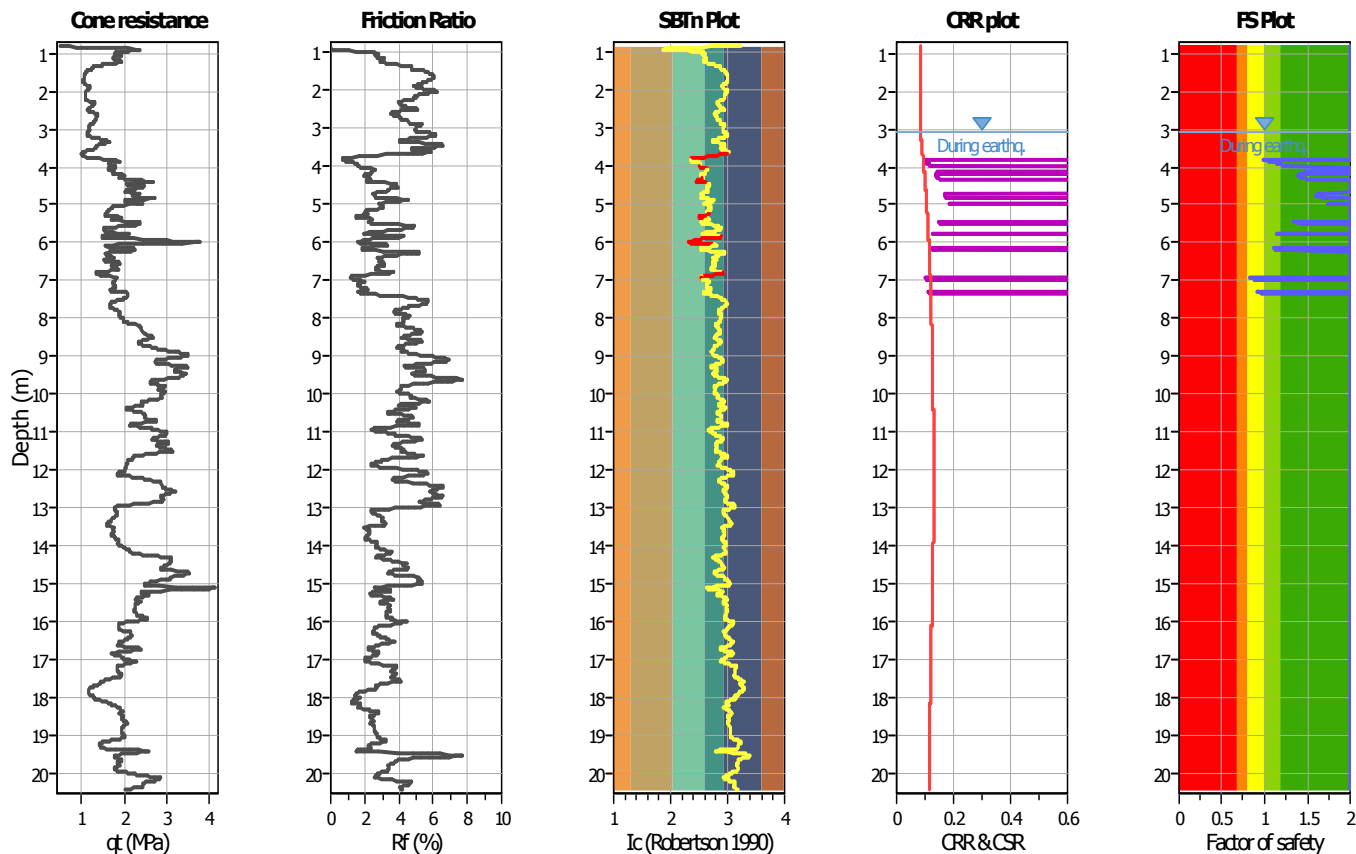
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU5

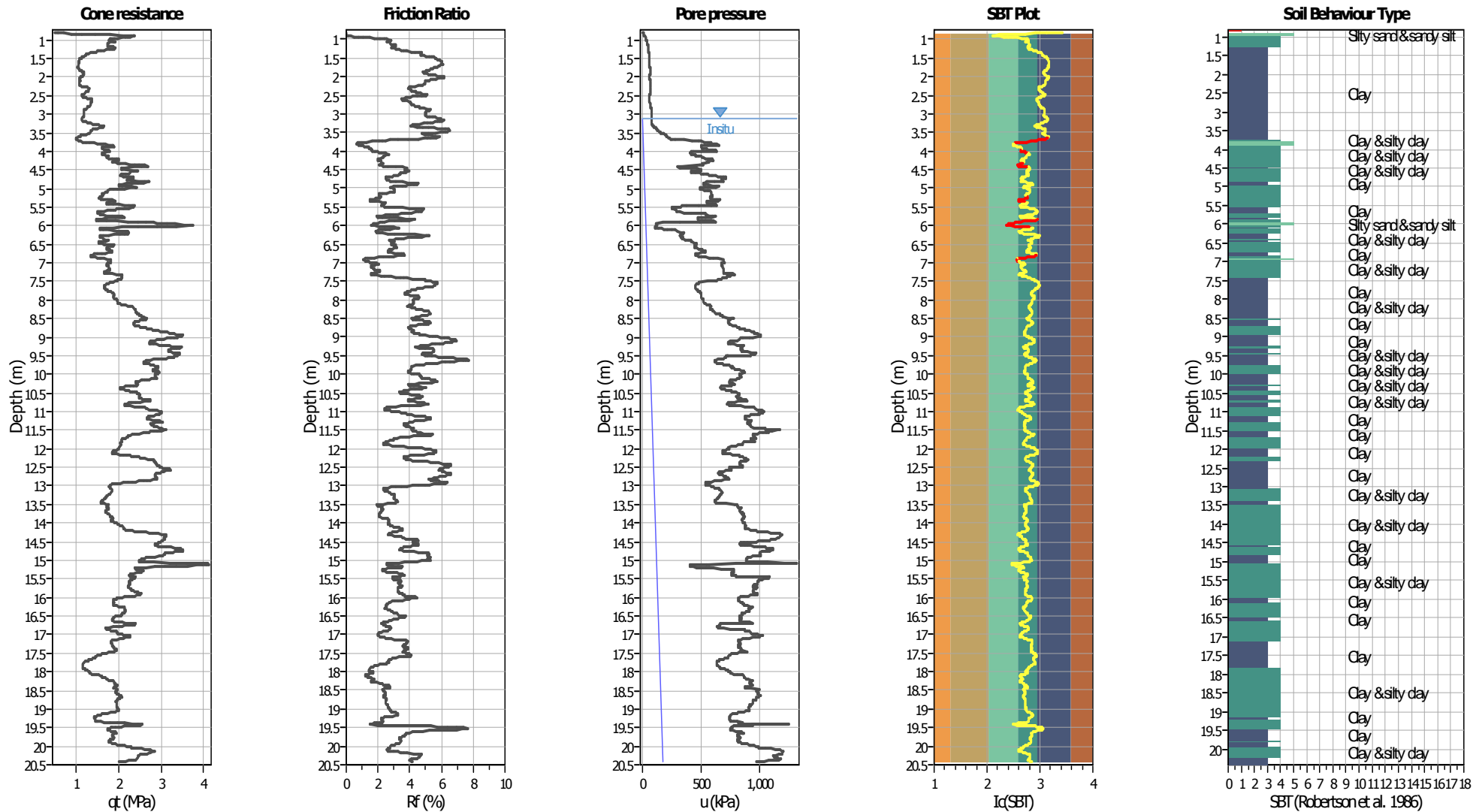
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	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

CPT basic interpretation plots



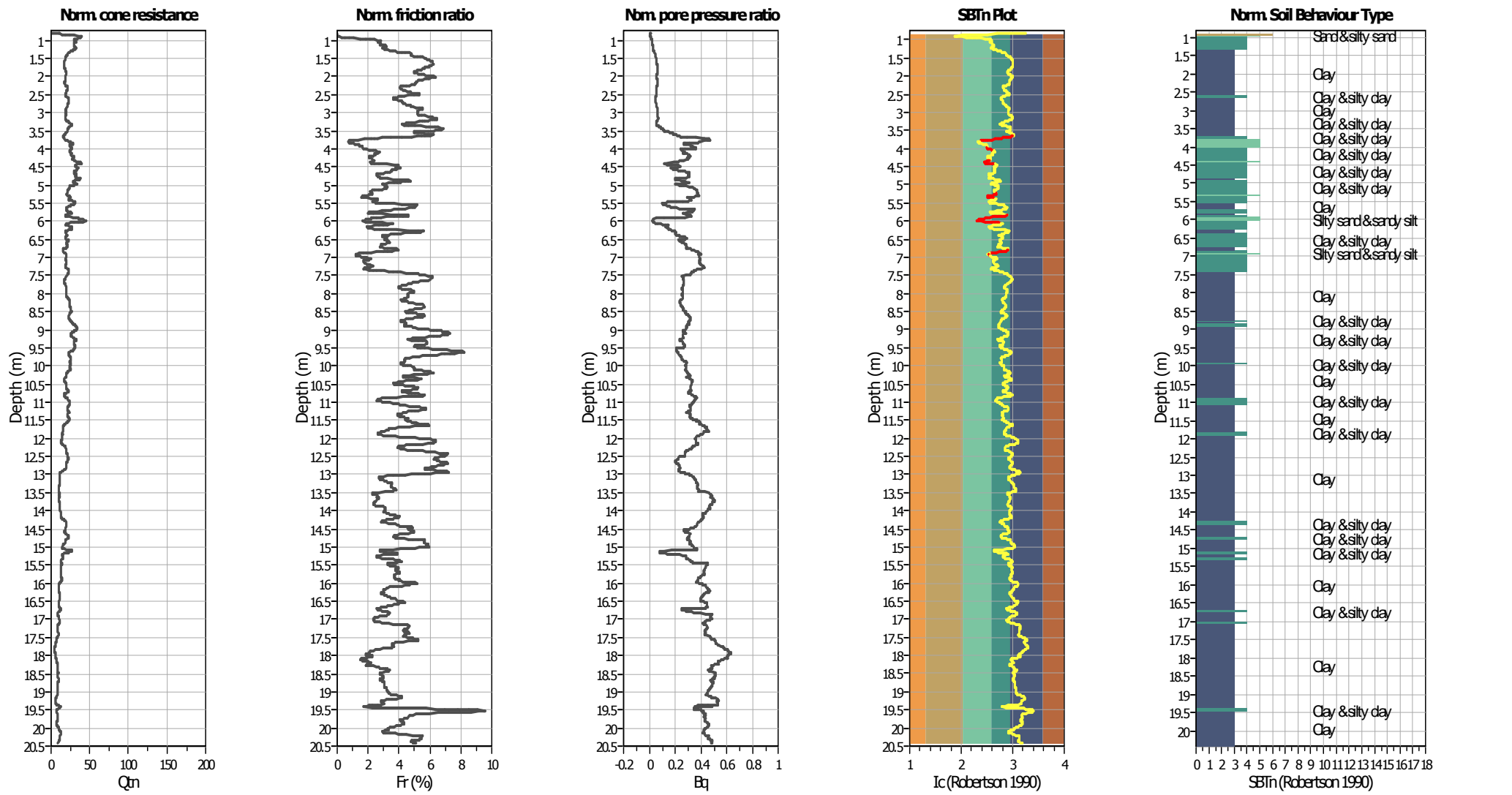
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I _c value	I _c cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)

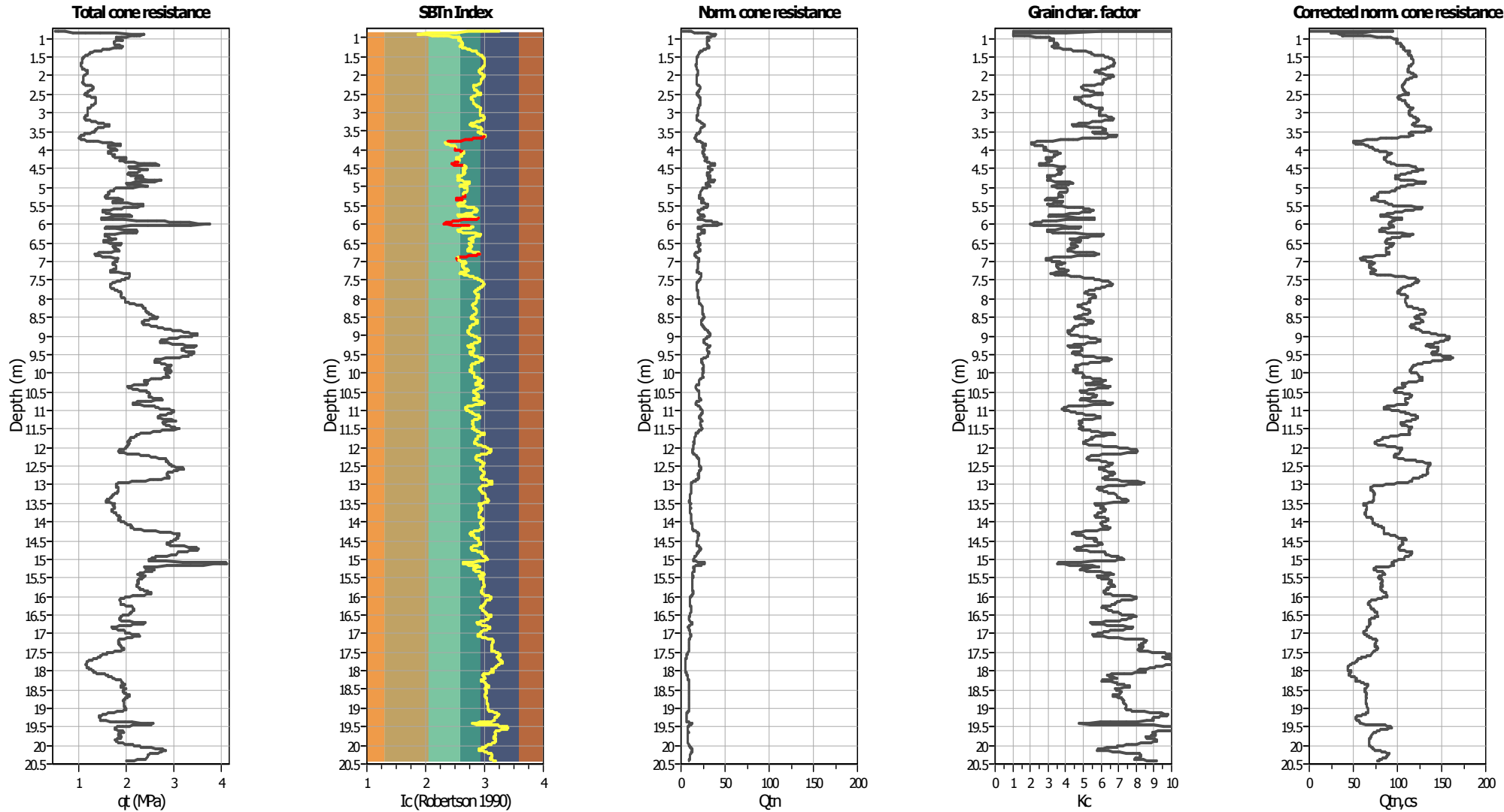


Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _o applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

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

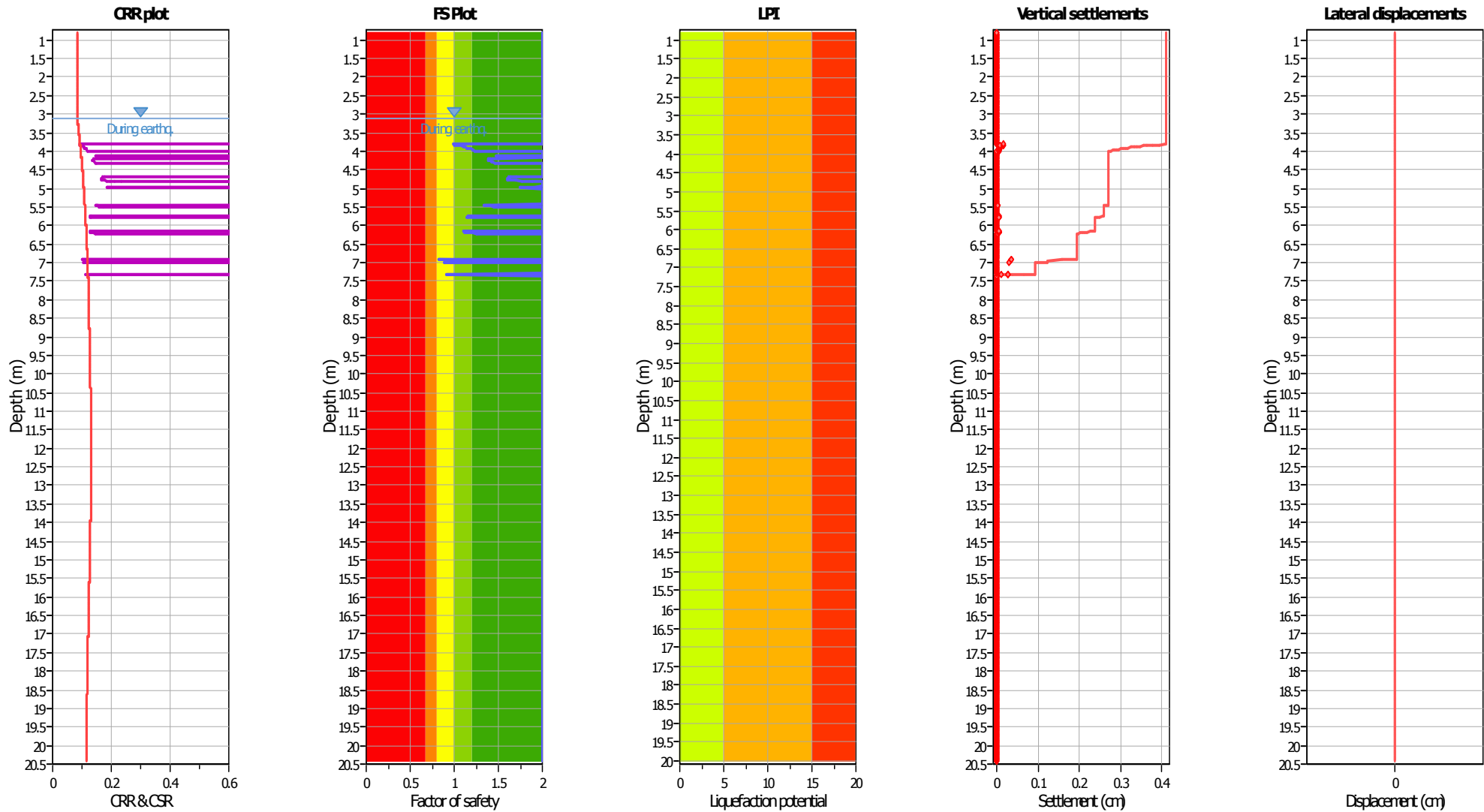
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_{cs} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

