

Provincia di Modena
Comune di Nonantola

PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA SOTTOZONA D6 "FONDO CONSOLATA"

IN VARIANTE AL PRG AI SENSI DELL'ART3 DELLA L.R. 46/1988



FONDO CONSOLATA

Proprietà

LEVANTE s.r.l. in liquidazione in C.P.

FABERDOMUS IMMOBILIARE s.r.l. Via F.Selmi, 80 Modena

Legale rappresentante

Antonio Fontana

Progetto a cura di:



ingegneri riuniti

Ingegneria Architettura Ambiente

Direttore Tecnico: Ing. Emanuele Gozzi

Coordinatore di Progetto

Ing. Federico Salardi

Progetto Architettonico

Arch. Lorenzo Lipparini

Collaboratori al Progetto Architettonico

Arch. Serena Vezzali

Dott. Edoardo Mastrantonio

Progetto Urbanizzazioni

Ing. Federico Salardi

Collaboratori al Progetto Urbanizzazioni

Ing. Guasconi Erica

Progetto Opere a Verde

Dott. in Sc. Agrarie Alessandro Grazia

Valutazione Ambientali, Geologiche e Acustiche

Geo Group S.r.l.

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Dott.ssa Federica Finocchiaro

Valutazione Energetiche

Ing. Emilio Lucchese

Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica

Codice Progetto

1972 FS

Scala

-

Codice Elaborato

U-00-A-R-05

a	Dicembre 2021	emissione	geo	ll
Rev.	Data	Descrizione revisione	Dis.	Contr.

Comune di Nonantola

Provincia di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA – SISMICA



Oggetto:

VALUTAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA – SISMICA
inerente il Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata in
Variante della Sottozona D6 "Fondo Consolata", nel Comune
di Nonantola



DICEMBRE 2021

Rif. 174/20



GEO GROUP s.r.l. P.IVA 02981500362
Sede Legale: Via C. Costa, 182 - 41123 Modena
Uffici: Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176
info@geogroupmodena.it - www.geogroupmodena.it



RELAZIONE TECNICA

comprendente:

RELAZIONE GEOLOGICA

inerente alla 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)

OGGETTO

Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica a supporto della variante al piano particolareggiato di iniziativa privata "Fondo Consolata" nel Comune di Nonantola (MO).

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO: PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA SOTTOZONA D6 "FONDO CONSOLATA", IN VARIANTE AL PRG AI SENSI DELL'ART. 3 DELLA L.R. 46/1988

Rif. n. 706/2020

ELABORATO E) RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA – SISMICA



UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)

SEDE LEGALE: via C. Costa, 182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - p. Iva e C.F. 02981500362

Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it

ATTIVITÀ CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV
ISO 9001

INDICE DEL CONTENUTO

1	PREMESSE	3
2	INQUADRAMENTO GENERALE	4
2.1	Inquadramento geografico	4
2.2	Elementi geologici e geomorfologici	5
2.3	Inquadramento sismico	6
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE	8
3.1	Indagini Geotecniche	8
3.1.1	Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU/U	9
3.1.2	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT	10
3.2	Indagini Geofisiche	11
3.2.1	Indagine sismica passiva a stazione singola (analisi HVSR)	11
3.2.2	Indagine sismica attiva con metodo MASW	12
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	13
4.1	Pericolosità sismica di base	13
4.2	Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC2018)	15
4.3	Azione sismica e risposta sismica del sito – Risposta sismica locale	16
5	MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO	27
5.1	Modello geotecnico del sottosuolo	27
5.3	Stabilità nei confronti della liquefazione (§ A2.2. DGR 630/2019)	28
5.4	Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica (§ A3.B. DGR 630/2019)	30
6	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	31

TAVOLE

Tav. n. 1: "Carta Topografica"

scala 1: 5.000

Tav. n. 2: "Ripresa Satellitare"

scala 1: 5.000

Tav. n. 3: "Ubicazione indagini"

scala 1: 2.500

ALLEGATI

ALL. n. 1 Prove penetrometriche statiche CPTU e CPT

ALL. n. 2 Indagini sismiche

ALL. n. 3 Verifica alla liquefazione

1 PREMESSE

Nei mesi di novembre e dicembre 2020 è stato eseguito il presente studio geologico, geotecnico e sismico a supporto della variante al piano particolareggiato di iniziativa privata “Fondo Consolata”, nel Comune di Nonantola (MO).



Fig.1.1 - Ubicazione del sito in studio.

La presente relazione fa riferimento alle disposizioni normative contenute in:

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 – D.M. 17/01/2018
- DGR 630/2019

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 Inquadramento geografico

L'area in esame è sita nel Comune di Nonantola (Fig.2.1). Le coordinate specifiche dell'area sono le seguenti:

SITO IN ESAME	
COORDINATE GEOGRAFICHE	
LATITUDINE	LONGITUDINE
44.675234	11.008677



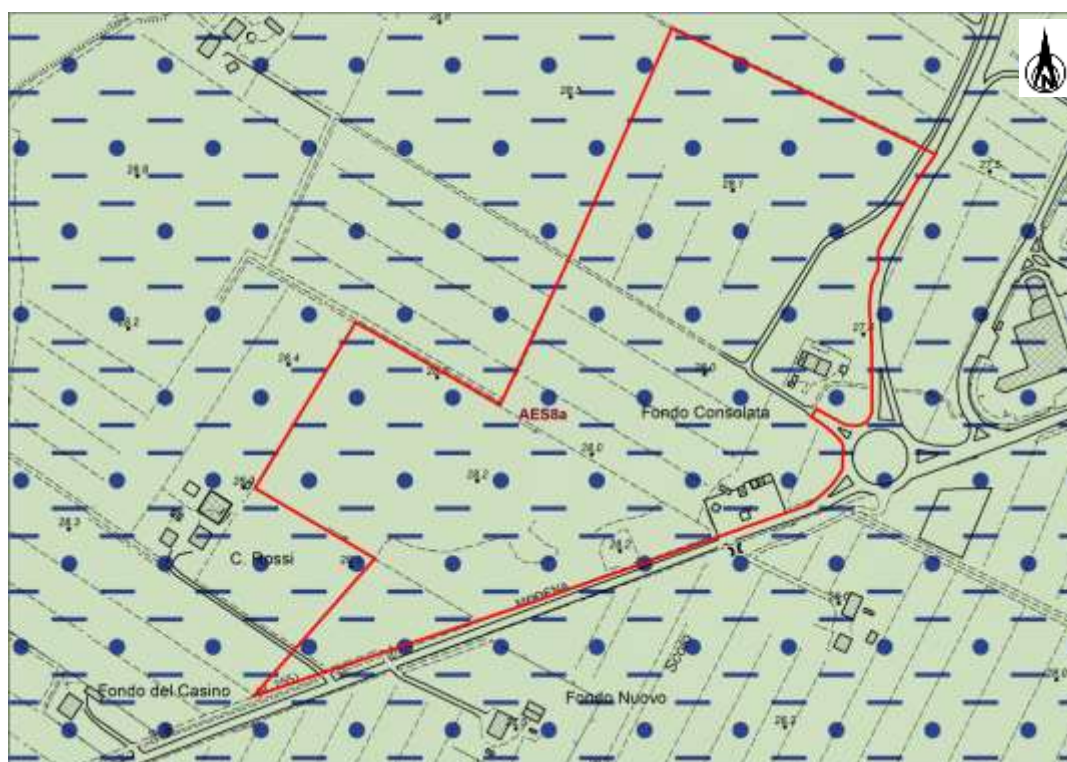
Fig.2.1 – Ubicazione geografica del sito in studio.

Per un completo inquadramento geografico dell'area si rimanda alla cartografia allegata alla presente relazione, in particolare alla "Carta topografica" alla scala 1: 5.000 (tav. n. 1) e alla "Ripresa satellitare" alla scala 1: 5.000 (tav. n. 2).

2.2 Elementi geologici e geomorfologici

Dalla consultazione della Carta geologica della Regione Emilia Romagna – Progetto CARG, si evidenzia come l'area in studio sia caratterizzata da limo sabbioso, tipico di un ambiente di piana alluvionale.

In particolare l'area in studio è caratterizzata dall'**Unità di Modena AES8a**, ovvero depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C.. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m). Post-VI secolo d.C.



Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Limo - Piana alluvionale

 Limo Sabbioso - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)

 AES8a - Unità di Modena

Fig.2.2 – Estratto della Carta litologica tratta dal Progetto CARG.

2.3 Inquadramento sismico

A supporto dell'analisi sismica e della valutazione della stabilità del sito, successivamente descritta nei paragrafi seguenti, per quel che concerne i fenomeni co-sismici è stata preliminarmente consultata la cartografia relativa allo studio di Microzonazione Sismica del Comune di Nonantola (MO), ed in particolare la "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", di cui un estratto è riportato in figura (Fig. 2.3). Si nota come l'area in studio ricada in una zona suscettibile di instabilità.



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- ZONA I** Limi - limi argillosi - argille limose, moderatamente consistenti (ML/CL-24) contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi argillosi con spessori tra 1,0 e 2,0 moderatamente addensati (SM-12).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.
Approfondimenti di II° livello.

Zone stabili suscettibili di instabilità

- POTENZIALE LIQUEFAZIONE**
Sabbie e sabbie limose in strati con spessori tra 2 e 4/5 m, moderatamente addensate (SM-12) con intercalate alternanze limose - limoso argillose moderatamente consistenti (ML-24).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione.
Approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione.
- POTENZIALI CEDIMENTI DIFFERENZIALI**
Limi - limi argilloso-sabbiosi poco consistenti (CL/ML-25) con corpi sabbiosi lentiformi da poco addensati a moderatamente addensati (SM-13/12) nei primi 12 m dal pc.
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali.
Approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti differenziali.
- POTENZIALI CEDIMENTI DIFFERENZIALI**
Argille limose - limi argillosi poco consistenti (ML/CL-25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori tra 1 e 2 m da moderatamente a poco addensati (SM-12/13) nei primi 12-13 m pc, con l'aumento della profondità argille limose - limi argillosi moderatamente consistenti (CL-24).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziali cedimenti differenziali per cedimenti di terreni poco consistenti e densificazione /liquefazione di sottili strati sabbioso limosi.
Approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti.
- ZONA SUSCETTIBILE DI SOVRAPPOSIZIONE DI INSTABILITÀ DIFFERENTI**
Sabbie limose e sabbie poco addensate (SM-13) e limi - limi argillosi poco consistenti (ML-25) nei primi 14 m pc, con l'incremento della profondità sabbie limose moderatamente addensate (SM-11) limi argillosi - argille limose moderatamente consistenti (ML/CL-24).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione e cedimenti differenziali.
Approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione e stima dei cedimenti differenziali.

Fig.2.3 – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – Comune di Nonantola.

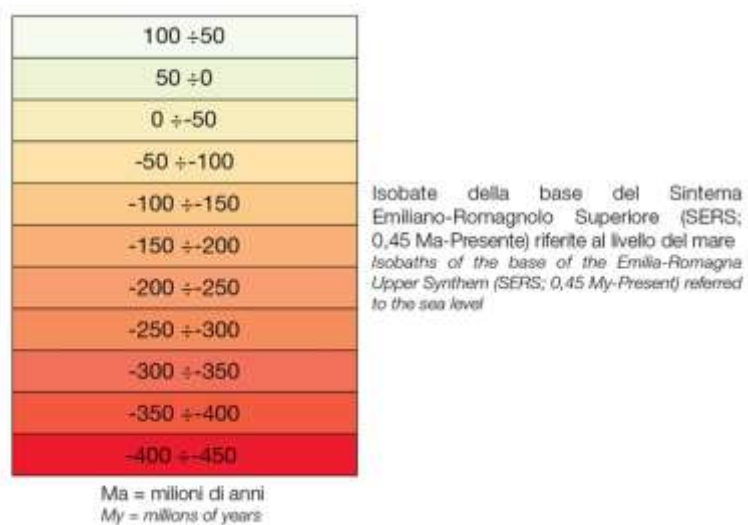
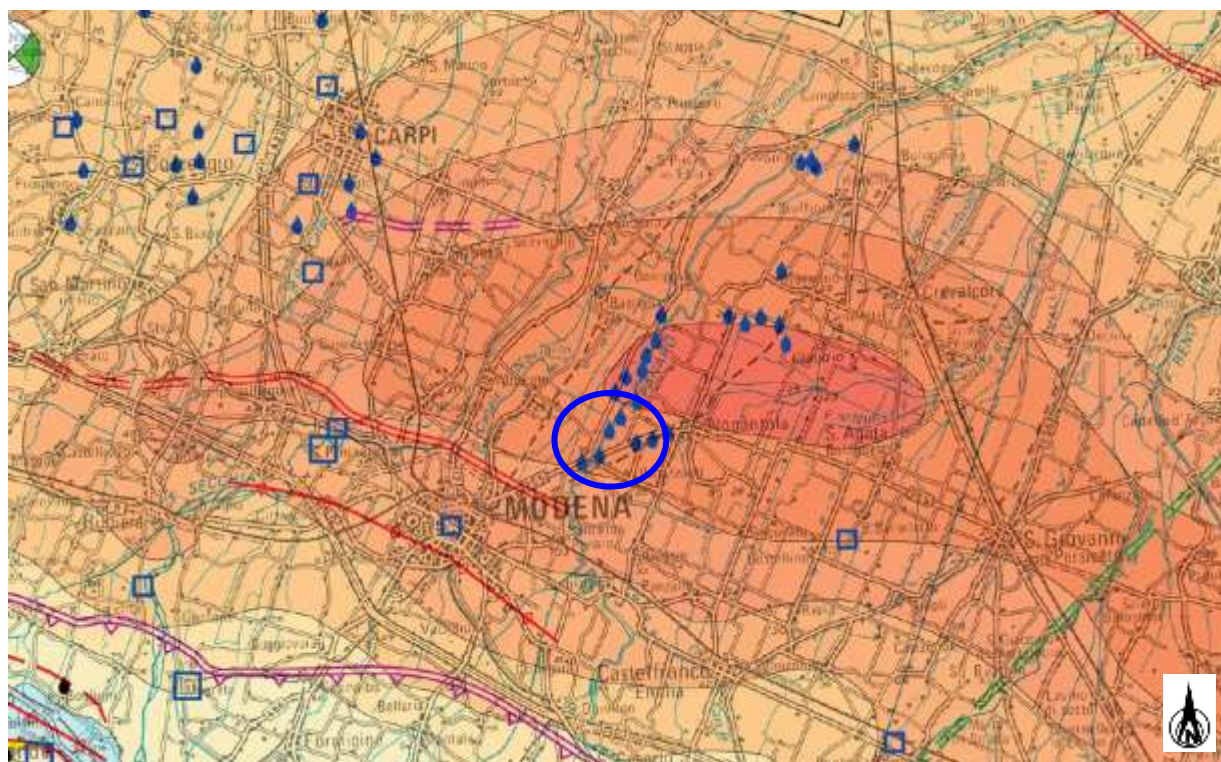


Fig.2.4 - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna.

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1 Indagini Geotecniche

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, sono state eseguite, in data 23/11/2020, le seguenti indagini geognostiche:

- ***n. 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU***
- ***n. 4 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT***

I risultati delle suddette indagini sono riportati nell'**allegato n. 1**, mentre l'ubicazione è illustrata nella **tav. n. 3**.

Di seguito si riportano di seguito le coordinate UTM-WGS84 delle prove penetrometriche realizzate in sito.

VERTICALE DI PROVA	LATITUDINE [m N]	LONGITUDINE [m E]
CPT 1	4948846.6	659283.5
CPT 2	4948697.3	659064.8
CPT 3	4948639.4	659125.2
CPT 4	4948699.0	659233.1
CPTU 1	4948634.8	659167.9
CPTU 2	4948831.4	659134.5

Nella tabella seguente si espongono le profondità delle verticali di prova realizzate ed il valore della soggiacenza della falda per ciascuna prova.

VERTICALE DI PROVA	PROFONDITÀ PROVE	SOGGIACENZA FALDA
CPT 1	-20.00 m da p.c.	-2.48 m da p.c.
CPT 2	-20.00 m da p.c.	-2.40 m da p.c.
CPT 3	-15.00 m da p.c.	-3.00 m da p.c.
CPT 4	-15.00 m da p.c.	-3.00 m da p.c.
CPTU 1	-20.12 m da p.c.	-4.20 m da p.c.
CPTU 2	-20.10 m da p.c.	-3.55 m da p.c.

3.1.1 Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTE/U

La prova è stata eseguita con un penetrometro dotato di punta elettrica e piezocono CPTE/U. Le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato sono le seguenti:

Caratteristiche del Piezocono			
Canali di misura:		Dimensioni:	
Resistenza di punta (qc):	10; 50; 100 MPa	Angolo di apertura cono:	60°
Attrito laterale (fs):	0,5 MPa	Diametro:	36 mm
Pressione nei pori (U):	2,5 MPa	Sezione di spinta:	10 cm ²
Inclinazione:	0 - 40°	Superficie laterale:	150 cm ²
		Peso:	2,1 kg
		Lunghezza:	413 mm

La prova è stata elaborata mediante il software CPeT – IT v. 1.7.4.13 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software. I report, in cui sono riportati su grafici i dati di resistenza e pressione interstiziale misurati ed illustrata l'interpretazione litostratigrafica e geotecnica della prova, sono riportati in **Allegato n.1**. 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: qt, resistenza alla punta corretta, Rf, Bq, nella prima carta (1986) e con i parametri normalizzati nella seconda (1990).

Correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici

Unit Weight, γ (kN/m³) :: $\gamma = \gamma_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$ where γ_w = water unit weight Permeability, k (m/s) :: $I_c < 3.27$ and $I_c > 1.00$ then $k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}$ $I_c \leq 4.00$ and $I_c > 3.27$ then $k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}$ N₆₀ (blows per 30 cm) :: $N_{60} = \left(\frac{q_t}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$ $N_{160} = Q_{b1} \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$ Young's Modulus, E (MPa) :: $(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c - 1.148}$ (applicable only to $I_c < I_{c, \text{cutoff}}$) Relative Density, D_r (%) :: $100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{b1}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBTs: 5, 6, 7 and 8 or } I_c < I_{c, \text{cutoff}})$ State Parameter, ψ :: $\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{b1, \text{cs}})$ Peak drained friction angle, ϕ (°) :: $\phi = 17.50 + 11 \cdot \log(Q_{b1})$ (applicable only to SBTs: 5, 6, 7 and 8) 1-D constrained modulus, M (MPa) :: If $I_c > 2.20$ $\alpha = 14 \text{ for } Q_{b1} > 14$ $\alpha = Q_{b1} \text{ for } Q_{b1} \leq 14$ $M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$ If $I_c \leq 2.20$ $M_{CPT} = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c - 1.148}$	Small strain shear Modulus, G_0 (MPa) :: $G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c - 1.148}$ Shear Wave Velocity, V_s (m/s) :: $V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$ Undrained peak shear strength, S_u (kPa) :: $N_{lt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r) \text{ or user defined}$ $S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{lt}}$ (applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{cutoff}}$) Remolded undrained shear strength, $S_u(\text{rem})$ (kPa) :: $S_{u(\text{rem})} = f_s \quad \text{(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or } I_c > I_{c, \text{cutoff}})$ Overconsolidation Ratio, OCR :: $k_{OCR} = \left(\frac{Q_{b1}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right)^{1.25} \text{ or user defined}$ $OCR = k_{OCR} \cdot Q_{b1}$ (applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{cutoff}}$) In situ Stress Ratio, K_0 :: $K_0 = 0.1 \cdot \left(\frac{q_t - \sigma_v}{\sigma_v} \right)$ (applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{cutoff}}$) Soil Sensitivity, S_r :: $S_r = \frac{N_{lt}}{F_r}$ (applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{cutoff}}$) Effective Stress Friction Angle, ϕ (°) :: $\phi = 29.5 \cdot B_q^{0.123} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q \cdot \log Q_{t1})$ (applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)
---	---

Tab.3.1 - Correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici.

3.1.2 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

Nell'allegato n. 1 sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove eseguite, corredate dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica. Le prove sono state eseguite con un penetrometro Pagani dotato di punta Begemann. Le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato sono le seguenti:

Spinta	S	200 kN
Punta conica meccanica		
Diametro	Φ	35.7 mm
Area punta	A	10 cm ²
Angolo di apertura	α	60°
Manicotto laterale di attrito		
Diametro	Φ	35.7 mm
Altezza	h	133 mm
Area	A	150 cm ²
Velocità di avanzamento costante	V	2 cm/sec
Intervallo di misura		20 cm

La prova è stata elaborata mediante un software che restituisce l'interpretazione litologica dei terreni indagati effettuata sulla base del rapporto qc/fs (Begemann, 1965; A.G.I. 1977) e la stima dei parametri geotecnici in condizioni non drenate tramite correlazioni.

Correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici

Coesione non drenata (terreni coesivi) C_u

RACCOMANDAZIONI AGI 1977 – RICCI ET AL. 1974 – MARSLAND ET AL. 1974/1979

Modulo di deformazione non drenato E_u

DUNCAN-BUCHIGANI 1976

Modulo edometrico M_o

SANGLERAT 1972 – MITCHELL/GARDNER 1975 – RICCI ET AL. 1974 – HOLDEN 1973)

Peso unità di volume γ_{sat} (saturo sotto falda) – γ (umido sopra falda)

IN BASE ALLA NATURA LITOLOGICA TERZAGHI-PECK 1967 – BOWELS 1982

Velocità delle onde di taglio V_s

YOSHIDA MOTONORI 1988

3.2 Indagini Geofisiche

Per la caratterizzazione sismica dell'area di studio, sono state eseguite, in data 18/11/2020, le seguenti indagini geofisiche:

- **n.1 indagine sismica attiva MASW**
- **n. 1 indagine sismica passiva HVSR**

I risultati delle indagini sismiche sopra citate sono riportati integralmente nell'**allegato n. 2**.

3.2.1 Indagine sismica passiva a stazione singola (analisi HVSR)

Le misure sismiche passive a stazione singola sono state eseguite mediante un tromografo digitale dotato di tre canali velocimetrici, modello Tromino® prodotto da Moho srl (Marghera (VE), Italia). Per l'acquisizione è stata adottata una frequenza di campionamento di 128 Hz per una durata totale di 20 minuti.

Lo scopo dell'indagine è la misura della frequenza di risonanza del terreno, la quale è legata alla velocità delle onde di taglio Vs nel terreno dalla formula:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

dove h è lo spessore dello strato.

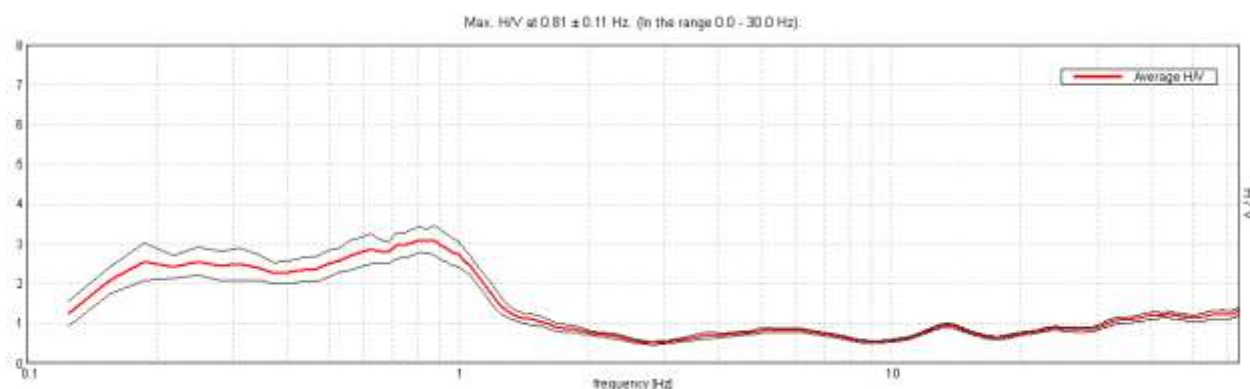


Fig.3.1 - Curva HVSR che identifica un picco significativo a 0.81 Hz.

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

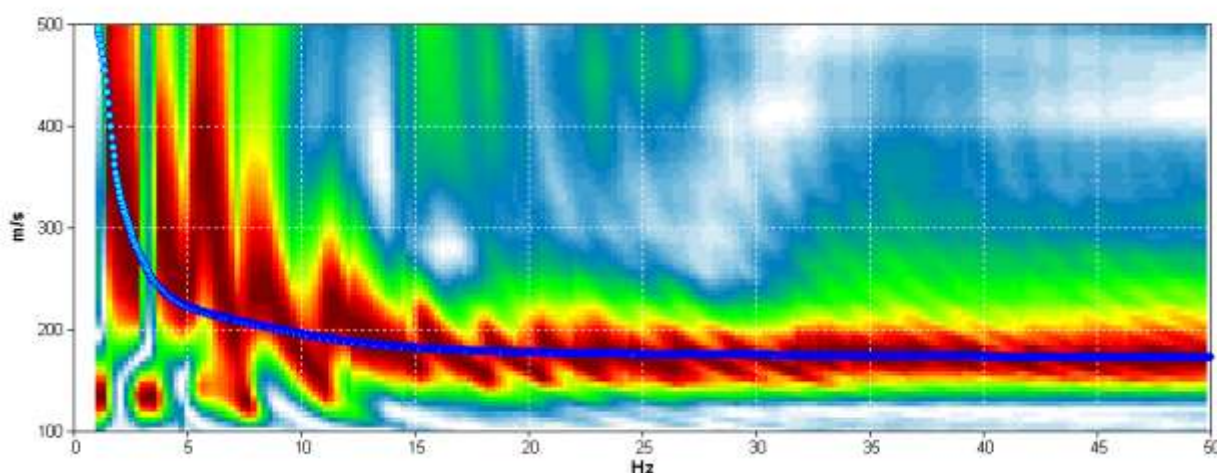


Fig.3.2 - Curva di dispersione MASW.

4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

4.1 Pericolosità sismica di base

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

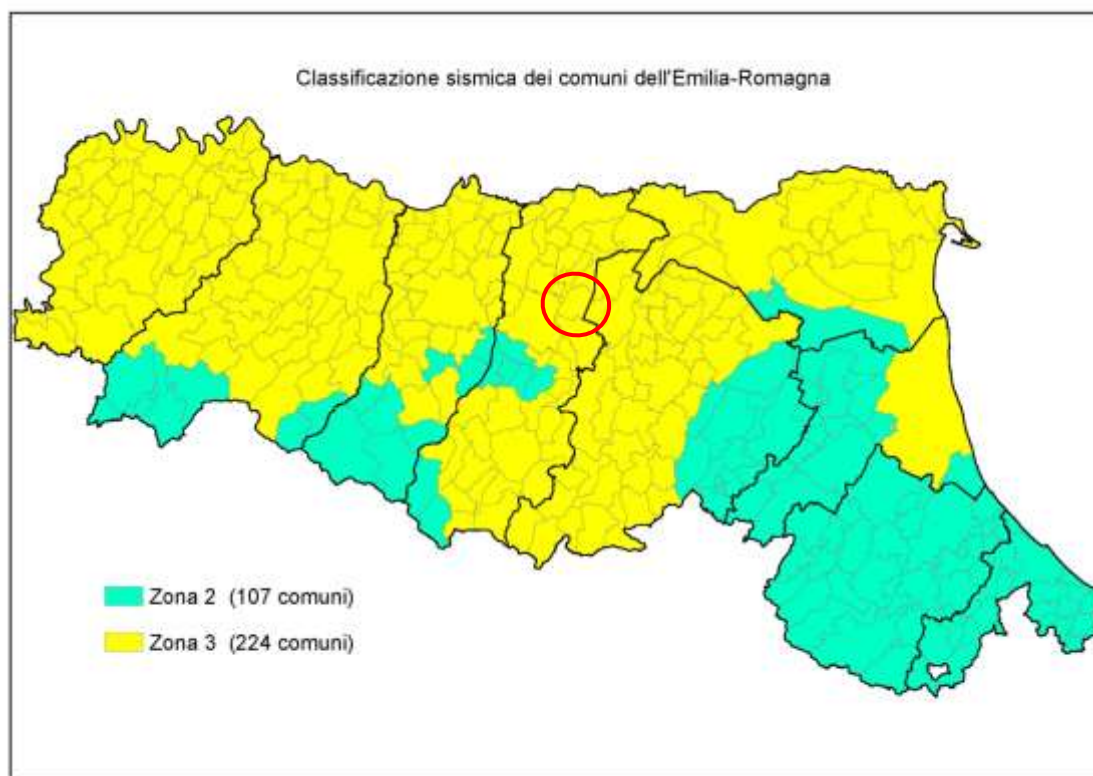


Fig.4.1 - Classificazione sismica dei comuni della Regione Emilia-Romagna, DGR 1164/18.

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 ciascuna area in oggetto, in relazione a un periodo di riferimento T_R stimato di 475 anni, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione a_g rappresenta uno dei parametri principali che definisce la **pericolosità sismica di base**, insieme ai parametri F_0 e T_c^* dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sotto.

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]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.047	2.477	0.254
Danno (SLD)	50	0.058	2.509	0.269
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.161	2.539	0.276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.212	2.513	0.281
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Tab.4.1 - Tabella riassuntiva dei parametri sismici del sito in esame secondo NTC18.

4.2 Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC2018)

Per determinare il parametro V_{30} e definire quindi la categoria di sottosuolo dell'area indagata (§ 3.2.2 NTC 2018) sono state eseguite in sito le indagini sismiche sopra descritte nel paragrafo precedente. Il valore di V_{30} si calcola attraverso la formula 3.2.1 delle NTC 2018:

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

dove H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Dall'elaborazione congiunta delle indagini sismiche MASW e HVSR si sono ottenuti i valori di $V_{s,30}$ e di frequenza naturale del terreno f_0 riportati nelle seguenti tabelle:

MASW	V_{s30}	222 m/s
HVSR		
HVSR	0.81 Hz ± 0.11 Hz	NON RISPETTA I CRITERI SESAME

Pertanto, secondo la classificazione del sottosuolo imposta dal NTC 2018, si definisce il sottosuolo indagato 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**.

4.3 Azione sismica e risposta sismica del sito – Risposta sismica locale

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:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$

$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}}$$

$$G^* = G (1 - 2D^2 + i2D \sqrt{1 - D^2}) \approx G(1 + i2D)$$

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

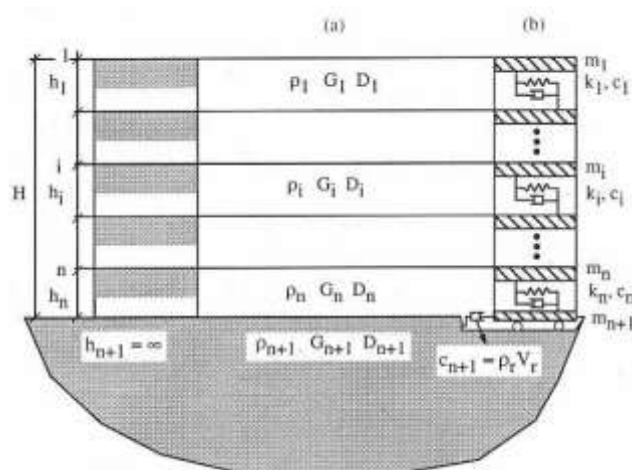


Fig.4.2 - Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA.

MODELLO SIMULATO

Il modello simulato deriva dai dati ottenuti dalle prove geofisiche che compone 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 congiunta 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
0.30	0.30	120	0.43
8.30	8.00	190	0.43
33.30	25.00	240	0.42
63.30	30.00	350	0.42
103.30	40.00	380	0.42
inf.	inf.	600	0.42

Tab.4.2 – Modello ottenuto dall'elaborazione delle indagini sismiche congiunte.

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 riporta successivamente la curva di decadimento considerata per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:

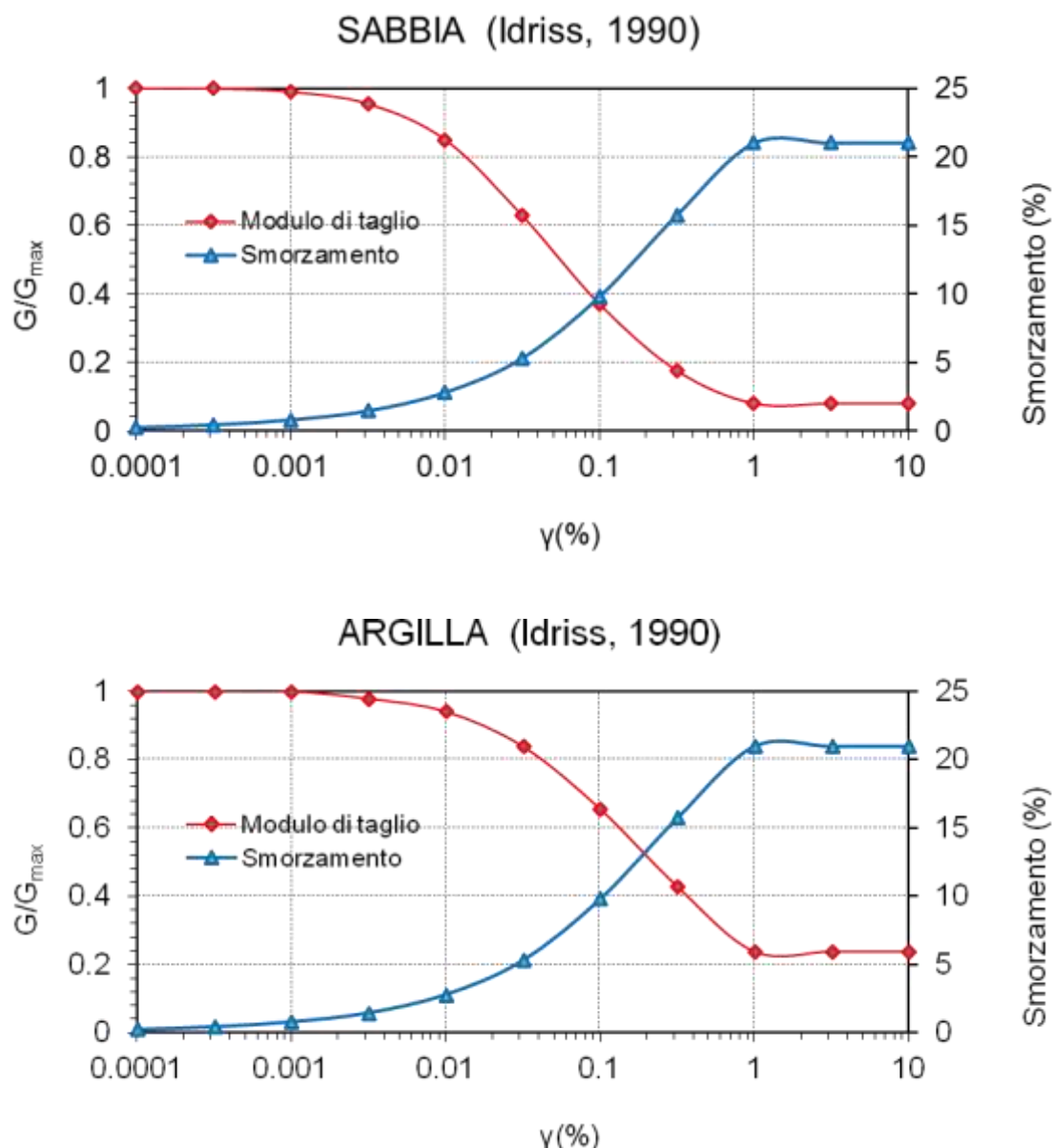


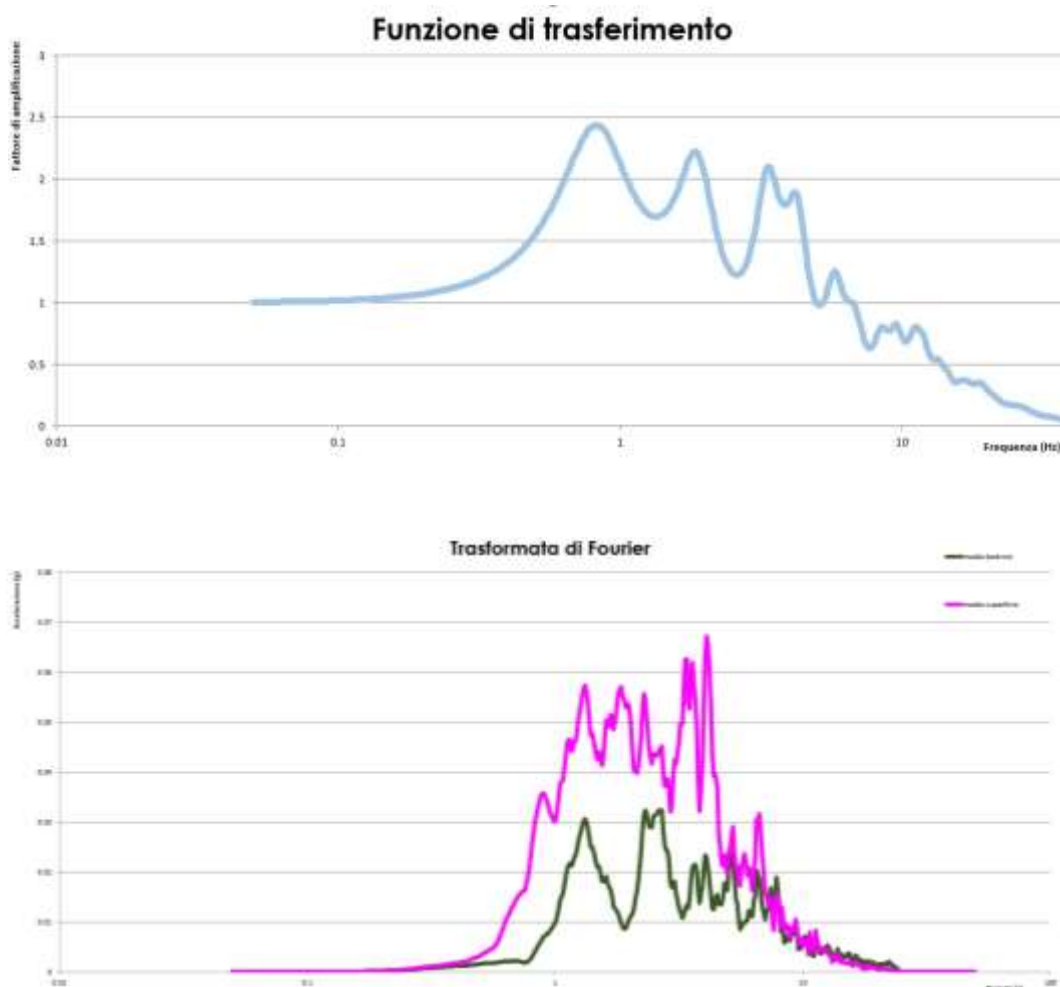
Fig.4.3 - Curva di decadimento dei moduli G/G_{max} e smorzamento D , utilizzati per descrivere il comportamento dei materiali coesivi e incoerenti che compongono il sottosuolo in oggetto.

In accordo con quanto esposto nella D.G.R. 630/19, l'analisi RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico 3 accelerogrammi, corrispondenti allo stato limite SLV. I segnali di riferimento sono stati successivamente scalati per il valore di PGA_0 atteso al suolo rigido in corrispondenza dell'areale oggetto di analisi. Per fare ciò è stata considerata l'interpolazione spaziale dei valori di PGA_0 proposta da INGV per il territorio nazionale e resi disponibili per il territorio regionale sui punti di una griglia con passo 0.05 gradi.

Per il sito in oggetto tale valore è pari a **0.161g** considerando un valore di **$C_u = 1.00$** (Classe d'uso II) e **$V_n = 50$ anni** per ottenere un tempo di ritorno pari a 475 anni.

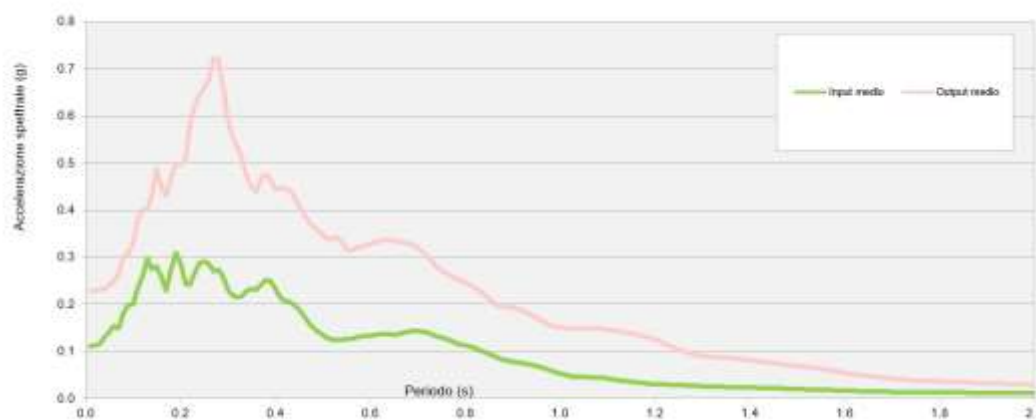
RISULTATI OTTENUTI

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.