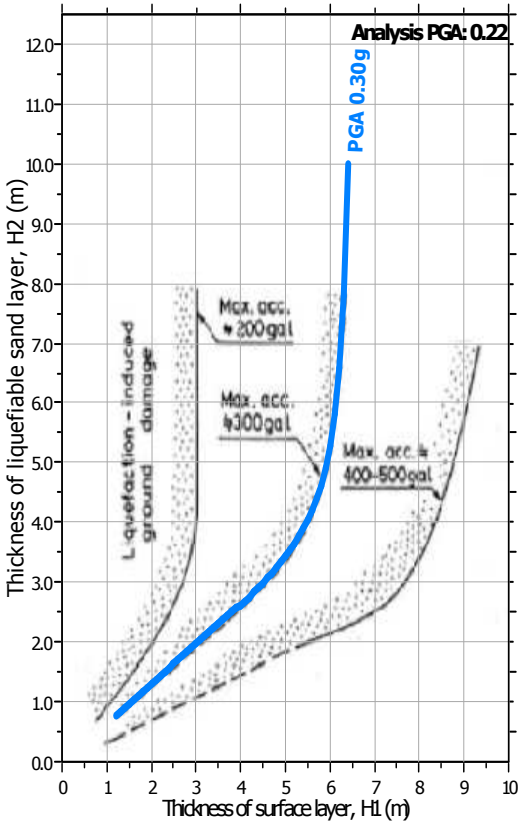
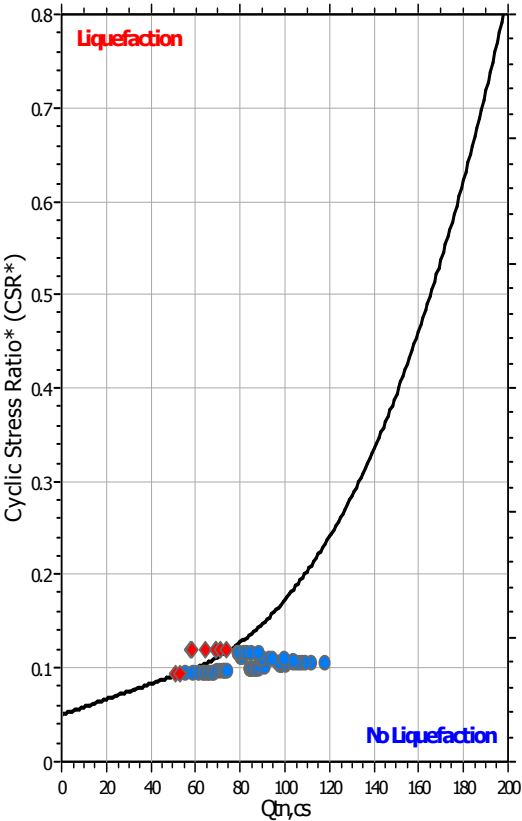
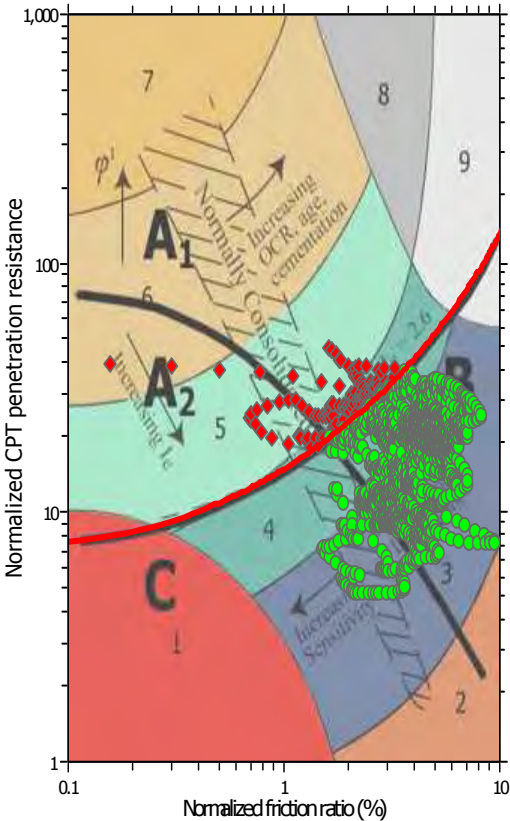
F.S. color scheme

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
Green	Low risk

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

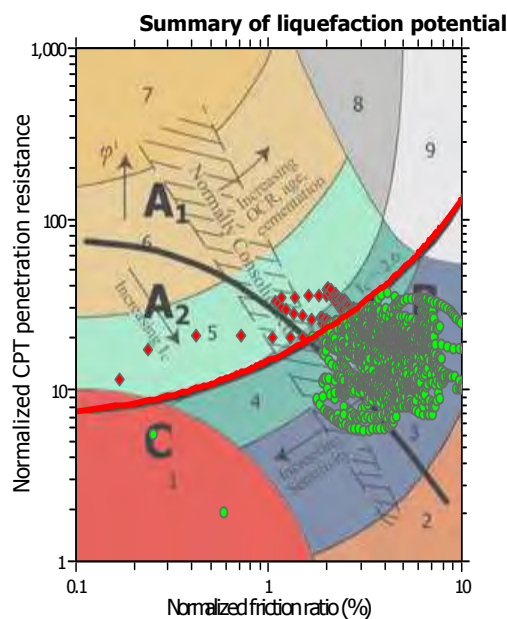
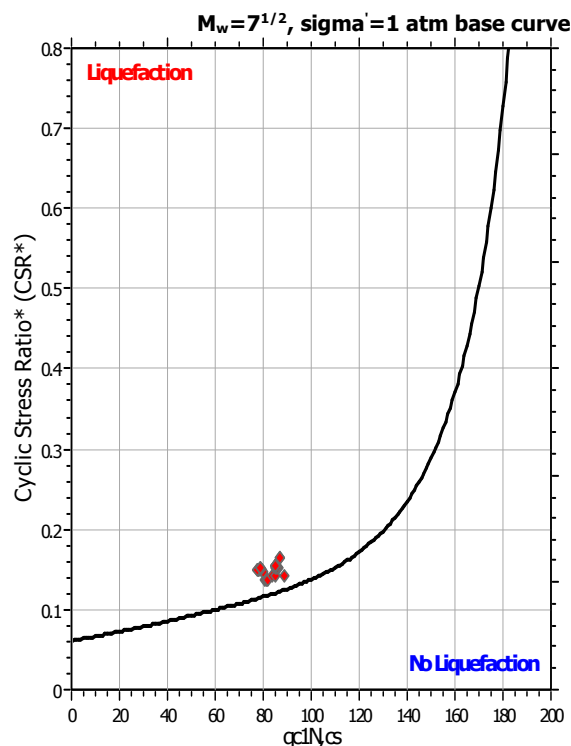
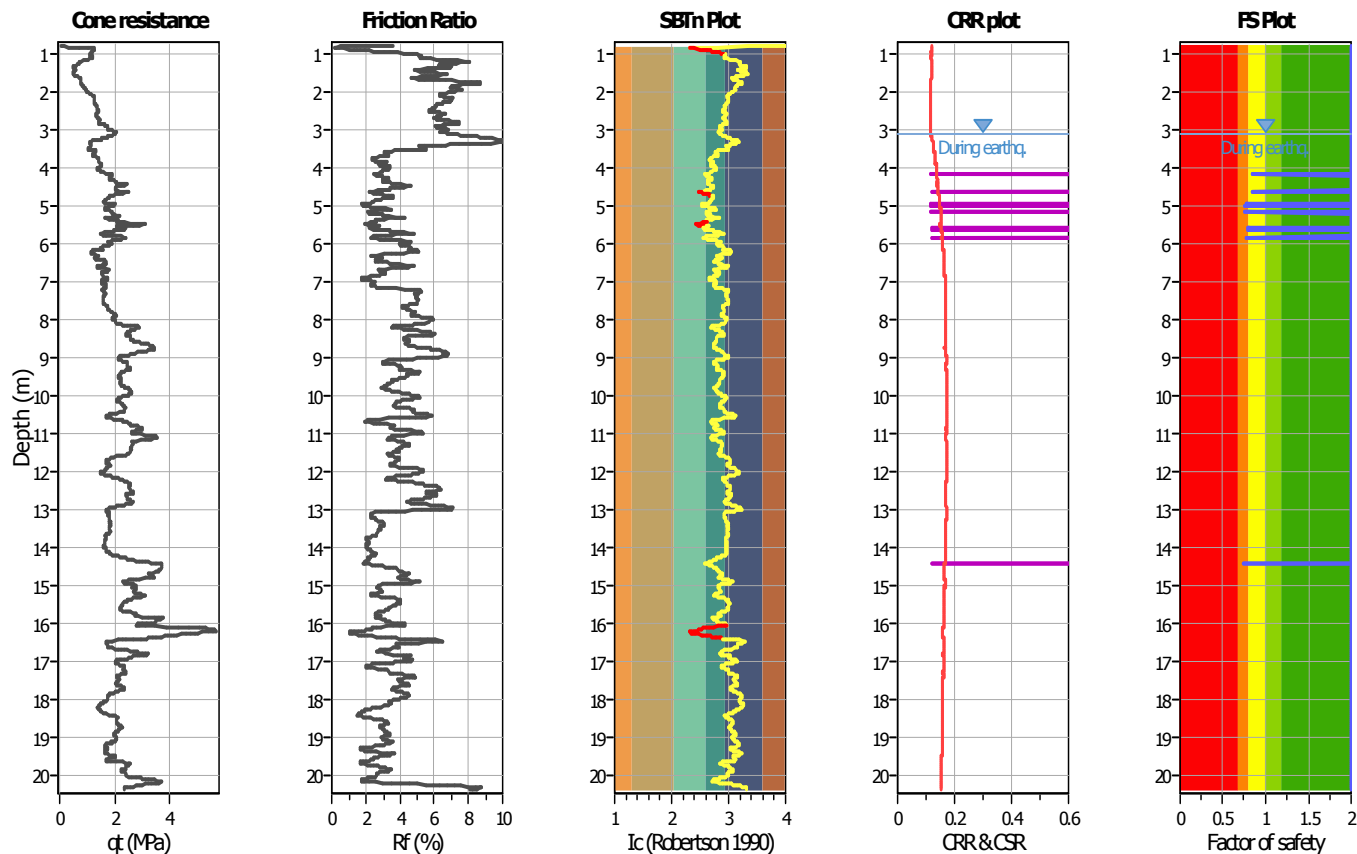
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU1

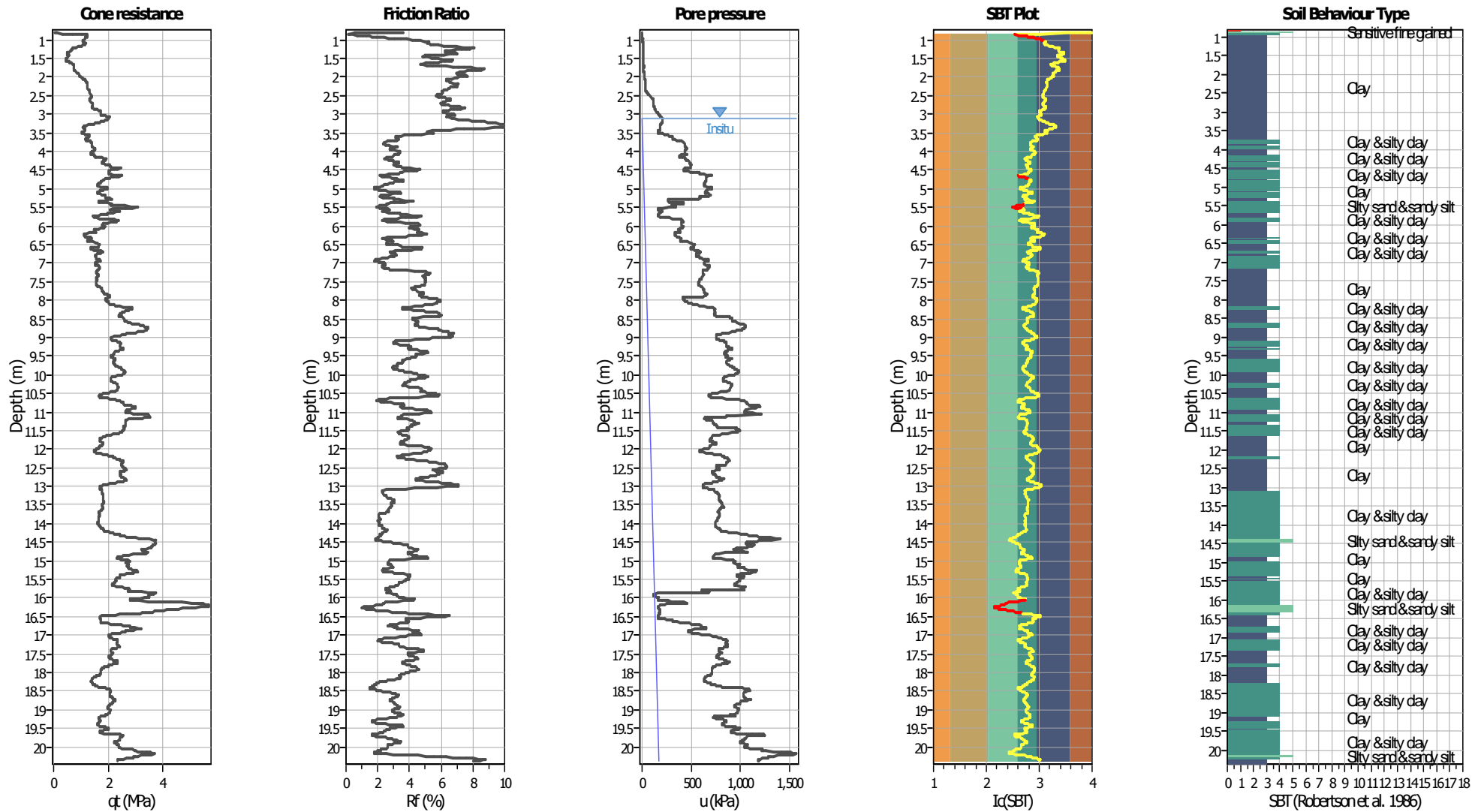
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method



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

CPT basic interpretation plots



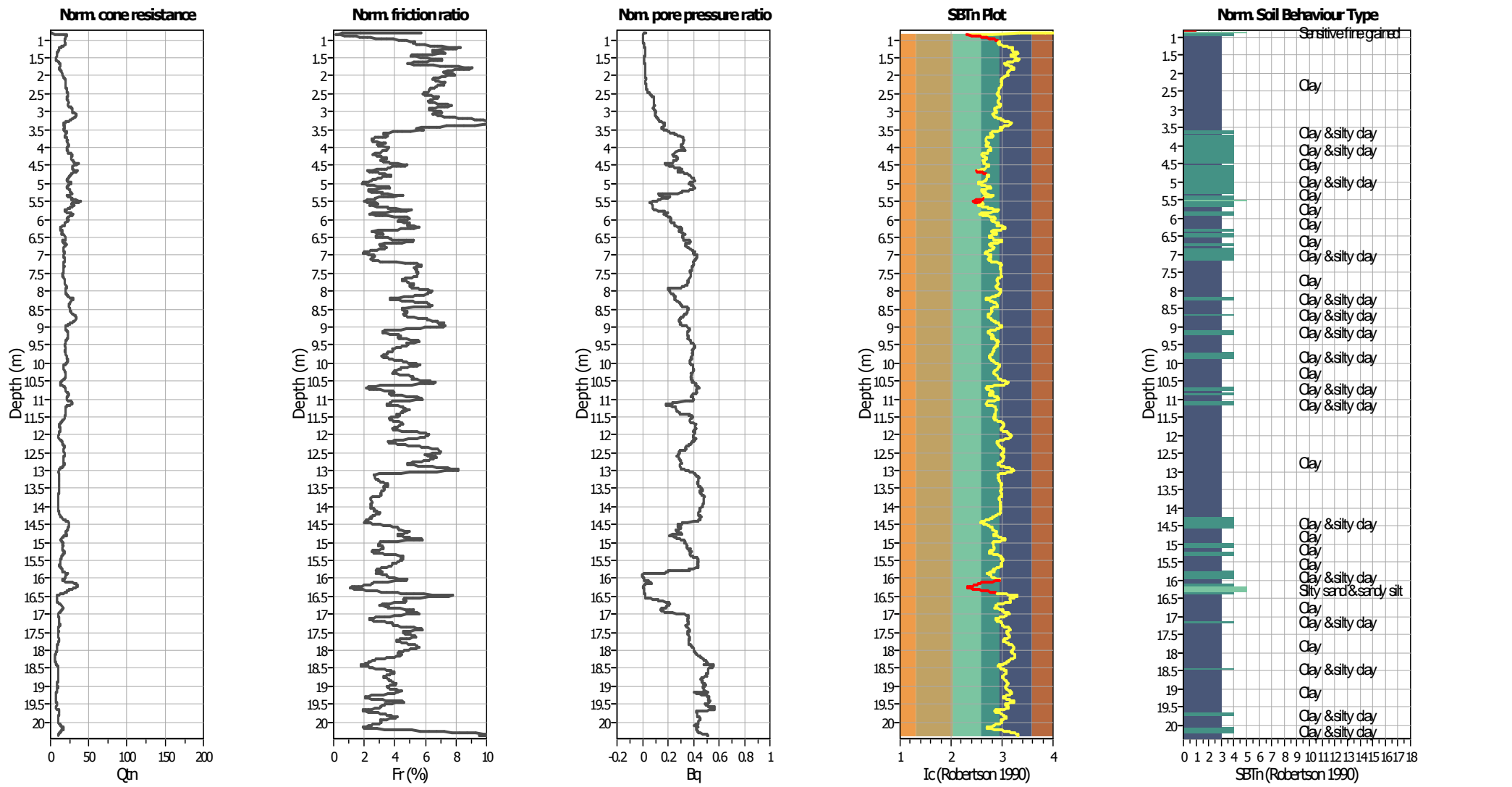
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I _c value	I _c cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



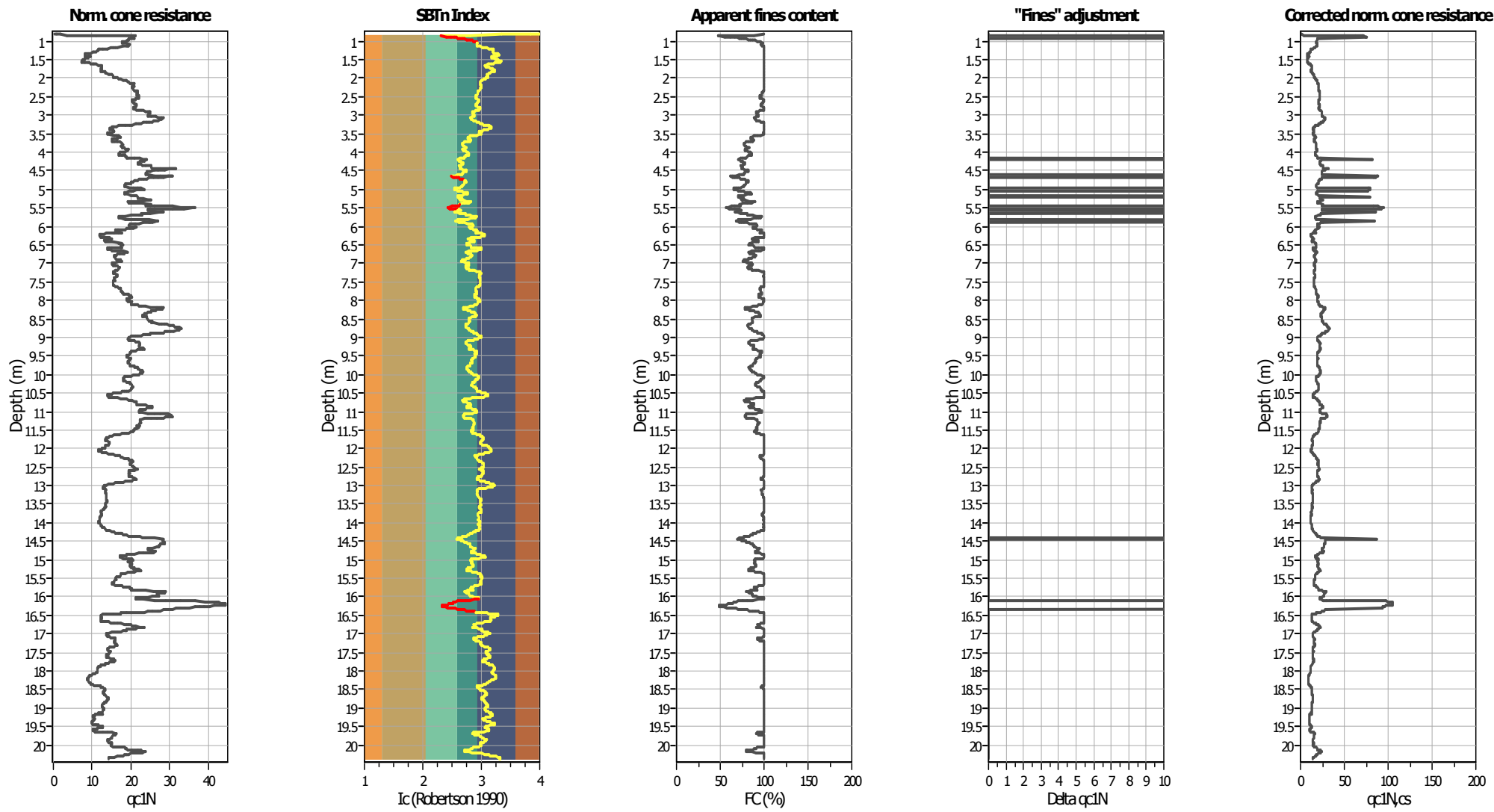
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

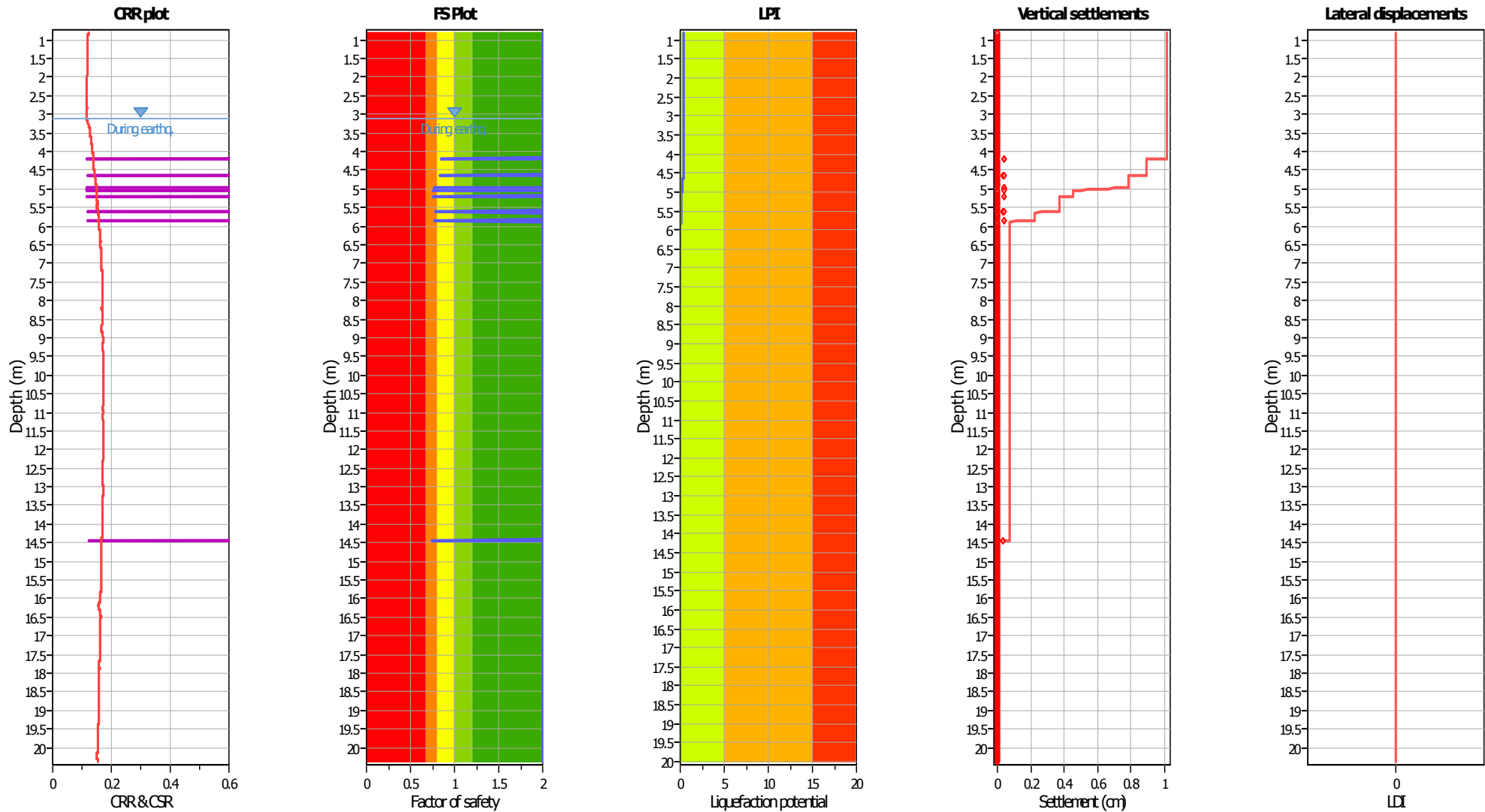
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _q applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

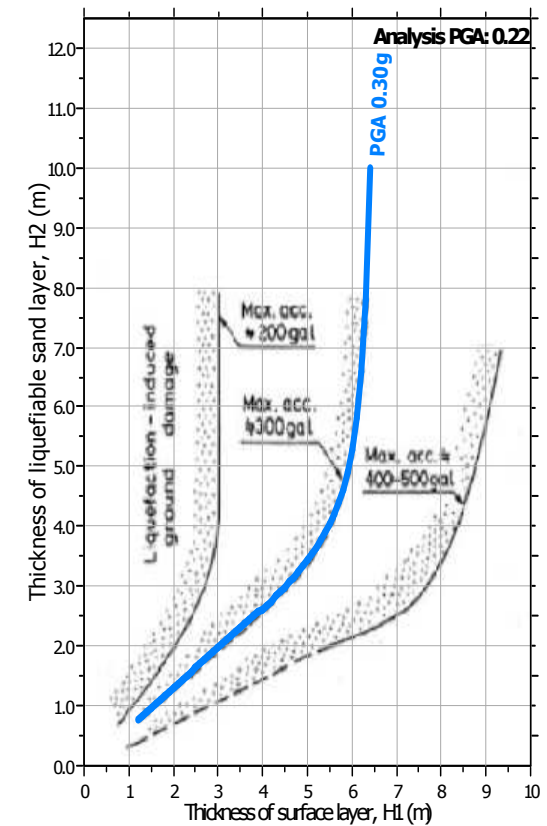
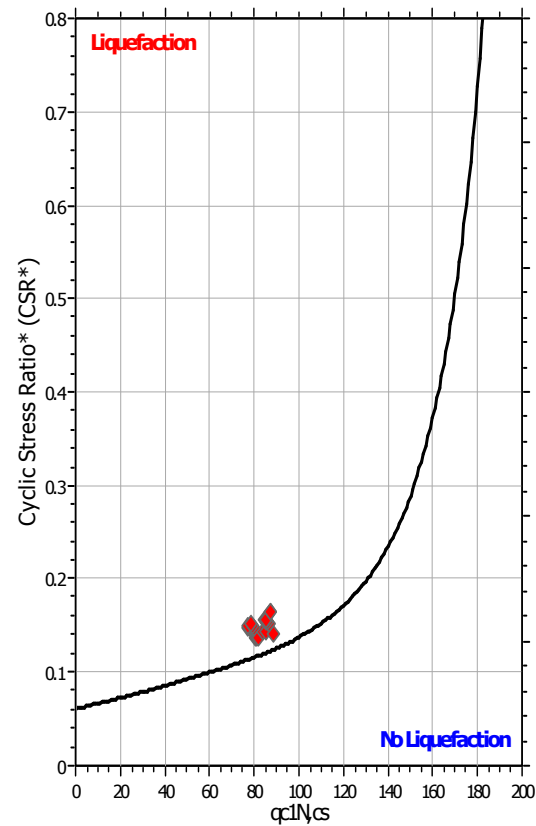
Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _g applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk



Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _o applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

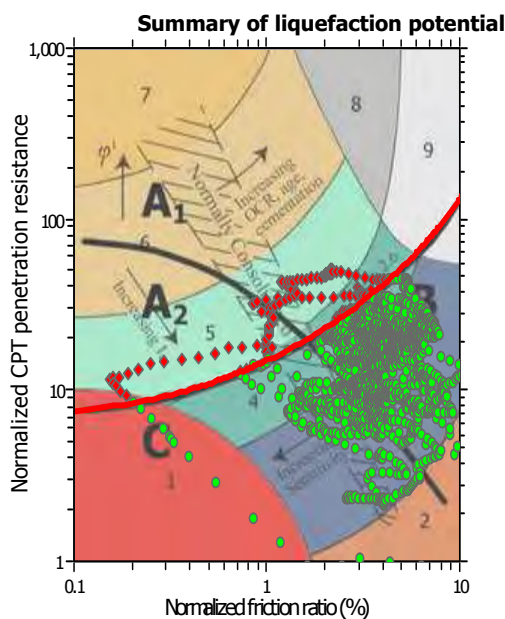
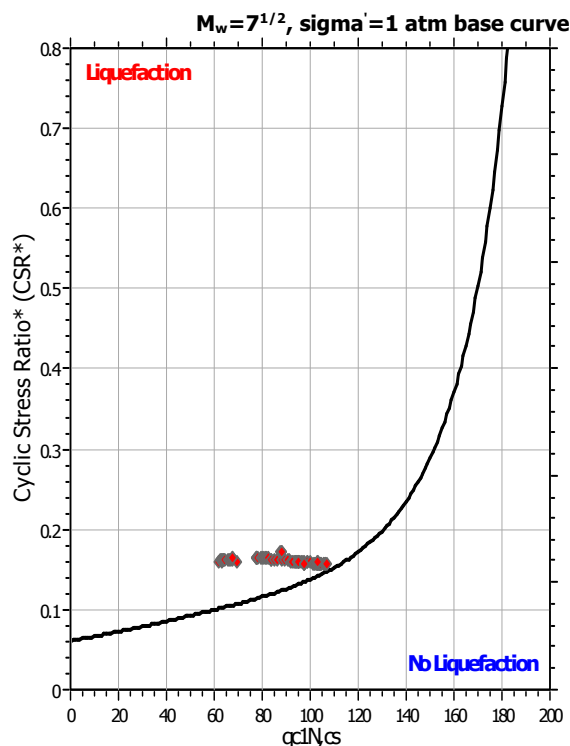
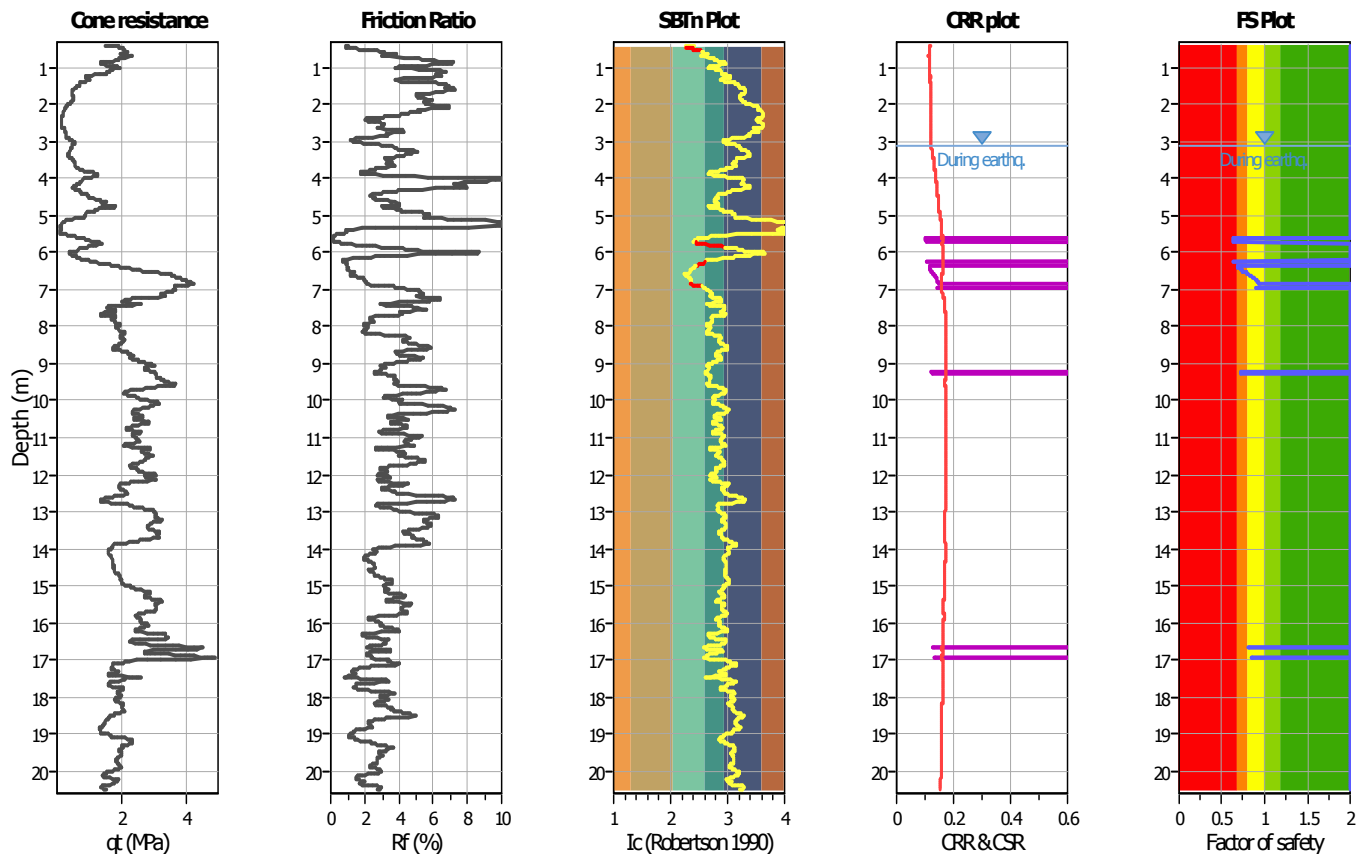
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU2

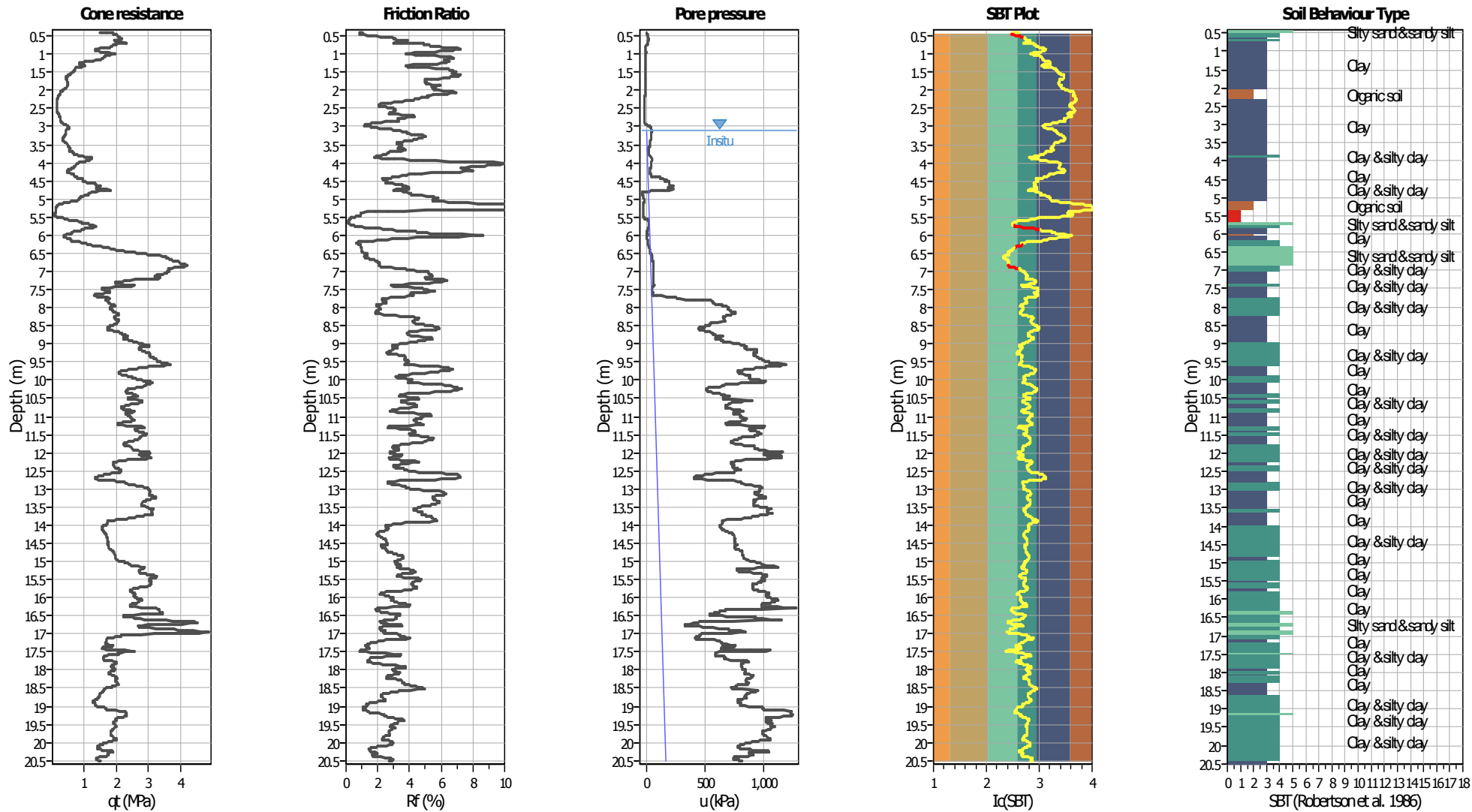
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method