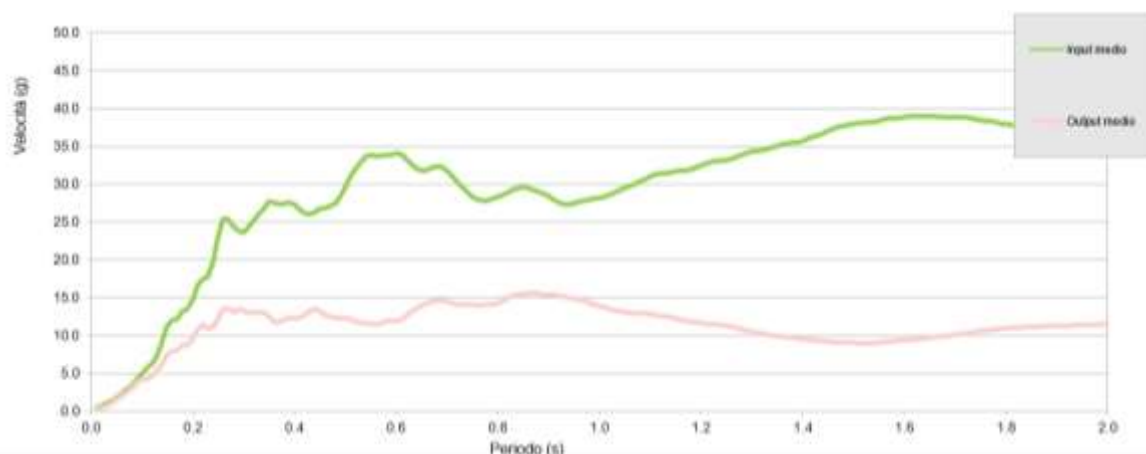


In alto Funzione di Trasferimento e in basso funzione FT.

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:

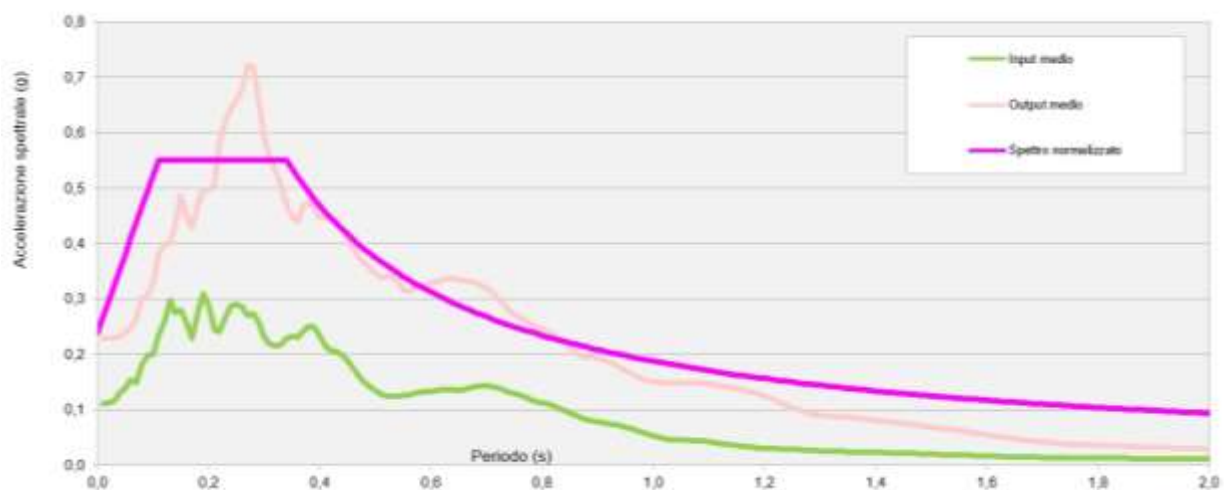


Accelerazioni spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV)



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

Dati i valori di accelerazione ottenuti dal calcolo eseguito, è stato definito lo spettro normalizzato per lo stato limite considerato. Così facendo è stato ottenuto lo spettro a probabilità uniforme, sulla base dei risultati ottenuti mediante il software STRATA. Lo spettro normalizzato RSL è stato derivato attraverso le indicazioni contenute nell'ordinanza n.55 del 24 aprile 2018 "Disciplina per la delocalizzazione temporanea delle attività economiche o produttive e dei servizi pubblici danneggiati dal sisma eseguiti e conclusi in data anteriore a quella di entrata in vigore del decreto legge n. 189 del 2016".



Sintesi esiti RSL.

SPETTRO NORMALIZZATO SLV

T [s]	Ag				
0,00	0,240	0,51	0,368	1,03	0,182
0,01	0,268	0,52	0,360	1,04	0,180
0,02	0,297	0,53	0,354	1,05	0,179
0,03	0,325	0,54	0,347	1,06	0,177
0,04	0,353	0,55	0,341	1,07	0,175
0,05	0,381	0,56	0,335	1,08	0,174
0,06	0,410	0,57	0,329	1,09	0,172
0,07	0,438	0,58	0,323	1,10	0,170
0,08	0,466	0,59	0,318	1,11	0,169
0,09	0,495	0,60	0,312	1,12	0,167
0,10	0,523	0,61	0,307	1,13	0,166
0,11	0,551	0,62	0,302	1,14	0,164
0,12	0,551	0,63	0,298	1,15	0,163
0,13	0,551	0,64	0,293	1,16	0,162
0,14	0,551	0,65	0,288	1,17	0,160
0,15	0,551	0,66	0,284	1,18	0,159
0,16	0,551	0,67	0,280	1,19	0,158
0,17	0,551	0,68	0,276	1,20	0,156
0,18	0,551	0,69	0,272	1,21	0,155
0,19	0,551	0,70	0,268	1,22	0,154
0,20	0,551	0,71	0,264	1,23	0,152
0,21	0,551	0,72	0,260	1,24	0,151
0,22	0,551	0,73	0,257	1,25	0,150
0,23	0,551	0,74	0,253	1,26	0,149
0,24	0,551	0,75	0,250	1,27	0,148
0,25	0,551	0,76	0,247	1,28	0,146
0,26	0,551	0,77	0,243	1,29	0,145
0,27	0,551	0,78	0,240	1,30	0,144
0,28	0,551	0,79	0,237	1,31	0,143
0,29	0,551	0,80	0,234	1,32	0,142
0,30	0,551	0,81	0,231	1,33	0,141
0,31	0,551	0,82	0,229	1,34	0,140
0,32	0,551	0,83	0,226	1,35	0,139
0,33	0,551	0,84	0,223	1,36	0,138
0,34	0,551	0,85	0,221	1,37	0,137
0,35	0,536	0,86	0,218	1,38	0,136
0,36	0,521	0,87	0,215	1,39	0,135
0,37	0,507	0,88	0,213	1,40	0,134
0,38	0,493	0,89	0,211	1,41	0,133
0,39	0,481	0,90	0,208	1,42	0,132
0,40	0,469	0,91	0,206	1,43	0,131
0,41	0,457	0,92	0,204	1,44	0,130
0,42	0,446	0,93	0,202	1,45	0,129
0,43	0,436	0,94	0,199	1,46	0,128
0,44	0,426	0,95	0,197	1,47	0,128
0,45	0,417	0,96	0,195	1,48	0,127
0,46	0,407	0,97	0,193	1,49	0,126
0,47	0,399	0,98	0,191	1,50	0,125
0,48	0,391	0,99	0,189	1,51	0,124
0,49	0,383	1,00	0,187	1,52	0,123
0,50	0,375	1,01	0,186	1,53	0,123
		1,02	0,184	1,54	0,122
				1,55	0,121
				1,56	0,120
				1,57	0,119
				1,58	0,119
				1,59	0,118
				1,60	0,117
				1,61	0,116
				1,62	0,116
				1,63	0,115
				1,64	0,114
				1,65	0,114
				1,66	0,113
				1,67	0,112
				1,68	0,112
				1,69	0,111
				1,70	0,110
				1,71	0,110
				1,72	0,109
				1,73	0,108
				1,74	0,108
				1,75	0,107
				1,76	0,107
				1,77	0,106
				1,78	0,105
				1,79	0,105
				1,80	0,104
				1,81	0,104
				1,82	0,103
				1,83	0,102
				1,84	0,102
				1,85	0,101
				1,86	0,101
				1,87	0,100
				1,88	0,100
				1,89	0,099
				1,90	0,099
				1,91	0,098
				1,92	0,098
				1,93	0,097
				1,94	0,097
				1,95	0,096
				1,96	0,096
				1,97	0,095
				1,98	0,095
				1,99	0,094
				2,00	0,094

Come descritto nell'allegato 2 della DGR 630/2019, la stima del fattore di amplificazione **FA** è stata calcolata considerando un tempo di ritorno TR=475 anni, con uno smorzamento $\zeta=5\%$, e relativi parametri rappresentativi dello scuotimento sismico, in particolare:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA);
- intensità spettrale SA

$$SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$$

dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio T ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

	T₁	T₂
SA1	0,1 s	0,5 s
SA2	0,4 s	0,8 s
SA3	0,7 s	1,1 s
SA4*	0,5 s	1,5 s

- intensità spettrale SI

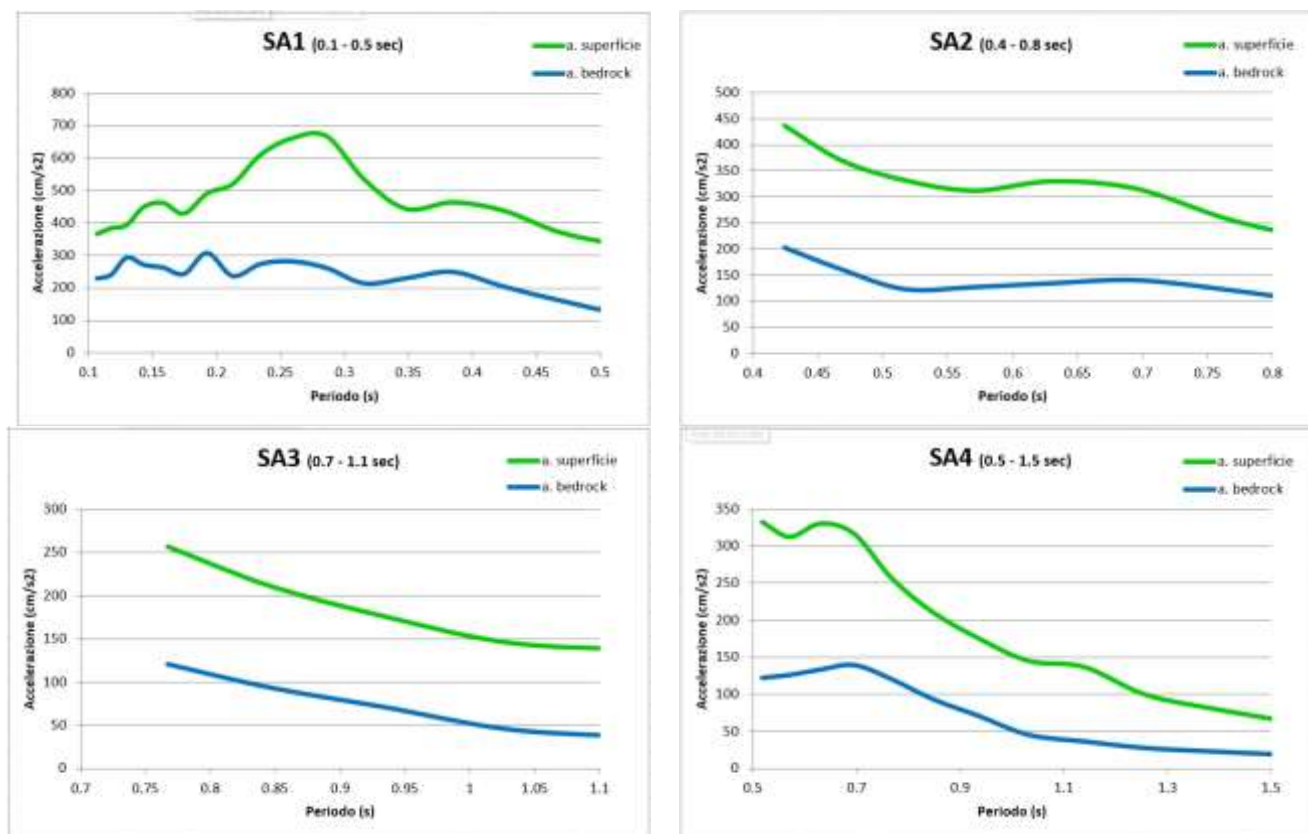
$$SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$$

dove V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T ottenendo tre valori di intensità

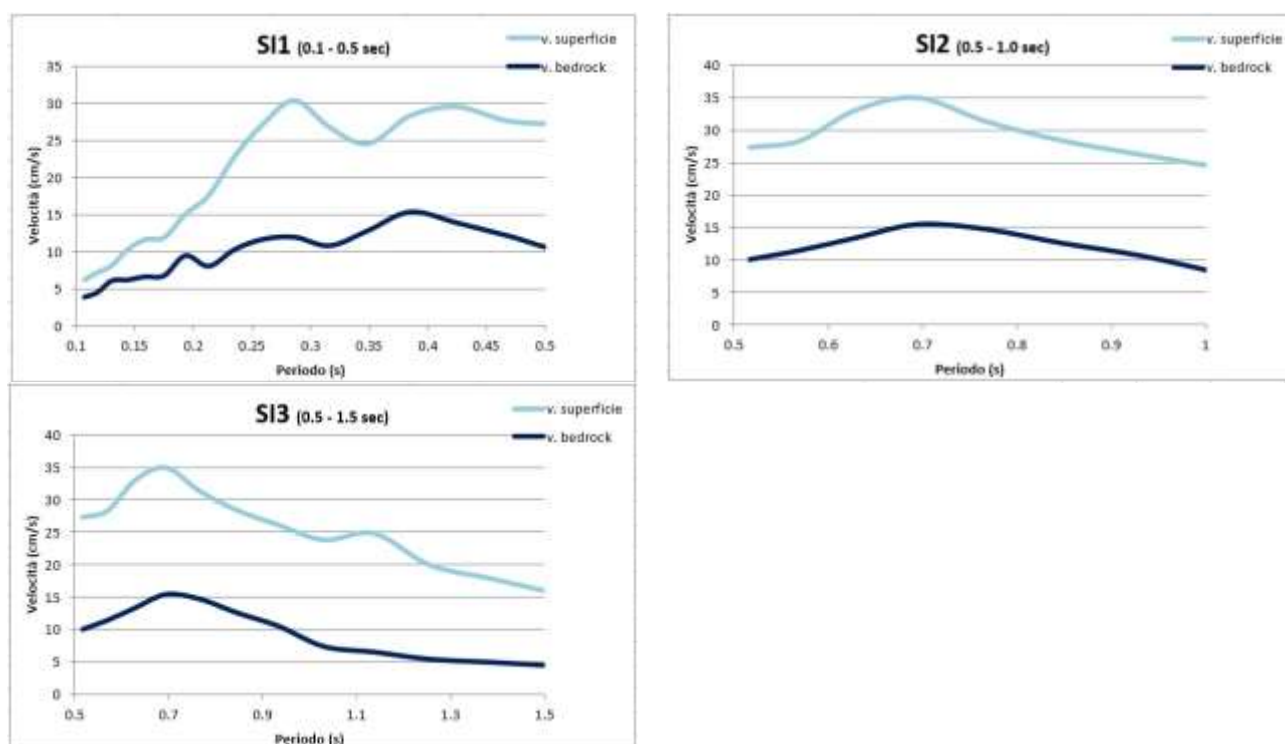
	T₁	T₂
SI1	0,1 s	0,5 s
SI2	0,5 s	1,0 s
SI3*	0,5 s	1,5 s

Di seguito si riportano i grafici degli spettri di risposta in accelerazione e velocità calcolati per l'area in studio.

SPETTRI DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE



SPETTRI DI RISPOSTA IN VELOCITÀ



Di seguito si riportano in tabella i FA:

Fattore di amplificazione	Periodo T (s)	FA
Fattore di Amplificazione SA1	$0.1s \leq T \leq 0.5s$	2.02
Fattore di Amplificazione SA2	$0.4s \leq T \leq 0.8s$	2.34
Fattore di Amplificazione SA3	$0.7s \leq T \leq 1.1s$	2.76
Fattore di Amplificazione SA4	$0.5s \leq T \leq 1.5s$	2.87

Tab.4.4 – Fattori di amplificazione SA1 –SA2 –SA3 – SA4.

Fattore di amplificazione	Periodo T (s)	FA
Fattore di Amplificazione SI1	$0.1s \leq T \leq 0.5s$	2.02
Fattore di Amplificazione SI2	$0.5s \leq T \leq 1.0s$	2.49
Fattore di Amplificazione SI3	$0.5s \leq T \leq 1.5s$	2.87

Tab.4.5 – Fattori di amplificazione SI1 –SI2 –SI3.

Infine si è calcolato il valore di H_{SM} , ovvero il parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto, dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASI_{UHS}), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi $0.1 \leq T \leq 0.5$ s e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

I valori di $ASI_{UHS}/\Delta T$, calcolati per ogni punto della griglia INGV, sono riportati nel file [all_4_coord.kmz](#) disponibili nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, di seguito si riportano i valori della griglia INGV dell'area in studio.

La zona in studio presenta un valore di $ASI_{UHS}/\Delta T$ pari a **349**.

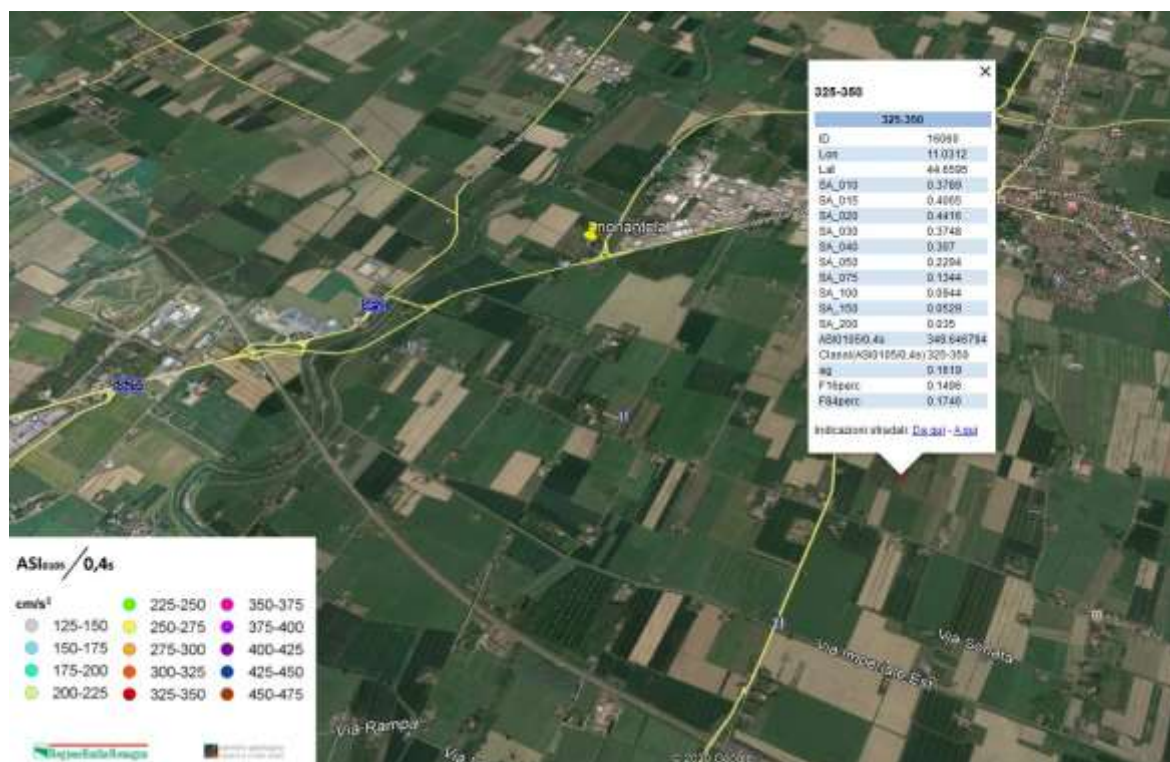


Fig.4.7 – Valori di $ASI_{UHS}/\Delta T$ per l'area in studio - griglia INGV.

Di seguito si riportano i valori di H_{SM} e H_{0408} , H_{0711} , H_{0515} ricavati, ovvero lo scuotimento in accelerazione (cm/s^2) atteso al sito per gli intervalli di periodi $0,4s \leq T \leq 0,8s$, $0,7s \leq T \leq 1,1s$ e $0,5s \leq T \leq 1,5s$.

H_{SM}	Periodo T (s)
$H_{SM} = 705$	$0,1 s \leq T \leq 0,5s$
$H_{0408} = 818$	$0,4 s \leq T \leq 0,8s$
$H_{0711} = 966$	$0,7 s \leq T \leq 1,1s$
$H_{0515} = 1002$	$0,5 s \leq T \leq 1,5s$

Tab.4.6 – Valori Hsm ottenuti per i diversi periodi.

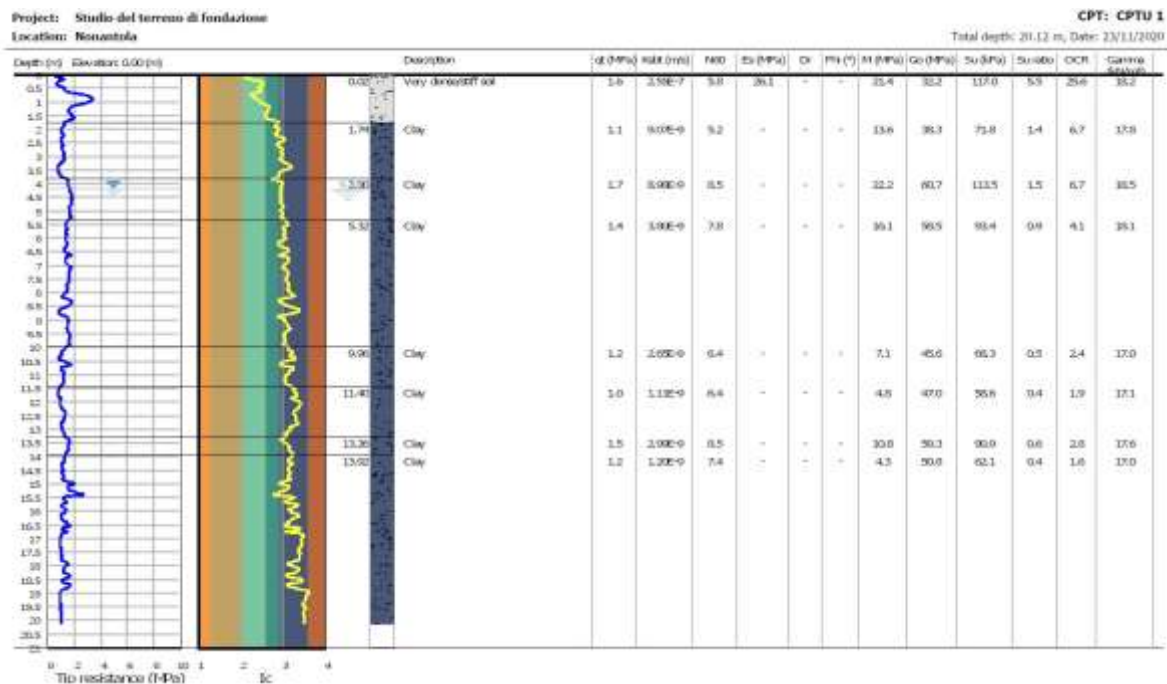
Dai risultati sopra esposti dell'analisi di risposta sismica locale si ottiene un valore di accelerazione massima attesa al suolo del valore **$PGA_{max} = A_{max} = 0.240g$** (per $T=0 s$).

5 MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO

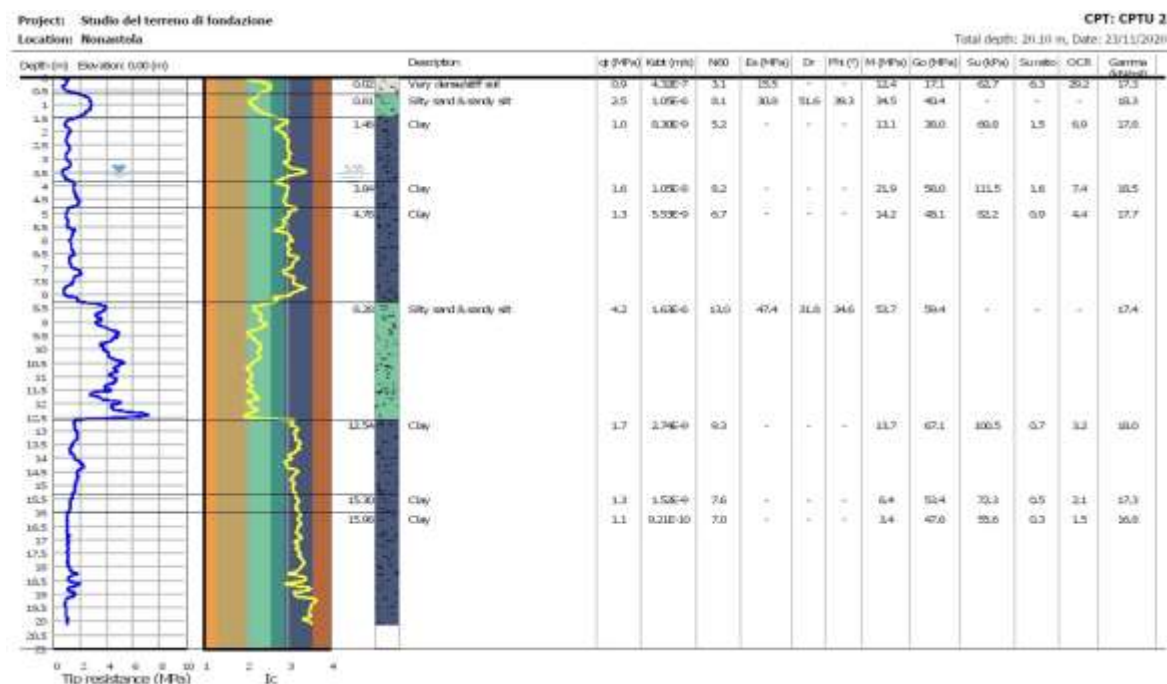
5.1 Modello geotecnico del sottosuolo

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geotecniche eseguite in sito, si possono riassumere i seguenti modelli geotecnici.

CPTU 1



CPTU 2



5.3 Stabilità nei confronti della liquefazione (§ A2.2. DGR 630/2019)

In accordo con la normativa regionale DGR 630/19 si è proceduto alla verifica della liquefazione per le verticali di prova CPTU.

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:

$$F_L(z) = \frac{CRR_{M=7.5; \sigma'_{v0}=1atm}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

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:

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

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 le specifiche della procedura di calcolo adottata si faccia riferimento all'allegato **A2.2** della DGR 630/2019 della Regione Emilia Romagna. L'analisi di liquefazione è stata eseguita entro i -20.00 m rispetto al piano campagna come prescritto dalla normativa di riferimento.

A seguito dell'identificazione del fattore di sicurezza F_L è stato determinato l'indice potenziale di liquefazione IL (LPI) attraverso il quale è possibile definire l'esposizione del sito al rischio di liquefazione. Il potenziale di liquefazione LPI è stato determinato secondo la seguente formulazione:

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

Dove $F(z)$ viene determinato secondo le formulazioni proposte da Somnez (2003)

$$\begin{array}{ll} F(z) = 0 & \text{per } F_L \geq 1.2 \\ F(z) = 2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18.427 \cdot F_L) & \text{per } 1.2 > F_L \geq 0.95 \\ F(z) = 1 - F_L & \text{per } F_L \leq 0.95 \end{array}$$

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 **Somnez 2003**:

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

Si illustra successivamente i valori di LPI considerando un'accelerazione massima al suolo $A_{max} = 0.240g$ (calcolata secondo RSL) e una magnitudo di riferimento pari a $M=6.14$ (derivante dalla zonazione sismogenetica).

A seguito della verifica, si sono ottenuti i seguenti valori di LPI:

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE	RISCHIO
CPTU 1	0.0	MOLTO BASSO
CPTU 2	5.695	ALTO

5.4 Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica (§ A3.B. DGR 630/2019)

Per cedimento si intende l'abbassamento del piano campagna, ovvero la sommatoria dei prodotti della deformazione verticale media per lo spessore di ciascuno degli strati deformati.

Il cedimento post sismico può essere dovuto a terreni granulari saturi, insaturi e a terreni coesivi soffici; tali cedimenti vengono stimati con la seguente equazione:

$$s = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{vi} \cdot \Delta z_i$$

ε_{vi} = deformazione volumetrica;

Δz_i = spessore dello strato i-esimo.

I cedimenti conseguenti a liquefazione di terreni granulari saturi hanno luogo immediatamente dopo il terremoto o comunque in un tempo non superiore a un giorno, i cedimenti per densificazione di terreni granulari insaturi avvengono durante lo scuotimento sismico, mentre i cedimenti per consolidazione di terreni coesivi soffici possono richiedere tempi anche molto lunghi in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche.

Il calcolo dei cedimenti post sismici in terreni incoerenti in condizioni sature e insature, eseguiti per le verticali CPTU hanno evidenziato quanto segue:

INDAGINE	Cedimento in terreni incoerenti insaturi (DRY SETTLEMENT) [cm]	Cedimento in terreni incoerenti saturi (LIQ. SETTLEMENT) [cm]
CPTU 1	0.00	0.00
CPTU 2	0.00	14.57

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente elaborato contiene lo studio di Microzonazione Sismica a supporto del progetto per la presentazione della variante urbanistica relativa al piano particolareggiato di iniziativa privata del comparto "Fondo Consolata" nel Comune di Nonantola (MO). Lo studio in oggetto è stato eseguito in ottemperanza alla disposizione regionale DGR 630/2019 e alle norme tecniche delle per le costruzioni NTC 2018.

Lo studio comunale di Microzonazione sismica, ed in particolare la "Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica" prescrive, per l'area in oggetto, approfondimenti di III livello a causa di scenari suscettibili di instabilità. Per tale prescrizione, nel presente elaborato è stato eseguito uno studio di "III livello di approfondimento" mediante risposta sismica locale RSL, stima dei cedimenti post-sismici e valutazione della suscettività alla liquefazione.

Per la definizione dell'azione sismica del sito (§ 4.3) è stato eseguito uno studio di risposta sismica locale (DGR 630/2019 e Ordinanza n.55 del 24 aprile 2018). Dall'analisi così eseguita si sono ottenuti i seguenti risultati:

	RSL
ag	A _{max}
0.161g	0.240g

È stata eseguita la verifica della suscettibilità al fenomeno della liquefazione considerando un'accelerazione massima al suolo **A_{max} = 0.240g** (calcolata secondo RSL – DGR 630/2019) e una magnitudo di riferimento pari a **M=6.14**. A seguito della verifica, si sono ottenuti i seguenti valori di LPI:

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE	RISCHIO
CPTU 1	0.0	MOLTO BASSO
CPTU 2	5.695	ALTO

Inoltre sono stati calcolati i cedimenti indotti dall'azione sismica secondo la DGR 630/2019 (§ 5.4).

INDAGINE	DRY SETTLEMENT [cm]	LIQ. SETTLEMENT [cm]
CPTU 1	0.00	0.00
CPTU 2	0.00	14.57

In riferimento ai potenziali di liquefazione ottenuti è possibile derivare un rischio di liquefazione variabile da "molto basso" a "alto". I potenziali di liquefazione sono stati calcolati considerando l'accelerazione derivante dall'analisi RSL eseguita.

In fase di progettazione esecutiva, in accordo con il paragrafo 7.11.3.4.3 della normativa tecnica nazionale NTC 2018, sarà a discrezione del progettista stabilire l'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione.

Inoltre, in fase di progettazione esecutiva, per ciascuna area di sedime di ogni fabbricato che verrà realizzato, sarà necessario eseguire una campagna di indagini geognostiche al fine di definire le caratteristiche geologico-stratigrafiche, geotecniche e sismiche relative al volume significativo di sottosuolo indagato per ogni edificio e quindi definire il rischio di liquefazione in maniera puntuale.

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

Modena, 21 Dicembre 2021

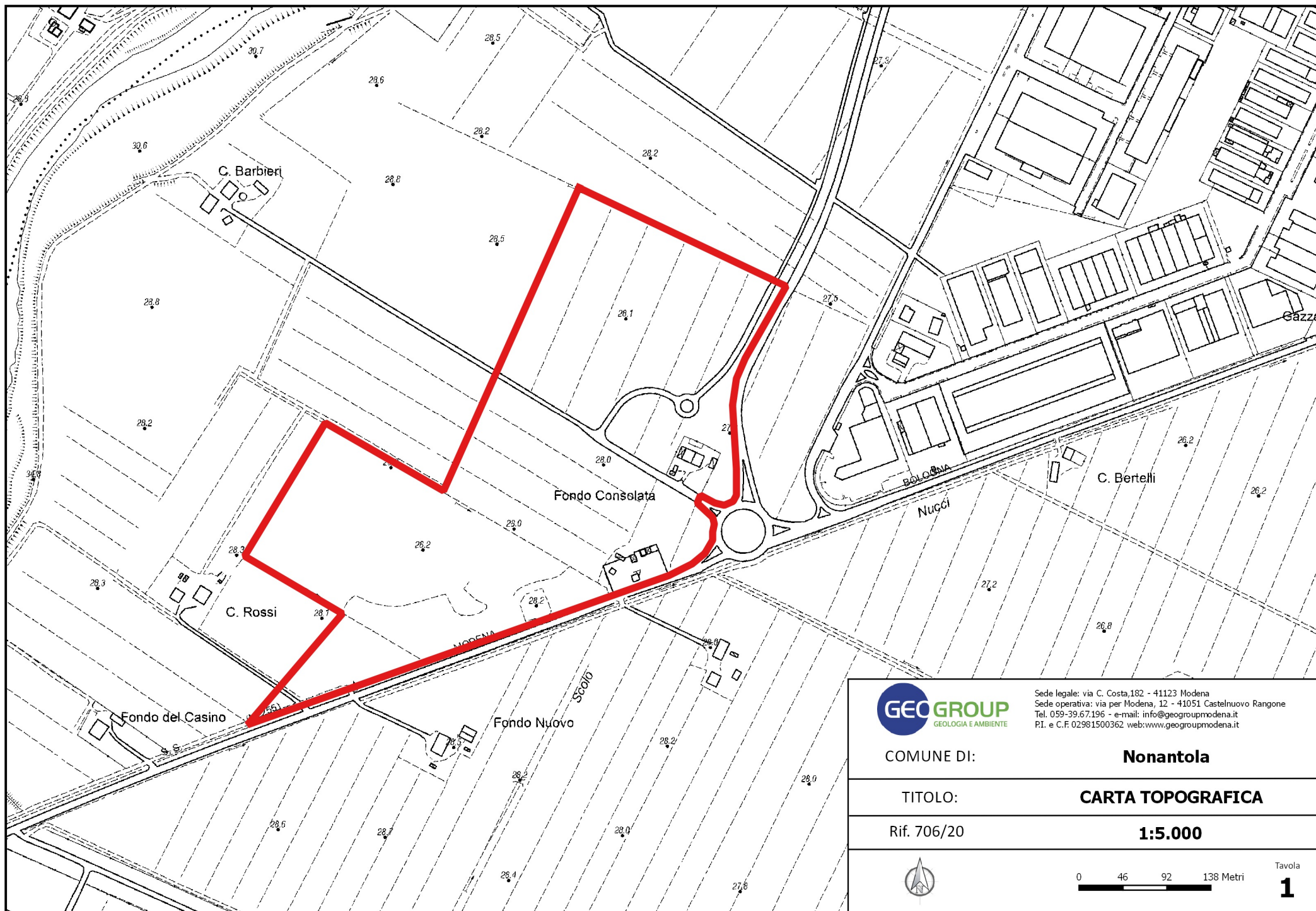
Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



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:

Nonantola

TITOLO:

CARTA TOPOGRAFICA

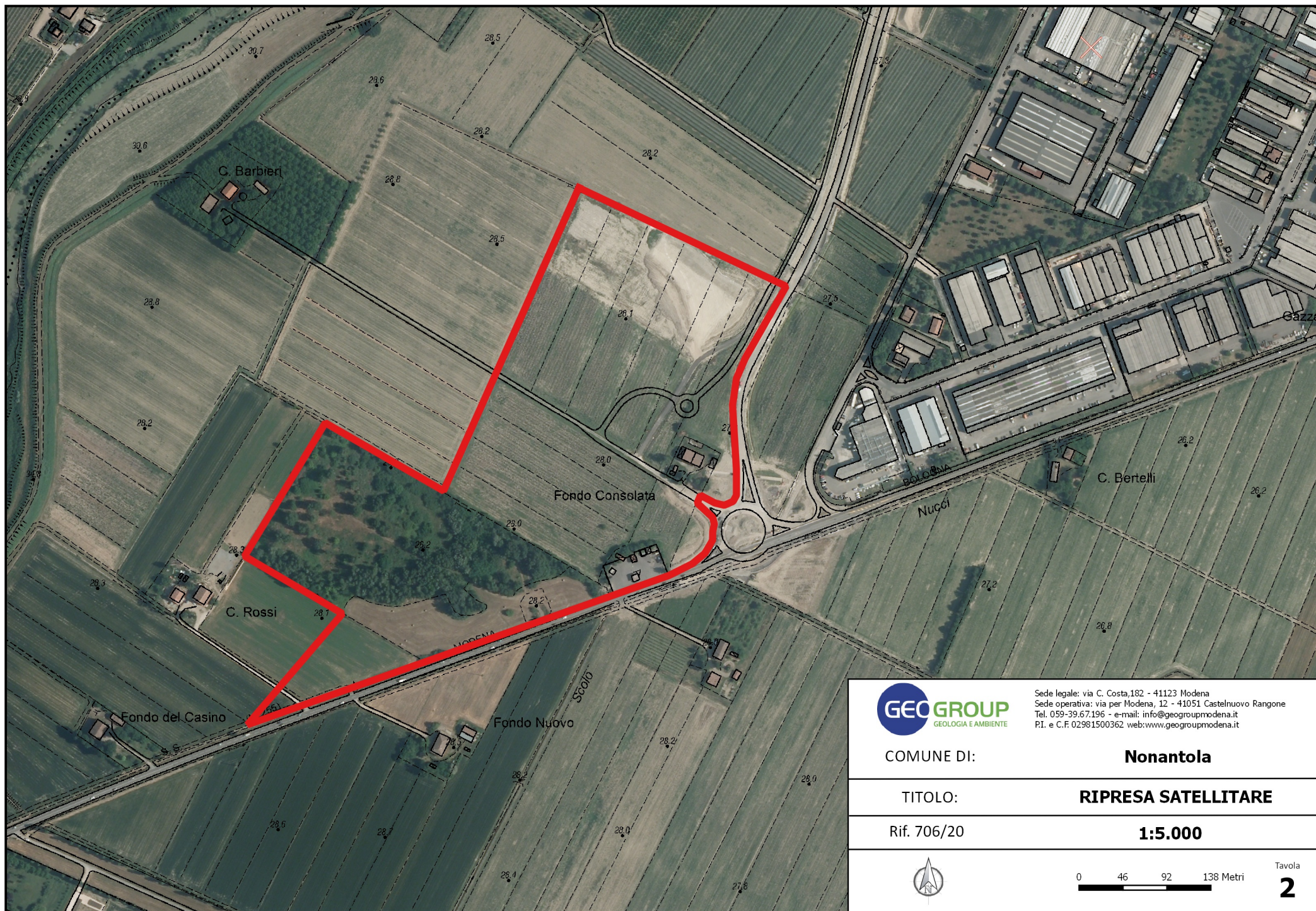
Rif. 706/20

1:5.000



0 46 92 138 Metri

Tavola
1



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:

Nonantola

TITOLO:

RIPRESA SATELLITARE

Rif. 706/20

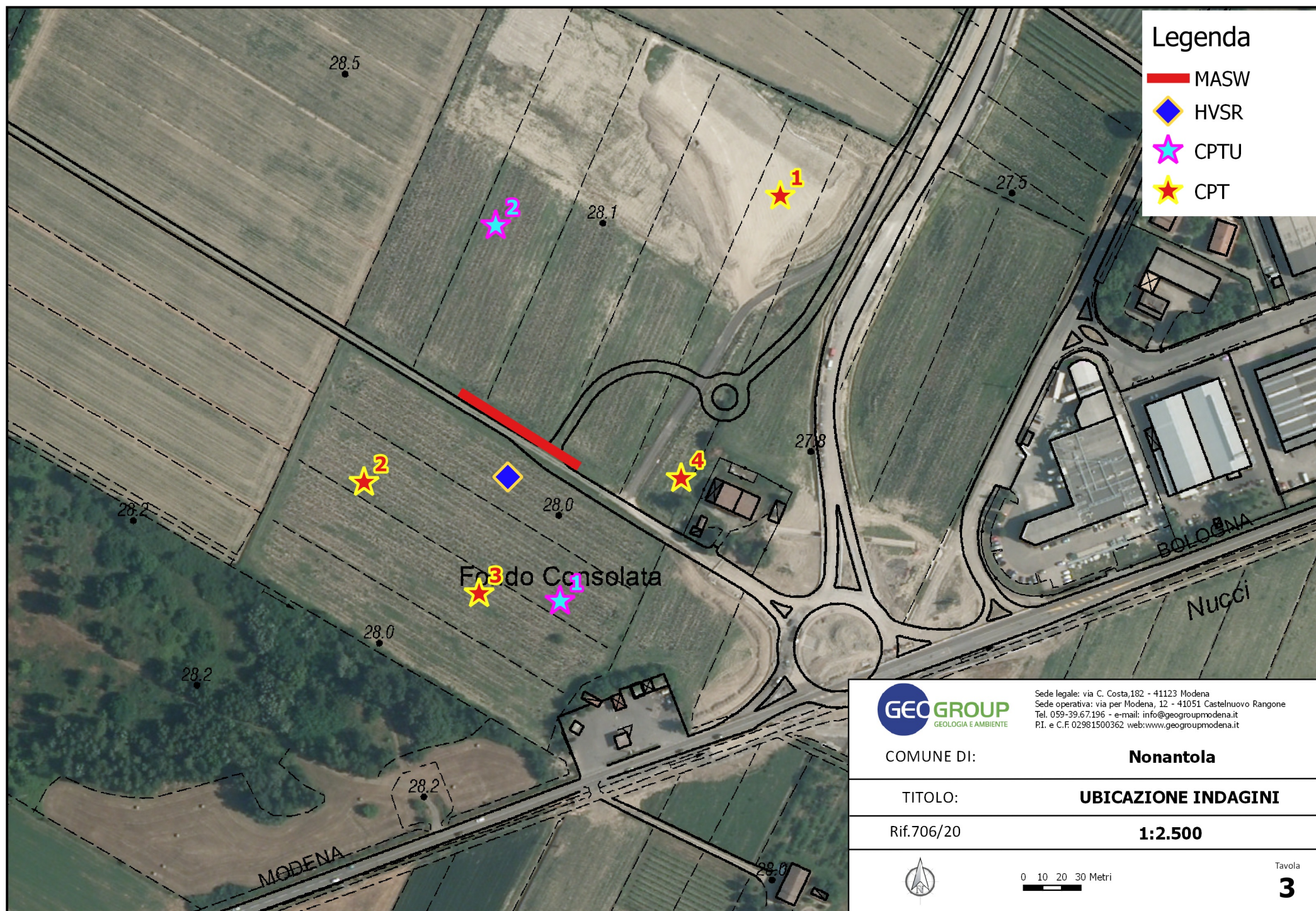
1:5.000



0 46 92 138 Metri

Tavola

2



Legenda

- MASW
- HVSR
- CPTU
- CPT



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:

Nonantola

TITOLO:

UBICAZIONE INDAGINI

Rif.706/20

1:2.500



0 10 20 30 Metri

Tavola

3

GEO GROUP s.r.l.