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

CPT basic interpretation plots



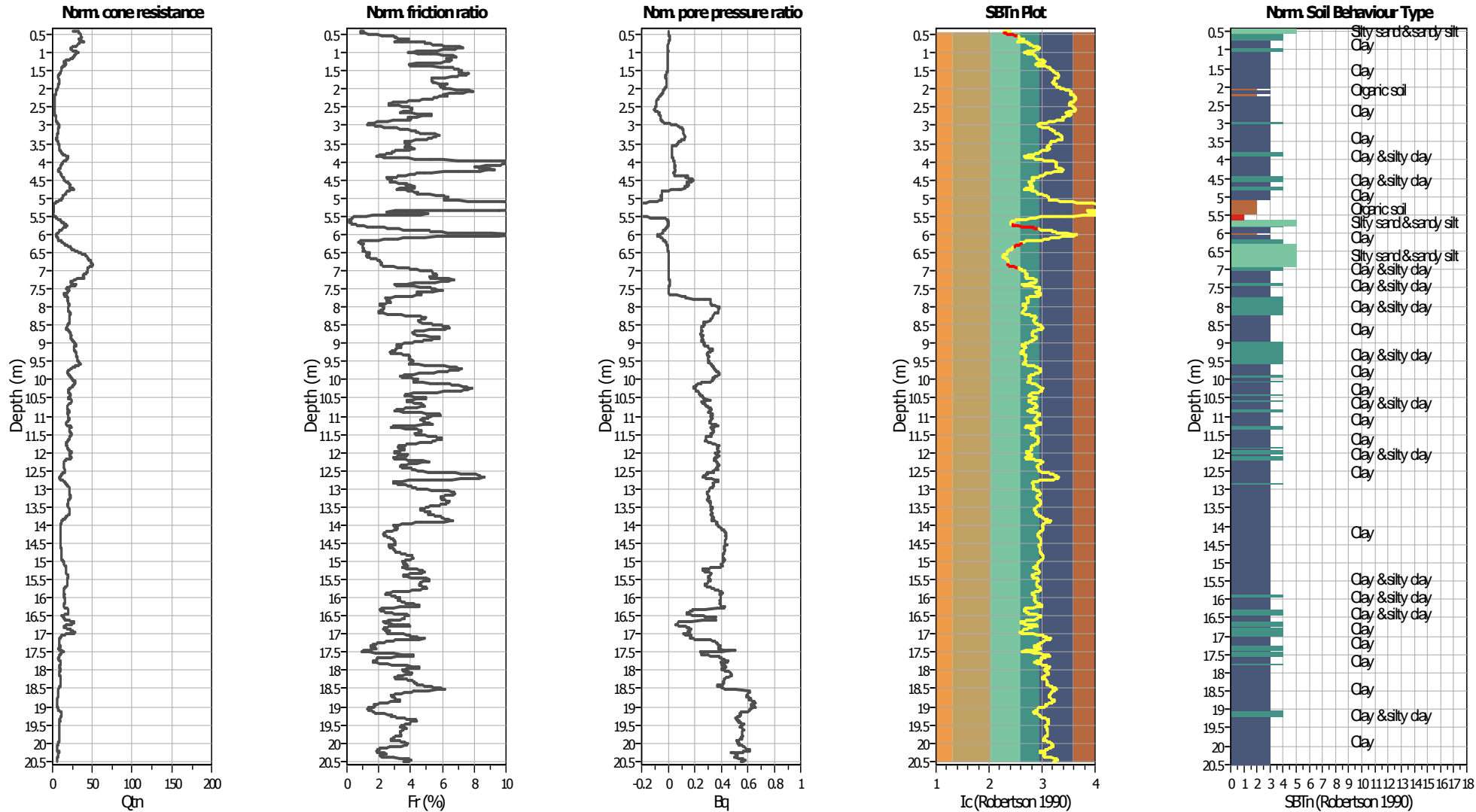
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I _c value	I _c cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



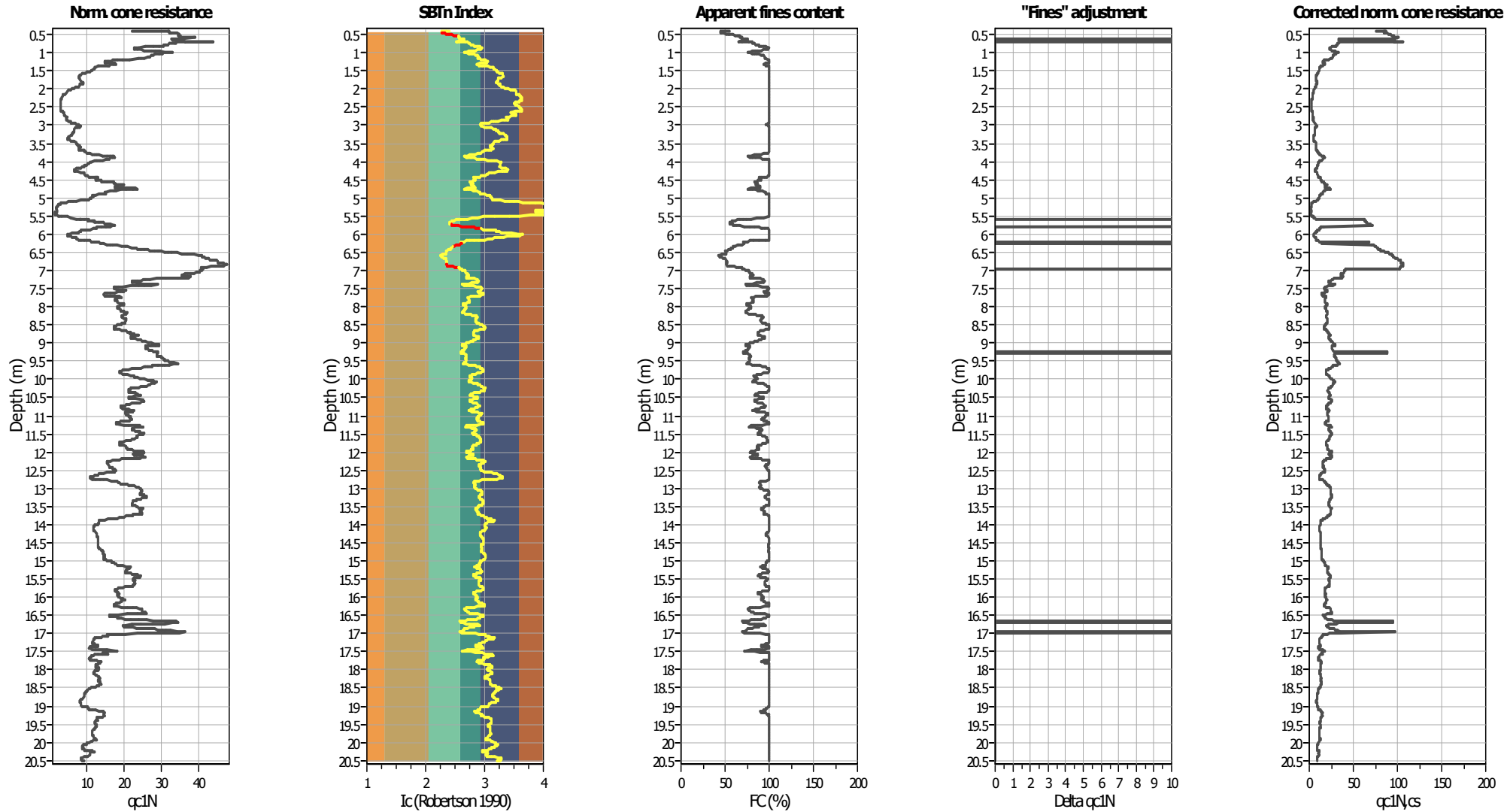
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

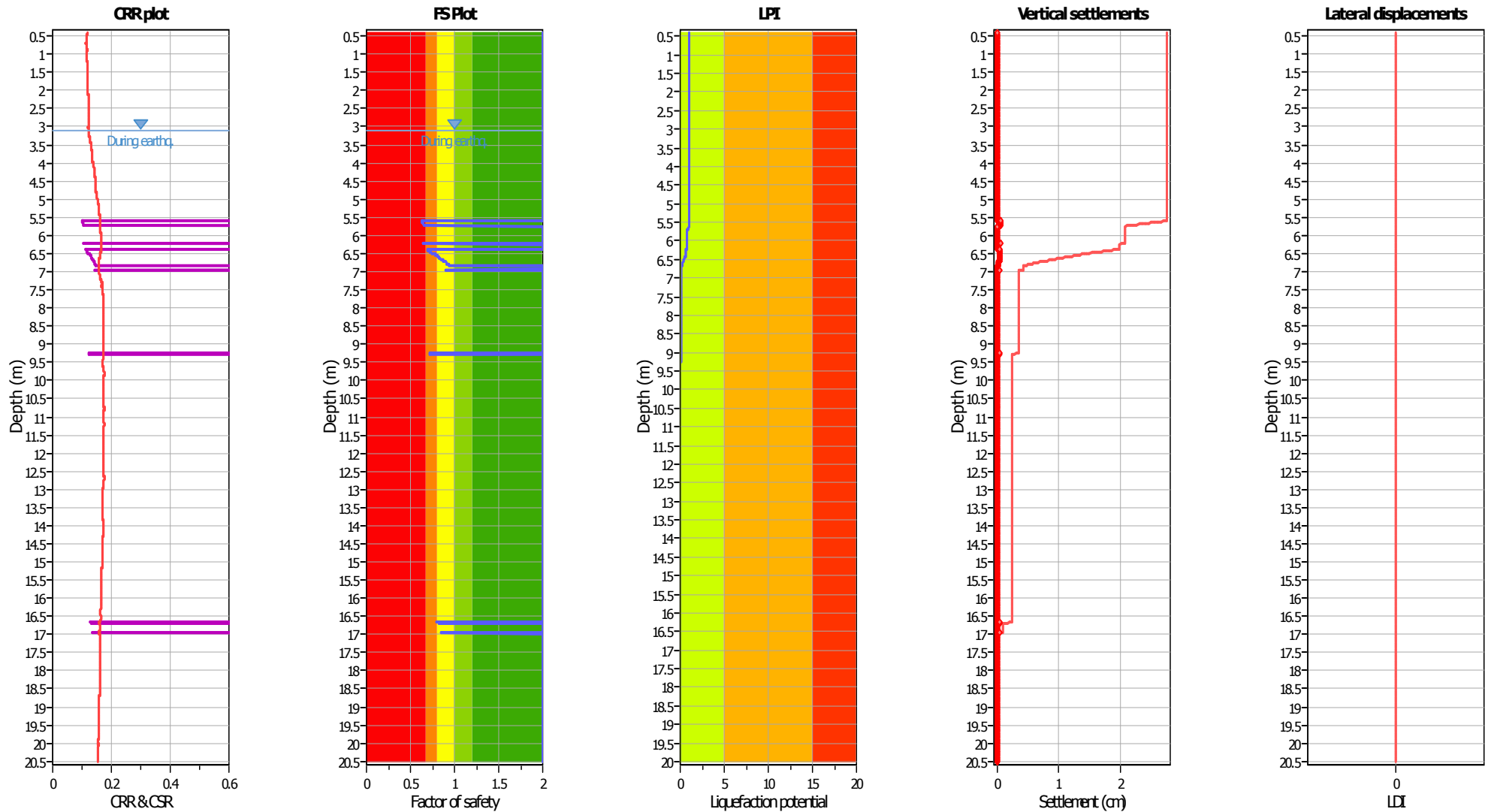
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _q applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _g applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

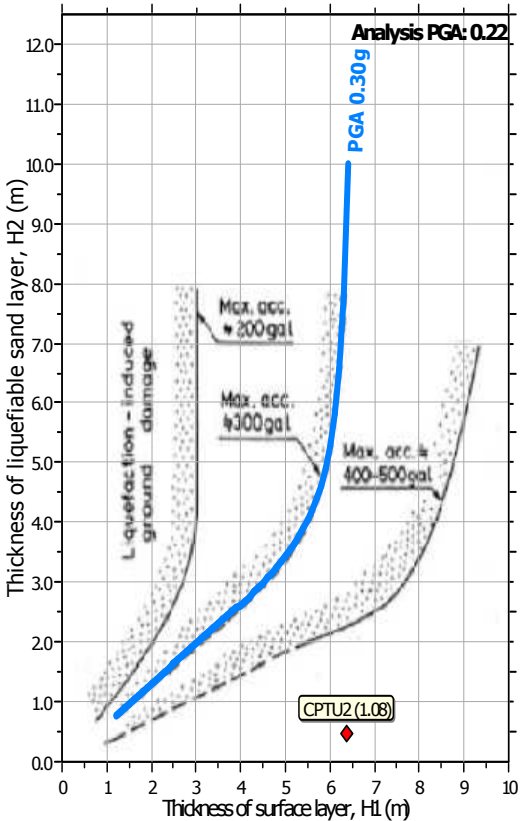
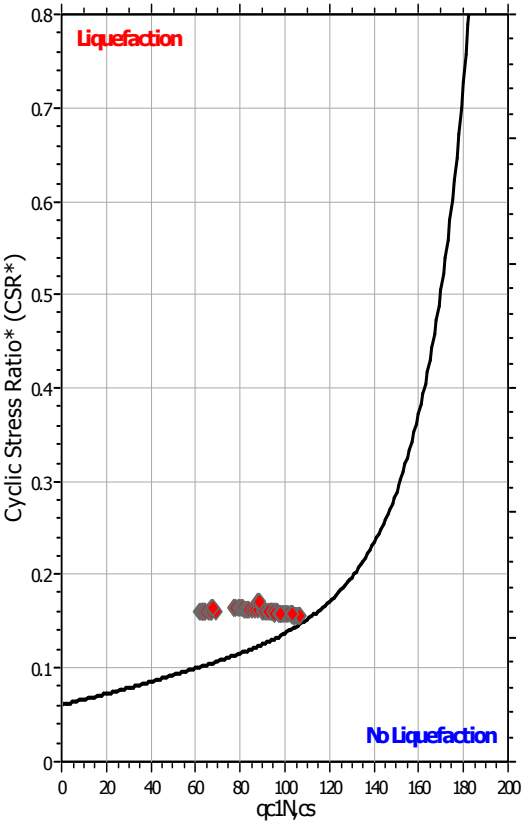
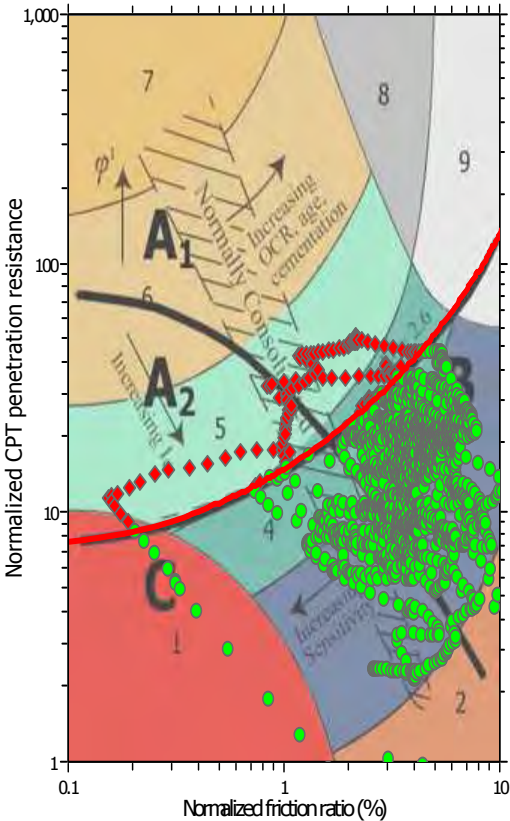
F.S. color scheme

Red	Almost certain it will liquefy
Orange	Very likely to liquefy
Yellow	Liquefaction and no liq. are equally likely
Light 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

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

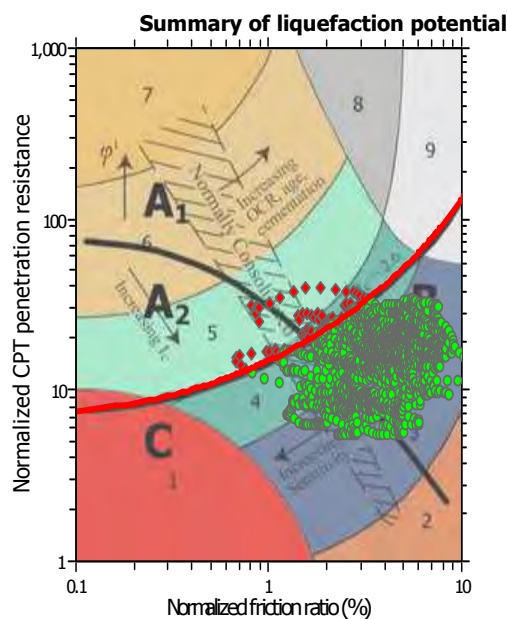
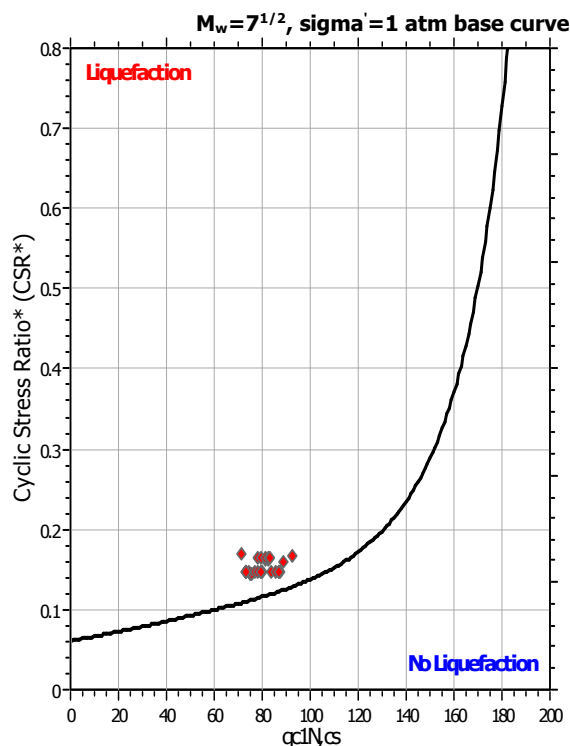
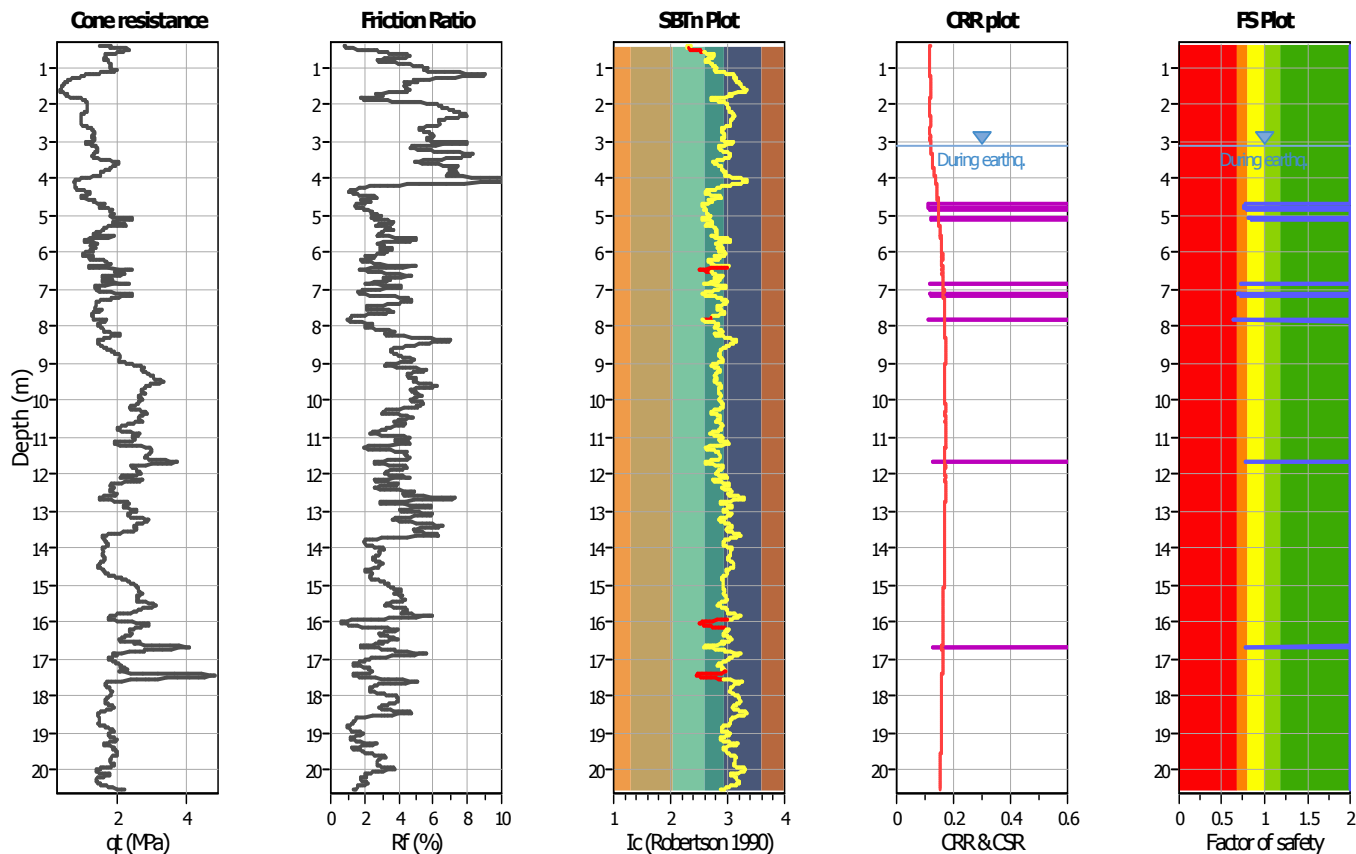
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU3

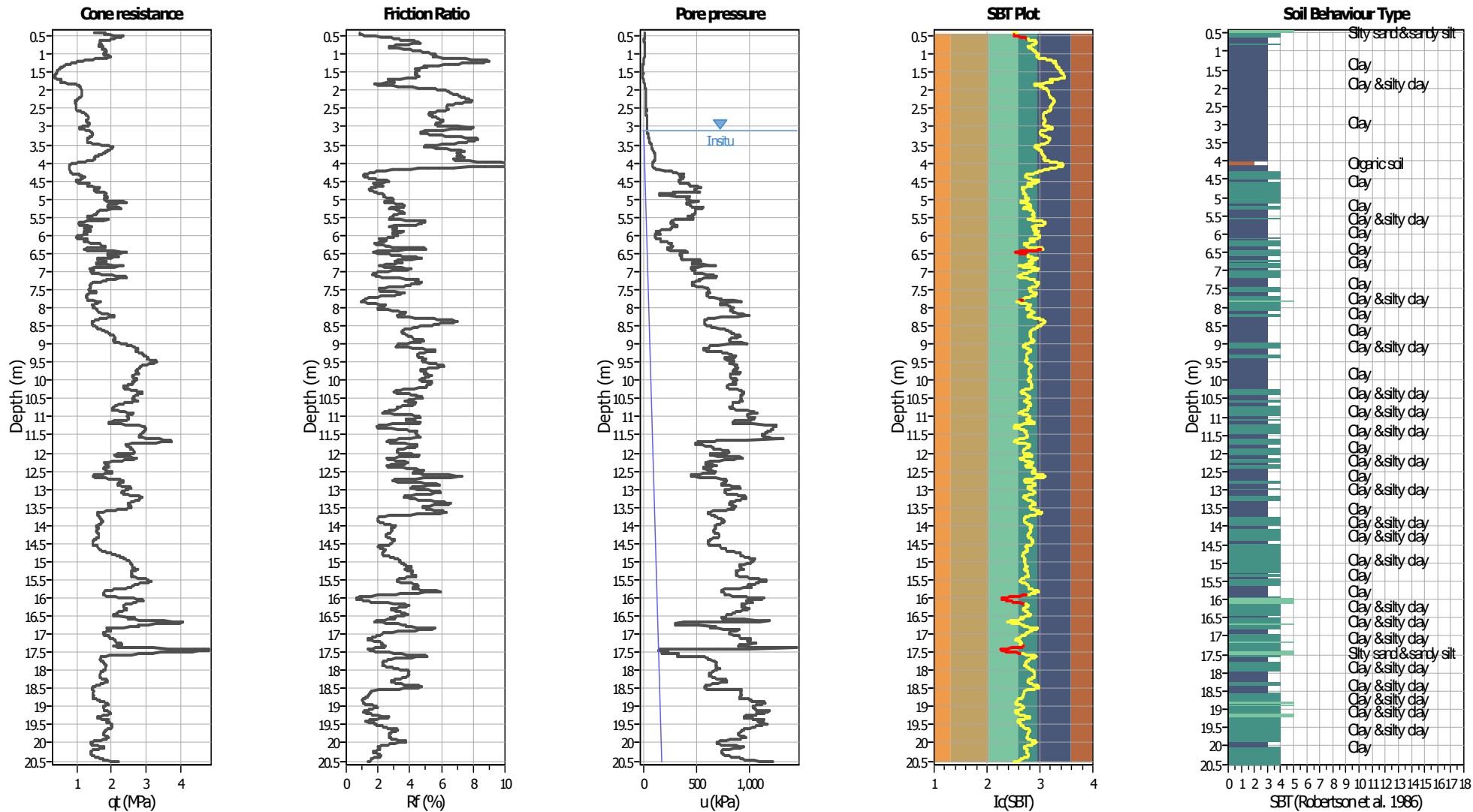
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method



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

CPT basic interpretation plots



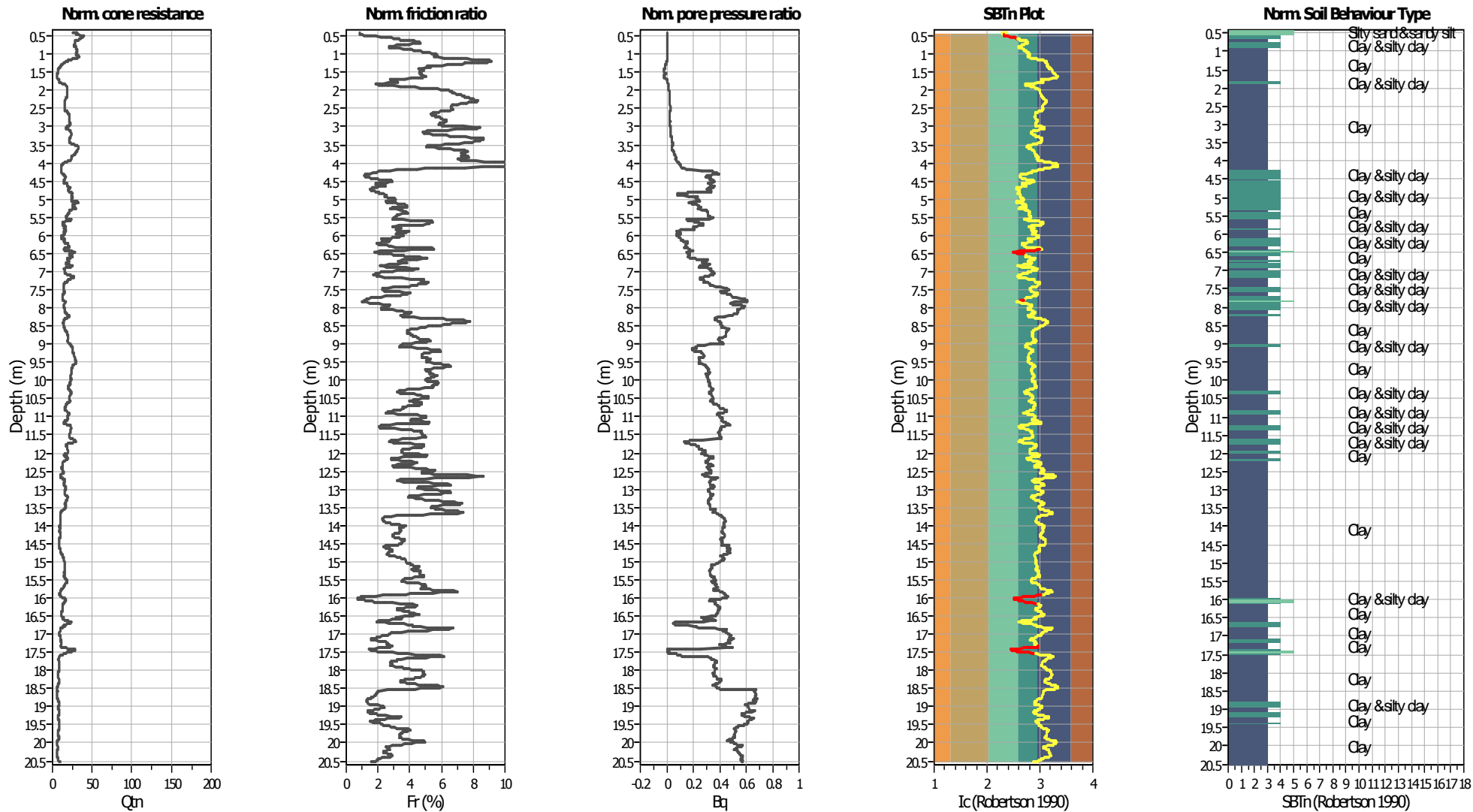
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I _c value	I _c cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



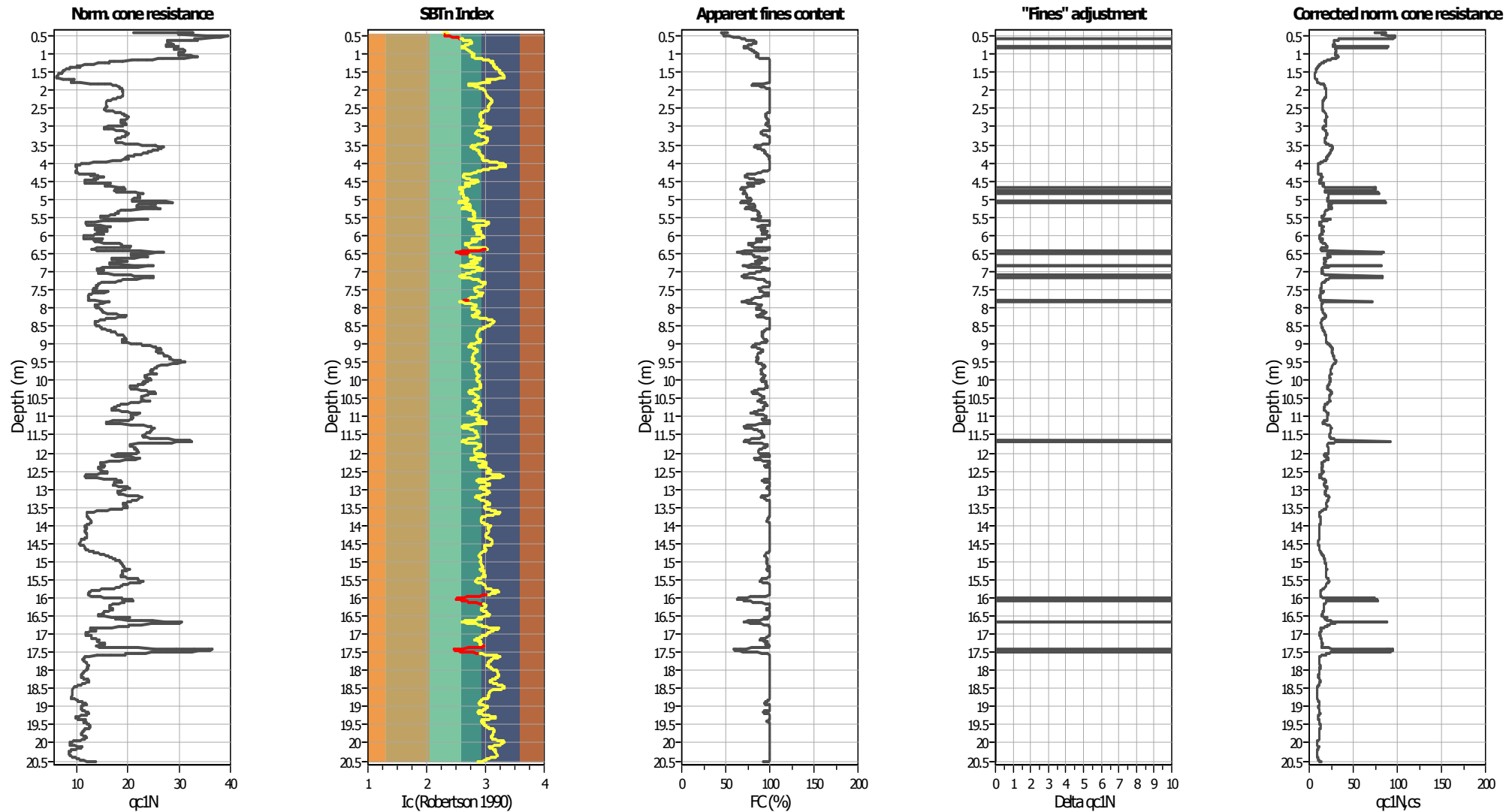
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

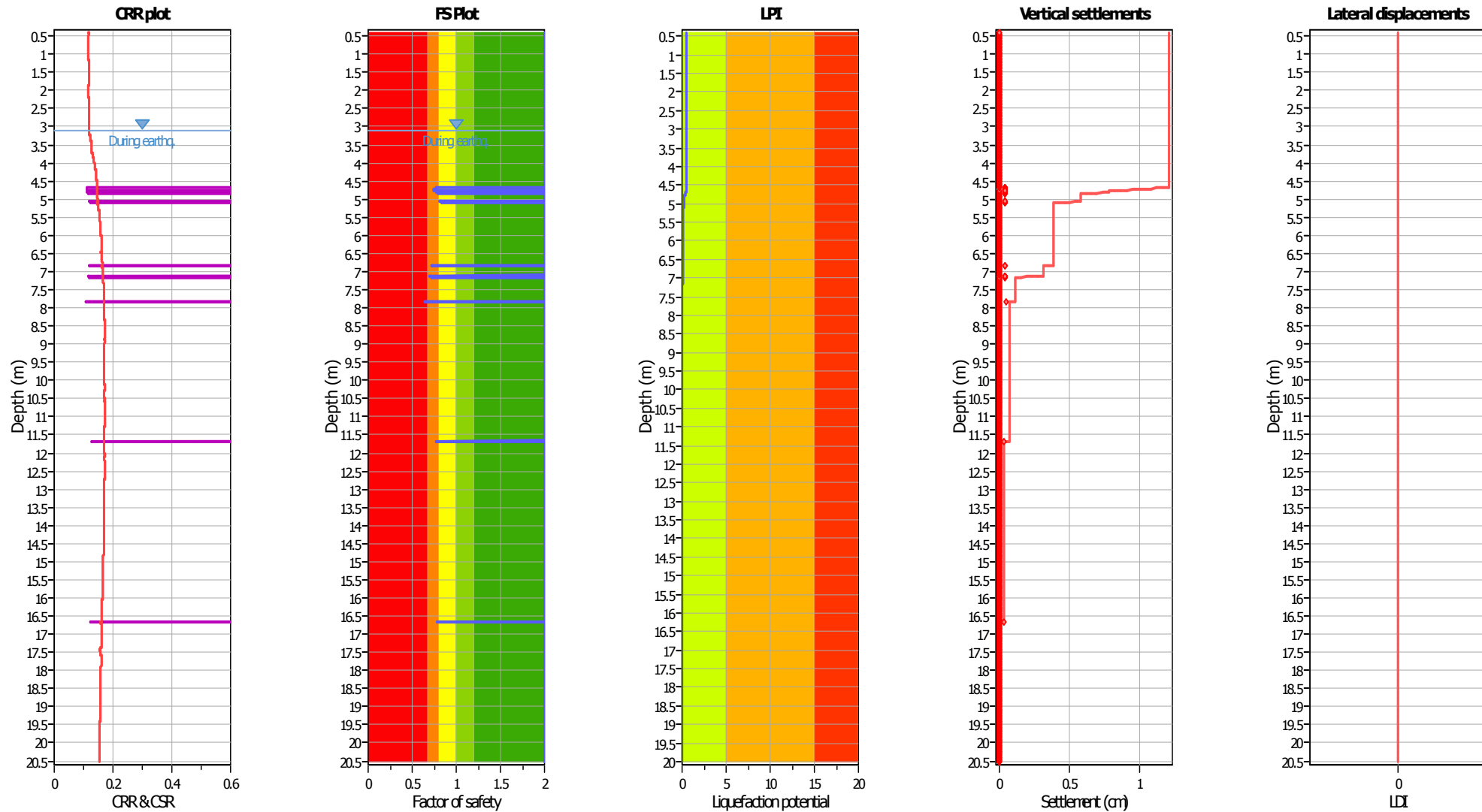
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (earthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