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

ALLEGATO N° 1

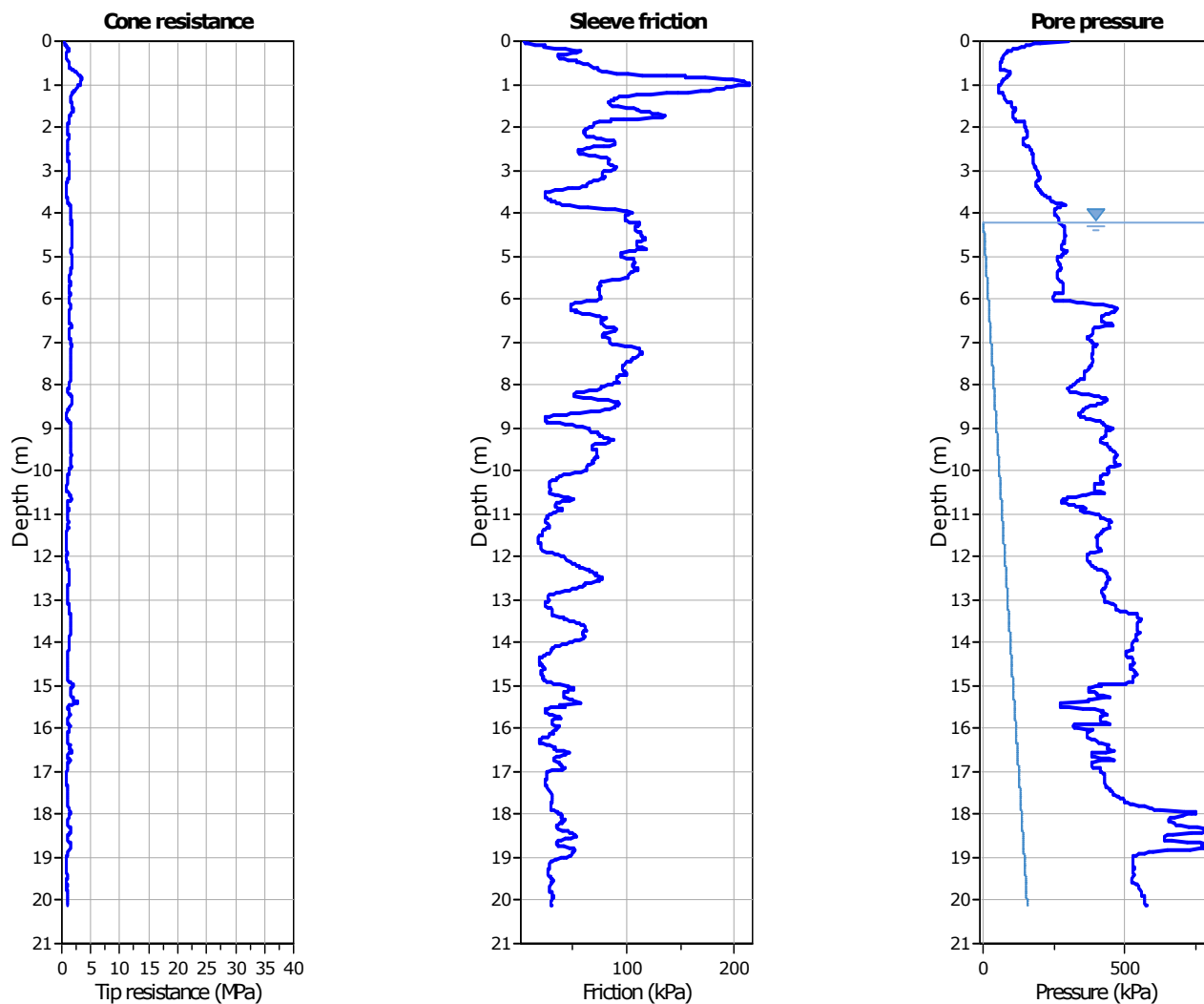
Prove penetrometriche statiche CPT e CPTU corredate di interpretazione geotecnica

Project: Studio del terreno di fondazione

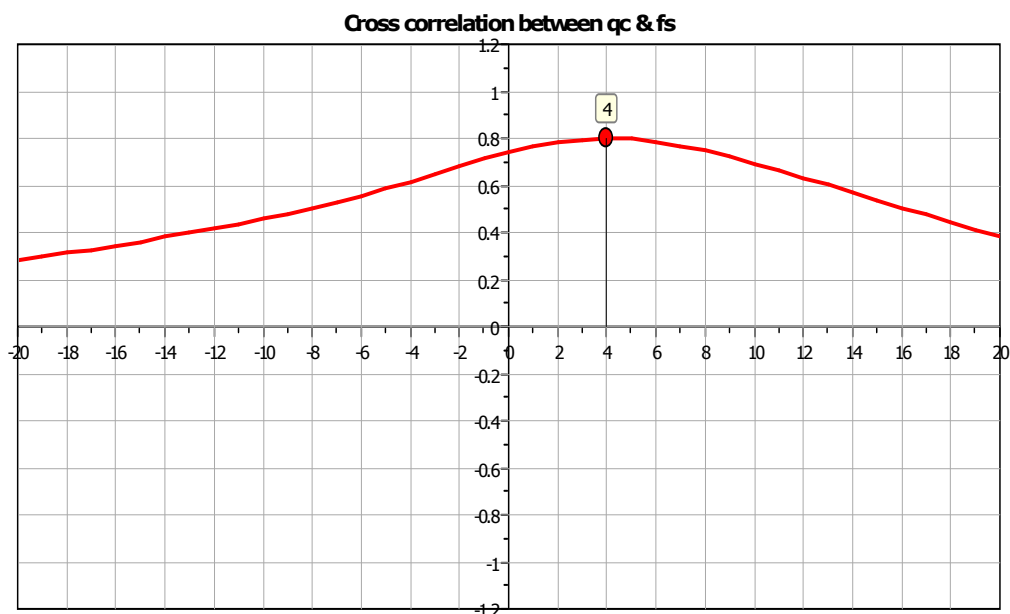
Location: Nonantola

CPT: CPTU 1

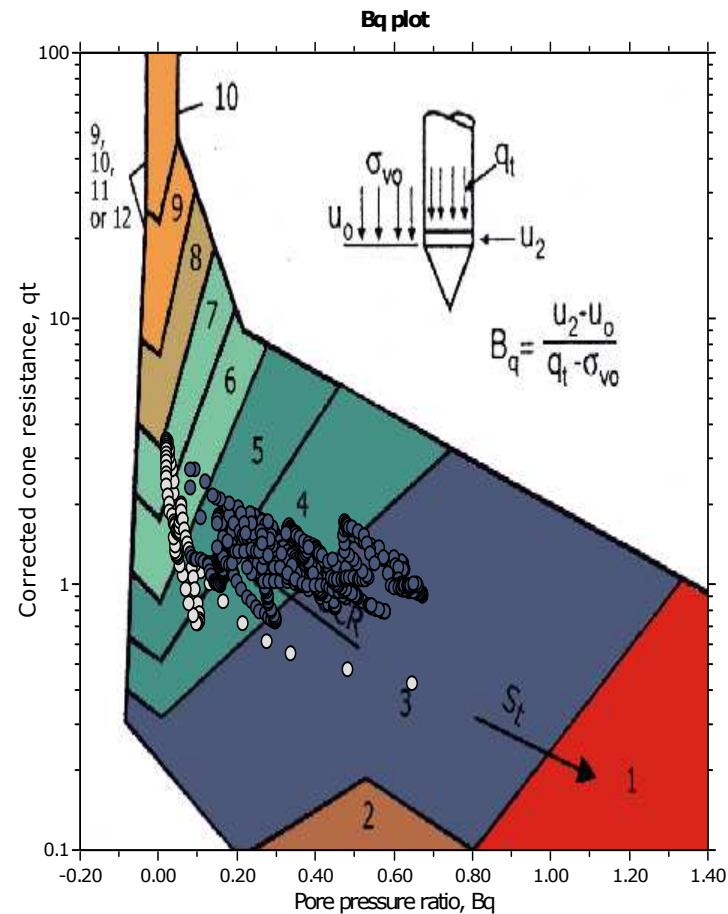
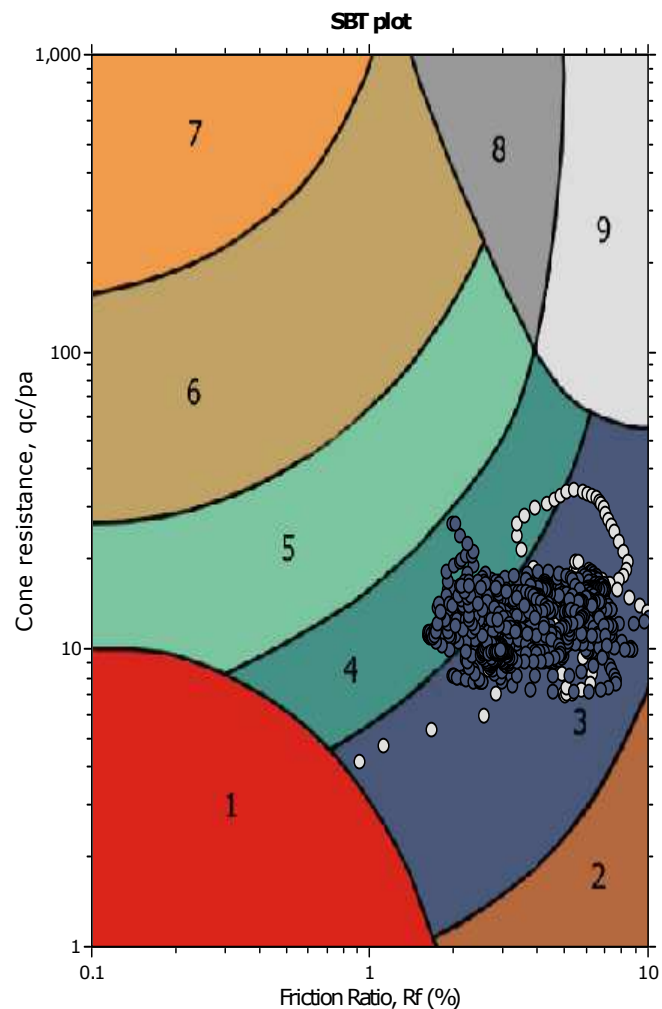
Total depth: 20.12 m, Date: 23/11/2020



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).



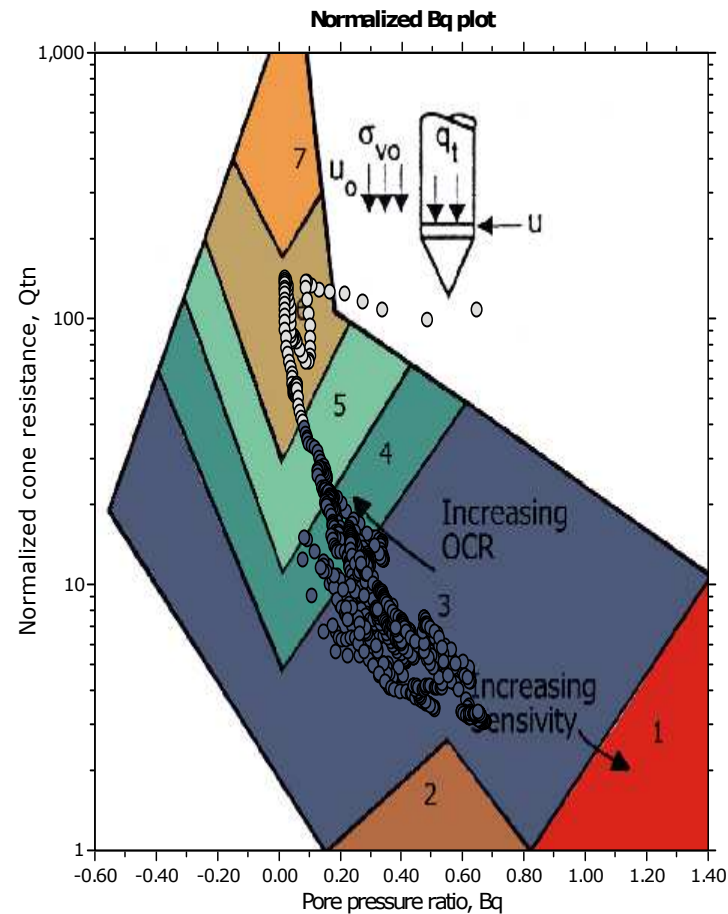
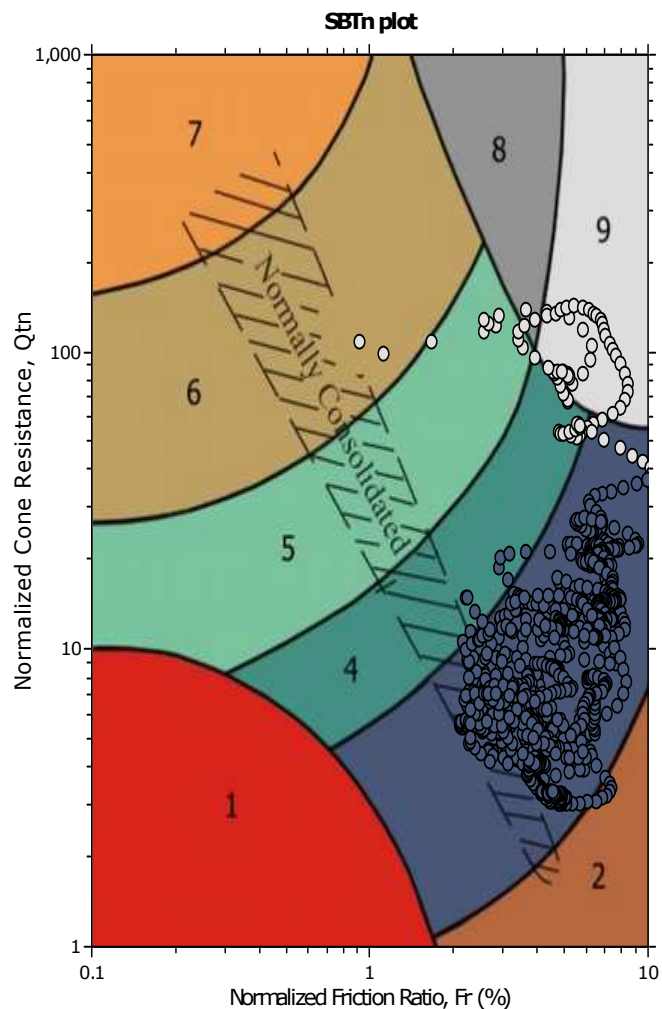
SBT - Bq plots



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

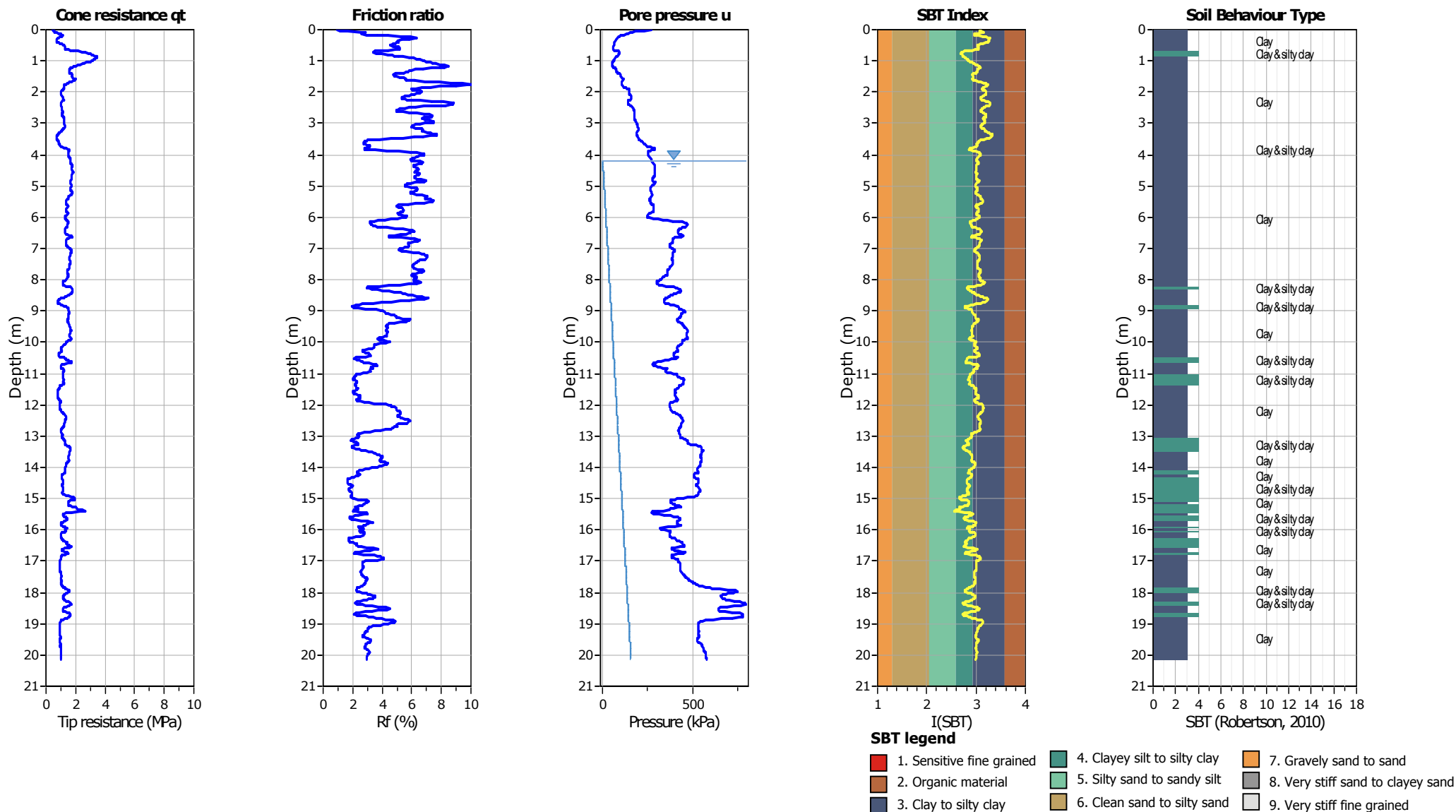
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

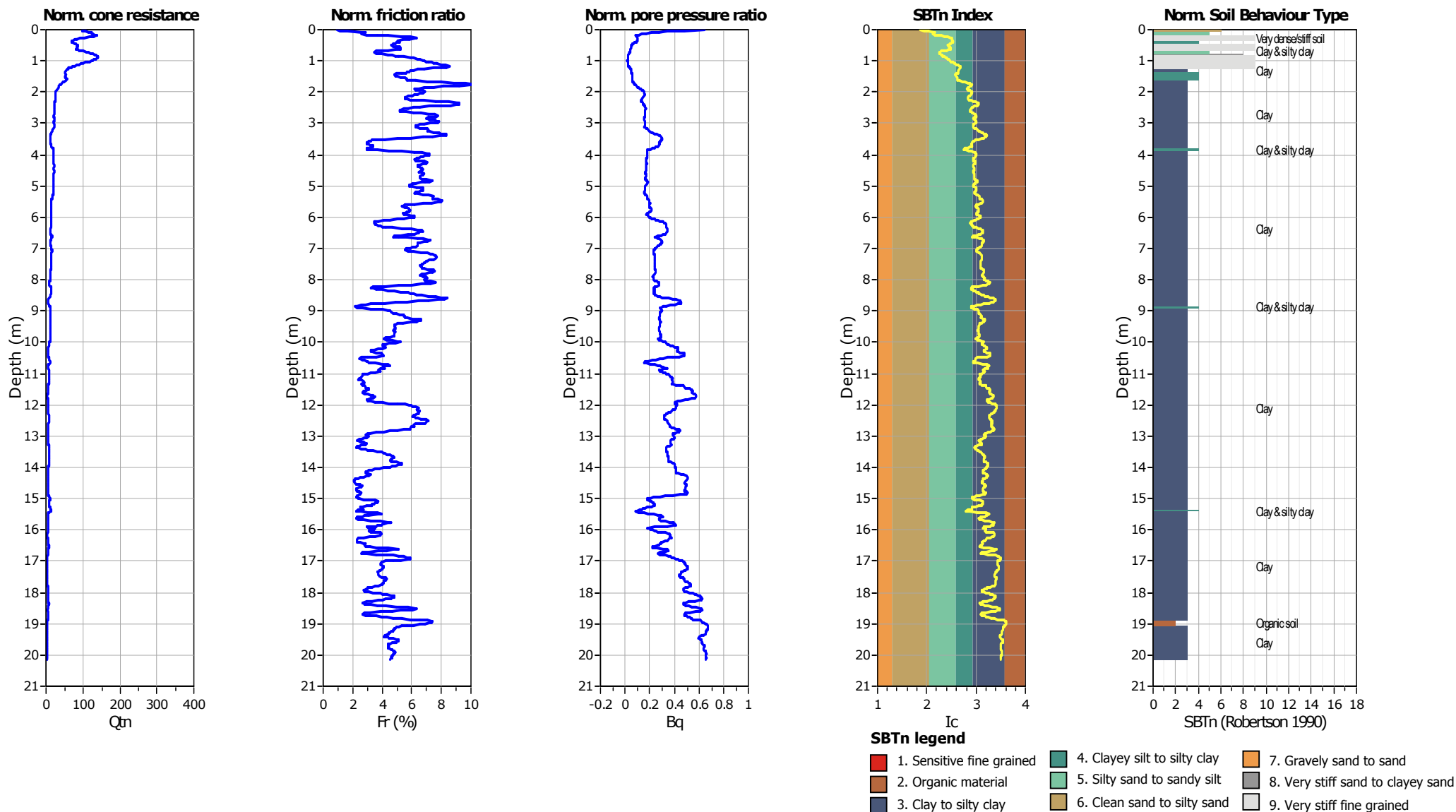
Project: Studio del terreno di fondazione

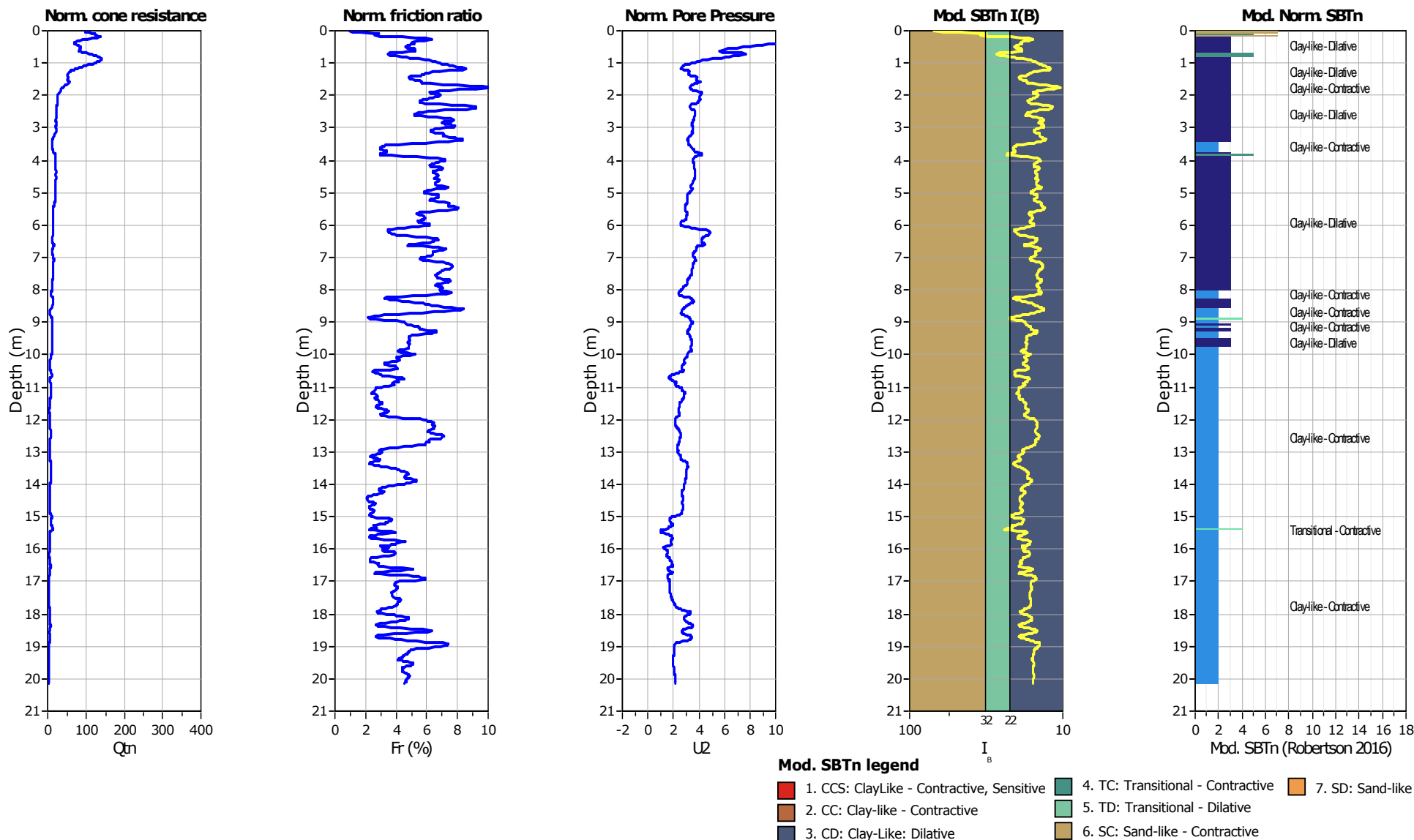
Location: Nonantola

CPT: CPTU 1

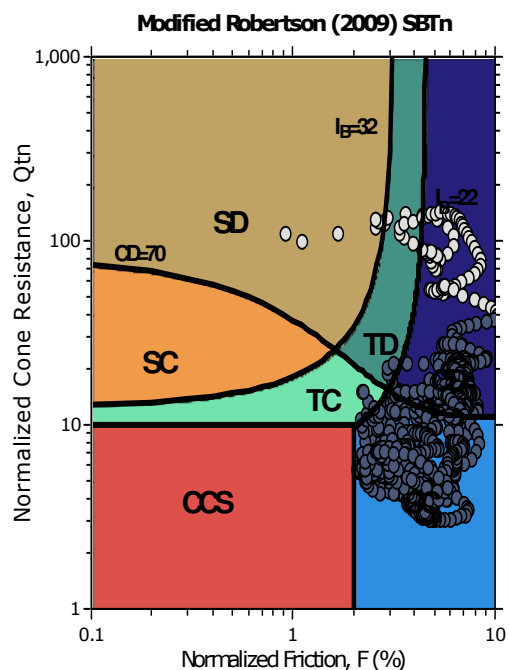
Total depth: 20.12 m, Date: 23/11/2020



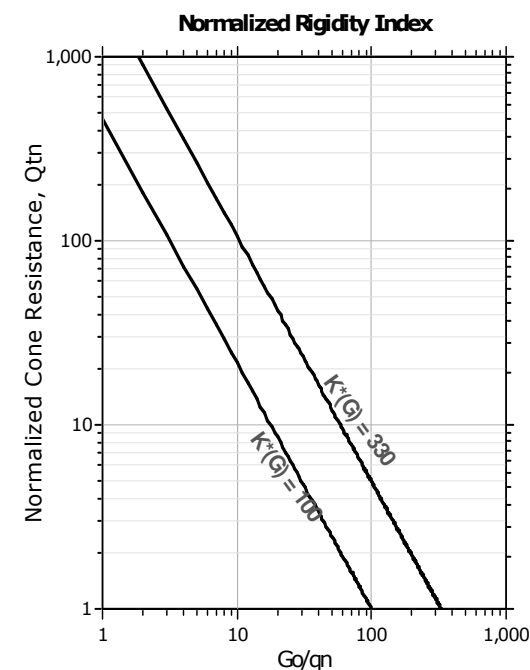
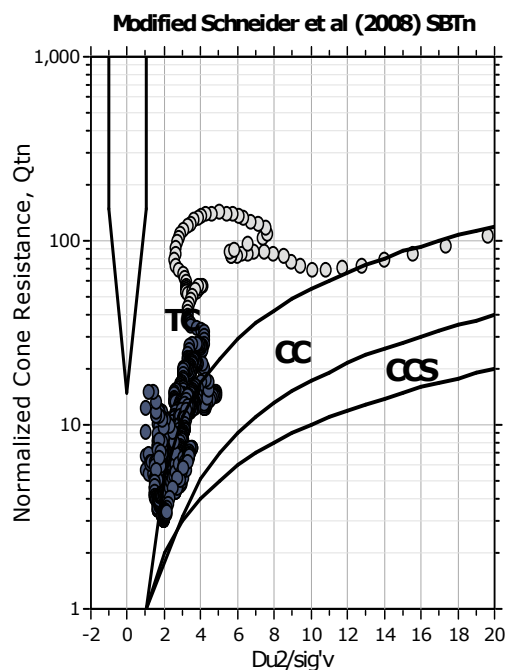




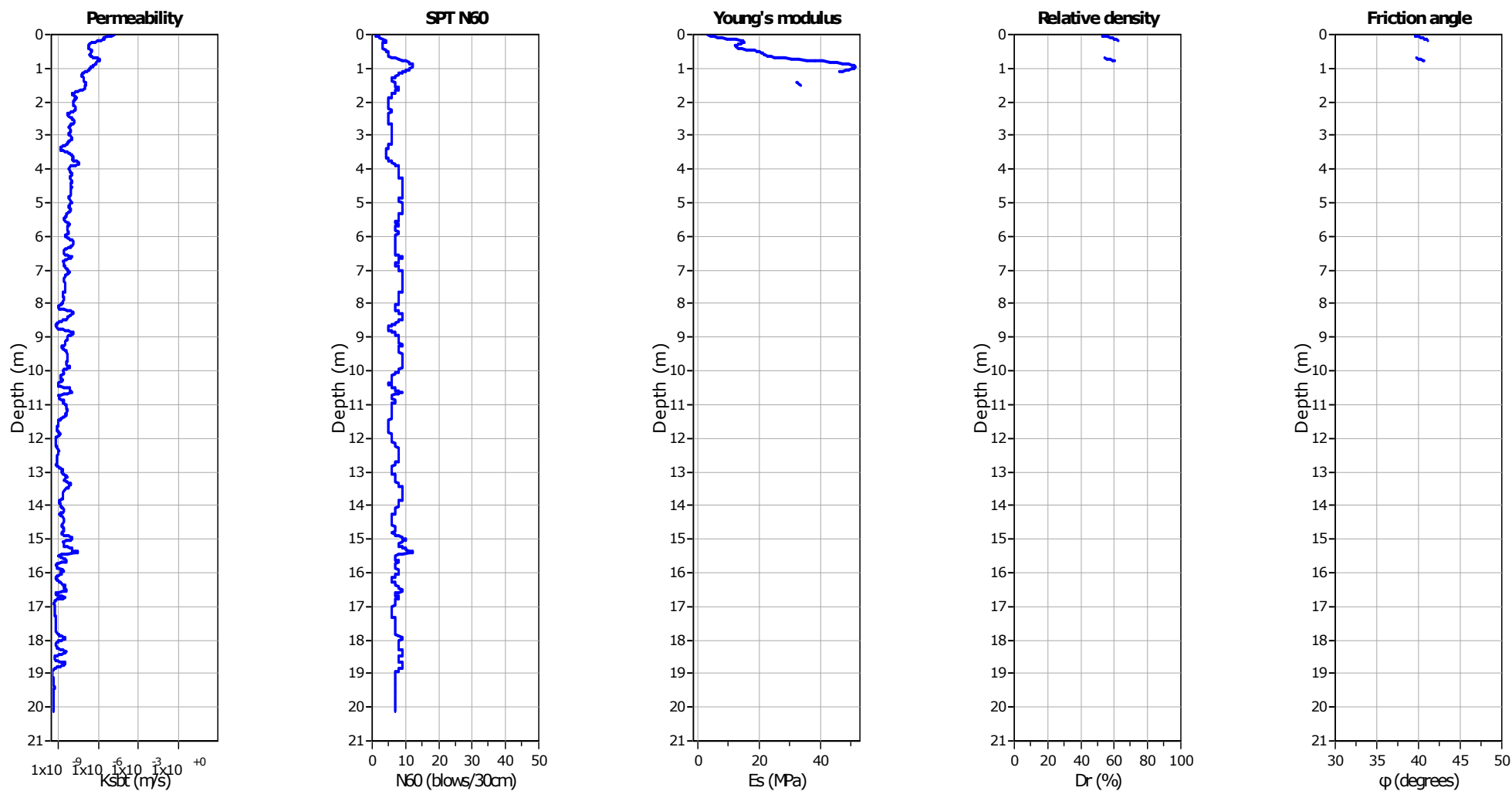
Updated SBTn plots



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)

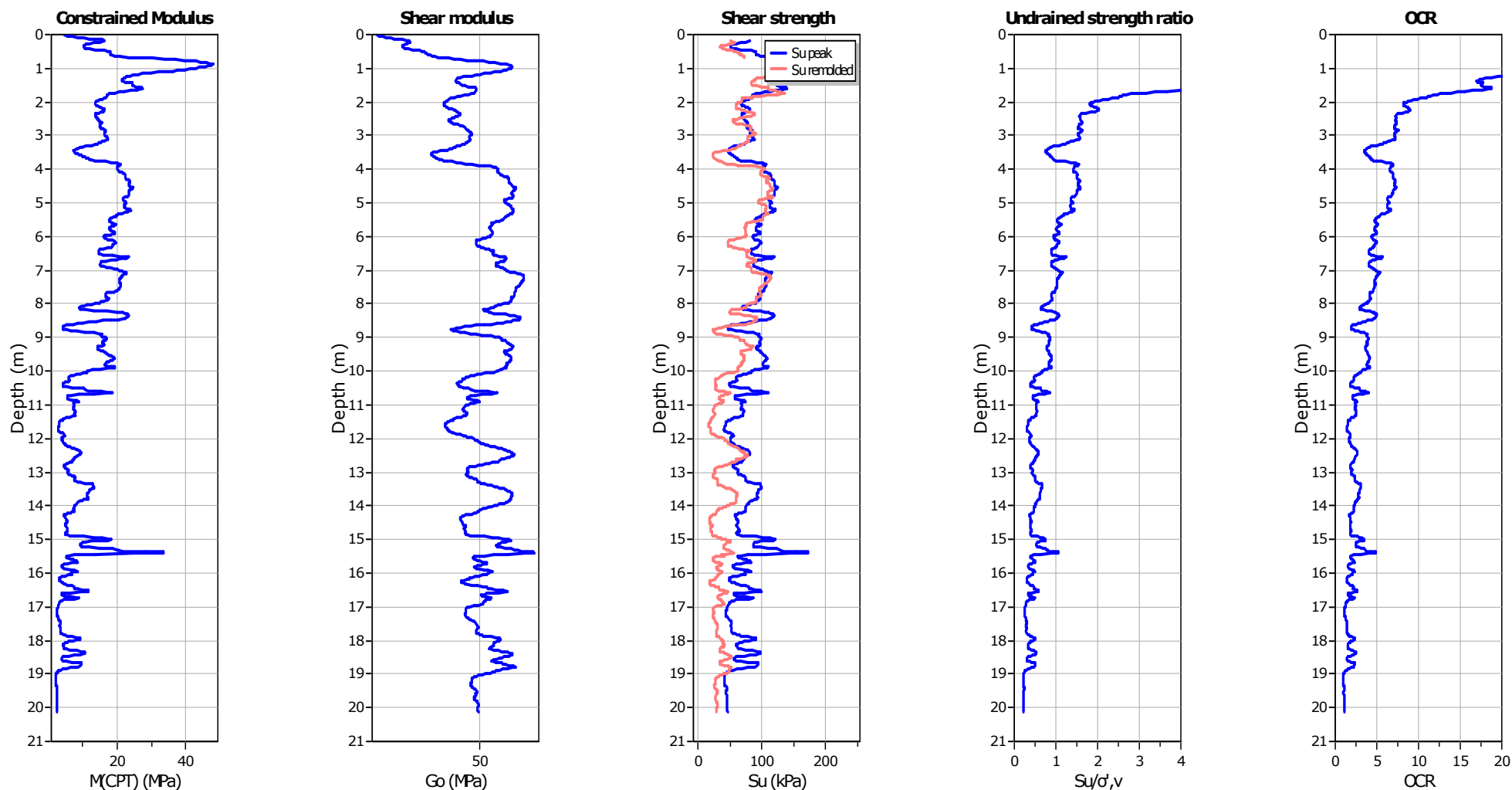
● — User defined estimation data

Project: Studio del terreno di fondazione

Location: Nonantola

CPT: CPTU 1

Total depth: 20.12 m, Date: 23/11/2020



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

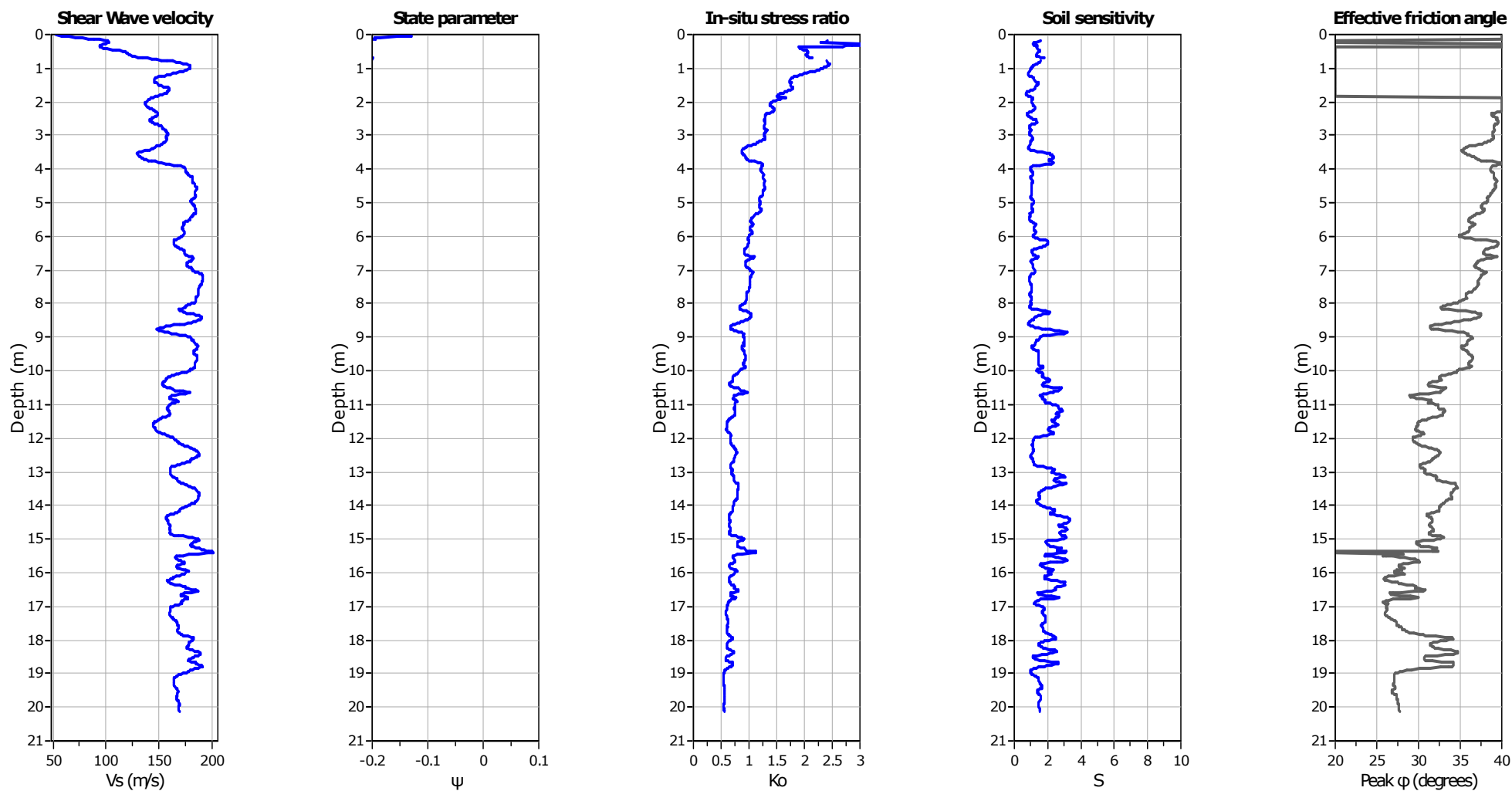
—●— Flat Dilatometer Test data

Project: Studio del terreno di fondazione

Location: Nonantola

CPT: CPTU 1

Total depth: 20.12 m, Date: 23/11/2020



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

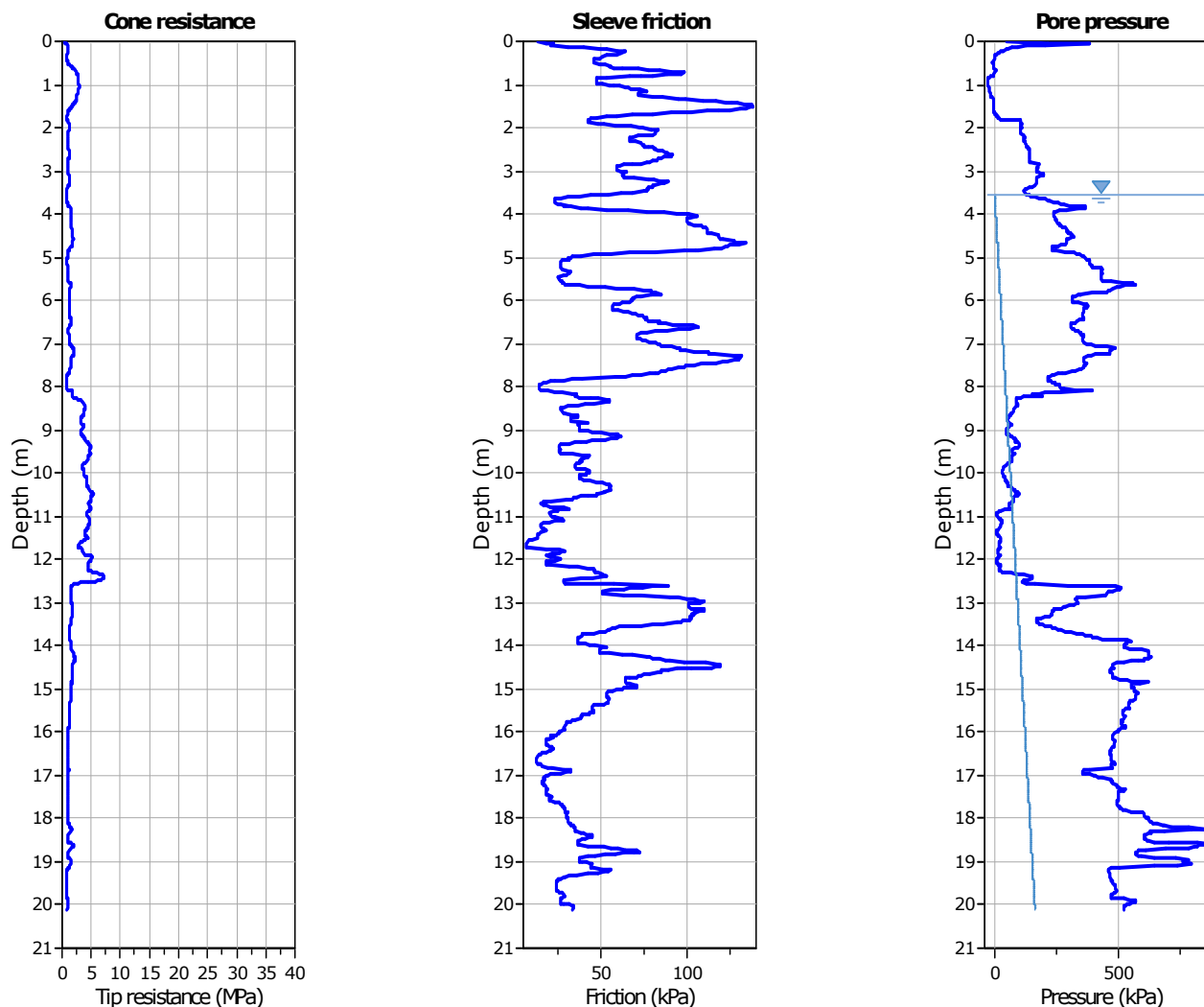
—●— User defined estimation data

Project: Studio del terreno di fondazione

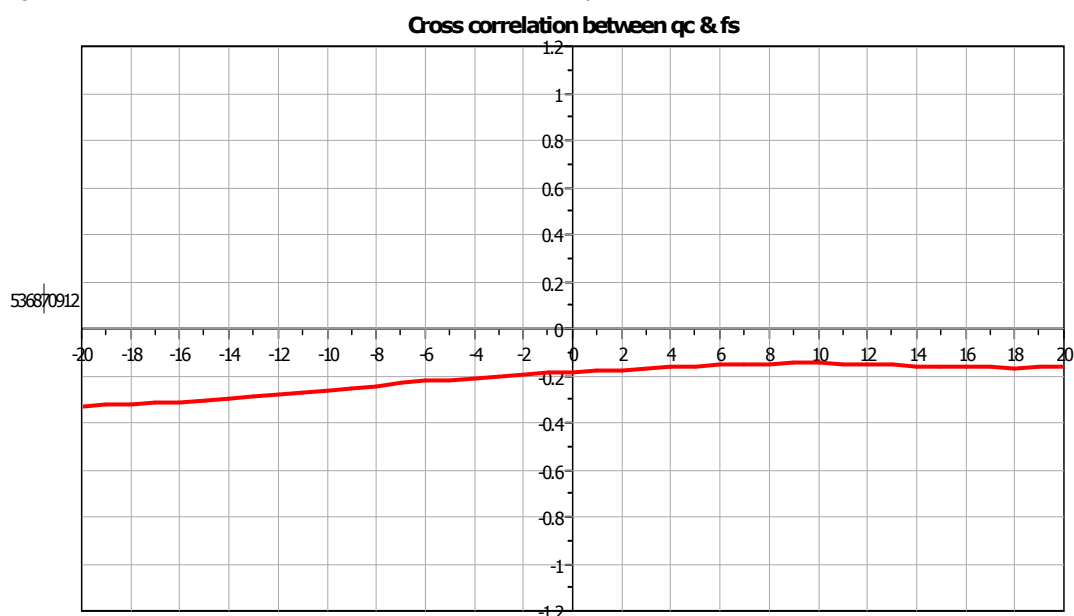
Location: Nonantola

CPT: CPTU 2

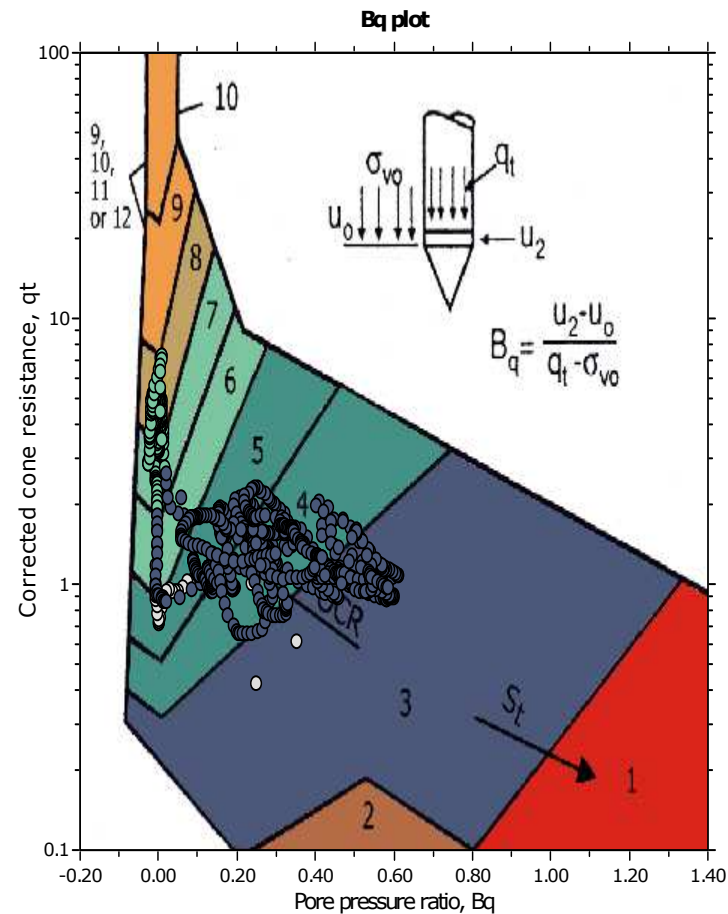
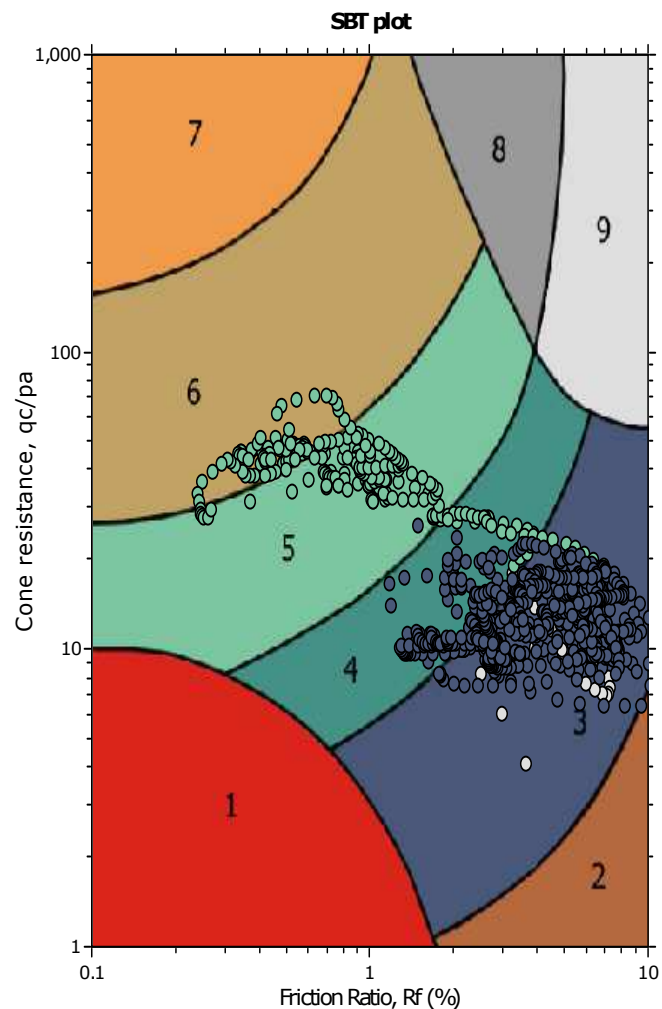
Total depth: 20.10 m, Date: 23/11/2020



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).



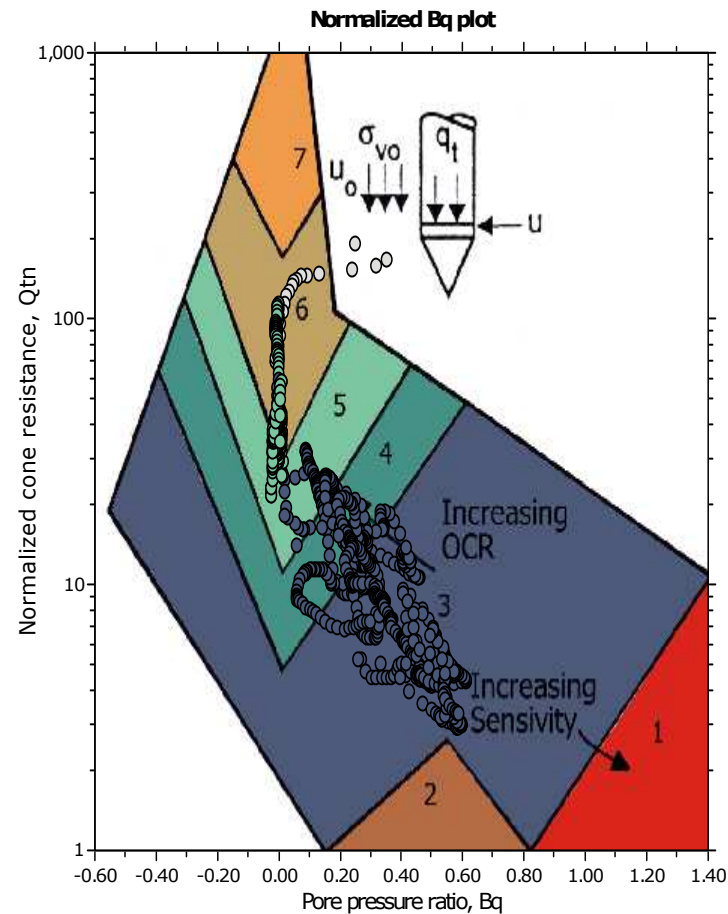
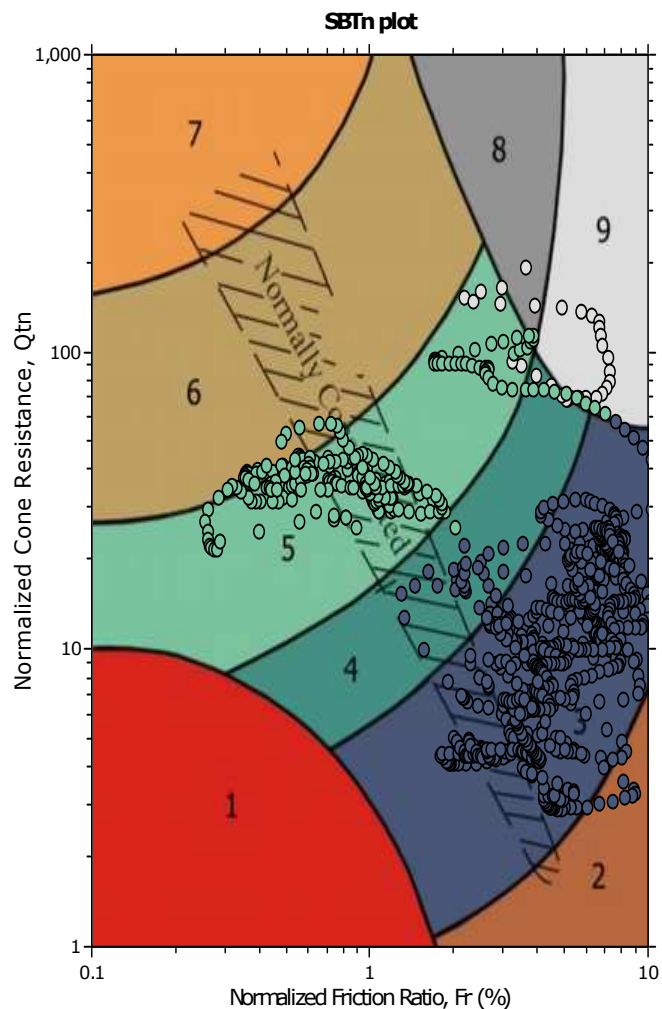
SBT - Bq plots



SBT legend

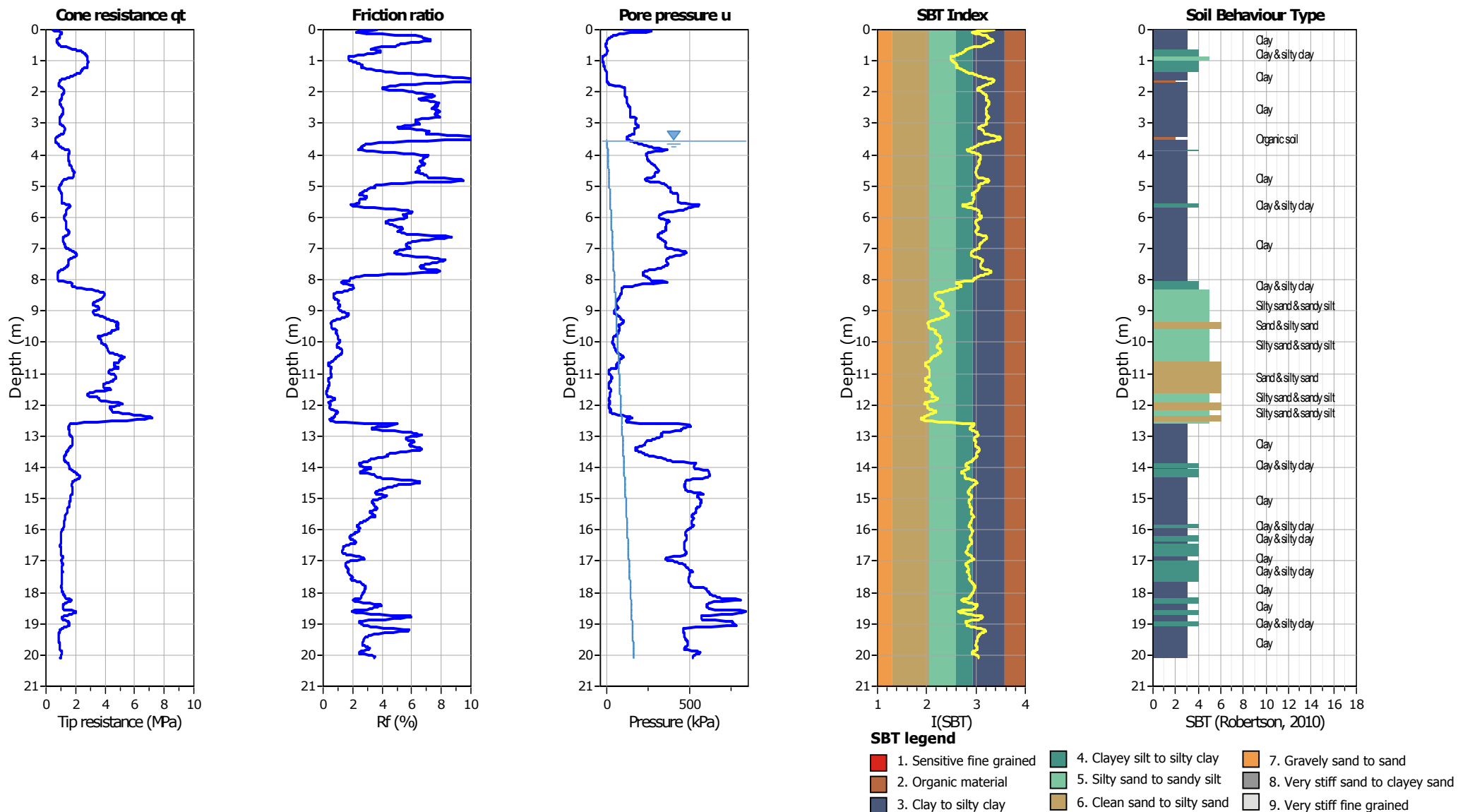
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

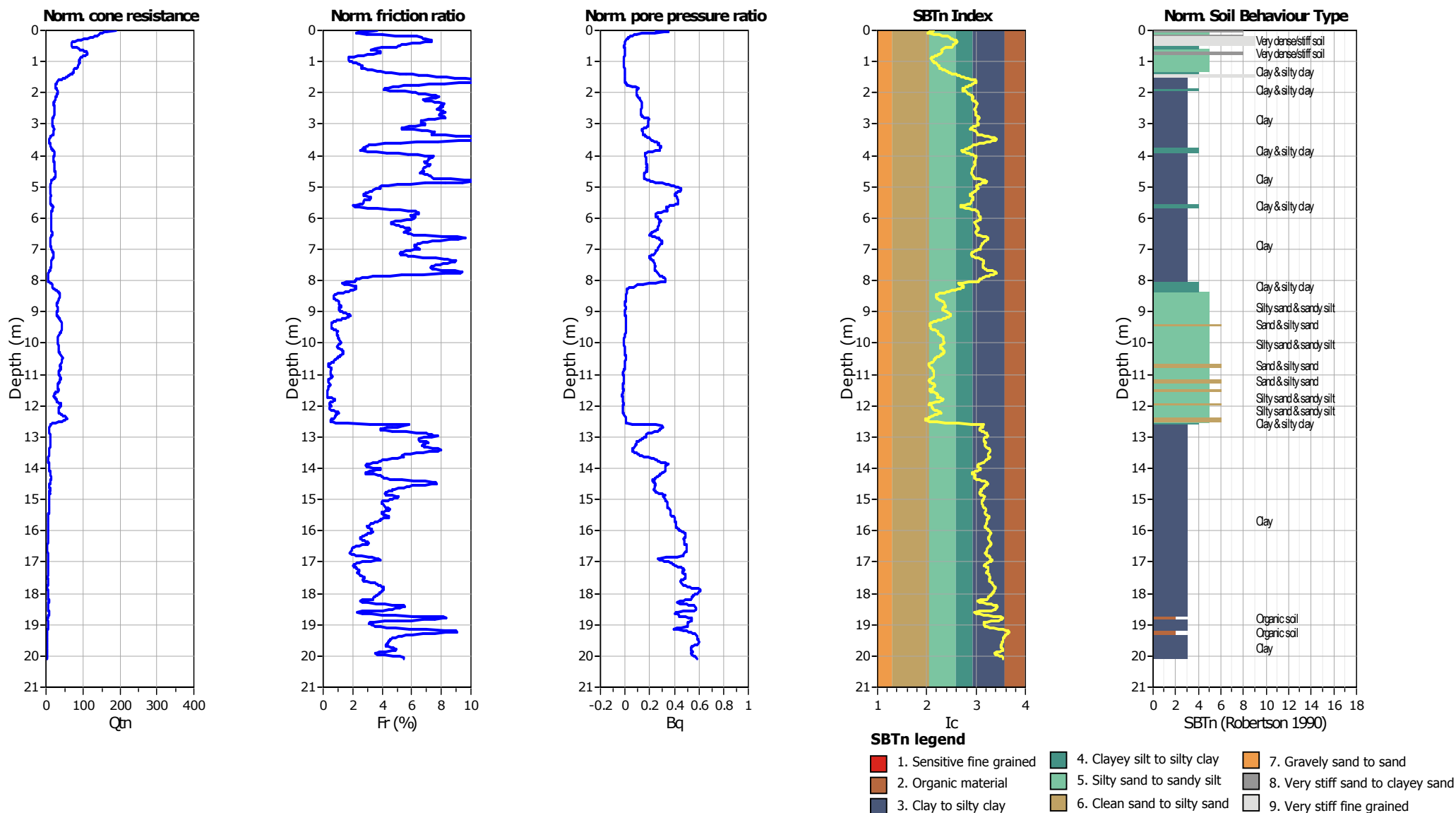
SBT - Bq plots (normalized)

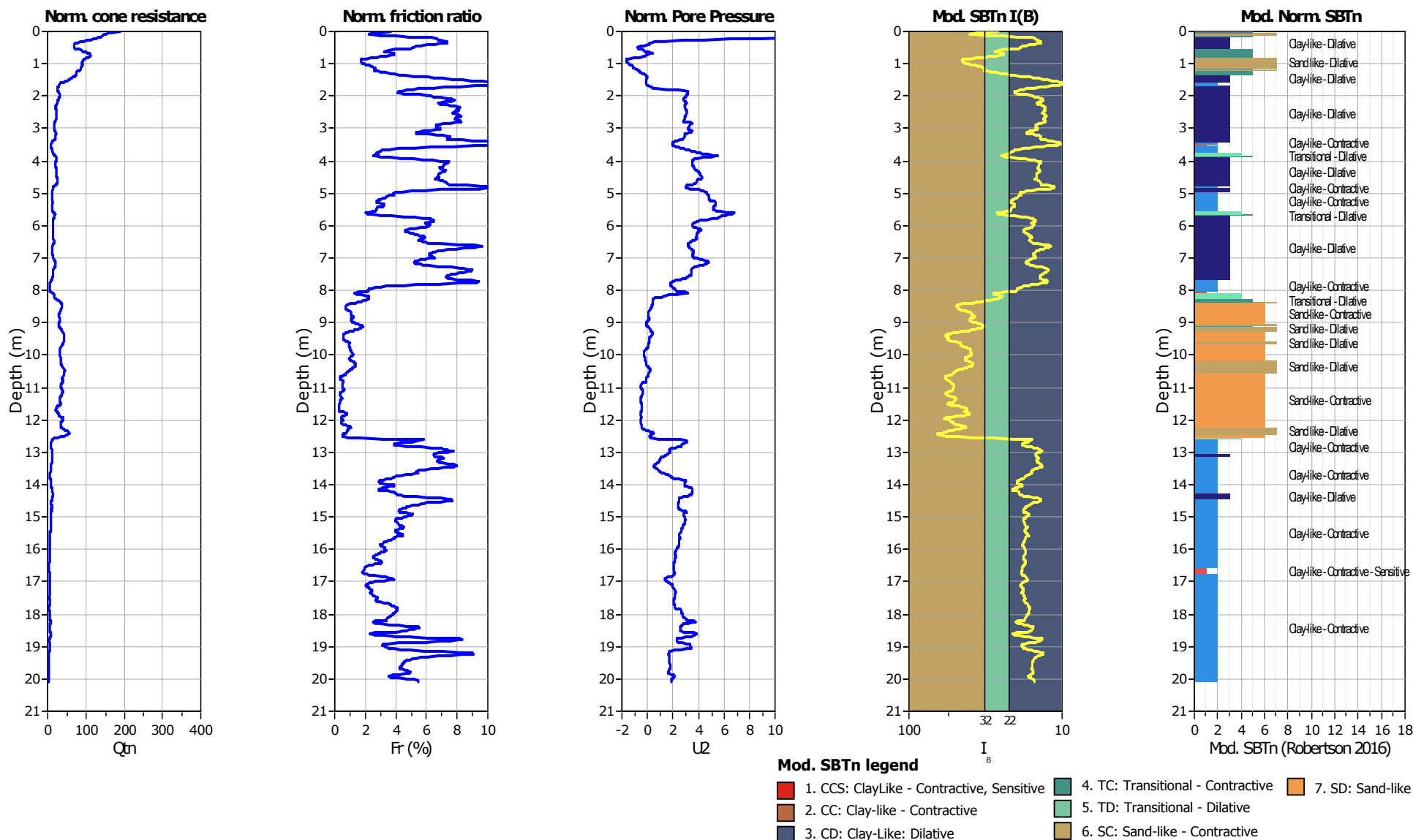


SBTn legend

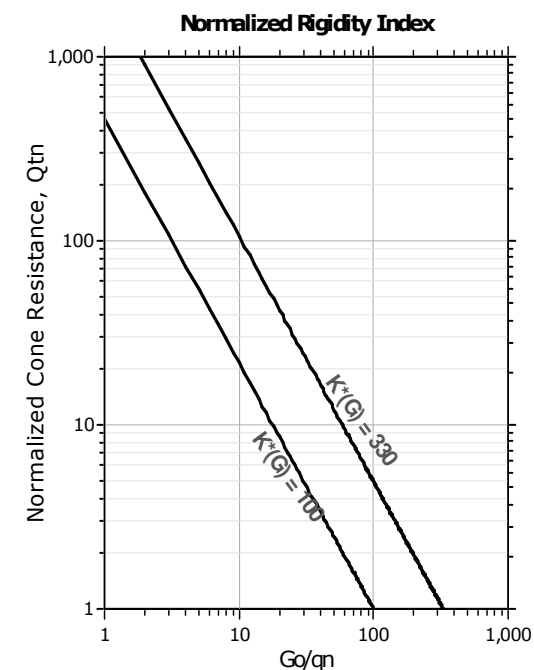
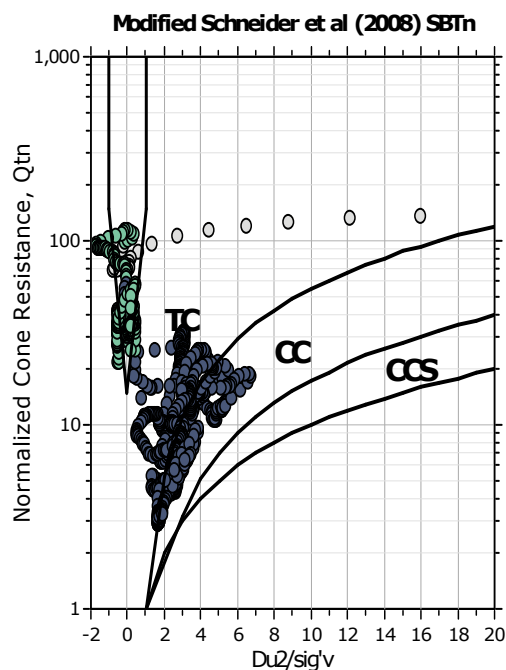
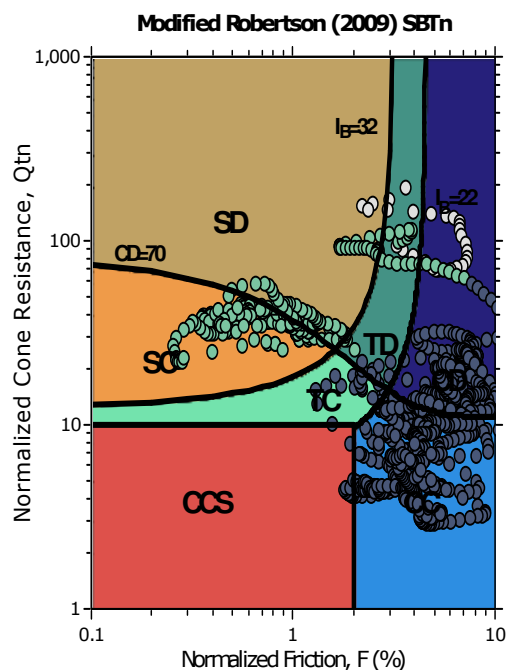
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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





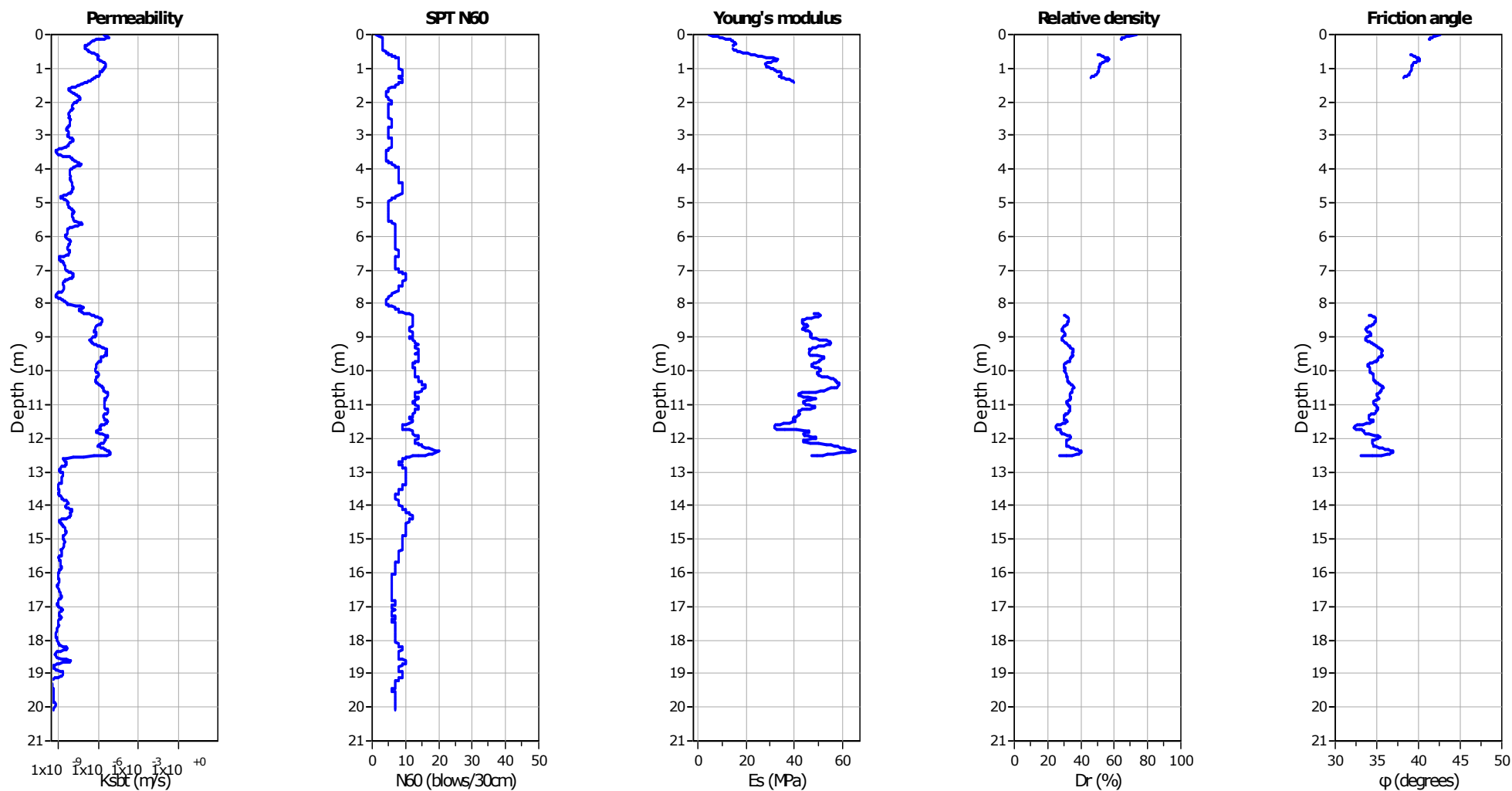


Updated SBTn plots



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 N₆₀: Based on I_c and q_t

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

Relative density constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

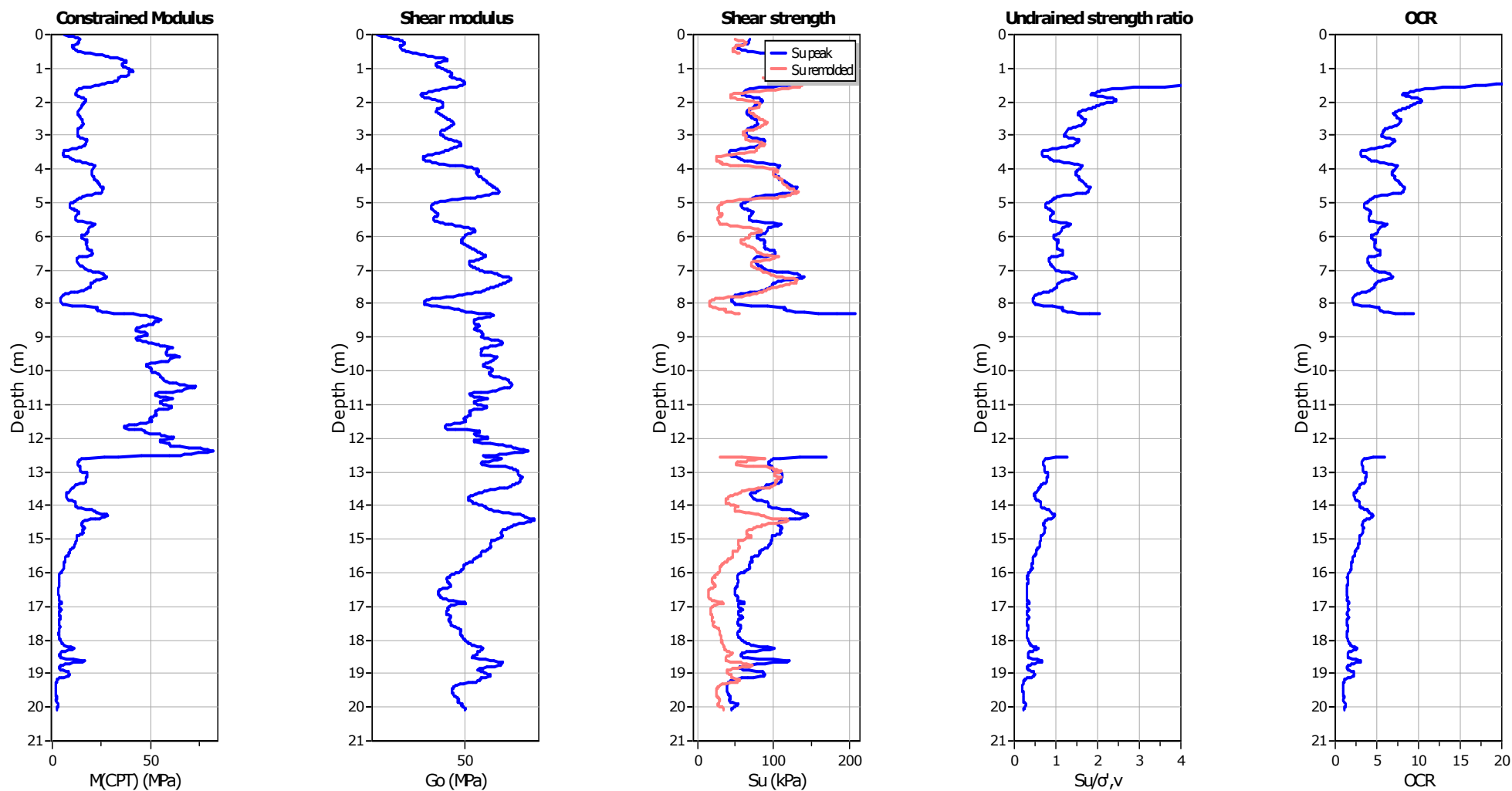
● User defined estimation data

Project: Studio del terreno di fondazione

Location: Nonantola

CPT: CPTU 2

Total depth: 20.10 m, Date: 23/11/2020



Calculation parameters

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

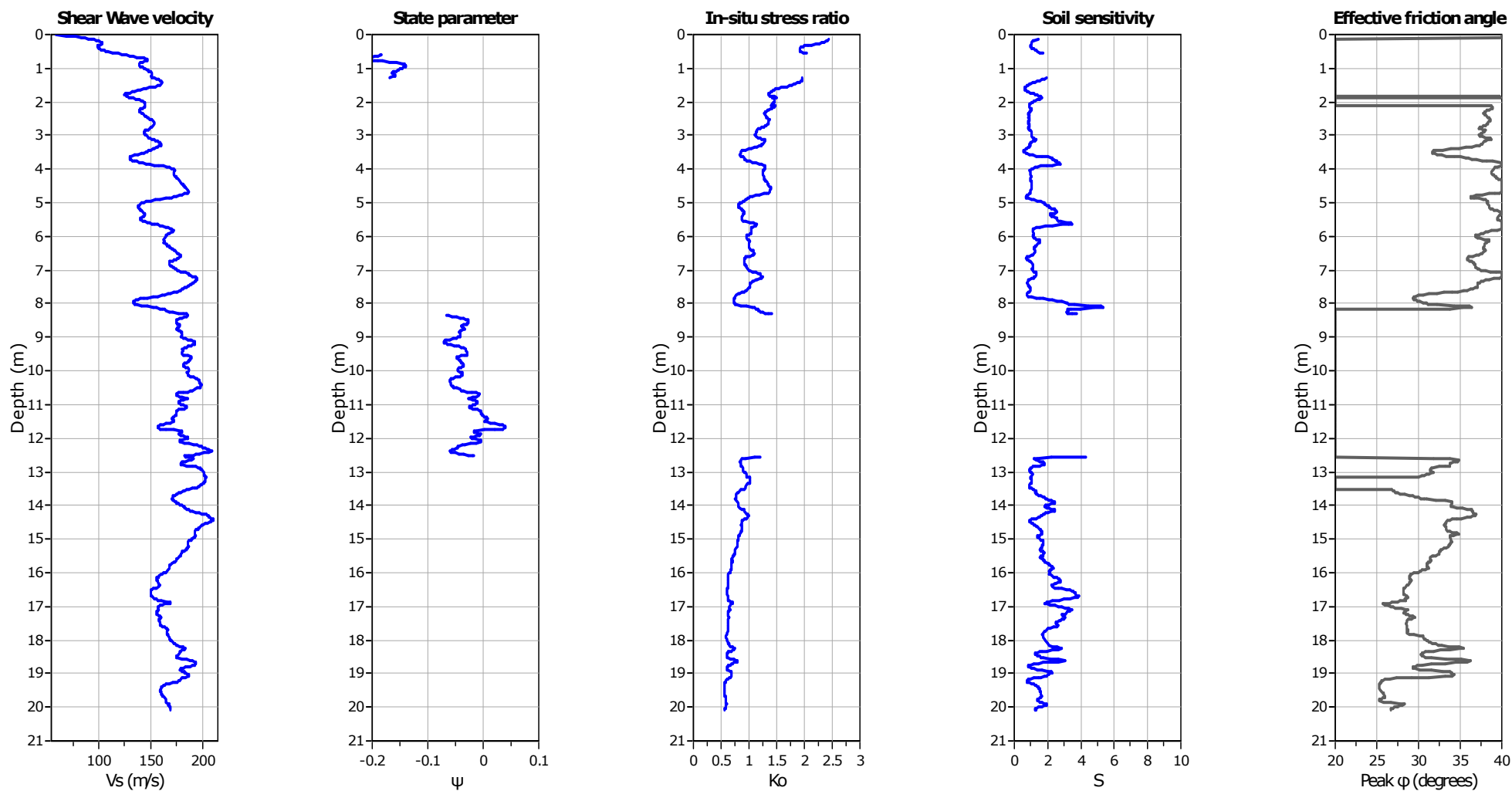
G_0 : Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