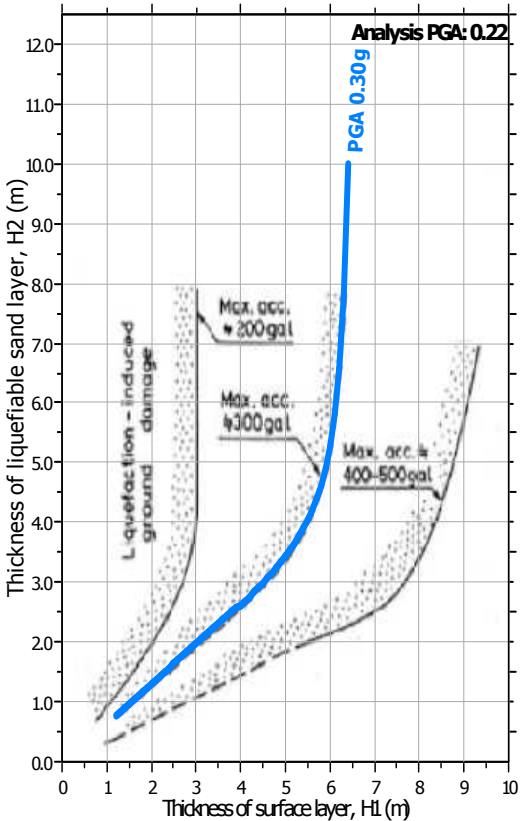
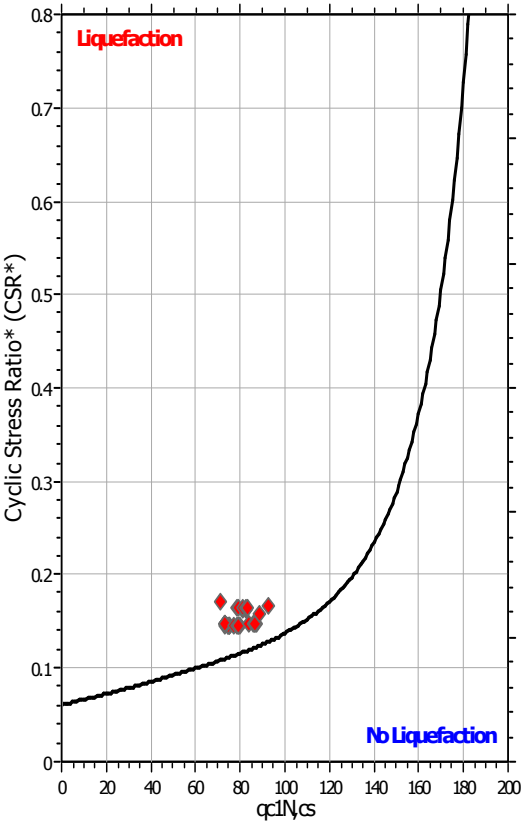
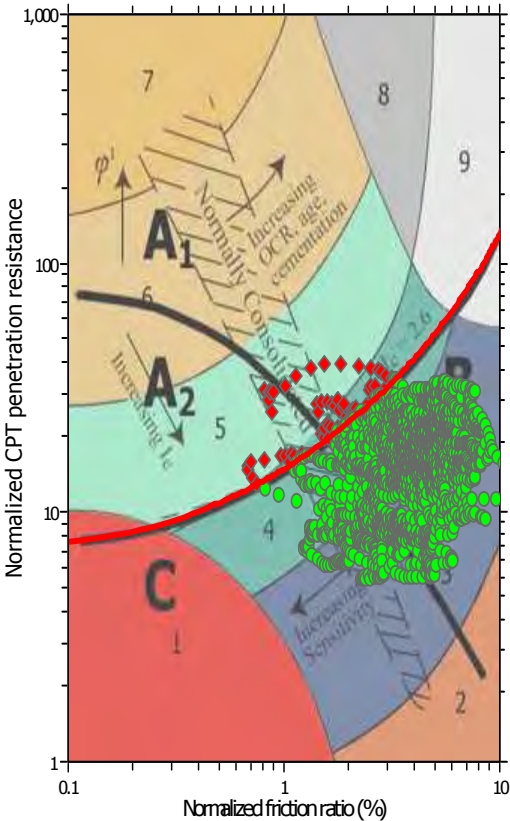
F.S. color scheme

■	Almost certain it will liquefy
■	Very likely to liquefy
■	Liquefaction and no liq. are equally likely
■	Unlike to liquefy
■	Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

■	Very high risk
■	High risk
■	Low risk

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

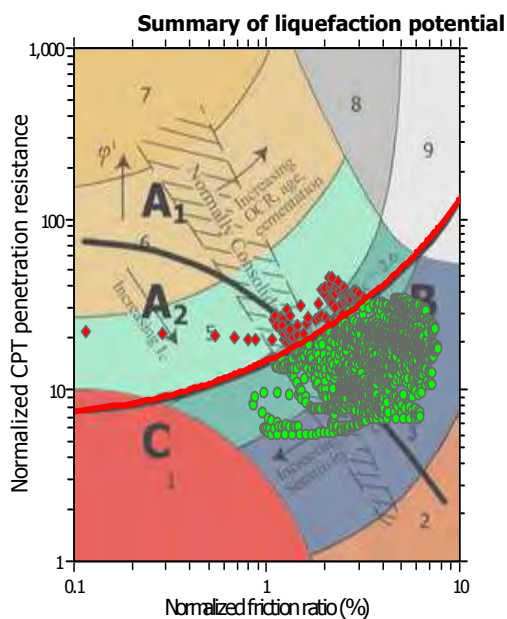
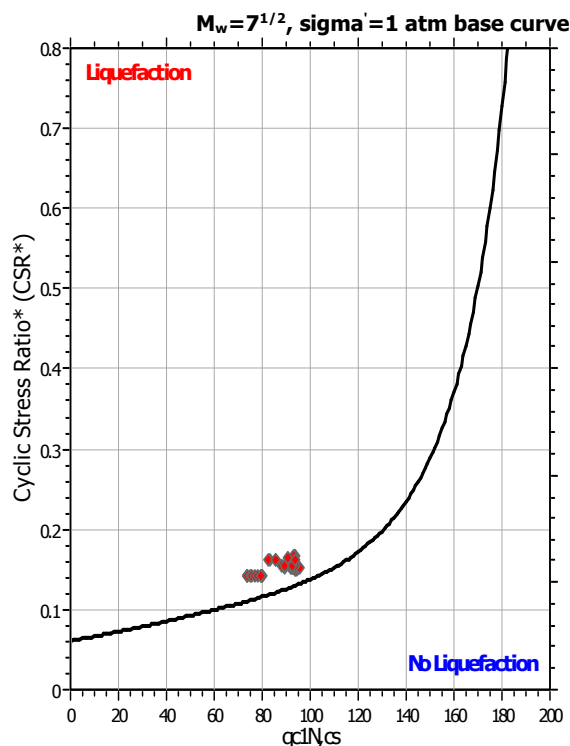
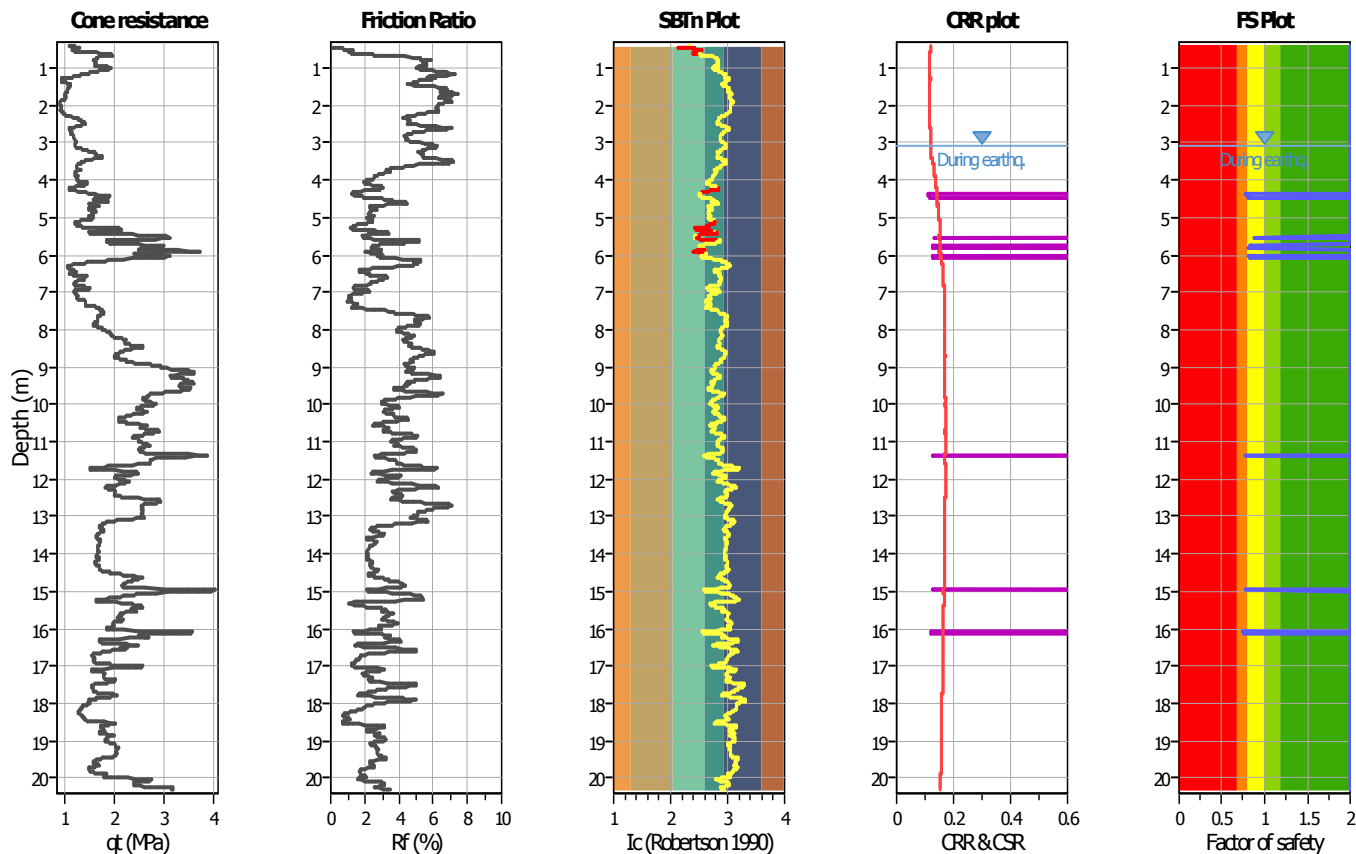
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU4

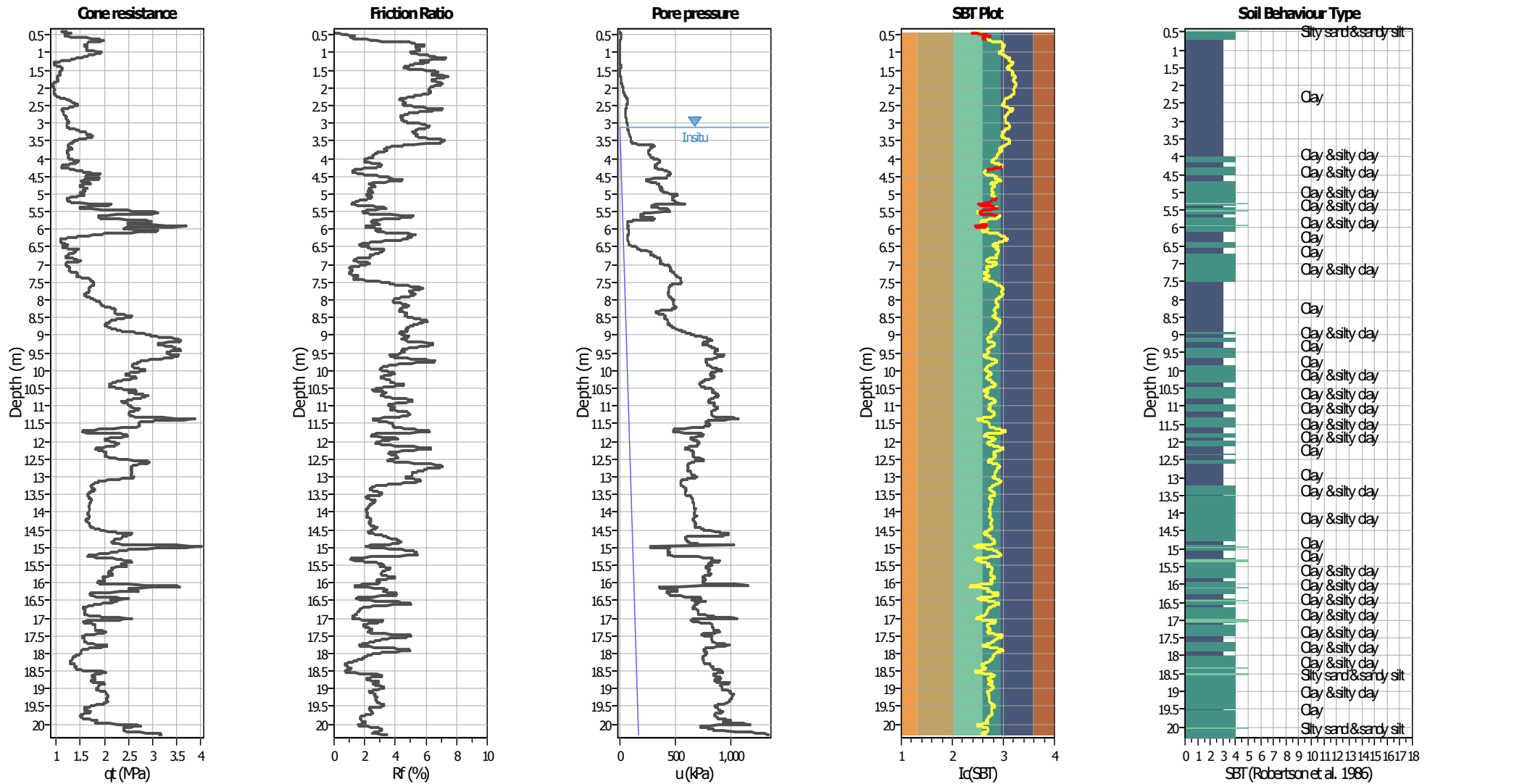
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method



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

CPT basic interpretation plots



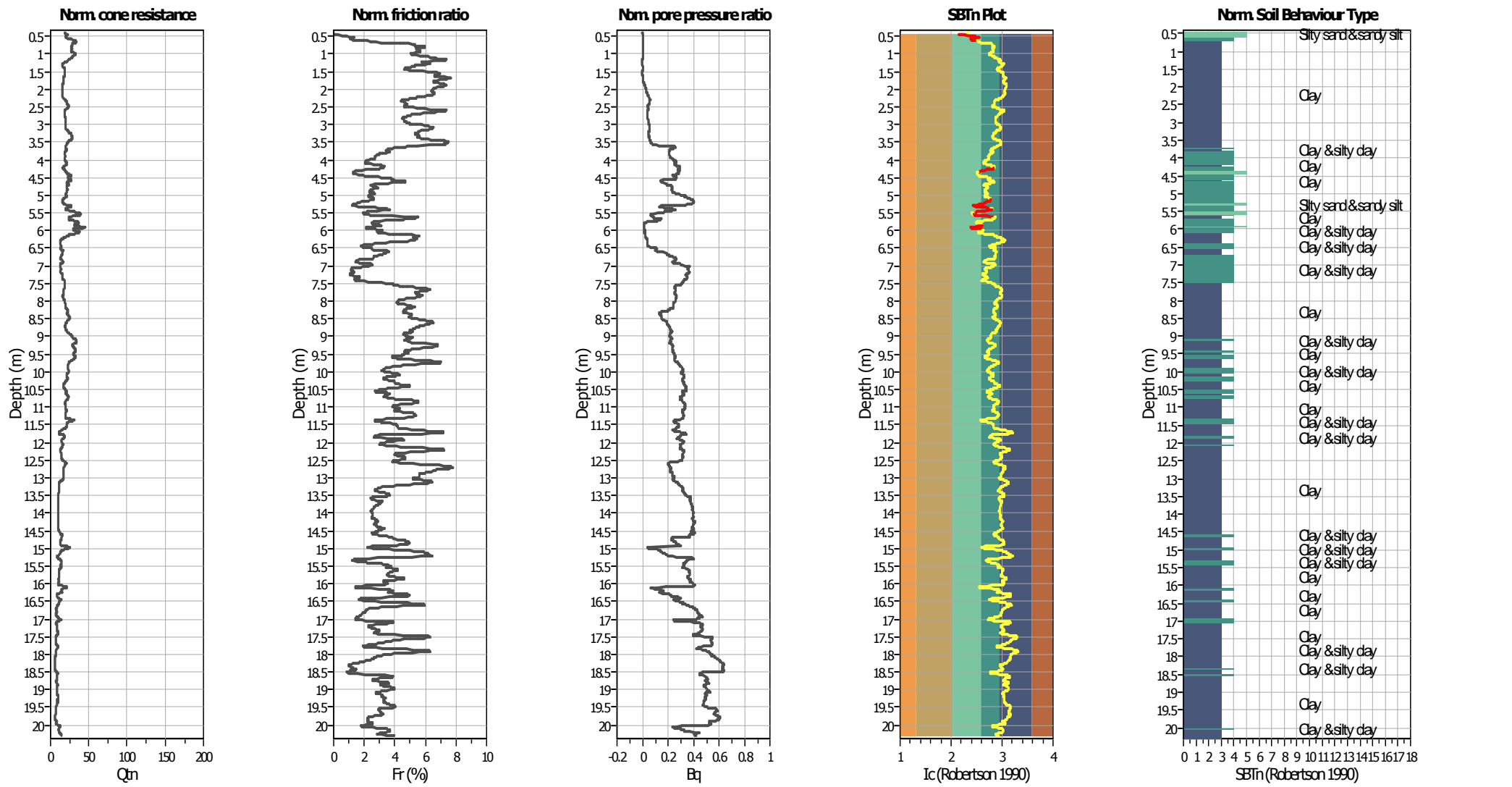
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