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

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:**TG63-200Stat - Pagani - Piacenza****Caratteristiche:**

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

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

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

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

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

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

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

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N $\approx$ 100 kg = 0,1 t

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

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

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

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

1 t = 1000 kg $\approx$ 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

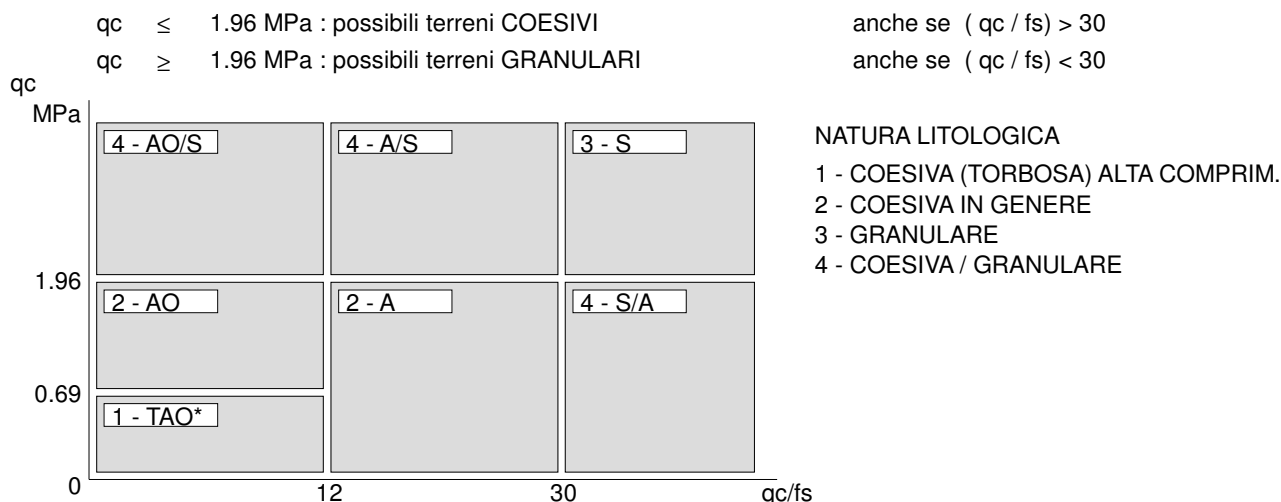
- AO	=	argilla organica e terreni misti
- Att	=	argilla (inorganica) molto tenera
- At	=	argilla (inorganica) tenera
- Am	=	argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	=	argilla (inorganica) consistente
- Acc	=	argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	=	argilla sabbiosa e limosa
- SAL	=	sabbia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

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

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

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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



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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- $\emptyset'$ = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : $\emptyset'$ - D_r - q_c - σ'_{vo})
 $\emptyset'_{Ca}$ - Caquot (1948) $\emptyset'_{Ko}$ - Koppejan (1948)
 $\emptyset'_{DB}$ - De Beer (1965) $\emptyset'_{Sc}$ - Schmertmann (1978)
 $\emptyset'_{DM}$ - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) $\emptyset'_{Me}$ - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- V_s = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

Riferimento

1**219-2020**

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
 Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec. **23/11/2020**
 Pagina **1**
 Elaborato **Falda -2.48 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	67.00	0		15.20	23.0	45.0		2.25	133.00	17	5.8
0.40	10.0	20.0		0.98	67.00	15	6.7	15.40	20.0	40.0		1.96	113.00	18	5.7
0.60	12.0	22.0		1.18	73.00	16	6.1	15.60	21.0	38.0		2.06	120.00	18	5.7
0.80	11.0	22.0		1.08	67.00	16	6.1	15.80	18.0	36.0		1.76	100.00	18	5.6
1.00	10.0	20.0		0.98	107.00	9	10.7	16.00	14.0	29.0		1.37	67.00	21	4.8
1.20	15.0	31.0		1.47	73.00	21	4.9	16.20	13.0	23.0		1.27	60.00	22	4.6
1.40	21.0	32.0		2.06	133.00	16	6.3	16.40	12.0	21.0		1.18	47.00	26	3.9
1.60	23.0	43.0		2.25	160.00	14	7.0	16.60	12.0	19.0		1.18	73.00	16	6.1
1.80	13.0	37.0		1.27	133.00	10	10.2	16.80	13.0	24.0		1.27	73.00	18	5.6
2.00	12.0	32.0		1.18	93.00	13	7.8	17.00	12.0	23.0		1.18	67.00	18	5.6
2.20	15.0	29.0		1.47	93.00	16	6.2	17.20	12.0	22.0		1.18	73.00	16	6.1
2.40	14.0	28.0		1.37	107.00	13	7.6	17.40	11.0	22.0		1.08	67.00	16	6.1
2.60	17.0	33.0		1.67	100.00	17	5.9	17.60	12.0	22.0		1.18	67.00	18	5.6
2.80	15.0	30.0		1.47	113.00	13	7.5	17.80	11.0	21.0		1.08	60.00	18	5.5
3.00	15.0	32.0		1.47	100.00	15	6.7	18.00	10.0	19.0		0.98	67.00	15	6.7
3.20	15.0	30.0		1.47	40.00	38	2.7	18.20	11.0	21.0		1.08	73.00	15	6.6
3.40	8.0	14.0		0.78	60.00	13	7.5	18.40	13.0	24.0		1.27	93.00	14	7.2
3.60	9.0	18.0		0.88	87.00	10	9.7	18.60	15.0	29.0		1.47	93.00	16	6.2
3.80	15.0	28.0		1.47	100.00	15	6.7	18.80	14.0	28.0		1.37	93.00	15	6.6
4.00	22.0	37.0		2.16	133.00	17	6.0	19.00	12.0	26.0		1.18	127.00	9	10.6
4.20	23.0	43.0		2.25	133.00	17	5.8	19.20	16.0	35.0		1.57	87.00	18	5.4
4.40	23.0	43.0		2.25	140.00	16	6.1	19.40	15.0	28.0		1.47	80.00	19	5.3
4.60	24.0	45.0		2.35	140.00	17	5.8	19.60	11.0	23.0		1.08	80.00	14	7.3
4.80	22.0	43.0		2.16	160.00	14	7.3	19.80	10.0	22.0		0.98	100.00	10	10.0
5.00	24.0	48.0		2.35	147.00	16	6.1	20.00	15.0	30.0		1.47			
5.20	22.0	44.0		2.16	120.00	18	5.5								
5.40	16.0	34.0		1.57	100.00	16	6.3								
5.60	16.0	31.0		1.57	87.00	18	5.4								
5.80	18.0	31.0		1.76	127.00	14	7.1								
6.00	18.0	37.0		1.76	120.00	15	6.7								
6.20	18.0	36.0		1.76	120.00	15	6.7								
6.40	18.0	36.0		1.76	127.00	14	7.1								
6.60	22.0	41.0		2.16	120.00	18	5.5								
6.80	25.0	43.0		2.45	173.00	14	6.9								
7.00	24.0	50.0		2.35	133.00	18	5.5								
7.20	21.0	41.0		2.06	100.00	21	4.8								
7.40	13.0	28.0		1.27	80.00	16	6.2								
7.60	12.0	24.0		1.18	60.00	20	5.0								
7.80	17.0	26.0		1.67	80.00	21	4.7								
8.00	14.0	26.0		1.37	60.00	23	4.3								
8.20	15.0	24.0		1.47	113.00	13	7.5								
8.40	18.0	35.0		1.76	60.00	30	3.3								
8.60	10.0	19.0		0.98	87.00	11	8.7								
8.80	12.0	25.0		1.18	67.00	18	5.6								
9.00	10.0	20.0		0.98	80.00	13	8.0								
9.20	34.0	46.0		3.33	100.00	34	2.9								
9.40	37.0	52.0		3.63	107.00	35	2.9								
9.60	44.0	60.0		4.31	53.00	83	1.2								
9.80	33.0	41.0		3.23	107.00	31	3.2								
10.00	49.0	65.0		4.80	100.00	49	2.0								
10.20	35.0	50.0		3.43	107.00	33	3.1								
10.40	36.0	52.0		3.53	93.00	39	2.6								
10.60	43.0	57.0		4.21	127.00	34	3.0								
10.80	41.0	60.0		4.02	113.00	36	2.8								
11.00	54.0	71.0		5.29	107.00	50	2.0								
11.20	37.0	53.0		3.63	73.00	51	2.0								
11.40	44.0	55.0		4.31	80.00	55	1.8								
11.60	45.0	57.0		4.41	140.00	32	3.1								
11.80	36.0	57.0		3.53	100.00	36	2.8								
12.00	32.0	47.0		3.14	47.00	68	1.5								
12.20	46.0	53.0		4.51	107.00	43	2.3								
12.40	32.0	48.0		3.14	113.00	28	3.5								
12.60	21.0	38.0		2.06	200.00	11	9.5								
12.80	24.0	54.0		2.35	140.00	17	5.8								
13.00	25.0	46.0		2.45	153.00	16	6.1								
13.20	22.0	45.0		2.16	140.00	16	6.4								
13.40	26.0	47.0		2.55	133.00	20	5.1								
13.60	21.0	41.0		2.06	113.00	19	5.4								
13.80	18.0	35.0		1.76	107.00	17	5.9								
14.00	21.0	37.0		2.06	147.00	14	7.0								
14.20	27.0	49.0		2.65	153.00	18	5.7								
14.40	33.0	56.0		3.23	147.00	22	4.5								
14.60	33.0	55.0		3.23	173.00	19	5.2								
14.80	27.0	53.0		2.65	173.00	16	6.4								
15.00	24.0	50.0		2.35	147.00	16	6.1								

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

Riferimento

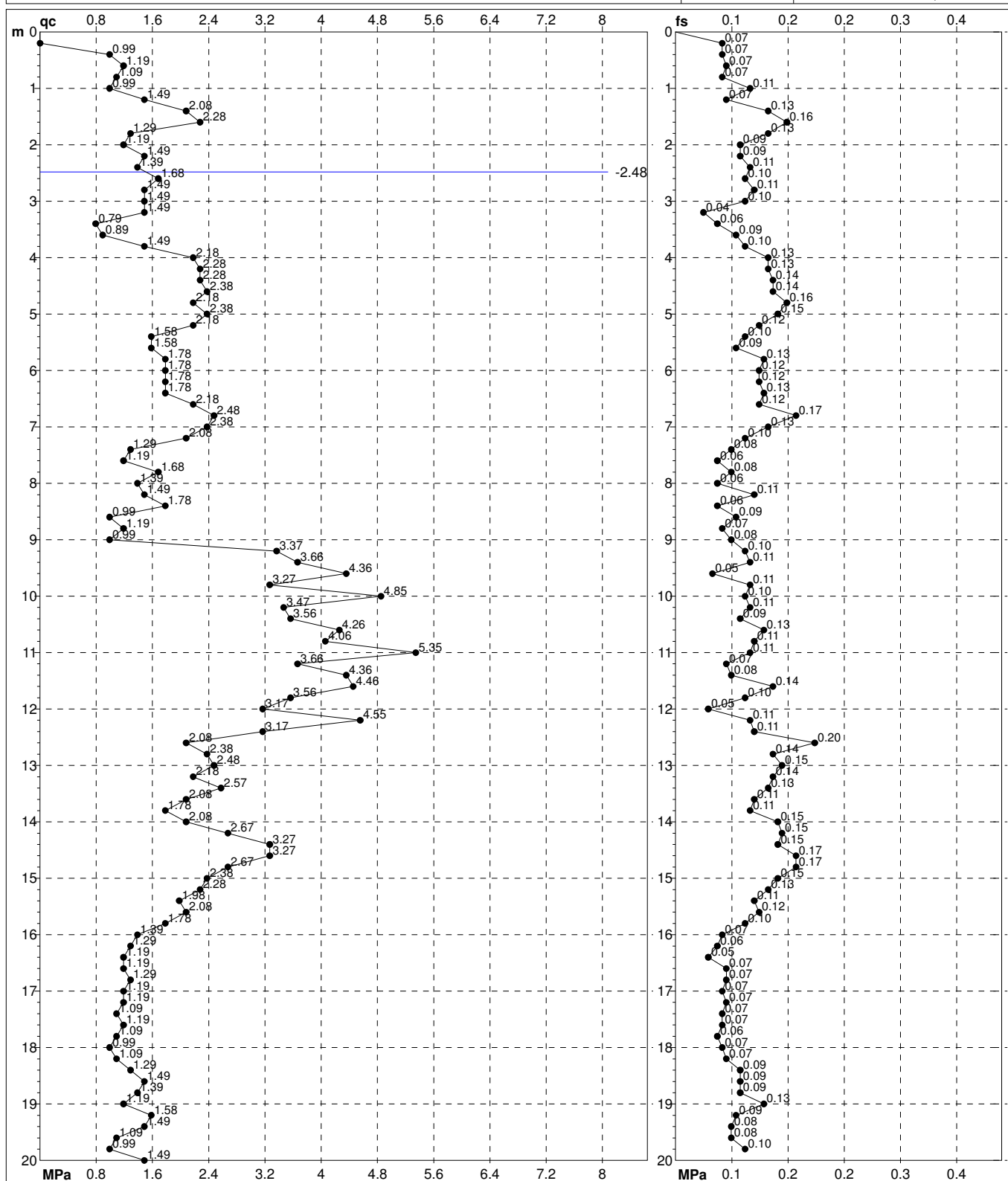
1**219-2020**

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
 Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **23/11/2020**

Quota inizio:
 Falda **-2.48 m** da p.c.

Penetrometro: **TG63-200Stat**

Responsabile:

Assistente:

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

Cod. tip:

FON111

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

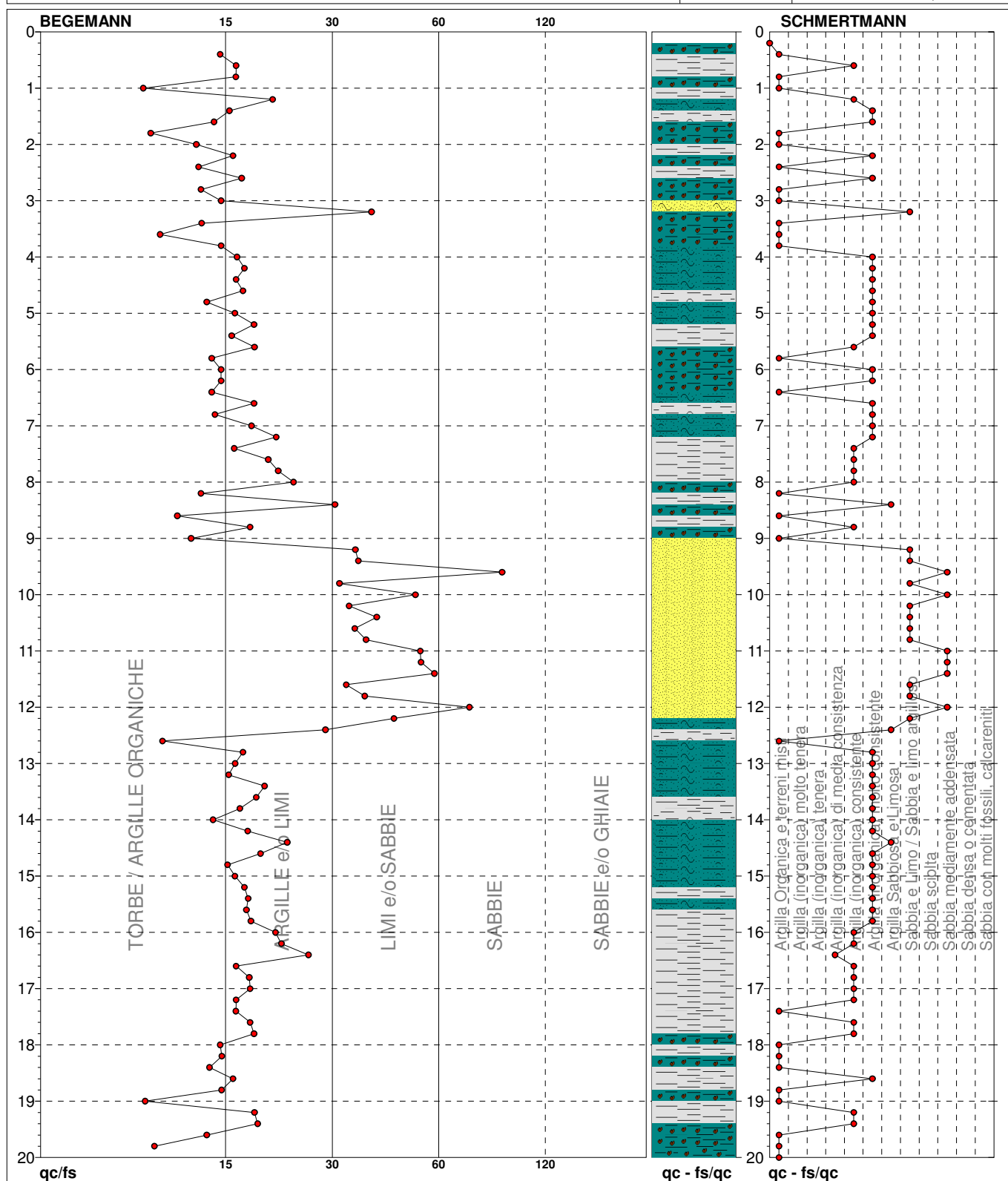
Riferimento

1

219-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina **1**
Elaborato
Data esec. **23/11/2020**
Falda **-2.48 m da p.c.**



TORBE / ARGILLE OR	28 punti, 28.00%	Argilla Organica e terreni misti	25 punti, 25.00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	3 punti, 3.00%
ARGILLE e/o LIMI	54 punti, 54.00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punti, 1.00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	11 punti, 11.00%
LIMI e/o SABBIE	15 punti, 15.00%	Argilla (inorganica) consistente	18 punti, 18.00%	Sabbia mediamente addensata	6 punti, 6.00%
SABBIE	2 punti, 2.00%	Argilla (inorganica) molto consistente	34 punti, 34.00%		

FON111

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

Riferimento

1**219-2020**

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec. 23/11/2020
Pagina 1
Elaborato Falda -2.48 m da p.c.

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	?	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	0.98	14.93	2	1.85	7.3	132	49.0	68.4	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	1.18	16.44	2	1.85	10.9	141	56.0	48.7	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	1.08	16.42	2	1.85	14.5	137	52.6	31.4	8.9	13.4	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	0.98	9.35	2	1.85	18.1	132	49.0	21.8	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	1.47	20.55	2	1.85	21.8	154	65.3	24.8	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.40	2.06	15.79	4	1.85	25.4	174	80.7	26.7	13.7	20.6	6.2	51	37	32	29	27	36	27	3.4	5.1	6.2	--	--
1.60	2.25	14.38	4	1.85	29.0	180	85.1	24.1	14.5	21.7	6.8	51	37	31	28	27	36	28	3.8	5.6	6.8	--	--
1.80	1.27	9.77	2	1.85	32.6	145	59.3	13.2	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	1.18	12.90	2	1.85	36.3	141	56.0	10.8	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	1.47	16.13	2	1.85	39.9	154	65.3	11.6	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	1.37	13.08	2	1.85	43.5	150	62.4	9.8	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	1.67	17.00	2	0.97	45.4	161	70.9	11.0	12.1	18.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	1.47	13.27	2	0.95	47.3	154	65.3	9.4	11.3	17.0	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	1.47	15.00	2	0.95	49.1	154	65.3	9.0	11.6	17.5	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	1.47	37.50	4	0.89	50.9	154	65.3	8.6	12.1	18.1	4.9	23	34	26	23	22	30	27	2.5	3.7	4.4	--	--
3.40	0.78	13.33	2	0.86	52.6	121	39.2	4.3	14.7	22.0	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	0.88	10.34	2	0.88	54.3	127	44.1	4.8	15.1	22.6	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	1.47	15.00	2	0.95	56.2	154	65.3	7.6	13.7	20.5	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	2.16	16.54	4	0.93	58.0	177	82.9	9.8	14.1	21.2	6.5	33	35	28	25	23	31	28	3.6	5.4	6.5	--	--
4.20	2.25	17.29	4	0.94	59.8	180	85.1	9.7	14.5	21.8	6.8	34	35	28	25	23	32	28	3.8	5.6	6.8	--	--
4.40	2.25	16.43	4	0.94	61.7	180	85.1	9.4	14.7	22.1	6.8	33	35	28	25	23	31	28	3.8	5.6	6.8	--	--
4.60	2.35	17.14	4	0.94	63.5	183	87.1	9.3	15.2	22.7	7.1	34	35	28	25	23	31	28	3.9	5.9	7.1	--	--
4.80	2.16	13.75	4	0.93	65.3	177	82.9	8.5	15.5	23.3	6.5	30	35	27	24	23	31	28	3.6	5.4	6.5	--	--
5.00	2.35	16.33	4	0.94	67.2	183	87.1	8.7	15.9	23.9	7.1	32	35	27	24	23	31	28	3.9	5.9	7.1	--	--
5.20	2.16	18.33	4	0.93	69.0	177	82.9	7.9	16.6	24.9	6.5	29	35	27	24	22	30	28	3.6	5.4	6.5	--	--
5.40	1.57	16.00	2	0.96	70.9	157	68.2	6.0	18.8	28.2	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	1.57	18.39	2	0.96	72.8	157	68.2	5.8	19.5	29.2	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	1.76	14.17	2	0.98	74.7	164	73.5	6.2	19.6	29.4	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	1.76	15.00	2	0.98	76.6	164	73.5	6.0	20.3	30.5	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	1.76	15.00	2	0.98	78.5	164	73.5	5.8	21.0	31.5	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	1.76	14.17	2	0.98	80.5	164	73.5	5.6	21.7	32.6	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	2.16	18.33	4	0.93	82.3	177	82.9	6.3	21.4	32.1	6.5	24	34	26	23	21	29	28	3.6	5.4	6.5	--	--
6.80	2.45	14.45	4	0.94	84.1	186	89.1	6.7	21.4	32.1	7.4	28	35	27	23	22	30	28	4.1	6.1	7.4	--	--
7.00	2.35	18.05	4	0.94	86.0	183	87.1	6.4	22.3	33.5	7.1	26	34	26	23	22	30	28	3.9	5.9	7.1	--	--
7.20	2.06	21.00	4	0.93	87.8	174	80.7	5.7	23.6	35.5	6.2	21	34	25	22	21	29	27	3.4	5.1	6.2	--	--
7.40	1.27	16.25	2	0.93	89.6	145	59.3	3.7	25.3	37.9	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	1.18	20.00	2	0.92	91.4	141	56.0	3.4	25.7	38.6	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	1.67	21.25	2	0.97	93.3	161	70.9	4.5	26.0	39.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	1.37	23.33	2	0.94	95.2	150	62.4	3.7	26.9	40.3	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	1.47	13.27	2	0.95	97.0	154	65.3	3.8	27.3	41.0	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	1.76	30.00	4	0.91	98.8	164	73.5	4.3	27.6	41.4	5.5	13	33	24	21	20	27	27	2.9	4.4	5.3	--	--
8.60	0.98	11.49	2	0.90	100.6	132	49.0	2.6	25.8	38.7	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	1.18	17.91	2	0.92	102.4	141	56.0	3.0	27.8	41.8	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	0.98	12.50	2	0.90	104.2	132	49.0	2.4	26.1	39.2	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	3.33	34.00	3	0.89	105.9	209	--	--	--	--	--	33	35	27	24	22	31	29	5.6	8.3	10.0	--	--
9.40	3.63	34.58	3	0.89	107.6	216	--	--	--	--	--	36	36	27	24	23	31	30	6.0	9.1	10.9	--	--
9.60	4.31	83.02	3	0.91	109.4	230	--	--	--	--	--	41	36	28	25	23	32	31	7.2	10.8	12.9	--	--
9.80	3.23	30.84	3	0.88	111.1	207	--	--	--	--	--	31	35	27	23	22	30	29	5.4	8.1	9.7	--	--
10.00	4.80	49.00	3	0.92	112.9	240	--	--	--	--	--	44	37	28	25	24	32	31	8.0	12.0	14.4	--	--
10.20	3.43	32.71	3	0.89	114.7	211	--	--	--	--	--	32	35	27	23	22	30	29	5.7	8.6	10.3	--	--
10.40	3.53	38.71	3	0.89	116.4	214	--	--	--	--	--	33	35	27	24	22	30	30	5.9	8.8	10.6	--	--
10.60	4.21	33.86	3	0.91	118.2	228	--	--	--	--	--	38	36	28	24	23	31	30	7.0	10.5	12.6	--	--
10.80	4.02	36.28	3	0.90	120.0	224	--	--	--	--	--	36	36	27	24	23	31	30	6.7	10.0	12.1	--	--
11.00	5.29	50.47	3	0.92	121.8	249	--	--	--	--	--	46	37	29	25	24	32	31	8.8	13.2	15.9	--	--
11.20	3.63	50.68	3	0.89	123.5	216	--	--	--	--	--	32	35	27	23	22	30	30	6.0	9.1	10.9	--	--
11.40	4.31	55.00	3	0.91	125.3	230	--	--	--	--	--	38	36	27	24	23	31	31	7.2	10.8	12.9	--	--
11.60	4.41	32.14	3	0.91	127.1	232	--	--	--	--	--	38	36	27	24	23	31						

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	Riferimento	219-2020

Committente	Studio tecnico	U.M.:	MPa	Data esec.	23/11/2020
Cantiere	Studio del terreno di fondazione	Pagina	1		
Località	Nonantola (MO)	Elaborato		Falda	-2.40 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	47.00	0		15.20	19.0	37.0		1.86	127.00	15	6.7
0.40	12.0	19.0		1.18	80.00	15	6.7	15.40	19.0	38.0		1.86	140.00	14	7.4
0.60	12.0	24.0		1.18	147.00	8	12.3	15.60	21.0	42.0		2.06	120.00	18	5.7
0.80	37.0	59.0		3.63	187.00	20	5.1	15.80	19.0	37.0		1.86	113.00	17	5.9
1.00	52.0	80.0		5.10	233.00	22	4.5	16.00	19.0	36.0		1.86	93.00	20	4.9
1.20	43.0	78.0		4.21	187.00	23	4.3	16.20	15.0	29.0		1.47	87.00	17	5.8
1.40	35.0	63.0		3.43	160.00	22	4.6	16.40	14.0	27.0		1.37	100.00	14	7.1
1.60	31.0	55.0		3.04	127.00	24	4.1	16.60	16.0	31.0		1.57	60.00	27	3.8
1.80	17.0	36.0		1.67	133.00	13	7.8	16.80	12.0	21.0		1.18	80.00	15	6.7
2.00	19.0	39.0		1.86	93.00	20	4.9	17.00	13.0	25.0		1.27	93.00	14	7.2
2.20	17.0	31.0		1.67	93.00	18	5.5	17.20	15.0	29.0		1.47	73.00	21	4.9
2.40	21.0	35.0		2.06	107.00	20	5.1	17.40	12.0	23.0		1.18	67.00	18	5.6
2.60	13.0	29.0		1.27	73.00	18	5.6	17.60	11.0	21.0		1.08	67.00	16	6.1
2.80	12.0	23.0		1.18	80.00	15	6.7	17.80	11.0	21.0		1.08	53.00	21	4.8
3.00	12.0	24.0		1.18	60.00	20	5.0	18.00	9.0	17.0		0.88	100.00	9	11.1
3.20	9.0	18.0		0.88	47.00	19	5.2	18.20	16.0	31.0		1.57	120.00	13	7.5
3.40	7.0	14.0		0.69	33.00	21	4.7	18.40	19.0	37.0		1.86	107.00	18	5.6
3.60	5.0	10.0		0.49	93.00	5	18.6	18.60	17.0	33.0		1.67	80.00	21	4.7
3.80	16.0	30.0		1.57	67.00	24	4.2	18.80	12.0	24.0		1.18	93.00	13	7.8
4.00	18.0	28.0		1.76	73.00	25	4.1	19.00	14.0	28.0		1.37	93.00	15	6.6
4.20	18.0	29.0		1.76	100.00	18	5.6	19.20	15.0	29.0		1.47	100.00	15	6.7
4.40	20.0	35.0		1.96	113.00	18	5.7	19.40	16.0	31.0		1.57	93.00	17	5.8
4.60	23.0	40.0		2.25	120.00	19	5.2	19.60	14.0	28.0		1.37	87.00	16	6.2
4.80	23.0	41.0		2.25	147.00	16	6.4	19.80	12.0	25.0		1.18	93.00	13	7.8
5.00	23.0	45.0		2.25	147.00	16	6.4	20.00	15.0	29.0		1.47			
5.20	26.0	48.0		2.55	100.00	26	3.8								
5.40	16.0	31.0		1.57	67.00	24	4.2								
5.60	9.0	19.0		0.88	100.00	9	11.1								
5.80	23.0	38.0		2.25	107.00	21	4.7								
6.00	19.0	35.0		1.86	87.00	22	4.6								
6.20	15.0	28.0		1.47	93.00	16	6.2								
6.40	13.0	27.0		1.27	100.00	13	7.7								
6.60	15.0	30.0		1.47	113.00	13	7.5								
6.80	21.0	38.0		2.06	140.00	15	6.7								
7.00	24.0	45.0		2.35	153.00	16	6.4								
7.20	30.0	53.0		2.94	187.00	16	6.2								
7.40	26.0	54.0		2.55	180.00	14	6.9								
7.60	25.0	52.0		2.45	160.00	16	6.4								
7.80	22.0	46.0		2.16	160.00	14	7.3								
8.00	21.0	45.0		2.06	147.00	14	7.0								
8.20	21.0	43.0		2.06	147.00	14	7.0								
8.40	24.0	46.0		2.35	140.00	17	5.8								
8.60	20.0	41.0		1.96	133.00	15	6.7								
8.80	23.0	43.0		2.25	127.00	18	5.5								
9.00	20.0	39.0		1.96	120.00	17	6.0								
9.20	20.0	38.0		1.96	147.00	14	7.4								
9.40	19.0	41.0		1.86	133.00	14	7.0								
9.60	20.0	40.0		1.96	133.00	15	6.7								
9.80	19.0	39.0		1.86	140.00	14	7.4								
10.00	20.0	41.0		1.96	113.00	18	5.7								
10.20	37.0	54.0		3.63	113.00	33	3.1								
10.40	39.0	56.0		3.82	133.00	29	3.4								
10.60	43.0	63.0		4.21	127.00	34	3.0								
10.80	42.0	61.0		4.12	113.00	37	2.7								
11.00	55.0	72.0		5.39	107.00	51	1.9								
11.20	35.0	51.0		3.43	80.00	44	2.3								
11.40	46.0	58.0		4.51	93.00	49	2.0								
11.60	48.0	62.0		4.70	153.00	31	3.2								
11.80	36.0	59.0		3.53	133.00	27	3.7								
12.00	31.0	51.0		3.04	80.00	39	2.6								
12.20	45.0	57.0		4.41	60.00	75	1.3								
12.40	45.0	54.0		4.41	113.00	40	2.5								
12.60	30.0	47.0		2.94	133.00	23	4.4								
12.80	23.0	43.0		2.25	160.00	14	7.0								
13.00	25.0	49.0		2.45	167.00	15	6.7								
13.20	27.0	52.0		2.65	153.00	18	5.7								
13.40	21.0	44.0		2.06	173.00	12	8.2								
13.60	27.0	53.0		2.65	147.00	18	5.4								
13.80	23.0	45.0		2.25	113.00	20	4.9								
14.00	19.0	36.0		1.86	120.00	16	6.3								
14.20	23.0	41.0		2.25	140.00	16	6.1								
14.40	25.0	46.0		2.45	187.00	13	7.5								
14.60	34.0	62.0		3.33	173.00	20	5.1								
14.80	29.0	55.0		2.84	167.00	17	5.8								
15.00	26.0	51.0		2.55	120.00	22	4.6								

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

Riferimento

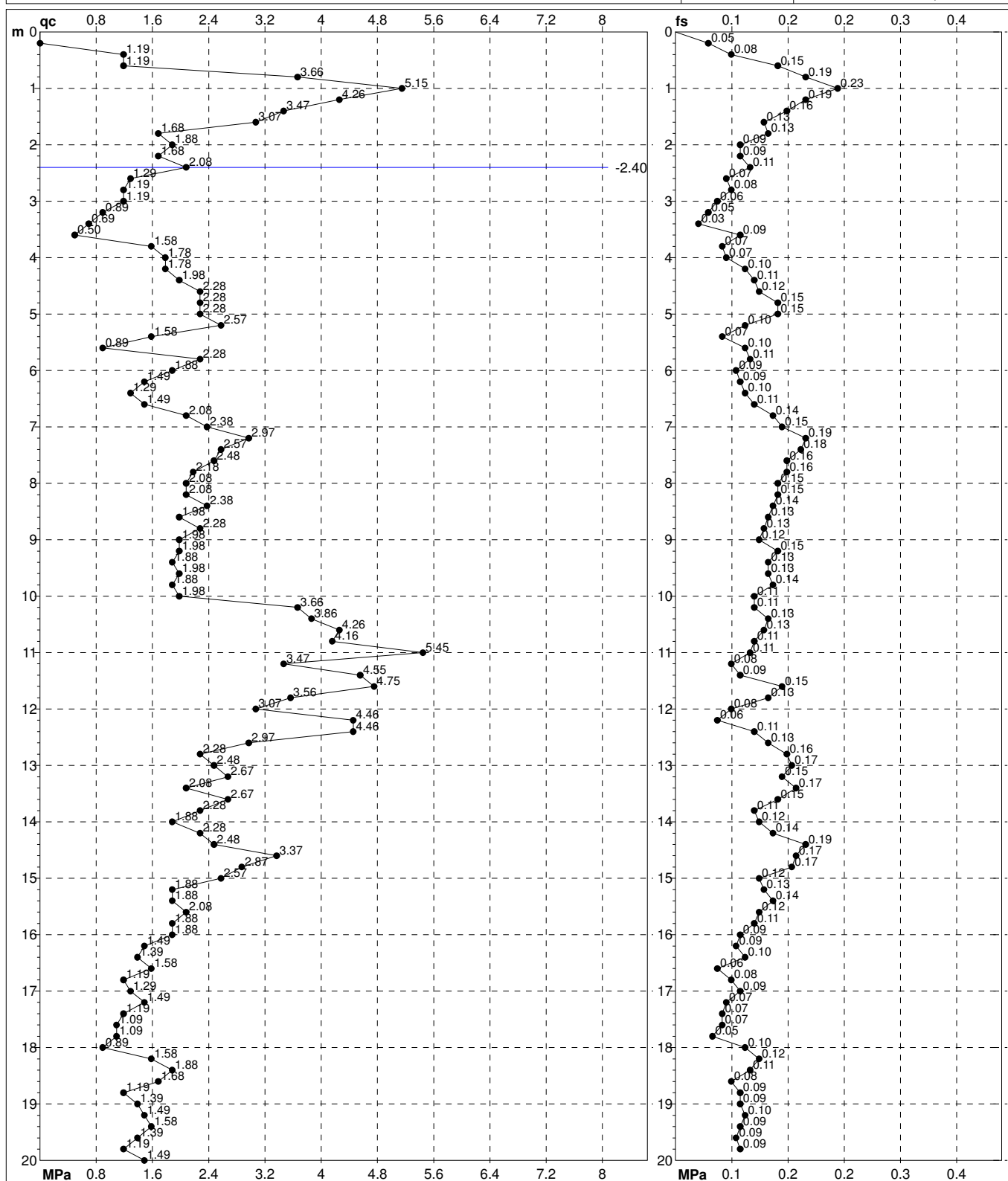
2

219-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina **1**
Elaborato

Data esec. **23/11/2020**
Quota inizio:
Falda **-2.40 m** da p.c.



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

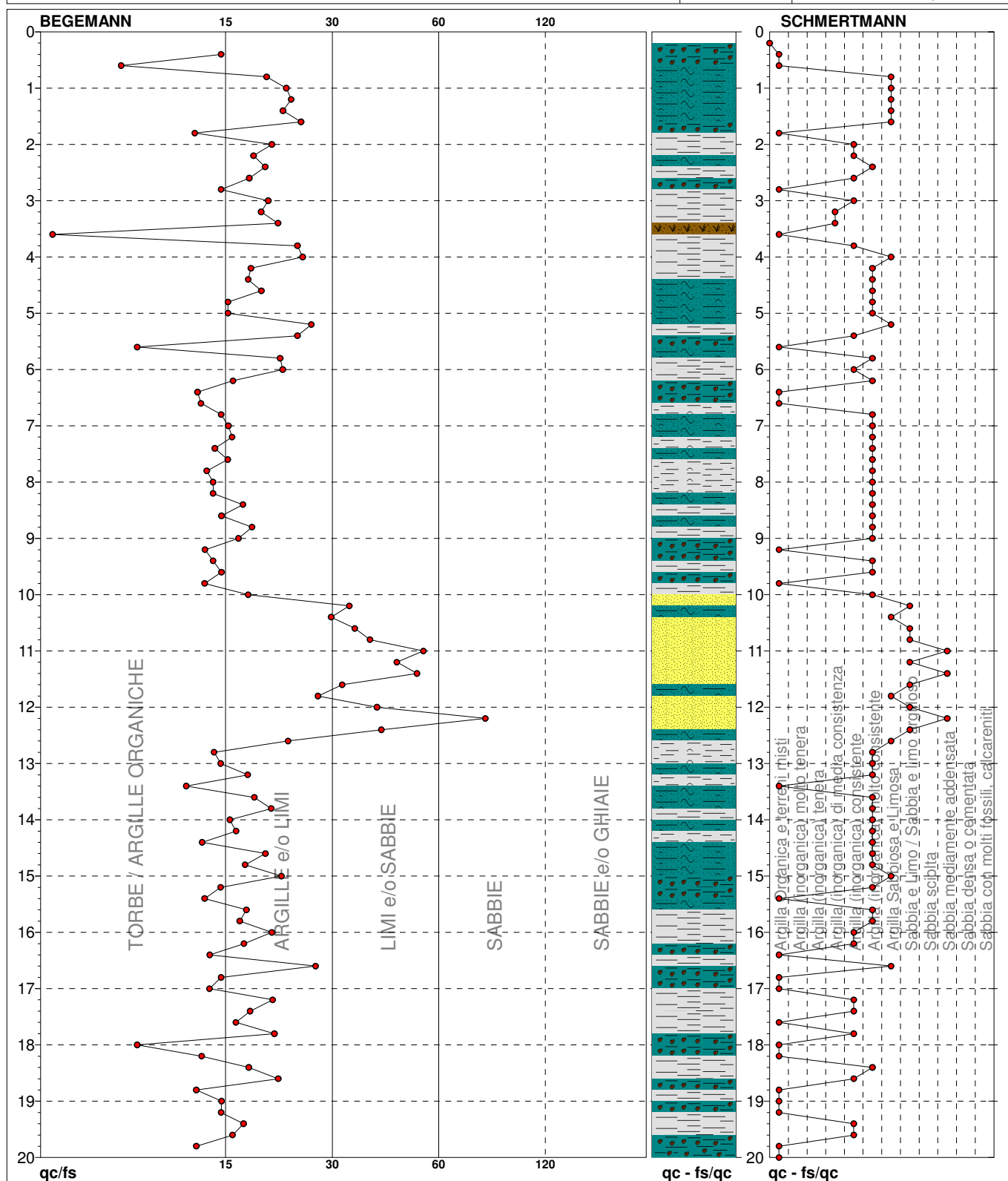
Riferimento

2

219-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina **1**
Elaborato
Data esec. **23/11/2020**
Falda **-2.40 m da p.c.**



TORBE / ARGILLE OR	31 punti, 31.00%	Argilla Organica e terreni misti	22 punti, 22.00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	12 punti, 12.00%
ARGILLE e/o LIMI	58 punti, 58.00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	2 punti, 2.00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	7 punti, 7.00%
LIMI e/o SABBIE	9 punti, 9.00%	Argilla (inorganica) consistente	15 punti, 15.00%	Sabbia mediamente addensata	3 punti, 3.00%
SABBIE	1 punti, 1.00%	Argilla (inorganica) molto consistente	37 punti, 37.00%		

FON111

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA										CPT	2
PARAMETRI GEOTECNICI										Riferimento	219-2020

Committente	Studio tecnico	U.M.:	MPa	Data esec.	23/11/2020
Cantiere	Studio del terreno di fondazione	Pagina	1		
Località	Nonantola (MO)	Elaborato		Falda	-2.40 m da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	2	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	1.18	15.00	2	1.85	7.3	141	56.0	80.8	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	1.18	8.16	2	1.85	10.9	141	56.0	48.7	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	3.63	19.79	4	1.85	14.5	216	120.9	88.9	20.5	30.8	10.9	84	41	37	35	32	41	30	6.0	9.1	10.9	--	--
1.00	5.10	22.32	4	1.85	18.1	245	169.9	99.9	28.9	43.3	15.3	91	42	38	35	33	42	31	8.5	12.7	15.3	--	--
1.20	4.21	22.99	4	1.85	21.8	228	140.5	64.6	23.9	35.8	12.6	80	41	36	33	31	40	30	7.0	10.5	12.6	--	--
1.40	3.43	21.88	4	1.85	25.4	211	114.3	41.2	19.4	29.2	10.3	69	40	34	31	29	38	29	5.7	8.6	10.3	--	--
1.60	3.04	24.41	4	1.85	29.0	202	101.3	30.0	17.2	25.8	9.1	61	39	33	30	28	37	29	5.1	7.6	9.1	--	--
1.80	1.67	12.78	2	1.85	32.6	161	70.9	16.6	12.1	18.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	1.86	20.43	2	1.85	36.3	168	76.0	15.8	12.9	19.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	1.67	18.28	2	1.85	39.9	161	70.9	12.9	12.1	18.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	2.06	19.63	4	0.93	41.7	174	80.7	14.3	13.7	20.6	6.2	39	36	29	26	24	33	27	3.4	5.1	6.2	--	--
2.60	1.27	17.81	2	0.93	43.5	145	59.3	9.2	10.4	15.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	1.18	15.00	2	0.92	45.3	141	56.0	8.2	10.8	16.2	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	1.18	20.00	2	0.92	47.1	141	56.0	7.8	11.4	17.1	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	0.88	19.15	2	0.88	48.9	127	44.1	5.5	13.2	19.8	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	0.69	21.21	2	0.84	50.5	115	34.3	3.9	14.2	21.3	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	0.49	5.38	1	0.46	51.4	101	24.5	2.5	2.7	4.1	0.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	1.57	23.88	2	0.96	53.3	157	68.2	8.5	12.6	19.0	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	1.76	24.66	2	0.98	55.2	164	73.5	9.0	13.1	19.6	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	1.76	18.00	2	0.98	57.1	164	73.5	8.6	13.5	20.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	1.96	17.70	4	0.93	58.9	171	78.4	9.0	14.0	21.0	5.9	29	35	27	24	23	31	27	3.3	4.9	5.9	--	--
4.60	2.25	19.17	4	0.94	60.8	180	85.1	9.6	14.6	21.9	6.8	33	35	28	25	23	31	28	3.8	5.6	6.8	--	--
4.80	2.25	15.65	4	0.94	62.6	180	85.1	9.2	14.9	22.3	6.8	32	35	28	24	23	31	28	3.8	5.6	6.8	--	--
5.00	2.25	15.65	4	0.94	64.4	180	85.1	8.9	15.3	22.9	6.8	32	35	27	24	23	31	28	3.8	5.6	6.8	--	--
5.20	2.55	26.00	4	0.95	66.3	189	91.0	9.3	15.8	23.7	7.6	35	35	28	25	23	32	28	4.2	6.4	7.6	--	--
5.40	1.57	23.88	2	0.96	68.2	157	68.2	6.3	17.8	26.7	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	0.88	9.00	2	0.88	69.9	127	44.1	3.5	19.7	29.6	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	2.25	21.50	4	0.94	71.7	180	85.1	7.8	17.4	26.1	6.8	29	35	27	24	22	31	28	3.8	5.6	6.8	--	--
6.00	1.86	21.84	2	0.99	73.7	168	76.0	6.5	19.0	28.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	1.47	16.13	2	0.95	75.5	154	65.3	5.2	20.7	31.0	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	1.27	13.00	2	0.93	77.4	145	59.3	4.5	21.6	32.4	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	1.47	13.27	2	0.95	79.2	154	65.3	4.9	21.9	32.9	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.80	2.06	15.00	4	0.93	81.1	174	80.7	6.2	21.2	31.8	6.2	23	34	26	23	21	29	27	3.4	5.1	6.2	--	--
7.00	2.35	15.69	4	0.94	82.9	183	87.1	6.7	21.2	31.7	7.1	27	34	26	23	22	30	28	3.9	5.9	7.1	--	--
7.20	2.94	16.04	4	0.96	84.8	199	98.0	7.5	20.7	31.1	8.8	34	35	27	24	23	31	29	4.9	7.4	8.8	--	--
7.40	2.55	14.44	4	0.95	86.6	189	91.0	6.7	22.1	33.2	7.6	29	35	27	23	22	30	28	4.2	6.4	7.6	--	--
7.60	2.45	15.63	4	0.94	88.5	186	89.1	6.3	23.0	34.5	7.4	27	34	26	23	22	30	28	4.1	6.1	7.4	--	--
7.80	2.16	13.75	4	0.93	90.3	177	82.9	5.6	24.3	36.5	6.5	22	34	26	22	21	29	28	3.6	5.4	6.5	--	--
8.00	2.06	14.29	4	0.93	92.1	174	80.7	5.3	25.2	37.7	6.2	20	34	25	22	21	29	27	3.4	5.1	6.2	--	--
8.20	2.06	14.29	4	0.93	94.0	174	80.7	5.2	25.8	38.7	6.2	19	34	25	22	21	28	27	3.4	5.1	6.2	--	--
8.40	2.35	17.14	4	0.94	95.8	183	87.1	5.6	25.9	38.8	7.1	23	34	26	22	21	29	28	3.9	5.9	7.1	--	--
8.60	1.96	15.04	4	0.93	97.6	171	78.4	4.8	27.1	40.7	5.9	17	33	25	21	20	28	27	3.3	4.9	5.9	--	--
8.80	2.25	18.11	4	0.94	99.5	180	85.1	5.2	27.3	41.0	6.8	21	34	25	22	21	29	28	3.8	5.6	6.8	--	--
9.00	1.96	16.67	4	0.93	101.3	171	78.4	4.6	28.2	42.3	5.9	16	33	24	21	20	28	27	3.3	4.9	5.9	--	--
9.20	1.96	13.61	4	0.93	103.1	171	78.4	4.5	28.8	43.1	5.9	15	33	24	21	20	28	27	3.3	4.9	5.9	--	--
9.40	1.86	14.29	2	0.99	105.0	168	76.0	4.2	29.3	44.0	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.60	1.96	15.04	4	0.93	106.8	171	78.4	4.3	29.8	44.8	5.9	15	33	24	21	20	28	27	3.3	4.9	5.9	--	--
9.80	1.86	13.57	2	0.99	108.8	168	76.0	4.0	30.3	45.5	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.00	1.96	17.70	4	0.93	110.6	171	78.4	4.1	30.9	46.3	5.9	14	33	24	21	20	27	27	3.3	4.9	5.9	--	--
10.20	3.63	32.74	3	0.89	112.3	216	--	--	--	--	--	34	35	27	24	22	31	30	6.0	9.1	10.9	--	--
10.40	3.82	29.32	4	1.00	114.3	220	127.4	7.2	28.4	42.6	11.5	36	36	27	24	23	31	30	6.4	9.6	11.5	--	--
10.60	4.21	33.86	3	0.91	116.1	228	--	--	--	--	--	39	36	28	24	23	31	30	7.0	10.5	12.6	--	--
10.80	4.12	37.17	3	0.90	117.8	226	--	--	--	--	--	38	36	27	24	23	31	30	6.9	10.3	12.3	--	--
11.00	5.39	51.40	3	0.93	119.6	251	--	--	--	--	--	47	37	29	26	24	33	31	9.0	13.5	16.2	--	--
11.20	3.43	43.75	3	0.89	121.4	211	--	--	--	--	--	31	35	26	23	22	30	29	5.7	8.6	10.3	--	--
11.40	4.51	49.46	3	0.91	123.2	234	--	--	--	--	--	40	36	28	25	23	31	31	7.5	11.3	13.5	--	--
11.60	4.70	31.37	3	0.91	125.0	238																	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**3**

Riferimento

219-2020

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
 Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa**

Data esec. 23/11/2020

 Pagina 1
 Elaborato

Falda -3.00 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.00										
0.40	0.0	0.0		0.00	0.00										
0.60	0.0	0.0		0.00	207.00	0									
0.80	23.0	54.0		2.25	167.00	14	7.3								
1.00	34.0	59.0		3.33	133.00	26	3.9								
1.20	12.0	32.0		1.18	73.00	16	6.1								
1.40	12.0	23.0		1.18	60.00	20	5.0								
1.60	16.0	25.0		1.57	67.00	24	4.2								
1.80	13.0	23.0		1.27	93.00	14	7.2								
2.00	12.0	26.0		1.18	80.00	15	6.7								
2.20	15.0	27.0		1.47	73.00	21	4.9								
2.40	18.0	29.0		1.76	33.00	55	1.8								
2.60	18.0	23.0		1.76	113.00	16	6.3								
2.80	19.0	36.0		1.86	127.00	15	6.7								
3.00	20.0	39.0		1.96	127.00	16	6.4								
3.20	19.0	38.0		1.86	107.00	18	5.6								
3.40	18.0	34.0		1.76	100.00	18	5.6								
3.60	22.0	37.0		2.16	113.00	19	5.1								
3.80	19.0	36.0		1.86	100.00	19	5.3								
4.00	14.0	29.0		1.37	67.00	21	4.8								
4.20	14.0	24.0		1.37	67.00	21	4.8								
4.40	13.0	23.0		1.27	67.00	19	5.2								
4.60	20.0	30.0		1.96	107.00	19	5.4								
4.80	26.0	42.0		2.55	140.00	19	5.4								
5.00	30.0	51.0		2.94	153.00	20	5.1								
5.20	29.0	52.0		2.84	153.00	19	5.3								
5.40	26.0	49.0		2.55	127.00	20	4.9								
5.60	30.0	49.0		2.94	173.00	17	5.8								
5.80	27.0	53.0		2.65	160.00	17	5.9								
6.00	25.0	49.0		2.45	153.00	16	6.1								
6.20	27.0	50.0		2.65	140.00	19	5.2								
6.40	25.0	46.0		2.45	133.00	19	5.3								
6.60	24.0	44.0		2.35	147.00	16	6.1								
6.80	20.0	42.0		1.96	140.00	14	7.0								
7.00	19.0	40.0		1.86	120.00	16	6.3								
7.20	18.0	36.0		1.76	147.00	12	8.2								
7.40	12.0	34.0		1.18	140.00	9	11.7								
7.60	22.0	43.0		2.16	160.00	14	7.3								
7.80	24.0	48.0		2.35	180.00	13	7.5								
8.00	27.0	54.0		2.65	200.00	14	7.4								
8.20	28.0	58.0		2.74	180.00	16	6.4								
8.40	27.0	54.0		2.65	207.00	13	7.7								
8.60	27.0	58.0		2.65	180.00	15	6.7								
8.80	30.0	57.0		2.94	187.00	16	6.2								
9.00	28.0	56.0		2.74	213.00	13	7.6								
9.20	32.0	64.0		3.14	173.00	18	5.4								
9.40	26.0	52.0		2.55	200.00	13	7.7								
9.60	25.0	55.0		2.45	173.00	14	6.9								
9.80	25.0	51.0		2.45	160.00	16	6.4								
10.00	26.0	50.0		2.55	160.00	16	6.2								
10.20	24.0	48.0		2.35	107.00	22	4.5								
10.40	24.0	40.0		2.35	153.00	16	6.4								
10.60	26.0	49.0		2.55	160.00	16	6.2								
10.80	26.0	50.0		2.55	147.00	18	5.7								
11.00	24.0	46.0		2.35	153.00	16	6.4								
11.20	25.0	48.0		2.45	153.00	16	6.1								
11.40	28.0	51.0		2.74	167.00	17	6.0								
11.60	26.0	51.0		2.55	133.00	20	5.1								
11.80	20.0	40.0		1.96	140.00	14	7.0								
12.00	18.0	39.0		1.76	133.00	14	7.4								
12.20	23.0	43.0		2.25	160.00	14	7.0								
12.40	25.0	49.0		2.45	167.00	15	6.7								
12.60	27.0	52.0		2.65	153.00	18	5.7								
12.80	21.0	44.0		2.06	160.00	13	7.6								
13.00	27.0	51.0		2.65	153.00	18	5.7								
13.20	23.0	46.0		2.25	113.00	20	4.9								
13.40	19.0	36.0		1.86	127.00	15	6.7								
13.60	23.0	42.0		2.25	140.00	16	6.1								
13.80	25.0	46.0		2.45	187.00	13	7.5								
14.00	34.0	62.0		3.33	167.00	20	4.9								
14.20	29.0	54.0		2.84	120.00	24	4.1								
14.40	19.0	37.0		1.86	140.00	14	7.4								
14.60	21.0	42.0		2.06	120.00	18	5.7								
14.80	19.0	37.0		1.86	113.00	17	5.9								
15.00	19.0	36.0		1.86											

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

Riferimento

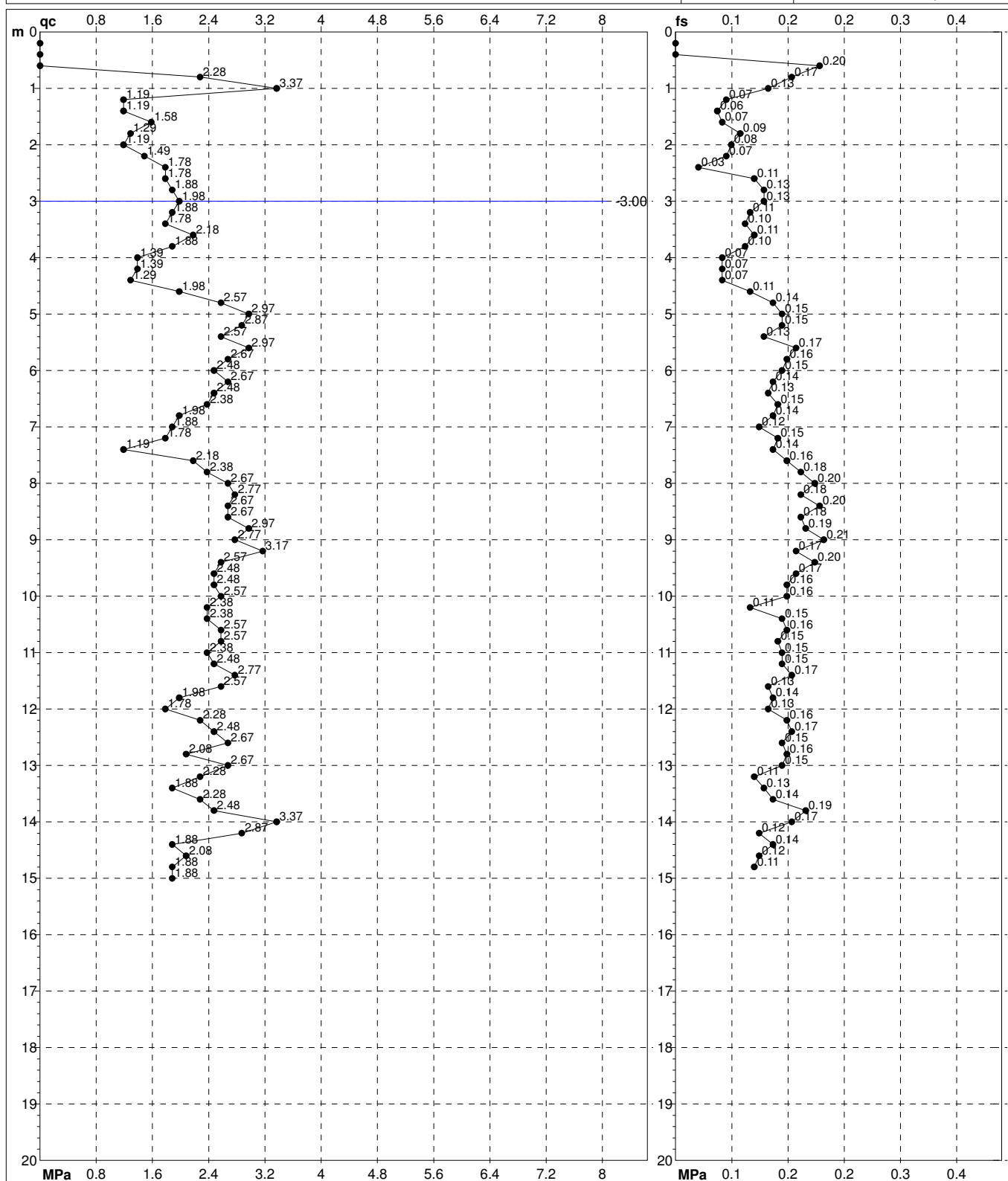
3

219-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina **1**
Elaborato

Data esec. **23/11/2020**
Quota inizio:
Falda **-3.00 m** da p.c.



Penetrometro: **TG63-200Stat**
Responsabile:
Assistente:

preforo **m**
Corr.astine: **kN/ml**
Cod. tip:

FON111

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

Riferimento

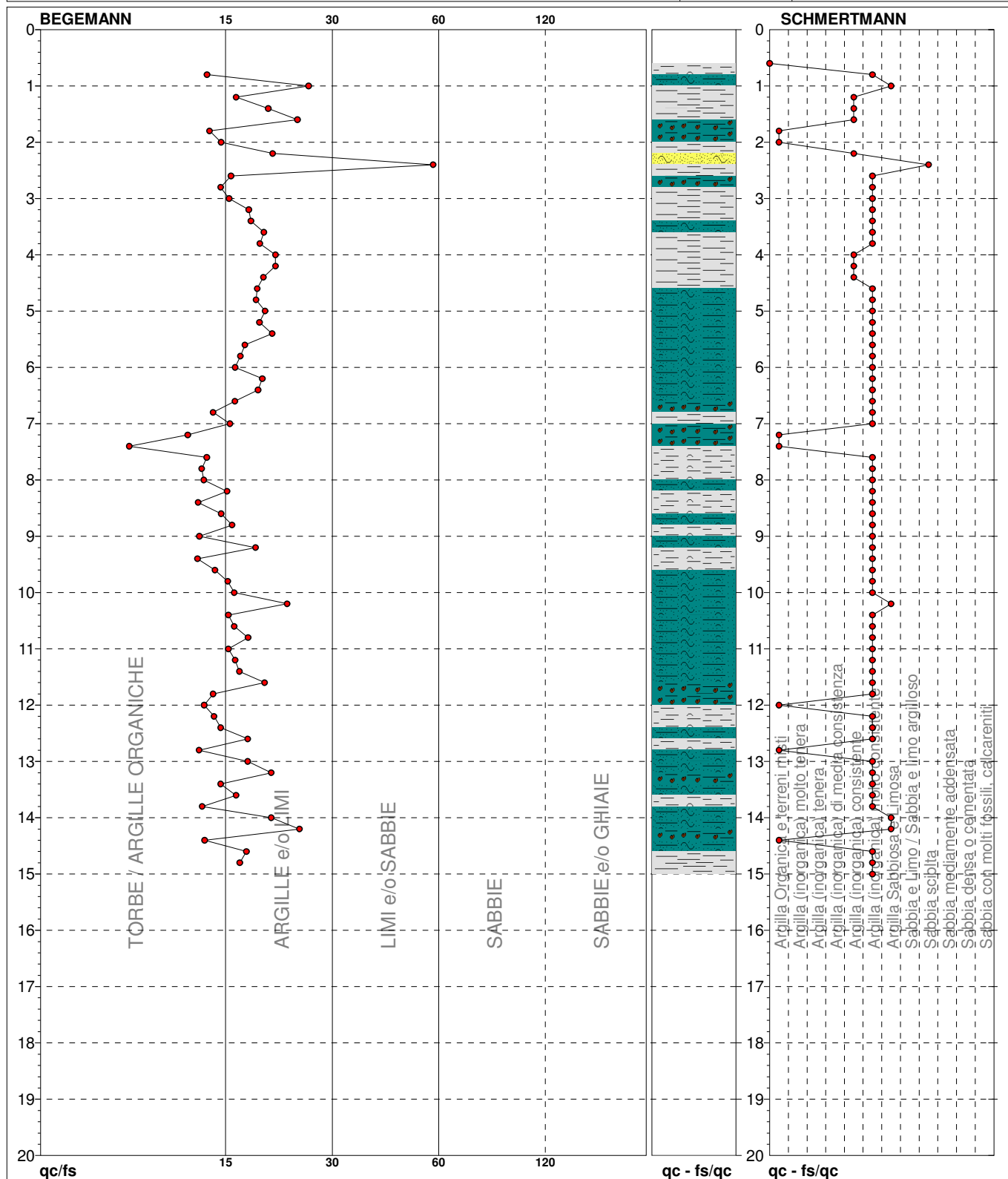
3

219-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina **1**
Elaborato

Data esec. **23/11/2020**
Falda **-3.00 m da p.c.**



TORBE / ARGILLE OR	26 punti, 34.67%	Argilla Organica e terreni misti	7 punti, 9.33%	Argilla Sabbiosa e Limosa	4 punti, 5.33%
ARGILLE e/o LIMI	47 punti, 62.67%	Argilla (inorganica) consistente	7 punti, 9.33%	Sabbia sciolta	1 punti, 1.33%
LIMI e/o SABBIE	1 punti, 1.33%	Argilla (inorganica) molto consistente	52 punti, 69.33%		

FON111

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI						CPT	3
						Riferimento	219-2020

Committente	Studio tecnico	U.M.:	MPa	Data esec.	23/11/2020
Cantiere	Studio del terreno di fondazione	Pagina	1		
Località	Nonantola (MO)	Elaborato		Falda	-3.00 m da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	???	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	--	--	???	1.85	7.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	--	--	???	1.85	10.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	2.25	13.77	4	1.85	14.5	180	85.1	57.3	14.5	21.7	6.8	68	39	35	32	30	39	28	3.8	5.6	6.8	--	--
1.00	3.33	25.56	4	1.85	18.1	209	111.1	60.5	18.9	28.3	10.0	76	40	36	33	31	40	29	5.6	8.3	10.0	--	--
1.20	1.18	16.44	2	1.85	21.8	141	56.0	20.5	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.40	1.18	20.00	2	1.85	25.4	141	56.0	16.9	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	1.57	23.88	2	1.85	29.0	157	68.2	18.3	11.6	17.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	1.27	13.98	2	1.85	32.6	145	59.3	13.2	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	1.18	15.00	2	1.85	36.3	141	56.0	10.8	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	1.47	20.55	2	1.85	39.9	154	65.3	11.6	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	1.76	54.55	4	1.85	43.5	164	73.5	12.1	12.5	18.7	5.5	33	35	28	25	24	32	27	2.9	4.4	5.3	--	--
2.60	1.76	15.93	2	1.85	47.1	164	73.5	10.9	12.5	18.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	1.86	14.96	2	1.85	50.8	168	76.0	10.4	12.9	19.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	1.96	15.75	4	0.93	52.6	171	78.4	10.3	13.3	20.0	5.9	32	35	28	25	23	31	27	3.3	4.9	5.9	--	--
3.20	1.86	17.76	2	0.99	54.5	168	76.0	9.5	13.1	19.6	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	1.76	18.00	2	0.98	56.4	164	73.5	8.7	13.4	20.1	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	2.16	19.47	4	0.93	58.3	177	82.9	9.8	14.2	21.2	6.5	33	35	28	25	23	31	28	3.6	5.4	6.5	--	--
3.80	1.86	19.00	2	0.99	60.2	168	76.0	8.4	14.3	21.5	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	1.37	20.90	2	0.94	62.1	150	62.4	6.3	16.2	24.2	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	1.37	20.90	2	0.94	63.9	150	62.4	6.1	16.8	25.2	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	1.27	19.40	2	0.93	65.7	145	59.3	5.5	17.8	26.7	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	1.96	18.69	4	0.93	67.5	171	78.4	7.6	16.5	24.7	5.9	26	34	27	23	22	30	27	3.3	4.9	5.9	--	--
4.80	2.55	18.57	4	0.95	69.4	189	91.0	8.8	16.4	24.7	7.6	34	35	28	25	23	31	28	4.2	6.4	7.6	--	--
5.00	2.94	19.61	4	0.96	71.3	199	98.0	9.3	17.0	25.5	8.8	38	36	28	25	24	32	29	4.9	7.4	8.8	--	--
5.20	2.84	18.95	4	0.96	73.2	197	96.3	8.9	17.3	26.0	8.5	37	36	28	25	23	32	29	4.7	7.1	8.5	--	--
5.40	2.55	20.47	4	0.95	75.0	189	91.0	8.0	18.0	27.0	7.6	32	35	27	24	23	31	28	4.2	6.4	7.6	--	--
5.60	2.94	17.34	4	0.96	76.9	199	98.0	8.5	18.3	27.4	8.8	37	36	28	25	23	32	29	4.9	7.4	8.8	--	--
5.80	2.65	16.88	4	0.95	78.8	192	92.8	7.7	19.1	28.7	7.9	32	35	27	24	23	31	28	4.4	6.6	7.9	--	--
6.00	2.45	16.34	4	0.94	80.6	186	89.1	7.1	20.1	30.2	7.4	29	35	27	24	22	30	28	4.1	6.1	7.4	--	--
6.20	2.65	19.29	4	0.95	82.5	192	92.8	7.3	20.4	30.6	7.9	31	35	27	24	22	31	28	4.4	6.6	7.9	--	--
6.40	2.45	18.80	4	0.94	84.3	186	89.1	6.7	21.5	32.2	7.4	28	35	27	23	22	30	28	4.1	6.1	7.4	--	--
6.60	2.35	16.33	4	0.94	86.2	183	87.1	6.4	22.4	33.6	7.1	26	34	26	23	22	30	28	3.9	5.9	7.1	--	--
6.80	1.96	14.29	4	0.93	88.0	171	78.4	5.4	23.9	35.9	5.9	19	34	25	22	21	29	27	3.3	4.9	5.9	--	--
7.00	1.86	15.83	2	0.99	89.9	168	76.0	5.1	24.8	37.1	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.20	1.76	12.24	2	0.98	91.8	164	73.5	4.8	25.5	38.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	1.18	8.57	2	0.92	93.6	141	56.0	3.3	26.2	39.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	2.16	13.75	4	0.93	95.5	177	82.9	5.3	26.1	39.2	6.5	21	34	25	22	21	29	28	3.6	5.4	6.5	--	--
7.80	2.35	13.33	4	0.94	97.3	183	87.1	5.5	26.4	39.6	7.1	23	34	26	22	21	29	28	3.9	5.9	7.1	--	--
8.00	2.65	13.50	4	0.95	99.2	192	92.8	5.8	26.5	39.8	7.9	27	34	26	23	22	30	28	4.4	6.6	7.9	--	--
8.20	2.74	15.56	4	0.96	101.1	194	94.6	5.8	27.0	40.6	8.2	27	35	26	23	22	30	28	4.6	6.9	8.2	--	--
8.40	2.65	13.04	4	0.95	102.9	192	92.8	5.5	27.9	41.8	7.9	26	34	26	23	21	29	28	4.4	6.6	7.9	--	--
8.60	2.65	15.00	4	0.95	104.8	192	92.8	5.4	28.5	42.8	7.9	25	34	26	23	21	29	28	4.4	6.6	7.9	--	--
8.80	2.94	16.04	4	0.96	106.7	199	98.0	5.6	28.7	43.1	8.8	29	35	26	23	22	30	29	4.9	7.4	8.8	--	--
9.00	2.74	13.15	4	0.96	108.5	194	94.6	5.3	29.7	44.5	8.2	26	34	26	23	21	29	28	4.6	6.9	8.2	--	--
9.20	3.14	18.50	4	0.97	110.4	204	104.5	5.9	29.4	44.1	9.4	30	35	26	23	22	30	29	5.2	7.8	9.4	--	--
9.40	2.55	13.00	4	0.95	112.3	189	91.0	4.8	31.1	46.7	7.6	22	34	25	22	21	29	28	4.2	6.4	7.6	--	--
9.60	2.45	14.45	4	0.94	114.2	186	89.1	4.6	31.8	47.7	7.4	21	34	25	22	20	28	28	4.1	6.1	7.4	--	--
9.80	2.45	15.63	4	0.94	116.0	186	89.1	4.5	32.3	48.5	7.4	20	34	25	22	20	28	28	4.1	6.1	7.4	--	--
10.00	2.55	16.25	4	0.95	117.9	189	91.0	4.5	32.9	49.3	7.6	21	34	25	22	21	28	28	4.2	6.4	7.6	--	--
10.20	2.35	22.43	4	0.94	119.7	183	87.1	4.2	33.4	50.2	7.1	18	33	25	21	20	28	28	3.9	5.9	7.1	--	--
10.40	2.35	15.69	4	0.94	121.5	183	87.1	4.1	33.9	50.9	7.1	18	33	24	21	20	28	28	3.9	5.9	7.1	--	--
10.60	2.55	16.25	4	0.95	123.4	189	91.0	4.3	34.5	51.7	7.6	20	34	25	22	20	28	28	4.2	6.4	7.6	--	--
10.80	2.55	17.69	4	0.95	125.3	189	91.0	4.2	35.0	52.5	7.6	20	34	25	21	20	28	28	4.2	6.4	7.6	--	--
11.00	2.35	15.69	4	0.94	127.1	183	87.1	3.9	35.6	53.4	7.1	17	33	24	21	20	28	28	3.9	5.9	7.1	--	--
11.20	2.45	16.34	4	0.94	129.0	186	89.1	4.0	36.1	54.1	7.4	18	33	24	21	20	28	28	4.1	6.1	7.4	--	--
11.40	2.74	16.77	4	0.96	130.8	194	94.6	4.2	36.5	54.8	8.2	21	34	25	22	20	28	28	4.6	6.9	8.2	--	--
11.60	2.55	19.55	4	0.95	132.7	189	91.0	3.9	37.2	55.8	7.6	18	33	24	21	20	28	28	4.2	6.4	7.6	--	--
11.80	1.96	14.29	4	0.93	134.5	171	78.4	3.2	37.4	56.1	5.9	9	32	23	20	19	26	27	3.3	4.9	5.9	--	--
12.00	1.76	13.53	2	0.98	136.4	164	73.5	2.9	36.9	55.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.20	2.25	14.38	4	0.94	138.3	180	85.1	3.4	38.9	58.4	6.8	13	33	24	20	19	27	28	3.8	5.6	6.8	--	--
12.40	2.45	14.97	4	0.94	140.1	186	89.1	3.6	39.5	59.3	7.4	16	33	24	21	20	27	28	4.1	6.1	7.4	--	--
12.60	2.65	17.65	4	0.95	142.0	192	92.8	3.7	40.1	60.1	7.9	18	33	24	21	20	28	28	4.4	6.6	7.9	--	--
12.80	2.06	13.13	4	0.93	143.8	174	80.7	3.0	39.5	59.2	6.2	9	32	23	20	19	26	27	3.4	5.1	6.2		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**4**

Riferimento

219-2020

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
 Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec. 23/11/2020
 Pagina 1
 Elaborato Falda -3.00 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.00										
0.40	0.0	0.0		0.00	0.00										
0.60	0.0	0.0		0.00	93.00	0									
0.80	9.0	23.0		0.88	40.00	23	4.4								
1.00	12.0	18.0		1.18	47.00	26	3.9								
1.20	11.0	18.0		1.08	87.00	13	7.9								
1.40	11.0	24.0		1.08	53.00	21	4.8								
1.60	14.0	22.0		1.37	60.00	23	4.3								
1.80	14.0	23.0		1.37	67.00	21	4.8								
2.00	16.0	26.0		1.57	113.00	14	7.1								
2.20	19.0	36.0		1.86	140.00	14	7.4								
2.40	19.0	40.0		1.86	113.00	17	5.9								
2.60	15.0	32.0		1.47	60.00	25	4.0								
2.80	13.0	22.0		1.27	67.00	19	5.2								
3.00	16.0	26.0		1.57	73.00	22	4.6								
3.20	19.0	30.0		1.86	87.00	22	4.6								
3.40	16.0	29.0		1.57	80.00	20	5.0								
3.60	12.0	24.0		1.18	47.00	26	3.9								
3.80	13.0	20.0		1.27	67.00	19	5.2								
4.00	23.0	33.0		2.25	107.00	21	4.7								
4.20	28.0	44.0		2.74	140.00	20	5.0								
4.40	28.0	49.0		2.74	133.00	21	4.8								
4.60	26.0	46.0		2.55	113.00	23	4.3								
4.80	26.0	43.0		2.55	107.00	24	4.1								
5.00	26.0	42.0		2.55	153.00	17	5.9								
5.20	29.0	52.0		2.84	140.00	21	4.8								
5.40	27.0	48.0		2.65	120.00	23	4.4								
5.60	25.0	43.0		2.45	133.00	19	5.3								
5.80	23.0	43.0		2.25	100.00	23	4.3								
6.00	23.0	38.0		2.25	113.00	20	4.9								
6.20	17.0	34.0		1.67	100.00	17	5.9								
6.40	15.0	30.0		1.47	100.00	15	6.7								
6.60	22.0	37.0		2.16	153.00	14	7.0								
6.80	26.0	49.0		2.55	153.00	17	5.9								
7.00	24.0	47.0		2.35	140.00	17	5.8								
7.20	30.0	51.0		2.94	187.00	16	6.2								
7.40	32.0	60.0		3.14	180.00	18	5.6								
7.60	35.0	62.0		3.43	200.00	18	5.7								
7.80	32.0	62.0		3.14	193.00	17	6.0								
8.00	33.0	62.0		3.23	207.00	16	6.3								
8.20	30.0	61.0		2.94	180.00	17	6.0								
8.40	29.0	56.0		2.84	173.00	17	6.0								
8.60	34.0	60.0		3.33	167.00	20	4.9								
8.80	27.0	52.0		2.65	160.00	17	5.9								
9.00	26.0	50.0		2.55	147.00	18	5.7								
9.20	25.0	47.0		2.45	140.00	18	5.6								
9.40	29.0	50.0		2.84	153.00	19	5.3								
9.60	26.0	49.0		2.55	153.00	17	5.9								
9.80	22.0	45.0		2.16	113.00	19	5.1								
10.00	22.0	39.0		2.16	113.00	19	5.1								
10.20	17.0	34.0		1.67	93.00	18	5.5								
10.40	20.0	34.0		1.96	93.00	22	4.7								
10.60	19.0	33.0		1.86	93.00	20	4.9								
10.80	13.0	27.0		1.27	67.00	19	5.2								
11.00	11.0	21.0		1.08	40.00	28	3.6								
11.20	15.0	21.0		1.47	60.00	25	4.0								
11.40	10.0	19.0		0.98	53.00	19	5.3								
11.60	9.0	17.0		0.88	60.00	15	6.7								
11.80	10.0	19.0		0.98	60.00	17	6.0								
12.00	16.0	25.0		1.57	113.00	14	7.1								
12.20	19.0	36.0		1.86	147.00	13	7.7								
12.40	19.0	41.0		1.86	120.00	16	6.3								
12.60	15.0	33.0		1.47	80.00	19	5.3								
12.80	13.0	25.0		1.27	67.00	19	5.2								
13.00	16.0	26.0		1.57	73.00	22	4.6								
13.20	19.0	30.0		1.86	80.00	24	4.2								
13.40	12.0	24.0		1.18	67.00	18	5.6								
13.60	23.0	33.0		2.25	107.00	21	4.7								
13.80	28.0	44.0		2.74	140.00	20	5.0								
14.00	28.0	49.0		2.74	133.00	21	4.8								
14.20	26.0	46.0		2.55	120.00	22	4.6								
14.40	25.0	43.0		2.45	107.00	23	4.3								
14.60	26.0	42.0		2.55	153.00	17	5.9								
14.80	29.0	52.0		2.84	140.00	21	4.8								
15.00	27.0	48.0		2.65											

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

Riferimento

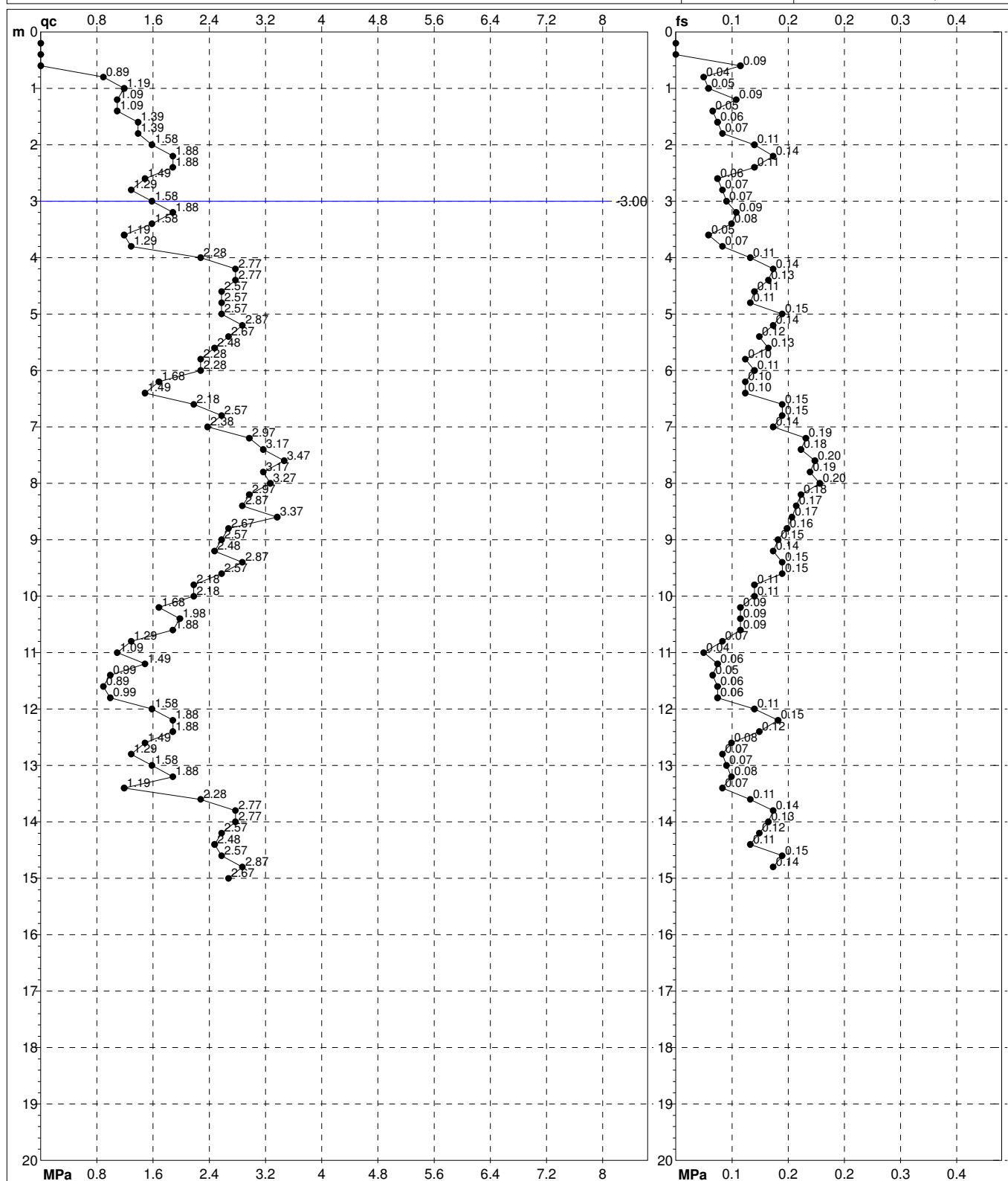
4**219-2020**

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
 Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **23/11/2020**

Quota inizio:
 Falda **-3.00 m** da p.c.