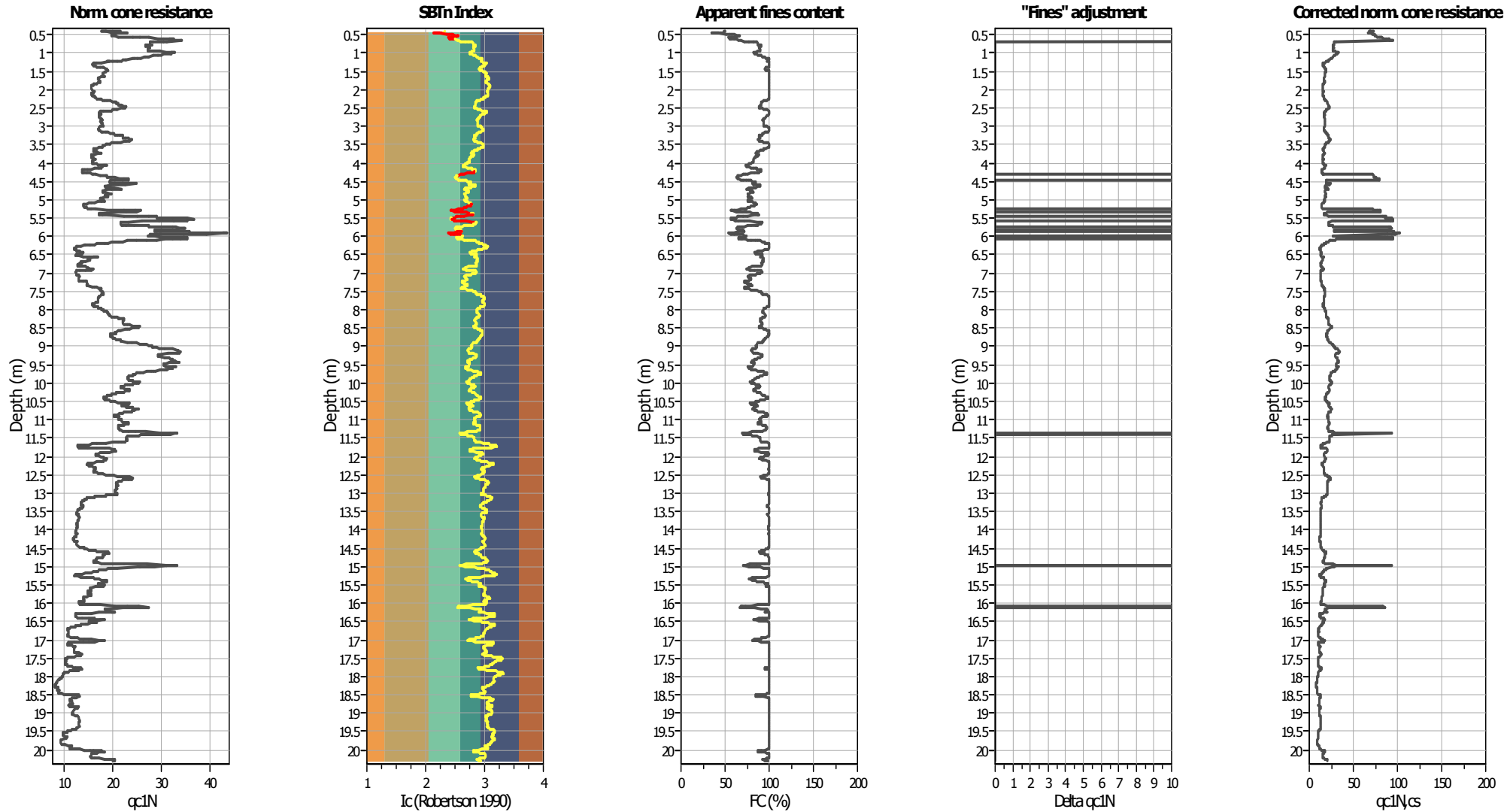
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

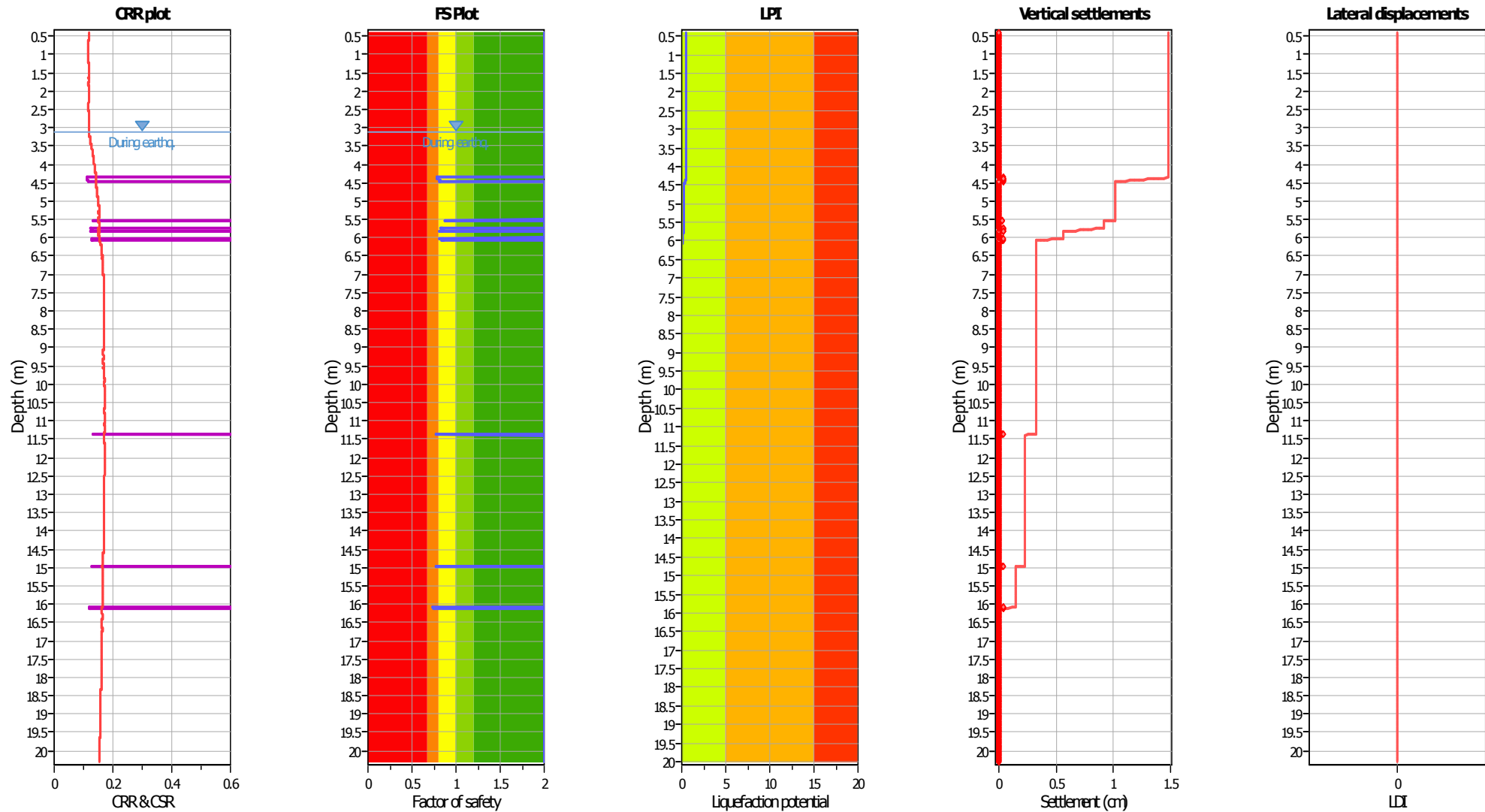
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _g applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

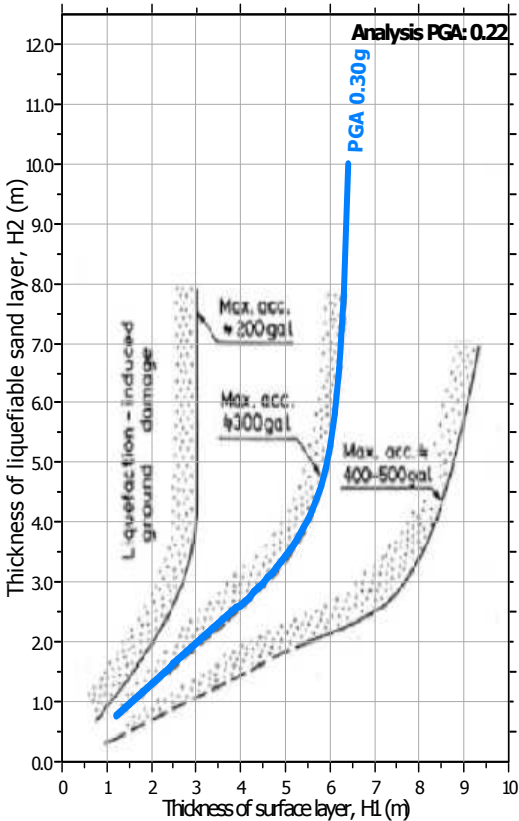
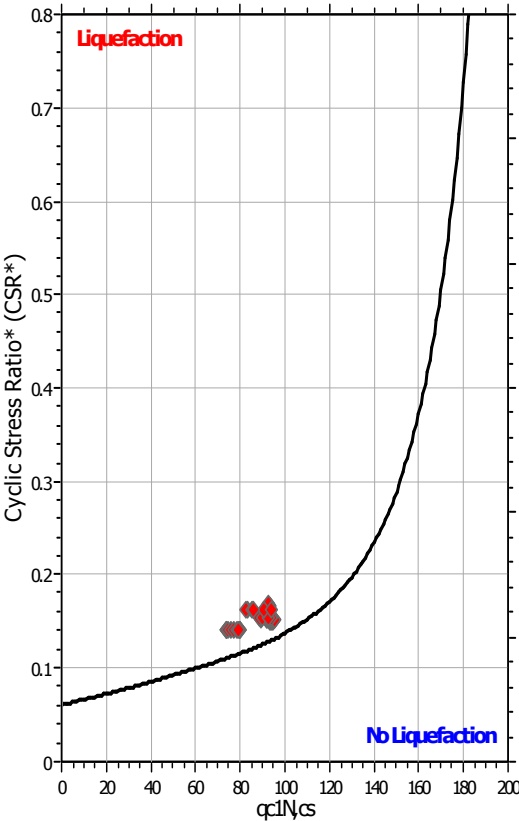
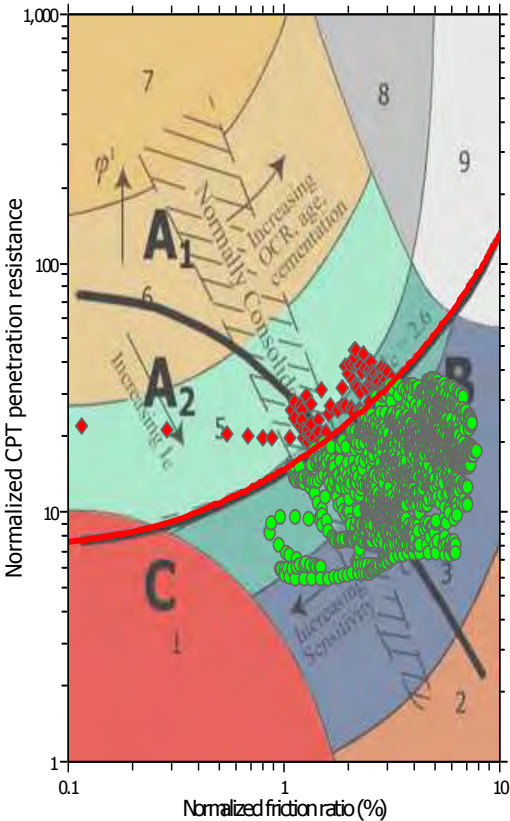
F.S. color scheme

■	Almost certain it will liquefy
■	Very likely to liquefy
■	Liquefaction and no liq. are equally likely
■	Unlike to liquefy
■	Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

■	Very high risk
■	High risk
■	Low risk

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

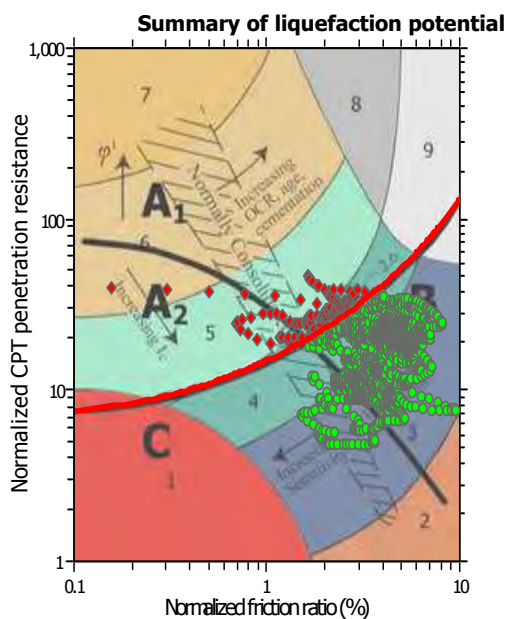
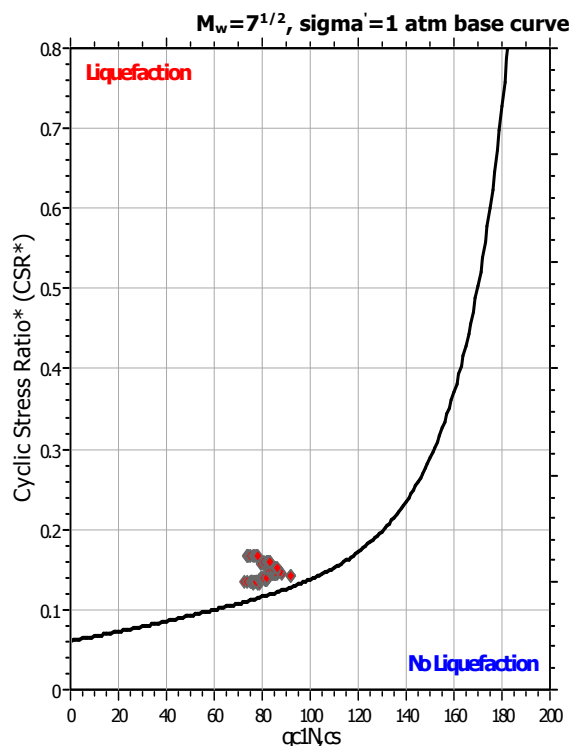
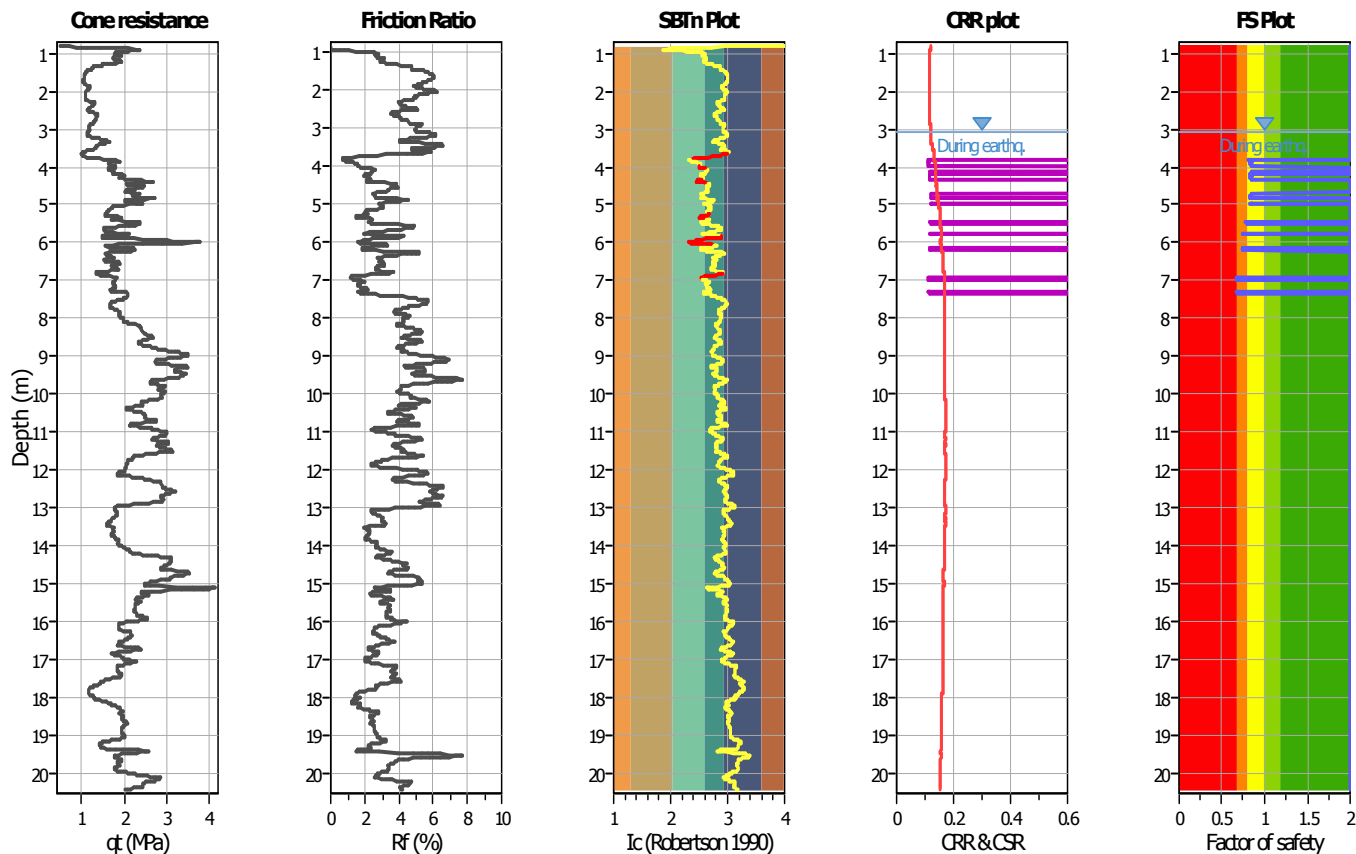
Project title : Studio del terreno di fondazione