Penetrometro: **TG63-200Stat**
 Responsabile:
 Assistente:

preforo **m**
 Corr.astine: **kN/ml**
 Cod. tip:

FON111

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

Riferimento

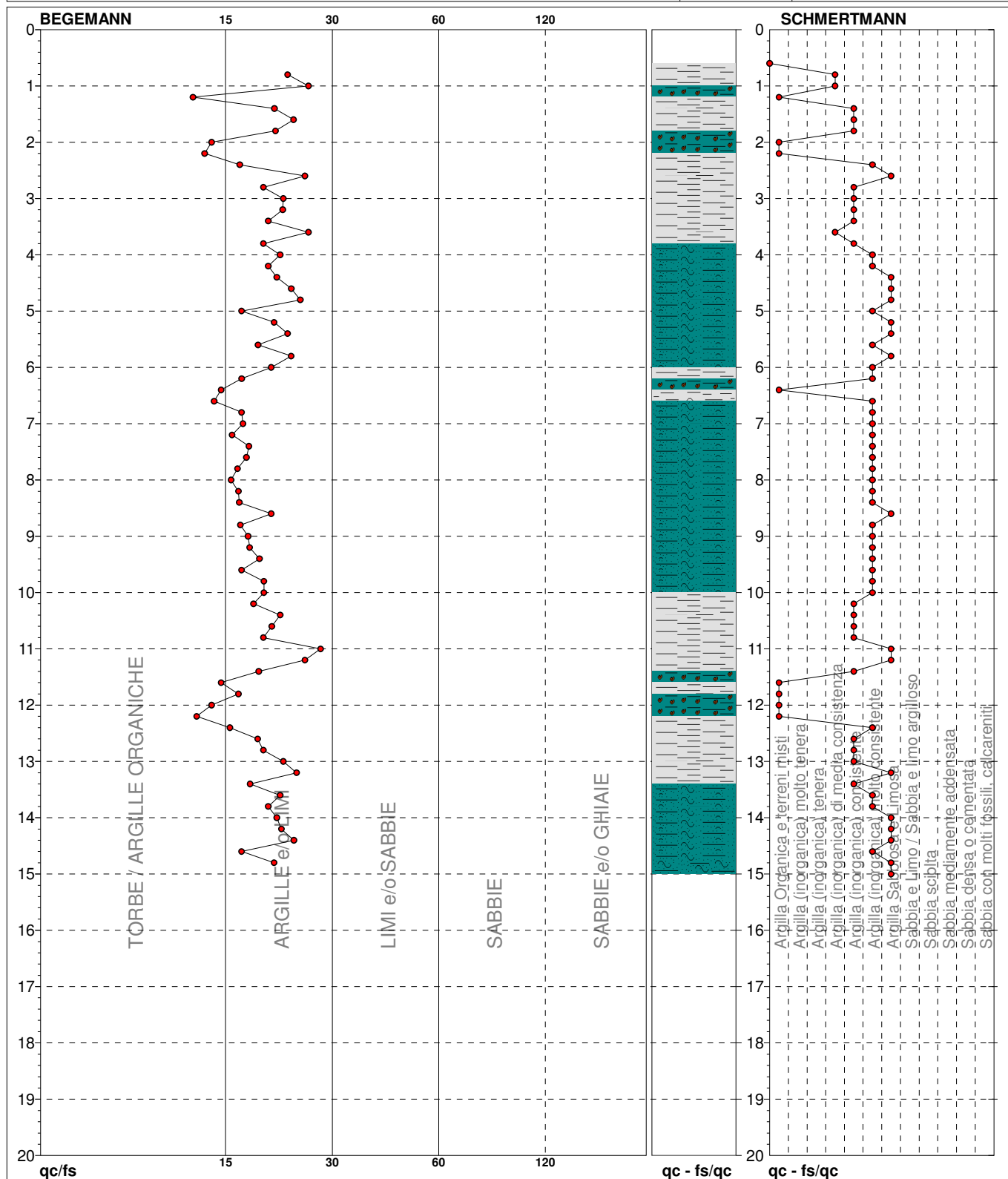
4

219-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina **1**
Elaborato

Data esec. **23/11/2020**
Falda **-3.00 m da p.c.**



TORBE / ARGILLE OR	11 punti, 14.67%	Argilla Organica e terreni misti	8 punti, 10.67%	Argilla Sabbiosa e Limosa	15 punti, 20.00%
ARGILLE e/o LIM	63 punti, 84.00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	3 punti, 4.00%		
		Argilla (inorganica) consistente	17 punti, 22.67%		
		Argilla (inorganica) molto consistente	28 punti, 37.33%		

FON111

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

Riferimento

4**219-2020**

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio del terreno di fondazione**
Località **Nonantola (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec. 23/11/2020
Pagina 1
Elaborato Falda -3.00 m da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE														
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2			
m	U.M.			t/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.					
0.20	--	--	???	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
0.40	--	--	???	1.85	7.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
0.60	--	--	???	1.85	10.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
0.80	0.88	22.50	2	1.85	14.5	127	44.1	25.2	7.5	11.2	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1.00	1.18	25.53	2	1.85	18.1	141	56.0	25.7	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1.20	1.08	12.64	2	1.85	21.8	137	52.6	18.9	8.9	13.4	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1.40	1.08	20.75	2	1.85	25.4	137	52.6	15.6	8.9	13.4	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1.60	1.37	23.33	2	1.85	29.0	150	62.4	16.3	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1.80	1.37	20.90	2	1.85	32.6	150	62.4	14.1	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2.00	1.57	14.16	2	1.85	36.3	157	68.2	13.8	11.6	17.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2.20	1.86	13.57	2	1.85	39.9	168	76.0	14.1	12.9	19.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2.40	1.86	16.81	2	1.85	43.5	168	76.0	12.6	12.9	19.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2.60	1.47	25.00	2	1.85	47.1	154	65.3	9.4	11.3	16.9	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2.80	1.27	19.40	2	1.85	50.8	145	59.3	7.6	12.4	18.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
3.00	1.57	21.92	2	0.96	52.6	157	68.2	8.7	12.5	18.7	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
3.20	1.86	21.84	2	0.99	54.6	168	76.0	9.5	13.1	19.7	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
3.40	1.57	20.00	2	0.96	56.5	157	68.2	7.9	13.6	20.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
3.60	1.18	25.53	2	0.92	58.3	141	56.0	6.0	15.4	23.2	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
3.80	1.27	19.40	2	0.93	60.1	145	59.3	6.2	15.8	23.6	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
4.00	2.25	21.50	4	0.94	61.9	180	85.1	9.3	14.8	22.2	6.8	33	35	28	24	23	31	28	3.8	5.6	6.8	--	--			
4.20	2.74	20.00	4	0.96	63.8	194	94.6	10.3	16.1	24.1	8.2	39	36	28	25	24	32	28	4.6	6.9	8.2	--	--			
4.40	2.74	21.05	4	0.96	65.7	194	94.6	9.9	16.1	24.2	8.2	38	36	28	25	24	32	28	4.6	6.9	8.2	--	--			
4.60	2.55	23.01	4	0.95	67.5	189	91.0	9.1	16.0	24.1	7.6	35	35	28	25	23	32	28	4.2	6.4	7.6	--	--			
4.80	2.55	24.30	4	0.95	69.4	189	91.0	8.8	16.4	24.7	7.6	34	35	28	25	23	31	28	4.2	6.4	7.6	--	--			
5.00	2.55	16.99	4	0.95	71.3	189	91.0	8.5	16.9	25.4	7.6	33	35	28	24	23	31	28	4.2	6.4	7.6	--	--			
5.20	2.84	20.71	4	0.96	73.1	197	96.3	8.9	17.3	26.0	8.5	37	36	28	25	23	32	29	4.7	7.1	8.5	--	--			
5.40	2.65	22.50	4	0.95	75.0	192	92.8	8.2	17.9	26.9	7.9	34	35	27	24	23	31	28	4.4	6.6	7.9	--	--			
5.60	2.45	18.80	4	0.94	76.9	186	89.1	7.6	18.8	28.2	7.4	30	35	27	24	22	31	28	4.1	6.1	7.4	--	--			
5.80	2.25	23.00	4	0.94	78.7	180	85.1	6.9	19.8	29.7	6.8	27	34	26	23	22	30	28	3.8	5.6	6.8	--	--			
6.00	2.25	20.35	4	0.94	80.5	180	85.1	6.7	20.5	30.8	6.8	26	34	26	23	22	30	28	3.8	5.6	6.8	--	--			
6.20	1.67	17.00	2	0.97	82.4	161	70.9	5.2	22.6	33.9	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
6.40	1.47	15.00	2	0.95	84.3	154	65.3	4.6	23.5	35.2	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
6.60	2.16	14.38	4	0.93	86.1	177	82.9	6.0	22.8	34.2	6.5	23	34	26	23	21	29	28	3.6	5.4	6.5	--	--			
6.80	2.55	16.99	4	0.95	88.0	189	91.0	6.5	22.6	33.9	7.6	28	35	26	23	22	30	28	4.2	6.4	7.6	--	--			
7.00	2.35	17.14	4	0.94	89.8	183	87.1	6.0	23.7	35.6	7.1	25	34	26	23	21	29	28	3.9	5.9	7.1	--	--			
7.20	2.94	16.04	4	0.96	91.7	199	98.0	6.8	23.2	34.8	8.8	32	35	27	24	22	31	29	4.9	7.4	8.8	--	--			
7.40	3.14	17.78	4	0.97	93.6	204	104.5	7.2	23.2	34.9	9.4	34	35	27	24	23	31	29	5.2	7.8	9.4	--	--			
7.60	3.43	17.50	4	0.98	95.5	211	114.3	7.9	23.0	34.6	10.3	37	36	28	24	23	31	29	5.7	8.6	10.3	--	--			
7.80	3.14	16.58	4	0.97	97.4	204	104.5	6.9	24.6	36.9	9.4	33	35	27	24	22	31	29	5.2	7.8	9.4	--	--			
8.00	3.23	15.94	4	0.97	99.3	207	107.8	7.0	25.0	37.5	9.7	34	35	27	24	22	31	29	5.4	8.1	9.7	--	--			
8.20	2.94	16.67	4	0.96	101.2	199	98.0	6.0	26.7	40.1	8.8	30	35	27	23	22	30	29	4.9	7.4	8.8	--	--			
8.40	2.84	16.76	4	0.96	103.1	197	96.3	5.8	27.6	41.4	8.5	28	35	26	23	22	30	29	4.7	7.1	8.5	--	--			
8.60	3.33	20.36	4	0.98	105.0	209	111.1	6.7	26.7	40.1	10.0	33	35	27	24	22	31	29	5.6	8.3	10.0	--	--			
8.80	2.65	16.88	4	0.95	106.9	192	92.8	5.3	29.2	43.9	7.9	25	34	26	22	21	29	28	4.4	6.6	7.9	--	--			
9.00	2.55	17.69	4	0.95	108.7	189	91.0	5.0	30.0	45.0	7.6	23	34	25	22	21	29	28	4.2	6.4	7.6	--	--			
9.20	2.45	17.86	4	0.94	110.6	186	89.1	4.8	30.7	46.0	7.4	21	34	25	22	21	29	28	4.1	6.1	7.4	--	--			
9.40	2.84	18.95	4	0.96	112.5	197	96.3	5.2	30.9	46.3	8.5	26	34	26	23	21	29	29	4.7	7.1	8.5	--	--			
9.60	2.55	16.99	4	0.95	114.3	189	91.0	4.7	31.8	47.7	7.6	22	34	25	22	21	29	28	4.2	6.4	7.6	--	--			
9.80	2.16	19.47	4	0.93	116.2	177	82.9	4.1	32.4	48.7	6.5	16	33	24	21	20	28	28	3.6	5.4	6.5	--	--			
10.00	2.16	19.47	4	0.93	118.0	177	82.9	4.0	32.9	49.4	6.5	15	33	24	21	20	27	28	3.6	5.4	6.5	--	--			
10.20	1.67	18.28	2	0.97	119.9	161	70.9	3.3	33.5	50.2	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
10.40	1.96	21.51	4	0.93	121.7	171	78.4	3.6	34.4	51.5	5.9	11	33	24	20	19	27	27	3.3	4.9	5.9	--	--			
10.60	1.86	20.43	2	0.99	123.7	168	76.0	3.4	34.8	52.2	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
10.80	1.27	19.40	2	0.93	125.5	145	59.3	2.5	31.6	47.4	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11.00	1.08	27.50	2	0.91	127.3	137	52.6	2.1	29.2	43.8	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11.20	1.47	25.00	2	0.95	129.1	154	65.3	2.7	33.8	50.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11.40	0.98	18.87	2	0.90	130.9	132	49.0	1.8	27.8	41.8	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11.60	0.88	15.00	2	0.88	132.6	127	44.1	1.6	25.6	38.4	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11.80	0.98	16.67	2	0.90	134.4	132	49.0	1.8	28.0	42.0	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
12.00	1.57	14.16	2	0.96	136.3	157	68.2	2.6	35.5	53.2	5.1	--	--	--												

GEO GROUP s.r.l.

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

ALLEGATO N° 2

Indagini sismiche

NONANTOLA, MASW

Start recording: 18/11/20 15:19:02 End recording: 18/11/20 15:19:04

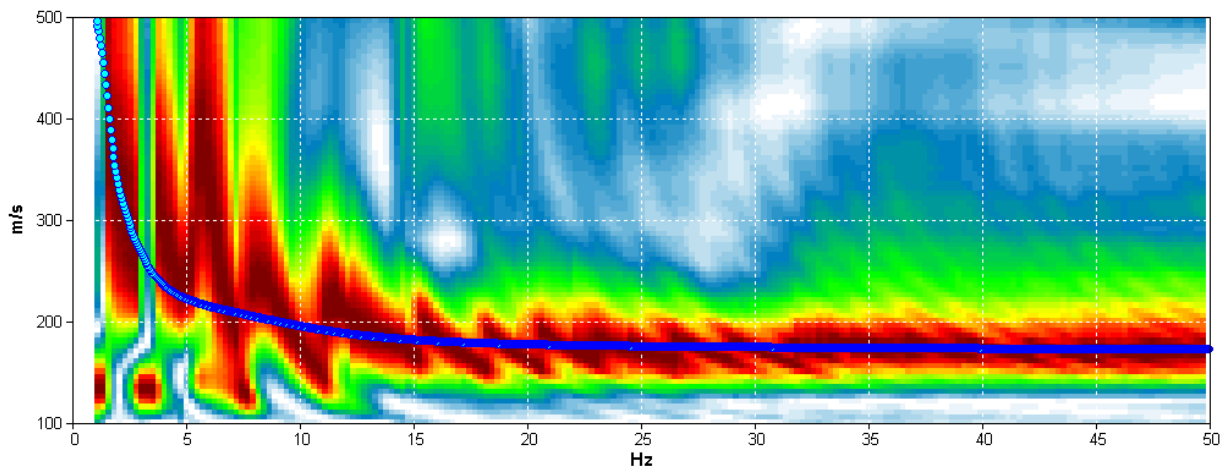
Trace length: 0h00'02".

Sampling rate: 4000 Hz

Channel labels: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ;
CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11

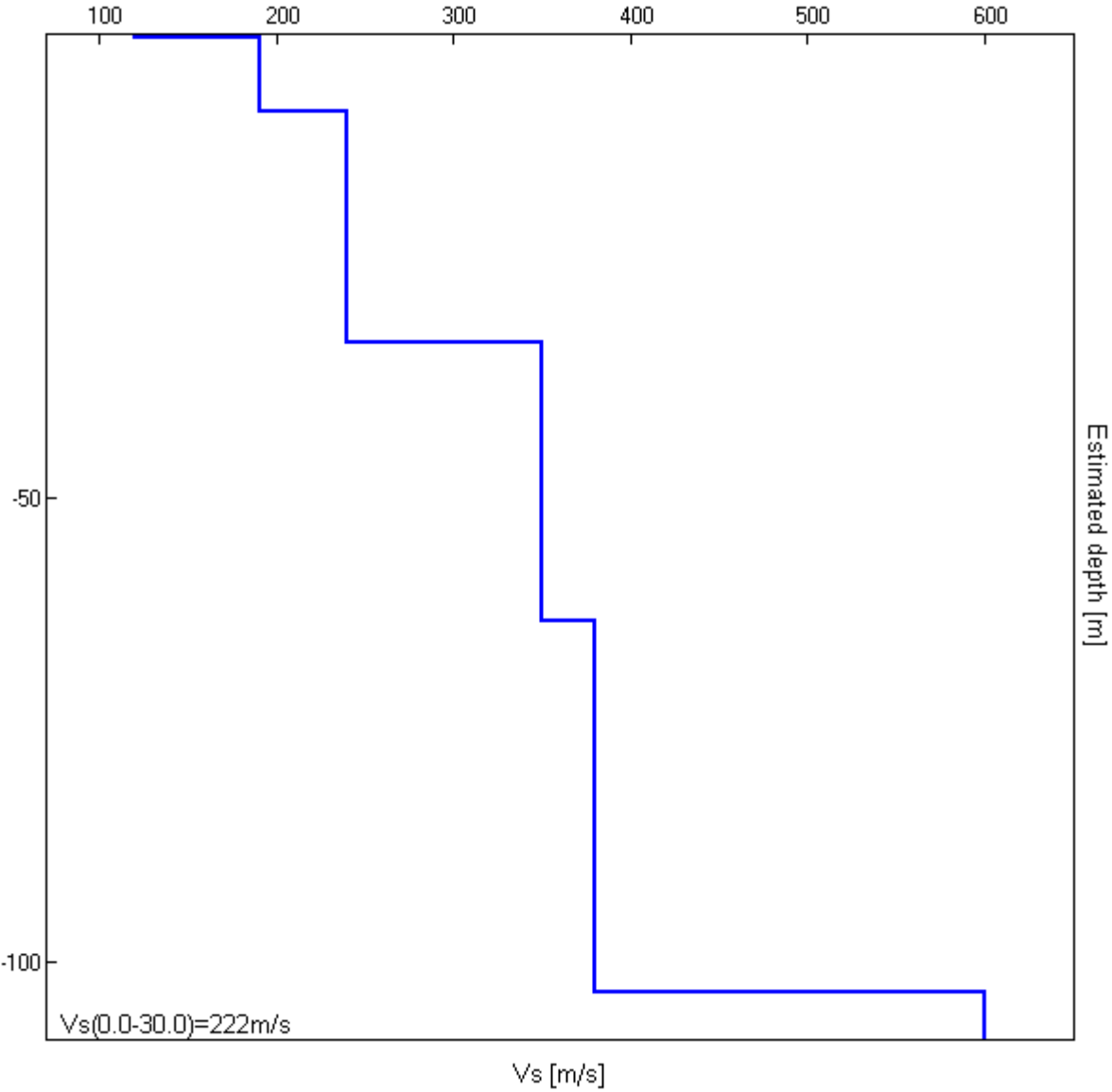
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	120	0.43
8.30	8.00	190	0.43
33.30	25.00	240	0.42
63.30	30.00	350	0.42
103.30	40.00	380	0.42
inf.	inf.	600	0.42

Vs(0.0-30.0)=222m/s



NONANTOLA FONDO CONSOLATA

Instrument: TE3-0303/01-17

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 18/11/20 14:54:00 End recording: 18/11/20 15:14:00

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

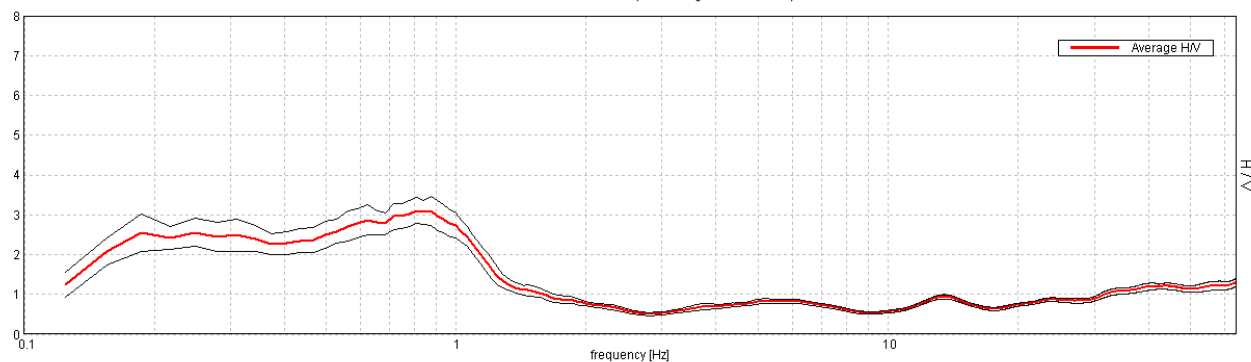
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

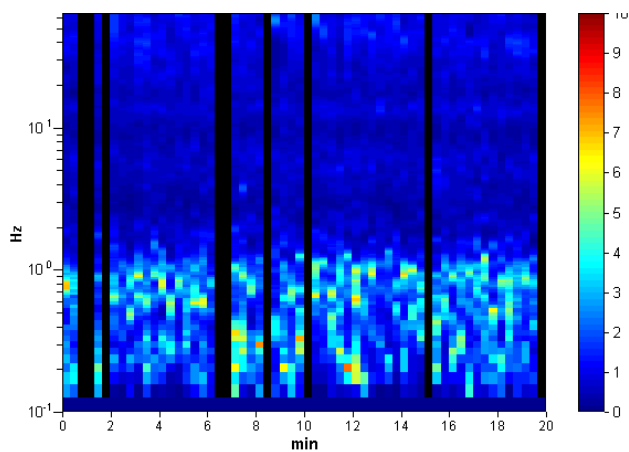
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

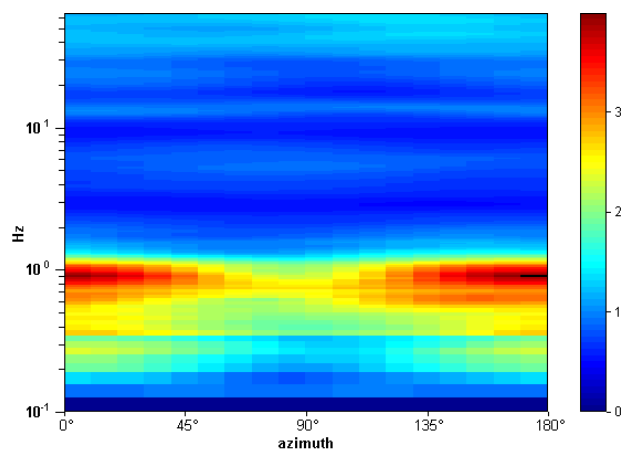
Max. H/V at 0.81 ± 0.11 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



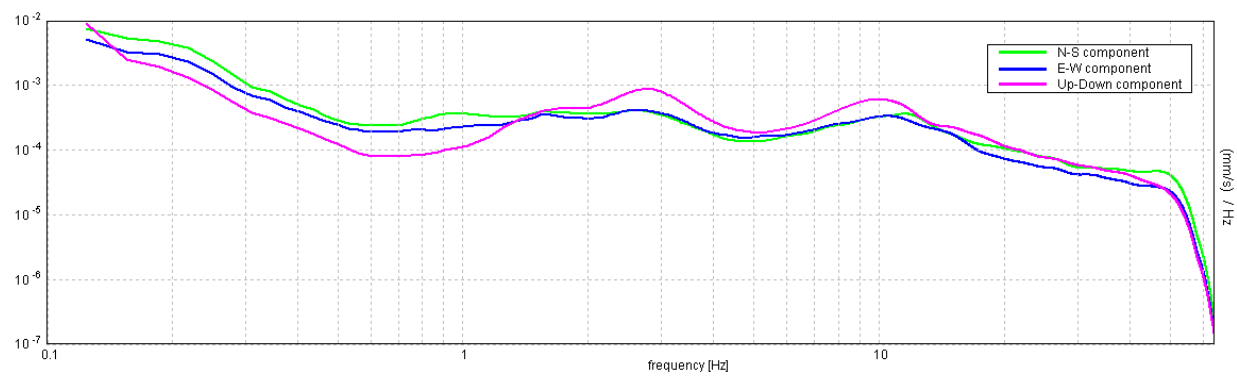
H/V TIME HISTORY



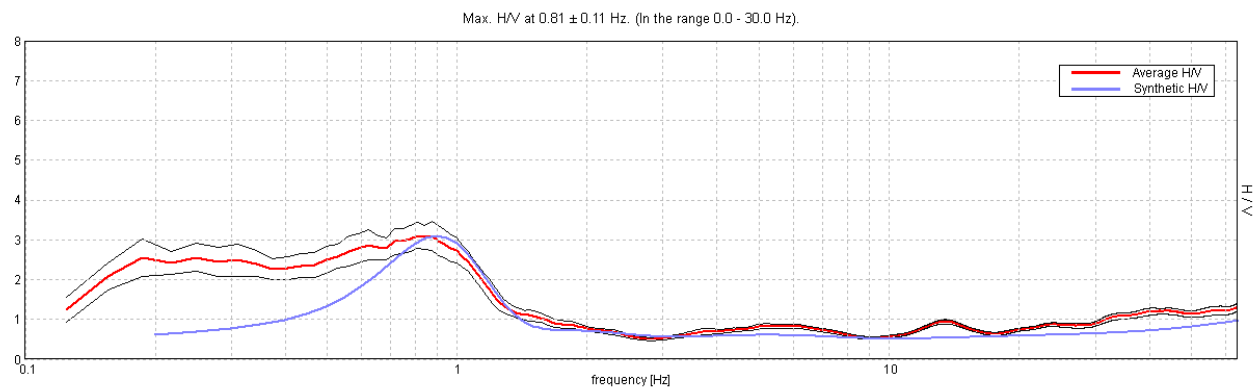
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

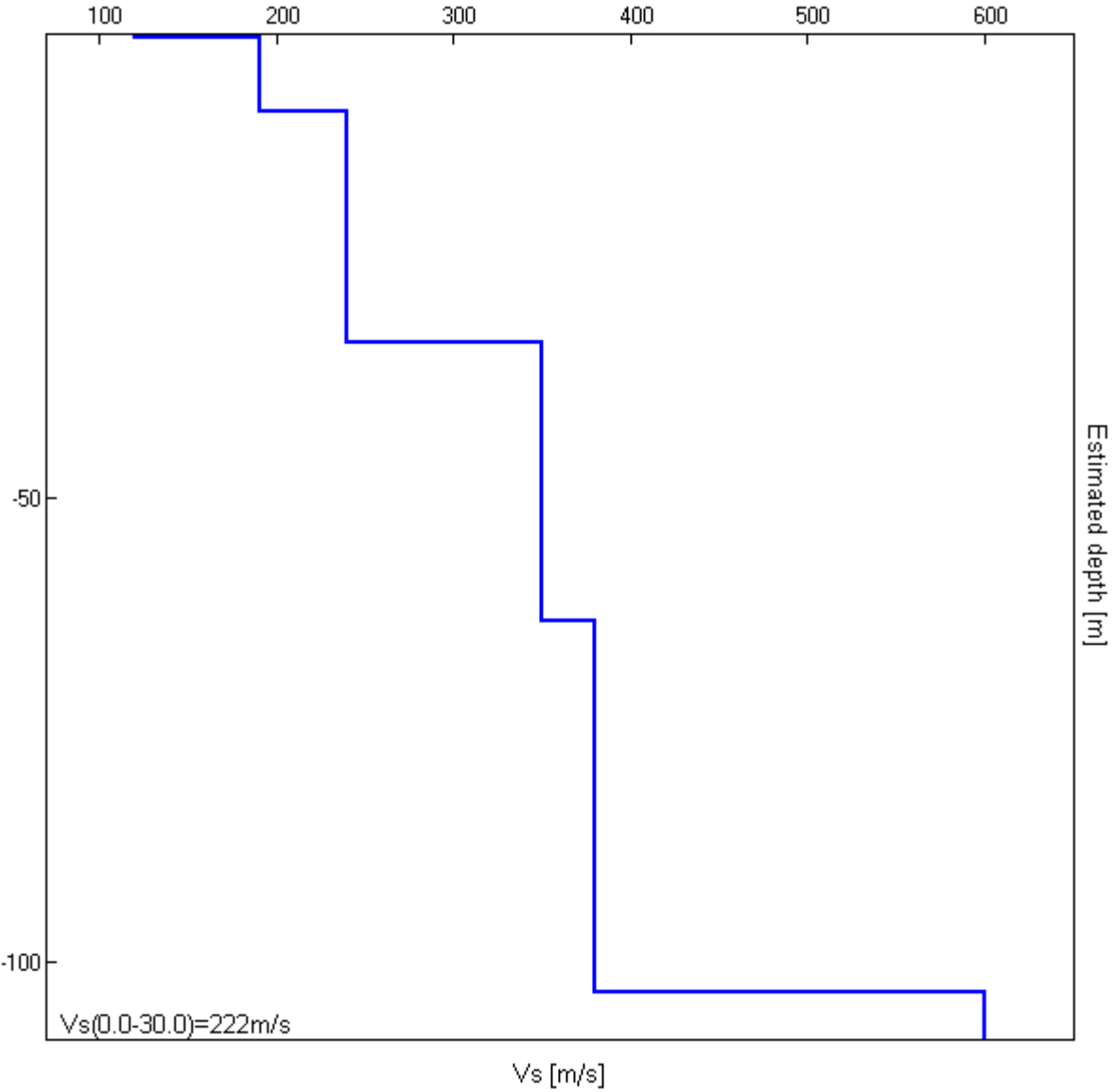


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	120	0.43
8.30	8.00	190	0.43
33.30	25.00	240	0.42
63.30	30.00	350	0.42
103.30	40.00	380	0.42
inf.	inf.	600	0.42

Vs(0.0-30.0)=222m/s



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

Max. H/V at 0.81 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$828.8 > 200$	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 40 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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.11 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13004 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.10566 < 0.12188$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.333 < 2.0$	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° 3

Verifica alla liquefazione

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

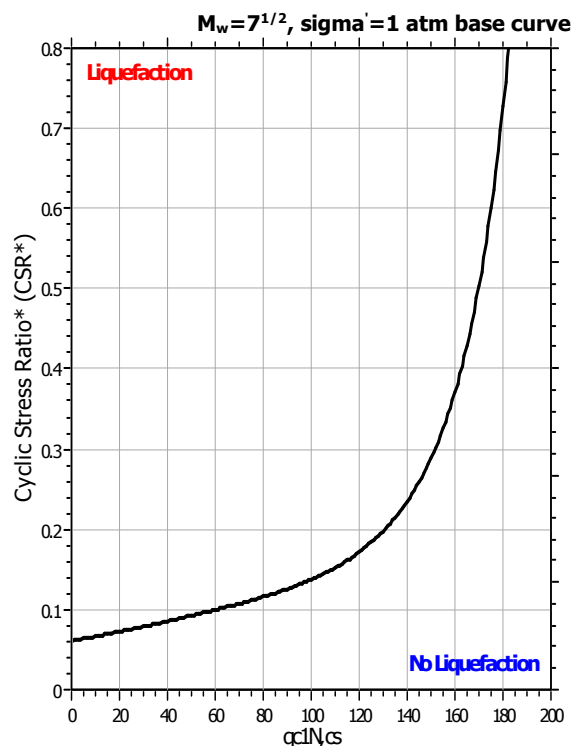
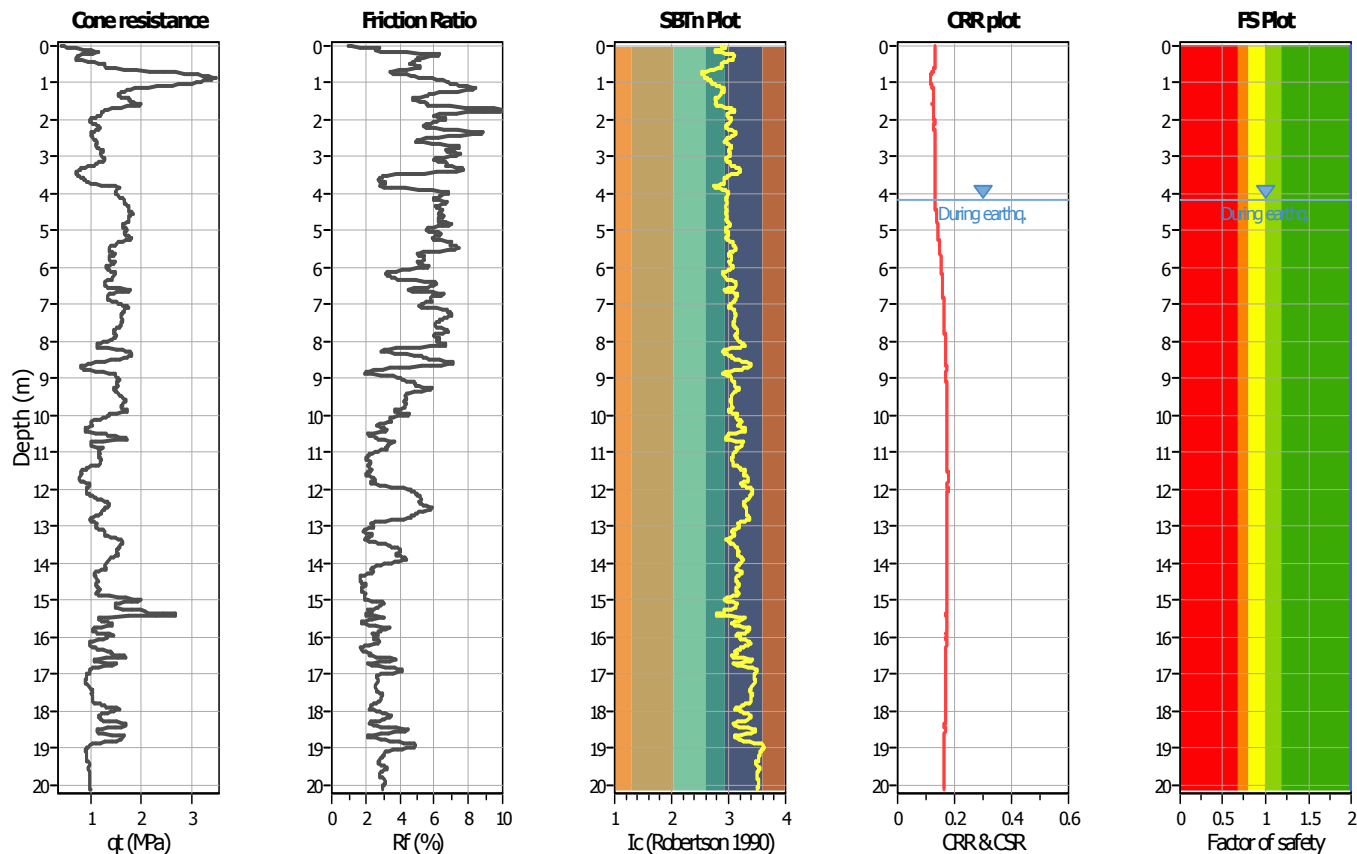
Project title :

Location :

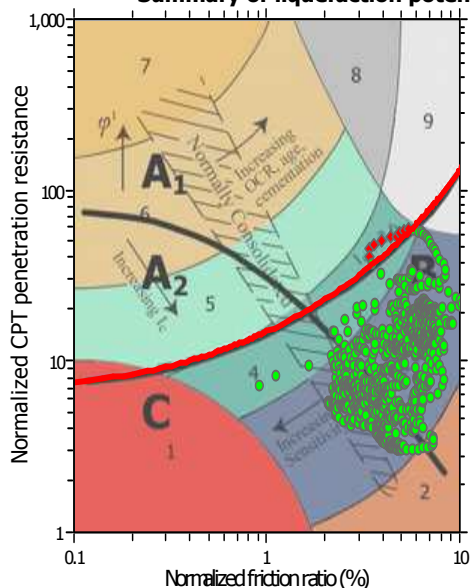
CPT file : CPTU 1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	4.20 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	4.20 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF method:	Method
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes		

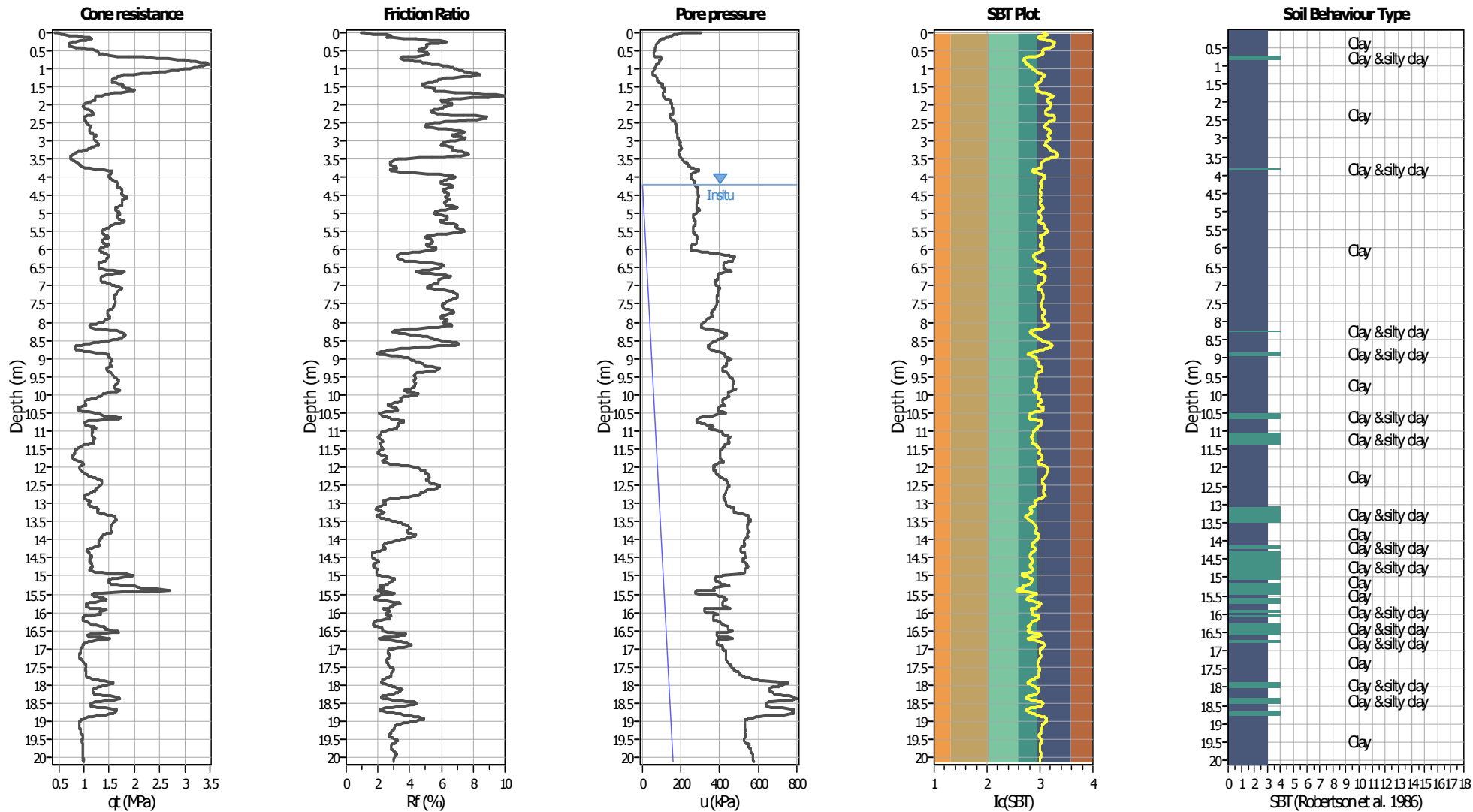


Summary of liquefaction potential



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



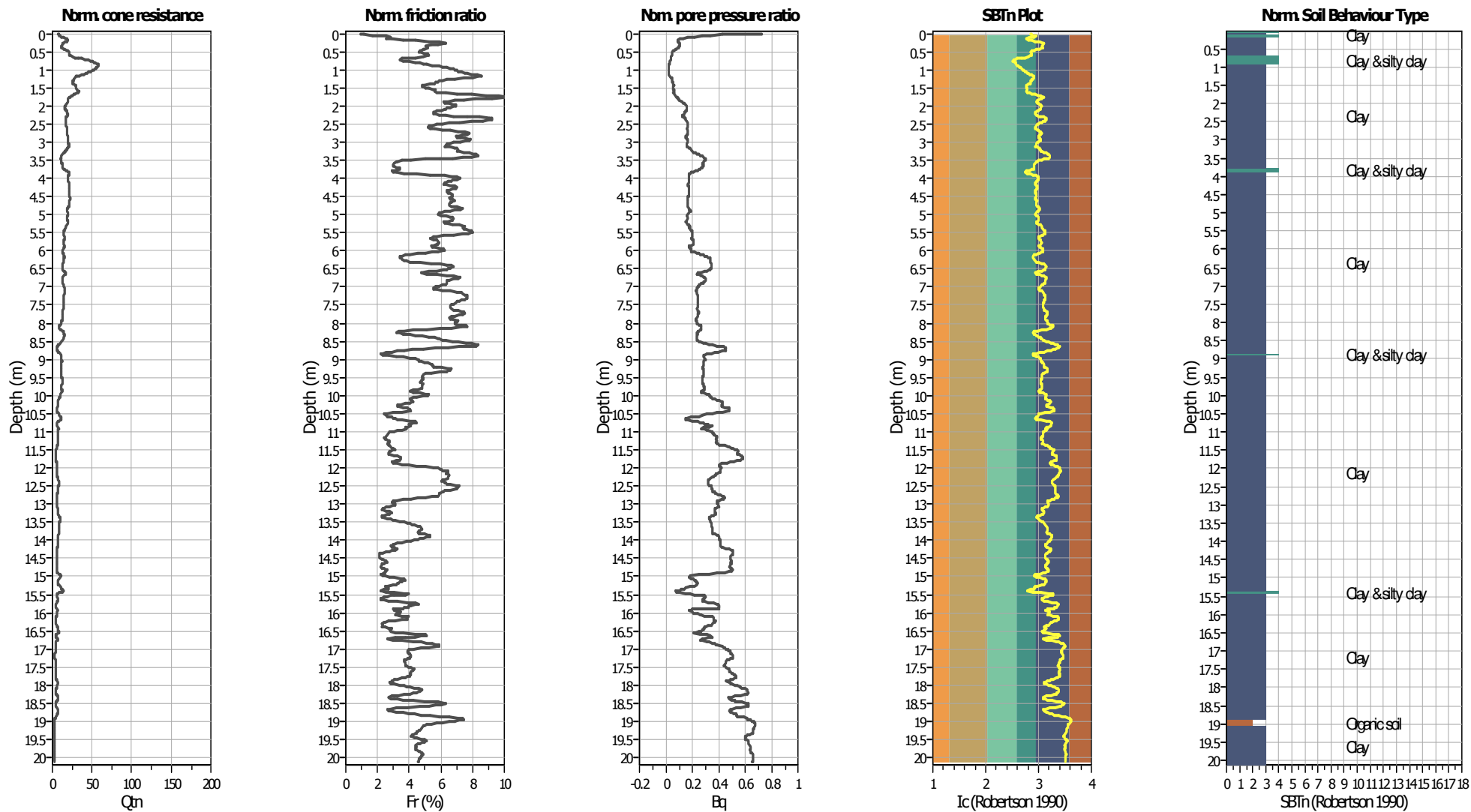
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	4.20 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	4.20 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)



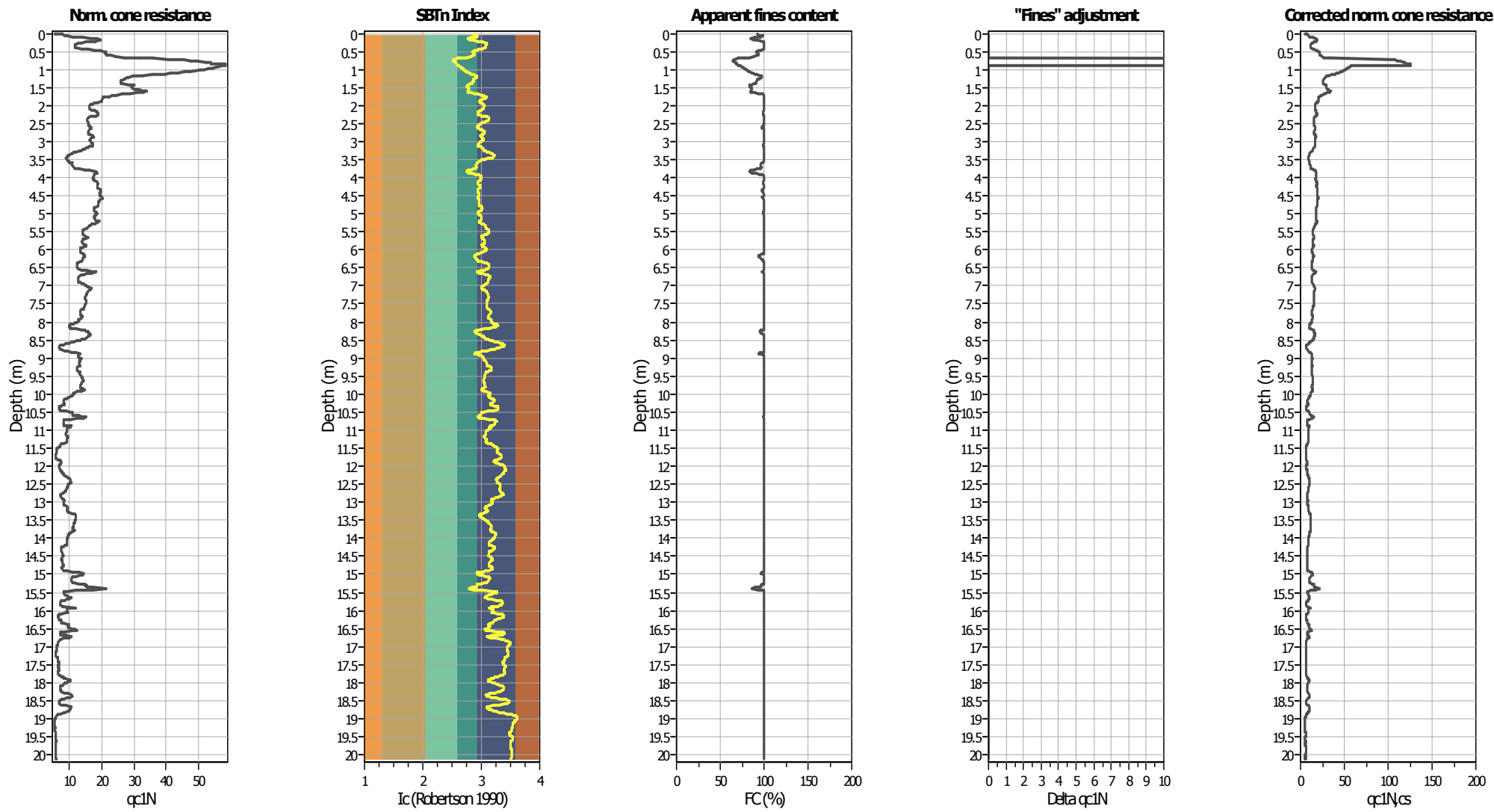
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	4.20 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	4.20 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

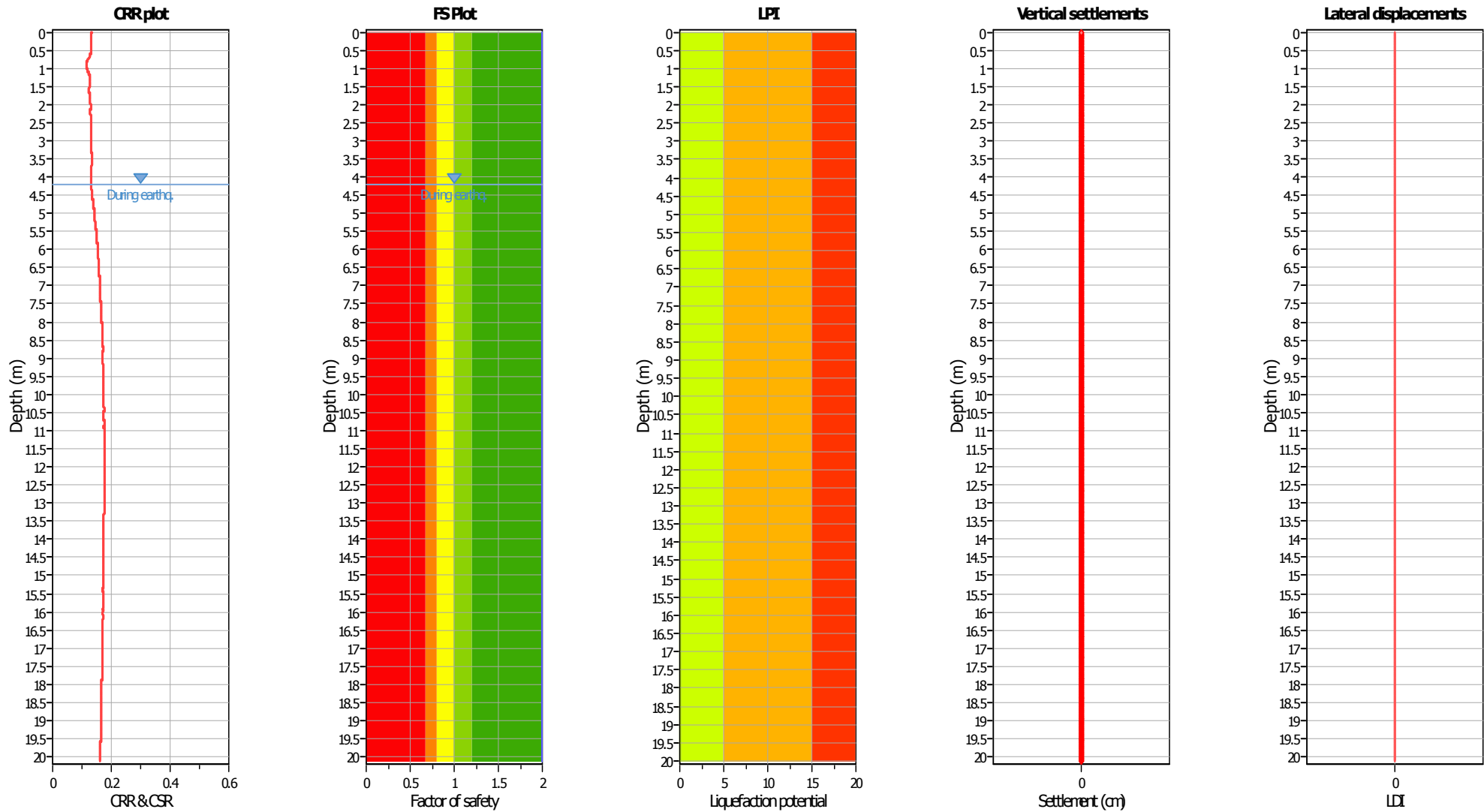
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	4.20 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	4.20 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.):	4.20 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	4.20 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

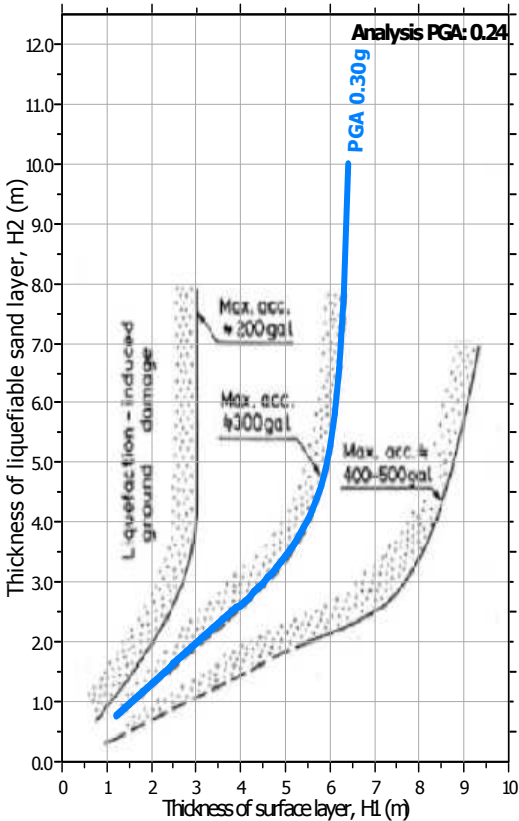
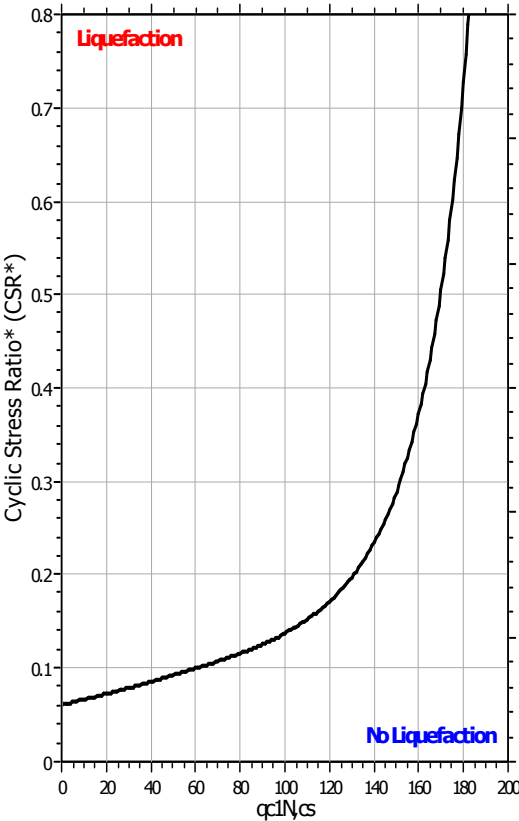
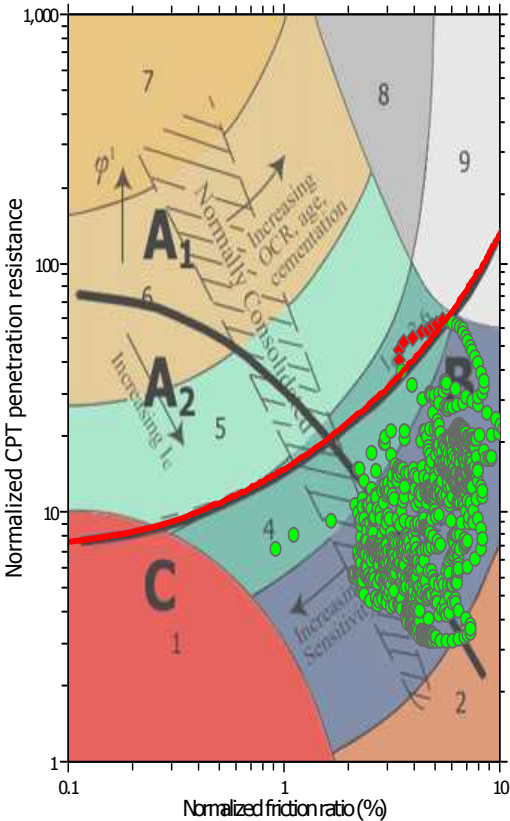
F.S. color scheme

	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.):	4.20 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	4.20 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

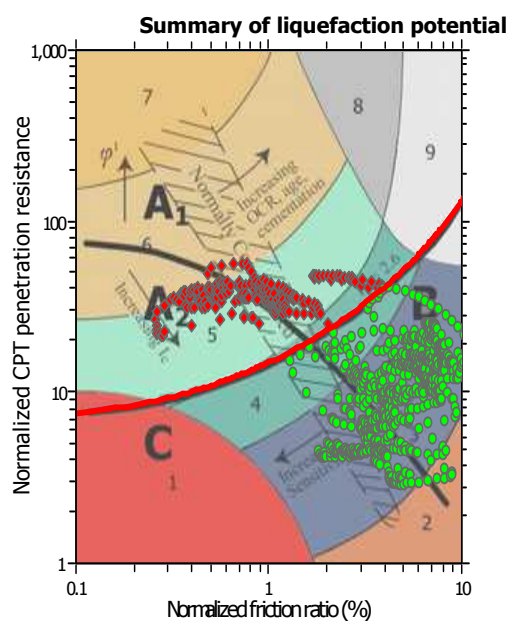
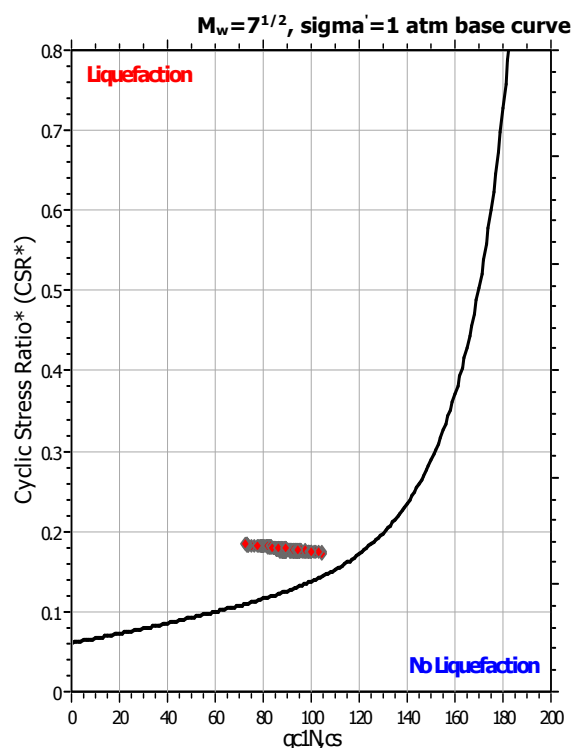
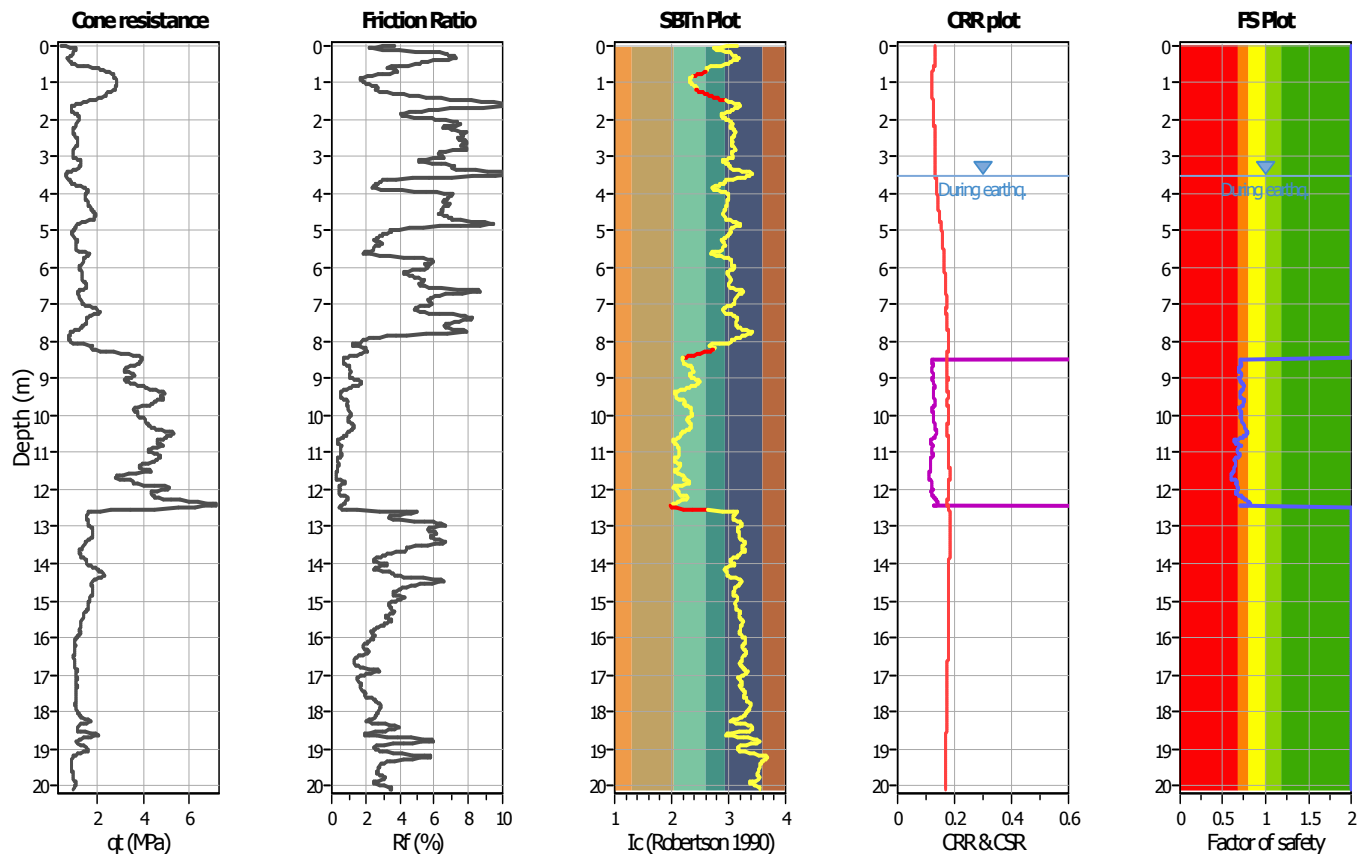
Project title :

Location :

CPT file : CPTU 2

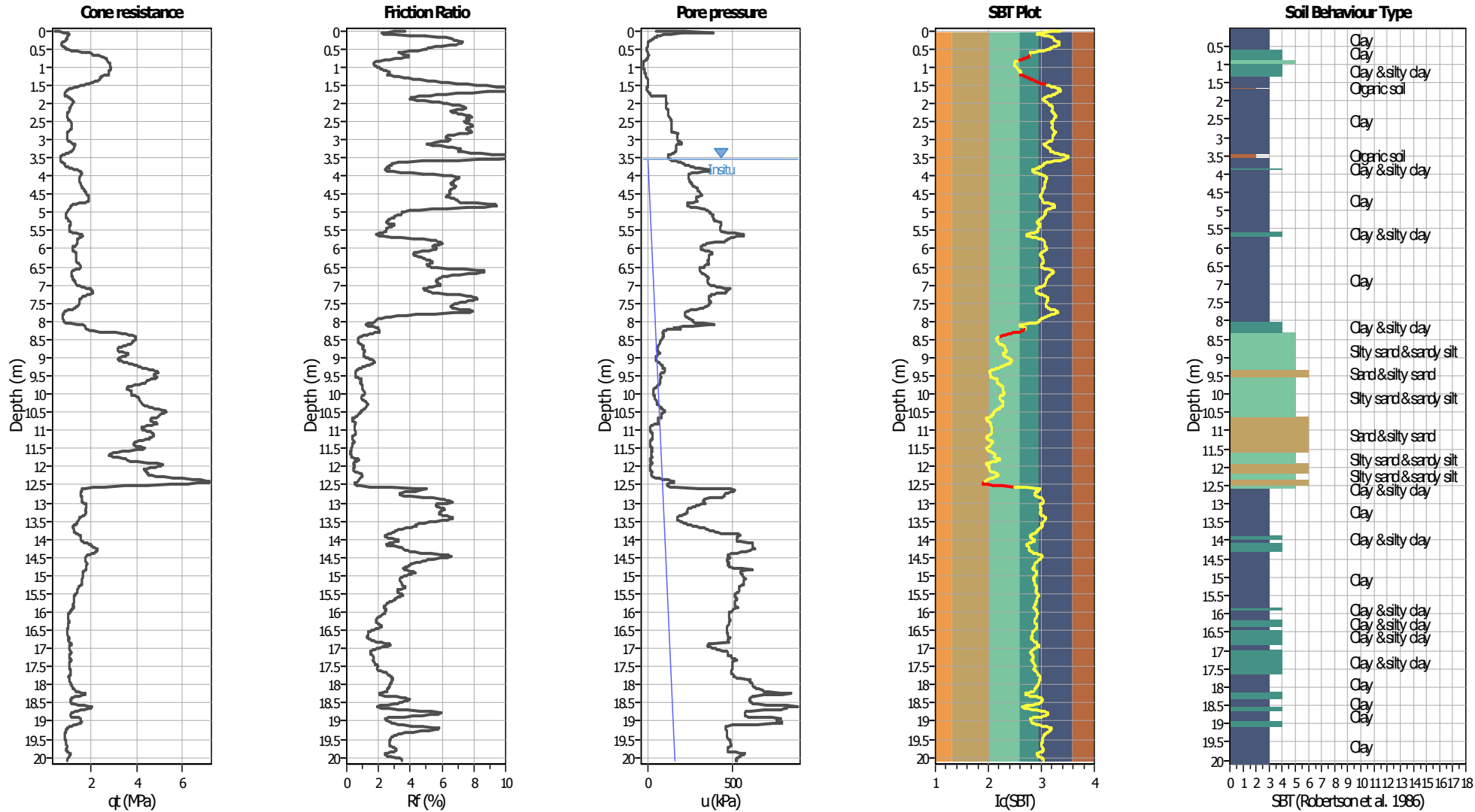
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	3.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	3.55 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:	0.24	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



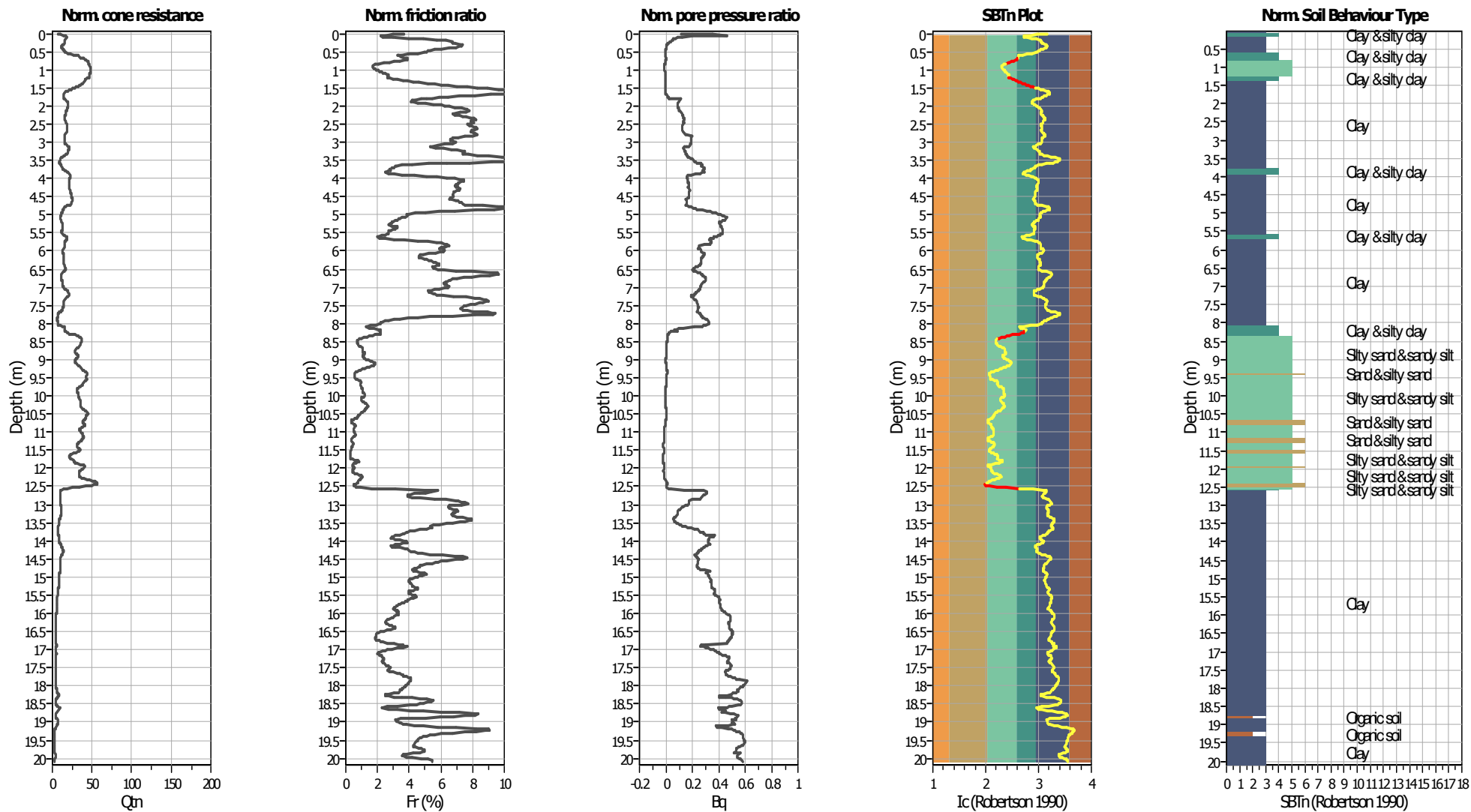
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.55 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.55 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)



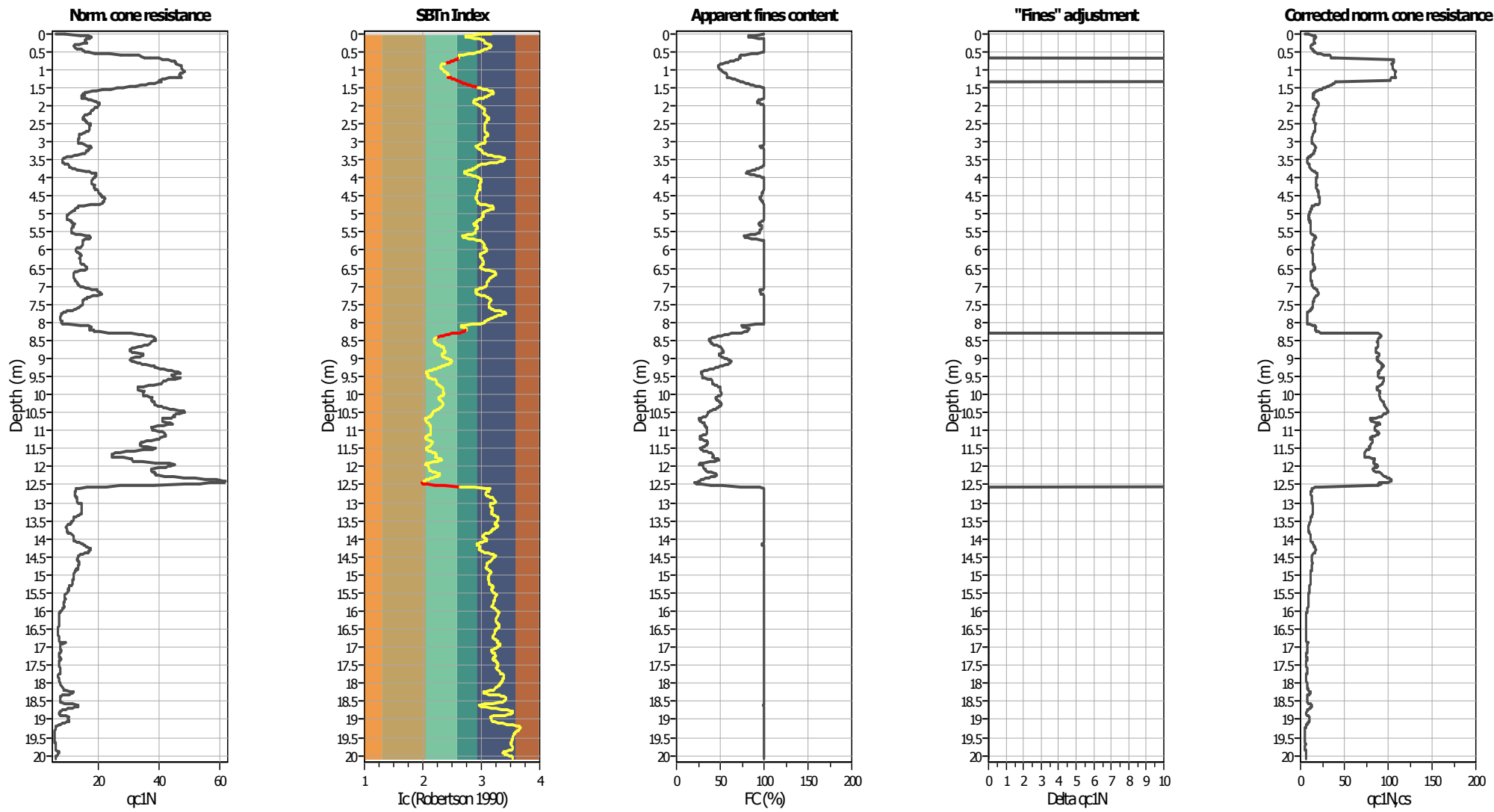
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.55 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.55 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

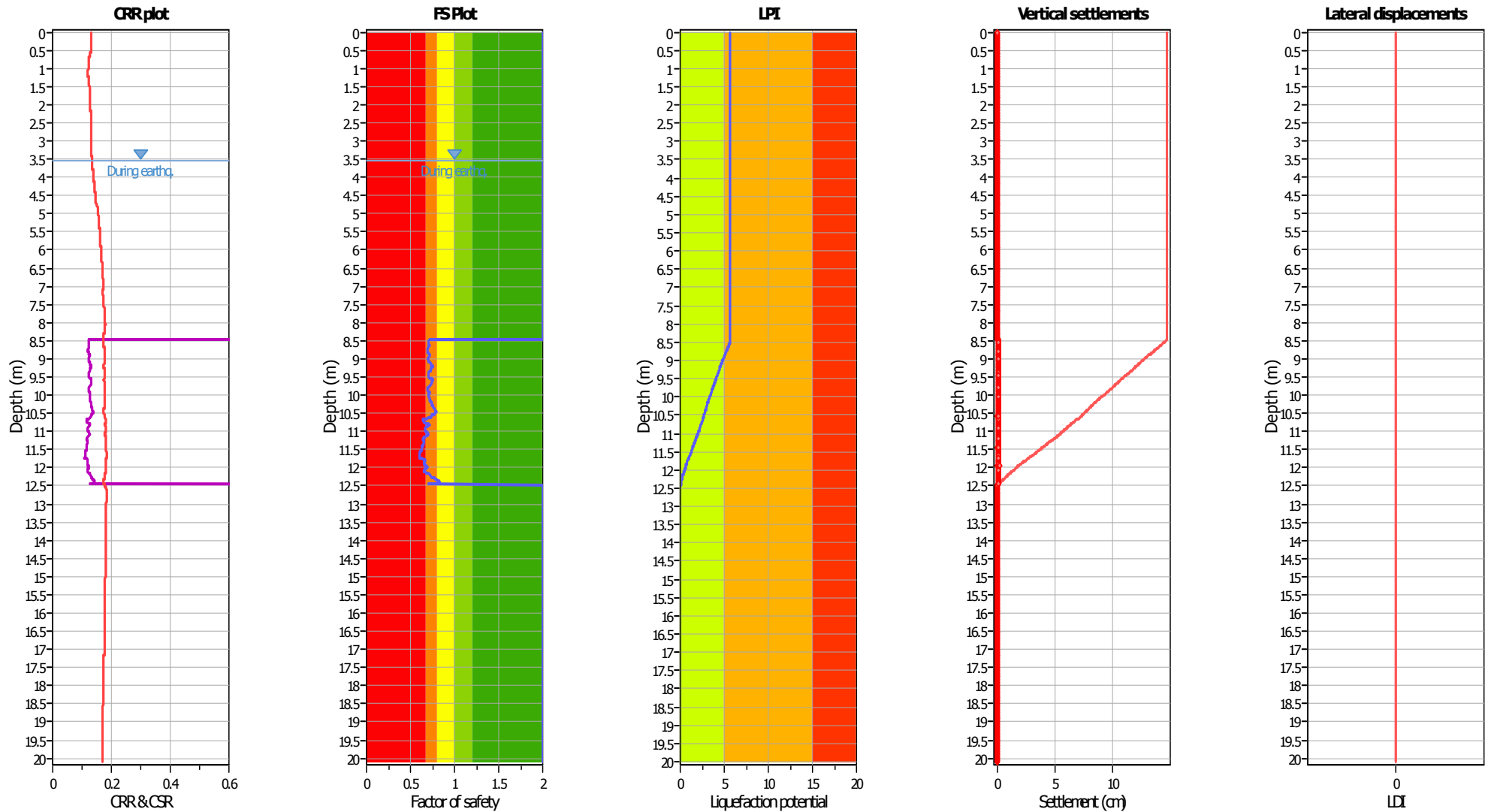
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.55 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.55 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.):	3.55 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.55 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

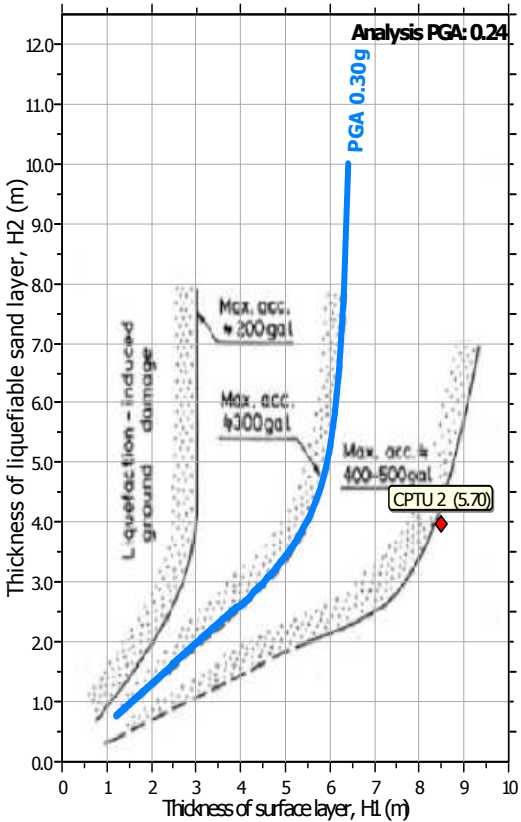
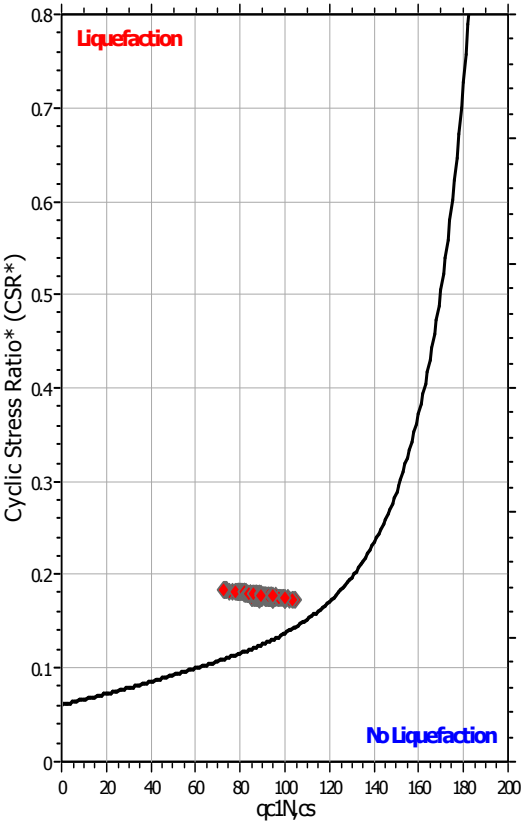
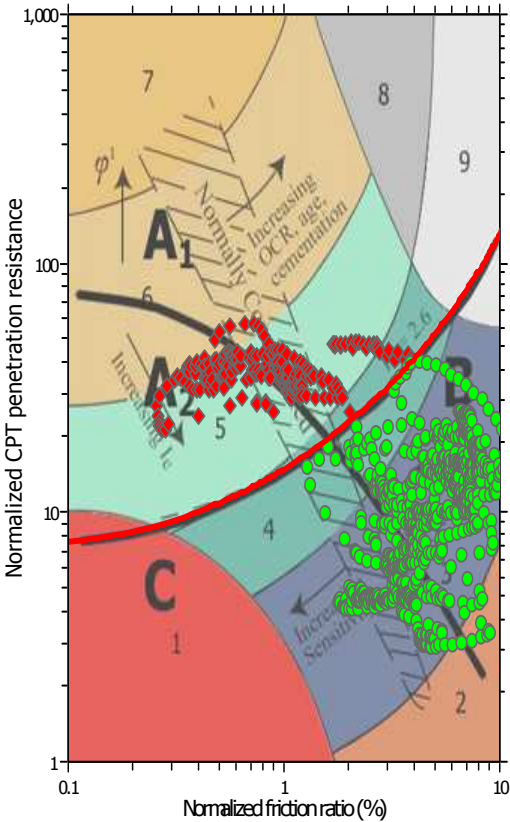
F.S. color scheme

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:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	3.55 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:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.55 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m