Location : Fossoli, AIMAG

CPT file : CPTU5

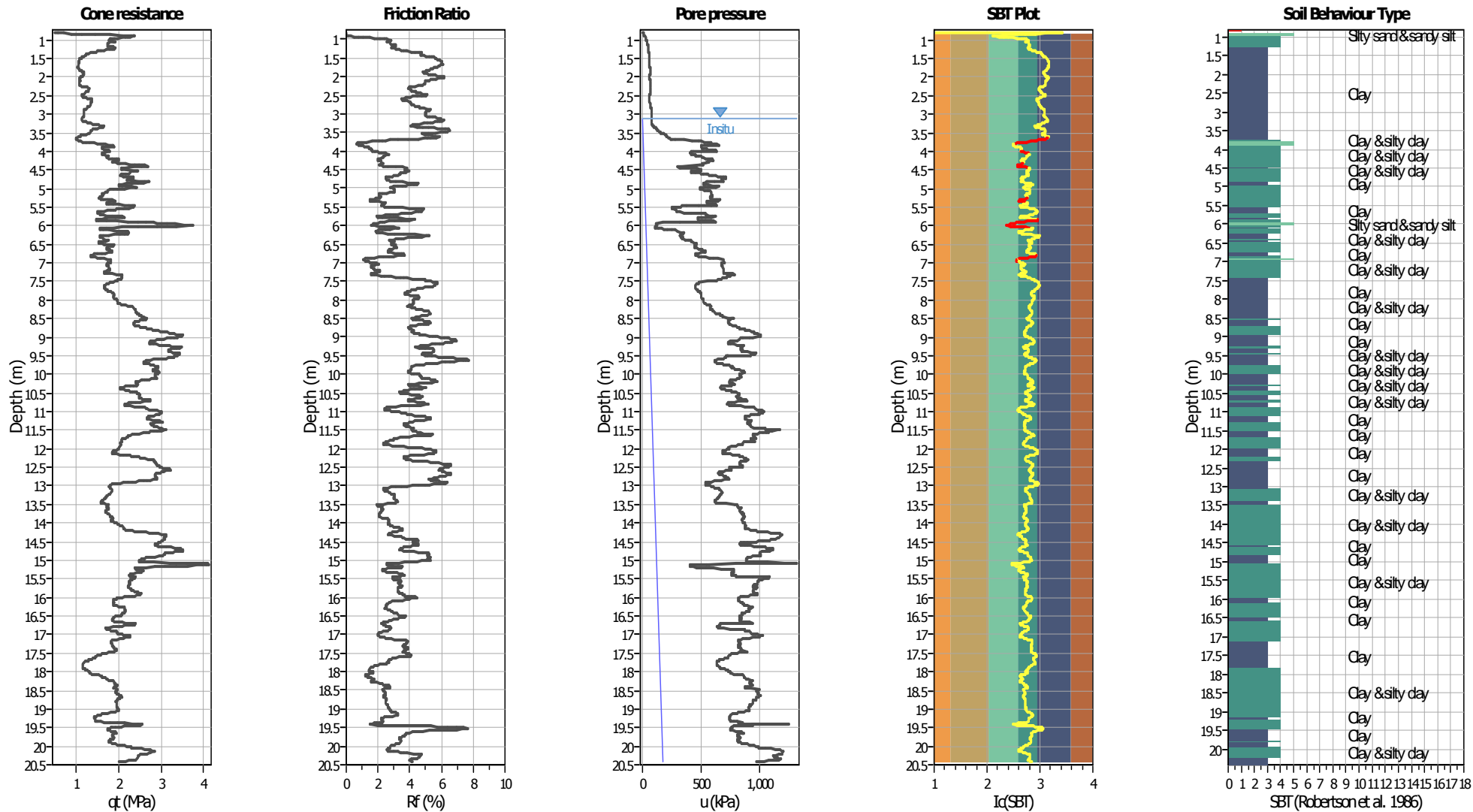
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	3.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	3.10 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method



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

CPT basic interpretation plots



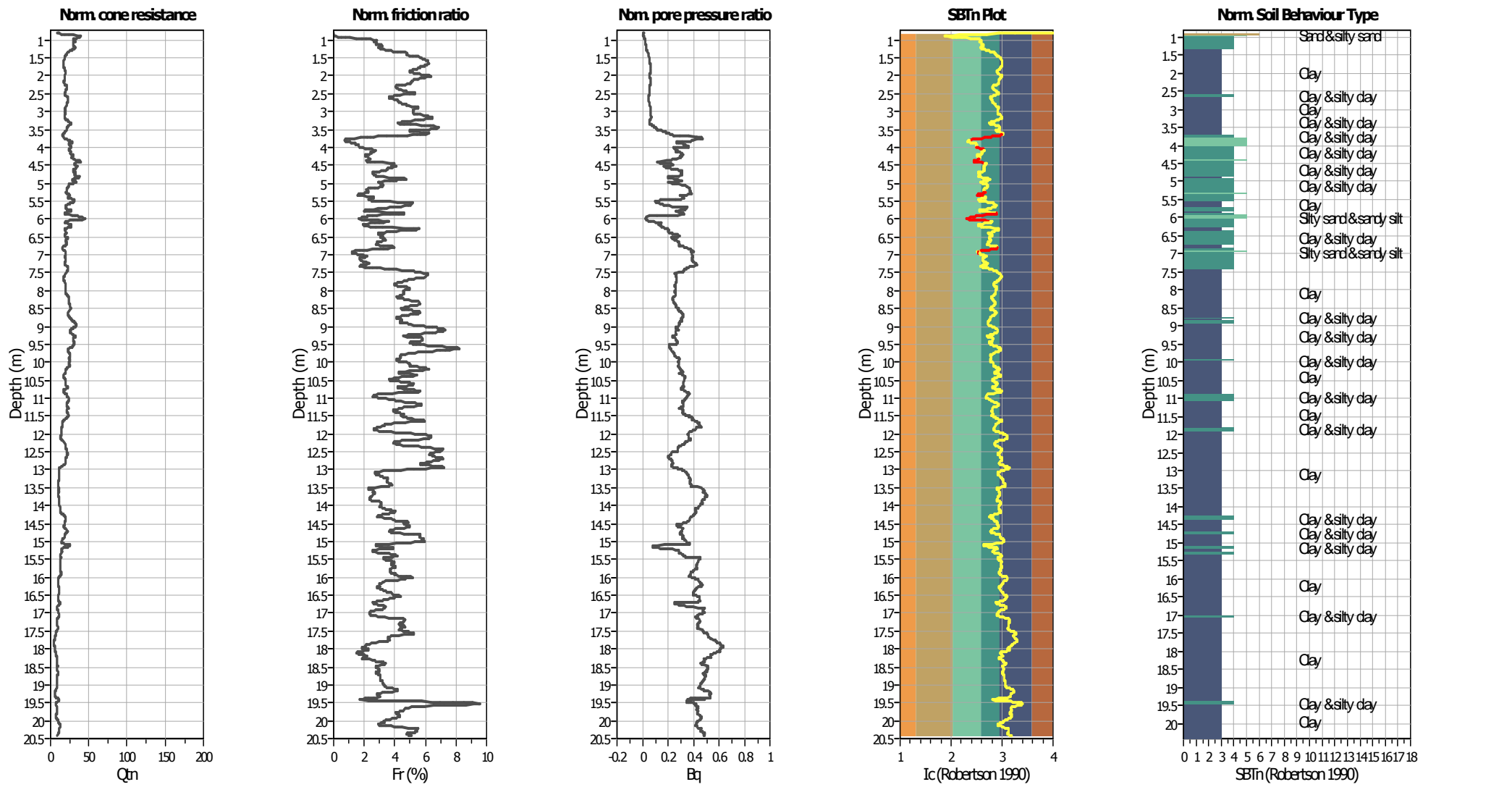
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I _c value	I _c cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



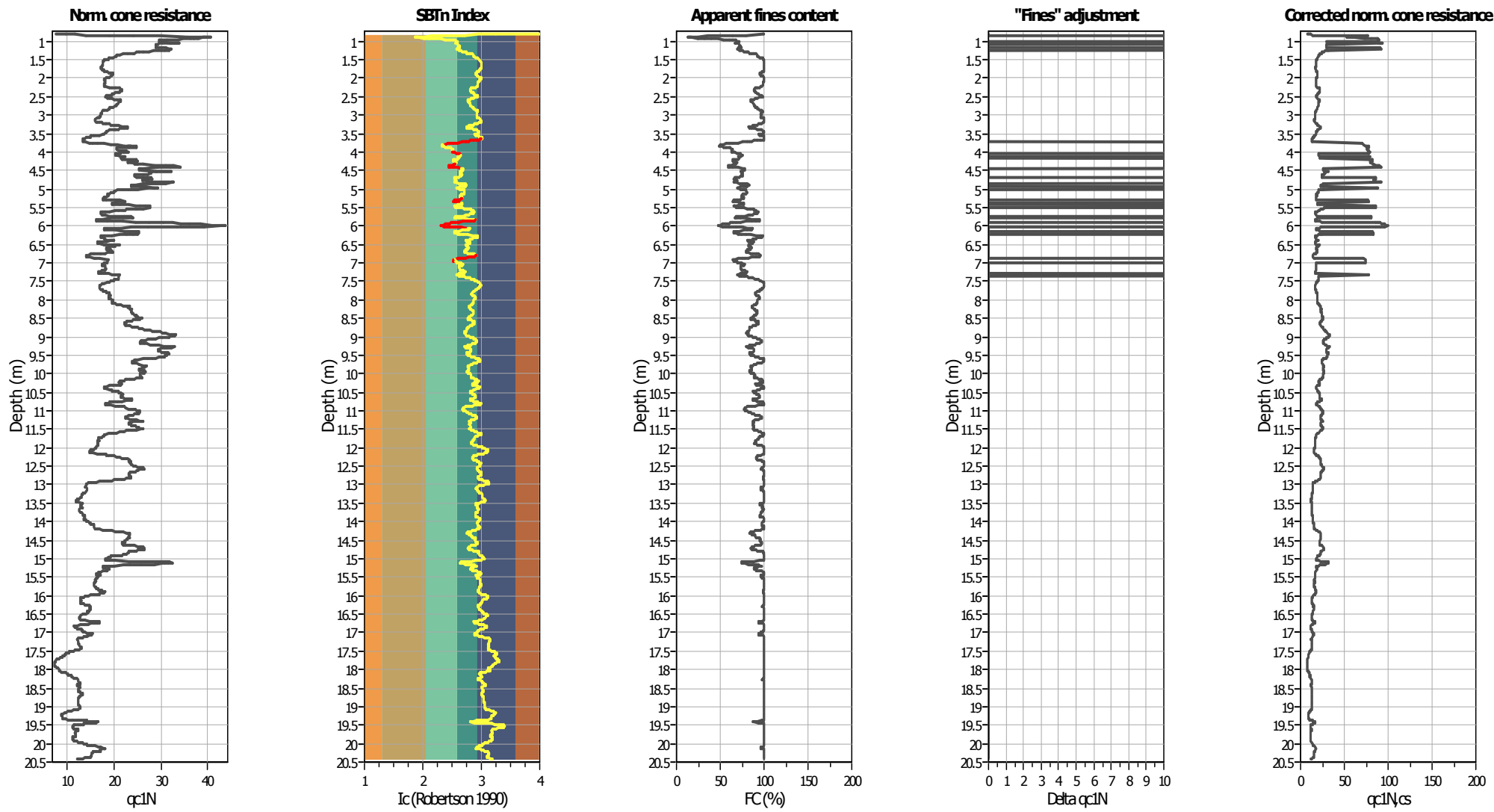
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_σ applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

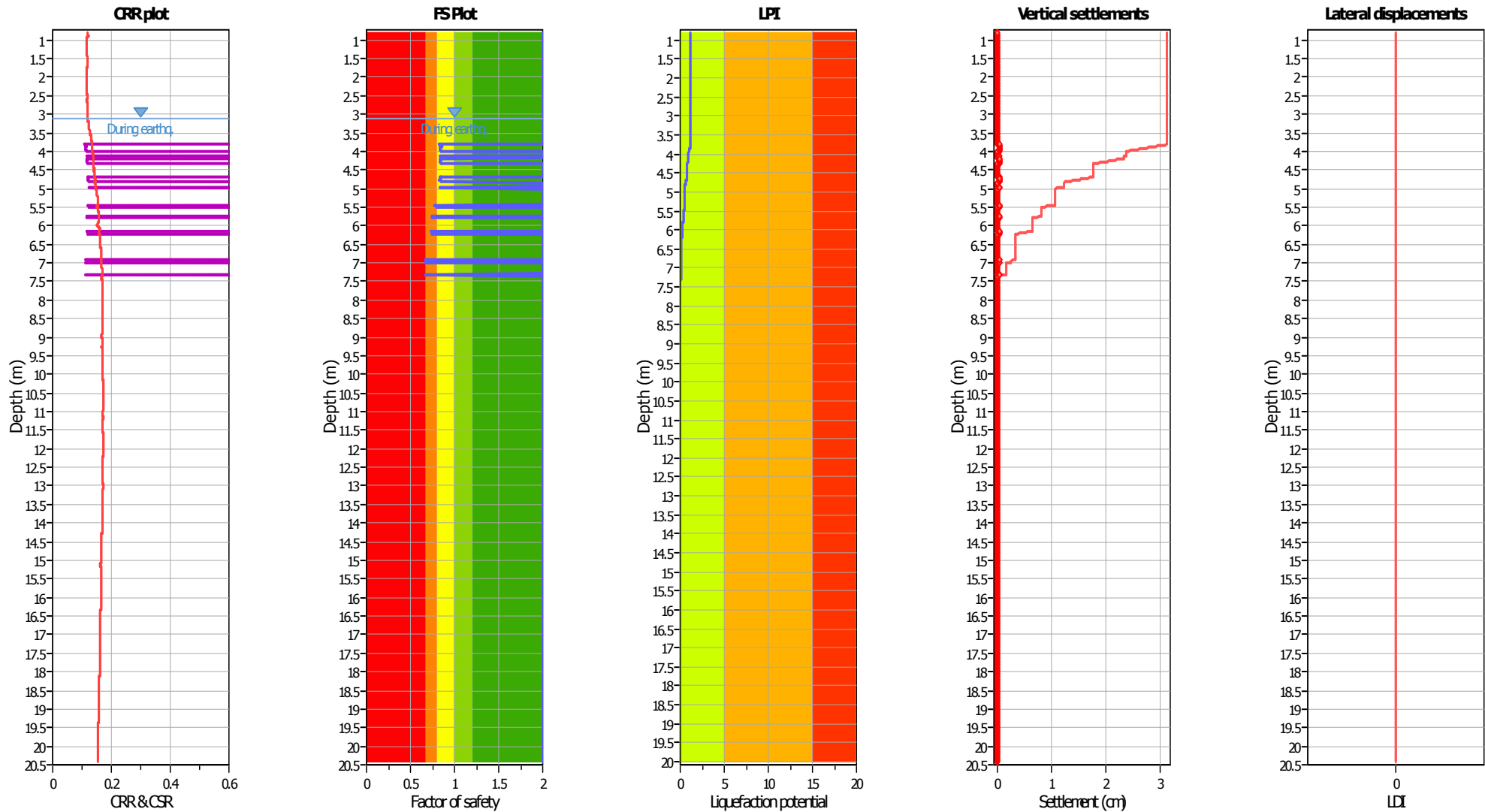
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _q applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _g applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

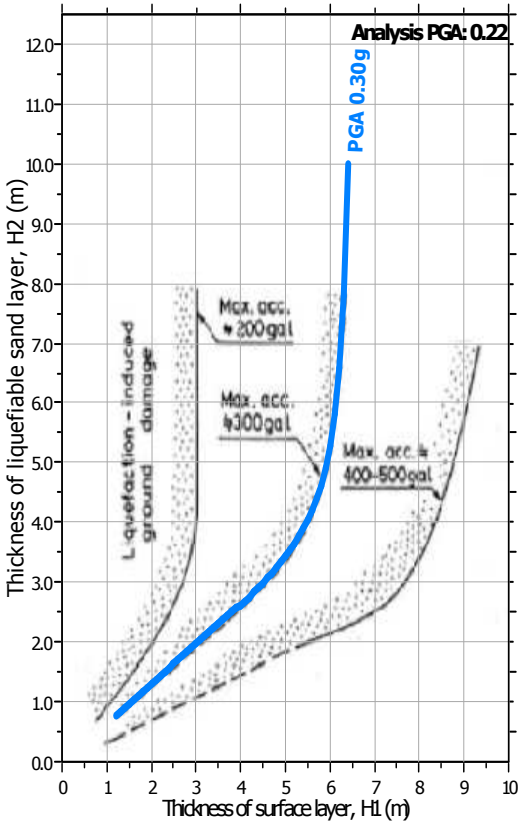
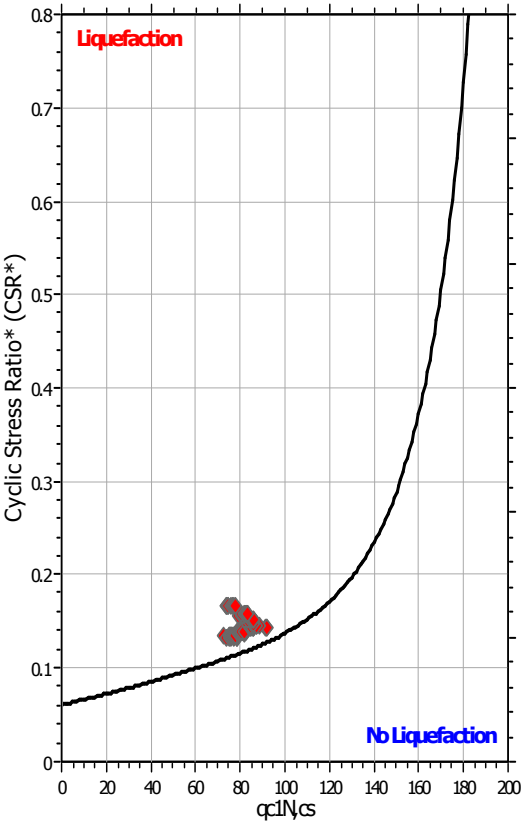
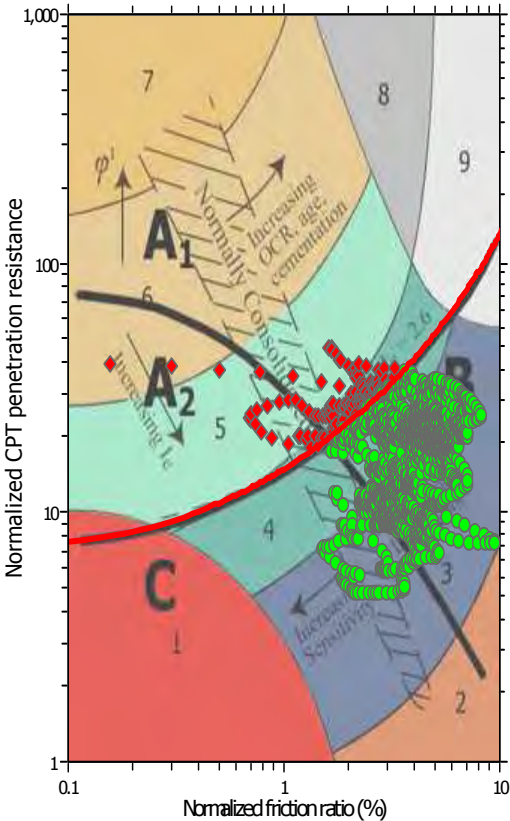
F.S. color scheme

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

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.10 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.22	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m